

Aufgaben:

- 1) Beschreiben Sie mit Hilfe der beiden Schaubilder in M1 den energetischen Zusammenhang von abbauendem und aufbauendem Stoffwechsel.
- 2) Erläutern Sie die Funktionsweise eines Pumpspeicherkraftwerks im Generator- und im Pumpbetrieb (M2).
- 3) Analysieren Sie, unter welchen Bedingungen die ATP-Synthase ATP bildet (M3) und vergleichen Sie die chemiosmotische ATP-Synthase mit der Energiegewinnung in einem Pumpspeicherkraftwerk.

M1 Zusammenhang von abbauendem und aufbauendem Stoffwechsel

Die Stoffwechselaktivität unterscheidet Lebewesen erheblich von unbelebter Materie. In jeder Zelle laufen zur Aufrechterhaltung der Lebensvorgänge und Strukturen viele Millionen Reaktionen pro Sekunde ab, in denen Stoffe und Energie umgesetzt werden. Diese Reaktionen lassen sich grob in **katabole** und **anabole** Reaktionen einteilen: Als katabole Stoffwechselwege werden Reaktionsabfolgen bezeichnet, in denen Makromoleküle wie z. B. Nährstoffmoleküle zu kleineren Molekülen und Grundbausteinen unter **Freisetzung von Energie** abgebaut werden. Beispielsweise wird das Eiweiß eines Hühnerfilets durch katabole Stoffwechselwege zu Aminosäuren abgebaut. Als anabole Stoffwechselwege werden Reaktionsabfolgen bezeichnet, in denen die organischen Makromoleküle aufgebaut werden, aus denen die Zelle besteht. Aus den Aminosäuren könnte z. B. ein Tunnelprotein entstehen, Proteinfilamente für

das Cytoskelett aufgebaut oder Enzyme synthetisiert werden.

Anabole Stoffwechselwege laufen nur unter **Zufuhr von Energie** ab. Nur wenn die beim Abbau der Nährstoffmoleküle freigesetzte Energie vorübergehend in einem Transportmolekül gespeichert wird, kann sie zum Aufbau von Zellprodukten verwendet werden. Das am häufigsten an der Biosynthese von Zellprodukten beteiligte energiereiche Transportmolekül ist ATP.

Viele Vorgänge in eukaryotischen Zellen, wie z. B. die Aktivität der Natrium-Kalium-Ionenpumpe zur Aufrechterhaltung des Ruhepotenzials in Nervenzellen, haben einen enorm hohen ATP-Bedarf. Alle eukaryotischen Zellen verfügen über **Mitochondrien**, in denen aufgrund der **Kompartimentierung** ein effizienter Mechanismus der Energieumwandlung erfolgen kann.

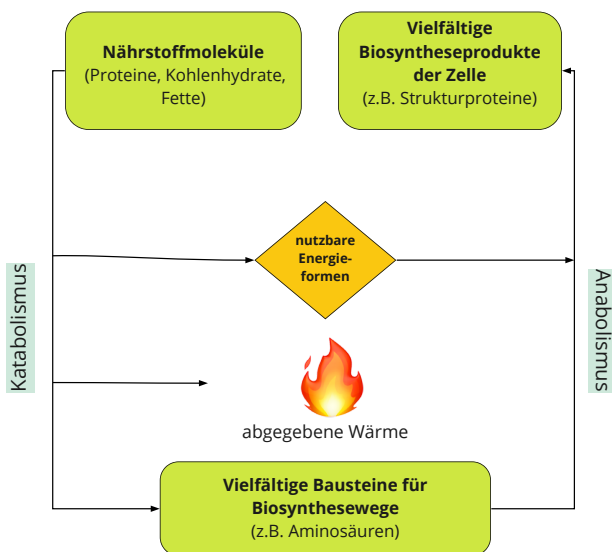


Abb.1

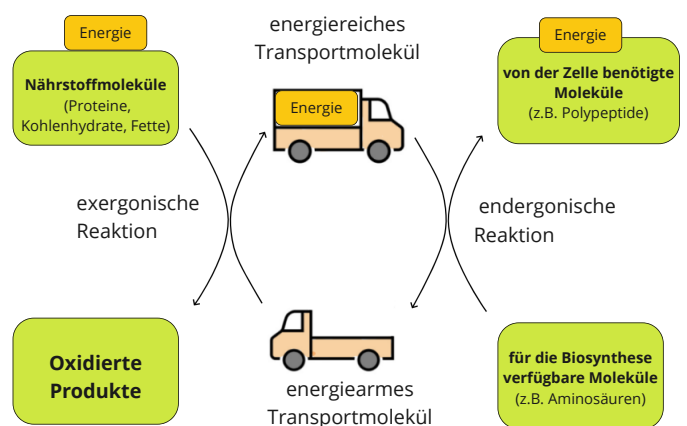
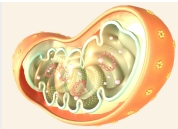


