



11. Internationale Junior Science Olympiade

Mendoza, Argentinien

Experimentelle Klausur

8. Dezember 2014



Experimentelle Klausur

PRÜFUNGSREGELN

1. Teilnehmende dürfen keine anderen Hilfsmittel (Stifte, Papier, Bücher, etc.) als ihre persönlichen Medikamente oder medizinischen Hilfsmittel mitbringen. Werden Medikamente oder medizinische Hilfsmittel benötigt, muss das vor Beginn der Prüfung bei der Aufsicht angemeldet werden.
2. Nur Klausurunterlagen und Materialien, die von der Aufsicht gestellt werden, dürfen während der Prüfung benutzt werden.
3. Das Tragen von Handschuhen, Schutzbrillen und eigenem Laborkittel während der experimentellen Klausur ist vorgeschrieben.
4. Beachtet die Sicherheitsvorschriften. Geht vorsichtig mit den Geräten und Chemikalien um und haltet euren Arbeitsplatz sauber.
5. Jeder Teilnehmende muss an dem ihm zugewiesenen Arbeitsplatz bleiben und darf den Prüfungsraum nicht vor dem offiziellen Ende der Prüfung verlassen.
6. Während der Prüfung darf am Arbeitsplatz weder gegessen noch getrunken werden. Falls notwendig, meldet bei der Aufsicht an, wenn ihr den Prüfungsraum verlassen wollt, um etwas zu essen oder zu trinken.
7. Fragt die Prüfungsaufsicht, wenn ihr die Toilette benutzen wollt.
8. Teilnehmende verschiedener Teams dürfen während der Prüfung nicht mit einander kommunizieren. Wenn ihr innerhalb eures Teams diskutiert, unterhaltet euch leise. Wenn ihr Hilfe braucht, meldet euch bei der Aufsicht.
9. Fragen zur Klausur selbst werden nicht beantwortet.
10. Am Ende der Prüfungszeit wird es einen Signalton geben. Es ist absolut verboten, nach dem Signalton noch etwas auf den Antwortbogen zu schreiben.
11. Nach Prüfungsende räumt auf und ordnet die Materialien so, wie ihr sie zu Beginn der Prüfung vorgefunden habt.
12. Nach dem Signalton kommt die Aufsicht an euren Arbeitsplatz und sammelt den GELBEN Antwortbogen ein.
13. Verlasst den Prüfungsraum erst, nachdem die Aufsicht euren Antwortbogen eingesammelt hat.



Experimentelle Klausur

Anleitungen

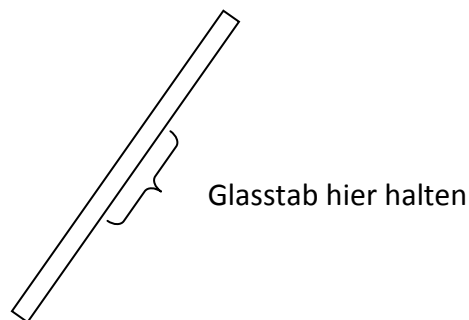
Die experimentelle Klausur besteht aus zwei unabhängigen Teilen. Diese können daher nacheinander oder auch gleichzeitig bearbeitet werden. Jede Mannschaft sollte für sich entscheiden, wie die Arbeitszeit optimal genutzt werden kann.

1. Jeder Teilnehmer muss sicherstellen, dass alle Arbeitsmaterialien durch die Aufsichtspersonen bereitgestellt wurden (Stift, Radiergummi, Lineal und Taschenrechner).
2. Jeder Teilnehmer muss die ausgegebenen Unterlagen überprüfen. Diese bestehen aus zwei Teilen: der experimentellen Anleitungen mit Klausur sowie dem GELBEN Antwortbogen (zur Abgabe) und dem WEISSEN Antwortbogen (für Notizen). **Nur der GELBE Antwortbogen wird bewertet.**
3. Jeder Teilnehmer muss die bereitgestellte persönliche Schutzausrüstung überprüfen (Handschuhe, Schutzbrille und Kittel).
4. Jede Gruppe muss sicherstellen, dass alle benötigten Geräte und Chemikalien für die Experimente entsprechend der gegebenen Materiallisten vorhanden sind.
5. Jedes Team muss zu Beginn auf der ersten Seite des Antwortbogens folgende Angaben machen: Namen aller Gruppenmitglieder, Sitzplätze, Land und Unterschriften. Außerdem muss die Gruppe den Gruppen-Code und die Teilnehmer-Codes auf allen Seiten am oberen Rand vermerken.
6. Alle Antworten müssen mit Kugelschreiber auf den GELBEN Antwortbogen in die vorgesehenen Felder geschrieben werden. Antworten, die außerhalb der vorgesehenen Felder stehen werden nicht berücksichtigt. **Die Antworten auf dem WEISSEN Antwortbogen werden NICHT gewertet.**
7. Die zur Verfügung stehende Zeit für die Durchführung der experimentellen Arbeiten und das Ausfüllen des Antwortbogens beträgt 4 Stunden. 30 Minuten und 5 Minuten vor Ende der Bearbeitungszeit erfolgt eine Ankündigung. Nach Ablauf der Bearbeitungszeit muss die Gruppe die Arbeit augenblicklich einstellen und warten, bis der Antwortbogen von der Aufsicht eingesammelt wird.

BEDIENUNG DER GERÄTE

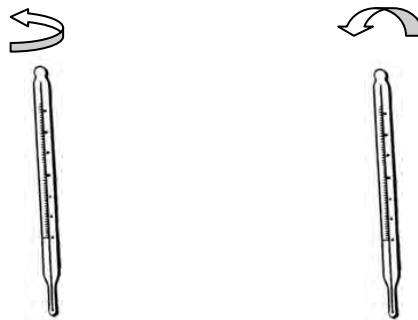
Glasstab

Um das Zerbrechen des Glasstabs zu verhindern, sollte der Glasstab, wie in der Abbildung zu sehen, im mittleren Bereich gehalten werden.



Thermometer

Um die Temperatur zu messen, haltet das Thermometer mit der Skala zu euch gerichtet. Eine sehr dünne Quecksilbersäule sollte zu erkennen sein. Sollte die Säule nicht zu erkennen sein, bewegt das Thermometer vorsichtig, bis ihr das Ende der Säule findet (durch Drehung oder Kippen).



Allgemeine Empfehlung

Solltet ihr Probleme bei der Nutzung der Geräte haben, meldet euch, damit die Aufsicht euch helfen kann.



