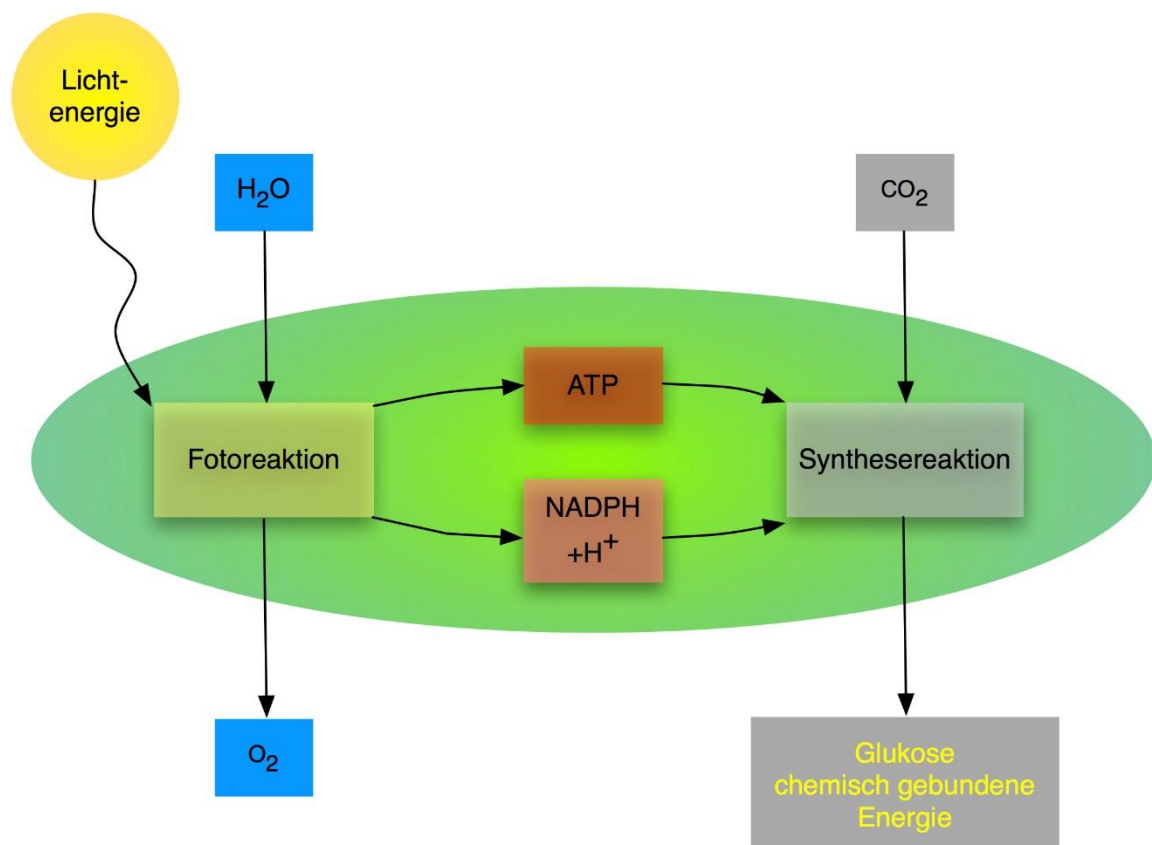


Workshop zur Implementation des Kernlehrplans SII Biologie

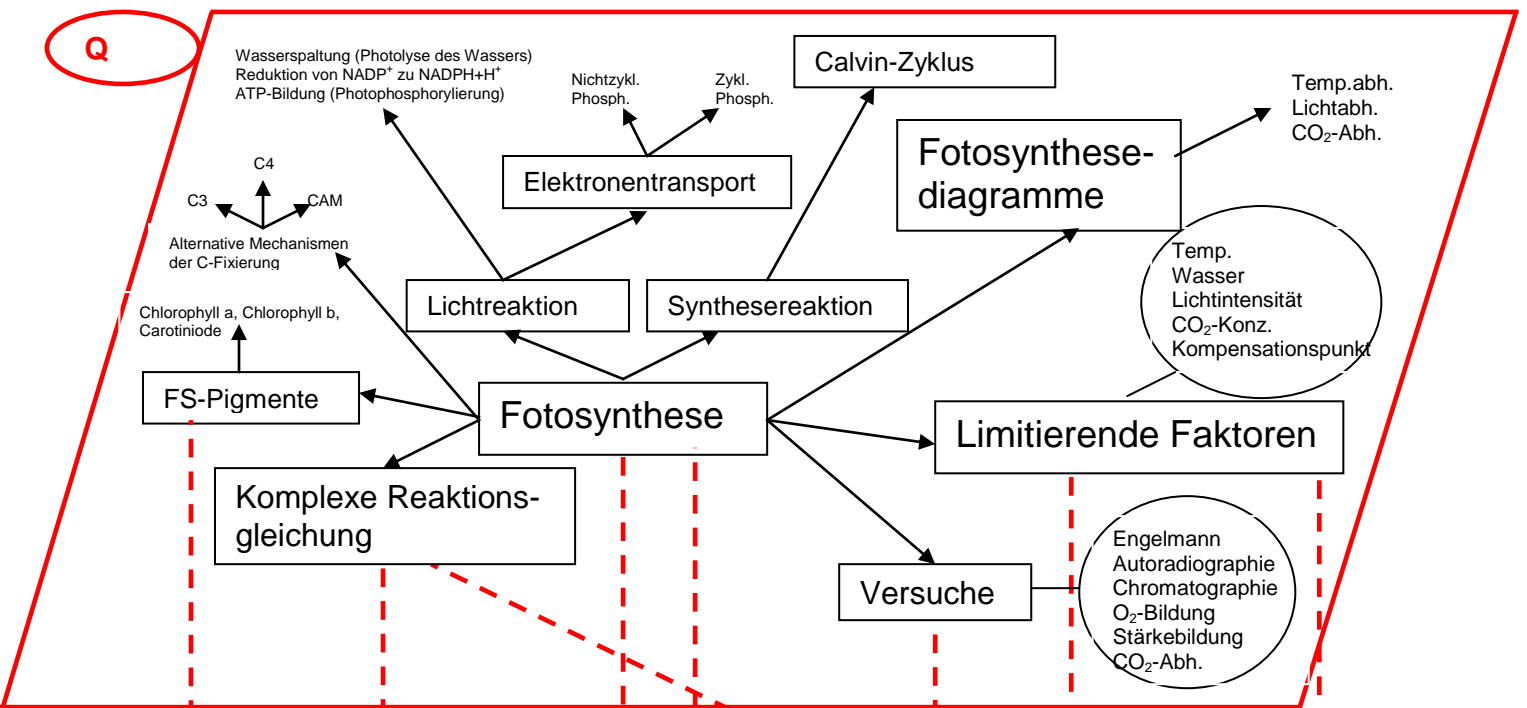
Ökologie in der Q-Phase: Licht und Schatten im Wald

Angebote für eine mögliche Unterrichtssequenz
unter besonderer Berücksichtigung der Fotosynthese

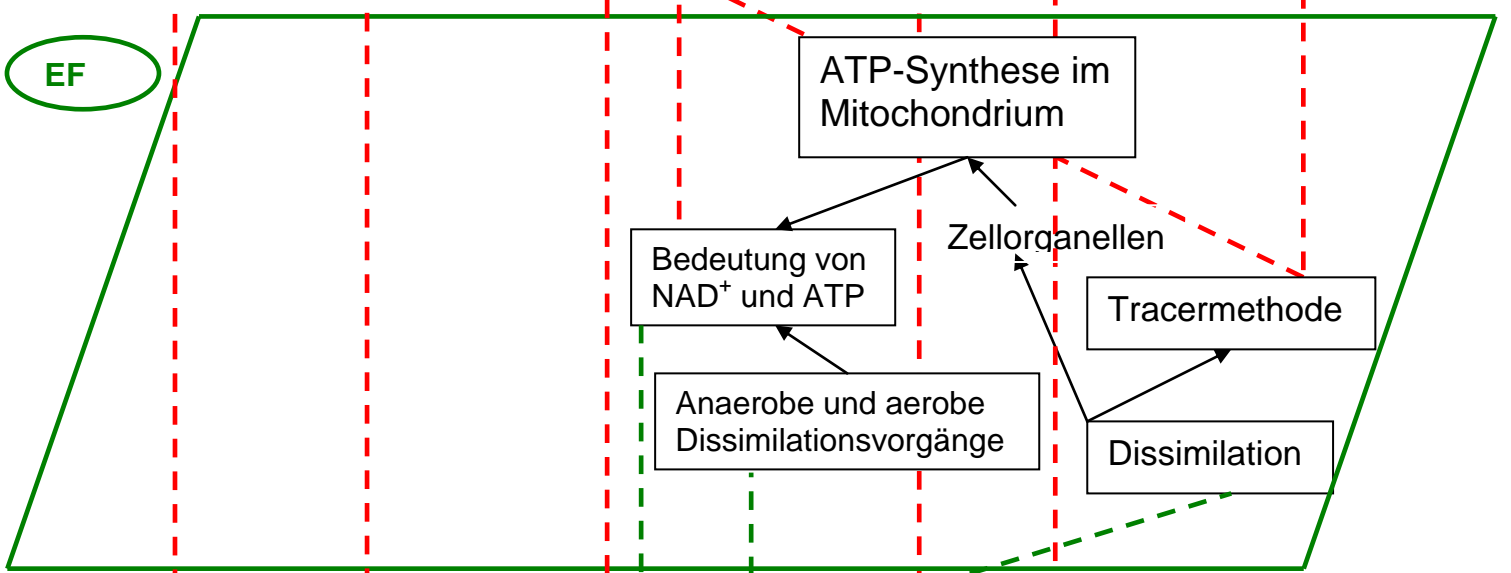
Dr. H. Bickel
Dr. A. Gnoyke
L. Hell



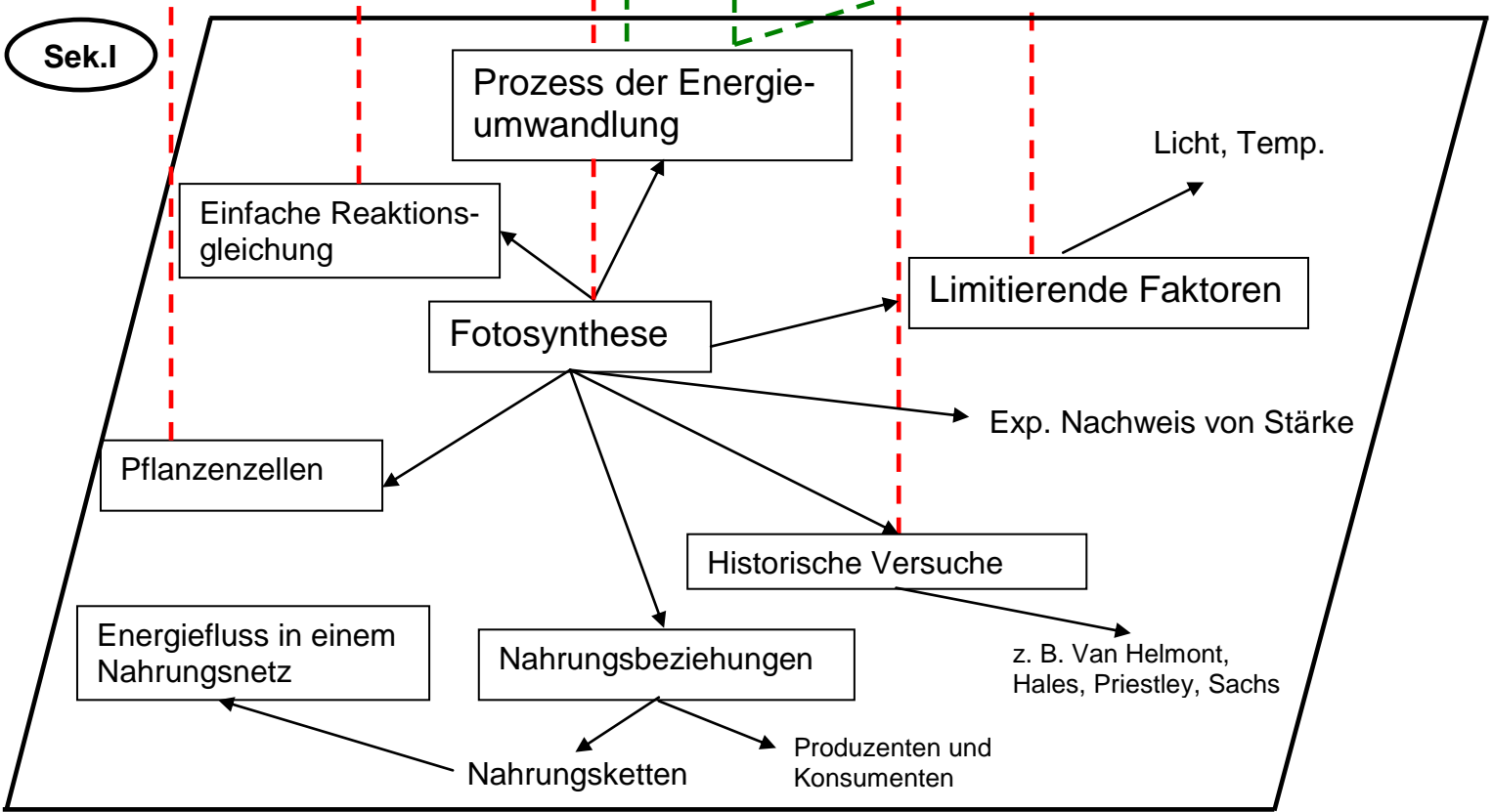
Q



EF



Sek.I



Kompetenzen aus SI und EF : < Fotosynthese >

Gesamtschule

Jahrgangsstufe 5/6

Die Schülerinnen und Schüler können ...

