

# European Olympiad of Experimental Science



## Jahresbericht 2023/24

Vom

 Bundesministerium  
Bildung, Wissenschaft  
und Forschung

gefördert

Klagenfurt, 08. Mai 2024

Dr. Christina Morgenstern

## **European Olympiad of Experimental Science (EOES)**

Die EOES ist ein naturwissenschaftlicher Teamwettbewerb der Europäischen Union für Biologie, Chemie und Physik. Österreich war 2024 zum schon fünfzehnten Mal mit zwei Teams bei der EOES, die heuer in Luxemburg stattfand, vertreten.

### **Das Credo der EOES**

- Begabten Schüler:innen die Möglichkeit geben, ihre Talente zu entfalten.
- Das Interesse an Wissenschaft und des forschenden Lernens zu wecken bzw. zu fördern.
- Durch die Eindrücke und Erfahrungen der EOES auf eine mögliche Teilnahme an weiteren internationalen Olympiaden vorzubereiten.

### **Ziele des Wettbewerbs**

- Das öffentliche Interesse auf die naturwissenschaftliche Ausbildung lenken.
- Die Ermittlung der besten Schüler:innen der Europäischen Union im naturwissenschaftlichen Bereich.
- Wertschätzung der Wissenschaft in der Allgemeinheit.
- Intensivierung der Zusammenarbeit zwischen europäischen Bildungssystemen.
- Individuelle Ideen und Konzepte innerhalb der gesamten Europäischen Union zu verbreiten.
- Die Vorbereitung europäischer Schüler:innen auf die Internationalen Facholympiaden

Mehr dazu unter: [www.eoes.science](http://www.eoes.science) und [www.eoes.at](http://www.eoes.at)

# Inhalt

1.	Vorbereitungswoche in der BIKO mach MINT .....	4
2.	Trainingstage an der BIKO mach MINT in Klagenfurt .....	6
3.	EOES 2024 in Luxemburg .....	6
4.	Team AUSTRIA 2024 .....	7
5.	Einmal Silber, einmal Bronze in Luxemburg! .....	8
6.	Unterstützung durch.....	10
7.	Anhang – Aufgabenstellungen 2024.....	11

# 1. Vorbereitungswoche in der BIKO mach MINT

38 Schüler:innen aus sechs Bundesländern, wurden, organisiert vom Regionalen Netzwerk Kärnten, vom 19.02. bis 23.02.2024 an der Bildungskoooperation BIKO mach MINT im Educational Lab des Lakeside Science & Technology Parks Klagenfurt auf den Teamwettbewerb in Luxemburg vorbereitet.

## Insgesamt beteiligte Schüler:innen im Auswahlverfahren

Nachname	Vorname	Schule	Fach
Bachinger	Carla	Sir Karl Popper Schule	Biologie
Bayan	Zurieh	BG/BRG Judenburg	Biologie
Bräuer	Letizia	B[R]G Enns	Biologie
Jop	Katharina	Peraugymnasium Villach	Biologie
Maksimovic	Katarina	Sir Karl Popper Schule	Biologie
Newerkla	Theodorika	Sir Karl Popper Schule	Biologie
Pesendorfer	Timon	Peraugymnasium Villach	Biologie
Pichler	Katharina	Peraugymnasium Villach	Biologie
Schwaiger	Lena	BRG Zell am See	Biologie
Stubinger	Livia	Peraugymnasium Villach	Biologie
Tschlatscher	Anna	Peraugymnasium Villach	Biologie
Zhang	Yuyang	Sir Karl Popper Schule	Biologie
Aigner	Miya	ERG Donaustadt	Chemie
Caliskan	Leonard	Sir Karl Popper Schule	Chemie
Comper	Matilda	Sir Karl Popper Schule	Chemie
Kazazic	Kei	Sir Karl Popper Schule	Chemie
Lykos	Nikias	Sir Karl Popper Schule	Chemie
Orluc	Victor	Sir Karl Popper Schule	Chemie
Petsche	Benedikt	Sir Karl Popper Schule	Chemie
Schmidt	Abel Fermin	Bundesgymnasium Dornbirn	Chemie
Shi	William	Sir Karl Popper Schule	Chemie
Sommer	Emil	Sir Karl Popper Schule	Chemie
Szinovatz	Elias	Sir Karl Popper Schule	Chemie
Delliehausen	Severjan	BG/BRG St. Martin	Physik
Gallob	Niklas	BG/BRG St. Martin	Physik
Goldmann	Hannah	Sir Karl Popper Schule	Physik
Grasser	Laurenz	Bischöfliches Gymnasium Graz	Physik
Heisenberg	Filipa	Sir Karl Popper Schule	Physik
Leran	Tao	Altes Gymnasium Leoben	Physik
Michenthaler	Samuel	BG/BRG St. Martin	Physik
Novak	Silvio	BRG 18 Schopenhauerstraße	Physik

Praschnig	Flora	BG/BRG St. Martin	Physik
Prettenthaler	Johannes	Bischöfliches Gymnasium Graz	Physik
Raab	Christoph	ERG Donaustadt	Physik
Schachner	Alexander	Sir Karl Popper Schule	Physik
Walia	Ishita	BG/BRG St. Martin	Physik
Wiesner	Emely	BG/BRG Bad Ischl	Physik
Zahariev	Mihail	Sir Karl Popper Schule	Physik

Im Zuge der Vorbereitungswoche wurden sechs Schüler:innen für die beiden Nationalteams ausgewählt. Sechs weitere Schüler:innen wurden als Reservist:innen nominiert, falls es zu Ausfällen kommen sollte.

## 2. Trainingstage an der BIKO mach MINT in Klagenfurt

Sechs Jugendliche schafften es in die Qualifikation und somit zum Intensivtraining, das ebenfalls am Lakeside Science & Technology Park in Klagenfurt stattfand (18. – 22. März 2024). Auch die beiden Reserveteams wurden eingeladen, am Training teilzunehmen. Dieser Einladung sind vier Schüler:innen gefolgt.

### Insgesamt beteiligte Trainer:innen in Klagenfurt

Trainer:in	Stamminstitution
Mag. Brachtl Karl	RN Kärnten
Mag. Holub Peter	RN Kärnten
Dr. Morgenstern Christina	PH Kärnten und Medizinische Universität Wien
Hohl Elias	Student an der ETH Zürich und ehem. Teilnehmer
Klaus Elisabeth	Studentin an der LMU München und ehem. Teilnehmerin
Lassnig Christina	Studentin an der Medizinischen Universität Graz und ehem. Teilnehmerin

Sowohl die Trainingswoche im Februar als auch die Trainingstage im März wurden vom Regionalen Netzwerk für Naturwissenschaften und Mathematik Kärnten koordiniert und fanden in den Experimentierräumen der Bildungskoooperation BIKO mach MINT im Educational Lab des Lakeside Science & Technology Parks Klagenfurt statt.

Mit den Trainer:innen Christina Lassnig, Elisabeth Klaus und Elias Hohl waren wieder ehemalige EOES-Teilnehmer:innen und aktuelle Studierende im Betreuersteam, die einen wesentlichen Teil zum Erfolg geleistet haben.

## 3. EOES 2024 in Luxemburg

Die Organisation in Luxemburg war sehr gut vorbereitet. Das Freizeitprogramm war mit Exkursionen in eine Schiefermiene sowie nach Schengen spannend und gut organisiert. Die Aufgabenstellungen waren fordernd, fächerübergreifend und vom wissenschaftlichen Team sehr gut aufbereitet.

Weitere Informationen finden sich auf der offiziellen Website:

<https://www.olympiades.lu/eoes2024/>

## 4. Team AUSTRIA 2024

Delegationsleitung: Dr. Christina Morgenstern

Mentorin Biologie: Christina Lassnig

Mentor Chemie: Elisabeth Klaus

Mentor Physik: Elias Hohl

Team A: Severjan Delliehausen, Timon Pesendorfer, Leonard Caliskan: *Silbermedaille*

Team B: Carla Bachinger, Nikias Lykos, Johannes Prettenthaler: *Bronzemedaille*



**Österreich Team A – Silbermedaille**

v.l.n.r.: Severjan Delliehausen – BG/BRG St. Martin Villach, Timon Pesendorfer – Peraugymnasium Villach, Leonard Caliskan – Sir Karl Popper Schule



**Österreich Team B – Bronzemedaille**

v.l.n.r.: Johannes Prettenthaler – Bischöfliches Gymnasium Graz, Carla Bachinger – Sir Karl Popper Schule, Nikias Lykos – Sir Karl Popper Schule (Fotokennung: EOES Luxemburg)

## 5. Einmal Silber, einmal Bronze in Luxemburg!

Anlässlich der diesjährigen Europäischen Science Olympiade EOES in Luxemburg konnte sich Österreich sehr gut präsentieren. Team A verpasste eine Goldmedaille um nur einen Rang und durfte sich über die beste Silbermedaille und insgesamt Rang acht freuen. Team B erarbeitete sich eine Bronzemedaille.

Offizielles Resultat der EOES 2024

### Official Results

Ranking	Country	Medal	Country	Medal
1	CZECHIA – TEAM A	Gold	AUSTRIA – TEAM B	Bronze
2	NETHERLANDS – TEAM A	Gold	BELGIUM – TEAM B	Bronze
3	GERMANY – TEAM A	Gold	CROATIA – TEAM A	Bronze
4	PORTUGAL – TEAM A	Gold	CROATIA – TEAM B	Bronze
5	SLOVENIA – TEAM A	Gold	CYPRUS – TEAM A	Bronze
6	HUNGARY – TEAM B	Gold	CYPRUS – TEAM B	Bronze
7	GERMANY – TEAM B	Gold	DENMARK – TEAM A	Bronze
8	AUSTRIA – TEAM A	Silver	DENMARK – TEAM B	Bronze
9	PORTUGAL – TEAM B	Silver	ESTONIA – TEAM A	Bronze
10	LITHUANIA – TEAM A	Silver	FINLAND – TEAM A	Bronze
11	HUNGARY – TEAM A	Silver	FINLAND – TEAM B	Bronze
12	SLOVENIA – TEAM B	Silver	FRANCE – TEAM B	Bronze
13	LATVIA – TEAM B	Silver	GREECE – TEAM A	Bronze
14	ESTONIA – TEAM B	Silver	GREECE – TEAM B	Bronze
15	BULGARIA – TEAM A	Silver	IRELAND – TEAM A	Bronze
16	CZECHIA – TEAM B	Silver	IRELAND – TEAM B	Bronze
17	BULGARIA – TEAM B	Silver	ITALY – TEAM A	Bronze
18	FRANCE – TEAM A	Silver	ITALY – TEAM B	Bronze
19	NETHERLANDS – TEAM B	Silver	LITHUANIA – TEAM B	Bronze
20	LATVIA – TEAM A	Silver	LUXEMBOURG – TEAM A	Bronze
21	BELGIUM – TEAM A	Silver	LUXEMBOURG – TEAM A	Bronze
			SPAIN – TEAM A	Bronze
			SWEDEN – TEAM A	Bronze
			SWEDEN – TEAM B	Bronze

## Die österreichische Delegation in Luxemburg 2024



**Stehend v.l.n.r.** Elias Hohl – Mentor Physik, Christina Lassnig – Mentorin Biologie, Leonard Caliskan – Sir Karl Popper Schule, Timon Pesendorfer – Peraugymnasium Villach, Severjan Delliehausen – BG/BRG St. Martin Villach, Elisabeth Klaus - Mentorin Chemie, Dr. Christina Morgenstern

**Kniend v.l.n.r.** Johannes Prettenthaler – Bischöfliches Gymnasium Graz, Carla Bachinger – Sir Karl Popper Schule, Nikias Lykos – Sir Karl Popper Schule

## 6. Unterstützung durch

Land Kärnten



Klagenfurt am Wörthersee



Industriellenvereinigung Kärnten



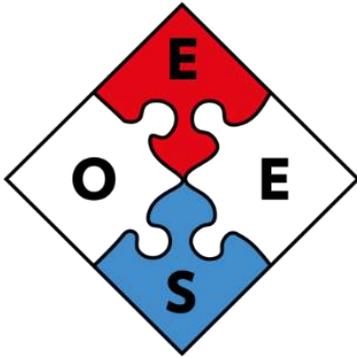
Regionales Netzwerk für  
Naturwissenschaften und Mathematik Kärnten



IMST- Innovationen machen Schulen Top



## 7. Anhang – Aufgabenstellungen 2024



**2**  
**0**  
**2**  
**4** **EUROPEAN OLYMPIAD OF**  
**EXPERIMENTAL SCIENCE**  
**LUXEMBOURG**

# AUFGABE 1

# KREBS

Dauer: 4 Stunden

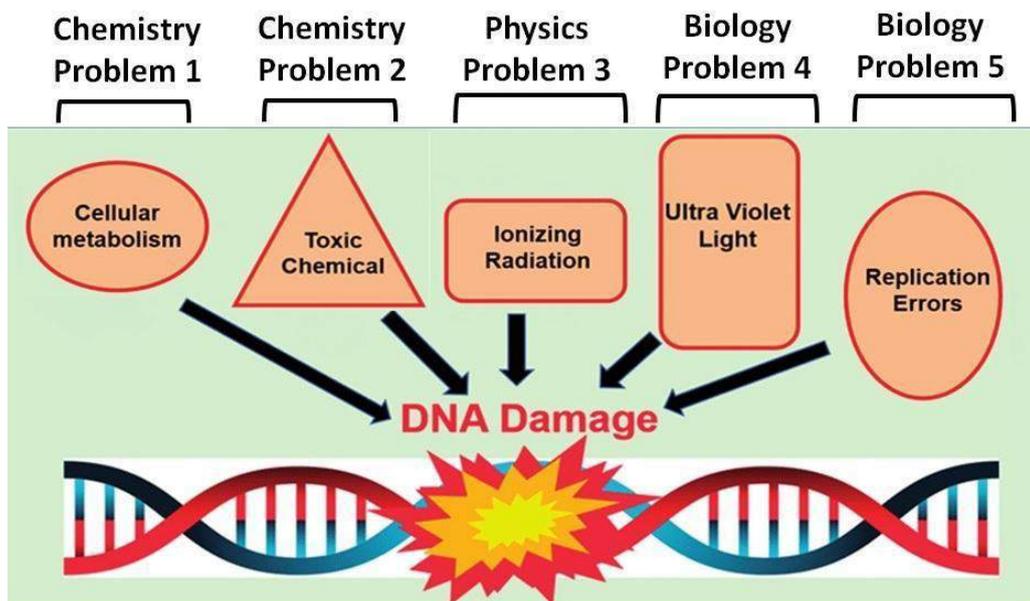
EOES 2024, 09.04.2024

## Einführung in die Aufgabe:

Krebs ist eine genetisch bedingte Krankheit, die durch eine unkontrollierte Teilung und ein unkontrolliertes Wachstum von abnormen Zellen gekennzeichnet ist. Sie kann in einem der vielen Gewebe unseres Körpers beginnen und sich später auf andere Gewebe ausbreiten. Die Deregulierung der Zellfunktionen beruht häufig auf genetischen Veränderungen, die vererbt oder im Laufe der Zeit erworben werden können.

In unserem täglichen Leben sind wir vielen Faktoren ausgesetzt, die unser Genom durch Schädigung der DNA beeinträchtigen können. Diese werden als genotoxische Agenzien bezeichnet. Beispiele für physikalische Einwirkungen sind Asbest, ultraviolettes (UV) Licht oder ionisierende Strahlung wie radioaktive Strahlung. Solche Agenzien können über verschiedene Mechanismen wirken, aber sehr oft führen sie zur Bildung hochreaktiver freier Radikale, die mit der DNA reagieren. Krebserregende chemische Stoffe können ebenfalls über verschiedene Mechanismen wirken, aber viele binden direkt an die DNA und verändern dadurch die Zellfunktionen. Glücklicherweise verfügt unser Körper über Mechanismen, die DNA-Schäden korrigieren oder abnorme Zellen entfernen können. Manchmal können geschädigte Zellen jedoch überleben und sich mit der Zeit zu Krebszellen entwickeln.

Heute werdet ihr uns helfen, Krebs zu bekämpfen, indem ihr einige chemische und physikalische Faktoren untersucht, die DNA-Schäden verursachen können, und indem ihr die biologischen Auswirkungen von UV-Licht untersucht.



Hier sind die ungefähren Zeiten, die ihr für jede Aufgabe benötigt:

Aufgabe 1 - Chemie (Quantifizierung von  $\text{Fe}^{2+}$  Ionen) - 1,5 Stunden

Aufgabe 2 - Chemie (Karzinogen-Chaos) - 1,5 Stunden

Aufgabe 3 - Physik (ionisierende Strahlung) - 3,5 Stunden

Aufgabe 4 - Biologie (Wirkung von UV-Licht auf das Zellwachstum) - 1,5 Stunden

Aufgabe 5 - Biologie (Wirkung von UV-Licht auf genetisches Material) - 2 Stunden

# AUFGABE 1: KREBS

## Aufgabe 1 - Quantifizierung von Fe<sup>2+</sup> Ionen (27 Punkte)

### Individuelle Materialien und Ausrüstung

- **1 x Spektralphotometer** (verschiedene Modelle, Gebrauchsanweisung vor Ort)
- **1 x Kunststoffgestell mit drei 50-mL-Röhrchen** mit den Lösungen A und B (Beschriftung "A" und "B") und o-Phenanthrolin-Lösung (0,5 % in Ethanol) (Beschriftung "OP")
- **1 x 100-mL-Glasflasche** mit Acetatpufferlösung (CH<sub>3</sub>COOH/CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub>), pH = 5 (Etikett "Puffer")
- **1 x 250-mL-Messkolben**, der 100 mL einer angesäuerten Lösung enthält, um 250 mL der Probe F1 (mit der Bezeichnung "F1") zu erhalten
- **1 x 100-mL-Messkolben** für die Herstellung der verdünnten Lösung F2
- **1 x 50-mL-Messkolben** für die Herstellung der verdünnten Lösung F3
- **2 x 100-mL-Becherglas** (für Lösung F3 und H<sub>2</sub>O)
- **1 x 10-mL-Messpipette** (für F1)
- **5 x 5 mL Messpipette** (für A, B, H<sub>2</sub>O, F2 und o-Phenanthrolin-Lösung)
- **1 x 25-mL-Messpipette** (für Pufferlösung)
- **1 x 5 mL Vollpipette** (für Pufferlösung)
- **1 x 1 mL Vollpipette** (für die o-Phenanthrolin-Lösung)
- **1 x Pipettierhilfe** (Brand™)
- **1 x Reagenzglasgestell aus Holz mit 8 Reagenzgläsern**
- **8 Stück Parafilm™** zum Verschließen der Reagenzgläser
- **1 x Küvettenständer aus Kunststoff mit 9 Plastikkuvetten** (b = 1 cm, siehe *Abbildung 1.1*)
- **1 x Sprühflasche** mit deionisiertem H<sub>2</sub>O (auch für Aufgabe 2)
- **1 x 1L Glasflasche** mit deionisiertem H<sub>2</sub>O (auch für Aufgabe 2)
- **Grafisches Papier (mm-Papier)**
- **Taschenrechner**
- **Geodreieck**
- **Permanentmarker zum Beschriften** (auch für Aufgabe 2)

## Einleitung:

Der Eisenstoffwechsel spielt bei mehreren Krebsarten eine Rolle, und in Krebszellen werden im Vergleich zu normalen Zellen erhöhte Konzentrationen von  $\text{Fe}^{2+}$ -Ionen gefunden. So wird beispielsweise vermutet, dass  $\text{Fe}^{2+}$ -Ionen zu dem krebserregenden Mechanismus beitragen, durch den Asbest eine Krebsart namens Mesotheliom auslösen kann. In Form des Ions  $\text{Fe}^{2+}$  kann Eisen die Bildung reaktiver Sauerstoffspezies (*reactive oxygen species*, kurz ROS) über die sogenannte Fenton-Reaktion auslösen. ROS sind meist reaktive Radikale, die durch Oxidation oder Aufbrechen von DNA-Strängen Schäden am Erbgut hervorrufen können.  $\text{Fe}^{2+}$ -Ionen können auch andere krebserregende Mechanismen auslösen. Die Wissenschaftler erforschen derzeit jedoch auch, wie die erhöhten Ionenkonzentrationen in der Krebsbehandlung eingesetzt werden könnten, da  $\text{Fe}^{2+}$  auch eine besondere Art des Zelltods, die Ferroptose, auslösen kann. Die Auslösung der Ferroptose in abnormalen Zellen mit höheren  $\text{Fe}^{2+}$ -Konzentrationen könnte also genutzt werden, um diese Zellen zu zerstören.

In diesem ersten Problem untersucht ihr die Konzentration von  $\text{Fe}^{2+}$ -Ionen in wässriger Lösung.

## Wechselwirkung zwischen Materie und Licht

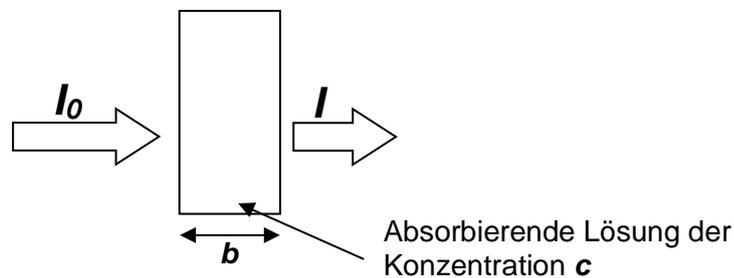
Viele experimentelle Methoden zur qualitativen und quantitativen Untersuchung der Struktur von Materie beruhen auf der Wechselwirkung mit elektromagnetischer Strahlung.

Im elektromagnetischen Wellenbereich vom nahen Ultraviolett (UV, ca. 300 nm) bis zum nahen Infrarot (IR, ca. 850 nm) kann die Wechselwirkung der Strahlung mit Molekülen oder Ionen in Lösung durch Absorption Übergänge zwischen gequantelten Energieniveaus bewirken. Diese Wechselwirkung hängt u. a. von der Struktur der betreffenden chemischen Einheit ab.

Der Begriff Absorptometrie bezeichnet eine allgemeine Methode, die auf der Messung des Anteils der Lichtenergie beruht, die bei einer bestimmten Wellenlänge (oder bei allen Wellenlängen in einem Bereich) von einer transparenten Lösung absorbiert wird. Die Absorptionsmessung spielt in der quantitativen chemischen und biologischen Analyse eine wichtige Rolle. Techniken, die die Lichtabsorption nutzen, sind die Kolorimetrie und die **Spektrophotometrie**.

Zur Beschreibung der Absorptionseigenschaften einer chemischen Spezies verwenden wir (als Fingerabdruck) ihr Absorptionsspektrum, d. h. eine grafische Darstellung der Abschwächung eines Strahlenbündels in Abhängigkeit von der Wellenlänge, Frequenz oder Wellenzahl. Zur Messung dieser Abschwächung werden üblicherweise zwei Begriffe verwendet: **Transmissionsgrad (T)** und **Absorbanz (A)**, umgangssprachlich auch als Absorption/Extinktion

bezeichnet. **Abbildung 1.1** zeigt eine schematische Darstellung der grundlegenden Parameter im Falle der Lichtabsorption. Ein paralleler Lichtstrahl durchquert eine Schicht einer Lösung mit der **Dicke**  $b$  und der **Konzentration**  $c$  einer absorbierenden Spezies. Infolge der Wechselwirkungen zwischen Photonen und absorbierenden Teilchen wird die **Intensität** des Strahls von  $I_0$  auf  $I$  abgeschwächt.



**Abbildung 1.1:** Abschwächung eines Strahls durch eine absorbierende Lösung

Der **Transmissionsgrad**  $T$  des Mediums ist definiert als der Anteil der einfallenden Strahlung, der von dem Medium durchgelassen wird:

$$T = I/I_0 \quad (1)$$

Der Transmissionsgrad  $T$  kann in die **Absorbanz**  $A$  umgerechnet werden. Die genaue Umrechnungsformel ist für die Lösung dieses Problems nicht relevant.

### **Lambert-Beersches Gesetz**

Die **Absorbanz**  $A$  einer monochromatischen Strahlung ist direkt proportional zur Absorptionsweglänge ("optische Weglänge")  $b$  im Medium und der molaren Konzentration  $c$  der absorbierenden Spezies (siehe **Abbildung 1.1**). Die Beziehung lautet:

$$A = \varepsilon \cdot b \cdot c \quad (2)$$

$c$ : Konzentration in  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

$b$ : Länge der Absorptionsstrecke in cm

$\varepsilon$ : molarer Extinktionskoeffizient in  $\text{L} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$

Das Lambert-Beer-Gesetz funktioniert auch mit der **Massenkonzentration ( $\beta$ )** und dem **Massenextinktionskoeffizienten  $\epsilon_m$**  !

Einige Beispiele für verwandte Werte von A und T:

Wenn  $A = 0$ ;  $T = 100\%$ : keine Absorption

Wenn  $A = 1$ ;  $T = 10\%$ : 90 % Absorption von  $I_0$

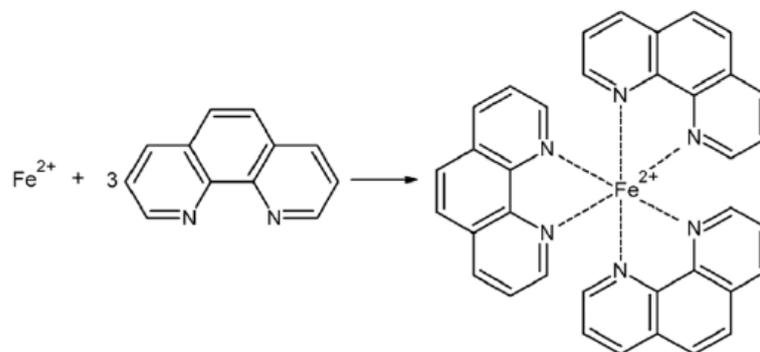
Wenn  $A = 2$ ;  $T = 1\%$ : 99 % Absorption von  $I_0$

Verwerft die Werte  $A > 2$  für eure Berechnungen!

### ***Praktische Aspekte der kolorimetrischen Technik und Anwendung bei dieser Aufgabe***

Bevor eine chemische Substanz kolorimetrisch untersucht werden kann, muss sie in den meisten Fällen in eine farbige Substanz umgewandelt werden, und zwar durch eine Reaktion, die hochspezifisch, schnell und stöchiometrisch sein muss und bei der eine stabile Farbe entsteht (lange genug für eine zuverlässige Analyse!).

Eure Aufgabe besteht darin, die unbekannte Konzentration von  $\text{Fe}^{2+}$ -Ionen in einer gegebenen Lösung zu bestimmen. Die charakteristische Farbe dieses Metallkations ist viel zu schwach, um kolorimetrisch verwendet werden zu können. Daher werden die Ionen mit o-Phenanthrolin quantitativ in einen roten Komplex überführt:



**Abbildung 1.2:** Bildung des roten Eisen(II)-phenanthrolin-Komplexes

(W. Kiciński in *Carbon* 168(1), Lizenz CC BY 4.0)

Bei einer Wellenlänge von 508 nm (sichtbares grünes Licht) weist unser chemisches System ein Absorptionsmaximum auf. Aus technischen Gründen werden wir in dieser Aufgabe eine Wellenlänge von 492 nm verwenden. Die beobachtete Farbe des Komplexes ist rot, die Komplementärfarbe des absorbierten grünen Lichts.

Wie das Lambert-Beer-Gesetz zeigt, kann die Konzentrationsbestimmung durch die Messung von **A** bei Kenntnis von  $\epsilon$  und **b** durchgeführt werden. Genau das werdet ihr im ersten Schritt dieser Aufgabe tun.

### Praktische Durchführung

*Handschuhe, Schutzbrille und ein Laborkittel sind bei dieser Aufgabe obligatorisch! Bei Verunreinigung müssen die Handschuhe gewechselt werden.*

#### Schritt 1: Vorbereitung der Kalibrierungsproben.

Stellt aus den Lösungen A ( $\beta(\text{Fe}^{2+}) = 100 \text{ mg/L}$ ) und B ( $\beta(\text{Fe}^{2+}) = 5,00 \text{ mg/L}$ ) **jeweils 10,0 ml** von 8 Lösungen mit gegebenen  $\text{Fe}^{2+}$ -Endkonzentrationen  $\beta(\text{Fe}^{2+})$  gemäß der folgenden Tabelle her (auszufüllen im ANTWORTBLATT: **Tabelle 1.1.1.**): (die Methode wird unter Tabelle 1.1.1. erklärt)

$\beta(\text{Fe}^{2+})$ (mg/L)	V(A) (mL)	V(B) (mL)	V(H <sub>2</sub> O) (mL)	V(Puffer) (mL)	V(o-Phenanthrolin) (mL)
12.0	?		?	5.00	1.00
10.0	?		?	5.00	1.00
5.00	?		?	5.00	1.00
1.50		?	?	5.00	1.00
1.00		?	?	5.00	1.00
0.500		?	?	5.00	1.00
0.250		?	?	5.00	1.00
0		?	?	5.00	1.00

- Führt eure Berechnungen **nur für die erste Zeile** im ANTWORTBLATT unter **Tabelle 1.1.1. detailliert** aus!

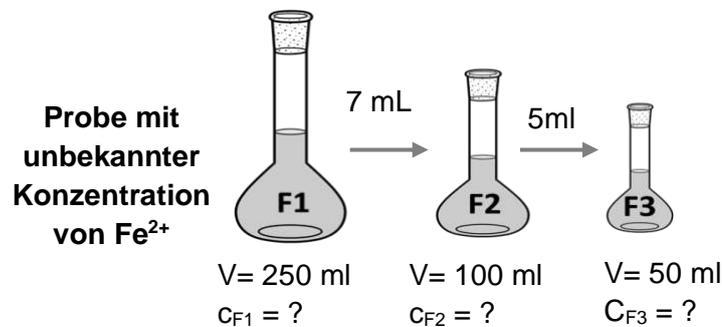
#### Methode:

- Pipettiert die berechnete Wassermenge mit einer 5-mL-Messpipette in ein Reagenzglas.
- Gebt das berechnete Volumen von Lösung A oder B mit einer 5-mL-Messpipette in das Wasser.
- Gebt die Pufferlösung mit der 5-mL-Pipette hinzu.

Wiederholt die Schritte 1 bis 3 für die anderen 7 Lösungen.

- Bevor die Kalibrierungsproben fertiggestellt werden, verdünnt die unbekannte Probe F1 bis F3 wie im folgenden Schema dargestellt:

**Hinweis:** Um die Lösung F3 aus F2 herzustellen, gibt man zunächst 25 mL der Pufferlösung und 5 mL der o-Phenanthrolin-Lösung in den 50-mL-Messkolben F3. Fahrt dann mit der Herstellung von F3 wie im Schema gezeigt fort.



5. Zur Fertigstellung der Kalibrierungsproben wird die o-Phenanthrolin-Lösung mit der 1-mL-Pipette zu jeder der 8 Kalibrierungslösungen hinzugefügt.
6. Entfernt die Schutzfolie von einem Stück Parafilm™ und verschließt die Reagenzgläser mit dem Parafilm™. Dieser lässt sich dehnen und so eng anliegend über die Reagenzgläser stülpen. Mischt die fertigen Lösungen in den Reagenzgläsern durch mehrmaliges Schwenken bzw. Invertieren, um sie zu homogenisieren (achtet darauf, den Parafilm™ mit dem Finger gut zu fixieren!)

### Schritt 2: Kolorimetrische Bestimmung der Konzentration einer Fe<sup>2+</sup> Lösung

#### Messungen:

1. Gebt einen Teil jeder der 8 Kalibrierlösungen in einzelne Küvetten. Für eine korrekte Messung muss jede Küvette mindestens zu 1/3 gefüllt sein.
  2. Messt die Absorption bei  $\lambda = 492 \text{ nm}$  der 8 Lösungen für die Kalibrierkurve mit dem Photometer (*die Bedienungsanleitung befindet sich neben dem Photometer*), beginnend mit der Blindprobe ( $\beta(\text{Fe}^{2+}) = 0 \text{ mg/L}$ ).
- Tabelle 1.2.1.:** Tragt die Messwerte der **Tabelle 1.2.1.** in das ANTWORTBLATT ein!
3. Füllt einen Teil der unbekanntes Probenlösung F3 in eine Küvette. Die Küvette muss für eine korrekte Messung mindestens zu 1/3 gefüllt sein. Die Breite der Küvette beträgt 1 cm.
  4. Die Extinktion bei  $\lambda = 492 \text{ nm}$  messen.
- Frage 1.2.2.:** Gebt den gemessenen Wert auf dem ANTWORTBLATT an **Frage 1.2.2.**

#### Auswertung:

- Diagramm 1.2.3.:** Zeichnet ein Kalibrierungsdiagramm (Absorption gegen die Massenkonzentration) auf Millimeterpapier  ANTWORTBLATT (**Diagramm 1.2.3**). Beschriftet das Millimeterpapier mit dem entsprechenden Aufkleber (**Grafik 1.2.3**)!

