



AUFGABE B

Aufgabe B: Weinbau und Kellerwirtschaft

In Slowenien gibt es einige sehr gute und ziemlich grosse Winzer. Jedoch haben die Slovenen im ländlichen Raum auch oft selbst einen kleinen Weinberg den sie bewirtschaften. Die Traubenlese findet dann in familärer Atmosphäre statt, wo Freunde und Bekannte mithelfen. Traditionell wird die Traubenlese dann mit einem grossen Fest abgeschlossen, wo's 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. Leider befanden sich im Tiefkühler schon Gefässe mit Lebewesen, welche von einer anderen Studie stammten. Was das Ganze noch verschlimmerte - sie hatten vergessen aufzuschreiben, welche Organismen sie in welches Gefäss eingefüllt hatten.

Material

- Stereolupe
- Röhrchen mit Tieren (14 +4)
- 1 Reagenzglasständer
- 3 Pinzetten
- 5 Petri-Schalen
- 2 Präpariernadeln
- 10 Pasteur-Pipetten
- Bestimmungsschlüssel (Appendix B)
- Farbstifte
- Millimeterpapier oder Lineal

4.1 Identifizierung der Lebewesen

Ihr sollt Nina und Martin beim Bestimmen der Lebewesen helfen.

Frage 4.1.1a

Anhand des Bestimmungsschlüssels könnt ihr nun die Lebewesen bestimmen, welche in den 10 Röhrchen enthalten sind (beschriftet von 1 bis 10). Zur Bestimmung unter der Stereolupe, könnt ihr die Tierchen aus den Röhrchen entnehmen und in eine Petri-Schale umfüllen.

❖ **Trage den lateinischen Namen der Tiere in die Tabelle 4.1.1. im Antwortbogen ein.**

Frage 4.1.1b

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

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

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

Frage 4.1.2

Trotz eurer Hilfe, wissen Nina und Martin noch immer nicht, wie die Tiere aussehen. Deshalb haben sie bei Ivan weitere Exemplare angefragt.

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

Bestimmt die Tiere mit Hilfe des Bestimmungsschlüssels (Appendix B)

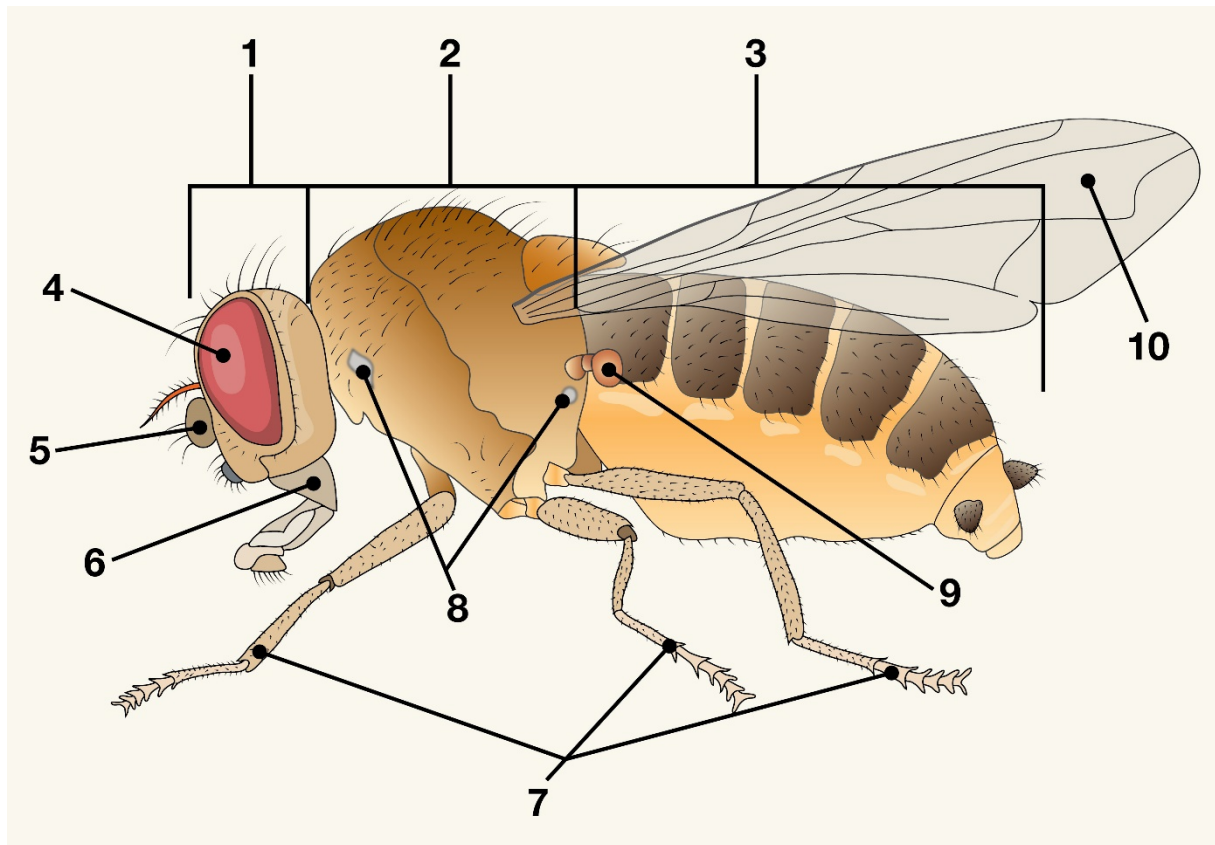
Zur genauen Bestimmung der Art, könnt ihr wenn nötig den Hinterleib der Weibchen leicht mit der Präpariernadel zusammendrücken. (Falls ein Tier dabei stark beschädigt wird, könnt ihr euch ein Neues beim Laborasistenten besorgen, ohne dabei Punkte zu verlieren)

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

Frage 4.1.3

Für die Naturwissenschaftler ist es sehr wichtig, genau zu beobachten, säuberlich zu zeichnen und die Zeichnung ordentlich zu beschriften. Mit Hilfe des Bestimmungsschlüssels könnt ihr herausfinden, welche der Tierchen an den Lebensraum Weinberg oder Obsgarten angepasst sind, und sich vorwiegend von Obst ernähren.

Auf der unten angeführten Zeichnung sind die einzelnen Körperteile mit Zahlen beschriftet. Ordne die Zahlen den Körperteilen in Tabelle 4.1.3 zu. **Aufgepasst!** In der Tabelle sind mehr Körperteile aufgelistet als Zahlen auf der Zeichnung!



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

Aufgabe 4.1.4

Bis vor kurzem war in Slowenien nur die Existenz der aus Afrika stammenden schwarzbäuchigen 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 je aus Asien eingeschleppt wurden. Beide Taufliegen-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 Taufliegen-Arten.

