



AUFGABENSTELLUNG 1

- a) Lesen Sie sich Text 1 durch!
- b) Beschriften Sie die Kästchen und Pfeile von Schema 1!
- c) Wozu dienen die Moleküle NADP⁺/NADPH und ADP/ ATP?

TEXT 1

Grüne Pflanzen sind Produzenten. Sie erstellen mit Hilfe von Lichtenergie aus Wasser und Kohlenstoffdioxid die Produkte Sauerstoff und Kohlenhydrate (Zucker).

Die Fotosynthese lässt sich in zwei Teilreaktionen aufgliedern, in die Licht- und in die Dunkelreaktion. Beide Teilreaktionen laufen zwar im Chloroplasten ab, aber aufgrund der Kompartimentierung durch die Thylakoidmembrane in getrennten Reaktionsräumen. Teilweise laufen sie auch an den Membranproteinen ab. Obwohl beide Reaktionen in getrennten Reaktionsräumen ablaufen, sind sie voneinander abhängig. Die Verbindung der Reaktionen geschieht über besondere Moleküle.

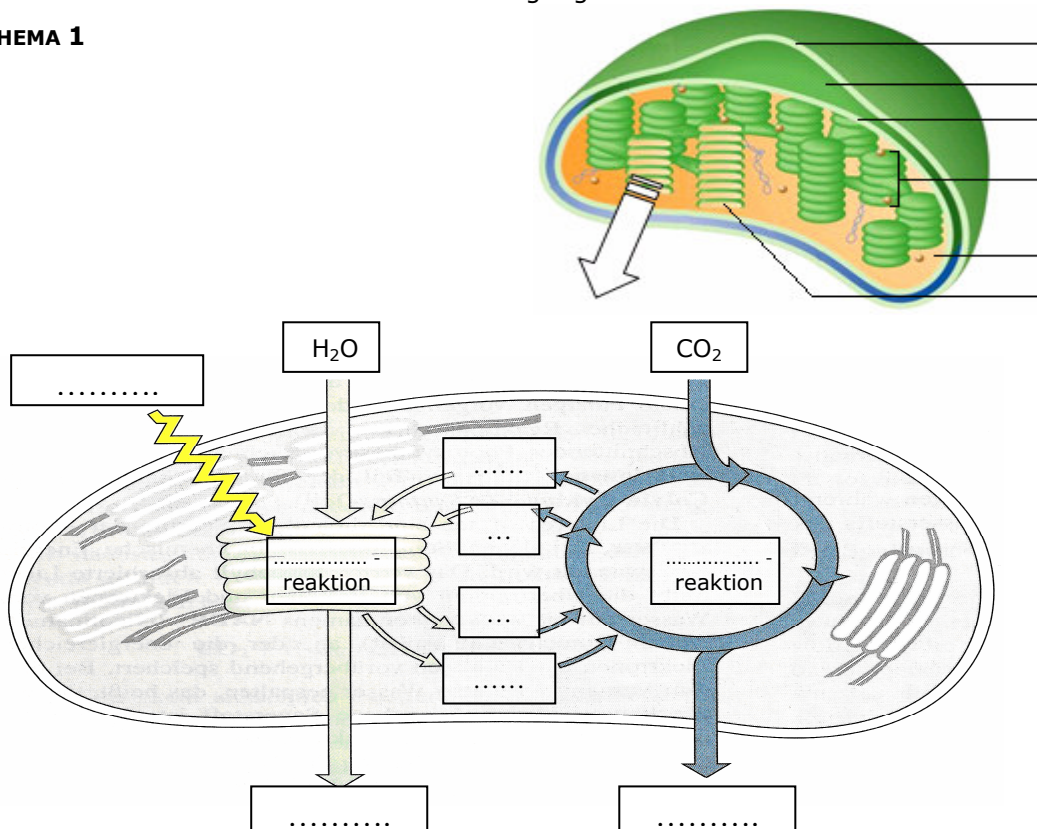
Die lichtabhängige Reaktion (Lichtreaktion) läuft an den Thylakoidmembranen und im Thylakoidinnenraum ab. Sie dient dazu, Lichtenergie in chemische Energie zu überführen. Die entstehende chemische Energie wird in besonderen Molekülen gespeichert. Diese Moleküle können einen energiereichen und einen energiearmen Zustand annehmen. Verglichen mit einem wieder aufladbaren Akku können sie also aufgeladen und entladen werden. Bei der Fotosynthese übernehmen diese Aufgabe die folgenden zwei Moleküle:

Zum einen handelt es sich um das bekannte **Adenosin-Diphosphat (ADP)**. Dem energiearmen Molekül wird bei der energetischen Anregung (Aufladen) eine dritte Phosphat-Gruppe angehängt (P_i = inorganic Phosphate). Im energiereichen Zustand liegt es somit als **ATP (Adenosin-Triphosphat)** vor. Anregungsreaktion: ADP + P_i → ATP

