| **UV LK-S3: Fotosynthese – Umwandlung von Lichtenergie in nutzbare Energie****Inhaltsfeld 3: Stoffwechselphysiologie**Zeitbedarf: ca. 24 Unterrichtsstunden à 45 Minuten |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Inhaltliche Schwerpunkte:**Grundlegende Zusammenhänge bei Stoffwechselwegen, Aufbauender Stoffwechsel, Fachliche Verfahren: Chromatografie, Tracer-Methode | **Beiträge zu den Basiskonzepten:**Stoff- und Energieumwandlung:* Energetische Kopplung der Teilreaktionen von Stoffwechselprozessen

Individuelle und evolutive Entwicklung:* Zelldifferenzierung bei C3- und C4-Pflanzen
 |  |
| **Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:*** Biologische Sachverhalte betrachten (S)
* Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien entwickeln (E)
* Fachspezifische Modelle und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen (E)
* Informationen aufbereiten (K)
 |  |

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte KompetenzerwartungenSchülerinnen und Schüler… | *Sequenzierung: Leitfragen*  | **Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen** |
| --- | --- | --- | --- |
| * Abhängigkeit der Fotosyntheserate von abiotischen Faktoren
 | * analysieren anhand von Daten die Beeinflussung der Fotosyntheserate durch abiotische Faktoren (E4–11),
 | ***Von welchen abiotischen Faktoren ist die autotrophe Lebensweise von Pflanzen abhängig?*** (ca. 4 Ustd.) | Kontext: **Solarenergie sichert unsere Ernährung – Pflanzen sind Selbstversorger und Primärproduzenten**Zentrale Unterrichtssituationen: * Reaktivierung der Bruttogleichung der Fotosynthese (🡒 SI) und Beschreibung der Stärke- und Sauerstoffproduktion als ein Maß für die Fotosyntheseaktivität
* Messung der Sauerstoffproduktion bei der Wasserpest, z. B. mithilfe einer Farbreaktion [1] oder bei Efeu [2], dabei Variation der äußeren Faktoren und Berücksichtigung der Variablenkontrolle (E6)
* Auswertung der Ergebnisse, Abgleich mit Literaturwerten und Rückbezug auf Hypothesen (E 9­-11)
 |
| * Funktionale Angepasstheiten: Blattaufbau
 | * erklären funktionale Angepasstheiten an die fotoautotrophe Lebensweise auf verschiedenen Systemebenen (S4, S5, S6, E3, K6–8),
 | ***Welche Blattstrukturen sind für die Fotosynthese von Bedeutung?***(ca. 4 Ustd.) | Kontext: **Stärkenachweis in panaschierten Blättern – Die Fotosynthese findet nur in grünen Pflanzenteilen statt**Zentrale Unterrichtssituationen: * Reaktivierung der Kenntnisse zum Aufbau eines Laubblatts (🡒EF), Erläuterung der morphologischen Strukturen, die für die Fotosyntheseaktivität von Landpflanzen bedeutend sind
* Erläuterung von Struktur-Funktions-Zusammenhängen für unterschiedliche Gewebe im schematischen Blattquerschnitt, dabei Berücksichtigung der Versorgung fotosynthetisch aktiver Zellen mit Kohlenstoffdioxid, Wasser und Lichtenergie
* Mikroskopie eines Abziehpräparats der unteren Blattepidermis und Hypothesenbildung zur Regulation des Gasaustausches und der Transpiration durch Schließzellen [3]
* Formulierung theoriegeleiteter Hypothesen zu Angepasstheiten von Sonnen- und Schattenblättern (E3), Auswertung von Daten zur Fotosyntheserate
* ggf. Korrektur finaler Erklärungen der Angepasstheiten (K7)
 |
| * Funktionale Angepasstheiten: Absorptionsspektrum von Chlorophyll, Wirkungsspektrum, Lichtsammelkomplex, Feinbau Chloroplast
* Chromatografie
 | * erklären das Wirkungsspektrum der Fotosynthese mit den durch Chromatografie identifizierten Pigmenten (S3, E1, E4, E8, E13),
 | ***Welche Funktionen haben Fotosynthesepigmente?***(ca. 4 Ustd.) | *Kontext:* **Der Engelmann-Versuch – Die Fotosyntheseleistung ist abhängig von der Wellenlänge des Lichts***Zentrale Unterrichtssituationen:** Auswertung des Engelmann-Versuchs und Erklärung des ungleichmäßigen Bakterienwachstums entlang der fädigen Alge [4]
* Herstellen eines Zusammenhangs zwischen dem Absorptionsspektrum einer Rohchlorophylllösung und dem Wirkungsspektrum der Fotosynthese
