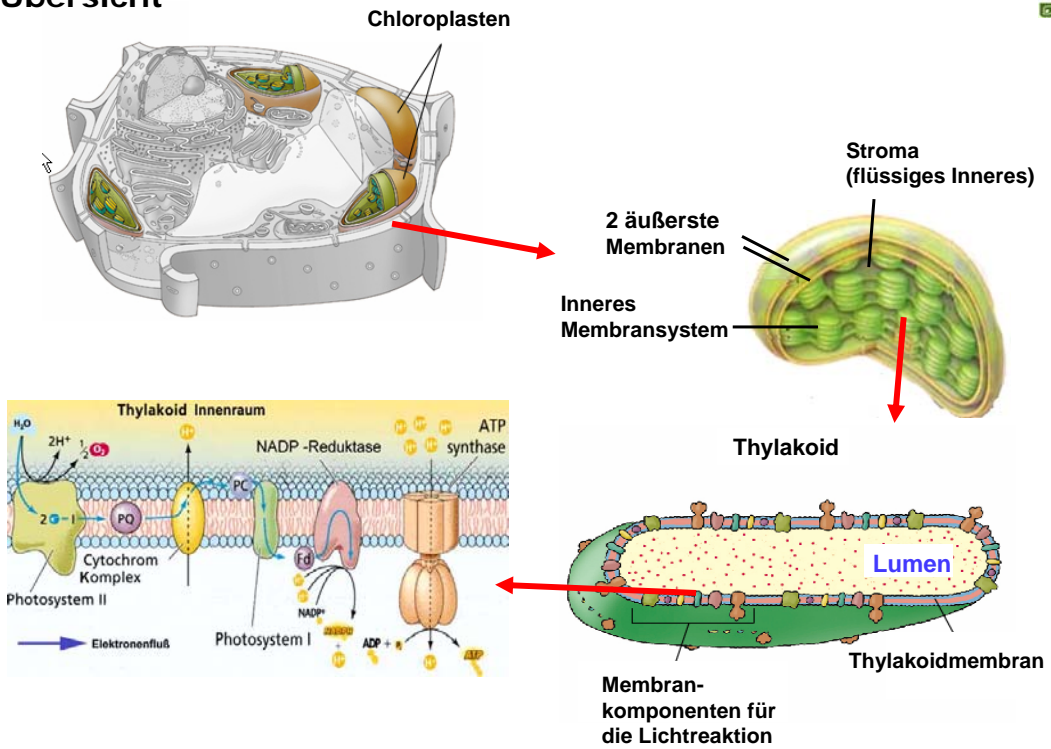
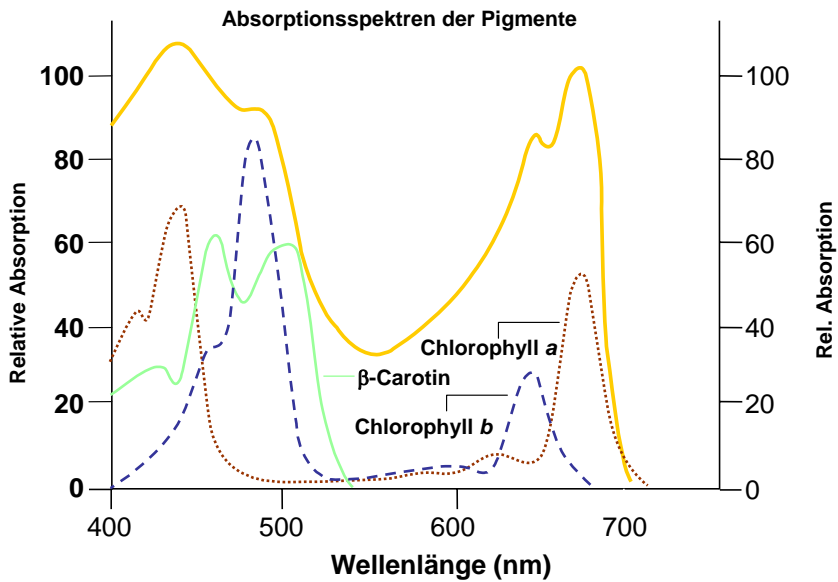


