

Schaufelt sich die Hefe ihr eigenes Grab?

Der Gärprozess liefert letztlich tödliches Ethanol



LNCU.de
ID 1572
CC-BY-SA 4.0
Online abrufen

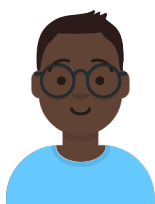
M1 Gedanken zu Ordnung und Energie

Leben = Ordnung?



In Biologie haben wir gelernt, dass Ordnung ein Merkmal lebender Systeme ist.

Stimmt ja auch: Zum Beispiel werden in Zellen riesige Proteinmoleküle aufgebaut, die aus vielen kleine Aminosäuremolekülen zusammengesetzt sind.



Aber im Universum wird doch zugleich alles eher chaotischer, also unordentlicher. Man sagt, die Entropie nimmt zu. Wie passt das denn zusammen?

Wie machen Lebewesen das?



Das ist eine gute Frage! Damit Zellen überhaupt Ordnung herstellen können, wird Energie benötigt, die bei biochemischen Reaktionen, also Stoffwechselprozessen, freigesetzt wird, z. B. wenn Glucose mit Sauerstoff reagiert.

Und beachte, dass einige der Stoffwechselprodukte die Zelle immer verlassen. So funktioniert Leben: In der Zelle wird etwas Hochkomplexes aufgebaut, aber insgesamt nimmt im Universum die Unordnung zu.



Wie macht die Hefezelle das? Und was hat das mit der Gärung zu tun?



Aufgaben

- 1 Erstellen Sie aus **M3** eine vergleichende, beschriftete Abbildung, mit deren Hilfe Sie die letzte Frage in **M1** erläutern können. Verwenden Sie dazu alle in **M2** fett gedruckten Begriffe.
- 2 Erklären Sie, warum sowohl Hefepilze als auch Menschen (**M4**) in der Lage sein müssen, Glucose anaerob abzubauen.

M2 Stoffwechselprozesse und ATP

Aerober und anaerober Abbau von Glucose in Hefe

Zahlreiche Reaktionen können Energie liefern. Viele Lebewesen nutzen die Energie, die bei der Reaktion von Glucose mit Sauerstoff im **aeroben Abbau** freigesetzt wird. Bei dieser sogenannten **Zellatmung** laufen miteinander vernetzte biochemische Reaktionen ab. Die bei den Reaktionen freiwerdende Energie wird unter anderem in einem Stoff namens Adenosintriphosphat (ATP, s. **Abb. 1**) kurzfristig gespeichert. Bei Bedarf kann die Energie dann an anderer Stelle daraus wieder freigesetzt werden.

Die Zellatmung ist zwar ein mehrstufiger Prozess in **Anwesenheit von Sauerstoff**, aber wir können vereinfacht die Gesamtgleichung notieren: Glucose reagiert Sauerstoff zu Wasser und Kohlenstoffdioxid. Pro Glucose-Molekül werden bis zu **38 ATP-Moleküle** synthetisiert:

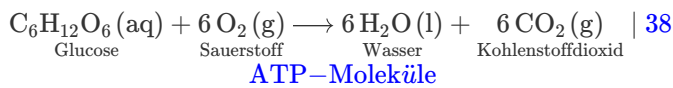
ATP - ein Energiespeicher

Adenosintriphosphat (**ATP**) ist als Molekül ein „Kurzzeit-Energiespeicher“ der Zellen: Zur Bildung von ATP aus **Adenosin**diphosphat (**ADP**) wird z. B. Energie aus dem Abbau von Glucose genutzt.

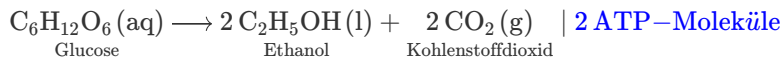
Kommt es an anderer Stelle zur Spaltung von ATP in ADP wird wieder Energie frei, die genutzt werden kann, um andere chemische Reaktionen zu ermöglichen.



Die Buchstaben in den Abkürzungen **ADP** und **ATP**



Ethanol entsteht durch biochemischen Reaktionen wenn der Hefzelle kein Sauerstoff in ausreichender Menge zur Verfügung steht. Diese **alkoholische Gärung** ist ebenfalls ein mehrstufiger Prozess, liefert aber wegen der **Abwesenheit von Sauerstoff** deutlich **weniger Energie** und folglich nur nur **2 ATP Moleküle** pro Molekül Glucose. Vereinfacht können wir für diesen anaeroben Abbau erneut die Gesamtreaktion notieren Glucose wird zu Ethanol und Kohlenstoffdioxid abgebaut:



Ethanol wird in die Umgebung abgegeben. Reichert sich der Alkohol in der Umgebung an, sterben die meisten Hefezellen bei einen Ethanol-Gehalt von ca. 16-Vol% in der umgebenden Flüssigkeit an der „Überdosis“ des starken Zellgiftes.

