

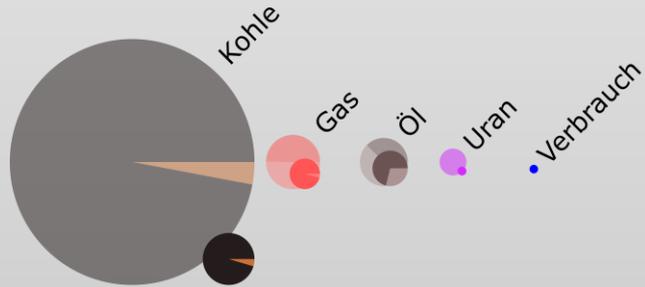


Unterwegs zur künstlichen Photosynthese

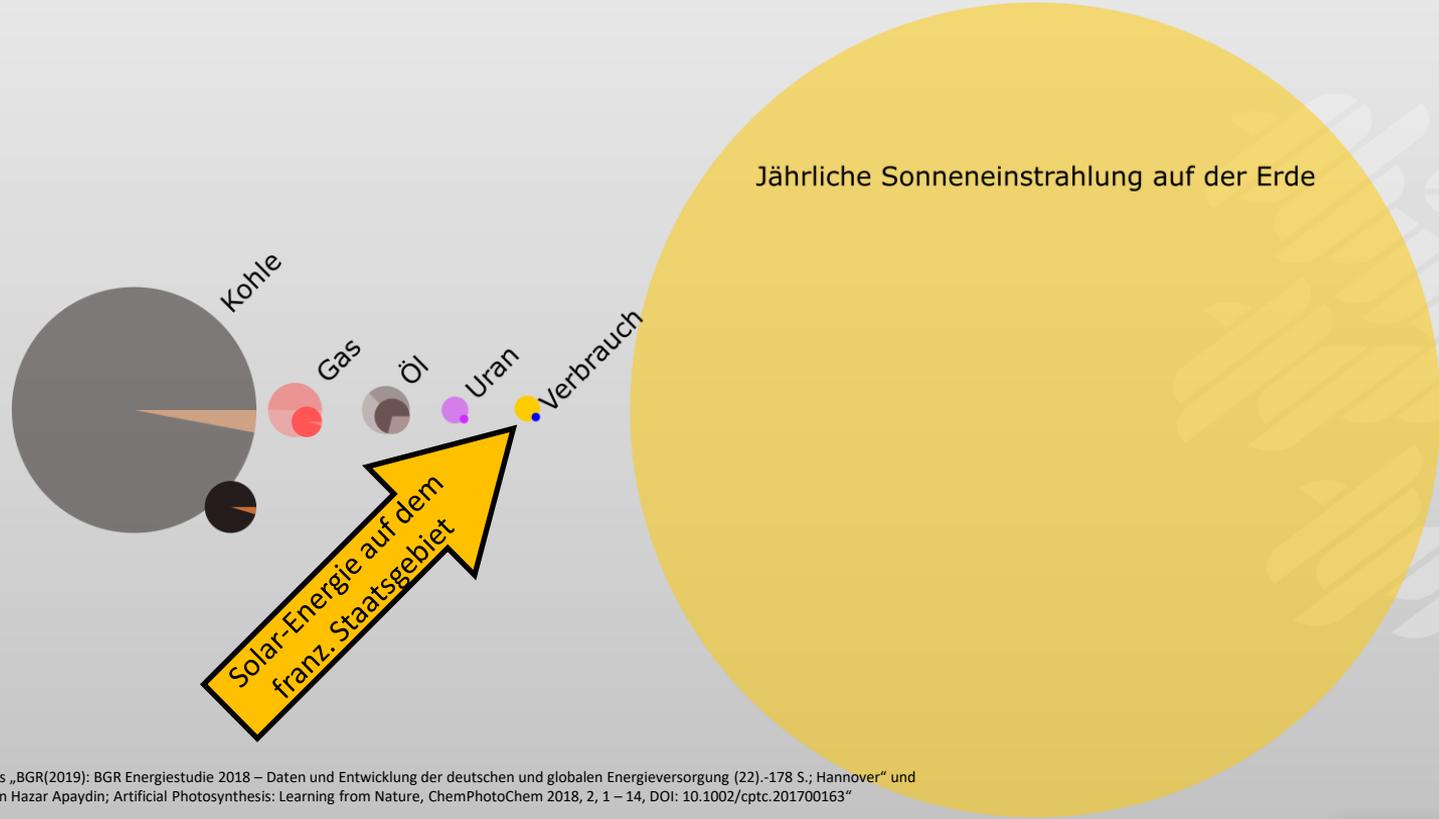


BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

- Motivation
- Photosynthese an der Wasserpest (*Elodea canadensis*)
- Das Photo-Blue-Bottle-Experiment
- Interpretation auf der Teilchenebene
- Synthese eines Redoxäquivalenten
- Synthese eines Solartreibstoffes
- Fazit



Eigene Darstellung, Daten aus „BGR(2019): BGR Energiestudie 2018 – Daten und Entwicklung der deutschen und globalen Energieversorgung (22).-178 S.; Hannover“



Eigene Darstellung, Daten aus „BGR(2019): BGR Energiestudie 2018 – Daten und Entwicklung der deutschen und globalen Energieversorgung (22)-178 S.; Hannover“ und „Dong Ryeol Whang, Dogukan Hazar Apaydin, Artificial Photosynthesis: Learning from Nature, ChemPhotoChem 2018, 2, 1 – 14, DOI: 10.1002/cptc.201700163“

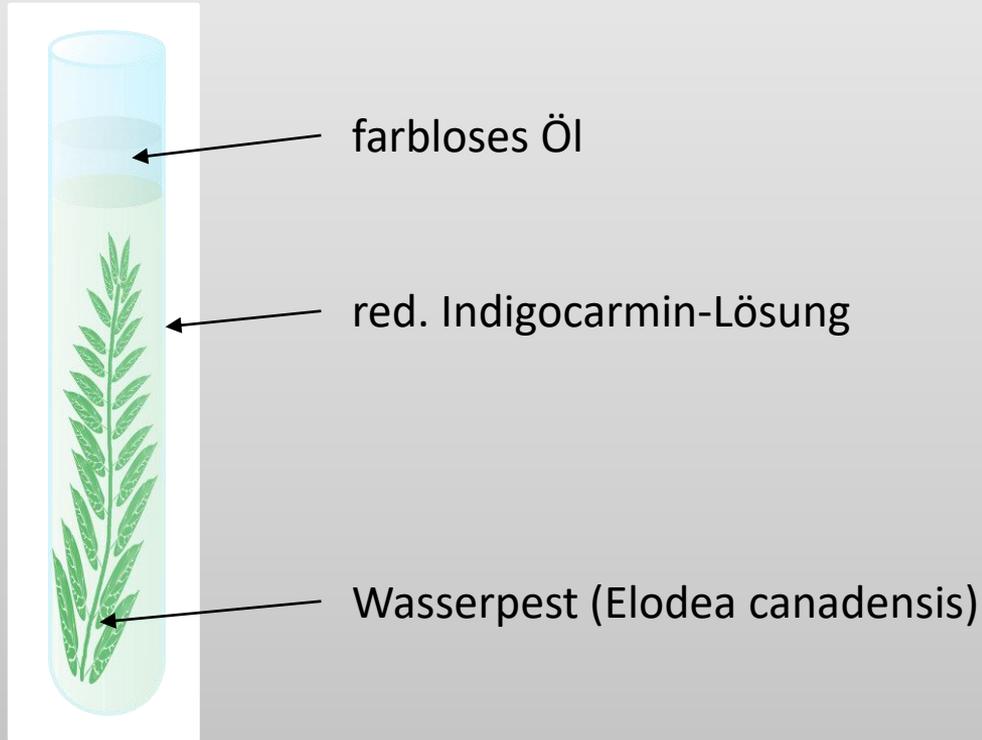
Natürliche Photosynthese - Sauerstoffnachweis