- Frage 1.2.4.:** Bestimmt den Massenextinktionskoeffizienten ( $\varepsilon_m$ ) aus dem Diagramm (1.2.3.) unter Verwendung des Lambert-Beer-Gesetzes und berechnet den molaren Extinktionskoeffizienten ( $\varepsilon$ ) ( $M(\text{Fe})=55,85 \text{ g/mol}$ ). Beantwortet die Frage auf dem ANTWORTBLATT **Frage 1.2.4.**
- Frage 1.2.5.:** Berechnet auch den molaren Extinktionskoeffizienten aus einem eurer Messwerte (Tabelle 1.2.1), wiederum unter Verwendung des Lambert-Beer-Gesetzes. Beantwortet die Frage auf dem ANTWORTBLATT **Frage 1.2.5.**
- Frage 1.2.6:** Bestimmt die Massenkonzentration der unbekanntes Probelösung F3 ( $\beta_{F3}$ ) grafisch aus der Kalibrierkurve (Diagramm 1.2.3) und berechnet deren molare Konzentration ( $c_{F3}$ ). Beantwortet die Frage auf dem ANTWORTBLATT **Frage 1.2.6.**
- Frage 1.2.7.:** Berechnet die molare Konzentration der unbekanntes Probelösung F3 ( $c_{F3}$ ) mit Hilfe des molaren Extinktionskoeffizienten. Beantwortet die Frage auf dem ANTWORTBLATT **Frage 1.2.7.**
- Frage 1.2.8.:** Berechnet die entsprechenden molaren Konzentrationen  $c_{F2}$  und  $c_{F1}$  der Lösungen F2 und F1. **Frage 1.2.8.:** Beantwortet die Frage auf dem ANTWORTBLATT **Frage 1.2.8.**

# Aufgabe 2 - Löst das Karzinogen-Chaos (23 Punkte)

## Individuelle Materialien und Ausrüstung

- **2 × Reagenzglasgestell aus Holz** mit 20 Reagenzgläsern.
- **4 × 250-mL-Becherglas** (zum Sammeln der fertigen Reaktionen; sollte vom Laborassistenten immer wieder ausgeleert werden, um die Exposition zu begrenzen)
- **1 × Magnetrührer/Heizplatte** (für Fehling-Test)
- **1 × 400-mL-Becherglas**, gefüllt mit 200 mL Wasser (Wasserbad für den Fehling-Test)
- **1 × Thermometer** (bereits in das Wasserbad eingesetzt)
- **3 × Pasteurpipette aus Glas** (für unbekannte Flüssigkeiten) **mit Gummiaufsatz zum Pipettieren**
- **1 × Spatel** (für unbekanntes Feststoff)
- **3 × 200-mL-Erlenmeyerkolben** (zum "Parken" der Pasteurpipetten für die unbekanntes Flüssigkeiten)
- **1 × 100-mL-Erlenmeyerkolben** (zum "Parken" des Spatels für den unbekanntes Feststoff)
- **1 × 1000-mL-Becherglas** (zum Entsorgen der gebrauchten Pasteurpipetten, Spatel und Pipetten; mit "Waste/Abfall" gekennzeichnet)
- **4 × Glasfläschchen mit "unbekanntes" Substanzen** mit den Etiketten "X1", "X2", "X3" und "X4".
- **1 × 100-mL-Becherglas** (für entionisiertes Wasser)
- **1 × 5-mL-Messpipette aus Plastik** (für entionisiertes Wasser)
- **1 × Pipettierhilfe** (Brand™) (auch für Aufgabe 1)
- **1 × großes Becherglas, das fünf 15-mL-Falcon-Röhrchen** (Zentrifugenröhrchen aus Plastik mit Schraubverschluss) mit den Reagenzien **enthält**:
  - "CAN" (40 % Cerammoniumnitrat; 7 % HNO<sub>3</sub>),
  - "FeCl<sub>3</sub>" (1 % FeCl<sub>3</sub>; 0,1 % HCl),
  - "Brady" (13%ige schwefelsaure Ethanollösung von 2,4-Dinitrophenylhydrazin (2,4-DNPH) (3%)),
  - "Fehling I" (7% CuSO<sub>4</sub>)
  - "Fehling II" (alkalisch (10%) NaOH) Kaliumnatriumtartrat (35%))
  - **und ein leeres 50-mL-Falcon-Röhrchen**, um das endgültige Fehling-Reagenz herzustellen.
- **1 × Kunststoff-Multirack** (auch für Aufgabe 1 verwendet), um die Falcon-Röhrchen beim Pipettieren der Reagenzien abzustellen
- **1 × Sprühflasche** mit entionisiertem H<sub>2</sub>O (auch für Aufgabe 1)
- **Permanentmarker** (auch für Aufgabe 1)
- 1 x Baumwollhandschuh (für die Handhabung der erhitzten Proben (Fehling))

## Einzelne Tests

### 1) **CAN-Test**

- **5 × Reagenzglas**
- **1 × kleines Fläschchen** mit Kontrollsubstanz (Ethanol, Etikett "EtOH")

- **1 x Pasteurpipette** (für Ethanol) (wird nach Gebrauch in das Becherglas "Abfall" gegeben)
- **1 x 5-mL-Messpipette** (für CAN-Reagenz) (nach Gebrauch in den Becher "Abfall" zu geben)

**2) FeCl<sub>3</sub>-Test**

- **5 x Reagenzglas**
- **1 x kleines Fläschchen** mit Kontrollsubstanz (Phenol, Etikett "ArOH")
- **1 x Spatel** (für Phenol) (wird nach Gebrauch in das Becherglas "Abfall" gegeben)
- **1 x Pasteurpipette** (für FeCl<sub>3</sub> -Lösung) (nach Gebrauch in das Becherglas "Abfall" zu geben)

**3) Brady-Test (2,4-DNPH-Test)**

- **5 x Reagenzglas**
- **1 x kleines Fläschchen** mit Kontrollsubstanz (Aceton, Etikett "Ac")
- **1 x Pasteurpipette** (für Aceton) (wird nach Gebrauch in das Becherglas "Abfall" gegeben)
- **1 x 5-mL-Messpipette** (für 2,4-DNPH-Reagenz) (nach Gebrauch in den Becher "Abfall" zu geben)

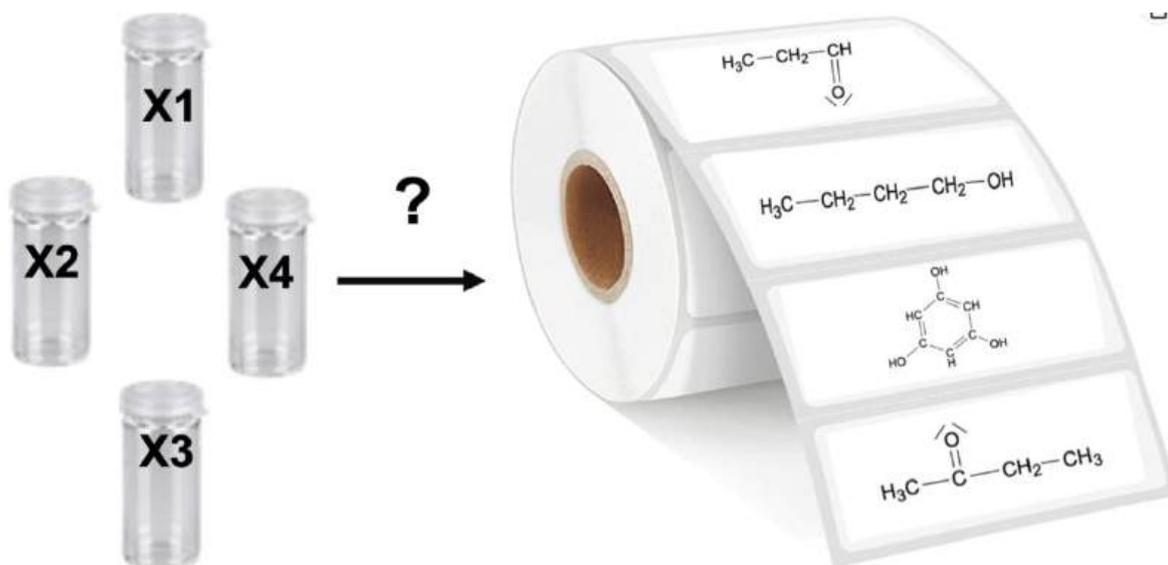
**4) Fehling-Test**

- **5 x Reagenzglas**
- **1 x kleines Fläschchen** mit Kontrollsubstanz (Glukose, mit "G" gekennzeichnet)
- **1 x Spatel** (für Glukose) (wird nach Gebrauch in den Becher "Abfall" gegeben)
- **1 x 5-mL-Messpipette** (für Fehling-Reagenz) (nach Gebrauch in das Becherglas "Abfall" zu geben)

## Einführung

Viele organische Moleküle haben krebserregende Eigenschaften. Daher ist es bei der Arbeit mit diesen Stoffen immer äußerst wichtig, zu wissen, womit man es zu tun hat. Nun hat aber ein unvorsichtiger Laborant nicht aufgepasst und vergessen, seine Substanzen richtig zu kennzeichnen!

Glücklicherweise haben wir einige sehr talentierte junge Chemiker, die gerade in Luxemburg zu Besuch sind und dieses Chaos beheben können: Ihr müsst durch charakteristische Testreaktionen herausfinden, welche Substanz sich in welchem Behälter befindet.



Die Kohlenstoffkette eines organischen Moleküls trägt in der Regel eine oder mehrere funktionelle Gruppen, die für seine spezifischen Eigenschaften verantwortlich sind. Beispiele für solche funktionellen Gruppen sind:

- Die **Carbonylgruppe**, bei der ein O-Atom über eine Doppelbindung an ein C-Atom gebunden ist. Ist dieses C-Atom an Alkylreste gebunden (mit R bezeichnet), handelt es sich um ein **Keton** ( $\text{R}_1-\text{CO}-\text{R}_2$ ), ist es an mindestens ein H-Atom gebunden, wird das Molekül als **Aldehyd** ( $\text{R}-\text{CHO}$  oder  $\text{H}-\text{CHO}$ ) bezeichnet.
- Die **Hydroxylgruppe**, bei der eine OH-Gruppe an ein C-Atom gebunden ist. Gehört dieses C-Atom zu einem aromatischen System (abgeleitet von Benzol  $\text{C}_6\text{H}_6$ , kurz Ar), wird das Molekül als **Phenol** ( $\text{Ar}-\text{OH}$ ) bezeichnet, andernfalls ist es ein **Alkohol** ( $\text{R}-\text{OH}$ ).

Auf den folgenden Seiten werden die Testreaktionen für diese funktionellen Gruppen vorgestellt. Es liegt an euch, die richtigen Schlüsse zu ziehen!

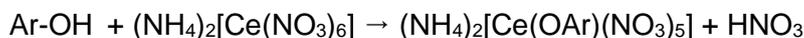
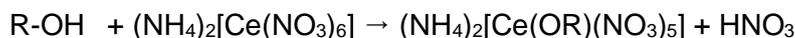
Und keine Angst: Die Stoffe, mit denen ihr arbeitet, sind ganz offensichtlich keine krebserregenden Vertreter ihrer Klassen.

## Vorgangsweise

Jede unbekannte Substanz (X1 bis X4) muss auf die vier vorgestellten Substanzklassen untersucht werden. Wir führen Experimente durch, um die in den Verbindungen vorhandenen funktionellen Gruppen zu identifizieren. Um zu sehen, wie die Reagenzien einen positiven Test anzeigen, wird jedes Mal eine Kontrollsubstanz mitanalysiert. Allgemeine Bemerkung zu den Tests: Je nach chemischer Verbindung und der für die Analyse verwendeten Menge der Verbindung kann es zu einer gewissen Abweichung zwischen der Kontroll- und der Testsubstanz kommen, die sich jedoch immer deutlich von einem negativen Test unterscheiden wird. Die Auswertung der Tests ist nach 10 Minuten abgeschlossen. Die Tests sind die folgenden:

- **CAN-Test: Test auf Alkohole und Phenole**

Cerisches Ammoniumnitrat (CAN)  $(\text{NH}_4)_2[\text{Ce}(\text{NO}_3)_6]$  bildet mit Alkoholen und Phenolen einen roten Komplex, der auf den Austausch einer Nitratgruppe  $\text{NO}_3^-$  gegen eine RO- oder ArO-Gruppe zurückzuführen ist:

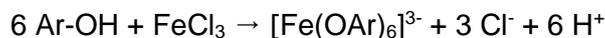


gelb-orange

dunkelrot/bräunlich rot

- **FeCl<sub>3</sub>-Test: Test auf Phenole**

Phenole verändern die gelbliche Farbe einer wässrigen Eisen(III)-chloridlösung zu Blau, Violett oder Lila. Diese Farbe ist auf die Bildung eines anionischen Komplexes zurückzuführen, bei dem die Elektronen sowohl am Eisenatom als auch am ungesättigten System delokalisiert sind:

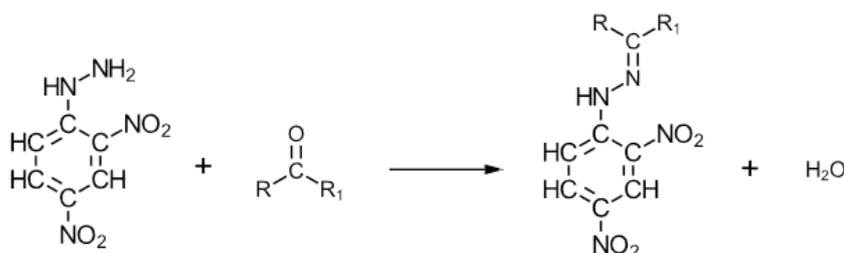


gelblich

violett/ lila

- **Brady-Test (2,4-DNPH-Test): Test auf Aldehyde und Ketone**

Die Carbonylgruppe reagiert mit 2,4-Dinitrophenylhydrazin unter Bildung eines gelben bis roten Niederschlags von 2,4-Dinitrophenylhydrazon:



2,4-Dinitrophenylhydrazin

2,4-Dinitrophenylhydrazon (gelber bis roter Niederschlag)

- **Fehling-Test: Test auf Aldehyde**

Das Fehling-Reagenz ( $[\text{Cu}(\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6)_2]^{2-}$ ) erzeugt einen ziegelroten Niederschlag durch die Reduktion von Kupfer(II) zu Kupfer(I) in  $\text{Cu}_2\text{O}$ :



ziegelroter Niederschlag

### **Durchführung**

*Handschuhe, Schutzbrille und ein Laborkittel sind bei dieser Aufgabe obligatorisch! Bei Verunreinigung müssen die Handschuhe gewechselt werden.*

1. Beginnt jetzt mit dem Aufheizen des Wasserbades auf 75 °C für die Durchführung des Fehling-Tests! (siehe nächste Seite → 4) Fehling-Test)

#### **1) CAN-Test: Test auf Alkohole und Phenole**

2. Jedem Reagenzglas 1,0 mL CAN-Reagenz mit einer 5-mL-Messpipette hinzufügen.
3. Mit 2,0 ml deionisiertem Wasser unter Verwendung der 5-mL-Messpipette verdünnen.
4. Den zu analysierenden Stoff hinzufügen (Kontrollsubstanz und unbekannte Substanzen X1 bis X4)
  - Entweder 10 Tropfen der Flüssigkeit mit einer Pasteurpipette
  - Oder 1 Spatelspitze des Feststoffs mit einem Spatel.

**Tabelle 2.1.1.:** Notiert eure Beobachtungen in **Tabelle 2.1.1.** auf dem ANTWORTBLATT.

#### **2) FeCl<sub>3</sub>-Test: Test auf Phenole**

5. Gebt mit einer Pasteurpipette in jedes Reagenzglas 8 Tropfen der  $\text{FeCl}_3$ -Lösung.
6. Mit 2,0 ml deionisiertem Wasser unter Verwendung der 5-mL-Messpipette verdünnen.
7. Gebt die zu analysierende Substanz hinzu (Kontrollsubstanz und unbekannte Substanzen X1 bis X4).
  - Entweder 10 Tropfen der Flüssigkeit mit einer Pasteurpipette
  - Oder 2 Spatelspitzen des Feststoffs mit einem Spatel

**Tabelle 2.1.2.:** Notiert eure Beobachtungen in **Tabelle 2.1.2.** auf dem ANTWORTBLATT.

#### **3) Brady-Test (2,4-DNPH-Test): Test auf Aldehyde und Ketone**

8. Jedem Reagenzglas 2,5 ml Brady-Reagenz mit einer 5-mL-Messpipette hinzufügen.
9. Den zu analysierenden Stoff hinzufügen (Kontrollsubstanz und unbekannte Substanzen X1 bis X4)
  - Entweder 8 Tropfen Flüssigkeit mit einer Pasteurpipette
  - Oder 1 Spatelspitze des Feststoffs mit einem Spatel.

**Tabelle 2.1.3.:** Notiert eure Beobachtungen in **Tabelle 2.1.3.** auf dem ANTWORTBLATT.

#### 4) **Fehling-Test: Test auf Aldehyde**

**Benutzt Baumwollhandschuhe, wenn ihr mit den erhitzten Reagenzgläsern hantiert (z. B. beim Überführen der Reagenzgläser vom Wasserbad in den Ständer)!**

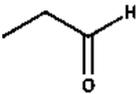
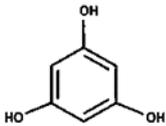
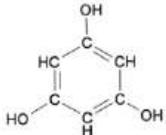
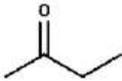
10. Erhitzt das Wasserbad (ca. 200 mL Wasser in 400 mL Becherglas) auf 75 °C, indem ihr die Temperatur am Magnetrührer auf die Einstellung 150 stellen und ggf. korrigiert.
11. Mischt die "Fehling I"- und "Fehling II"-Lösungen in dem leeren 50-mL-Falcon-Röhrchen, um die endgültige Mischung für die Fehling-Reaktion zu erhalten.
12. Mit einer 5-mL-Messpipette 2,0 ml der Fehling-Mischung in jedes Reagenzglas geben.
13. Gebt die zu analysierende Substanz hinzu (Kontrollsubstanz und unbekannte Substanzen X1 bis X4).
  - Entweder 20 Tropfen der Flüssigkeit mit einer Pasteurpipette
  - Oder 1 Spatelspitze des Feststoffs mit einem Spatel.
14. Erhitzt die Reagenzgläser im Wasserbad.

**Tabelle 2.1.4.:** Notiert eure Beobachtungen in **Tabelle 2.1.4.** auf dem ANTWORTBLATT.

**Tabelle 2.1.5.:** Ordnet die unbekanntenen Stoffe den richtigen Bezeichnungen auf dem ANTWORTBLATT zu (**Tabelle 2.1.5.**).

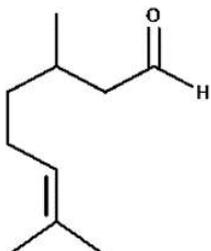
**Frage 2.1.6.:** Formuliert das Reaktionsschema für die Reaktion des gegebenen Ketons mit dem Brady-Reagenz. Beantwortet die Frage auf dem ANTWORTBLATT **Frage 2.1.6.**

In der organischen Chemie werden verschiedene Formeln verwendet, die unterschiedliche Detailinformationen enthalten. Die in der Einleitung gezeigten Formeln werden als Strukturformeln bezeichnet. Eine viel schnellere Methode zum Zeichnen von Molekülen sind die Skelettformeln, da hier die C-Atome und die C-H-Bindungen nicht explizit ausgeschrieben werden. Die folgende Tabelle zeigt beide Arten von Formeln.

Skelettformel	Strukturformel
	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{O}$
	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$
	
	$\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$

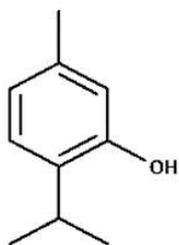
Die folgenden Moleküle werden häufig als Duftstoffe verwendet.

**Tabelle 2.1.7:** Gebt in der **Tabelle 2.1.7.** auf dem ANTWORTBLATT an, ob diese Stoffe mit den soeben untersuchten Reagenzien reagieren würden oder nicht.



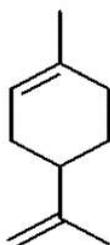
Citronellal

Zitrusfrüchte  
Insektenschutzmittel



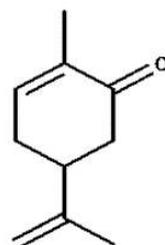
Thymol

Thymian  
Desinfektionsmittel,  
Fungizid, Bakterizid



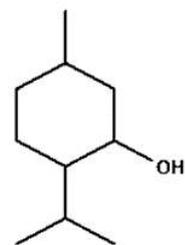
Limonen

Zitrusfrüchte u.a.  
Duft,  
Insektizid



Carvon

Kümmel, Minze  
Aromen,  
keimhemmend



Menthol

Minze  
Aromen,  
Desinfektionsmittel

# Problem 3: Ionisierende Strahlung

## Einführung

### Radioaktivität und Radon

Radioaktivität entsteht durch den Zerfall von instabilen Atomkernen. Bei der 1896 von Henri Becquerel entdeckten Radioaktivität handelt es sich um die spontane Emission von Teilchen oder elektromagnetischer Strahlung aus diesen Kernen. Zu den Formen der Radioaktivität gehören der Alpha-, der Beta- und der Gamma-Zerfall.

Es ist immer eine gewisse Menge an natürlicher Radioaktivität vorhanden, die z. B. von kosmischer Strahlung oder schwach radioaktiven Stoffen in der Umwelt stammt. Diese natürliche Radioaktivität wird als so genannte *Hintergrundradioaktivität* erfasst.

Radon, ein farbloses und geruchloses Edelgas, entsteht als Zerfallsprodukt von Uran und Thorium. Wenn Radon aus dem Erdinneren in die Luft gelangt, kann es eingeatmet werden. Seine Anreicherung in Innenräumen, insbesondere in schlecht belüfteten Räumen wie Kellern, erhöht das Gesundheitsrisiko. Die unsichtbare Bedrohung durch Radon liegt in seinem Potenzial, Lungenkrebs auszulösen. Beim Einatmen bestrahlen seine Zerfallsprodukte das Lungengewebe, was zu DNA-Schäden führen kann und das Lungenkrebsrisiko erhöht.

Das Eindringen von Radon in Wohnungen und am Arbeitsplatz stellt daher eine große Herausforderung dar. Da Radon durch den Boden sickert und sich in Innenräumen anreichert, besteht für die Bewohner von Gebäuden ein erhöhtes Expositionsrisiko. Um diesem Problem zu begegnen, haben nationale und internationale Gremien Leitlinien und Vorschriften erlassen. Durch Radontests, die häufig mit Maßnahmen zur Risikominderung wie verbesserter Belüftung und speziellen Baumaterialien einhergehen, soll das Expositionsrisiko minimiert werden.

### Radioaktive Aktivität

Die Aktivität  $A$  eines bestimmten radioaktiven Materials ist definiert als die Zerfallsrate, d. h. die Anzahl der radioaktiven Zerfälle pro Sekunde. Mit dem Geiger-Müller-Zähler messen wir eine Größe die proportional zu  $A$  ist. Dieser Detektor zählt die Anzahl der Zerfälle, die vor seinem Fenster stattfinden. Die SI-Einheit für die Aktivität ist Becquerel (Bq),  $1 \text{ Bq} = 1 \text{ Zerfall pro Sekunde}$ . Für die Experimente in dieser Aufgabe geben wir die Aktivität in Anzahl der Zerfälle pro Minute an.

### Quadratisches Entfernungsgesetz

Wenn irgendeine Art von Strahlung (radioaktive Teilchen oder elektromagnetische Wellen) auf eine Oberfläche  $S$  trifft, ist ihre Intensität definiert als die Leistung pro Flächeneinheit. Je größer der Abstand  $d$  zu einer punktförmigen Strahlungsquelle ist, umso geringer ist die Intensität  $I$ . Die Beziehung zwischen Intensität und Entfernung folgt dem Gesetz des umgekehrten Quadrats, wenn keine oder eine vernachlässigbare Absorption vorhanden ist:

$$I = \frac{k}{d^2}$$

wobei  $k$  eine Konstante ist. Das bedeutet, dass die Intensität um den Faktor 4 abnimmt, wenn die Entfernung um den Faktor 2 zunimmt.

### Exponentialgesetze in der Radioaktivität

Die Aktivität  $A$  einer radioaktiven Quelle nimmt mit der Zeit exponentiell ab. Das bedeutet, dass nach einer bestimmten Zeit  $t_{1/2}$ , Halbwertszeit genannt, die Aktivität nur noch  $A/2$  ist.

Nach  $2 \cdot t_{1/2}$  ist sie  $A/4$ , nach  $3 \cdot t_{1/2}$ ,  $A/8$  und so weiter (siehe Abbildung 3.1 unten).

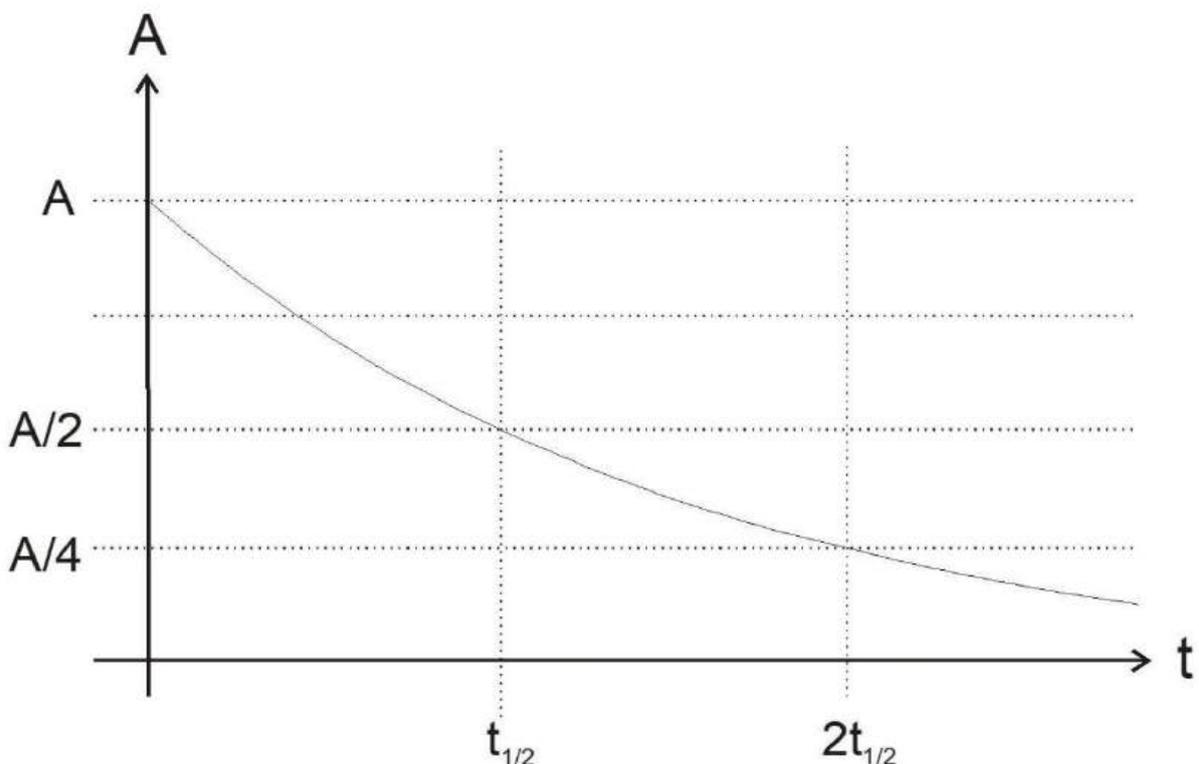


Abbildung 3.1: Radioaktive Aktivität im Vergleich zur Zeit

Auch die Intensität radioaktiver Strahlung, die ein Material durchdringt, nimmt mit der Dicke exponentiell ab. Betrachtet eine Strahlung mit einer Intensität  $I$ , die eine bestimmte Strecke  $D$  durch ein Material durchläuft. Wenn die ausgehende Intensität  $I/2$  für eine bestimmte Strecke  $D_{1/2}$  ist, dann ist sie  $I/4$  für eine Strecke  $2D_{1/2}$  und so weiter.

**Hinweis:** Alle Experimente werden im Hauptlabor durchgeführt, mit Ausnahme einiger Schritte in Aufgabe 3.1, die im Ballonlabor durchgeführt werden.

### **Aufgabe 3.1. Beweise für die Existenz von Radon (23 Punkte)**

**TIPP: Aufgabe 3.1. erfordert eine Wartezeit nach der Einrichtung. Es wird daher empfohlen, mit den Schritten 1) bis 7) von Aufgabe 3.1. zu beginnen, bevor ihr mit Aufgabe 3.2. und Aufgabe 3.3. beginnt.**

Materialien:

- **Luftballons**
- **Ballonhalter**
- **Fleecedecke**
- **Schere**
- **Stoppuhr**
- **Geiger-Müller-Zähler**
- **Clip**

Radon (Rn-222) hat eine Halbwertszeit von 3,8 Tagen. Es zerfällt durch  $\alpha$ -Zerfall in Polonium (Po-218, Halbwertszeit 3 Minuten). Danach folgen weitere Zerfälle mit kurzen Halbwertszeiten (siehe Abbildung 3.2 unten).

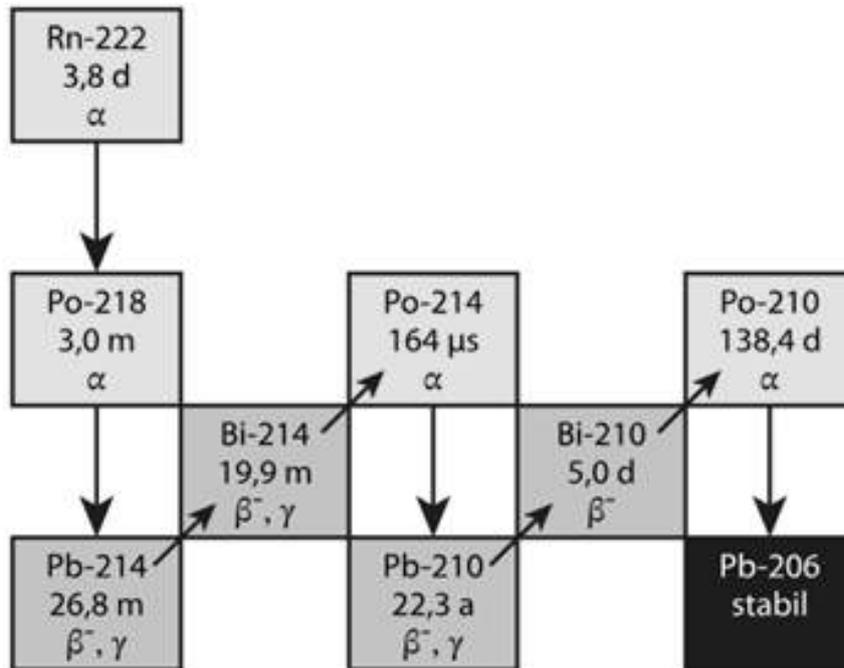


Abbildung 3.2: Radioaktive Reihen von Radon, Halbwertszeiten der Kerne und Arten der Radioaktivität. Einheiten im Bild: d=Tage, m=Minuten, a=Jahre.

In diesem Experiment lasst ihr den negativ geladenen Ballon circa 30 Minuten auf die Raumluft wirken. Während dieser Zeit werden sich einige der Tochternuklide (Atome, die beim Zerfall entstehen) des Radongases an der Oberfläche des Ballons ansammeln.

Anschließend lasst ihr die Luft aus dem Ballon ab, wodurch sich seine Oberfläche verkleinert und die radioaktiven Elemente, die zuvor von seiner Oberfläche angezogen wurden, räumlich konzentriert werden. Anschließend messt ihr mit einem Geiger-Müller-Zähler die kombinierte Aktivität dieser Elemente auf der Ballonoberfläche. Ihr beobachtet die Veränderung dieser Aktivität während eines Zeitintervalls von 150 Minuten. Es ist wichtig zu beachten, dass die gemessene Aktivität nicht von einem einzelnen radioaktiven Element stammt (wie in Abbildung 3.2 dargestellt), sondern von einem kombinierten Effekt, den wir "effektive Aktivität" nennen. In einer ersten Annäherung zeigt auch diese effektive Aktivität einen exponentiellen Zerfall, zumindest in den ersten drei Stunden.

