

SCHOOL-SCOUT.DE

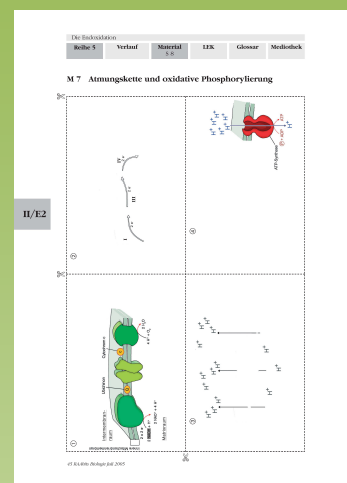
Unterrichtsmaterialien in digitaler und in gedruckter Form

Auszug aus:

Die Endoxidation

Das komplette Material finden Sie hier:

School-Scout.de



Die Endoxidation

Simone Jentsch, Wuppertal

Niveau: Sek. II

Dauer: 6 Unterrichtsstunden

Ziele: Die Schülerinnen und Schüler sollen einen vertieften Einblick in die Abläufe der Endoxidation erhalten. Anhand von einfachen Versuchen erkennen sie, warum eine Elektronentransportkette notwendig ist und wie die dabei frei werdende Energie im Mitochondrium in nutzbare Energie umgewandelt wird. Sie verstehen den Zusammenhang zwischen Elektronentransportkette, Aufbau eines Protonengradienten und der ATP-Synthese.

Begründung des Reibenthemas

Häufig werden im Rahmen der Dissimilation Glykolyse und Citratzyklus intensiv besprochen, die Endoxidation aufgrund ihrer Komplexität aber nur kurz angerissen. Dabei bietet sich gerade hier eine intensive Bearbeitung der Endoxidation an. Denn dieses Thema gibt Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit, ihr im Bereich der molekularen Zellbiologie erworbenes Wissen in einen übergeordneten Zusammenhang zu stellen. So müssen die Lernenden zum Verständnis der Endoxidation Kenntnisse über Strukturen von Mitochondrien, Biomembranen und Proteinen sowie über die Funktionsweise von Enzymen und die Vorgänge bei der Osmose reaktivieren und zu einem neuen System verknüpfen.

Eine Verständnishürde stellen dabei allerdings oft die chemischen und physikalischen Hintergründe für den Ablauf der Endoxidation dar. Diese Unterrichtseinheit greift solche Schwierigkeiten auf und zeigt Möglichkeiten, wie ihnen begegnet werden kann.

Fachwissenschaftliche Orientierung

Die Dissimilation ist ein obligatorisches Thema in der Oberstufe am Gymnasium, das (nicht nur) Schülerinnen und Schüler mit einer Vielzahl fachlicher Details aus dem Bereich der Biochemie konfrontiert. An dieser Stelle kann daher nur ein kurzer Überblick gegeben werden. Eine ausführliche und zudem sehr gut verständliche Erläuterung findet sich in den Fachbüchern *Biologie* von Neil Campbell und *Lehrbuch der Molekularen Zellbiologie* von Bruce Alberts (siehe Mediothek).

Die Dissimilation gliedert sich in die drei Teilschritte Glykolyse, Citratzyklus und Endoxidation. Von diesen drei Schritten läuft nur die Glykolyse im Cytoplasma der Zelle ab. Citratzyklus und Endoxidation finden dagegen im Mitochondrium statt (siehe Abb. auf Seite 2).

Während der **Glykolyse und im Citratzyklus** erfolgt der Abbau der Glucose über Pyruvat und Acetyl-CoA bis hin zum Kohlendioxid. Dabei wird nur wenig ATP, wohl aber eine große Menge von **NADH + H⁺** bzw. **FADH₂** gebildet. Im letzten Schritt der Dissimilation, der **Endoxidation**, werden diese zur **ATP-Gewinnung** genutzt. Die Endoxidation ist damit der eigentliche Schritt der Energieumwandlung.

