

Abb. Muskelzelle mit Organellen und versorgendem Blutgefäß

Aus Sicht der Energiebereitstellung sind die Mitochondrien die wichtigsten Organellen der Zelle. Deshalb werden sie auch “Kraftwerke der Zelle” genannt. Über mehrere chemische Reaktionen mit Sauerstoff (aerob) entsteht im Plasma der Zelle und in den Mitochondrien aus Fettsäuren und Zuckermolekülen ATP. Aus körperlichen Speichern, oder direkt aus der aufgenommenen Nahrung abgebaut, gelangen die Stoffe in die Zelle.

Diese Reaktion läuft je nach Substrat, Fett oder Zucker (Kohlenhydrate), anders ab.

Zellatmung

Die Zellatmung ist der aerobe Prozess, bei dem Kohlenhydrate, in Form von Traubenzucker (Glukose), zur Gewinnung von ATP mit Sauerstoff “verbrannt” (oxidiert) werden. Sie läuft in vier Schritten ab. Eine grobe Kenntnis dieser vier Schritte ist nötig, um zu verstehen, welche wichtige Rolle Zucker

bei der Energiebereitstellung spielt. Auch für das Verständnis für die Unterschiede zum Fettstoffwechsel, ist ein gewisses Wissen zur Verstoffwechslung von Glukose unumgänglich.

Speziell das Zwischenprodukt "Pyruvat" und das Enzym "Acetyl-CoA" sind dabei wichtig und werden in den folgenden Erklärungen hervorgehoben.

Glykolyse, Citratvorbereitung, Citratzyklus und Atmungskette

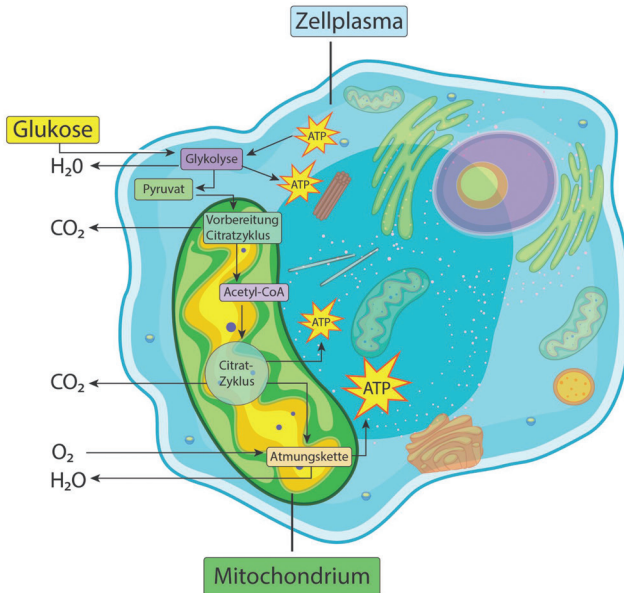


Abb. Zellatmung

Glykolyse: Wenn ein Glukosemolekül in die Zelle gelangt, reagiert es im Prozess der Glykolyse so, dass über mehrere Schritte zwei Moleküle des Stoffs "Pyruvat" resultieren. Dafür ist zwar Energie in Form von ATP nötig, es resultiert aber auch eine erste Menge ATP.

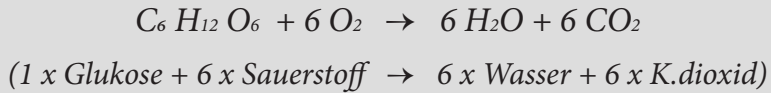
Citratvorbereitung: Die Pyruvatmoleküle gelangen danach in die Mitochondrien und reagieren im Schritt der Pyruvatoxidierung, wobei das wichtige Enzym "Acetyl-CoA" entsteht.

Citratzyklus: Das entstandene Acetyl-CoA-Enzym treibt im nächsten Schritt den Citratzyklus an. In dieser achtstufigen Abfolge von Reaktionen wird wieder ATP frei.

Atmungskette: Mithilfe weiterer Nebenprodukten aus den vorherigen Reaktionen und Sauerstoff wird im letzten Schritt der Zellatmung, der Atmungskette, die grösste Menge ATP geschaffen.

Zusammenfassend über den ganzen Prozess der Zellatmung wurden nun ungefähr 32 ATP-Moleküle erzeugt. In den Teilschritten entstand aus dem Traubenzuckermolekül und den Sauerstoffmolekülen in der Atmungskette jeweils Wasser und Kohlendioxid.

Diese Reaktionen lassen sich mit der chemischen Gleichung der Zellatmung zusammenfassen:



Fettsäureoxidation

Im Unterschied zu den Zuckermolekülen, schaffen es die meisten Fettsäuren nicht aus eigener Kraft ins Innere der Zelle. Sie werden mit Enzymen hinein transportiert.