Um die Aufgabe zu bearbeiten, solltet ihr den Bestimmungsschlüssel benutzen und erneut die Organismen in den Röhrchen betrachten. Findet die korrekten Aussagen (mehrere korrekte Aussagen möglich):

- A Die Kirschessigfliege (*Drosophila suzukii*) ernährt sich von Hefe in vergärendem Obst. **Ausschliesslich** 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 schwarzbäuchige 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 schwarzbäuchige 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 schwarzbäuchige 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 Aufgabe 4.1.4 in den Antwortbogen.**

Aufgabe 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 Anlass benutzen die Weinbauern unterschiedlich geformte und unterschiedlich gefärbte Gefäße mit einer Öffnung auf der Oberseite. Die Öffnung darf nur 5-6mm 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 RotweinWasser
- B Wasser
- C Olivenöl
- D Verdünnte Salzsäure
- E Apfelessig
- F Eine Glukoselösung
- G Hefe-Suspension
- H Ätherisches Pfefferminz-Öl
- I Insektizide

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

Aufgabe 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 Fliesen sauber sind, wenn wir sie mit der Pinzette aus der anziehenden Substanz herausnehmen.
- 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 des Wassermoleküls in der anziehenden Mischung zu reduzieren. 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 Anzahl der Wassermoleküle in der Lösung herunterzusetzen, damit die Fliegen dann leicht auf der Oberfläche treiben.

❖ **Trage den 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 Weinberg 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 den Proben der 3 Weinberge zu bestätigen. Bestätige das Vorhandensein der Spezies mit **X** in der Tabelle 4.1.7 des Antwortbogens.

Fragt den Laborassistenten um eine Probe!

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

❖ **Tragt die Antwort 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 (Wildtypus). Nach einem Jahr entdeckte er eine männliche Fliege mit weißen Augen (mutierter Typus) unter den anderen Fruchtfliegen in seinem Labor. Seither führte er eine Reihe von Kreuzungsversuchen durch, die zeigten, dass das Augenfarbenspezifische Gen (Allele) nur auf dem X-Chromosom vorkommt – 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 weiterhin 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-Chromosome bestimmt, wie beim Menschen nur der zugrunde liegende Mechanismus ist anders! Während beim Menschen das Vorhandensein einer Genregion (SRY) auf dem Y-Chromosom das männliche Geschlecht bestimmt, ist es in Fruchtfliegen das Verhältnis $X:A$! Das ist die Anzahl der X-Chromosomen dividiert durch die Anzahl des haploiden Sets von Autosomen. Im Normalfall ist das Verhältnis 1 für Weibchen [$2X$ -Chromosome (XX): 2 (2 haploide Sets von Autosomen)] und für Männchen 0,5 [ein X und ein Y Chromosom:2]. Ausserdem rekombinieren Geschlechtschromosome nicht.

Ihr müsst das Resultat aus zwei Kreuzungen (zwei Elterngenerationen) analysieren und das Verhältnis zwischen Männchen mit roten Augen, Männchen mit weißen Augen, Weibchen mit roten Augen und Weibchen mit weißen Augen bestimmen!

Wenn ein Schüler einer Gruppe Farbenblind ist, sollen sie ein Gruppenmitglied um Hilfe bitten.

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

Vervollständigt das Schema für die F₁- und die F₂ Generation. 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. (X^+ = wildtyp; X^w = mutiert - weisse Augen)

Schreibt den Genotyp und den Phänotyp der resultierenden F₁ und F₂ Nachkommen an.

Kreist das entsprechende Geschlecht der Fruchtfliege (*Drosophila melanogaster*) im Rechteck ein! Setzt den entsprechenden Genotyp in die vorgegebenen Rechtecke ein!. Kennzeichnet die entsprechenden Gameten (Geschlechtszellen) in den Kreisen. Färbt die Augen der jeweiligen Fruchtfliege (*Drosophila melanogaster*) entsprechend: wenn die Augen **weiß** sind, dann

umkreist sie mit einem **blauen** Farbstift; wenn sie **rot** sind, dann färbt ihr sie mit einem **roten** Farbstift.

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_1 und F_2 Nachkommen an.

Frage 4.1.8a

Berechnet die Prozentsätze der Phänotypen der zweiten Generation (F_2) für die beiden kreuzungsversuche (linke Schema und rechtes Schema).

❖ **Vervollständigt die Tabelle 4.1.8a im Antwortbogen.**

Frage 4.1.8b

Welches der Allele ist dominant, welches rezessiv? Markiere 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 einen haploiden Satz an Autosomen aufweist. Bestimme den sexuellen Phänotyp des Fruchtfliegen-Exemplars (es ist nur eine Antwort korrekt!)

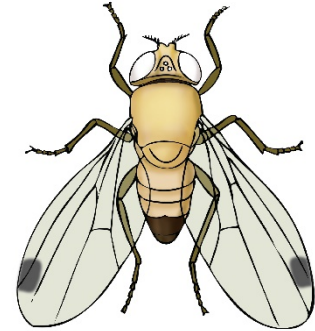
- A Weiblich
- B Männlich
- C Der korrekte sexuelle Phänotyp kann nicht bestimmt werden.

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

Frage 4.1.9

Die Abbildung stellt ein Exemplar einer Fruchtfliege dar. Findet heraus, welche Genotypen die Eltern des dargestellten Exemplars entsprechen 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 Elterngeneration und tragt die entsprechende Bezeichnung in der Tabelle 4.1.10 im Antwortbogen ein.

❖ Vervollständigt die Tabelle 4.1.10 im Antwortbogen.

Experiment 5: Süße und Säuregehalt

Einführung

Um Qualitätswein mit dem gewünschten Geschmack herzustellen, müssen Zucker- und 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. Der Restzucker und die enthaltenen Säuren sind jedoch 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 (lasst die Geräte für das nächste Team stehen)

- Laborstativ mit Klammer und Muffe, 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
- entmineralisiertes Wasser in einer 500 mL 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)
- 250 mL Becher zum Abstellen 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
- 100 mL Becherglas, graduiert, mit Rührfisch für den Magnetrührer, 1 Stück
- Pipetten 20 mL, 2 Stück
- Pipettierhilfe, 1 Stück
- Pufferlösungen pH 4,00; pH 7,00; pH 9,00 und pH 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, könnt ihr beim Laborbetreuer Ersatz anfordern. Wenn in der Liste nicht anders angegeben, kostet das 5 Punkte.

Bestimmung der titrierbaren Säure in Wein durch potentiometrische Titration

Die Gesamtsäure (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 das Kohlenstoffdioxid (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 pH 8,20) titriert wird.

In unserem Fall wird allerdings nicht auf einen bestimmten pH-Wert hin 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 (pH 7,00 und pH 10,00) kalibrieren. Die Genauigkeit dieser Kalibrierung müsst ihr anschließend überprüfen, indem der pH-Wert einer dritten Standardpufferlösung gemessen wird (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 entmineralisiertem Wasser ab und tupft sie vorsichtig mit einem Papiertuch trocken. Nicht abwischen!