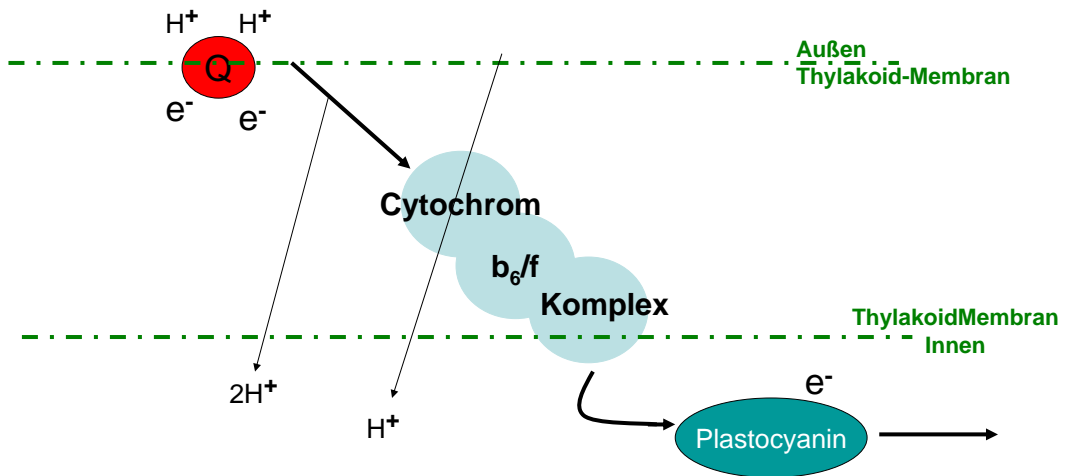
Übersicht



Absorbierte Wellenlängen

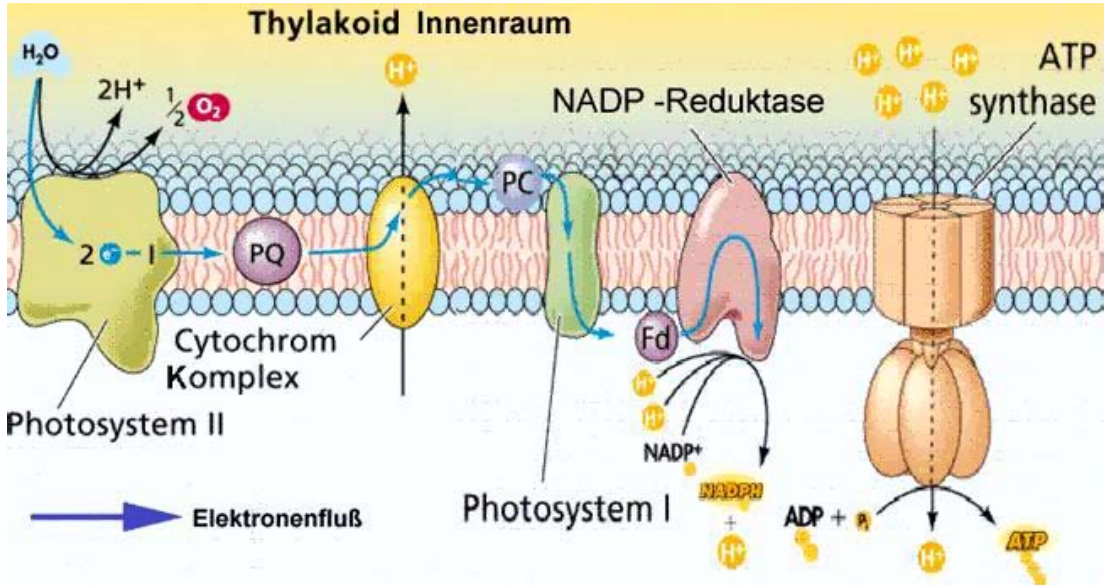


Die PS II Elektronentransport Kette



Elektronentransport der Lichtreaktion

- 1. Chlorophyll v.a. im „Light Harvesting Complex“ = LHC
- 2. Sonnenlicht wird im LHC absorbiert und von Pigment zu Pigment weitergereicht
- 3. Die Photonenenergie landet in einem Paar spezieller Chlorophyll a Moleküle: P680
- 4. Die e^- im P680 Chl a werden auf einen angeregten Zustand gehoben und es erfolgt eine Ladungstrennung
- 5. Quinon = Q als primärer e^- Akzeptor nimmt die hoch-energiegeladenen e^- auf.
- 6. Q wird reduziert; P680 Chl a wird oxidiert; Oxidation durch Licht = Photo-Oxidation
- 7. Das angeregte e^- gelangt in die Elektronentransport- Kette
- 8. Der O_2 -erzeugende Komplex + Chl a^+ entziehen dem H_2O e^- und reduzieren Chl a^+
- 9. Das Reaktionszentrum wird in den Ausgangszustand zurückversetzt und ist für die nächste Reaktion bereit.
