



LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère de l'Éducation nationale,
de l'Enfance et de la Jeunesse



Fonds National de la
Recherche Luxembourg

andré losch
FONDATION

FVEMT
FONDATION VEUVE
EMILÉ METZ-TESCH

ABIOL
Association des Biologistes
Luxembourgeois



15. Lëtzebuerger Naturwëssenschaftsolympiad

Finalrunde: Donnerstag, den 3. März 2022

Lycée Michel-Rodange, Luxembourg



Aufgabenbogen

Vorsichtsmaßnahmen

1. Tragt Laborkittel und Schutzbrillen während des gesamten Aufenthalts im Labor.
2. Bei der Arbeit mit sehr ätzenden Chemikalien sollen Einweghandschuhe getragen werden.
3. Essen und Trinken im Labor ist nicht gestattet.
4. Wenn Material zerbricht, sofort einem Jurymitglied Bescheid geben.
5. Den Anweisungen der Jurymitglieder ist immer Folge zu leisten.

Hinweise zu den Aufgaben

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

Versuch I:	Gesamtsäuremessung und Kalkentsäuerung	(24 P.)
Versuch II:	Bestimmung des Zuckergehaltes	(8 P.)
Versuch III:	Entkorken mit Hilfe einer kraftumformenden Einrichtung	(9 P.)
Versuch IV:	Spezifische Wärmekapazität von Glühwein	(12 P.)
Versuch V:	Schallgeschwindigkeit in der Luft	(11 P.)
Versuch VI:	Mikroskopischer Schnitt durch die Weinrebe – eine Rankenpflanze (Liane)	(11 P.)
Versuch VII:	Die Traube und ihr Saft, Rohstoff für die Weinherstellung	(9 P.)
Versuch VIII:	Abbau von Alkohol in der Leber	(12 P.)
Arbeitsablauf, Sauberkeit, Organisation, Teamfähigkeit:		(4 P.)

Gesamtpunktzahl: (100 P.)

Wein – chemisch betrachtet

(inspiriert von Lisa Schmidt: *Wichtige Inhalte des Chemieunterrichts anhand des Beispiels „Von der Weintraube zum Wein“* und Astrid Müller: *Untersuchung von Weißweinen auf den Gehalt an Weinsäure vor dem Hintergrund des Gesamtsäuregehaltes*)

Hintergrundinformationen

Der Geschmack des Weins wird unter anderem von seinem Säure- und seinem Zuckergehalt beeinflusst, da diese den sauren bzw. süßen Charakter des Weins bestimmen. Bedeutend für den Geschmack ist es also „die richtige Balance“ zwischen der Säure und der Süße zu finden.

Material:

Schutzbrille, Heizplatte, 50 mL-Bürette, Stativ, Bürettenklemme, Pipettierhilfe, 2x 25 mL-Vollpipette, Weithals-Erlenmeyerkolben, Bechergläser (600 mL, 400 mL, 250 mL, 100 mL), Reagenzglasgestell mit Reagenzgläsern, Glasstab, pH-Streifen, Messzylinder (100 mL, 2x 25 mL), 3 Siedesteinchen im Rollrandglas, 2x 3 mL-Kunststoffpipette, Küchenrolle.

Am Gemeinschaftsplatz: Waage, Plastischale, Spatel, Entsorgungsgefäße „Abfall: Chemie Versuch I“ und „Abfall: Chemie Versuch II“, Eisbad (falls an eurem Platz kein Wasserhahn sein sollte).

Chemikalien:

250 mL Wein (Elbling), Natronlauge in der Bürette ($c(\text{NaOH}) = 0,33 \text{ mol/L}$) (kann bei Bedarf aufgefüllt werden: Jurymitglied fragen), Bromthymolblau-Lösung, destilliertes Wasser, Fehling I und Fehling II Lösungen, auf 3 Reagenzgläser verteilt: saure Lösung (*sL*), alkalische (*frz. basique*) Lösung (*aL*) und neutrale Lösung (*nL*).

Am Gemeinschaftsplatz: Calciumcarbonat (Kalk).

Versuch I: Gesamtsäuremessung und Kalkentsäuerung (24 P.)

Hintergrundinformationen: Säure im Wein und Kalkentsäuerung

Wein enthält mehrere Säuren: Weinsäure, Zitronensäure, Äpfelsäure, Essigsäure, Milchsäure, Buttersäure, Gluconsäure, Bernsteinsäure usw. Die wichtigsten Säuren im Wein bilden die Äpfelsäure und die Weinsäure. Mit einer Titration (siehe unten) kann man aber nicht die Konzentration einer einzigen Säure bestimmen, sondern man kann nur den Gesamtsäuregehalt des Weins bestimmen. Mit Gesamtsäure sind alle Säuren gemeint, deren Gehalt durch eine Titration bestimmt werden kann. Die Konzentration an Gesamtsäure eines Weins liegt in der Regel im Bereich zwischen 4 g/L und 8 g/L.

Möchte man die Konzentration an Gesamtsäure im Wein senken, z. B., um den Geschmack zu verändern, so kann man Kalk (Calciumcarbonat) hinzugeben. Dieser reagiert mit der Säure und sorgt somit dafür, dass die Konzentration an Säure sinkt und der pH-Wert steigt. Man spricht dann von Entsäuerung.

Die Formel zur Berechnung der Masse an Kalk lautet:

$$\text{Masse an Kalk [g]} = \text{Entsäuerung [g/L]} \cdot \text{Volumen an Wein [L]} \cdot 0,67$$

Aufgabe I.1.: Vervollständigt die folgende Tabelle auf dem Antwortbogen. Bei der Skelettformel werden C-Atome, sowie Bindungen zwischen C- und H-Atomen nicht dargestellt.

Name	Weinsäure	Äpfelsäure	Zitronensäure	Essigsäure
Skelettformel				
Summenformel	C ₄ H ₆ O ₆	C ₄ H ₆ O ₅		C ₂ H ₄ O ₂

⇒ **Antwortbogen: I.1.**

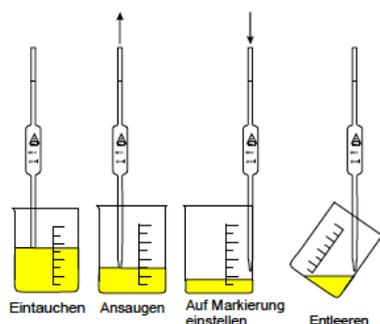
Ziel des Versuchs

Bei diesem Versuch geht es darum, zuerst den Gehalt an Gesamtsäure in einem Wein per Titration zu bestimmen, dann den Wein mithilfe von Kalk zu entsäuern und anschließend die neue Gesamtsäurekonzentration wiederum per Titration zu bestimmen. Stark vereinfacht gesehen reagiert die Gesamtsäure im Wein bei der Titration mit der Natronlauge zu einer neutralen Salz-Lösung:

Wortgleichung: Gesamtsäure + Natronlauge → Salz + Wasser

Hintergrundinformationen: Erläuterungen zum Pipettieren

Die Pipette steckt man vorsichtig bis zum leichten Widerstand in die konische Öffnung der Pipettierhilfe. Dann taucht man die Pipette mit der Spitze tief in die Flüssigkeit ein und saugt die Flüssigkeit bis über die Markierung hinaus an. Auf keinen Fall darf hierbei Lösung in die Pipettierhilfe gelangen! Dann lässt man die Lösung zunächst bis zum Meniskus ins Arbeitsgefäß ab. Dann wird die Lösung vollständig ins gewünschte Gefäß überführt. Um eine Pipette vollständig zu entleeren, wird ihre Spitze noch etwa 15 bis 30 Sekunden nach der Abgabe der Flüssigkeit gegen die Gefäßwand gehalten. Die Pipette sollte dabei senkrecht gehalten werden. Der dann in der Spitze verbleibende Flüssigkeitsrest darf nicht mehr entfernt werden, da er bei der Eichung auf Auslauf schon berücksichtigt wurde.



© www.chemie.uni-mainz.de

Pipettierhilfe:



1. Bei gedrücktem Knopf aus oberem Griff Luft durch leichtes Drücken auslassen
2. Pipette in die Flüssigkeit tauchen.
3. Das Ventil langsam nach oben drücken und so die Flüssigkeit bis zum gewünschten Volumen aufsaugen.
4. Das Ventil langsam nach unten drücken und so die Flüssigkeit entlassen

© Mme Claudine Cillien

📖 Hintergrundinformationen: Erläuterungen zur Titration

Die Titration ist ein Verfahren, bei dem man die unbekannte Konzentration einer Lösung durch Zugabe einer geeigneten Titrierlösung bekannter Konzentration bestimmen kann. Das Ende der Reaktion (Äquivalenzpunkt oder Endpunkt) wird mithilfe eines Farbindikators sichtbar gemacht.

