

Abbau (1)

Die Glykolyse

Aufgaben:

1 Der Kurzzeit-Redox-Energiespeicher NADH

Aus der Photosynthese ist Ihnen bereits der Kurzzeit-Redox-Energiespeicher NADPH bekannt, der nur im Chloroplasten vorkommt. Im Zytoplasma findet man dagegen NADH, das chemisch und energetisch sehr große Ähnlichkeiten mit NADPH hat, aber nur zwei statt drei Phosphatgruppen enthält.

Ergänzen Sie die folgende Gleichgewichts-Reaktion und kennzeichnen Sie die energiearme bzw. -reiche Form des Energiespeichers.



2 Die Glykolyse

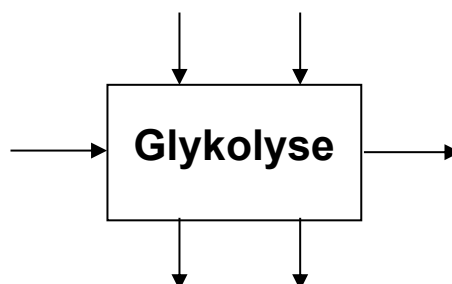
- 2.1 Erstellen Sie anhand der Angaben in M1 die Summengleichung der Glykolyse.
- 2.2 Ergänzen Sie in Sprechblasen den Grad der Verwendbarkeit der drei energiereichen Produkte der Glykolyse.
- 2.3 Erstellen Sie anhand der Summengleichung der Glykolyse ein Blackbox-Schema (ergänzen Sie dazu B1), bei dem die Stoffumwandlung bei den Energieträgern von oben nach unten und die Stoffumwandlung der Glukose von links nach rechts verläuft. Ergänzen Sie sämtliche Koeffizienten und markieren Sie alle energiereichen Stoffe mit Rot.
- 2.4 Begründen Sie, warum für den kontinuierlichen Ablauf der Glykolyse NAD^+ aus NADH regeneriert werden muss, und benennen Sie ein weiteres Problem, das für eine effektive Nutzung der Energie am Ende der Glykolyse besteht.

Materialien:

M1 Die Glykolyse

Der erste Schritt beim Abbau von Glukose (Glc; $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) zur Gewinnung von ATP aus ADP und Phosphat ist die Glykolyse. Dabei entstehen als Produkte die Brenztraubensäure (BTS; $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3$; deren Anion $\text{C}_3\text{H}_3\text{O}_3^-$ heißt Pyruvat) sowie NADH und Wasserstoff-Ionen (H^+). Außerdem entsteht ATP und zwar in genau der gleichen Menge wie NADH.

Die Brenztraubensäure enthält immer noch sehr viel Energie und stellt – zumindest vorläufig – ein Abfallprodukt der Glykolyse dar. NADH ist ein Redox-Energiespeicher, dessen Energie der Zelle nur dann Nutzen bringen kann, wenn ein Stoff damit reduziert wird, was im Energie-Haushalt eine eher untergeordnete Rolle spielt.



B1

Hinweise für die Lehrkraft:

1 NADH

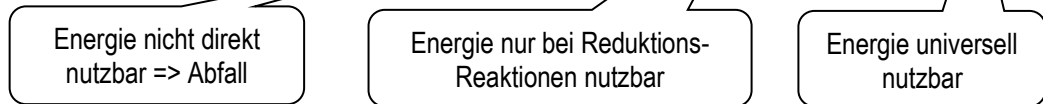
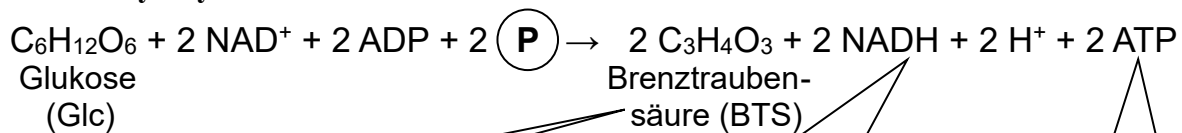


energiearme Form

energiereiche Form

Die Kursteilnehmer können die Gleichung anhand ihres Vorwissens über NADPH ohne weitere Angaben ergänzen.

2 Glykolyse



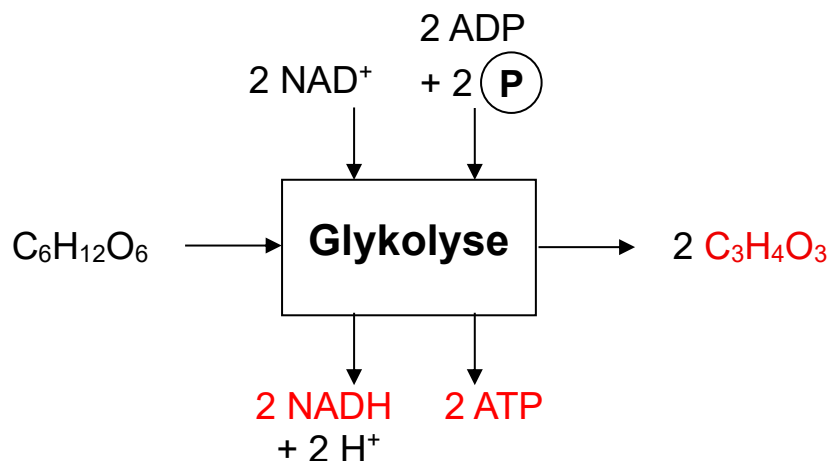
Es ist darauf zu achten, dass die Gleichung ausgeglichen ist.

Ggf. abgestufte Einhilfe geben: Über den Vergleich der Wasserstoff-Atome in Glc bzw. BTS kann erschlossen werden, wieviel NADH entsteht.

Bei den Sprechblasen setzen die Kursteilnehmer auch ihr Vorwissen über den universellen Energiespeicher ATP ein.

Hinweis: Streng genommen liegen organische Säuren in der Zelle teilweise in der deprotonierten Form vor. Deshalb steht in der Literatur meist statt Brenztraubensäure deren Anion Pyruvat. Es ist sinnvoll, dies im Unterricht zu betonen, damit die Kursteilnehmer abweichende Bezeichnungen einordnen können. Für die Kursteilnehmer ist es aber einfacher, mit den ungeladenen Formen zu arbeiten (was nicht falsch ist, weil ein Teil der organischen Säuren in der protonierten Form vorliegt); zudem nennt der LehrplanPLUS nur die ungeladene, nicht aber die geladene Form. Die Kursteilnehmer sollten zwar wissen, dass Brenztraubensäure (protonierte Form) und Pyruvat (deprotonierte Form) keine Synonyme sind, aber sie dürfen frei wählen, welchen Begriff sie benutzen wollen. Lediglich bei stöchiometrischen Darstellungen müssen die Stoffe auf beiden Seiten des Reaktionspfeils ausgeglichen sein.

2.3



2.4 Problem 1:

NAD⁺ ist ein komplexes Molekül, das nur in begrenzter Menge zur Verfügung steht. Weil es ein obligates Edukt der Glykolyse ist, muss es in genügender Menge vorhanden sein, was nur dadurch garantiert ist, dass es aus NADH regeneriert wird.

Problem 2:

In Brenztraubensäure ist viel chemische Energie gespeichert, die nicht direkt nutzbar ist.

Thomas Nickl, August 2024