- Nahrungsbeziehungen zwischen Produzenten und Konsumenten grafisch darstellen und daran Nahrungsketten erklären. (K4)
- experimentell nachweisen, dass bei der Fotosynthese der energiereiche Stoff Stärke nur in grünen Pflanzenteilen und bei Verfügbarkeit von Lichtenergie entsteht. (E6)
- den Einfluss von Temperatur und Licht auf das Pflanzenwachstum aus einer Tabelle oder einem Diagramm ablesen. (K2)

Jahrgangsstufe 7/10

Die Schülerinnen und Schüler können ...

- das Prinzip der Fotosynthese als Prozess der Energieumwandlung von Lichtenergie in chemisch gebundene Energie erläutern und den Energiefluss in einem Nahrungsnetz eines Ökosystems darstellen. (UF4)
- Vermutungen beschreiben, die historischen Versuchen zur Fotosynthese zugrunde lagen, sowie diese mit dem damaligen Wissen begründen und mit dem heutigen Wissen bewerten. (E9, E5, E3)

Gymnasium

Jahrgangsstufe 5/6

Die Schülerinnen und Schüler....

- beschreiben die Bedeutung von Licht, Temperatur, Wasser und Mineralsalzen für Pflanzen bzw. Nährstoffen für Tiere.
- beschreiben die Bedeutung der Fotosynthese für das Leben von Pflanzen und Tieren
- beschreiben die Fotosynthese als Prozess zum Aufbau von Glucose aus Kohlenstoffdioxid und Wasser mit Hilfe von Lichtenergie unter Freisetzung von Sauerstoff.
- beschreiben die im Lichtmikroskop beobachtbaren Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen tierlichen und pflanzlichen Zellen und beschreiben die Aufgaben der sichtbaren Bestandteile: Zellkern, Zellplasma, Zellmembran, Zellwand, Vakuole, Chloroplasten.

Jahrgangsstufe 7/9

Die Schülerinnen und Schüler....

- erklären das Prinzip der Fotosynthese als Prozess der Energieumwandlung von Lichtenergie in chemisch gebundene Energie.
- beschreiben den Energiefluss als Einbahnstraße der Energie in einem Ökosystem.
- erklären die Bedeutung ausgewählter Umweltbedingungen für ein Ökosystem z. B. Licht, Temperatur, Feuchtigkeit.

Einführungsphase

Schülerinnen und Schüler.....

- beschreiben Aufbau und Funktion der Zellorganellen und erläutern die Bedeutung der Zellkompartimentierung für die Bildung unterschiedlicher Reaktionsräume innerhalb einer Zelle (UF3, UF1),
- erklären die Grundzüge der Dissimilation unter dem Aspekt der Energieumwandlung mithilfe einfacher Schemata (UF3),
- erläutern die Bedeutung von NAD⁺ und ATP für aerobe und anaerobe Dissimilationsvorgänge (UF1, UF4),
- beschreiben und präsentieren die ATP-Synthese im Mitochondrium mithilfe vereinfachter Schemata (UF2, K3),
- präsentieren eine Tracermethode (u.a. bei der Dissimilation) adressatengerecht (K3),

Inhaltsfeld 5: Ökologie

Umgang mit Fachwissen
(UF)

Erkenntnisgewinnung
(E)

Kommunikation
(K)

Bewertung
(B)

SuS im Grundkurs (KLP S. 32-33)

im Leistungskurs (KLP S. 40-42)

<ul style="list-style-type: none"> • zeigen den Zusammenhang zwischen dem Vorkommen von Bioindikatoren und der Intensität abiotischer Faktoren in einem beliebigen Ökosystem auf (UF3, UF4, E4), 	<ul style="list-style-type: none"> • zeigen den Zusammenhang zwischen dem Vorkommen von Bioindikatoren und der Intensität abiotischer Faktoren in einem beliebigen Ökosystem (UF3, UF4, E4),
	<ul style="list-style-type: none"> • untersuchen das Vorkommen, die Abundanz und die Dispersion von Lebewesen eines Ökosystems im Freiland (E1, E2, E4),
	<ul style="list-style-type: none"> • planen ausgehend von Hypothesen Experimente zur Überprüfung der ökologischen Potenz nach dem Prinzip der Variablenkontrolle, nehmen kriterienorientiert Beobachtungen und Messungen vor und deuten die Ergebnisse (E2, E3, E4, E5, K4),
<ul style="list-style-type: none"> • entwickeln aus zeitlich-rhythmischen Änderungen des Lebensraums biologische Fragestellungen und erklären diese auf der Grundlage von Daten (E1, E5), 	<ul style="list-style-type: none"> • entwickeln aus zeitlich-rhythmischen Änderungen des Lebensraums biologische Fragestellungen und erklären diese auf der Grundlage von Daten (E1, E5),
<ul style="list-style-type: none"> • erläutern die Aussagekraft von biologischen Regeln (u.a. tiergeographische Regeln) und grenzen diese von naturwissenschaftlichen Gesetzen ab (E7, K4). 	<ul style="list-style-type: none"> • erläutern die Aussagekraft von biologischen Regeln (u.a. tiergeographische Regeln) und grenzen diese von naturwissenschaftlichen Gesetzen ab (E7, K4),
<ul style="list-style-type: none"> • analysieren Messdaten zur Abhängigkeit der Fotosyntheseaktivität von unterschiedlichen abiotischen Faktoren (E5), 	<ul style="list-style-type: none"> • analysieren Messdaten zur Abhängigkeit der Fotosyntheseaktivität von unterschiedlichen abiotischen Faktoren (E5),
	<ul style="list-style-type: none"> • leiten aus Forschungsexperimenten zur Aufklärung der Fotosynthese zu Grunde liegende Fragestellungen und Hypothesen ab (E1, E3, UF2, UF4),
<ul style="list-style-type: none"> • erläutern den Zusammenhang zwischen Fotoreaktion und Synthesereaktion und ordnen die Reaktionen den unterschiedlichen Kompartimenten des Chloroplasten zu (UF1, UF3), 	<ul style="list-style-type: none"> • erläutern den Zusammenhang zwischen Fotoreaktion und Synthesereaktion und ordnen die Reaktionen den unterschiedlichen Kompartimenten des Chloroplasten zu (UF1, UF3),
	<ul style="list-style-type: none"> • erläutern mithilfe einfacher Schemata das Grundprinzip der Energieumwandlung in den Fotosystemen und den Mechanismus der ATP-Synthese (K3, UF1),
<ul style="list-style-type: none"> • leiten aus Daten zu abiotischen und biotischen Faktoren Zusammenhänge im Hinblick auf zyklische und sukzessive Veränderungen (Abundanz und Dispersion von Arten) sowie K- und r-Lebenszyklusstrategien ab (E5, UF1, UF2, UF3, UF4), 	<ul style="list-style-type: none"> • leiten aus Daten zu abiotischen und biotischen Faktoren Zusammenhänge im Hinblick auf zyklische und sukzessive Veränderungen (Abundanz und Dispersion von Arten) sowie K- und r-Lebenszyklusstrategien ab (E5, UF1, UF2, UF3, K4, UF4),
<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben die Dynamik von Populationen in Abhängigkeit von dichteabhängigen und dichteunabhängigen Faktoren (UF1), 	<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben die Dynamik von Populationen in Abhängigkeit von dichteabhängigen und dichteunabhängigen Faktoren (UF1),
<ul style="list-style-type: none"> • untersuchen die Veränderungen von Populationen mit Hilfe von Simulationen auf der Grundlage des Lotka-Volterra-Modells (E6), 	<ul style="list-style-type: none"> • untersuchen Veränderungen von Populationen mit Hilfe von Simulationen auf der Grundlage des Lotka-Volterra-Modells (E6),
	<ul style="list-style-type: none"> • vergleichen das Lotka-Volterra-Modell mit veröffentlichten Daten aus Freilandmessungen und diskutieren die Grenzen des Modells (E6),
<ul style="list-style-type: none"> • stellen energetische und stoffliche Beziehungen verschiedener Organismen unter den Aspekten von Nahrungskette, Nahrungsnetz und Trophieebene formal, sprachlich und fachlich korrekt dar (K1, K3), 	<ul style="list-style-type: none"> • stellen energetische und stoffliche Beziehungen verschiedener Organismen unter den Aspekten von Nahrungskette, Nahrungsnetz und Trophieebene formal, sprachlich und fachlich korrekt dar (K1, K3),
<ul style="list-style-type: none"> • entwickeln Handlungsoptionen für das eigene Konsumverhalten und schätzen diese unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit ein (B2, B3), 	<ul style="list-style-type: none"> • entwickeln Handlungsoptionen für das eigene Konsumverhalten und schätzen diese unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit ein (B2, B3),
<ul style="list-style-type: none"> • recherchieren Beispiele für die biologische Invasion von Arten und leiten Folgen für das Ökosystem ab (K2, K4), 	<ul style="list-style-type: none"> • recherchieren Beispiele für die biologische Invasion von Arten und leiten Folgen für das Ökosystem ab (K2, K4),
<ul style="list-style-type: none"> • leiten aus Untersuchungsdaten zu intra- und interspezifischen Beziehungen (Parasitismus, Symbiose, Konkurrenz) mögliche Folgen für die jeweiligen Arten ab und präsentieren diese unter Verwendung angemessener Medien (E5, K3, UF1), 	<ul style="list-style-type: none"> • leiten aus Untersuchungsdaten zu intra- und interspezifischen Beziehungen (u.a. Parasitismus, Symbiose, Konkurrenz) mögliche Folgen für die jeweiligen Arten ab und präsentieren diese unter Verwendung angemessener Medien (E5, K3, UF1),
<ul style="list-style-type: none"> • erklären mithilfe des Modells der ökologischen Nische die Koexistenz von Arten (E6, UF1, UF2), 	<ul style="list-style-type: none"> • erklären mit Hilfe des Modells der ökologischen Nische die Koexistenz von Arten (E6, UF1, UF2),
<ul style="list-style-type: none"> • präsentieren und erklären auf der Grundlage von Untersuchungsdaten die Wirkung von anthropogenen Faktoren auf einen ausgewählten globalen Stoffkreislauf (K1, K3, UF1), 	<ul style="list-style-type: none"> • präsentieren und erklären auf der Grundlage von Untersuchungsdaten die Wirkung von anthropogenen Faktoren auf ausgewählte globale Stoffkreisläufe (K1, K3, UF1),
<ul style="list-style-type: none"> • diskutieren Konflikte zwischen der Nutzung natürlicher Ressourcen und dem Naturschutz (B2, B3), 	<ul style="list-style-type: none"> • diskutieren Konflikte zwischen der Nutzung natürlicher Ressourcen und dem Naturschutz (B2, B3),

Q-Phase / Ökologie - LK:

UV 1 Autökologische Betrachtung von Lebewesen	UV2 Licht und Schatten im Wald	UV3 Interspezifische Beziehungen und Eingriffe ins Ökosystem
erläutern die Aussagekraft von biologischen Regeln (u.a. tiergeographische Regeln) und grenzen diese von naturwissenschaftlichen Gesetzen ab (E7, K4),	untersuchen das Vorkommen, die Abundanz und die Dispersion von Lebewesen eines Ökosystems im Freiland (E1, E2, E4),	beschreiben die Dynamik von Populationen in Abhängigkeit von dichteabhängigen und dichteunabhängigen Faktoren (UF1),
planen ausgehend von Hypothesen Experimente zur Überprüfung der ökologischen Potenz nach dem Prinzip der Variablenkontrolle, nehmen kriterienorientiert Beobachtungen und Messungen vor und deuten die Ergebnisse (E2, E3, E4, E5, K4),	zeigen den Zusammenhang zwischen dem Vorkommen von Bioindikatoren und der Intensität abiotischer Faktoren in einem beliebigen Ökosystem (UF3, UF4, E4),	untersuchen Veränderungen von Populationen mit Hilfe von Simulationen auf der Grundlage des Lotka-Volterra-Modells (E6),
	entwickeln aus zeitlich-rhythmischen Änderungen des Lebensraums biologische Fragestellungen und erklären diese auf der Grundlage von Daten (E1, E5)	vergleichen das Lotka-Volterra-Modell mit veröffentlichten Daten aus Freilandmessungen und diskutieren die Grenzen des Modells (E6),
leiten aus Daten zu abiotischen und biotischen Faktoren Zusammenhänge im Hinblick auf zyklische und sukzessive Veränderungen (Abundanz und Dispersion von Arten) sowie K- und r-Lebenszyklusstrategien ab (E5, UF1, UF2, UF3, K4, UF4),	leiten aus Daten zu abiotischen und biotischen Faktoren Zusammenhänge im Hinblick auf zyklische und sukzessive Veränderungen (Abundanz und Dispersion von Arten) sowie K- und r-Lebenszyklusstrategien ab (E5, UF1, UF2, UF3, K4, UF4)	leiten aus Daten zu abiotischen und biotischen Faktoren Zusammenhänge im Hinblick auf zyklische und sukzessive Veränderungen (Abundanz und Dispersion von Arten) sowie K- und r-Lebenszyklusstrategien ab (E5, UF1, UF2, UF3, K4, UF4),
	analysieren Messdaten zur Abhängigkeit der Fotosyntheseaktivität von unterschiedlichen abiotischen Faktoren. (E5)	stellen energetische und stoffliche Beziehungen verschiedener Organismen unter den Aspekten von Nahrungskette, Nahrungsnetz und Trophieebene formal, sprachlich und fachlich korrekt dar (K1, K3),
	leiten aus Forschungsexperimenten zur Aufklärung der Fotosynthese zu Grunde liegende Fragestellungen und Hypothesen ab (E1, E3, UF2, UF4),	entwickeln Handlungsoptionen für das eigene Konsumverhalten und schätzen diese unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit ein (B2, B3),
	erläutern den Zusammenhang zwischen Fotoreaktion und Synthesereaktion und ord-	recherchieren Beispiele für die biologische Invasion von Arten und leiten Folgen für das