Das wichtigste Arbeitsgerät bei einer Titration ist die Bürette. Diese wird mit der Titrierlösung, gefüllt, von der die genaue Konzentration bekannt ist. Zur Titration misst man mithilfe einer Vollpipette ein bestimmtes Volumen der Lösung unbekannter

Konzentration und gibt dieses in einen Erlenmeyerkolben. Man fügt etwas Farbindikator hinzu. Nun lässt man die Titrierlösung zu der unbekannt Lösung hinzutropfen, bis zum Farbwechsel des Farbindikators.

Nach dem Ablesen des Volumens der zugegebenen Titrierlösung an der Bürette kann man die Stoffmenge des Stoffes in der Titrierlösung berechnen und mithilfe der Reaktionsgleichung die Konzentration der unbekannt Lösung ermitteln.

Titrierlösung:
c bekannt und V wird gemessen

Probelösung:
c unbekannt und V bekannt



☠️ Achtung!

Die Natronlauge ist eine ätzende Chemikalie, deshalb müsst ihr sehr sorgfältig arbeiten und unbedingt eine Schutzbrille tragen!



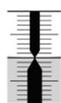
✂️ Versuchsdurchführung – Titration - Teil 1

1. Gebt die 250 mL Wein in das 400 mL-Becherglas und erhitzt den Wein auf mittlerer Heizstufe während 10 Minuten. Achtet darauf, dass der Wein nicht siedet. Während dieser Zeit sollte Punkt 2 durchgeführt werden.
⇒ **Antwortbogen: I.2.: Weshalb muss der Wein eurer Meinung nach erhitzt werden und weshalb darf der Wein jedoch nicht zum Sieden gebracht werden?**
2. Gebt zum Inhalt der 3 Reagenzgläser (sL, aL, nL) je einen Tropfen Bromthymolblau-Lösung und beobachtet die Farben.
⇒ **Antwortbogen: I.3.: Beobachtungen notieren.**
3. Nachdem die 10 Minuten um sind, kühlt den Wein ab (bis er nicht mehr merklich warm ist), indem ihr das Becherglas unter fließendes Leitungswasser haltet oder in das Eisbad eintaucht am Gemeinschaftsplatz. (Becherglas anschließend abtrocknen) **ACHTUNG:** Heizplatte ausschalten!
4. Messt mithilfe einer Vollpipette und der Pipettierhilfe genau 25 mL Wein ab und gebt sie in den Erlenmeyerkolben.
5. Spült die Wände des Erlenmeyerkolbens mit ein wenig destilliertem Wasser ab, damit kein Wein mehr an ihnen klebt.
6. Gebt zum Wein im Erlenmeyerkolben 3-4 Tropfen Bromthymolblau-Lösung hinzu. Bromthymolblau ist der Farbindikator für diese Titration.
7. Eine 50 mL-Bürette wurde bereits für euch vorbereitet. Sie wurde an einem Stativ befestigt, enthält Natronlauge ($c(\text{NaOH}) = 0,33 \text{ mol/L}$) und der Flüssigkeitsstand ist auf die obere Nullmarke eingestellt.

8. Stellt durch vorsichtiges Drehen des Bürettenhahns eine mittlere Tropfgeschwindigkeit ein. Ihr müsst hierbei einzelne Tropfen beobachten können und schwenkt den Erlenmeyerkolben hin und her, so dass die Natronlauge mit der Säure im Wein reagieren kann.
9. Lasst die Natronlauge so lange hinzutropfen, bis Bromthymolblau mit der vorher ermittelten Farbe DAUERHAFT anzeigt, dass eine neutrale Lösung entstanden ist. Dann müsst ihr die Titration stoppen und den Bürettenhahn SOFORT zudrehen. Es ist also wichtig, die Tropfgeschwindigkeit zum Ende hin (wenn die Farbveränderung nicht mehr sofort verschwindet) zu reduzieren.

⇒ **Antwortbogen: I.4.-I.5.: Beobachtungen notieren und einem Jurymitglied die Endfarbe der Lösung zeigen.**

10. Eine gute Hilfe beim Ablesen des Volumens ist ein schmaler Farbstreifen an der inneren weißen Rückwand der Bürette (Schellbach-Streifen). Habt ihr das Auge auf der Höhe des Flüssigkeitsspiegels, so seht ihr an der Meniskusfläche eine deutliche Einschnürung/Verengung des Streifens (oberhalb des Flüssigkeitsspiegels erscheint er schmaler als in der Flüssigkeit), die euch ein sehr genaues Ablesen des Volumens erlaubt.



Richtig ablesen!

⇒ **Antwortbogen: I.6.-I.7.: notiert $V_1(\text{NaOH})$ in der Tabelle und lasst euren Wert von einem Jurymitglied kontrollieren.**

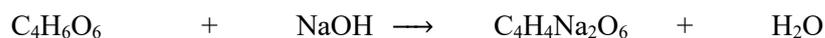
11. Der Erlenmeyerkolben wird sorgfältig mit Wasser gespült und außenherum getrocknet.
12. Die Punkte 4-11 werden noch zweimal wiederholt und die Volumina werden ebenfalls in der Tabelle I.6. notiert. Weichen diese beiden Messungen stark voneinander ab, ist eine weitere Titration empfohlen.

⇒ **Antwortbogen: I.6.: notiert $V_2(\text{NaOH})$ und $V_3(\text{NaOH})$ in der Tabelle. Falls eine weitere Titration nötig war, notiert auch $V_4(\text{NaOH})$.**

Aufgabenstellung – Titration – Teil 1

I.8. Berechnungen (Rechenweg, Formeln und Einheiten mit angeben!)

- Berechnet den durchschnittlichen Verbrauch (Volumen) an Natronlauge (sollte ein Wert zu weit von den anderen abweichen, so wird dieser Wert bei der Berechnung ignoriert).
- Berechnet die Stoffmenge (n in mol) an Natronlauge.
- Berechnet die Stoffmengenkonzentration an Gesamtsäure. (siehe Wortgleichung)
- Wenn wir davon ausgehen würden, dass die einzige Säure im Wein, Weinsäure wäre, dann würde die Reaktionsgleichung folgendermaßen lauten:



Gleicht diese Reaktionsgleichung aus.

- Berechnet mithilfe der Reaktionsgleichung die Massenkonzentration **WS** (in g/L) an Weinsäure im Wein. Ein Periodensystem findet ihr im Antwortbogen.

⇒ **Antwortbogen: I.8.**

I.9.: Berechnet die Masse an Kalk, die benötigt wird, um 100 mL Wein um 2 g/L zu entsäuern. Lasst den Wert von einem Jurymitglied überprüfen.

⇒ **Antwortbogen: I.9.**

✂ Versuchsdurchführung – Kalkentsäuerung und Titration - Teil 2

1. Taucht einen pH-Streifen in den Wein und notiert euch den pH-Wert.

⇒ **Antwortbogen: I.10.: pH-Wert notieren.**

2. Am Gemeinschaftsplatz: wiegt die oben berechnete Masse an Kalk in einer Plastikschaale ab und gebt sie anschließend in das 250 mL-Becherglas.

3. Messt 100 mL Wein mit dem 100 mL-Messzylinder ab und gebt sie in das Becherglas zum Kalk.

⇒ **Antwortbogen: I.11.: Beobachtungen notieren.**

4. Rührt so lange mit dem Glasstab, bis die Lösung wieder klar und der Kalk nicht mehr zu sehen ist.

5. Messt erneut den pH-Wert und notiert euch den pH-Wert.

⇒ **Antwortbogen: I.10.: pH-Wert notieren.**

6. Führt jetzt die oben beschriebene Titration mit dem entsäuerten Wein 3-mal durch und spült den Erlenmeyerkolben zwischendurch gut durch. Benutzt hierfür die noch unbenutzte Vollpipette.

⇒ **Antwortbogen: I.12.: Volumen an NaOH notieren.**

7. Wenn alle Titrations durchgeführt worden sind: lasst den Inhalt der Bürette komplett in den Erlenmeyerkolben ablaufen und spült die Bürette mit destilliertem Wasser 2-mal gut durch.

8. Gebt die gesammelte Lösung am Gemeinschaftsplatz in das dafür vorgesehene Entsorgungsgefäß „Abfall: Chemie Versuch I“, spült den Erlenmeyerkolben mit Leitungswasser und trocknet ihn außen herum ab. Auch der Inhalt der 3 Reagenzgläser (sL, aL, nL) kann in das Entsorgungsgefäß „Abfall: Chemie Versuch I“ gegeben werden.

9. Der entsäuerte Wein kann nach diesem Versuch in den Abfluss gegeben werden. Der restliche Wein wird noch für Versuch II benötigt.

✂ Aufgabenstellung – Kalkentsäuerung und Titration - Teil 2

I.13. Berechnungen (Rechenweg, Formeln und Einheiten mit angeben!)

a. Berechnet den durchschnittlichen Verbrauch (Volumen) an Natronlauge (sollte ein Wert zu weit von den 2 anderen abweichen, so wird dieser Wert bei der Berechnung ignoriert).

b. Berechnet mithilfe der Reaktionsgleichung die Massenkonzentration (in g/L) an Weinsäure im entsäuerten Wein.

c. Welchen Wert hätte man finden müssen?

