

4.2 Aufbau der Atmungskette

Dieser Abschnitt stellt die einzelnen Komponenten der Atmungskette vor, die im darauf folgenden Teil (= Weg durch die Atmungskette, s. 4.3, ab S. 43) zusammengeführt werden. In Klammern stehen die zugehörigen Elemente des Modells.

4.2.1 Herkunft der reduzierten Coenzyme (= Wassereimer)

Während des Abbaus von Fetten, Kohlenhydraten und Proteinen wurden Coenzyme reduziert, die in die Atmungskette einfließen. Im Einzelnen sind das:

NADH+H⁺ aus

- β -Oxidation,
- Glykolyse,
- **oxidative Decarboxylierung von Pyruvat** (= Pyruvatdehydrogenasereaktion),
- **Citratcyclus** und
- **oxidative Desaminierung von Glutamat**.

NADH+H⁺ wird über den Malat-Shuttle in das Mitochondrium gebracht.

FADH₂ aus

- **β -Oxidation** (Enzym = Acyl-CoA-Dehydrogenase),
- Citratcyclus (Enzym = Succinatdehydrogenase) und
- (mitochondrialer) Glycerinphosphatdehydrogenase (s. Glycerophosphat-Shuttle, S. 17)

4.2.2 Komplexe I-IV (= Wasserräder)

Die Komplexe I – IV sind in der inneren Mitochondrienmembran lokalisiert und bestehen aus Enzymen und Coenzymen.

Im Einzelnen sind das:

- Komplex I = NADH-Ubichinon-Reduktase,
- Komplex II = Succinat-Ubichinon-Reduktase,
- Komplex III = Ubichinol-Cytochrom-c-Reduktase und
- Komplex IV = Cytochromoxidase.

Sie alle haben die Aufgabe, die Wasserstoffatome von den reduzierten Coenzymen (wie z.B. NADH+H⁺ oder FADH₂) zu übernehmen, weiterzugeben und bei der Katalyse ihrer Redoxreaktionen Protonen vom Matrixraum in den Intermembranraum des Mitochondriums zu pumpen (Ausnahme: Komplex II).

Übrigens...

Die kompliziert klingenden Namen der Komplexe haben ihre Systematik. Sie sind aus drei Teilen zusammengesetzt.

1. Teil = Redoxcoenzym, von dem die H-Atome/ Elektronen stammen,
 2. Teil = Redoxcoenzym, auf das die H-Atome/ Elektronen übertragen werden und
 3. Teil = Reduktase
- Der Komplex IV fällt aus diesem Schema raus.



Komplex I = NADH-Ubichinon-Reduktase

Im Komplex I werden die H-Atome von NADH+H⁺ auf Ubichinon (= Coenzym Q) übertragen, dies geschieht über FMN (= Am Wasserrad I wird das Wasser vom Eimer (= gestreift) auf den Rollcontainer (= uni) weitergegeben).

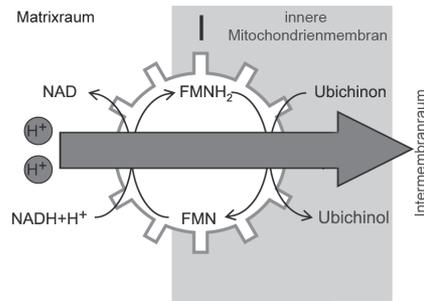


Abb. 48: Atmungskette, der Weg durch Komplex I

Was passiert hier im Einzelnen? NADH+H⁺ wird von FMN oxidiert, gibt also seine Wasserstoffatome (= sein Hydrid-Ion + sein Proton) an FMN ab. FMN wird dadurch zu FMNH₂ reduziert und gibt die Reduktionsäquivalente gleich wieder **weiter an Ubichinon**. Aus Ubichinon wird dadurch Ubichinol (= Reduktion).

Bei diesem Wasserstofftransport werden Protonen vom Matrixraum in den Intermembranraum des Mitochondriums gepumpt.

Übrigens...

