

# European Union Science Olympiad



## Jahresbericht 2017/18

Mag. Peter Holub

Regionales Netzwerk für Naturwissenschaften und Mathematik Kärnten

Vom

### BMBWF

BUNDESMINISTERIUM  
FÜR BILDUNG, WISSENSCHAFT  
UND FORSCHUNG

[www.bmbwf.gv.at](http://www.bmbwf.gv.at)

gefördert

## **European Union Science Olympiad**

Die EUSO ist ein naturwissenschaftlicher Teamwettbewerb der Europäischen Union für Biologie, Chemie und Physik. Österreich war 2018 zum schon elften Mal mit zwei Teams bei der EUSO, die heuer in Ljubljana stattfand, vertreten.

### **Das Credo der EUSO**

- begabten SchülerInnen 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 EUSO auf eine mögliche Teilnahme an weiteren Internationalen Olympiaden vorzubereiten

### **Ziel des Wettbewerbs**

- Öffentliche Interesse auf die naturwissenschaftliche Ausbildung lenken
- Ermittlung der besten SchülerInnen 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
- Vorbereitung europäischer SchülerInnen auf die Internationalen Facholympiaden

Mehr dazu unter: [www.euso.eu](http://www.euso.eu) und [www.euso.at](http://www.euso.at)

## Inhalt

1. Vorbereitungswoche an der BIKO mach MINT .....	4
2. Trainingstage an der BIKO mach MINT in Klagenfurt .....	5
3. EUSO 2018 in Slowenien.....	5
4. Team AUSTRIA 2017.....	5
5. Zwei Silbermedaillen bei der EUSO 2018 in Ljubljana! .....	6
6. Medaillenspiegel .....	8
7. Unterstützung durch .....	14
8. Anhang – Aufgabenstellungen 2018 übersetzt.....	14

# 1. Vorbereitungswoche an der BIKO mach MINT

30 SchülerInnen aus fünf Bundesländern, wurden, organisiert Regionalen Netzwerk Kärnten, vom 26.02.-2.03. 2018 an der Bildungskoooperation BIKO mach MINT am Lakeside Park Klagenfurt auf den Teamwettbewerb in Slowenien vorbereitet.

	<b>Familienname</b>	<b>Vorname</b>	<b>Fach</b>	<b>Schule</b>	<b>BL</b>
1	Holzapfel	Markus	Chemie	Bertha-von-Suttner-Gymnasium	<b>W</b>
2	Fuchs	Lukas	Physik	Gymnasium Zell am See	<b>S</b>
3	Schrei	Anna Elena	Chemie	BRG Leibnitz	<b>St</b>
4	Haas	Fabian	Physik	Ingeborg Bachmann Gymnasium Klagenfurt	<b>K</b>
5	Stepman	Helene	Physik	Gymnasium Schillerstraße	<b>Vo</b>
6	Kalla	Victoria	Biologie	BG/BRG Mössingerstraße Klagenfurt	<b>K</b>
7	Steiner	Amelie	Chemie	BRG Leibnitz	<b>St</b>
8	Klaus	Sophie	Chemie	Europagymnasium Klagenfurt	<b>K</b>
9	Lassnig	Christina	Biologie	Peraugymnasium Villach	<b>K</b>
10	Mirković	Elena Lucia	Biologie	Peraugymnasium Villach	<b>K</b>
11	Lederbauer	Magdalena	Chemie	Sir Karl Popper Schule	<b>W</b>
12	Lu	Jiwei Alexander	Chemie	Polgargymnasium	<b>W</b>
13	Wendel	Stephanie	Biologie	Gymnasium Schillerstraße	<b>Vo</b>
14	Karlovský	Michal	Biologie	BG/BRG St. Martin	<b>K</b>
15	Fortunat	Klara	Biologie	Peraugymnasium Villach	<b>K</b>
16	Veit	Alina	Chemie	BRG Leibnitz	<b>St</b>
17	Neumeister	Kerstin	Chemie	BORG Deutschlandsberg	<b>St</b>
18	Haas	Stefan	Chemie	Europagymnasium Klagenfurt	<b>K</b>
19	Gaskin	Leo	Physik	BRG Feldkirchen	<b>K</b>
20	Obermaier	Sophia	Physik	Bischöfliches Gymnasium Graz	<b>St</b>
21	Hohl	Elias	Physik	Bischöfliches Gymnasium Graz	<b>St</b>
22	Schmeja	Johannes	Physik	Bischöfliches Gymnasium Graz	<b>St</b>
23	Prattes	Lorenz	Physik	Bischöfliches Gymnasium Graz	<b>St</b>
24	Mairamhof	Milena-Maria	Biologie	BRG Judenburg	<b>St</b>
25	Fina	Pascal	Biologie	BRG Kepler	<b>St</b>
26	Pichler	Jasmin Margit Sabine	Biologie	BRG Judenburg	<b>St</b>
27	Rainer	Markus	Physik	Gymnasium Zell am See	<b>S</b>
28	Esterl	Johannes	Chemie	BG/BRG Mössingerstraße Klagenfurt	<b>K</b>
29	Hofer	Moritz	Physik	BRG Zell am See	<b>S</b>
30	Kretz	Nicole	Physik	Peraugymnasium Villach	<b>K</b>

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

Sechs Jugendliche schafften es in die Qualifikation und somit zum Intensivtraining, das heuer wieder in Kooperation mit dem deutschen EUSO-Nationalteam ebenfalls am Lakeside Park in Klagenfurt stattfand (24. - 27. April 2018).

Diese Trainingstage mit den deutschen EUSO KandidatInnen waren sind inzwischen zur Tradition geworden und werden von der Teamleitung beider Länder als äußerst produktiv gewertet.

### Insgesamt beteiligte TrainerInnen in Klagenfurt

TrainerIn	Stamminstitution	Fach
Mag. Dieter Winkler	Bischöfliches Gymnasium Graz	Physik
Mag. Karl Brachtl	Regionales Netzwerk Kärnten	Chemie
Dr. Christina Morgenstern	RECC für Naturwissenschaften der Pädagogischen Hochschule Kärnten	Biologie
Mag. Sigrid Holub	Regionales Netzwerk Kärnten	Biologie
Mag. Peter Holub	Regionales Netzwerk Kärnten	Biologie
Stefan Lobnig	BIKO mach MINT	Physik

## 3. EUSO 2018 in Slowenien

Die Organisation in Ljubljana war ausgezeichnet. TrainerInnen und Teams waren getrennt untergebracht. Das Freizeitprogramm war sehr spannend, die Aufgabenstellungen fordernd, Fächer übergreifend und gut vorbereitet. Den VeranstalterInnen und dem wissenschaftlichen Team der Universität Ljubljana gebührt ein großes Lob.

## 4. Team AUSTRIA 2018

Delegationsleitung: Mag. Peter Holub

Mentorin Biologie: Dr. Christina Morgenstern

Mentor Chemie: Mag. Karl Brachtl

Mentor Physik: Mag. Dieter Winkler

Team A: Elias Hohl, Christina Lassnig, Magdalena Lederbauer

Team B: Lukas Fuchs, Sophie Klaus, Stephanie Wendel

## 5. Zwei Silbermedaillen bei der EUSO 2018 in Ljubljana!

Anlässlich der Europäischen Science Olympiade 2018 kann Österreich einen großen Erfolg vorweisen. Beide Teams bringen je eine Silbermedaille nach Hause, wobei unser A- Team die höchste Punktezahl aller Silbermedaillengewinner erzielte! Das Mannschaftsergebnis ist das beste seit der ersten Teilnahme im Jahr 2008. 47 Teams, darunter einige der Top-Favoriten, konnte unser A-Team dabei hinter sich lassen. Den Sieg holte sich das Team A aus Tschechien.



Team A: Rechts: Magdalena Lederbauer, Chemie, Sir Karl Popper-Schule, Wien,  
Mitte: Christina Lassnig, Biologie, BG/BRG Peraustraße Villach, Links: Elias Hohl, Physik, Bischöfliches Gymnasium Graz

Auch unser B-Team schlug sich ausgezeichnet und gewann eine weitere Silbermedaille.



Team B: Rechts: Stephanie Wendel, Biologie, Gymnasium Schillerstraße Feldkirch,  
Mitte: Lukas Fuchs, Physik, Gymnasium Zell am See, Links: Sophie Klaus, Europagymnasium Klagenfurt

## Die österreichische Delegation in Ljubljana 2018



Von links nach rechts: Mag. Peter Holub, Regionales Netzwerk Kärnten, Bundeskoordinator, Elias Hohl, Physik, Bischöfliches Gymnasium Graz, Sophie Klaus, Chemie, Europagymnasium Klagenfurt, Christina Lassnig, Biologie, BG/BRG Peraustraße Villach, Lukas Fuchs, Physik, Gymnasium Zell am See, Stephanie Wendel, Biologie, Gymnasium Schillerstraße Feldkirch, Mag. Dieter Winkler, Bischöfliches Gymnasium Graz, Mentor Physik, Dr. Christina Morgenstern, RECC für Naturwissenschaften der Pädagogischen Hochschule Kärnten, Mentorin Biologie, Mag. Karl Brachtl, Regionales Netzwerk Kärnten, Mentor Chemie, Vorne: Magdalena Lederbauer, Chemie, Sir Karl Popper-Schule, Wien

## 6. Medaillenspiegel

### GOLD MEDAILLEN (IN UMGEKEHRTER REIGENFOLGE)

#### GOLD MEDALS

1.	Czech Republic Team A	David Kamenský Jan Obořil Jiří Janoušek
2.	Estonia Team A	Hanna-Riia Allas Kaarel Kivisalu Sofia Marlene Haug
3.	Slovenia Team A	Gašper Košir Luka Hadl Tevž Lotrič
4.	Germany Team B	Damian Groß Sophia Häußler Tobias Messer
5.	Portugal Team B	Armando Teixeira Diogo Nogueira Marco António Ribeiro
6.	Slovakia Team B	Alica Istokova Ronald Dobos Tomas Stefanov

## SILBER MEDAILLEN (IN UMGEKEHRTER REIGENFOLGE)

### SILVER MEDALS

7.	Austria Team A	Christina Lassnig Elias Hohl Magdalena Lederbauer
8.	Estonia Team B	Anna Pauliina Rumm Konstantin Dukatš Martin Rahe
9.	Netherlands Team B	Louw Feenstra Sebastiaan Hoek Tobias Veerkamp
10.	Germany Team A	Alexander Imminger Bruno Ederer Franz Loose
11.	Hungary Team A	Bence Nagymihály Bulcsú Fajszí István Csépanyi
12.	Croatia Team A	Barbara Sumić Darijan Gudelj Mislav Barić
13.	Denmark Team A	Joachim Liptrot Sand Nikolaj Can Kurt Thomas Bro Falkenberg
14.	Hungary Team B	András Iván Kozák Júlia Szittyai Péter Pácsonyi

15. Lithuania Team A	Marius Dzvinka Ričardas Navickas Simonas Melaika
16. Croatia Team B	Grgur Premec Janko Vrčec Marko Srpak
17. Belgium Team A	Siegfried Lein Ward Bruyndonckx Willem Vanmoerkerke
18. Czech Republic Team B	Adam Mendl Karolína Fárníková Ondřej Pelánek
19. Austria Team B	Lukas Fuchs Sophie Klaus Stephanie Wendel
20. Slovenia Team B	Ana Meta Dolinar Gregor Gajič Vladimir Smrkolj
21. Romania Team B	Antonia-Georgiana Zavate Ariana - Dalia Vlad Irina Maria Palaghia
22. Latvia Team B	Andris Aleksandrs Priedītis Dāvids Rubens Rolands Lopatko
23. Italy Team B	Francesco Hrobat Giulio Segalini Symon Sm
24. Bulgaria Team B	Ivo Petrov Lachezar Dimitrov Viktor Gilin
25. Romania Team A	Mihai Vasile Răzvan-Adrian Covache-Busuioc Teodora Stan

## BRONZE MEDAILLEN (IN ZUFÄLLIGER REIGENFOLGE)

Belgium Team B	Arnaud Gérard Elliot Denis Manon Lenoir
Bulgaria Team A	Boris Panayotov Kristiyan Vilhemov Nikola Dimitrov
Cyprus Team B	Christos Palochis Michalis Parperi Petros Georgiou
Denmark Team B	Magnus Merrild Stenilda Suvakeen Stine Pedersen
Finland Team B	Aaro Parkkinen Anni Lappalainen Niko Haaranen
Slovenia 2 Team B2	Izidor Gregorič Nika Kobetič Simon Bukovšek
Spain Team B	Ángela Martínez Senra José Luis Narbona Valiente Rosa María Hernández Gómez
Luxembourg Team A	Jacques Theisen Louis Hilger Mona Liang
Ireland Team A	Conal Bonar Daniel O'Sullivan Keshav Nagar
Spain Team A	Ángel Campos Parrilla Miguel Sánchez-Beato Díaz-Hellín Pablo Acedo Logroño
Latvia Team A	Henriks Bērmanis Mārtiņš Dāvis Apsītis Olivers Prānis
Lithuania Team B	Guoda Perminaitė Gytis Steišūnas Kornelijus Semėnas

Slovenia 2 Team A	Marcel Malovrh Nina Težak Urša Konda
France Team A	Axel Rekar Mailys Duch Rémi Chabo
Ireland Team B	Alex Hanley Rachel Price Yuelin Xiong
Sweden Team A	Erik Göransson Felix Nord My Pohl
Portugal Team A	Afonso Mesquita Diogo Jacinto Kevin Pucci
Netherlands Team A	Miriam Zegelaar Nena Slaats Wietske de Bondt
Sweden Team B	Hugo Spencer Johan Holmberg Julia Mårtensson

Finland Team A	Eero Huhtala Elias Ahonen Hulda Torkkeli
Italy Team A	Ada Visentini Andrea Lizzit Federico Cigolot
Greece Team B	Georgia Theleriti Georgios Christodoulou Myrsini Kellari
Cyprus Team A	Katerina Christodoulou Michalis Pistos Stylianos Papayiannis
France Team B	Chloé Bortot Matthieu Tarczynski Simon Koch
Greece Team A	Eleftheria Chaliambia Evangelos Kassos Vasileios Papaoikonomou
Luxembourg Team B	Ben Nührenbörger Konstantin Miola Tim Ludovicy
Slovakia Team A	Adam Chalupek Oliver Sporka Samuel Novak

## 7. Unterstützung durch

Land Kärnten

The logo for Land Kärnten features the text "LAND" on the left, a stylized flag icon in the center (a yellow square above a red square), and "KÄRNTEN" on the right.

Klagenfurt am Wörthersee

The logo for Klagenfurt am Wörthersee features a stylized bird or wing icon above the text "Klagenfurt" in a large, elegant font, with "am Wörthersee" in a smaller font below it.

Industriellenvereinigung Kärnten

The logo for Industriellenvereinigung Kärnten features a blue square with the white letters "iv" on the left, and a white rectangle with the text "INDUSTRIELLENVEREINIGUNG KÄRNTEN" on the right.

Regionales Netzwerk für  
Naturwissenschaften und Mathematik Kärnten

The logo for the Regional Network for Natural Sciences and Mathematics in Carinthia features the letters "RN" in large yellow font, "Regionales Netzwerk" in small grey font, and "KÄRNTEN" in large grey font, with "Jugend" in yellow above "KÄRNTEN".

IMST- Innovationen machen Schulen Top



Anton Paar

The Anton Paar logo features a stylized grey and red circular icon on the left, followed by the text "Anton Paar" in a bold, red, sans-serif font.

## 8. Anhang – Aufgabenstellungen 2018 übersetzt



# AUFGABE A

# Aufgabe A: Ein Besuch in den Weinbergen

Slowenien ist ein winziges Land am Knotenpunkt zwischen den Alpen, der Pannonischen Tiefebene, dem Dinarischen Gebirge und dem Adriatischen Meer. Es ist eines der grünsten Länder der Welt und eines der wasserreichsten Länder Europas. Da in diesem kleinen Gebiet drei verschiedenen Klimazonen (mediterrane, alpine und kontinentale) aufeinandertreffen, bietet das Land ideale Wachstumsbedingungen für verschiedene Obst- und Gemüsesorten. So ist das Klima in vielen Teilen Sloweniens auch ideal für den Anbau von Weintrauben, was zur Herstellung vieler verschiedener Weinsorten in verschiedenen Weinanbaugebieten sorgt. Wir werden zwei junge Wissenschaftlern, Anna und Stefan, bei deren Erkundung von Karst, einer der Weinregionen im Süden Sloweniens, begleiten.

Es war ein herrlicher, sonniger Tag im Mai, als Nina und Martin sich zu einem Ausflug nach Karst aufmachten. Sie streiften durch die malerischen Weinberge und genossen den Anblick der jungen grünen Blätter auf den alten Weinstöcken. Nach einem langen Spaziergang stoppten sie an einem Weinkeller für eine Weinverkostung. Dabei lernten sie etwas über die verschiedenen Rebsorten und die Unterschiede in Geruch, Geschmack und Farbe des fertigen Weines. Helft Nina und Martin die Verbindungen nachzuweisen, die an den wunderschönen Farben und dahinterstehenden Prozessen beteiligt sind und mehr über sie zu erfahren.



# Experiment 1: Was färbt die Blätter grün?

## Einleitung

Da es noch immer Frühling ist, wachsen noch keine Trauben, aber es gibt schon erste Anzeichen der sprießenden Weinblätter. Die hellgrüne Farbe der Blätter hat Nina und Martin fasziniert. Welche Komponenten sind für diese schöne Farbe verantwortlich? Sie entschieden sich, das Geheimnis der grünen Blätter zu lüften. Da sie zu überwältigt von der schönen Landschaft waren, vergaßen Sie Proben von den Weinreben zu nehmen. Deshalb müssen sie jetzt verwenden, was sie im Labor zur Verfügung haben.

In dem Experiment werdet ihr aus Spinatblättern mittels Aceton die Pflanzenpigmente extrahieren. Anschließend werden die Pigmente mit Hilfe der Dünnschichtchromatographie aufgetrennt, und zwei davon,  $\beta$ -Carotin und Chlorophyll a, isoliert.

## Materialien und Equipment

### Am Tablett auf der Laborbank

- 1 g (0.9–1.1 g) Spinatblätter (vorab abgewogen in einem 25 mL Becherglas)
- 1,5 g  $\text{MgSO}_4$ , vorab abgewogen in einem Röhrchen
- Reibschale mit Pistill
- Watte (Cotton), in einem Röhrchen
- Becherglas, 25 mL, 2 Stück
- Becherglas, 10 mL, 1 Stück
- Becherglas, 100 mL, 1 Stück
- Aceton (30 mL) in einer Flasche
- Petroleum Ether (30 mL) in einer Flasche
- Messzylinder 10 mL, 2 Stück
- Plastikpasteurpipette mit abgeschnittenem Kopfstück, 3 Stück
- Plastikpasteurpipette 3 mL, 3 Stück (wenn du mehr brauchst, dann wende dich an den Betreuer. Sie sind ohne Punkteabzug zu haben)
- Glasstab, 1 Stück
- Dünnschichtchromatographie Platte beschichtet mit Silica auf Aluminium,  $5 \times 10$  cm
- Chromatographie Kammer, mit einem Stück Filterpapier  $9 \times 10$  cm bestückt, 1 Stück
- Dünnschichtchromatographie Platte beschichtet mit Silikat  $2 \times 6.5$  cm für Trainingszwecke (!)
- Kapillare zum Aufbringen des Probengemisches, 1 Stück
- Spatel, 1 Stück
- Pinzette, 1 Stück
- Wiegepapier, 2 Stück (wenn du mehr brauchst, dann wende dich an einen Betreuer. Sie sind ohne Punkteabzug zu haben)
- UV Küvette, 2 Stück
- Grüner Deckel für UV Küvette, 1 Stück
- Gelber Deckel für UV Küvette, 1 Stück
- Stativ mit Klemme

## Im Abzug

- Heizplatte, vorgeheizt auf 80 °C

Für den Fall, dass eine Chemikalie umgeschüttet, oder ein Glasgefäß zu Bruch geht, kontaktiere einen Betreuer, und frage nach einem Ersatz. Ein zusätzliches Stück der genannten Materialien ist also jeweils frei; weitere Materialien kosten dich 5 Punkte in dieser Aufgabe.

In jedem Fall kosten zusätzliche Proben von Spinatblättern oder Dünnschichtchromatographie Platten immer 5 Punkte. (Also kein zusätzlicher Spinat und DC-Platte!).

### 1.1 Dünnschichtchromatographie von Pflanzenpigmenten

#### **Vorbereitung der Filtrationsapparatur:**

1. Entnimm mit der Pinzette ein kleines Stückchen der Watte und stecke sie in die Plastikpipette mit dem abgeschnittenen Kopfstück (Abb. 1.1.). Drücke die Watte mit dem Glasstab hinein, bis es in den engeren Teil der Plastikpipette passt. Vorsicht: drücke nicht zu fest, da die Watte sonst zu komprimiert ist.
2. Befestige die Pipette mit der Watte an einem Stativ mit Hilfe einer Klemme.
3. Stelle ein 10 ml Becherglas unter die Öffnung der Pipette.

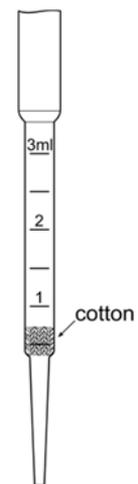


Abbildung 1.1: Plastikpipette mit einem Watte-Stöpsel zur Filtration der Pigmentlösung.

#### **Vorbereitung der Pigmentlösung für die Dünnschichtchromatographie:**

1. Schneide 1.0 g der Spinatblätter (bereits abgewogen) mit der Schere in kleine Stücke und gib sie in die Reibschale.
2. Gib 1.5 mg Magnesiumsulfat (bereits abgewogen und in einem Röhrchen mit MgSO<sub>4</sub> beschriftet) zu den zerschnittenen Spinatblättern in die Reibschale.
3. Zerreiße die Blätter gründlich mit dem Pistill, bis eine homogene Masse entsteht.
4. Pipettiere mit einer neuen Plastikpipette 6 ml Aceton dazu und zerreiße erneut mit dem Pistill für 1-2 Minuten.
5. Mit Hilfe einer Plastikpipette transferiere die Pigmentlösung von der Reibschale in den Filtrierapparat. Vermeide es dabei, feste Bestandteile aufzusaugen.
6. Warte, bis die Lösung die Anordnung passiert hat und sich im Becherglas sammelt.
7. Markiere das Füllvolumen am Becherglas mit einem Stift und beschrifte das Glas auch mit deinem Teamnamen um Verwechslungen zu vermeiden!
8. Stelle das Becherglas auf die 80°C heiße Heizplatte im Abzug.
9. Warte, bis der Flüssigkeitsstand auf ca. die Hälfte bis ein Drittel des ursprünglichen Volumens sinkt (ungefähr 5-10 Minuten).
10. In der Zwischenzeit bereite die Chromatographie Platte vor.

### Vorbereitung der Chromatographie Platte:

1. Zeichne mit Bleistift und Lineal eine dünne Linie entlang der kurzen Seite der Platte, ungefähr 10-12 mm vom unteren Ende (Startlinie, Abb. 1.2i). Achtung: Drücke den Bleistift nicht zu fest an, um die Silicabeschichtung nicht zu zerstören.

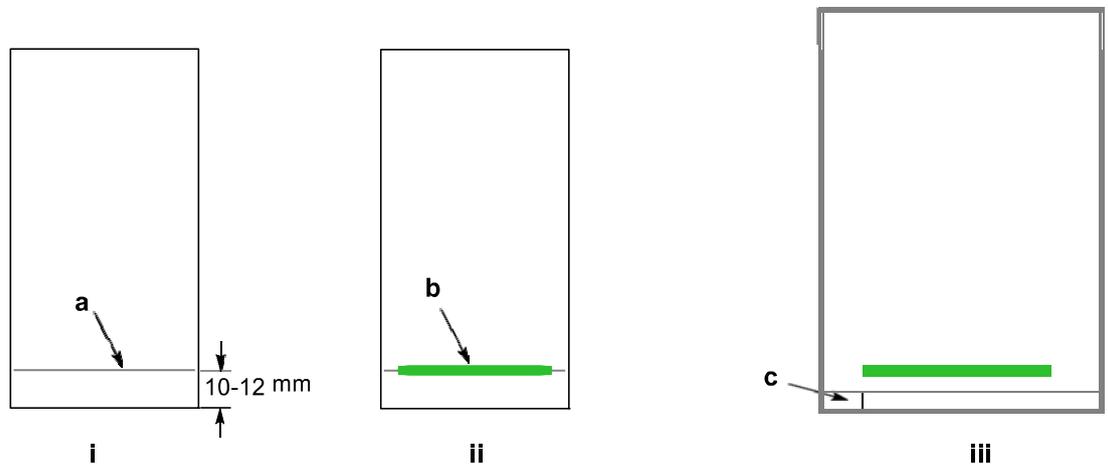


Abbildung 1.2: (i) Vorbereitung der Chromatographie Platte. (ii) Auftragen der Pigmentlösung. (iii) Platte in einer Chromatographie Kammer. Legende: (a) Startlinie; (b) Pigmentlösung; (c) Mobile Phase.

### Auftragen der Pigmentlösung:

Du kannst das Auftragen der Pigmentlösung vorher auf der für Trainingszwecke bestimmten Chromatographie Platte üben (Dünnschichtchromatographie Platte beschichtet mit Silica 2 x 6.5 cm für Trainingszwecke).

1. Tauche eine 10  $\mu\text{L}$  Kapillare in die Pigmentlösung und nimm Flüssigkeit auf.
2. Führe die gefüllte Kapillare zur Chromatographie Platte und tippe vorsichtig auf die Startlinie, 3-5 mm vom äußeren Ende. Ziehe die Kapillare in senkrechter Position entlang der Startlinie um die Pigmentlösung auf die Platte aufzutragen (Vorsichtig, ohne die Silicabeschichtung zu beschädigen!).
3. Wiederhole Schritte 1 und 2 mehrmals, um eine 3-4 Schichten dicke Pigmentdicke auf der Startlinie zu generieren (Abb. 1.2ii).
4. Lass die Chromatographie Platte mit der aufgetragenen Pigmentprobe für einige Minuten eintrocknen.

### Entwickeln der Chromatographie Platte:

1. Bestücke die Chromatographie Kammer mit einem Stück Filterpapier ( $9 \times 10$  cm). Platziere dazu das Filterpapier in der Kammer mit der langen Seite in horizontaler Richtung, so dass dieses den Boden berührt. Drücke das Filterpapier, sodass es an einer Wand kleben bleibt.
2. Mit Hilfe eines Messzylinders, mische die Mobile Phase (9 mL Petroleum Ether und 4 mL Aceton) und schüttele sie in die Chromatographie Kammer.

