

## Gib Gas! Musterlösung

Was soll die Musterlösung leisten?

Sie erhalten die Musterlösung bereits zum Wettbewerbsstart, damit Sie schon, während Sie Schülerinnen und Schüler betreuen, abschätzen können, in welcher Tiefe wir eine Beantwortung der Fragen erwarten. So können Sie Ihre Teilnehmenden ansprechen, falls sie beispielsweise die Zielrichtung einer Fragestellung missverstanden haben sollten.

Des Weiteren dient die Musterlösung als Bewertungsschlüssel für die Ausarbeitungen, die Ihre Schülerinnen und Schüler einreichen.

Jede Aufgabe beginnt mit einer neuen Seite. Die Lösungen zu den verschiedenen Aufgabenteilen sind in der Regel dreiteilig aufgebaut:

- allgemeine Bewertungshinweise zum Aufgabenteil;
- ggf. eine Auflistung von Bewertungskriterien oder Schlüsselbegriffen, die für das Vergeben einer vollen Punktzahl auf jeden Fall in der Antwort (wenn auch umschrieben) erwartet werden;
- eine Musterantwort, die beispielhaft darstellt, wie eine Lösung der Aufgabe ausformuliert werden könnte.

Die Musterlösung hat immer beispielhaften Charakter und ist nicht immer in dem Vokabular verfasst, das Wettbewerbsteilnehmende in ihren Ausarbeitungen verwenden. Sie soll vor allem inhaltliche Orientierung für die Bewertung abweichend formulierter Lösungen geben.

Es liegt in Ihrem Ermessensspielraum, inwieweit eine Ausarbeitung, die von der vorgeschlagenen Lösung abweicht, als gleichwertig eingestuft und damit als gültig bewertet werden kann.

Wie viel Unterstützung darf ich geben?

Anders als bei Schul- oder Hausarbeiten sind die Aufgaben so konzipiert, dass Inhalte und Konzepte berührt werden, die bisher nicht im Unterricht behandelt wurden und eigenständige Recherche verlangen. Auch erwarten wir nicht, dass Teilnehmende alle Aufgaben vollständig lösen werden bzw. können.

Wir werden immer wieder von Betreuenden gefragt, wie viel Unterstützung sie in der Aufgabenrunde geben dürfen. Gerne dürfen Sie Teilnehmende auf Literatur oder andere Quellen hinweisen, die ihnen den Zugang für eine eigenständige Recherche zu bestimmten Themenbereichen oder Konzepten erleichtern, vor allem, wenn sie den Schülerinnen und Schülern aus dem Schulunterricht noch nicht bekannt sind. Allerdings sollten Sie davon Abstand nehmen, Teilnehmende gezielt darauf hinzuweisen, wenn Teile ihrer Ausarbeitungen fehlerhaft sind, oder gar davon, Lösungsansätze selbst vorzuschlagen.

Lesen Sie bitte die Teilnahmebedingungen und die Beilage mit Tipps zur Betreuung von Teilnehmenden sorgfältig durch, insbesondere wenn Sie in den Klassen 5 bis 7 unterrichten oder mit dem Klassenverband am Wettbewerb teilnehmen. Wenden Sie sich mit Fragen gerne telefonisch oder per E-Mail an uns.

Ihr IJSO-Team in Kiel

## AUFGABE1: Luft ist nicht nichts!

(insgesamt 23 Punkte)

1a) Führe Experiment 1 durch und beschreibe deine Beobachtungen.