Die folgenden Schritte müssen im Raum Ballonlabor durchgeführt werden:

- 1) Sucht die Station mit dem Namen eures Landes.
- 2) Blast einen Luftballon mit eurem Atem oder mit einer der mitgelieferten Pumpen auf und verschließt die Öffnung des Ballons mit einem Knoten.
- 3) Ladet den aufgeblasenen Ballon elektrisch auf, indem ihr ihn mit der mitgelieferten Fleecedecke oder an den eigenen Haaren reibt.

**Wichtig:** Um den Ballon so stark wie möglich aufzuladen, reibt ihr ihn *kräftig* mit der Fleecedecke. Nur der Bereich, in dem sich die Decke (oder das Haar) und der Ballon berühren, wird aufgeladen. **Überprüft, ob der Ballon gut aufgeladen ist!** Ihr könnt dies überprüfen, indem ihr euch ihm mit der Hand nähert, ohne ihn zu berühren; wenn er gut geladen ist, sollte er von der Hand angezogen werden.

- 4) Legt den aufgeblasenen Ballon nach dem Aufladen auf die mitgelieferte Halterung. Um die Position des Ballons zu stabilisieren, befestigt den Clip an dem Knoten (siehe Abbildung 3.3).

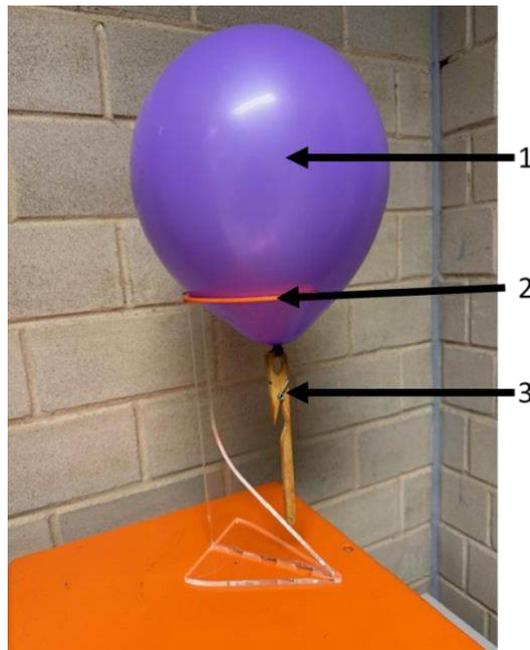


Abbildung 3.3: 1 = Ballon; 2 = Halterung; 3 = Clip

- 5) Startet die Stoppuhr. Lasst den Ballon 30 Minuten lang ungestört auf dem Halter im Ballonlabor.

Führt während der 30-minütigen Wartezeit die folgenden zwei Schritte im Hauptlabor durch:

- 6) Macht euch mit der Verwendung des Geiger-Müller-Zählers für die Messung radioaktiver Aktivitäten vertraut, indem ihr die Anweisungen befolgt (siehe Anhang S. T26). Berührt nicht das Fenster des Sensors.

Hinweis: Die Messzeit ist auf 1 Minute voreingestellt. Ändert diese Einstellung nicht!

- 7) Bestimmt die *Hintergrundradioaktivität*: Messt die *Hintergrundaktivität*  $A_0$ , indem ihr den Geiger-Müller-Zähler ohne Probe auf euren Schreibtisch stellt (Sensorfenster nach unten). Führt diese Messung dreimal durch und bestimmt den Mittelwert von  $A_0$ .

**Tabelle 3.1.1.:** Tragt die Werte der **Tabelle 3.1.1.** auf dem ANTWORTBLATT ein.

Nach der Wartezeit von ca. 30 Minuten geht ihr zurück ins Ballonlabor und bringt den Ballon zusammen mit der Stoppuhr zu deinem Schreibtisch im Hauptlabor. Berührt beim Transport und bei der Handhabung des Ballons seine Oberfläche so wenig wie möglich!

8) Setzt die Stoppuhr zurück und startet sie erneut.

9) Schneidet den Knoten des Luftballons vorsichtig mit der mitgelieferten Schere durch, um die Luft herauszulassen.

**Haltet den Luftballon mit zwei Fingern fest, damit er nicht wegfliegt!**

Legt den leeren Ballon auf den Tisch und platziert das Fenster des Geiger-Müller-Zählers darauf. Der gesamte Ballon sollte vom Zähler bedeckt sein.

**Einmal angebracht, sollte die Position des Fensters des Geiger-Müller-Zählers auf dem leeren Luftballon nicht mehr verändert werden!**

10) Wartet, bis die Stoppuhr 10 Minuten anzeigt. Auf diese Weise stellt ihr sicher, dass der Beitrag von Po-218 zur gemessenen Aktivität vernachlässigt werden kann. Setzt die Stoppuhr zurück und startet sie erneut. Dies ist der zeitliche Ausgangspunkt für alle folgenden Messungen.

**Ihr seid nun bereit, die eigentlichen Aktivitätsmessungen zu starten:**

11) Notiert die auf der Stoppuhr angezeigte Zeit  $t$ . Messt die Aktivität  $A$ . Führt drei Messungen ( $A_1, A_2, A_3$ ) ohne Pause durch und berechnet den Mittelwert für die gemessene Aktivität  $A_{mes}$ . Vergesst nicht, die Hintergrundaktivität  $A_0$  abzuziehen.  $A_{mes}$  sollte viel größer sein als  $A_0$ .

**Tabelle 3.1.2:** Tragt die gemessenen und berechneten Werte in **Tabelle 3.1.2.** auf dem **ANTWORTBLATT** ein.

Falls die gemessene Aktivität  $A_{mes}$  ungefähr gleich der Hintergrundaktivität  $A_0$  ist, kann es sein, dass euer Ballon nicht gut geladen war. Ihr habt genug Zeit, um es mit einem zweiten Ballon erneut zu versuchen.

Ihr könnt auch Messdaten für 3 Strafpunkte kaufen. In diesem Fall erhaltet ihr keine Punkte für die Messtabelle (3.1.2).

12) Wiederholt die Aktivitätsmessung (Schritt 11) alle 15 Minuten für eine Dauer von 150 Minuten.

**Nutzt die Zeit zwischen den Messungen, um die Aufgaben 3.2. und 3.3. zu lösen!**

- Diagramm 3.1.3:** Verwendet nach Abschluss der Messungen die Daten aus Tabelle 3.1.2, um ein Diagramm der Aktivität zu erstellen  $A$  als eine Funktion der Zeit  $t$  (**Diagramm 3.1.3.**).  
Verwendet das bereitgestellte **Millimeterpapier** und **befestigt daran den richtigen Aufkleber (Grafik 3.1.3.)**.
  
- Frage 3.1.4.:** Schätzt die effektive radioaktive Halbwertszeit der Zerfallsprodukte des Radongases auf dem Ballon mit Hilfe des Diagramms 3.1.3 ab. **Tragt euren Wert auf dem ANTWORTBLATT ein unter Frage 3.1.4.**
  
- Frage 3.1.5.:** Der Zerfall welcher Elemente trägt hauptsächlich zur Abnahme der effektiven Aktivität bei, die ihr bei den Aktivitätsmessungen in den Schritten 11)-12) messt? (siehe Abbildung 3.2.) **Kreuzt (✓) auf dem Antwortblatt die Zelle(n) unter den verschiedenen Atomkernen an, und zwar unter Frage 3.1.5.**
  
- Frage 3.1.6.:** Nehmen wir an, dass die Ballons eine perfekte Kugelform haben und dass ihr drei verschiedene Ballons mit den Durchmessern  $d_1 = 5 \text{ cm}$ ,  $d_2 = 10 \text{ cm}$  und  $d_3 = 20 \text{ cm}$  habt. Nehmt außerdem an, dass die Dichte der radioaktiven Ionen auf der Oberfläche des Ballons überall gleich ist. Wenn die vom Geiger-Müller-Zähler gemessene Aktivität für den Ballon mit dem Durchmesser  $d_1$  gleich  $A_1 = 100 \text{ counts/min}$  zu einem bestimmten Zeitpunkt  $t$  ist (Luft ist ausgeströmt), berechnet  $A_2$  und  $A_3$  zur gleichen Zeit für die 2 anderen Ballons, ebenfalls ohne Luft. Vergesst nicht, die Hintergrundaktivität  $A_0$  zu berücksichtigen; verwendet  $A_0 = 30 \text{ counts/min}$ . **Notiert die berechneten Werte auf dem ANTWORTBLATT unter Frage 3.1.6.**
  
- Frage 3.1.7: Schaut euch** das Diagramm in Abbildung 3.2 an.  
Betrachtet nun einen hypothetischen Fall, in dem wir davon ausgehen, dass alle Elemente in Abbildung 3.2. mit Ausnahme von Rn-222 zu Beginn der Messungen in gleicher Menge auf dem Ballon vorhanden sind. Es werden keine neuen Elemente auf dem Ballon während der Messungen gesammelt. Welche Elemente sind nach 3 Stunden hauptsächlich auf der Oberfläche des Ballons vorhanden? **Kreuzt auf dem Antwortblatt (✓) die Zelle(n) unter den verschiedenen Atomkernen an, und zwar unter Frage 3.1.7.**

## Aufgabe 3.2. Gesetz der Entfernung (15 Punkte)

### Material

- Eisenstange
- Lineal
- Lampe
- Lichtdetektor
- Verstärker
- Strommessgerät
- Kabel

Die Intensität radioaktiver Strahlung nimmt mit der Entfernung von der Quelle ab. Aus Sicherheitsgründen untersuchen wir die Beziehung zwischen *Intensität und Entfernung* mit Licht anstelle von radioaktiver Strahlung. Dies ist möglich, da Lichtwellen elektromagnetische Wellen sind, genau wie die Strahlung im Falle des radioaktiven  $\gamma$  Zerfall. Der einzige Unterschied ist die Frequenz (oder Wellenlänge) der elektromagnetischen Wellen.

Die Intensität einer Punktquelle ist umgekehrt proportional zum Quadrat der Entfernung (quadratisches Entfernungsgesetz), siehe Einleitung.

Versuchsaufbau:

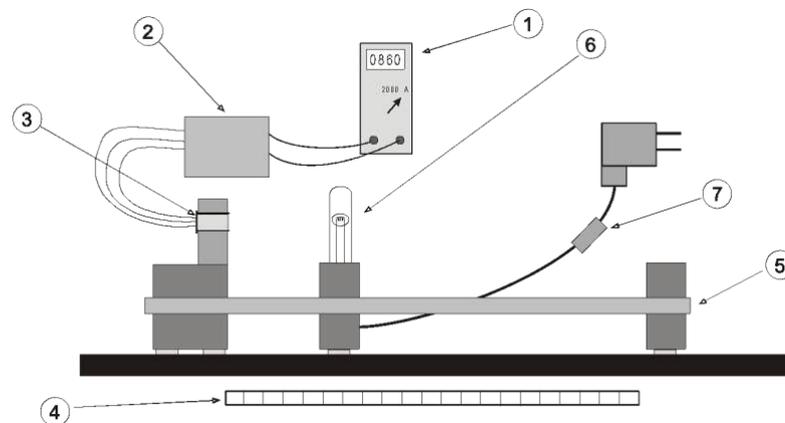


Abbildung 3.4: 1 = Strommesser; 2 = Verstärker; 3 = Lichtdetektor; 4 = Lineal; 5 = Eisenstab; 6 = Lampe; 7 = Schalter für Lampe

Baut das Experiment wie in Abbildung 3.4 gezeigt auf. Das Strommessgerät wird auf einen Messbereich von  $2000 \mu\text{A}$  eingestellt.

Als Lichtquelle dient eine kleine Halogenlampe. Der Lichtdetektor erzeugt einen elektrischen Strom, wenn er beleuchtet wird. Dieser Strom ist proportional zu der Intensität des Lichts, das auf den Detektor fällt. Da der Strom sehr klein ist, muss er verstärkt werden, damit er vom Amperemeter gemessen werden kann.

Bitte beachtet: Auch bei absoluter Dunkelheit wird ein geringer Strom gemessen. Das liegt daran, dass der Verstärker kein "ideales Messinstrument" ist. Außerdem fällt auch Licht von außen oder von der Beleuchtung im Labor auf den Detektor. Diese beiden Einflüsse führen zu einem sogenannten Dunkelstrom  $I_0$ , der bei den Auswertungen berücksichtigt werden muss. Um den Strom  $I_L$  zu bestimmen, den die Beleuchtung durch die Halogenlampe in Ihrem Aufbau erzeugt, muss  $I_0$  vom gemessenen Gesamtstrom subtrahiert werden.

- Wenn die Lampe ausgeschaltet ist, messt ihr den Dunkelstrom  $I_0$ .

- Tabelle 3.2.1.:** Tragt den Wert in **Tabelle 3.2.1.** auf dem ANTWORTBLATT ein.
  - Messt bei eingeschaltetem Licht die Stromstärke  $I$  für 30 verschiedene Abstände zwischen  $d = 20 \text{ cm}$  und  $d = 80 \text{ cm}$ . Bestimmt  $I_L$ . Berechnet  $1/d^2 \text{ (cm}^{-2}\text{)}$ .
- Tabelle 3.2.2.:** Haltet eure Ergebnisse in der **Messtabelle 3.2.2.** auf dem ANTWORTBLATT fest.
- Diagramm 3.2.3.:** Erstellt auf einem Millimeterpapier eine Grafik von  $I_L$  als Funktion von  $1/d^2$  (Diagramm 3.2.3.). Zeichnet eine Linie durch die Messpunkte in Grafik 3.2.3., aber nur durch die Punkte, die in erster Näherung das quadratische Abstandsgesetz erfüllen. Verwendet das bereitgestellte **Millimeterpapier** und **beschriftet es mit dem richtigen Aufkleber (Grafik 3.2.3.)**.
- Tabelle 3.2.4.:** Bestimmt den (ungefähren) Mindestwert  $d_{min}$ , für den das quadratische Abstandsgesetz gilt. Tragt den Wert in **Tabelle 3.2.4** ein.
- Frage 3.2.5.:** Wenn ihr statt einer punktförmigen Lichtquelle eine flache, ausgedehnte Lichtquelle und einen senkrecht auf die Ebene gerichteten Detektor verwenden würdet, welche der folgenden Aussagen wäre dann richtig? Kreuzt auf dem ANTWORTBLATT (Frage 3.2.5.) die richtigen Zellen an ( **Ja**).

In Abhängigkeit von der Entfernung  $d$ :

- Die Intensität würde langsamer abnehmen als bei einer punktförmigen Quelle
- Die Intensität würde schneller abnehmen als bei einer punktförmigen Quelle
- Das Abklingen der Intensität ist dasselbe wie bei einer punktförmigen Quelle

### Aufgabe 3.3. Absorption von Strahlung (12 Punkte)

#### Material

- |                                     |  |                                      |
|-------------------------------------|--|--------------------------------------|
| <input type="radio"/> Eisenstange   | <input type="radio"/> Lineal             | <input type="radio"/> Lampe          |
| <input type="radio"/> Lichtdetektor | <input type="radio"/> Verstärker         | <input type="radio"/> Strommessgerät |
| <input type="radio"/> Kabel         | <input type="radio"/> Absorptionsplatten |                                      |

Die Intensität der radioaktiven Strahlung, die eine Platte durchdringt, nimmt mit der Dicke der Platte ab. Aus Sicherheitsgründen untersuchen wir wie bei Problem 3.2. den Zusammenhang

zwischen der durchgelassenen Intensität und der Plattendicke mit elektromagnetischen Wellen aus dem sichtbaren Bereich anstelle von Radioaktivität. Es stehen 10 Kunststoffplatten mit der gleichen Dicke zur Verfügung.

Wir verwenden den gleichen Versuchsaufbau wie bei Problem 3.2. Um eine höhere Intensität zu erreichen, halten wir einen konstanten Abstand  $d = (10 \pm 0.5) \text{ cm}$ . Bei diesem Abstand kann die Lichtquelle nicht mehr als punktförmig angesehen werden. Für das Absorptionsexperiment spielt dies keine Rolle.

- Legt nacheinander (indem ihr sie in der Hand haltet) 1, 2, 3, ..., 10 Platten mit der gleichen Dicke von 2 mm in den Lichtstrahl und bestimmt jedes Mal den Strom  $I_L$ . Vergesst nicht, den Dunkelstrom zu berücksichtigen!
- Tabelle 3.3.1:** Tragt die Messergebnisse in die **Tabelle 3.3.1** auf dem ANTWORTBLATT ein.
- Diagramm 3.3.2.:** Erstellt eine Grafik von  $I_L$  in Abhängigkeit von der Anzahl der Platten (**Diagramm 3.3.2.**). Zeichnet von Hand eine Best-Fit-Kurve durch eure Messpunkte. Bestimmt den Punkt, an dem sich  $I_L$  gegenüber dem Ausgangswert halbiert hat, so dass ihr die **Frage 3.3.3.** beantworten könnt (ihr braucht dazu KEIN logarithmisches Diagramm zeichnen). Verwendet das bereitgestellte **Millimeterpapier** und befestigt daran den **richtigen Aufkleber (Grafik 3.3.2.)**.
- Frage 3.3.3:** Bestimmt die kleinste Anzahl  $N_{1/2}$  der Platte, für die weniger als die Hälfte der Intensität des Ausgangswertes übertragen wird. Notiert euren Wert auf dem ANTWORTBLATT unter **Frage 3.3.3.**
- Frage 3.3.4:** Nehmt an, dass wir Gammastrahlung anstelle von Licht verwendet hätten. Betrachtet Platten aus den folgenden Materialien als Absorber. Unter der Annahme, dass alle Platten gleich groß sind, sortiert die Materialien danach, wie stark sie die Strahlung absorbieren. **Markiert den besten Absorber mit 1 und den schlechtesten mit 4 auf dem ANTWORTBLATT Frage 3.3.4.**
  - Eisen
  - Blei
  - Glas
  - Luft
- Frage 3.3.5.:** Stellt euch vor, ein Material zur Abschirmung radioaktiver Strahlung hat eine Dicke  $D_{1/2} = 2 \text{ cm}$  und absorbiert damit die Hälfte der Strahlung. Welche der folgenden

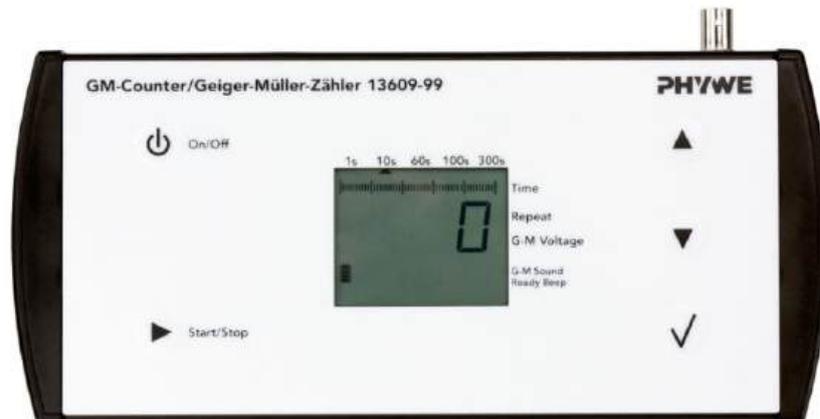
Dicken reicht aus, um die Strahlung auf weniger als 5 % ihres Ausgangswertes zu reduzieren? Kreuzt (✓) die richtige(n) Zelle(n) auf dem ANTWORTBLATT an, und zwar unter **Frage 3.3.5.**

- 8 cm
- 9 cm
- 7 cm
- 10 cm

## APPENDIX - Verwendung der Geiger-Müller-Zähler

Es gibt zwei Arten von Geiger-Müller-Zählern.

### Modell A



Das Modell A hat eine Taste mit der Aufschrift "Start/Stop". Dies ist die einzige Taste, die ihr drücken müsst. Die Messzeit ist auf 60 Sekunden voreingestellt. Ihr könnt eine Messung starten, indem ihr die Taste Start/Stop drückt. Dadurch wird der angezeigte Wert der letzten Aktivitätsmessung gelöscht und eine neue Messung gestartet. Die Messung wird nach 60 Sekunden automatisch gestoppt.

### Modell B



Modell B hat eine Taste mit der Aufschrift "START/STOP" und eine Taste mit der Aufschrift "RESET". Die Messzeit ist auf 60 Sekunden voreingestellt. Bevor ihr eine Messung startet, drückt die "RESET"-Taste, um den angezeigten Wert der letzten Aktivitätsmessung zu löschen. Ihr könnt dann eine Messung starten, indem ihr die Taste "START/STOP" drückt. Die Messung wird nach 60 Sekunden automatisch gestoppt.

# **Problem 4 - Wirkung von UV-Licht auf das Zellwachstum**

## **(16 Punkte)**

### **Materialien und Ausrüstung**

#### Auf der gemeinsamen Bank:

- Transilluminator für UV-Strahlung
- Schutzbrille Anti-UV
- Schüttler unter Heizlampe
- Handschuhe in verschiedenen Größen (Laboreingang)

#### Auf Eurer Bank:

- Pasco-Spektrophotometer für die OD600nm-Analyse
- Ipad + Ladegerät
- Einweg-Mikroküvetten (50x), nur für biologische Zwecke
- Mikroküvettenhalter (schwarz)
- Ausgangslösung von *E. coli* "EC" (20 ml) in einem 50-mL-Röhrchen (1x)
- Mikroröhrchen von 1,5 mL "MT" (20x)
- LB-Medium für die Nullprobe "LB" (10mL)
- Mikropipetten (P10, P100, P1000)
- Spitzen in roter Box (für P10-Mikropipetten)
- Spitzen in gelber Schachtel (für P100-Mikropipetten)
- Spitzen in blauer Box (für P1000-Mikropipette)
- Sonnenschutzmittel "SUN" (1 Spritze) und Bodylotion "BL" (1 Spritze)
- Kleine Petrischalen (4x)
- Spachtel zum Ausstreichen (2x)
- Petrischalenhalter (2x)
- Gestell für die kleinen Petrischalen
- Gestell für Mikroröhrchen (1,5 mL)
- Papiertaschentücher
- Permanentmarker
- Zeitschaltuhr
- Abfallbehälter für Spitzen/Röhrchen
- Schutzbrille

## Einführung

Um die biologischen Auswirkungen von UV-Licht besser zu verstehen, werdet ihr zunächst ein Modell für den gesamten Organismus nutzen und dafür das Zellwachstum des Bakteriums *Escherichia coli* (*E. coli*) über einen bestimmten Zeitraum beobachten. Unter Bakterienwachstum versteht man die ungeschlechtliche Vermehrung der Bakterienzellen. Die Fähigkeit, sich zu teilen, ist eine der wichtigsten Eigenschaften einer lebenden Zelle, aber sie verbraucht Energie und ist komplex. So müssen beispielsweise neben der eigentlichen Zellteilung zuvor neue Zellbausteine hergestellt werden. Die UV-Strahlung hat also eine Vielzahl von potenziellen Zielen, die zu einer geschädigten Zelle führen können, die sich dann nicht mehr teilen kann. In Aufgabe 4 werdet ihr nicht nur untersuchen, wie sich UV-Strahlung auf das Zellwachstum auswirkt, sondern auch zwei verschiedene, kosmetische Produkte daraufhin testen, ob sie die durch UV-Strahlung verursachten Schäden verringern. Beim ersten handelt es sich um ein Sonnenschutzmittel und beim zweiten um eine Körperlotion. In der Praxis werden normalerweise spektrophotometrische Absorptionmessungen zur Bestimmung des Zellwachstums verwendet.

Die Schüler müssen zu jeder Zeit die entsprechende Schutzausrüstung tragen: einen geschlossenen Laborkittel, Handschuhe (die stündlich oder nach einer möglichen Kontamination gewechselt werden müssen) und eine Schutzbrille. Solltet ihr Fragen haben, hebt die goldene Karte hoch, sodass sie für die LaborassistentInnen gut sichtbar ist. Er oder sie wird dann zu eurem Arbeitsplatz kommen und euch helfen. Kommt nicht an den gemeinsamen Arbeitsplatz, um der Laborassistenten Fragen zu stellen.

## Aufgabe 4.1: Versuchsaufbau und UV-Belichtung

### 4.1.1. Experimenteller Aufbau

1. Beschriftet die Deckel der 4 kleinen Petrischalen mit den Nummern 1 bis 4. Die Nummern entsprechen den folgenden Behandlungen:
  - 1 - Keine Creme + keine UV-Exposition
  - 2 - Keine Creme + UV-Exposition
  - 3 - Sonnenschutzmittel mit einem Lichtschutzfaktor von 50 (SPF50) + UV-Exposition
  - 4 - Bodylotion + UV-Exposition
2. Dreht die Schale mit der Bezeichnung "3" um und gebt sie in den Petrischalenhalter. Achtet darauf, dass die Zähne des Schalenhalters mit der Öffnung in der Lippe am Boden der Schale übereinstimmen (siehe Abbildung 4.1a).
3. Gebt 1 ml Sonnenschutzmittel aus der Spritze mit der Aufschrift "SUN" auf die Schale mit der Aufschrift "3" und verwendet einen Spachtel, um das Sonnenschutzmittel gleichmäßig zu verteilen.
4. Setzt den Spachtel an einem Ende des Petrischalenhalters an und bewegt ihn zum anderen Ende des Schalenhalters, während ihr den Kontakt mit dem Halter aufrechterhaltet (siehe

Abbildung 4.1b). Vergewissert euch, dass das Sonnenschutzmittel gleichmäßig auf der Schale verteilt ist (siehe Abbildung 4.1c). Ist dies nicht der Fall, verwendet den Spachtel erneut oder fügt mehr Sonnenschutzmittel hinzu. Entfernt anschließend die Petrischale aus dem Petrischalenhalter (Abbildung 4.1d).

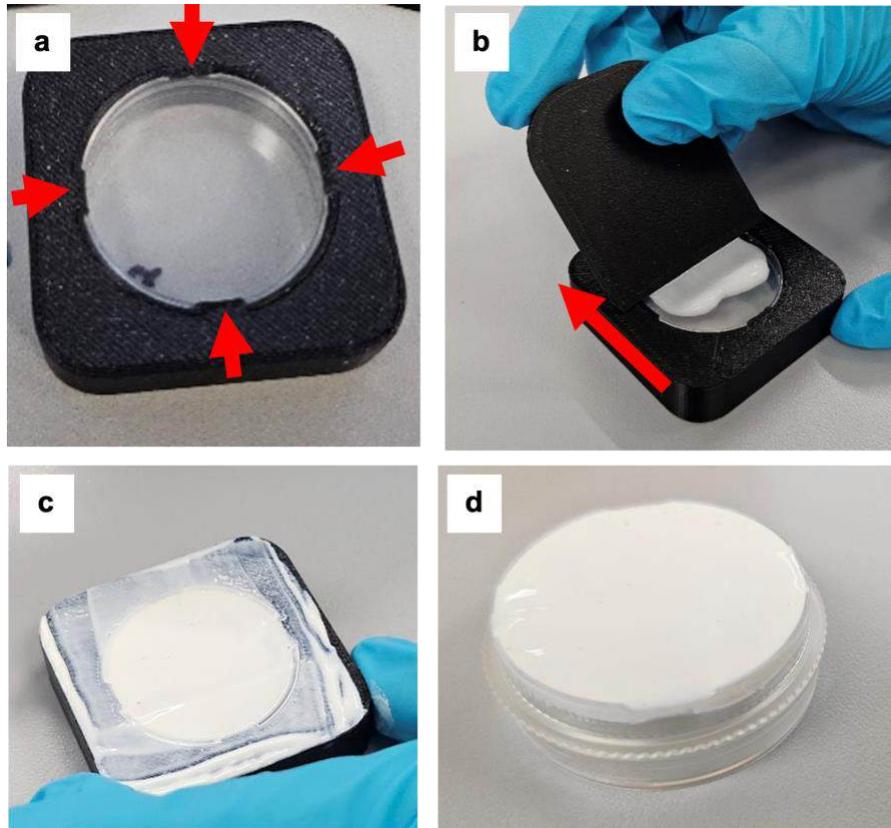


Abbildung 4.1. Auftragen von Sonnenschutzmittel und Körperlotion.

5. Wiederholt die gleichen Schritte für die Schale mit der Bezeichnung "4", verteilt diesmal aber statt der Sonnencreme die Bodylotion darauf (Spritze mit der Bezeichnung "BL"). Verwendet dabei einen neuen Petrischalenhalter und einen neuen Spachtel.
6. Stellt die vier Schalen in das hier abgebildete Gestell. Achtet darauf, dass die Probe, die nicht der UV-Strahlung ausgesetzt werden soll, in den Kreis mit dem Boden gelegt wird. Dreht die Petrischalen mit dem Sonnenschutzmittel und der Bodylotion wieder um, sodass die mit Creme bedeckten Seiten nach unten zeigen (siehe Abbildung 4.2.).



Abbildung 4.2. Gestell mit den 4 Schalen

#### 4.1.2 Herstellung der *E. coli*-Stammlösung

Um die verschiedenen Versuchsansätze aussagekräftig vergleichen zu können, ist es wichtig, dass die Ausgangskonzentration von *E. coli* bei jedem Ansatz gleich ist. Stellt euch vor, ihr habt eine theoretische Stammlösung von *E. coli* mit einer optischen Dichte (OD) von 0,9.

- Frage 4.1.1:** Berechnet das richtige Volumen, das der Stammlösung entnommen werden muss, um 20 ml einer Lösung mit einer OD von 0,2 zu erhalten. Zeigt eure Rechenschritte auf dem ANTWORTBLATT unter **Frage 4.1.1.**

#### **Optische Dichte (OD):**

Die optische Dichte misst den Grad der Lichtstreuung, die durch die Bakterien in der Kultur verursacht wird. Je mehr Bakterien in der Lösung vorhanden sind, desto mehr Licht wird gestreut und man erhält dadurch einen höheren OD-Wert. Die OD ist direkt proportional zur Konzentration. Der OD-Wert wird bei 600 nm gemessen.

Lest unbedingt die folgenden Anweisungen zur Verwendung des Spektralphotometers, **bevor ihr** mit den Schritten auf Seite T43 weitermacht.

## Verwendung des Spektralphotometers

### Probenmikroküvetten für Lichtabsorptionsmessungen

- Alle Mikroküvetten haben zwei Paar unterschiedliche Seiten - ein Paar gegenüberliegender Seiten hat eine transparente Seite, das sogenannte optische Fenster, das andere Paar ist nach innen eingedellt. Der Lichtstrahl muss die transparenten Seiten durchdringen. Daher sollte darauf geachtet werden, dass sich auf den transparenten Seiten keine Fingerabdrücke, Lösungstropfen oder Kratzer befinden.
- Um Fehler bei der Handhabung von Mikroküvetten zu vermeiden, solltet ihr nur den oberen Teil der Küvette berühren. Flüssigkeitstropfen, die auf der transparenten Seite der Mikroküvette zurückbleiben, sollten vorsichtig mit einem Stück Papier abgetupft werden.

### Füllen der Mikroküvette

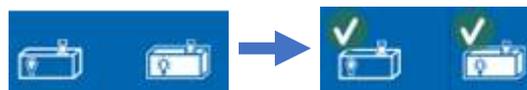
- Die Küvette muss mit 1 mL Lösung gefüllt werden. Das Befüllen der Mikroküvette mit der Probenlösung erfolgt mit einer Mikropipette, damit sich keine Luftblasen in der Küvette bilden.

### Einsetzen der Mikroküvette in das Spektralphotometer

- Die Probe befindet sich immer so zwischen der Lichtquelle und dem Detektor, dass der Lichtstrahl durch die transparenten Seiten der Küvette von der Lichtquelle zum Detektor gelangt. Auf allen Küvetten befindet sich ein kleiner Pfeil an der Oberseite einer der transparenten Seiten. Die Küvetten müssen immer so in das Gerät gestellt werden, dass der Pfeil in die Richtung des Lichts zeigt, welche auf dem Gerät mit einer weißen Glühbirne gekennzeichnet ist.

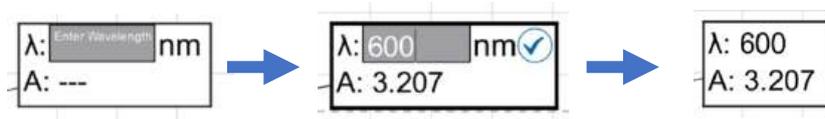
### Einstellung des Nullwerts/Rohlingsmessung

- Mit dem Spektralphotometer ist es möglich, die Wellenlänge der Absorptionsmessung unabhängig einzustellen. Es ist hier möglich, die Probe mit dem reinen Lösungsmittel zu verwenden, um eine "Blank"/Nullwert-Messung vorzunehmen und anschließend den gemessenen Wert von allen folgenden Probenabsorptionswerten zu subtrahieren. Nach einer Kalibrierung nimmt das Spektralphotometer die Subtraktion automatisch vor. So können nicht nur Wasser, sondern auch andere Verbindungen, einschließlich solcher, die von vornherein eine Farbe haben, als Lösungsmittel für die Herstellung von Lösungen der nachzuweisenden Substanz verwendet werden.
- Um das Gerät zu kalibrieren/einen Nullwert einzustellen, legt ihr eure Nullprobe ein und drückt zuerst den Knopf mit dem Symbol "dunkles Spektralphotometer". Lasst die Kalibrierung fertig laufen und drückt anschließend das Symbol "weißes Spektralphotometer". Beide Symbole sollten nun ein Häkchen haben.