3. Verschließe die Kammer und schwenke sie sanft, um die Lösungsmittel zu vermischen und das Filterpapier zu befeuchten. Lass die Kammer für 1-2 Minuten auf der Laborbank stehen.
4. Öffne die Kammer und bestücke sie mit der Chromatographie-Platte (Pinzette) (Abb. 1.2iii). Vermeide, wenn möglich, den Kontakt zwischen den Enden der Platte und dem Filterpapier.
5. Verschließe die Kammer und lass die Mobile Phase bis zu 1-2 cm vor dem oberen Ende der Platte laufen. Achtung: Während der Entwicklung des Chromatogramms die Kammer nicht bewegen!!

### Frage 1.1.1

Entferne die Chromatographie-Platte aus der Kammer (mit einer Pinzette), und zeige sie einem Betreuer. Der wird ein Foto von dem Chromatogramm machen, gemeinsam mit deinem Teamcode. Du wirst das Foto mit deinem entwickelten Chromatogramm am Ende der Aufgabenstellung bekommen.

❖ **Füge das Bild mit dem entwickelten Chromatogramm in deinen Antwortbogen ein.**

### Frage 1.1.2

1. Bereite eine zweite Filtrieranordnung (wie in Abb. 1.1) vor, und fixiere sie an dem Stativ. Platziere eine UV Küvette unter der Öffnung der Pipette.
2. Schneide die entwickelte Dünnschichtplatte entlang der oberen und unteren Kante der ersten (obersten) gelben Bande mit Hilfe des Spatels. Kratze die gelbe Bande mit dem Spatel auf ein Wiegepapier, drücke den Spatel dabei sanft auf die Silicaoberfläche.
3. Transferiere das Material der gelben Bande in die Filtrieranordnung und gib 1.0 ml Aceton mit der Plastikpipette dazu. Extrahiere das Pigment in die Küvette und verschließe die Küvette mit dem gelben Deckel.
4. Bereite eine dritte Filtrieranordnung (wie in Abb. 1.1) vor, und fixiere sie an dem Stativ. Platziere die zweite UV Küvette unter der Öffnung dieser Pipette. Wiederhole Schritte 2 und 3 mit der am intensivsten grün gefärbten Bande. Verschließe die Küvette mit der Lösung des grünen Pigments mit dem grünen Deckel.

❖ **Kontaktiere einen Betreuer, der dich mit den beiden Küvetten zum Spektrophotometer bringen wird. Übergib dann die Proben an den Assistenten zur Vermessung. Warte auf die Ergebnisse deiner Spektren, die mit deinem Teamcode versehen sind, und füge sie im Antwortbogen ein.**

Sollte dein Chromatogramm nicht für die Isolierung der Pigmentbanden geeignet sein, kannst du das Prozedere wiederholen. Du kannst eine neue Probe oder eine neue Chromatographie Platte von einem Betreuer erhalten. Das gibt allerdings 5 Punkte Abzug.

## 1.2 Spektren von Blattpigmenten

Wein wird aus Traubensaft produziert. Dieser enthält Glucose und andere Zucker. Während des Herstellungsprozesses von Wein werden die Zucker im Traubensaft zu Ethanol fermentiert. Die Zucker werden wiederum in grünen Pflanzen, wie Wein, während der Photosynthese aus Kohlenstoffdioxid und Wasser produziert. Die Energie, die für diese endotherme Reaktion benötigt wird, wird durch die Strahlung der Sonne geliefert. Die Photonen des Sonnenlichts werden in grünen Blättern von photosynthetisch-aktiven Pigmentmolekülen, wie den grünen Chlorophyllen und den gelben bis orangenen Carotinoiden, absorbiert. In einem komplexen Prozess wird diese Energie dann zur Synthese von Glucose verwendet.

Betrachtet die Spektren der Chlorophylle und des  $\beta$ -Carotins in Abbildung 1.3. Beachtet, dass eine hohe Absorption/Extinktion eine geringe Transmission der Probe bedeutet.

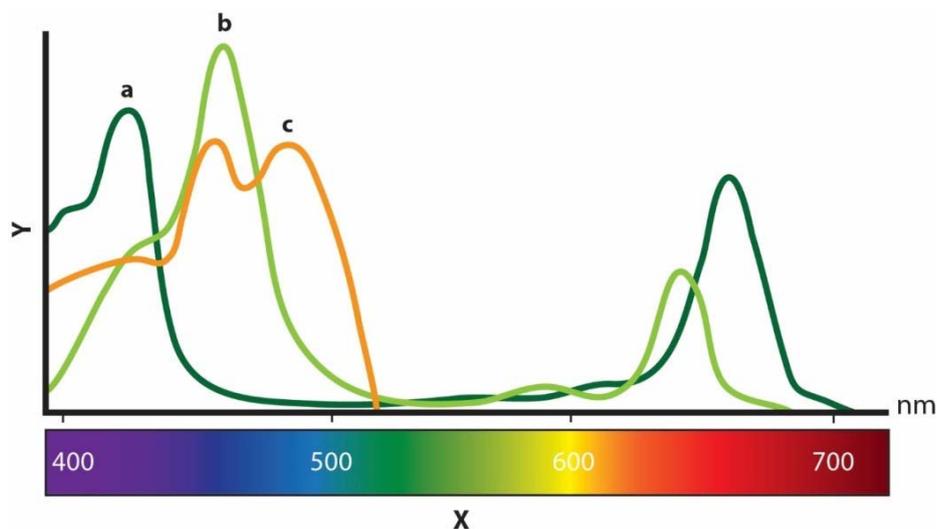


Abbildung 1.3: Extinktionspektrum von Chlorophyllen und  $\beta$ -Carotin. Auf der y-Achse ist die Extinktion angegeben. (a) Chlorophyll a, (b) Chlorophyll b, (c)  $\beta$ -Carotin.

### Frage 1.2.1

Schätzt den ungefähren Wellenlängenbereich ab, in denen diese Pigmente viel Licht, das heißt über 20 % des höchsten Maximums, absorbieren.

❖ **Schreibt eure Antwort in den Antwortbogen unter Frage 1.2.1.**

### Frage 1.2.2

In welchem Wellenbereich wird von einer Mischung dieser Pigmente ein Minimum an Licht, das heißt weniger als 20 % des höchsten Maximums, absorbiert?

❖ **Gibt den Wellenlängenbereich im Antwortbogen unter Frage 1.2.2 an.**

### Frage 1.2.3

Welche Farbe hat die Mischung dieser Pigmente (eine Antwort ist korrekt)?

- A blau
- B grün-gelb
- C orange-rot
- D violett

❖ Gebt den richtigen Buchstaben (A, B, C oder D) im Antwortbogen unter Frage 1.2.3 an.

## 1.3 Auswertung des Chromatogramms

### Frage 1.3.1

In der Chromatographie ist Silica eine sehr polare stationäre Phase. Während der Chromatographie wandern die Farbstoffe entlang dieser stationären Phase. Betrachtet die Abbildung des fertigen Chromatogramms der Farbstoffe (Abbildung 1.4). Schätzt die Polarität der verschiedenen Farbstoffe im Chromatogramm basierend auf der Strecke, die sie gewandert sind, ab.

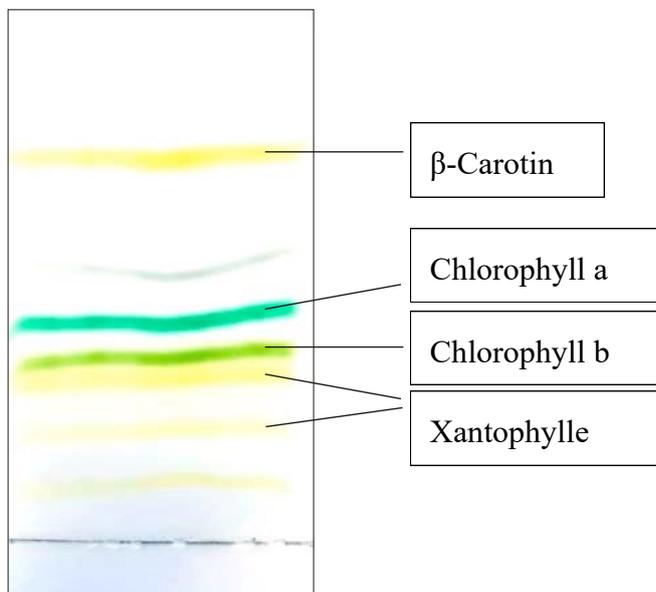


Abbildung 1.4: Chromatogramm der Blattfarbstoffe.

Ordnet die Farbstoffe in aufsteigender Reihe, beginnend mit dem am wenigsten polaren zu dem am stärksten polaren.

- A Chlorophyll a
- B Chlorophyll b
- C β-Carotin
- D Xantophylle

❖ Tragt die Buchstaben im Antwortbogen unter Frage 1.3.1 ein.

## 1.4 Alkoholische Gärung

Hefe wandelt die Zucker im Traubensaft in Ethanol und Kohlenstoffdioxid um. Im Idealfall entstehen aus Glucose nur Ethanol und Kohlenstoffdioxid im molaren Verhältnis 1:1.

### Frage 1.4.1

Gleicht die chemische Gleichung aus, die diese Umwandlung beschreibt:



❖ **Gleicht die Gleichung unter Frage 1.4.1 im Antwortbogen aus.**

Traubensaft enthält typischerweise, neben anderen Inhaltsstoffen, Zucker mit einem Massenanteil (oder Massenprozentsatz  $w$ ) von 15–25 %. Wir gehen davon aus, dass es sich bei uns um eine 20 %-ige Glucoselösung handelt ( $w(\text{Glucose}) = 20.0\%$ ). Die Dichte dieser Lösung beträgt  $1,080 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ . Weiter gehen wir davon aus, dass die gesamte Glucose in Ethanol und Kohlenstoffdioxid umgewandelt wird. Bitte beachtet die wichtigen Angaben am Anfang des Antwortbogens!

### Frage 1.4.2

Welche Masse an Glucose enthält 1,00 L dieser Lösung?

❖ **Tragt eure Rechnungen und Resultate unter Frage 1.4.2 im Antwortbogen ein.**

### Frage 1.4.3

Welche Masse an Ethanol bildet sich in 1,00 L der Lösung?

❖ **Tragt eure Rechnungen und Resultate unter Frage 1.4.3 im Antwortbogen ein.**

### Frage 1.4.4

Das Kohlenstoffdioxid entweicht der Lösung als Gas. Welche Masse an Kohlenstoffdioxid bildet sich in 1,00 L dieser Lösung?

❖ **Tragt eure Rechnungen und Resultate unter Frage 1.4.4 im Antwortbogen ein.**

### Frage 1.4.5

Berechnet den Massenanteil an Ethanol in dieser Lösung!

❖ **Tragt eure Rechnungen und Resultate unter Frage 1.4.5 im Antwortbogen ein.**

### Frage 1.4.6

Welches Volumen nimmt das gasförmige Kohlenstoffdioxid bei  $p = 100 \text{ kPa}$  und  $T = 20 \text{ °C}$  ein, das sich bei der Vergärung von 1000 L Traubensaft bildet?

❖ **Tragt eure Rechnungen und Resultate unter Frage 1.4.6 im Antwortbogen ein.**

### Frage 1.4.7

Beim Betreten von unbelüfteten Weinkellern während der Gärung kam es schon vermehrt zu Todesfällen durch Erstickten.

Welche Dichte hat gasförmiges Kohlenstoffdioxid bei  $p = 100 \text{ kPa}$  und  $T = 20 \text{ °C}$ ?

- ❖ **Tragt eure Rechnungen und Resultate unter Frage 1.4.7 im Antwortbogen ein.**

### Frage 1.4.8

Ist die Dichte des Kohlenstoffdioxids größer oder kleiner als die Dichte der Luft?

- E größer
- F kleiner

- ❖ **Tragt den korrekten Buchstaben (A oder B) unter Frage 1.4.8 im Antwortbogen ein.**

### Frage 1.4.9

Angenommen, Ihr sollt einen Weinkeller planen und habt folgende Optionen zur Wahl:

- G Unterirdischer Keller
- H Ebenerdiger Keller

Welche Alternative wäre sicherer für die hier tätigen Arbeiter, wenn keine künstliche Belüftung möglich ist?

- ❖ **Tragt den korrekten Buchstaben (A oder B) unter Frage 1.4.9 im Antwortbogen ein.**

# Experiment 2: Sommeliers

## Einleitung

Nach ihrem Ausflug zu dem beeindruckenden Weingut besuchten Nina und Martin dessen Besitzer und boten ihm ihre Hilfe an. Dadurch wollten sie so viel wie möglich über die Weinherstellung lernen. Ivan, der Weingutbesitzer, lud sie ein, bei der Weinernte im Herbst zu helfen. Leider ist es bis dahin noch ein wenig hin, so dass Ivan Nina und Martin erst einmal einige seiner Weine zeigte und ihnen drei Weinproben aus unterschiedlichen Anbauregionen zum Probieren mitgab. Leider waren die Proben nicht beschriftet, so dass die Beiden ein Spektrometer konstruierten, um die Farbe der Weine wissenschaftlich zu untersuchen und die Proben so den Anbauregionen zuzuordnen. Zur Messwertaufnahme und deren Auswertung benötigen sie eure Hilfe.

## Materialien

- Photometer (im 3D-Druck Verfahren hergestellt) mit LED, Photodiode, Linse und Platine mit Schaltung in schwarzer Kiste
- Optische Wellenlängenfilter (495 nm, 515 nm, 530 nm, 550 nm, 570 nm, 590 nm, 610 nm, 630 nm, 645 nm, 665 nm) in Plastikbox (in der schwarzen Kiste)
- Multimeter (in der schwarzen Kiste)
- Plastikküvetten (innen verengend) mit weißen Verschlüssen, 4 Stück
- Pasteurpipetten, 4 Stück
- 3 Weinproben in Plastikflaschen, beschriftet mit Sample A, Sample B, Sample C
- Deionisiertes Wassers

## 2.1 Spektrometrie

Weißes Licht besteht aus Spektralfarben mit verschiedenen Wellenlängen. Die unterschiedliche Färbung von Flüssigkeiten resultiert aus deren Durchlass- oder Transmissionsverhalten für Licht mit unterschiedlichen Wellenlängen. Wasser transmittiert nahezu das gesamte Licht im optischen Wellenlängenbereich von 400 nm bis 700 nm. Organische Farbstoffe in Rotweinen (allen voran Moleküle aus der Gruppe der Anthocyane) absorbieren Licht im blauen und grünen Bereich des Spektrums und sorgen so für die charakteristische Farbe der Weine.

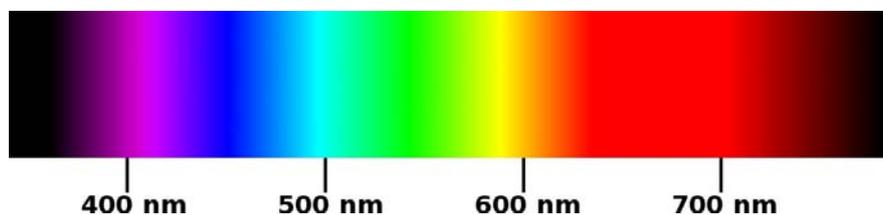


Abbildung 2.1: Wellenlängenspektrum im optischen Bereich.

Die Lichtdurchlässigkeit einer Flüssigkeit wird durch ihr Transmissionsspektrum beschrieben, das für jede Wellenlänge den Anteil des transmittierten Lichtes im Bereich von 0 bis 1 angibt. In der chemischen Analyse werden Transmissionsspektren verwendet, um die Zusammensetzung von Verbindungen, wie ihr in Experiment 1 gesehen habt, herauszufinden.

Das Spektrum kann mit unterschiedlichen Methoden bestimmt werden. Die meisten Spektrometer verwenden weißes Licht, das durch die Probe fällt und anschließend mit Hilfe eines Prismas oder Beugungsgitters in ihre Wellenlängenbestandteile aufgespalten wird. Diese Bestandteile werden dann von einem Lichtsensor detektiert. In diesem Experiment sollt ihr eine andere Methode verwenden.

Wellenlängenfilter transmittieren nahezu das gesamte Licht oberhalb einer bestimmten Wellenlänge und kein Licht unterhalb dieser Wellenlänge. Mit Hilfe solcher Filter lässt sich die Intensität eines Teils des Spektrums messen. Dabei berechnet sich die Intensität des Lichtes **zwischen zwei Wellenlängen** durch Subtraktion der Intensitätswerte bei der Verwendung von zwei Wellenlängenfiltern. Siehe Anhang A für eine genaue Erklärung der Berechnung.

Das Photometer besteht, wie in Abbildung 2.2 gezeigt, aus einer Licht emittierenden Diode (LED), einer Linse und eine Photodiode zur Messung der Lichtintensität. In Anhang A sind weitere Informationen zum Aufbau und der **Benutzung des Photometers** zu finden.

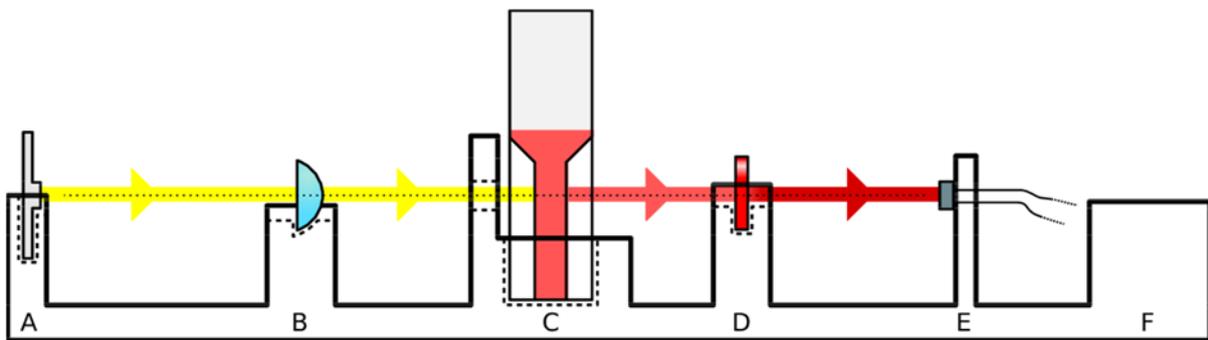


Abbildung 2.2: Skizze des Photometeraufbaus mit Darstellung des Lichtweges: (A) LED (B) Sammellinse (C) Halter für Küvette (D) Halter für Wellenlängenfilter (E) Photodiode (F) Batteriehalter und Platine mit Schaltung.

Nehmt das Multimeter aus der Kiste. Verbindet das rote und schwarze Kabel von der Schaltplatine mit dem Multimeter. Schaltet das Multimeter an und den Messbereich auf den Spannungsbereich 20 V. Schaltet das Photometer durch Drücken des roten Knopfes an (siehe Anhang A). Stellt sicher, dass das Voltmeter bei angeschalteter LED einen stabilen Spannungswert größer 0 anzeigt. Bei Problemen meldet euch bei der Laboraufsicht. **Gebt dem Photometer etwa 3-5 Minuten Zeit, bevor ihr mit euren Messungen beginnt, damit sich die Intensität der LED stabilisiert. Schaltet das Gerät während der Messungen nicht aus, da sich die Intensität nach dem Einschalten leicht ändert.**

**Das Photometer wird auch in Experiment 3 verwendet. Plant eure Messung daher im Team, um Wartezeiten zu minimieren.**

### Frage 2.1.1

Notiert die Seriennummer, die ihr auf dem Deckel des Photometers findet, in dem Antwortbogen.

Messt die Spannung bei eingeschalteter LED und geschlossener Kiste aber **ohne** Küvette und Filter. Notiert den Wert in dem Antwortbogen

❖ **Notiert die Nummer des Photometers im Antwortbogen unter Frage 2.1.1.**

❖ **Notiert den Messwert im Antwortbogen unter Frage 2.1.1.**

### Frage 2.1.2

Füllt jede der Proben (**deionisiertes Wasser** sowie die **3 Weinproben**) mit Hilfe einer Pasteurpipette in jeweils eine saubere Küvette. Füllt die Küvetten dabei bis zum oberen Ende des schmalen Teils und verschließt die Küvette mit einem Deckel. Verwendet für jede Probe eine eigene Pipette. Da Luftbläschen die Messwerte verfälschen müsst ihr diese ggf. durch leichtes Klopfen der Küvette gegen den Tisch entfernen.

**Tragt Laborhandschuhe, wenn ihr mit den optischen Geräten (Filter, Linse, ...) arbeitet! Meldet euch bei den Laborassistenten, wenn ihr andere Größen an Handschuhen benötigt.**

Überprüft die Wellenlänge jedes Filters vor dem Einsetzen in dem in Abbildung 2.2 gezeigten Halter für Wellenlängenfilter. Diese ist in sehr kleiner Schrift auf dem Rand zu finden. **Achtet darauf, jeden Filter wieder in den Umschlag und den passenden Plastikbeutel zurückzupacken.**

Orientiert die Küvetten in dem Halter wie in Abbildung 2.2 gezeigt. Hinweis: Üblicherweise benutzt man Küvetten in anderer Orientierung. Hier wird sie aufgrund des Designs des Photometers so orientiert.

Messt für jede der Proben und für jeden Filter die Transmission des Lichts. Für jede Messung müssen die Küvette und der Filter in den entsprechenden Haltern platziert werden. Dann muss die Kiste geschlossen werden, um Umgebungslicht und Reflektionen des LED-Lichtes zu minimieren. Vermeidet es, die optischen Geräte und die Probe während der Messungen zu bewegen. Lest den Spannungswert am Multimeter ab, wenn sich die Werte stabilisiert haben. Tragt die Spannungswerte in Volt in Tabelle 2.1.2 auf dem Antwortbogen ein.

❖ **Notiert eure Messwerte in Tabelle 2.1.2 in dem Antwortbogen.**

**Falls ihr keine Messwerte aufgenommen habt oder die Messungen nicht brauchbar sind, meldet euch bei der Laboraufsicht, um eine Tabelle mit vorher aufgenommenen Werten zu erhalten. Dafür werden euch 17 Punkte abgezogen.**

**Falls ihr eine neue Probe benötigt, meldet euch ebenfalls bei der Laboraufsicht. Eine neue Probe bedeutet einen Punktabzug von 5 Punkten.**

### Frage 2.1.3a

Um das Transmissionsspektrum zu bestimmen, müsst ihr zunächst die Intensitäten des transmittierten Lichtes in verschiedenen Wellenlängenbereichen berechnen. Subtrahiert dafür die durch eine Spannung gemessenen Intensitäten bei Verwendung verschiedener, benachbarter Wellenlängenfilter für jede Probe. Es müssen immer die Werte für den Filter bei höherer Wellenlänge von dem Wert des Filters für die niedrigere Wellenlänge abgezogen werden. Die Intensität, die in dem Wellenlängenbereich zwischen 495 nm und 515 nm transmittiert wird, ist zum Beispiel gegeben durch die Differenz  $U_{-C} - U_{-+}$ . Tragt die entsprechenden Differenzen der Werte aus Tabelle 2.1.2 in Tabelle 2.1.3 ein.

- ❖ Füllt die Spalten "Spannungsdifferenzen" im Antwortbogen, Tabelle 2.1.3 aus.

### Frage 2.1.3b

Der Transmissionswert für Licht mit Wellenlängen zwischen  $\lambda_c$  und  $\lambda_+$  ist der Quotient aus der Intensität, des in diesem Wellenlängenbereich durch die **Probe** transmittierten Lichtes, und der entsprechenden Intensität für **Wasser**:

$$T_{-C-+} = \frac{U_{-C} - U_{-+}}{U_{-C}^{\text{water}} - U_{-+}^{\text{water}}}$$

Der Transmissionswert liegt zwischen 0 (vollständiges Blockieren von Licht) und 1 (vollständige Transmission). Aufgrund experimenteller Unsicherheiten kann der Wert allerdings auch außerhalb dieses Intervalls liegen.

Berechnet die Transmissionswerte für alle drei Weinproben indem ihr die entsprechenden Quotienten mit Hilfe der Werte aus den passenden Spalten von Tabelle 2.1.3 bestimmt. Tragt die berechneten Transmissionswerte in Tabelle 2.1.3 ein.

- ❖ Füllt die Spalten "Transmission" im Antwortbogen, Tabelle 2.1.3 aus.

### Frage 2.1.4

Erstellt für jede der drei Weinproben ein Stufendiagramm, das die Transmissionswerte aus Tabelle 2.1.3 in Abhängigkeit von der Wellenlänge zeigt. Tragt alle drei Diagramme in demselben Graphen auf ein Blatt Millimeterpapier ein und verwendet verschiedene Farben für jede der Proben. Achtet darauf, für welchen Wellenlängenbereich ihr die berechneten Transmissionswerte verwenden müsst und vergesst nicht, die Achsen zu beschriften und zu benennen sowie eine Legende hinzuzufügen.

- ❖ Zeichnet die Diagramme auf ein Blatt Millimeterpapier. Beschriftet es mit 2.1.4, markiert es mit einem Teamcode-Aufkleber und legt es dem Antwortbogen bei.

## 2.2 Auswertung

### Frage 2.2.1

Transmissionsspektren von 4 verschiedenen Weinen aus 4 verschiedenen Weinanbaugebieten Sloweniens wurden mit einem kommerziellen Spektrometer aufgezeichnet und in den Kurven in Abbildung 2.4 dargestellt. Vergleiche eure Diagramme mit den Kurven in Abbildung 2.4, um zu bestimmen welche Probe aus welchem Weinanbaugebiet stammt. Wenn ihr der Meinung seid, dass eine Probe nicht durch einen Wein in Abbildung 2.4 widerspiegelt wird, tragt ND als Antwort ein.

❖ Tragt für jede Probe die Weinregion oder ND unter 2.2.1 im Antwortbogen ein.