Indigocarmin-Lösung



Natürliche Photosynthese – Modellpflanze Wasserpest (*Elodea canadensis*)



U. Weber, H.-S. Bleuel, *Biologie Oberstufe*, 1. Aufl., Cornelsen, Berlin, 2009
C. Bohrmann-Linde, S. Krees, M. Tausch, M. v. Wachtendonk (Hrsg.) *Chemie 2000+ Einführungsphase*, Buchner, Bamberg, 2012

Natürliche Photosynthese – Modellpflanze Wasserpest (*Elodea canadensis*)

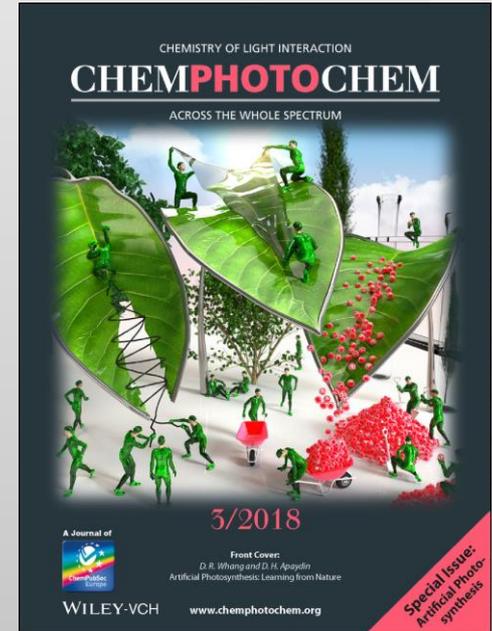
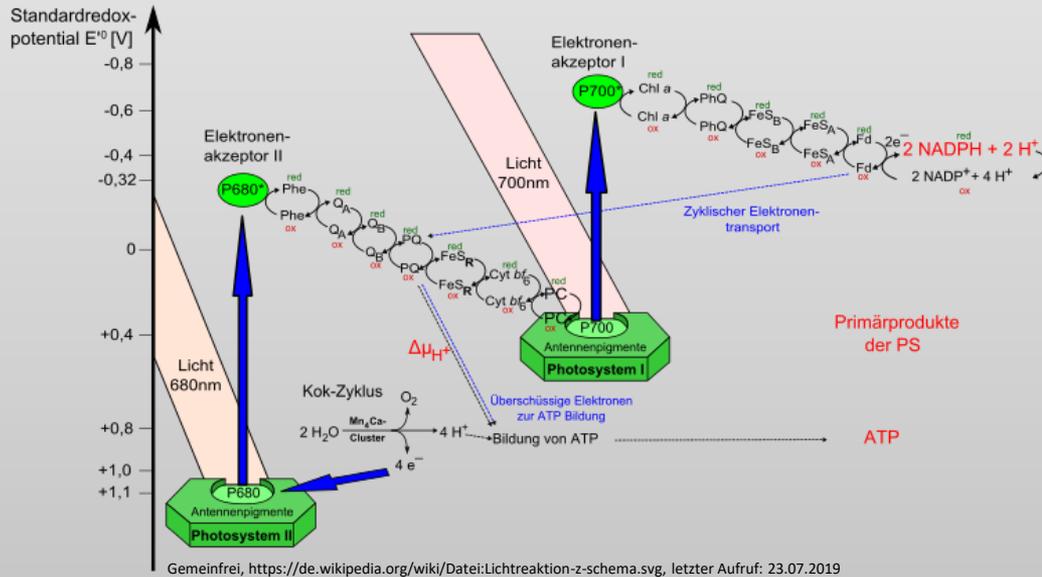
1. Positiv-Nachweis
2. Negativ-Nachweis
3. mit CO₂-angereicherte Probe
4. Standard-Probe
5. Abgedunkelte Probe

Poster: CU 064

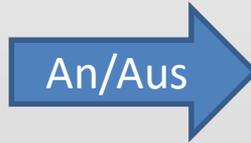
Weitere Details



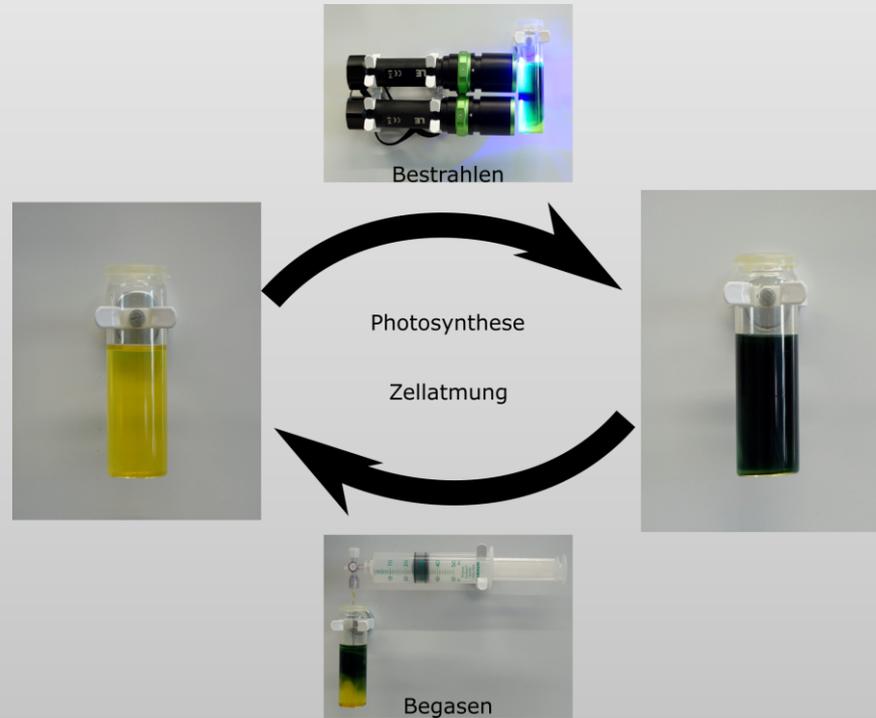
Lichtreaktion bei der natürlichen Photosynthese



Experiment 1: PBB - Basisexperiment



Schütteln zur Rückfärbung

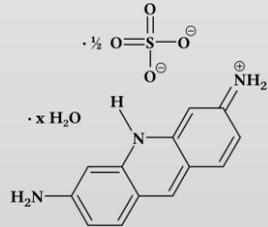


PBB – Was ist das?