	nen die Reaktionen den unterschiedlichen Kompartimenten des Chlorplasten zu. (UF1, UF3)	Ökosystem ab (K2, K4),
	erläutern mithilfe einfacher Schemata das Grundprinzip der Energieumwandlung in den Fotosystemen und den Mechanismus der ATP-Synthese. (K3, UF1)	leiten aus Untersuchungsdaten zu intra- und interspezifischen Beziehungen (u.a. Parasitismus, Symbiose, Konkurrenz) mögliche Folgen für die jeweiligen Arten ab und präsentieren diese unter Verwendung angemessener Medien (E5, K3, UF1),
	erklären mit Hilfe des Modells der ökologischen Nische die Koexistenz von Arten. (E6, UF1, UF2)	erklären mit Hilfe des Modells der ökologischen Nische die Koexistenz von Arten (E6, UF1, UF2),
	leiten aus Untersuchungsdaten zu intra- und interspezifischen Beziehungen (u.a. Parasitismus, Symbiose, Konkurrenz) mögliche Folgen für die jeweiligen Arten ab und präsentieren diese unter Verwendung angemessener Medien (E5, K3, UF1)	präsentieren und erklären auf der Grundlage von Untersuchungsdaten die Wirkung von anthropogenen Faktoren auf ausgewählte globale Stoffkreisläufe (K1, K3, UF1),
		diskutieren Konflikte zwischen der Nutzung natürlicher Ressourcen und dem Naturschutz (B2, B3),

Ökologie - LK: Licht und Schatten

Lichtverhältnisse im Wald	Anmerkungen	Konkretisierte Kompetenzen
1-2 Im Wald ist es dunkel? Beschreibung der Lichtverhältnisse anhand von Daten und Fotos und Erarbeitungen von Fragestellungen zu den Lichtverhältnissen und den verschiedenen Zonen eines Laubwaldes.	Fotomaterial, Baumkalender über die Jahreszeit Zonierung Methodische Fragestellungen zur Überprüfung	entwickeln aus zeitlich-rhythmischen Änderungen des Lebensraums biologische Fragestellungen und erklären diese auf der Grundlage von Daten (E1, E5)
3-4 Exkursion in einen Laubwald Messung der Lichtintensitäten vor dem Wald und in den verschiedenen Zonen eines Laubwaldes	Fotomaterial, Baumkalender über die Jahreszeit Zonierung Methodische Fragestellungen zur Überprüfung	entwickeln aus zeitlich-rhythmischen Änderungen des Lebensraums biologische Fragestellungen und erklären diese auf der Grundlage von Daten (E1, E5)
5-6 Licht - ein einschränkender Faktor. Angepasstheit an verschiedene Lichtverhältnisse im Wald – Auswerten von Daten zum Vorkommen verschiedener Pflanzen und den jeweiligen Lichtverhältnissen und Erstellen einer Kriterien geleiteten Tabelle	Datensammlung Selbst Daten erfassen nach vorangegangenen Fragestellungen	leiten aus Daten zu abiotischen und biotischen Faktoren Zusammenhänge im Hinblick auf zyklische und sukzessive Veränderungen (Abundanz und Dispersion von Arten) sowie K- und r-Lebenszyklusstrategien ab (E5, UF1, UF2, UF3, K4, UF4)
7-8 Lichtverhältnisse im Jahresrhythmus – Auswertung von Messungen im Wald nach selbst entwickelten Fragestellungen und Erstellung eines Fachtextes	Datensammlung Selbst Daten erfassen nach vorangegangenen Fragestellungen	leiten aus Daten zu abiotischen und biotischen Faktoren Zusammenhänge im Hinblick auf zyklische und sukzessive Veränderungen (Abundanz und Dispersion von Arten) sowie K- und r-Lebenszyklusstrategien ab (E5, UF1, UF2, UF3, K4, UF4) entwickeln aus zeitlich-rhythmischen Änderungen des Lebensraums biologische Fragestellungen und erklären diese auf der Grundlage von Daten. (E1, E5)
11-12 Das Blatt im Tagesverlauf - Stomatabewegung und Gasaustausch am Blatt . Auswertung von Daten und mikroskopischen Fotos und Erstellung einer Zeichnung mit den verschiedenen Aspekten	Experiment collodium, soja - Stomatabewegung unter verschiedenen Filtern Susanne Bickel Lit.	entwickeln aus zeitlich-rhythmischen Änderungen des Lebensraums biologische Fragestellungen und erklären diese auf der Grundlage von Daten. (E1, E5)
13 Der Lichtkompensationspunkt – Gleichgewicht des Energieumsatzes anhand von Daten erarbeiten und Möglichkeiten einer Optimierung des Pflanzenwachstums als Handout erarbeiten	Einfache Experimente zu Fotosynthese und Wasserhaushalt – experimentell überprüfen Ggf. Facharbeit	analysieren Messdaten zur Abhängigkeit der Fotosyntheseaktivität von unterschiedlichen abiotischen Faktoren. (E5)
14-15 Licht- und Schattenpflanzen – Erarbeitung der Angepasstheiten an die jeweilige Lebensform mit Hilfe von Daten und mikroskopischen Schnitten und Erstel-		analysieren Messdaten zur Abhängigkeit der Fotosyntheseaktivität von unterschiedlichen abiotischen Faktoren. (E5)

lung einer kriteriengeleiteten Tabelle		
16-17 Die Vorgänge im Chloroplasten – Auswertung der Versuche von Arnon und Trebst unter der Fragestellung der Kompartimentierung	Exp.	erläutern den Zusammenhang zwischen Fotoreaktion und Synthesereaktion und ordnen die Reaktionen den unterschiedlichen Kompartimenten des Chloroplasten zu. (UF1, UF3)
18-19 Die Lichtfalle - Erarbeitung der Bedeutung der verschiedenen Pigmente unter der Fragestellung der Bedeutung der Fotosysteme	Experimente Modellbildung	erläutern den Zusammenhang zwischen Fotoreaktion und Synthesereaktion und ordnen die Reaktionen den unterschiedlichen Kompartimenten des Chloroplasten zu. (UF1, UF3)
20-21 Die Energie liegt im Gradienten – Gruppenteilige Ausarbeitung der Experimente von Jagendorf und Boyer und Erstellung eines Vortrages zum Thema des Mechanismus der ATP - Synthese	Lit. - Schülerexperimente	erläutern mithilfe einfacher Schemata das Grundprinzip der Energieumwandlung in den Fotosystemen und den Mechanismus der ATP-Synthese. (K3, UF1)
22-23 Glukose – Kohlenstoffdioxid wird fixiert – Untersuchungen und Experimente von Calvin unter der Fragestellung der Kohlenstoffdioxidfixierung erarbeiten und als wissenschaftlichen Vortrag formulieren.	Lit. - Schülerexperimente	erläutern den Zusammenhang zwischen Fotoreaktion und Synthesereaktion und ordnen die Reaktionen den unterschiedlichen Kompartimenten des Chloroplasten zu. (UF1, UF3)
<i>Standortbedingungen zur CO₂-Fixierung</i>	<i>Überleitung zu Nischen</i>	
9-10 Nebeneinander und doch verschiedene Nischen – Erstellen verschiedener Steckbriefe unter dem Aspekt der ökologischen Nische und grafische Darstellung der Zusammenhänge		erklären mit Hilfe des Modells der ökologischen Nische die Koexistenz von Arten. (E6, UF1, UF2)
24-25 Schmarotzer – Tricks im Wald: Internetrecherche zu Voll- und Halbschmarotzern und Anwendung auf die ökologische Nische, z.B. Mistel und Buchenspargel Auswerten von Messungen und Informationen zu diesen beiden Pflanzen	Interspez. Beziehungen	leiten aus Untersuchungsdaten zu intra- und interspezifischen Beziehungen (u.a. Parasitismus, Symbiose, Konkurrenz) mögliche Folgen für die jeweiligen Arten ab und präsentieren diese unter Verwendung angemessener Medien (E5, K3, UF1) erklären mit Hilfe des Modells der ökologischen Nische die Koexistenz von Arten. (E6, UF1, UF2)
26-27 Austausch im Dunkeln: Mykorrhiza – Referat zu Symbiose und Parasitismus an den konkreten Beispielen in Gruppen erstellen	Mikroskopie der Mykorrhiza	leiten aus Untersuchungsdaten zu intra- und interspezifischen Beziehungen (u.a. Parasitismus, Symbiose, Konkurrenz) mögliche Folgen für die jeweiligen Arten ab und präsentieren diese unter Verwendung angemessener Medien (E5, K3, UF1)
28 Licht und Schatten in allen Systemebenen - Erstellen einer c-map mit den Fakten und Aspekten zu diesem Thema		Vernetzung der Erkenntnisse zu abiotischen Faktoren, Anpasstheit, ökologischen Nische, Licht- und Schattenpflanzen, Transpiration, Chloroplasten und Fotosynthese

Wie überleben Halobakterien ohne Nährstoffe?

Halobakterien leben in Gewässern mit hohen Salzkonzentrationen. Man findet sie z.B. im toten Meer oder in Salzgewinnungsbecken am Mittelmeer. Experimente mit Halobakterien zeigten, dass sie unabhängig vom Licht überleben können, solange Glukose vorhanden ist. Ist im umgebenden Flüssigkeitsmedium jedoch keine Glukose vorhanden oder kein Sauerstoff verändert sie ihren Stoffwechsel, Abb.1.

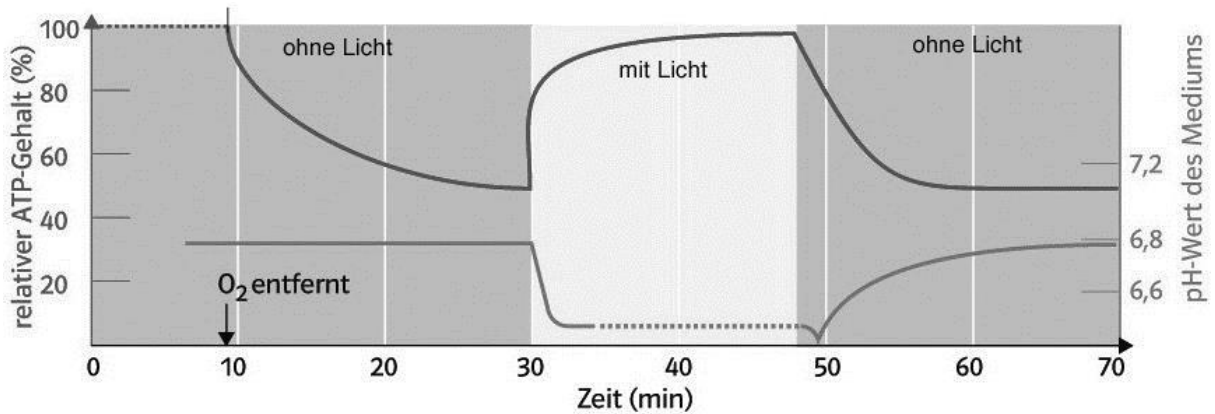


Abb. 1 Ergebnisse der Experimente mit Halobakterien mit und ohne Sauerstoff sowie mit und ohne Licht

Zusätzliche Versuche sollten den Mechanismus aufklären. Biologiewissenschaftler untersuchten hierzu künstlich hergestellte Membranvesikel. Diesen Vesikeln mischten sie bestimmte Abschnitte der Halobakterien mit Bakteriorhodopsin zu, Abb.2. In den folgenden Experimenten wurde der Versuchsansatz erweitert. Zusätzlich zum Bakteriorhodopsin wurde isolierte ATP-Synthase aus Halobakterien oder Mitochondrien aus Rinderherzmuskeln alternativ in die synthetischen Vesikel eingebaut.