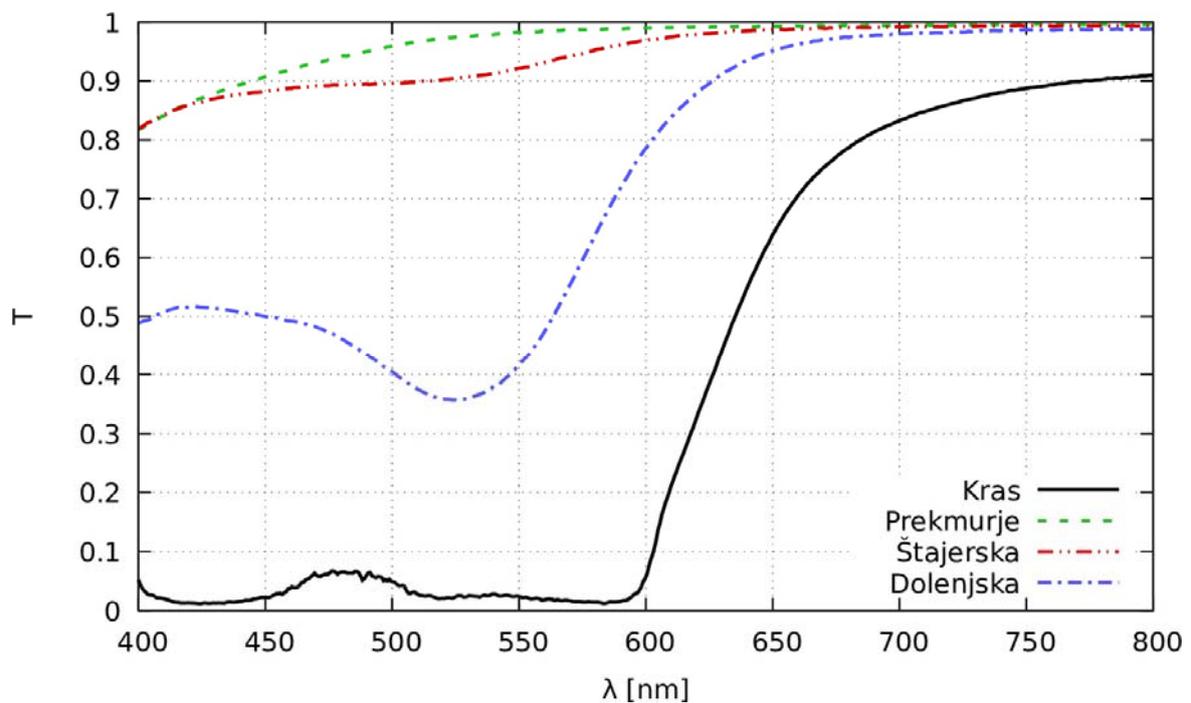


Abbildung 2.4: Transmissionsspektren von 4 Weinen aus 4 verschiedenen Weinanbaugebieten (Kras, Prekmurje, Štajerska, Dolenjska).

### Frage 2.2.2

Welche Änderungen im Experiment würden zu welchen Auswirkungen führen? Weißt jeder Auswirkung eine oder mehrere Änderungen zu. Jede Änderung kann jede Anzahl an Auswirkungen, inclusive gar keiner, haben.

#### Änderungen:

- A Schmalere Intervalle zwischen den aufeinanderfolgenden Wellenlängenfiltern (zusätzliche Filter).
- B Breitere Intervalle zwischen aufeinanderfolgenden Wellenlängenfiltern (weniger Filter).
- C Kürzere optische Weglänge in der Probe.
- D Längere optische Weglänge in der Probe.
- E Hellere LED.
- F Dunklere LED.
- G Voltmeter mit einer größeren Anzahl an Dezimalstelle.
- H Hellere Farbe der Experimentierkiste.
- I Verdünnung der Probe mit Wasser.

#### Auswirkungen:

1. Kleinerer relativer Fehler der Transmissionsmessung für stark absorbierende (dunkle) Proben.
2. Kleinerer relativer Fehler der Transmissionsmessung für schwach absorbierende (helle) Proben.
3. Größere Fehler in den Transmissionswerten aller Proben.
4. Eine bessere Wellenlängenauflösung der Spektren.

❖ **Schreibt einen oder mehrere Buchstaben A-I für jede Auswirkung unter Frage 2.2.2 in den Antwortbogen.**

### Frage 2.2.3

Die Transmission ist geringer für eine größere optische Weglänge in der Probe und größer für eine kleinere optische Weglänge. Für welche eurer Proben (A, B, C) würdet ihr eine Küvette mit einer optischen Weglänge von 10 mm anstelle der gerade benutzen 4 mm verwenden, wenn ihr die Unterschiede in der Interaktion der Proben mit jeder Wellenlänge besser auflösen wollt?

❖ **Schreibt einen Buchstaben A, B oder C unter Frage 2.2.3 in den Antwortbogen.**

## 2.3 Gefärbte Flüssigkeiten

### Frage 2.3.1

Verschieden gefärbte Flüssigkeiten würden Licht unterschiedlicher Farbe transmittieren. Was würden wir für im Transmissionsspektrum einer halb-durchsichtigen blauen Flüssigkeit erwarten (eine richtige Antwort)?

- A Blau würde die geringste Transmission aufweisen während die anderen Wellenlängen eine größere Transmission zeigen würden.
- B Blau würde die höchste Transmission aufweisen während die anderen Wellenlängen eine geringere Transmission zeigen würden.
- C Es würde sich nichts im Spektrum zeigen.

❖ **Tragt den Buchstaben A, B oder C unter Frage 2.3.1 im Antwortbogen ein.**

### Frage 2.3.2

Die Extinktion/Absorption (dargestellt durch das Symbol  $A$ ) ist ein Maß dafür, wie stark Licht einer bestimmten Wellenlänge beim Durchqueren der Flüssigkeit abgeschwächt wird. Sie wird auch benutzt, um die Konzentration einer bestimmten Substanz in der Flüssigkeit zu bestimmen. Dies werdet ihr auch in Experiment 3 anwenden. Wenn die Streuung von Licht beim Durchqueren der Probe ignoriert werden kann, können wir den Zusammenhang zwischen der Extinktion  $A$  und der Transmission  $T$  durch eine einfache Gleichung ausdrücken:

$$A = -\log_{10} T$$

Tabelle 2.1 enthält Transmissionswerte für eine unbekannte Flüssigkeit. Berechnet die Extinktion und tragt die Werte in Tabelle 2.3.2 im Antwortbogen ein. Auf euren Taschenrechner wird der dekadische Logarithmus mit der Taste **log** berechnet.

Tabelle 2.1: Transmission einer unbekanntenen Flüssigkeit in 15 verschiedenen Wellenlängenbereichen im sichtbaren Spektrum.

$\lambda$ [nm]	$T$	$\lambda$ [nm]	$T$	$\lambda$ [nm]	$T$
400-420	0.737	500-520	0.948	600-620	0.142
420-440	0.881	520-540	0.883	620-640	0.056
440-460	0.965	540-560	0.739	640-660	0.243
460-480	0.975	560-580	0.514	660-680	0.723
480-500	0.973	580-600	0.319	680-700	0.943

❖ **Tragt eure Berechnungen in Tabelle 2.3.2 im Antwortbogen ein.**

### Frage 2.3.3

Benutzt die Werte, die ihr in Tabelle 2.3.2 berechnet habt, um ein Stufendiagramm der Extinktion der unbekanntes Flüssigkeit auf Millimeterpapier zu zeichnen.

- ❖ **Zeichnet das Extinktions-Stufendiagramm auf Millimeterpapier, beschriftet es mit 2.3.3, klebt den Sticker mit eurem Team-Code darauf und legt es dem Antwortbogen bei.**

### Frage 2.3.4

Welche Farbe hat die unbekanntes Flüssigkeit mit den Transmissionswerten in Tabelle 2.1 (eine korrekte Antwort)? Helft euch gegebenenfalls mit dem Extinktions-Diagramm aus Frage 2.3.3 und der Abbildung 2.1.

- A Rot
- B Gelb
- C Blau
- D Orange
- E Grün

- ❖ **Tragt eure Antwort unter Frage 2.3.4 im Antwortbogen ein.**

### Frage 2.3.5

Die Extinktion/Absorption ist linear abhängig von der optischen Weglänge in der Probe. Die Transmissionswerte in Tabelle 2.1 wurden mit einer Küvette mit einer optischen Weglänge von 4 mm gemessen. Welchen Wert würde die Extinktion zwischen 560 nm und 580 nm annehmen, wenn eine Küvette mit einer optischen Weglänge von 10 mm genutzt würde? Gebt euren Rechenweg und eure Antwort im Antwortbogen an.

- ❖ **Tragt euren Rechenweg und euer Ergebnis unter Frage 2.3.5 im Antwortbogen an.**

## Experiment 3: Beschädigte Trauben

Im Herbst kehren Nina und Martin zurück in den Karst, um ihrem Freund Ivan im Weingarten bei der Ernte zu helfen. Da Ivans Wein als Bio-Produkt zertifiziert ist, müssen die Trauben von Hand gepflückt werden. Im Weingarten werden die Trauben geschnitten und in Boxen gelegt. Es ist sehr wichtig, auf die Qualität der Trauben zu achten. Die Lesearbeiter müssen unreife, kranke oder schimmelige Trauben entfernen. Nina und Martin bemerken, dass in diesem Jahr besonders viele geerntete Trauben eine spezielle braune Verfärbung aufweisen. Es fällt ihnen auf, weil diese Verfärbung in keinem der vorigen Jahre aufgetreten ist. Daher ziehen sie Proben, um diese Trauben weiter zu analysieren.

Beim Literaturstudium finden sie, dass ein Enzym mit der Bezeichnung Polyphenoloxidase für diese Braunverfärbung der beschädigten Trauben verantwortlich ist. Polyphenoloxidasen sind Metalloproteine, welche in der Proteinstruktur zwei Kupferionen binden (Abbildung 3.1). Sie katalysieren eine Reaktion, bei der Biphenole (etwa das farblose bis schwach gelbliche Brenzkatechin) in Ortho-Chinone (gelb) umgewandelt werden. Diese polymerisieren in der Anwesenheit von Sauerstoff zu Melanin, welches eine schwarz-braune Farbe hat. (Abbildung 3.2).

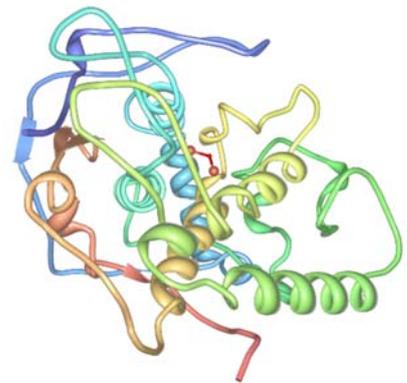


Abbildung 3.1: Kristallstruktur von Grenache (*Vitis vinifera*) Polyphenoloxidase.

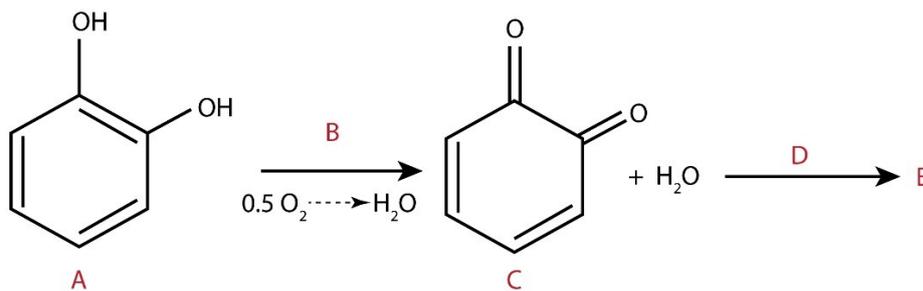


Abbildung 3.2: Umwandlung von Brenzkatechin in braun schwarzes Melanin; A – Brenzkatechin (farblos); B – Brenzkatechinoxidase; C – Ortho-Chinon (gelb); D – Polymerisation; E – Melanin (braun-schwarz).

Phenole (zum Beispiel Brenzkatechin) kommen in Pflanzen in kleinen Mengen in den zentralen Vakuolen der Pflanzenzellen vor und Polyphenoloxidase ist im Cytoplasma vorhanden (Abb. 3.3). Wenn das Gewebe beschädigt wird, treten die Phenole aus den Vakuolen aus und die Polyphenoloxidase wandelt sie in reaktive Chinone, welche als

natürliche Antiseptika wirken. Dadurch wird das Wachstum von Bakterien und Pilzen auf dem Gewebe verhindert. Chinone binden sich auch an bestimmte nukleophile Aminosäuren, welche das Wachstum und die Entwicklung bestimmter pflanzenfressender Insekten verhindert.



Abbildung 3.3: Pflanzenzelle (1 – zentrale Vakuole; 2 – Cytoplasma).

Die Oxidation von Phenolen in Pflanzengeweben ist aus Verbrauchersicht problematisch, weil fast die Hälfte der globalen Obst- und Gemüseproduktion wegen ihrer Braunfärbung verworfen werden muss. Nina und Martin haben Proben für die Analyse vorbereitet. Euer Job ist es, die Aktivität der Polyphenoloxidase bei verschiedenen Rahmenbedingungen (verschiedene Temperaturen und pH-Werte) zu vergleichen.

### Materialien und Equipment

- 15 Trauben
- Deionisiertes Wasser
- Mörser und Pistill
- 250 mL Becherglas, 2 Stück
- 1000 mL Becherglas, 1 Stück
- Filter-Gaze(Mullbinde), 2 Stück
- Trichter, 2 Stück
- Filterpapier, 2 Stück
- Reagenzgläser, 13 Stück (wenn ihr eins zerbricht, bekommt ihr ein Neues)
- Reagenzglasständer, 2 Stück
- 5 mL Glaspipetten, 4 Stück
- Peleus-Ball (falls ihr ihn beschädigt, könnt ihr einen neuen ohne Strafe bekommen)
- Messzylinder, 2 Stück
- Glas-Rührstab, 2 Stück
- Nitril-Handschuhe
- Wasserbäder (im Flur- Laborbetreuer wird euch dort hinbringen, wenn benötigt)
- Erlenmeyer Kolben, 2 Stück
- 1 %ige Brenzkatechin-Lösung (50 mL Erlenmeyerkolben)
- Puffer-Lösung pH 7 (250 mL Erlenmeyerkolben)
- Puffer mit verschiedenen pH-Werten (50 mL Erlenmeyerkolben, 6 Stück)
- Küvetten (ohne Verjüngung) und Küvettendeckel, 15 Stück
- Photometer in einer schwarzen Kiste (mit Experiment 2 geteilt)
- 515 nm Wellenlängenfilter (mit Experiment 2 geteilt)
- Pasteurpipetten, 10 Stück
- Schere
- Wasserfester Marker
- Papiertücher
- Stoppuhr

### 3.1 Vorbereitung der Proben

Gebt 40mL deionisiertes Wasser und 15 Trauben in einen Mörser und mörsert das Ganze mit dem Pistill. Die Mischung muss nun zweimal filtriert werden: Als erstes filtriert ihr die Mischung durch die Filter-Gaze(Mullbinde) und quetscht die Gaze nach der Filtration ein bisschen aus, um mehr Filtrat zu erhalten. Das resultierende Filtrat muss dann bei der zweiten Filtration durch das Filterpapier in den Erlenmeyerkolben filtriert werden, um etwa 25mL endgültiges Filtrat zu erhalten. Das endgültige Filtrat beinhaltet das Enzym Polyphenoloxidase. Benutzt den wasserfesten Marker, um 6 Reagenzgläser mit eurem Team-Code und den Buchstaben A<sub>T</sub>-F<sub>T</sub> zu beschriften (für die Testung des Temperatureinflusses auf die Polyphenoloxidase-Aktivität). Markiert 7 Reagenzgläser mit eurem Team-Code und den Buchstaben A<sub>pH</sub>-G<sub>pH</sub> für die Testung des pH-Einflusses auf die Polyphenoloxidase-Aktivität (Abb. 3.4).

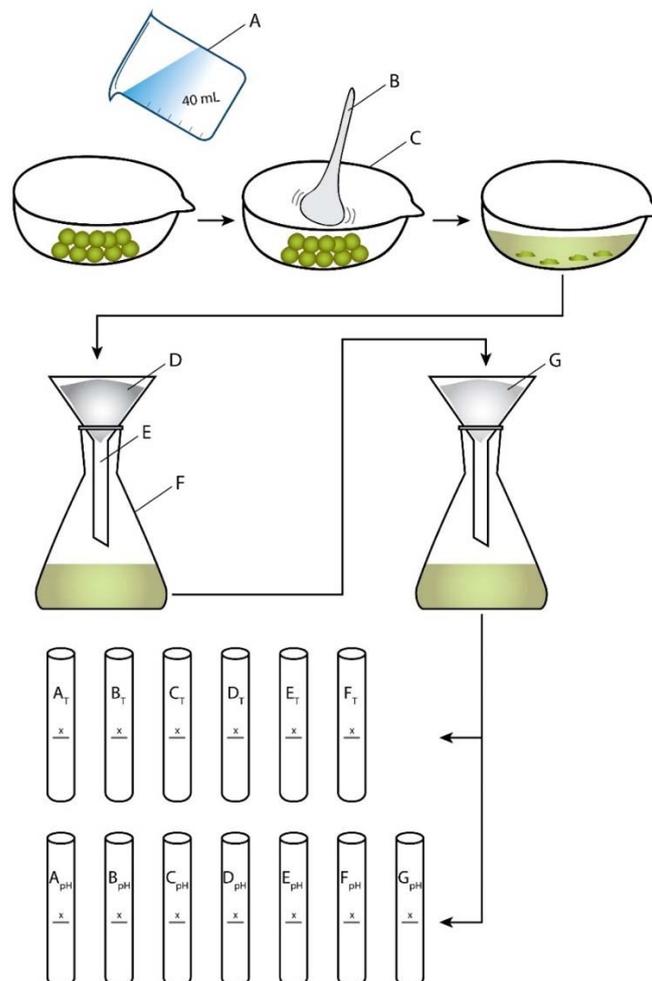


Abbildung 3.4: Schema des Experiments (A – Becherglas; B –Pistill; C – Mörser; D – Filter-Gaze; E – Trichter; F - Erlenmeyerkolben; G - Filterpapier).

**Pipetten Sicherheitsanweisungen:**

- Es ist verboten, mit dem Mund zu pipettieren!
- Steckt das obere Ende der Pipette vorsichtig in die untere Öffnung des Peleusballs, sodass ihr die Glaspipette nicht zerbricht.
- Verhindert, dass die Flüssigkeit in den Peleusball gelangt.

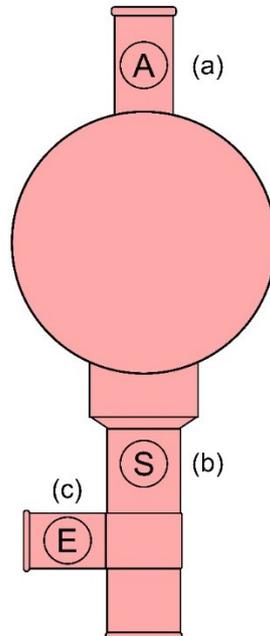


Abbildung 3.5: Peleusball: (a) Luftventil (Air valve, lässt Luft aus dem Peleusball entweichen), (b) Saugventil (Suction valve, saugt Lösung in die Pipette), (c) Leerungsventil (Empty valve, entleert die Lösung aus der Pipette).

**Der Einfluss des pH auf die Polyphenoloxidase-Aktivität**

Benutzt eine Pipette, um in jedes der 7 Reagenzgläser folgende Substanzen zu geben (beachtet die angegebene Reihenfolge):

- 1 mL 1%-ige Brenzkatechin-Lösung (Substrat),
- 9 mL Puffer mit jeweils gewünschtem pH (Table 3.1),
- 1 mL Traubenextrakt (Enzym).

**Der Einfluss der Temperatur auf die Polyphenoloxidase-Aktivität**

Benutzt eine Pipette, um in jedes der 6 Reagenzgläser folgende Substanzen zu geben (beachtet die angegebene Reihenfolge):

- 1 mL 1%-ige Brenzkatechin-Lösung (Substrat),
- 9 mL Puffer mit pH 7,
- 1 mL Traubenextrakt (Enzym).

**Um präzise Ergebnisse zu erhalten, solltet ihr die benutzten Pipetten mit deionisiertem Wasser spülen, bevor ihr eine neue Substanz pipettiert!**

Tabelle 3.1. Der Einfluss von Temperatur und pH auf die Aktivität der Polyphenoloxidase

	Probe	A	B	C	D	E	F	G
1.	Temperatur (°C)	0	10	20	30	50	70	/

**Dieser Schritt ist zeitaufwendig!**

**Ruft sofort den Laborbetreuer, wenn Ihr alle Reagenzgläser für die Testung des Temperatur- und des pH-Einflusses auf die Enzymaktivität vorbereitet habt!**

Der Laborbetreuer wird **alle Reagenzgläser** und Beschriftungen auf den Reagenzgläsern prüfen und **euren Antwortbogen unterschreiben**.

- ❖ **Lasst die Reagenzgläser für das pH-Effekt-Experiment auf eurem Arbeitsplatz 70min inkubieren (stellt den Timer auf eurer Stoppuhr- eine Anleitung dazu findet ihr in Anhang C)**

**Bringt die Reagenzgläser für das Temperatur-Effekt-Experiment zur Wasserbad-Station. Lasst euch dabei vom Laborbetreuer begleiten.**

Der Laborbetreuer wird euch helfen, für jedes Reagenzglas die passenden Temperaturbedingungen sicherzustellen. Reagenzgläser für die Testung bei 0°C werden in das Eisbad gestellt, Reagenzgläser für die Testung bei 20°C werden in einem Reagenzglasständer bei Raumtemperatur gelagert und die anderen Reagenzgläser (10 °C, 30°C, 50 °C und 70 °C) werden in die Wasserbäder der jeweils passenden Temperatur gestellt (Tabelle 3.1).

- ❖ **Lasst die Reagenzgläser für das Temperatur-Effekt-Experiment 70 Minuten inkubieren. Ruft dann den Laborbetreuer. Er wird euch zu der Wasserbad-Station begleiten, um eure Proben zu holen. Lasst euch den Antwortbogen unterschreiben, um nachzuweisen, dass ihr die Proben erhalten habt.**

### 3.2 Photometrische Messung der Polyphenoloxidase Aktivität

**Messt nach der Inkubation (70 Minuten) so bald wie möglich die Intensitäten von jeder Probe und von deionisiertem Wasser mit dem Photometer.**

Alle Proben müssen **70 Minuten** inkubiert werden. Während der Inkubation wird der labortechnische Assistent die Reagenzgläser mehrmals rühren, um die Melanin-Bildung zu beschleunigen. Messt am Ende der Inkubation die Intensitäten (Voltmeter Spannung) von jeder Probe und von destilliertem Wasser. Benutzt diese Daten, um die Transmissionswerte und Extinktionen von destilliertem Wasser und den Proben der Reaktionsgemische auszurechnen. In den Reagenzgläsern mit größerer Enzymaktivität ist die Melanin-Bildung

stärker. Der berechnete Extinktionswert ist daher proportional zur Aktivität der Polyphenoloxidase.

**Eine Anleitung zur Nutzung des Photometers** findet ihr in **Anhang A**. Für die Durchführung dieses biologischen Aufgabenteils (Untersuchung der Aktivität der Polyphenoloxidase) wird ein **515nm Wellenlängenfilter** benötigt.

**Benutzt bei der Messung des Transmissionswert (T) eine neue Küvette und einen neuen Küvettendeckel für jede Probe. Passt auf, dass ihr die Küvetten nicht auf den Seiten berührt, durch die der Lichtstrahl verläuft. Stellt die Küvetten so in das Photometer, dass die transparente Seite in Richtung des Lichtstrahls zeigt. Die transparente Seite ist mit einem Dreieck an der Küvettenoberseite markiert.**

**Beachtet, dass die Küvetten für dieses Experiment anders sind als für das Experiment 2.**

Die transmittierte Intensität für Wellenlängen kürzer als 515nm entspricht der Differenz zwischen der mit Filter gemessenen Intensität und der ohne Filter gemessenen Intensität.

$$U_{\text{mit Filter}} = U_{\text{ohne}} - U_{\text{515nm}} \quad (\text{Eq. 3.1})$$

Der Transmissionswert ist der Quotient aus der transmittierten Intensität der Probe und der transmittierten Intensität von destilliertem Wasser. Deshalb müsst ihr, wenn ihr den Transmissionswert bestimmt, die Spannungen mit und ohne Filter für jede Probe messen ( $U_{\text{Probe}}$ ). Als nächstes müsst ihr die Differenz der Probe durch die Differenz für deionisiertes Wasser teilen. Die zugehörige Gleichung findet ihr hier:

$$T = \frac{U_{\text{Probe}} - U_{\text{515nm}}}{U_{\text{Wasser}} - U_{\text{515nm}}} \quad (\text{Eq. 3.2})$$

### Frage 3.2.1a

Übertrage die gemessenen Intensitäten (Spannungswerte) von deionisiertem Wasser und der Probe **mit dem Filter und ohne das Filter** in die Tabelle 3.2.1 im Antwortbogen.

- ❖ **Trag die Werte in die passenden Spalten der Tabelle 3.2.1 im Antwortbogen ein.**

### Frage 3.2.1b

Berechne die Unterschiede in den gemessenen Intensitäten und trage sie in die Tabelle 3.2.1 im Antwortbogen ein.

- ❖ **Vervollständige die Tabelle 3.2.1 im Antwortbogen.**

### Frage 3.2.2a

Berechne die Transmissionswerte aus den gemessenen Werten von Tabelle 3.2.1.

- ❖ **Trage die Werte in die Tabelle 3.2.2 auf dem Antwortbogen ein.**

### Frage 3.2.2b

Verwende die Transmissionswerte aus der Tabelle 3.2.2 um die Absorptionswerte ( $A$ ) zu berechnen mit der folgenden Formel:

$$A = -\log_{10} T$$

- ❖ **Vervollständige die Tabelle 3.2.2 im Antwortbogen.**

### Falls etwas schiefgeht.

**Falls eine Proberöhre zerbricht und keine Zeit mehr ist, eine neue in den Inkubator zu geben, kann bei der Saalaufsicht ein vorbereitete Probe angefordert werden. Für jede zerbrochene Proberöhre gibt es in den Tabellen 3.1.1, 3.1.2 und 3.2.1 ( $U_{\text{ohne}}$  and  $U_{515}$ ) jeweils 0 Punkte. Alle weiteren Berechnungen können damit ohne zusätzliche Behinderung durchgeführt werden.**

**Wenn du den Absorptionswert nicht berechnen kannst, stellt der Laborbetreuer eine fertige Tabelle zur Verfügung. Das kostet alle Punkte zur Tabelle 3.2.2**

### Frage 3.2.3

Zeichne ein Diagramm, das die Aktivität der Polyphenoloxidase in Bezug auf die Temperatur zeigt (ausgedrückt durch die Absorptionswerte aus Tabelle 3.2.2). Verbinde die Messpunkte zu einer Linie.

- ❖ **Zeichne ein Diagramm auf das Millimeterpapier, benenne es mit 3.2.3, klebe den Sticker mit dem Teamcode auf und füge es zum Antwortbogen dazu.**

### Frage 3.2.4

Zeichne ein Diagramm, das die Aktivität der Polyphenoloxidase in Bezug auf den pH-Wert zeigt (ausgedrückt durch die Absorptionswerte aus Tabelle 3.2.2). Verbinde die Messpunkte zu einer Linie.

- ❖ **Zeichne ein Diagramm auf das Millimeterpapier, benenne es mit 3.2.4, klebe den Sticker mit dem Teamcode auf und füge es zum Antwortbogen dazu.**

### 3.3 Analyse

Nina und Martin haben andere Enzyme in einer anderen Arbeit untersucht. Du kannst die von dir gefundenen Erkenntnisse verwenden, um die folgenden Fragen zu beantworten.

