

3. Lëtzebuerger Naturwëssenschaftsolympiad

Finalrunde: Donnerstag, den 28. Januar 2010

Lycée Michel-Rodange, Luxembourg



Hopfen

und

Malz...

– Aufgabenbogen –

Vorsichtsmaßnahmen

1. Tragt Laborkittel und Schutzbrillen während des gesamten Aufenthalts im Labor.
2. Beim Arbeiten mit dem Bunsenbrenner müssen längere Haare mit einem Band nach hinten zusammengefasst werden.
3. Bei der Arbeit mit Chemikalien sollen Einweghandschuhe getragen werden.
4. Essen und Trinken ist im Labor ist nicht gestattet.
5. Wenn Material zerbricht, sofort einem Jurymitglied Bescheid geben.
6. 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. Alle Ergebnisse müssen in den **Antwortbogen** eingetragen werden.
4. Punkteverteilung für die einzelnen Aufgaben:

Versuch I: Beobachtung von Hefe unter dem Mikroskop (5 P.)

Versuch II: Mikroskopische Größenbestimmung von Hefezellen (8 P.)

Versuch III: Mikroskopische Zählung von Hefezellen (11 P.)

Versuch IV: Vergärbarkeit von Kohlenhydraten durch Hefe (11 P.)

Versuch V: Bedeutung des Mälzens (8 P.)

Zusatzfragen: (4 P.)

Versuch VI: Bestimmung der Dichte, der Oberflächenspannung sowie der Haltbarkeit der Schaumkrone bei verschiedenen Bieren (27 P.)

Versuch VII: Bestimmung des Alkoholgehaltes von Bier (21 P.)

Arbeitsablauf, Sauberkeit, Organisation, Teamfähigkeit: (5 P.)

Hopfen und Malz ...

... verloren?

Dieses alte Sprichwort trifft sicherlich nicht auf wissbegierige junge Leute wie euch zu!

Hopfen und Malz werden seit dem Altertum genutzt, um schmackhaftes Bier herzustellen. Als junge Wissenschaftler wollt ihr mehr über das Produkt und deren Herstellung erfahren. In diesem Sinne werdet ihr im Folgenden mehrere Beobachtungen und Versuche durchführen, um einen Einblick in die Wissenschaft der Bierbrauerei zu bekommen.

Die Erfindung des Bieres reicht wohl über 5000 Jahre zurück. Sie ist Gegenstand vieler Legenden geworden, vom ägyptischen Gott Isiris ist die Rede, ebenso wie von einem „Gambrinus, König von Brabant“.

Sicher scheint, dass dieses Getränk keinem einzelnen Erfinder zuzuschreiben ist, sondern eher einer Reihe von Zufällen.

Vergorener Brotteig war mit großer Wahrscheinlichkeit der Ausgangspunkt für die Herstellung eines Getränkes, das wir als „erstes Bier“ bezeichnen können.



Die Ägypter tranken Bier mit langen Saugröhrchen aus Krügen. (Bodemuseum Berlin)



Zur Herstellung von Bier müssen genau festgelegte Regeln befolgt werden, so zum Beispiel das deutsche **Reinheitsgebot**, was auf eine Regelung von 1516 aus Bayern zurückführt. Danach dürfen zur Herstellung von Bier nur Gerstenmalz, Hopfen, Hefe und Wasser verwendet werden. Heute sind, je nach Bierart, außer Gerstenmalz auch Malze aus Getreide wie Weizen, Roggen, Dinkel und Emmer zugelassen.

Wasser ist der Körper des Bieres!

An das Wasser, welches als Brauwasser genutzt wird, stellen die Brauereitechnologen sehr hohe Ansprüche. Die Qualität des Wassers beeinflusst maßgeblich die Qualität des Bieres, da viele Mineralstoffe und Spurenelemente in das fertige Erzeugnis übergehen. Hier wirken sie sich auf die Haltbarkeit, den Schaum, den Geschmack, die Durststillung und die Bekömmlichkeit aus.

Malz ist die Seele des Bieres!

Es wird aus Getreide gewonnen und liefert die nötigen Kohlenhydrate zur Herstellung des Bieres. Zerkleinertes Malz (Malzschrot) wird mit Wasser eingemaischt und erhitzt. Die in der Maische enthaltenen Kohlenhydrate werden freigesetzt. Durch Sieben des Trebers wird die Stammwürze gewonnen. Der eiweißhaltige Treber wird als Viehfutter verwendet.



Weizen Roggen Gerste



Hopfen ist die Würze des Bieres!

Hopfen (*Humulus lupulus*) ist eine Kletterpflanze aus der Familie der Hanfgewächse (*Cannabidaceae*). Für die Bierherstellung werden nur die reifen weiblichen Blütenstände verwendet, weshalb man den Hopfengarten auch als „Frauenkloster“ bezeichnet.

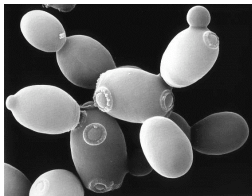
Er enthält etwa 150 Einzelsubstanzen: Öle, Aromastoffe, Bitterstoffe usw. Die Hopfeninhaltsstoffe beeinflussen das Aroma, die bitteren Geschmack, den Schaum und die mikrobiologische Haltbarkeit des Bieres.

Die Würze wird mit Hopfen vermischt und aufgekocht. Dabei werden die Bitterstoffe gelöst. Danach wird die Lösung filtriert und konzentriert.



Hefe ist der Geist des Bieres!

Danach wird die Würze mit Hefe versetzt; rund 0,5 L dickbreiige Hefe sind für einen Hektoliter Bier erforderlich.



Bei der Hefe handelt es sich um einen einzelligen Mikroorganismus. Sie baut die Kohlenhydrate ab und gewinnt so Energie für den Eigenbedarf. Dies geschieht bei der so genannten Gärung. Dabei werden Alkohol und Kohlenstoffdioxid als „Abfallstoff“ freigesetzt.

Nach 2-3 Tagen ist die Gärung abgeschlossen, die Hefe wird abgeschieden, das Jungbier filtriert und in Flaschen oder Fässer abgefüllt.

Bier, ein Lebens- und Genussmittel

„All Ding sind Gift und nichts ist ohne Gift, allein die Dosis macht, dass ein Ding zum Gift wird“ (Paracelsus, 1493 – 1541)



Versuch I: Beobachtung von Hefe unter dem Mikroskop



Hintergrundinformationen

Hefe sind einzellige Organismen, welche man nur mit Hilfe des Mikroskops erkennen kann. Beim Bäcker haben wir uns frische Hefe besorgt und in einer Pufferlösung aufgeschwemmt.



Aufgabenstellung

Ehe ihr verschiedene Versuche an diesen Mikroorganismen durchführt, versucht anhand der nachfolgenden Abbildungen den Mikroorganismus zu bestimmen, um den es sich hier handelt.