Schaltet das pH-Meter ein.

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

Spült die Elektrode mit entmineralisiertem Wasser ab und trocknet sie mit dem Papiertuch (siehe oben). Taucht die Elektrodenspitze mindestens 1cm tief in die Standardpufferlösung pH 10,00 und wartet bis sich die Anzeige stabilisiert hat (auf $\pm 0,02$). Stellt mit dem Schraubendreher den pH 4/10-Trimmer nach bis die Anzeige „10,00“ anzeigt.

Aufgabe 5.1.1

Überprüft die Kalibrierung, indem ihr den pH-Wert der Standardpufferlösung (pH 9,00) messt. Wiederholt also die Vorgehensweise (siehe oben), verwendet aber keinen Schraubendreher! Schreibt den gemessenen pH-Wert, der von der Laboraufsicht überprüft werden muss, in den Antwortbogen und berechnet den relativen Fehler in Prozent (%).

❖ **Tragt die Werte zu Aufgabe 5.1.1 in den Antwortbogen.**

❖ **Lass euch den gemessenen Wert von der Laboraufsicht testieren.**

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

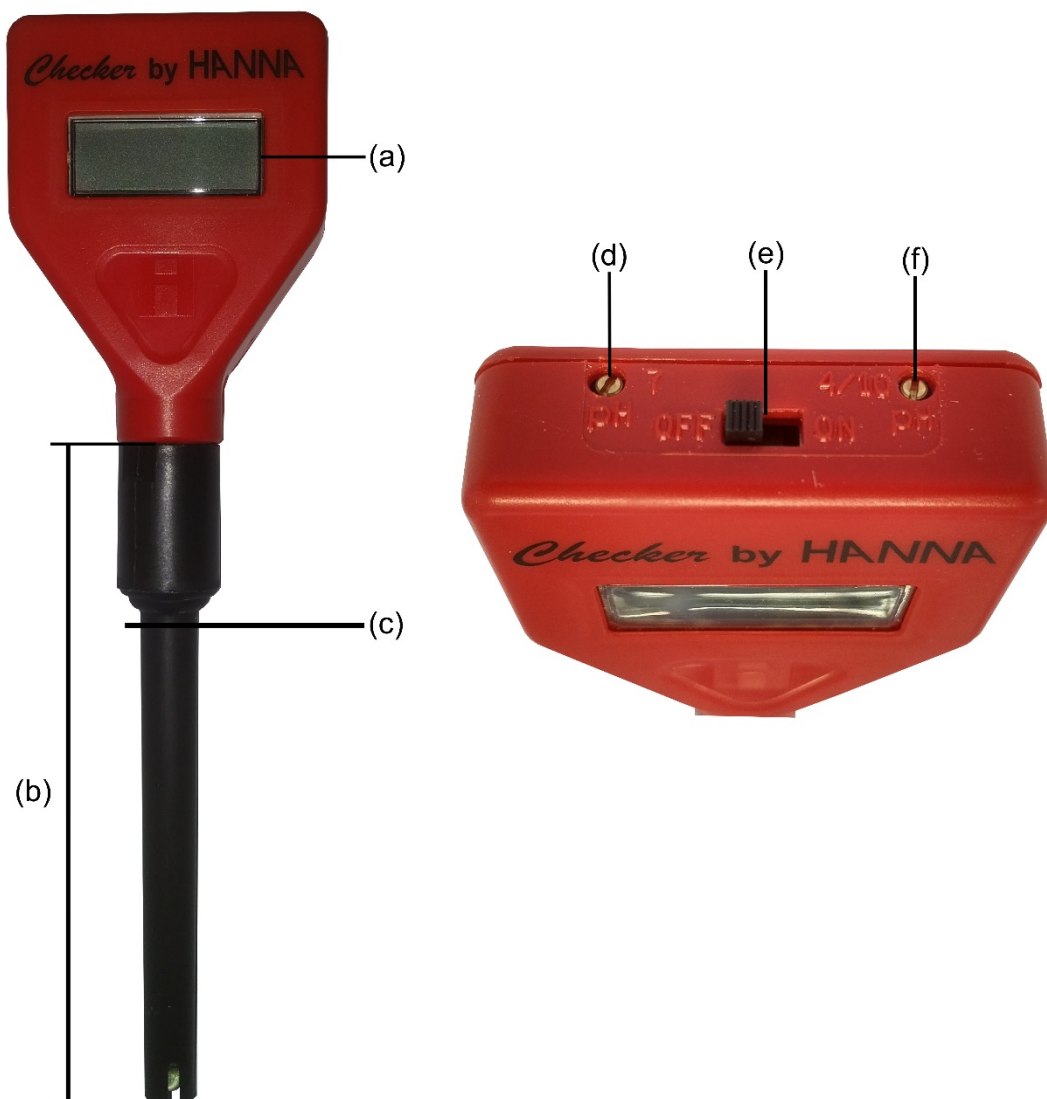


Abbildung 5.1: pH-Meter Hanna Checker®: (a) Anzeige, (b) pH-Sonde, (c) maximale Eintauchtiefe, (d) pH 7-Trimmer, (e) ON/OFF Schalter, (f) pH 4/10-Trimmer.

5.2 Standardisierung der 0,1 M NaOH-Maßlösung

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.