6,0 Punkte

### [6,0 P] Beobachtungen bei der Durchführung des Experiments

- [1,5 P] Flasche im heißen Wasser: Ballon richtet sich auf
- [1,5 P] Flasche im kalten Wasser: Ballon erschlafft
- [1,5 P] Flasche erneut im heißen Wasser: Ballon richtet sich wieder auf
- [1,5 P] Luft lässt sich in die Flasche drücken

Beobachtungen:

- Nach dem Transfer in die Schüssel mit dem heißen Wasser füllt sich der Luftballon langsam und richtet sich schließlich über der Flasche auf.
- Nach dem Transfer in die Schüssel mit dem kalten Wasser erschlafft der Luftballon wieder.
- Nach dem Transfer in die Schüssel mit dem heißen Wasser füllt sich der Luftballon erneut langsam und richtet sich wieder über der Flasche auf.
- Der Luftballon lässt sich mit der Hand zusammendrücken, die Füllung lässt sich etwas in die Flasche drücken.

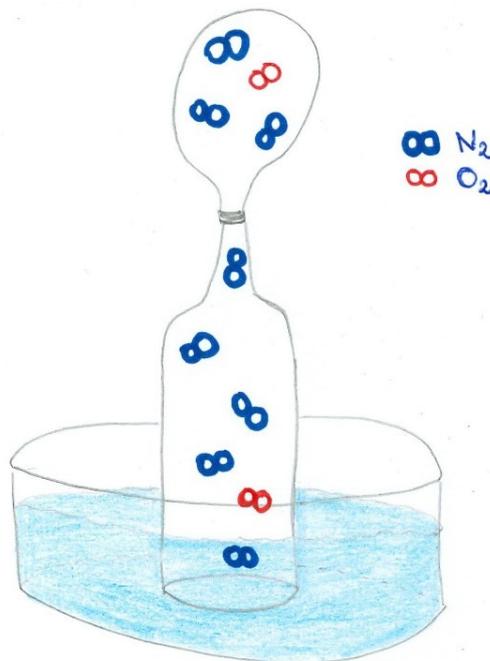
1b) In Abbildung 1 siehst du eine Skizze des Versuchsaufbaus in kaltem Wasser, in die Stickstoff und Sauerstoff, die Hauptbestandteile von Luft, modellhaft eingezeichnet sind. Erstelle eine entsprechende Skizze des Versuchsaufbaus in warmem Wasser.

4,0 Punkte

### [4,0 P] Skizze

- [2,0 P] Skizze analog zu Abbildung 1 (Beschriftung, Größenverhältnis etc.)
- [1,0 P] Versuchsaufbau und aufgerichteter Ballon erkennbar
- [1,0 P] Stickstoff- und Sauerstoffmoleküle korrekt eingezeichnet (gleiche Anzahl, größerer Abstand)

Skizze:



1c) Erkläre, was mit der Luft in der Flasche während der einzelnen Schritte in Experiment 1 passiert, und leite daraus zwei Größen ab, von denen das Luftvolumen abhängt.

7,0 Punkte

**[5,0 P] Erklärung**

- [1,0 P] Energieübertragung in Form von Wärme
  - [1,0 P] Flasche im heißen Wasser: Erwärmung führt zu erhöhtem Druck und größerem Volumen
  - [1,0 P] Flasche im kalten Wasser: Abkühlung führt zu geringerem Druck und kleinerem Volumen
  - [1,0 P] Vorgang reversibel, also wieder höherer Druck und größeres Volumen im heißen Wasser
  - [1,0 P] Zusammendrücken: Druck hat Einfluss auf das Luftvolumen
- Dem geschlossenen System wird in diesem Experiment Energie in Form von Wärme zugeführt bzw. entzogen. Nach dem Transfer in die Schüssel mit dem heißen Wasser überträgt sich die Wärme des Wassers zuerst auf die Flasche und dann auf die Luft im Flascheninneren, da das Material der Flasche auch wärmeleitfähig ist. Umgekehrt entzieht das kalte Wasser der Luft über das Flaschenglas die Wärme.
  - Die Temperatur der Luft in der Flasche steigt. Die Teilchen bewegen sich schneller und stoßen häufiger mit größerer Geschwindigkeit aneinander und an die Außenwände. Das erhöht den Druck auf die Wand der Flasche und des Luftballons. Aufgrund der unterschiedlichen Drücke innen sowie außen und der Dehnbarkeit des Luftballons füllt sich der Luftballon langsam und richtet sich schließlich über der Flasche auf. Das Volumen, welches die Luft ausfüllt, ist gestiegen. Der Innen- und Außendruck sind nun gleich groß.
  - Wird die Flasche in die Schüssel mit dem kalten Wasser gestellt, verringert sich die Temperatur der Luft in der Flasche wieder. Der Luftballon erschlafft wieder, da der Druck und auch das Volumen, das die Luft einnimmt, abnehmen.
  - In der Schüssel mit dem heißen Wasser steigt die Temperatur der Luft wieder, der Druck erhöht sich entsprechend und das Volumen, welches die Luft einnimmt, vergrößert sich. Der Vorgang ist insgesamt reversibel/umkehrbar.
  - Der Luftballon lässt sich mit der Hand zusammendrücken, denn durch Druck lässt sich das Volumen der Luft verkleinern.