Experimentelle Klausur

*11. Internationale Junior Science Olympiade
Mendoza, Argentinien*

**Bearbeitungszeit : 4 Stunden
Erreichbare Punkte : 40**

Bedienung des Taschenrechners

Zur Berechnung von $e^{-2,5}$:

1. Gib 2,5 ein
2. Drücke die +/- Taste
3. Drücke die 2ndf Taste
4. Drücke die e^x Taste

Zur Berechnung von $\ln(4)$:

1. Gib 4 ein
2. Drücke die ln Taste

Teil 1: ALKOHOLISCHE GÄRUNG VON GLUKOSE [25,0 Punkte]

Einleitung:

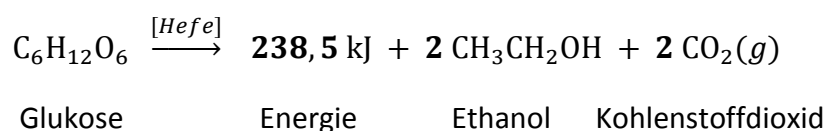
Alkoholische Gärung bezeichnet den Abbau von Biomasse unter schneller und starker Gasentwicklung. Es ist ein biologischer Prozess, bei dem Zucker wie Glukose, Fruktose und Saccharose von Mikroorganismen zur Energiegewinnung umgewandelt werden. Dieser Stoffwechselprozess kann anaerob (unter Abwesenheit von Sauerstoff) z.B. von Hefen wie *Saccharomyces cerevisiae* durchgeführt werden. Hefen sind eukaryotische Mikroorganismen, die dem Reich der Pilze zugeordnet werden. Sie sind einzellig, besitzen kein Flagellum und sind runde oder ovoide Zellen mit einem Durchmesser von 5 bis 10 μm . Insbesondere die alkoholische Gärung (der Name stammt von dem Produkt Ethanol), ist Grundlage für verschiedene biotechnologische Anwendungen, eingeschlossen der Herstellung von alkoholischen Getränken wie Wein oder Bier oder auch der Produktion von Backwaren. Heutzutage wird die Gärung ebenfalls im großen Maßstab zur Produktion von Ethanol als Bio-Kraftstoff eingesetzt.

Die Hefe *Saccharomyces cerevisiae* (**Abb. 1**) wird in diesem Experiment eingesetzt. Der Stoffwechselprozess ist durch **Gleichung 1** gegeben. Bei diesem Prozess generiert die Zelle Energie und produziert Ethanol $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$ und Kohlenstoffdioxid CO_2 als Abfallprodukte. Durch Messung des freigesetzten Gasvolumens aus der Reaktion kann der Glukosebedarf und die Ethanolproduktion geschätzt werden. Das entstehende Gas kann experimentell identifiziert werden.



Abb. 1: Saccharomyces cerevisiae

(aufgenommen durch differentielle Interferenzkontrast Mikroskopie)



Gleichung 1



Experimentelle Klausur

*11. Internationale Junior Science Olympiade
Mendoza, Argentinien*

**Bearbeitungszeit : 4 Stunden
Erreichbare Punkte : 40**

EXPERIMENT

Geräte und Chemikalien

ID#	Schutzausrüstung	Anzahl
A	Latexhandschuhe	8
B	Schutzbrillen	3
C	Küchenpapierrolle	1
D	Abfallgefäße	2

ID#	Geräte	Anzahl
1	Rechteckige Wanne	1
2	1000 mL Messzylinder	1
3	250 mL Becherglas	2
4	Stativ	1
5	Klammer	1
6	15 cm x 15 cm Gummimatte	1
7	1000 mL Becherglas	1
8	Glasstab	1
9	Thermometer, -10 °C bis 150 °C	1
10	1000 mL Saugflasche (Kitasato) mit Gummistopfen und Schlauchmaterial (Reaktionsgefäß)	1
11	Stoppuhr	1

ID#	Chemikalien	Anzahl
I	Wasser, 10 L	1
II	Bromthymolblau-Lösung, 25 mL	1
III	heißes Wasser (Thermoskanne), ca. 75 °C, 1 L	1
IV	Glukose-Probe, 4 g	4
V	Hefe-Probe, 50 g	2
VI	gesättigte Calciumhydroxid $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -Lösung, 25 mL	1

Durchführung:

A. Anleitung zum Aufbau der Gas-Auffangapparatur entsprechend Abbildung 2

Diese Apparatur wird zur Untersuchung eines Reaktionsproduktes der Gärung (Gas) genutzt.

- A.1. Befüllt die rechteckige Wanne (ID# 1) zur Hälfte mit Wasser aus dem 10 L-Gefäß (ID# I) (vgl. Abb. 2a).
- A.2. Befüllt mithilfe eines 250 mL Becherglases (ID# 3) den Messzylinder (ID# 2) mit dem in Schritt A.1 umgefüllten Wasser (vgl. Abb. 2b).
- A.3. Stellt das Stativ (ID# 4) mit der Klammer (ID# 5) neben die rechteckige Wanne (vgl. Abb. 2c).
- A.4. Bedeckt die Öffnung des Messzylinders mit der Gummimatte (ID# 6) und der Handfläche (vgl. Abb. 2d).
- A.5. Dreht den Messzylinder um und hält die Öffnung dabei mit der Gummimatte verschlossen.
- A.6. Taucht den Messzylinder in das Wasser in der rechteckigen Wanne und entfernt die Gummimatte (vgl. Abb. 2e).

Wichtig: Der Messzylinder muss dabei so voll wie möglich bleiben. Etwas Luft ist manchmal im Inneren eingeschlossen, doch sollte es nach dem Entfernen der Gummimatte so wenig wie möglich sein.

- A.7. Befestigt den Messzylinder mithilfe des Stativs und der Klammer so, dass ein Abstand von 2 cm zum Boden der rechteckigen Wanne bestehen bleibt (vgl. Abb. 2e).

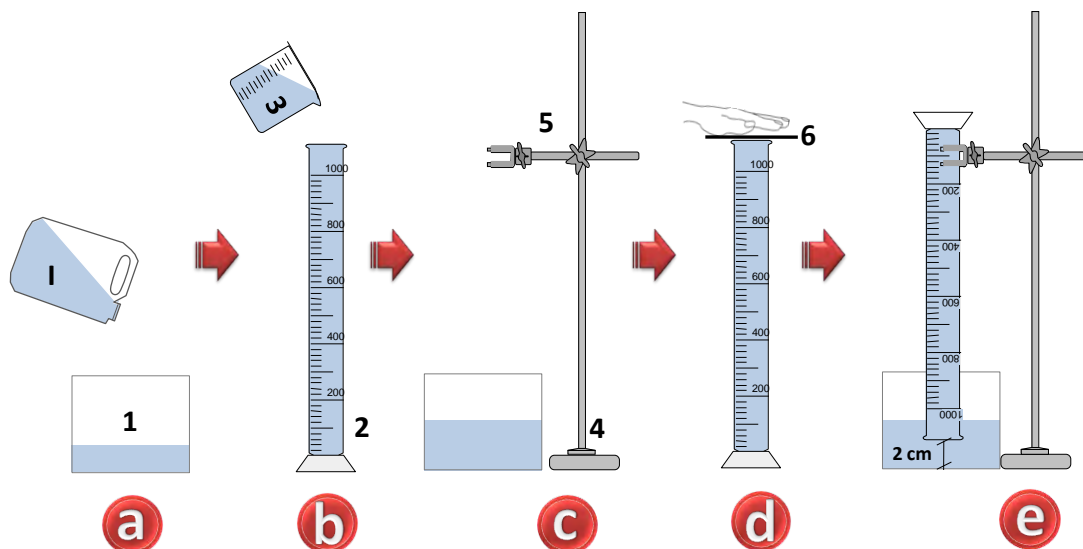


Abb. 2

B. Anleitung für den Aufbau des Reaktionsgefäßes für die Gärung (Abbildung 3)

B.1. Bereitet im 1000 mL Becherglas (ID# 7) etwa 750 mL Wasser mit einer Temperatur von 35 °C – 40 °C zu. Nutzt dafür das heiße Wasser (ca. 75 °C) aus der 1 L-Thermoskanne (ID# III) und das Wasser aus dem 10 L-Gefäß (ID# I). Überprüft die Temperatur mit dem Thermometer (ID# 9) und notiert diese auf dem Antwortbogen.

B.2. Beschriftet die 250 mL Bechergläser (ID# 3) mit "A" und "B".