⇒ **Antwortbogen: I.13.**

Versuch II: Bestimmung des Zuckergehaltes (8 P.)

📖 Hintergrundinformationen: Einteilung der Weine

Bei der Gärung wird der Zucker aus den Trauben in Ethanol (Alkohol) und Kohlenstoffdioxid umgewandelt. Der nicht umgewandelte Zucker, der im Wein übrigbleibt, wird als Restzucker (RZ) bezeichnet. Je nach Restzuckergehalt kann man den Wein in folgende Geschmacksrichtungen einteilen:

trocken	RZ < 4 g/L	ODER	$RZ \text{ (g/L)} \leq (WS \text{ (g/L)} + 2)$ und $RZ_{\max} = 9 \text{ g/L}$
halbtrocken	nicht trocken und $RZ < 12 \text{ g/L}$	ODER	$RZ \text{ (g/L)} \leq (WS \text{ (g/L)} + 10)$ und $RZ_{\max} = 18 \text{ g/L}$
lieblich	nicht halbtrocken und $RZ \leq 45 \text{ g/L}$		
süß	$RZ > 45 \text{ g/L}$		

Die Menge an Glucose kann mit der Fehling-Reaktion bestimmt werden. Bei dieser Reaktion werden nämlich Cu^{2+} -Ionen (sie sind für die blaue Farbe der Fehlingschen Lösung verantwortlich) zu dem roten unlöslichen Feststoff Kupfer(I)-oxid Cu_2O umgewandelt. Die Menge an Kupfer(I)-oxid kann also Auskunft über die Menge an Glucose, also dem Restzucker, im Wein geben.

1 mL Fehlingsches Reagenz oxidiert 12,6 mg Glucose.

Ziel des Versuchs

Bei diesem Versuch wird zu der gleichen Menge an Wein unterschiedliche Mengen an Fehlingschem Reagenz hinzugegeben. Ist kein Blau mehr zu erkennen so haben alle Cu^{2+} -Ionen reagiert. Weist die Lösung nach der Reaktion jedoch noch eine grün-blaue Färbung auf, so hat die Glucose aus dem Wein vollständig reagiert, aber die Cu^{2+} -Ionen nicht. So kann man den Zuckergehalt des Weins über die Farbreaktion mit dem Fehlingschen Reagenz bestimmen.

☠️ Achtung!

Auch das Fehlingsche Reagenz enthält ätzende Natronlauge, deshalb müsst ihr sehr sorgfältig arbeiten und unbedingt eine Schutzbrille tragen!



✂️ Versuchsdurchführung

- Bereitet zuerst ein Wasserbad vor: füllt dafür ein 600 mL-Becherglas ungefähr zur Hälfte mit Leitungswasser, stellt es auf die Heizplatte und stellt diese auf die höchste Heizstufe ein.
- Gebt die 3 Siedesteinchen hinzu.
- Messt mit den 25 mL-Messzylindern je 12 mL Fehling I und Fehling II Lösung ab und vermischt die 2 Lösungen in dem 100 mL-Becherglas. Die nun entstandene Lösung nennt sich Fehlingsches Reagenz.
⇒ **Antwortbogen: II.1.: Beobachtungen notieren.**
- Gebt mithilfe einer Kunststoffpipette genau je 2,5 mL Wein in 6 Reagenzgläser.
- Gebt mithilfe der anderen Kunststoffpipette zum Inhalt des 1. Reagenzglases 1 mL Fehlingsches Reagenz hinzu, zum 2. Reagenzglas 2 mL, zum 3. 3 mL, ..., zum 6. 6 mL.
- Stellt die 6 Reagenzgläser ins Wasserbad.

7. Nehmt die Reagenzgläser nach 10 Minuten heraus und stellt sie im Gestell ab.
⇒ **Antwortbogen: II.2.: Beobachtungen notieren.**
8. Gebt den Rest des Fehlingschen Reagenzes sowie den Inhalt der 6 Reagenzgläser nach dem Abkühlen in das Entsorgungsgefäß „Abfall: Chemie Versuch II“.

Aufgabenstellung

- II.3.** Welche Masse an Zucker erhält der Wein mindestens pro L (RZ_{\min})? Gebt eure Berechnungen an.
- II.4.** Zu welcher Geschmacksrichtung würde man diesen Wein aufgrund seines Mindestgehalts an Zucker also zählen? Begründet eure Antwort.
- II.5.** Wie korrekt ist diese Zuordnung im vorliegenden Fall?
- II.6.** Die Gleichung der Fehling-Reaktion lautet:
- $$C_6H_{12}O_6 + [CuC_4H_4O_6] + OH^- \longrightarrow C_6H_{11}O_7^- + Cu_2O + H_2O + C_4H_4O_6^{2-}$$
- Versucht die Gleichung auszugleichen und achtet nicht nur auf die gleiche Atomanzahl auf beiden Seiten, sondern auch darauf, dass die Gesamtladung vor und nach der Reaktion gleich ist.

⇒ **Antwortbogen: II.3.-II.6.**

Wein – physikalisch betrachtet

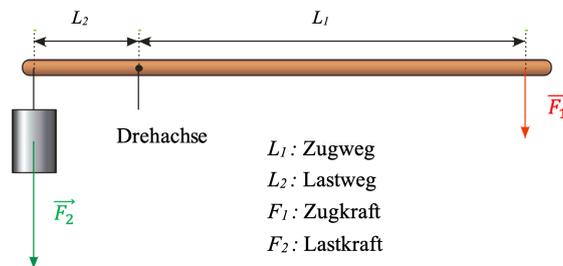
Versuch III: Entkorken mit Hilfe einer kraftumformenden Einrichtung (9 P.)

📖 Hintergrundinformationen: Theoretische Grundlagen

In Korkenziehern werden nicht selten die Hebelgesetze zur Verringerung der notwendigen Kraft genutzt. Im Alltag spielt der Hebel als einer der wichtigsten Kraftwandler eine große Rolle und war schon früh als Hilfsmittel zu einem sinnvollen Einsatz der Muskelkraft bekannt.

Als **Hebel** bezeichnet man einen festen (oft stabförmigen) Körper, der sich um eine feste Achse drehen kann und der es erlaubt Kräfte zu übertragen (um z. B. Lasten zu heben). Diese Achse nennt man auch noch **Drehachse**.

Die Entfernung L_2 von der Drehachse zur Last heißt **Lastweg**, die Entfernung L_1 von der Drehachse zum Angriffspunkt der Kraft heißt **Zugweg**.

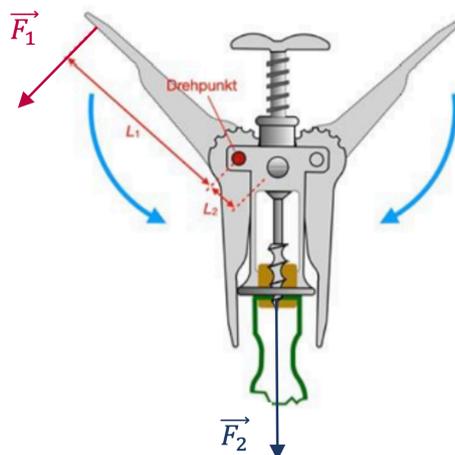


Im Allgemeinen gilt folgendes Hebelgesetz:

$$F_1 \cdot L_1 = F_2 \cdot L_2$$

Ziel des Versuchs

Mit Hilfe eines Flügelkorkenziehers soll das Verhältnis von „Zugkraft F_1 “ und „Lastkraft F_2 “ bestimmt werden.



✂ Versuchsdurchführung

Es soll immer ein Gleichgewicht am Flügelkorkenzieher hergestellt werden. Mit beiden Dynamometern soll die Zugkraft F_1 an beiden Flügeln gemessen werden, die nötig ist, um den Flügelkorkenzieher im Gleichgewicht zu halten. Deshalb muss drauf geachtet werden, die Hebelarme in **horizontaler** Stellung zu halten (*achtet auf die Gleichgewichtsmarkierung*). Die Messung wird für verschiedene Massekörper wiederholt. ($g \approx 10 \text{ N/kg}$)

m_2 (kg) Masse am Korken	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
F_2 (N) Lastkraft am Korken								
F_1 (N) Zugkraft								
F_1 / F_2								

⇒ Antwortbogen: III.1.: Versuchsdurchführung.

✂ Aufgabenstellung**Aufgabe III.2.**

Berechnet in der vierten Reihe die Werte für die Quotienten F_1 / F_2 .

Aufgabe III.3.

Vergleicht eure in **Aufgabe III.2.** berechneten Werte. Gibt es demnach einen mathematischen Zusammenhang zwischen den Kräften F_1 und F_2 ?

Aufgabe III.4.

Messt nun den Zugweg L_1 an eurem Flügelkorkenzieher und berechnet anhand des Hebelgesetzes und eurer Messwerte den entsprechenden Lastweg L_2 .

