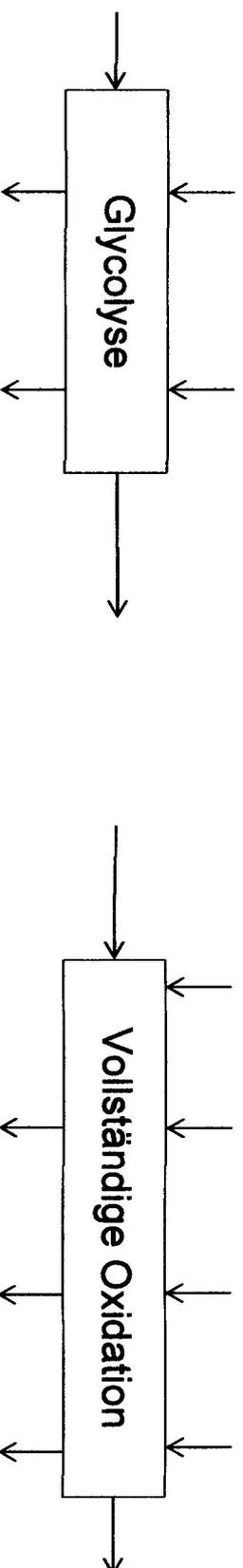
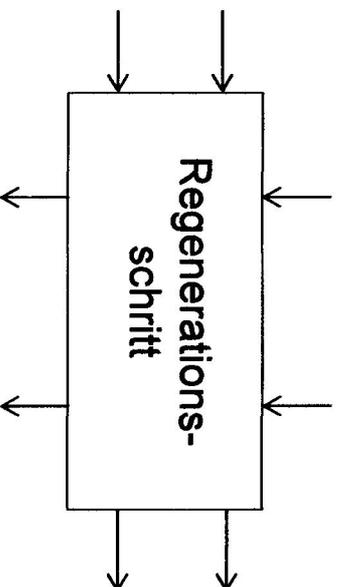


Der vollständige Abbau von Glucose (Zellatmung)

A Vollständige Oxidation des Kohlenstoffs



B Regeneration der energiearmen Formen der Redox-Energiespeicher

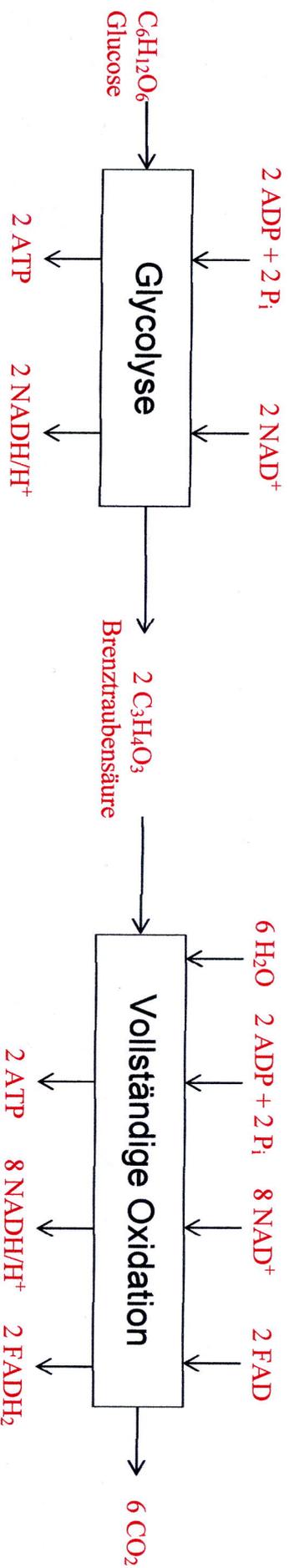


Die bei der Oxidation des Kohlenstoffs freigesetzte Energie wird in Redox-Energiespeichern zwischengespeichert. Die Regeneration der energiearmen Formen der Redox-Energiespeicher erfolgt durch Übertragung der Elektronen und Wasserstoffionen auf Sauerstoff. Dabei wird im Mitochondrium ein Wasserstoff-Ionen-Gradient zwischen dem Matrix-Raum und dem Inter-membran-Raum aufgebaut. Ein partieller Ausgleich des Konzentrationsunterschieds geschieht über ein Tunnelprotein (ATPase), das die dabei freiwerdende Energie zur ATP-Synthese nutzt.