B.3. Bereitet die **Suspension A** und die **Lösung B** wie folgt zu. Nutzt dafür das warme Wasser aus Schritt B.1.

Suspension A: Bringt im 250 mL Becherglas "A" (ID# 3) 50 g Hefe (ID# V) in 150 mL warmem Wasser (35 °C – 40 °C) in Suspension. Verrührt gründlich mit dem Glasstab (ID# 8). Füllt mit warmem Wasser auf ein Endvolumen von 250 mL auf (vgl. Abb. 3a).

Lösung B: Löst im 250 mL Becherglas "B" (ID# 3) 4 g Glukose (ID# IV) in 150 mL warmem Wasser (35 °C – 40 °C). Verrührt gründlich mit dem Glasstab (ID# 8). Füllt mit warmem Wasser auf ein Endvolumen von 250 mL auf (vgl. Abb. 3a).

B.4. Überführt zunächst Suspension **A** in das Reaktionsgefäß (ID# 10). Um ein vollständiges Übertragen der Hefe zu erreichen, spült nun mit einem Teil von Lösung B Becherglas A aus. Entsorgt keine flüssigen Überreste sondern überführt alles in das Reaktionsgefäß. Schüttelt den Reaktionsansatz vorsichtig in einer kreisförmigen Bewegung, um ihn zu gründlich zu vermischen. Stellt das Reaktionsgefäß auf die Gummimatte (ID# 6), die ihr bereits zuvor benutzt hattet (vgl. Abb. 3b).

Wichtig: Suspension A und Lösung B müssen vollständig in das Reaktionsgefäß überführt werden. Nutzt kein zusätzliches Wasser, um die Bechergläser zu spülen.

B.5. Bestimmt die Temperatur des Ansatzes (vgl. Abb. 3c) und notiert sie in **Tabelle 1.1.** auf dem Antwortbogen.

B.6. Verschließt das Reaktionsgefäß gewissenhaft mit dem Gummistopfen (vgl. Abb. 3d).

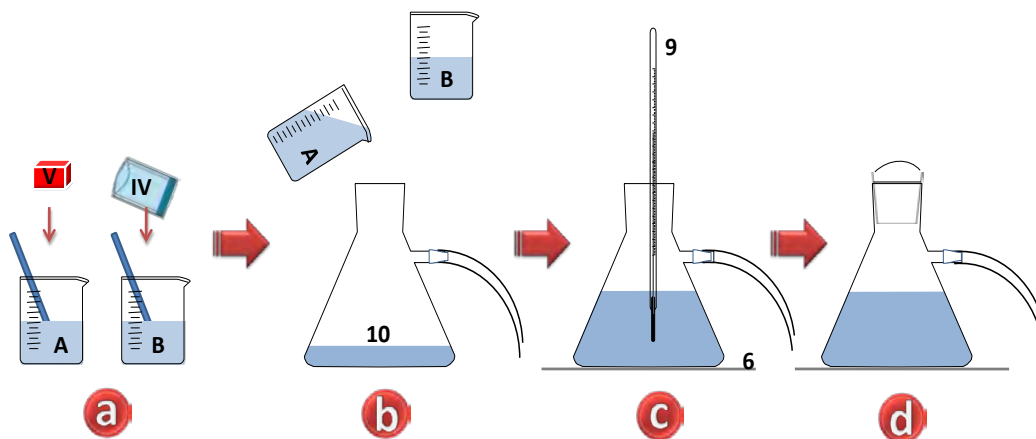


Abb. 3

C. Anleitung für den Aufbau des Reaktionsgefäßes für die Gärung und der Gas-Auffangapparatur (Abbildung 4)

- C.1. Nehmt das lose Ende des Gummischlauchs und führt es, wie in Abbildung 4 dargestellt, in den umgedrehten Messzylinder. Das lose Ende des Gummischlauchs sollte sich nach dem Aufbau am oberen Ende des Messzylinders befinden.
- C.2. Schüttelt das Reaktionsgefäß vorsichtig in einer kreisförmigen Bewegung, um im Gummischlauch eventuell gefangene Luft freizusetzen. Notiert den Wasserstand im Zylinder auf dem Antwortbogen. Der resultierende Wasserspiegel dient für die Skala, die zur Messung des Volumens an freigesetztem CO_2 (g) genutzt wird, als Startwert.

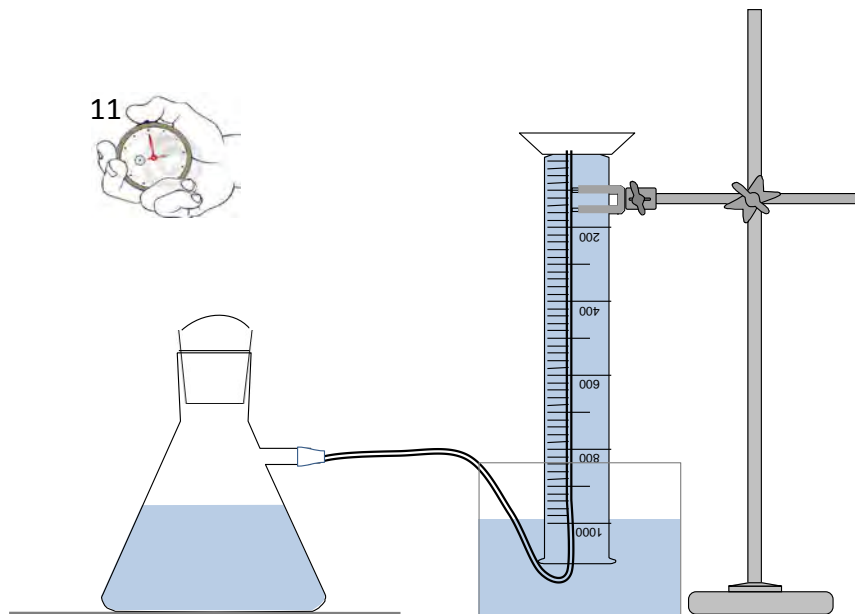


Abb. 4

D. Anweisungen für die Erhebung der experimentellen Daten der Gärung

- D.1. Startet die Stoppuhr (ID# 11), sobald das Reaktionsgefäß für die Gärung und die Gas-Auffangapparatur zusammengebaut sind (vgl. Abb. 4).
- D.2. Das Reaktionsgefäß muss während des gesamten Experiments jede Minute vorsichtig 5 s in einer kreisförmigen Bewegung geschüttelt werden.

Wichtig: Seid vorsichtig beim Schütteln des Reaktionsgefäßes. Der Gummischlauch darf dabei nicht aus dem Messzylinder rutschen.



Experimentelle Klausur

**11. Internationale Junior Science Olympiade
Mendoza, Argentinien**

**Bearbeitungszeit : 4 Stunden
Erreichbare Punkte : 40**

Da im Reaktionsgefäß ein Gärvorgang abläuft, wird das gasförmige Produkt freigesetzt. Der Großteil davon wird durch den Gummischlauch in die Wassersäule des Messzylinders geleitet. Das weitergeleitete gasförmige Produkt wird im oberen Teil des Messzylinders aufgefangen, wo das entstandene Gesamtvolumen gemessen werden kann. Die Ansammlung des gasförmigen Produkts wird durch die Verdrängung der Wassersäule im Messzylinder sichtbar. Der übrige Anteil des gasförmigen Produkts löst sich in der Flüssigkeit im Reaktionsgefäß.