### Wählt eure Wellenlänge

- Klickt auf das graue Quadrat mit dem Text "Enter Wavelength", gebt den Wert "600" ein und drückt auf Enter.



### Eine Messung durchführen

- Stellt eure zu messende Probe in das Gerät und drückt **zweimal** die rote Taste! (roter Pfeil, siehe Abbildung 4.3). Die gemessene Absorption wird in der Box angezeigt (blauer Pfeil, siehe Abbildung 4.3).

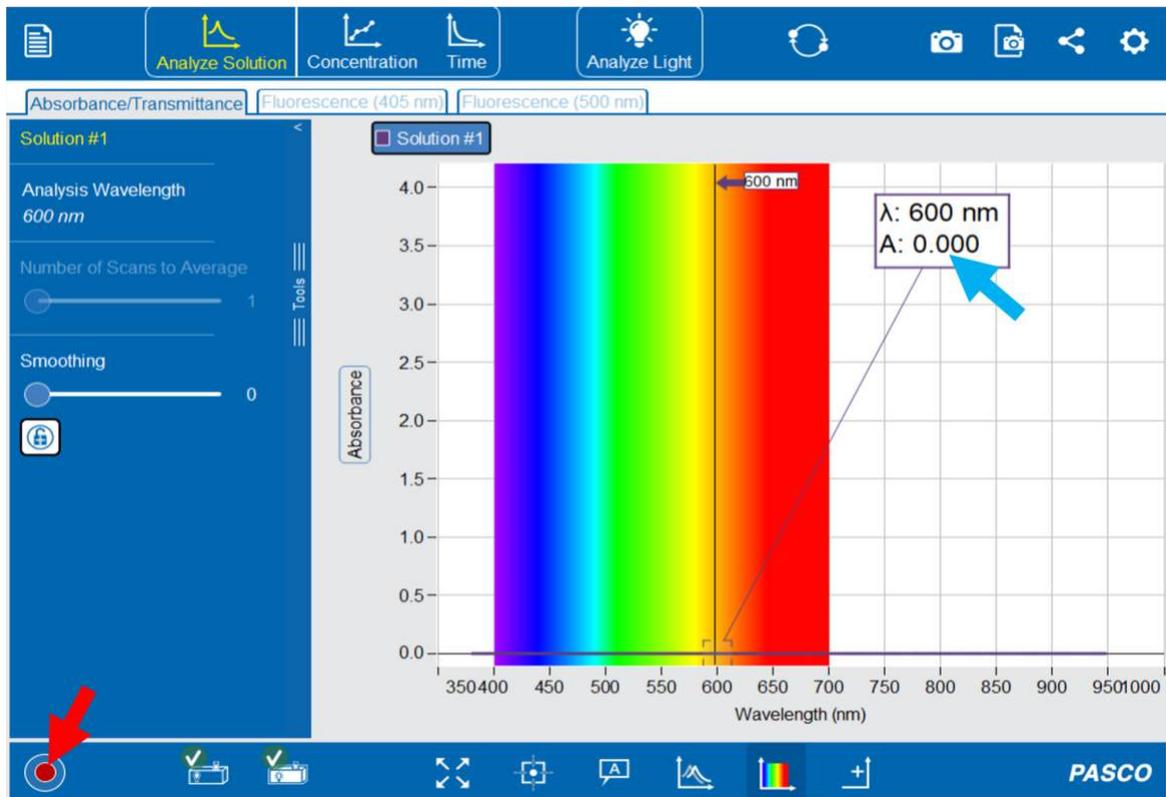


Abbildung 4.3. Schnittstelle des Spektrometers

1. Bestimmt den Nullpunkt, indem ihr 1 ml der Nullprobe verwendet. Bewahrt die Mikroküvette für den Fall auf, dass ihr das Gerät neu kalibrieren müsst.
  2. Schwenkt das Röhrchen "EC" mehrmals vorsichtig, um die *E. coli*-Bakterien zu resuspendieren.
  3. Misst mit einer neuen Mikroküvette die OD der *E. coli*-Zellen aus dem Röhrchen "EC".
- Frage 4.1.2:** Tragt die gemessene OD in euer ANTWORTBLATT unter **Frage 4.1.2** ein und gießt die 1 ml *E. coli*-Lösung vorsichtig zurück in das Originalröhrchen.

### 4.1.3 UV-Belastung

*Vergesst nicht, unbedingt eine Schutzbrille zu tragen, wenn ihr den Transilluminator benutzt, und schaltet diesen nur ein, wenn der Deckel richtig geschlossen ist.*

1. Gebt 4 mL eurer Bakterienkultur in jede Petrischale.
2. **An dieser Stelle müsst ihr die Schutzbrille tragen!!** Bringt eure Proben vorsichtig zum gemeinsamen Tisch, eine Laborassistentin wird sie für euch auf den Transilluminator legen. Startet einen 15-Minuten-Timer, sobald eure Proben auf dem Transilluminator platziert sind.
3. Kehrt nach 15 Minuten UV-Bestrahlung zum gemeinsamen Arbeitsplatz zurück und bittet die Laborassistentin um eure Proben.

### Problem 4.2.: Wachstumsanalyse durch Bestimmung der $OD_{600\text{ nm}}$

1. Übertragt zunächst je 1 ml der Bakterienkultur aus jeder Petrischale in 4 verschiedene Mikroröhrchen, die ihr vorher entsprechend den Schalen beschriftet. Verwendet dabei immer eine neue Pipettenspitze, wenn ihr zwischen den Proben wechselt. Lasst die Mikroröhrchen auf dem Arbeitstisch im Mikroröhrchenständer stehen. Ihr werdet diese Röhrchen in Abschnitt **5.2.1. Extraktion von DNA aus Bakterien** brauchen.
2. Überträgt je 1 ml Bakterienkultur aus jeder Petrischale in 4 verschiedene Mikroküvetten. Vergesst dabei nicht, diese zu beschriften.
3. Die  $OD_{600\text{ nm}}$  für jeden Versuchsansatz ist mit dem Spektralphotometer zu bestimmen.

□ **Tabelle 4.2.1.:** Füllt die **Tabelle 4.2.1.** auf dem ANTWORTBLATT aus.

4. Gebt die Bakterienkultur sofort nach der Messung zurück in die richtige Petrischale.
5. Stellt den Behälter mit den Petrischalen vorsichtig auf den Schüttler, der unter einer Wärmelampe steht, und startet eine Zeitschaltuhr.
6. Wiederholt die  $OD$ -Bestimmung für die Zeitpunkte 30 min, 60 min und 90 min durch Wiederholung der Schritte 2 bis 5. Haltet den Timer nicht an, wenn ihr die Proben unter der Wärmelampe herausnehmt. Lasst den Timer während des gesamten Experiments kontinuierlich laufen. Die  $OD$ -Bestimmung muss innerhalb von 5 Minuten nach der Entnahme der Proben von unter der Wärmelampe durchgeführt werden.

□ **Diagramm 4.2.2.:** Stellt eure Daten eindeutig in einem Diagramm dar und zeichnet pro Versuchsansatz eine Wachstumskurve ANTWORTBLATT unter 4.2.2.

□ **Fragen 4.2.3. & 4.2.4.:** Beantwortet die Fragen auf eurem ANTWORTBLATT unter 4.2.3. und 4.2.4.

# **Problem 5 - Wirkung von UV-Licht auf genetisches Material (34 Punkte)**

## **Materialien und Ausrüstung**

### Auf der gemeinsamen Bank:

- Transilluminator für die UV-Strahlung
- Schutzbrille Anti-UV
- Wärmeblock
- Nanodrop
- Mikropipette P2 + Spitzen
- Papiertücher
- Agarose-Gelkammer + Gel + TAE-Laufpuffer
- Mikropipette P20 + Spitzen
- Stromversorgung
- Mikroskop + Halterung fürs Smartphone
- Handschuhe in verschiedenen Größen (Laboreingang)

### Auf der Team-Bank:

- Kleine Zentrifuge
- Vortex
- 750 µL menschliche Krebszellen "HC" (1 Mikroröhrchen)
- Mikroröhrchen von 1,5mL (5x)
- Kleine blaue Röhrchen mit 200 µl (5x)
- Mikropipetten (P10, P100, P1000)
- Spitzen in roter Box (für P10-Mikropipette)
- Spitzen in gelber Box (für P100-Mikropipette)
- Spitzen in blauer Box (für P1000-Mikropipette)
- PM-Lösung "PM" (1 Mikroröhrchen)
- Destilliertes Wasser "H2O" (1 Mikroröhrchen)
- Gestell für 15 mL und 50 mL Röhrchen
- Mikroskop
- Glas-Zählkammer
- Deckglas
- Trypanblau-Farbstofflösung "TB" (1 Mikroröhrchen)
- Taschenrechner
- DNA-Proben in kleinen roten Röhrchen für die Gelelektrophorese
- DNA-Leiter (1 kleines rotes Röhrchen)
- Blauer Ladefarbstoff "LD" (1 kleines transparentes Röhrchen)
- Flüssigabfallbehälter "LW" (1 Röhrchen)
- Rechteckige Glasschale und Waschflasche zur Reinigung der Zählkammer
- Abfallbehälter für Spitzen/Röhrchen

## Einführung

In der Krebsforschung sind die meisten experimentellen Verfahren aus den Kategorien Zell-Assay, Zellzählung, Extraktion und Quantifizierung des genetischen Materials, PCR, Agarosegel-Elektrophorese und andere. Während dieser Aufgabe 5 werdet ihr verschiedene, entscheidende Methoden der Zell- und Molekularbiologie, die im Krebsforschungslabor verwendet werden, kennenlernen, wobei ihr entweder echte, menschliche Krebszellen (Hautkrebszellen) oder Modellorganismen, in diesem Fall das Bakterium *E. coli*, verwendet.

Die aktuelle Krebsforschung stützt sich in hohem Maße auf die Verwendung menschlicher Modelle und Zelllinien, um die der Krankheit zugrundeliegenden Mechanismen zu verstehen, neue Therapien zu entwickeln und ihre Wirksamkeit zu bewerten. Diese Modelle und Zellen sind unschätzbar wertvolle Werkzeuge, mit denen Forscher verschiedene Aspekte von Krebs erforschen können, von genetischen Mutationen bis hin zum Ansprechen auf Behandlungen.

## Aufgabe 5.1: Zellzählung mit einem Mikroskop

**Bestimmung der Gesamtkonzentration der Krebszellen in dem Mikroröhrchen "HC" (als Anzahl der Zellen pro ml). *Nur für menschliche Krebszellen!***

### Vorbereitung des Objektträgers für die Zellzählung

Die Zellkonzentration wird durch die Anzahl der Zellen in einem bestimmten Volumen eines flüssigen Mediums bestimmt. Das Ergebnis der Zählung wird als Zellkonzentration ausgedrückt, d. h. als Anzahl der Zellen pro Milliliter.

Die Zählung der Zellen erfolgt unter dem Mikroskop mit einer speziellen Zählkammer, z. B. der Neubauer-Zählkammer (siehe Abb.5.1.). Die Zählkammer besteht aus einem **auf der zentralen Plattform eingravierten Raster/Zählnetz**, das die Zählung der Zellen erleichtert, zwei **Rillen**, die die zentrale Plattform von der Halterung trennen, und zwei **Halterungen/Stege**, die das Deckglas fixieren.

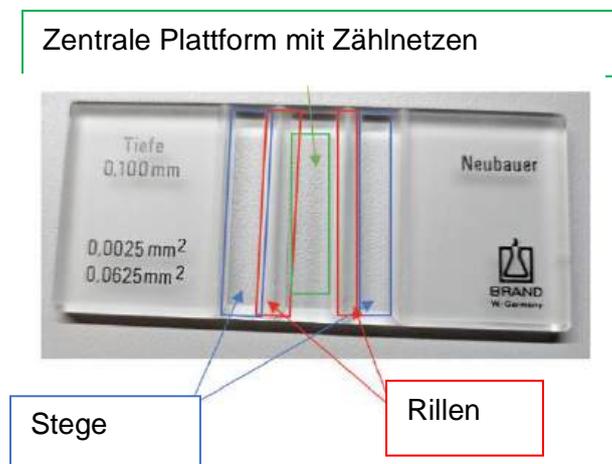


Abb. 5.1. Neubauer Zählkammer

**BEI ALLEN EXPERIMENTEN, DIE MIT ZELLMANIPULATIONEN ZU TUN HABEN, UNBEDINGT HANDSCHUHE TRAGEN!!!**

1. Legt die Neubauer-Zählkammer auf eine ebene Fläche.
2. Gebt 2  $\mu\text{l}$  Wasser auf jede der beiden Stege (siehe Abbildung 5.2a).

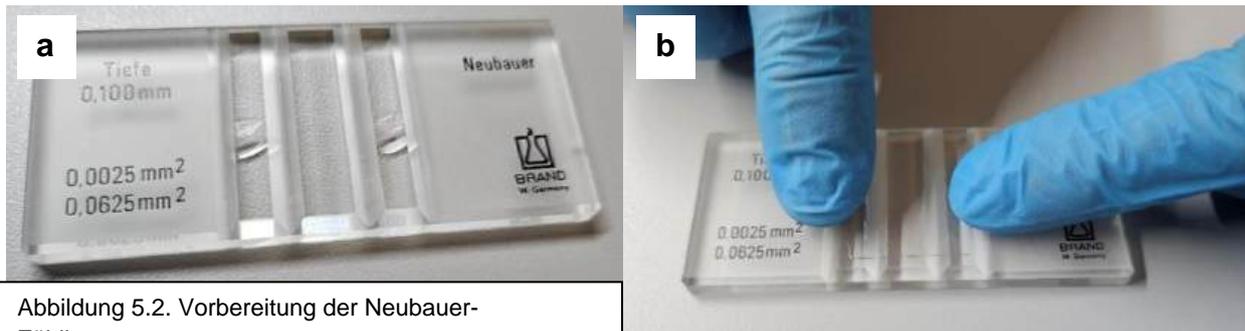


Abbildung 5.2. Vorbereitung der Neubauer-Zählkammer.

3. Legt das Deckglas im Hochformat, wie im Bild gezeigt, auf die Stege/Halterungen. Drückt mit beiden Daumen an den Kanten des Deckglases vorsichtig nach unten und bewegt euch dabei leicht hin und her, bis ihr einen Widerstand spürt (siehe Abbildung 5.2b).

Die Halterungen sind 0,1 mm höher als die zentrale Plattform. Durch Hinzufügen eines Deckblatts entsteht so eine Kammer mit bekanntem Volumen.

### Überprüfung Ihres Neubauer-Zählkammer

- Frage 5.1.1.:** Wenn ihr mit der Vorbereitung der Zählkammer zufrieden seid, hebt eure goldene Karte hoch, um die Laborassistenten darauf hinzuweisen, dass sie eure Vorbereitung überprüft. Erfüllt euer Präparat nicht die geforderten Kriterien, bittet die Laborassistenten euch, die Zählkammer erneut vorzubereiten. Wenn die Aufsichtsperson zufrieden ist, fügt sie einen Stempel in euer ANTWORTBLATT unter Frage 5.1.1 ein, um die korrekte Vorbereitung der Zählkammer zu bestätigen. Wenn der zweite Versuch immer noch nicht erfolgreich ist, erhaltet ihr keine Punkte für diese Frage. Ihr solltet aber weiterhin versuchen, die Zählkammer vorzubereiten, ohne danach einen Stempel zu erhalten und ohne die Laborassistenten erneut zu euch zu rufen.

### Übertragung der Krebszellen auf die Neubauer-Zählkammer

1. Die Zellen in dem mit "HC" gekennzeichneten Röhrchen durch dreimaliges Auf- und Abpipettieren mit einer auf 1 ml eingestellten Mikropipette P1000 vorsichtig resuspendieren.

2. Nehmt ein neues Mikroröhrchen und gebt 20  $\mu\text{l}$  Trypanblau hinein. Trypanblau ist ein Farbstoff, der üblicherweise verwendet wird, um lebende Zellen visuell von toten Zellen zu unterscheiden. Bei lebenden Zellen ist die Zellmembran noch intakt und schließt den Farbstoff eine Zeit lang aus. Unter dem Mikroskop erscheinen diese Zellen ungefärbt. Tote Zellen können den Farbstoff nicht ausschließen und erscheinen unter dem Mikroskop blau (siehe Abbildung 5.3).
3. Gebt in dasselbe Röhrchen 20  $\mu\text{L}$  eurer resuspendierten Zellen.
4. Pipettiert die Mischung vorsichtig dreimal auf und ab, ohne dass dabei Blasen entstehen.

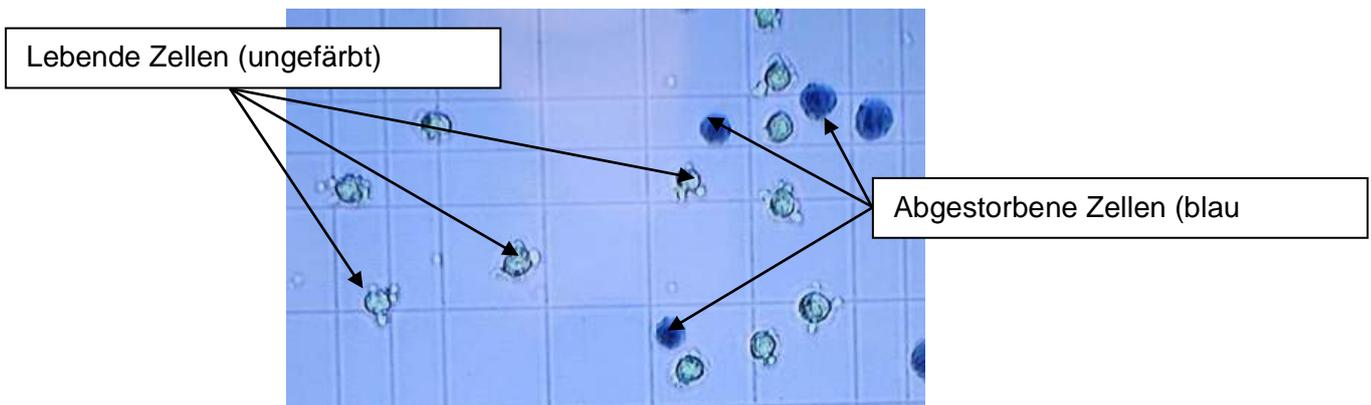


Abbildung 5.3. Lebende und tote Krebszellen unter dem Mikroskop.

5. Überträgt 25  $\mu\text{l}$  der soeben zubereiteten Trypanblau-Zell-Verdünnung in die Kammer der Neubauer-Zählkammer, indem ihr die Pipettenspitze vorsichtig leicht geneigt in der Nähe des Deckglases auf der zentralen Gitterplattform ansetzt (siehe Abbildung 5.4). Das Befüllen muss sorgfältig und in einem Zug erfolgen, ohne dass Luftblasen entstehen, und es ist wichtig, dass die Kammer nicht überfüllt wird. Falls Luftblasen sichtbar sind oder die Flüssigkeit über die Ränder in die Rinnen gelaufen ist, muss die Kammer gereinigt und neu befüllt werden (siehe Bemerkungen). Es stehen genügend Lösungen zur Verfügung, um die Zählkammer zweimal zu reinigen und wieder zu befüllen.

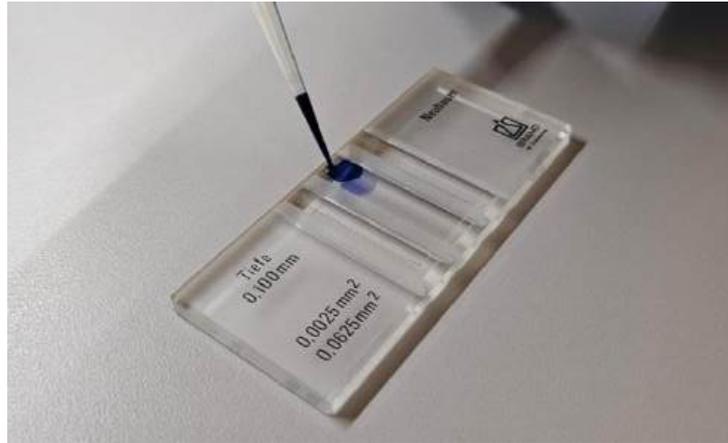


Abbildung. 5.4. Befüllung der Neubauer-Zählkammer

**Bemerkung:**

Wenn ihr eure Zählkammer reinigen müsst, um sie später wiederzuverwenden, behaltet eure Handschuhe an und spült sie über der rechteckigen Glasschale, indem ihr das Deckglas vorsichtig von der Zählkammer abnehmt (passt auf, dass ihr euch nicht mit dem Deckglas schneidet, das ihr wieder verwenden wollt!) und sowohl Zählkammer als auch Deckglas mit der Waschflasche mit H<sub>2</sub>O reinigt. Wischt dann die Zählkammer und das Deckglas vorsichtig mit dem Papiertuch ab.

**Zählung der Zellen**

Die Neubauer-Zählkammer hat ein Zählgitter von 3 mm x 3 mm Größe. Das Gitter ist in 9 quadratische Unterabschnitte unterteilt. Jede Unterteilung ist somit 1 mm x 1 mm groß. Das

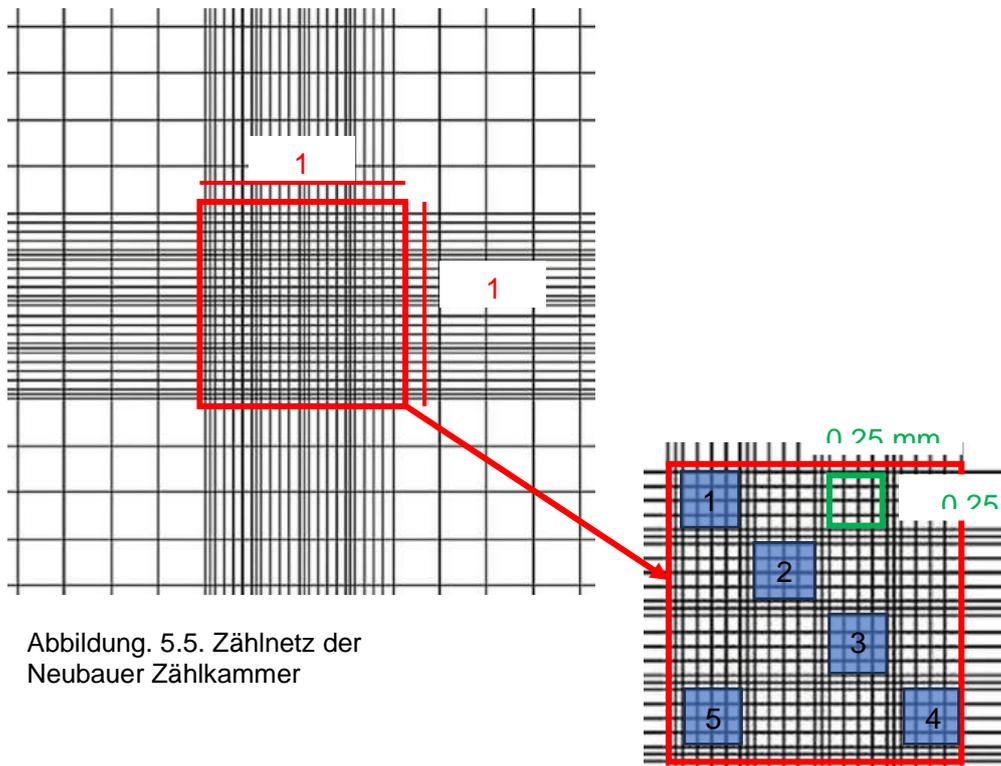


Abbildung. 5.5. Zählnetz der Neubauer Zählkammer

Deckglas und das Zählgitter sind durch einen Spalt von 0,1 mm getrennt. Das zentrale Quadrat, das ihr zum Zählen verwenden werdet, ist weiter in 16 kleinere Quadrate unterteilt, die durch Dreierlinien getrennt sind. Die Größe eines kleinen Quadrats beträgt 0,25 mm x 0,25 mm.

Sucht mit dem 4-fach-Objektiv das zentrale Gitter (rotes Quadrat in Abbildung 5.5.) und überprüft die Homogenität der Verteilung der zu zählenden Krebszellen (wenn die Verteilung schlecht ist, beginnt erneut und seht dazu den Abschnitt "Bemerkung" oben).

- Frage 5.1.2:** Wenn ihr mit eurer Zählkammer zufrieden seid, bringt diese **ZUSAMMEN** mit eurem ANTWORTBLATT zu einer Laborassistentin an der Gemeinschaftsbank. Diese macht ein Foto von eurer Zählkammer, stempelt euer ANTWORTBLATT unter **Frage 5.1.2 ab** und gibt euch den Objektträger zurück. Beginnt unmittelbar danach sofort mit der Zellzählung.

1. Verwendet für die Zählung das Objektiv 10x oder höher.

Zählt die Krebszellen, die in den 5 **blau markierten Quadraten** des Gitters enthalten sind, wie in Abbildung 5.5 dargestellt.

### Zählen der Zellen, die die Gitterlinie berühren

Um Doppelzählungen zu vermeiden, zählen Forscher in der Regel nur die Zellen, die 2 der 4 äußeren Linien in jedem Quadrat berühren. Daher zählen wir nur die Zellen, die die **obere und/oder linke Dreierlinie** berühren, und ignorieren die Zellen, die die rechte und/oder untere Dreierlinie berühren (siehe Abbildung 5.6.).

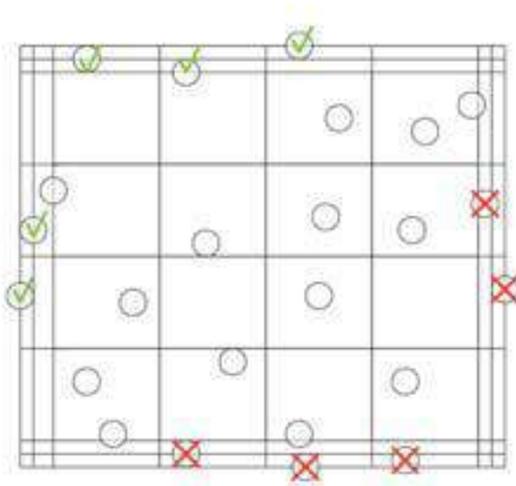


Abbildung. 5.6: Beispiel für das Zählen von Zellen, die die äußeren Gitterlinien berühren

- Tabelle 5.1.3:** Tragt eure Zellzahl in das ANTWORTBLATT unter **Tabelle 5.1.3** ein.

**□ Frage 5.1.4: Wie hoch ist der Prozentsatz der lebenden Zellen?**

Stellt eure Berechnungen auf dem ANTWORTBLATT 5.1.4 deutlich dar.

**□ Frage 5.1.5: Wie hoch ist die Konzentration der lebenden Zellen in eurem Röhren "HC"?**

Die Konzentration sollte in Zellen pro Milliliter berechnet werden. Stellt eure Berechnungen und Überlegungen auf dem ANTWORTBLATT 5.1.5 deutlich dar.

**□ Frage 5.1.6: Wie hoch ist die Gesamtzahl der lebenden Zellen in eure, Röhren "HC"?**

Stellt eure Berechnungen auf dem ANTWORTBLATT 5.1.6 deutlich dar.

## Aufgabe 5.2. Extraktion des genetischen Materials und Bestimmung der DNA-Konzentration

### 5.2.1. Extraktion von DNA aus Bakterien

1. Verwendet die 4 Mikroröhrchen aus "Aufgabe 4.2. Wachstumsanalyse durch Bestimmung der  $OD_{600\text{ nm}}$ ", die die Bakteriensuspension aus den 4 Versuchsansätzen enthalten.
2. Zentrifugiert eure Proben für 5 Minuten in der Mini-Zentrifuge. Achtet darauf, dass eure Proben richtig in der Zentrifuge platziert sind, d. h. dass das Gewicht gleichmäßig auf beide Seiten verteilt ist.
3. Verwerft den Überstand mit der Pipette in den Flüssigabfall (LW), ohne das Zell-Pellet zu berühren. Verwendet immer eine neue Pipettenspitze, wenn ihr zwischen den Proben wechselt.
4. Fügt bei jedem Röhrchen 50  $\mu\text{L}$  des Reagenzes mit der Bezeichnung PM hinzu.  
 **Frage 5.2.1:** Was ist die Rolle der PM-Lösung? Beantworte die Frage im **ANTWORTBLATT Frage 5.2.1.**
5. Die Mikroröhrchen verschließen und vortexen (10 Sekunden), bis das Pellet vollständig aufgelöst ist.
6. Erwärmt die Proben in einem Wärmeblock (gemeinsam genutzte Bank) 10 Minuten lang bei 100 °C. Benutzt eure Zeitschaltuhr.
7. Beschriftet in der Zwischenzeit einen zweiten Satz Mikroröhrchen für die genomische DNA-Stammlösung.
8. Nach den 10 Minuten im Wärmeblock die Proben 3 Sekunden lang vortexen und die Mikroröhrchen erneut 5 Minuten lang in der Minizentrifuge zentrifugieren.
9. Überführt 30  $\mu\text{L}$  des entstandenen Überstands in den zweiten Satz Mikroröhrchen. Berührt beim Transfer das Pellet nicht!
10. Beschriftet einen dritten Satz Mikroröhrchen für verdünnte DNA.

### 5.2.2. Bestimmung der DNA-Konzentration

1. Verdünnt eure vier DNA-Proben, indem ihr 5  $\mu\text{L}$  eurer DNA-Probe und 45  $\mu\text{L}$  Wasser in die unter Punkt 10 von 5.2.1. beschrifteten Mikroröhrchen gebt. Ihr erhaltet ein Gesamtvolumen von 50  $\mu\text{L}$ .
2. Vortex die verdünnten Proben kurz (1 Sekunde) und zentrifugiert sie kurz in der Zentrifuge (5 Sekunden).
3. Bestimmt die Konzentrationen und die Reinheit eurer verdünnten DNA-Proben mit dem Nanodrop-Spektrophotometer. Das Nanodrop befindet sich auf der Gemeinschaftsbank.



4. Das Nanodrop ist ein UV-Spektrophotometer, mit dem die Konzentration und Reinheit von Nukleinsäuren wie DNA und RNA in kleinen Proben (2  $\mu\text{L}$ ) durch Messung der Absorption bei 260 nm bestimmt werden kann, da dies der Absorptionspeak für Nukleinsäuren ist.
5. Hebt den Arm an und reinigt beide Sockel mit einem neuen Papiertuch. Es ist nicht notwendig, den Nullpunkt zu kalibrieren. Dies wurde bereits für euch gemacht.

6. Pipettiert 2  $\mu\text{L}$  der Probenlösung auf den unteren Sockel und senkt den Arm vorsichtig ab. Das Gerät nimmt automatisch die Messung vor und zeigt das Ergebnis an. Messt die DNA-Konzentration eurer 4 Proben sowie das 260/280-Verhältnis. **Es ist wichtig, dass ihr beide Sockel zwischen den Messungen mit einem Papiertuch vorsichtig abwischt.**

260 nm entspricht der Peak (höchsten)-Absorption der DNA.

280 nm entspricht der Peak (höchsten)-Absorption des Proteins.

- Tabelle 5.2.2.: Füllt die **Tabelle 5.2.2.** auf dem ANTWORTBLATT aus.**

## Aufgabe 5.3. Vorbereitung von DNA-Proben für die PCR

Die PCR (Polymerase-Kettenreaktion) ist ein molekularbiologisches Verfahren, mit dem eine bestimmte DNA-Sequenz exponentiell vervielfältigt werden kann. Sie wurde 1983 von Kary Mullis entwickelt und revolutionierte die Molekularbiologie, indem sie die schnelle und spezifische Herstellung großer Mengen von DNA aus sehr kleinen Proben ermöglichte.

Zunächst müsst ihr die Menge der DNA-Proben berechnen, die ihr benötigt, um den PCR-Versuch mit 400 ng Template-DNA zu starten.