Photo-Blue-Bottle

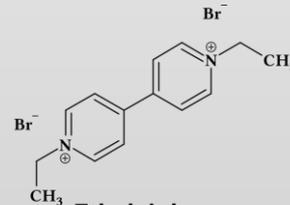


Wässrige Lösung aus:



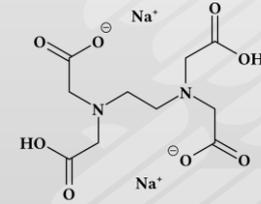
Proflavin

3,6-Diaminoacridin-hemisulfat



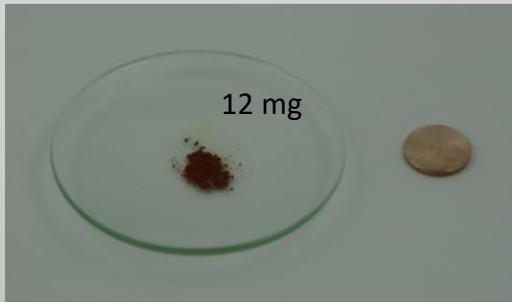
Ethylviologen

1,1'-Diethyl-4,4'-bipyridinium-dibromide

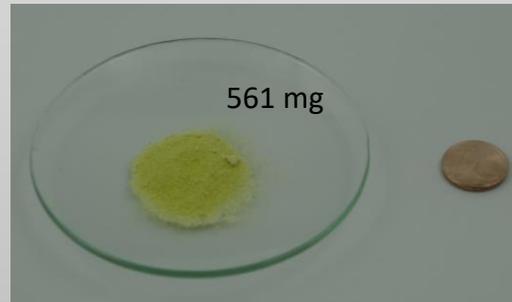


EDTA

Dinatrium-ethyldiamintetraessigsäure



12 mg

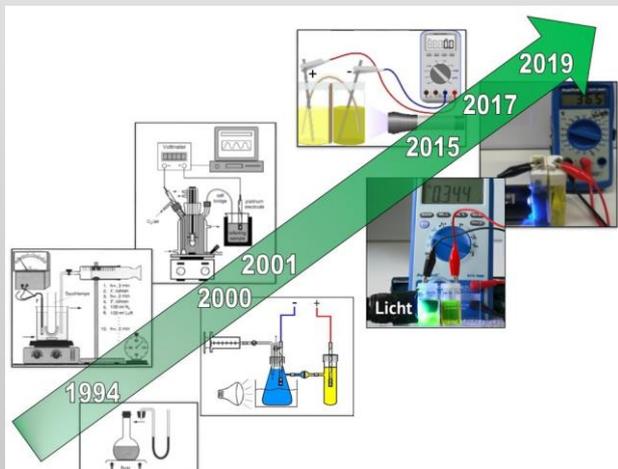


561 mg



1 g

Photo-Blue-Bottle



M.T. *PdN-ChiS*, 43 (3) 13 (1994);
S. Korn, M. T. *J. Chem. Educ.* 78 (9), 1238 (2001);
M. Heffen, M. T. *PdN-ChiS* 68 (4) 42 (2015);
M. Heffen, M. T. *Chem. & Sch.* 31, 5 (2016);
Y. Yurdanur, M. T. *CHEMKON* März (2019)



Eine Lösung für viele Versuche:



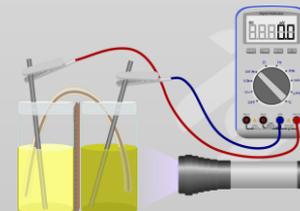
Gas



Lichtfarbe



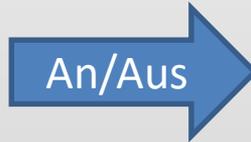
Wärme



Konzentrationszelle

Maria Heffen, Dissertation, Wuppertal 2017

Experiment 2 – Einfluss der Lichtfarbe

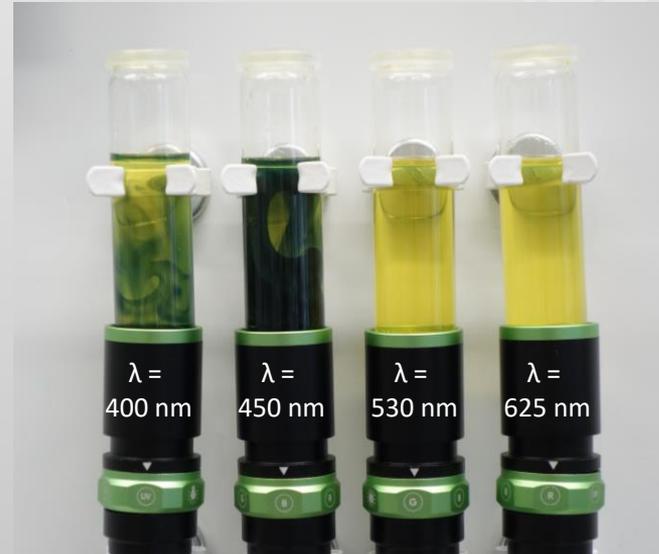
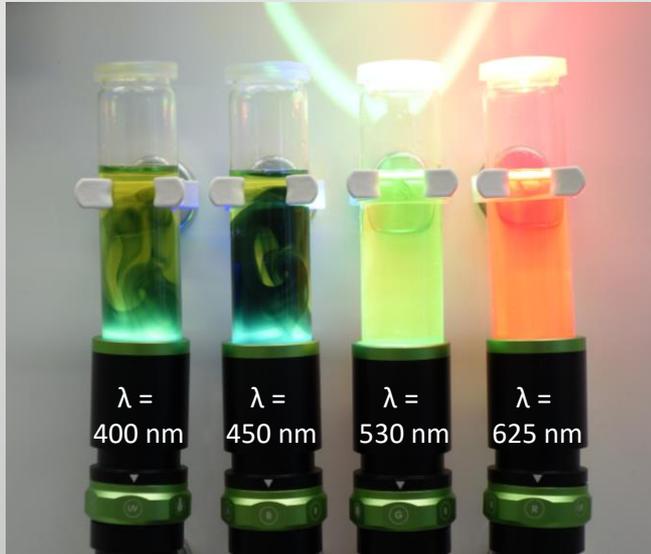


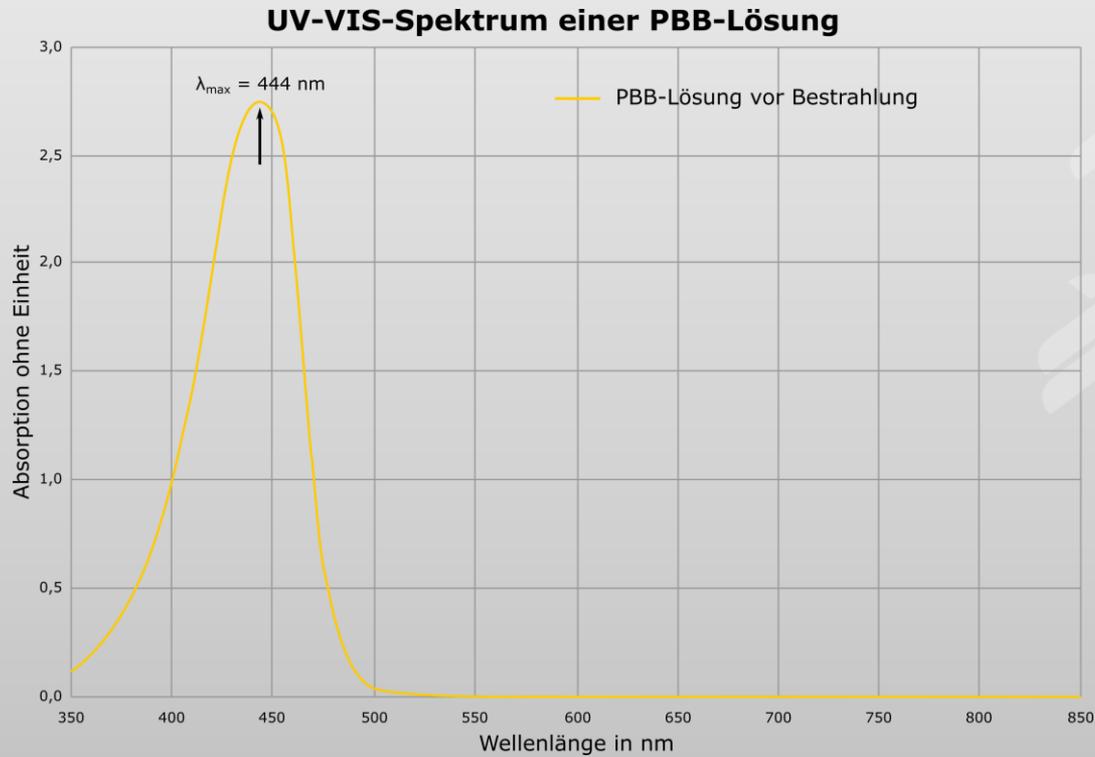
Farbänderung durch
Drehen am grünen
Ring