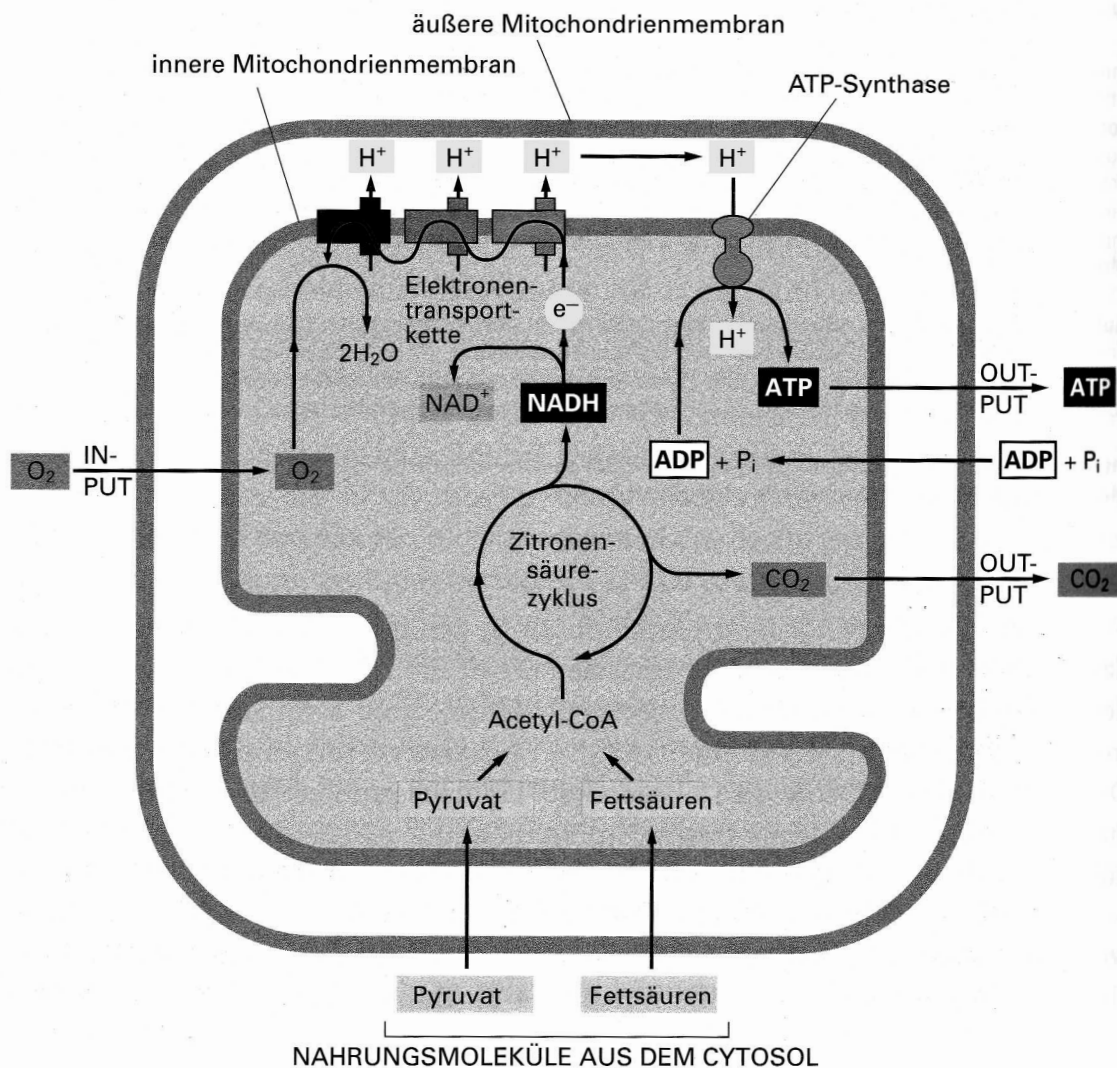
Dabei werden die Elektronen vom NADH + H⁺ bzw. FADH₂ über eine **Elektronentransportkette** auf Sauerstoff übertragen und es entsteht Wasser. Die Transportkette wird von einer Reihe verschiedener **Protein-Enzym-Komplexe** gebildet, die funktionell hintereinander geschaltet sind. Sie sind in die **innere Mitochondrienmembran** eingebettet und liegen hier in tausendfacher Kopie vor.

