

Lehrerhandreichung zur Experimentiereinheit „Einfluss der Zuckerart auf die Hefeaktivität“


Bestandteile der Experimentiereinheit:


Die Schüler:

- wenden eigenständig naturwissenschaftliche Untersuchungsmethoden (Beobachten, Vergleichen, Experimentieren) an
- beschäftigen sich mit dem Aufbau einer Hefezelle und der Wirkungsweise von Enzymen
- befassen sich am Beispiel der Verstoffwechslung von Zucker in der Hefezelle mit der Energieumwandlung in Zellen (Atmung, Gärung)
- befassen sich mit den Möglichkeiten eines Webblogs zum Austausch über Experimente

1. Zur Vorbereitung:

Stellen Sie zum Experimentieren für jede Gruppe (je 5-6 Personen) folgende Gerätschaften bereit:


 1 großes Wasserbecken
(50x20x30cm)

 3 Messzylinder (a 100ml)

 3 kleine Messbecher (a 100ml)


 2 Thermometer


 3 Rührstäbe


 3 Trichter


 3 Pipetten

 1 Stoppuhr

 Hefe (pro Gruppe 6g)

 Saccharose (pro Gruppe 5g)

 Glucose (pro Gruppe 5g)

 Fructose (pro Gruppe 5g)

Zusätzlich benötigen Sie noch: Waage (Messgenauigkeit 1g) und Wasserkocher







Achten Sie darauf, die Messzylinder vor dem Versuch sorgfältig mit Spülmittel zu entfetten.

Drucken Sie für die Schüler das Beobachtungsprotokoll und gegebenenfalls die Wissensboxen zum Versuch (Enzyme als Biokatalysatoren, Die Verstoffwechslung von Zucker in der Hefezelle) aus.

Die Schüler können den Versuch mithilfe der Videoanleitung im Kniffelix Blog selbstständig durchführen. Besitzen Sie im Klassenraum keinen Internetzugang, finden Sie die Durchführungsanleitung ebenso in dieser PDF.



2. Versuch:

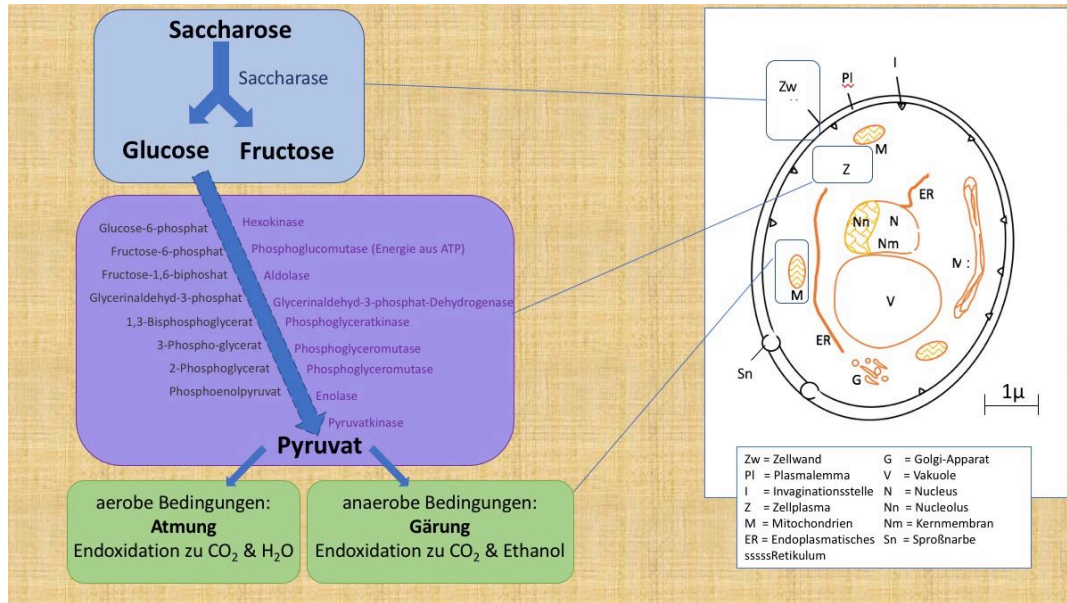
-  Die Videoanleitung und die Wissensboxen zum Versuch für die Schüler gibt es unter: <https://kniffelix.rz.tu-harburg.de/blog/2017/06/01/welcome-to-candy-land-einfluss-der-zuckerart-auf-die-hefeaktivitaet/>
-  Zweck des Experiments ist es, zu untersuchen, wie die Enzymaktivität bei unterschiedlichen Zuckerarten (Saccharose, Glucose, Fructose) variiert.
-  Während des Versuchs messen die Schüler das Volumen des Hefeschaums in den Messzylindern und ziehen daraus Rückschlüsse auf die Enzymaktivität.
-  Ihre Beobachtungen tragen die Schüler zunächst in eine Tabelle ein. Anschließend übertragen sie die Daten in ein Koordinatensystem.
-  Zum Schluss interpretieren die Schüler, ihre Ergebnisse im Hinblick auf den Verstoffwechslungsprozess von Zucker in der Hefezelle.
-  Planen Sie am Ende Zeit zum Aufräumen und Spülen der Zylinder ein.