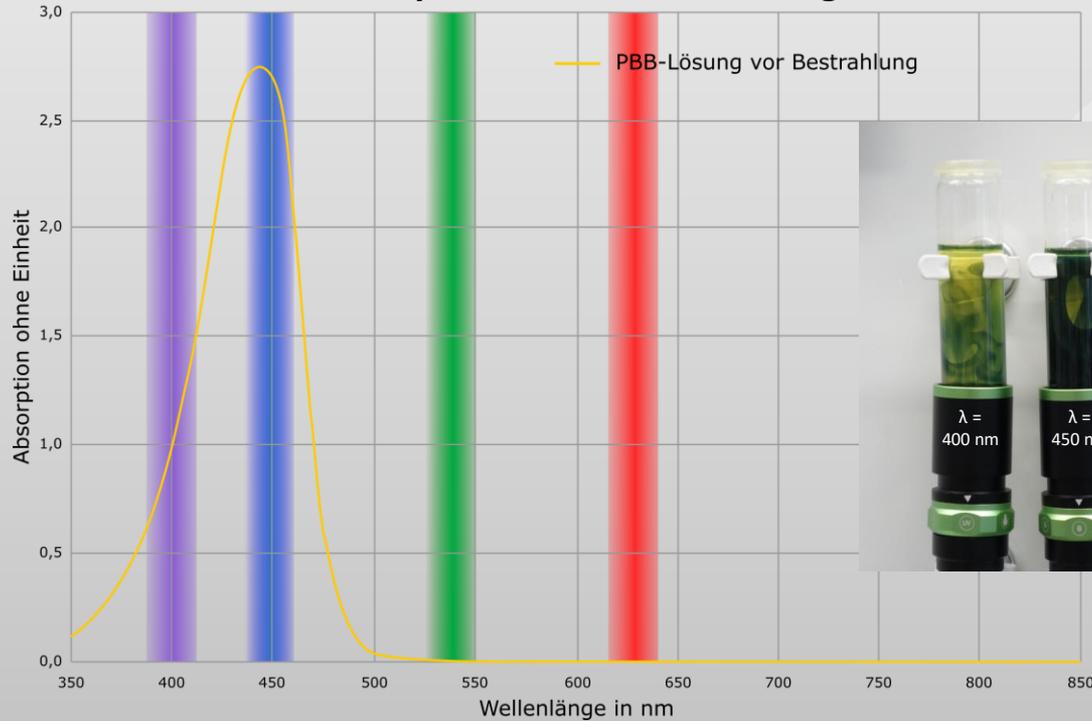
Dicht platzieren

Einfluss der Lichtfarbe - Sicherung



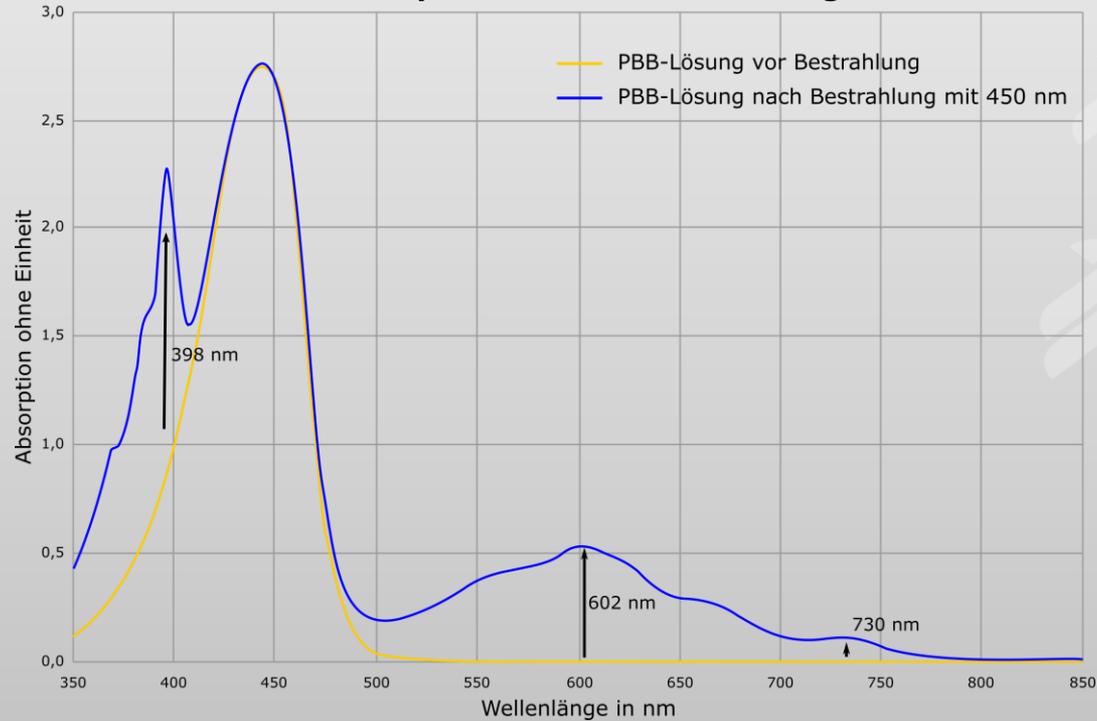


UV-VIS-Spektrum einer PBB-Lösung

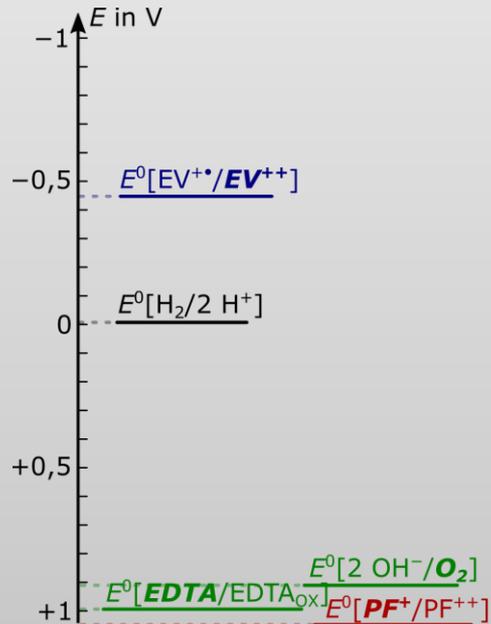




UV-VIS-Spektrum einer PBB-Lösung



PBB – Reaktionsschema

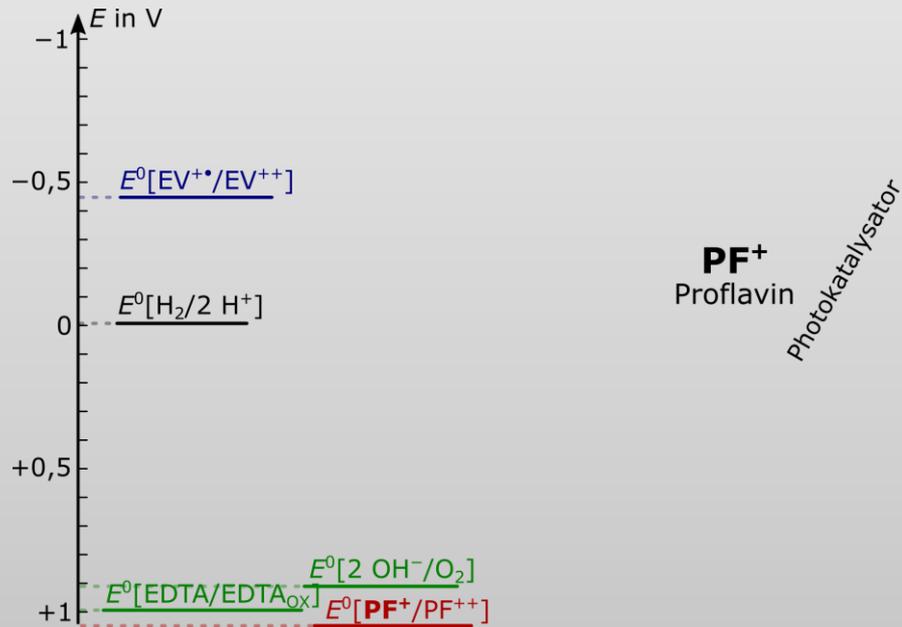


Eigene Darstellung nach Maria Heffen, Dissertation, Wuppertal 2017

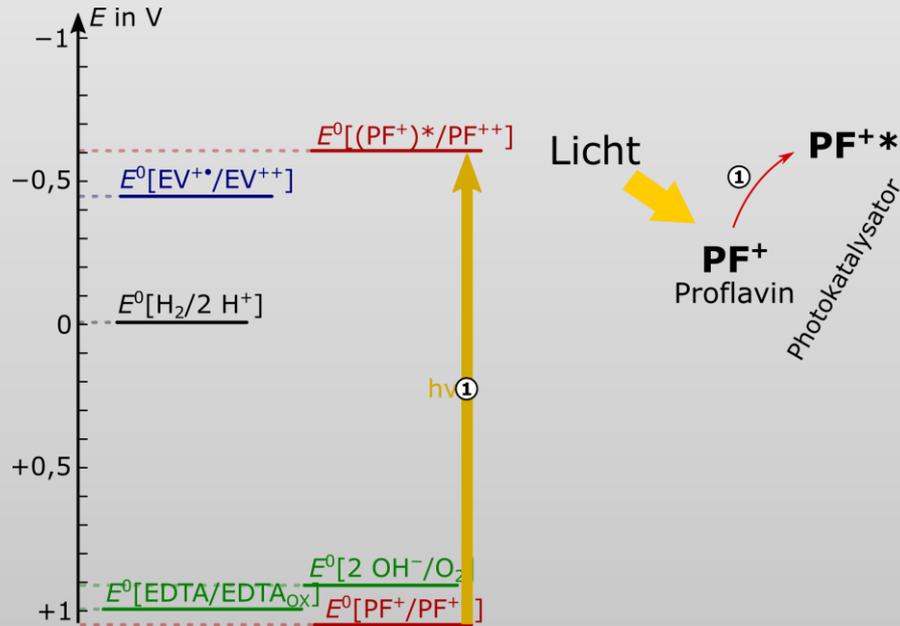