Aufgabe III.5.

Messt nun den Lastweg L_2 am Flügelkorkenzieher.

Vergleicht diesen mit dem in **Aufgabe III.4.** berechneten Wert. Was stellt ihr fest?

Aufgabe III.6.

Erläutert kurz die möglicherweise vorliegenden Fehlerquellen an eurem Experiment.

⇒ Antwortbogen: III.2.-III.6.

Versuch IV: Spezifische Wärmekapazität von Glühwein (12 P.)

📖 Hintergrundinformationen: Geschichte des Glühweins

Bereits in der Antike wurden Weine gewürzt. So konsumierten bereits die Römer gerne das *Conditum Paradoxum*, ein mit Honig, Pfeffer, Mastix, Lorbeerblättern, Safran und Datteln gewürzter Wein. Im anschließenden Mittelalter wurden die Würzweine sogar zu Statussymbolen, da die Weine durch die aus fernen Ländern importierten Gewürze sehr teuer waren. Somit konnten nur reiche Bürger sich diesen teuren Genuss leisten. Im Laufe der Zeit kam die Idee auf, in den kalten Wintermonaten solche Würzweine aufzuheizen, um gegen die Kälte anzukommen: Der Glühwein war geboren. Seitdem gilt der Glühwein als traditionelles Heißgetränk und absolutes Muss auf jedem Weihnachtsmarkt.



Ziel des Versuchs

Bei diesem Versuch geht es darum, die spezifische Wärmekapazität des vorliegenden Glühweines mithilfe eines Kalorimeters, eines Netzgeräts und zwei Multimetern zu bestimmen.

📖 Hintergrundinformationen: Spezifische Wärmekapazität

Die spezifische Wärmekapazität eines Stoffes entspricht der Wärme, die einer Menge dieses Stoffes zugeführt oder entzogen werden muss, um die Temperatur dieser Menge des Stoffes zu erhöhen oder zu senken. Sie ist gegeben durch:

$$c = \frac{\Delta Q}{m \cdot \Delta T} \quad (1)$$

Wir notieren:

- Spezifische Wärmekapazität c ($\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$)
- Ausgetauschte Wärmemenge ΔQ (J)
- Masse des Stoffes m (kg)
- Temperaturunterschied ΔT (K)

📖 Hintergrundinformationen: Elektrische Stromstärke, Spannung und Leistung

Die elektrische Stromstärke durch ein Bauelement eines Stromkreises ist gegeben durch:

$$I = \frac{Q}{t} \quad (2)$$

Wir notieren:

- Elektrische Stromstärke I (A)
- Elektrische Ladung Q (C)
- Zeit t (s)

Die elektrische Spannung an einem Bauelement eines Stromkreises ist gegeben durch:

$$U = \frac{E}{Q} \quad (3)$$

Wir notieren:

- Elektrische Spannung U (V)
- Elektrische Energie E (J)
- Elektrische Ladung Q (C)

Die elektrische Leistung eines Bauelements eines Stromkreises ist gegeben durch:

$$P = \frac{E}{t} \quad (4)$$

Wir notieren:

- Elektrische Leistung P (W)
- Elektrische Energie E (J)
- Zeit t (s)

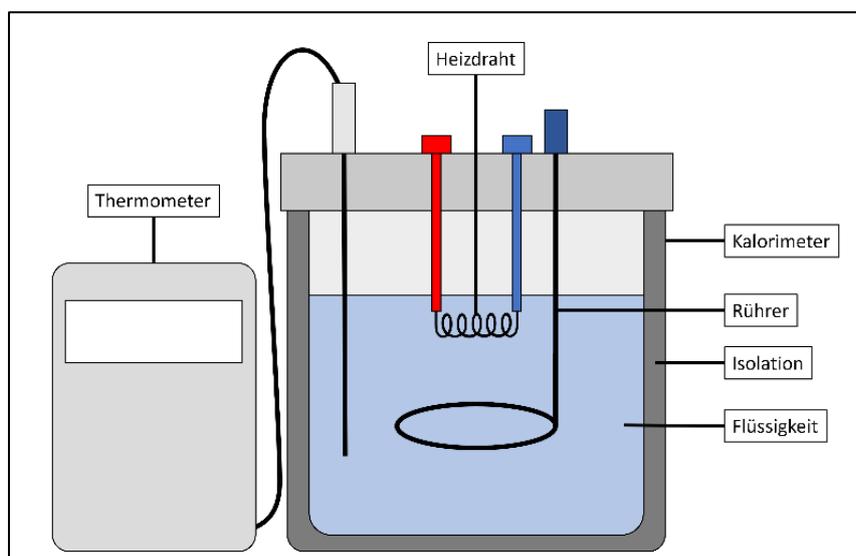
✂ Material und Versuchsaufbau

Material:

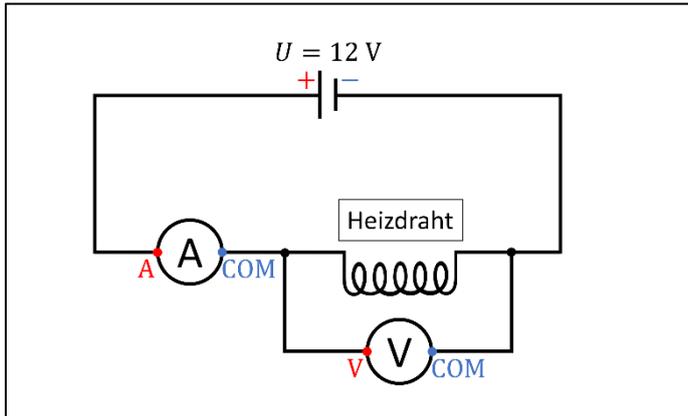
- Kalorimeter
- Waage
- Netzgerät und Kabel
- 2 Multimeter
- Thermometer
- Stoppuhr

Versuchsaufbau:

Der Aufbau des Kalorimeters ist in der nebenstehenden Abbildung dargestellt.



Zusätzlich dazu wird der Heizdraht des Kalorimeters mit einem Netzgerät verbunden. Stellt das Netzgerät bereits auf die richtige Spannung ein ($U = 12 \text{ V}$). Eines der Multimeter soll in Reihe zum Draht geschaltet werden und somit zur Bestimmung der elektrischen Stromstärke I durch den Draht verwendet werden. Das andere Multimeter soll parallel zum Draht geschaltet werden und somit zur Bestimmung der am Heizdraht angelegten Spannung U genutzt werden. Der Aufbau des beschriebenen Stromkreises ist auf der nebenstehenden Abbildung dargestellt.



werden und somit zur Bestimmung der elektrischen Stromstärke I durch den Draht verwendet werden. Das andere Multimeter soll parallel zum Draht geschaltet werden und somit zur Bestimmung der am Heizdraht angelegten Spannung U genutzt werden. Der Aufbau des beschriebenen Stromkreises ist auf der nebenstehenden Abbildung dargestellt.

Aufgabenstellung

Aufgabe IV.1.

Beweist anhand der angegebenen Formeln, dass die nachfolgende Formel für die elektrische Leistung P ebenfalls gilt:

$$P = U \cdot I$$

Aufgabe IV.2.

Beweist anhand der angegebenen Formeln, dass die nachfolgende Formel für die elektrische Energie E ebenfalls gilt:

$$E = U \cdot I \cdot t$$

Aufgabe IV.3.

Stellt das Kalorimeter auf eine Waage, füllt ungefähr 400 g Glühwein in das Kalorimeter und notiert euren Messwert auf dem Antwortbogen.

Baut anschließend daran den Versuchsaufbau nach und achtet dabei sorgfältig auf die Schaltung der beiden Multimeter. **ACHTUNG!** Schaltet das Netzgerät noch nicht ein! Ruft nach dem Aufbau des Stromkreises und vor eurer Messreihe einen der anwesenden Physikjuroren zur Überprüfung des Stromkreises!

Notiert die Anfangstemperatur T_0 eures Glühweins auf dem Antwortbogen.

Aufgabe IV.4.

Ihr sollt im Folgenden 10 Minuten lang den Glühwein aufwärmen und dabei jede Minute die Temperatur T des Weins messen. Rührt dabei sorgfältig die ganze Zeit über mit dem Rührer im Glühwein, damit die Wärme sich besser im Wein verteilt.

Vervollständigt die dritte Spalte der gegebenen Tabelle mit der gemessenen Temperatur T .

Notiert die angezeigten Werte für die elektrische Stromstärke I und die elektrische Spannung U auf dem Antwortbogen.

Aufgabe IV.5.

Bestimmt ebenfalls nach eurer Messreihe für jeden Wert eurer dritten Spalte den Temperaturunterschied ΔT zwischen der gemessenen Temperatur T und der Anfangstemperatur T_0 des Glühweins:

$$\Delta T = T - T_0$$

Vervollständigt die vierte Spalte der gegebenen Tabelle mit dem berechneten Wert.