Arbeitsanweisungen

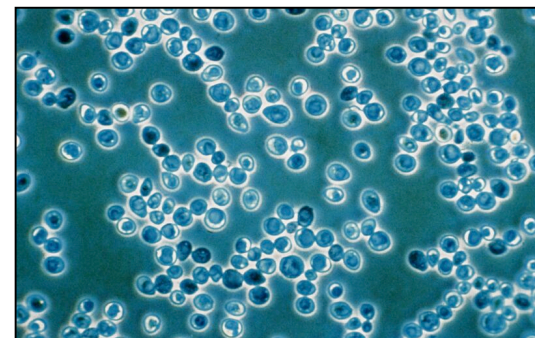
Entnehmt zur Beobachtung der Hefesuspension mit einer Pasteurpipette einen Tropfen und tragt ihn auf einen Objektträger auf. Deckt das Präparat mit einem Deckgläschen ab.

Untersucht das Präparat mit dem Lichtmikroskop. Beobachtet zuerst mit dem Objektiv 10x vergrößert, dann mit demjenigen 40x und schließlich mit dem 63x Objektiv.



Frage (Antwortbogen)

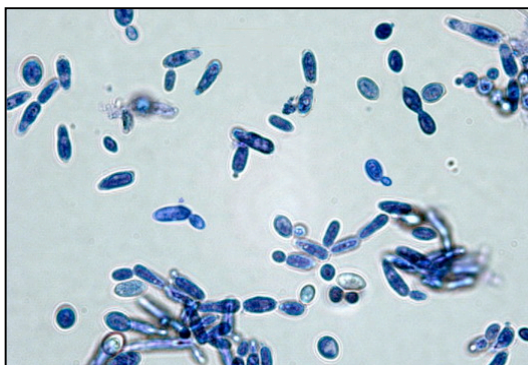
I.1 Berechnet die Gesamtvergrößerung des Präparates (mit dem 63x Objektiv).



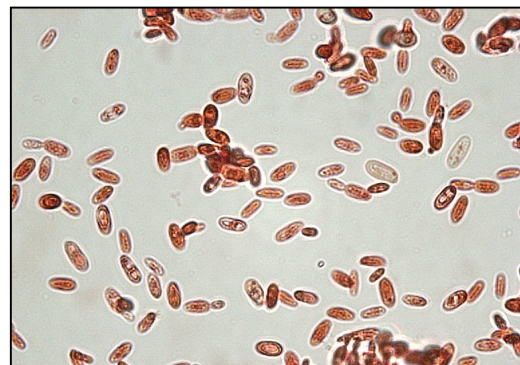
Saccharomyces cerevisiae



Candida albicans



Saccharomyces sp. 'Reinzuchtheife Rüdeshelm'



Sporobolomyces roseus



Fragen (Antwortbogen)

I.2 Hefe wird weder zum Tierreich noch zum Pflanzenreich gezählt! Zu welchem anderen Reich der Lebewesen gehören dann die Hefen?

I.3 Um welche Hefezellen handelt es sich im Probegefäß?

Versuch II: Mikroskopische Größenbestimmung von Hefezellen



Hintergrundinformationen

Bei der Größenmessung der Zellen von Mikroorganismen bedient man sich eines Messokulars mit Okularmikrometer, welches durch ein Objektmikrometer vorher geeicht wird.

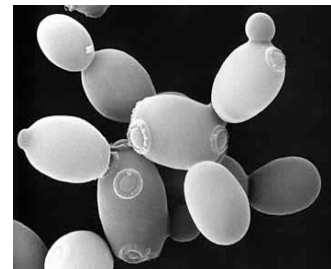


Aufgabenstellung

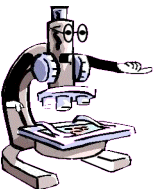
Aufgabe ist es die Länge und Breite von Hefezellen unter dem Lichtmikroskop zu bestimmen.

Material

- Hefezellen-Suspension (Verdünnung 10^{-3} ; d.h. 1 g Bäckerhefe in 1000 mL destilliertes Wasser)
- Lichtmikroskop (1000 x Vergrößerung)
- Messokular
- Immersionsöl
- Objektträger & Deckplättchen
- Mikropipette



Arbeitsanweisungen

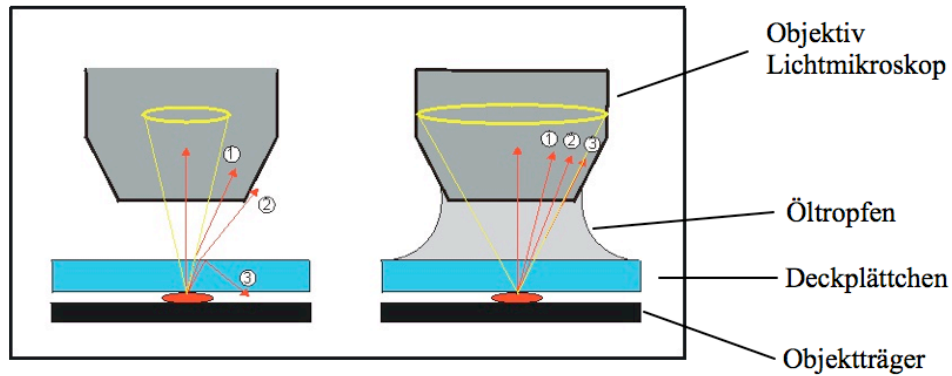


Bei der Größenbestimmung wird ein **Okularmikrometer** benutzt. Dabei muss jedoch der Abbildungsmaßstab der Objektive berücksichtigt werden!

Da der Abbildungsmaßstab der Objektive unterschiedlich ist, muss eine Eichung des Okularmikrometers vorgenommen werden.

In unserem Falle wurde die Eichung bei einer Objektivvergrößerung von 100x **bereits** durchgeführt! Ihr könnt die Größe der Hefezellen sofort mit Hilfe der Skala im Okular und der Eichtable am Arbeitsplatz ermitteln.

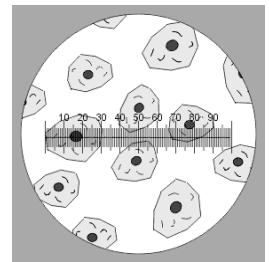
Untersucht das Präparat mit dem **Lichtmikroskop**. Beobachtet zuerst mit dem 10x Objektiv, dann mit 40 x, dann mit dem 63 x Objektiv. Dreht zum Schluss das 100 x Objektiv ein. Gebt vorher aber einen Tropfen Immersionsöl im Strahlendurchgang **auf das Deckgläschen**, so dass beim Eindrehen des 100x Objektives ein Ölfilm zwischen Objektivlinse und Deckgläschen entsteht (siehe Abbildung auf der nächsten Seite).



Durch Messung von 10 zufällig ausgewählten ausgewachsenen Hefezellen, wird ein Mittelwert für die Länge und Breite von Hefezellen ermittelt.

☞ *Alle im Antwortbogen angeben (II.1)*

Zähle die Anzahl an Strichen im Messokular. Bestimme danach **anhand der Eich-tabelle** die Größe der Zellen!

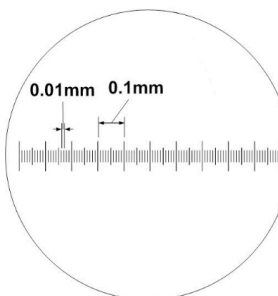
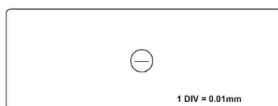


Auswertung (☞ Antwortbogen)

II.2 Gebt die mittlere Länge und mittlere Breite von ausgewachsenen Hefezellen an.