**[2,0 P] Benennung zweier Größen**

- [1,0 P] Temperatur
- [1,0 P] Druck

Das Luftvolumen hängt von der Temperatur und vom Druck ab.

1d) In der Systemtheorie beschreibt der Begriff „System“ vereinfacht gesagt Zusammenstellungen von Elementen, die miteinander in Verbindung stehen und durch eine festzulegende Systemgrenze von ihrer Umwelt trennbar sind. Informiere dich über geschlossene und offene Systeme. Ordne das System Flasche-Luftballon einem der beiden System-Typen zu. Begründe deine Zuordnung.

6,0 Punkte

**[6,0 P] Zuordnung und Begründung des System-Typs**

- [2,0 P] System Flasche-Luftballon: geschlossenes System (unabhängig von der Begründung)
- [2,0 P] Begründung: kein Stoff-Austausch möglich
- [2,0 P] Wärme-/Energie-Austausch auch bei geschlossenen Systemen möglich

Bei dem System Flasche-Luftballon handelt es sich um ein geschlossenes System.

Das Innere des Systems hat keinen Stoff-Austausch mit der Außenwelt, also über die Systemgrenze hinaus. Daher ist es kein offenes System. Es gibt allerdings einen Energie-Austausch mit der Außenwelt, da die Wärme des heißen Wassers aufgrund der thermischen Leitfähigkeit der Flasche auf das Innere des Systems übertragen werden kann.

## AUFGABE 2: Farbenspiel

(insgesamt 29 Punkte)

2a) Führe Experiment 2 durch. Dokumentiere deine Beobachtungen anhand eines beschrifteten Fotos. Nenne genau eine Schlussfolgerung, die du aus deinen Beobachtungen ziehen kannst.

9,0 Punkte

### [7,0 P] Foto

- [4,0 P] Foto mit sinnvollem Ergebnis (Farbumschläge, Volumina)
- [1,0 P] Beschriftung
- [1,0 P] Bildgestaltung: Farb-Vergleich der Lösungen möglich
- [1,0 P] Kontrolle/"Messlösung" vorhanden

Foto:



1. Rotkohlsaft (Kontrolle/"Messlösung")	2. Rotkohlsaft mit Essig	3. Rotkohlsaft mit Sprudel	4. Rotkohlsaft mit Leitungswasser	5. Rotkohlsaft mit Natronlösung
--	-----------------------------	-------------------------------	--------------------------------------	------------------------------------

### [2,0 P] Schlussfolgerung

Mögliche Schlussfolgerungen:

- Die zugegebenen Flüssigkeiten haben einen Einfluss auf die Farbe von Rotkohlsaft.
- Rotkohlsaft macht durch die verschiedenen Färbungen sichtbar, dass sich die Probelösungen chemisch unterscheiden.

2b) Der sogenannte pH-Wert ist ein Maß dafür, wie sauer oder basisch eine Lösung ist. Recherchiere die pH-Werte von Essig, Sprudel, Natronlösung und Leitungswasser. Erstelle anhand dieser pH-Werte und der Beobachtungen aus Experiment 2 eine Skala, die einen Zusammenhang zwischen der Farbe und dem pH-Wert darstellt.