Maria Heffen, Dissertation, Wuppertal 2017

PBB – Reaktionsschema

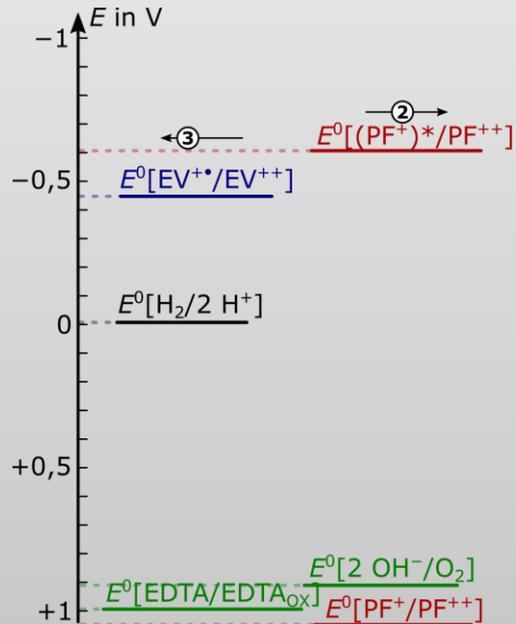


Eigene Darstellung nach Maria Heffen, Dissertation, Wuppertal 2017

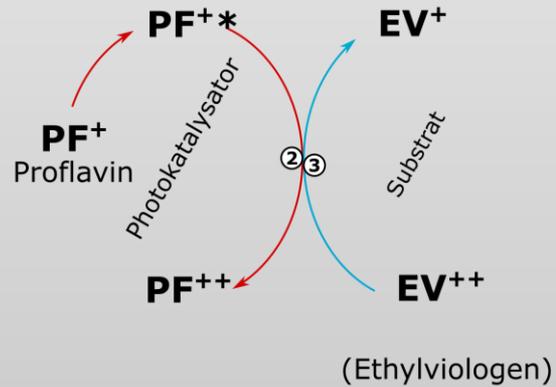


Eigene Darstellung nach Maria Heffen, Dissertation, Wuppertal 2017

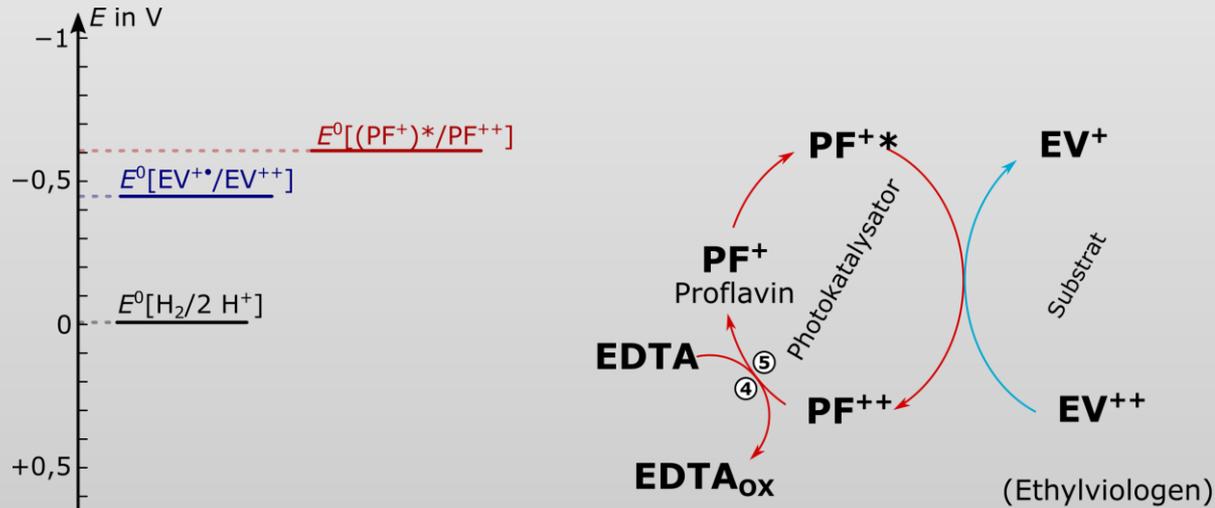
1. Absorption eines Photons und Übergang in den angeregten Zustand