Zur Information: Eichung eines Messokulars

Bevor man mit einem **Messokular** exakte Messungen ausführen kann, muss zuerst eine Eichung mit einem **Objektmikrometer (= Objektträger mit eingeschliffener Skala)** erfolgen. Durch diese Eichung erhält man den Mikrometerwert für das Messokular.



Der Mikrometerwert gibt an, wie groß der Abstand zwischen zwei Teilstrichen des Mikrometers im Präparat ist. Ein Objektmikrometer besteht aus einem herkömmlichen Objektträger, auf dem eine zumeist 1 mm lange, aus 100 Teilstrichen bestehende Skala aufgebracht ist. Der Abstand zwischen 2 Teilstrichen beträgt somit genau 10 μm .

Der Objektmikrometer muss für den Eichvorgang zunächst genau wie ein Präparat auf den Objekt-tisch gebracht werden. Die Eichung erfolgt dann nach der Fokussierung des Objektmikrometers durch das Okular.

Versuch III: Mikroskopische Zählung von Hefezellen



Hintergrundinformationen

Eine **Zählkammer** (hier Thoma-Zählkammer) dient zur Ermittlung der **Gesamtzellzahl** von Mikroorganismen in einer Lösung. Hauptsächlich werden Zählkammern im Labor zur Blutanalyse (Zählung von Erythrozyten, Leukozyten und Thrombozyten) sowie zur Zählung von Bakterien, Pilzsporen, Spermien oder eben Hefezellen benutzt.



Aufgabenstellung

Ziel dieses Versuchs ist es festzustellen, wie viele Zellen in 1 Gramm Hefe enthalten sind.

Material

Die **Zählkammer** des stark verdickten Objektträgers aus Spezialglas weist zentral zwei plane, rechteckige Vertiefungen (0,1 mm) auf, in welche ein Raster aus 16 Großquadraten eingätzt ist.

Wir benutzen hier eine Doppelzählkammer **mit zwei Zählkammern**.

Auf den beiden unbearbeiteten Seitenflächen der Zählkammer befinden sich folgende Angaben:

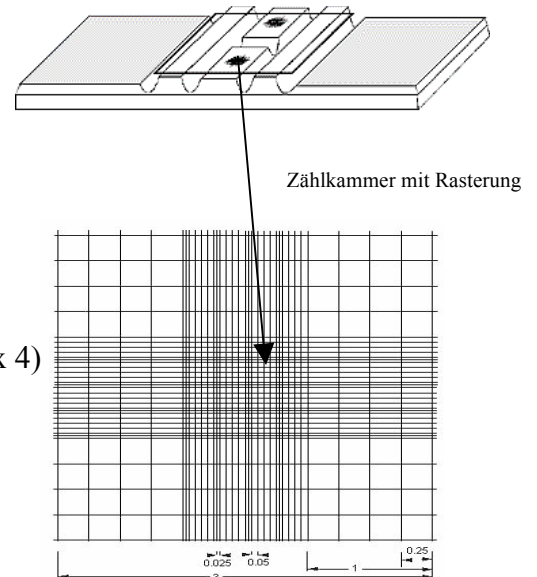
- das System des Zählnetzes (hier nach Thoma)
- der Name und das Warenzeichen des Herstellers
- die **Kammertiefe in mm (0,1 mm)**
- die **Fläche des kleinsten Quadrates in mm²**

Jedes der 16 (4 x 4) Großquadrate ist in jeweils 16 (4 x 4) Kleinquadrate aufgeteilt.

Die Seitenlänge eines Großquadrates beträgt 0,25 mm.

Weiter benötigtes Material:

- Mikropipette
- Destilliertes Wasser
- Lichtmikroskop (630 x Vergrößerung)
- Hefezellen-Suspension (Verdünnung 10^{-3} ; d.h. 1g Bäckerhefe in 1000 mL destilliertem Wasser)



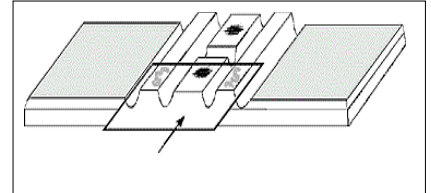


Arbeitsanweisungen

1. Aufbringen des Deckplättchens

Die Außenstege werden mit destilliertem Wasser befeuchtet und das Deckglas wird dann mit sanftem Druck von vorn auf die Zählkammer aufgeschoben.

Die Ausbildung von Interferenz-Linien (Newton'sche Ringe) zwischen Außenstegen und Deckglas zeigt, dass das Deckglas richtig aufgesetzt ist.

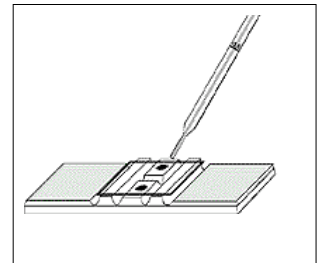


2. Beschicken

Die gut gemischte Pipette der Hefezellen-Suspension wird genommen und die ersten Tropfen werden verworfen. Die Pipette außen trocken wischen und dann schräg halten, bis sich ein kleiner Tropfen an der Pipettenspitze gebildet hat.

Diesen Tropfen bringt man an die Stelle zwischen Deckglas und Zählkammer.

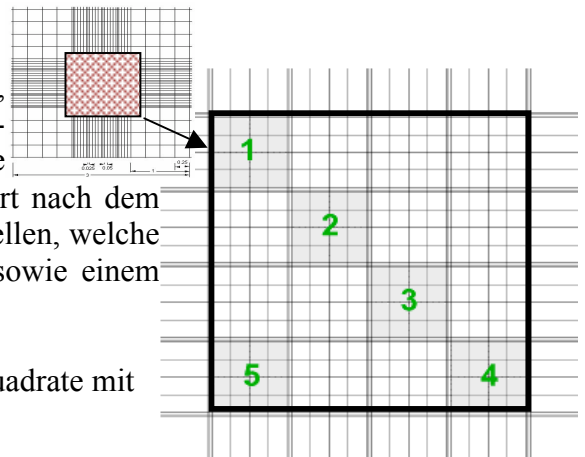
Durch Kapillarwirkung füllt sich der Spalt zwischen Deckglas und Kammerboden. Noch bevor die verdünnte Zellsuspension an den Rändern des Kammerteils überquellen kann, muss die Pipettenspitze bereits wieder beiseite gezogen werden. Sind Luftblasen sichtbar oder ist die Flüssigkeit über die Ränder in die Rinnen übergequollen, so muss die Kammer gereinigt und erneut beschickt werden.



3. Auszählen der Zellen

Um ein möglichst genaues Ergebnis zu erzielen, ist es wichtig jeweils **fünf Quadrate** auszuwählen (in den beiden Zählkammern). Die Auswahl der Großquadrate erfolgt standardisiert nach dem nebenstehenden Schema. Gezählt werden die Zellen, welche über vier Quadrate diagonal angeordnet sind sowie einem fünften Großquadraten links unten.

Es werden pro Zählung also insgesamt 5 Großquadrate mit jeweils 16 Kleinquadraten ausgezählt.