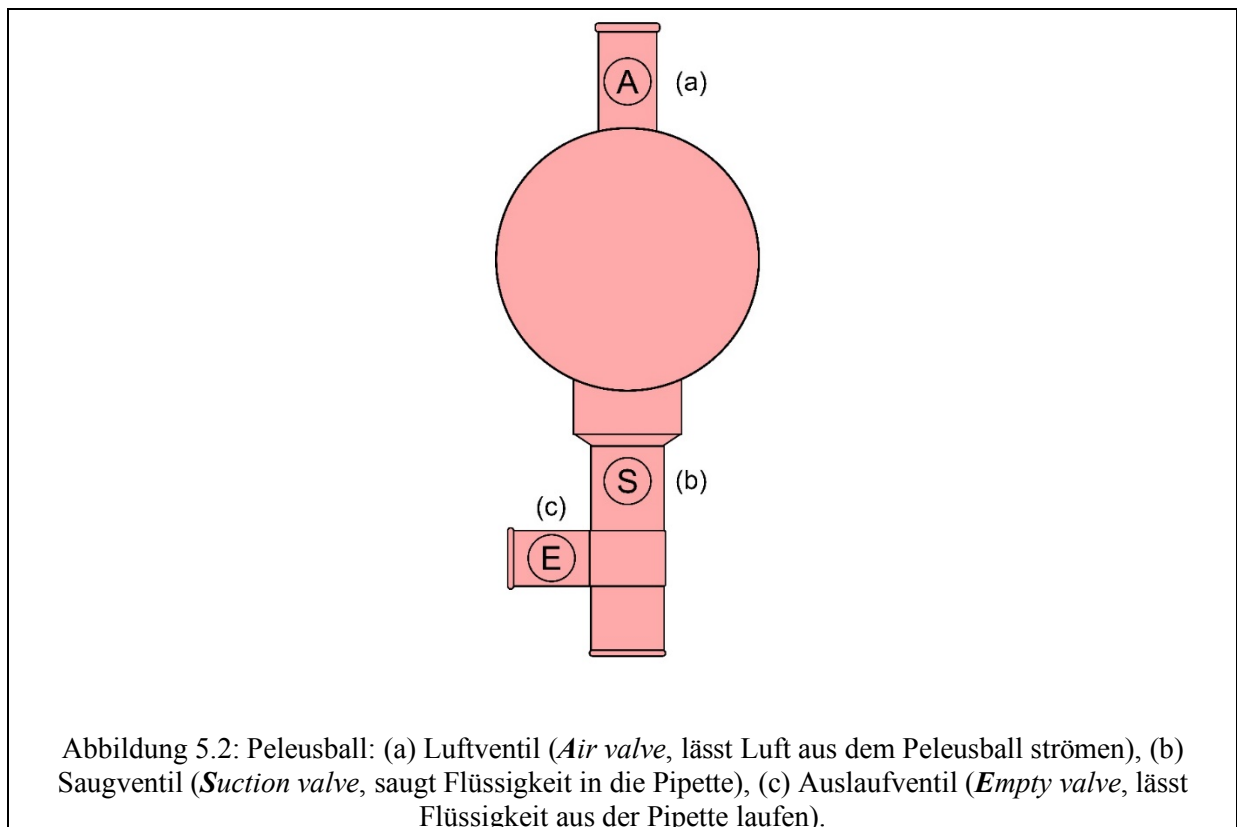
Spült die Bürette mindestens einmal mit der 0,1 M NaOH. Je nach Bedarf könnt ihr sie dafür herunterfahren oder aus dem Stativ nehmen. Füllt die Bürette anschließend bis über die 0,00 mL Markierung und befestigt sie wieder in der Halterung am Stativ (falls nötig). Lasst überschüssige Flüssigkeit (in das 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 die Pipettierhilfe (Abb. 5.2) und die 20,0 mL Pipette, um 20,0 mL der 0,1000 M HCl-Lösung in das 100 mL Becherglas mit dem Rührfisch zu überführen.

Sicherheitsanweisungen für das Pipettieren:

- Pipettieren mit dem Mund ist verboten!
- Steckt das obere Ende der Pipette vorsichtig in die untere Öffnung der Pipettierhilfe (Peleusball), sodass ihr die Glaspipette nicht zerbrecht.
- Lasst nicht zu, dass Flüssigkeit in den Peleusball gelangt.



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

Platziert das Becherglas auf dem Magnetrührer und schaltet den Rührer auf eine moderate Rührgeschwindigkeit.

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

Führt die Elektrode in die Flüssigkeit. Die Spitze der Elektrode sollte dabei vollständig in die Flüssigkeit eintauchen, sich aber oberhalb des Rührfischs befinden. Gebt gegebenenfalls zusätzliches entmineralisiertes Wasser hinzu.

Der Rührfisch 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.

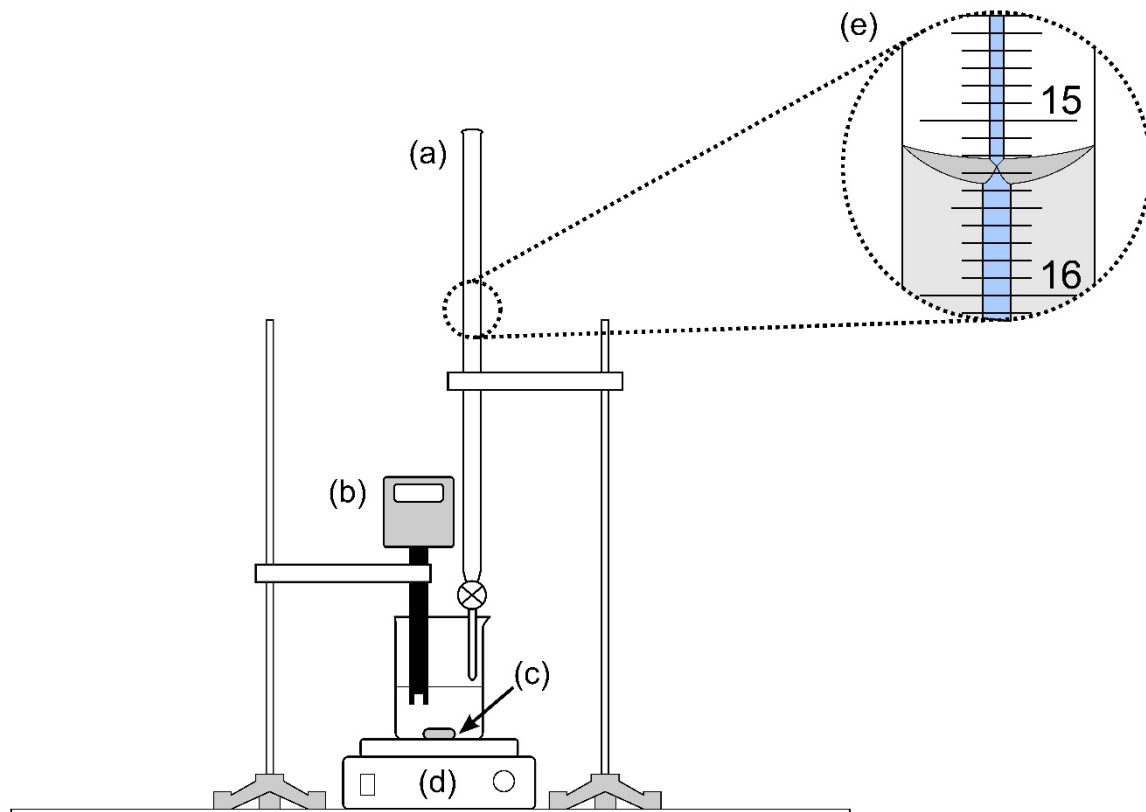


Abbildung 5.3: Versuchsaufbau für die Titration: (a) 25 mL Bürette (0,1 M NaOH), (b) pH-Meter, (c) Rührfisch, (d) Magnetrührer, (e) Erscheinungsbild des Meniskus am Schellbach-Streifen.

Aufgabe 5.2.1a

Notiert den pH-Wert, der sich bei jeder entsprechenden Zugabe der 0,1 M 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 ± 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, aber 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 entmineralisiertem Wasser gespült werden. Vermeidet eine Verschleppung durch den Rührfisch, indem ihr ihn während des Spülens im Becherglas lasst. **Achtet darauf den Rührfisch nicht zu verlieren.**

Aufgabe 5.2.1c – fakultative Titration

Ihr sollt 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 5.2.1c im Antwortbogen ein.**

❖ **Umkreist die beiden Titrationsen, die bewertet werden sollen im Antwortbogen unter Tabelle 5.2.1c.**

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 ΔpH und die Differenz der beiden Volumina ist ΔV . 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:

$$V_x = V_1 + \Delta V \frac{(\Delta(\Delta\text{pH}/\Delta V)/\Delta V)_1}{(\Delta(\Delta\text{pH}/\Delta V)/\Delta V)_1 - (\Delta(\Delta\text{pH}/\Delta V)/\Delta V)_2}$$

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 (also nicht zwingend alle!).