Beim zweiten Energie übertragenden Molekül handelt es sich um das sogenannte Nicotinamid-Dinucleotid-Triphosphat (NADP⁺). Jedes NADP⁺-Molekül ist in der Lage, zwei energiereiche Elektronen zu speichern. Beim Anregungsprozess wird zusätzlich noch ein Proton aufgenommen, sodass das Molekül in seiner angeregten Form als elektrisch neutrales **NADPH** vorliegt. Anregungsreaktion: NADP⁺ + 2e⁻ + H⁺ → NADPH

Die Energieabgabe von ATP und NADPH zu ADP und P_i sowie zu NADP⁺ geschieht im anderen Kompartiment im Verlaufe der Licht-unabhängigen Dunkelreaktion. Die Dunkelreaktion findet im Stroma statt und dient der Zuckersynthese aus Protonen, Elektronen und Kohlenstoffdioxid. Dabei werden ADP und NADP⁺ zurückgewonnen und stehen der Fotoreaktion wieder zum Aufladen zur Verfügung.

SCHEMA 1





AUFGABENSTELLUNGEN 2 – GRUPPE A

- Lesen Sie den Text!
- Beschriften Sie mit Hilfe des Texts die Beschriftungspfeile von Schema 2!
- Kennzeichnen Sie mit blauen und roten Pfeilen den Elektronen- und Protonenfluss!
- Listen Sie in einer Tabelle Eingangs- und Ausgangsstoffe Ihrer Teilreaktion auf!
Kennzeichnen Sie zudem, welche Energieformen genutzt und gewonnen werden.

A. Gewinnen von NADPH

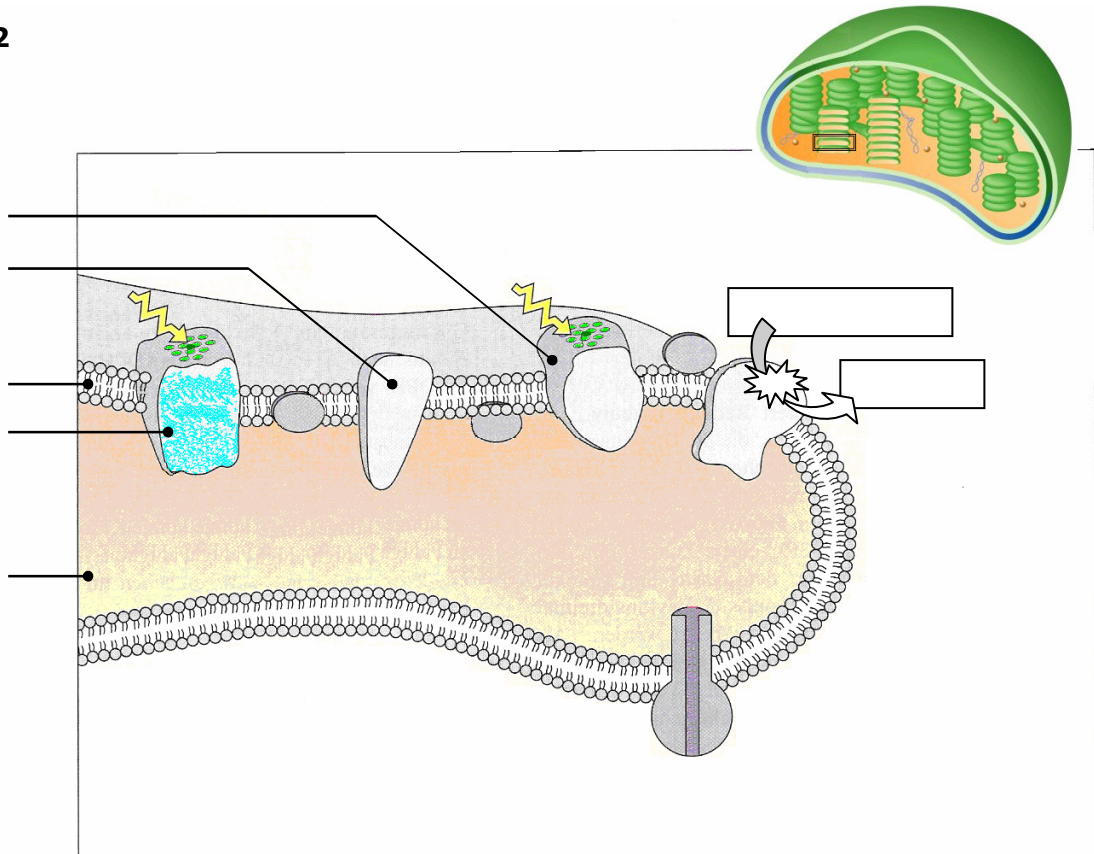
Die Fotoreaktion beginnt mit der Absorption von roten und blauen Lichtwellen durch grüne Farbpigmente, die auf bestimmten Membranproteinen der Thylakoidmembran verankert sind. Solche Komplexe aus Farbpigmenten und Membranproteinen nennt man Fotosysteme. Einige der Farbpigmente sind Chlorophyll a-Moleküle. Das rote und blaue Licht der Wellenlängen von ca. 480 nm und 690 nm liefert genau die Energiemenge, die benötigt wird, um Elektronen des Chlorophyll a-Moleküls des ersten Fotosystems (Fotosystem II) stark anzuregen. Dadurch spalten sie sich vom Molekül ab und werden auf das benachbarte Membranprotein übertragen.