Dieser **Vorgang wird 2 mal wiederholt**, bei jeweils neu beschickter Zählkammer. Das heißt die beiden Zählkammern werden also je zwei mal gezählt.

Anschließend wird der **Mittelwert der Zellzahl eines Großquadrates** berechnet. Anhand des Mittelwertes und des bekannten Volumenanteils eines Großquadrates sowie durch Beachtung der Verdünnungen wird die Zellzahl von Hefen pro Gramm bestimmt.

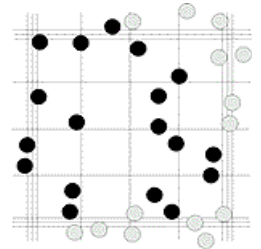


Achtung beim Auszählen!

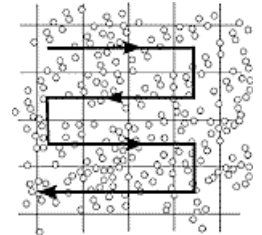
Beim Auszählen gilt es folgende Regeln zu beachten:

A. Damit Zellen, die auf oder an Begrenzungslinien liegen, nicht doppelt gezählt oder bei der Zählung übergangen werden, gilt folgende Grundregel:

Mitgezählt werden alle Zellen im Quadrat sowie Zellen die **an oder auf der Linie von 2 der 4 Seiten eines Quadrates** liegen, z.B. an der linken und oberen Linie (schwarz markiert). Die Zellen an oder auf der rechten und unteren Linie werden nicht mitgezählt (weiß gefärbt).



B. Dies gilt auch für die Art des eigentlichen Zählvorganges der 16 Kleinquadrate in einem Großquadrat. Die Auszählung der Kleinquadrate soll standardisiert mäanderförmig (siehe Abbildung) erfolgen. Diese Vorgehensweise verhindert z.B. Doppelzählungen!



Auswertung

III.1 Mittelwert der **Zellenzahl pro Großquadrat** ? ➡ *Antwortbogen*

III.2 Berechnung des **Volumens** eines Großquadrates (Seitenlänge von 0,25 mm; Kammertiefe von 0,1 mm) ➡ *Antwortbogen*

III.3 Verdünnung der Zellsuspension angeben ➡ *Antwortbogen*



Frage (➡ *Antwortbogen*)

III.4 Wie viele Hefezellen befinden sich in einem Gramm frischer Backhefe?

JOKER:



Falls ihr zur Beantwortung der Frage III.4 eine Hilfestellung benötigt, könnt ihr diese bei einem Jurymitglied beantragen. Das kostet euch aber zwei Strafpunkte.

Versuch IV: Vergärbarkeit von Kohlenhydraten durch Hefe



Hintergrundinformationen

Hefezellen bezeichnet man, genau wie Tiere als heterotrophe Lebewesen, da sie zur Energiegewinnung auf andere Organismen angewiesen sind, d.h. sie können ihre Nährstoffe nicht wie Pflanzen durch Photosynthese aus mineralischen Substanzen selbst herstellen!

Ihre lebensnotwendige Energie gewinnen sie aus Nährstoffen, welche sie entweder mit Hilfe von Sauerstoff veratmen, oder in Abwesenheit von Sauerstoff vergären. Man spricht in letzterem Falle von einer alkoholischen Gärung. Als Nebenprodukte entstehen dabei Kohlenstoffdioxid und Ethanol (Alkohol).

Durch die Messung des freigesetzten gasförmigen Kohlenstoffdioxids, kann man die Intensität der Gärung messen.

Aufgabenstellung

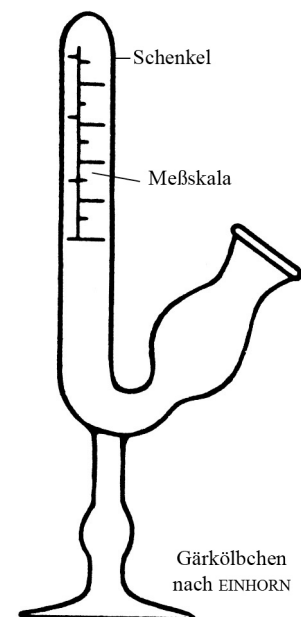


Um herauszufinden, welche Nährstoffe die Hefezellen vergären können, wird folgender Versuch durchgeführt.

Eine Hefezellsuspension wird mit unterschiedlichen Kohlenhydraten „gefüttert“ und die Messung des freigesetzten Kohlendioxids in einem bestimmten Zeitraum zeigt, welche Substanz von den Hefezellen am besten genutzt wird.

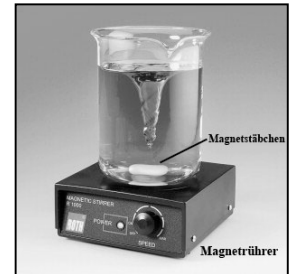
Material:

- Lebende Hefezellen (*Saccharomyces cerevisiae*)
- 5 Gärkölbchen nach EINHORN
- 5 ml 0,5 molare Substratlösung (Kohlenhydratlösungen, die getestet werden sollen):
 - Stärke aus Gerstenmehl
 - Traubenzucker
 - Rohrzucker aus Zuckerrüben
 - Malzzucker
 - Milchzucker
- 2 Pipetten (10 mL)
- 1 Becher mit Leitungswasser (zum Spülen)
- Erlenmeyerkolben (250 mL)
- Magnetrührer mit Magnetstäbchen
- Stoppuhr
- Wasserfeste Stifte

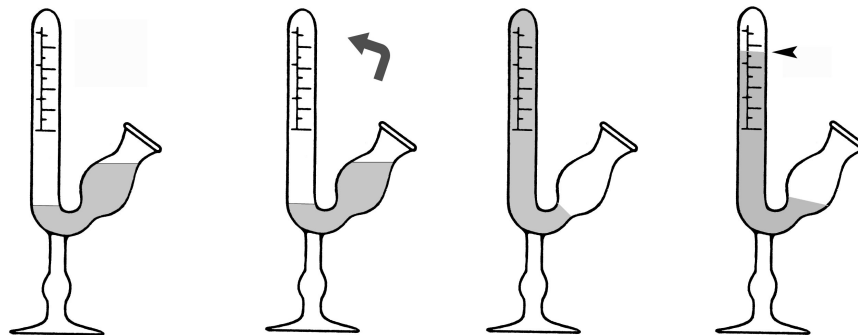




Arbeitsanweisungen



1. Stellt im Erlenmeyerkolben eine dichte Hefesuspension her, indem ihr 10 g lebende Hefezellen in 100 mL Leitungswasser in einem Erlenmeyerkolben gut durchmischt.
Benutzt hierfür einen Magnetrührer und ein Magnetstäbchen, welches in die Suspension eingetaucht wird!
Während etwa 10 Minuten gut durchmischen, bis alle Hefezellen in Suspension sind!
2. Zur Verkürzung der Arbeitszeit wurden die Lösungen der verschiedenen Kohlenhydrate (Substratlösungen) im Vorfeld angesetzt.
3. Beschriftet die Gärkölbchen: Stärke, Traubenzucker, Rohrzucker, Malzzucker, Milchzucker
4. Gebt 5mL Substratlösung und 5mL Hefesuspension in jeweils ein Gärkölbchen!