Der Theorie zufolge müsste man zur Bestimmung der spezifischen Wärmekapazität mit dem Temperaturunterschied in Kelvin arbeiten. Allerdings wird der Temperaturunterschied in diesem Versuch in Grad Celsius angegeben. Erklärt warum dies keinen Einfluss auf den erhaltenen Zahlenwert hat.

Aufgabe IV.6.

Die elektrische Energie E entspricht der ausgetauschten Wärmemenge ΔQ im Kalorimeter. Vervollständigt anhand eurer hergeleiteten Formeln die fünfte Spalte.

Aufgabe IV.7.

Tragt eure Messpunkte im angegebenen Diagramm auf. Achtet dabei auf eure Skaleneinteilung.

Aufgabe IV.8.

Tragt die Ausgleichgerade (*frz. droite de régression*) in eurem Diagramm ein.

Bestimmt anhand des Zusammenhangs $\Delta Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ und der Steigung (*frz. pente*) der Ausgleichgeraden die spezifische Wärmekapazität c des Glühweines.

⇒ **Antwortbogen: IV.1.-IV.8.**

Versuch V: Schallgeschwindigkeit in der Luft (11 P.)

📖 Hintergrundinformationen: Stehende Wellen

Bläst man von oben schräg in eine geöffnete Weinflasche, dann kann man einen charakteristischen Ton hören. Dieser Ton entsteht, weil sich die Flasche wie ein Resonanzkörper verhält. Die von den Lippen erzeugte Schallwelle wird am Boden der Flasche reflektiert und es entsteht im Innern der Flasche eine **stehende Welle**. Der von der Flasche erzeugte Ton ist dabei abhängig von der Länge l der Luftsäule im Innern der Flasche.



Ziel des Versuchs

Bei diesem Versuch geht es darum, die Schallgeschwindigkeit in der Luft anhand der vom Messzylinder erzeugten Töne zu bestimmen.

✂ Material

- Messzylinder
- Maßband
- iPad
- Wasserkrug

✂ Versuchsdurchführung

Aufgrund der Tatsache, dass die Form der Weinflasche einen Einfluss auf den Grundton hat, idealisieren wir unseren Versuch und führen ihn mithilfe eines Messzylinders durch.

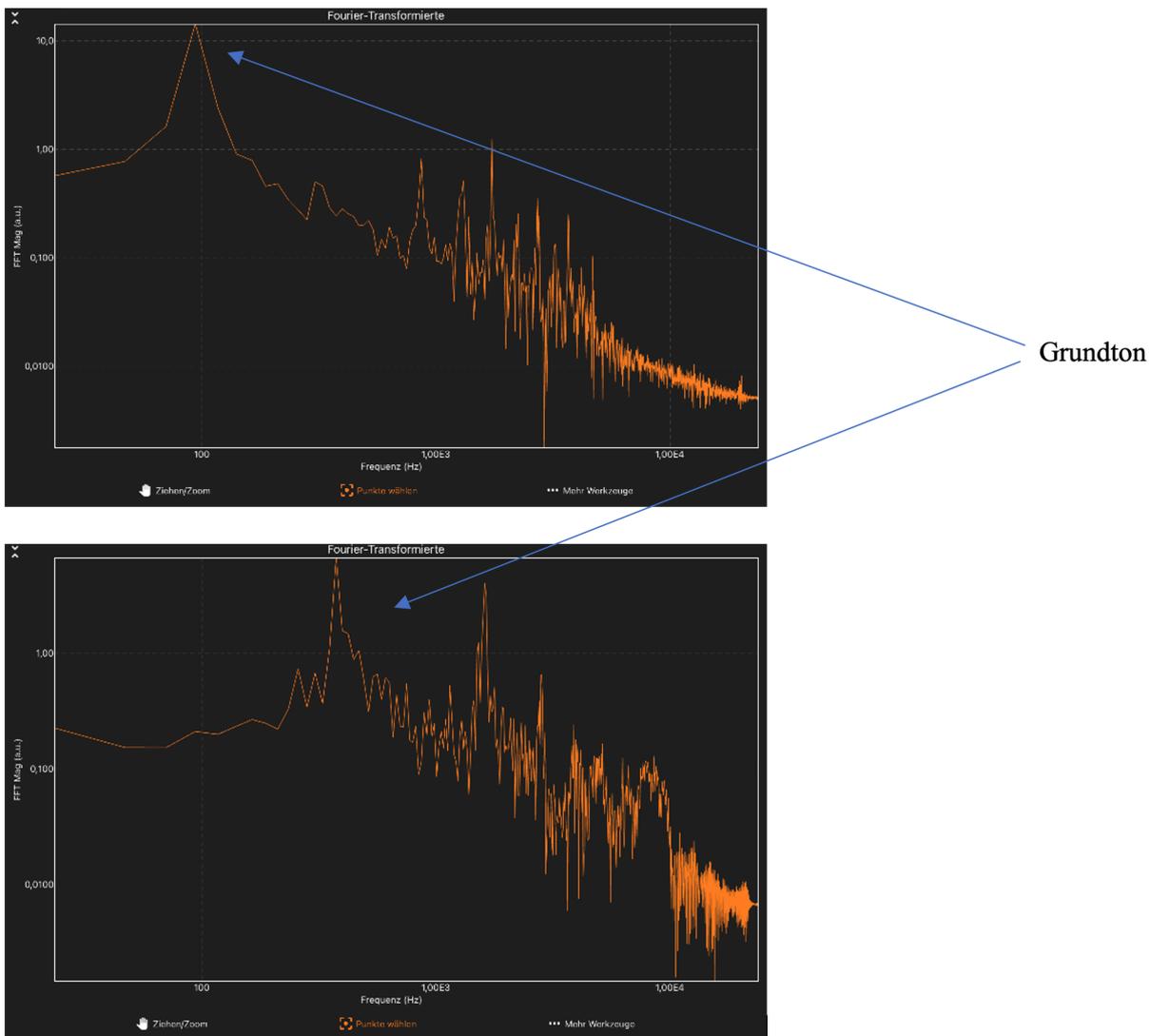
Für einen Zylinder gilt:

$$l = \frac{c}{4 \cdot f} \quad (1)$$

wobei: l : Länge der Luftsäule (in m)
 c : Schallgeschwindigkeit in der Luft (in m/s)
 f : Frequenz des Grundtons (in 1/s oder Hz)

Um die Schallgeschwindigkeit in der Luft zu bestimmen, messen wir für verschiedene Längen l der Luftsäule im Inneren unseres Messzylinders die Frequenz f des hörbaren Grundtons.

Die Frequenz des Grundtones kann mithilfe der App „phyphox“ bestimmt werden, welche sich auf dem euch zur Verfügung gestellten iPad befindet. Öffnet die App und verwendet die Funktion „Audio Spektrum“. Diese Funktion zerlegt den Ton in seine verschiedenen Frequenzen und gibt ihre jeweilige Intensität an. Der vom Messzylinder erzeugte Grundton ist der Ton mit der größten Intensität.



Die genaue Frequenz f des Grundtones kann mit dem Werkzeug „Punkte wählen“ bestimmt werden.

Die Länge l der Luftsäule im Messzylinder wird verändert, indem Wasser in den Messzylinder gefüllt wird. Sie entspricht der Distanz zwischen der Öffnung des Messzylinders und dem Niveau des Wassers im Messzylinder. Sie kann mithilfe des Maßbandes bestimmt werden.

Aufgabenstellung

Aufgabe V.1.

Misst für 10 verschiedene Längen l der Luftsäule die Frequenz f des dazugehörigen Grundtons und notiert die Werte in der Tabelle auf dem Antwortbogen.

Aufgabe V.2.

Für eine bessere Abschätzung der Schallgeschwindigkeit muss die Länge der schwingenden Luftsäule l um die Mündungskorrektur Δl ergänzt werden. In diese fließt der Radius r des Messzylinders ein. Es wird folgender Wert verwendet:

$$\Delta l = 0,61 \cdot r$$

Bestimmt den Radius des Messzylinders und berechnet die Werte der korrigierten Länge $l' = l + \Delta l$ der Luftsäule. Tragt die Werte in die 2. Spalte der Tabelle ein.

Aufgabe V.3.

Betrachtet eure Messwerte und beschreibt wie sich die Frequenz f des Grundtons in Abhängigkeit der Länge der Luftsäule verhält!

Aufgabe V.4.

Berechnet nun für alle Messwerte den Wert $\frac{1}{l'}$. Benutzt hierfür die 4. Spalte der Tabelle.

Aufgabe V.5.

Tragt $\frac{1}{l'}$ in Abhängigkeit von f in einem Diagramm auf. Erklärt anhand der Formel $l' = \frac{c}{4 \cdot f}$ wieso das Diagramm eine Ursprungsgerade (*frz. droite passant par l'origine*) ergibt!

Aufgabe V.6.

Berechnet die Steigung (*frz. pente*) der unter V.5. erhaltenen Ursprungsgeraden.