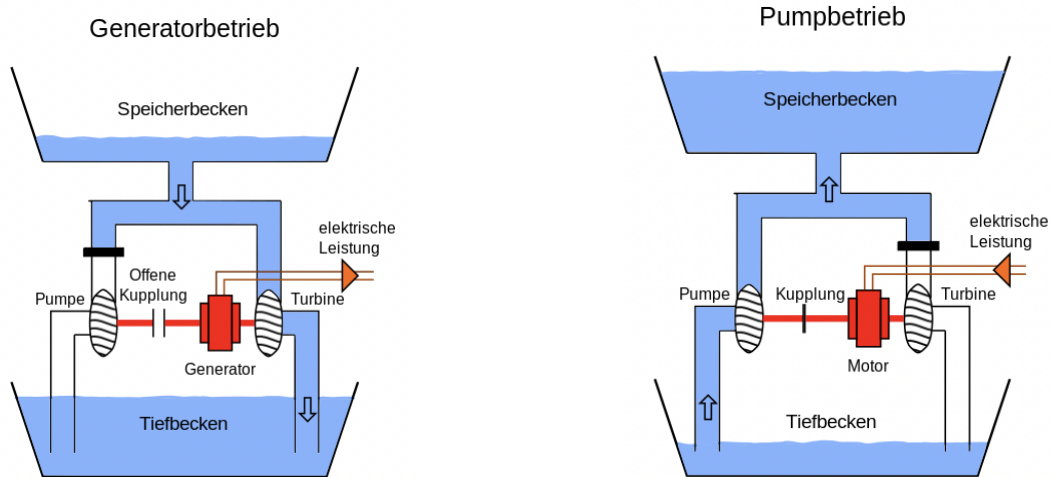
Abb. 2



M2: Das Pumpspeicherkraftwerk als Modell für die Energieumwandlung in Mitochondrien

Der Mechanismus der effizienten ATP-Synthese in Mitochondrien entwickelte sich vor 3 Milliarden Jahren in Prokaryoten und ist prinzipiell bis heute erhalten geblieben. Die Kompartimentierung durch

Membranen und die Erzeugung eines Gradienten sind die wichtigsten Voraussetzungen für diesen Mechanismus, der mit der Funktionsweise eines Pumpspeicherkraftwerks verglichen werden kann.



Modell eines Pumpspeicherkraftwerks; <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode>

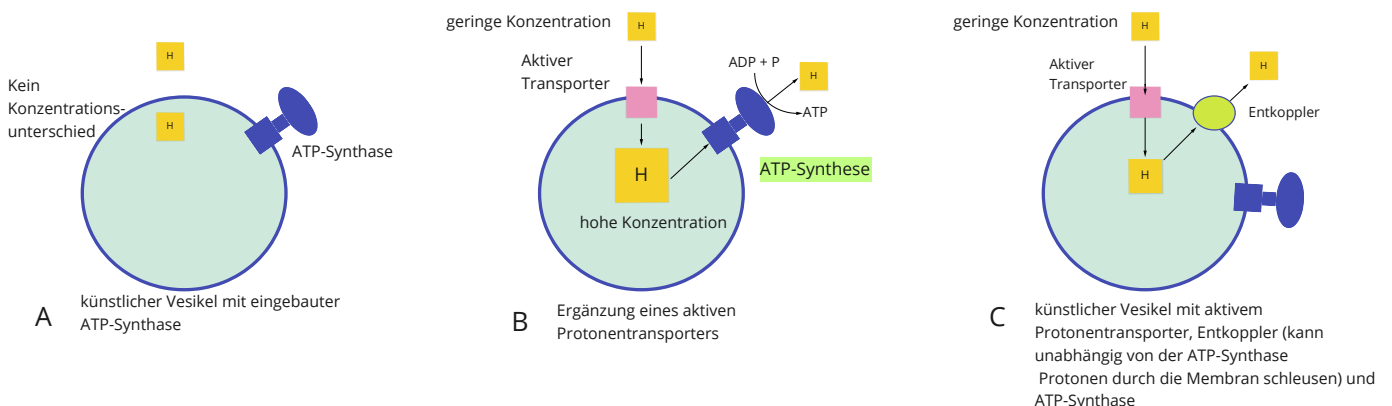
M3: Bedingungen für die chemiosmotische ATP-Bildung

Das Enzym ATP-Synthase ist ein membran-gebundenes Enzym und in der inneren Membran von Mitochondrien und Chloroplasten in enormer Anzahl vorhanden.

Die Bedingungen, unter denen die ATP-Synthase ATP bildet, können experimentell überprüft werden, indem man aus Mitochondrien ATP-Synthase isoliert und in ein künstliches Membranvesikel einbaut. Im Ansatz A ist die Konzentration an Protonen in der umgebenden

Lösung und im Innern des Vesikels identisch. Die ATP-Synthase ist inaktiv.

In Ansatz B wird ein aktiver Transporter aus Halobakterien, der bei Lichteinfall Protonen pumpt, in das System integriert. Die ATP-Synthase produziert ATP. In Ansatz C wird zusätzlich ein Entkoppler hinzugefügt, weshalb Protonen entlang des Konzentrationsgefälles aus dem Vesikel diffundieren. Die ATP-Synthase ist inaktiv.



A künstlicher Vesikel mit eingebauter ATP-Synthase

B Ergänzung eines aktiven Protonentransporters

C künstlicher Vesikel mit aktivem Protonentransporter, Entkoppler (kann unabhängig von der ATP-Synthase Protonen durch die Membran schleusen) und ATP-Synthase