5. Verschließt die Öffnung des Kölbchens mit dem Daumen, und mischt gut durch.
6. Kippt das Kölbchen behutsam um, damit sich der senkrechte Schenkel mit Flüssigkeit füllt. Aufgepasst: es dürfen keine Luftblasen im oberen Bereich des Schenkels auftreten!
Die Flüssigkeit reicht nun etwa bis zum unteren Rand der Glaskugel. Das Volumen des gebildeten Gases kann am Schenkel des Gärkölbchens abgelesen werden.
7. Nach einer Anlaufzeit von 20-40 Minuten (ihr müsst die Kölbchen im Auge behalten) wird mit dem Ablesen des entweichenden Gases in den jeweiligen Kölbchen begonnen.
8. Messt alle 3 Minuten das Gasvolumen und tragt die Werte (mL) in eine Tabelle ein!
☞ Antwortbogen
9. 30 – 40 Minuten nach Beginn der Gärung sollte der Versuch beendet sein!

Auswertung (☞ Antwortbogen)

- IV. 1 Gebt nach Beendigung des Versuches an, welche Kohlenhydrate von den Hefezellen zur Herstellung von Alkohol genutzt werden können.
- IV. 2 Welche können nicht dazu genutzt werden?

Versuch V: Bedeutung des Mälzens

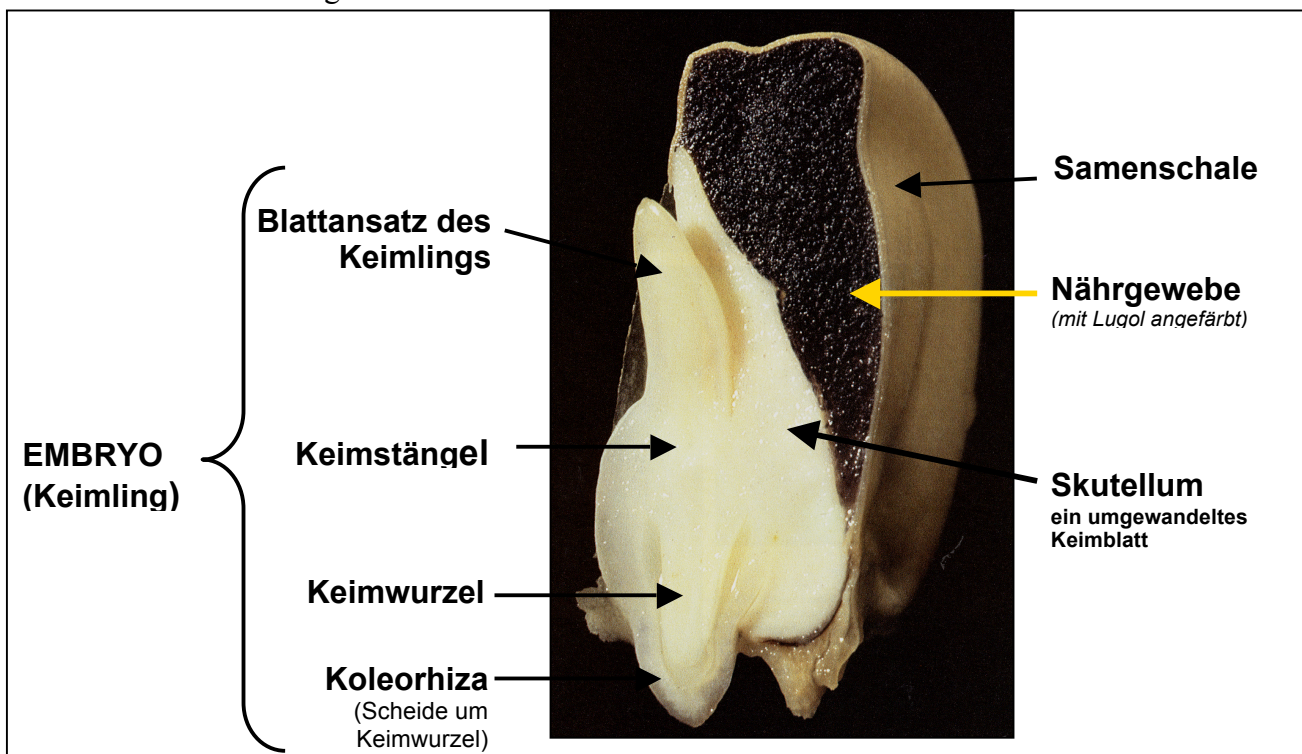


Hintergrundinformationen

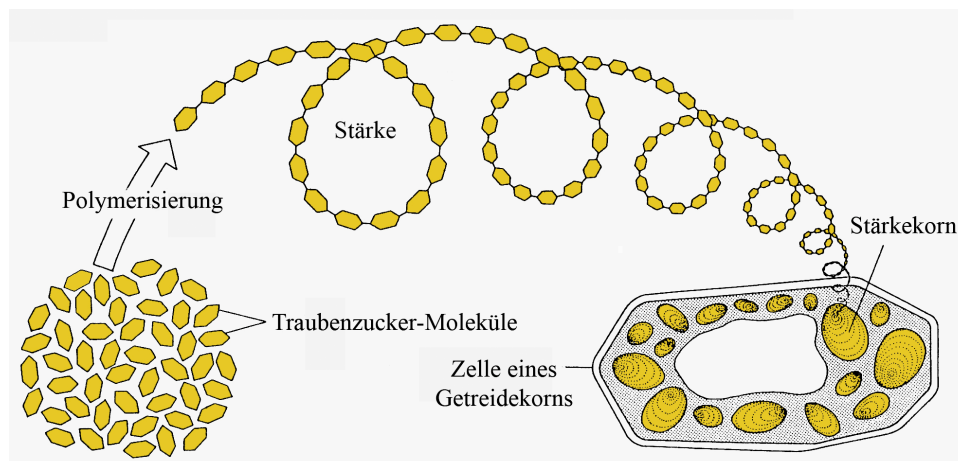
Bei der Herstellung von Bier wird Malz als Energieträger benutzt (siehe Einleitung). Zur Herstellung von Malz wird das Getreide mit Wasser versetzt und etwa 8 Tage lang eingeweicht. Dadurch wird die Keimung des Samenkorns (Wachstum des Embryos) eingeleitet.

Es sei daran erinnert, dass der Embryo Traubenzucker braucht, um wachsen zu können! Nach dem Aufquellen wird dieses „Grünmalz“ in Darröfen eingetrocknet und zum Teil geröstet. Danach werden die Keimlinge vom Getreidekorn abgetrennt und übrig bleibt **Malz**.

Getreidekorn im Längsschnitt



Das Nährgewebe von Getreidekörnern enthält vorwiegend **Stärke (Amidon)**. Es handelt sich dabei um ein Makromolekül von vielen Hunderten von Traubenzuckermolekülen!