Aufgabe V.7.

Bestimmt anhand der Steigung und der Formel (1), die Schallgeschwindigkeit c in der Luft!

⇒ **Antwortbogen: V.1.-V.7.**

Wein – biologisch betrachtet

Versuch VI: Mikroskopischer Schnitt durch die Weinrebe – eine Rankenpflanze (Liane) (11 P.)

Hintergrundinformationen

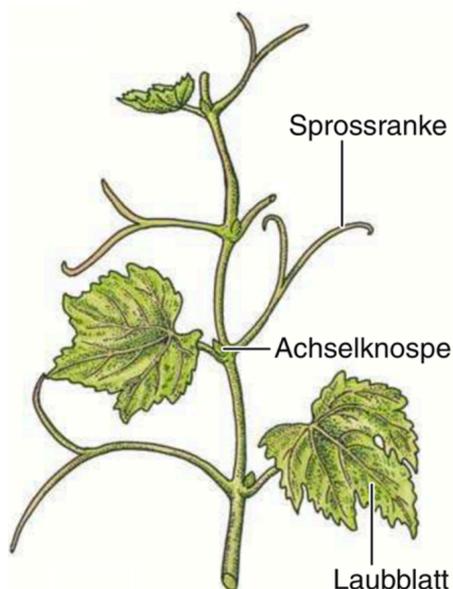
Die Weinrebe (*Vitis vinifera*) ist eine Art in der Gattung *Vitis* (Rebe). Sie ist heute vor allem heimisch im Mittelmeerraum, Mitteleuropa und Südwestasien.

Die Weinrebe ist ein mit **Sprossranken kletternder Strauch** und kann 10 – 20 m hoch werden.

Ihre stark verästelten Wurzeln reichen oft bis zu 15 m tief in die Erde. Die bräunlich-graue Rinde löst sich charakteristisch in Längsstreifen ab.

Die mit dem Beginn des sekundären Dickenwachstums rotbraun bis braungelb gefärbten Triebe sind in der Regel unbehaart. Sie weisen feine Furchen und kleine, punktförmige Rindenporen auf.

Die Blätter sind meist deutlich 3 bis 5-lappig und am Blattstiel eng eingebuchtet und erreichen einen Durchmesser von 5 – 15 cm, gegenüber ihrem Ansatzpunkt am Spross steht oft eine Ranke.



Ziel des Versuchs

Es soll ein Querschnitt durch den Stängel einer Weinrebe angefertigt werden. Dieser Querschnitt wird anschließend eingefärbt und auf einem Objektträger fixiert. Es ist eine wissenschaftliche Zeichnung dieses Querschnittes anzufertigen!

Material:

Mikroskop, Objektträger & Deckgläschen, Pinzette, Nadel, Styroporblock oder Block aus ähnlichem Material, frische Rasierklinge, Skalpell, Färbemittel, Ethanol 70 %, Pinsel, Löschpapier, FCA-Lösung nach ETZOLD, Färbeschälchen, AquaDest.

Arbeitsanweisungen: Anfertigung eines mikroskopischen Schnittes

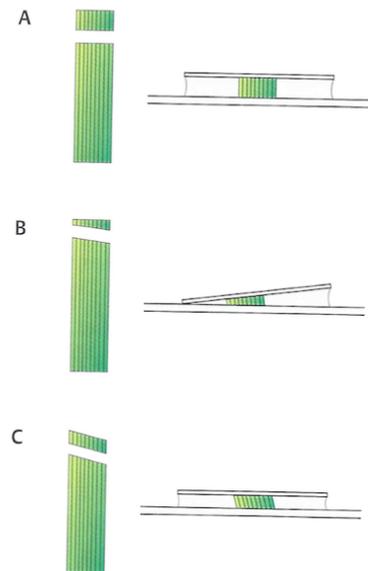
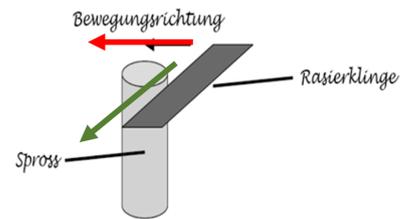
Um Erfolg zu haben, müssen hauchdünne Stängelquerschnitte angefertigt werden, welche genügend Licht für die Beobachtung hindurch lassen, aber dick genug sind, um die Zellverbände noch erkennen und deuten zu können. Die optimale Schnittstärke beträgt in unserem Fall 20 μm .

Anleitung:

- Spannt ein etwa 1,5 cm langes Stück des oberen Stängels einer Weinrebe in den Block, den ihr vorher in der Mitte ausgehöhlt habt. Die Probe muss dabei so fest eingespannt sein, dass sie der Rasierklinge nicht ausweichen kann.
- Der Klingenhalter mit frischer Einmalklinge wird nun großzügig mit Ethanol 70 % angefeuchtet, ebenso wie die Schnittfläche des eingespannten Präparates.
- Beim Schnitt wird der Klingenhalter ziehend (grüner Pfeil) mit wenig Druck (roter Pfeil) durch die Probe geführt. Durch das Ethanol zieht der dünne Schnitt auf die Klinge auf und kann mit einem Pinsel abgenommen und in ein Schälchen gelegt werden. Vor jedem nächsten Schnitt muss die Klinge wieder gut mit Ethanol befeuchtet werden. Idealerweise fertigt man sofort eine Reihe von 5 – 6 Schnitten an, damit man sie später zeitgleich anfärben kann.
- Die Schnitte werden anschließend in einem Färbeschälchen gefärbt:
 Vorgemischte verwendete Farblösung Etzold FCA, auf Basis von:
 - **Fuchsin** 1:10 000
 - **Chrysoidin** 1:7000
 - **Astralblau** 1:800
 angesäuert mit Essigsäure (99 %)
 - ☛ Färben mit Etzold FCA für 10 Minuten.
 - ☛ Gründliches Spülen in AquaDest.
- Bringt dann einen Tropfen Wasser auf einen Objektträger.
- Nun werden die 2 – 3 besten gefärbte Schnitte vorsichtig mit einem Deckglas abgedeckt und mikroskopiert.

Die Farbwirkung von Etzold FCA Lösung:

- Sklerifizierte und lignifizierte Zellen: *orange, rot-orange bis magentarot;*
- Mittellamellen: *rot*
- Parenchyme: *blau*
- Cuticula: *bläss magentarot*



Die häufigsten Fehler bei einem Querschnitt:

A = zu dick;

B = schräg;

C = nicht senkrecht zur Achse

Aufgepasst:

Ihr solltet mehrere Testschnitte durchführen und anfärben, bevor ihr die 2 - 3 Besten auf den Objektträger legt!

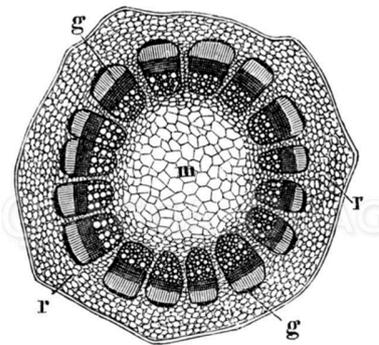
Aufgabenstellung

VI.1. Nachdem die Schnitte mit einem Deckglas abgedeckt sind, bei unterschiedlichen Vergrößerungen (100x, 400x und 630x) unter dem Lichtmikroskop beobachten.

Sucht das bestmögliche Präparat aus und lasst es euch von einem Jurymitglied bewerten!

⇒ **Antwortbogen: VI.1.**

VI.2. Fertigt eine beschriftete Übersichtszeichnung (Ausschnitt) des Blattquerschnittes bei 100x Vergrößerung an. Als Hilfestellung zur Beschriftung des Querschnittes der Weinrebe soll folgender Stängelquerschnitt dienen.



Querschnitt durch den Stängel einer Pflanze:
g - Gefäßbündel (Xylem mit Tracheen);
m - Markparenchym;
r - Rindenparenchym mit Epidermis.

⇒ **Antwortbogen: VI.2.**

VI.3. Welche Strukturen sind bei der Weinrebe gegenüber dem obigen Stängelquerschnitt auffällig anders/vergrößert?

⇒ **Antwortbogen: VI.3.**

VI.4. Welche Funktion besitzen diese besonders auffälligen Strukturen im Stängel der Weinrebe?

⇒ **Antwortbogen: VI.4.**

VI.5. Weinreben wachsen in besonders trockenen Gebieten, weshalb die Weinrebe Wurzeln bis in eine Bodentiefe von bis zu 15 m Tiefe ausbilden kann. Welche Kräfte ermöglichen die Versorgung der Blätter einer Weinpflanze mit Wasser?

⇒ **Antwortbogen: VI.5.**

Versuch VII: Die Traube und ihr Saft, Rohstoff für die Weinherstellung (9 P.)