5,0 Punkte

### [5,0 P] Skala mit Zusammenhang zwischen Farbe und pH-Wert

- [1,0 P] Beschriftung
- je [0,5 P] pro recherchierten pH-Wert, max. [2,0 P]
- je [0,5 P] pro Farbe: Kolorieren oder Beschriften entsprechend der eigenen Beobachtungen, max. [2,0 P]

Probe	Essig	Sprudel	Leitungswasser	Natronlösung
pH	ca. 3	ca. 5,5	7-8	ca. 8-8,5
Farbe der Lösung				

2c) Informiere dich über die Begriffe Säure, Base, pH-Wert und Indikator. Erkläre unter Verwendung dieser Begriffe die Färbung von Rotkohlsaft in Leitungswasser und Sprudelwasser.

6,0 Punkte

**[6 P] Erklärung**

- [1,0 P] Erklärung Leitungswasser
- [2,0 P] Erklärung Sprudelwasser
- [3,0 P] korrekte Verwendung der recherchierten Fachbegriffe

Erklärung:

Der Rotkohlsaft ist ein pH-Indikator, denn seine Farbe ändert sich abhängig vom pH-Wert. Im Experiment 2 kann der pH-Wert der Lösungen durch den Farbumschlag von Rotkohlsaft bestimmt werden.

Leitungswasser hat einen neutralen bis leicht basischen pH-Wert. In diesem Bereich zeigt der Rotkohlsaft eine blaue Farbe.

Sprudelwasser unterscheidet sich von Leitungswasser durch das hinzugesetzte Kohlenstoffdioxid ( $\text{CO}_2$ ). Ein Teil des  $\text{CO}_2$  löst sich im Wasser und ein Teil davon reagiert zu Kohlensäure ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), wodurch Sprudel einen sauren pH-Wert aufweist. Deshalb zeigt der Rotkohlsaft eine andere Farbe, nämlich pink-violett.

2d) Die Blüten vieler Hortensienarten können, abhängig von bestimmten äußeren Bedingungen, ihre Farbe ändern. Informiere dich über diesen Wechsel der Blütenfarbe bei Hortensien und erkläre, warum man Hortensien als Zeigerorganismen bezeichnen kann. Nenne genau drei Bedingungen, die für eine blaue Färbung der Hortensienblüten notwendig sind. Vergleiche die Auswirkung, die der pH-Wert auf den Farbwechsel des Rotkohlsaftes bzw. der Hortensienblüten hat.

9,0 Punkte

**[4,0 P] Erklärung der Hortensien als Zeigerorganismen**

- [2,0 P] Erklärung Zeigerorganismus
- [2,0 P] Bezug zu Hortensien

Zeigerorganismen wie im vorliegenden Beispiel die Hortensien geben Aufschluss über die Bodenbeschaffenheit, denn sie gedeihen in bestimmten Böden besonders gut oder schlecht oder haben je nach den Bedingungen im Boden verschiedene Blütenfarben. Als sogenannter Bioindikator zeigen sie bestimmte Faktoren des Bodens an, u.a. den pH-Wert sowie die Anwesenheit von Nähr- und/oder Schadstoffen.

Hortensien weisen je nach Vorhandensein löslicher Aluminiumsalze im Boden eine unterschiedliche Blütenfarbe auf. Nimmt die Pflanze genügend Aluminiumsalze aus dem Boden auf, ist das an ihren blauen Blüten erkennbar. Ohne die entsprechenden Aluminiumsalze haben die Hortensien rosafarbene Blüten.