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 Äquivalentpunktes/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 eure beiden ausgewählten 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.

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			16,5	0,404
		17,25	1,373		
18,0	9,01			18,0	-0,427
		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				

$$V_x = 16.5 \text{ mL} + 1.5 \text{ mL} \frac{0.404}{0.404 - (-0.427)} = 17.23 \text{ mL}$$

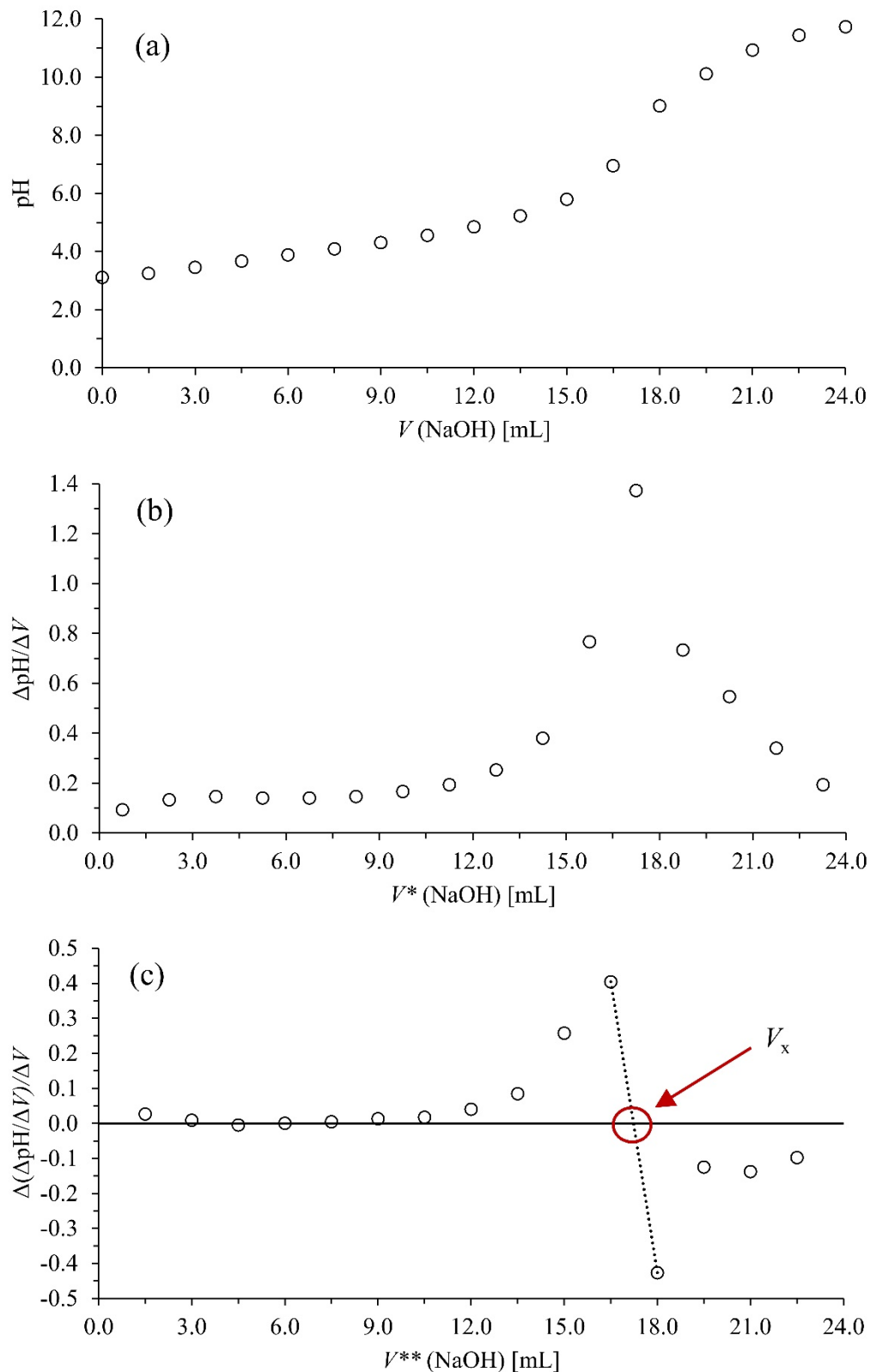


Abbildung 5.4: Beispiel (a) einer Titrationskurve; (b) der ersten Ableitung dieser Titrationskurve (V^* bedeutet Mittelwert V); (c) der zweiten Ableitung dieser Titrationskurve (V^{**} bedeutet Mittelwert(Mittelwert V)). Der Wendepunkt der Titrationskurve ist im Diagramm der zweiten Ableitung eingekreist.

5.3 Analyse einer Weinprobe

Gebt eine 20,0 mL-Weinprobe in ein 100 mL Becherglas mit Rührfisch.

Fügt entmineralisiertes Wasser in das 100 mL Becherglas 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 Probenlösung mit der standardisierten NaOH-Maßlösung und tragt die pH-Werte nach jeder NaOH-Zugabe 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).

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

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.

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

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

Aufgabe 5.3.1c – fakultative 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.**

❖ **Umkreist die beiden Titrationsen, die bewertet werden sollen im Antwortbogen unter Tabelle 5.3.1c.**

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 Wendepunkt für die Titration in Aufgabe 5.3.2 zu bestimmen, so setzt ersatzweise 30.0 mL als Wert für die weiteren Berechnungen ein.

Berechnet den Säuregehalt TA in Gramm Weinsäure pro Liter 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.

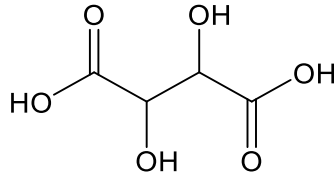


Abbildung 5.5: Strukturformel der Weinsäure.

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

❖ Berechnet die molare Masse der Weinsäure und tragt das Ergebnis unter 5.3.3 im Antwortbogen ein.

❖ 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 pH 4,00.

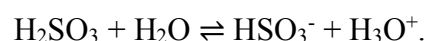
Messt den pH-Wert eurer *ursprünglichen* Weinprobe und tragt den pH-Wert im Antwortbogen ein.