#### Frage 3.3.1

Welcher Temperaturbereich beschreibt am die höchste Aktivität der Polyphenoloxidase? (nur eine Antwort)?

- A. 0 °C – 70 °C.
- B. 40 °C – 70 °C.
- C. 20 °C – 30 °C.
- D. 0 °C – 20 °C.
- E. 50 °C – 70 °C.

❖ **Schreibe den korrekten Buchstaben (A, B, C, D oder E) unter Frage 3.3.1 in den Antwortbogen.**

#### Frage 3.3.2

Welches der folgenden Statements argumentiert die höchste Aktivität der Polyphenoloxidase am besten? (nur eine richtige Antwort möglich)

- A. Für diese Reaktion gibt es eine lineare Abhängigkeit zwischen der Löslichkeit eines Gases in Flüssigkeiten und der Temperatur. Bei höheren Temperaturen sind Gase besser löslich (bezogen auf die Raumtemperatur). Wenn es wärmer ist, ist Sauerstoff im Cytoplasma besser löslich, die Reaktionsrate ist deshalb höher. Daraus folgt eine höhere Melaninproduktion.
- B. Für diese Reaktion gibt es eine lineare Abhängigkeit zwischen der Löslichkeit eines Gases in Flüssigkeiten und der Temperatur. Bei niedrigeren Temperaturen sind Gase besser löslich (bezogen auf die Raumtemperatur). Wenn es kühler ist, ist Sauerstoff besser im Cytoplasma löslich, die Reaktionsrate ist deshalb höher. Daraus folgt eine höhere Melaninproduktion.
- C. Für diese Reaktion gibt es eine lineare Abhängigkeit zwischen der Löslichkeit eines Gases in Flüssigkeiten und der Temperatur. Bei niedrigeren Temperaturen sind Gase besser löslich (bezogen auf die Raumtemperatur). Wenn es kühler ist, ist Sauerstoff im Cytoplasma besser löslich, die Reaktionsrate ist deshalb niedriger. Daraus folgt eine geringere Melaninproduktion.
- D. Die Temperatur hat keinen Einfluss auf die Aktivität der Polyphenoloxidase..

❖ **Schreibe den korrekten Buchstaben (A, B, C oder D) unter Frage 3.3.2 in den Antwortbogen.**

**Frage 3.3.3**

In welchem pH-Wert-Bereich ist die Aktivität der Polyphenoloxidase am höchsten? (nur eine Antwort möglich)

- A. pH 0-3
- B. pH 0-10
- C. pH 0-5
- D. pH 4-8
- E. pH 6-9
- F. pH 7-10

❖ **Schreibe den korrekten Buchstaben (A, B, C, D, E oder F) unter Frage 3.3.13 in das Antwortbogen.**

**Frage 3.3.4**

Hast Du jemals Apfelspalten am Tisch liegen lassen und festgestellt, dass sie nach einigen Minuten bräunlich verfärben? Auch das ist eine Reaktion des Brenzkatechin, welches durch Polyphenoloxidase über Ortho-Chinon zu dunkel gefärbtem Melanin umgewandelt wird. Eine ähnliche Reaktion kann auch mit beschädigten Früchten (z. B. Bananen) geschehen.

Welche der beschriebenen Lagerungs- bzw. Behandlungsmethoden kann eine solche Veränderung verhindern (verlangsamt die Oxidation durch Polyphenoloxidase)?

(Mehrfachantwort möglich)?

- A. Wir bewahren Früchte im Kühlschrank auf, da die Aktivität der Enzyme bei niedrigen Temperaturen abnimmt.
- B. Ein Lagerraum wird dauernd belüftet, damit die Sauerstoffversorgung der Früchte gesichert ist. Genügend Sauerstoff kann die Enzymaktivität stoppen.
- C. Früchte werden in einer mit Stickstoff oder Kohlenstoffdioxid angereicherten Atmosphäre gelagert. Dadurch wird die Sauerstoffzufuhr gestoppt und die Aktivität des Polyphenoloxidase verringert.
- D. Wir tropfen etwas Zitronensaft auf die Apfelspalten oder andere Früchte.
- E. Wir tropfen etwas Wasser auf die Apfelspalten oder andere Früchte.
- F. Wir trocknen die Apfelspalten oder anderen Früchte mit dem Haarfön um die Bräunung zu verhindern. Auf diese Weise steigern wir die Temperatur und erhöhen die Sauerstoffzufuhr.
- G. Getrocknete Apfelspalten werden mit Sulfiten behandelt, welches als Antioxidans wirkt. Dadurch kann die Bräunung verhindert werden.

❖ **Schreibe die richtigen Antwortbuchstaben unter 3.3.4 im Antwortbogen ein.**

### Frage 3.3.5

Ein spezielles Enzym wurde aus Bakterien isoliert, welche in schwach alkalischen Lösungen bei Temperaturen über 70° leben. Benütze die Grafiken (Abbildung 3.7a und 3.7b), um herauszufinden, welche der dort gezeigten Kurven die Aktivität dieser Enzyme bei verschiedenen Bedingungen am besten beschreibt.

(nur eine Antwort möglich)

- A. Kurven 1 und 5
- B. Kurven 2 und 4
- C. Kurven 2 und 5
- D. Kurven 3 und 4
- E. Kurven 3 und 5

❖ **Schreibe den Lösungsbuchstaben (A, B, C, D oder E) unter 3.3.5 in den Antwortbogen**

### Frage 3.3.6

Benütze die Grafiken (Abbildung 3.7a und 3.7b), um heraus zu finden, welche Temperatur- und pH-Wert-Bereiche die Aktivität von Enzymen, welche aus dem menschlichen Magen isoliert werden können, zutreffend beschreiben.

(nur eine richtige Antwort)

- A. Kurven 1 und 4
- B. Kurven 1 und 5
- C. Kurven 2 und 4
- D. Kurven 2 und 5
- E. Kurven 3 und 4

❖ **Schreibe den Lösungsbuchstaben (A, B, C, D oder E) unter 3.3.6 in den Antwortbogen**

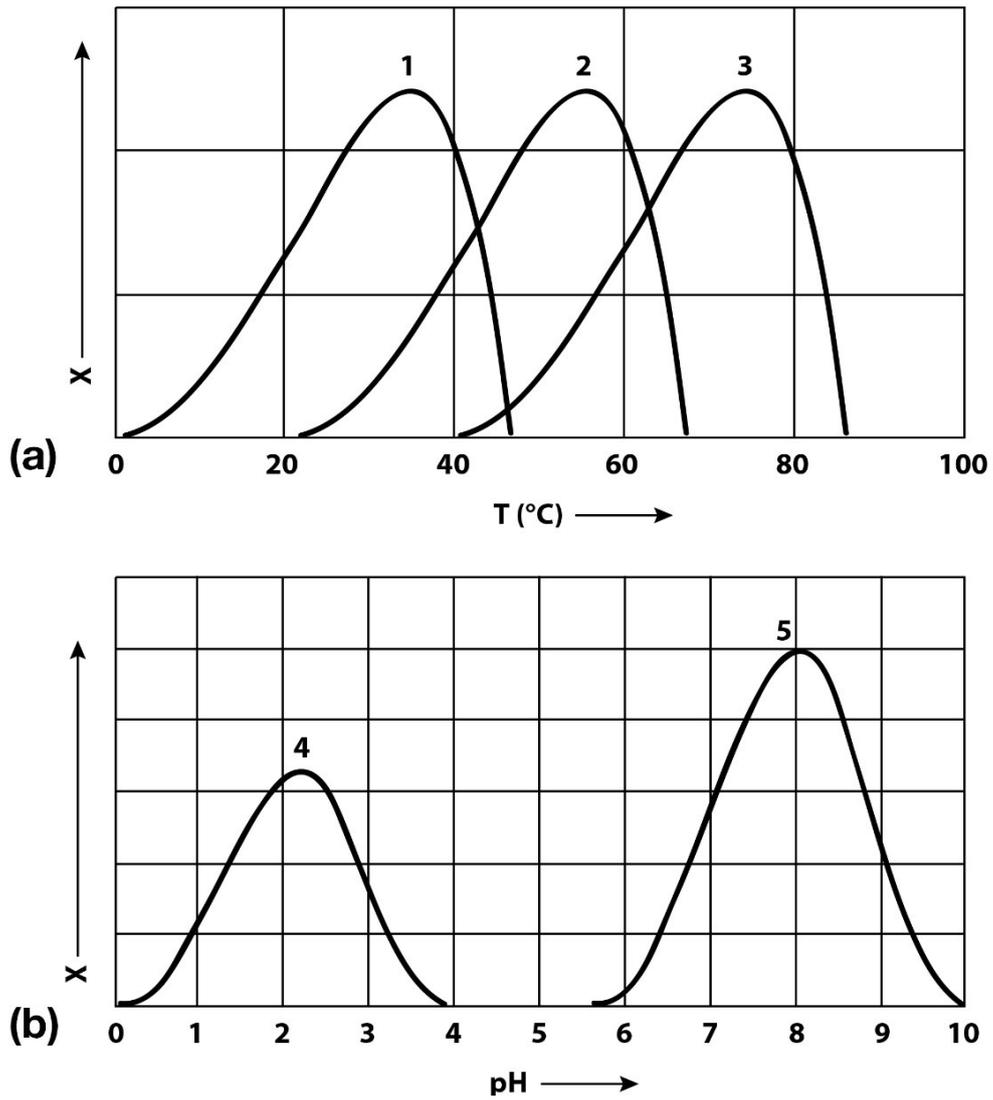


Abbildung 3.7: Aktivität verschiedener Enzymtypen bei unterschiedlichen Temperaturbedingungen (Diagramm (a)) und verschiedenen pH-Werten (Diagramm (b)) (X = Enzymaktivität).

## Appendix A: Messung der Lichtdurchlässigkeit

### Einführung

Lichtdurchlässigkeit ist definiert als das Verhältnis der Intensität zwischen durchgelassenem und einfallendem Licht. Wir messen die Intensität des durchgelassenen Lichts mit einem einfachen Photometer, wie in Abbildung 1.

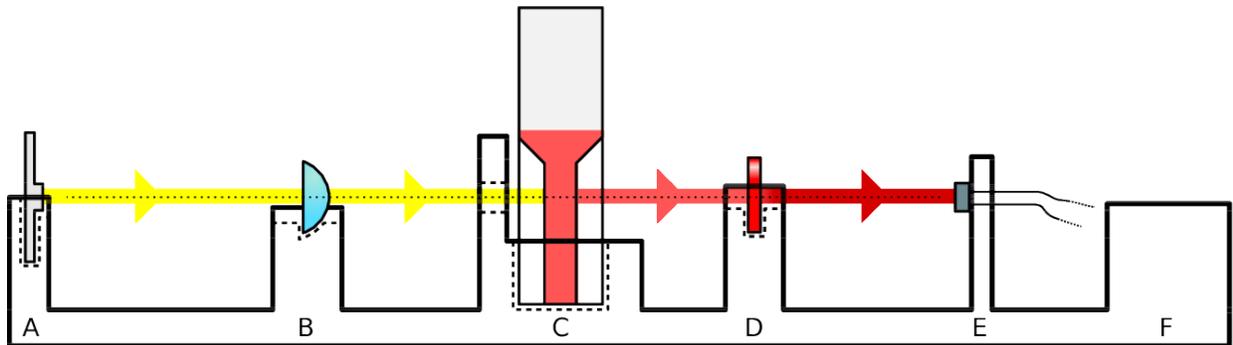


Abbildung 1: Skizze des Photometeraufbaus mit Darstellung des Lichtweges: (A) LED (B) Sammellinse (C) Halter für Küvette (D) Halter für Wellenlängenfilter (E) Photodiode (F) Batteriehalter und Platine mit Schaltung.

Das gesamte Photometer ist gesteuert von einer kleinen Schaltung, die eine 9-Volt-Batterie enthält. Als Lichtquelle wird eine weiße LED (A) verwendet. Das Licht von der LED wird fokussiert durch eine Linse (B) und läuft in einem annähernd parallelen Lichtstrahl weiter. Dieser Strahl geht durch die Küvette mit der Probe (C) und dem Wellenlängenfilter (D), welcher herausgenommen und gewechselt werden kann. Die Filter lassen nur einen Teil des Lichts durch und helfen uns damit die mittlere Intensität über einen Wellenlängenbereich (Farbe) zu messen. Die Intensität (die Menge) des Lichts wird durch eine Photodiode (E) gemessen. Die elektrische Leitfähigkeit der Photodiode ist proportional zur Intensität des einfallenden Lichts. Wir messen die Lichtintensität mit dem Voltmeter, welches an den Widerstand, der in Serie mit der Photodiode geschaltet ist, angeschlossen ist. (Schaltkreis F ist erklärt in Abbildung 2).

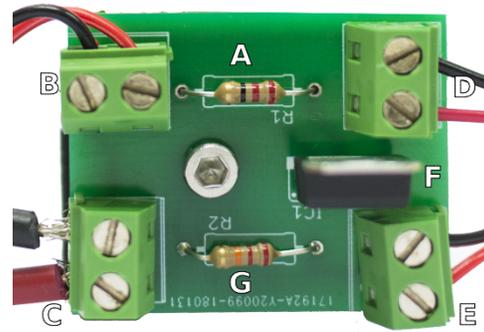
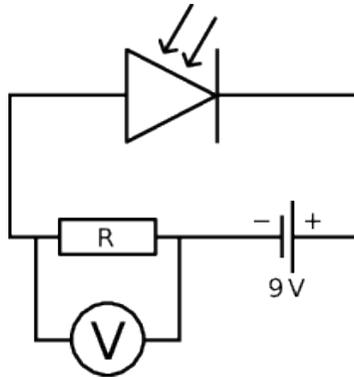


Abbildung 2: *Links*: Schema des elektronischen Schaltkreises um die Lichtintensität zu messen. Die Photodiode (oberhalb) ist verbunden mit der Batterie von 9V über einen Widerstand R (unterhalb). Das Multimeter misst die Spannung am Widerstand.

*Rechts*: Ein Foto des Schaltkreises. A: Widerstand für die Spannungsregelung der LED; B: Drähte zur Versorgung der LED; C: Drähte zur Spannungsmessung (führen zum Voltmeter); D: Drähte, welche die Batterie verbinden; E: Drähte zur Photodiode (Licht Sensor); F: Stromregler für die LED; G: Widerstand R für die Spannungsmessung (siehe linkes Schema).



Abbildung 3: Multimeter zur Messung der Ausgangsspannung.

Auf dem Bild beträgt die Spannung 8.78 V und die Skala von 20V ist eingestellt.

### Verwendung der Filter:

Das Photometer an sich misst die Intensität des gesamten Lichts, das auf den Sensor (Photodiode) fällt. Um die Intensität von unterschiedlichen Teilen des sichtbaren Spektrums zu messen, benutzen wir Filter um die Wellenlängen auszuwählen, welche den Sensor (Photodiode) erreichen. Wellenlängenfilter (Langpass) blockieren das Licht, welches unter der angegebenen Wellenlänge liegt und lassen Licht mit größerer Wellenlänge durch. Um die Lichtintensität im Intervall zwischen 2 Wellenlängen zu messen, ziehen wir die Intensität (Spannung) für den Filter der längeren von der Intensität für den Filter der kürzeren Wellenlänge ab. (Grafische Erklärung siehe Abbildung 4). Indem wir nacheinander verschiedene Filter benutzen, können wir die Zusammensetzung für das gesamte Spektrum erfassen.

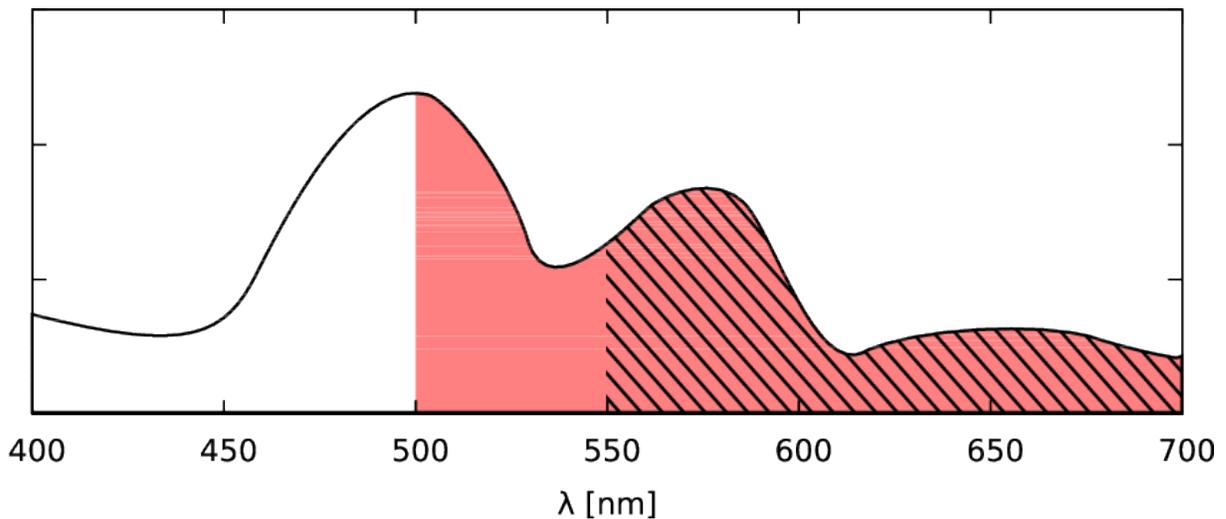


Abbildung 4: Grafische Darstellung der Intensität des Lichts (in beliebiger Einheit) bei unterschiedlichen Wellenlängen. Beispiel: Intensität des Lichts zwischen 500nm und 550nm ist die Differenz der Intensitäten des Lichtanteils über 500nm (rot schattiert) und des Lichtanteils über 550nm (schraffiert). Wellenlängenfilter (Langpass) werden dafür verwendet um Licht über einer gewählten Wellenlänge durchzulassen und den Rest zu blockieren.

### Messungen:

**Öffne die schwarze Box und entnehme die durchsichtige Plastikbox mit den beschrifteten Filtern sowie das Multimeter.**

Um die Spannung zu messen nutze das Multimeter im Voltmeter Modus wie in Abbildung 3 beschrieben und verbinde es mit dem Photometer (rotes Kabel an roten Eingang und schwarz auf schwarz). Es gibt verschiedene Volt-Skalen mit unterschiedlicher Genauigkeit.

**Photometer mit dem roten Druckschalter am Batteriekabel einschalten. Die Leuchtdiode circa 3-5 Minuten eingeschaltet lassen bevor man die ersten Messungen macht. Zwischen den Messungen nicht ausschalten weil die Intensität der LED am Anfang leicht schwankt.**

**Stelle die Skala auf 20 V** (wie in Abbildung 3). Wenn die Spannung unter 2V fällt kann für bessere Genauigkeit die 2000mV Skala eingestellt werden. **Beim Filterwechsel immer auf 20V zurückstellen**, damit die Skala nicht überschritten wird. Falls das Display wegen Überspannung Striche statt Zahlen anzeigt, Skala auf 20 V wechseln und die rote HOLD Taste 5 Sekunden drücken um das Gerät zurückzusetzen.

Bei jeder Messung eine **verschlossene** Kuvette mit der Probe in den vorgesehen Halter einfügen.

**Beim Experiment 2 hat die Kuvette eine Einengung und wird mit der breiten, matteren Seite zur Lichtquelle gedreht (siehe Abbildung 1).**

**Beim Experiment 3 hat die Kuvette keine Einengung und wird mit der transparenten Seite zur Lichtquelle gedreht.**

**Verwende die beigelegten Laborhandschuhe** um die Filter auszupacken und einzusetzen, da Fingerabdrücke und Kratzer das optische Verhalten zerstören können. Wenn die Drähte zum Schalter nahe am Lichtstrahl sind, schiebe den Schalter weg, um eine Beeinflussung der Messung zu vermeiden. Das Photometer ist in eine schwarze Box eingeschlossen, welche den Photosensor vor externen Licht abschirmt. **Schließe den Deckel und warte einige Augenblicke** damit die Spannung einen stabilen Wert annimmt, bevor die Messung notiert wird.

**Nach Abschluss all deiner Messungen, schalte das Photometer wieder am roten Druckschalter aus.**

**Trenne das Multimeter und drehe die Skaleneinstellung auf OFF.**

**Gib die Filter immer mit dem Schutzbeutel in die in die entsprechende Plastikhülle.**

**(Zur Kontrolle: die Wellenlänge steht sehr klein auf dem Glasrand des Filters).**



# AUFGABE B

## Aufgabe B: Privater Weingarten

In Slowenien gibt es einige sehr gute und ziemlich große Winzer. Jedoch haben die Slowenen im ländlichen Raum auch oft selbst einen kleinen Weingarten, den sie bewirtschaften. Die Traubenlese findet dann in familiärer Atmosphäre statt, wo Freunde und Bekannte mithelfen. Traditionell wird die Traubenlese dann mit einem großen Fest abgeschlossen, wo es dann reichlich zu essen und selbstverständlich auch Wein zum Verkosten gibt.

Nina und Martin waren von ihrem Trip in die Weinberge Sloweniens fasziniert und beschlossen ihren eigenen Wein herzustellen. Jedoch gehört hierzu nicht nur die Trauben anzubauen und die Früchte zu ernten. Die Arbeit im Weinberg ist eine Ganzjahres Beschäftigung. Sie müssen das Heranreifen der Früchte und eventuelle Schädlinge im Auge behalten, die Gärung überwachen, so wie die Qualität des Weines bestimmen.

Euer Team soll Nina und Martin bei dieser Arbeit im Weinberg unterstützen.



## Experiment 4: Kleine fliegende Lebewesen

### Einleitung

Bei ihrem letzten Besuch in Ivans Weinberg bemerkten Nina und Martin, dass viele Weintrauben einer bestimmten Sorte braun verfärbt waren. Sie beobachteten ebenfalls kleine Tierchen, welche auf den Trauben herumkrochen oder flogen. Nach einigen Überlegungen kamen sie zum Schluss, dass diese Tiere verantwortlich sein könnten für die braune Verfärbung der Trauben.

Daraufhin fingen Nina und Martin einige dieser Tierchen ein, beschrifteten die Behälter und froren sie im Tiefkühler ein. Unglücklicherweise befanden sich im Tiefkühler schon Gefäße mit Lebewesen, die von einer anderen Studie stammten. Was das Ganze noch verschlimmerte, sie hatten vergessen aufzuschreiben, welche Organismen sie in welches Gefäß eingefüllt hatten.

### Material und Equipment

- Stereomikroskop
- Röhren mit verschiedenen Tieren, 14 Stück (10 + 4 erhält ihr später)
- 1 Reagenzglasständer
- 3 Pinzetten
- 5 Petrischalen
- 2 Präpariernadeln
- 10 Pasteur-Pipetten
- Bestimmungsschlüssel (Appendix B)
- Wasserfester Stift und Farbstifte
- Millimeterpapier oder Lineal (zum Vermessen der Tiere)

### 4.1 Identifizierung der Lebewesen

Helft Nina und Martin beim Bestimmen der Lebewesen.

#### Frage 4.1.1a

Mit Hilfe des Bestimmungsschlüssels könnt ihr nun die Lebewesen bestimmen, die in den 10 Röhren enthalten sind (beschriftet mit 1 bis 10). Zur Bestimmung unter dem Stereomikroskop, könnt ihr die Tiere aus den Röhren entnehmen und in eine Petrischale überführen.

- ❖ **Tragt den lateinischen Namen der Tiere in die zweite Spalte der Tabelle 4.1.1. im Antwortbogen ein.**

**Frage 4.1.1b**

Zu welcher Gruppe von Gliederfüßern (Arthropoden) gehören diese Tiere?

- A Spinnentiere
- B Hundertfüßer
- C Krebstiere
- D Insekten

❖ **Trage den entsprechenden Buchstaben (A-D) in die dritte Spalte der Tabelle 4.1.1 im Antwortbogen ein.**

**Frage 4.1.2**

Trotz eurer Hilfe, wissen Nina und Martin noch immer nicht, wie die fliegenden Tiere aussehen, die sie im Weingarten gefunden haben. Deshalb haben sie bei Ivan um eine weitere Probe angefragt. Diese Probe ist mit X beschriftet.

**Besorgt euch eine weitere Probe beim Laborassistenten  
(mit X beschriftet!)**

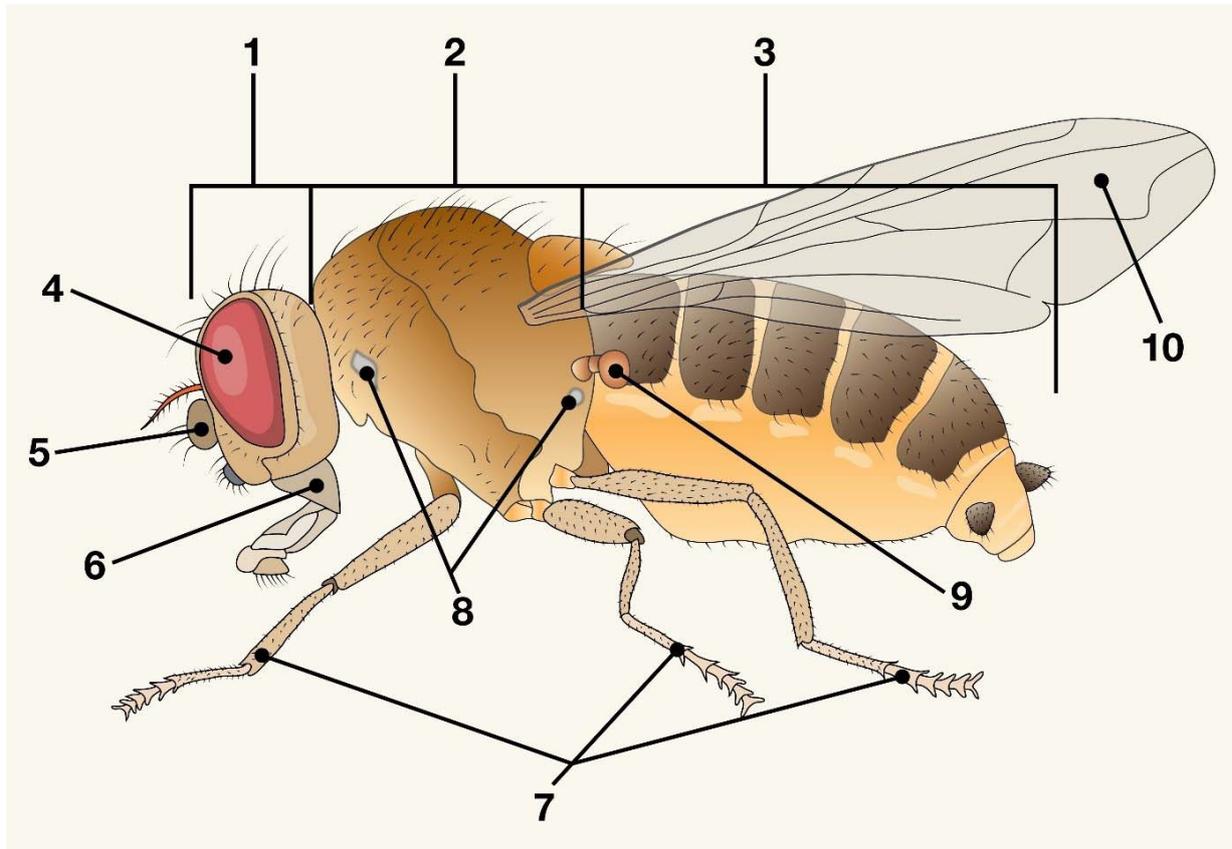
Bestimmt die Tiere im Röhrchen X mit Hilfe des Bestimmungsschlüssels (Appendix B) und schreibt die lateinischen Namen der Spezies in den Antwortbogen.