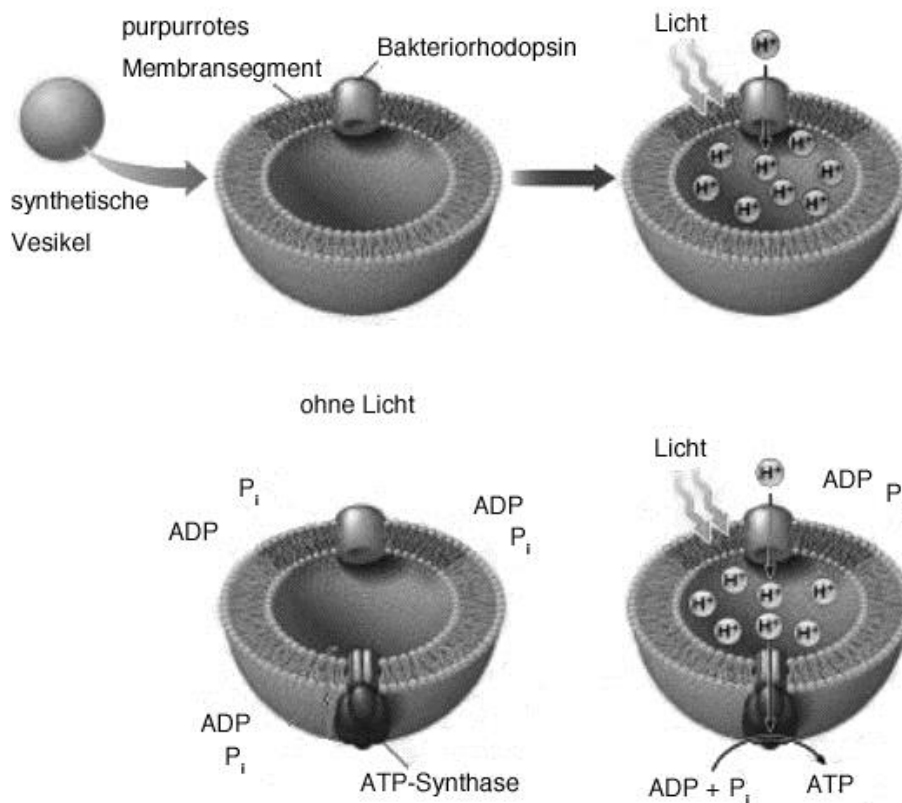


Abb. 2 Experimente mit synthetischen Vesikeln und Bestandteilen der Membranen von Halobakterien

Die Ergebnisse führten zu einem Modell an dem die Zusammenhänge erklärt werden können, Abb. 3.

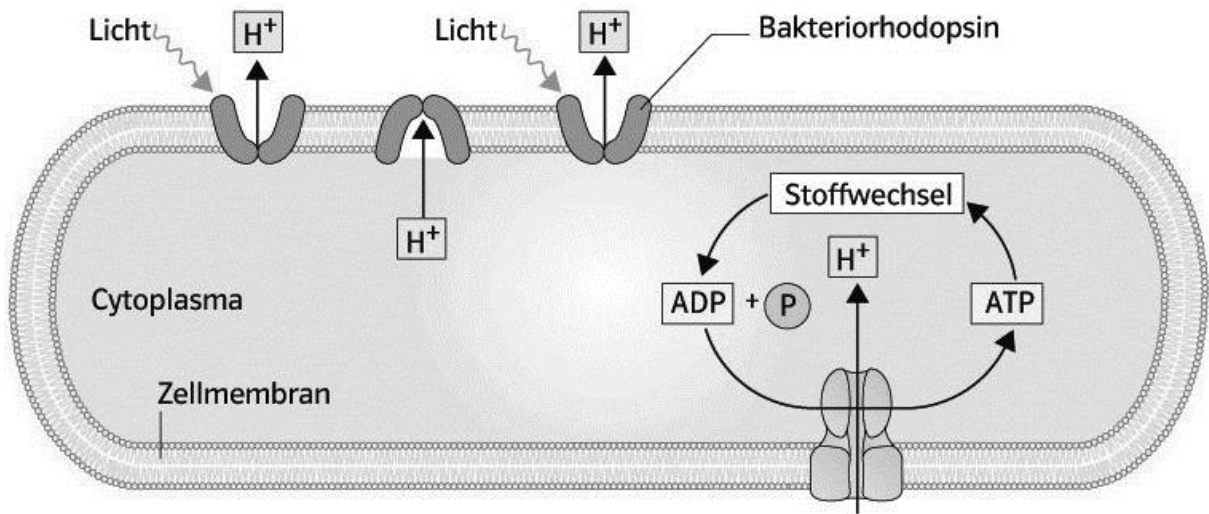


Abb. 3 Schematische Darstellung zur Überlebensstrategie der Halobakterien

Aufgaben:

1. Beschreiben Sie die in der Abb.1 dargestellte Grafik.
2. Stellen Sie die Zusammenhänge dar und gehen Sie auf die gestellte Ausgangsfrage ein.
3. Beschreiben Sie die beiden Versuche in Abb. 2.
4. Stellen Sie die Ergebnisse mit den Daten in Abb.1 in einen Zusammenhang. Erläutern Sie hierbei die Bedeutung des Experimentes mit der ATP-Synthase aus dem Rinderherzmuskel.
5. Beschreiben Sie kurz das schematisch dargestellte Modell in Abb. 3 und erläutern Sie, ob alle Untersuchungsdaten aus den Beobachtungen und Experimenten darin vorhanden sind.
6. Vergleichen Sie die experimentell gefundenen Vorgänge bei Halobakterien mit dem Vorgang der Fotosynthese bei grünen Pflanzen.

Lösungen

1. In Abb.1 wird der ATP- Gehalt in Halobakterien und der pH-Wert im umgebenden Medium bei Lichtdunkelwechsel dargestellt. Wird bei Dunkelheit Sauerstoff entfernt, sinkt der ATP-Gehalt von 100% auf 50 %, der pH-Wert bleibt unverändert.
Werden die Halobakterien belichtet sinkt der pH-Wert und der ATP-Wert steigt wieder auf 100%.
Bei erneuter Dunkelheit sinkt der ATP-Gehalt wieder und der pH-Wert steigt.
2. Durch Lichteinstrahlung auf die Halobakterien werden Protonen aus dem Inneren der Bakterien in das Medium gepumpt. Dies führt zu einer Zunahme des ATP-Gehalts. Die ATP-Synthese könnte das Überleben ermöglichen.
3. Es werden experimentell synthetische kleine Membranvesikel gebildet. In diese werden im 1. Experiment Teile der Halobakterienmembran mit Bakteriorhodopsin eingebaut. Sie werden in einem Experiment im Dunkeln und bei Licht auf den pH-Wert (Protonenkonzentration) und den ATP-Gehalt untersucht.
Im 2. Experiment wird zusätzlich ATP-Synthase in die Vesikelmembran eingebaut. Die ATP-Synthase kann dabei aus Halobakterien oder aus den Mitochondrien vom Rinderherzmuskel gewonnen sein.
4. Diese Protonenveränderungen werden über Bakteriorhodopsin unter Lichteinfluss bewirkt. Die Verringerung der Protonenkonzentration gegenüber dem Außenmedium führt zu einem Protonengradienten. Der Ausgleich erfolgt über die ATP-Synthase, die zur ATP-Bildung führt. Die Verwendung der ATP-Synthase aus den Mitochondrien zeigt deutlich, dass hier die gleichen Vorgänge ablaufen.
5. Das Schema in Abb. 3 zeigt ein Bakterienzelle, das Bakteriorhodopsin und die ATP-Synthase. Die Vorgänge der Protonenveränderung und der ATP-Synthese werden dadurch deutlich. Nicht deutlich werden die Vorgänge bei der Anwesenheit von Glukose und Sauerstoff.
6. Dieser Vorgang entspricht nur einem Teil der Fotosynthese. Der Protonengradient wird ebenfalls aufgebaut und ATP gebildet. Es entsteht jedoch kein $\text{NADPH} + \text{H}^+$, da keine Wasserspaltung stattfindet. Es findet dadurch auch keine Glukosesynthese (Synthesereaktion) statt.

Experimente zum Protonengradienten von Jagendorf

In den 1960-iger Jahren gab es verschiedene Hypothesen wie es zur Energieumwandlung während der Fotosynthese kommt. Eine chemische, welche davon ausging, dass über chemische Reaktionen im flüssigen Lumen der Chloroplasten, dem Stroma das ATP gebildet wird. Die zweite Hypothese war die chemieosmotische, welche davon ausging, dass an Membranen ein Protonengradient entsteht, dessen Kraft zur ATP-Bildung führt.

Der Wissenschaftler A.T. Jagendorf und seine Forschergruppe untersuchten isolierte Thylakoide unter diesen Aspekten, Abb.1. Die Thylakoide wurden im Dunkeln für eine gewisse Zeit in eine saure oder leicht alkalische Flüssigkeit gegeben. Gleichzeitig wurde ADP und radioaktiv markiertes Phosphat hinzugegeben. Danach wurde jeweils die neu gebildete ATP-Menge anhand des radioaktiv markierten ATPs gemessen. Die Ergebnisse ließen sich jedoch nur erzielen, wenn die Thylakoidmembranen intakt waren.

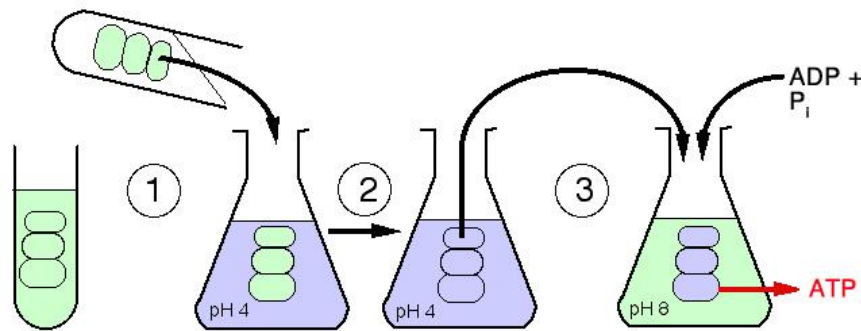


Abb.1 Jagendorf-Experiment mit isolierten Thylakoiden

Weitere Forschungsgruppen untersuchten die verschiedenen pH-Werte in den Thylakoidlumen und im umgebenden Stroma. Hierzu wurden die Thylakoide belichtet und die pH-Werte gemessen. Der pH-Wert im Thylakoidlumen sank auf 4 bis 4,5. Der pH-Wert in der umgebenden Flüssigkeit stieg auf 7,5 bis 8.

Anhand der verschiedenen Experimente der jeweiligen Forschergruppen entstand die schematische Modellvorstellung in Abb.2.

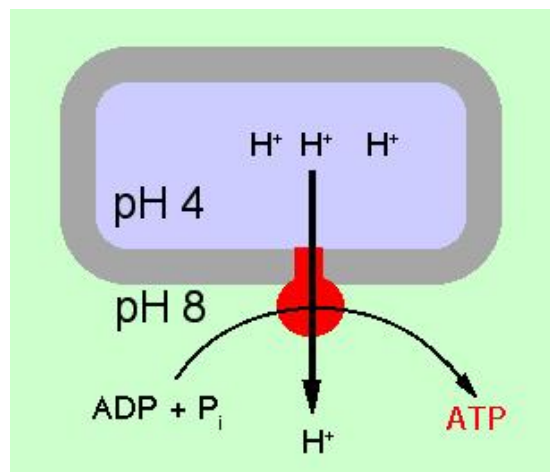


Abb. 2 Modellvorstellung mithilfe der Jagendorf-Ergebnisse

Aufgaben:

1. Fassen Sie das Experiment von Jagendorf anhand des Textes und Abb. 1 zusammen und vergleichen Sie dies mit den Ergebnissen der pH-Untersuchungen.
2. Erläutern Sie das Ergebnis mithilfe der Abb.2 und begründen Sie, weshalb die chemische Hypothese nicht bestätigt werden konnte.

Lösungen:

1. Jagendorf und sein Forscherteam wollten mithilfe der Experimente überprüfen, wodurch in den Chloroplasten ATP gebildet wird, Abb.1. Thylakoide wurden ohne Licht in ein saures oder leicht alkalisches Medium gegeben. Die Flüssigkeit in den Thylakoiden hatte zu Beginn des Experimentes den Wert von pH 7, dazu wurde die saure Flüssigkeit mit pH 4 (viele Protonen) gegeben. Nach einiger Zeit glich sich der pH-Wert in den Thylakoiden an. Es wurde nun ADP und radioaktiv markiertes Phosphat dazu gegeben. Danach wurde der umgebende pH-Wert auf pH 8 (leicht alkalisch, weniger Protonen) eingestellt. Nach 15 s erfolgte die Messung. Der pH-Wert in den Thylakoiden lag bei pH8 und es war radioaktiv markiertes ATP nachzuweisen.
2. In Abb. 2 sind die Vorgänge beim Jagendorf - Experiment schematisch dargestellt. In den Thylakoiden sieht man schematisch die Protonen und deren unterschiedliche Konzentrationen. Verdeutlicht wird, dass beim Austritt der Protonen aus den Thylakoiden in das umgebende Medium ATP gebildet wird. Da in dem umgebenden Medium sich nur die Protonenkonzentration ändert, jedoch keine chemische Reaktion abläuft, konnte man davon ausgehen, dass die chemiosmotische Hypothese und nicht die über chemische Reaktionen bestätigt werden konnte.

Laufen bei dem Vorgang der Fotoreaktion Redoxreaktionen ab?

Chloroplasten können aus den Blättern von Pflanzen isoliert werden. In den meisten Fällen werden weiche Blätter, wie vom Salat oder Spinat verwendet. Die Blätter werden in einer eiskalten Pufferlösung (pH-Wert bleibt unverändert) gemixt und anschliessend das Gemisch zentrifugiert. Die isolierten Chloroplasten können für Experimente verwendet werden. Der Wissenschaftler Hill und seine Arbeitsgruppe gab zu den isolierten Chloroplasten den Indikator DCPIP (Dichlorphenolindophenol), Abb.1. DCPIP ist ein blauer Redoxindikator, der durch die Aufnahme von Elektronen farblos wird. Die Veränderung der Blaufärbung wird mit einem Photometer gemessen, Abb.2.