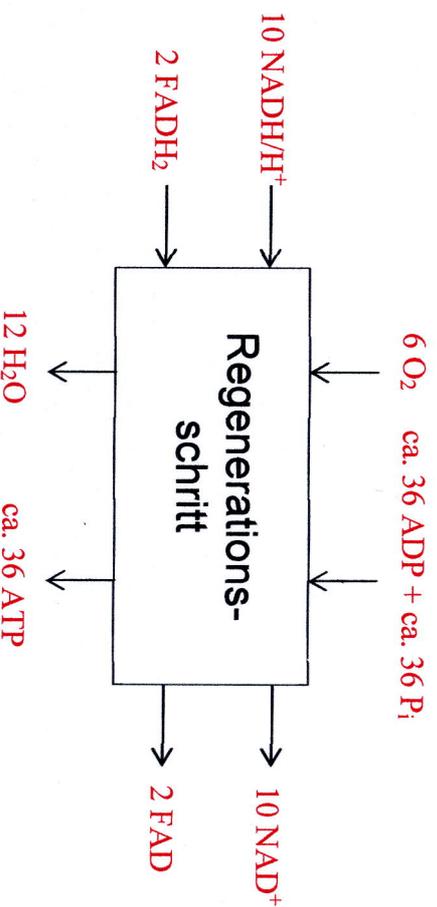
Ergänzungen: Das FAD-System ist nicht Lernstoff für das Abitur. Die Blackbox „Vollständige Oxidation“ enthält die Stoffwechselschritte „Oxidative Decarboxylierung“ und „Citratzyklus“. Der Regenerationsschritt heißt auch „Atmungskette“.

Der vollständige Abbau von Glucose (Zellatmung)

A Vollständige Oxidation des Kohlenstoffs



B Regeneration der energiereichen Formen der Redox-Energiespeicher



Die bei der Oxidation des Kohlenstoffs freigesetzte Energie wird in Redox-Energiespeichern zwischengespeichert. Die Regeneration der energiereichen Formen der Redox-Energiespeicher erfolgt durch Übertragung der Elektronen und Wasserstoffionen auf Sauerstoff. Dabei wird im Mitochondrium ein Wasserstoff-Ionen-Gradient zwischen dem Matrix-Raum und dem Inter-membran-Raum aufgebaut. Ein partieller Ausgleich des Konzentrationsunterschieds geschieht über ein Tunnelprotein (ATPase), das die dabei freiwerdende Energie zur ATP-Synthese nutzt.

Ergänzungen: Das FAD-System ist nicht Lernstoff für das Abitur. Die Blackbox „Vollständige Oxidation“ enthält die Stoffwechselschritte „Oxidative Decarboxylierung“ und „Citratzyklus“. Der Regenerationsschritt heißt auch „Atmungskette“.

Hinweis: statt P_i kann auch P im Kreis geschrieben werden.

Dieses Arbeitsblatt ist für Lehrkräfte gedacht, die sich nicht dazu überwinden können, den Stoffabbau so knapp zu unterrichten, wie das der G8-Lehrplan vorsieht, aber einsehen, dass sie auf die Einteilung in Glycolyse, oxidative Decarboxylierung, Citratcyclus und Atmungskette verzichten – ein Kompromiss-Vorschlag also, bei dem die vollständige Oxidation der Glucose und die Regeneration von NAD⁺ getrennt dargestellt sind. Dabei ist aber nicht zu vermeiden, dass das FAD-System auftaucht. Beim Regenerationsschritt ist hier die Bruttoausbeute von 36 ATP pro Glucose angesetzt; ggf. abändern, damit in allen Kursen der selbe Wert verwendet wird.

Didaktik:

A Vollständige Oxidation des Kohlenstoffs

Zunächst wird die Blackbox der Glycolyse wiederholend beschriftet.

Ausgehend von der bekannten Bruttogleichung der Zellatmung werden rechts die 6 CO₂ ergänzt.

Dann werden die 8 NAD⁺ vorgegeben, aus denen sich die 8 NADH/H⁺ ergeben. (Alternativ: Die Menge der Redox-Energiespeicher insgesamt wird aus dem Unterschied der Oxidationszahlen ermittelt: $6 \cdot 4 = 24$ Elektronen entsprechen 12 Redox-Energiespeichern mit je 2 Elektronen.)

Dann wird das FAD-System kurz eingeführt (wenn auch nicht als dauerhafter Lernstoff) und in der Blackbox ergänzt.

Durch Abzählen der Wasserstoffatome in den Redox-Energiespeichern ($2 \cdot 8 + 2 \cdot 2 = 20$) und dem Vergleich mit den Wasserstoffatomen in den 2 BTS ($C_3H_4O_3 \Rightarrow 2 \cdot 4$) ergibt sich ein Defizit von 12 Wasserstoffatomen, die aus 6 H₂O stammen, was ergänzt wird.

Vorteil: Doppelt so viel ATP pro Glucose (bis hierher) wie bei der Gärung

Probleme: Regeneration der energiearmen Formen der Redox-Energiespeicher (im Vergleich zur Gärung in sehr großem Umfang)

Nutzung der enormen Energiemenge in den energiereichen Formen der Redox-Energiespeicher

B Regeneration der energiearmen Formen der Redox-Energiespeicher

löst beide Probleme:

Links werden die energiereichen Formen der Redox-Energiespeicher aufsummiert, rechts deren energiearme Formen.

Übertragung der Elektronen und Wasserstoffionen auf Sauerstoff: Die Schüler ermitteln die Koeffizienten von Sauerstoff und Wasser. Die Menge des dabei entstehenden ATP kann unterschiedlich ausfallen.

Die Information im Textkasten verweist auf einen chemiosmotischen Mechanismus der ATP-Gewinnung beim Regenerationsschritt (Parallele zum Chloroplasten).