**Tabelle 5.3.1. (1. Spalte):** Berechnet das Volumen in  $\mu\text{L}$ , das ihr benötigt, um 400 ng Template-DNA in jeder Probe zu haben. Rundet dabei auf 1 Dezimalstelle. Tragt die Ergebnisse eurer Berechnungen im ANTWORTBLATT in die **Tabelle 5.3.1 ein.**

**Tabelle 5.3.1. (2. Spalte):** Berechnet das Wasservolumen, das ihr für jede Probe benötigt, um ein Gesamtvolumen von 20  $\mu\text{L}$  für jede Probe zu erhalten. Tragt die Ergebnisse eurer Berechnungen im ANTWORTBLATT in die **Tabelle 5.3.1 ein.**

1. Pipettiert die entsprechenden Volumina von Wasser und DNA in jedes kleine, blaue Röhrchen gemäß eurem Pipettierschema.
2. Vortex die verdünnten Proben kurz (1 Sekunde) und zentrifugiert diese kurz nach unten (5 Sekunden).
3. Geht mit euren beschrifteten Röhrchen, die nun 400 ng DNA enthalten, zum gemeinsamen Arbeitsplatz und messt die DNA-Konzentrationen mit dem Nanodrop.

**Tabelle 5.3.1. (3. Spalte):** Tragt eure Ergebnisse in die Tabelle im ANTWORTBLATT unter Tabelle 5.3.1. ein.

**Tabelle 5.3.1.:** Wenn ihr alle eure Ergebnisse in die Tabelle 5.3.1 eingetragen habt, bittet die Laborassistentin um einen Stempel und eine Unterschrift, um eure Ergebnisse zu bestätigen.

## Aufgabe 5.4. Vorbereitung für die Gelelektrophorese und das Laden der DNA

Die Gelelektrophorese ist ein Verfahren, mit dem DNA-Fragmente nach ihrer Größe getrennt werden können. Die DNA-Proben werden in die Vertiefungen an einem Ende des Gels gegeben, und ein elektrischer Strom wird angelegt, um sie durch das Gel zu ziehen. Da die DNA-Fragmente negativ geladen sind, bewegen sie sich in Richtung der positiven Elektrode, die sich am anderen Ende des Gels befindet. Da alle DNA-Fragmente die gleiche Menge an Ladung pro Masse haben, bewegen sich kleine Fragmente schneller durch das Gel als große. Wenn ein Gel mit einem DNA-bindenden Farbstoff gefärbt und unter blaues oder UV-Licht gelegt wird, sind die DNA-Fragmente als **Banden zu** sehen, die jeweils eine Gruppe von DNA-Fragmenten gleicher Größe darstellen.

Ihr findet auf eurem Tisch einen Halter mit 6 kleinen, roten Röhrchen, die mit 0-5 beschriftet sind.

Jedes Röhrchen enthält (oder auch nicht) ein 1500 bp (Basenpaare) großes DNA-Fragment, das den PCR-Produkten der folgenden Proben entspricht:

- Röhrchen 0: Leiter (eine Mischung aus DNA-Fragmenten bekannter Länge (in bp), die als Referenz dienen)
- Röhrchen 1: Negativkontrolle ohne DNA
- Röhrchen 2: Probe 1 (keine UV-Exposition)
- Röhrchen 3: Probe 2 (keine Lotion + 15 min UV-Exposition)
- Röhrchen 4: Probe 3 (Sonnenschutzmittel SPF50 + 15 Minuten UV-Exposition)
- Röhrchen 5: Probe 4 (Körperlotion + 15 min UV-Bestrahlung)

**Achtet darauf, eure Spitzen zwischen den einzelnen Proben zu wechseln!**

1. Gebt 4 µL blauen Ladepuffer (LD) zu den PCR-Proben (Röhrchen 1-5) hinzu. Zur Probe 0 muss kein Ladepuffer hinzugefügt werden.
  - Frage 5.4.1.:** Welche Aufgaben hat der Ladepuffer? Beantwortet die Frage auf dem **ANTWORTBLATT** unter **Frage 5.4.1.**
2. Mischt jede Probe durch 2-3 maliges Auf- und Abpipettieren.

**Bringt eure Proben zur Gemeinschaftsbank, um die Gelelektrophorese durchzuführen. Das Gel und der Puffer befinden sich bereits in der Kammer.**

## Beladung des Gels

- Eine stabile Haltung ist wichtig, da die Vertiefungen relativ klein sind. Stützt eure Ellbogen auf den Tisch.
- Setzt die Pipettenspitze genau in die gewünschte Vertiefung. Die Vertiefung nicht durchstechen!
- Pipettiert eure Probe langsam in die Vertiefung und drückt den Kolben der Pipette nur bis zum ersten Anschlag nach unten. Wenn ihr die Pipette ganz herunterdrückt, führt ihr zusätzliche Luft ein, die eure Probe aus der Vertiefung lösen könnte.
- Entfernt die Pipettenspitze aus der Vertiefung und haltet den Kolben gedrückt, bis die Pipettenspitze nicht mehr in Kontakt mit der Flüssigkeit ist.

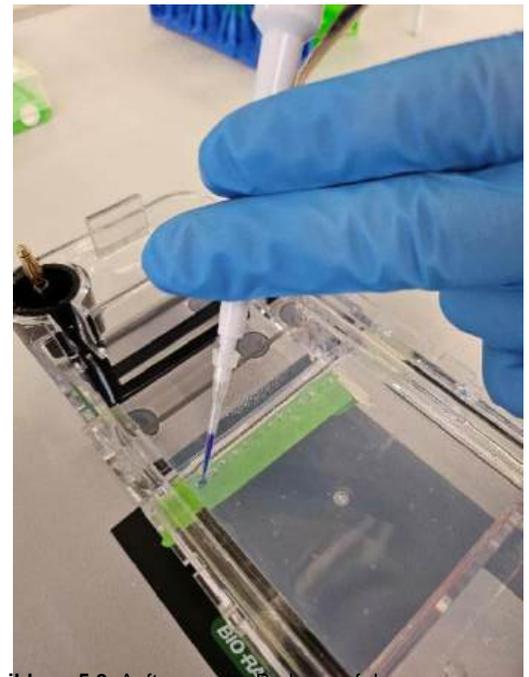


Abbildung 5.9. Auftragen der Proben auf das Gel

3. Beginnt mit der linken Vertiefung und gebt **8  $\mu$ l** eurer DNA-Leiter (Tube 0) in die erste Vertiefung des Gels.
4. Gebt **20  $\mu$ l von jeder Probe** in je eine separate Vertiefung des Gels. Es sollten keine leeren Vertiefungen zwischen den Proben verbleiben und die Proben sollten wie folgt angeordnet werden (siehe Abbildung 5.8):

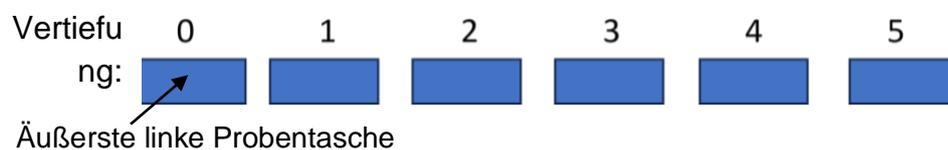


Abbildung 5.8. Beladungsschema der Gelelektrophorese

- Frage 5.4.2:** Sobald ihr mit dem Beladen des Gels fertig seid, informiert eine Laborassistentin, damit diese die Gelelektrophorese starten kann. Ihr erhaltet auch einen Stempel auf eurem ANTWORTBLATT unter **Frage 5.4.2.**

## Aufgabe 5.5. Analyse der PCR-Ergebnisse

- Auf der letzten Seite des Antwortbogens findet ihr einen Anhang, der ein Agarosegel zeigt. Zeichnet auf dieses "Gel" das erwartete Ergebnis der Gelelektrophorese. Wenn ihr fertig seid, reißt das Papier vom Antwortbogen ab und bringt den Zettel und euren Antwortbogen zu einem Betreuer. Die Laborassistentin wird **5.5.1** auf eurem ANTWORTBLATT mit einem Stempel versehen, um zu bestätigen, dass sie die Zeichnung erhalten hat. Außerdem händigt sie euch die theoretischen Ergebnisse der Gelelektrophorese aus, die ihr gerade gezeichnet habt.
- Analysiert die Ergebnisse, um die Fragen auf dem ANTWORTBLATT unter **5.5.2, 5.5.3, 5.5.4, 5.5.5** zu beantworten.



2  
0  
2  
4  
**EUROPEAN OLYMPIAD OF**  
**EXPERIMENTAL SCIENCE**  
**LUXEMBOURG**

## TASK 2

# D'Schueberfouer

**Dauer: 4 Stunden**

EOES 2024, 11.04.2024

# Einführung in die Aufgabe:

Die Schueberfouer ist ein bedeutendes kulturelles Ereignis im luxemburgischen Sommerkalender. Mit rund 2 Millionen Besuchern pro Jahr erstreckt es sich über drei Wochen von Ende August bis Anfang September und bietet eine Vielzahl von Attraktionen, deren Tradition bis ins Mittelalter zurückreicht. In diesem Jahr findet die Veranstaltung zum 683sten Mal statt.

Der Schueberfouer wurde 1340 von Jang de Blannen gegründet und ist bis heute der größte Jahrmarkt in Luxemburg und der Großregion. Mit über 200 Attraktionen bietet er eine große Auswahl an Fahrgeschäften, die für die ganze Familie geeignet sind. Darüber hinaus bietet die Veranstaltung eine Vielzahl an kulinarischen Angeboten wie große Restaurants, Bierzelte, Süßwarengeschäfte sowie Unterhaltungsangebote wie Lotterien und Schießbuden.



Hier sind die ungefähren Zeiten, die du für jede Aufgabe brauchst:

- Aufgabe 1 - Chemie (Analyse von Lët'z Limo) - 2 Stunden (inklusive 1 Stunde Trocknungs-/Wartezeit)
- Aufgabe 2 - Chemie (Analyse von luxemburgischem Senf) - 2 Stunden
- Aufgabe 3 - Physik (Schleifen und LEDs) - 3,5 Stunden
- Aufgabe 4 - Biologie (Osmose) - 2 Stunden
- Aufgabe 5 - Biologie (Analyse von Fischschuppen) - 1,5 Stunden

# TASK2: D'Schueberfouer

Wenn du die Schueberfouer entlang schlenderst, drohen dich die vielen Gerüche und Geschmäcker aus aller Welt zu überwältigen.

Also los, machen wir eine kurze Pause, um unseren Durst mit der luxemburgischen Limonade Lët'z Limo zu stillen. Ah, erfrischend und lecker! Als junge Wissenschaftler interessiert euch natürlich die Zusammensetzung der Limonade. Lasst uns gemeinsam herausfinden, was ihr saftiges Geheimnis ist!

**Hinweis: Beginne mit Aufgabe 1, denn diese Aufgabe erfordert 60 Minuten Trocknungszeit!**

## Aufgabe 1 - Analyse der Lët'z Limo - Lemon and Lime

### Materialien

- **Trocknungsofen** (ein Ofen für alle)
- **Waage (Präzision: 0,01g)** (auch für Aufgabe 2)
- **Magnetrührer und Heizplatte** (auch für Aufgabe 2)
- **Spritzflasche mit destilliertem Wasser** (auch für Aufgabe 2)
- **Rührfischangel** (auch für Aufgabe 2)
- **2 Spatel**
- **Rührfisch** (Zubereitung von Calciumchloridlösung)
- **Calciumchlorid-Hexahydrat** in Plastikröhrchen mit Schraubverschluss; ca. 10 g (Herstellung der Calciumchlorid-Lösung)
- **150-mL-Becherglas** (Zubereitung der Calciumchloridlösung)
- **geöffnete Flasche Limonade** (Limonaden-Zubereitung)
- **100mL Messzylinder** (Limonaden-Zubereitung)
- **250mL Erlenmeyerkolben** (Limonadenzubereitung)
- **NaOH 3M** im Zentrifugenröhrchen aus Plastik mit Deckel, ca. 10 mL (um den pH-Wert auf 8-9 einzustellen)
- **Pasteurpipette** (um den pH-Wert auf 8-9 einzustellen)
- **pH-Papier** (pH-Kontrolle)
- **Glasthermometer** (zur Kontrolle der Temperatur der Limonadenlösung)
- **100-mL-Becherglas** (80°C-Wasser-Waschlösung für die Vakuumfiltration von Calciumcitrat)

- **Vakuumflasche + Glasfritte (= Trichter mit weißem Filtereinsatz) + Dichtung** (für heiße Vakuumfiltration)
- **Vakuumschläuche + Wasserstrahlpumpe** (für die Vakuumfiltration)
- **ein Paar Baumwollhandschuhe** (für die heiße Vakuumfiltration)
- **Tiegelzange** (um heißes Calciumcitrat aus dem Ofen zu nehmen)
- **Stoppuhr/Timer**
- **Periodensystem**

Der Säuregehalt von Lët'z Limonade - wie bei vielen anderen Limonaden auch - kommt von der enthaltenen Zitronensäure. In **Aufgabe 1** ist es dein Ziel, den Zitronensäuregehalt der Limonade zu bestimmen.

### 1.1. Die chemische Formel von Zitronensäure (2P)

Zitronensäure ist eine organische Verbindung mit einer nicht trivialen Formel, die aus sechs Kohlenstoffatomen, acht Wasserstoffatomen und mehreren Sauerstoffatomen pro Molekül besteht.

- Frage 1.1:** Bestimme die genaue **Anzahl der Sauerstoffatome**, die in einem Molekül Zitronensäure enthalten sind, wenn du weißt, dass die molare Masse von Zitronensäure  $192.13 \frac{g}{mol}$  ist und dass das Molekül 58,3 w% (Massenprozent) Sauerstoff enthält. Trage deine Berechnungen auf dem **ANTWORTBLATT zu Frage 1.1** ein.

**Bevor du fortfährst, hebe bitte die goldene Karte, damit die Laboraufsicht deine Antwort überprüfen kann. Falls deine Antwort falsch ist, erhältst du keine Punkte für diese Frage, du bekommst aber die richtige Antwort.**

### 1.2. Chemische Gleichung für die Ausfällung von Calciumcitrat (3P)

Um den Zitronensäuregehalt in der Limonade zu bestimmen, wollen wir eine einfache Fällungsreaktion mit Calciumionen durchführen: Dazu geben wir eine ausreichende Menge Calciumchlorid in die saure Lösung, wodurch das schwerlösliche Salz Calciumcitrat  $Ca_3(C_6H_5O_x)_2$  gebildet wird (x nimmt den in Frage 1.1. ermittelten Wert an). Außerdem bildet diese Reaktion auch eine saure Lösung bzw. Säure, die in jedem Labor zu finden ist.

- Frage 1.2.:** Schreibe die ausgeglichene Gleichung dieser Reaktion auf das **ANTWORTBLATT Frage 1.2.**

Bevor du fortfährst, hebe bitte die goldene Karte, damit die Laboraufsicht deine ausgeglichene Gleichung überprüfen kann. Falls deine Antwort falsch ist, erhältst du keine Punkte für diese Frage, du bekommst aber die richtige Antwort.

### 1.3. Zubereitung der Calciumchloridlösung (2P)

Um die oben beschriebene Reaktion auszuführen, benötigen wir etwa 100 mL einer 0,3 mol/L Calciumchlorid Lösung.

- Frage 1.3:** Berechne die Masse von Calciumchlorid-Hexahydrat (angenommen, es ist 100% rein), die du dafür brauchst. Gib deine Berechnungen auf dem **ANTWORTBLATT** an **Frage 1.3.**

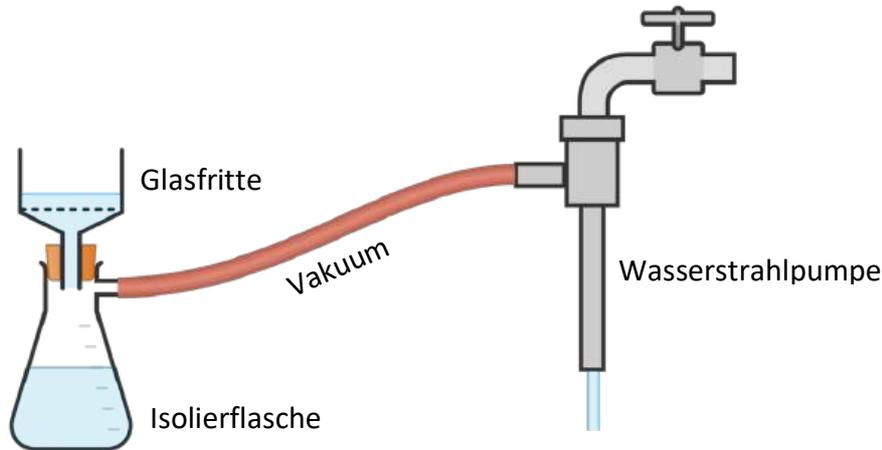
Bevor du fortfährst, hebe bitte die goldene Karte hoch, damit die Laboraufsicht dein Ergebnis überprüfen kann. Falls deine Antwort falsch ist, erhältst du keine Punkte für diese Frage, du bekommst aber die richtige Antwort.

Bereite die Lösung in einem 150-mL-Becherglas vor, nachdem deine Berechnungen vom Laborassistenten überprüft wurden.

### 1.4. Fällung von Calciumcitrat (9P)

- Miss genau 100 mL der Limonade in einem Messzylinder ab, ohne die Flasche vorher zu schütteln (Bodensatz!). Überführe die Limo dann in einen 250 mL Erlenmeyerkolben. Gib die gesamte zuvor zubereitete Calciumchloridlösung unter Rühren hinzu. Füge tropfenweise die Natriumhydroxidlösung (3M) hinzu, bis du einen **pH-Wert** von **8-9** erreichst (benötigt ca. 100-130 Tropfen). Überprüfe den pH-Wert mit **pH-Indikatorpapier**, während du die Natronlauge hinzugibst!
- Erhitze die entstandene Lösung auf 80°C (**benutze die bereitgestellten Baumwollhandschuhe**) und halte sie für ca. 5 Minuten bei 80°C. Das Kalziumzitrat sollte sich vollständig absetzen. Wiege in der Zwischenzeit das **Leergewicht** deiner Glasfritte und erhitze etwa 50 mL destilliertes Wasser in einem separaten 100 mL Becherglas ebenfalls auf ca. 80°C. Dieses wird im nächsten Schritt als warmes Waschwasser für den Niederschlag verwendet.
- Das heiße Reaktionsgemisch sollte nun durch einen Saugfilter (Glasfritte) gefiltert werden ( Vakuumfiltration, siehe Abbildung unten), wobei der Wasserhahn für die Wasserstrahlpumpe aufgedreht werden muss. **Benutze die mitgelieferten Baumwollhandschuhe**, um dir nicht die Hände zu verbrennen. **Berühre den heißen Erlenmeyerkolben nicht ohne Schutz!** Spüle den geleerten Erlenmeyerkolben nach und nach mit dem heißen Waschwasser aus, um das gebildete Calciumcitrat

vollständig in den Saugfilter zu überführen. Die Glasfritte beim Abdrehen des Wasserhahns festhalten, bevor du sie von der Apparatur nimmst.



- Lege die Glasfritte mit dem Calciumcitrat in den Trockenschrank bei 180°C für **60 Minuten** zum Trocknen. Nimm dann die (**!!heiß!!**) Glasfritte mit der **Tiegelzange** heraus und **lass sie** auf der Arbeitsplatte **abkühlen**, bevor du sie wiegst.
- Frage 1.4:** Berechne nun die Gesamtmasse der Zitronensäure in einer 330-mL-Flasche Lët'z Limo in Gramm. Gib deine Berechnungen auf dem **ANTWORTBLATT an Frage 1.4.**

### 1.5. Bestimmung der Anzahl der Zitronen in einer Flasche Lët'z Limo (2P)

Um zu berechnen, wie viele Zitronen für eine Flasche Lët'z Limo benötigt werden, müssen wir die folgenden theoretischen Annahmen treffen:

1. Zitronensaft hat eine durchschnittliche Konzentration von 0,3 mol/L Zitronensäure.
2. Eine Zitrone enthält 50 mL Zitronensaft.

- Frage 1.5:** Berechne die theoretische Anzahl der Zitronen, die in einer Flasche Lët'z Limo enthalten sind. Trage deine Berechnungen auf dem **ANTWORTBLATT** ein. **Frage 1.5.**

*Erfrischt von der leckeren Limonade, gehst du weiter die Schueberfouer entlang und merkst, dass du hungrig wirst. Du schaust dich um, um zu sehen, was hier angeboten wird und bemerkst, dass viele Kirmesbesucher ihr Essen mit luxemburgischem Senf würzen. Dein Forscherdrang ist geweckt: Warum ist dieser Senf so beliebt? Was könnte das Geheimnis dieses Senfs sein? In den folgenden Experimenten gehst du dieser Frage auf den Grund.*

## **Problem 2: Analyse des luxemburgischen Senfs "Moutarde de Luxembourg"**

Ein Blick auf die Zutatenliste des luxemburgischen Senfs verrät seine Hauptbestandteile: Wasser, Senfkörner, **Essig**, Salz, Zucker und **Gewürze**.

Dein **erster Schritt** besteht darin, die **Essigmenge** und den **Säuregehalt** des Senfs zu bestimmen. Wie du wahrscheinlich weißt, ist Essig eine wässrige Lösung von Essigsäure ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ).

Dein **zweiter Schritt** besteht darin, **eines der Gewürze** in der Gewürzmischung zu identifizieren und anschließend die Menge dieses Gewürzes im Senfrezept zu bestimmen.

### **Materialien**

- **iPad + Stift**
- **Taschenrechner**
- **Geodreieck**
- **Metallspachtel**
- **NaOH fest** in einem Plastikgefäß; ein paar Gramm
- **Pipettierhilfe**
- **Senf 90g**; 1 Tube
- **100-mL-Glasbecher** (zum Mischen/Homogenisieren von 10 g Senf aus der Tube)
- **Glasstab** (zum Mischen/Homogenisieren von 10 g Senf aus der Tube)
- **2x 150mL Becherglas** (um genau 1g homogenisierten Senf einzufüllen)
- **Rührfisch** (zum Mischen von 1 g homogenisiertem Senf mit deionisiertem Wasser)
- **2x Kunststofftrichter** (Filtration der Senfmischung)
- **2x Filterpapier** (Filtration der Senfmischung)
- **2x 500mL Erlenmeyerkolben** (Filtration der Senfmischung)
- **Bürettenset** (Bürette + Ständer + Klemme) (für Titration)
- **NaOH 0,1 M** im Plastikröhrchen mit Verschluss; 30-50mL (Titer)
- **250-mL-Messkolben** mit Stopfen (für die Verdünnung des Titers)
- **25-mL-Glaspipette** (zur Verdünnung des Titers)
- **150-mL-Glasbecher** (Abfall beim Befüllen der Bürette)
- **Kunststofftrichter** (zum Befüllen der Bürette)

- **2x Rührfisch** (für die Titration)
- **PASCO pH-Elektrode** (für die Titration)
- **250mL Erlenmeyerkolben** (um die PASCO pH-Elektrode zwischen den Messungen in deionisiertem Wasser aufzubewahren)
- **Ethanol 96%** in einer Flasche; ca. 80mL (zur Extraktion für Gewürze und Senf)
- **25mL Glaspipette** (Ethanol-Senf-Lösung)
- **100-mL-Glasbecher** (Ethanol-Senf-Lösung)
- **Rührfisch** (Ethanol-Senf-Lösung)
- **Gewürze** (Annatto, Safran, Kurkuma); kleine Menge (Ethanolextraktion von Gewürzen)
- **4x Glasröhren** (für die Filtration)
- **4x Kunststofftrichter + Papierfilter** (für die Filtration)
- **kleine Pipette** (um ca. 10 ml Ethanol hinzuzufügen)
- **4x kleine Pipette** (Übertragung in die Küvette)
- **5x Küvetten** (für die spektrometrische Analyse)
- **PASCO-Spektrometer** (zur Analyse farbiger Moleküle in Gewürzen/Senf)
- **6x Faltenfilter** (Menge nicht begrenzt, ihr könnt nach Nachschub fragen)

## 2.1. Die Neutralisationsreaktion zwischen Essigsäure und Natriumhydroxid (2P)

- Frage 2.1:** Schreibe die ausgeglichene chemische Reaktion (unter Verwendung von Summenformeln) zwischen der Essigsäure und Natriumhydroxid (Base) auf das **ANTWORTBLATT Frage 2.1.**

**Bevor du fortfährst, hebe bitte die goldene Karte, damit die Laboraufsicht deine ausgeglichene Gleichung überprüfen kann. Falls deine Antwort falsch ist, erhältst du keine Punkte für diese Frage, du bekommst aber die richtige Antwort.**

### Schritt 1: Titration von Essigsäure

Das sind die notwendigen Schritte:

1. Nimm etwa 10 g Senf und mische ihn in einem 100-mL-Becher mit einem Glasstab gründlich durch. Gib davon genau 1,00 g Senf in ein 150-mL-Becherglas und füge dann etwa 100 mL destilliertes Wasser hinzu, bevor du es bei Raumtemperatur etwa 3 Minuten lang auf dem Magnetrührer rührst.

2. Filtriere die Mischung mit Hilfe eines Faltenfilters in einem Glastrichter auf einem 500 mL Erlenmeyerkolben (Schwerkraftfiltration). Spüle den Rückstand im Filter mehrmals mit destilliertem Wasser durch und bewahre das Filtrat auf.
3. Verwende das Filtrat, um eine Titration mit einer Natriumhydroxidlösung durchzuführen. Bei dieser Titration wird eine Lösung einer starken Base (mit einer Bürette) in eine schwache Säurelösung getropft. Befolge die Vorschrift (1 mL Schritte bis 40 mL erreicht sind) gemäß den Mess-Schritten in der SparkVue-App. Behalte die Senflösung im 500-mL-Erlenmeyerkolben von der Filtration, um die Titration durchzuführen.  
Du kannst die PASCO pH Elektrode einfach ohne Fixierung in den Kolben stellen. Achte darauf, dass der Titer nicht direkt auf die Elektrode tropft. Während der Titration sollte die Lösung mit dem Magnetrührer gerührt werden - achte darauf, dass der Rührfisch dabei nicht an die Elektrode stößt. Du kannst die Elektrode während der Durchführung permanent in der Lösung lassen.
4. Die benötigte Natriumhydroxidlösung mit einer Konzentration von 0,01 M muss vorher hergestellt werden, indem die bereitgestellte Natriumhydroxidlösung mit einer Konzentration von 0,1 M verdünnt wird. Für diese Aufgabe darfst du nur das bereitgestellte Material verwenden. Gehe davon aus, dass die verdünnte Lösung genau 0,100 M ist.

**Hinweis: Bitte schau dir das Video in der Foto-App an. Wenn du noch Fragen zur technischen Ausrüstung hast, wende dich bitte an den Laborassistenten.**

5. Der Umschlagspunkt wird mit Hilfe eines pH-Meters bestimmt. Verwende das PASCO® pH-Meter, das mit einem iPad verbunden ist, um den pH-Wert während der Titration zu messen. Ein Sprung in der pH-Kurve kann beobachtet werden, wenn der Äquivalenzpunkt erreicht ist. **Wenn du das pH-Meter nicht benutzt, bewahre es in einem 250mL Erlenmeyerkolben in destilliertem Wasser auf.**
6. Wiederhole die Schritte 1 bis 5 ein zweites Mal und verwende den Durchschnittswert, um Frage 2.2 zu beantworten:
  - Nimm 1,00 g Senf aus derselben Probe wie bei der ersten Titration
  - Fülle die Bürette wie bei der ersten Titration auf
  - Verwende denselben Rührfisch (spüle ihn mit der Flasche mit destilliertem Wasser)

## 2.2. Menge der Essigsäure (10 Punkte)

- Frage 2.2.:** Berechne die molare Menge von Essigsäure in genau 1,00 g luxemburgischem Senf (5P). Lösche das Diagramm der Titration nicht - es wird ebenfalls benotet! (5P) Gib deine Berechnungen auf dem **ANTWORTBLATT an Frage 2.2.**

**Bitte beschrifte dein digitales Diagramm mit Land und Team.**

### 2.3. Massenprozent der Essigsäure in Senf (2P)

- Frage 2.3:** Berechne den prozentualen Anteil der Essigsäure in luxemburgischem Senf. Gib deine Berechnungen auf dem **ANTWORTBLATT an Frage 2.3.**

### 2.4. Essig in Senf (2P)

- Frage 2.4:** Bestimme das Volumen an Essig ( $\rho = 1,005 \text{ g/mL}$ , enthält 5 Massenprozent Essigsäure), das benötigt wird, um eine 90 g Tube Senf herzustellen. Trage deine Berechnungen auf dem **ANTWORTBLATT ein Frage 2.4.**

### Schritt 2

Die Gewürzrezeptur der meisten Produkte ist normalerweise ein gut gehütetes Geheimnis. Lasst uns eines der Gewürze in luxemburgischem Senf identifizieren, das wir im Folgenden "Gewürz A" nennen.

Gewürz A enthält einen bestimmten Prozentsatz eines farbigen Moleküls, das wir im Folgenden "Molekül B" nennen.

1. Mische genau 1,00 g Senf mit 25 mL Ethanol in einem 100 mL Becherglas (verwende für den Ethanol eine Pipette) und rühre 3 Minuten lang bei Raumtemperatur.
2. Lege einen Plastiktrichter und Filterpapier auf ein Reagenzglas und filtriere die Mischung, um ein gelbes Filtrat aufzufangen.

**Hinweis: Bitte schau dir das Video zum PASCO®-Spektrometer in der Foto-App an. Wenn du noch Fragen zur technischen Ausrüstung hast, wende dich bitte an den Laborassistenten.**

3. Erstelle mit dem PASCO®-Spektrometer ein Absorptionsspektrum und ein Fluoreszenzspektrum (bei 405 nm).

### 2.5. Absorptionsmaximum (2P)

- Frage 2.5:** Wie groß ist die Wellenlänge des Absorptionsmaximums (in nm) von Molekül B? Schreibe deine Antwort auf das **ANTWORTBLATT Frage 2.5.**

## 2.6. Fluoreszenzmaximum (2P)

- Frage 2.6:** Wie groß ist die Wellenlänge des Fluoreszenzmaximums (in nm) von Molekül B? Schreibe deine Antwort auf das **ANTWORTBLATT Frage 2.6.**

## 2.7. Molare Konzentration des Moleküls B (2P)

- Frage 2.7:** Wie hoch ist die molare Konzentration des Moleküls B im Filtrat nach dem Lambert-Beer-Gesetz? Gib deine Berechnungen auf dem **ANTWORTBLATT an Frage 2.7.**

Lambert-Beer-Gesetz

$$A = \varepsilon \cdot c \cdot d$$

$A = \text{Absorbanz} (= \log(I_0/I))$

$\varepsilon = \text{Extinktionskoeffizient} (L \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1})$

$d = \text{Abstand} (= \text{Länge der Küvette} = 1 \text{ cm})$

**Verwende  $\varepsilon = 55000 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$**

## 2.8. Massenanteil von Gewürz A (3P)

- Frage 2.8:** Angenommen, Gewürz A enthält 2 Massenprozent des Moleküls B. Wie viel Massenprozent des handelsüblichen Gewürzes A verwendet die Firma in ihrem Senf? Die molare Masse des Moleküls B beträgt 368,38 g/mol. Gib deine Berechnungen auf dem **ANTWORTBLATT an Frage 2.8.**

Jetzt wollen wir herausfinden, welches Gewürz der Senf enthält. Auf deinem Arbeitsplatz findest du 3 gelb-orangefarbene Gewürze (Safran, Kurkuma und Annatto). Diese Gewürze werden normalerweise zum Färben und Würzen von Lebensmitteln verwendet. Nur eines davon ist im Senfrezept enthalten.

Verwende die kleinen Pipetten, um etwa 10 ml Ethanol in das entsprechende Reagenzglas zu den Gewürzen zu geben. Gib je einen Plastiktrichter und Filterpapier in 3 weitere Reagenzgläser und führe eine Filtration durch, um an die Extrakte zu gelangen.

### 2.9. Gewürz A (4P)

- Frage 2.9:** Bestimme mithilfe des Spektrometers, welches Gewürz A in diesem Senf enthalten ist. **Nur eines der drei genannten Gewürze ist vorhanden.** Analysiere die Aussagen in der Tabelle auf dem **ANTWORTBLATT Frage 2.9.** und entscheide, ob sie **wahr** oder **falsch** sind. Kreuze (✓) die richtigen Antworten an.