D.3. Das Volumen des angesammelten Gases muss 40 Minuten lang alle 2 Minuten gemessen und in **Tabelle 1.1** auf dem Antwortbogen eingetragen werden.

Wichtig: Lasst bei bis zum Versuchsende die Stoppuhr weiterlaufen!



Experimentelle Klausur

Tabelle 1.1: Erhebung der Gärungsdaten [8,5 Punkte = 7,0 (Messung) + 1,5 (Berechnung)]

Anfangstemperatur des heißen Wassers zur Zubereitung von Suspension A und Lösung B:		
Anfangstemperatur des Gemisches A + B (im Reaktionsgefäß):		
Zeit [in min]	Angesammeltes Gasvolumen $V_a(t)$; [in mL]	Fluss $F(t)$, [in mL/min]
0		
2		
4		
6		
8		
10		
12		
14		
16		
18		
20		
22		
24		
26		
28		
30		
32		
34		
36		
38		
40		

TABELLE NICHT
AUSFÜLLEN!

E. Anleitung zur experimentellen Erfassung der Werte der Gärungsreaktivierung

Wichtig: Stoppt die Stoppuhr nicht zur Ausführung der Reaktivierung

E.1. Haltet nach 40 min Gärung das Reaktionsgefäß fest und verschließt den Gummischlauch, indem ihr ihn gut zudrückt, so dass kein Gas mehr durchströmen kann.

E.2. Entfernt den Gummistopfen vom Reaktionsgefäß.

Wichtig: Achtet darauf, dass der Gummischlauch nicht vom Messzylinder rutscht.

E.3. Gebt eine zweite Portion ungelöster Glukose (ID# IV) direkt in das Reaktionsgefäß und verschließt es mit dem Gummistopfen. Achtet darauf, dass es dicht verschlossen ist.

E.4. Lasst den Gummischlauch wieder los, um den erneuten Gasstrom zu erlauben.

E.5. Schüttelt das Reaktionsgefäß 30 s vorsichtig in einer kreisförmigen Bewegung, um die neue Glukoseportion zu lösen.

Wichtig: Falls der Messzylinder leer wird, kann er nach dem in Abschnitt A beschriebenen Vorgehen wieder befüllt werden. Andernfalls sollte der Aufbau nicht verändert werden.

E.6. Das Reaktionsgefäß muss jede Minute vorsichtig 5 s in einer kreisförmigen Bewegung geschüttelt werden.

E.7. Das Volumen des gesammelten gasförmigen Produkts muss 10 min lang alle 2 min gemessen und in **Tabelle 1.2** auf dem Antwortbogen notiert werden.

Tabelle 1.2.: Daten der Gärungsreaktivierung [2,5 Punkte = 2,0 (Messung) + 0,5 (Berechnung)]

Zeit [min]	Angesammeltes Gasvolumen $V_a(t)$; [in mL]	Fluss $F(t)$, [in mL/min]
42		
44		
46		
48		
50		

TABELLE NICHT AUSFÜLLEN!

F. Identifikation des gasförmigen Produkts:

F.1. Reaktion mit Ca(OH)_2

F.1.1. Entfernt nach Ablauf von 10 min nach der Reaktivierung den Gummischlauch vom Messzylinder und versenkt ihn in der gesättigten Ca(OH)_2 -Lösung (ID# VI) (vgl. Abb. 5).

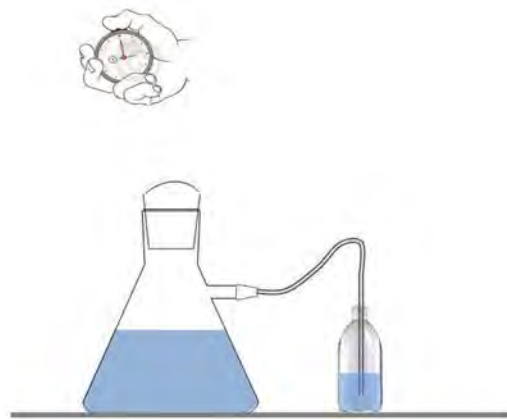


Abb. 5

F.1.2. Schüttelt das Reaktionsgefäß 60 s vorsichtig in einer kreisförmigen Bewegung, damit das gasförmige Produkt in die Ca(OH)_2 -Lösung eingeleitet wird.

F.1.3. Beobachtet, ob sich etwas an der Ca(OH)_2 -Lösung ändert.

Kreuzt das richtige Kästchen auf dem Antwortbogen an: [0,5 Punkte]

- Beobachtung eines weißen Niederschlags
- Beobachtung eines schwarzen Niederschlags
- Keine Beobachtung eines Niederschlags

TABELLE NICHT
 AUSFÜLLEN!

F.1.4. Formuliert auf dem Antwortbogen das stöchiometrisch ausgeglichene Reaktionsschema. [0,5 Punkte]

F.2. Reaktion mit dem Indikator Bromthymolblau.

F.2.1. Entfernt den Gummischlauch aus der Ca(OH)_2 -Lösung und versenkt ihn in der Bromthymolblau-Lösung (ID# II) (vgl. Abb. 6).

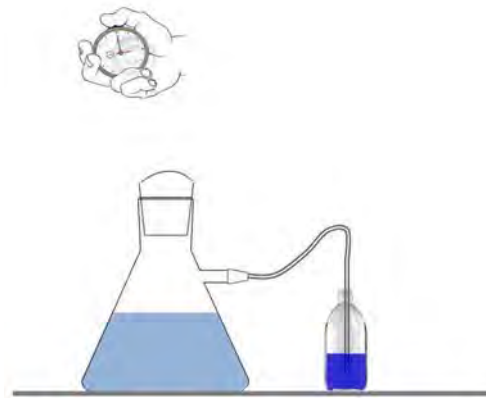


Abb. 6

F.2.2. Schüttelt das Reaktionsgefäß 60 s vorsichtig in einer kreisförmigen Bewegung, damit das gasförmige Produkt in die Bromthymolblau-Lösung eingeleitet wird.

F.2.2.1. Beobachtet, ob sich etwas an der Bromthymolblau-Lösung verändert.

Kreuzt das richtige Kästchen auf dem Antwortbogen an: **[0,2 Punkte]**

- Beobachtung gelber Farbe
- Beobachtung blauer Farbe
- Beobachtung roter Farbe
- Beobachtung weißer Farbe

TABELLE NICHT
 AUSFÜLLEN!



Experimentelle Klausur

F.2.2.2. Was könnt ihr aus den Beobachtungen der Bromthymolblau-Lösung schließen?

Kreuzt das richtige Kästchen auf dem Antwortbogen an: [0,2 Punkte]

- der pH-Wert steigt
- der pH-Wert sinkt
- keine Änderung des pH-Wertes

TABELLE NICHT AUSFÜLLEN!

F.2.2.3. Formuliert das Reaktionsschema der Dissoziation von CO₂ in Wasser, durch das die Änderung des pH-Werts der Indikatorlösung erklärt wird. [0,6 Punkte]

G. Auswertung:

Berechnet und notiert die Ergebnisse in **Tabelle 1.1** und **Tabelle 1.2** auf dem Antwortbogen.

G.1. Berechnet den Fluss (F) des gasförmigen Produkts nach **Gleichung 2** für jedes Zeitintervall ($\Delta t = 2$ min):

$$F = \frac{V_a(t) - V_a(t - \Delta t)}{\Delta t}$$

Gleichung 2

Es gilt:

- F : Fluss des gasförmigen Produkts [in mL/min]
- $V_a(t)$: Angesammeltes Volumen zum Zeitpunkt t [in mL].

