| **UV LK-S2: Glucosestoffwechsel – Energiebereitstellung aus Nährstoffen** **Inhaltsfeld 3: Stoffwechselphysiologie** Zeitbedarf: ca. 16 Unterrichtsstunden à 45 Minuten |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Inhaltliche Schwerpunkte:**Grundlegende Zusammenhänge von Stoffwechselwegen | **Beiträge zu den Basiskonzepten:**Struktur und Funktion: * Kompartimentierung ermöglicht gegenläufige Stoffwechselprozesse zeitgleich in einer Zelle.

Stoff- und Energieumwandlung:* Energetische Kopplung der Teilreaktionen von Stoffwechselprozessen

Steuerung und Regelung:* Negative Rückkopplung in mehrstufigen Reaktionswegen des Stoffwechsels
 |  |
| **Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:*** Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S)
* Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren (E)
* Informationen erschließen (K)
* Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen (B)
 |  |

| * Inhaltliche Aspekte
 | Konkretisierte KompetenzerwartungenSchülerinnen und Schüler… | *Sequenzierung: Leitfragen*  | **Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen** |
| --- | --- | --- | --- |
| * Feinbau Mitochondrium
* Stoff- und Energiebilanz von Glykolyse, oxidative Decarboxylierung, Tricarbonsäure-zyklus und Atmungskette
* Energetisches Modell der Atmungskette
* Redoxreaktionen
 | * stellen die wesentlichen Schritte des abbauenden Glucosestoffwechsels unter aeroben und anaeroben Bedingungen dar und erläutern diese hinsichtlich der Stoff- und Energieumwandlung (S1, S7, K9),
* vergleichen den membranbasierten Mechanismus der Energieumwandlung in Mitochondrien und Chloroplasten auch auf Basis von energetischen Modellen (S4, S7, E12, K9, K11).
 | ***Wie kann die Zelle durch den schrittweisen Abbau von Glucose nutzbare Energie bereitstellen?*** (ca. 8 Ustd) | *Kontext:***Keine Power ohne Nahrung – Bei heterotrophen Organismen ist die ATP-Synthese an die Oxidation von Nährstoffmolekülen gekoppelt** [1]*Zentrale Unterrichtssituationen:** Reaktivierung des Vorwissens zum Feinbau von Mitochondrien und Skizze eines Schaubildes mit den wesentlichen Schritten der Zellatmung und deren Verortung in Zellkompartimenten. Sukzessive Ergänzung des Schaubildes im Verlauf des Unterrichts (K9)
* Beschreibung der Glykolyse als ersten Schritt des Glucoseabbaus, dabei Fokussierung auf die Entstehung von Energie- und Reduktionsäquivalenten sowie die Oxidation zu Pyruvat als Endprodukt der Glykolyse
* Beschreibung des oxidativen Abbaus von Pyruvat zu Kohlenstoffdioxid in den Mitochondrien durch oxidative Decarboxylierung und die Prozesse im Tricarbonsäurezyklus, dabei Fokussierung auf die Reaktionen, in denen Reduktionsäquivalente und ATP gebildet werden
* Aufstellung einer Gesamtbilanz aus den ersten drei Schritten und Abgleich mit der Bruttogleichung der Zellatmung