**Zur genauen Bestimmung der Art, könnt ihr den Hinterleib der Weibchen leicht mit der Präpariernadel zusammendrücken, um das Ovipositor (Legeröhre) zu sehen (Wenn nötig. Es kann auch ohne Drücken zu sehen sein!). Wenn ihr versehentlich das Tier zerstört, könnt ihr ein weiteres Exemplar ohne Punkteabzug erhalten.**

❖ **Tragt einen oder mehrere lateinische Namen unter 4.1.2 im Antwortbogen ein.**

### Frage 4.1.3

Für Wissenschaftler ist es sehr wichtig, genau zu beobachten, sauberlich zu zeichnen und die Zeichnung ordentlich zu beschriften. Mit Hilfe des Bestimmungsschlüssels könnt ihr herausfinden, welche der Tiere an den Lebensraum Weinberg oder Obstgarten angepasst sind, und sich vorwiegend von Obst ernähren. Auf der im Folgenden angeführten Zeichnung ist ein Organismus abgebildet, den ihr im Röhrchen X gefunden habt. Die einzelnen Körperteile sind mit Zahlen beschriftet. Ordnet die Zahlen den Körperteilen in Tabelle 4.1.3 zu. Aufgepasst! In der Tabelle sind mehr Körperteile aufgelistet, als Zahlen auf der Zeichnung.



❖ Schreibt die Nummern der Körperteile in die Tabelle 4.1.3 im Antwortbogen. Schreibt NA für Begriffe, die nicht in der Abbildung mit einer Nummer markiert sind.

#### Frage 4.1.4

Bis vor kurzem war in Slowenien nur die Existenz der aus Afrika stammenden schwarz-bauchigen Fruchtfliege (*Drosophila melanogaster*) bekannt. 2010 wurde erstmals die sogenannte Kirschessigfliege (*Drosophila suzukii*) in der Primorska-Region (die slowenische Küstenregion) und im Zentrum von Slowenien entdeckt. Die Kirschessigfliege (*Drosophila suzukii*) ist eine der invasivsten Spezies, die jemals aus Asien eingeschleppt wurde. Beide Taufliiegen-Spezies erkennen Nahrung und geeignete Plätze zur Eiablage vor allem mit ihrem Geruchssinn. Sie erkennen die Gerüche von Substanzen, die während dem Gärungsprozess freigesetzt werden. Unten findet ihr Aussagen über beide Taufliiegen-Arten. Um die Aufgabe zu bearbeiten, solltet ihr den Bestimmungsschlüssel benutzen und erneut die Organismen in den Gefäßen betrachten.

Findet die korrekten Aussagen (mehrere korrekte Aussagen möglich):

- A Die Kirschessigfliege (*Drosophila suzukii*) ernährt sich von Hefe in vergärendem Obst. Nur wenn die Traubenschale durch Wettereinflüsse oder andere Organismen (z.B. Wespen, die mit ihren starken Mandibeln durch die Traubenschale beißen können) beschädigt ist, kann eine erwachsene Kirschessigfliege die Hefe aus der Traube konsumieren und ihre Eier in die Traube legen.
- B Die schwarz-bauchige Fruchtfliege (*Drosophila melanogaster*) ernährt sich von Hefe in vergärendem Obst. Nur wenn die Traubenschale durch Wettereinflüsse oder andere Organismen (z.B. Wespen, die mit ihren starken Mandibeln durch die Traubenschale beißen können) beschädigt ist, kann eine erwachsene schwarz-bauchige Fruchtfliege die Hefe aus der Traube konsumieren und ihre Eier in die Traube legen.
- C Die Kirschessigfliege (*Drosophila suzukii*) legt ihre Eier in gesunde und reife Früchte wie Trauben, Feigen, Erdbeeren, Himbeeren, Blaubeeren, Kirschen, Aprikosen und Pfirsiche, weil sie einen speziell angepassten Eiablageapparat besitzt.
- D Die schwarz-bauchige Fruchtfliege (*Drosophila melanogaster*) legt ihre Eier in gesunde und reife Früchte wie Trauben, Feigen, Erdbeeren, Himbeeren, Blaubeeren, Kirschen, Aprikosen und Pfirsiche, weil sie einen speziell angepassten Eiablageapparat besitzt.

❖ **Schreibt einen oder mehrere korrekte Buchstaben unter Frage 4.1.4 in den Antwortbogen.**

### Frage 4.1.5

Ivan hat mit vier anderen Weinbauern über das Problem gesprochen. Sie sind besorgt, eventuell auch in ihren Weinbergen die Kirschessigfliege (*Drosophila suzukii*) gesichtet zu haben, die die Früchte schädigt. Fallen werden benutzt, um die Taufliegen-Population zu verkleinern und die Anwesenheit verschiedener Taufliegen-Arten in den Bio-Weinbergen zu bestimmen. Für diesen Zweck benutzen die Weinbauern unterschiedlich geformte und gefärbte Gefäße mit einer Öffnung auf der Oberseite. Die Öffnung muss 5-6 mm breit sein, sodass große Organismen (z.B. Wespen, Fliegen, Hornissen) nicht in die Falle gelangen können. Helft den Weinbauern und berätet sie, welche der folgenden Substanzen die Taufliegen in die Falle locken (mehrere korrekte Antworten möglich):

- A Eine Mischung aus Apfelessig und Rotwein
- B Wasser
- C Olivenöl
- D Verdünnte Salzsäure
- E Apfelessig
- F Eine Glucoselösung
- G Hefe-Suspension
- H Ätherisches Pfefferminz-Öl
- I Insektizide

❖ **Tragt die ausgewählten Buchstaben unter Frage 4.1.5 in den Antwortbogen ein.**

### Frage 4.1.6

Forscher schlagen vor, in die Falle einen Tropfen Detergens, zu der die Taufliegen anziehenden Substanz, hinzuzugeben. Könnt ihr den Weinbauern die dazugehörige Erklärung liefern? (nur eine Antwort möglich)

- A Wir fügen ein Detergens hinzu, damit die Fliegen sauber sind, wenn wir sie mit der Pinzette aus der anziehenden Substanz hinausnehmen.
- B Wir fügen ein Detergens hinzu, um die Oberflächenspannung zu erhöhen, sodass die Fliegen einfach auf der Lösungsoberfläche schwimmen.
- C Wir fügen ein Detergens hinzu, dass die Bildung von Schaumblasen auf der Oberfläche der anziehenden Lösung fördert. Dies hindert die Fliegen daran, aus der Falle zu fliehen.
- D Das Detergens wird hinzugefügt, um die Struktur der Wassermoleküle zu verändern. Als Folge sinken die Fliegen auf den Boden der Falle.
- E Das Detergens wird hinzugegeben, um die Oberflächenspannung der Lösung zu vermindern. Das führt dazu, dass die Körper der Fliegen nass werden und dadurch auf den Boden der Falle sinken.
- F Das Detergens wird hinzugegeben, um die Oberflächenspannung der Lösung zu erhöhen. Die Fliegen sinken als Konsequenz auf den Boden der Falle.
- G Das Detergens wird hinzugegeben, um die Menge an Wassermoleküle in der Lösung zu vermindern, die die Fliegen anlocken, damit diese dann leicht auf der Oberfläche treiben.

- ❖ **Trage den korrekten Buchstaben (A-G) unter der Frage 4.1.6 im Antwortbogen ein.**

#### Frage 4.1.7

Ivan's Freund hat ein geeignetes Lockmittel für die Fallen ausgewählt und einige Fruchtfliegen in seinem eigenen Weingarten gefangen. Nina und Martin haben in ihrem kleinen Weingarten auch Fallen aufgestellt. Sie haben die Proben anschließend gereinigt und für weitere Analysen vorbereitet.

Eure Aufgabe ist es, das Vorhandensein der gewöhnlichen Fruchtfliege (*Drosophila melanogaster*) und/oder der Kirschessigfliege (*Drosophila suzukii*) in drei erhaltenen Proben zu bestätigen. Bestätigt das Vorhandensein der Spezies mit **X** in der Tabelle 4.1.7 des Antwortbogens.

**Fragt den Laborbetreuer um eine Probe!**

**Zur Bestätigung der Spezies, verwendet eine Präpariernadel und drückt damit ganz leicht auf das Abdomen des Weibchens.**

- ❖ **Tragt die Antworten in Tabelle 4.1.7 im Antwortbogen ein.**

#### Frage 4.1.8

Wenn man das Röhrchen mit den Fruchtfliegen ganz genau betrachtet, werdet ihr feststellen, dass einige Tiere weiße und andere rote Augen aufweisen. Wie ist das möglich? Vor mehr als 100 Jahren, hat die Wiederentdeckung der Mendel'schen Vererbungsregeln, Thomas Hunt Morgan zur Durchführung von genetischen Experimenten inspiriert. Um 1909 hat Morgan seine Forschungen an der Fruchtfliege (*Drosophila melanogaster*), die rote Augen aufwies, begonnen. Nach einem Jahr entdeckte er eine männliche Fliege mit weißen Augen unter den anderen Fruchtfliegen in seinem Labor. Seither führte er eine Reihe von genetischen Kreuzungen durch, die das Vorhandensein der Augenfarben-spezifischen Gene (Allele) nur am X-Chromosom zeigten – das Merkmal Augenfarbe ist also X-linked (X-verknüpft).

Nach 1900 wurden Fruchtfliegen erstmals im Labor als Modellorganismen für die Genetik verwendet. Fruchtfliegen sind auf reifen Früchten leicht zu finden, leicht zu kultivieren und zu kreuzen, sie haben eine kurze Generationszeit und eine große Anzahl an Nachkommen. Das Genom ist relativ klein, bestehend aus 4 Paar Chromosomen, davon 3 Paar Autosomen und 1 Paar Geschlechtschromosomen. Männchen und Weibchen können leicht voneinander unterschieden werden, das Geschlecht wird durch X- und Y-Chromosomen, wie beim Menschen, bestimmt, der zugrunde liegende Mechanismus ist aber anders.

Während beim Menschen das Vorhandensein einer Genregion (SRY) auf dem Y-Chromosom das männliche Geschlecht bestimmt, ist es in Fruchtfliegen anders: das Geschlecht wird durch das Verhältnis X:A bestimmt, das ist die Anzahl der X-Chromosomen dividiert durch die Anzahl der haploiden Sets von Autosomen. Im Normalfall ist das Verhältnis **1** für **Weibchen** (2 X-Chromosomen (XX): 2 (2 haploide Sets von Autosomen)) und für **0,5** für **Männchen** (ein X-Chromosom und ein Y-Chromosom, (XY): 2). Geschlechtschromosomen rekombinieren nicht.

Ihr müsst zwei Kreuzungen lösen und den Anteil an Männchen mit roten Augen, Männchen mit weißen Augen, Weibchen mit roten Augen und Weibchen mit weißen Augen bestimmen:

- Setzt den entsprechenden Genotyp in die vorgegebenen Kästchen ein
- Kennzeichnet die entsprechenden Gameten in den Kreisen
- Kreist das entsprechende Geschlecht der Fruchtfliege (*Drosophila melanogaster*) im Rechteck ein.
- Färbt die Augen der Fruchtfliege (*Drosophila melanogaster*) entsprechend: wenn die Augen **weiß** sind, dann **kreist** sie mit einem **blauen Stift** ein; wenn sie **rot** sind, dann beschriftet ihr sie mit einem **roten Stift**.

In der ersten Kreuzung (linke Spalte am Schema 4.1.8), wurde eine Kreuzung eines Weibchens mit roten Augen ( $X^+ X^+$ ) und eines Männchens mit weißen Augen ( $X^w Y$ ) in der Elterngeneration (P) durchgeführt.

- Schreibt den Genotyp und den Phänotyp der resultierenden F<sub>1</sub> und F<sub>2</sub> Nachkommen an.

In der zweiten Kreuzung (rechte Spalte am Schema 4.1.8), habt ihr eine umgekehrte Kreuzung zwischen einem Weibchen mit weißen Augen ( $X^w X^w$ ) und einem Männchen mit roten Augen ( $X^+ Y$ ) in der Elterngeneration (P) durchgeführt.

- Schreibt den Genotyp und den Phänotyp der resultierenden F<sub>1</sub> und F<sub>2</sub> Nachkommen an.

**Wenn ein Schüler einer Gruppe Farbenblind ist, bittet ein Gruppenmitglied um Hilfe.**

- ❖ **Vervollständigt das Schema 4.1.8, das als Extrablatt im Kuvert zu finden ist, und fügt dieses dem Antwortbogen bei.**

#### Frage 4.1.8a

Berechnet die **Prozentsätze der Fliegen** mit den angeführten Phänotypen der zweiten Generation (F<sub>2</sub>) für das linke Schema (1. Kreuzung) und das rechte Schema (2. Kreuzung).

- ❖ **Vervollständigt die Tabelle 4.1.8a am Antwortbogen.**

#### Frage 4.1.8b

Welches der Allele ist dominant, welches rezessiv? Markiert am Antwortbogen das **dominante** Allel mit dem Buchstaben **D** und das **rezessive** Allel mit dem Buchstaben **R**.

- ❖ **Tragt D und R bei Frage 4.1.8b im Antwortbogen ein.**

**Frage 4.1.8c**

In einer Fruchtfliege wurde eine Mutation in der Anzahl der Chromosomen entdeckt. Die Wissenschaftler haben herausgefunden, dass das untersuchte Exemplar zwei X-Chromosomen und zwei Y-Chromosomen sowie zwei haploide Sätze an Autosomen besitzt. Bestimmt den sexuellen Phänotyp des Fruchtfliegen-Exemplars (es ist nur eine Antwort korrekt!)

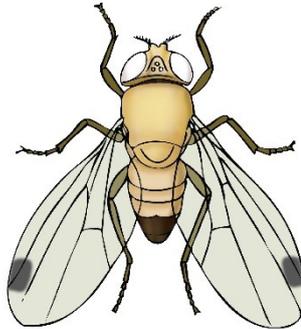
- A Weiblich
- B Männlich
- C Der korrekte sexuelle Phänotyp kann nicht bestimmt werden.

❖ **Schreibt den entsprechenden Buchstaben bei Frage 4.1.8d in den Antwortbogen.**

**Frage 4.1.9**

Die folgende Abbildung stellt ein Exemplar einer Fruchtfliege dar. Findet heraus, welche Genotypen die Eltern des dargestellten Exemplars entsprechenden könnten (es sind mehrere richtige Antworten möglich!)

- A  $X^+ X^w$  und  $X^+ Y$
- B  $X^+ X^+$  und  $X^+ Y$
- C  $X^w X^w$  und  $X^+ Y$
- D  $X^+ X^w$  und  $X^w Y$
- E  $X^+ X^+$  und  $X^w Y$
- F  $X^w X^w$  und  $X^w Y$



❖ **Tragt die entsprechenden Buchstaben bei Frage 4.1.9 im Antwortbogen ein.**

**Frage 4.1.10**

Eine unbekannte Mutation (m) hat sich in einer Fruchtfliegenpopulation im Labor ereignet. Die Population bestand aus 102 Weibchen und 50 Männchen von Fruchtfliegen ohne Mutation sowie 0 Weibchen und 48 Männchen mit einer Mutation. Identifiziert den Genotyp der Elterntiere und tragt die entsprechende Bezeichnung (entweder + für **nicht mutiertes/Wildtyp** und m für **mutiertes Allel**) in der Tabelle 4.1.10 im Antwortbogen ein.

❖ **Vervollständigt die Tabelle 4.1.10 am Antwortbogen.**



## Experiment 5: Süße und Säuregehalt

### Einführung

Um Qualitätswein mit dem gewünschten Geschmack zu machen, müssen der Zuckergehalt und der Säuregehalt gut ausbalanciert sein. Der Gehalt an Restzucker gibt dem Wein einen süßen Geschmack, aber der Säuregehalt kann den süßen Geschmack maskieren und den Geschmackseindruck eher „trocken“ wirken lassen. Aber der Restzucker und die enthaltenen Säuren sind zueinander umgekehrt proportional. Im Allgemeinen gilt, dass im Laufe des Reifeprozesses der Trauben der Zuckergehalt zunimmt und der Säuregehalt abnimmt. In warmem und sonnigem Wetter läuft der Reifungsprozess schneller ab. Daher muss der Winzer jeweils den richtigen Zeitpunkt wählen, um an einem bestimmten Platz im Weingarten den erwünschten Geschmack zu erzielen.

Helft Nina und Martin bei der Messung des Säuregehalts im Wein.

### Material und Ausstattung:

#### Am Arbeitsplatz (lass die Geräte für das nächste Team stehen)

- Laborstativ (oder Gestell) mit Klemme und Klemmenhalter, 2 Stück
- pH-Meter in Aufbewahrungslösung (ist bereits am Stativ befestigt), 1 Stück
- Bürette, 25 mL (ist bereits am Stativ befestigt), 1 Stück
- Magnetrührer, 1 Stück
- Deionisiertes Wasser in einer 500mL Waschflasche, 1 Stück (kann ohne Punkteabzug nachgefüllt werden) – (wird für die Experimente 6 und 7 benötigt)
- 400 mL Kunststoffbecher für Abfälle, 1 Stück (wird für die Experimente 6 und 7 benötigt)
- 250mL Becher zum Halten des Reagenzglases mit der Aufbewahrungslösung des pH-Meters, 1 Stück

#### In einer Box am Arbeitsplatz

- Kleiner Schraubendreher für die Kalibrierung des pH-Meters, 1 Stück
- Magnet zum Einfangen des Rührfisches, 1 Stück
- 100mL Becher, graduiert, 100 mL, mit Rührfisch für den Magnetrührer, 1 Stück
- Pipetten 20 mL, 2 Stück
- Pipettierhilfe, 1 Stück
- Pufferlösungen pH 4.00, 7.00, 9.00 und 10.00 (20 °C) in Plastikfläschchen, jeweils 1 Stück
- 0.1000 M Salzsäurelösung (HCl) in 125 mL Plastikfläschchen, 1 Stück
- 0.1 M Natriumhydroxid (NaOH) in 500 mL Plastikflasche, 1 Stück
- Weinprobe in 125 mL Plastikfläschchen, bezeichnet als „Sample T“, 1 Stück
- Papiertücher (14×14 cm), 20 Stück (kann ohne Punkteabzug nachgefüllt werden)

Falls ihr Chemikalien verschüttet oder ein Glasgerät zerbricht, kannst du beim Laborbetreuer Ersatz anfordern. Wenn in der Liste nicht anders angegeben, kostet das 5 Punkte.

## Bestimmung der titrierbaren Säure in Wein durch potentiometrische Titration

Titrierbare Säure (TA) im Wein ist ein Maß für den Gehalt an organischen Säuren. Die Hauptbestandteile des Säuregehalts sind Weinsäure, Malonsäure und Zitronensäure, wobei die Weinsäure und die Malonsäure über 90% davon ausmachen. Die tatsächliche Zusammensetzung des Säuregehalts wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst (z.B.: Boden, Klima, Kelterung). Sie beeinflusst wiederum den Geschmack, die Farbe, die Haltbarkeit und den pH-Wert des Weines. Wegen all dieser komplizierten Wechselwirkungen gibt es keine einfache Beziehung. TA kann als Gehalt an Weinsäure in Gramm pro Liter der Probe ausgedrückt werden. Dabei ist es wichtig, dass Kohlenstoffdioxid ( $\text{CO}_2$ ) vorher entfernt wird, weil es den Messwert beeinflusst.

TA wird normalerweise festgestellt, indem die Probe mit einer starken Lauge (normalerweise Natriumhydroxid) auf einen bestimmten pH-Wert (üblicherweise  $\text{pH}=8,20$ ) titriert wird.

In diesem Fall allerdings wird nicht auf einen bestimmten pH-Wert titriert, sondern es wird der Äquivalenzpunkt (Endpunkt) experimentell bestimmt, indem der pH-Wert der Lösung nach jeder Zugabe von NaOH-Lösung gemessen wird. Das ergibt dann eine Titrationskurve in einem Diagramm (pH-Wert gegen Volumen der zugegebenen NaOH-Lösung). Aus dieser Kurve könnt ihr den Wendepunkt berechnen und daraus schließlich TA.

### 5.1 Kalibrierung des pH-Meters

Bevor ihr das pH-Meter (Abb. 5.1) benutzen könnt, müsst ihr es mithilfe von zwei Standardpufferlösungen ( $\text{pH}=7,00$  und  $\text{pH}=10,00$ ) kalibrieren. Die Genauigkeit dieser Kalibrierung müsst ihr anschließend feststellen, indem der pH-Wert einer dritten Standardpufferlösung gemessen wird ( $\text{pH}=9,00$ ).

Nehmt die Elektrode aus der Aufbewahrungslösung und bewahrt das Reagenzglas in dem dafür gekennzeichneten Becher neben dem Magnetrührer auf.

Spült die Elektrode mit deionisiertem Wasser und tupft sie vorsichtig mit einem Papiertuch trocken. Nicht abwischen!

Schaltet das pH-Meter ein.

Taucht die Spitze der Elektrode mindestens 1cm tief in die Standardpufferlösung ( $\text{pH}=7,00$ ) und wartet bis sich die Anzeige stabilisiert hat (auf $\pm 0,02$ ). Benützt dann den Schraubendreher, um den pH7-Trimmer (oben am pH-Meter) zu drehen, bis die Anzeige „7,00“ anzeigt.

Spült die Elektrode mit deionisiertem Wasser trocken und tupft sie mit dem Papiertuch (siehe oben). Taucht die Elektrodenspitze mindestens 1cm tief in die Standardpufferlösung  $\text{pH}=10,00$  und wartet bis sich die Anzeige stabilisiert hat (auf $\pm 0,02$ ). Stellt mit dem Schraubendreher den pH4/10-Trimmer nach bis die Anzeige „10,00“ anzeigt.

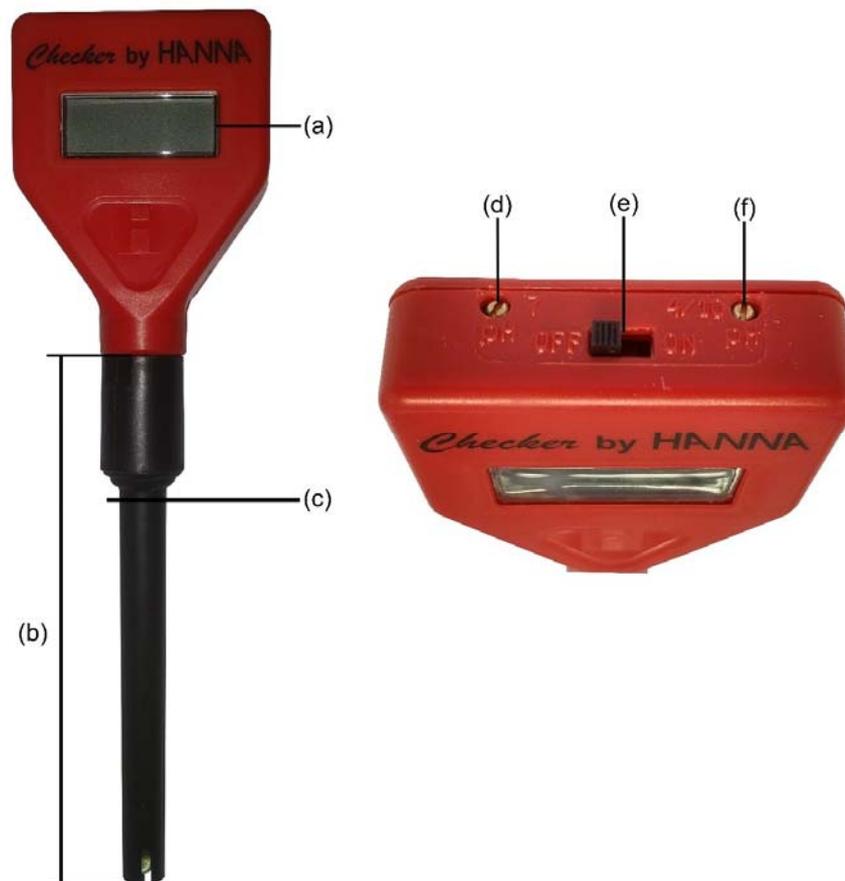


Abbildung 5.1: pH-Meter Hanna Checker®: (a) Anzeige, (b) pH-Sonde, (c) größte Eintauchtiefe, (d) pH7-Trimmer, (e) ON/OFF Schalter, (f) pH4/10-Trimmer.

### Frage 5.1.1

Überprüft die Kalibrierung, indem ihr den pH-Wert der Standardpufferlösung (pH=9,00) messt. Wiederholt also die Vorgangsweise (siehe oben), verwendet aber keinen Schraubendreher. Schreibt den gemessenen pH-Wert in den Antwortbogen und berechnet den relativen Fehler in Prozent (%). Der Laborbetreuer muss mit seiner Unterschrift eure Messung bestätigen.

❖ **Schreibt die Werte zu Frage 5.1.1 in den Antwortbogen.**

Spült die Elektrode mit deionisiertem Wasser und trocknet sie vorsichtig mit dem Papiertuch. Das pH-Meter ist jetzt bereit für die Messung.

## 5.2 Standardisierung der 0.1M NaOH-Lösung

Um die TA in den Weinproben bestimmen zu können, müsst ihr zunächst die exakte Konzentration der 0,1 M NaOH-Lösung bestimmen (auch Standardisierung der Maßlösung genannt). Ihr werdet die exakte Konzentration der 0,1 M NaOH-Lösung bestimmen, indem ihr sie zweimal mit einer HCl-Lösung bekannter Konzentration titriert und den Mittelwert daraus bestimmt.

Benutzt das 400 mL Becherglas als Abfall-Gefäß. Sollte das Becherglas voll sein, gebt dem Laborbetreuer Bescheid.