3. Besprechung der Ergebnisse:

Im Rahmen des Versuchs befassen sich die Schüler näher mit der Wirkungsweise von Enzymen und setzen sich mit der Verstoffwechslung von Zucker in der Hefezelle auseinander. Näheres zu den Themen finden Sie und die Schüler in den Wissensboxen.

Neben Wärme benötigt Hefe Zucker, um aktiv zu werden. Ein Indiz für die Aktivität ist der Hefeschaum, der sich bei der enzymatischen Umwandlung von Zucker in Energie bildet. Bei der Glykolyse werden Einfachzucker zunächst zu Pyruvat umgewandelt, welches im Rahmen der Zellatmung bzw. -gärung weiter zu Speicherenergie verarbeitet wird.

Hefe wird eine Affinität zu Glucose nachgesagt. Das würde bedeuten, dass die Reaktionsgeschwindigkeit bei Glucose am höchsten sein müsste. Der Zweifachzucker Saccharose muss zunächst von dem Enzym Saccharase in Glucose und Fructose gespalten werden, um die Hefezellwand zu passieren.



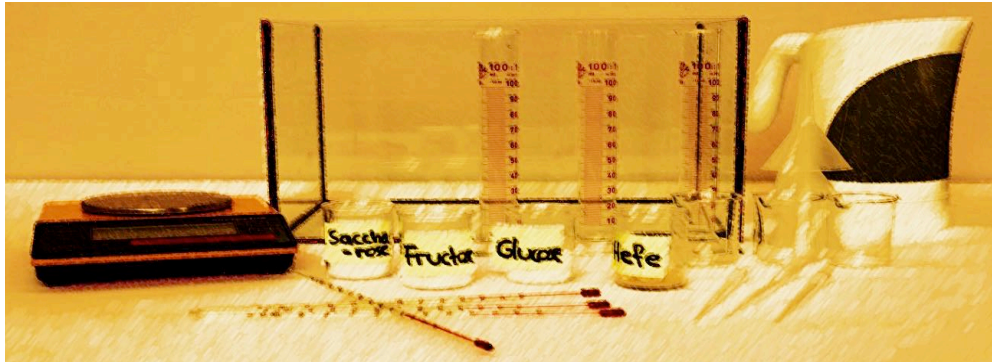
Ihre Ergebnisse können die Schüler im Kniffelix Blog teilen und mit denen der anderen Versuchsgruppen vergleichen. Dabei können und sollen sie sich gern auch über abweichende Ergebnisse und mögliche Fehlerquellen beim Experimentieren austauschen.