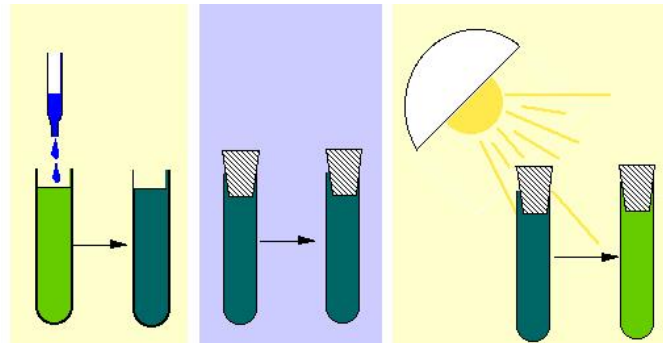


Abb.1 Isolierte Chloroplasten mit DCPIP

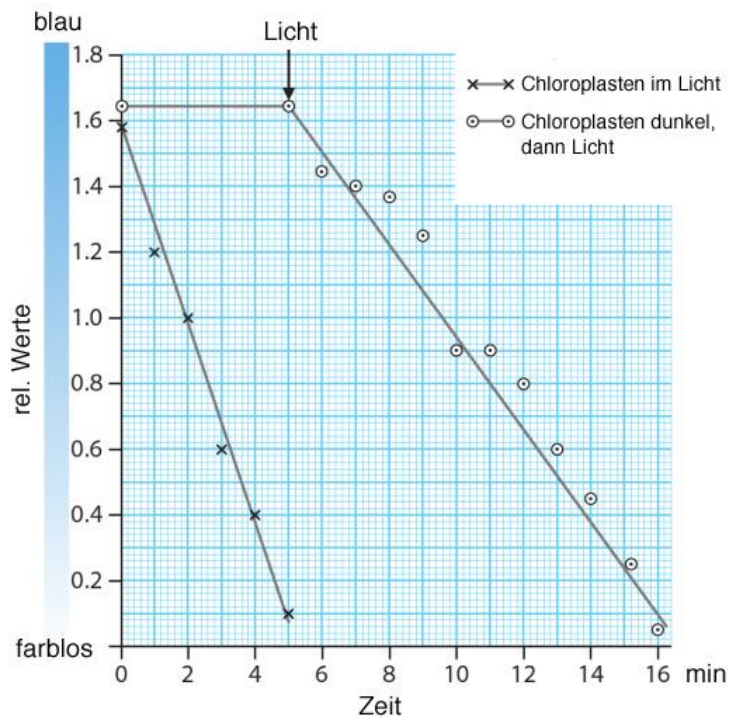





Abb.2 Messung der Entfärbung des DCPIP in Versuch 1 im Photometer

Aufgaben:

1. Beschreiben Sie mithilfe des Texts den Versuch in Abb.1.
2. Beschreiben Sie die Abb.2 und erläutern Sie welche Ergebnisse in Bezug auf die Fragestellung gefunden werden konnten.

Lösungen:

1. Isolierten Chlorosten wird in einem Reaktionsgefäß DCPIP zugegeben. Die Lösung ist dadurch bläulich gefärbt. In einem Versuch bleibt der Versuchsansatz im Dunkeln in einem zweiten wird die Lösung belichtet. Der Versuchsansatz im Dunkeln bleibt bläulich, der Versuchsansatz im Licht wird entfärbt.
2. DCPIP wird bei Lichtzugabe innerhalb weniger Minuten entfärbt. DCPIP wird bei Dunkelheit auch über mehrere Minuten nicht entfärbt. Erst bei Zugabe von Licht entfärbt sich der Redoxindikator. Der Vorgang ist etwas langsamer als bei der direkten Lichtzugabe. In Bezug auf die Fragestellung lässt sich die Aussage machen, dass durch das Licht während der Fotoreaktion Elektronen fließen müssen, da das DCPIP von der blauen in farblose Form überführt wird.

Gefährdungsbeurteilung	Sauerstoff-Nachweis mit Indigocarmin-Lösung LV/SV
Vorgang: Die Leukoform des Indigocarmins (blass gelb) wird in wässriger Lösung durch Zugabe von Natriumdithionit erzeugt. Elementarer Sauerstoff aus der Luft, aus Oxireiniger oder von Wasserpflanzen oxidiert den reduzierten Farbstoff wieder zur blauen Form.	
Beschreibung: Handversuch: Becherglasversuch: Der Farbstoff Indigocarmin in dunkelblauer Lösung wird mit einigen Kristallen Natriumdithionit gerade zum Umschlagspunkt zur blassgelben Leukoform reduziert. Bei Versuchen mit Pflanzen wird mit Öl überschichtet. Freier Sauerstoff oxidiert diesen Farbstoff wieder in die blaue Form.	
Schadensrisiko: Natriumdithionit reizt Haut, Augen und Schleimhäute. Bei der Aufnahme durch Verschlucken treten Verdauungs- und Herz-Kreislauf-Störungen auf. Natriumdithionit muss trocken aufbewahrt werden. Gefäß nach Entnahme <u>sofort</u> verschließen.	
Beteiligte Gefahrstoffe: Natriumdithionit [Gefahr] GHS02 GHS07	
 GHS02	(H251-302) Selbsterhitzungsfähig; kann in Brand geraten. Gesundheitsschädlich bei Verschlucken. (EUH 031) Entwickelt bei Berührung mit Säure giftige Gase (P370+378) Bei Brand: Trockenlöschmittel, Kohlenstoffdioxid (CO ₂), trockenen Sand oder Löschdecke zum Löschen verwenden.
 GHS07	Gefahr
Andere Stoffe: Indigocarmin (zugelassen als Lebensmittelzusatzstoff E 132), Öl	
Substitutionsprüfung durchgeführt Substitution nicht erforderlich: Risikominimierung durch Verwendung sehr geringer Stoffmengen und Arbeit unter Lehrerkontrolle, folglich risikoarmer Standardversuch unter Verwendung von Schutzbrille	
Besondere Sicherheitshinweise: Verwendung von Schutzbrille	
Maßnahmen/ Gebote: Entsorgung: Öl ggf. abtrennen und mit Papier aufnehmen, Farblösung mit viel Wasser in den Ausguss geben	
	Schutzbrille

Versuchsprotokoll zum Versuch: Sauerstoffnachweis bei Wasserpest mit Indigokarmin und Natriumdithionit

Fragestellung:

Wie lässt sich der gebildete Sauerstoff bei der Wasserpest nachweisen?



Materialien/Chemikalien:

- Bechergläser
- Glasstab, Spatel
- Natriumdithionit (einige Kristalle)
- Indigokarmin-Lösung (ca. 1mg/200 mL)
- Leitungswasser
- Öl

Sicherheitshinweis	
Natriumdithionit $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$	<i>alt</i> R- und S-Sätze R 7-22-31 S: (2)-7/8-26-28-43
	<i>neu:</i> H- und P-Sätze H: 251-302 EUH: 031

Versuchsdurchführung:

- Schritt 1): Zunächst wird die Indigokarmin-Lösung hergestellt. Man löst ca. 1 mg Indigokarmin (sehr kleine Spatelspitze) in 200 ml Leitungswasser. Die Lösung muss tiefblau sein.
- Schritt 2): Zu dieser blauen Lösung werden solange unter Rühren sehr kleine Mengen von festem $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ hinzugegeben, bis die Lösung gerade klar gelb wird.
- Schritt 3): Dann wird zügig ein Stängel Wasserpest hinzugegeben.
- Schritt 4): Zuletzt gibt man Öl auf die Wasseroberfläche. Die Pflanze sollte mit dem Öl möglichst wenig in Berührung kommen.
- Schritt 5): Man stellt die so vorbereitete Lösung samt Pflanze in das Sonnenlicht oder besser auf den angeschalteten OHP (hier 5 -10 min).

Versuchsbeobachtung:



Versuchsauswertung:

Erweiterte Fragestellung: Welche Teile der Pflanze sind fotosynthetisch aktiv?

1. GA (4 SuS): Entwickeln Sie mit Hilfe der vorliegenden Pflanze (z. B. Alpenveilchen) ein Experiment, das Aufschluss darüber gibt und führen Sie es durch.
2. EA: Halten Sie Ihre Ergebnisse stichpunktartig fest.
3. Stellen Sie Ihr Experiment vor und begründen Sie es.

Beobachtung	Versuchsauswertung
Löst man Indigokarmin in Wasser, färbt sich die Lösung tief blau.	Indigokarmin ist ein Carbonylfarbstoff, der Wasser blau färbt.
Nach Zugabe von $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ zur Indigokarmin-Lsg. färbt sich die Lösung gelb.	Indigokarmin wird durch Natriumdithionit zu Leuko-Indigokarmin (Indoxyl) reduziert.
Nach Zugabe der Wasserpest bilden sich an den Blättern blaue Schlieren.	Der reduzierte gelbe Farbstoff Indigokarmin wird durch den entstehenden Sauerstoff zu blauem Indigokarmin (= 5,5'-Natriumindigosulfat) oxidiert. Der Sauerstoff entsteht durch Elodea, die durch Sonnenlicht fotosynthetisch aktiv ist.
Erweiterte Fragestellung	
Alpenveilchen-Wurzeln und Blüten zeigen unter den gleichen Bedingungen wie in V1 keine Blaufärbung.	Wurzeln und Blüten besitzen keine fotosynthetisch aktiven Bereiche. Somit entsteht kein Sauerstoff, der reduziertes Indigokarmin/Indoxyl zum Indigokarmin oxidieren kann.

Ergänzungen:

Variation des CO_2 -Angebots

- Verwendung von abgekochtem Wasser im Vergleich
- Verwendung von Sprudelwasser im Vergleich: hier muss auf den pH-Wert geachtet werden, weil der Umschlagspunkt von der Leukoform in die blaue Form des Indigocarmins in einem pH-Bereich von 11-13 liegt.
Tipp: Leitungswasser mit einem Schuss Sprudelwasser und einer Spatelspitze KHCO_3 versetzen.

Untersuchung der Blattepidermis des flammenden Käthchens (*Kalanchoe blossfeldiana*) - Mikroskopie von Spaltöffnungen

Fragestellungen:

- Über welche Strukturen gelangt Kohlenstoffdioxid in das Blatt?
- Unter welchen Lichtbedingungen sind Spaltöffnungen geöffnet?

Aufgaben:

1. Stellen Sie ein Abzieh-Präparat der oberen Zellschicht der Unter- bzw. Oberseite eines Laubblatts des flammenden Käthchens her.
2. Mikroskopieren Sie diese Epidermis (dünnes durchsichtiges Häutchen) bei **100facher** Vergrößerung. (Bei sicherer Handhabung ist auch eine stärkere Vergrößerung möglich).
3. Fertigen Sie eine Skizze an. Notieren Sie Ihre Beobachtungen.



Präparation der oberen bzw. unteren Blattepidermis von dem flammenden Käthchen (*Kalanchoe blossfeldiana*)

Material:

Laubblatt des flammenden Käthchens,
Lampe oder Sonnenlicht (Standort: Fenster),
Papphülle oder Alufolie zum Abdunkeln eines Blatts (12h),
Tropfpipette,
Pinzette, Präpariernadel,
Mikroskop, Objektträger, Deckgläschen,
Wasser



Durchführung:

- Schritt 1: Geben Sie einen Tropfen Wasser auf den Objektträger.
Schritt 2: Knicken Sie das Blatt des flammenden Käthchens so, dass auf der Blattober- bzw. -unterseite ein Gewebebruch entsteht!
Schritt 3: Ziehen Sie mit der Pinzette an dieser Kante eine dünne Zellschicht (Epidermis) von der Blattober- oder -unterseite ab, übertragen Sie diese sofort in den Wassertropfen und decken Sie das Objekt mit einem Deckgläschen ab.

Erweiterte Aufgabenstellung:

4. Stellen Sie einen Blattquerschnitt her.
5. Fertigen Sie eine Skizze an und notieren Sie Ihre Beobachtungen.

Untersuchung der Blattepidermis des flammenden Käthchens (*Kalanchoe blossfeldiana*) - Mikroskopie von Spaltöffnungen

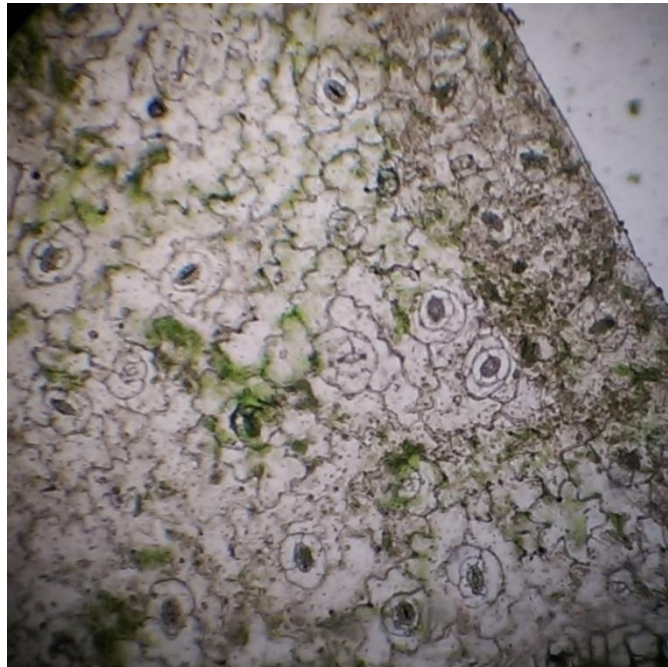
Lösungen:

- Die obere und untere Epidermis enthalten Spaltöffnungen: jeweils zwei sich gegenüber liegende „bananenförmige“ Zellen – die Schließzellen. Sie enthalten Chloroplasten. Die Zellen sind umgeben von Nebenzellen, darum befinden sich unregelmäßig geformte, mit einander verzahnte Zellen – die „normalen“ Epidermiszellen. Amphistomatischer Blattpfand (Spaltöffnungen auf der Blattober- und Blattunterseite).
- Belichtete Blattstellen zeigen meist geöffnete, abgedunkelte Stellen nur geschlossene Stomata
- Die Blätter sind Wasserspeicherblätter mit einem mehrschichtigen Mesophyll aus einheitlichen Zellen mit gut erkennbaren Chloroplasten. Eine Gewebsdifferenzierung fehlt. Bei längerer Betrachtung kann Gasbildung durch die Fotosyntheseaktivität stören.