Die Elektronen fließen nun auf der Thylakoidmembran von einem Membranprotein zum nächsten, so wie durch ein Stromkabel. Die kleineren Proteine haben dabei nur eine einfache Überträgerrolle. Die größeren Membranproteine erfüllen noch zusätzliche Aufgaben. So stellt das erste größere Membranprotein eine Protonenpumpe dar, das die Energie der durchfließenden Elektronen dazu nutzt, Protonen aus dem Stroma in den Thylakoidinnenraum zu pumpen und in diesem anzureichern. Die Protonen werden im weiteren Verlauf zur ATP-Gewinnung verwendet, was im anderen Text beschrieben wird.

Im Folgenden ist ein weiterer Komplex aus Membranprotein und Chlorophyll-Molekülen zwischengeschaltet (Fotosystem I). Hier werden die fließenden Elektronen nochmals mit Hilfe von Lichtenergie angeregt. Weitere Elektronen werden hierbei nicht gewonnen.

Die Elektronen fließen daraufhin weiter von Membranprotein zu Membranprotein. Das letzte Membranprotein (rechts) überträgt schließlich jeweils zwei Elektronen auf ein NADP^+ -Molekül. Zusätzlich wird noch ein Proton angebunden, wodurch NADPH entsteht.

SCHEMA 2





AUFGABENSTELLUNGEN 2 – GRUPPE B

- Lesen Sie den Text!
- Beschriften Sie mit Hilfe des Texts die Beschriftungspfeile von Schema 2!
- Kennzeichnen Sie mit blauen und roten Pfeilen den Elektronen- und Protonenfluss!
- Listen Sie in einer Tabelle Eingangs- und Ausgangsstoffe Ihrer Teilreaktion auf!
Kennzeichnen Sie zudem, welche Energieformen genutzt und gewonnen werden.

B. Gewinnen von ATP

Die Lichtreaktion beginnt mit der Absorption von roten und blauen Lichtwellen durch grüne Farbpigmente, die auf bestimmten Membranproteinen der Thylakoidmembran verankert sind. Komplexe aus Farbpigmenten und Membranproteinen nennt man Fotosysteme. Einige der Farbpigmente sind Chlorophyll a-Moleküle. Das Licht der Wellenlängen von ca. 480 nm und 690 nm liefert genau die Energiemenge, die benötigt wird, um Elektronen des Chlorophyll a-Moleküls des ersten Fotosystems (Fotosystem II) stark anzuregen. Dadurch spalten sie sich vom Molekül ab und werden auf das benachbarte Membranprotein übertragen. Es kommt zu einem Elektronenmangel in den Chlorophyll a-Molekülen des Fotosystems II.

Die Membranproteine des Fotosystems II sind jedoch in der Lage, auf der Seite des Thylakoidinnenraums Wassermoleküle zu spalten. Es werden jeweils zwei Wassermoleküle gespalten und es entstehen dabei vier Protonen, vier Elektronen und ein Sauerstoffmolekül (O₂). $2\text{H}_2\text{O} + \text{Lichtenergie} \rightarrow 4\text{e}^- + 4\text{H}^+ + \text{O}_2$

Mit den gewonnenen Elektronen wird nun der Elektronenmangel der Chlorophyll a-Moleküle ausgeglichen. Der frei werdende Sauerstoff wird von den Pflanzen nicht weiter benötigt und diffundiert als Abfallprodukt aus den Chloroplasten hinaus.

Die Protonen bleiben zunächst im Thylakoidinnenraum gespeichert, wodurch es hier zu einer Protonenanreicherung kommt. Es werden noch durch einen weiteren Prozess Protonen angereichert, was im anderen Text näher beschrieben ist. Nach kurzer Zeit ist die Protonenkonzentration im Thylakoidinnenraum ca. 1000fach höher als im Stroma.

Der passive Konzentrationsausgleich erfolgt in Form der erleichterten Diffusion durch ein besonderes Protein, der sogenannten ATPase. Die ATPase nutzt den Protonenstrom ähnlich wie ein Dynamo zur Energieumwandlung. Mit Hilfe des Protonenrückstroms ins Stroma synthetisiert sie aus ADP und anorganischem Phosphat energiereiches ATP.

SCHEMA 2