Beim Elektronentransport wird eine große Menge Energie frei, die zum Teil als nicht weiter nutzbare Wärmeenergie abgegeben wird. Ein Teil der Energie wird jedoch zum

| Reihe 5 S 2 | Verlauf | Material | LEK | Glossar | Mediothek |
|----------------|---------|----------|-----|---------|-----------|
|----------------|---------|----------|-----|---------|-----------|

Aufbau eines Protonengradienten genutzt. Dabei nehmen die Protein-Enzym-Komplexe Protonen aus der Matrix des Mitochondriums auf und geben diese während des Elektronentransports an den Intermembranraum ab. Im Intermembranraum liegt demnach (relativ gesehen) eine hohe Protonenkonzentration vor. Da die innere Mitochondrienmembran für Protonen weitgehend undurchlässig ist, kommt es zu einer zusätzlichen Verschiebung der Protonenkonzentration.

Der entstehende **Protonengradient** wird nun zur **Synthese von ATP** genutzt. Man spricht hier von einer so genannten **chemiosmotischen Kopplung**. Denn die ATP-Synthase, ein weiterer integraler Protein-Enzym-Komplex, bildet einen Kanal, durch den die Protonen entlang des Konzentrationsgefälles in die Matrix zurückdiffundieren. Beim Durchstrom der Protonen wird eine Konformationsänderung des Enzyms erreicht, so dass schließlich ATP synthetisiert wird.



Alberts, Bruce: Lehrbuch der Molekularen Zellbiologie, VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim 2005, Seite 486

Die Dissimilation im Überblick

| | | | | | |
|-----------------------|----------------|-----------------|------------|----------------|------------------|
| Reihe 5 S 3 | Verlauf | Material | LEK | Glossar | Mediothek |
|-----------------------|----------------|-----------------|------------|----------------|------------------|

Didaktisch-methodische Orientierung

Die Unterrichtseinheit zur Endoxidation sollte in das Thema „Dissimilation“ eingebettet werden und dort an die Prozesse der Glykolyse und des Citratzyklusses anknüpfen.

Viele Schülerinnen und Schüler stellen die Abläufe der Endoxidation vor große Schwierigkeiten, da ihnen häufig grundlegende chemische und physikalische Vorkenntnisse fehlen. Chemische und physikalische Grundlagen werden daher in dieser Unterrichtseinheit auf das unbedingt Notwendige beschränkt.

Wichtige Voraussetzungen, welche die Schülerinnen und Schüler mitbringen sollten, sind Kenntnisse über die **Funktionsweise des NADH + H⁺**. Außerdem sollten die Begriffe **„Reduktion“**, **„Oxidation“** und **„Redoxreaktion“** bekannt sein. Diese Begriffe lassen sich aber problemlos im Rahmen der Enzymatik einführen. Aus dem Bereich der Biologie sollten die Lernenden über Biomembranen, Proteine und Enzyme Bescheid wissen.

Obwohl die Endoxidation ein dynamischer Prozess ist, wird er hier in drei nacheinander ablaufende Teilschritte gegliedert: **Atmungskette**, **Aufbau eines Protonengradienten** und **Synthese von ATP**. Die Erfahrung zeigt, dass insbesondere die Auseinandersetzung mit der Atmungskette den Schülerinnen und Schülern Probleme bereitet. Den **Schwerpunkt** dieser Unterrichtseinheit bildet daher die **Erarbeitung der Atmungskette**. Die komplizierten Abläufe werden dabei auf zwei wesentliche Kernpunkte reduziert: die Notwendigkeit einer Elektronentransportkette und die Bedingungen, die mit dieser verknüpft sind.

Ziel dieser Unterrichtseinheit ist es, eine Balance aus **selbstständigen Arbeitsphasen** und von der Lehrperson **angeleiteten Sequenzen** zu erreichen. Von besonderer Bedeutung sind dabei **Demonstrationsversuche**, in denen mit einfachen Mitteln abstrakte Vorgänge veranschaulicht werden. Erfahrungsgemäß motivieren gerade Versuche auch leistungsschwächere Schülerinnen und Schüler zur aktiven Teilnahme am Unterrichtsgeschehen.

Einen möglichen Anknüpfungspunkt an diese Unterrichtsreihe bietet das **Thema „Sportphysiologie“** mit dem sich molekulare Vorgänge der Zelle direkt am eigenen Körper erfahrbar machen lassen. Die Verbindung von molekularer und organischer Ebene schafft damit bei Schülerinnen und Schülern die Motivation, sich mit biochemischen Fachinhalten auseinander zu setzen.