❖ 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 (SO₂) wird aufgrund seiner antimikrobiellen und antioxidativen Eigenschaften in der Weinherstellung benutzt. Es liegt entweder an andere Stoffe gebunden (fixiertes SO₂) oder in freier Form (freies SO₂) im Wein vor. Das freie SO₂ im Wein wiederum liegt in molekularer Form (SO₂ (g) + H₂O ⇌ H₂SO₃ (aq)) und als Hydrogensulfit (HSO₃⁻) 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 Konzentrationen (γ^*) an freiem SO_2 , 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_2 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_2 für eure ursprüngliche Weinprobe.

❖ Tragt eure Antwort unter Aufgabe 5.4.2 im Antwortbogen ein.

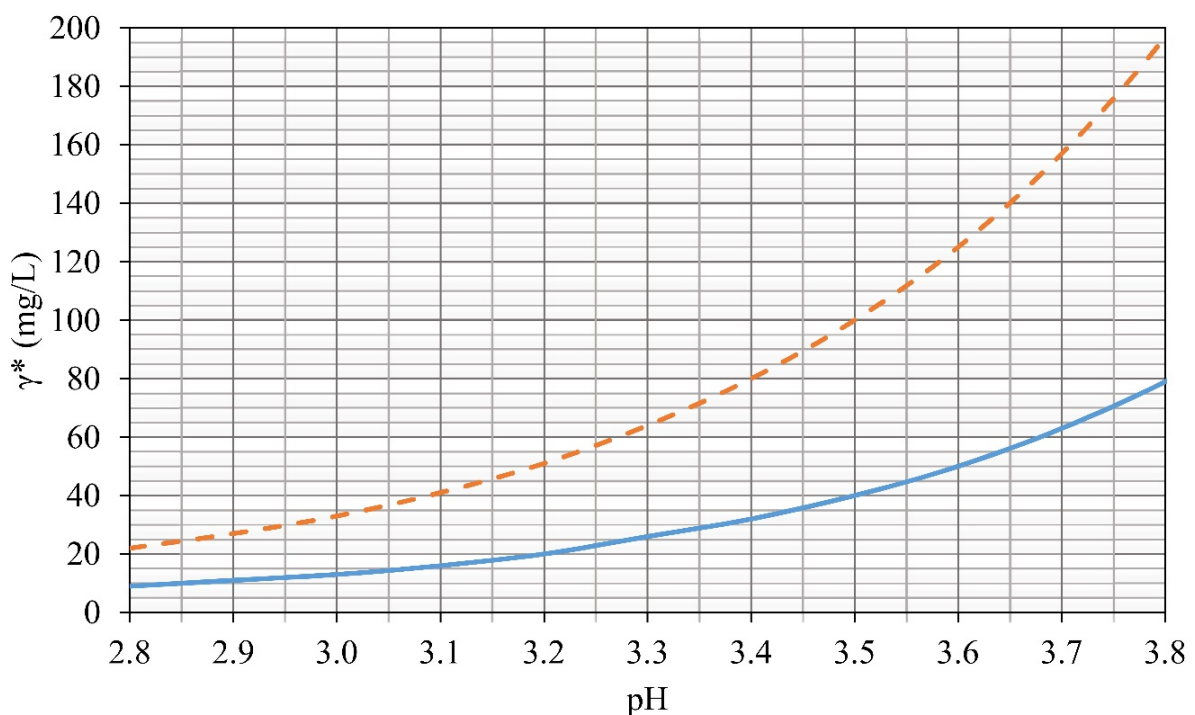


Abbildung 5.6: benötigte Konzentration an freiem SO_2 (γ^*) für eine Endkonzentration an molekularem SO_2 von 0.8 mg/L (durchgezogene blaue Linie) bzw. 2.0 mg/L (gestrichelte orange Linie) für den pH-Bereich von 2.8 bis 3.8.

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 entmineralisiertem 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 Φ , 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 Φ invers proportional zu Viskosität η und der Rohrlänge l . Es gilt also

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

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).**

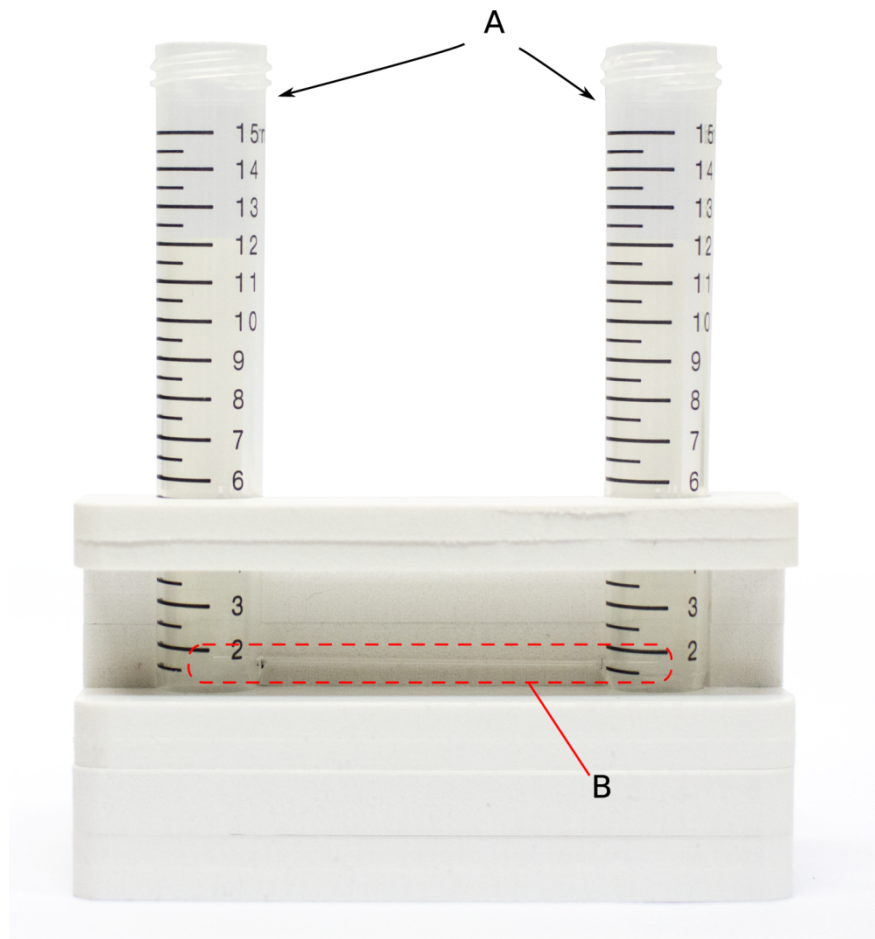


Abbildung 6.1: Viskosimeter, bestehend aus zwei Plastikgefäßen (A), verbunden mit einer Glaskapillare (B).

Die Summe $V_0 = V_1 + V_2$ der auf den beiden Gefäßen angegebenen Volumen V_1 und V_2 bleibt dabei konstant. Diese Relation wird später benötigt, um V_2 aus V_1 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 **entmineralisiertem 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 $V_1 = 8$ mL erreicht, lest den Wert V_2 an dem rechten Gefäß ab und bestimmt die Summe $V_0 = V_1 + V_2$. 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 ausmisst.