### 2.10. Alternative chemische Methode zum Würzen von A (3P)

- Frage 2.10:** Finde mit Hilfe der Materialien, die du auf deinem Arbeitsplatz hast, einen anderen chemischen Weg, um schnell zu erraten, dass der Senf von den drei handelsüblichen Gewürzen, die du auf deinem Tisch hast, nur das Gewürz A enthält. Analysiere die Aussagen in der Tabelle des **ANTWORTBLATTES Frage 2.10.** und entscheide, ob diese **richtig** oder **falsch** sind. Kreuze (✓) die richtigen Antworten an.

**Hinweis:**  $pOH + pH = 14$

# Aufgabe 3: Physik - Loopings und LEDs

## Aufgabe 3.1. Loopings (24 P)

### Einführung

Die bunten Lichter und die fröhlichen Schreie der Schueberfouer kündigten ihre Anwesenheit schon lange vor deiner Ankunft an. Das kultige Riesenrad ragte in der Dämmerung in den Himmel und winkte dir zu. Als du durch die wuseligen Menschenmassen schlenderst, fällt dir



Abbildung 3.1 Achterbahn auf der Schueberfouer

eine Achterbahn mit mehreren, aufregenden Loopings ins Auge (Abbildung 3.1).

Als Physiker hast du dir eine Frage gestellt: Wie kommt es, dass sich der Karren allein durch die Schwerkraft dreht?

Zurück in deinem Labor, erfasste dich eine Welle der Nostalgie, als du dein Hot Wheels-Loopingset aus der Kindheit hervorkramtest (siehe Abbildung 3.2). Du errichtetest es präzise nach der Vorstellung in deinem Kopf und warst nun bereit, das wissenschaftliche Rätsel hinter den Achterbahnen zu entschlüsseln.



Abbildung 3.2 Hot Wheels Looping Set

# Theorie

Um die Physik einer Achterbahn zu untersuchen, erkennst du, dass der Grundsatz der Erhaltung der mechanischen Energie einen nützlichen Ansatz bietet. Um ihn anzuwenden, müssen wir den Energieverlust aufgrund von Reibung vernachlässigen.

Die mechanische Energie  $E_{mech}$  eines Systems ist die Summe seiner potentiellen Energie  $E_{pot}$  und der kinetischen Energie  $E_{kin}$ .

$$E_{mech} = E_{pot} + E_{kin}$$

Ein Objekt der Masse  $m$ , das sich in einer Höhe von  $h$  befindet, hat eine potentielle Gravitationsenergie von

$$E_{pot} = m \cdot g \cdot h$$

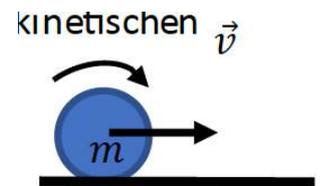
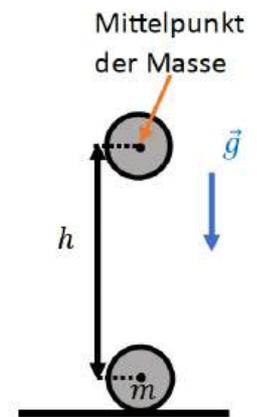
Mit  $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$  der Gravitationsbeschleunigung.

Die kinetische Energie einer **homogenen Kugel, die rollt, ohne zu gleiten** mit Masse  $m$  und Geschwindigkeit  $v$  ist die Summe der linearen (translatorischen) und rotatorischen kinetischen Energie:

$$E_{kin} = E_{kin,translation} + E_{kin,rotation}$$
$$E_{kin} = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{5}mv^2$$

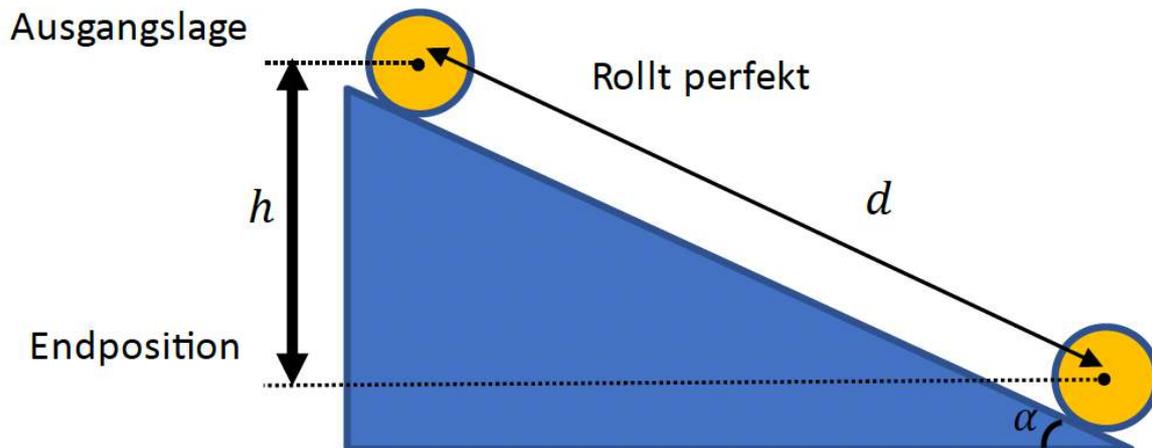
**Der Satz von der Erhaltung der mechanischen Energie** besagt, dass die mechanische Energie ohne Verluste durch Reibung erhalten bleibt. Das bedeutet, dass die mechanische Energie eines Objekts in einem Ausgangszustand  $E_{mech,initial}$  gleich der mechanischen Energie  $E_{mech,final}$  in einem späteren Zustand:

$$E_{mech,initial} = E_{mech,final}$$



# Aufgaben

Mit Hilfe des Erhaltungssatzes für mechanische Energie können wir die theoretische Geschwindigkeit einer homogenen Kugel (Murmel) mit der Masse  $m$ , die auf einer schiefen Ebene mit dem Winkel  $\alpha$  hinunter rollt, berechnen, nachdem sie aus der Ruhelage aus einer Höhe  $h$  losgelassen wird, wie es in der folgenden Abbildung dargestellt ist.



- Frage 3.1:** Leitet mit Hilfe des Gesetzes zur Erhaltung der mechanischen Energie einen mathematischen Ausdruck für die Geschwindigkeit  $v$ , welche die Murmel in der Endposition erreicht, in Abhängigkeit der Starthöhe  $h$  her. Schreibe eine detaillierte Berechnung nieder auf **ANTWORTBLATT Frage 3.1. (1 Punkt)**

**Dieses Ergebnis ist entscheidend für Frage 3.3. Hebe deine goldene Karte, damit ein Aufseher deine Antwort überprüfen kann. Wenn du falsch liegst, bekommst du 0/1 Punkt für Frage 3.1, aber das richtige Ergebnis.**

- Frage 3.2:** Betrachte eine Murmel, die auf einer schiefen Ebene gleitet (reines Gleiten, keine Drehung), und eine Murmel, die auf der gleichen Ebene rollt (kein Gleiten, nur Rollen). Wenn beide aus der Ruheposition auf gleicher Höhe starten, welches Objekt erreicht dann am Boden eine höhere Endgeschwindigkeit? Kreuzt das entsprechende Kästchen auf dem **ANTWORTBLATT** an unter **Frage 3.2. (0,5 Punkte)**

Wir stellen nun die Bewegungsgleichungen für ein gleichmäßig beschleunigtes Objekt in einer Dimension auf. Unter der Annahme einer konstanten Beschleunigung wird seine Bewegung durch die folgenden Gleichungen beschrieben:

$$\begin{aligned} a &= \text{const.} \neq 0 \\ v(t) &= a \cdot t + v_0 \\ d(t) &= \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 + v_0 \cdot t \end{aligned}$$

Hier ist  $a$  die Beschleunigung,  $v$  die zeitabhängige Geschwindigkeit,  $t$  die Zeit,  $v_0$  die Anfangsgeschwindigkeit und  $d(t)$  die zurückgelegte Strecke. Da die Murmel in unserem Fall aus der Ruhe startet, ist die Anfangsgeschwindigkeit  $v_0$  gleich Null. Daher können die Bewegungsgleichungen wie folgt vereinfacht werden:

$$a = \text{const.} \neq 0$$

$$v(t) = a \cdot t \quad (1) \quad d(t) = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \quad (2)$$

- **Frage 3.3.:** In Frage 3.1 habt ihr einen mathematischen Ausdruck für die Geschwindigkeit  $v$  einer Murmel, die eine schiefe Ebene hinunter rollt, gefunden. Baut auf diesem Ergebnis auf und verwendet die Beziehung zwischen Geschwindigkeit, Beschleunigung (Gleichung (1)), zurückgelegter Strecke (Gleichung (2)), Höhe  $h$  und dem Neigungswinkel  $\alpha$  **leitet den** folgenden Ausdruck für die Beschleunigung **her:**

$$a = \frac{5}{7} g \sin \alpha .$$

Tipp: Verwendet

$$\sin \alpha = \frac{\text{Höhe}}{\text{Länge}} = \frac{h}{d}$$

Wir empfehlen euch, als Startpunkt eurer Überlegungen das Ergebnis für die Geschwindigkeit aus Frage 3.1 zu verwenden. **Schreibt eure Berechnungen auf das ANTWORTBLATT Frage 3.3. (2 Punkte)**

## Experiment - Teil 1 (75 Minuten)

### Materialien

- Murmel (20 g)
- Hot wheels track builder unlimited
- 2 Lichtschranken, die mit einer Zeitschaltuhr verbunden sind
- 6 Kabel
- Millimeterpapier
- Lineal
- Schiefe Ebene aus Holz

Um die Gravitationsbeschleunigung  $g$  experimentell zu bestimmen, stellt ihr zwei Lichtschranken auf: eine an Position 1 und eine an Position 2 entlang der schiefen Ebene (Abbildung 3.3). Messt die Zeit  $t$ , welche die Murmel benötigt, um die Strecke  $d$  zwischen den Barrieren zurückzulegen. Die Schritte sowie die Aufgabenstellungen werden im Folgenden

erklärt. Die Beziehung zwischen der Strecke  $d$ , der Zeit  $t$  und der Beschleunigung  $a$  ist gegeben durch  $d(t) = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2}\left(\frac{5}{7}g \sin \alpha\right)t^2$ .

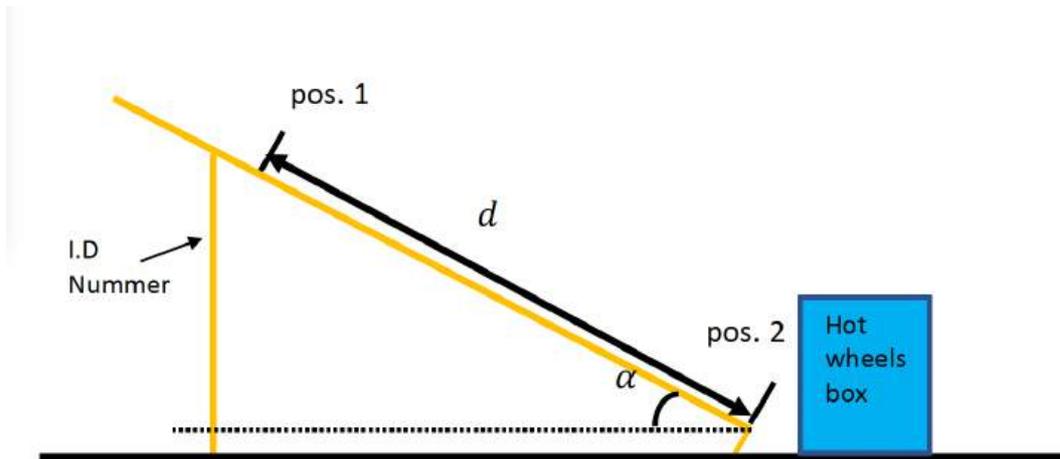


Abbildung 3.3 Aufbau zur Messung der Gravitationsbeschleunigung

### Zu tun:

- 1) Ihr müsst sechs Messungen mit einer 20 g schweren Murmel durchführen.
- 2) Wählt für jede Messung eine Entfernung  $d$  zwischen 20 und 100 cm und messt unter Verwendung der Lichtschranke die Zeit, welche die Murmel braucht, um diese Strecke zurückzulegen.

### LEST UNBEDINGT DIE FOLGENDEN ANWEISUNGEN:

- 1) Platziert die Hot Wheels Box am Ende der Bahn (Öffnung zur Bahn hin), um die Murmel aufzufangen.
- 2) Um den Abstand zwischen der Kugel und der Lichtschranke bei jeder Messung konstant zu halten, wird ein plastifiziertes Stück Papier als Schranke verwendet. Halte

es bei jeder Messung zwischen die Kugel und die Lichtschranke und ziehe es dann ruckartig weg (siehe Abbildung 3.4).

- 3) Die Formel  $d(t) = \sin(\sin \alpha) t^2$  geht davon aus, dass die Anfangsgeschwindigkeit gleich Null ist. Das ist richtig, denn die Kugel legt eine Strecke von  $0.5 \text{ cm}$  in  $0.06 \text{ s}$  vom Punkt des Loslassens bis zur Mitte der Barriere zurück. Bei jeder Messung muss diese zusätzliche Strecke und Zeit zu der gemessenen Strecke und Zeit addiert werden.



Abbildung 3.4 Murmel-Freigabe

$\frac{1}{2} a t^2 = \frac{1}{2} \left( \frac{5}{7} g \right)$   
davon aus,  
der Murmel jedoch nicht  
Murmel legt innerhalb  
Loslassens bis  
gegabelten  
jeder Messung  
Strecke und  
Strecke und

- 4) Für das erste Experiment ist die Ausrüstung bereit. Überprüft, ob der Timer richtig eingestellt ist (Abbildung 3.5.) Um eine neue Messung zu beginnen, drückt die Reset-Taste.

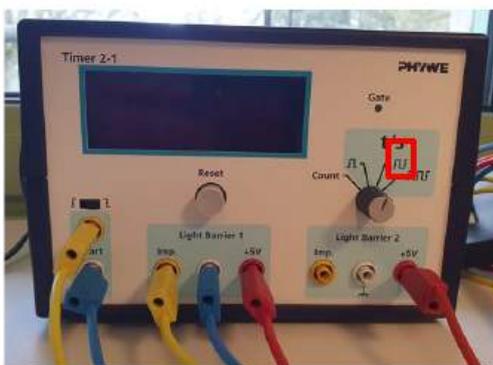


Abbildung 3.5 Timer 2-1 (links) oder Timer 4-4

## FRAGEN

- Frage 3.4:** Schreibt die Identifikationsnummer (I.D.) der schiefen Ebene auf das **ANTWORTBLATT Frage 3.4** (siehe Abbildung 3.3).

**Wichtiger Hinweis:** Achte darauf, dass die Schnur der schiefen Ebene während der gesamten Messung straff ist.

- Frage 3.5:** Bestimmt den Neigungswinkel  $\alpha$  eures Aufbaus und schreibt den Winkel in Grad auf das **ANTWORTBLATT Frage 3.5.** (siehe Abbildung 3.3). Notiert eure Messergebnisse mit 0.1 Grad Präzision (also mit einer Nachkommastelle, darum geht es hier, nicht um die erwartete Messgenauigkeit!). Dieses Ergebnis ist entscheidend für **Frage 3.10.** Hebt eure goldene Karte hoch, damit eine Aufsichtsperson die Antwort überprüfen kann. Wenn der absolute Fehler von  $\alpha$  zwischen  $0,5^\circ$  und  $1^\circ$  liegt, werden euch 0,5 Punkte abgezogen. Wenn der absolute Fehler von  $\alpha > 1^\circ$  ist, wird dir für diese Frage 0/1 Punkte vergeben. In beiden Fällen erhaltet ihr das richtige Ergebnis von einer Aufsichtsperson. **(1 Punkt)**

Tipp: Verwendet

$$\square \sin \alpha = \frac{\text{Höhe}}{\text{Länge}} = \frac{h}{d}$$

- Tabelle 3.6.:** (4,5 Punkte)

- Schreibt eure sechs Entfernungen ( $d$ ) und Zeit ( $t$ ) Messpaare (notiert Messwerte mit Präzision  $0.001\text{ m}$  &  $\pm 0.001\text{ s}$ , wobei es wieder nur um die Nachkommastellen, und nicht um die erwartete Messgenauigkeit geht) in **Tabelle 3.6. auf dem ANTWORTBLATT.**
- Berechnet die korrigierten Werte für Entfernung  $d' = d + 0,005\text{ m}$  und Zeit  $t' = t + 0.060\text{ s}$  und berechnet schließlich  $t'^2$ . Tragt eure Ergebnisse in die **Tabelle 3.6. auf dem ANTWORTBLATT** ein.

- Grafik 3.7.:** (2,5 Punkte)

- Stellt die sechs verschiedenen korrigierten Entfernungen  $d'$  und die entsprechenden korrigierten Zeiten zum Quadrat  $t'^2$  in einem  $d'(t'^2)$  Diagramm auf Millimeterpapier dar, wobei ihr S.I.-Einheiten verwendet und die Achsen deutlich beschriftet. Nachdem ihr das Diagramm fertiggestellt habt, beschriftet die Grafik mit dem entsprechenden Aufkleber!
- Zeichnet eine Regressionsgerade (optimal angepasst nach Augenmaß) durch eure Datenpunkte.

- Frage 3.8:** Sollte die Regressionsgerade theoretisch den Ursprung schneiden? Kreise die richtige Antwort ein auf dem **ANTWORTBLATT ein Frage 3.8.** **(0,5 Punkte)**

- Frage 3.9:** Berechnet die Steigung der Regressionsgeraden. Benutzt diesen Wert, um die Beschleunigung der Murmel zu berechnen. Schreibt eure Berechnungen auf das **ANTWORTBLATT Frage 3.9.** und gebt die Ergebnisse in SI-Einheiten an. Alle Berechnungen, die numerische Werte beinhalten, müssen Einheiten enthalten. **(1,5 Punkte)**
- Frage 3.10:** Bestimmt die Gravitationsbeschleunigung der Erde  $g$  aus der in **Frage 3.9.** berechneten Beschleunigung. Notiert eure Berechnungen auf dem **ANTWORTBLATT zu Frage 3.10.** und gebt euer Ergebnis in SI-Einheiten an. Alle Berechnungen, die numerische Werte beinhalten, müssen Einheiten enthalten. **(1 Punkt)**
- Frage 3.11:** Berechnet die absolute und relative Abweichung eures Ergebnisses in Bezug auf den theoretischen Wert von  $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$ . Notiert eure Berechnungen auf dem **ANTWORTBLATT Frage 3.11.** und gebt euer Ergebnis in SI-Einheiten an. Alle Berechnungen, die numerische Werte beinhalten, müssen Einheiten enthalten. **(1 Punkt)**

## Experiment - Teil 2 (45 Minuten)

### Materialien

- Murmel (20 g)
- Hot Wheels Track Builder unlimited
- Zusätzliche Teile, um den Radius der Schleife zu verändern
- Millimeterpapier

- Lineal
- Halterungen und Klammern zur Stabilisierung der Schleife
- Schiefe Ebene aus Holz

Es kann gezeigt werden, dass die theoretische Mindesthöhe  $h$  für eine Murmel mit Radius  $r_{\text{marble}}$  durch eine Schleife mit Radius  $r$  ist gegeben durch:

$$h_{\min} = 2.7(r - r_{\text{marble}}) \quad (3)$$

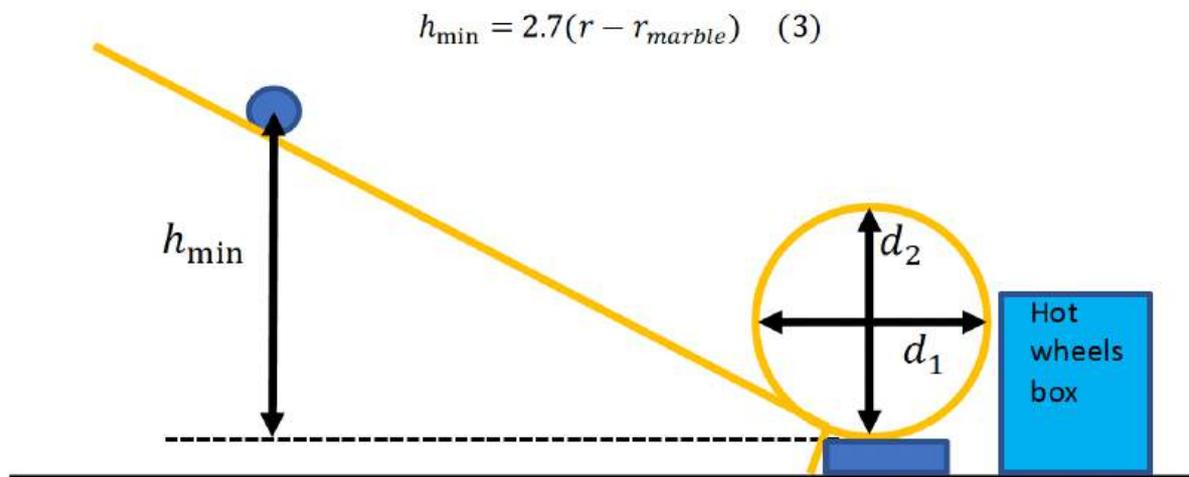


Abbildung 3.6 Kugelbahn Räder beim Looping

### Zu tun:

**Bevor ihr fortfahrt, entfernt die Lichtschranken vom Ständer und setzt sie wieder auf die Klammern.**

Im folgenden Experiment müsst ihr verschiedene Schleifen mit verschiedenen Kombinationen der **orangefarbenen** Hot Wheels-Schienen von 30, 19 und 12 cm bauen (siehe Abbildung 3.7). Bestimmt für fünf verschiedene Schleifenradien die minimale Abwurfhöhe, bei der die Murmel die Schleife vollständig durchläuft, ohne sich von der Bahn zu lösen. Um **den Energieverlust zu minimieren, stellt sicher, dass die Schlaufe so rund wie möglich ist und mit den Metallhalterungen und Klammern gut stabilisiert wird. So werden Verformungen in der Schlaufe vermieden.**

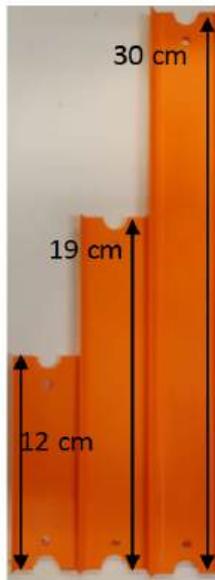


Abbildung 3.7 Hot  
Wheels Schienen

### LEST UNBEDINGT DIE FOLGENDEN

### ANWEISUNGEN:

- Platziert die Hot Wheels Box am Ende der Bahn (mit der Öffnung zur Bahn hin), um die Murmeln aufzufangen.
- **Verwendet für die Schleife nur die orangefarbenen Schienen und behandelt sie vorsichtig, um sie nicht zu sehr zu verformen.**
- **Die maximale Schlaufe besteht aus drei Stücken von 30 cm.**

Für **fünf** verschiedene Schleifen mit dem Radius  $r$ :

- Frage 3.12.:** Messt den Radius der Murmel und notiert eure Messungen auf 0.001 m Genauigkeit auf dem **ANTWORTBLATT Frage 3.12.**
- Tabelle 3.13.:**
  - Messt den Durchmesser der Schleife vertikal  $d_1$  und waagrecht  $d_2$  (notiert eure Messungen mit 0,001m Präzision, wobei es nur um die Anzahl der Nachkommastellen geht, und nicht um die erwartete Genauigkeit). Nehmt den Mittelwert als Durchmesser  $d$  und berechne den mittleren Radius  $r$ . Zieht den Radius der Murmel vom mittleren Radius der Schleife ab und schreibt die Werte in **Tabelle 3.13.** auf das **ANTWORTBLATT. (2,5 Punkte)**
  - Bestimme experimentell die Mindesthöhe  $h_{min}$  (notiert eure Messungen auf 0,001 m genau, wobei es nur um die Anzahl der Nachkommastellen geht, und nicht um die erwartete Genauigkeit), bei der die Murmel die jeweilige Schleife **vollständig** passiert, und schreibt die Werte in **Tabelle 3.13.** auf das **ANTWORTBLATT. (2,5 Punkte)**

$h_{min}$  ist definiert als die vertikale Verschiebung der Unterseite der Murmel im Verhältnis zum tiefsten Punkt der Schleife.

- Grafik 3.14:** Stellt  $h_{min}$  versus  $(r - r_{marble})$  graphisch dar und berechnet die Steigung der linearen Regression auf Millimeterpapier. Verwende SI-Einheiten und beschrifte die Achsen deutlich. Markiert das Diagramm nach der Fertigstellung mit dem entsprechenden Aufkleber! (3 Punkte)
  
- Frage 3.15:** Schneidet die Regressionsgerade theoretisch den Ursprung? Kreist die richtige Antwort auf dem **ANTWORTBLATT** unter **Frage 3.15.** ein. (0,5 Punkte)

Ihr dürft nicht überrascht sein, wenn euer Ergebnis nicht mit dem theoretischen Wert von 2,7 übereinstimmt. Deine Messungen werden mit unseren experimentellen Daten verglichen.

## Aufgabe 3.2. LEDs (26P)

### Einleitung:

Ein Besuch auf der *Schueberfouer* ist am schönsten am Abend, wenn die mit tausenden von bunten Lichtern geschmückten Buden und Fahrgeschäfte eine besondere Atmosphäre schaffen.

In dieser Aufgabe beschäftigt ihr euch mit LEDs und bestimmt experimentell eine der großen Konstanten der Natur: die Planck-Konstante.

Die Planck-Konstante, die der deutsche Physiker Max Planck im Jahr 1900 im Rahmen seiner bahnbrechenden Arbeit über Schwarzkörperstrahlung einführte, spielt eine grundlegende Rolle bei der Bestimmung der Farbe (Wellenlänge) des von LEDs ausgestrahlten Lichts.

(Wir haben das Experiment 1:1 im Training gemacht, wenn ihr nicht alle Punkte habt, werde ich euch bedauerlicherweise mit einem Gewicht an den Füßen im Wörthersee versenken müssen).



### Ziel:

Bestimmung der Planckschen Konstante mit verschiedenen LEDs

#### 1. Messung der I-U-Kennlinie einer LED (45 min)

### Material

- Breadboard mit integrierter Stromversorgung (5V DC)
- Elektrischer Widerstand ( $R_2 = 470 \Omega$ )
- 2 Multimeter
- Drähte (4)

- Potentiometer (variabler Widerstand)  $R_1$
- Rote LED
- Krokodilklemmen (4)

Das kleinere der beiden Multimeter muss als Strommessgerät und das größere als Spannungsmessgerät verwendet werden.

### Versuchsaufbau

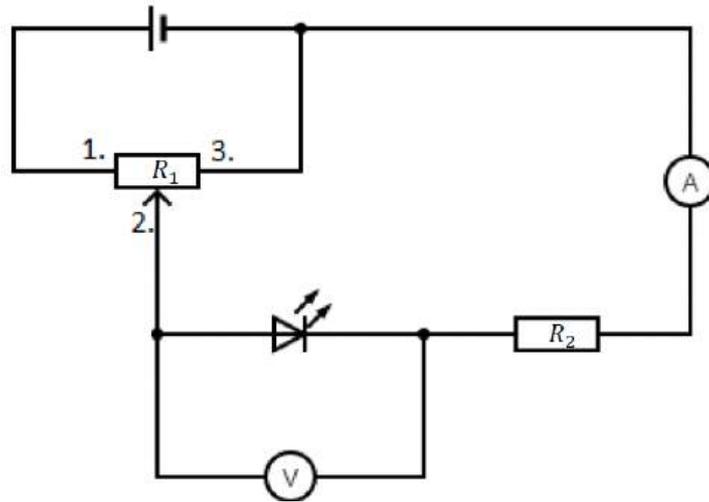


Abbildung 3.8: Elektrischer Stromkreis

### Hinweise:

	Schaltkreissymbol	Verbindung der Pins
Widerstand		Kann in jeder Ausrichtung platziert werden
LED		 Positiver Pol: langer Stift Minuspol: kurzer Pin
Potentiometer		

### Experimentelles Verfahren

- Frage 3.16:** Baut den Stromkreis auf (Abbildung 3.8) und zeigt ihn dann einer Aufsichtsperson zur Überprüfung vor (=> zeigt eure goldene Karte; Unterschrift einer Aufsichtsperson auf dem ANTWORTBLATT Frage 3.16.). Achtet darauf, dass die Stromversorgung während des Aufbaus des Stromkreises ausgeschaltet ist (die grüne LED am Netzteil leuchtet nicht). Wenn du auf Schwierigkeiten stößt, kannst du einen Betreuer um Rat fragen, aber du verlierst 1 Punkt für jeden Hinweis. Nach 3 Hinweisen erhältst du eine funktionierende Schaltung. (3 Punkte)

Die Spannung an der LED kann durch Drehen des Rädchens am Potentiometer verändert werden. Stellt das Potentiometer langsam ein, um die Spannung  $V$  an der LED graduell zu erhöhen. Beobachtet die LED. Bei einer bestimmten Spannung, der sogenannten Durchlassspannung  $V_f$ , beginnt sie zu leuchten.

- Frage 3.17:** Erfasst die Durchlassspannung  $V_f$  (notiere deine Messungen mit 0.01 V Präzision, was sich auf die Anzahl an Nachkommastellen bezieht, nicht auf die erwartete Präzision) auf eurem ANTWORTBLATT Frage 3.17. (1 Punkt)

Um die Durchlassspannung genauer zu bestimmen, messt ihr nun die  $I - V$  Kennlinie der LED. Die ideale  $I - V$  Kennlinie einer LED ist in Abbildung 3.9 dargestellt.

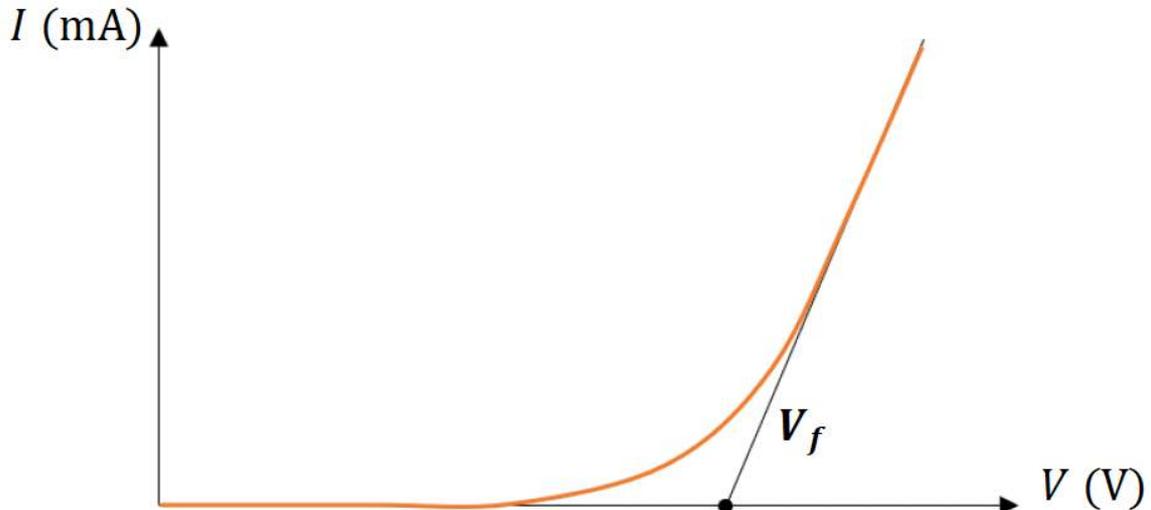


Abbildung 3.9: I-U-Kennlinie einer LED

Um die I-V-Kennlinie aufzunehmen, müsst ihr sicherstellen, dass:

- das Amperemeter und das Voltmeter auf den **Gleichstrommodus** eingestellt sind.
- die richtigen Messbereiche eingestellt sind (der Strom wird bis zu 4,00 mA gemessen).

- **Tabelle 3.18.:** Tragt die I-V-Kennlinie der roten LED in **Tabelle 3.18. auf dem ANTWORTBLATT** ein. Nehmt mindestens 15 Messpunkte auf (notiert eure Messungen auf 0.01 V & 0.01 mA genau). **(3,5 Punkte)**
  
- **Grafik 3.19.:**
  - Zeichnet die I-V-Kennlinie, also  $I$  gegen  $V$ , auf dem bereitgestellten Millimeterpapier auf (mit mindestens 15 Datenpunkten) und achtet darauf, dass das Diagramm und beide Achsen deutlich beschriftet sind. Markiert das Diagramm nach der Fertigstellung mit dem entsprechenden Aufkleber! **(2,5 Punkte)**
  - Um die Vorwärtsspannung  $V_f$  der roten LED zu bestimmen, zeichnet eine Trendlinie (bester Fit nach Augenmaß) durch den linearen Bereich der I-V-Kennlinie. Der Punkt, an dem sich diese Linie mit der Spannungsachse schneidet, kommt der Vorwärtsspannung  $V_f$  sehr nahe. (siehe Abbildung 3.9.) Notiert den Wert (notiert eure Messungen bis 0.01 V, was sich auf die Anzahl an Nachkommastellen bezieht, nicht auf die erwartete Präzision) auf dem **ANTWORTBLATT in Grafik 3.19. (1 Punkt)**

## 2. Messung der Wellenlänge der LEDs (30 Minuten)

### Theorie

Wenn das Licht einer LED durch ein Beugungsgitter, eine Reihe von schmalen, eng beieinander liegenden Schlitzen, scheint, werden von jeder Öffnung aus kugelförmige Lichtwellen erzeugt. Diese Wellen interagieren hinter dem Gitter miteinander und verstärken sich entweder (konstruktive Interferenz) oder heben sich gegenseitig auf (destruktive Interferenz).