- Der Komplex II hat einen Sonderstatus: Seine erste Reaktion entspricht dem ersten Regenerationsschritt des Citratcyclus (s. S. 31) und er ist NICHT in der Lage, Protonen in den Intermembranraum zu pumpen: Nicht zuletzt aufgrund dieser Tatsache wird er im Physikum besonders gerne gefragt.
- Reduziertes FAD₂ entsteht nicht nur im Citratcyclus, sondern auch bei der β-Oxidation (Enzym = Acyl-CoA-Dehydrogenase) und der mitochondrialen Glycerinphosphatdehydrogenase (s. Glycerophosphat-Shuttle S. 17). Auch diese Reduktionsäquivalente werden auf Ubichinon übertragen. Dazu existieren eigene Wege, die jedoch physikumsirrelevant sind.

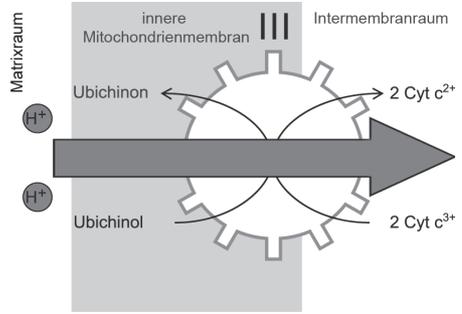


Abb. 52: Atmungskette, der Weg durch Komplex III

In diesem Komplex kommen die Wasserstoffatome also erstmals nicht von vorangegangenen Stoffwechselfolgen, sondern von den Komplexen I und II der Atmungskette – übertragen durch Ubichinol.

Was passiert im Einzelnen? Ubichinol wird vom Komplex III zu Ubichinon oxidiert. Dabei werden NUR die Elektronen übernommen. Vom Komplex III gelangen die 2 Elektronen auf 2 Moleküle Cytochrom c (kurz: ein reduziertes Cytochrom c überträgt ein Elektron). Bei den Redoxvorgängen gehen die Cytochrome vom Fe³⁺ in den Fe²⁺-Zustand (und umgekehrt) über, anders gesagt: Ihre Funktion beruht auf einer Wertigkeitsänderung des Eisens.

Übrigens...

- Cytochrome bestehen aus Häm und Protein. Durch die unterschiedlichen Proteinanteile entstehen unterschiedliche Hämoproteine.
- Bei diesem Elektronentransport werden wieder Protonen in den Intermembranraum gepumpt.

MERKE:

- Im Komplex II werden Wasserstoffatome von Succinat auf Ubichinon übertragen.
- Komplex II enthält kovalent gebundenes FAD und Eisen-Schwefel-Komplexe (= proteingebundenes Eisen in Nicht-Häm-Form) als prosthetische Gruppen.
- Seine erste Reaktion entspricht dem ersten Regenerationsschritt des Citratcyclus.
- Er hat NICHT die Funktion einer Protonenpumpe.
- Er befindet sich an der Innenseite der inneren Mitochondrienmembran.



Komplex III = Ubichinol-Cytochrom-c-Reduktase

Im Komplex III werden nur die Elektronen von Ubichinol übernommen und auf 2 Cytochrom c übertragen

(= Am Wasserrad III wird das Wasser vom Rollcontainer (= uni) auf den kleineren Rollcontainer (= kariert) umgeladen).

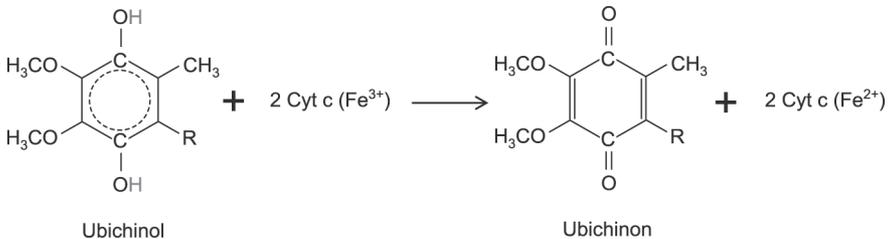


Abb. 53: Atmungskette Komplex 3