Dieser Wert für V_0 wird für alle weiteren Rechnungen verwendet. Solltet ihr diesen Schritt nicht hinbekommt, verwendet $V_0 = 15 \text{ mL}$ 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 entmineralisiertes 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 entmineralisiertem 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_0 . Daher beträgt das Volumen in dem zweiten Gefäß $V_2 = V_0 - V_1$ und die Volumendifferenz zwischen beiden Gefäßen $\Delta V = V_1 - V_2 = 2V_1 - V_0$. 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:

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

Dabei bezeichnet τ 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

$$\log_{10} \frac{\Delta V(t)}{\Delta V(t=0)} = -(\log_{10} 2) \cdot \frac{t}{\tau}. \quad (\text{Gl. 6.2})$$

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 Kürzere 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.

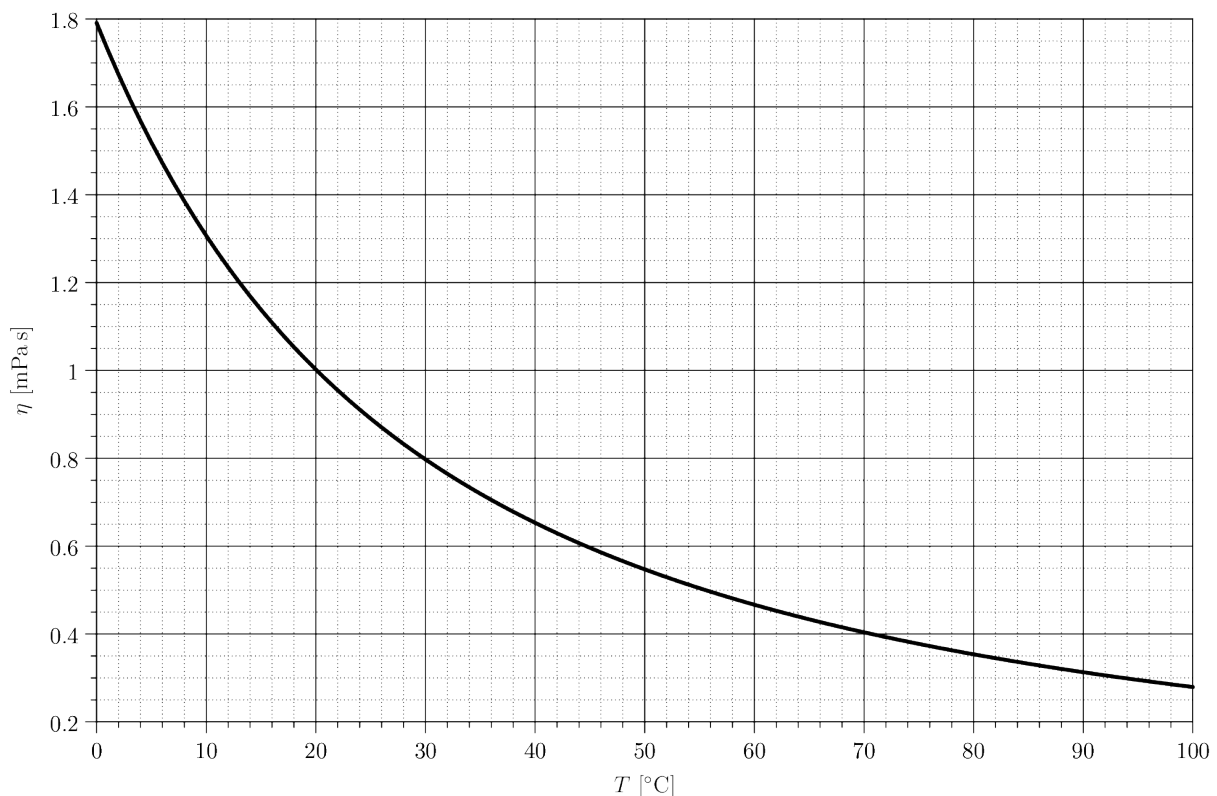


Abbildung 6.2: Viskosität von Wasser in Abhängigkeit von der Temperatur.

❖ 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 $V_0 = 50$ mL.

Table 6.1: Stefans Messwerte für die Viskosität von Zuckerwasser

V_1	$\log_{10} \frac{\Delta V(t)}{\Delta V(t = 0 \text{ s})}$	Zeit (entmineralisiertes 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

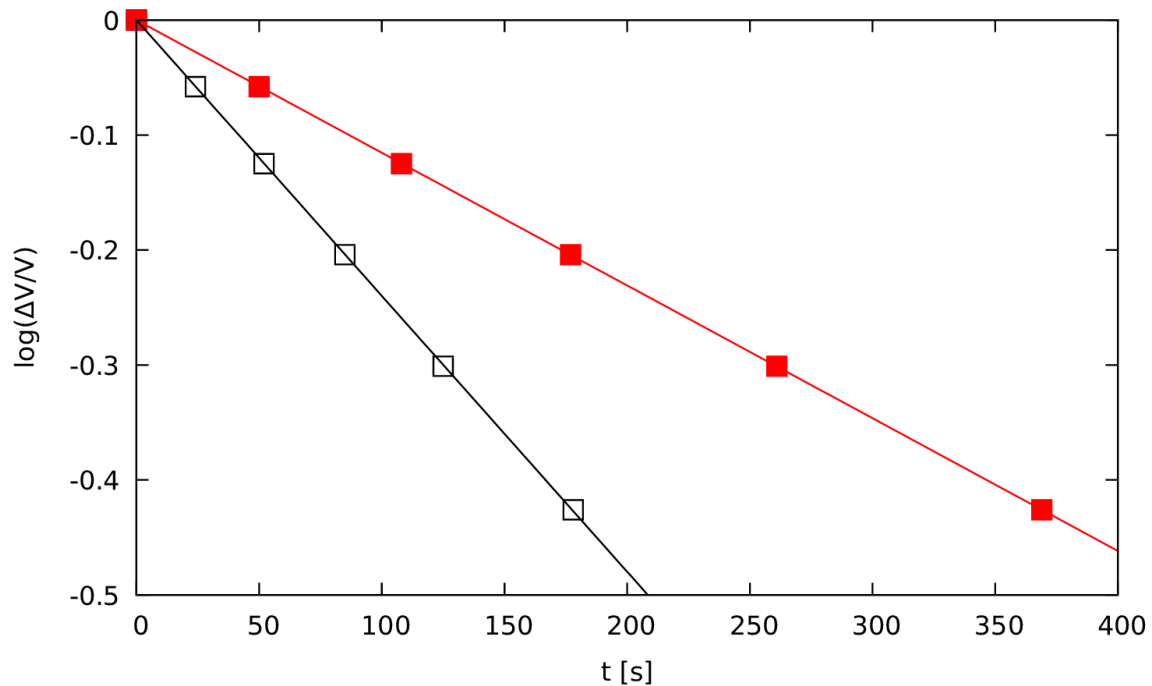


Abbildung 6.3: Darstellung von Stefans Messwerten mit Ausgleichsgeraden. Gefüllte rote Quadrate ■ stellen die Messwerte für Zuckerwasser dar und ungefüllte schwarze Quadrate □ die für entmineralisiertes Wasser.