**Hinweis:** Ihr werdet eine Schellbach-Bürette nutzen, bei der eine zusätzliche dünne, blaue Linie auf die Rückseite der Bürette graviert ist, um das Ablesen zu erleichtern. Die Brechung des Lichts erzeugt dann zwei Pfeile am Meniskus (siehe Abb. 5.3). Der Ablesepunkt befindet sich dann genau da, wo sich die beiden Pfeile treffen. In Abb. 5.3 ist der abzulesende Punkt beispielsweise 15,25 mL.

Spült die Bürette mindestens einmal mit der 0.1 M NaOH. Je nach Bedarf könnt ihr sie dafür im Stativ herunterfahren oder aus dem Stativ nehmen. Füllt die Bürette anschließend bis über die 0,00 mL Markierung und befestigt sie wieder in der Halterung am Stativ. Lasst überschüssige Flüssigkeit (in das 400 mL Becherglas, das als Abfall-Gefäß benutzt wird) aus der Bürette laufen, sodass die Bürette genau bis zur 0,00 mL Markierung gefüllt ist.

**Hinweis:** Achtet darauf, dass sich keine Luftblasen im Ventil der Bürette befinden.

Nutzt den Peleusball (Abb. 5.2) und die 20,0 mL Pipette, um 20,0 mL der 0,1000M HCl-Lösung in das 100 mL Becherglas mit dem Magnetkern zu überführen.

**Sicherheitsanweisungen für das Pipettieren:**

- Pipettieren mit dem Mund ist verboten!
- Befestigt das obere Ende der Pipette im unteren des Peleusballs vorsicht, damit die Glaspipette nicht kaputt geht.
- Lasst nicht zu, dass Flüssigkeit in den Peleusball gelangt.

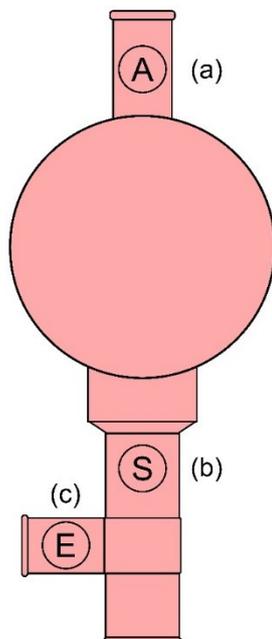


Abbildung 5.2: Peleusball: (a) Luftventil (*Air valve*, lässt Luft aus dem Peleusball strömen), (b) Saugventil (*Suction valve*, saugt Flüssigkeit in die Pipette), (c) Auslaufventil (*Empty valve*, lässt Flüssigkeit aus der Pipette laufen).

Gebt deionisiertes Wasser in das 100 mL Becherglas, sodass das Gesamtvolumen etwa 40 mL beträgt.

Platziert das Becherglas auf dem Magnetrührer and schaltet die Rührer auf eine moderate Rührgeschwindigkeit.

**Schaltet KEINESFALLS die Heizplatte des Magnetrührers ein! Alle Titrations müssen bei Raumtemperatur erfolgen.**

Führt die Elektrode in die Flüssigkeit. Die Spitze der Elektrode sollte dabei vollständig innerhalb der Flüssigkeit sein, aber über dem Magnetrührkern. Gebt gegebenenfalls zusätzliches deionisiertes Wasser hinzu.

**Der Rührkern darf beim Rühren nicht gegen die Elektrodenspitze schlagen.**

Platziert die Bürettenspitze 2 cm unter dem oberen Rand des Becherglases mit der HCl-Lösung (aber nicht in der Flüssigkeit!). Schaut euch Abb. 5.3 für ein Schema des Versuchsaufbaus an.

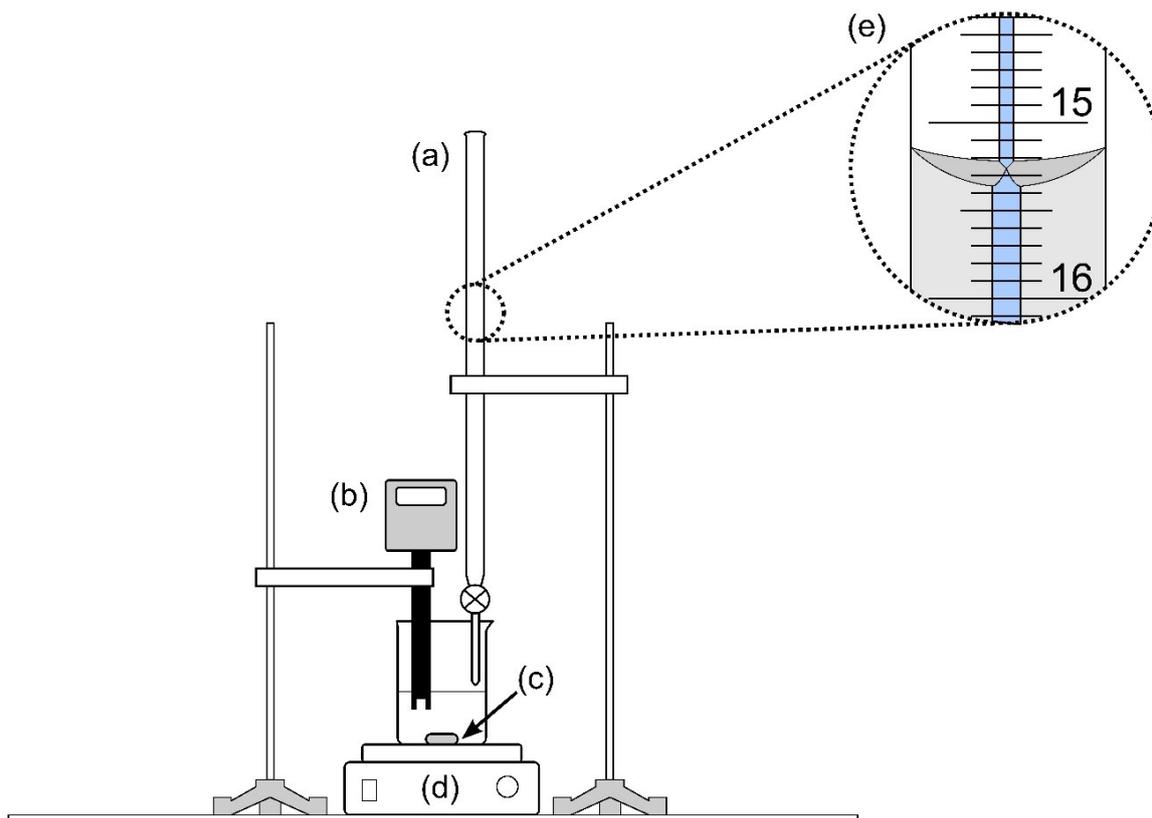


Abbildung 5.3: Versuchsaufbau für die Titration: (a) 25 mL Bürette (0,1 M NaOH), (b) pH-Meter, (c) Rührkern, (d) Magnetrüher, (e) Erscheinungsbild des Meniskus bei am Schellbach-Streifen.

### Aufgabe 5.2.1a

Notiert den pH-Wert, der sich bei jeder entsprechenden Zugabe der 0,1M NaOH-Lösung einstellt, im Antwortbogen. Ihr müsst dabei den angegebenen Zugabe-Volumina in Tabelle 5.2.1a im Antwortbogen folgen.

❖ **Notiert eure Messergebnisse in Tabelle 5.2.1a im Antwortbogen.**

#### Wichtige Hinweise für die Titration:

- Ihr solltet den pH-Wert etwa 1-3 Sekunden nach jedem Zugabeschritt notieren, außer ihr befindet euch in der Nähe des Endpunktes. Hier solltet ihr den pH-Wert notieren, wenn er sich stabilisiert hat (zu  $\pm 0.05$ ).
- Kein Tropfen der NaOH-Lösung sollte nach einer Zugabe an der Wand des Becherglases verbleiben. Dies könnte eine Fehlerquelle sein.

### Aufgabe 5.2.1b

Wiederholt die Titration mit weiteren 20 mL der 0,1000 M HCl-Lösung im selben, gespülten Becherglas und tragt eure Ergebnisse in Tabelle 5.2.1b im Antwortbogen ein.

❖ **Notiert eure Messergebnisse in Tabelle 5.2.1b im Antwortbogen.**

Die zugegebenen Volumina müssen dieselben sein, wie bei der ersten Titration.

**Hinweis:** Für die neue Titration muss das Becherglas nicht notwendigerweise trocken sein, es muss allerdings mit deionisiertem Wasser gespült werden. Vermeidet eine Verschleppung durch den Rührkern, indem ihr ihn während des Spülens im Becherglas lasst. **Achtet darauf den Rührkern nicht zu verlieren.**

### Aufgabe 5.2.1c – optionale Titration

Ihr solltet zwei gute Titrations haben. Ihr könnt die Titration wiederholen, wenn die Zeit es zulässt. Tragt eure Ergebnisse gegebenenfalls in Tabelle 5.2.1c im Antwortbogen ein.

❖ **Notiert eure Messergebnisse in Tabelle 5.2.1c im Antwortbogen.**

❖ **Markiert die beiden von euch gewählten Titrations, die bewertet werden sollen im Antwortbogen unter Tabelle 5.2.1c, durch Einkreisen.**

### Aufgabe 5.2.2

Nutzt eure Ergebnisse, um den Wendepunkt für jede Titration zu bestimmen. Benutzt die Tabellen 5.2.1a-c. Berechnet zunächst die erste Ableitung, indem ihr für jedes Paar an Messwerten den Mittelwert der Volumina bildet (Mittelwert  $V$ ) =  $V^*$  und den Wert  $\Delta\text{pH}/\Delta V$  berechnet. Dabei ist die Differenz zwischen den beiden pH-Werten  $\Delta\text{pH}$  und die Differenz der beiden Volumina ist  $\Delta V$ . Berechnet nun ausgehend von der ersten Ableitung die zweite Ableitung auf analoge Art und Weise. Dazu bildet ihr den Mittelwert für jedes Paar an Mittelwerten von  $V$  (Mittelwert (Mittelwert  $V$ )) =  $V^{**}$  und berechnet den Wert  $\Delta(\Delta\text{pH}/\Delta V)/\Delta V$ . Der Endpunkt ( $V_x$ ) ist das Volumen, an dem die zweite Ableitung 0 ist. Es kann näherungsweise berechnet werden, indem eine Gerade durch den Punkt mit dem letzten positiven Wert der zweiten Ableitung und dem Punkt mit dem ersten negativen Wert gelegt wird:

$$V'' = V_s + \Delta V \frac{(\Delta(\Delta\text{pH}/\Delta V)/\Delta V)_s}{(\Delta(\Delta\text{pH}/\Delta V)/\Delta V)_s - (\Delta(\Delta\text{pH}/\Delta V)/\Delta V)_n}$$

mit dem Volumen der NaOH-Lösung beim letzten positiven Wert der zweiten Ableitung  $V_1$ , dem letzten positiven Wert der zweiten Ableitung  $(\Delta(\Delta\text{pH}/\Delta V)/\Delta V)_1$  und dem ersten negativen Wert der zweiten Ableitung  $(\Delta(\Delta\text{pH}/\Delta V)/\Delta V)_2$ .

**Hinweis:** Der aus der zweiten Ableitung berechnete Wendepunkt sollte sich in Nähe des Maximums der ersten Ableitung befinden.

Für diese Berechnungen der Wendepunkte solltet ihr mindestens je 3 Messwerte vor und nach dem Endpunkt verwenden. Es ist nicht notwendig, alle Ableitungen und Mittelwerte zu berechnen.

Ihr findet diese Prozedur beispielhaft in Tabelle 5.1 und Abbildung 5.4 dargestellt.

**Der Wendepunkt in diesem Beispiel ist nicht notwendigerweise ähnlich zu eurem Wendepunkt, da ihr eine andere Weinprobe untersucht.**

Notiert die Berechnungen des Endpunktes (d.h. des Wendepunktes) eurer Daten in den entsprechenden Kästen im Antwortbogen.

- ❖ Füllt Tabelle 5.2.1a-c mit den benötigten Ableitungen zur Berechnung des Wendepunktes für eure beiden ausgewählten Titrationsen.
- ❖ Tragt eure Berechnungen zur Bestimmung der Wendepunkte sowie die entsprechenden Ergebnisse für alle Titrationsen unter 5.2.2 im Antwortbogen ein.

Falls ihr in Aufgabe 5.2.2 keinen Endpunkt für eure Titrationsen bestimmen könnt, könnt ihr in späteren Aufgaben ersatzweise 30,0 mL als Endpunkt verwenden.

### Aufgabe 5.2.3

Berechnet die genaue Konzentration der NaOH-Lösung anhand eures bestimmten Wendepunktes aus der Titration der NaOH-Lösung. Berechnet das Ergebnis mit drei signifikanten Stellen.

- ❖ Tragt euren Rechenweg und eure Ergebnisse unter 5.2.3 im Antwortbogen ein.

Wenn es euch nicht gelingt die exakte Konzentration der NaOH-Lösung zu bestimmen, verwendet in späteren Rechnungen ersatzweise 0,200 M als Konzentration.

$$V_e = 16.5\text{mL} + 1.5\text{mL} \quad \frac{5.656}{5.6567(75.6.8)} = 17.23\text{mL}$$

Tabelle 5.1: Beispielhafte Bestimmung des Wendepunktes aus der zweiten Ableitung.

Messwerte		Berechnungen			
		Erste Ableitung		Zweite Ableitung	
$V$ (NaOH) [mL]	pH	Mittelwert $V = V^*$ [mL]	$\Delta\text{pH}/\Delta V$	Mittelwert(Mittelwert $V) = V^{**}$ [mL]	$\Delta(\Delta\text{pH}/\Delta V)/\Delta V$
10,5	4,56				
		11,25	0,193		
12,0	4,85			12,0	0,040
		12,75	0,253		
13,5	5,23			13,5	0,084
		14,25	0,380		
15,0	5,80			15,0	0,258
		15,75	0,767		
16,5	6,95			<i>16,5</i>	<i>0,404</i>
		17,25	1,373		
18,0	9,01			<i>18,0</i>	<i>-0,427</i>
		18,75	0,733		
19,5	10,11			19,5	-0,124
		20,25	0,547		
21,0	10,93			21,0	-0,138
		21,75	0,340		
22,5	11,44			22,5	-0,098
		23,25	0,193		
24,0	11,73				

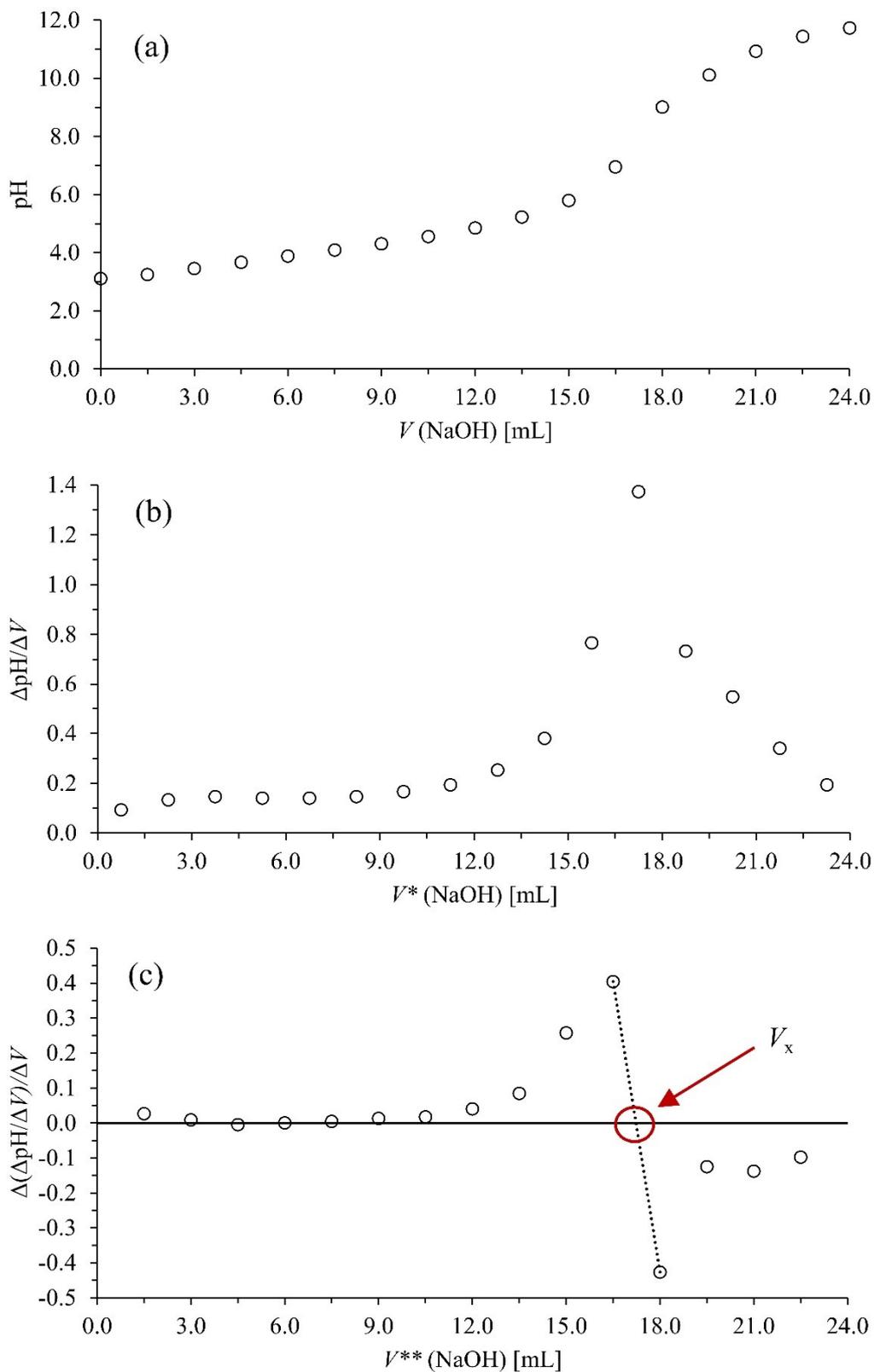


Abbildung 5.4: Beispiel (a) einer Titrationskurve; (b) der ersten Ableitung dieser Titrationskurve ( $V^*$  bedeutet Mittelwert  $V$ ); (c) der zweiten Ableitung dieser Titrationskurve ( $V^{**}$  bedeutet Mittelwert(Mittelwert  $V$ )). Der Wendepunkt der Titrationskurve ist im Diagramm der zweiten Ableitung eingekreist.

### 5.3 Analyse einer Weinprobe

Gebt eine 20,0 mL-Weinprobe in einen 100 mL graduierten Becher mit Rührfisch.

Fügt deionisiertes Wasser in den 100 mL graduierten Becher bis zu einem Gesamtvolumen von ca. 40 mL hinzu.

Bereitet alles für die Titration vor (so wie für die Standardisierung der NaOH-Maßlösung unter 5.2).

#### Aufgabe 5.3.1a

Titriert die Probelösung mit der standardisierten NaOH-Maßlösung und tragt die pH-Werte nach jeder NaOH-Zugabe in die Tabelle 5.3.1a im Antwortbogen ein.

❖ **Tragt die Messwerte in die Tabelle 5.3.1a im Antwortbogen ein.**

Für jeden Schritt 1,5 mL NaOH-Maßlösung zugeben (1,5 mL, 3,0 mL, 4,5 mL, usw., bis 24,0 mL).

#### Aufgabe 5.3.1b

Wiederholt die Titration mit einer neuen 20,0 mL-Weinprobe und tragt die entsprechenden Werte in die Tabelle 5.3.1b im Antwortbogen ein.

❖ **Tragt die Messwerte in die Tabelle 5.3.1b im Antwortbogen ein.**

Die zugesetzten Volumina müssen die gleichen wie bei der ersten Titration sein.

#### Aufgabe 5.3.1c – fakultative zusätzliche Titration

Ihr solltet über zwei gute Titrationsen verfügen. Wenn es nötig sein sollte und die Zeit es zulässt, könnt ihr die Titration ein drittes Mal durchführen. Tragt die Daten in die Tabelle 5.3.1c im Antwortbogen ein.

❖ **Tragt die Messwerte in die Tabelle 5.3.1c im Antwortbogen ein.**

❖ **Wählt zwei Titrationsen durch Einkreisen zur Bewertung aus.**

#### Aufgabe 5.3.2

Bestimmt den Wendepunkt aus den Daten. Schreibt die Berechnung des Äquivalenzpunktes in das entsprechende Kästchen.

❖ **Tragt die für die Berechnung des Wendepunkts benötigten Ableitungen in die Tabellen 5.3.1a-c ein.**

❖ **Tragt die Berechnungen und Ergebnisse für die Wendepunkte der ausgewählten Titrationsen im Kasten 5.3.2 im Antwortbogen ein.**

**Aufgabe 5.3.3**

Falls ihr nicht in der Lage gewesen sein solltet, den Wendpunkt für die Titration in Aufgabe 5.3.2 zu bestimmen, so setzt 30.0 mL als Wert für die weiteren Berechnungen ein.

Berechnet den Säuregehalt TA in g Weinsäure pro 1 L Probenlösung aus dem Wendepunkt der Titration der Weinprobe.

Bitte beachtet, dass die Weinsäure (siehe Abb. 5.5) eine zweiprotonige Säure ist und dass beide Protonen am Äquivalentpunkt abgegeben worden sind.

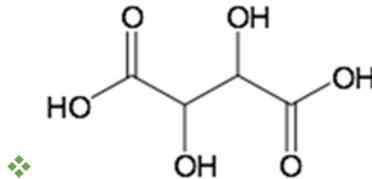


Abbildung 5.5: Strukturformel der Weinsäure.

Benötigte molare Massen (g/mol): C – 12.0; H – 1.0; O – 16.0.

❖ **Tragt eure Berechnungen und Resultate unter 5.3.3 im Antwortbogen ein.**

**5.4 Bedeutung des pH-Wertes für den Wein**

Wie bereits erwähnt, stehen Säuregehalt TA und pH-Wert nicht in einem direkten Zusammenhang. Der pH-Wert ist der negative dekadische Logarithmus der Protonenkonzentration (-aktivität) und der Säuregehalt TA ist ein Maß für die titrierbare Konzentration an organischen Säuren. Ein höherer Säuregehalt TA bedeutet nicht unbedingt einen niedrigeren pH-Wert, da schwache organische Säuren Puffer bilden können. Wenn man also den Säuregehalt TA kennt, heißt das nicht, dass man auch den pH-Wert kennt, und umgekehrt.

**Aufgabe 5.4.1**

Zuerst muss das pH-Meter rekali­briert werden (wie unter 5.1 beschrieben), diese Mal mit den Standardpufferlösungen mit pH 7.00 und 4.00.

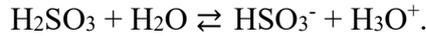
Messt den pH-Wert eurer *ursprünglichen* Weinprobe und tragt den pH-Wert im Antwortbogen ein.

❖ **Tragt den pH-Messwert unter 5.4.1 im Antwortbogen ein.**

Spült die Elektrode ab und stellt sie in die Aufbewahrungslösung zurück, so wie ihr sie vor den Experimenten vorgefunden habt. Schaltet das pH-Meter aus.

**Aufgabe 5.4.2**

Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) wird aufgrund seiner antimikrobiellen und antioxidativen Eigenschaften in der Weinherstellung benutzt. Es liegt entweder an andere Stoffe gebunden (fixiertes SO<sub>2</sub>) oder in freier Form (freies SO<sub>2</sub>) im Wein vor. Das freie SO<sub>2</sub> (γ\*) im Wein wiederum liegt in molekularer Form (SO<sub>2(g)</sub> + H<sub>2</sub>O ⇌ H<sub>2</sub>SO<sub>3(aq)</sub>) und als Hydrogensulfit (HSO<sub>3</sub><sup>-</sup>) gemäß folgendem Gleichgewicht vor:



Antimikrobiell wirksam ist die molekulare Form, deren Konzentration pH-abhängig ist. Der pH-Wert für Wein liegt zwischen 2.8 und 3.8. Weine mit einem niedrigerem pH-Wert zeigen einen höheren Anteil an der molekularen Form auf.

Abb. 5.6 zeigt die benötigten Konzentration an freiem SO<sub>2</sub>, um eine Endkonzentration von 0.8 mg/L bzw. 2.0 mg/L an molekularer Form zu erreichen, dies für den pH-Bereich zwischen 2.8 und 3.8.

Wenn man davon ausgeht, dass die Konzentration an molekularem SO<sub>2</sub> im Wein unterhalb von 2.0 mg/L (Geschmacksgrenze) und oberhalb von 0.8 mg/L (mikrobielle Stabilität) gehalten werden muss, bestimmt den geeigneten Bereich an benötigtem freiem SO<sub>2</sub> für eure ursprüngliche Weinprobe.

❖ **Tragt eure Antwort unter Aufgabe 5.4.2 im Antwortbogen ein.**

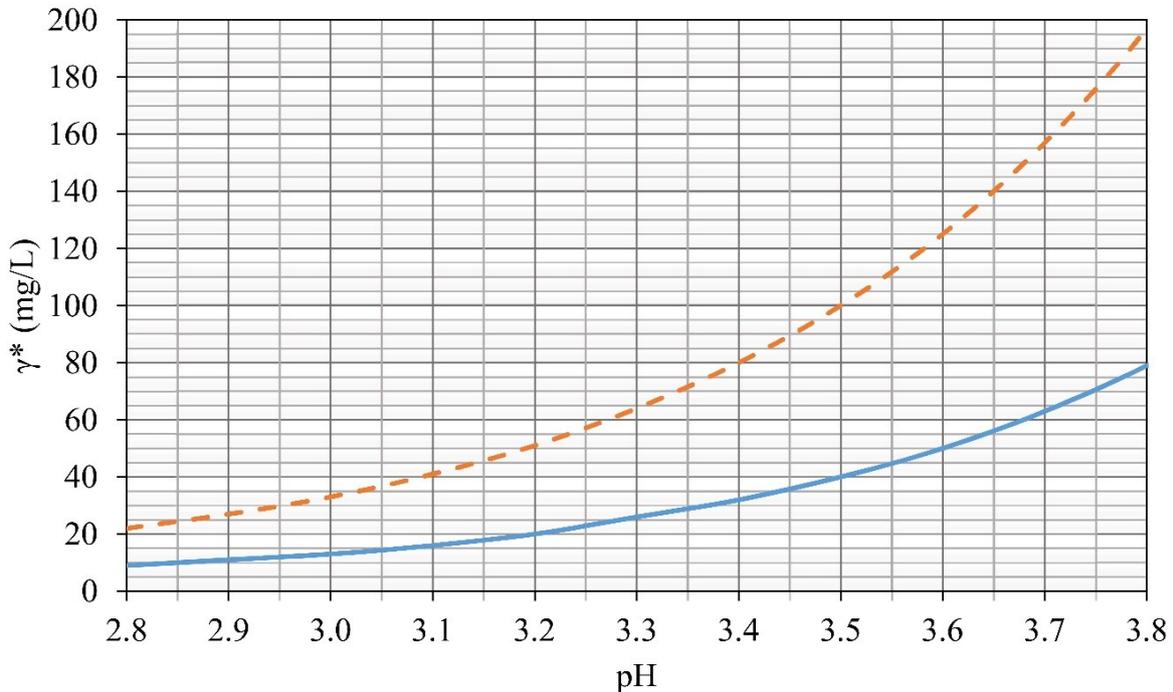


Abbildung 5.6: benötigte Konzentration an freiem SO<sub>2</sub> (γ\*) für eine Endkonzentration an molekularem SO<sub>2</sub> von 0.8 mg/L (durchgezogene blaue Linie) bzw. 2.0 mg/L (gestrichelte orange Linie) für den pH-Bereich von 2.8 bis 3.8.