**[3,0 P] Nennung von drei Bedingungen**

- [1,0 P] pro Bedingung, max. [3,0 P]

- Der Boden muss ein saures Milieu aufweisen, idealerweise einen pH-Wert um 4,5.
- Es müssen ausreichend lösliche Aluminiumsalze im Boden vorhanden sein.
- Die Hortensiensorte muss für den Farbwechsel infrage kommen, also die entsprechenden Farbstoffe überhaupt enthalten (viele, aber nicht alle rosafarbenen Hortensiensorten).

Alternative Antwortmöglichkeit:

- Die Pflanze muss zum Zeitpunkt der Knospenbildung (Sommer-Herbst) und der Blütenbildung (im Frühjahr) diese Bedingungen vorfinden. Die fertig ausgebildeten Blüten färben sich nur noch schwer um.

**[2,0 P] Vergleich**

Der Rotkohlsaft als Indikator verfärbt sich je nach pH-Wert direkt (das Farbstoffmolekül reagiert mit den vorhandenen  $\text{H}_3\text{O}^+$ -Ionen bzw.  $\text{OH}^-$ -Ionen).

Die Hortensienblüten verfärben sich je nach pH-Wert indirekt. Nur bei einem ausreichend niedrigen pH-Wert können die für die Blaufärbung notwendigen Aluminiumsalze bzw. die in Wasser gelösten Aluminium-Ionen ( $\text{Al}^{3+}$ -Ionen) über die Wurzeln aus dem Boden aufgenommen werden und dann mit den entsprechenden Farbstoffmolekülen reagieren.

### AUFGABE 3: Dinner mit Hefe

(insgesamt 34 Punkte)

- 3a) Führe Experiment 3 durch und notiere deine Beobachtungen. Lege ein Foto deines Versuchsaufbaus bei. Fertige eine Tabelle mit deinen Messwerten an und übertrage diese in ein Diagramm. Zeichne die Ausgleichskurve ein.

22,0 Punkte

#### [4,0 P] Beobachtungen

- [1,0 P] Aufklärung der Lösungen
- [1,0 P] Bläschenbildung in Zuckerlösung-Hefe-Gemisch
- [1,0 P] Beobachtung der wachsenden Gasblase
- [1,0 P] keinerlei Bläschenbildung im Wasser-Hefe-Gemisch

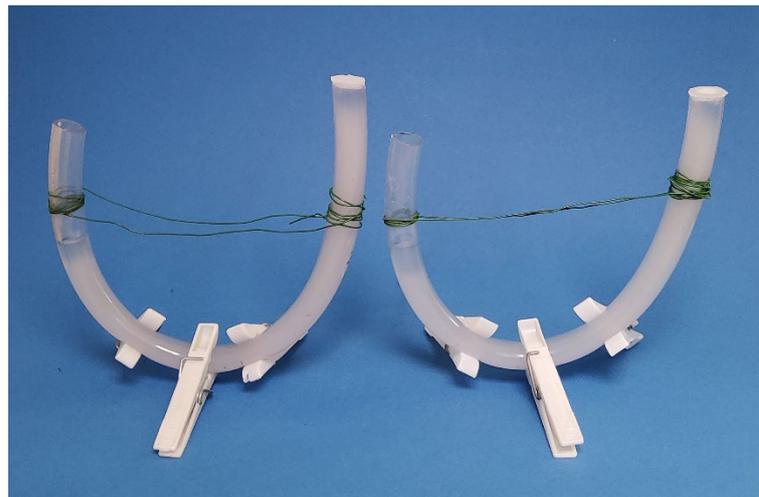
#### Beobachtungen:

- Zuerst sind die Röhrcchen mit den leicht trüben Flüssigkeiten gefüllt. Nach einigen Minuten werden die Lösungen von oben her klar.
- Nach einiger Zeit werden kleine Bläschen in der Flüssigkeit mit dem Gemisch aus Zuckerlösung-Hefe sichtbar.
- Die gebildeten Bläschen steigen auf, entweichen an der offenen Seite des Röhrcchens und sammeln sich an der verschlossenen Seite des Röhrcchens, wo sich eine wachsende Gasblase bildet.
- Im Röhrcchen mit dem Gemisch aus Wasser-Hefe bilden sich keine Bläschen.