Eigene Darstellung nach Maria Heffen, Dissertation, Wuppertal 2017



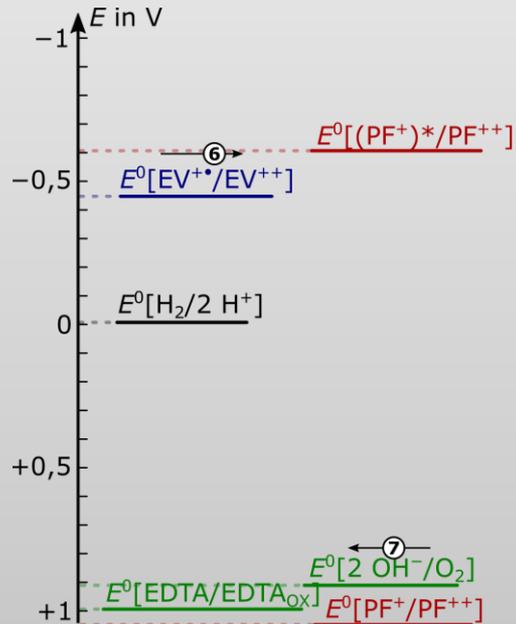
2. Übertragung des Elektrons auf ein Ethylviologen-Molekül



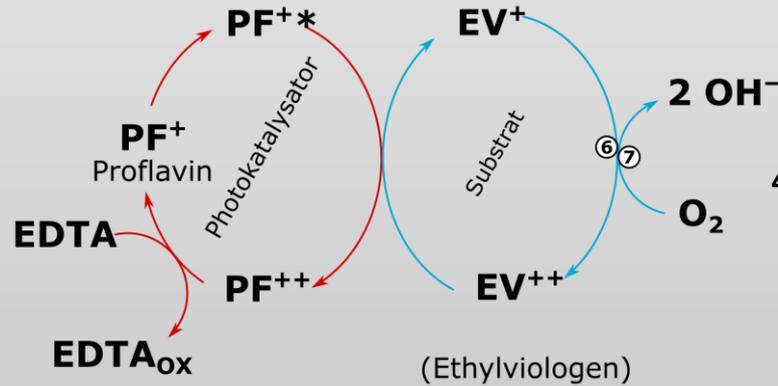
Eigene Darstellung nach Maria Heffen, Dissertation, Wuppertal 2017

3. Regenerierung des Photokatalysator-Moleküls durch EDTA

PBB – Reaktionsschema

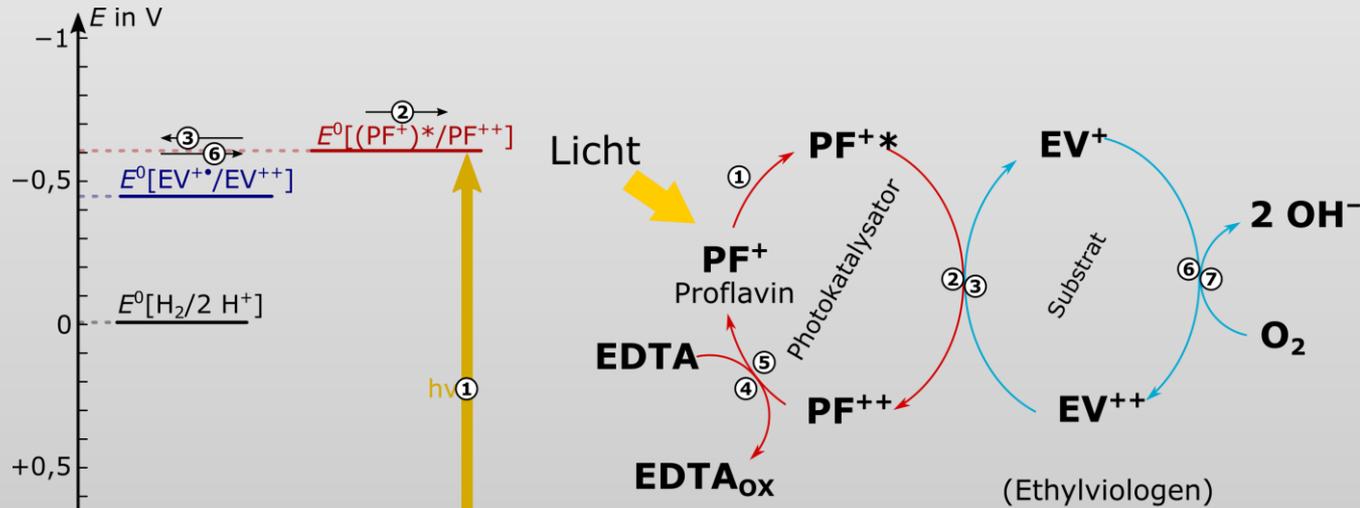


Eigene Darstellung nach Maria Heffen, Dissertation, Wuppertal 2017



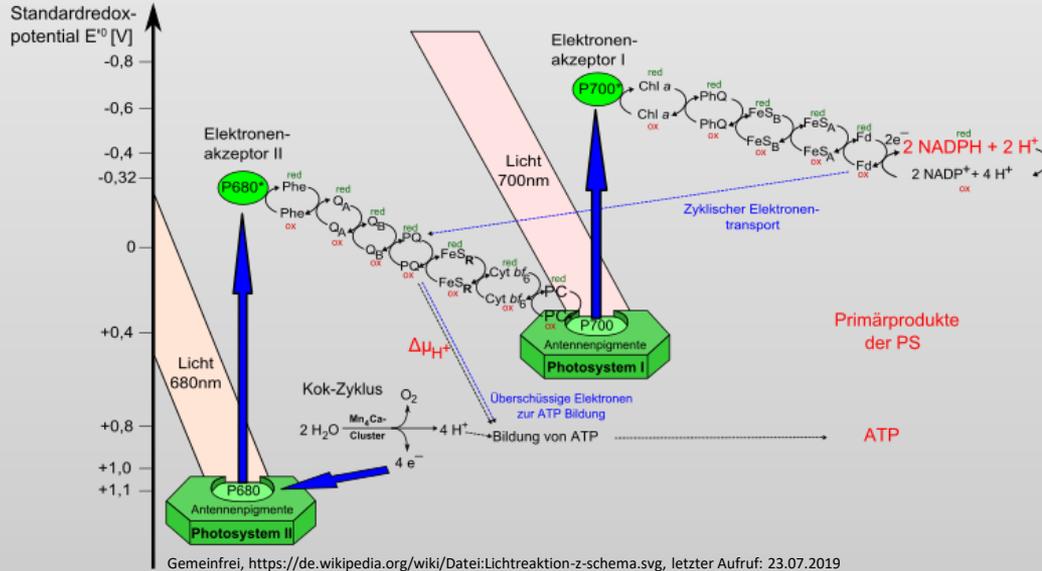
4. Oxidation des reduzierten Ethylviologen-Moleküls

PBB – Reaktionsschema

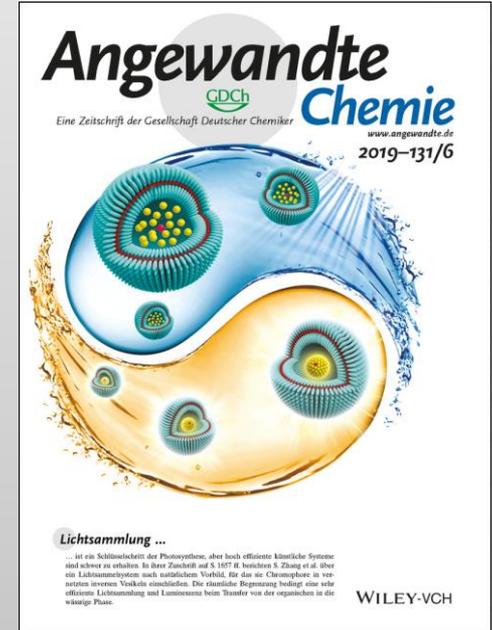


Eigene Darstellung nach Maria Heffen, Dissertation, Wuppertal 2017

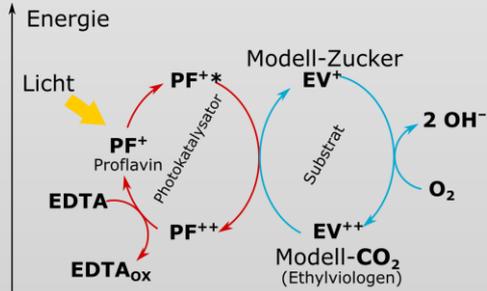
Natürliche Photosynthese – Künstliche Photosynthese



