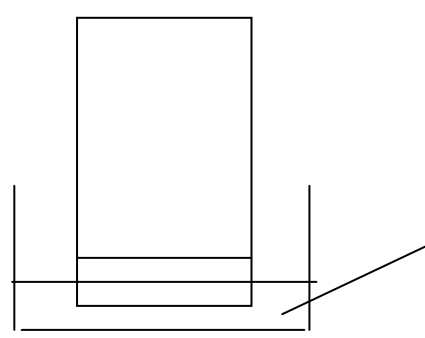
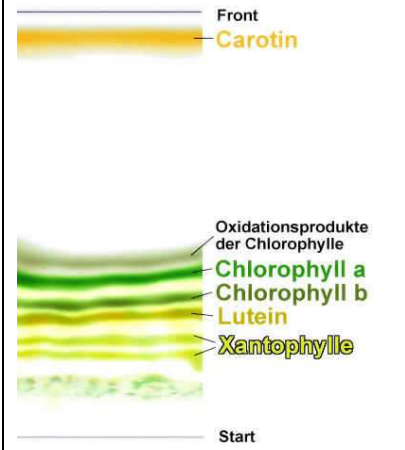


### 3. Lichtabhängige Reaktionen

*Problem: Wie wird die elektromagnetische Strahlung des Sonnenlichts in chemisch verwertbare Energie umgewandelt?*

Um die Lichtenergie chemisch nutzbar zu machen, muss elektromagnetische Strahlung von Molekülen absorbiert werden. Liegt die absorbierte Wellenlänge zwischen 400nm und 800nm, spricht man bei diesen Molekülen von Farbstoffen.

#### 3.1. Blattfarbstoffe

<p>Versuch: Chromatographische Trennung der Blattfarbstoffe.</p>  <p>Laufmittel: Aceton:Petrolether (25:75)</p>	<p>Beobachtung:</p> 
---	--

Erklärung:

In Blättern sind mehrere, unterschiedliche Farbstoffe enthalten.

*Problem: Welcher Farbstoff ist für die FS verantwortlich?*

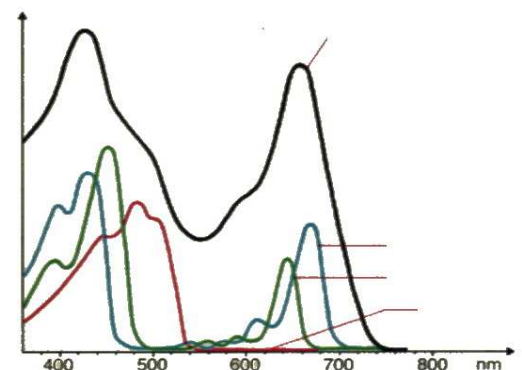
**Versuch:**

Messung der Fotosynthese-Rate in Abhängigkeit von der Lichtqualität, d. h. der Wellenlänge des eingestrahlt Lichts (Farbe).

**Beobachtung:**

**Erklärung:**

Das Wirkungsspektrum der Fotosynthese deckt sich in etwa mit dem Absorptions-spektrum von Chlorophyll a und b.



**Schlussfolgerung:**

Die Chlorophylle sind für die Absorption der der Lichtenergie von entscheidender Bedeutung.

## Anwendung:

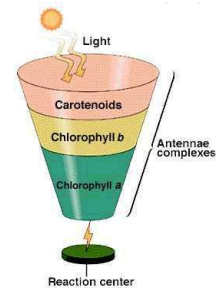
Im Nutzpflanzenanbau werden in den Gewächshäusern –Blaulicht-Quellen eingesetzt, da die Chlorophylle in diesem Bereich sehr gut Licht absorbieren, den Pflanzen dadurch mehr Energie zur Verfügung steht, somit die FS-Leistung und damit der Ertrag steigt.