G.2. Stellt die Daten aus **Tabelle 1.1** und **Tabelle 1.2** in der vorgegebenen Weise in Koordinatensystemen auf den zur Verfügung gestellten Rastern dar: [2,5 Punkte]

G.2.1. **GRAPH A:** Angesammeltes Gasvolumen ($V_a(t)$ [in mL]) in Abhängigkeit von der Gärungszeit [in min].

G.2.2. **GRAPH B:** Fluss des gasförmigen Produkts ($F(t)$ [in mL/min]) in Abhängigkeit von der Gärungszeit [in min].

G.3. Zeichnet bei $t = 40$ min der Gärung in **GRAPH A** ein Kreuz (X) ein.

Die Anfangsportion Glukose war nach 40 min Gärung teilweise verstoffwechselt. Die nicht verstoffwechselte Glukose verblieb im Reaktionsgefäß und wird als "Restglukose" bezeichnet. Die verstoffwechselte Glukose wurde in das gasförmige Produkt CO_2 und in Ethanol umgewandelt. Der Großteil des gasförmigen Produkts CO_2 wurde durch den Gummischlauch in den Messzylinder überführt. Der übrige Anteil des gasförmigen Produkts CO_2 ist in der Flüssigkeit im Reaktionsgefäß gelöst. **Abbildung 7** fasst den Prozess zusammen.

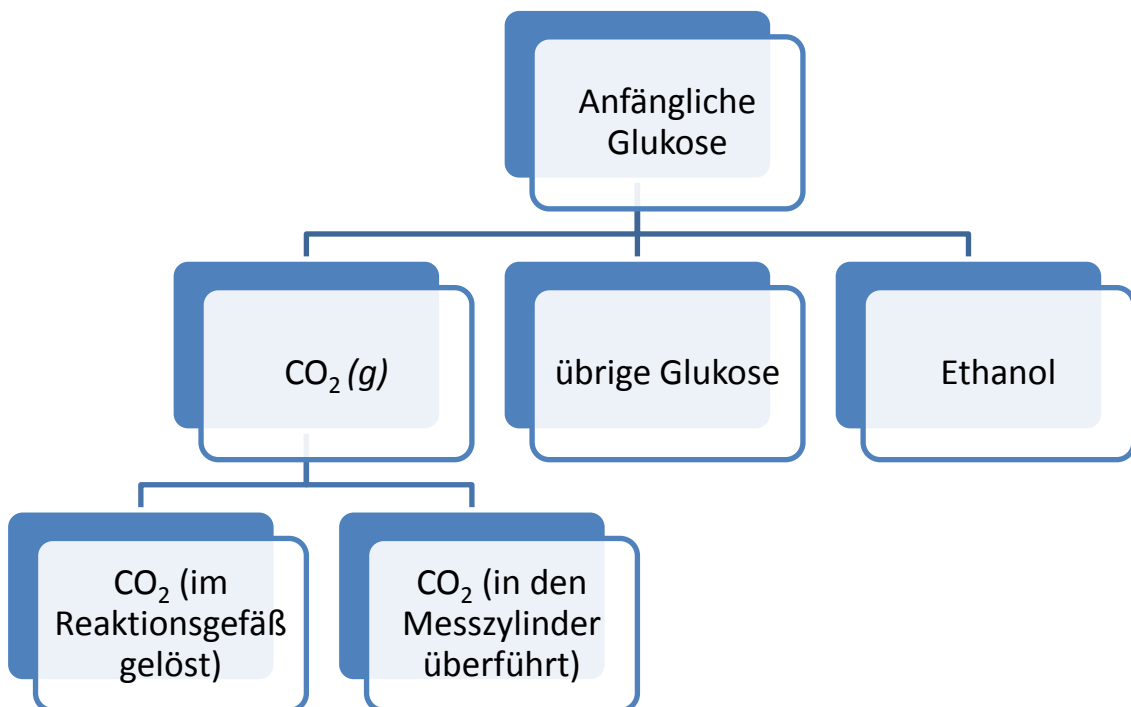


Abb. 7



Experimentelle Klausur

Führt die folgenden Berechnungen auf dem Antwortbogen durch.

G.3.1. Berechnet die Masse (in g) an verstoffwechselter Glukose, durch die das CO₂ im Messzylinder freigesetzt wurde. Betrachtet dafür das angesammelte CO₂-Volumen zum Zeitpunkt $t = 40$ min. Nutzt stöchiometrische Berechnungen, **Gleichung 1** und die folgenden Daten: [1,0 Punkte]

Element	relative Atommasse
C	12,010
H	1,008
O	16,000

molares Volumen von CO ₂ bei den Reaktionsbedingungen	22,4 L/mol
--	------------

G.3.2. Die Menge an **verbleibender Glukose** kann mit der folgenden Vorgehensweise abgeschätzt werden:

G.3.2.1 Identifiziert die Gärungsstadien (a, b und c) in **GRAPH B** bis zum **Zeitpunkt $t = 40$ min.**

- Anstieg** der Produktionsrate des gasförmigen Produkts
- Abfallen** der Produktionsrate des gasförmigen Produkts
- Konstante** Produktionsrate des gasförmigen Produkts

Macht dafür mit Tinte Markierungen oder Balken in **GRAPH B** auf dem Antwortbogen und beschriftet diese mit den entsprechenden Buchstaben, um die verschiedenen Gärungsstadien zu kennzeichnen.

G.3.2.2. Berechnet den natürlichen Logarithmus (ln) des gemessenen Flusses (F) des gasförmigen Produkts während des Gärungsstadiums "Abfallen der Produktionsrate des gasförmigen Produkts" (Stadium b, **GRAPH B**) und vervollständige **Tabelle 2.1.** auf dem Antwortbogen mit den berechneten Werten.

Tabelle 2.2: Geradengleichung der Kalibrierungskurve

Geradengleichung	TABELLE NICHT AUSFÜLLEN!
Steigung (A)	
Achsenabschnitt (B)	

G.3.2.6. Ein hypothetisches CO₂-Volumen (V_h) ist in der verbliebenden Glukose gebunden. Dieses Volumen an CO₂ könnte in den Messzylinder freigesetzt werden, wenn die verbliebene Glukose verstoffwechselt werden würde. Dieses CO₂-Volumen wird mit **Gleichung 3** berechnet. Berechnet und notiert den Wert von V_h auf dem Antwortbogen. [0,2 Punkte]

$$V_h = - \frac{e^{[A \times t_h + B]}}{A}$$

Gleichung 3

Es gilt:

- $t_h = 40$ min
- V_h : Hypothetisches CO₂-Volumen [in mL]
- A: Steigung der Ausgleichsgeraden aus Abschnitt G.3.2.5
- B: Achsenabschnitt der Ausgleichsgeraden aus Abschnitt G.3.2.5

G.3.2.7. Berechnet stöchiometrisch die Masse der Glukose, die dem CO₂-Volumen V_h entspricht. Diese Masse entspricht der im Reaktionsgefäß verbliebenen Glukosemenge. [0,4 Punkte]

G.3.2.8. Berechnet die **komplette Masse der Glukose**, die in den 40 min Gärung vergoren wurde. Berechnet und notiert den Wert auf dem Antwortbogen. [0,2 Punkte]