 - a. Plastochinon Q nimmt 2 e^- von P680 und entzieht dem Stroma 2 H^+
 - b. Q gibt e^- an den Cytochrom b/f Komplex u. pumpt die $2H^+$ ins Thylakoid-Lumen
 - c. Während die e^- durch den b/f-Komplex wandern, werden mehr H^+ ins Lumen gepumpt
- 10. Das e^- landet beim Plastocyanin: PC = ein wasserlöslicher Elektronen-„Carrier“ im Lumen (Zentralatom: Cu)
- 11. Plastocyanin dient als e^- Donor für das PS-I Reaktionszentrum Chl a
- 12. Ladungstrennung u. Photo-Oxidation ähnlich wie in PSII (opt. Wellenlänge: 700nm)
- 13. Plastocyanin wirkt als reduzierendes Agens für das Chl a des P700
 - a. Ferredoxin erhält ein e^- von P700*
 - b. Das e^- durchläuft FAD (FlavinAdeninDinukleotid)
 - c. Das e^- und H^+ im Stroma dienen der Reduktion des $NADP^+$ zu $NADPH$ → ENDprodukt
 - d. Ferredoxin erhält die Nachlieferung der e^- durch Photosystem I



Essentielle Elemente der Photosynthese-Reaktion

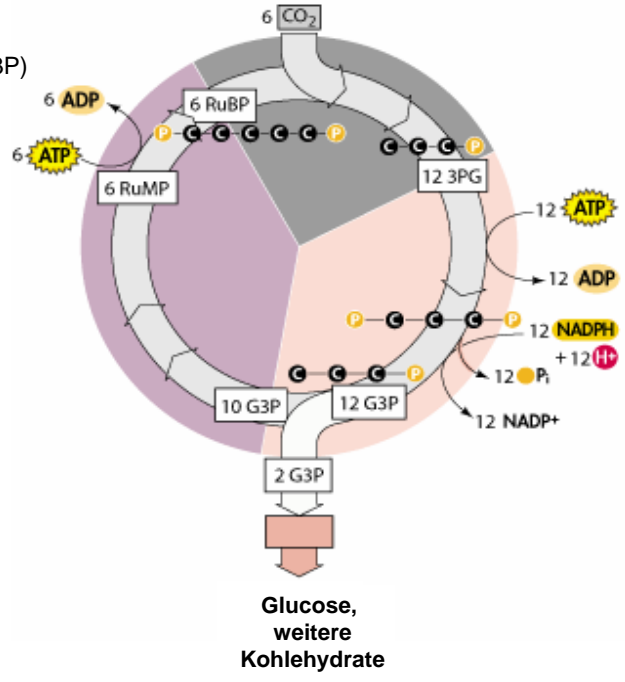
(grün/grau markiert)

