

Die biologische Oxidation (Dissimilation)

Die Energiegewinnung aus Nährstoffen durch die biologische Oxidation (Zellatmung) ist die wirkungsvollste Methode, seit Pflanzen Sauerstoff in die Atmosphäre abgeben.

Heute braucht die weit überwiegende Zahl aller Lebewesen Sauerstoff, lebt also aerob.

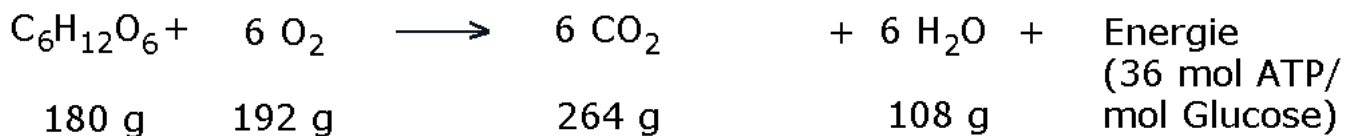
Summengleichung

Lässt man zunächst alle Reaktionen in der Zelle außer acht und berücksichtigt nur die Verbindungen, die in die Zelle aufgenommen bzw. aus ihr ausgeschieden werden, dann lassen sich die Vorgänge bei der biologischen Oxidation mit folgender Summengleichung beschreiben:

Glucose + Sauerstoff \longrightarrow Kohlenstoffdioxid + Wasser

(aus Nahrung
oder Photosynthese)

(aus der Luft)



Im Inneren der Zelle läuft der mit der Summengleichung beschriebene Energiegewinnungsvorgang als eine Folge von mehr als 30 Einzelreaktionen ab, die alle durch entsprechende Enzyme katalysiert werden. Der Gesamtvorgang lässt sich in vier Schrittfolgen unterteilen: die Glykolyse, die Oxidative Decarboxilierung, den Zitronensäurezyklus und die Atmungskette.

Glykolyse

Zunächst wird das energiereiche, sechs Kohlenstoffatome enthaltene Glucosemolekül (C_6 -Körper) in zwei Moleküle Brenztraubensäure (Pyruvat, C_3 -Körper) zerlegt.

Oxidative Decarboxilierung

Nach der Abspaltung von CO_2 aus der Brenztraubensäure bleibt Essigsäure übrig (C_2 -Körper), die als aktivierte Essigsäure (Acetyl-SCo A) in die nächste Stufe, den Zitronensäurezyklus (TCC), eingeschleust wird.

Zitronensäurezyklus

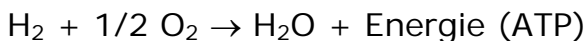
Dieser in den Mitochondrien ablaufende Kreisprozess nimmt ständig die aus der Oxidativen Decarboxilierung stammende aktivierte Essigsäure auf, lagert sie an ein Molekül mit 4 Kohlenstoffatomen (C_4 -Körper) an, das damit zur namensgebenden Zitronensäure mit 6 Kohlenstoffatomen (C_6 -Körper) wird. Durch zweimaliges Abspalten von CO_2 im Verlauf des Zyklus wird über weitere Reaktionsschritte wieder das ursprüngliche Molekül mit 4 Kohlenstoffatomen (C_4 -Körper) regeneriert, das dann erneut aktivierte Essigsäure anlagern kann. Der Kreislauf beginnt von vorn.

Die entscheidende Aufgabe des Zitronensäurezyklus ist die ständige Freisetzung von Wasserstoff aus den am Zyklus beteiligten Verbindungen. Dieser Wasserstoff ist die Grundlage der Energiegewinnung in der nächsten Stufe, der Atmungskette.

Darüberhinaus sind die Verbindungen des Zitronensäurezyklus Ausgangsstoffe für die Synthese wichtiger Stoffwechselzwischenprodukte wie z.B. Aminosäuren, Hormone, Cholesterin, Blutfarbstoff, Chlorophyll usw.). Der Zitronensäurezyklus ist also eine wichtige Stoffwechselfeldscheibe in den Zellen.

Atmungskette (Endoxidation)

Hier werden die Wasserstoffatome in hintereinandergeschalteten Redoxreaktionen auf Sauerstoff übertragen, wobei Energie gewonnen wird:



Diese „gedrosselte“ Oxidation des Wasserstoffs durch Sauerstoff zu Wasser unterscheidet sich erheblich von der aus der Chemie bekannten Knallgasreaktion. Die Energie wird nicht explosionsartig als Wärme freigesetzt, sondern portionsweise weitgehend als chemische Energie für die Bildung des Energieträgers ATP benutzt.

Bilanz

Beim Abbau eines Glucosemoleküls werden der Zitronensäurezyklus und die Atmungskette zweimal durchlaufen (ein Molekül Glucose liefert zwei Moleküle Brenztraubensäure). Dabei werden 6 Moleküle Sauerstoff verbraucht und je 6 Moleküle CO_2 und H_2O gebildet. Als Gewinn entstehen 36 Moleküle energiereiches ATP.

Kohlenhydrate, Lipide und Proteine

Andere Monomere der Kohlenhydrate (z.B. Fructose) und die Monomere der Lipide und Proteine werden ebenfalls zu aktivierter Essigsäure (Acetyl-SCoA) abgebaut und können über den Zitronensäurezyklus und die Atmungskette in Energie umgewandelt werden.