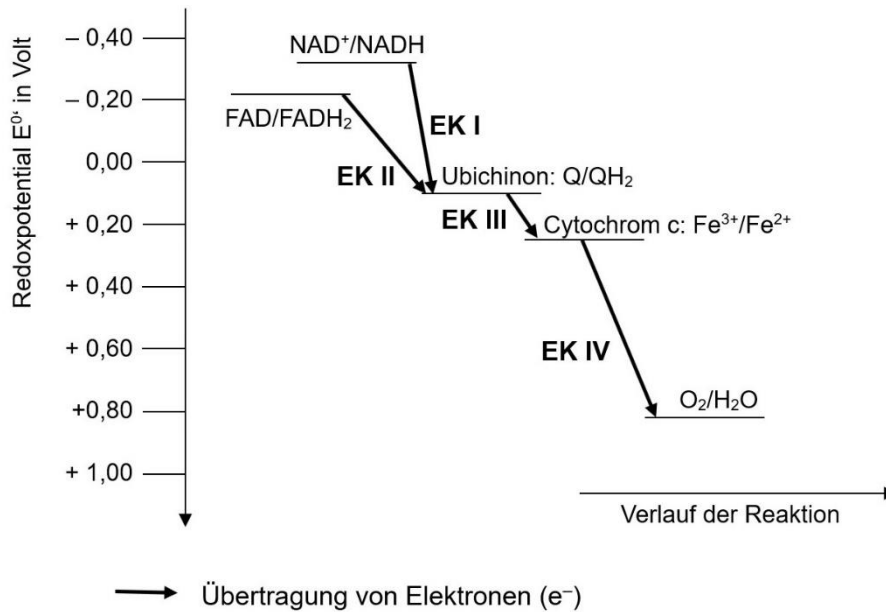


## Informationsblatt PLUS

# Energiediagramm der Atmungskette mit Redoxpotentialen

Die Energieinhalte der Stoffe wurden nicht direkt gemessen, sondern über die sogenannte Nernst-Gleichung aus den experimentell ermittelten physiologischen Standard-Redox-Potentialen der jeweiligen Redox-Paare berechnet. Die Hochwertachse ist gestürzt (negative Werte oben, positive unten), damit der freiwillige Elektronenübergang vom Redoxpaar mit dem stärker negativen Redoxpotential auf das mit dem stärker positiven augenfällig wird. Im Diagramm ist nur die Übertragung der Elektronen dargestellt, die Übertragung der Protonen bleibt hier außer Betracht.



Beim Standard-Redoxpotential  $E^{\circ}$  liegen alle beteiligten Stoffe in einer Konzentration von 1 mol/L vor, außer Oxonium-Ionen, deren Konzentration  $10^{-7}$  mol/L beträgt, so dass ein pH-Wert von 7 besteht. Die Werte in der lebenden Zelle weichen davon ab, weil dort keine Standardbedingungen vorliegen.

| Redoxpaar                    | $E^{\circ}$ in Volt | Redoxpaar                                       | $E^{\circ}$ in Volt |
|------------------------------|---------------------|---|---------------------|
| NAD <sup>+</sup> /NADH       | - 0,32              | Cytochrom c: Fe <sup>3+</sup> /Fe <sup>2+</sup> | + 0,25              |
| FAD/FADH <sub>2</sub>        | - 0,22              | O <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O                | + 0,82              |
| Ubichinon: Q/QH <sub>2</sub> | + 0,10              |   |                     |

FADH<sub>2</sub> ist im Diagramm vereinfacht so eingetragen, als wäre es das Substrat von Enzymkomplex II, genau genommen ist es aber fester Bestandteil dieses Enzymkomplexes. Das eigentliche Substrat ist die Bernsteinsäure (bzw. deren Anion, das Succinat), von der Elektronen und Protonen auf FAD übertragen werden, wobei Fumarsäure (bzw. deren Anion, das Fumarat) entsteht. Beide Redoxsysteme haben etwa das gleiche Redoxpotential.

Umrechnung von Differenzen der Redoxpotentiale in Energiewerte über die Nernst-Gleichung:

$$\Delta G^{0'} = - n \cdot 96,49 \cdot \Delta E^{0'}$$

|  |                                  |   |
|--|----------------------------------|---|
| Schritt 1 (von NADH auf Q):                | $\Delta E^{0'} = 0,42 \text{ V}$ | $\Delta G^{0'} = - 81 \text{ kJ/mol NADH}$  |
| Schritt 2 (von QH <sub>2</sub> auf Cyt c): | $\Delta E^{0'} = 0,15 \text{ V}$ | $\Delta G^{0'} = - 29 \text{ kJ/mol NADH}$  |
| Schritt 3 (von Cyt c auf O <sub>2</sub> ): | $\Delta E^{0'} = 0,57 \text{ V}$ | $\Delta G^{0'} = - 110 \text{ kJ/mol NADH}$ |
| Summe:                                     | $\Delta E^{0'} = 1,14 \text{ V}$ | $\Delta G^{0'} = - 220 \text{ kJ/mol NADH}$ |

Werte u. a. nach Lubert Stryer: Biochemie. Vieweg & Sohn 1987, Seite 239; Redoxpotential von FAD/FADH<sub>2</sub> aus natura: Zelle, Stoffwechsel, Ökologie, Klett 1998, S. 82.

## Hinweise für die Lehrkraft:

*Dieses Informationsblatt ist nicht für den Kursunterricht gedacht, sondern ausschließlich zur **Begabtenförderung**. Voraussetzung ist, dass das Redoxpotential bekannt ist (Q12 Chemie, Lernbereich 8). Bei Redoxpotentialen müssen beide Redox-Partner angegeben werden (also nicht „NADH“, sondern „NADH/NAD<sup>+</sup>“).*

*Die hier angegebenen Redoxpotentiale sind keine Standard-Redoxpotentiale, bei denen die Konzentrationen aller beteiligten Stoffe 1 mol/L betragen. Bei den physiologischen Potentialen ist dagegen die Konzentration der Oxonium-Ionen  $10^{-7}$  mol/L (das entspricht pH 7).*

Thomas Nickl, August 2024