*Verlauf***Stunde 1 und 2****Knallgasversuch**

| Material | Verlauf |
|----------|--|
| M 1–M 2 | <p>Gemeinsam mit den Lernenden wird überlegt, was mit dem $\text{NADH} + \text{H}^+$, das in der Glykolyse und im Citratzyklus entsteht, passiert. Als Einstieg dient der Knallgasversuch (Anleitung zur Versuchsdurchführung durch den Lehrer siehe M 1). Die Hefigkeit des Modellexperiments führt den Schülerinnen und Schülern plastisch die Notwendigkeit einer „verlangsamten“ Reaktion von $\text{NADH} + \text{H}^+$ und Sauerstoff vor Augen (siehe Erläuterung zu M 1).</p> <p>Im Anschluss daran wiederholt die Lehrkraft die Begriffe „Reduktion“, „Oxidation“ und „Redoxreaktion“ und führt den Begriff des „Normalpotenzials“ ein (Tafelbild siehe M 2).</p> <p>Als Hausaufgabe erarbeiten die Schülerinnen und Schüler den Aufbau des Mitochondriums.</p> |

II/E2

Stunde 3**Der Elektronentransport in der Atmungskette**

| Material | Verlauf |
|----------|--|
| M 3–M 4 | <p>Die Schülerinnen und Schüler lernen in dieser Stunde die Protein-Enzymkomplexe und Elektronencarrier kennen, die an der Atmungskette beteiligt sind. Mithilfe der Begriffe aus der vorhergehenden Stunde erarbeiten sie sich den Ablauf des Elektronentransports (M 3–M 4). Auch die Anordnung der Komplexe im Mitochondrium wird besprochen.</p> |

Stunde 4 und 5**Batterie-Modell: Veranschaulichung der Atmungskette und Energienutzung im Mitochondrium**

| Material | Verlauf |
|----------|--|
| M 5–M 6 | <p>Die Lernenden erfahren zunächst, dass beim Fluss von Elektronen Energie frei wird. Anhand eines einfachen Modellversuches (M 5) wird gezeigt, dass diese Energie nutzbar gemacht werden kann und teilweise in Form von Wärme verloren geht.</p> <p>Anschließend werden die im Modellexperiment gewonnenen Erfahrungen auf die Prozesse im Mitochondrium wie die „Protonenpumpe“ und die ATP-Gewinnung übertragen (M 6).</p> |

Stunde 6

Atmungskette und oxidative Phosphorylierung im Überblick

| Material | Verlauf |
|----------|--|
| M 7 | Nachdem alle Einzelprozesse der Atmungskette und oxidativen Phosphorylierung eingeführt worden sind, geht es in der abschließenden Stunde darum, diese noch einmal im Gesamtzusammenhang darzustellen (M 7). Die Schülerinnen und Schüler sollen dabei möglichst selbstständig ihr Wissen wiederholen und vertiefen. |

Materialübersicht

M 1 (Ex) Die Knallgasreaktion

- Großes Glasgefäß (Schüssel oder Ähnliches)
- Glimmspan (Holzspieß), Feuerzeug
- stark schäumendes Spülmittel
- 2 Gaseinleitungsrohre (gebogene Glasrohre)
- Sauerstoff, Wasserstoff

M 2 (Tb) Reduktion, Oxidation, Normalpotenzial & Co.

M 3 (Ab) Der Elektronenfluss in der Atmungskette

M 4 (Ab) Die Atmungskette im Mitochondrium

M 5 (Ex) Energiefreisetzung durch Elektronenfluss – das Batterie-Modell

- 4,5-V-Flachbatterie
- Eisenwolle
- 4 Krokodilklemmen, 2 Kabel
- Propellermotor mit Befestigung
- Styroporblock (o. Ä. zur Fixierung, z. B. Bürettenmuffe, Stativ)

M 6 (Ab) Die Batterie als Modell für die Abläufe in der Atmungskette

M 7 (Fo) Atmungskette und oxidative Phosphorylierung im Überblick

Die Erläuterungen und Lösungen finden Sie ab Seite 9.

Mit Ausnahme der Fledermaus auf Seite 2 der Lernerfolgskontrolle stammen alle Fotografien in diesem Beitrag von Frau Simone Jentsch.

SCHOOL-SCOUT.DE

Unterrichtsmaterialien in digitaler und in gedruckter Form

Auszug aus:

Die Endoxidation

Das komplette Material finden Sie hier:

School-Scout.de