## Akzessorische Blattfarbstoffe

Das Wirkungsspektrum der FS zeigt, dass neben den Chlorophyllen noch weitere Farbstoffe Licht absorbieren und für die FS verfügbar machen müssen, weil Chlorophyll eine „Absorptionslücke“ im gelben und grünen Bereich hat. Akzessorische Blattfarbstoffe übertragen ihre Anregungsenergie auf bestimmte Chlorophylle und machen so die absorbierte Energie für Fotosynthese nutzbar.

## Fotosysteme

Chlorophylle und akzessorische Blattfarbstoffe sind in den Thylakoid-Membranen in genau definierter Weise zu Fotosystemen geordnet.



<b>Fotosystem</b>	
<b>Lichtsammelfalle (LHC)</b> Carotinoide, Chlorophylle absorbieren als sog. Antennenpigmente Lichtquanten und übertragen diese Energie auf ein Chlorophyll-Molekül im Reaktionszentrum	<b>Reaktionszentrum (Core)</b> Auf ein Chlorophyll a Molekül wird die gesamte absorbierte Lichtenergie übertragen. Dadurch wird es so energiereich, dass es ein Elektron auf einen Akzeptor überträgt. Die Elektronenlücke wird gefüllt durch einen Donator In den Thylkoidmembranen gibt es zwei unterschiedliche Fotosysteme, die sich in der Absorptionswellenlänge des Core-Chlorophylls unterscheiden (Fotosystem 2: p-680 Fotosystem 1: p-700)

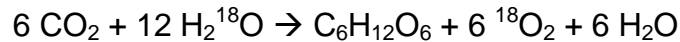
### 3.2. Fotolyse des Wassers

*Problem: Woher stammen die Atome des gebildeten Sauerstoffmoleküls?*

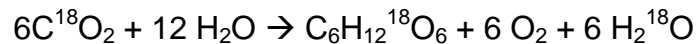
Beweis: Tracer Methode (Kamen 1941)

Edukt-Moleküle werden markiert in dem man z.B.  $^{18}\text{O}$ -Atome statt der  $^{16}\text{O}$ -Atome verwendet. Anschließend wird mit Hilfe eines Massenspektrometers geklärt in welchen Produkten die  $^{18}\text{O}$ -Atome wieder auftauchen.

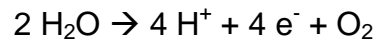
Versuch 1 Verwendung von markiertem  $\text{H}_2\text{O}$ :



Versuch 2 Verwendung von markiertem  $\text{CO}_2$ :



Bei der Lichtreaktion wird Wasser zu Sauerstoff oxidiert. Dabei entstehen 4 Elektronen und 4 Protonen gemäß:



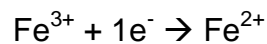
Der Sauerstoff diffundiert in die Interzellularen und wird über die Spaltöffnungen an die Umgebung abgegeben.