* Sachgemäße Durchführung der DC-Chromatografie und Identifikation der Pigmente [5] (E4)
* Beschreibung des Aufbaus der Reaktionszentren in der Thylakoidmembran von Chloroplasten
* Erläuterung der Funktionsweise von Lichtsammelkomplexen und ihrer Organisation zu Fotosystemen unter Verwendung von Modellen
* Reflexion des Erkenntnisgewinnungsprozesses (z.B. Einsatz analytischer Verfahren, historischer Experimente und Modelle) (E13)
 |
| * Chemiosmotische ATP-Bildung
* Energetisches Modell der Lichtreaktionen
* Zusammenhang von Primär- und Sekundärreaktionen,
* Calvin-Zyklus: Fixierung, Reduktion, Regeneration
* Tracer-Methode
* Zusammenhang von aufbauendem und abbauendem Stoffwechsel
 | * vergleichen den membranbasierten Mechanismus der Energieumwandlung in Mitochondrien und Chloroplasten auch auf Basis von energetischen Modellen (S4, S7, E12, K9, K11).
* erläutern den Zusammenhang zwischen Primär- und Sekundärreaktionen der Fotosynthese aus stofflicher und energetischer Sicht (S2, S7, E2, K9),
* werten durch die Anwendung von Tracermethoden erhaltene Befunde zum Ablauf mehrstufiger Reaktionswege aus (S2, E9, E10, E15).
 | ***Wie erfolgt die Umwandlung von Lichtenergie in chemische Energie?***(ca. 12 Ustd.) | *Kontext:***Chloroplasten als Lichtwandler – Wie erfolgt die Synthese von Glucose mit Hilfe von Sonnenlicht?***Zentrale Unterrichtssituationen:** Erstellung eines übersichtlichen Schaubildes für die Fotosynthese auf Grundlage des Vorwissens (Edukte, Produkte, Reaktionsbedingungen) (K9)
* Beschreibung des Emerson-Effekts anhand eines Diagramms zur Fotosyntheseleistung bei unterschiedlichen Wellenlängen, Identifizierung von Fragestellungen zur Funktionsweise der Fotosysteme (E2)
* Entwicklung einer vereinfachten Darstellung der Lichtreaktion in einem energetischen Modell, welche den Energietransfer in den beiden Fotosystemen, die Fotolyse des Wassers, den Elektronentransport über Redoxsysteme mit Redoxpotenzialgefälle und die Bildung von NADPH+ H+ berücksichtigt (K11) [5]
* Vergleich des membranbasierten Mechanismus der Energieumwandlung in der Atmungskette und der Primärreaktion (E12) (🡒UV 2)
* Erläuterung der Teilschritte des Calvin-Zyklus, dabei Fokussierung auf die Kohlenstoffdioxidfixierung durch das Enzym Rubisco, das Recyclingprinzip von Energie- und Reduktionsäquivalenten sowie auf die Bedeutung zyklischer Prozesse
* Erläuterung des Tracer- Experiments von Calvin und Benson zur Aufklärung der Synthesereaktion und Reflexion der Möglichkeiten und Grenzen der gewonnenen Erkenntnisse (E10, E15)
* Ergänzung des Schaubildes zur Fotosynthese durch den stofflichen und energetischen Zusammenhang der Teilreaktionen (S2, E9)
* Darstellung des Zusammenwirkens von Chloroplasten und Mitochondrien in einer Pflanzenzelle für die Aufrechterhaltung der Lebensvorgänge in einer Pflanzenzelle (S7, E9)
 |

Weiterführende Materialien:

| **Nr.** | **URL / Quellenangabe** | **Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle** |
| --- | --- | --- |
| 1 | <https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/5002> | Nachweis von Sauerstoff mit Indigocarmin und Natriumdithionit,Versuchsprotokoll und Lösungen |
| 2 | <https://www.bio-logisch-nrw.de/aufgabenarchiv> | Aufgabe 5 aus dem Jahr 2015 („Alles im grünen Bereich“) beschreibt das einfache und aussagekräftige experimentelle Design mit Efeuplättchen. |
| 3 | <https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/5002> | Mikroskopie von Spaltöffnungen: Anleitung und Lösung |
| 4 | <https://www.chemie-schule.de/KnowHow/Engelmannscher_Bakterienversuch> | Anschauliche Erklärung und Verlinkung zu einer kurzen Animation |
| 5 | <https://medienportal.siemens-stiftung.org/de/chromatografie-von-chlorophyll-109310> | Arbeitsmaterial mit Videolink, Differenzierungsmaterial und Lösungen zur Chromatografie von Blattfarbstoffen  |
| 6 | <https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/5002> | Modell zur Lichtreaktion: Bauanleitung |

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.]*