Mögliche Ursachen für abweichende Versuchsergebnisse:

- F** **Messzylinder wurden im Vorfeld nicht ausreichend entfettet:** Durch das Fett im Zylinder wird die Schaumentwicklung gehemmt.
- F** **Asynchrone Versuchsdurchführung:** Um die Versuchsergebnisse miteinander vergleichen zu können, müssen die Reaktionen in den Messzylindern zeitgleich ablaufen. Aus diesem Grund müssen die Hefe-Zucker-Gemische gleichzeitig in die Messzylinder gegeben und umgerührt werden. Ebenso müssen die Schaumwerte zeitgleich abgelesen werden.

Versuch: Welcome to Candy Land! - Einfluss der Zuckerart auf die Hefeaktivität

Materialien:

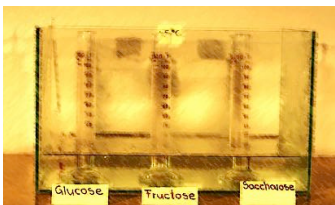


- 1 durchsichtiges Wasserbecken (50x30x30)
- 3 Messzylinder mit einem Volumen von 100ml
- 3 kleine Messbecher
- 3 Trichter
- 3 Pipetten
- 3 Rührstäbe
- 2 Thermometer
- 1 Waage
- Stoppuhr
- Wasser und Wasserkocher
- 6g Hefe
- 5g Saccharose
- 5g Glucose
- 5g Fructose

Versuchsvorbereitung und -aufbau



1. Be a Team! Bildet eine Gruppe von 5-6 Personen.



2. Befüllt das große Wasserbecken mit 35°C heißem Wasser bis zu einer Höhe von 5-10 cm. Stellt eure Standzylinder in das Wasserbecken.



3. Befüllt eure Messzylinder mithilfe der Pipetten mit 20ml Wasser.



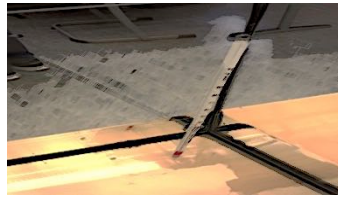
4. Wiegt 2g Hefe ab und mischt sie jeweils mit 5g Zucker.



5. Verteilt folgende Aufgaben in eurer Gruppe:



Der **Zeitwächter** guckt auf die Uhr und sagt alle 30 Sekunden Bescheid.



Der **Temperaturwächter** kontrolliert die Temperaturen in den Messzylindern und versucht sie konstant zu halten.



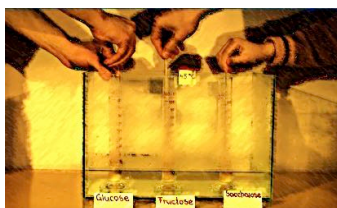
Drei **Protokollanten** beobachten jeweils einen Messzylinder. Immer wenn der Zeitwächter Bescheid gibt, notieren sie den Wert des Messzylinders.

Der mögliche **Beobachter** beobachtet die Zusammenarbeit in der Gruppe. Er achtet während der Versuchsdurchführung auf mögliche Auffälligkeiten des Versuches und notiert diese.

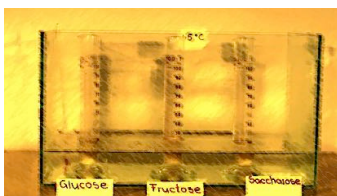
Versuchsdurchführung



1. Get started! Nutzt die Trichter, um das Hefe-Zucker-Gemisch in die Messzylinder zu geben. Achtet darauf, dass ihr das Gemisch alle **gleichzeitig** in die Zylinder gebt und es **nicht** die Wand des Zylinders berührt!



2. Die Protokollanten rühren für 10 Sekunden die Mischungen in den Messzylindern um. Der Zeitwächter gibt ein Startsignal vor und ruft nach 10 Sekunden Stopp. Mit dem Stoppsignal hören alle auf zu rühren und der Zeitwächter beginnt, die Zeit zu stoppen.



