

Kapitel 8

Die Identifizierung von Ausgangsstoffen und Produkten der Photosynthese

- Photosynthetisch aktive Organismen nehmen CO₂, Wasser und Lichtenergie auf und bilden O₂ und Kohlenhydrate. Die Gesamtreaktion lautet
$$6 \text{ CO}_2 + 12 \text{ H}_2\text{O} + \text{Licht} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O}$$
- Die Sauerstoffatome des in der Photosynthese gebildeten O₂ stammen aus dem Wasser, nicht von CO₂.
[Siehe Abbildung 8.1](#), [Abbildung 8.2](#) und [Tutorium 8.1](#)

Die beiden Abschnitte der Photosynthese: Ein Überblick

- Die Photosynthese findet bei Pflanzen in den Chloroplasten statt.
- Über Elektronentransport und Photophosphorylierung erfolgt in den Lichtreaktionen der Photosynthese die Bildung von ATP und die Reduktion von NADP⁺ zu NADPH + H⁺.
[Siehe Abbildung 8.3](#)
- ATP und NADPH + H⁺ werden für die Reaktionen benötigt, in denen CO₂ über den Calvin-Zyklus fixiert und reduziert wird, sodass Kohlenhydrate entstehen.
[Siehe Abbildung 8.3](#)

Die Wechselwirkungen von Licht und Pigmentmolekülen

- Die Lichtenergie liegt in „Paketen“ vor, den so genannten Photonen (Lichtquanten); Licht besitzt aber auch wellenähnliche Eigenschaften. Die Energie der Photonen hängt von ihrer Wellenlänge ab.
- Durch Absorption eines Photons wird ein Pigmentmolekül in einen angeregten Zustand versetzt, in dem es mehr Energie als im Grundzustand besitzt.
[Siehe Abbildung 8.4](#)
- Pigmente (Farbstoffe) absorbieren Licht im sichtbaren Spektrum.
[Siehe Abbildung 8.5](#)
- Jede Verbindung besitzt ein charakteristisches Absorptionsspektrum. Ein Wirkungsspektrum spiegelt die biologische Effektivität von Licht unterschiedlicher Wellenlängen wider. Das Absorptionsspektrum des Pflanzenpigments Chlorophyll a korreliert gut mit dem Wirkungsspektrum für die Photosynthese.
[Siehe Abbildung 8.6](#)
- Chlorophylle und akzessorische Pigmente bilden Antennenkomplexe zur Absorption von Lichtenergie.
[Siehe Abbildung 8.7](#)
- Ein angeregtes Pigmentmolekül kann seine Energie durch Fluoreszenz oder durch Übertragung auf ein anderes Molekül abgeben.
[Siehe Abbildung 8.8](#)

Die Lichtreaktionen: Elektronentransport, Reduktionen und Photophosphorylierung

- Der nichtzyklische Elektronentransport nutzt zwei Photosysteme (I und II) und bildet ATP, NADPH + H⁺ und O₂. Im Photosystem II gibt ein durch Photonen angeregtes Chlorophyll P₆₈₀ Elektronen an eine Redoxkette weiter, die eine chemiosmotische ATP-Bildung antreibt. Durch die lichtgetriebene Oxidation von Wasser werden O₂-Moleküle freigesetzt und Elektronen von Wasser auf Chlorophyll P₆₈₀ übertragen. Photosystem I überträgt Elektronen von Chlorophyll P₇₀₀ auf eine andere Redoxkette und dann auf NADP⁺ – es entsteht NADPH + H⁺.

[Siehe Abbildung 8.9](#)

- Im zyklischen Elektronentransport wird nur Chlorophyll P₇₀₀ eingesetzt und lediglich ATP gebildet. Dadurch wird ein angemessenes Gleichgewicht von ATP und NADPH + H⁺ im Chloroplasten gewahrt.

[Siehe Abbildung 8.10](#)

- ATP wird während der Photophosphorylierung durch Chemiosmose gebildet. Über den Elektronentransport werden Protonen aus dem Stroma in die Thylakoide gepumpt. Die Rückdiffusion der Protonen über die ATP-Synthase-Kanäle treibt die ATP-Bildung an.

[Siehe Abbildung 8.11](#) und [Tutorium 8.2](#)

Die Bildung von Kohlenhydrat aus CO₂: Der Calvin-Zyklus

- Im Calvin-Zyklus wird Zucker aus CO₂ hergestellt. Dieser Biosyntheseweg wurde mithilfe von radioaktiv markierten Verbindungen aufgeklärt.

[Siehe Abbildung 8.12](#) und [Tutorium 8.3](#)

- Der Calvin-Zyklus besteht aus drei Abschnitten: CO₂-Fixierung, Reduktion und Zuckerbildung sowie Regenerierung von RuBP. RuBP ist der erste CO₂-Akzeptor und 3PG ist das erste stabile Produkt der CO₂-Fixierung. Das Enzym Rubisco katalysiert die Reaktion von CO₂ und RuBP zu 3PG.

[Siehe Abbildung 8.13](#), [Abbildung 8.14](#) und [Aktivität 8.1](#)

Photorespiration und ihre Folgen

- Das Enzym Rubisco kann zusätzlich zur Reaktion zwischen RuBP und CO₂ eine Reaktion zwischen RuBP und O₂ katalysieren. Letztere wird als Photorespiration bezeichnet und erniedrigt die Wirksamkeit der Photosynthese beträchtlich. Die Reaktionen der Photorespiration sind auf drei Organellen verteilt: Chloroplasten, Peroxisomen und Mitochondrien.

[Siehe Abbildung 8.15](#)

- Bei hoher Temperatur und niedriger CO₂-Konzentration wird die Oxygenase-Funktion der Rubisco bevorzugt.

- C₄-Pflanzen können die Photorespiration mithilfe spezieller chemischer Reaktionen und einer spezialisierten Blattanatomie vermeiden. Bei C₄-Pflanzen fixiert die PEP-Carboxylase in Mesophyllzellen-Chloroplasten im ersten Schritt CO₂ unter Bildung einer C₄-Verbindung. Diese kann anschließend in die Chloroplasten der Bündelscheidenzellen diffundieren und wird dort decarboxyliert, sodass örtlich hohe CO₂-Konzentrationen auftreten und der Calvin-Zyklus stattfindet.

[Siehe Abbildung 8.16](#), [Abbildung 8.17](#) und [Aktivität 8.2](#)

- CAM-Pflanzen arbeiten weitgehend wie C₄-Pflanzen; die ursprüngliche CO₂-Fixierung durch die PEP-Carboxylase findet bei ihnen jedoch zeitlich getrennt vom Calvin-Zyklus statt – nicht räumlich getrennt wie bei C₄-Pflanzen.

Stoffwechselwege bei Pflanzen

- Photosynthese und Atmung sind durch den Calvin-Zyklus, den Citratzyklus und die Glykolyse vielfältig verbunden.
[Siehe Abbildung 8.18](#)
- Eine Pflanze muss zum Überleben mehr CO₂ durch Photosynthese fixieren als sie veratmet.