#### [6,0 P] Foto

- [2,0 P] Foto (angemessene Größe, übersichtliche Anordnung)
- [4,0 P] erkennbar funktionsgemäßer Bau der Gärungssaccharometer (stabiler Stand, gleichmäßige Bauweise beider Apparaturen, geschlossene Seite höher, keine Luft unter dem Verschluss etc.)

#### Foto:



#### [6,0 P] Tabelle

- je [1,0 P] Dokumentation vom Startwert und von fünf Zeitpunkten innerhalb einer Stunde, max. [6,0 P.]

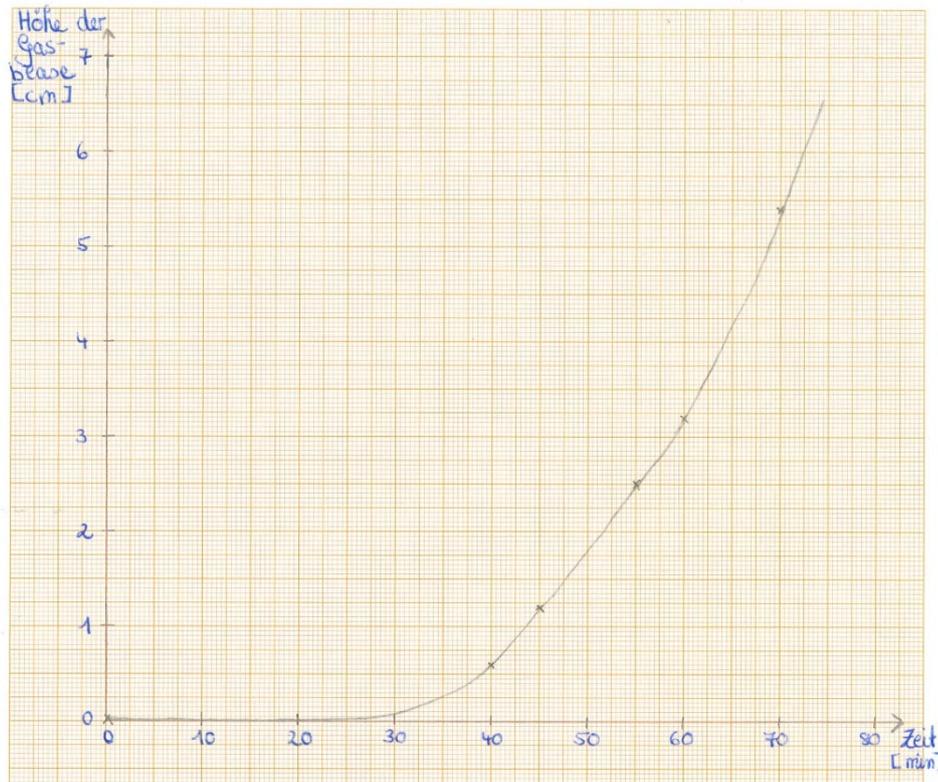
Beispielhafte Tabelle (Messwerte und Zeitpunkte individuell):

Zeit in Minuten	Höhe der Gasblase in cm
0	0
40	0,6
45	1,2
55	2,5
60	3,2
70	5,4

### [6,0 P] Diagramm

- je [0,5 P] Beschriftung der Achsen, max. [1,0 P]
- je [0,5 P] exaktes Eintragen der sechs Messwerte, max. [3,0 P.]
- [0,5 P] sinnvolle Skalierung
- [1,5 P] sinnvolle Ausgleichskurve (nicht als Gerade, Kurvenverlauf anpassen an Aktivität der Hefe)

Beispielhaftes Diagramm (Messwerte, Zeitpunkte und Ausgleichskurve individuell):



Hinweis: Die Ausgleichskurve muss nicht die Punkte miteinander verbinden, sondern kann auch scharf daran vorbeiführen. Es sollte berücksichtigt werden, dass die Hefen zu Anfang noch nicht bzw. wenig aktiv sind (sogenannte „Lag-Phase“) und die Ausgleichskurve dort zunächst auf null oder nahe null entlangführt. Im Übergang zur steigenden Aktivität der Hefen steigt die Ausgleichskurve sodann recht steil an (sogenannte „Log-Phase“).