- **N:** Bestandteil aller Aminosäuren und damit von Proteinen und von Purin- und Pyrimidinbasen in Nucleinsäuren und Coenzymen.
- **P:** Als PO_4 -Gruppe für eine hohe Zahl phosphorylierter Verbindungen im Stoffwechsel wichtig. Bestandteil der Nucleinsäuren und Phospholipide.
- **K:** Hohe K^+ -Konzentrationen im Cytoplasma (mindestens 50 mM) sind Voraussetzung für Enzymfunktionen; wichtig für Osmoregulation (Streckungswachstum), Osmotikum bei nastischen Turgorbewegungen.
- **Mg:** Bestandteil von **Chlorophyll**. Wichtig für ATP-abhängige Reaktionen, da ATP nur in Form des Mg-ATP-Komplexes reagiert. Gegenion von $-COO^-$ -Gruppen der Zellwand-Pectine.
- **B:** Wichtig für das Wachstum von Meristemen. (Orientierung von Proteinen in Membranen).
- **S:** Bestandteil bestimmter Aminosäuren (Met, Cys) und damit von Proteinen und von Coenzymen (Coenzym A, Biotin, Liponsäure, **Ferredoxin**) und Sulfolipiden.
- **Ca:** **Gegenion von $-COO^-$ -Gruppen der Zellwandpectine**; wichtig für die Integrität von Membranen und damit für die Zellorganisation. Regulation zellphysiologischer Vorgänge.
- **Mn:** Cofaktor von Enzymen des Zitronensäure-Zyklus und bei der **photosynthetischen O_2 -Entwicklung**.
- **Fe:** Bestandteil von Porphyrinen, den prosthetischen Gruppen verschiedener Enzyme (Häm-Eisen: **Cytochrome**, Katalase, Peroxidase, Leghämoglobin) und anderer Enzymproteine (**Nicht-Häm-Eisen: Ferredoxin, Nitrogenase**). Wichtig für die **Chlorophyllsynthese**.
- **Cu:** Bestandteil von Enzymen: Cytochromoxidase und des **Plastocyanins** als Redoxsystem der Thylakoide.
- **Zn:** Bestandteil einer großen Zahl von Enzymen.
- **Mo:** Bestandteil von Enzymen des N-Stoffwechsels: NO_3^- -Reduktase, Nitrogenase. (Lüttge et al., 2002)

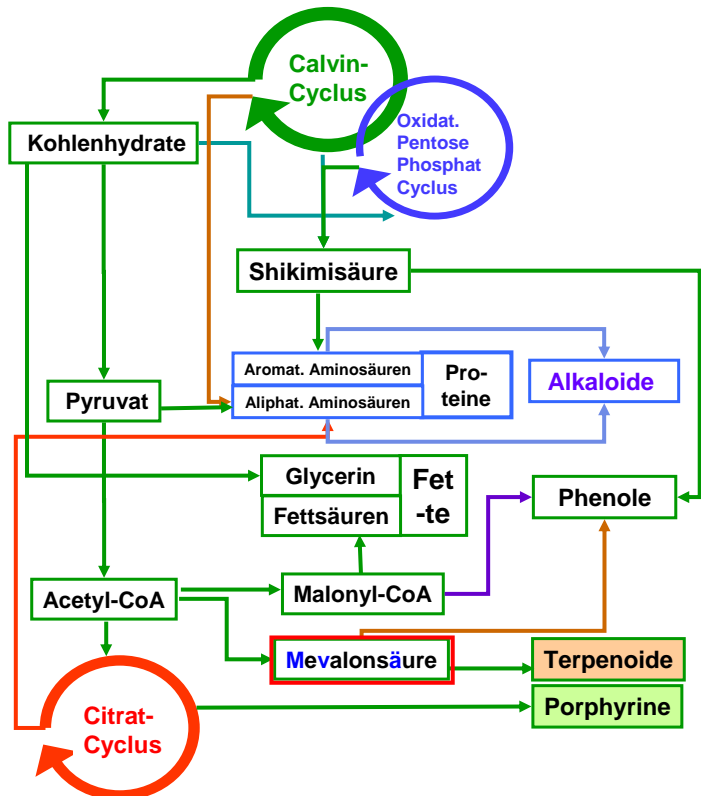
Calvin Zyklus: Summierung



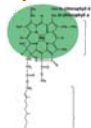
- Phosphoglycerat (3PG) → →
→ Glyceraldehyd 3- Phosphat (G3P)
- Ein Anteil G3P geht in die
Wiederherstellung von RuBP
- Ein Überschuß an G3P
dient der Glucosesynthese:
- **6 Durchläufe des Zyklus führen zu
einer C6 Verbindung wie z.B.**
 - Glucose
 - → Erythrose
 - → Xylulose, etc..
- Verbrauch: 18 ATP + 12 NADPH