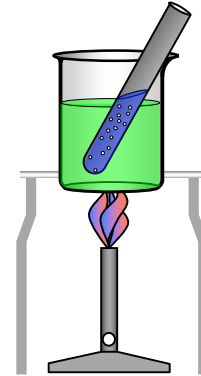


Aufgabenstellung

Um herauszufinden, weshalb man Getreidemalz und nicht einfaches Getreide zur Herstellung von Bier nimmt, soll folgender Versuch durchgeführt werden. Anders ausgedrückt, wir wollen herausfinden, was beim Mälzen respektiv dem Einmaischen geschieht! Getreide und Malz werden auf ihre Inhaltstoffe getestet! Dazu benutzen wir Getreide-Mehl und die überstehende Flüssigkeit des eingeweichten Malzes.

Material:

- Wasserbad
- 4 Reagenzgläser & Ständer
- Gerstenmehl
- Maische-Flüssigkeit
- Reagenzien:
 - Lugol'sche Lösung
 - Fehling I und Fehling II



Wasserbad (Bain-Marie)

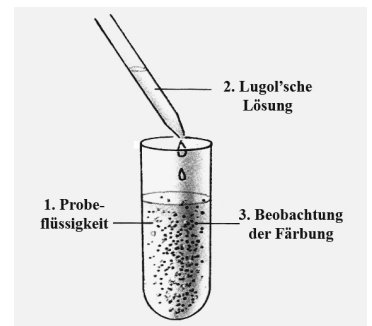


Arbeitsanweisungen

Stärkenachweis in Mehl und Maische:

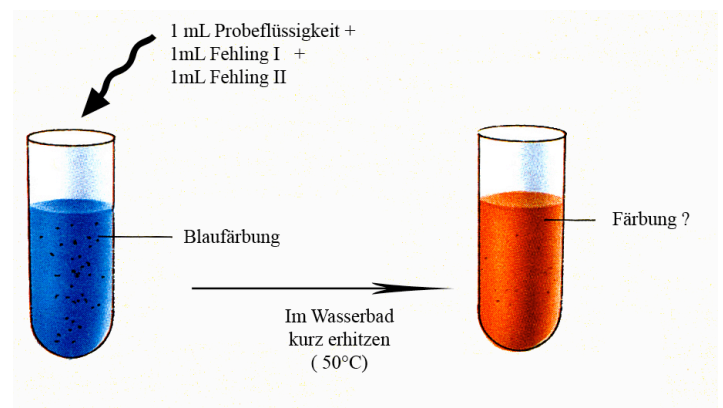
1. Füllt jeweils 1 Löffelspitze Gerstenmehl und 1 mL Maische-Flüssigkeit in die Reagenzgläser.
2. Gebt ein Paar Tropfen gelbe Lugol'sche Lösung dazu.
3. Beobachtet die Verfärbung der Proben. ➡ **Antwortbogen**

Hinweis: Die Stärke wird von der Lugol'schen Lösung dunkel-violett verfärbt!



Zuckernachweis in Mehl und Maische:

1. Füllt jeweils 1 Löffelspitze Gerstenmehl und 1 mL Maische-Flüssigkeit in die Reagenzgläser.
2. Gebt jeweils 1 mL Fehling Reagenz (Fehling I und Fehling II) dazu.
3. Vermischt die Reagenzien mit der Probe.
4. Erwärmt die beiden Proben im warmen Wasserbad (50°C).
5. Beobachtet die Verfärbung der Proben. ➡ **Antwortbogen**



Hinweis: Verfärbt sich die Probe ziegelrot, enthält sie Einfachzucker, wie z.B. Traubenzucker oder Malzzucker!



Fragen (➡ **Antwortbogen**)

V.1 Weshalb sollte man Malz an Stelle von Getreide zur Bierherstellung benutzen?

V.2 Was geschieht beim Mälzen respektiv beim Einmaischen von Getreide?



Zusatzfragen: siehe **Antwortbogen**

Versuch VI: Bestimmung der Dichte, der Oberflächenspannung sowie der Haltbarkeit der Schaumkrone bei verschiedenen Bieren



Hintergrundinformationen

Ob ein Bier mit schöner Schaumkrone oder ohne Schaumkrone serviert werden soll, darüber lässt sich streiten. In Amerika oder in Südengland sollte das Glas randvoll fast ohne Schaum sein, während in den meisten europäischen Ländern das Glas Bier ohne anständige Schaumkrone nicht denkbar ist. Ein gutes Bier allerdings erkennt man immer an seinem dichten lang anhaltenden Schaum. Dabei spielt die Oberflächenspannung des Biers eine nicht unwesentliche Rolle.

Wichtige Informationen:

- Die Dichte eines Stoffes ist die Masse pro Volumeneinheit des Stoffes:

$$\text{Dichte } \rho = \text{Masse} / \text{Volumen}$$

- Oberflächenspannung $\gamma = \frac{1}{2} \cdot \rho g r h$
- Erdbeschleunigung $g = 9,81 \text{ N/kg}$

Aufgabenstellung

In den nachfolgenden Experimenten untersuchen wir die Dichte und die Oberflächenspannung der verschiedenen Biere, sowie die Haltbarkeit ihrer Schaumkrone.



Material:

- Alkoholfreies Bier
- Bier von mittlerem Alkoholgehalt
- Dunkles Bier mit hohem Alkoholgehalt
- Pyknometer mit Schliffstopfen 10 mL oder 25 mL (siehe Abb.)
- 3 Bechergläser
- Glasstab
- Löffel
- Filterpapier
- Kapillarrohre (Durchmesser 0,8 mm)
- Metalllineal
- 2 Messzylinder 500 mL
- Chronometer (Stoppuhr)
 - Zugang zu Papierrolle
 - Zugang zu Digitalwaage
 - Zugang zu Preßluft und Aceton





Arbeitsanweisungen

A. Bestimmung der Dichte

Bestimmt die Dichte der 3 Biere mit Hilfe des Pyknometers. Das genaue Volumen ist auf dem Pyknometer markiert. Dieser Wert gilt, wenn das Pyknometer mit dem Stopfen verschlossen ist. Ein überschüssiger Tropfen muss mit Filterpapier weggewischt werden.

Vor dem Einfüllen in das Pyknometer muss das Bier umgerührt werden, damit es möglichst kohlensäurefrei ist. Außerdem darf kein Schaum in das Pyknometer gelangen.

Achtung: Es dauert einige Zeit, bis der beim Umrühren entstandene Schaum sich abgebaut hat! Eventuell den Schaum mit einem Löffel entfernen!

Zum Reinigen des Pyknometers wird dieses zuerst mit Aceton ausgewaschen und anschließend mit Pressluft getrocknet.

Tragt die Messwerte in die Messtabelle ein. ➡ **Antwortbogen (VI.1)**



Frage (➡ Antwortbogen)

VI.2 Warum sollte das Bier für die Dichtebestimmung kohlensäurefrei sein?

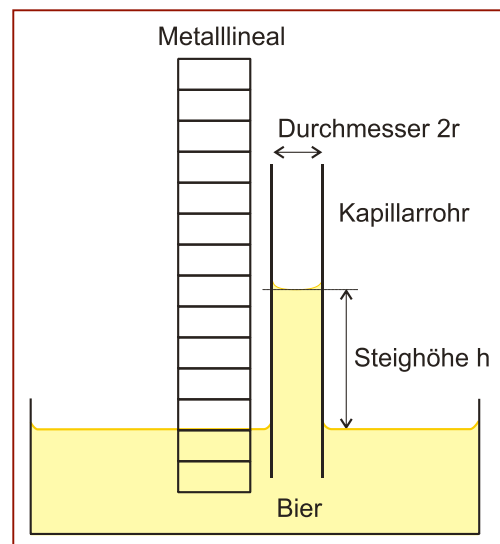
B. Bestimmung der Oberflächenspannung

Taucht man ein Kapillarrohr mit Durchmesser $2r$ in eine Flüssigkeit der Dichte ρ , so steigt diese im Rohr empor.