Hintergrundinformationen



Römischer Wein von Speyer
(Quelle: www.wikipedia.org)

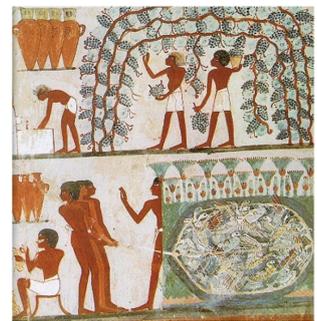
Weinbau wird vermutlich seit über 8000 Jahren betrieben. Als Wiege des Weinbaus gilt Vorderasien. Von dort aus hat sich der Weinbau über die ganze Welt ausgebreitet. Man findet Spuren davon überall in der antiken Welt. Zum Beispiel in den alten Gräbern Ägyptens sowie auf Tonwaren des antiken Griechenlands.

Mittlerweile findet man den Weinbau auf allen Kontinenten der Welt, mit Ausnahme der Antarktis (hier ist es trotz Klimaerwärmung für die Weinreben immer noch zu kalt).

Auch in Nordeuropa spielt Wein seit den Römern eine wichtige Rolle. Die älteste, noch ungeöffnete Weinflasche der Welt wurde 1867 in Speyer gefunden und entstand 320-350 n. Chr.



Griechische Malerei auf
Tonware: Athene schenkt
Herakles Wein ein.
(Quelle: www.wikipedia.org)



Malerei aus dem Grab des Nacht
(um 1400 v. Chr.)
(Quelle: www.wikipedia.org)

Als Wein bezeichnet man das vergorene Produkt aus der Frucht der Weinrebe, der Traube. Durch gezielte Zucht verschiedener Traubensorten (mittlerweile um die 1500) sowie der regionalen Anpassung der Prozesse der Weinherstellung hat sich im Laufe der Zeit eine Vielzahl an verschiedenen Weinen entwickelt. Weine zeichnen sich durch Farbe, Geschmack, Alkohol-, Restzucker- und Kohlensäuregehalt aus.

Ziel des Versuchs

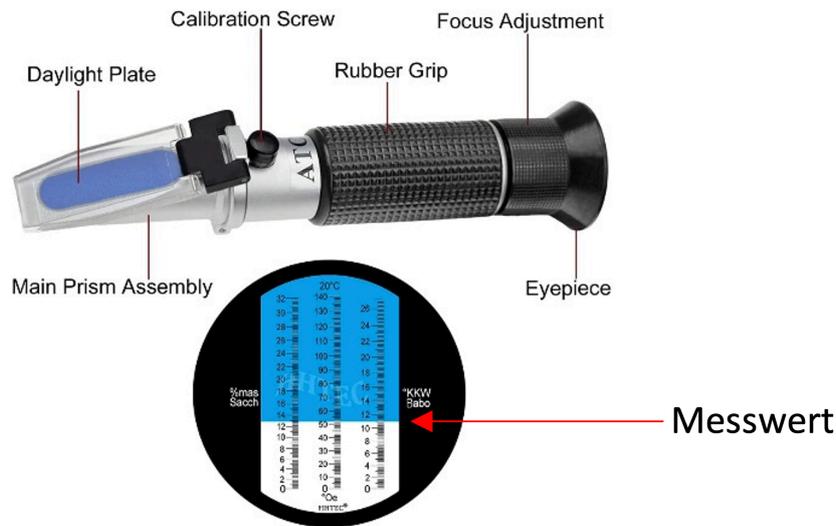
Mit Hilfe des Refraktometers sollt ihr den Zuckergehalt im Saft der Trauben bestimmen und so den möglichen Alkoholgehalt errechnen. Zusätzlich soll die Herstellung von Rotwein erklärt werden.

Arbeitsanweisungen

Material:

- Refraktometer
- Destilliertes Wasser (AquaDest)
- Rasierklinge
- Lupe
- Mikroskop
- Objektträger
- Deckglas
- Handpresse

Aufgabe VII.1. Ermitteln des Zuckergehaltes von Traubensaft



Zuvor muss allerdings sichergestellt werden, dass der Refraktometer korrekt kalibriert ist. Die Kalibrierung des Refraktometers erfolgt mit destilliertem Wasser.

Zur Kalibrierung werden drei Tropfen AquaDest auf die Glasplatte des Refraktometers getropft und mit der Plastikscheibe abgedeckt. Beim Durchschauen soll die Grenze (Messwert) zwischen dem blauen und dem weißen Feld auf 0 % liegen. Sollte dies nicht der Fall sein, muss dies mit Hilfe des Kalibrierschraube justiert werden.



Auftragen der Flüssigkeit



Justieren mit Hilfe der Kalibrierschraube

Nach dem Kalibrieren kann nun der Zuckergehalt im Traubensaft bestimmt werden.

Presst hierfür drei Tropfen Saft aus einer Traube auf die saubere Glasplatte, deckt die Flüssigkeit mit der Plastikscheibe ab und lest den angezeigten Wert ab. Nach jeder Messung muss die Glasplatte sowie die Plastikscheibe mit AquaDest gereinigt werden.

Für eine korrekte Bestimmung wird die Messung an drei verschiedenen Trauben durchgeführt und der Mittelwert gerechnet. Zur Berechnung des Zuckergehaltes gilt: 1°Oechsle (°Oe) entspricht 2,5 g Zucker/L.

Die Werte werden auf dem Antwortbogen eingetragen.

⇒ **Antwortbogen: VII.1.: Tabelle.**

Aufgabe VII.2. Bestimmung des möglichen Alkoholgehaltes nach der Gärung

Mithilfe folgender Formeln kann man den möglichen Alkoholgehalt des entstehenden Weines errechnen:

$$\text{Alkoholgehalt} \left(\frac{g}{L} \right) = \frac{\text{Zuckergehalt des Saftes} \left(\frac{g}{L} \right) - 32}{2} \quad \text{und} \quad \text{Alkoholgehalt} (\% \text{ vol.}) = \frac{\text{Alkoholgehalt} \left(\frac{g}{L} \right)}{7,854}$$

Errechnet den Alkoholgehalt (in g/L und in %), der bei vollständiger Gärung des Traubensaftes erreicht werden kann. Die Werte werden auf dem Antwortbogen eingetragen.

⇒ **Antwortbogen: VII.2.1.**

Wie viel würde euer Blutalkoholgehalt betragen, nachdem ihr 1 Liter dieses komplett vergorenen Traubensaftes getrunken hättet? Der Blutalkoholgehalt (in Promille) wird mithilfe der **Widmark-Formel** wie folgt berechnet:

$$\text{Blutalkoholgehalt (in ‰)} = \frac{\text{Alkoholmasse (g)}}{\text{Körpergewicht (kg)} \cdot r}$$

r wird Reduktionsfaktor genannt und beträgt 0,7 bei Männern und 0,6 bei Frauen.

⇒ **Antwortbogen: VII.2.2.**

Aufgabe VII.3. Weiß- oder Rotwein? Bestimmung der Herkunft der Farbstoffe im Wein

Aus roten Trauben kann man sowohl Weiß- als auch Rotwein herstellen. Mit Hilfe eines Längsschnittes einer Traube könnt ihr die einzelnen Strukturen dieser Frucht erkennen. Zeichnet und beschriftet den Querschnitt. Nennt die Struktur, die für die Färbung des Weines verantwortlich ist.

⇒ **Antwortbogen: VII.3.1.**

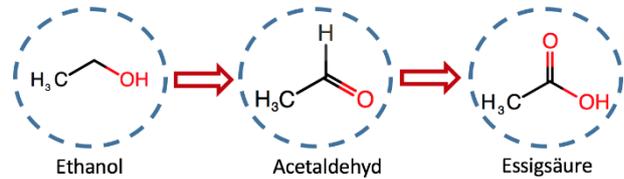
Mit Hilfe einer Handpresse könnt ihr das Auspressen der Trauben simulieren. Reicht dieser Schritt, um Rotwein herzustellen? Was könnte man tun, damit die Herstellung dieses Weines gelingt?

⇒ **Antwortbogen: VII.3.2.**

Versuch VIII: Abbau von Alkohol in der Leber (12 P.)