3. Jetzt gibt der Zeitwächter für 10 Minuten alle 30 Sekunden das Signal zu abmessen und die Protokollanten notieren ihre Beobachtungen im Beobachtungsbogen. Während des Experiment achten die Temperaturwächter auf eine gleichbleibende Temperatur.



Versuch: Welcome to Candy Land! - Einfluss der Zuckerart auf die Hefeaktivität

Beobachtungsprotokoll

Zeit in Sekunden	Volumen in Milliliter bei Glucose	Volumen in Milliliter bei Fructose	Volumen in Milliliter bei Saccharose
30			
60			
90			
120			
150			
180			
210			
240			
270			
300			
330			
360			
390			
420			
450			
480			
510			
540			
570			
600			

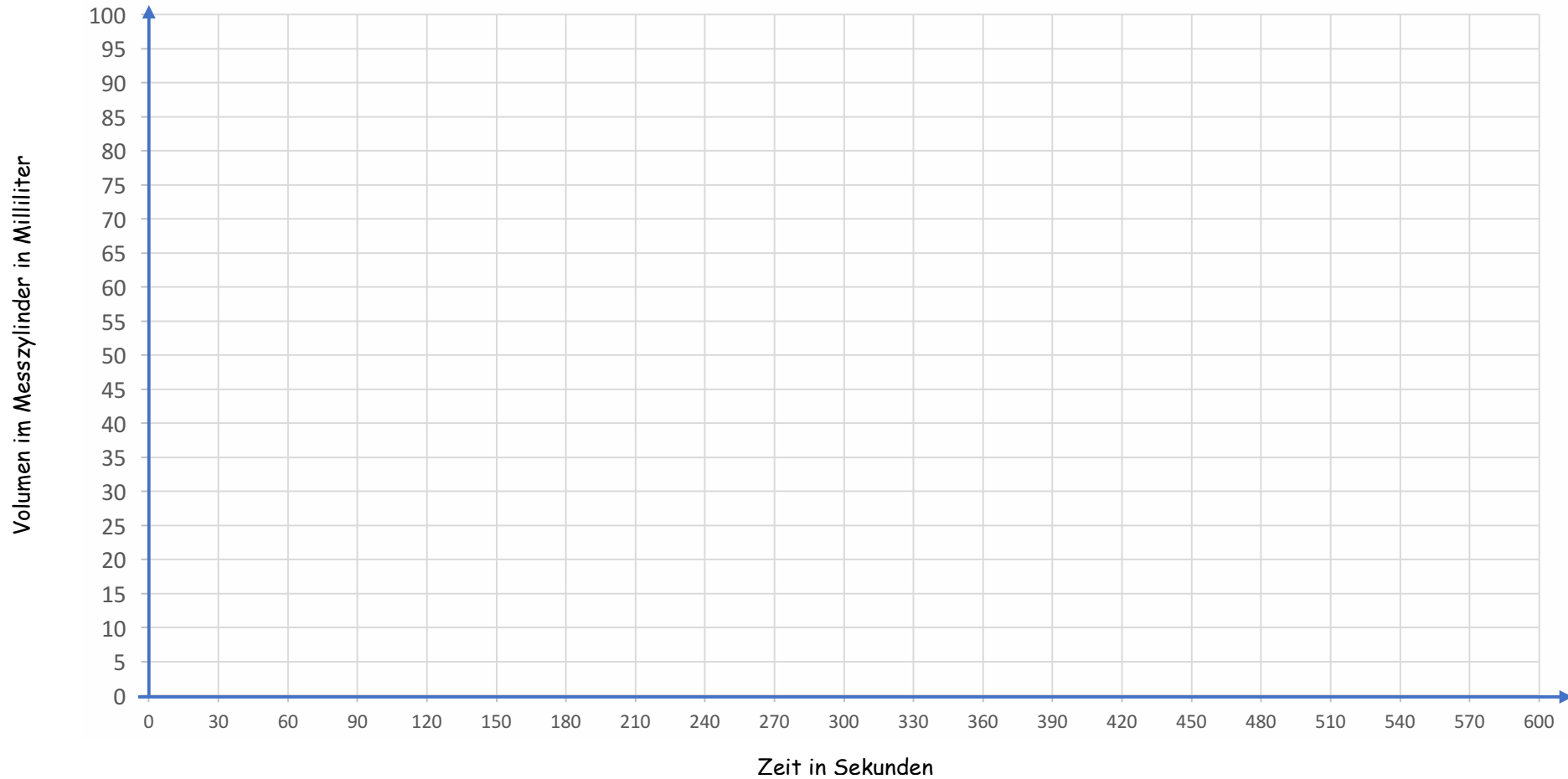




Versuch: Welcome to Candy Land! - Einfluss der Zuckerart auf die Hefeaktivität

Visualisiere deine Versuchsergebnisse in dem untenstehenden Koordinatensystem.

Hefeaktivität bei verschiedenen Zuckern



Legende:

Glucose
Farbe

Fructose
Farbe

Saccharose
Farbe



Enzyme als Biokatalysatoren

Enzyme ermöglichen den Ablauf unserer Lebensprozesse. Sie zählen zur Stoffgruppe der Proteine und werden auch Eiweiße genannt. Proteine kommen in den Zellen aller Lebewesen vor. Sie bestehen aus einer einzelnen