## Experiment 6: Gießen von Wein

### Einleitung

Nachdem der Traubensaft fermentiert ist, muss der neue Wein von einem Fass in ein anderes umgegossen werden, um übrig gebliebene feste Bestandteile aus dem Wein zu entfernen. Stefan beobachtet den Wein beim Gießen und denkt, dass die Weine aufgrund ihrer unterschiedlichen chemischen Zusammensetzung mit unterschiedlichen Alkohol- und Zuckergehalten auch unterschiedlich fließen sollten. Leider weiß er nicht, in welcher Weise sich diese Eigenschaften unterscheiden und hat auch keinen Zugang zu professionellen Geräten. Helft ihm bei der Messung der Viskositäten der drei Weinsorten, die sie auf ihrem Weingut hergestellt haben.

### Materialien

- Schale
- 25 mL Messzylinder
- Viskosimeter mit zwei 15 mL Plastikröhrchen und einer Kapillare
- Stoppuhr
- 3 Weinproben in Plastikflaschen beschriftet mit Sample A, Sample B und Sample C
- Pasteurpipetten, 4 Stück
- Spritzflasche mit deionisiertem Wasser (auch für Experimente 5 und 7)
- 400 mL Plastikbecher für Abfall (zusammen mit Experimenten 5 und 7)

### 6.1 Bestimmung der Viskosität von Wein

Die Viskosität einer Flüssigkeit beschreibt ihre Fließeigenschaften, genauer deren mechanischen Widerstand beim Fließen. Honig besitzt zum Beispiel eine höhere Viskosität als Wasser. Wenn eine Flüssigkeit durch ein Rohr fließt, bewegen sich die Flüssigkeitsschichten am Rand des Rohres nicht. Daher ist für das Fließen eine Druckdifferenz notwendig. In sehr dünnen Rohren ist der Strömungswiderstand aufgrund der Viskosität der primäre Grund für das Abbremsen der Flüssigkeit. Andere Effekte sollen hier auch nicht berücksichtigt werden. Bei einer laminaren Strömung ist der Volumenfluss  $\Phi$ , also das pro Zeit durch ein Rohr fließende Flüssigkeitsvolumen, proportional zur Druckdifferenz  $p$  zwischen den Rohrenden und der vierten Potenz des Rohrradius  $r$ . Weiter ist  $\Phi$  invers proportional zu Viskosität  $\eta$  und der Rohrlänge  $l$ . Es gilt also

$$\Phi \sim \frac{p \cdot r^4}{\eta \cdot l} \quad (\text{Gl. 6.1})$$

Die Zeit zum Auslaufen eines kleinen Flüssigkeitsvolumens aus dem Rohr ist invers proportional zum Volumenfluss,  $t \sim \Phi^{-1}$ . Je besser die Flüssigkeit fließen kann, desto geringer ist also die Auslaufzeit. Wenn die anderen Parameter, wie das anfängliche Flüssigkeitsvolumen sowie der Radius und die Länge der Röhre konstant gehalten werden, ist damit die Auslaufzeit proportional zur Viskosität,  $t \sim \eta$ . Ihr sollt diese Proportionalität für

eine Bestimmung der Viskosität nutzen. Dazu werden die Auslaufzeiten der Weinproben mit denen von Wasser, dessen Viskosität bekannt ist, verglichen.

### Aufgabe 6.1.1

In diesem Experiment untersucht ihr die Auslaufzeiten mit Hilfe zweier durch eine Kapillare verbundene Gefäße (Abbildung 6.1) und bestimmt daraus die Viskosität. **Achtung: Verdreht oder drückt die Gefäße und die Kapillare nicht! Sollte das Viskosimeter kaputt gehen, fragt bei einem Laborassistenten nach Ersatz (Punktabzug von 5 Punkten bei mehr als einem Ersatzviskosimeter).**

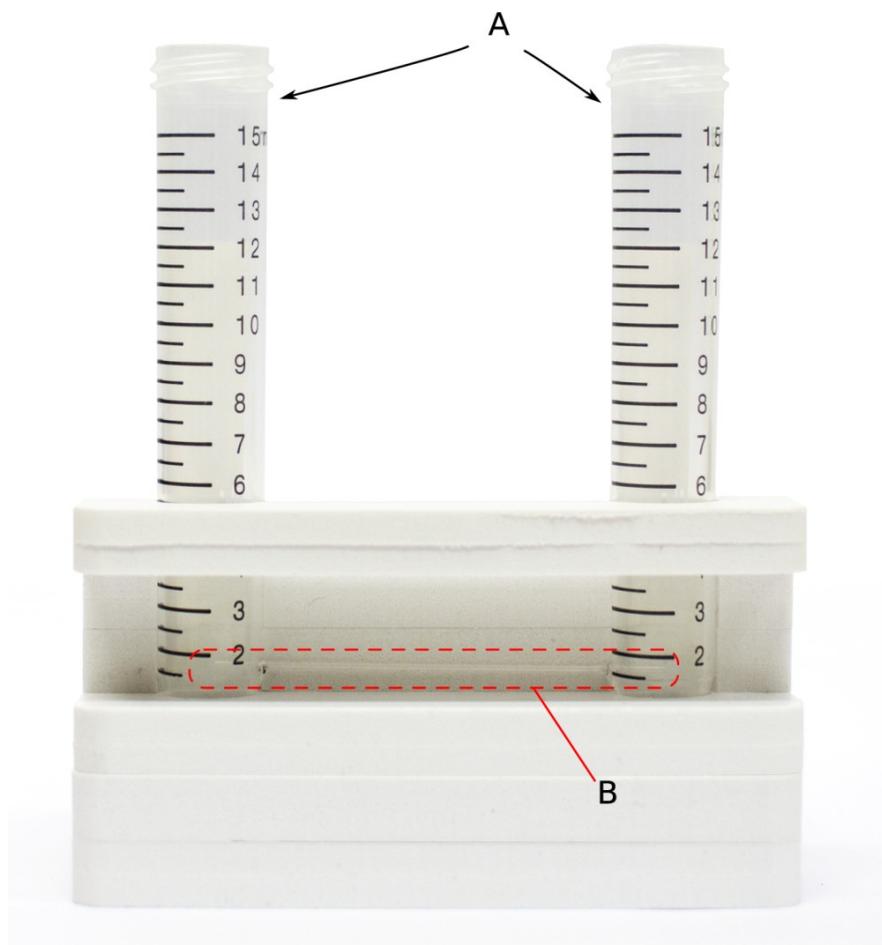


Abbildung 6.1: Viskosimeter, bestehend aus zwei Plastikgefäßen (A), verbunden mit einer Glaskapillare (B).

Die Summe  $V_5 = V_{\text{§}} + V$  der auf den beiden Gefäßen angegebenen Volumen  $V_{\text{§}}$  und  $V$  bleibt dabei konstant. Diese Relation wird später benötigt, um  $V$  aus  $V_{\text{§}}$  zu bestimmen.

Vor den Messungen müsst ihr das Viskosimeter **kalibrieren**. Da die Graduierung auf den Plastikgefäßen nicht für genaue Messungen gedacht sind, entsprechen die angegebenen Volumina nicht unbedingt den mit einem Messzylinder gemessenen Volumina.

Füllt den Messzylinder mit genau 15 mL **deionisiertem Wasser** (abzulesen anhand des Meniskus). Ihr könnt die Pasteurpipetten verwenden, um Flüssigkeit hinzuzufügen oder zu entnehmen. Füllt das Wasser in das linke Gefäß und beobachtet das Auslaufen. Wenn der Meniskus auf der linken Seite die Marke  $V_5 = 8$  mL erreicht, lest den Wert  $V_1$  an dem rechten Gefäß ab und bestimmt die Summe  $V_5 = V_5 + V_1$ . Tragt diesen in dem Antwortbogen ein. Ihr könnt versuchen, den Wert mit einer höheren Genauigkeit zu bestimmen, indem ihr die Höhe der Menisken mit einem Marker markiert und mit dem Lineal ausmesst.

**Dieser Wert für  $V_0$  wird für alle weiteren Rechnungen verwendet. Solltet ihr diesen Schritt nicht hinbekommt, verwendet  $V_0 = 15$  mL für die weiteren Rechnungen.**

**Wenn euer Aufbau leckt, meldet euch bei einem Laborassistenten, um einen Ersatz ohne Punktabzug zu bekommen.**

❖ **Tragt das Ergebnis unter 6.1.1 in dem Antwortbogen ein.**

### Aufgabe 6.1.2

Führt die folgenden Schritte durch, um die Auslaufzeiten für deionisiertes Wasser und die 3 Weinproben zu bestimmen.

**Bereitet die Stoppuhr für die Messung vor** (vgl. Anhang C).

Füllt den Messzylinder mit genau 15 mL der Probe. Ihr könnt die Pasteurpipetten verwenden, um das Volumen genau abzumessen. Gießt das Probenvolumen zügig in eines der Plastikgefäße. Die Flüssigkeit fließt erst gleichmäßig durch die Kapillare, wenn sich beide Enden der Kapillare unterhalb des Flüssigkeitspiegels befinden. **Startet die Stoppuhr daher, wenn die Flüssigkeit die 13 mL Markierung erreicht.** Notiert dann jedes Mal die Zeit (Angabe in vollen Sekunden in 6.1.2, ohne die Uhr zu stoppen), wenn die Flüssigkeit die nächste ganzzahlige mL-Markierung auf dem Plastikgefäß erreicht.

Beendet die Messung, wenn die Flüssigkeit die Markierung 8 mL erreicht. Füllt die Flüssigkeit in den **Abfallbehälter**, der zusammen mit den anderen Experimenten verwendet wird. Achtet darauf, die Kapillare dabei nicht zu zerbrechen. **Spült das Viskosimeter mit deionisiertem Wasser.** Haltet das Viskosimeter kopfüber, um das Wasser auslaufen zu lassen. Es ist nicht schlimm, wenn etwas Wasser in der Kapillare verbleibt, da dieses durch die neue Probe verdrängt wird, bevor ihr weitere Zeiten messt. **Spült und trocknet auch den Messzylinder, bevor ihr eine neue Probe verwendet.** Papiertücher findet ihr bei dem Waschbecken.

Führt die obige Messung für jede Probe (Wasser und 3 Weinproben) zwei Mal durch. Einmal, indem ihr die Probe in das linke Gefäß füllt, und einmal, indem ihr die Probe in das rechte Gefäß füllt. Dadurch könnt ihr systematische Fehler eliminieren. Tragt die Zeit **in Sekunden** in Tabelle 6.1.2 in dem Antwortbogen ein.

❖ **Füllt Tabelle 6.1.2 im Antwortbogen aus.**

### Aufgabe 6.1.3

Bevor die Messwerte für die Bestimmung der Viskosität verwendet werden können, müsst ihr einige Zwischenberechnungen durchführen.

**Aufgabe 6.1.3a**

Das in 6.1.1 bestimmte Gesamtvolumen ist  $V_5$ . Daher beträgt das Volumen in dem zweiten Gefäß  $V_2 = V_5 - V_5$  und die Volumendifferenz zwischen beiden Gefäßen  $\Delta V = V_5 - V_2 = 2V_5 - V_5$ . Bestimmt die Volumendifferenz für jeden aufgenommenen Flüssigkeitsstand und tragt dieser in die entsprechende Spalte von Tabelle 6.1.3. auf dem Antwortbogen ein.

❖ **Füllt die zweite Spalte der Tabelle 6.1.3 im Antwortbogen aus.**

**Aufgabe 6.1.3b**

Das Volumen der Flüssigkeitssäule in einem Gefäß ist proportional zur Höhe der Säule. Damit entspricht das Verhältnis zwischen der aktuellen und der anfänglichen (bei Starten der Stoppuhr,  $t = 0$ ) **Höhendifferenz** der Flüssigkeiten dem entsprechenden Verhältnis der **Volumendifferenz**. Das Verhältnis sinkt exponentiell mit der Zeit, es gilt also:

$$\frac{\Delta h(t)}{\Delta h(t=0)} = \frac{\Delta V(t)}{\Delta V(t=0)} = 2^{70/R}.$$

Dabei bezeichnet  $\tau$  die Halbwertszeit für die Höhe, also die Zeit, bei der die Höhendifferenz auf die Hälfte des anfänglichen Wertes gesunken ist.

Berechnet die Verhältnisse zwischen der **aktuellen** und **anfänglichen** (bei Starten der Stoppuhr) Volumendifferenz.

❖ **Füllt die dritte Spalte der Tabelle 6.1.3 im Antwortbogen aus.**

**Aufgabe 6.1.3c**

Durch Logarithmieren der vorigen Formel ergibt sich die lineare Gleichung

$$\log_{5} \frac{VW(Q)}{VW(Q_5)} = -(\log_{5} 2) \cdot \frac{t}{\tau} \quad (\text{Gl. 6.2})$$

Auf euren Taschenrechnern könnt ihr den Logarithmus zur Basis 10 durch Drücken der Taste **log** berechnen. Berechnet die Logarithmen der Volumendifferenzenverhältnisse aus der dritten Spalte der Tabelle 6.1.3 im Antwortbogen.

❖ **Füllt die letzte Spalte der Tabelle 6.1.3 im Antwortbogen aus.**

**Aufgabe 6.1.4**

Erstellt einen Graphen mit den Logarithmen der Volumendifferenzenverhältnisse aus Tabelle 6.1.3 auf der vertikalen Achse und den entsprechenden Zeiten aus Tabelle 6.1.2 auf der horizontalen Achse. Verwendet für jede Probe eine andere Stiftfarbe und erstellt eine Legende.

❖ **Zeichnet euren Graphen auf Millimeterpapier. Beschriftet ihn mit 6.1.4, markiert ihn mit einem Teamcodeaufkleber und legt ihn in den Umschlag für den finalen Antwortbogen.**

### Aufgabe 6.1.5a

Zeichnet je eine Ausgleichsgerade für die Messwerte zu den einzelnen Proben in den Graphen 6.1.4 ein. Verwendet dabei die gleichen Stiftfarben wie für die Datenpunkte. Bestimmt die Steigungen der Ausgleichsgeraden in dem Graphen. Berechnet mit Hilfe der Gleichung 6.2 die Halbwertzeiten für die Höhe aus den Steigungen und tragt eure Ergebnisse zusammen mit den Rechnungen in dem Antwortbogen ein.

- ❖ **Zeichnet die Ausgleichsgeraden in den Graph 6.1.4 ein.**
- ❖ **Füllt die Spalten für die Steigungen und die Halbwertzeiten für die Höhe der Tabelle 6.1.5 im Antwortbogen aus.**
- ❖ **Notiert eure Berechnungen für die Steigungen und Halbwertzeiten für die Höhe unter Aufgabe 6.1.5 im Antwortbogen.**

### Aufgabe 6.1.5b

Die Viskosität von Wasser bei Raumtemperatur beträgt  $\eta = 0,89 \text{ mPa s}$ . Verwendet die Proportionalität zwischen der Halbwertzeit für die Höhe und der Viskosität, um die Viskosität der anderen Proben zu bestimmen. Das Verhältnis zwischen der Viskosität und der Halbwertzeit ist für alle Proben gleich. Tragt eure Werte in der letzten Spalte von Tabelle 6.1.2 ein.

- ❖ **Füllt Tabelle 6.1.5 im Antwortbogen aus.**

### Aufgabe 6.1.6

Wie würde sich die Viskosität verändern, wenn die Kapillare einen doppelt so großen Innendurchmesser hätte, der Rest der Anordnung aber identisch bliebe?

- A Würde größer werden
- B Würde kleiner werden
- C Würde gleich bleiben

- ❖ **Tragt den richtigen Buchstaben (A, B oder C) unter 6.1.6 im Antwortbogen ein.**

### Aufgabe 6.1.7

Betrachtet den Fall, dass das Plastikgefäß mit einem Volumen  $V_0 = 15,0 \text{ mL}$  der Probe C gefüllt wird und die Stoppuhr bei der 13 mL Markierung gestartet wird. Wie lange dauert es, bis das Volumen in dem Plastikgefäß auf 7,8 mL gesunken ist? Verwendet Gleichung 6.2.

- ❖ **Tragt eure Rechnungen und das Ergebnis unter 6.1.7 in den Antwortbogen ein.**

### Aufgabe 6.1.8

Welche Änderungen würden zu einer Vergrößerung der Halbwertzeit für die Höhe führen? Gib alle möglichen Antworten an.

- A Plastikgefäß mit größeren Durchmesser

- B Plastikgefäß mit kleinerem Durchmesser
- C Kapillare mit größeren Durchmesser
- D Kapillare mit kleinerem Durchmesser
- E Längere Kapillare
- F Kürzer Kapillare

❖ **Tragt die Buchstaben (A-F) für die richtigen Antworten unter 6.1.8 in dem Antwortbogen ein.**

## 6.2 Temperaturabhängigkeit der Viskosität

### Aufgabe 6.2.1

Die Viskosität hängt nicht nur von der Zusammensetzung der Flüssigkeit, sondern auch von deren Temperatur ab. Abbildung 6.2 zeigt die Temperaturabhängigkeit der Viskosität von Wasser. Lest die Viskosität von Wasser bei 80 °C aus dem Graphen ab.

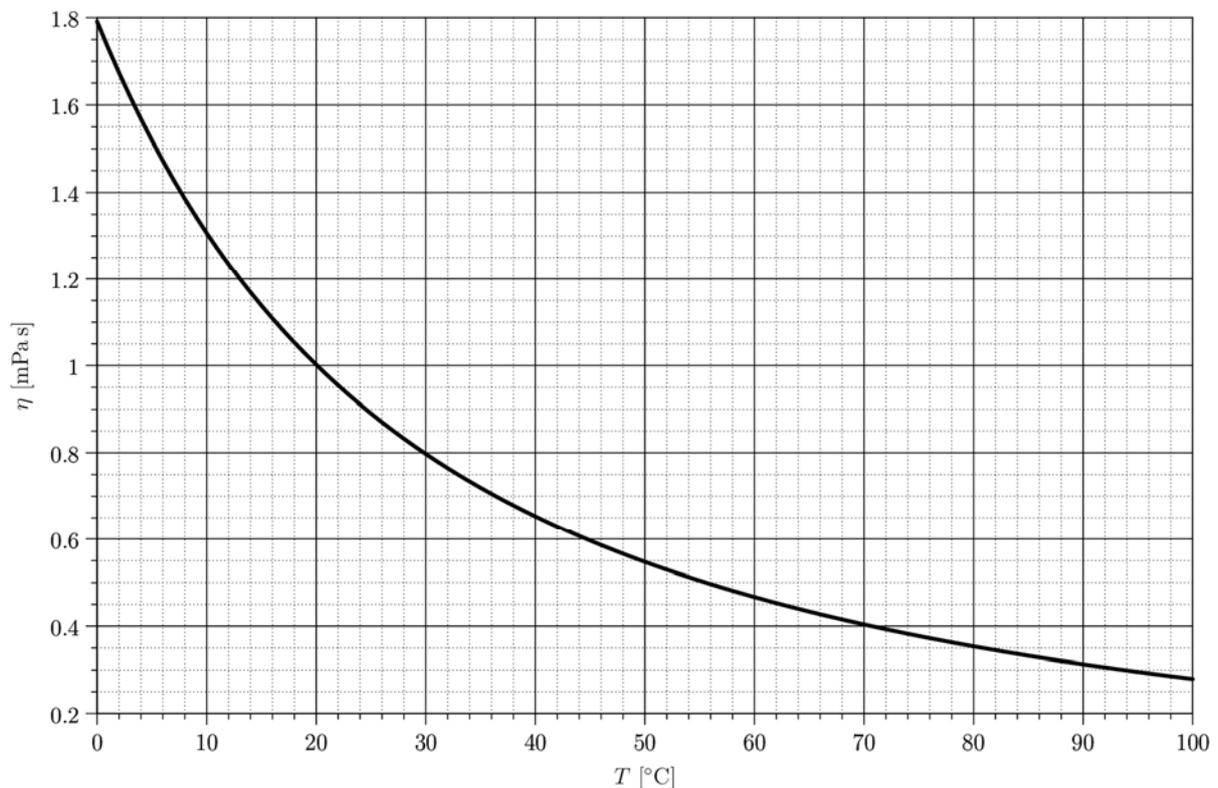


Abbildung 6.2: Viskosität von Wasser in Abhängigkeit von der Temperatur.

❖ **Tragt eure Antwort unter 6.2.1 in dem Antwortbogen ein.**

### Aufgabe 6.2.2

Bestimmt die für Wasser bei einer Temperatur von 80 °C zu erwartende Halbwertzeit für die Höhe, wenn ihr diese mit eurem Viskosimeter bestimmen würdet. Benutzt für die Rechnung eure Ergebnisse für die Halbwertzeit der Höhe von Wasser.

❖ **Notiert eure Rechnungen und eure Antwort unter 6.2.2 in dem Antwortbogen.**

### 6.3 Auswertung eines Experiments

#### Aufgabe 6.3.1

Stefan konnte das Experiment schon vor einigen Wochen mit einer anderen Flüssigkeit durchführen. Er verwendete dafür Zuckerwasser und größere Plastikgefäße (50 mL). Die Bestimmung der Viskosität soll allerdings in gleicher Weise erfolgen. Tabelle 6.1 zeigt seine Messwerte für ein Gesamtvolumen von  $V_5 = 50$  mL.

Table 6.1: Stefans Messwerte für die Viskosität von Zuckerwasser

$V_1$	$\log_{55} \frac{\Delta V(t)}{\Delta V(t=0 \text{ s})}$	Zeit (deionisiertes wasser)	Zeit (Zuckerwasser)
45,0 mL	0	0 s	0 s
42,5 mL	-0,058	24 s	50 s
40,0 mL	-0,125	52 s	108 s
37,5 mL	-0,204	85 s	177 s
35,0 mL	-0,301	125 s	261 s
32,5 mL	-0,426	178 s	369 s

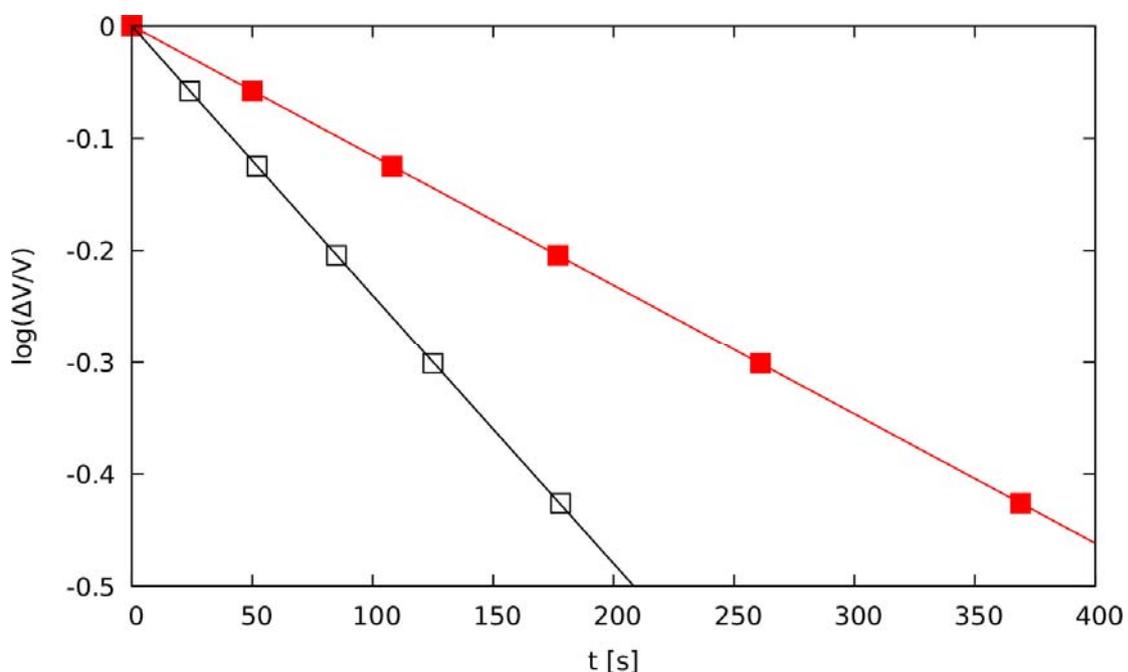


Abbildung 6.3: Darstellung von Stefans Messwerten mit Ausgleichsgeraden. Gefüllte rote Quadrate ■ stellen die Messwerte für Zuckerwasser dar und ungefüllte schwarze Quadrate □ die für deionisiertes Wasser.

Tabelle 6.2: Stefans Berechnungen für deionisiertes Wasser und Zuckerwasser.

Flüssigkeit	Steigung [s <sup>7</sup> ]	Halbwertzeit $\tau$ [s]	Viskosität [mPa s]
Deionisiertes Wasser	-0,0024	126	0,89
Zuckerwasser	-0,00113	266	235398

Er hat seine Daten in den Graph (Abbildung 6.3) eingetragen, eine Ausgleichsgerade eingezeichnet und die Viskosität für das Zuckerwasser in Tabelle 6.2 berechnet. Schaut euch seine Rechnungen für die Bestimmung der Viskosität von Zuckerwasser an und **findet** die **erste** Zeile, in der er einen Fehler gemacht hat, der zu dem falschen Ergebnis führt. Notiert die Nummer der Zeile in dem Antwortbogen.