- Ladungssammlung

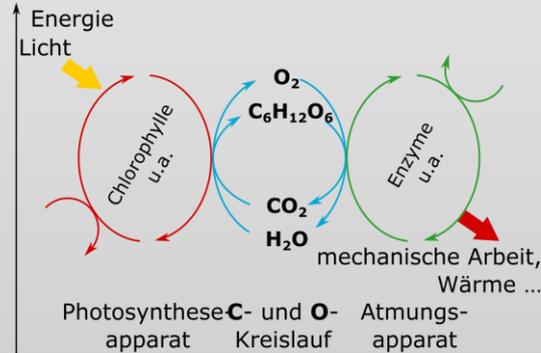


PBB - Modellexperiment

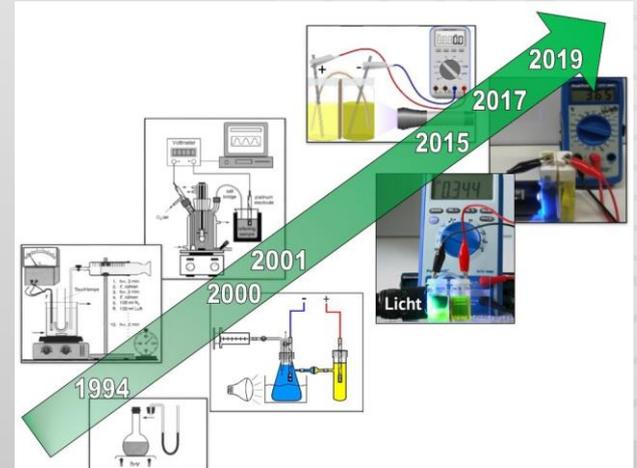


Eigene Darstellung nach Maria Heffen, Dissertation, Wuppertal 2017

Experiment



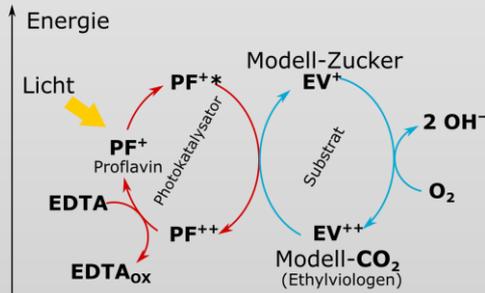
Natur



- M.T. *PdN-ChiS*, 43 (3) 13 (1994);
- S. Korn, M. T. *J. Chem. Educ.* 78 (9), 1238 (2001);
- M. Heffen, M. T. *PdN-ChiS* 68 (4) 42 (2015);
- M. Heffen, M. T. *Chem. & Sch.* 31, 5 (2016);
- Y. Yurdanur, M. T. *CHEMKON* März (2019)

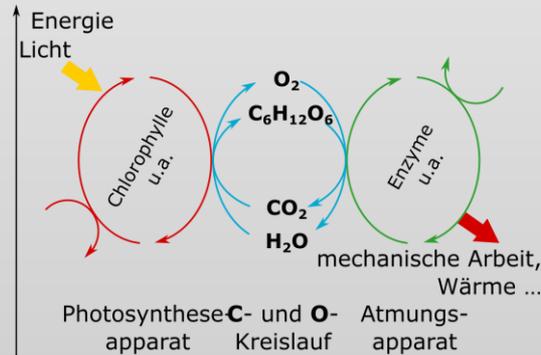
Auf dem Weg zur künstlichen Photosynthese
Richard Kremer | Wiss. Mitarbeiter

26



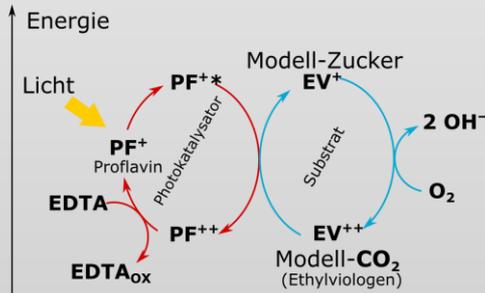
Eigene Darstellung nach Maria Heffen, Dissertation, Wuppertal 2017

Experiment



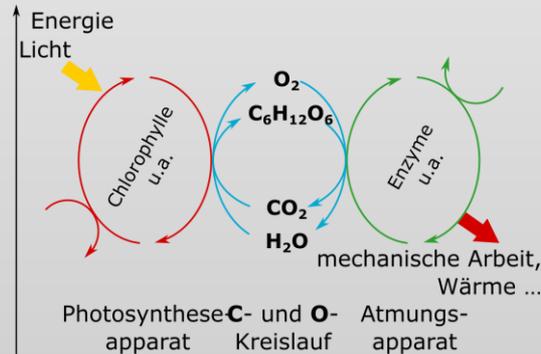
Natur

- **Stoffkreislauf** des Substrats
- **Redoxreaktionen** des Substrats
- Farbiger **Photokatalysator**
- **Oxidation** mit **O₂** aus der **Luft**
- Reaktionen in **wässriger Lsg.**



Eigene Darstellung nach Maria Heffen, Dissertation, Wuppertal 2017

Experiment



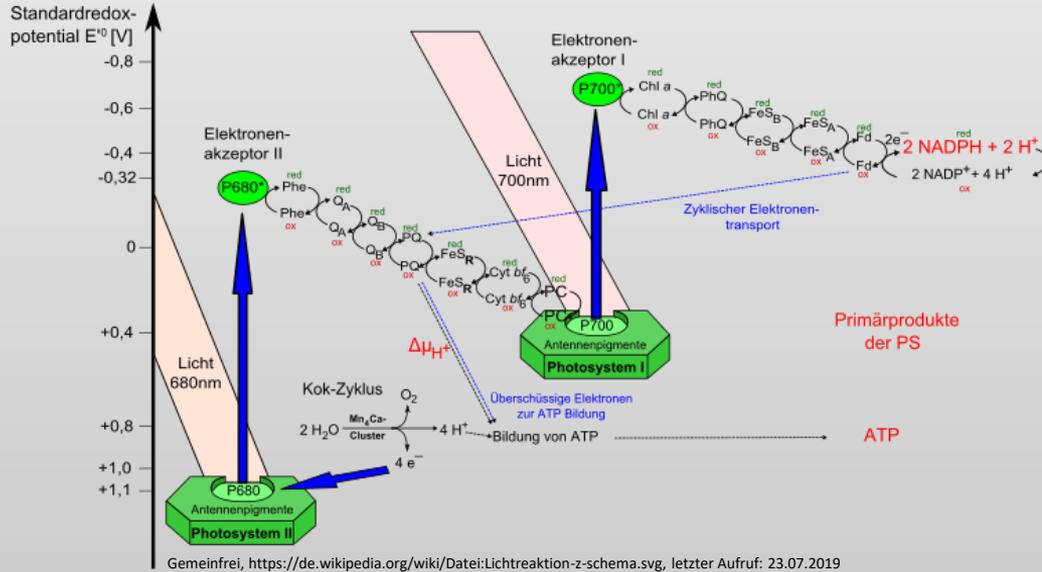
Photosynthese- und Atmungs-
apparat Kreislauf apparat

