

Stoffwechsel: Rückblick

Aufgaben:

1 „Der Stoffwechsel jeder einzelnen Zelle ist genetisch bedingt.“

Belegen Sie diese Aussage unter Verwendung folgender Fachbegriffe: Enzym – Genom – Aminosäuresequenz – Biokatalysator – Substratspezifität – Wirkungsspezifität – chemische Reaktion – räumliche Struktur – Genregulation – akt. Zentrum

2 Photosynthese und Zellatmung

- 2.1 Formulieren Sie die Summengleichungen für den Stoffumsatz in diesen beiden biochemischen Vorgängen.
- 2.2 Vergleichen Sie die beiden Summengleichungen bezüglich des Stoffumsatzes und erläutern Sie die ökologische Bedeutung, die sich daraus ergibt.
- 2.3 Vergleichen Sie die beiden biochemischen Vorgänge bezüglich des Energieaspekts und beurteilen Sie die Aussage: „Die Zellatmung entspricht der Photosynthese, nur in der anderen Richtung.“

3 Zerlegung in Teilschritte

Die Verbrennung von Glukose mit Sauerstoff in einem Kalorimeter setzt mit etwa 1563 kJ pro 100 g eine relativ große Menge an Wärmeenergie frei.

Begründen Sie, warum der vollständige Abbau von Glukose in mehreren Teilschritten ablaufen muss, bei denen kurzzeitige Energiespeicher gebildet werden.

4 ATP-Bildung beim vollständigen Abbau von Glukose

ATP wird bei der Zellatmung nach zwei unterschiedlichen Mechanismen gebildet.

- 4.1 Stellen Sie kurz dar, an welchen Stellen des vollständigen Glukose-Abbaus die Kohlenstoff-Atome der Glukose Elektronen abgeben und an welche Stoffe sie abgegeben werden.
- 4.2 Stellen Sie kurz dar, an welchen Stellen ATP direkt gebildet wird (also ohne einen Protonengradienten zu nutzen).
- 4.3 Benennen Sie die Energieträger, bei deren Oxidation im Mitochondrium ein Protonengradient aufgebaut wird.
- 4.4 Die Anheftung einer Phosphatgruppe an ADP wird als Phosphorylierung bezeichnet. Ordnen Sie begründet die Begriffe „Substratketten-Phosphorylierung“ und „oxidative Phosphorylierung“ den Stellen zu, an denen beim Glukose-Abbau ATP gebildet wird.

5 Richtig oder falsch?

Beurteilen Sie die folgenden Aussagen begründet und stellen Sie diese ggf. richtig:

- a) „Der Protonengradient im Mitochondrium bewirkt, dass Wasserstoff-Ionen durch die innere Mitochondrienmembran wandern.“
- b) „Die Bildung von Wasser-Molekülen im Matrixraum des Mitochondriums hält die Elektronen-Transportkette am Laufen.“
- c) „Indem Wasserstoff-Ionen vom Matrixraum in den Intermembranraum des Mitochondriums geschleust werden, wird ein Ungleichgewicht erzeugt. Beim teilweisen Abbau dieses Ungleichgewichts wird nutzbare Energie freigesetzt.“

6 Milchsäuregärung

Formulieren Sie die Summengleichung der Milchsäuregärung (von Glucose bis zum Produkt) in Summenformeln und entscheiden Sie anhand von Oxidationszahlen, ob dieser Vorgang in der Summe eine Redox-Reaktion darstellt.

Hinweise für die Lehrkraft:

Dieses Arbeitsblatt kann am Ende der Behandlung der Stoffwechsel-Biologie im gA- und eA-Kurs eingesetzt werden und eignet sich v. a. für Kursteilnehmer, die in Biologie Abitur ablegen wollen bzw. einen Studiengang aus den Bereichen Biologie, Biochemie, Medizin anstreben.

Es basiert auf Erfahrungen aus der Universität über häufiger auftretende Defizite von Abiturienten:

- *fehlendes Bewusstsein, dass Stoffwechselprozesse von Enzymen abhängen, die im Genom codiert sind*
- *Vor lauter Details geht oft der Blick fürs Ganze, also auf die Netto-Gesamtreaktionen verloren.*
- *fehlendes Bewusstsein für die Bedeutung der Zerlegung in Teilschritte*
- *zu wenig klare Vorstellung, dass bei der Dissimilation zwei unterschiedliche Typen der ATP-Synthese vorliegen*
- *Verwechslung von Ursache und Wirkung des Protonengradienten*
- *fehlende Übung bei der Anwendung der Oxidationszahlen*

Für die Anregungen zu diesem Arbeitsblatt danke ich Philipp Korber, Biomedizinisches Centrum der Ludwig-Maximilians-Universität München.