Untere Epidermis

(400x)

mit geöffneten
und
geschlossenen
Stomata



Blattquerschnitt

(400x)



Hinweis: *Kalanchoe* gehören zu den fakultativen CAM-Pflanzen. Durch Kurztagbedingungen wird bei *Kalanchoe blossfeldiana* CAM ausgelöst, durch Langtagbedingungen wird normale C3-Photosynthese ausgelöst.

Versuchsprotokoll zum Versuch: Fluoreszenz eines Chlorophyllextrakts aus Küchenkräutern


Fragestellung:

Was passiert mit dem Chlorophyll-Molekül, wenn Licht darauf trifft?



Materialien/Chemikalien:

- 3 Marmeladengläser (1 normal, 2 klein)
- 1 Esslöffel
- 1 Filtertrichter, 1 Filterpapier
- Uhr
- LED-Taschenlampe (oder Handy-Taschenlampe)
- Küchenkräuter, gefriergetrocknet
z.B. Basilikum-Blätter
- Spiritus
- ggf. demineralisiertes Wasser

Sicherheitshinweis	
Spiritus (Ethanol, vergällt) C ₂ H ₅ OH	<i>alt</i> R- und S-Sätze R 11 S: (2)-7-16
 GHS 02	<i>neu:</i> H- und P-Sätze H: 225 P: 210

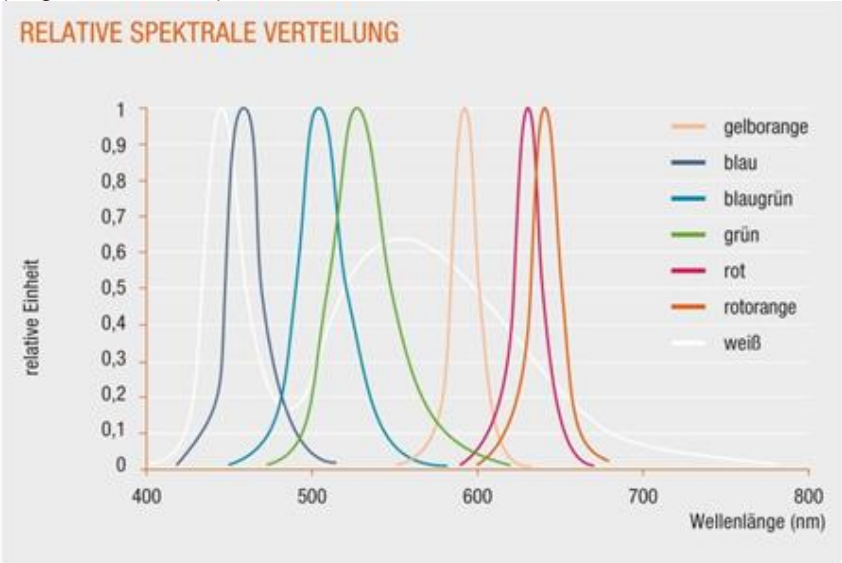
Versuchsdurchführung:

- Schritt 1): Zunächst wird der Chlorophyllextrakt hergestellt. Man gibt dafür 2 gehäufte Esslöffel Basilikum-Blätter in das größere Marmeladenglas und fügt 50 mL Spiritus dazu.
- Schritt 2): Diese Mischung wird 5 Minuten lang geschüttelt.
- Schritt 3): Danach wird die Lösung in das kleine Marmeladenglas filtriert. Abschließend wird das Glas fest verschlossen.
- Schritt 4): Ein weiteres kleines Marmeladenglas wird mit einem vergleichbaren Volumen von Spiritus gefüllt und verschlossen.
- Schritt 5): In einem völlig abgedunkelten Raumbereich werden sowohl der Chlorophyllextrakt als auch der Spiritus von der Seite mit der LED-Taschenlampe bestrahlt.

Versuchsbeobachtung:



Versuchsauswertung:

Beobachtung	Versuchsauswertung
<p>Der alkoholische Chlorophyllextrakt ist ohne Beleuchtung blaugrün, klar durchsichtig.</p>	<p>Die Blattfarbstoffe (hier hauptsächlich Chlorophyll a) sind gut in Ethanol (Lösemittel mit einem polaren und einem unpolaren Molekülbereich) löslich, weil sie aus dem polaren / hydrophilen Porphyrinring und dem unpolaren/ lipophilen Phytolrest aufgebaut sind.</p>
<p>Bei Belichtung mit dem weißen Licht der LED-Lampe, erscheint der Chlorophyllextrakt dunkelrot und nicht durchsichtig.</p>	<p>Grundlagen: Spektrum der LED-Lampe „Um weiß leuchtende LED erzeugen zu können, gibt es zwei Möglichkeiten: Entweder fasst man mehrere LED-Chips unterschiedlicher Farbe in einem gemeinsamen LED-Gehäuse zusammen und mischt so die verschiedenen Farbanteile zu weißem Licht, oder man versieht die blau leuchtende LED mit einer internen Leuchtschicht, die ein Teil des blauen Lichtes in gelbes Licht umwandelt, um so alle Spektralanteile zu erzeugen, die für weißes Licht erforderlich sind.“ (Additive Farbmischung) Quelle: http://www.led-info.de/grundlagen/leuchtdioden/weisslicht-led.html (Zugriff: 12.7.2015)</p>  <p>Quelle: http://www.osram.de/osram_de/news-und-wissen/led-home/professionelles-wissen/led-grundlagen/lichtfarben/index.jsp (Zugriff 12.7.2015)</p> <p>Grundlagen: Fluoreszenz ist die spontane Abgabe von Licht, kurz nachdem ein Atom oder Molekül mit Licht angeregt wurde. Das abgegebene Licht ist energieärmer als das absorbierte Licht.</p> <p>Vom Chlorophyll im Extrakt wird der energiereiche, kurzwellige (blau) Lichtanteil des LED-Spektrums absorbiert. Das Fluoreszenzlicht verdeutlicht, dass Chlorophyll in vitro seine Fähigkeit verloren hat, Lichtenergie in freie Reaktionsenthalpie umzuwandeln: Chl a kann keine fotochemische Arbeit durch Elektronenabgabe an einen Elektronenakzeptor auslösen. Die angeregten Elektronen fallen unter Abstrahlung von längerwelligem, energieärmerem Licht (rot/ Fluoreszenzlicht) zurück in den Grundzustand. Ethanol als Kontrollprobe zeigt keine Rotfluoreszenz.</p>

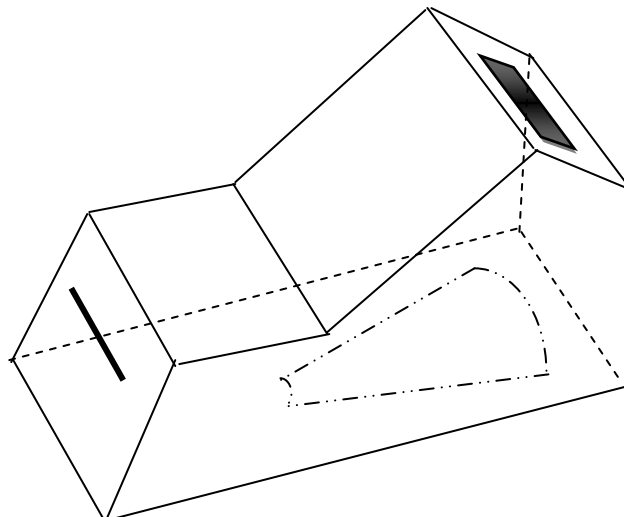
Hinweis: Der Chlorophyllextrakt lässt sich abgedunkelt (verschlossenes Glas mit Aluminiumfolie umwickelt) bei Zimmertemperatur etliche Tage problemlos aufbewahren.

Ergänzung: Der Chlorophyllextrakt kann zusätzlich für z.B. DC-Chromatographie eingesetzt werden. Neben den – entsprechend des Laufmittels – gut getrennten Farbpigmentbanden ist noch eine weitere Bande von Abbauprodukten (grau-grün) zu finden.

Bastelanleitung für ein Spektroskop (von Geolino)

Material:

- 1 Bastelvorlage
- 1 Schwarzes Tonpapier
- 1 Lineal
- 1 Schere
- 1 Klebestift
- 1 „Tortenstück“ einer CD



Anleitung (Dauer ca. 30 min):

Schritt 1: Schneide die Bastelvorlage grob aus und klebe sie auf das schwarze Tonpapier.

Schritt 2: Schneide die Vorlage sorgfältig entlang dem Rand aus.

Schneide ebenfalls die beiden weißen Rechtecke – das Sichtfenster und den schmalen Lichtschlitz – genau aus.

Schritt 3: Ritze auf der Rückseite das Tonpapier mit der Schneidekante der Schere hinter der gestrichelten Linie an. Lege dafür das Lineal passend an.

Schritt 4: Falte das Ganze entlang der gestrichelten Linien.

Schritt 5: Schneide ein "Tortenstück" aus der CD heraus: am äußeren Rand ungefähr 2,5 cm breit!

Dabei kann am Rand die Metallbeschichtung etwas abblättern, was nicht stört.

Schritt 6: Klebe das CD-Stück innen auf den Boden des späteren Spektroskops, mit der beschrifteten Seite nach unten.

Achtung: Bringe den Klebstoff auf das Tonpapier auf, nicht auf das CD-Stück!

Schritt 7: Verklebe nun nacheinander die Klebelaschen mit den Seitenteilen lückenlos, damit später kein Lichteinfall stört.

Vgl. Fotostrecke bei GEOlino:

<http://www.geo.de/GEOlino/kreativ/basteln/licht-basteltipp-spektroskop-73965.html?p=1>

Aufgabe:

Halte das Spektroskop in Richtung verschiedener Lichtquellen und schaue durch das Sichtfenster. Notiere deine Beobachtungen!

Sonnenlicht	Leuchtstoffröhre	LED-Lampe (Leuchtdiode)

Lösungen:

- Die Zerlegung des weißen Lichts in die Spektralfarben gelingt bei diesem Versuch an einem Gitter (CD), nicht mit einem Prisma!
Diese Zerlegung des weißen Lichtes in die Spektralfarben beruht auf wellenlängenabhängigen Interferenzen bei der Reflexion auf der Oberfläche der CD. Es kommt dabei zu einer Verstärkung oder zu einer Auslöschung verschiedener Wellenlängen (Farben).
Für jede Wellenlänge ergibt sich ein optimaler Reflexionswinkel.
- Je breiter der Lichtschlitz ist, desto mehr Licht fängt das Spektroskop ein und folglich können auch schwache Lichtquellen untersucht werden, aber die Spektrallinien werden unschärfer.
- Bei diesem CD- Spektroskop entstehen zwei Spektren nacheinander.
Die Farbränge von zwei „Regenbögen“ mit der typischen Abfolge von blau (innen) nach rot (außen) gehen ineinander über. Die innersten Bögen auf der CD leuchten am stärksten. Man spricht von Bögen „erster, zweiter usw. Ordnung“.