Experimentelle Klausur

- G.3.2.9. Berechnet die **komplette Masse** des durch die umgewandelte Glukose (berechnet in Abschnitt G.3.2.8.) **freigesetzten CO₂**. Notiert den Wert auf dem Antwortbogen. [0,4 Punkte]
- G.3.2.10. Berechnet die **Masse des CO₂**, das in den 40 min Gärung in den Messzylinder freigesetzt wurde. Verwendet V_a (40 min) für die Berechnung. Notiert den Wert auf dem Antwortbogen. [0,4 Punkte]
- G.3.2.11. Berechnet die **Masse** des im Reaktionsgefäß **gelösten CO₂**. Notiert den Wert auf dem Antwortbogen. Geht davon aus, dass sich während der gesamten Reaktion kein CO₂ im Wasser außerhalb des Reaktionsgefäßes gelöst hat. [0,2 Punkte]
- G.3.2.12. Berechnet die **Löslichkeit von CO₂** (in g/L) im Reaktionsgefäß. Notiert den Wert auf dem Antwortbogen. [0,3 Punkte]
- G.3.3. Berechnet die **Stoffmenge des Ethanols (in mol)**, die zum Zeitpunkt $t = 40$ min produziert wurde, indem ihr stöchiometrische Berechnungen und **Gleichung 1** verwendet. Löst die Rechnung und notiert den Wert auf dem Antwortbogen. [0,4 Punkte]
- G.3.4. Berechnet die resultierende **Ethanolkonzentration** (in g/100 mL) im Reaktionsgefäß zum Zeitpunkt $t = 40$ min, indem ihr die in G.3.3. berechnete Ethanolmenge verwendet. Löst die Rechnung und notiert den Wert auf dem Antwortbogen. [0,5 Punkte]
- G.3.5. Die Entstehungsrate des gasförmigen Produkts sinkt wegen einiger der unten aufgeführten Gründe im Stadium "b" (**GRAPH B**). Berücksichtigt die vorher berechnete Alkoholkonzentration (G.3.4.) und den Grenzwert für die toxische Alkoholkonzentration bei Hefe, der bei 14 g/100 mL liegt. [0,5 Punkte]

Kreuzt das passende/die passenden Kästchen auf dem Antwortbogen an:

- a. Tod der Hefe
- b. Hemmung der Hefe durch die Alkoholkonzentration
- c. Mangel an zu vergärendem Substrat

TABELLE NICHT AUSFÜLLEN!

TEIL 2: REFRAKTOMETRISCHE BESTIMMUNG DER SACCHAROSE-KONZENTRATION [15,0 Punkte]

EINFÜHRUNG:

Refraktometrie ist ein physikalisches Verfahren zur Messung des Brechungsindex von Substanzen. Da der Brechungsindex für eine bestimmte Flüssigkeit bei einer bestimmten Temperatur eine Konstante ist, kann er verwendet werden, um Substanzen zu identifizieren, sie auf Reinheit zu prüfen und ihre Konzentration zu messen. In der Tat ändert sich der Brechungsindex für viele binäre Mischungen über einen weiten Bereich linear mit der Konzentration.

Lebensmittel- und Getränkeindustrie benutzen den Brechungsindex, um die Konzentration von Zucker in verschiedenen Proben zu bestimmen. Das für diesen Zweck verwendete Gerät heißt Refraktometer. Der Brechungsindex ist ein Maß für die Geschwindigkeit von Licht in einem Medium, und daher wird Licht beim Übergang von einem Medium in ein anderes mit unterschiedlichem Brechungsindex von der ursprünglichen Ausbreitungsrichtung abgelenkt. Dieses Phänomen ist die Grundlage eines Refraktometers.

Der Brechungsindex von Säften oder Getränken ist auch abhängig von der Konzentration an gelösten Feststoffen, in diesem Fall hauptsächlich Saccharose. Neben Saccharose können auch organische Säuren und gelöste Salze die Messung beeinflussen. Der dadurch bedingte Messfehler beträgt etwa 0,5%. Die Gesamtkonzentration von Saccharose wird in Grad Brix ($^{\circ}$ Bx) gemessen. 1 $^{\circ}$ Bx entspricht dabei 1 g Saccharose pro 100 g Lösung ist.

Beispiel: Honig von 25 $^{\circ}$ Bx enthält 25 g Saccharose pro 100 g Honig.

Im vorliegenden Experiment wird die Saccharose-Konzentration jedoch in der Einheit g Saccharose **pro 100 mL** Lösung angegeben.

EXPERIMENT

Reagenzien und Geräte

ID#	Material	Menge
12	Selbstgebautes Refraktometer	1
13	Laserquelle	1
14	Trichter	1
15	50 mL Messkolbe	1
16	125 mL Plastikflasche	5
17	25 mL Pipette	1
18	Pipettierhilfe (Peleusball)	1
19	Markerstift	1



Experimentelle Klausur

11. Internationale Junior Science Olympiade
Mendoza, Argentinien

Bearbeitungszeit : 4 Stunden
Erreichbare Punkte : 40

ID#	Reagenzien	Menge
VII	Stammlösung (62,5 g Saccharose/100 mL)	1
VIII	Spritzflasche mit Wasser	1
IX	Einweg-Pasteurpipette	1
X	Saccharose-Lösung unbekannter Konzentration, 50 mL	1
XI	Honig-Lösung (16 g Honig/100 mL), 50 mL	1
XII	Getränkeprobe, 50 mL	1

DURCHFÜHRUNG:

ACHTUNG:

Richtet den Laserstrahl nicht auf eure Augen. Schaltet ihn nur während der Messungen ein.

Laser Spezifikationen: <1 mW, rot.

A. Anweisungen für den Aufbau der Messanordnung nach Abbildung 8.

Dieser Aufbau wird verwendet, um eine Kalibrationskurve zu erstellen und dann die Saccharose-Konzentration der unbekanntenen Proben zu bestimmen. Das selbstgebaute Refraktometer ist fast vollständig zusammengebaut (ID# 13). Es ist nur noch die Justierung des Laserstrahls erforderlich. Hierzu muss Folgendes gemacht werden:

A.1. Schaltet die Laserquelle (ID# 13) ein, legt sie auf den Holzsockel und dreht sie so, dass der Strahl wie in Abbildung 8 auf die Mitte der Millimeter-Skala trifft.

A.2. Markiert genau diese Position der Laserquelle mit dem Stift auf dem Holzsockel.

A.3. Zieht nun die Papierstreifen der doppelseitigen Klebstreifen am Boden des Holzklotzes, auf dem die Laserquelle befestigt ist, ab. Die Klebestreifen frei liegen. Platziert den Holzklötz mit Laserquelle auf der zuvor auf dem Holzsockel markierten Position (A.2) und übt einen leichten Druck aus, um eine gute Haftung auf dem Sockel zu gewährleisten.