In der Muskelzelle werden sie im Prozess der Betaoxidation mit Sauerstoff so bearbeitet/oxidiert, dass ebenfalls Acetyl-CoA entsteht, das mithilfe von Pyruvat aus der Glykolyse ebenfalls den Ablauf des Citratzyklus ermöglicht.

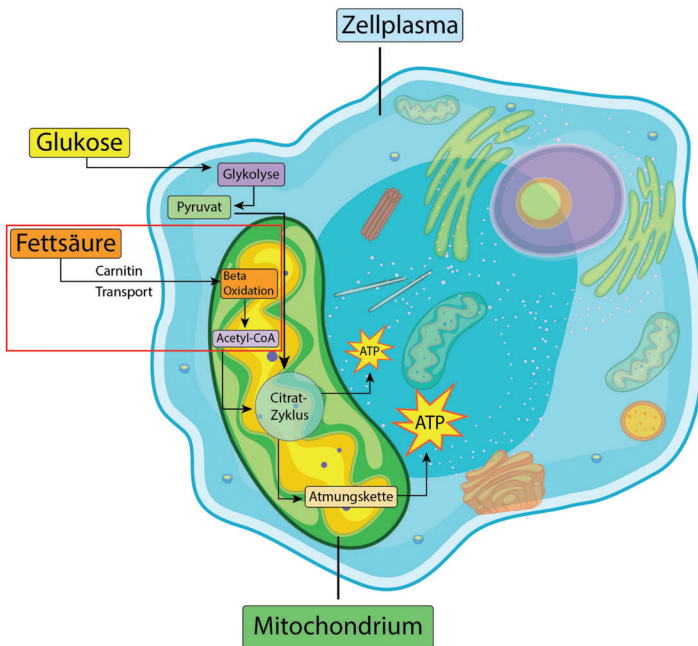


Abb. Fettsäureoxidation

Der Unterschied zur Verbrennung der Kohlenhydrate liegt in der Zelle also grundlegend auf dem ersten Schritt nach dem Eintritt in die Zelle. Dabei ist besonders anzumerken, dass die Oxidation von Fettsäuren, über den ganzen Prozess betrachtet, mehr Sauerstoff benötigt, als die reine Zellatmung. Das bedeutet aus sportlicher Sicht stärkeres Atmen für die gleiche Leistung. Ausserdem ist es wichtig zu verstehen, dass ohne dem Pyruvat aus der Glykolyse, grundsätzlich keine Fettsäureoxidation stattfinden kann.

Fettverbrennung in kompletter Abwesenheit von Zucker/Kohlenhydraten ist also nicht möglich.

“Fett verbrennt im Feuer der Kohlenhydrate.” - unbekannt

Kohlenhydrate und Fette werden in Muskelzellen mit Sauerstoff verstoffwechselt. Verglichen an der Menge des nötigen Sauerstoffs, sind die Kohlenhydrate dabei effektiver. Für einen Teil der Fettverbrennung ist ausserdem auch immer ein Zuckermolekül nötig.

Energiebereitstellung ohne Sauerstoff (anaerob)

Bei der erneuten Betrachtung der Zellatmung wird klar, dass für den letzten Zwischenschritt des Ablaufs, der Atmungskette, Sauerstoff vorhanden sein muss.

Wenn in diesem Prozess des Kohlenhydratstoffwechsels zu wenig davon vorhanden ist, kann die Reaktion nicht komplett ablaufen. Als Folge werden die vorgelagerten drei Prozesse und die Fettsäureoxidation gehemmt. Es entsteht ein Überschuss Acetyl-CoA und der ganze Prozess der Zellatmung kommt zum Erliegen.

Die Zelle kennt allerdings Mechanismen, aus Glukosemolekülen auch ohne Sauerstoff ATP zu produzieren.

Anaerobe Glykolyse (Laktazid)

Ähnlich wie beim Prozess der aeroben Glykolyse während der Zellatmung, kann aus Glukose auch ohne Sauerstoff Pyruvat gebildet werden. Im ersten Schritt der anaeroben Glykolyse werden diese Moleküle allerdings nicht ins Enzym Acetyl-CoA umgewandelt, sondern in den Stoff Laktat. Dabei entstehen Nebenprodukte, die den Citratzyklus der Zellatmung unterstützen, so dass diese weiter ATP generieren kann.

Das entstandene Laktat ist aus Leistungssicht im Sport zwar mehrheitlich unerwünscht, kann im Körper allerdings andere Funktionen übernehmen. Es ist selber Energiequelle und kann zum Beispiel vom Herzmuskel verwendet werden.