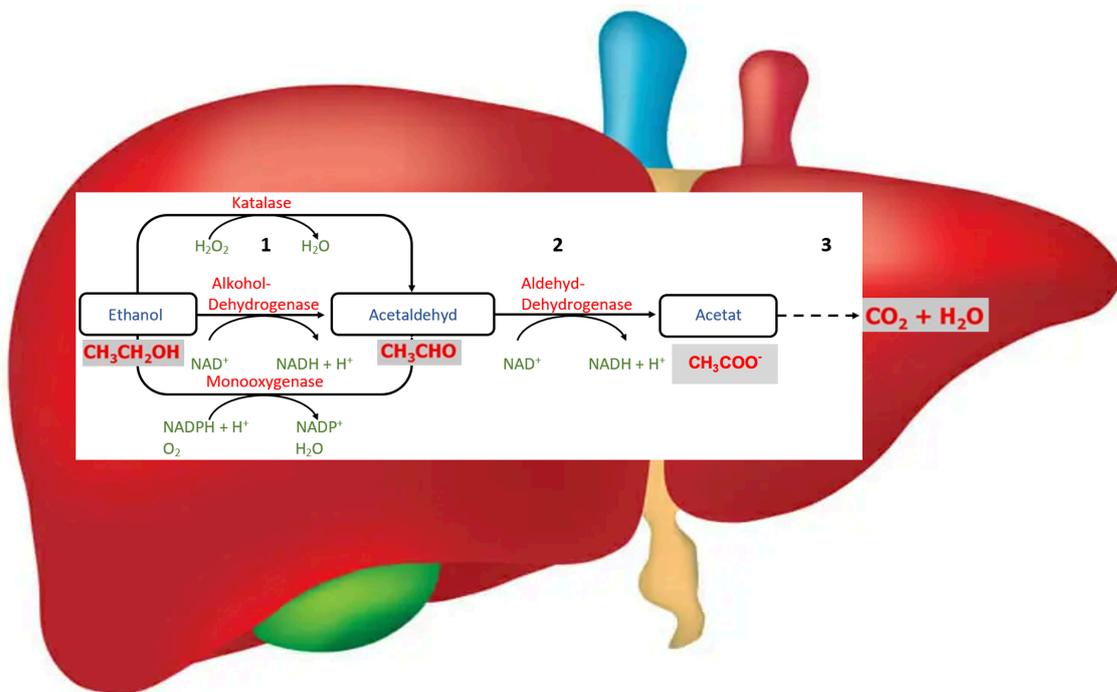
📖 Hintergrundinformationen: Alkoholstoffwechsel... kein Abbau ohne Enzyme!

Im Gegensatz zu anderen Nährstoffen wird Ethanol nicht im Körper gespeichert, sondern abgebaut und umgewandelt. Der Abbau geschieht in **zwei wesentlichen Etappen**:



Der Umbau von **Ethanol** in **Acetaldehyd** erfolgt hauptsächlich über die **Alkohol-Dehydrogenase**. Bei höheren Alkoholkonzentrationen wird als ein weiteres Enzymsystem die **Cytochrom P450 Monooxygenase** zugeschaltet. Die **Katalase** ist von geringerer Bedeutung im Alkoholabbau.

Da **Acetaldehyd** für die Zellen sehr schädlich ist, wird es schnell in **Acetat (Salz der Essigsäure)** umgewandelt. Dafür gibt es in der Leber das Enzym **Acetaldehyd-Dehydrogenase**. Acetat ist ein normales Stoffwechselzwischenprodukt, sie entsteht in großen Mengen beim Abbau der Nährstoffe und kann entweder direkt zur Energiegewinnung (Endprodukte CO_2 und H_2O) oder aber zum Aufbau von Fetten herangezogen werden.



Auch wenn die **Katalase** nur einen unwesentlichen Beitrag zum Abbau von Alkohol in der Leber leistet, so ist sie doch im Körper **von größter Bedeutung, weil sie das gefährliche Wasserstoffperoxid in Sauerstoff und Wasser umwandelt**.

Wasserstoffperoxid entsteht z. B. beim Abbau von Hyperoxiden oder im Fettsäurenstoffwechsel und kann zur Schädigung von Genom und Proteinen führen. Katalasen befinden sich daher in fast allen aerob lebenden Lebewesen, beim Menschen vor allem in der Leber, den Nieren sowie in den Erythrozyten.

Die katalytische Effizienz der Katalase gehört zu den höchsten je bei Enzymen gefundenen Werten.

Deshalb bietet es sich an, die Wirkungsweise von Enzymen am Beispiel der Katalase zu untersuchen. Sie ist in großen Mengen in Säugetierleber enthalten und ihre Aktivität kann makroskopisch beobachtet werden.

⚡ Arbeitsanweisungen

Material:

- Kalbsleber
- Skalpell
- Pinzette
- Spatel
- Mörser und Pistill
- Reagenzgläser
- 10 mL-Pipette
- Holzspan und Feuerzeug
- Sand
- Wasserbad (37°C / 0°C / 100°C)
- Schutzbrille
- Wasserfester Stift
- Handschuhe

Chemikalien:

- Wasserstoffperoxid (H₂O₂ 3 %)
- Mangandioxid (MnO₂)

☠ Achtung!

- Das Wasserstoffperoxid ist eine ätzende Chemikalie, deshalb müsst ihr sehr sorgfältig arbeiten und unbedingt eine Schutzbrille sowie Handschuhe tragen!
- Wenn die enzymatische Reaktion zu schnell verläuft (heftiges Aufschäumen), kann man sie durch die Zugabe von etwas kaltem Wasser abbremsen.



VIII.1.: Chemische Katalysatoren und Biokatalysatoren (Enzyme)

- Gebt in drei Reagenzgläser jeweils 10 mL Wasserstoffperoxid-Lösung (3 %)
- Gebt in das erste Reagenzglas eine Spatelspitze Sand, beobachtet.
- Gebt in das zweite Reagenzglas eine Spatelspitze MnO₂, beobachtet.
- Gebt in das dritte Reagenzglas ein linsengroßes Stück Leber, beobachtet. Glasinhalt nicht ausschütten, sondern für den Versuch VIII.2. aufheben!
- Führt anschließend in jedem der drei Reagenzgläser die Glimmspanprobe durch, um das entweichende Gas nachzuweisen und zu bestimmen (Holzspan anzünden, Flamme ausblasen, den glimmenden Span in das Reagenzglas dicht über die Oberfläche der Flüssigkeit halten und beobachten, ob sich die glimmende Spitze wieder entzündet oder hell aufleuchtet).

Aufgaben VIII.1.

1. Schreibt die chemische Gleichung der schäumenden Reaktion auf.
2. Füllt die Tabelle mit euren Beobachtungen und Schlussfolgerungen aus.
3. Formuliert eine Hypothese: Wie erklärt ihr euch die heftige Reaktion mit dem Stück Leber?

⇒ Antwortbogen: VIII.1.1.-VIII.1.3.

VIII.2.: Forschungsfrage: Erhaltung oder Zerstörung der Enzyme während der Reaktion?

- Die Flüssigkeit vom dritten Reagenzglas aus Versuch VIII.1. in zwei neue Reagenzgläser verteilen, sobald das Schäumen aufgehört hat.
- Das kleine Stückchen Leber aus dem dritten Reagenzglas aus Versuch VIII.1. in zwei Stücke schneiden und in die mit Flüssigkeit gefüllten Reagenzgläser geben.
- Gebt in das erste dieser Reagenzgläser ein neues, linsengroßes Stück Leber hinzu. Beobachtet.
- Gebt in das zweite dieser Reagenzgläser 5 mL neue Wasserstoffperoxidlösung hinzu. Beobachtet.

Aufgaben VIII.2.

1. Füllt die Tabelle mit euren Beobachtungen und Schlussfolgerungen aus.
2. Weshalb hatte das Aufschäumen im dritten Reagenzglas aus Versuch VIII.1. nach einiger Zeit nachgelassen und dann ganz aufgehört? Was erfahren wir über Enzyme in diesem Versuch? (siehe Forschungsfrage VIII.2.: Erhaltung oder Zerstörung der Enzyme während der Reaktion?)

⇒ **Antwortbogen: VIII.2.1.-VIII.2.2.**

VIII.3.: Einfluss der Temperatur auf Enzyme

- Zermörsert ein Stück Leber von etwa 1 cm³ mit einer Prise Sand, bis eine Art Leberbrei entsteht.
- Bereitet 3 Reagenzgläser mit je 10 mL Wasserstoffperoxid-Lösung (3 %) vor.
- Erhitzt eins dieser Reagenzgläser mit Wasserstoffperoxid-Lösung (3 %) und ein weiteres Reagenzglas mit einer kleinen (erbsengroßen) Portion Leberbrei während 5 Minuten im Wasserbad bei 100°C. Nach 2 Minuten Abkühlung, gebt die erhitzte Wasserstoffperoxid-Lösung zur erhitzten Leber. Beobachtet.
- Stellt das zweite Reagenzglas mit Wasserstoffperoxidlösung während 5 Minuten ins Eiswasser (0°C) und kühlt ein weiteres Reagenzglas mit einer kleinen (erbsengroßen) Portion Leberbrei während 5 Minuten im Eiswasser ab. Gebt nun sofort die kalte Wasserstoffperoxidlösung zur kalten Leber. Beobachtet.
- Erhitzt das dritte der vorbereiteten Reagenzgläser mit Wasserstoffperoxid-Lösung und ein weiteres Reagenzglas mit einer kleinen (erbsengroßen) Portion Leberbrei während 5 Minuten im Wasserbad bei 37°C. Gebt danach, ohne Abkühlen, sofort die temperierte Wasserstoffperoxid-Lösung zur temperierten Leber. Beobachtet.

Aufgabe VIII.3.

Füllt die Tabelle mit euren Beobachtungen und Schlussfolgerungen aus.

⇒ **Antwortbogen: VIII.3.**