- 3b) Beschreibe die Entwicklung der Messwerte im Gärungssaccharometer mit Zuckerlösung-Hefe-Gemisch und gib eine begründete Vermutung an, wie sich die Entwicklung der Messwerte weiter fortsetzen würde. 4,0 Punkte

#### [2,0 P] Beschreibung der Entwicklung der Messwerte

- [1,0 P] Beginn der Bläschenbildung (Zeitangabe) und anfängliche langsame Entwicklung der Gasblase
- [1,0 P] Zunahme der Wachstumsgeschwindigkeit

Nach der Zugabe vom Zuckerlösung-Hefe-Gemisch zum Gärungssaccharometer entsteht zuerst noch gar keine Gasblase. Erst nach etwa 30-40 Minuten beginnt sich langsam eine Gasblase zu bilden, die mit der Zeit schneller wächst.

#### [2,0 P] Begründete Vermutung

- [1,0 P] Vermutung der Verlangsamung/des Rückgangs/des kompletten Stillstands der Gasentwicklung
- [1,0 P] Argumentation aufgrund des Verbrauchs des Zuckers oder des Einflusses der anderen Stoffwechselprodukte

Diese Entwicklung wird nicht so weitergehen. Das Wachstum der Gasblase wird sich verlangsamen und schließlich aufhören. Der Zucker in der Lösung wird irgendwann verbraucht sein. Das Stoffwechselprodukt Ethanol wird in höherer Konzentration dafür sorgen, dass die Hefen absterben.

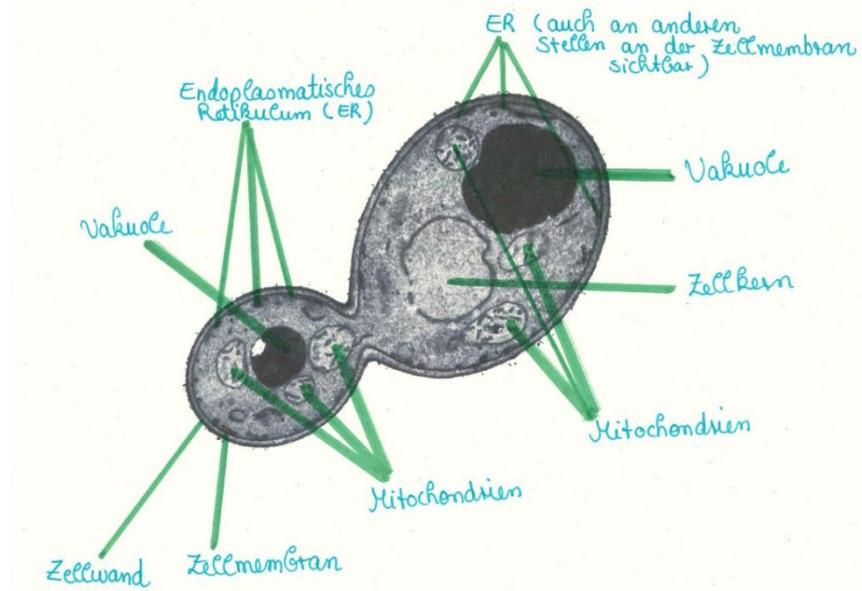
- 3c) Beschrifte in der Hefezelle in Abbildung 3 folgende Zellbestandteile: Vakuole, Zellwand, Zellmembran, Mitochondrien, Zellkern, Endoplasmatisches Retikulum. Nenne je einen Unterschied von Hefezellen im Vergleich zu Bakterienzellen, pflanzlichen Zellen und tierischen Zellen.