Deionisiertes Wasser:

$$\tau_{\text{Wasser}} = k \cdot \eta_{\text{Wasser}} \quad (1)$$

$$k = \frac{R_{\text{Wasser}}}{C_{\text{Wasser}}} = \frac{5,6 \text{ s}}{0,04 \text{ Pa}} = 141,6 \text{ mPa}^{-1} \text{ s} \quad (2)$$

Zuckerwasser:

$$k = \frac{75,67(75,5 \text{ c})}{0,55 \text{ s} \cdot 7 \text{ h} 5 \text{ s}} = -0,00113 \text{ s}^{-7} \quad (3)$$

$$\tau_{\text{Zuckerwasser}} = -\frac{0,00113 \text{ s}^{-7}}{0,89 \text{ Pa}} = 266 \text{ s} \quad (4)$$

$$\tau_{\text{Zuckerwasser}} = k \cdot \eta_{\text{Zuckerwasser}} \quad (5)$$

$$\eta_{\text{Zuckerwasser}} = \frac{R_{\text{Zuckerwasser}}}{s} = \frac{0,00113 \text{ s}^{-7}}{75,55 \text{ g s}^{-1} \text{ cm}^{-3}} \quad (6)$$

$$\eta_{\text{Zuckerwasser}} = -235398 \text{ s}^{-1} \quad (7)$$

- ❖ **Tragt die Nummer der Zeile, in der der erste Fehler auftritt, unter 6.3.1 auf dem Antwortbogen ein.**

### Aufgabe 6.3.2

Korrigiert den Fehler und berechnet den korrekten Wert für die Viskosität von Zuckerwassern.

- ❖ **Notiert eure Antwort unter 6.3.2 in dem Antwortbogen.**

### Aufgabe 6.3.3

Stefan ist ungeduldig und möchte erreichen, dass die Flüssigkeit verglichen mit den Werten in Tabelle 6.1 **in der Hälfte der Zeit** ausläuft. Für die Messungen hat er eine Kapillare einer Länge von 6 cm und mit einem Innendurchmesser von 0,8 mm verwendet. Er möchte die Kapillare kürzer machen, während Anne vorschlägt, eine Kapillare gleicher Länge aber mit anderem Durchmesser zu verwenden. Berechnet mit Hilfe von Gleichung 6.1 die für Stefans Strategie notwendige Länge der Kapillare und den Durchmesser für Annes Strategie.

- ❖ **Notiert beide Rechnungen und Ergebnisse unter 6.3.3 in dem Antwortbogen.**

## Experiment 7: Weintränen

### Einführung

Anne und Stefan machten mit Freunden eine kleine Feier um ihren ersten eigenen Wein zu verkosten. Martin, nun Experte beim Wein einschenken, servierte jedem ein Glas. Ninas Schwester Eva, die kürzlich einen Wein Kurs besucht hatte, zeigte jedem was man bei der Weinprobe nacheinander beachten muss. Als erstes betrachtete jeder sein Glass in neutralem Licht vor einem weißen Hintergrund. Während jeder die Farbe begutachtete, bemerkte Nina etwas Auffälliges.

An der Innenwand des Glases bildeten sich nach dem Schwenken kleine Tropfen über dem Rand der Weinoberfläche. Nina fragt Eva, ob sie weiß, was da passiert.

Eva erklärt, dass diese Tropfen „Weintränen“ genannt werden und sprach dann über Oberflächenspannung bei Wein und Wasser. Nina wusste zunächst nicht was Oberflächenspannung bedeutet aber das Phänomen machte sie derart neugierig, dass sie beschloss sich nach der Party genauer damit zu beschäftigen.

### Material

- 12 Kapillaren (25 $\mu$ L Mikropipetten)
- 6 Petrischalen
- 1 Packung Papiertücher
- Spritzflasche mit deionisiertem Wasser (auch für Experiment 5 und 6)
- 10% V/V Ethanol in Plastikflasche
- 20% V/V Ethanol in Plastikflasche
- 3 Weinproben in Plastikflaschen, beschriftet mit Sample A, Sample B und Sample C
- 6 Pasteurpipetten (ihr könnt die Pipetten aus Experiment 6 für die Weinproben und deionisiertes Wasser benutzen)
- 400 mL Plastikbecher für Ausguss (auch für Experimente 5 und 6)

### 7.1 Oberflächenspannung von Wein

Vereinfacht kann man sich die Oberflächenspannung als eine dünne elastische Membrane vorstellen, die sich über die Flüssigkeit spannt. Die Kräfte zwischen den Molekülen an der Oberfläche der Flüssigkeit bewirkt, dass Tropfen zu einer Kugelform tendieren. Diese Eigenschaft von Flüssigkeiten, Wasser einbegriffen, spielt eine wichtige Rolle für Lebewesen und Pflanzen.

Wenn ein enges Kapillarrohr benetzbar ist (die Moleküle der Flüssigkeit drängen stärker zur Gefäßwand als an die Grenzfläche zur Luft) steigt die Flüssigkeit im Rohr durch die Oberflächenspannung auf.

Der Höhenunterschied zwischen der Oberfläche der Flüssigkeit in- und außerhalb der Kapillare ist direkt proportional zur Oberflächenspannung und umgekehrt proportional zum Innenradius der Kapillare. Pflanzen nutzen diese Kapillarwirkung um Wasser von den Wurzeln zu den Blättern zu bringen.

Weil die Oberflächenspannung von der Kraft zwischen den Molekülen an der Oberfläche abhängt, ändert sie je nach Zusammensetzung der Flüssigkeit. Wenn man Ethanol zu Wasser hinzugibt ändert sich auch die Oberflächenspannung. Indem man den Höhenanstieg in der Kapillare für verschiedene Flüssigkeiten (deionisiertes Wasser, 10% und 20% Äthanol pro Volumen und drei Weinproben) misst, kann man den Alkoholgehalt der verschiedenen Weinproben einschätzen.

### Aufgabe 7.1.1

Führt die folgenden Schritte für jede der gegebenen Flüssigkeiten durch. Nehmt eine saubere trockene Petrischale. Gießt so viel Probeflüssigkeit in die Schale bis die Höhe der Flüssigkeit in der Schale den Durchmesser der Kapillare sicher übersteigt. Die Kapillare wird so in die Flüssigkeit getaucht, dass die weiße Markierung von der Flüssigkeit weg (nach oben) zeigt.

Da eine Flüssigkeit eine trockene Kapillare nicht optimal benetzen kann, was die Messung verfälschen würde, lasst ihr die Flüssigkeit zu Beginn höher in die Kapillare steigen als ihr es am Ende der Messung erwartet. Dazu taucht ihr die Kapillare zuerst stark geneigt in die Flüssigkeit ein und wartet bis die Flüssigkeit annähernd die schwarze Markierung erreicht und so die Innenwand der Kapillare ausreichend benetzt. Anschließend wird das Röhrchen, wie in Zeichnung 7.1. dargestellt, in der Flüssigkeit vorsichtig aufgerichtet und senkrecht gehalten.

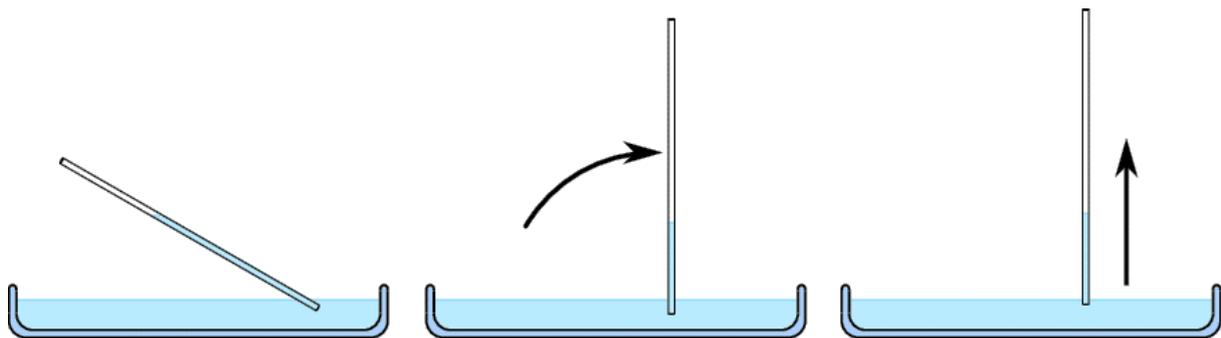


Abbildung 7.1: Messung der Kapillarwirkung

Wartet bis der Flüssigkeitsstand nicht mehr absinkt und hebt dann die Kapillare **langsam** und **senkrecht** aus der Flüssigkeit raus.

Da die Kapillarröhrchen sehr dünn sind, kann es vorkommen, dass die Flüssigkeit innen irgendwie „feststeckt“. Wenn dieses Phänomen auftritt wird das Kapillarröhrchen wieder eingetaucht und nochmal schräg gestellt und der Messvorgang wiederholt.

**Vermeidet es den Boden der Petrischale zu berühren oder Luftblasen zu bilden.** Wenn Luftblasen in einem Kapillarröhrchen sind ist es unbrauchbar für weitere Experimente.

### Aufgabe 7.1.1a

Wenn sich der Flüssigkeitsspiegel nicht mehr ändert, hebt die Kapillare langsam aus der Flüssigkeit. Messt die Steighöhe der Flüssigkeit mit einem Lineal vom unteren Ende der Röhre bis zum Meniskus an der Oberfläche der Flüssigkeit. Während der Messung die Kapillare immer senkrecht halten damit sich die Flüssigkeitssäule nicht bewegt.

Führt die Messung für jede Probe 6 Mal durch. **Stellt sicher, dass für jede neue Probe jeweils eine saubere trockene Petrischale und eine neue Kapillare benutzt wird.**

Um die Kapillare bei den Messreihen mit der gleichen Flüssigkeit zu entleeren, wird das untere Ende mit dem Papiertaschentuch (evtl. mit der Ecke des Tuchs) berührt damit die feinen Papierporen die Flüssigkeit aufsaugen (wiederum Kapillarwirkung). Wenn sich das Röhrchen nicht richtig entleeren lässt oder Luftblasen im inneren bleiben benutzt eine neue Kapillare. Wenn keine sauberen Kapillare mehr vorhanden sind kontaktiert den Betreuer.

Tragt die Messungen in die Spalten #1-#6 der Tabelle 7.1.1 im Antwortbogen.

❖ **Zeilenweise in die Tabelle 7.1.1 im Antwortbogen ausfüllen.**

### Aufgabe 7.1.1b

Berechnet die mittlere Höhe der Flüssigkeitssäulen für jede Probe. Tragt die Ergebnisse in die passende Spalte der Tabelle 7.1.1 des Antwortbogens ein.

❖ **Spalte der Mittelwerte in Tabelle 7.1.1 im Antwortbogen ausfüllen.**

### Aufgabe 7.1.1c

Die Viskosität der Probe, auch ungleichmäßiges Benetzen, so wie Druckschwankungen beim herausziehen können Abweichungen bei den Messungen bewirken.

Um den Messfehler zu bestimmen, werden die 2 Messungen mit der größten Abweichung vom Mittelwert in Tabelle 7.1.1. gestrichen. **So durchstreichen, dass die Werte lesbar bleiben.** Wenn ihr nicht mehr als 4 Messungen durchführen konntet, werden alle Messwerte genommen. (Die Mittelwerte nicht neu berechnen.)

Berechne den absoluten Fehler für jede Probeflüssigkeit indem ihr die höchste Abweichung zum Mittelwert bei den verbleibenden 4 Messungen herausfindet. Tragt die Ergebnisse in Tabelle 7.1.1. ein.

❖ **Zwei Ergebnisse (lesbar) streichen und die letzte Spalte in Tabelle 7.1.1 im Antwortbogen ausfüllen.**

### Aufgabe 7.1.2

Zeichnet einen Graphen der Steighöhe der Flüssigkeit über dem Gehalt von Ethanol auf Millimeterpapier und beschriftet und skaliert die Achsen. Zeichnet **alle 4 Datenpunkte, die** ihr nicht ausgestrichen habt, **für die folgenden zwei** Flüssigkeiten: **10 %** und **20 %** Ethanol pro Volumen von Tabelle 7.1.1. Zeichnet eine Ausgleichsgerade, die am besten durch alle 8 Messpunkte passt.

□ **Zeichnet euren Graphen auf Millimeterpapier, benennt es mit 7.1.2**

### Aufgabe 7.1.3

Fügt die Punkte für alle drei Weinproben unter Verwendung der Mittelwerte von Tabelle 7.1.1 in den Graphen mit der Ausgleichsgeraden 7.1.2 hinzu. Bestimme aus dem Graphen den Ethanolgehalt für alle 3 Weine tragt diese Werte in Tabelle 7.1.3 ein.

❖ **Ergänzt den Graphen 7.1.2 und Teamaufkleber hinaufgeben.**

❖ **Notiert eure Resultate in die Tabelle 7.1.3 in den Antwortbogen.**

**Aufgabe 7.1.4**

Basierend auf die Berechnung des absoluten Fehlers von Tabelle 7.1.1, bestimmt welche 2 Proben zuverlässig aufgrund ihres Ethanolgehalts unterschieden werden können. Die Proben können nicht unterschieden werden, wenn sich ihre Fehlergrenzen überlappen. Notiert **1** für Probenpaare, die unterschieden werden können und **0** für Probenpaare, die **nicht** unterschieden werden können.

❖ **Notiert eure Antworten in die Tabelle 7.1.4 in den Antwortbogen.**

**Aufgabe 7.1.5**

Angenommen, die Oberflächenspannung von deionisiertem Wasser in eurem Labor beträgt  $720 \text{ mN/m}$ , und vorausgesetzt, dass die Steighöhe der Flüssigkeit **linear proportional** zur **Oberflächenspannung** ist, berechnet die Oberflächenspannung  $\gamma$  der 10 % Ethanol-Probe. Bestimmt die Ungenauigkeit des berechneten Wertes unter Verwendung eures berechneten Fehlers aus Tabelle 7.1.1.

❖ **Notiert eure Berechnungen und Resultate unter Frage 7.1.5 in den Antwortbogen.**

**Aufgabe 7.1.6**

Ethanol hat eine geringere Dichte als Wasser, deswegen ist die Gewichtskraft der Flüssigkeitssäule, die gegen die Oberflächenspannung wirkt, kleiner. Um genauer zu sein und sowohl die **Dichte**  $\rho$  und **Oberflächenspannung**  $\gamma$  zu berücksichtigen, welcher der folgenden Ausdrücke beschreibt die Flüssigkeitshöhe richtig (eine Antwort ist korrekt)?

- A  $h \propto \gamma$
- B  $h \propto \gamma \rho$  C
- $h \propto \rho/\gamma$  D
- $h \propto \gamma/\rho$  E
- $h \propto \rho$

❖ **Notiert den korrekten Buchstaben (A-E) unter Frage 7.1.6 in den Antwortbogen.**

**7.2 Oberflächenspannung von Wasser****Aufgabe 7.2.1**

Bei Standardbedingungen (bei  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ), gelten die folgenden Gleichungen für Röhren, die komplett von Wasser benetzt sind:

$$h = \frac{1.48 \times 10^{-5} \text{ m}^2}{r} \quad (\text{Gl. 7.1})$$

wobei  $r$  den inneren Radius bedeutet und  $h$  die Höhe der Wassersäule. Wie hoch steigt das Wasser nur durch Kapillarwirkung in einer Pflanzenleitung, wenn der innere Durchmesser  $50 \text{ }\mu\text{m}$  beträgt?

❖ **Notiert eure Berechnungen und eure Antwort unter Frage 7.2.1 in den Antwortbogen.**

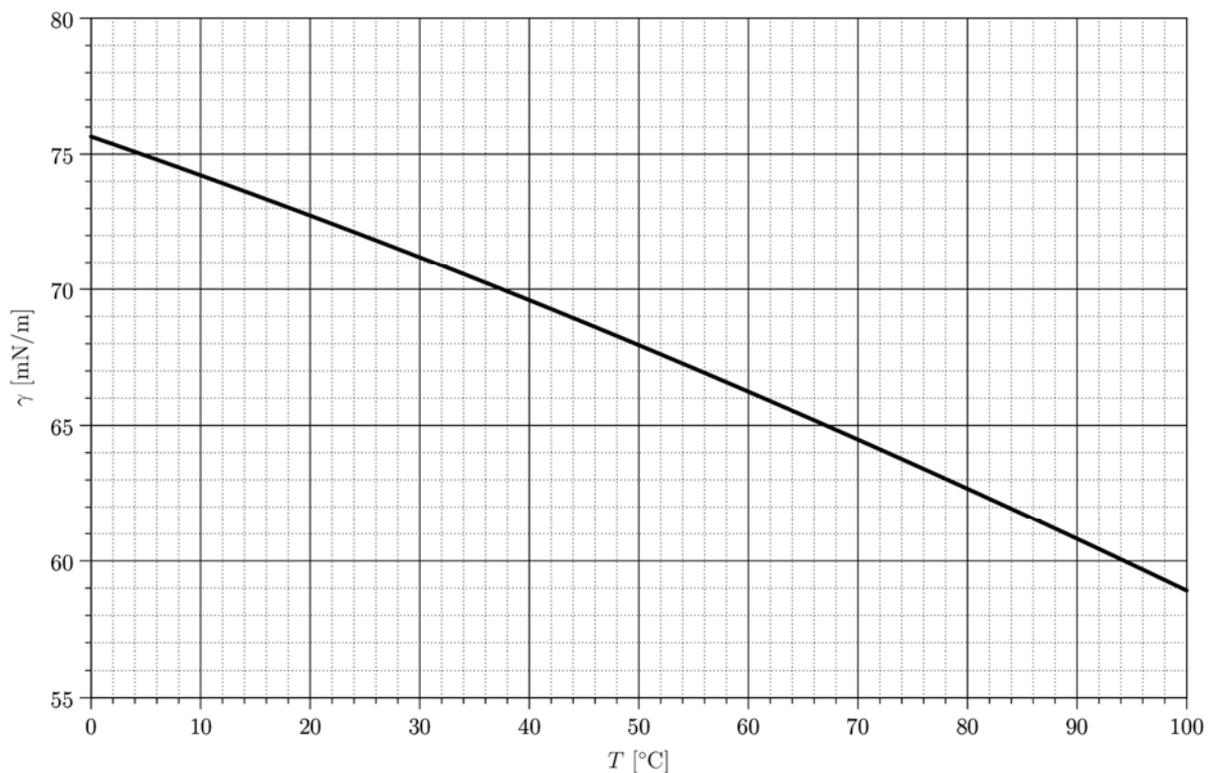
### Frage 7.2.2

Die 25  $\mu\text{L}$  Volumen ist auf der Kapillare durch den schwarzen Ring markiert. Messt die Länge der Kapillare vom schwarzen Ring bis zum entfernteren Ende und berechnet daraus den inneren Radius der Kapillare. Notiert die Berechnungen und das Resultat in den Antwortbogen.

❖ **Notiert eure Berechnungen und eure Antwort unter Frage 7.2.2 in den Antwortbogen.**

### Frage 7.2.3

Graph 7.1 zeigt die Abhängigkeit der Oberflächenspannung für Wasser von der Temperatur. Bestimmt die Oberflächenspannung von Wasser bei 20 °C und at 80 °C aus dem Graphen und notiert die Werte in den Antwortbogen.



Graph 7.1: Abhängigkeit der Oberflächenspannung für Wasser von der Temperatur.

Berechnet mit der Gleichung (7.1) und eurem Wert für den Radius aus Frage 7.2.2 und der Proportionalität der Steighöhe zur Oberflächenspannung, die **Steighöhe** in eurer 25  $\mu\text{L}$  Kapillare die sich bei 80°C einstellt. (ohne andere von euren Messungen zu verwenden)

❖ **Notiert eure Berechnungen und die Antwort unter Frage 7.2.3 in den Antwortbogen.**

#### Frage 7.2.4

Eine der Methoden um Oberflächenspannung zu messen ist es Tropfen zu machen und deren Masse zu messen. Ganz kurz, bevor der Tropfen abreißt ist seine Form näherungsweise eine Halbkugel (siehe Bild 7.2).



Bild 7.2: Wassertropfen bevor er vom Rand abreißt.

Der Wassertropfen hat einen Radius von 4.5 mm bevor er abreißt. Berechne die **Kraft** der Oberflächenspannung auf den Halbtropfen. Verwende den Wert von  $g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$  für die Erdbeschleunigung und  $\rho = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$  für die Dichte des Wassers.

❖ **Notiert eure Berechnungen und eure Antwort unter Frage 7.2.4 in den Antwortbogen.**

#### Frage 7.2.5

Der Zusammenhang zwischen der Länge des Tropfenrandes  $l$  mit dem die Flüssigkeit an der Trägerfläche haftet, der Oberflächenspannung  $\gamma$  und der Kraft  $F$  ist gegeben durch die Gleichung

$$F = l\gamma.$$

Berechnet die Oberflächenspannung für den Tropfen in Frage 7.2.4 und leite die Temperatur des Wassertropfens aus dem Graph 7.1. ab.

❖ **Notiert eure Berechnungen und eure Antwort unter Frage 7.2.5 in den Antwortbogen.**

## Anhang B: Bestimmungsschlüssel

- 1 a) Das Tier hat drei Paare zusammengesetzte Gliedmaßen, der Körper ist in drei Abschnitte gegliedert: Kopf, Thorax und Abdomen .....gehe zu **2**  
b) Das Tier hat mehr als drei Paare zusammengesetzte Gliedmaßen .....gehe zu **9**
- 2 a) Der Körper ist stabförmig, die Flügel sind zurückgebildet.... *Medauroidea extradentata*  
b) Der Organismus hat gut sichtbare Flügel.....gehe zu **3**
- 3 a) Das vordere Flügelpaar ist in harte Flügeldecken umgewandelt (Elytra)*Tenebrio molitor*  
b) Das erste Flügelpaar besitzt keine harten Flügeldecken .....gehe zu **4**
- 4 a) Das Tier hat auf dem Kopf ein Paar große Facettenaugen und ein Paar Antennen. Die Mundwerkzeuge sind an eine räuberische Lebensweise angepasst, mit kräftigen Kiefern (Mandibeln). Das Abdomen ist dünn. Die Flügel weisen eine hohe Dichte von deutlich sichtbaren Adern auf. Die Hinterflügel (zweites Flügelpaar) sind größer als die Vorderflügel (erstes Flügelpaar)..... *Aeshna cyanea*  
b) Das erste Flügelpaar ist deutlich sichtbar, das zweite Flügelpaar ist in Schwingkölbchen (Halteren) umgewandelt .....gehe zu **5**
- 5 a) Der Körper ist dünn und ungefähr 10 mm lang. Das Tier hat am Kopf röhrenförmige Mundwerkzeuge (Proboscis), die zum Stechen und Saugen angepasst sind. Das Tier hat kleine Facettenaugen. Die Antennen bestehen aus vielen Segmenten und sind länger als Kopf und Thorax zusammen. Die Antennen sind mit vielen kurzen Haar-ähnlichen Strukturen bedeckt. Das Tier hat drei Paar lange, dünne Beine. .... *Culex pipiens*  
b) Der Körper ist breiter; die Antennen sind kürzer als die Länge von Kopf und Thorax zusammen. Die Antennen bestehen aus drei Segmenten. ....gehe zu **6**
- 6 a) Der Körper ist breit und 19-24 mm lang. Am Kopf befinden sich Mundwerkzeuge, die zum Stechen, „beißen“ und Saugen geeignet sind..... *Tabanus bovinus*  
b) Der Körper ist kürzer .....gehe zu **7**
- 7 a) Der Körper ist 8-9 mm lang. Die Mundwerkzeuge besitzen viele kürzere Haar-ähnliche Strukturen. Die Mundwerkzeuge sind an eine leckend-saugende Nahrungsaufnahme angepasst ..... *Lucilia sericata*  
b) Der Körper ist kürzer und ungefähr 2.5 mm lang. ....gehe zu **8**

- 8 a) Die Männchen haben schwarze Flecken auf den Flügeln und haben kein säge-ähnlich umgewandeltes Legerohr (Ovipositor). Die Weibchen haben ein säge-ähnlich umgewandeltes Legerohr (Ovipositor) und keine schwarzen Flecken auf den Flügeln.  
..... ***Drosophila suzukii***  
b) Die Männchen haben keine schwarze Flecken auf den Flügeln und haben kein säge-ähnlich umgewandeltes Legerohr (Ovipositor). Die Weibchen haben kein säge-ähnlich umgewandeltes Legerohr (Ovipositor) und keine schwarzen Flecken auf den Flügeln.  
..... ***Drosophila melanogaster***
- 9 a) Das Tier ist in zwei Abschnitte gegliedert: Cephalothorax und Abdomen. Der Cephalothorax besitzt 4 Paar Gliedmaßen, 2 Paar Pedipalpen und Kieferklauen (Cheliceren) ..... ***Pardosa sp.***  
b) Der Körperbau ist anders/ das Tier hat mehr Gliedmaßen.....gehe zu **10**
- 10 a) Das Tier ist gegliedert in Kopf und Rumpf. Der Rumpf ist in mehrere gleiche oder sehr ähnliche Körpersegmente gegliedert. Das Tier hat an jedem Segment ein Paar Gliedmaßen. Am Kopf befinden sich ein Paar Antennen, ein Paar Oberkiefer (Mandibeln) und ein oder zwei Paar Unterkiefer (Maxillen)..... ***Lithobius sp.***  
b) Der Körper ist flachgedrückt. Die Tiere besitzen zwei Paar Antennen. Die ersten Antennen sind kurz und unverzweigt, die zweiten Antennen sind länger und gut entwickelt. Normalerweise haben die Tiere 14 Gliedmaßen zur Fortbewegung.  
.....gehe zu **11**
- 11 a) Die ersten Antennen sind gut sichtbar.  
Das Abdomen ist vom restlichen Körper getrennt. Am hintersten Teil des Körpers befinden sich 2 Uropoden mit einem Fortsatz..... ***Porcellio scaber***  
b) Das Tier sieht anders aus. ....gehe zu **12**
- 12 a) Beide Antennenpaare sind sichtbar (ein Paar kürzere und ein Paar längere Antennen). Die hinteren Teile des Körpers (Abdomen) sind verschmolzen. Am hintersten Teil des Körpers befinden sich 2 Uropoden mit zwei Fortsätzen..... ***Asellus aquaticus***  
b) Das Tier sieht anders aus. ....gehe zu **13**
- 13 a) Das erste Paar Beine ist in zwei große Scheren umgewandelt. Das Tier hat vier Beine zur Fortbewegung und am Ende des Körpers eine Struktur, ähnlich wie ein Schwanzfächer (Telson und Uropoden)..... ***Astacus astacus***  
b) Der Körper ist seitlich abgeflacht.....gehe zu **14**

- 14 a) Der Körper ist seitlich abgeflacht und ohne einen sichtbaren Kopf-Rumpf-Teil (Cephalothorax). Die ersten beiden Beinpaare sind in kleine Klauen-ähnliche Strukturen umgewandelt. Das dritte bis siebte Beinpaar dienen der Fortbewegung. Am Abdomen besitzen sie Uropoden als Schwimmhilfe. .... ***Gammarus pulex***
- b) Der Körper ist seitlich abgeflacht, einheitlich und sphärisch (Carapax). Am Kopf besitzt das Tier ein großes Facettenauge. Die zweiten Antennen sind zur Filterung von Wasser und zum Schwimmen umgewandelt. .... ***Daphnia magna***