oder aus mehreren miteinander verknüpften **Aminosäureketten**. In unserem Körper üben Proteine eine Vielzahl von Funktionen aus und beschleunigen den Ablauf von Stoffwechselreaktionen. Daher werden Enzyme auch als **Biokatalysatoren** bezeichnet.

Katalysatoren beeinflussen die Geschwindigkeit einer Reaktion, indem sie die Aktivierungsenergie der zu reagierenden Teilchen herabsetzen (Abb. 1). Als Aktivierungsenergie bezeichnet man die Energie, die eingesetzt werden muss, um einen energetisch höhergelegenen **Übergangszustand** zu erreichen, damit überhaupt eine Reaktion stattfindet.

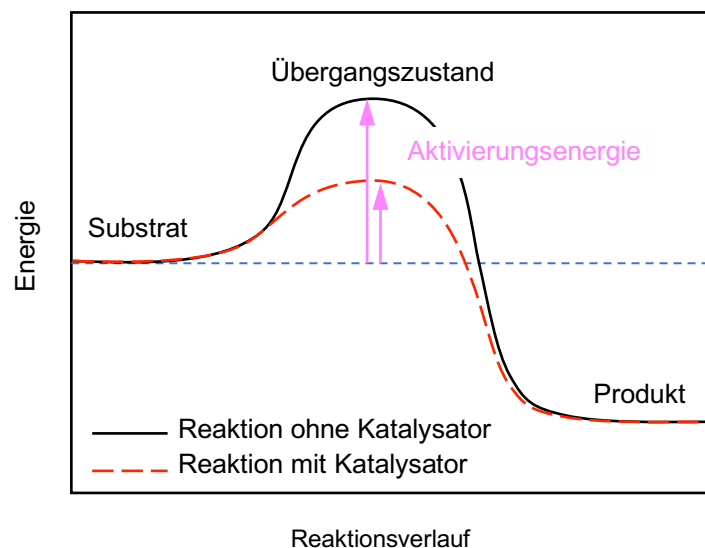


Abb. 1: Verringerung der Aktivierungsenergie durch einen Katalysator zur Erreichung eines Übergangszustands.

Um die Aktivierungsenergie herabzusetzen, bindet ein Enzym ein Molekül, das sogenannte **Substrat**, an sich. Die „Andockstelle“ wird als **aktives Zentrum** bezeichnet. Enzyme sind **substratspezifisch**. Das bedeutet, dass nur ein bestimmtes Substrat im aktiven Zentrum gebunden werden kann. Enzym und Substrat passen zusammen, wie der Schlüssel zu einem Schloss. Man spricht daher vom **Schlüssel-Schloss-Prinzip**.