Bestimmt die Steighöhe h für die 3 Biere und rechnet die Oberflächenspannung γ .

Die Steighöhe h ist unabhängig davon, wie tief das Kapillarrohr in die Flüssigkeit eingetaucht ist.

➡ **Antwortbogen (VI.3)**



Die Werte in der Formel müssen mit folgenden Einheiten angegeben werden:

Größe	Einheit
Dichte ρ	kg/m^3 ($1 \text{ g/cm}^3 = 1000 \text{ kg/m}^3$) Beispiel: $0,8 \text{ g/cm}^3 = 800 \text{ kg/m}^3$
Radius r	m
Höhe h	m
Erdbeschleunigung g	N/kg
Oberflächenspannung γ	N/m



Frage (☞Antwortbogen)

VI.4 Welchen Zusammenhang erkennt ihr zwischen Alkoholgehalt und Oberflächenspannung?

C. Beobachtung der Schaumkrone

Untersucht, wie die Höhe der Schaumkrone im Laufe der Zeit abnimmt. Dazu wird die Höhe der Schaumkrone alle 30 Sekunden gemessen. Benutzt die auf dem Messzylinder aufgetragene Skala.

Zu Beginn schüttet ihr das Bier mit mittlerem Alkoholgehalt **schnell** in den 500 mL - Messzylinder, bis die Schaumkrone etwas über die 500 mL – Markierung ragt. Wenn der obere Rand der Schaumkrone mit der 500 mL – Markierung übereinstimmt, bestimmt ihr sofort die Anfangshöhe der Schaumkrone und startet gleichzeitig das Chronometer. Es folgen nun Messungen während mindestens 6 Minuten. ☞ **Antwortbogen** (VI.5)

Wiederholt die Messungen für das Bier mit hohem Alkoholgehalt. ☞ **Antwortbogen** (VI.5)

Fertigt eine grafische Darstellung auf Millimeterpapier der Schaumkronenhöhen in Abhängigkeit der Zeit an. Tragt die Messwerte der beiden Bierproben auf die gleiche Darstellung auf! (VI.6)

Bestimmt mit Hilfe der Grafik die Halbwertszeit der Schaumkronenhöhe (= Zeitspanne in der die Schaumkronenhöhe um die Hälfte abnimmt). ☞ **Antwortbogen** (VI.7)



Fragen (☞Antwortbogen)

VI.8 Welchen Zusammenhang gibt es zwischen der Oberflächenspannung und der Haltbarkeit der Schaumkrone?

VI.9 Reines Wasser bildet bekanntlich beim Umschütten keine Schaumkrone. Welche Bedeutung hat diese Beobachtung in Bezug auf die Oberflächenspannung des Wassers?

VI.10 Eine Seifenlösung (Wasser mit Seife) bildet beim Umschütten eine kräftige Schaumkrone. Welche Bedeutung hat diese Beobachtung in Bezug auf die Oberflächenspannung der Seifenlösung?

Versuch VII: Bestimmung des Alkoholgehaltes von Bier



Hintergrundinformationen

Der Alkoholgehalt eines Bieres hängt eng mit dem Stammwürzegehalt zusammen. Die Stammwürze wird durch das Einmaischen des Malzes gewonnen. Der Stammwürzegehalt bezeichnet den Anteil, der aus dem Malz und Hopfen im Wasser gelösten nichtflüchtigen Stoffe vor der Gärung. Das sind vor allem Zucker, Eiweiß, Vitamine und Aromastoffe.

Ein Viertel bis ein Drittel der Stammwürze wird durch Gärung in Alkohol umgewandelt. Das bedeutet, dass der Stammwürzeanteil etwa dreimal so hoch ist, wie der Alkoholgehalt.

Der Alkoholgehalt in alkoholischen Getränken wird in Volumenprozent angegeben, d.h. das Volumen (mL) von reinem Alkohol pro 100 mL Getränk.

Destillation ist ein thermisches Trennverfahren, um ein flüssiges Gemisch verschiedener, ineinander löslicher Stoffe zu trennen. Die Destillation beruht hauptsächlich auf unterschiedlich hohen Siedepunkten der zu trennenden Stoffe.

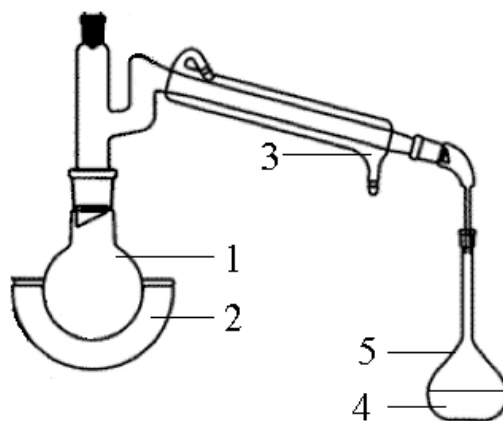


Aufgabenstellung

Bestimmt mit Hilfe einer Destillation den Alkoholgehalt eines Bieres.

Material

Eine Destillationsapparatur, Waage, Stativ, Klemmen, Schläuche, Zugang zum Wasserhahn, Trichter



Frage (Antwortbogen)

VII.1 Beschriftet die abgebildete Apparatur



Arbeitsanweisungen

- Baut die abgebildete Destillationsapparatur sorgfältig und spannungsfrei auf (Alle Teile mit einer Klemme bestücken). Achtet darauf, dass ihr den Kühler richtig an den Wasserhahn anschließt und der Ausgangsschlauch ein Stück weiter im Wasserbecken liegt, um eine Überschwemmung zu vermeiden.
- Wiegt einen trockenen, leeren 100 mL – Messkolben **genau** ab, notiert seine Masse.
- Füllt **genau** bis zur 100 mL – Marke des Messkolbens das Bier ein.
- Schüttet diese Probe **verlustfrei** in einen 250 mL – Rundkolben.
- Spült mit destilliertem Wasser nach, so dass nichts verloren geht.
- Gebt etwa 0,5 g Tannin sowie einige Siedesteine zu, um den Siedeverzug zu vermeiden.
- Als Vorlage zum Auffangen des Destillats dient der 100 – mL Messkolben.
- Öffnet nun den Wasserhahn für das Kühlwasser und schaltet die Heizhaube an. Die Heizhaube kann zu Beginn auf Stufe 3 geschaltet werden, muss jedoch sobald kleine Gasbläschen an der Flüssigkeitsoberfläche zu sehen sind, auf Stufe 2 zurückgestellt werden.
- Destilliert nun solange bis ihr etwas weniger als 100 mL Destillat habt. Regulierte die Heizung so, dass ungefähr 2-3 Tropfen pro Sekunde in den Messkolben fallen.
- Unterbrecht die Destillation durch Ausschalten der Heizung, lasst das Kühlwasser aber weiter fließen und nehmt die Apparatur erst wieder auseinander, wenn der Inhalt abgekühlt ist.
- Füllt den Messkolben mit destilliertem Wasser **genau** auf 100 mL auf.
- Ermittelt die Masse des gefüllten Kolbens **genau**.