Durch diese Wechselwirkung entsteht ein Interferenzmuster (Abbildung 3.10), das von der Wellenlänge  $\lambda$  des Lichts und dem Spaltabstand  $g$  des Gitters abhängt. Dieses Muster besteht aus einer Reihe von hellen Punkten, den sogenannten Interferenzmaxima.



**Abbildung 3.10: Interferenzmuster von Laserlicht**

In der Mitte befindet sich das zentrale Interferenzmaximum ( $n = 0$ ), links und rechts davon befinden sich die Interferenzmaxima höherer Ordnung ( $n > 0$ ).

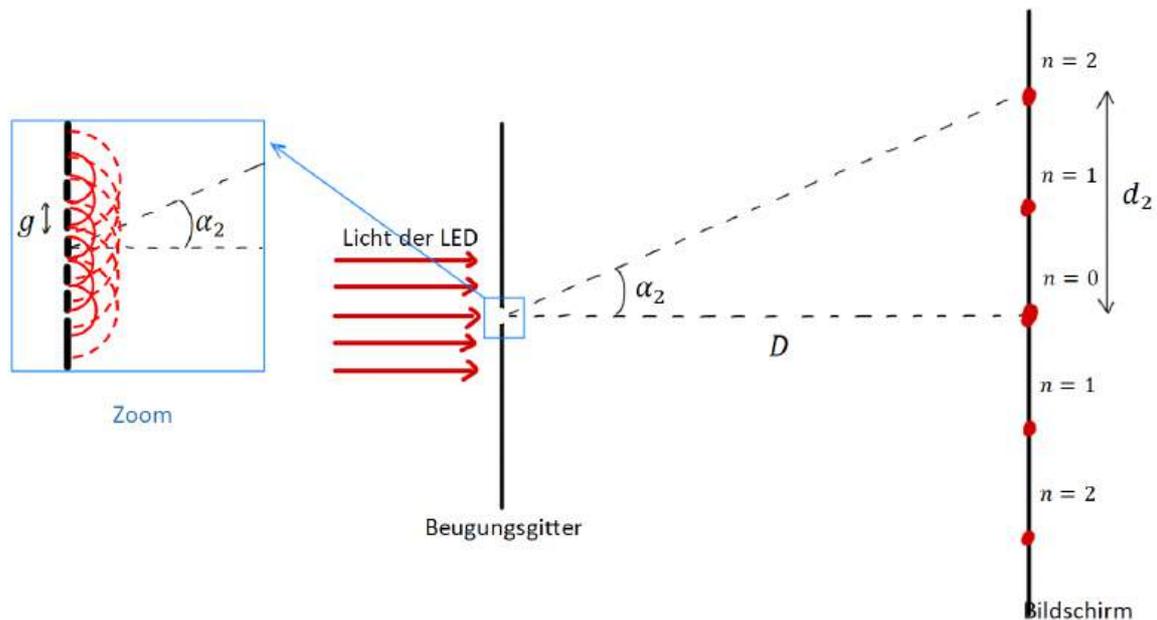


Abbildung 3.11: Beugungsexperiment von Laserlicht

Die Position der verschiedenen Interferenzmaxima kann mit den folgenden Formeln berechnet werden:

$$\tan \alpha_n = \frac{d_n}{D} \quad (1) \qquad \sin \alpha_n = \frac{n \cdot \lambda}{g} \quad (2)$$

### Material

- Netzteil für LEDs (beschriftet mit **Nr. 1**)
- 4 verschiedene LEDs (rot, grün, gelb, blau)
- Beugungsgitter (500 Schlitze/mm) (beschriftet mit **Nr. 2**)
- Halterung für das Beugungsgitter (beschriftet mit **Nr. 3**)
- Stützmaterial für LEDs mit integriertem Lineal (beschriftet mit **Nr. 4**)
- 1 Lineal

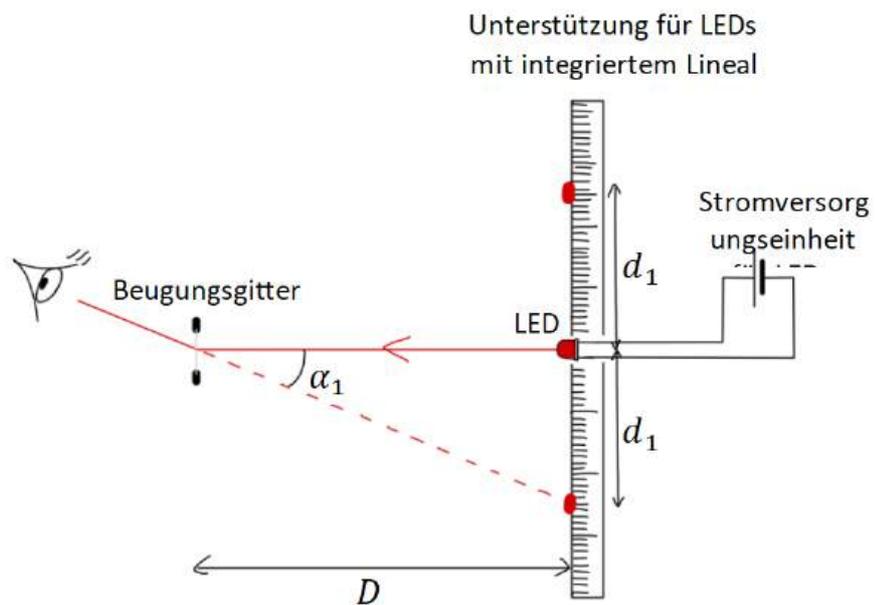
**Frage 3.20:** Berechnet den Abstand  $g$  zwischen den Mittelpunkten zweier benachbarter Schlitze des Beugungsgitters, das 500 Schlitze/mm hat. (Alle Berechnungen, die numerische Werte beinhalten, müssen Einheiten enthalten). Tragt eure Berechnungen auf dem **ANTWORTBLATT** ein unter **Frage 3.20**. (1 Punkt)

**Frage 3.21:** Für violettes Licht der Wellenlänge  $\lambda = 380 \text{ nm}$  berechnet den Winkel, bei dem das Interferenzmaximum der ersten Ordnung ( $n = 1$ ) in diesem

Beugungsexperiment beobachtet werden kann. (Alle Berechnungen, die numerische Werte beinhalten, müssen Einheiten enthalten). Gebt eure Berechnungen auf dem **ANTWORTBLATT** an unter **Frage 3.21 (1 Punkt)**

- **Frage 3.22.:** Wie groß ist theoretisch die Anzahl der beobachtbaren Interferenzmaxima, wenn das Gitter mit violetterm Licht der Wellenlänge  $\lambda = 380 \text{ nm}$  bestrahlt wird? Begründet eure Antwort mit deinen Berechnungen. Gebt eure Berechnungen auf dem **ANTWORTBLATT zu Frage 3.22** an. (Bei allen Berechnungen mit Zahlenwerten müssen die Einheiten angegeben werden). **(1 Punkt)**

### Versuchsaufbau



### Messungen

Für die vier verschiedenen LEDs:

- Verbindet die LED mit dem Netzgerät.
- Steckt die LED durch das Loch in der Mitte der Halterung für LEDs.
- Positioniert das Beugungsgitter in einem Abstand von  $D = 40.0 \text{ cm}$  von der LED.
- Schaut durch das Beugungsgitter (in Richtung der LED) und misst den Abstand  $2 \cdot d_1$  zwischen den beiden Interferenzmaxima 1. Ordnung. Ihr werdet einen elliptischen Lichtfleck auf dem Lineal sehen. Nehmt die ungefähre Mitte des Flecks für eure Messungen. Manchmal könnt ihr auch mehr als eine Farbe sehen. Berücksichtigt nur den Teil, der der Farbe der LED entspricht.

(Tipp: Wenn die Interferenzmaxima nicht sofort sichtbar sind, versucht, das Gitter etwas abseits der Mitte abzubilden).

- Tabelle 3.23:** Notiert eure Messungen (auf 0.001 m genau) auf dem **ANTWORTBLATT in Tabelle 3.23.** (3 Punkte)

### Bewertung

- Frage 3.24:** Berechnet anhand der gemessenen Werte (aus **Tabelle 3.23**) für jede LED den Winkel  $\alpha_1$ , bei dem du das erste Beugungsmaximum beobachten konntest. Führt eine **detaillierte Berechnung mit Zwischenschritten nur für die rote LED durch.** Notiert die berechneten Werte auf dem **ANTWORTBLATT Frage 3.24.** (Alle Berechnungen mit Zahlenwerten müssen Einheiten enthalten). (1,5 Punkte)
- Frage 3.25:** Berechnet anhand der errechneten Werte (aus **Frage 3.24**) die Wellenlänge  $\lambda$  der einzelnen LEDs. Führt eine **detaillierte Berechnung mit Zwischenschritten nur für die rote LED durch.** Tragt die berechneten Werte auf dem **ANTWORTBLATT zu Frage 3.25 ein.** (Bei allen Berechnungen mit Zahlenwerten müssen die Einheiten angegeben werden). (1,5 Punkte)

### 3. Bestimmung der Planckschen Konstante (30 Minuten)

#### Theorie

Leuchtdioden (LEDs) nutzen einen Prozess namens Elektrolumineszenz, um Licht zu erzeugen. Bei diesem Prozess bewegen sich Elektronen in einem Halbleitermaterial, was zur Freisetzung von Lichtteilchen, den sogenannten Photonen, führt.

Wie wir jedoch in unserem ersten Experiment beobachtet haben, leuchtet eine LED nur, wenn die angelegte Spannung einen bestimmten Wert, die sogenannte Vorwärtsspannung  $V_f$  überschreitet. Diese Spannung ist notwendig, um die Elektronen durch die Halbleiterschichten zu drücken.

Während dieses Prozesses gewinnen die Elektronen Energie, die sie schließlich in Form eines Photons abgeben.

- Die Energie  $E_g$ , die ein Elektron beim Aussenden eines Photons freisetzt, hängt von der Vorwärtsspannung der LED ab und wird wie folgt berechnet:

$$E_g = e \cdot V_f$$

mit  $e = 1.602 \cdot 10^{-19} C$  - der Elementarladung;  $V_f$  - Vorwärtsspannung der LED in V.

- Die Energie eines Photons wird durch die Formel angegeben:

$$E_p = h \cdot \nu$$

mit  $h$  ist die Plancksche Konstante;  $\nu$  ist die Frequenz des Lichts in  $s^{-1}$ .

- Mit der Kenntnis der Wellenlänge  $\lambda$  des Lichts kannst du mit der folgenden Formel seine Frequenz berechnen  $\nu$ :

$$\nu = \frac{c}{\lambda}$$

mit  $c = 2.998 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$  - der Lichtgeschwindigkeit;  $\lambda$  ist die Wellenlänge des Lichts in  $m$ .

- Die von einem Elektron freigesetzte Energie  $E_g$  ist gleich der Energie  $E_p$  des emittierten Photons.

$$E_g = E_p$$

- Frage 3.26:** Leitet eine Formel ab, mit der ihr die Vorwärtsspannung einer  $V_f$  einer LED in Abhängigkeit von der Frequenz  $\nu$  des emittierten Lichts bestimmen könnt. Schreibt eure Antwort auf das **ANTWORTBLATT Frage 3.26**. (0,5 Punkte)

### Bewertung

- Frage 3.27:** Berechnet die Frequenz  $\nu$  des Lichts, das von den 4 verschiedenen LEDs ausgestrahlt wird, und schreibt die Werte in das **ANTWORTBLATT Frage 3.27**. Verwendet die Werte aus Frage 3.25. (1 Punkt)
- Grafik 3.28:** Zeichnet  $V_f$  über  $\nu$  auf dem bereitgestellten Millimeterpapier ein. Beschriftet euer Diagramm deutlich. Passt eure Datenpunkte mit einer geeigneten Regressionskurve an das Diagramm an (bester Fit nach Augenmaß)! Nachdem ihr das Diagramm fertiggestellt habt, markiert das Diagramm mit dem entsprechenden Aufkleber. (2,5 Punkte)

Verwendet die folgenden Werte für die Vorwärtsspannung  $V_f$  der grünen, gelben und blauen LEDs.

	$V_f$ (V)
Rote LED	Wert aus <b>Frage 3.19</b> .
Blaue LED	2.44
Grüne LED	1.99
Gelbe LED	1.91

- Frage 3.29:** Berechnet die Steigung der Regressionskurve. Benutzt anschließend diesen Steigungswert und die Formel aus **Frage 3.26**, um die Plancksche Konstante zu berechnen. Gebt eure Berechnungen auf dem **ANTWORTBLATT an Frage 3.29**. (2 Punkte)

Bemerkung: Leichte Abweichungen zwischen deinem experimentellen Wert und der Planckschen Konstante sind zu erwarten, da die Vorwärtsspannung der LED auch temperaturabhängig ist, was die verwendete vereinfachte Formel nicht berücksichtigt.

## Aufgabe 4: Biologie (Osmose) (27P.)

Ein klassisches Gericht beim "Schueberfouer" ist "*gebaakene Fësch*". Deine Aufgabe besteht heute darin, Blutausstriche von Fischen und Rindern zu analysieren und zu vergleichen und die evolutionäre Position der Gruppe "Fisch" zu bestimmen.

Um sicherzugehen, dass es sich bei dem zubereiteten Gericht um "*gebaakene Fësch*" handelt und der Koch nicht eine billigere Zutat verwendet hat, besteht deine erste Aufgabe darin, herauszufinden, wie man mikroskopisch die Unterschiede zwischen Fisch und Rindfleisch erkennen kann. Dafür stellst du sowohl Fisch- als auch Rinderblut-Präparate her und untersuchst sie mikroskopisch auf die jeweiligen Zelleigenschaften.



### Benötigtes Material:

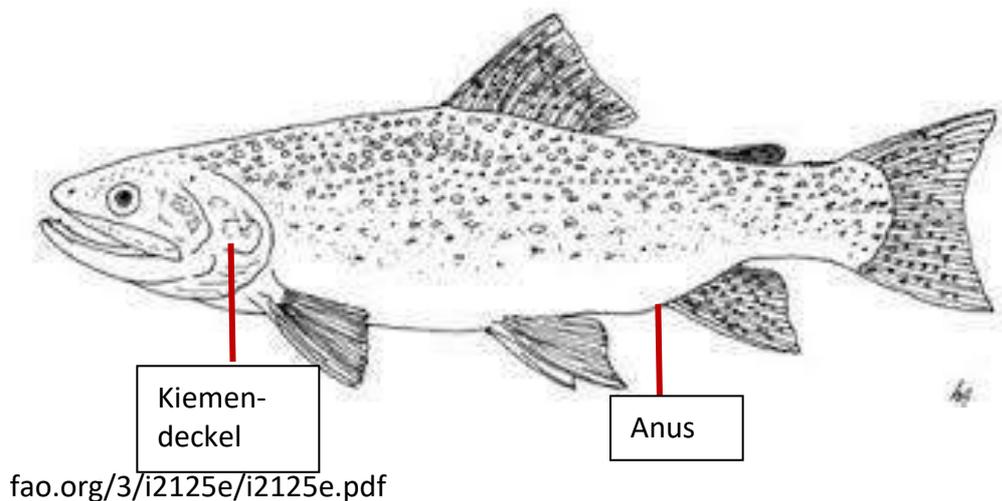
- Handschuhe
- Forelle
- Seziertablett
- Skalpell
- Schere
- 0,3 mL Spritze
- 1000  $\mu$ L und 10  $\mu$ L Mikropipette
- Pipettenspitzen für 1000 und 10  $\mu$ L Pipetten
- Pinzette
- Hemacolor I (Fixierlösung) (S1)
- Hemacolor II (Färbelösung) (S2)
- Hemacolor III (Färbelösung) (S3)
- Mikroskop
- 6 Objektträger
- 6 Deckgläser
- Rote Zwiebel
- Lösung A (A)
- Lösung B (B)
- Lösung C (C)
- 4 Pasteurpipette
- Filterpapier
- 10 mL Rinderblut (= Lösung S4)
- 2 Reagenzgläser
- Bleistift, Buntstift (rot)
- 10  $\mu$ L Mikropipette + Eppendorf-Mikroröhrchen
- 2 50 mL Röhrchen für Skalpell und Spritze
- 1 Eppendorf-Mikroröhrchen H2O
- Parafilm
- Petrischale

### Aufgabe 4.1. Blutausstrich

Du solltest je einen Blutausstrich von zwei Tieren machen.

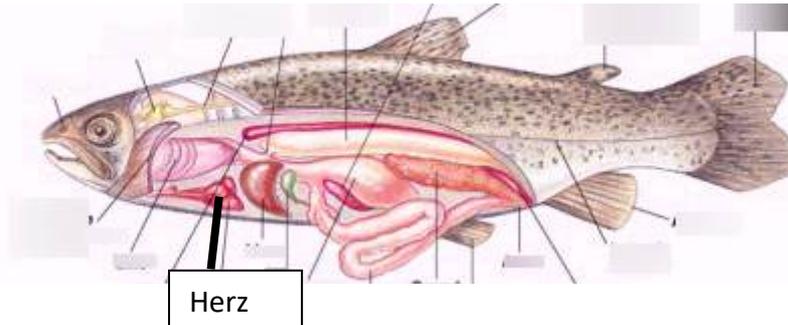
### A) Fisch

Vor dir liegt eine Forelle. Um Blut aus dem Herzen der Forelle zu entnehmen, musst du das Herz zuerst freilegen. Das Herz liegt schräg unter dem Kiemendeckel, nahe dem unteren Rand des Körpers.



1. Schneide mit der Schere beginnend am Anus an der Unterseite des Körpers entlang und arbeite dich bis zum Kiemendeckel vor. Achte darauf, dass du die Haut und das darunter liegende Gewebe zerschneidest, du solltest aber nicht zu tief schneiden, um die inneren Organe nicht zu beschädigen.
2. Wenn du circa auf Höhe der Mitte des Kiemendeckels angelangt bist, schneide nach oben in Richtung Kiemendeckel. Eventuell musst du die Kiemendeckel mit der Schere durchschneiden.
3. Verwende eine Pinzette, um Haut und Muskel nach oben zu klappen. Schneide, falls nötig, mit dem Skalpell vorsichtig an der Innenseite des Muskels entlang, um das Muskelfleisch von den Organen zu trennen.

Im vorderen, unteren Bereich, zwischen dem Kiemendeckel und der Bauchflosse, befindet sich das Herz der Forelle.



<https://quizlet.com/244315817/trout-dissection-diagram/>

- Frage 4.1:** Wenn du glaubst, dass du das Herz gut dargestellt hast, rufst du mit der goldenen Karte eine Laborassistentin und zeigst ihr das Herz mit deiner Schere. Deute dabei eindeutig auf das Herz. Die Aufsichtsperson wird einen STEMPEL auf dein **ANTWORTBLATT** unter **Frage 4.1** setzen.
4. Entferne vorsichtig die Nadelkappe und führe die 0,3-mL-Spritze vorsichtig in das Herz ein. Das Herz ist sehr klein, also pass auf, dass du es nicht durchstichst.
  5. Nun saugst du das Blut in die Spritze. Gib danach ein bis zwei Tropfen Blut circa 1 cm vom Rand entfernt auf einen Objektträger und wische/ziehe mit einem schräg gestellten Deckglas in Richtung des anderen Rands, dabei ist es wichtig, keinen Druck auszuüben. (siehe Abb.4.1)
  6. Stelle eine kleine Petrischale in eine größere Petrischale (Abb. 4.2). Die großen Petrischalen dienen der Vorbeugung von Flecken durch ausgeschütteten Farbstoff. Bereite diesen Schritt für alle drei Hemacolor-Lösungen vor.
  7. Lege deinen vorbereiteten Blutausstrich in die kleine Petrischale.
  8. Träufle Hemacolor I Lösung (**S1**) mit einer Pasteurpipette auf deinen Ausstrich, bis dieser bedeckt ist. Nimm den Objektträger mit einer Pinzette heraus und dippe ihn noch 5 mal in deine Färbelösung aus diesem Schritt. Behalte die Pasteurpipette für die später folgende Färbung des Rinderblutes.
  9. Benutze eine Pinzette, um deine Probe in die zweite Petrischale zu übertragen.
  10. Träufle Hemacolor II-Lösung (**S2**) mit einer neuen Pasteurpipette auf deinen Ausstrich, bis dieser bedeckt ist. Nimm den Objektträger mit einer Pinzette heraus und dippe ihn noch 4 mal in deine Färbelösung aus diesem Schritt. Behalte die Pasteurpipette für die später folgende Färbung des Rinderblutes.
  11. Benutze eine Pinzette, um dein Exemplar in die dritte Petrischale zu übertragen.

12. Tropfe die Hemacolor III Lösung (**S3**) mit einer neuen Pasteurpipette auf deinen Ausstrich, bis dieser bedeckt ist. Nimm den Objektträger mit einer Pinzette heraus und dippe ihn noch 4 mal in deine Färbelösung aus diesem Schritt. Behalte die Pasteurpipette für die später folgende Färbung des Rinderblutes.
13. Hebe deine Probe mit der Pinzette hoch, spüle sie mit destilliertem Wasser ab, lass sie abtropfen, **wische sie auf keinen Fall ab!**, lege sie auf das Filterpapier und lass sie trocknen.

Bewahre die Petrischalen auf, du musst sie nach Frage 4.6 wiederverwenden.

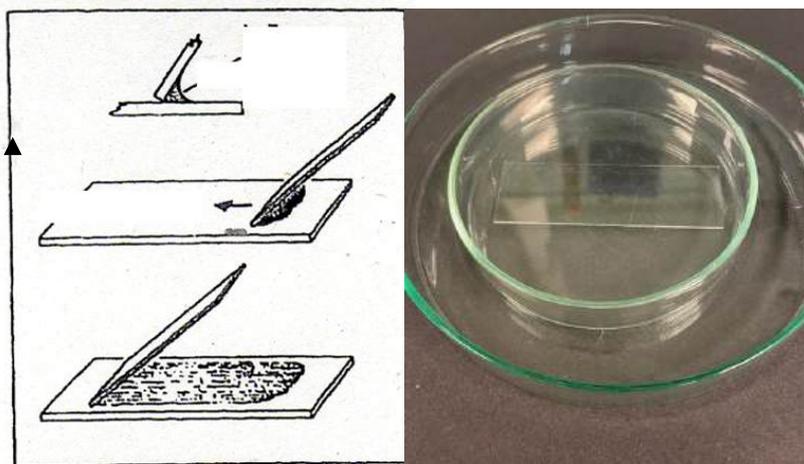
Bitte verschließe die Becher S1, S2 und S3 mit Parafilm.

Dieses Präparat ist das **Präparat 1**,

**Dieses Präparat wird bei Frage (4.10) benötigt**

Abb. 4.1

Abb. 4.2



Bitte bewahre das Skalpell und die gebrauchte Spritze wie in der folgenden Abbildung gezeigt auf. Versuche nicht, die Schutzkappe wieder auf die Nadel zu setzen und gib die Präparierwerkzeuge nach Gebrauch wieder in die gekennzeichneten Halterohre.



## B) Blutausstrich von Rinderblut

Auf deinem Arbeitsplatz befindet sich Rinderblut (**S4**). Bevor du einen Ausstrich machen kannst, musst du das Blut 100X mit einer der Lösungen A, B oder C (auch am Arbeitsplatz vorhanden) verdünnen.

**Nur eine Lösung ist die richtige, die du verwenden sollst.**

Um herauszufinden, welche der drei Lösungen (A, B oder C) du verwenden kannst, führe das folgende Experiment durch.

Stelle ein Präparat der Schalenzellen einer roten Zwiebel her (Abb. 4.3). Entferne die Schale von einer frischen Zwiebel und schäle eine Zwiebelschuppe ab. Ritze mit einem Skalpell kleine Quadrate von ca. 0,5 cm Kantenlänge in die rote Außenseite und entferne vorsichtig eine dünne Membran mit einer Pinzette (Abb. 4.4). Achte darauf, dass du nur die oberste Hautschicht entfernst. Lege diese Probe in einen Tropfen  $H_2O$  und decke deine Probe mit dem Deckglas ab. Betrachte die Probe nun unterm Mikroskop.

Abb. 4.3

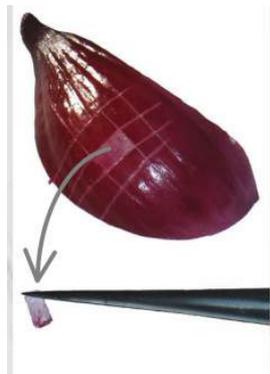


Abb. 4.3: [https://docplayer.org/docs-images/44/11977141/images/page\\_11.jpg](https://docplayer.org/docs-images/44/11977141/images/page_11.jpg)

**Verwende für die folgenden Experimente immer neue Pasteurpipetten für die verschiedenen Lösungen!**

Lege ein Häutchen in einen Tropfen der Lösung A. Lege ein Deckglas auf.

Lege ein Häutchen in einen Tropfen der Lösung B. Lege ein Deckglas auf.

Lege ein Häutchen in einen Tropfen der Lösung C. Lege ein Deckglas auf.

Beschrifte deine vorbereiteten Präparate.

Betrachte deine drei Präparate unter dem Mikroskop.

**Frage 4.2. Welche Lösung ist die hypertone Lösung? Kreise die richtige Antwort ein (1P.)**  
**Beobachte und mache eine Zeichnung einer lila-roten Zwiebelzelle, die in der hypertonen Lösung liegt. Beschrifte die verschiedenen Zellkompartimente, indem du die Buchstaben für die richtigen Fachbegriffe aus der Tabelle im ANTWORTBLATT unter Frage 4.2 verwendest. (3.5P.)**

Alle Zeichnungen müssen mit einem Bleistift angefertigt werden, alle Beschriftungslinien müssen mit einem Lineal gezeichnet sein und parallel zueinander stehen. Es ist verboten, Aufnahmen deiner Beobachtung unter dem Mikroskop zu machen. Du musst das zeichnen, was du auch wirklich unter dem Mikroskop siehst.

**Frage 4.3 Welche Zellstruktur wird durch die hypertone Lösung am meisten beeinflusst? Kreise die richtige Antwort ein. (1P.)**

Buchstabe	Etikett	Buchstabe	Etikett
A	Chloroplast	E	Vakuole
B	Zellwand	F	Zellmembran
C	Zytoplasma	G	Mitochondrium
D	Nucleus	H	Golgi-Apparat
I	Lysosom	J	Zentrosom

**Frage 4.4 a) Welche Phänomene passieren in der Zwiebelzelle, wenn sie in die hypertone Lösung gelegt wird? Kreise die richtige(n) Antwort(en) ein. Falsche Antworten führen zu Punktabzug innerhalb der Frage. (2P.)**

Buchstabe	Beschreibung
A	Führt zu einer Bewegung der Zellorganellen
B	Die Natrium- und Chlorid-Ionen diffundieren in die Zelle.
C	Das Wasser in der beeinflussten Zellstruktur diffundiert aus der Zelle hinaus.
D	Der Nucleus wird zerstört.
E	Das Wasser aus dem Zytoplasma diffundiert aus der Zelle hinaus.

**Frage 4.4 b) Welche Zellstrukturen ermöglichen das Phänomen "Osmose"? Kreise die richtige(n) Antwort(en) ein. Falsche Antworten führen zu Punktabzug innerhalb der Frage. (2P.)**

Buchstabe	Beschreibung
A	Plasmodesmen
B	gap junctions
C	Aquaporin
D	Kanalproteine
E	Zellmembran
F	Chloroplast

- Frage 4.5:** Welche der 3 Lösungen wirst du zur Verdünnung des Blutes verwenden? Beantworte Frage 4.5 am **ANTWORTBLATT** unter **Frage 4.5.** und gehe zu einer Laborassistentin an der Gemeinschaftsbank, um einen Stempel für deine Antwort zu bekommen. Zeige deine Antwort, sprich dabei nicht!
- Frage 4.6:** Verdünne nun das Blut 100 x so, dass du am Ende 2 ml erhältst. Welches Lösungsvolumen verwendest du? Welches Blutvolumen gibst du hinzu? Schreibe deine Antwort auf das **ANTWORTBLATT** unter **Frage 4.6.**

Gib einen kleinen Tropfen (10µl) des verdünnten Rinderblutes 1 cm vom Rand entfernt auf den Objektträger und wische/ziehe mit einem schräg gestellten Deckglas in Richtung des anderen Rands, dabei ist es wichtig, keinen Druck auszuüben. (gleiche Vorgehensweise wie in Abb. 4.1).

Befolge die nächsten Schritte (gleiche Vorgehensweise wie in Abb. 4.2)

1. Gib deine Probe in die kleine Petrischale mit der Hemacolor I-Lösung (**S1**)
2. Nimm deine Probe mit einer Pinzette und tauche sie 5 Mal kurz in die Lösung (**S1**).
3. Benutze eine Pinzette, um deine Probe in die zweite Petrischale mit Hemacolor II-Lösung (**S2**) zu übertragen.
4. Nimm deine Probe mit einer Pinzette und tauche sie 4 Mal kurz in die Lösung (**S2**).
5. Benutze eine Pinzette, um deine Probe in die dritte Petrischale mit Hemacolor III-Lösung (**S3**) zu übertragen.
6. Nimm deine Probe mit einer Pinzette und tauche sie 4 Mal kurz in die Lösung (**S3**).

7. Hebe dein Präparat mit einer Pinzette hoch, spüle es mit destilliertem Wasser ab, lasse es auf Filterpapier abtropfen und lasse es trocknen.

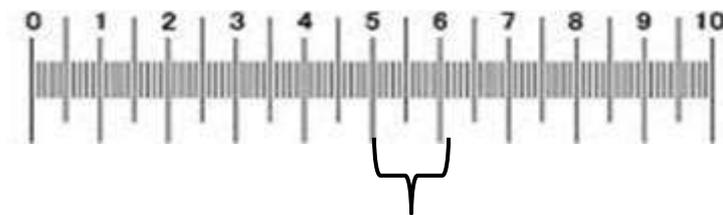
Dieses Präparat ist das **Präparat 2, dieses Präparat wird bei Frage (4.12) benötigt**

- Frage 4.7:** Eine der drei Lösungen ist eine hypertone Lösung. Welche Lösung ist die hypertone Lösung anhand deiner Beobachtungen unter 4.2, 4.3 und 4.4.?

Verdünne das Blut nun 100-fach mit der hypertonischen Lösung so, dass du 2 ml Lösung erhältst.

Beobachte unter dem Mikroskop. Fertige eine biologische Zeichnung von einem roten Blutkörperchen an. Beschrifte die verschiedenen Zellbestandteile je mit dem Buchstaben, der der richtigen wissenschaftlichen Bezeichnung auf dem **ANTWORTBLATT** unter **Frage 4.7.** entspricht!

Im Okular befindet sich eine Skala mit 10 großen Einheiten bzw. 100 kleinen Einheiten (Abb. 4.5).



1 große Einheit = 10 kleine Einheiten

Abb. 4.5

Die folgende Tabelle zeigt die tatsächliche Größe einer kleinen Einheit.