Zusammen bilden Enzym und Substrat den **Enzym-Substrat-Komplex**. Im aktiven Zentrum werden Substratmoleküle gespalten oder miteinander verknüpft. Infolgedessen entstehen ein oder mehrere **Produkte**. Enzyme sind **wirkungsspezifisch**. Das bedeutet, dass Substrate immer auf die gleiche Weise zu den gleichen Produkten umgesetzt werden. Nach der Umsetzung trennen sich Enzym und Produkt(e) wieder voneinander. Das **Enzym** wird bei der Umsetzung **nicht verbraucht** und steht **unverändert** weiteren Reaktionen zur Verfügung.

Quellen:

Dieses Dokument wurde im Rahmen einer Kooperation zwischen dem Oberstufenprofil Ökosystemforschung von Olaf Zeiske an der Goethe Schule Harburg und Kinderforscher an der TUHH erstellt. Die Inhalte beruhen auf Stundenmitschriften unter Verwendung der Schulbücher:

Baron et al. (2010): *Genetik*. Grüne Reihe: Materialien für den Sekundarbereich II Biologie. 7. Auflage. Braunschweig: Bildungshaus Schulbuchverlage Westermann Schroedel Diesterweg.

Philipp et al. (2010): *Ökologie*. Grüne Reihe: Materialien für den Sekundarbereich II Biologie. 6. Auflage. Braunschweig: Bildungshaus Schulbuchverlage Westermann Schroedel Diesterweg.

Nützliche Links zum Thema:

www.sofatutor.com/biologie/videos/enzyme-bau-und-wirkungsweise
(zuletzt abgerufen am 19.04.2017)

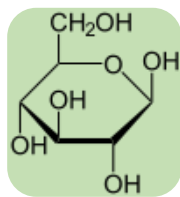
www.lernhelfer.de/schuelerlexikon/biologie-abitur/artikel/enzyme
(zuletzt abgerufen am 19.04.2017)

www.chemie.de/lexikon/Enzym.html
(zuletzt abgerufen am 19.04.2017)

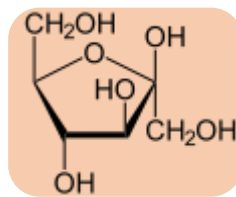


Die Verstoffwechslung von Zucker in der Hefezelle

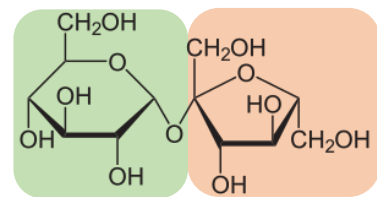
Die Hefe gehört zu den Pilzen und benötigt, wie alle Lebewesen, Energie für ihre Lebensvorgänge. Diese Energie gewinnt sie aus Zuckern wie der *Glucose* (Traubenzucker) und der *Fructose* (Fruchtzucker). Zucker gehören zu den **Kohlenhydraten** und bestehen aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Da **Glucose** und **Fructose** einzelne Zuckermoleküle darstellen, nennt man sie **Einfachzucker**. Bei haushaltsüblichem Zucker, den man zum Backen verwendet, handelt es sich aber um **Saccharose** (Rohrzucker), einem **Zweifachzucker**, der sich aus einem Glucose- und einem Fructose-Molekül zusammensetzt.



Glucose



Fructose



Saccharose

Damit die Hefe den Zucker besser aufnehmen kann, wird zunächst Wasser als Lösungsmittel benötigt, um den Zucker darin aufzulösen. Deshalb wird beim Backen Wasser zu Hefe und Saccharose gegeben. In der Flüssigkeit lösen sich die Zuckerkristalle auf. Die Zuckermoleküle befinden sich nun in ständiger, zufälliger Bewegung (**Brownsche Molekularbewegung**). Infolgedessen verteilen sie sich willkürlich im Lösungsmittel. Diese völlig ungeordnete Bewegung der Moleküle durch den Raum wird als **Diffusion** bezeichnet. Sie sorgt für eine gleichmäßige Verteilung der Moleküle in der Flüssigkeit.