Hinweis:Strukturformeln der Zwischenprodukte müssen nicht reproduziert werden können.*Kontext:***Knallgasreaktion in den Mitochondrien?** *Zentrale Unterrichtssituationen:** Demonstration der stark exergonischen Knallgasreaktion (ggf. Video) und Aufstellung der Reaktionsgleichung, Hypothesenbildung zum Ablauf der analogen Reaktion in den Mitochondrien
* Vertiefung des Feinbaus von Mitochondrien bezüglich der Proteinausstattung der inneren Mitochondrienmembran
* Veranschaulichung der Redoxreaktionen und des Gefälles der Redoxpotenziale in einem energetischen Modell der Atmungskette (E12)
* Analyse der Bedeutung der Verfügbarkeit von Sauerstoff als Endakzeptor der Elektronen und NADH+H+ als Elektronendonator zur Aufrechterhaltung des Protonengradienten
* Vervollständigung des Schaubilds und Aufstellen einer Gesamtbilanz der Zellatmung (K9)
* fakultative Vertiefung weiterer kataboler Reaktionswege, die für den Energiestoffwechsel relevant sind: Oxidation anderer Nährstoffe sowie Abbau eigener Körpersubstanz, Tricarbonsäurezyklus als Stoffwechseldrehscheibe
 |
| * Alkoholische Gärung und Milchsäuregärung
 | * stellen die wesentlichen Schritte des abbauenden Glucosestoffwechsels unter aeroben und anaeroben Bedingungen dar und erläutern diese hinsichtlich der Stoff- und Energieumwandlung (S1, S7, K9),
 | ***Welche Bedeutung haben Gärungsprozesse für die Energiegewinnung?***(ca. 2 Ustd.) | *Kontext:***Pasteur-Effekt: Höherer Glucoseverbrauch von Hefezellen unter anaeroben Bedingungen***Zentrale Unterrichtssituationen:** Problematisierung der Auswirkungen von Sauerstoffmangel auf die Glykolyse: Regeneration des NAD+ bleibt aus (fehlender Endakzeptor für Elektronen in der Atmungskette)
* Erläuterung der Stoffwechselreaktionen der alkoholischen Gärung und Milchsäuregärung und deren Bedeutung für die Regeneration von NAD+
* Verwendung geeigneter Darstellungsformen für den stofflichen und energetischen Vergleich der behandelten Stoffwechselwege (K9)
* ggf. Vertiefung: Vergleich der Prozesse bei fakultativen und obligaten Anaerobiern
 |
| * Stoffwechselregulation auf Enzymebene
 | * erklären die regulatorische Wirkung von Enzymen in mehrstufigen Reaktionswegen des Stoffwechsels (S7, E1–4, E11, E12),
* nehmen zum Konsum eines ausgewählten Nahrungsergänzungsmittels unter stoffwechselphysiologischen Aspekten Stellung (S6, K1–4, B5, B7, B9)
 | ***Wie beeinflussen Nahrungsergänzungsmittel als Cofaktoren den Energiestoffwechsel?***(ca. 6 Ustd.) | *Kontext:***Mikronährstoffpräparate beim Sport – Lifestyle oder notwendige Ergänzung?** *Zentrale Unterrichtssituationen:** Reaktivierung des Vorwissens zu enzymatischen Reaktionen und der Enzymregulation durch Aktivatoren und Inhibitoren (🡒EF)
* Anwendung des Konzepts der enzymatischen Regulation auf ausgewählte enzymatische Schritte des abbauenden Glucosestoffwechsels (z.B. Feedbackhemmung der Phosphofructokinase) (E12)
* Reaktivierung der Kenntnisse zu Cofaktoren am Beispiel von Mineralstoff- oder Vitaminpräparaten als Nahrungsergänzungsmittel (NEM) [2,3]
* angeleitete Recherche zu NEM beim Sport, hierbei besondere Fokussierung auf Quellenherkunft und Intention der Autoren (K4) [4]
* Bewertungsprozess: Abwägung von Handlungsoptionen und kriteriengeleitete Meinungsbildung sowie Entscheidungsfindung (B9) [5]
 |

Weiterführende Materialien:

| **Nr.** | **URL / Quellenangabe** | **Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle** |
| --- | --- | --- |
| 1 | <https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6086> | In dieser alternativen Unterrichtssequenz werden die gleichen Inhaltlichen Schwerpunkte und konkretisierten Kompetenzerwartungen des KLP angesteuert, jedoch wird mit der Erarbeitung der Vorgänge in der Atmungskette in die Zellatmung eingestiegen.  |
| 2 | <http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/8/bc/vlu/biokatalyse_enzyme/cofaktoren.vlu/Page/vsc/de/ch/8/bc/biokatalyse/vitamine_coenzyme.vscml.html> | Tabellarische Übersicht der Vitamine, die als Coenzyme im Energiestoffwechsel relevant sind |
| 3 | <https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6053> | Sachinformationen zum Aufbau von Enzymen, Begriffsbestimmungen (Apoenzym, Cofaktor etc.) |
| 4 | <https://www.klartext-nahrungsergaenzung.de><https://www.klartext-nahrungsergaenzung.de/produkte/sport> | Unabhängige und informative Seite der Verbraucherzentrale zu Nahrungsergänzungsmitteln, z.B. im Sport |
| 5 | <https://www.verbraucherzentrale.de/ernaehrungskompetenzen-im-sport> | Seminarbausteine der Verbraucherzentrale Sachsen. Modul 6 beinhaltet umfassende Informationen, eine PPT-Präsentation und Arbeitsblätter zum Thema Nahrungsergänzungsmittel im Sport.  |

Letzter Zugriff auf die URL: 16.12.2022

*[Diese Liste/Diese Veröffentlichung/Dieses Angebot enthält Links zu externen Websites Dritter, auf deren Inhalte QUA-LiS NRW keinen Einfluss hat. Dementsprechend obliegt die Einhaltung der datenschutzrechtlichen Regelungen dem jeweiligen Anbieter bzw. Betreiber. Im Sinne der gesetzlichen Gesamtverantwortung für den Datenschutz an Schulen prüfen Schulleitungen daher vor einem Einsatz der genannten Quellen eigenverantwortlich, inwieweit und unter welchen Bedingungen die Nutzung der genannten Quellen für den beabsichtigten Zweck datenschutzrechtskonform möglich ist. Ggf. resultiert aus einer solchen Prüfung im konkreten Fall, dass die allgemeine Nutzung weitestgehend nur auf freiwilliger Basis möglich ist, d.h. Schülerinnen und Schüler (oder deren Erziehungsberechtige) bzw. Lehrerinnen und Lehrer nicht oder nur eingeschränkt zur Nutzung verpflichtet werden können.]*