- Wenn man beim Betrachten des Lichtspektrums das Spektrometer nach links dreht, dann erhält man die aus der Schulbuchliteratur bekannte Abbildung



Sonnenlicht	Leuchtstoffröhre	LED-Lampe (Leuchtdiode)
Farbfolge von blau (-lila) über grün, gelb nach rot (d.h. blaues Licht wird in Bezug auf die einfallenden Lichtstrahlen am wenigsten stark am Gitter der CD gebeugt, rotes Licht am stärksten)		
Fließender Farbübergang Beispiel für ein „kontinuierliches Spektrum“	Deutlich voneinander abgegrenzte Farblinien (Farb- banden) Beispiele für ein „diskretes Spektrum“	

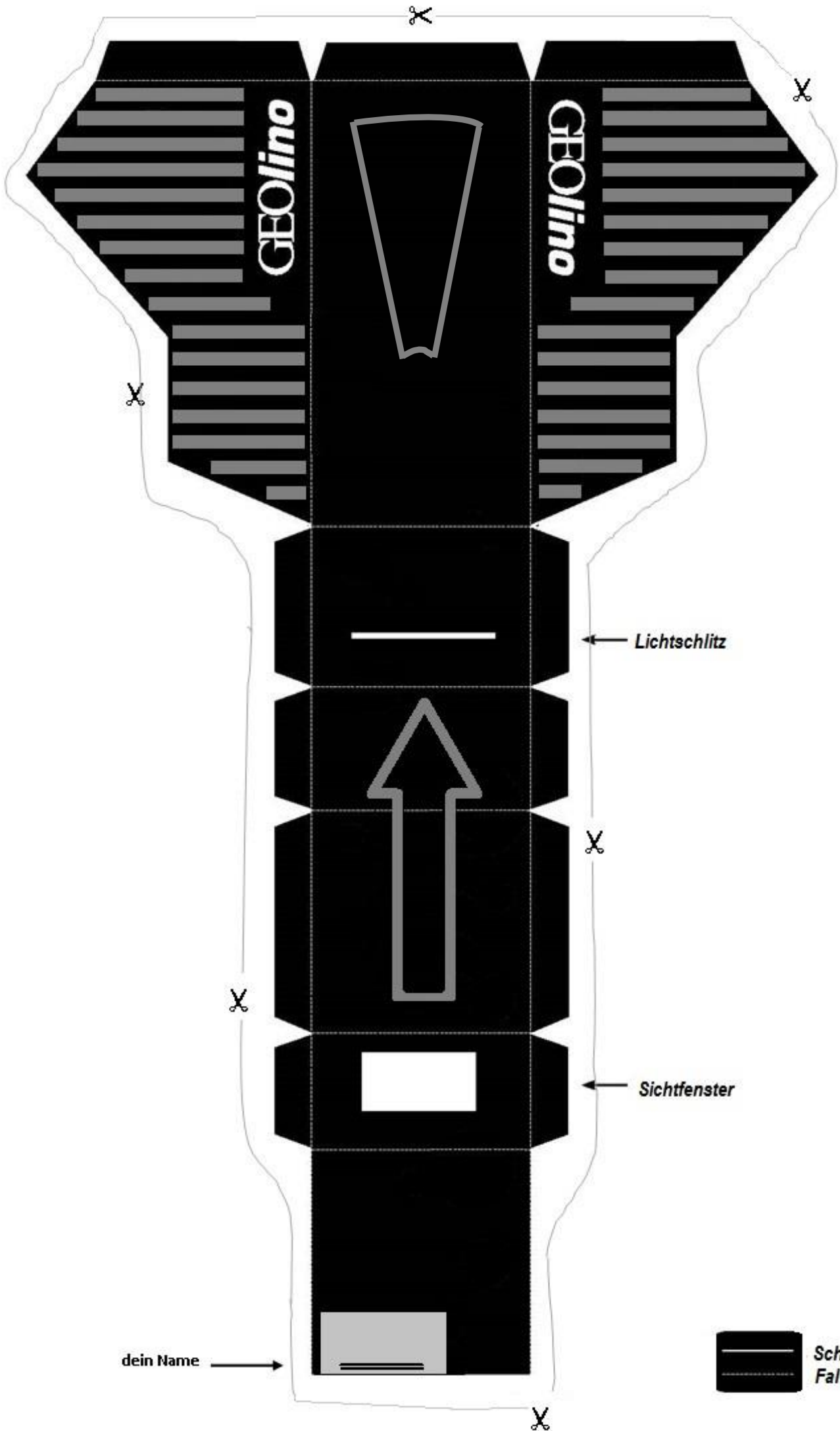
Quellen:

<http://www.geo.de/GEOlino/kreativ/basteln/licht-basteltipp-spektroskop-73965.html?p=1>

<http://www.schul-lab.de/schul-lab/Material/UnterMat/AH/AH1956%20CD-Spektroskop.pdf>

<http://www1.wdr.de/fernsehen/wissen/quarks/sendungen/spektrometer100.html>

<http://www.wdr.de/tv/applications/fernsehen/wissen/quarks/flash/spektrometer/flashpopup.jsp> (Sendung am 1.6.2010)



GEOlino

GEOlino

Lichtschlitz

Sichtfenster

dein Name

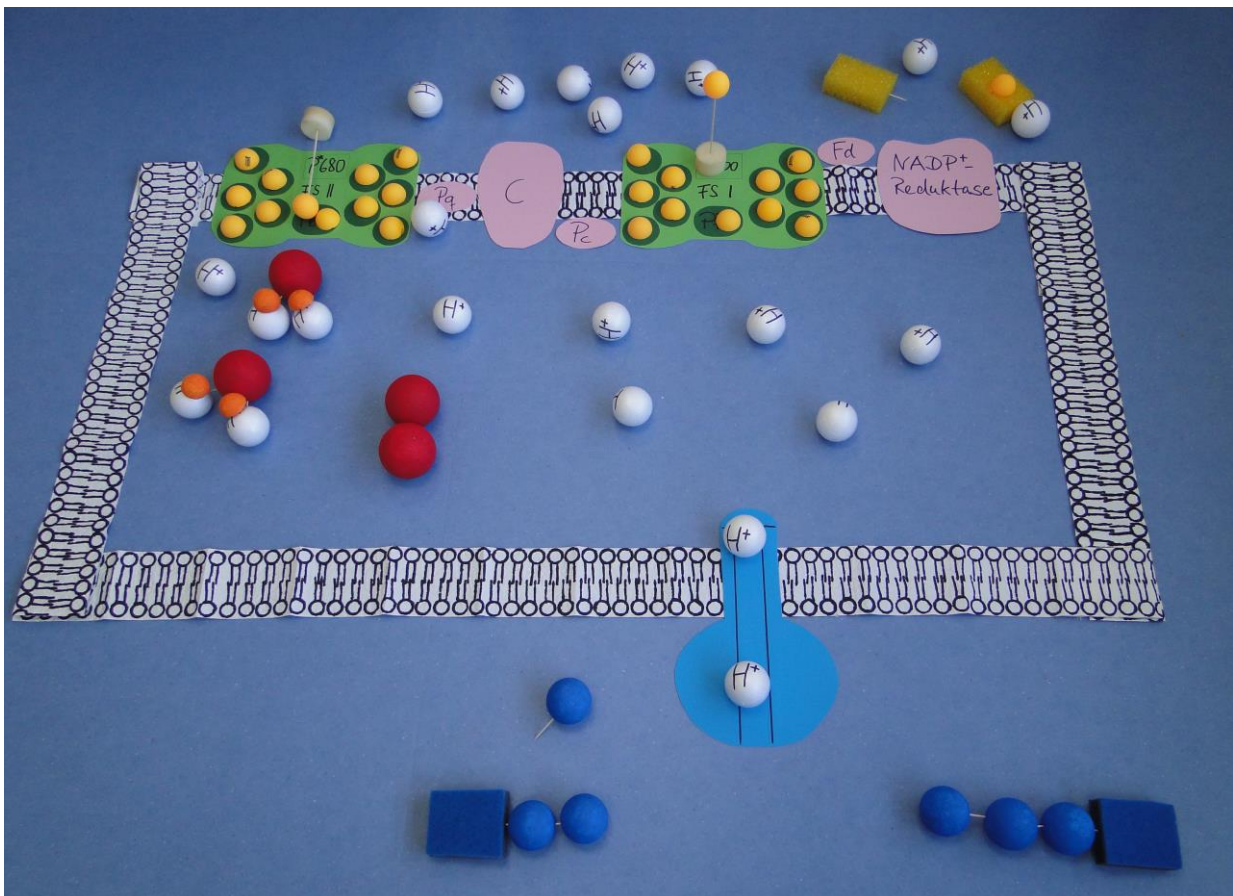


Schneiden
Falten

Bewegliches Modell zur Lichtreaktion

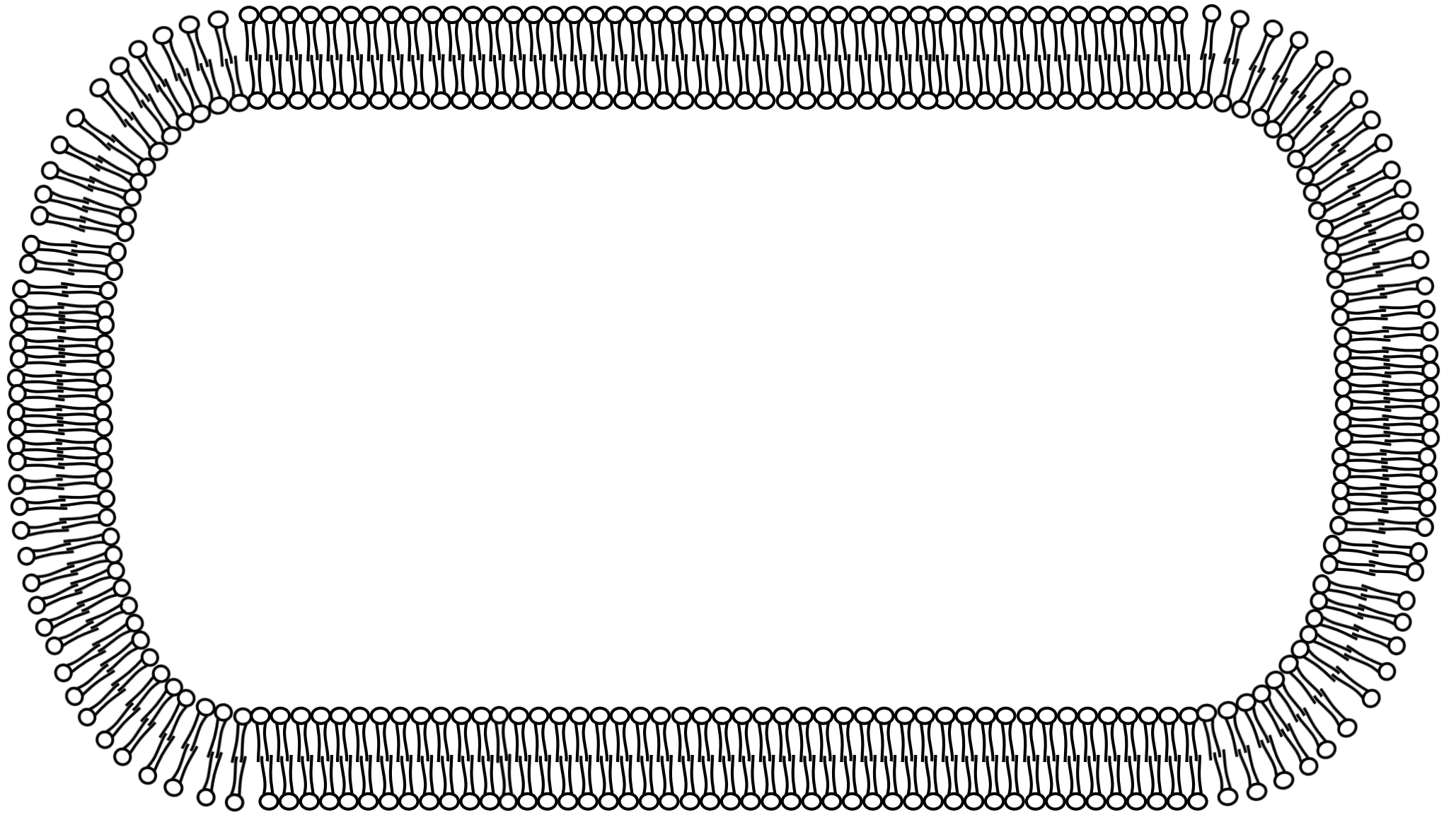
Material:

- 1 Band Lipid-Doppelschicht (ca. 6 m, z. B. Toilettenpapier)
- 7 bunte Tonpapiere (2 dunkelgrün, 2 hellgrün, 2 rosa, 1 hellblau)
- 1 Lineal
- 1 Schere
- 1 Klebestift
- 1 schwarzer Permanent-Marker
- 18 gelbe Tischtennisbälle (4 ganze, 14 halbierte, → Elektronen)
- 4 Styropor-Kugeln (Ø 80 mm, mit roter Plaka-Farbe bemalt → Sauerstoff)
- 22 Styropor-Kugeln (Ø 60 mm, weiß, als H^+ beschriftet → Proton)
- 6 Styropor-Kugeln (Ø 60 mm, mit blauer Plaka-Farbe bemalt → Phosphor)
- 2 blaue Schwämme (→ Adenosin)
- 2 gelbe Schwämme (→ $NADP^+$)
- 2 Schaumgummi-Unter-setzer (oder Styroporblöcke)
- Stecknadeln
- Zahnstocher
- Schaschlik-Spieße
- 1 Taschenlampe
- 1 Smartphone o.ä. (mit App StopMotionFilm)
- Stativmaterial



Verändert nach:

Photosynthesis Video 1/3: The Light-Dependent Reactions (Including Linear Electron Flow)
<https://www.youtube.com/watch?v=qj-LrUEzFCM>



Bewegliches Modell zur Synthesereaktion

Material:

- 1 buntes Tonpapier (grau)
- 1 buntes Tonpapier (rot)
- 12 Styropor-Kugeln (Ø 60 mm, mit schwarzer Plaka-Farbe bemalt → Kohlenstoff)
- 4 Styropor-Kugeln (Ø 60 mm, mit blauer Plaka-Farbe bemalt → Phosphor)
 - Aus Lichtreaktion bereits vorhanden:
 - 1 schwarzer Permanent-Marker
 - 2 ATP (2 blaue Schwämme+ 2x3 Styropor-Kugeln:
Ø 60 mm, mit blauer Plaka-Farbe bemalt → Phosphor)
 - 2 gelbe Schwämme + 2 gelbe halbierte Tischtennisbälle +
 - 2 gelbe ganze Tischtennisbälle auf Schaschlik-Spießen/
 - 2 Schaumgummi-Untersetzer (oder Styroporblöcke)
 - Stecknadeln
 - Zahnstocher

- 1 Smartphone o.ä. (mit App StopMotionFilm)
- Stativmaterial



Verändert nach:
 Photosynthesis Video 2/3: The Calvin Cycle
<https://www.youtube.com/watch?v=a4vusgDIwbc>

Stop Motion Filme in der Schule

Wichtige Kriterien sind:

- Ein Stativ oder ein **fester Standort für die Kamera oder Handykamera**, damit keine unruhigen Bilder im Film die Wahrnehmung stören,
- **eine gleichmäßige Beleuchtung**, da ansonsten ein störendes Bildflackern entsteht,
- ein **gut durchdachtes Drehbuch**, das folgende Faktoren berücksichtigen sollte:
 1. Die SuS schreiben vorher genau auf, was in der ersten Szene gezeigt werden soll (ggf. werden Hilfekarten vom/n der Lehrer/in bereitgestellt). Diese Szenenbeschreibung wird als Storyboard/Drehbuch bezeichnet.
 2. Die Bausteine des Modells müssen zu der Szene passen.
 3. Die Veränderungen von einer Szene zur nächsten müssen erkennbar sein.
 4. Die Veränderungen müssen möglichst logisch aufeinander folgen, um den Ablauf der Fotosynthese oder den Calvin-Zyklus zu verdeutlichen.