Um in die Hefezelle zu gelangen, muss der Zucker nun die **Zellwand** passieren. Die Zellwand besteht aus einem Geflecht aus Chitin und anderen Zuckerverbindungen. Saccharose kann als Zweifachzucker diese jedoch nicht durchqueren. Die Hefe gibt daher das Enzym Saccharase an ihre Umgebung ab, die die Saccharose in Glucose und Fructose zerlegt. Die Einfachzucker können die Hefezellwand passieren.

Die Umwandlung des Zuckers in Energie erfolgt in der Hefezelle mithilfe von Enzymen. Im **Zellplasma** werden Fructose und Glucose im Rahmen der **Glykolyse** zu **Pyruvat** (Brenztraubensäure) umgewandelt.

Der Vorgang der Glykolyse dient dem **Abbau von Einfachzuckern** und der Energiegewinnung innerhalb der Zellen. Es handelt sich um einen mehrstufigen Prozess, an dem eine Reihe von Enzymen beteiligt ist. Welche Enzyme an dem Prozess beteiligt sind, hängt davon ab, welcher Zucker abgebaut wird (Beispiel Glucose siehe Abbildung oben). Der Hefe wird eine Vorliebe für **Glucose** nachgesagt. Man spricht davon, dass sie „**glucophil**“ sei.