Auswertung

- a) Trage die ermittelte Masse des Destillats im **Antwortbogen (VII.2)** ein.
- b) Der Alkoholgehalt der Flüssigkeit im Messkolben ist identisch mit dem Alkoholgehalt im Bier.

VII.3 Erkläre weshalb? ☞ **Antwortbogen**

- c) Zur Ermittlung des Alkoholgehaltes dieser Flüssigkeit berechnet man seine Dichte

VII.4 Berechnung der Dichte ☞ **Antwortbogen**

- d) und vergleicht diese mit den Dichten in der Tabelle.

VII.5 Alkoholgehalt ☞ **Antwortbogen**



Zusätzliche Fragen (☞ Antwortbogen)

VII.6 Weshalb kann man den Alkoholgehalt des Bieres nicht ohne Destillation über die Dichte des Bieres ermitteln?

VII.7 Berechne den Alkoholgehalt in g Alkohol /L Bier
(Angabe : Dichte vom Alkohol = $0,789 \text{ g/cm}^3$)

*Gewichtsprozent, Volumenprozent und Litergewicht in Abhängigkeit von Dichte bei
20° von Alkohol-Wasser-Mischungen.
Berechnet von J. Großfeld^a*

Dichte d_4^{20}	Alkohol Gew.- %	Raum- %	g in 1 l	Dichte d_4^{20}	Alkohol Gew.- %	Raum- %	g in 1 l	Dichte d_4^{20}	Alkohol Gew.- %	Raum- %	g in 1 l
				0,950	32,24	38,80	306,3	0,900	56,18	64,04	505,6
0,998	0,15	0,19	1,5	949	32,80	39,43	311,4	899	56,61	64,47	508,9
997	0,68	0,86	6,8	948	33,36	40,06	316,4	898	57,05	64,89	512,3
996	1,22	1,54	12,2	947	33,91	40,68	321,3	897	57,48	65,32	515,6
995	1,77	2,24	17,6	946	34,45	41,28	326,0	896	57,91	65,73	518,9
994	2,34	2,95	23,2	945	34,99	41,89	330,7	895	58,34	66,15	522,2
993	2,91	3,67	28,9	944	35,52	42,48	335,3	894	58,78	66,56	525,5
992	3,50	4,40	34,7	943	36,05	43,07	339,9	893	59,21	66,97	528,7
991	4,09	5,14	40,6	942	36,58	43,65	344,5	892	59,64	67,39	532,0
				941	37,10	44,22	349,0	891	60,07	67,80	535,2
0,990	4,70	5,90	46,5	0,940	37,62	44,80	353,6	0,890	60,50	68,21	538,5
989	5,32	6,66	52,6	939	38,13	45,36	358,1	889	60,93	68,62	541,7
988	5,94	7,44	58,8	938	38,64	45,92	362,5	888	61,36	69,03	544,9
987	6,59	8,24	65,1	937	39,13	46,46	366,8	887	61,79	69,43	548,1
986	7,25	9,05	71,5	936	39,63	47,00	371,1	886	62,22	69,83	551,3
985	7,91	9,88	78,0	935	40,13	47,53	375,2	885	62,65	70,24	554,5
984	8,60	10,72	84,6	934	40,62	48,05	379,4	884	63,08	70,63	557,6
983	9,30	11,57	91,3	933	41,12	48,58	383,5	883	63,50	71,03	560,8
982	10,01	12,45	98,1	932	41,60	49,10	387,7	882	63,93	71,43	563,9
981	10,73	13,33	105,2	931	42,09	49,62	391,8	881	64,36	71,83	567,0
0,980	11,47	14,24	112,4	0,930	42,57	50,15	395,0	0,880	64,78	72,22	570,1
979	12,21	15,15	119,6	929	43,05	50,66	399,9	879	65,21	72,61	573,2
978	12,97	16,06	126,9	928	43,52	51,17	403,9	878	65,63	73,00	576,2
977	13,73	16,99	134,3	927	44,00	51,67	407,9	877	66,06	73,39	579,3
976	14,50	17,92	141,6	926	44,47	52,17	411,8	876	66,48	73,78	582,4
975	15,28	18,87	149,0	925	44,94	52,66	415,7	875	66,91	74,16	585,4
974	16,05	19,81	156,3	924	45,41	53,15	419,6	874	67,33	74,54	588,5
973	16,82	20,74	163,5	923	45,87	53,63	423,4	873	67,75	74,92	591,5
972	17,59	21,66	170,8	922	46,34	54,12	427,2	872	68,17	75,30	594,5
971	18,36	22,58	178,1	921	46,80	54,60	431,0	871	68,59	75,68	597,3
0,970	19,11	23,48	185,4	0,920	47,26	55,07	434,8	0,870	69,01	76,06	600,4
969	19,86	24,38	192,5	919	47,72	55,55	438,5	869	69,43	76,43	603,4
968	20,60	25,26	199,5	918	48,17	56,02	442,2	868	69,85	76,80	606,3
967	21,32	26,12	206,3	917	48,63	56,49	445,9	867	70,27	77,18	609,2
966	22,04	26,97	213,0	916	49,08	56,95	449,6	866	70,69	77,55	612,1
965	22,75	27,81	219,6	915	49,53	57,41	453,2	865	71,11	77,92	615,1
964	23,45	28,64	226,1	914	49,99	57,87	456,9	864	71,52	78,28	618,0
963	24,14	29,45	232,5	913	50,44	58,33	460,5	863	71,94	78,65	620,9
962	24,82	30,25	238,8	912	50,89	58,79	464,1	862	72,36	79,02	623,8
961	25,49	31,03	245,0	911	51,33	59,24	467,7	861	72,78	79,38	626,6
0,960	26,15	31,80	251,0	0,910	51,78	59,69	471,2	0,860	73,20	79,74	629,5
959	26,80	32,56	257,0	909	52,22	60,13	474,7	859	73,61	80,10	632,3
958	27,44	33,30	262,8	908	52,66	60,58	478,2	858	74,03	80,46	635,1
957	28,07	34,03	268,6	907	53,11	61,02	481,6	857	74,44	80,81	638,0
956	28,68	34,74	274,2	906	53,54	61,45	485,1	856	74,86	81,17	640,8
955	29,30	35,44	279,8	905	53,89	61,89	488,5	855	75,27	81,52	643,6
954	29,90	36,13	285,2	904	54,42	62,32	492,0	854	75,68	81,87	646,3
953	30,50	36,82	290,5	903	54,86	62,75	495,3	853	76,09	82,22	649,1
952	31,09	37,49	295,8	902	55,30	63,18	498,8	852	76,50	82,57	651,8
951	31,67	38,15	301,0	901	55,74	63,61	502,2	851	76,91	82,91	654,5

^a Handbuch der Lebensmittelchemie, Bd. II, S. 1704. Berlin 1935.