Primär- u Sekundär- Stoffwechsel



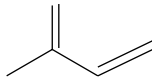
Bildung der
Carotinoide
aus Tetra-
terpenen



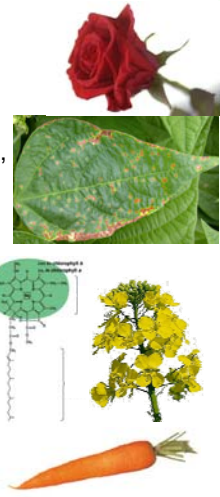
MVA → Isoprenoide → Terpene



C₅ Isopren

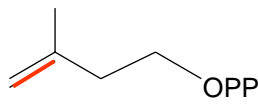


- C₁₀ Terpene (Monoterpene) Komponenten von: volatilen Essenzen, von essentiellen Fettsäuren
- C₁₅ (Sesquiterpene) *via* MVA Komponenten: v. Ölen, von Essenz. Fettsäuren, Phytoalexine (Pathogenabwehr)
- C₂₀ (Diterpene) Gibberelline, Resin-Säuren, **Phytol (Chlorophyll-Seitenkette)**
- C₃₀ (Triterpene) *via* MVA Phytosterole, Brassinosteroide
- C₄₀ (Tetraterpene) **Carotinoide**
- WIE entstehen Isoprene, Terpene ?

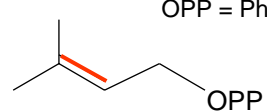


Entweder

via MVA →



IPP
Isopentenyl Diphosphat



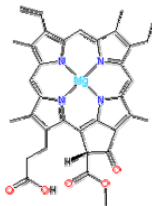
DMAPP
Dimethylallyl-Diphosphat

OPP = Phosphat

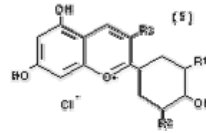
Pigmente



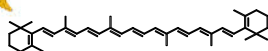
Frühjahr, Sommer
Chlorophylle



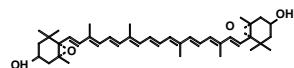
Sommer, Herbst
Anthocyane



Herbst
Carotine



Herbst
Xanthophylle



Nach Abbau der Chlorophylle bestimmen v.a. Carotinoide und Anthocyan die Färbung

Anthocyan-Bildung – Wann?

- Was passiert, wenn die Metaboliten ATP + NADPH der Lichtreaktion **nicht** in die Dunkelreaktion eingehen können?

- Normalerweise:

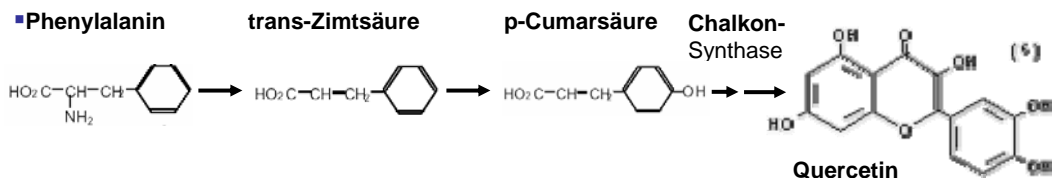


- Nährstoffmangel: v.a.: P, Mg, N
- Kälte (Herbst):
Verringerte Aktivität der RuBisCO
- Trockenheit
CO₂-Mangel durch Spaltenschluß

P -Mangel

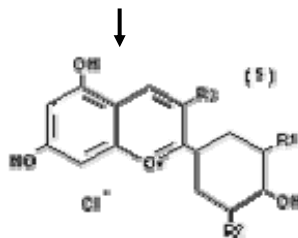


Die Anormale Farbstoffbildung bei NADPH-Überschuß



- Symptomatik bei P-Mangel, Kälte, Trockenheit:

- keine Nutzung des NADPH im Calvin-Zyklus sondern \rightarrow Anthocyanidin-Bildung



Cyanidin: R1,R3=OH; R2=H

Malividin: R1, R2=OCH3; R3=OH