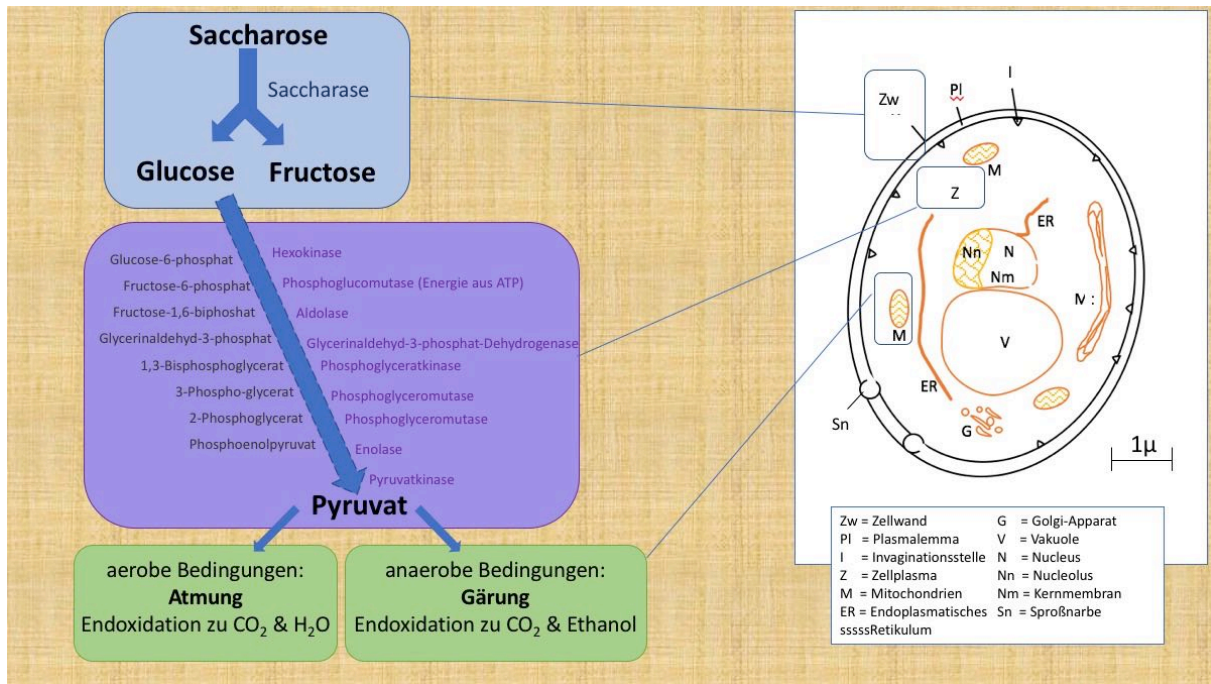


Abb.: Verstoffwechslung von Zucker in einer Hefezelle

Das bei der Glykolyse gebildete Pyruvat gelangt schließlich durch das Zellplasma in die **Mitochondrien**, die Kraftwerke einer Zelle. Dort wird das Pyruvat im sogenannten „**Citratcyclus**“ weiter abgebaut, wobei die meiste Energie gewonnen und in Form von **Adenosintriphosphat (ATP)** gespeichert wird. Bei ATP handelt es sich um den universellen Energieträger in Zellen. Die Gewinnung von ATP kann in den Mitochondrien sowohl unter **aeroben Bedingungen (Atmungsprozess** - mit Sauerstoff) als auch unter **anaeroben Bedingungen (Gärungsprozess** - unter Sauerstoffabschluss) erfolgen. Infolge der Atmung entstehen aus einem Molekül Glucose neben 32 Molekülen ATP **Wasser** und **Kohlenstoffdioxid** als Endprodukte. Der Gärungsprozess ist weniger effektiv, da unter Sauerstoffabschluss weniger Energie gewonnen bzw. weniger ATP gebildet werden kann. Unter anaeroben Bedingungen entstehen lediglich 2 Moleküle ATP sowie **Ethanol** und **Kohlenstoffdioxid**.

Da die Reagenzröhrchen bei dem Versuch nach oben hin offen sind und aufgrund des noch vorhandenen Sauerstoffs in der Lösung, kann zu Beginn eine Reaktion unter der Beteiligung von Sauerstoff stattfinden. Aufgrund der engen Reagenzröhrchen ist jedoch nicht sicher, in welchem Ausmaß der Luftaustausch mit der Zeit von statten geht, wenn der Hefeschaum stetig nach oben steigt. Innerhalb dieses Versuchs kann daher nicht festgestellt werden, wie hoch der Sauerstoffeintrag über die Oberfläche während der Reaktion ist, oder wie groß der Einfluss der Gärung auf die CO₂-Produktion ist.

Quellen:

Dieses Dokument wurde im Rahmen einer Kooperation zwischen dem Oberstufenprofil Ökosystemforschung von Olaf Zeiske an der Goethe Schule Harburg und Kinderforscher an der TUHH erstellt. Die Inhalte beruhen auf Stundenmitschriften unter Verwendung der Schulbücher:

Baron et al. (2010): *Genetik*. Grüne Reihe: Materialien für den Sekundarbereich II Biologie. 7. Auflage. Braunschweig: Bildungshaus Schulbuchverlage Westermann Schroedel Diesterweg.

Philipp et al. (2010): *Ökologie*. Grüne Reihe: Materialien für den Sekundarbereich II Biologie. 6. Auflage. Braunschweig: Bildungshaus Schulbuchverlage Westermann Schroedel Diesterweg.

Nützliche Links zum Thema:

www.biologie-schule.de/osmose.php
(zuletzt abgerufen am 19.04.2017)

www.biologie-schule.de/diffusion.php
(zuletzt abgerufen am 19.04.2017)

www.scheffel.og.bw.schule.de/faecher/science/biologie/Cytologie/6mitochondrium/das_mitochondrium.htm
(zuletzt abgerufen am 19.04.2017)

www.oliverkohlhaas.de/biologie/stoffwechsel/unterschiede-bei-gaerung-zellatmung/
(zuletzt abgerufen am 19.04.2017)

www.wissensforum-backwaren.de/files/lernreihe/kap_VI-2.pdf
(zuletzt abgerufen 11.05.2017)