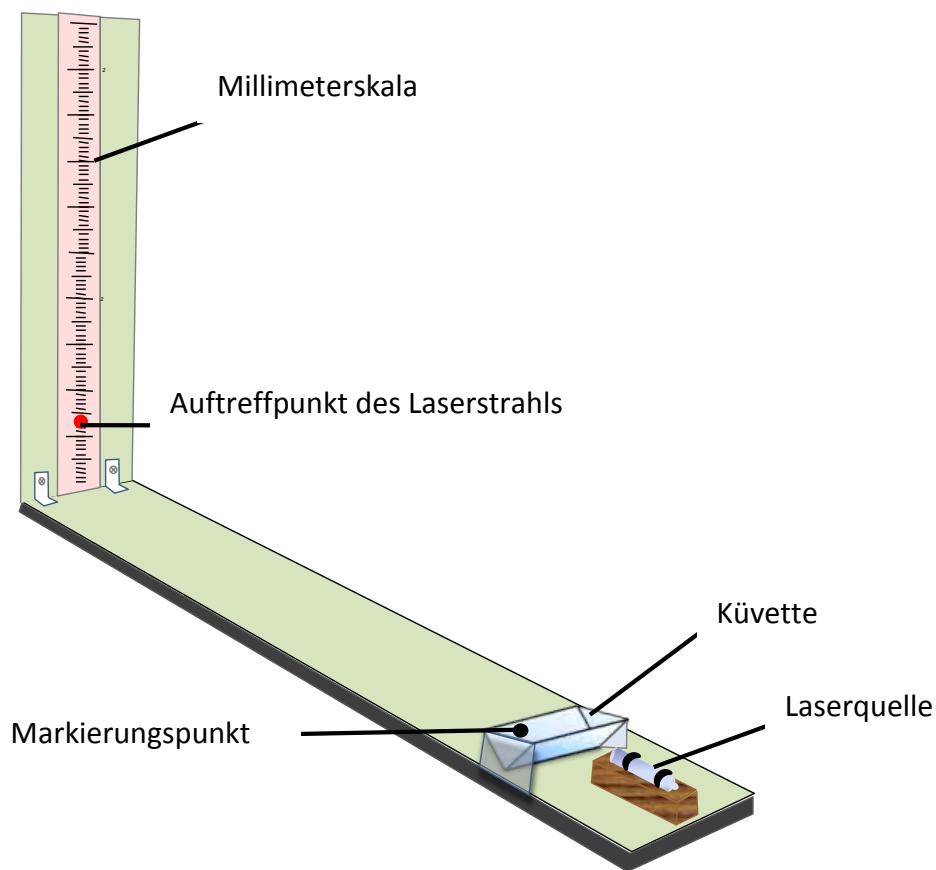


Abbildung 8

B. Allgemeine Hinweise zur Vorbereitung der Kalibrationskurve:

B.1. Herstellung der Vergleichslösungen

B.1.1. Aus der anfänglichen Lösung der Saccharose (ID# VII) sollen 5 weitere Saccharose-Lösungen mit Konzentrationen von 5, 10, 15, 20 und 25 g / 100 mL hergestellt werden. Dafür werden einige Volumina der Stammlösung mit Wasser auf ein Endvolumen von 50 mL aufgefüllt.

Berechnet jeweils die Volumina der Stammlösung (ID# VII), die ihr benötigt, um Saccharose-Lösungen mit Konzentrationen von 5, 10, 15, 20 und 25 g / 100 mL herzustellen. Berücksichtigt dabei das jeweilige Endvolumen 50 mL und die Anfangskonzentration der Stammlösung von 62,5 g Saccharose/ 100 mL. Notiert die berechneten Werte in **Tabelle 3.1** auf dem Antwortbogen. [1,2 Punkte]

Tabelle 3.1: Daten für die Kalibrationslösungen

Bezeichnung der Lösung	Konzentration in der Stammlösung [g/100 mL]	Pipettiertes Volumen [mL]	Konzentration der Messlösung [g/100 mL]	Endvolumen [mL]
A	62,5		5	50
B	62,5	TABELLE NICHT AUSFÜLLEN!	10	50
C	62,5	TABELLE NICHT AUSFÜLLEN!	15	50
D	62,5		20	50
E	62,5		25	50

B.1.2. Bereitet die unter B1.1 berechneten Saccharose-Kalibrationslösungen vor:

B.1.2.1. Beschriftet die Kunststoffflaschen (ID# 16) mit Kennbuchstaben A, B, C, D und E, die den folgenden Konzentrationen der Kalibrationskurve entsprechen:

A = 5 g/100 mL, B = 10 g/100 mL, C = 15 g/100 mL, D = 20 g/100 mL, E = 25 g/100 mL

Die Kalibrationslösungen sollen unter Verwendung der Pipette (ID# 17), der Pipettierhilfe (ID# 18) und dem 50-mL-Meßkolben (ID# 15) hergestellt werden. Bereitet die Lösungen in der Reihenfolge zunehmender Konzentration vor.

B.1.2.2. Entnehmt nun mit der Pipette und der Pipettierhilfe die berechneten Volumina von der Stammlösung mit der Konzentration von 62,5 g Saccharose/100 mL (ID# VII).

B.1.2.3. Gebt das entnommene Volumen von Stammlösung in den 50 mL-Messkolben.



Experimentelle Klausur

B.1.2.4. Füllt den Messkolben mit Wasser aus der Spritzflasche (ID# VIII) bis zu einem Volumen nahe unter der Eichmarke. Homogenisiert die Lösung, indem ihr den Kolben vorsichtig schüttelt.

B.1.2.5. Füllt dann mit der Einweg-Pasteurpipette (ID# IX) genau bis zur Eichmarke auf und schüttelt vorsichtig.

B.1.2.6. Füllt die Lösung aus dem Messkolben in die entsprechend beschriftete Plastikflasche (ID# 16).

B.2. Messung der Kalibrationskurve mit dem selbstgebaute Refraktometer (ID# 12).

Hinweise zur Durchführung:

- Die Küvette muss für die Messung vollständig befüllt werden.
- Die Küvette muss bei allen Messungen stets in derselben Ausrichtung platziert werden. Dafür ist auf der Küvette ein Markierungspunkt (**Abbildung 8**) angebracht.
- Trocknet vor jeder Messung die Außenseite der Küvette mit saugfähigem Papier (ID# C).

Vorgehensweise bei der Messung:

B.2.1. Nehmt die Küvette aus dem Refraktometer und füllt sie mit der jeweiligen Lösung. Trocknet die Küvette dann auf der Außenseite ab und bringt sie wieder in die ursprüngliche Position.

B.2.2. Schaltet die Laserquelle (ID# 13) ein. Solange wie ihr den Schalter drückt, bleibt der Laserstrahl an.

B.2.3. Markiert den Punkt, in dem der Laserstrahl auf dem Millimeterpapier auftrifft, mit dem Stift.

Herstellung der Vergleichslösungen:

Nach der Bestimmung des Nullpunktes messt die Vergleichslösungen. Beginnt die Messreihe mit der Lösung mit der niedrigsten und beendet sie mit der Lösung mit der höchsten Saccharose-Konzentration.

B.2.4. Bestimmt als Referenzpunkt den Nullpunkt, indem ihr Wasser (ID# VIII) verwendet und den Anweisungen unter B.2.1-B.2.3 folgt.



Experimentelle Klausur

B.2.5. Bestimmung der Kalibrationspunkte:

B.2.5.1. Wiederholt die unter B.2.1-B.2.3 beschriebene Prozedur mit der Saccharose-Lösung "A".

B.2.5.2. Messt auf der Millimeterskala den Abstand zwischen dem Nullpunkt und dem Punkt für die Konzentration der Saccharose-Lösung "A".

B.2.5.3. Notiert euren Messwert in **Tabelle 3.2** auf dem Antwortbogen.

B.2.5.4. Wiederholt die unter B.2.5.1-B.2.5.3 beschriebene Prozedur jeweils mit den verbleibenden Saccharose-Lösungen **B, C, D** und **E**.