Tabelle 6.2: Stefans Berechnungen für entmineralisiertes Wasser und Zuckerwasser.

Flüssigkeit	Steigung [s^{-1}]	Halbwertszeit τ [s]	Viskosität [mPa s]
Entmineralisiertes 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 (nächste Seite) 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.

Entmineralisiertes Wasser:

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

$$k = \frac{\tau_{\text{Wasser}}}{\eta_{\text{Wasser}}} = \frac{126 \text{ s}}{0,89 \text{ mPa s}} = 141,6 \text{ mPa}^{-1} \quad (2)$$

Zuckerwasser:

$$k = \frac{-0,23 - (-0,06)}{200 \text{ s} - 50 \text{ s}} = -0,00113 \text{ s}^{-1} \quad (3)$$

$$\tau_{\text{Zuckerwasser}} = -\frac{\log_{10} 2}{k} = 266 \text{ s} \quad (4)$$

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

$$\eta_{\text{Zuckerwasser}} = \frac{\tau_{\text{Zuckerwasser}}}{k} = \frac{266 \text{ s}}{-0,00113 \text{ s}^{-1}} \quad (6)$$

$$\eta_{\text{Zuckerwasser}} = -235398 \text{ s}^2 \quad (7)$$

❖ **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 Glas 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 (25µL Mikropipetten)
- 6 Petrischalen
- 1 Packung Papiertücher
- Spritzflasche mit entmineralisiertem 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 entmineralisiertes 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 (entmineralisiertes 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.

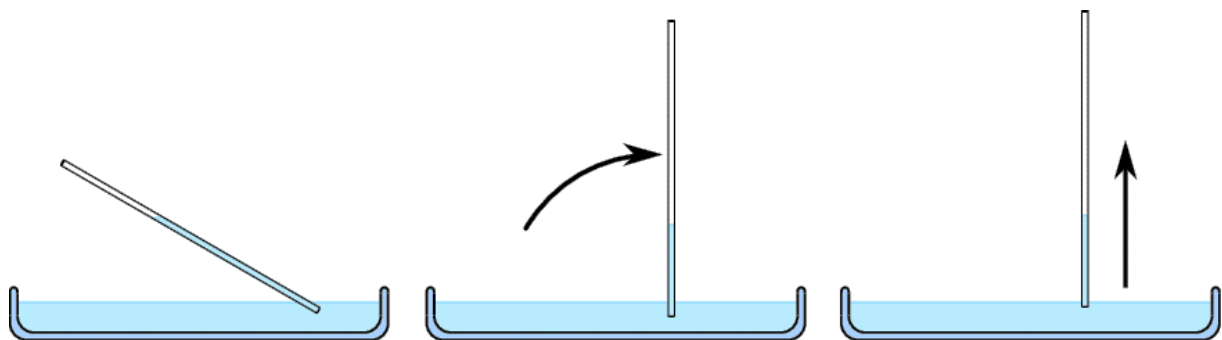


Abbildung 7.1: Messung der Kapillarwirkung

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 entmineralisiertem Wasser in eurem Labor beträgt 72.0 mN/m, und vorausgesetzt, dass die Steighöhe der Flüssigkeit **linear proportional** zur **Oberflächenspannung** ist, berechnet die Oberflächenspannung γ 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** ρ und **Oberflächenspannung** γ 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 °C), gelten die folgenden Gleichungen für Röhrchen, 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 μm beträgt?

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

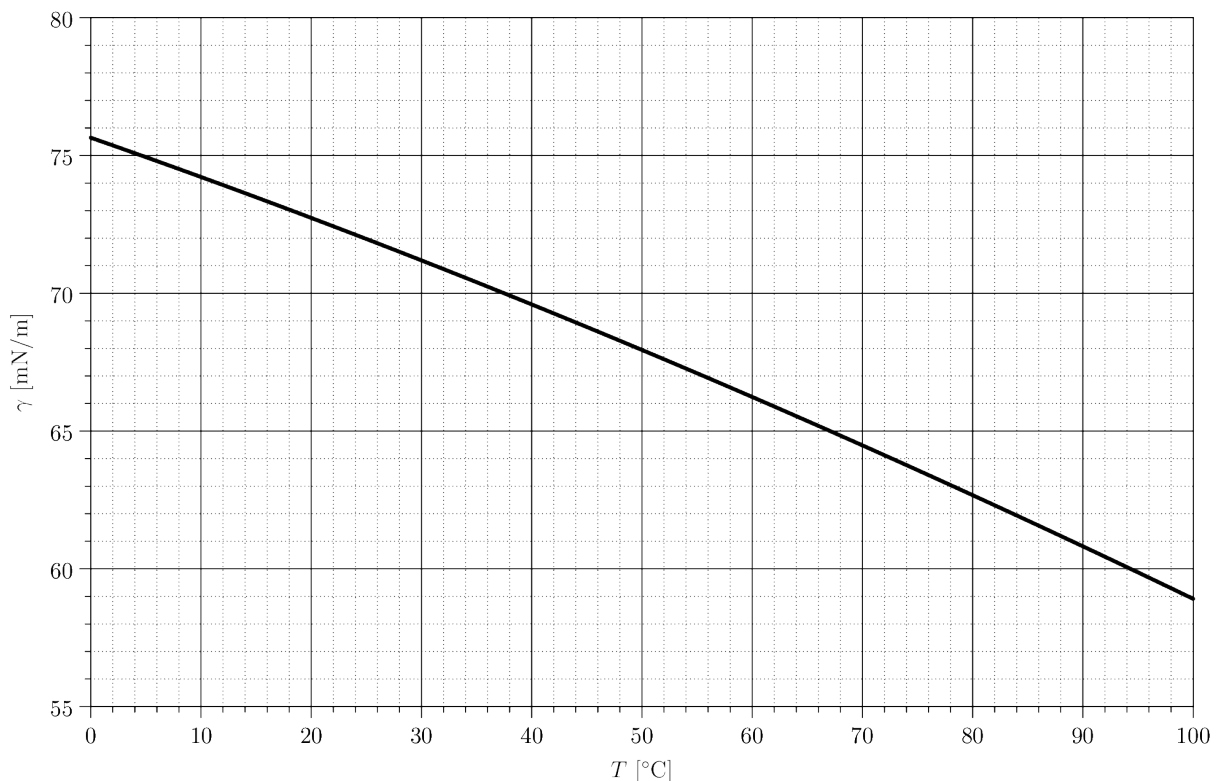
Frage 7.2.2

Die 25 μL 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 μL 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 γ 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.**