Tipps und Anleitungen im Internet:

- www.stopmowntutorials.com.

Programme, um aus den Einzelbildern einen Film zu erstellen, gibt es als **kostenlose Software im Internet**. Eine Liste solcher Programme findet man unter

- computerbild.de.

Für Kulissen, Tipps und Ideen lohnt sich:

- Trickfilmwerkstatt

Stop Motion Filme in der Schule

1. Storyboard/Drehbuch zur Fotosynthese: Fotoreaktion

Szene Nr.	Bild	Text	Requisite
	Ggf. am Aufbau eines Chloroplasten	Einführung: Fotosynthese – Prozess zum Aufbau organischer Substanzen mit Hilfe von Strahlungsenergie durch zwei funktionell und räumlich getrennte Prozesse: 1. Lichtreaktion in den Thylakoiden der Chloroplasten zur Bildung von Energie- (ATP) und Reduktionsäquivalenten (NADPH+H ⁺) 2. Synthesereaktion (Calvin-Zyklus) im Stroma zur Herstellung von Kohlenhydraten durch Fixierung von CO ₂	Ausgangssituation Bau Chloroplasten (ggf. fertiges Modell oder Selbstbau) Hinweis auf Chloroplastenpigmente: Chlorophyll a und b, Carotinoide decken das Absorptionsspektrum von 400-700 nm ab, Chl a und b absorbieren im blauen und roten Spektralbereich. Hinweis auf LHC mit Antennenfunktion: (light harvesting complex: Chla+Chlb+Carot). LHC + Übertragung der Photonen auf Reaktionszentren (P680, P700) →Antrieb für nichtzykl. e-Transport
1	Chlorophyll Fotosystem II (PSII) Antennenpigmente P680→P680* Licht Elektronen angeregte Elektronen Wassermoleküle Protonen und Sauerstoff	Absorption von Photonen → Anregung von Elektronen im Chlorophyll	Taschenlampe Anheben der halben Tischtennisbälle P680 von zwei e ⁻ besetzt
2		Lichtenergie führt dann zur Anregung von Elektronen im Chlorophyll a P680 im Reaktionszentrum → Chla wird oxidiert →Elektronenlücke entsteht	P680 – Anregung der e ⁻ →P680* Fotosystem II
3	Wassermolekül im Thylakoidinnenraum Protonen Sauerstoff	Photolyse des Wassers →Elektronen dienen dazu, Elektronenlücke im P680 zu schließen. Gleichzeitige Bildung von Protonen und Sauerstoff als Abfallprodukt	Wassermolekül trennen →2 Protonen und ein (halbes) Sauerstoffmolekül Thlykoidinnenraum
4	Angeregtes Elektron Plastochinon Thylakoidmembran	Elektronentransportkette in der Membran: Angeregte e ⁻ werden auf Plastochinon (PQ) übertragen, das durch Aufnahme von Protonen zu einem mobilen Carrier für die Elektronen wird. (ggf. Hinweis auf PQ →PQH ₂)	Plastochinon (PQ) Bewegung des PQ in der Thylakoidmembran zum Cytochrom
5	Protonen	Protonen dringen vom Stroma in den Thylakoidinnenraum (bei Weitergabe der e ⁻ reagiert PQH ₂ zu PQ, die freien Protonen gelangen in den Thylakoidinnenraum).	Protonenbewegung vom Stroma in den Thlykoidinnenraum

6	Angeregte Elektronen PQ Cytochrom	Elektronentransportkette in der Membran: Angeregte e^- werden auf einen Cytochromkomplex (C, Cytochrom b 6 wird reduziert) übertragen.	Angeregtes e^- Bewegen von e^- vom PQ zu C
7	C Plastocyanin	Elektronentransportkette in der Membran: Angeregte e^- werden vom Cytochromkomplex auf den mobilen Carrier Plastocyanin (PC) übertragen.	Angeregtes e^- Bewegen von e^- vom C zu mobilen PC
8	PC Fotosystem I (PSI) mit P700	Elektronentransportkette in der Membran: Vom PC werden die e^- auf das Fotosystem I übertragen und schließen dort die Elektronenlücke (diese Elektronenlücke entsteht durch vorherige Übertragung der e^- auf den primären e^- -Akzeptor des PSI) Hinweis: weitere Anregung durch Licht notwendig, da die Energie in den angeregten e^- auf ihrem Weg durch die Membranproteine abgebaut wird.	Angeregtes e^- Bewegen von e^- vom mobilen PC zum PSI zum P700 Taschenlampe zur erneuten Anregung der e^-
9	Fotosystem I (PSI) mit P700 Ferredoxin (Fd)	Elektronentransportkette in der Membran Angeregte e^- werden vom PSI zum Ferredoxin (Fd) weiter geleitet.	Bewegen von e^- vom PSI zum Ferredoxin (Fd)
10	Fd Enzym NADP-Reduktase	Elektronentransportkette in der Membran Angeregte e^- werden vom Ferredoxin (Fd) auf das Enzym NADP-Reduktase (genauer Ferredoxin-NADP-Reduktase) übertragen.	Fd in der Membran mit angeregtem Elektron zum Enzym NADP-Reduktase bewegen
11	Enzym NADP NADPH+H ⁺ 2 Elektronen 2 Protonen	Enzym NADP-Reduktase reduziert mit den zwei erhaltenen Elektronen und zwei Protonen aus dem Stroma NADP ⁺ zu NADPH+H ⁺ .	Hinweis auf 2 Elektronen und 2 Protonen Beide Moleküle (NADP ⁺ und NADPH+H ⁺) zeigen
12	Abschluss - Bedeutung	Ende des nicht-zyklischen Elektronentransports: Aufbau eines Protonengradienten →höhere Konzentration an Protonen im Thylakoidinnenraum im Vergleich zum Stroma (ggf. Hinweis auf den pH-Wert, im Innenraum kann der pH bei 5 und im Stroma bei pH 8 liegen)	Hohe Protonenkonzentration im Inneren – viele weiße Styroporkugeln
13	ATP-Synthase ADP + P ATP Protonen	Protonengradient führt zu einem auswärts gerichteten Protonenstrom →Protonenpumpe wirkt als ATP-Synthase	Abbau des Protonengradienten - Protonen über die Synthase rollen und ins Stroma strömen lassen.
14	ATP-Synthase ADP + P ATP Protonen	Aus ADP + P entsteht ATP. Protonen verlassen den Thylakoidinnenraum über Synthase und strömen in das Stroma → Abbau des Protonengradienten und Bildung des Energieäquivalents ATP	Protonen durch das Enzym ATP-Synthase rollen lassen. Beide Moleküle (ADP + P und ATP) im Stroma zeigen.

Stop Motion Filme in der Schule – Calvin-Zyklus

2. Storyboard/Drehbuch zur Synthesereaktion / zum Calvin-Zyklus

Szene Nr.	Bild	Text	Requisite
	Ausgangsmolekül CO ₂	Einführung: Calvin-Zyklus – CO ₂ diffundiert über die Stomata in die Blätter	Ausgangssituation Blattmodell
	Stroma Chloroplast Enzym RuBisCO (Ribulose-1,5-bisphosphat-carboxylase/-oxygenase) C5-Körper – Ribulose-Bisphosphat	Fixierung (Carboxylierung) des CO ₂ durch RubisCO	
1	C5-Körper CO ₂ RuBisCO	Übertragung von CO ₂ durch RubisCO auf den energiereichen C5-Körper Ribulose-Bisphosphat	Karte mit RuBisCO C5-Körper (5 schwarze Kugeln mit 2 Phosphatgruppen) Schwarze Kugel für CO ₂
2	C6-Körper (3)	Kurzfristige Bildung eines instabilen C6-Körpers	C-Fixierung an den C5-Körper zur Bildung eines C6-Körpers
3	C3-Körper 3-PG (6)	Schnelles Zerfallen des C6-Körpers in zwei C3-Körper (3-Phosphoglycerat)	Trennen des C6-Körpers (3) in zwei C3-Körper (6)
4	C3-Körper C3-Körper phosphoryliert ATP (6)	Phosphorylierung des C3-Körpers 3-Phosphoglycerat zu 1,3-Bisphosphoglycerat unter Verbrauch von ATP (reagiert zu ADP)	Anhängen einer Phosphatgruppe vom ATP an den C3-Körper ADP (6) bleibt übrig
5	C3-Körper bisphosphoryliert C3-Körper einfach phosphoryliert NADPH+H ⁺ (6)	Reduktion von 1,3-Bisphosphoglycerat zu Glycerinaldehyd-3-phosphat (GAP) durch NADPH+H ⁺ [Die Carboxylgruppe des 3-Phosphoglycerats kann leicht mit Hilfe von NADPH+H ⁺ reduziert werden. Die Verbindung wird erneut energiereich und kann eine Phosphatgruppe abspalten. Das katalysierende Enzym ist die Licht-aktivierte Glycerinaldehyd-3-phosphat-Dehydrogenase, weshalb der Begriff Dunkelreaktion keinen Sinn macht.]	Reduktion durch NADPH+H ⁺ (6) C3-Körper mit zwei Phosphatgruppen wird durch Reaktion mit NADPH+H ⁺ energiereich und gibt P (6) ab.

6	C3-Körper GAP (6) C5-Körper Ribulose-Bisphosphat (3)	Reorganisation und Regeneration des C5-Körpers Ribulose-5-phosphat (3) mit Hilfe des C3-Körpers GAP (5) Ohne Regeneration würde der Calvin-Zyklus beendet sein.	1 GAP wird für die Herstellung von Glucose zur Seite gelegt. Die restlichen GAP-Moleküle (5) dienen zur Regeneration von Ribulose-1,5BP
7	C5-Körper Ribulose-5-phosphat (3) C5-Körper Ribulose-Bisphosphat (3) ATP (3)	Reorganisation des C5-Körpers Ribulose-5-phosphat (3) mit Hilfe von ATP zu Ribulose-Bisphosphat (3)	
8	H ₂ O (3) CO ₂ (3) C6-Körper C3- Körper 3-Phosphoglycerat	Beginn	Siehe oben!

Kleine Auswahl von nützlichen Internet-links

Animationen

ATP-Synthase

<https://www.youtube.com/watch?v=3y1dO4nNaKY> (Gradients (ATP Synthases))

<https://www.youtube.com/watch?v=PjdPTY1wHdQ> (ATP Synthase) mit H⁺-Gradient

<https://www.youtube.com/watch?v=W3KxU63gcF4> (The ATP Synthase Enzyme)
mit dt. Untertiteln

<https://www.youtube.com/watch?v=GM9buhWjIA> (Molecular animation of ATP synthase)

Fotosynthese

http://www.chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/chemie-interaktiv/ein_fall_fuer_zwei/effz_elektronentransportkette.swf

<http://www.chemie-interaktiv.net/lernprogramme.htm#>

Bergische Universität Wuppertal, Chemie interaktiv:

2. Lernsequenz "VON DER PFLANZE ZUM PHOTOSYSTEM" als [FLASH-VERSION](#)

<https://www.youtube.com/watch?v=YeD9idmcX0w> (Photosynthesis)

PearsonMarketingC2's channel: Demonstration von Licht- und Dunkelreaktion

Bewegliches Modell (Tutorium von Simon Fraser University):

Photosynthesis Video 1/3: The Light-Dependent Reactions

(Including Linear Electron Flow) <https://www.youtube.com/watch?v=qj-LrUEzFCM>

Photosynthesis Video 2/3: The Calvin Cycle

<https://www.youtube.com/watch?v=a4vusgDIwbc>

Photosynthesis Video 3/3: Cyclic Electron Flow

<https://www.youtube.com/watch?v=NG-YnMFkK78>

Planet Schule: Die Fotosynthese

<https://www.planet-schule.de/sf/php/mmewin.php?id=97>

Hintergrundinformationen

http://www.uni-duesseldorf.de/MathNat/Biologie/Didaktik/Fotosynthese_neu/dateien/licht/1-3-2-1.html

http://www.uni-duesseldorf.de/MathNat/Biologie/Didaktik/Fotosynthese_neu/index.html

<http://www.pflanzenforschung.de/de/themen/lexikon/photosynthese-285>

<http://www.biokurs.de/skripten/12/bs12p.htm?bs12-10.htm>

<http://www.chemie.de/lexikon/Photosynthese.html>

<http://www.eduvinet.de/mallig/bio/Repetito/Bfosy4.html>

<http://www.u-helmich.de/bio/stw/reihe4/photosynthese.html>