Tabelle 3.2: Daten der Kalibrationskurve [4,0 Punkte]

Name der Lösung	Saccharose-Konzentration [g/100 mL]	Abstand des Messpunkts vom Nullpunkt [mm]
Water	0	0
A	5	
B	10	TABELLE NICHT AUSFÜLLEN!
C	15	TABELLE NICHT AUSFÜLLEN!
D	20	
E	25	

B.3. Zeichnen der Kalibrationskurve (**GRAPH D**): [3,0 Punkte]

B.3.1. Tragt die Abweichungen des Messpunktes vom Nullpunkt [mm] über der Saccharose-Konzentrationen [g/100 mL] aus **Tabelle 3.2** in ein Koordinatensystem ein.

B.3.2. Zeichnet eine Ausgleichsgerade ein.

B.3.3. Berechnet die Steigung A und den Achsenabschnitt B der Ausgleichsgeraden. Notiert diese Werte **Tabelle 3.3** im Antwortbogen.

Tabelle 3.3: Geradengleichung der Kalibrationskurve [0,9 Punkte]

Geradengleichung	
Steigung	TABELLE NICHT AUSFÜLLEN!
y-Achsenabschnitt	



Experimentelle Klausur

C. Anweisungen zur Durchführung der Analyse (ID# X, ID# XI und ID# XII):

C.1. Messung des Zuckergehaltes in Proben mit Hilfe eines selbstgebauten Refraktometers (ID# 12).

Durchführung:

C.1.1. Reinigt die Küvette mit Wasser (ID# VIII). Trocknet mit dem Küchenpapier die Küvette von innen.

C.1.2. Füllt die Küvette mit der Probe unbekannter Saccharose-Konzentration (ID# X).

C.1.3. Trocknet das Äußere der Küvette und platziert sie für die Messung in der dafür vorgesehenen Halterung.

C.1.4. Schaltet den Laserpointer ein.

C.1.5. Markiert mit einem Stift den Punkt, auf dem der Laserstrahl auf die Millimeterskala trifft.

C.1.6. Misst den Abstand zwischen dem Nullpunkt und dem Probenpunkt auf der Millimeterskala.

C.1.7. Notiert euren Messwert in **Table 3.4** im Antwortbogen.

C.1.8. Wiederholt die in C.1.1 bis C.1.7 beschriebenen Arbeitsschritte mit den verbleibenden Lösungen unbekannter Saccharose-Konzentration (ID# XI and ID# XII).

Table 3.4: Messdaten für die zu untersuchenden Proben

[2,1 Punkte]

Probe	Gemessener Abstand [mm]
ID# X	
ID# XI	TABELLE NICHT AUSFÜLLEN!
ID# XII	

C.2. Berechnung der Saccharose-Konzentration der Proben: [2,3 Punkte]

C.2.1. Graphische Bestimmung:

C.2.1.1. Bestimmt aus **GRAPH D** die Konzentrationen der Proben **X, XI, XII**.

C.2.1.2. Notiert eure Ergebnisse in **Tabelle 3.5** auf dem Antwortbogen.



Experimentelle Klausur

C.2.2. Rechnerische Bestimmung:

C.2.2.1. Berechnet die Saccharose-Konzentration der Proben. Nutzt dafür die Geradengleichung aus **Tabelle 3.3** und eure Messdaten aus **Tabelle 3.4**. Dokumentiert eure Rechenschritte im Antwortbogen.

C.2.2.2. Notiert die Ergebnisse in **Tabelle 3.5** auf dem Antwortbogen.

C.2.3. Berechnet mit Hilfe von **Gleichung 4** die prozentuelle Abweichung [D (%)] von graphisch und rechnerisch bestimmten Wert. Notiert eure Ergebnisse in **Tabelle 3.5** auf dem Antwortbogen.

$$D(\%) = \frac{C_G - C_A}{C_A} \cdot 100$$

Gleichung 4

Es gilt:

C_G : Aus der Graphik abgelesene Saccharose-Konzentration

C_A : Aus der Geradengleichung berechnete Saccharose-Konzentration [g/100 mL]

Tabelle 3.5. Aus der Graphik abgelesene und aus der Geradengleichung berechnete Saccharose-Konzentrationen in den Proben

Probe	Aus der Graphik abgelesene Saccharose-Konzentration [g/100 mL]	Aus der Geradengleichung berechnete Saccharose-konzentration [g/100 mL]	D [%]
ID# X			
ID# XI		TABELLE NICHT AUSFÜLLEN!	
ID# XII			



Experimentelle Klausur

Bearbeitungszeit : 4 Stunden
Erreichbare Punkte : 40

D. Zusätzliche Berechnungen und Datenauswertung für Proben XI und XII

D.1. Berechnet die tatsächliche Saccharose-Konzentration des Honigs in °Brix. Verwendet dafür die Saccharose-Konzentration, die ihr rechnerisch für die Honigprobe (ID# XI) bestimmt habt. Berücksichtigt, dass aus der Honigprobe (ID# XI) für die Messung folgende Messlösung hergestellt wurde:

16 g Honig wurden mit Wasser auf ein Endvolumen von 100 mL verdünnt.

Notiert eure Ergebnisse in **Tabelle 3.6** auf dem Antwortbogen. [0,3 Punkte]

Tabelle 3.6.: Tatsächliche Saccharose-Konzentration in der Honigprobe

Probe	Tatsächliche Saccharose-Konzentration [°Brix]
ID# XI	TABELLE NICHT AUSFÜLLEN!

Damit Honig haltbar ist, muss dieser mehr als 65 °Brix haben.

D.2. Gebt an, ob die untersuchte Honigprobe die Anforderungen für eine sichere Haltbarmachung erfüllt.

Markiert dazu mit einem Kreuz (X) in **Tabelle 3.7** auf dem Antwortbogen, in welchen Bereich eure Honigprobe fällt.

Tabelle 3.7.: Sichere Konservierung von Honig
[0,2 Punkte]

SICHER	NICHT SICHER
TABELLE NICHT AUSFÜLLEN!	

D.3. Berechnet den theoretisch zu erwartenden Abstand des Laserstrahls vom Nullpunkt [mm] für eine Saccharose-Lösung mit einer Konzentration von 8,5 g/100 mL. Führt diese Berechnung einmal für die graphisch bestimmten und einmal für die aus der Geradengleichung berechneten Wert durch (B.3.). Dokumentiert die Rechenschritte auf dem Antwortbogen. Notiert die Ergebnisse in **Tabelle 3.8** auf dem Antwortbogen.
[0,5 Punkte]



Experimentelle Klausur

Tabelle 3.8.: Theoretische Abweichung des Laserstrahls [mm] bei einer Saccharoselösung mit einer Konzentration von 8,5 g/100 mL

Bestimmungsmethode	Theoretisch zu erwartender Abstand des Laserpunkts vom Nullpunkt [mm]
Aus der Geradengleichung berechnet	TABELLE NICHT AUSFÜLLEN!
Aus der Graphik abgelesen	

Auf der Verpackung des untersuchten Getränks wird die Saccharose-Konzentration mit 15 ± 2 g pro 200 mL angegeben.

- D.4. Gebt an, ob die Saccharose-Konzentration im untersuchten Getränk der auf der Verpackung angegebenen Saccharose-Konzentration entspricht. Notiert eure Rechenschritte auf dem Antwortbogen. Markiert die richtige Antwort mit einem Kreuz (X) in **Tabelle 3.9** auf dem Antwortbogen. **[0,5 Punkte]**

Tabelle 3.9.:

Untersuchtes Getränk entspricht Angabe auf der Verpackung:

Ja	TABELLE NICHT AUSFÜLLEN!
Nein	