1 Stoffwechsel genetisch bedingt

z. B.: Enzyme sind Biokatalysatoren, die bestimmte chemische Reaktionen beschleunigen. Substrat- und Wirkungsspezifität der Enzyme bewirken, dass jedes Enzym nur ein bestimmtes Substrat (bzw. eine Substratgruppe) bindet und nur eine von mehreren möglichen chemischen Veränderungen des Substrats katalysiert. Diese Spezifitäten beruhen auf der räumlichen Struktur des aktiven Zentrums im Enzym, die wie die gesamte Struktur des Enzyms von dessen Aminosäuresequenz abhängt, die ihrerseits durch das Genom festgelegt ist. Die Genregulation legt fest, welche Enzyme in welcher Zelle gebildet werden, d. h. welche Stoffwechsel-Reaktionen dort ablaufen können.

2 Photosynthese und Zellatmung

2.1 vgl. Skript

2.2 Wenn beide Vorgänge durchschnittlich in gleichem Umfang ablaufen, dann liefert die eine Reaktion genau die Menge an Substrat, die von der jeweils anderen Reaktion verbraucht wird. Dadurch wird ein Kreislauf geschaffen, d. h. es gibt weder Probleme bei der Beschaffung von stofflichen Ressourcen noch bei der Abfallentsorgung.

2.3 Bei den Energieformen bei Input und Output entsprechend die beiden Vorgänge einander nicht:

Photosynthese: Input = Lichtenergie (Photonen), Output = chemische Energie in Form von Glukose

Zellatmung: Input = chemische Energie in Form von Glukose, Output = chemische Energie in Form von ATP

3 Zerlegung in Teilschritte

Bei der Oxidation von Glukose in einem einzigen Schritt wird eine sehr große Energiemenge freigesetzt, durch welche die Zelle stark geschädigt würde. Bei der Zerlegung in Teilschritte werden jeweils kleinere Energiemengen freigesetzt, die z. T. zur Bildung der Energiespeicher ATP, NADH bzw. FADH₂ verwendet werden.

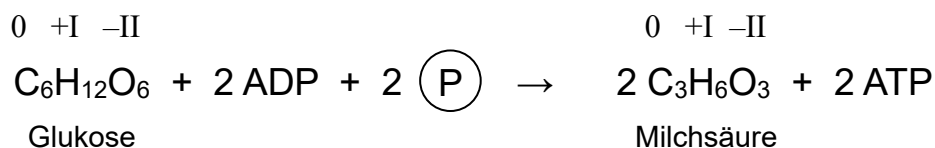
4 ATP-Bildung bei der Zellatmung

- 4.1 in der Glycolyse: an NAD^+
in der Oxidativen Decarboxylierung (von Brenztraubensäure): an NAD^+
im Tricarbonsäurezyklus: an NAD^+ und an FAD
- 4.2 in der Glycolyse und im Tricarbonsäurezyklus (*Wenn Sie Wert daraufgelegt haben, dass beim Menschen im Tricarbonsäurezyklus GTP gebildet wird, müssen sie die Aufgabenstellung entsprechend erweitern.*)
- 4.3 NADH , FADH_2
- 4.4 Die Begriffe Substratketten- und oxidative Phosphorylierung stehen nicht im Lehrplan-PLUS. Die Kursteilnehmer werden hier mit unbekannten Begriffen konfrontiert, die sie anhand von Vorwissen und Angaben in der Aufgabe zuordnen sollen.
- Substratketten-Phosphorylierung: ATP-Bildung in der Glycolyse und im Tricarbonsäurezyklus
- oxidative Phosphorylierung: in der Atmungskette (denn dort werden die Energiespeicher NADH und FADH_2 oxidiert, wodurch ein Protonengradient aufgebaut wird, bei dessen teilweisem Abbau die Energie für die Phosphorylierung von ADP freigesetzt wird)

5 Richtig oder falsch?

- a) ist falsch, die Beziehung ist genau umgekehrt: Die Wanderung der Wasserstoff-Ionen (= Protonen) durch die Membran erzeugt einen Protonengradienten
- b) Stimmt, denn bei der Bildung von Wasser-Molekülen werden neben Protonen auch Elektronen gebunden.
- c) Stimmt. Dieses spezielle Ungleichgewicht nennt man Protonengradient.

6 Milchsäuregärung



Sowohl in Glukose als in der Milchsäure haben die Kohlenstoffatome (im Durchschnitt) die Oxidationszahl Null. Weil keine Änderung der Oxidationsstufe vorliegt, handelt es sich bei der Milchsäuregärung nicht um eine Redox-Reaktion.