6,0 Punkte

[3,0 P] **Beschriftung der Abbildung mit den 6 Begriffen**

- je [0,5 P] pro Zellbestandteil, max. [3,0 P]

Beschriftete Abbildung:



Hinweis: Die Zellbestandteile können in der Mutter- und/oder Tochterzelle beschriftet werden. Bepunktet wird das korrekte Beschriften eines Mitochondriums und eines Endoplasmatischen Retikulums (zur besseren Übersicht beim Korrigieren wurden alle Mitochondrien und mehrere Beispiele für ER beschriftet).

[3,0 P] **Nennung je eines Unterschieds**

- [1,0 P] Unterschied Hefezelle vs. Bakterienzelle
- [1,0 P] Unterschied Hefezelle vs. pflanzliche Zelle
- [1,0 P] Unterschied Hefezelle vs. tierische Zelle

Hinweis: Bepunktet wird nur der erstgenannte Unterschied.

Unterschiede zu Bakterienzellen:

- Bakterienzellen haben keinen Zellkern (Prokaryoten).
- Das Bakterienchromosom liegt im Cytoplasma vor.
- Bakterienzellen haben keine Mitochondrien, kein Endoplasmatisches Retikulum, keine Vakuole.

Unterschiede zu pflanzlichen Zellen:

- Pflanzliche Zellen enthalten Plastiden (z.B. Chloroplasten).
- Pflanzliche Zellen kommen häufig in einem Zellverband vor (Mehrzeller).

Unterschiede zu tierischen Zellen:

- Tierische Zellen besitzen keine Zellwand.
- Tierische Zellen besitzen keine Vakuole.
- Tierische Zellen kommen in einem Zellverband vor (Mehrzeller).

- 3d) Informiere dich über den Stoffwechsel von Hefe und die Begriffe aerob und anaerob. Formuliere eine Hypothese, welche Stoffwechselprodukte im Gärungssaccharometer von der Hefe gebildet werden.

2,0 Punkte

[2,0 P] **Hypothese**

Im Gärungssaccharometer sind die Versuchsbedingungen vermutlich eher anaerob, da nur an der Öffnung Luftkontakt besteht. Den Hefen steht also vermutlich nicht viel Sauerstoff zur Verfügung. Daher findet hauptsächlich die Gärung (anaerob) statt und die Produkte sind Kohlenstoffdioxid und Alkohol (Ethanol).

## AUFGABE 4: Noch Fragen offen?

(insgesamt 4 Punkte)

- 4) Du hast jetzt alle Experimente durchgeführt. Welche Fragen sind dir beim Experimentieren „über den Weg gelaufen“ oder was würdest du gerne noch genauer wissen und untersuchen? Formuliere genau zwei Forschungsfragen zum Projekt *Gib Gas!*

4,0 Punkte

[2,0 P] je angemessen formulierter Forschungsfrage, max. [4,0 P]

Hinweis: Es werden ausschließlich die beiden erstgenannten Forschungsfragen gewertet.

Einige Beispiele für Forschungsfragen:

Experiment 1:

- Könnte man die Luft in der Flasche so stark erhitzen, dass der Luftballon platzt?
- Kann ich die Bestandteile von Luft trennen und nachweisen?

Experiment 2:

- Wie färbt sich der Rotkohlsaft bei der Zugabe anderer Testflüssigkeiten (z. B. Zitronensaft, Putzmittel, Waschmittel)?
- Kann ich den rotgefärbten Rotkohlsaft auch wieder blau färben, wenn ich etwas anderes hinzugebe?
- Kann ich Hortensien selber umfärben?

Experiment 3:

- Macht es einen Unterschied, wie viel Hefe und wie viel Zucker man verwendet?
- Was würde mit Süßstoff oder anderen Zuckern (z. B. Honig, Stärke etc.) passieren?
- Kann ich Hefezellen unter dem Mikroskop sehen?