Warum nutzen Hefen trotzdem den Gärprozess? Die einfache Antwort: Hefezellen müssen aber auch schon mal längere Zeit **ohne Sauerstoff** überleben. Dann stellen sie ihren Stoffwechsel von Zellatmung auf Gärung (**anaerober Abbau**) um. Sobald wieder Sauerstoff vorhanden ist, wird der Stoffwechsel wieder auf die Zellatmung umgestellt.



stehen nicht symbolhaft für Elemente, sondern bezeichnen Teile des Moleküls.

Das Molekül ist sehr groß. Hier einmal seine sogenannte Skelettformel. Mit dieser Art der Darstellung beschäftigen wir uns bald.

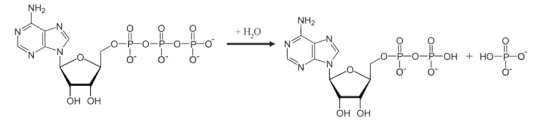


Abb. 1: Spaltung von ATP in ADP und ein Hydrogenphosphat-Ion.

M3 Aerob und anaerober Abbau im Vergleich

Aerobes Abbau

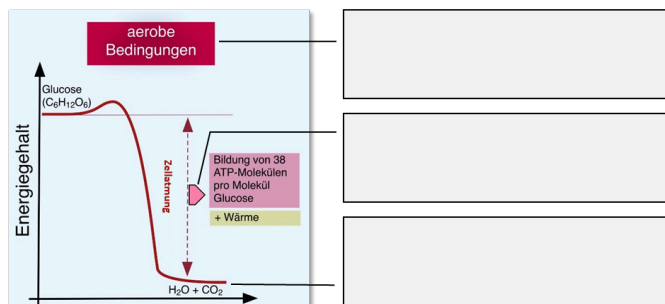


Abb. 2: Energiediagramm aerob ¹

Anaerober Abbau

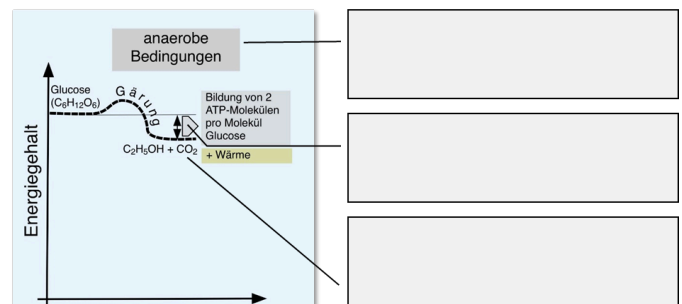


Abb. 3: Energiediagramm anaerob ²

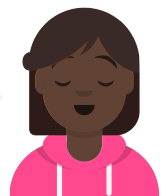
M4 Zusatzinformationen

Wie funktioniert das im menschlichen Körper?



Interessant: Auch in menschliche Zellen wird ATP mit Hilfe von Gärprozessen produziert. Da der menschliche Körper nicht über dieselben Enzyme verfügt wie Hefen, entsteht dabei ein anderer Stoff: die Milchsäure. Diese wird normalerweise schnell abtransportiert und abgebaut. Unter Sauerstoffmangel, z. B. bei einem schnellen Sprint, wenn der Energiebedarf größer ist als die Sauerstoffversorgung im Muskel, reichert sich die Milchsäure in den Muskeln an.

Genauer gesagt wird in den Muskelzellen aus Glucose zuerst Pyruvat gebildet. Bei Sauerstoffmangel wandeln bestimmte Enzyme das Pyruvat in Milchsäure um. Milchsäuremoleküle bilden in wässriger Lösung Oxonium-Ionen und Lactat. Die Anreicherung von Lactat im Muskel führt also automatisch dazu, dass der pH-Wert sinkt – der Muskel wird „sauer“ und es kommt zum bekannten Gefühl des Brennens.



Sobald wieder genügend Sauerstoff zur Verfügung steht, kann das entstandene Lactat entweder in der Leber zu Pyruvat und dann zu Glucose zurückverwandelt oder aber vollständig abgebaut werden. Das ist mit ein Grund



dafür, dass Sprinterinnen und Sprinter im Ziel längere Zeit heftig nach Luft schnappen. Die **Milchsäuregärung** ermöglicht es dem Körper, auch bei Sauerstoffmangel kurzfristig Energie bereitzustellen, ist allerdings deutlich weniger effizient als die aerobe Atmung.

Einzelnachweise

- 1 A. Schumacher, 2022, verändert nach Andreas Böhm, 2017
- 2 A. Schumacher, 2022, verändert nach Andreas Böhm, 2017