Größenordnung	Eine kleine Einheit misst
100X	10 $\mu\text{m}$
200X	5 $\mu\text{m}$
400X	2,5 $\mu\text{m}$

- Frage 4.8:** Bestimme den Durchmesser des unter 4.7 beobachteten, repräsentativen roten Blutkörperchens, indem du den Durchschnitt von 3 gemessenen Durchmessern verschiedener roter Blutkörperchen aus dem Präparat 4.7 berechnest. Notiere deine Antworten auf dem **ANTWORTBLATT** unter **Frage 4.8.**

- Frage 4.9: Theoretische Frage:** Das Rinderblut wird in 3 verschiedene Reagenzgläser mit den 3 Lösungen A, B und C gegeben. Wie würden diese Reagenzgläser nach dem Zentrifugieren bei  $200 \times g$  für 8 min bei  $4^\circ\text{C}$  aussehen? Zeichne und beschrifte die erwarteten Ergebnisse in den gedruckten Reagenzgläsern auf dem **ANTWORTBLATT unter Frage 4.9.**
  
- Frage 4.10:** Betrachte das **Präparat 1** unter dem Mikroskop. Fertige eine Zeichnung von einem roten Blutkörperchen an. Beschrifte die verschiedenen Zellbestandteile mit den entsprechenden Buchstaben für die richtige wissenschaftliche Beschriftung auf dem **ANTWORTBLATT unter Frage 4.10!**
  
- Frage 4.11:** Miss den Durchmesser von 3 roten Blutkörperchen. Bestimme den Durchschnittswert für den Durchmesser eines Erythrozyten! Schreibe deine Antworten auf das **ANTWORTBLATT unter Frage 4.11.**
  
- Frage 4.12:** Betrachte das **Präparat 2** unter dem Mikroskop. Fertige eine Zeichnung von einem roten Blutkörperchen an. Beschrifte die verschiedenen Zellbestandteile mit den entsprechenden Buchstaben für die richtigen wissenschaftlichen Beschriftungen auf dem **ANTWORTBLATT unter Frage 4.12!**
  
- Frage 4.13:** Miss den Durchmesser von 3 roten Erythrozyten. Bestimme den Durchschnittswert für einen Erythrozyten! Schreibe deine Antworten auf das **ANTWORTBLATT unter Frage 4.13.**

**Frage 4.14:** Um das Rinderblut in Frage 4.6 zu verdünnen, musstest du eine isotonische Lösung verwenden, das heißt, eine Lösung mit einer Konzentration von  $9 \text{ g/L NaCl}$ . Bestimme unter Kenntnis der Molekularmassen von  $\text{Na} = 22,99 \text{ g/mol}$  und  $\text{Cl} = 35,45 \text{ g/mol}$ , wie viele Mole Natrium- ( $\text{Na}$ ) und Chlorid-Ionen ( $\text{Cl}$ ) jeweils benötigt werden, um eine  $9 \text{ g/L}$  isotonische  $\text{NaCl}$  (Natriumchlorid)-Lösung herzustellen? Trage **deine Berechnungen für jedes Ion auf dem ANTWORTBLATT unter Frage 4.14 ein.**

## Aufgabe 5: Biologie (Evolution) (23P.)



Das klassische Gericht beim "Schueberfouer" ist "*gebaakene Fesch*". Da es gut schmeckt und Tradition ist, kümmert sich niemand um die richtige Bezeichnung! Aber als biologisch interessierter Mensch könntest du dich fragen:

Ist das Wort "Fisch" der korrekte Begriff, um diese Mahlzeit zu beschreiben?

In den nächsten Stunden wirst du einige Experimente durchführen, die dir helfen werden, die Tiere, die du bisher als "Fische" kennst, richtig einzuordnen.

### **A) Entwicklung**

Der Begriff "Fisch" steht für alle aquatischen, am Kopf Kiemen-tragenden Tiere, denen Gliedmaßen mit Zehen fehlen.

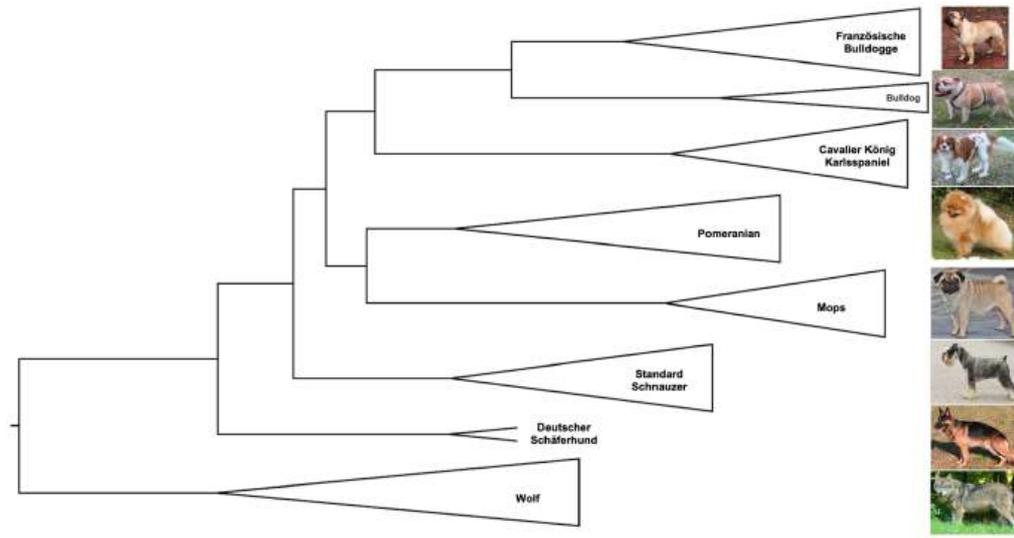
Aber tatsächlich haben sich einige der Tiere, die zu dieser Gruppe "Fisch" gehören, anders entwickelt.

In der Biologie wird oft die Phylogenetik verwendet, um lebende Organismen richtig zu klassifizieren. Dabei handelt es sich um die Untersuchung der Evolutionsgeschichte und der Beziehungen zwischen oder innerhalb von Organismengruppen.

Die Beziehungen zwischen den Organismen werden zum Beispiel durch DNA-Sequenzen, Aminosäuresequenzen oder die Morphologie bestimmt.

Als Ergebnis dieser Analyse werden die Organismen in einem phylogenetischen Baum dargestellt.

Unten siehst du ein Beispiel für eine solche phylogenetische Klassifizierung am Beispiel einiger Hunderassen. Diese Art der Darstellung wird als Dendrogramm oder Kladogramm bezeichnet.



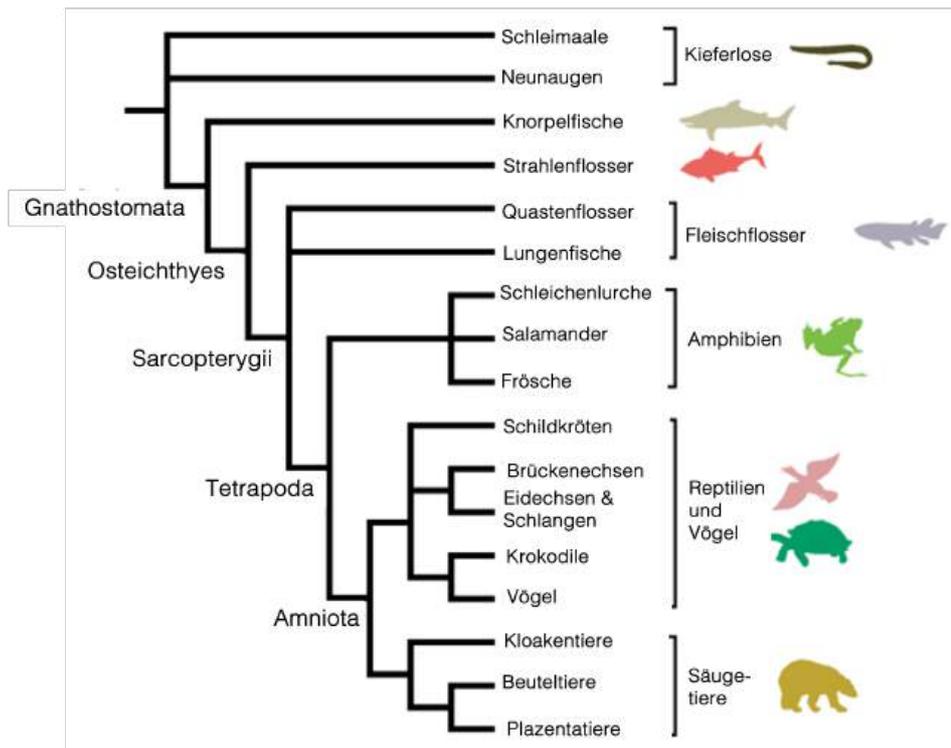
[https://en.wikipedia.org/wiki/Phylogenetic\\_tree](https://en.wikipedia.org/wiki/Phylogenetic_tree)

Ein Kladogramm zeigt die Beziehungen zwischen den Organismen, es zeigt also, wie die Vorfahren mit den Nachkommen verwandt sind. Das Kladogramm verwendet Linien, die sich in verschiedene Richtungen verzweigen und in einer Klade enden.

Eine Klade ist eine Gruppe von Organismen mit einem letzten gemeinsamen Vorfahren.

Die Verzweigungspunkte stellen einen hypothetischen letzten gemeinsamen Vorfahren dar. Dieser hypothetische Organismus würde auch alle Merkmale aufweisen, die auch die zuvor vorkommenden "letzten gemeinsamen Vorfahren" aufweisen plus noch weitere, eigene Erkennungsmerkmale. Der hypothetische gemeinsame Vorfahr liefert auch Hinweise auf die Reihenfolge der Entwicklung verschiedener Merkmale, Anpassungen und andere evolutionäre Fakten über die Vorfahren liefern.

Je mehr Merkmale die Organismen gemeinsam haben, desto näher sind sie miteinander verwandt.



<https://www.ucl.ac.uk/museums-static/obl4he/vertebratediversity/>

Oben siehst du ein vereinfachtes phylogenetisches Kladogramm der wichtigsten Wirbeltierkladen.

- Frage 5.1:** Analysiere die Aussagen in **Frage 5.1.** auf dem **ANTWORTBLATT** und entscheide, ob sie **wahr** oder **falsch** sind. Kreuze die jeweils richtige Antwort an.
- Krokodile sind näher mit Vögeln als mit Eidechsen verwandt.
  - Frösche und Schildkröten teilen als gemeinsames Merkmal die Amnionflüssigkeit.
  - Alle Organismen, die gemeinhin als Fische bezeichnet werden, gehören zur gleichen Klade.
  - Lungenfische sind näher mit Säugetieren als mit Strahlenflossern verwandt.
  - Schleimaale und Neunaugen haben die gemeinsame Eigenschaft, kieferlos zu sein.
  - Schildkröten und Vögel haben einen gemeinsamen hypothetischen Vorfahren.
  - Salamander haben mehr Gemeinsamkeiten mit Lungenfischen als mit Eidechsen.

## B) Praktische Arbeit

Deine praktische Arbeit besteht darin, die Schuppen von verschiedenen Fischarten zu untersuchen.

Bevor du anfängst, ist es wichtig zu verstehen, was eine Schuppe ist.

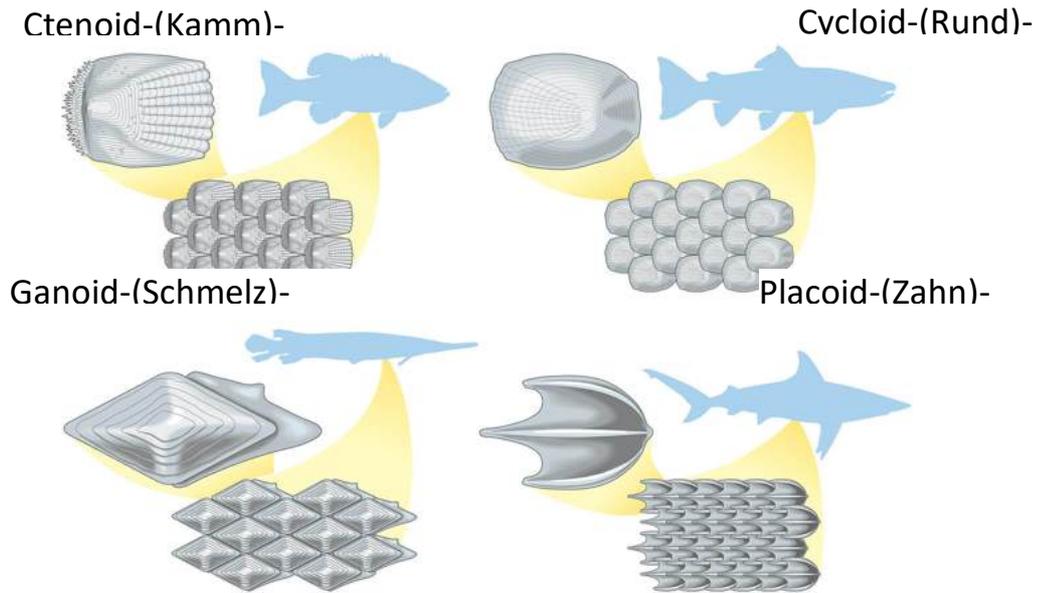
- Frage 5.2:** Analysiere die Aussagen in **Frage 5.2.** auf dem **ANTWORTBLATT** und entscheide, ob sie **wahr** oder **falsch** sind. Kreuze die richtigen Antworten an.
- a) Eine Fischschuppe ist eine kleine, starre Platte, die aus der Haut wächst.
  - b) Die Schuppen der verschiedenen Fischarten sind den Schuppen von Reptilien morphologisch sehr ähnlich.
  - c) Die Schuppen sollen den Körper des Fisches vor Verletzungen schützen.
  - d) Die Schuppen können einen Vorteil bei der Tarnung bieten.
  - e) Fischschuppen werden aus dem Mesoderm der Lederhaut (Dermis) gebildet.
  - f) Eine Fischart kann verschiedene Arten/Formen von Schuppen auf verschiedenen Teilen des Körpers ausweisen.
  - g) Die gleichen Gene, die bei Säugetieren an der Entwicklung von Zähnen und Haaren beteiligt sind, sind auch an der Entwicklung von Schuppen beteiligt.
  - h) Die Morphologie einer Schuppe kann helfen, die Fischart zu bestimmen.

**Jetzt beginnst du mit deiner praktischen Arbeit!**

Vor dir liegt die Haut eines Lachses (markiert mit "A"), die Haut eines Rochens (markiert mit "B") und die Haut eines Wolfsbarsches (markiert mit "C").

**Deine Aufgabe besteht darin, die drei Arten anhand der Form und des Aussehens ihrer Schuppen in verschiedene Gruppen einzuteilen.**

*Schematische Darstellung von 4 verschiedenen Arten von Fischschuppen, die in Fischen vorkommen können*



<https://www.aquaportail.com/dictionnaire/definition/3061/ecailles-placoides>

Du musst eine mikroskopische Probe der Schuppen jeder vor dir liegenden Fischhautprobe präparieren und färben.

### **B.1) Vorbereitung der mikroskopischen Probe der Zahnschuppe (Haut B)**

#### Materialien:

- Fischhaut mit Fischschuppen (in Petrischale mit "B" beschriftet)
- Stereomikroskop
- Seziertablett (das gleiche wie bei Aufgabe 4)
- Schere
- Reagenzglas
- Pinzette (dieselbe wie bei Aufgabe 4)
- 1 Kerze
- 1 Becherglas (beschriftet mit Papierkorb)
- 1 Reagenzglas
- Lösung von 10%iger KOH mit der Aufschrift "10% KOH".
- 1 Uhrglas
- Lösung von Alizarinrot (zum Färben) mit der Aufschrift "Alizarinrot"
- Verdünntes Glycerin (1:1) mit der Aufschrift "Diluted Glycerin".
- Destilliertes Wasser
- Objektträger
- Deckglas
- Pinsel
- Permanentmarker
- Schutzbrille

#### Vorbereitung:

1. Schneide mit der Schere ein kleines Stück der Haut (des Fisches) ab (etwa 2 cm x 2 cm). Dabei verwendest du den Teil der Haut, die sich beim Anfassen rau anfühlt.
2. Entferne (falls nötig) mit der Pinzette alle Muskeln, die an der Innenseite der Haut befestigt sind.
3. Gib die Haut in ein Reagenzglas und füge etwa 4 ml der 10%igen KOH-Lösung hinzu. (die gesamte Probe muss mit der Lösung bedeckt sein)
4. **AN DIESER STELLE MUSST DU DIE SCHUTZBRILLE AUFSETZEN!** Koche die Haut im Reagenzglas über der Kerzenflamme, bis die Haut braun wird.

Durch das Abkochen in der KOH-Lösung lösen sich die Schuppen von der Haut.

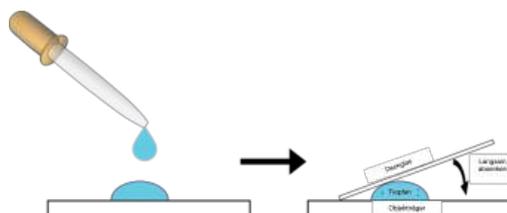
**Hinweis: Erhitze nur den oberen Teil der Lösung; wenn die KOH-Lösung zu schnell erhitzt wird, spritzt sie aus dem Reagenzglas!**

5. Lass den Rückstand (braun) sich am Boden des Röhrchens absetzen.
6. Schütte die KOH-Lösung langsam in ein Becherglas ab (Becherglas mit der Aufschrift "Abfall").
7. Gib Wasser in das Röhrchen, um die Schuppen zu waschen; schütte das Wasser in das Becherglas ab ("Abfall").

Wiederhole dies 5 Mal.

**Hinweis: Achte darauf, dass du die Schuppen am Boden des Röhrchens nicht mit abgießt.**

8. Nach dem Waschen gießt du die Schuppen auf ein Uhrglas. Du kannst dafür den Pinsel verwenden.
9. Färbe die Schuppen mit 2 Tropfen Alizarinrot-Lösung für **5 Minuten**. Sollte sich die Alizarinrot-Lösung absetzen, schwenke sie leicht
10. Nimm die Schuppen mit dem Pinsel aus der Lösung und lege sie auf einen Objektträger.
11. Gib 2 Tropfen verdünntes Glycerin auf die Schuppen auf deinem Objektträger.
12. Bedecke die Schuppen vorsichtig mit einem Deckglas. Achte darauf, das Deckglas vorsichtig aufzusetzen. Senke das Deckglas langsam ab und vermeide Blasenbildung.



13. Beobachte unter dem Stereomikroskop!

14. Wenn du die richtige Vergrößerung gefunden hast und die Schuppe gut zu erkennen ist, rufst du eine Laborassistentin, um dein Präparat zu überprüfen. Wenn die Vergrößerung und die Färbung gut sind, wird sie das auf dem **ANTWORTBLATT** unter **Frage 5.3.** mit einem Stempel bestätigt.

**Frage 5.3.:**

Am ANTWORTBLATT findest du Fotos von drei verschiedenen Arten von Schuppen. Wähle eines davon aus (hake das richtige Foto an) und beschrifte es mithilfe der Fotos im **ANHANG nach der Frage 5.6.** mit den Buchstaben aus der Tabelle am **ANTWORTBOGEN** unter **Frage 5.3.!**

Vergleiche mit den Schemen der Schuppen (*Abbildung: Schematische Darstellung von 4 verschiedenen Arten von Fischeschuppen, die bei Fischen vorkommen*), und bestimme, welche Art von Schuppen du beim Rochen findest. Schreibe deine Antwort (**NUR den zugehörigen Buchstaben**) auf den **ANTWORTBOGEN** unter **Frage 5.3.** ("Schuppenart" in der Tabelle).

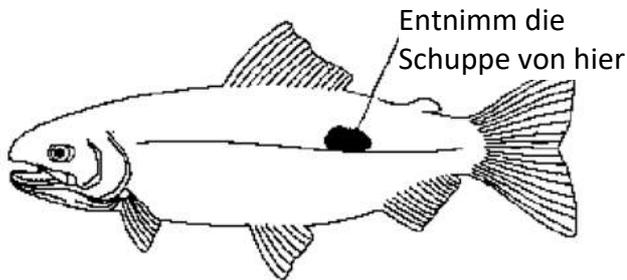
## **B.2 Vorbereitung der Schuppen vom Lachs (Haut A) und vom Wolfsbarsch (Haut C)**

### Material (benötigt für die Herstellung der Schuppen von 1 Art!)

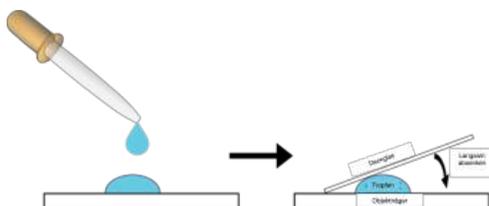
- Fischhaut mit Fischeschuppen (in Petrischale mit "A" und "C" beschriftet)
- Stereomikroskop
- Durchlichtmikroskop
- Seziertablett
- Pinzette
- Lösung von 10%iger KOH mit der Aufschrift "10% KOH".
- 2 Uhrengläser (du verwendest die gleichen für Haut A und Haut C)
- Lösung von Alizarinrot (zum Färben) mit der Aufschrift "Alizarinrot"
- Verdünntes Glycerin (1:1) mit der Aufschrift "Glycerin"
- Destilliertes Wasser
- Pinsel für die Bearbeitung der Schuppen
- Objektträger
- Deckglas
- Permanentmarker

### Vorbereitung

1. Entferne mit der Pinzette einige Schuppen (3-4) von der Haut des Fisches. Die Haut, die du bekommst, stammt von der markierten Stelle.



2. Gib die entfernten Schuppen in ein Uhrglas und füge 4 mL KOH-Lösung hinzu.
3. Lass die Schuppen 5 Minuten lang in der KOH-Lösung liegen.
4. Lege die Schuppen auf ein anderes Uhrglas und gib destilliertes Wasser hinzu und wasche die Schuppen mit einem Pinsel.
5. Gieße das Wasser aus dem Uhrglas in ein Becherglas (Papierkorb) ab.
6. Wiederhole den Waschvorgang fünfmal.
7. Gieße das Wasser aus dem Uhrglas ab und färbe die Schuppen mit Alizarinrot-Lösung, indem du 2 Tropfen davon in das Uhrglas gibst. Sollte sich die Alizarinrot-Lösung absetzen, schwenke sie leicht
8. Lass das Färbemittel 5 Minuten lang einwirken.
9. Nimm die Schuppen mit dem Pinsel aus dem Uhrglas und lege sie auf einen Objektträger.
10. Gib 2 Tropfen verdünntes Glycerin auf die Schuppe auf deinem Objektträger.
11. Lege vorsichtig ein Deckglas auf. Achte darauf, das Deckglas sorgfältig zu platzieren, um Blasen zu vermeiden.



12. Beobachte unter dem Stereomikroskop oder unter dem Durchlichtmikroskop!
13. Wenn du die richtige Vergrößerung gefunden hast und die Skala zu erkennen ist, kommst du mit deinem Präparat und deinem **ANTWORTBLATT Frage 5.4.** zur Gemeinschaftsbank, damit ein Betreuer dein Präparat überprüfen und ein Foto machen kann. Du musst der Aufsichtsperson sagen, welche Vergrößerung sie verwenden soll.

**Frage 5.4:**

- Einer der Betreuer macht ein Foto von deinem Präparat und du machst eine genaue Zeichnung (auf dem **ANTWORTBLATT unter Frage 5.4.**) der beobachteten Schuppe des Lachses. Du musst deine Zeichnung mit den Buchstaben aus dem **ANTWORTBLATT unter Frage 5.4.** beschriften!
- Auf deiner Zeichnung (Schuppe des Lachses) muss die Vergrößerung, die du für die Zeichnung verwendet hast, vermerkt werden.
- Durch den Vergleich mit dem Schema der Schuppen (*Abbildung: Schematische Darstellung von 4 verschiedenen Arten von Fischeschuppen, die bei Fischen vorkommen*) kannst du bestimmen, welche Art von Schuppen sich auf der Haut des Lachses befindet. Schreibe deine Antwort (**nur den entsprechenden Buchstaben**) auf das **ANTWORTBLATT unter Frage 5.4.** ("Art der Schuppen" in der Tabelle).

**Frage 5.5: Wiederhole das gleiche Verfahren, das du für die Vorbereitung der Lachsschuppen verwendet hast, nun auch für die Wolfsbarschschuppen!**

**Verfahren**

- Beobachte unter dem Stereomikroskop!
- Wenn du die richtige Vergrößerung herausgefunden hast und die Schuppe deutlich erkennbar ist, rufst du eine Laborassistentin, um dein Präparat zu überprüfen. Wenn die Vergrößerung und die Färbung gut sind, wird dies auf deinem **ANTWORTBLATT Frage 5.5.** mit einem Stempel bestätigt.
- Auf dem **ANTWORTBLATT unter Frage 5.5.** findest du 3 Fotos mit verschiedenen Schuppen. Wähle das richtige Foto aus (indem du das richtige Foto ankreuzt) und beschrifte sie mithilfe der Bilder im **ANHANG nach FRAGE 5.6.** und der Buchstaben in der Tabelle auf dem **ANTWORTBLATT unter Frage 5.5.**
- Durch den Vergleich mit den Schemata der Schuppen (*Dokument: Schematische Darstellung von 4 verschiedenen Arten von Fischeschuppen, die bei Fischen vorkommen*) kannst du bestimmen, welche Art von Schuppen sich auf der Haut des Wolfsbarsches befindet. Schreibe deine Antwort (**nur den entsprechenden Buchstaben**) auf das **ANTWORTBLATT unter Frage 5.5.** ("Schuppenart" in der Tabelle).

Bewahre alle deine Präparate auf! Beschrifte sie, damit du weißt, zu welcher Art sie gehören.

Ordne die drei Fischarten mithilfe dieser vereinfachten phylogenetischen Darstellung den verschiedenen Kladen zu!

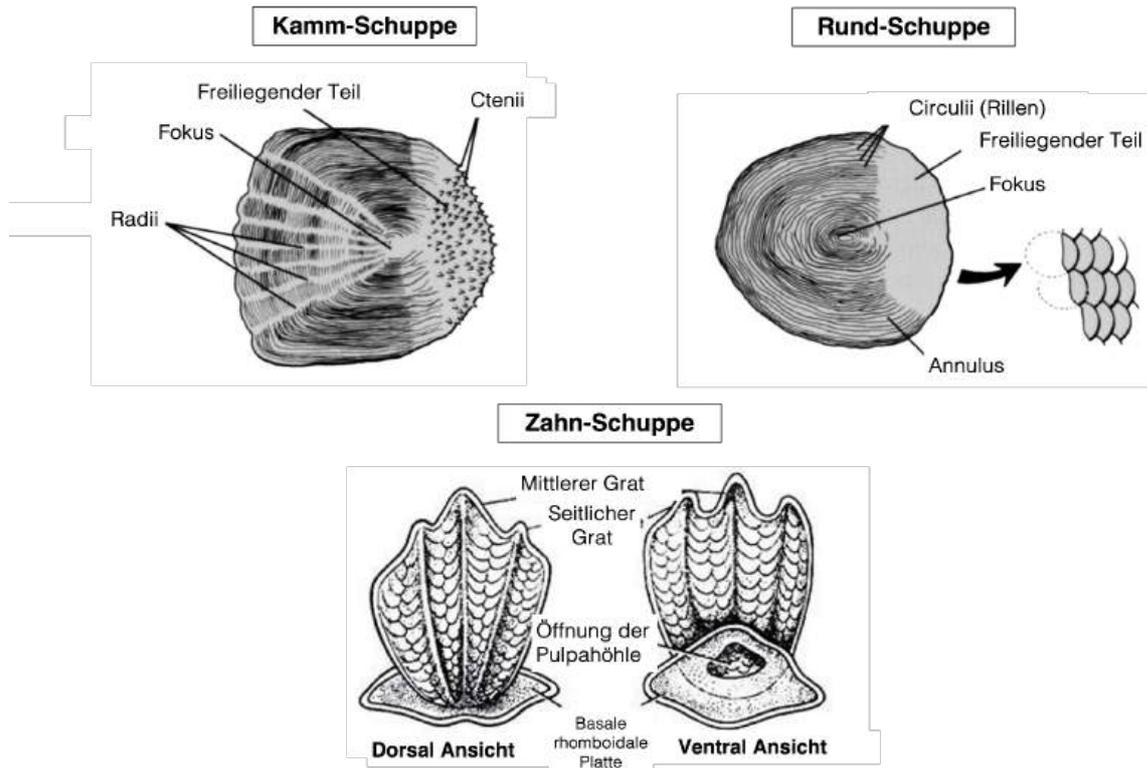
**Frage 5.6: Bestimme die drei beobachteten Fischarten anhand ihrer Schuppen!**



<https://rsscience.com/fish-biology-and-fish-scales-under-the-microscope/>

## APPENDIX

### Bilder zur Beschriftung



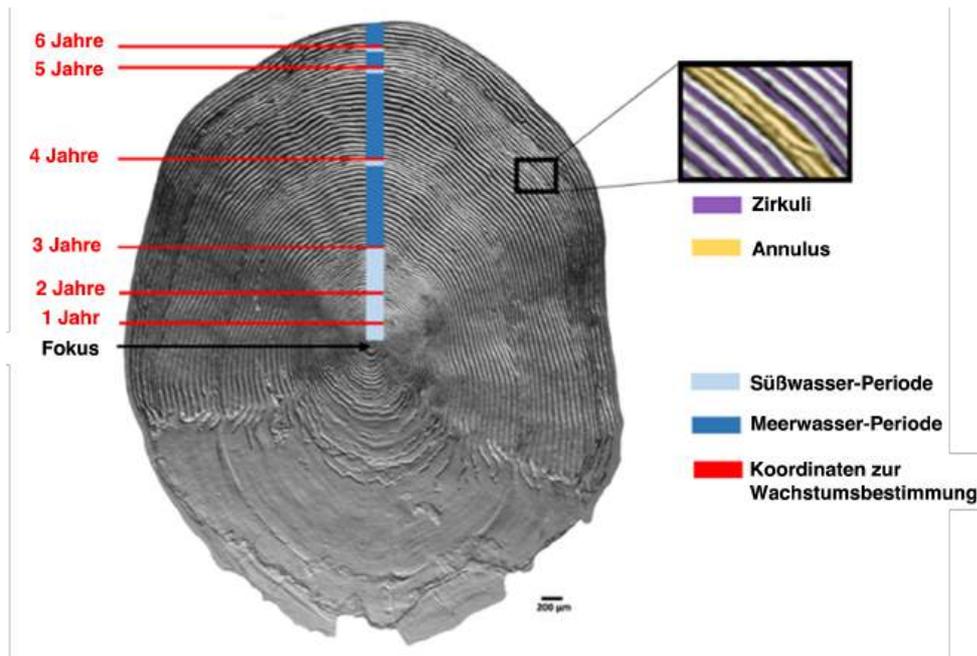
<https://www.notesonzoology.com/phylum-chordata/dogfish/exoskeleton-of-dogfish-scoliodon-with-diagram-chordata-zoology/7537>

### C. Altersbestimmung bei einer Fischart

Die verschiedenen Arten und die Morphologie der Fische schuppen können nicht nur zur Klassifizierung der verschiedenen Fischarten verwendet werden, sondern es ist auch möglich, das Alter durch die Analyse der Kammschuppen oder Rundschuppen zu bestimmen.

Die meisten Fische haben ihr ganzes Leben lang die gleiche Anzahl an Schuppen und die Schuppen wachsen mit dem Fisch mit. Die meisten Fische wachsen in den wärmeren Monaten, wenn es reichlich Nahrung gibt. Deshalb wachsen ihre Schuppen schnell und es bilden sich Ringe, die weit auseinanderliegen; sie wachsen jedoch langsamer, wenn die Temperaturen im Winter fallen. Diese dunklen Winterringe werden "Jahresringe" genannt, und wenn du die Jahresringe zählst, kannst du ihr Alter schätzen. Manchmal kann man an den Jahresringen auch erkennen, wann ein Fisch vom Süß- ins Salzwasser wechselt, wie zum Beispiel an der Schuppe dieser Meerforelle.

Darunter findest du ein Beispiel für eine Rundschuppe, mit der das Alter der Fische bestimmt werden kann.



<https://www.facebook.com/photo/?fbid=5703192819693358> (Forelle unbegrenzt Kanada)

**Frage 5.7. Deine Aufgabe ist es, das Alter des Fisches zu bestimmen, den du identifiziert hast und der Rundschuppe besitzt!**

Füge alle notwendigen Erklärungen zu der Zeichnung hinzu, die du zuvor von dieser Schuppe erstellt hast. Schreibe das ermittelte Alter auf das **ANTWORTBLATT unter Frage 5.7.**

Du kannst auch eine neue Zeichnung dieser Schuppe anfertigen, wenn du möchtest. **(ANTWORTBLATT unter Frage 5.7.)**

### **Ende von Problem 5:**

Überprüfe die folgenden Punkte, um sicherzustellen, dass du alles erfüllt hast:

- Du hast drei Präparate aus den Schuppen der drei Fischarten hergestellt.
- Ein Laborassistent hat ein Foto von der Vorbereitung gemacht, die du von der Schuppe des Lachses gemacht hast.
- Du hast eine Zeichnung der mikroskopischen/stereomikroskopischen Aufnahme der Fischschuppen des Lachses angefertigt.
- Du hast die drei Arten von Fischen klassifiziert
- Du hast das Alter des Fisches mit der Rundschuppe bestimmt.