### 3.3. Z-Schema

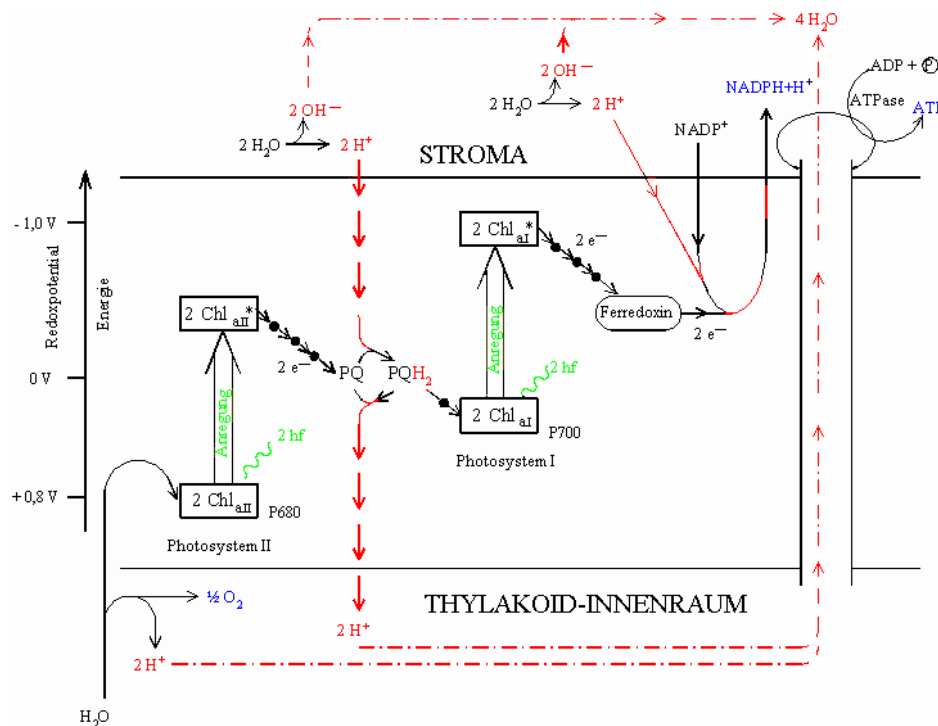
*Problem: Was geschieht mit den bei der Fotolyse gebildeten Elektronen?*

#### Hill-Reaktion

Belichtete Chloroplasten reduzieren  $\text{Fe}^{3+}$ -Ionen, d. h. die Elektronen aus der Fotolyse des Wassers werden auf einen Elektronenakzeptor übertragen. Dieser Akzeptor wird reduziert.



Unter natürlichen Bedingungen stehen keine  $\text{Fe}^{3+}$ -Ionen als Elektronenakzeptoren zur Verfügung. Als Endakzeptor der in der Fotolyse gebildeten  $\text{e}^-$  dient  $\text{NADP}^+$  (Nicotinsäureamiddinukleotid):  $\text{NADP}^+ + 2\text{H} \rightarrow \text{NADPH}/\text{H}^+$ ;  $\Delta\text{G}' > 0$



#### **Reaktion am FS 1:**

- Durch Licht wird ein p700 RZ zweimal zur Abgabe von je 1  $\text{e}^-$  angeregt (insgesamt 2)
- $\text{E}^-$  gehen auf Akzeptor über  $\rightarrow \text{e}^-$ Transportkette über verschiedene Redoxsysteme zum Ferredoxin.
- Ferredoxin überträgt die 2  $\text{e}^-$  auf  $\text{NADP}^+$ , das außerdem 2  $\text{H}^+$  aus dem Stroma aufnimmt:  $\text{NADP}^+ + 2\text{e}^- + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{NADPH}/\text{H}^+$  (Reduktionsäquivalent). Dieses  $\text{NADPH}/\text{H}^+$  : Nicotinsäureamid-Dinukleotidphosphat

Reduktionsäquivalent wirkt als Elektronenspeicher und wird zur Reduktion von  $\text{CO}_2$  in den lichtunabhängigen Reaktionen benutzt.

- Elektronenlücke im FS I wird durch Elektronentransportkette von FS 2 geschlossen

#### **Reaktion am FS 2:**

- Durch Licht wird ein p680 RZ zweimal zur Abgabe von je 1  $e^-$  angeregt (insgesamt 2)
- $e^-$  gehen auf Akzeptor über  $\rightarrow e^-$ Transportkette über verschiedene Redoxsysteme zum Plastochinon und Plastocyanin, das auf der Innenseite der Thylakoidmembran beweglich zwischen den FS wandert und  $e^-$ Lücke am p700 schließt
- Wanderung von Protonen aus Stroma in Thylakoid-Innenraum
- Fotolyse des Wassers findet an einem benachbarten Enzymkomplex statt und schließt Elektronenlücke am p680 :  $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \frac{1}{2} \text{O}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 e^-$