Natur

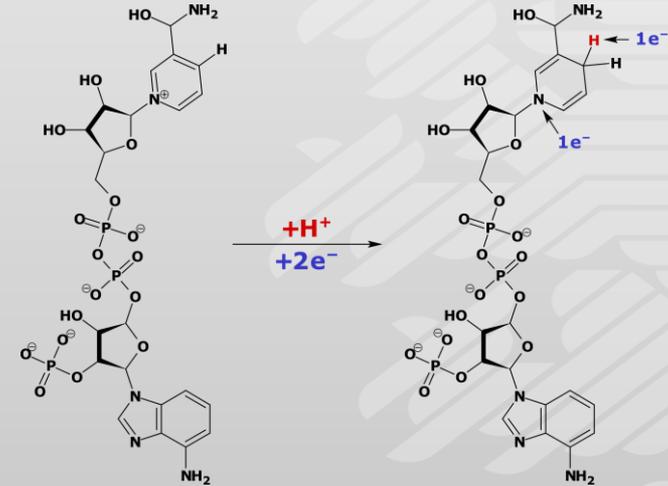
- **Licht** aus **Solarspektrum** als **Antrieb** für die Reduktion
- **Konversion** von **Licht** **chemische Energie** und **Speicherung** im reduzierten Substrat
- Absorption von **Photonen**, Transfer von **Elektronen**

PBB-Experiment steht Modell für Photosynthese und Atmung

Natürliche Photosynthese – Künstliche Photosynthese



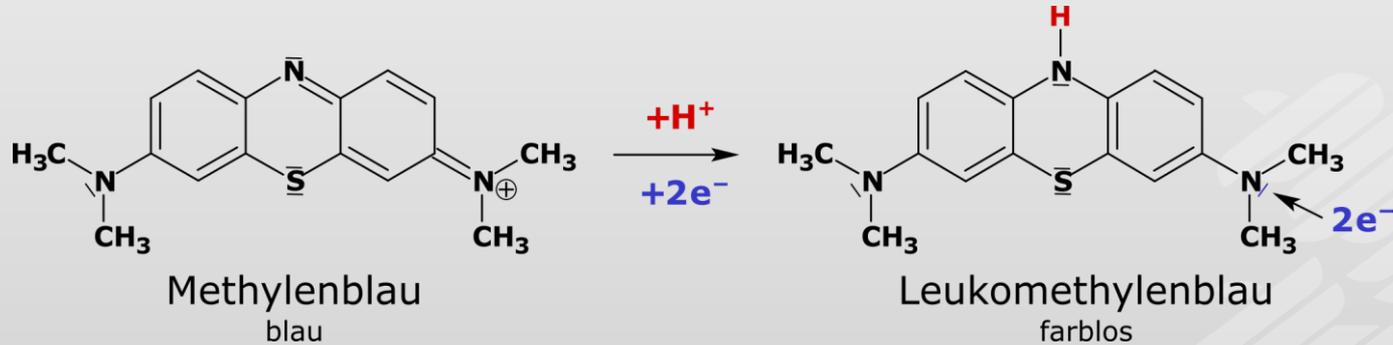
NADP+ und NADPH



Auf dem Weg zur künstlichen Photosynthese

Richard Kremer | Wiss. Mitarbeiter

Synthese eines Reduktionsäquivalents



- Didaktisch prägnante Beobachtung durch Entfärbung der Lösung



Zum Video



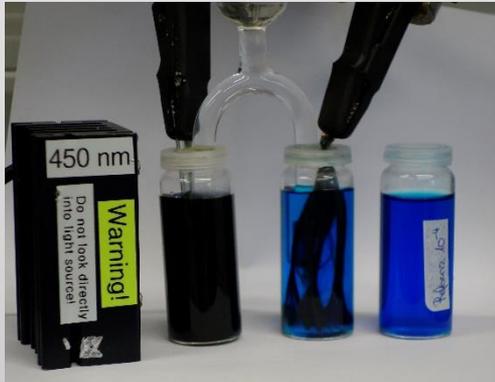
BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

*Photochemische
Reduktion von Methylenblau
mit dem Photo-Blue-Bottle-
Experiment*

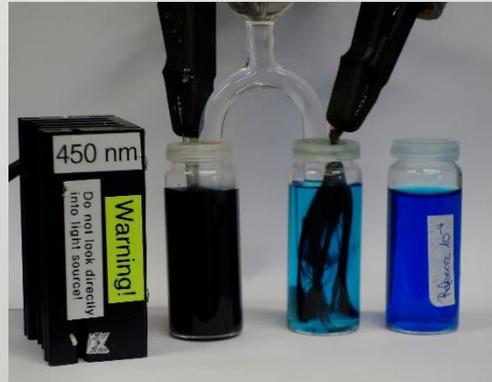


Synthese eines Reduktionsäquivalents - Sicherung

Start



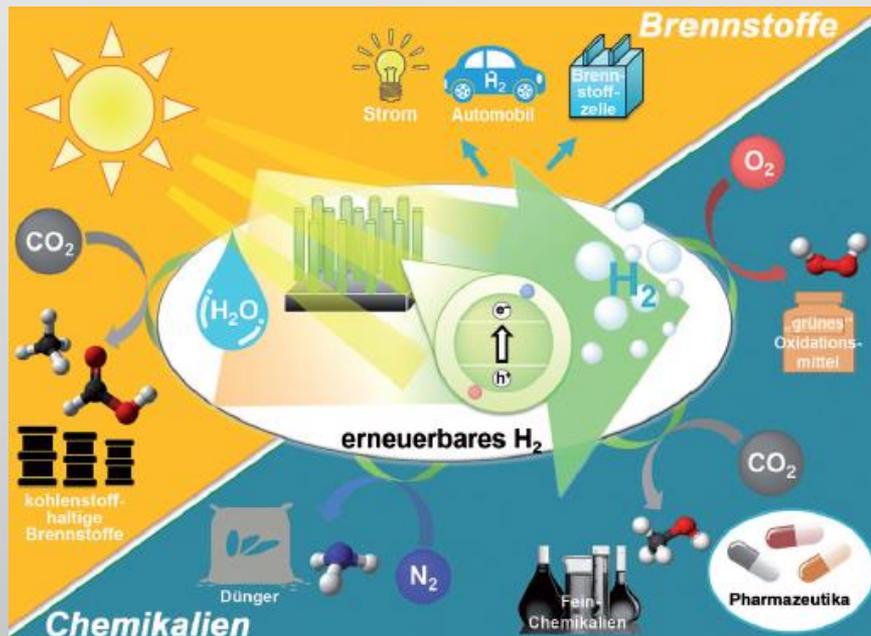
6 min



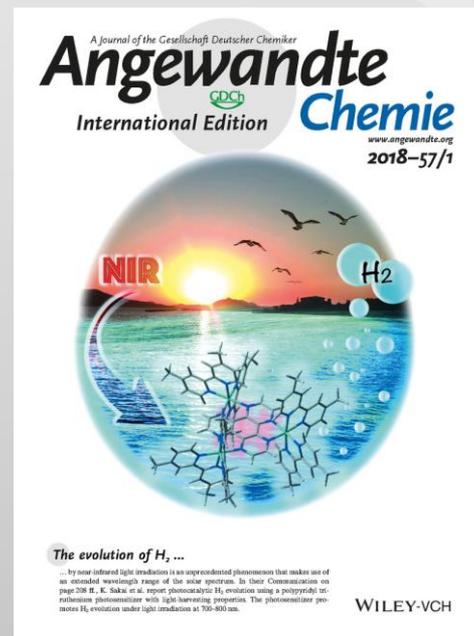
15 min



Solartreibstoffe

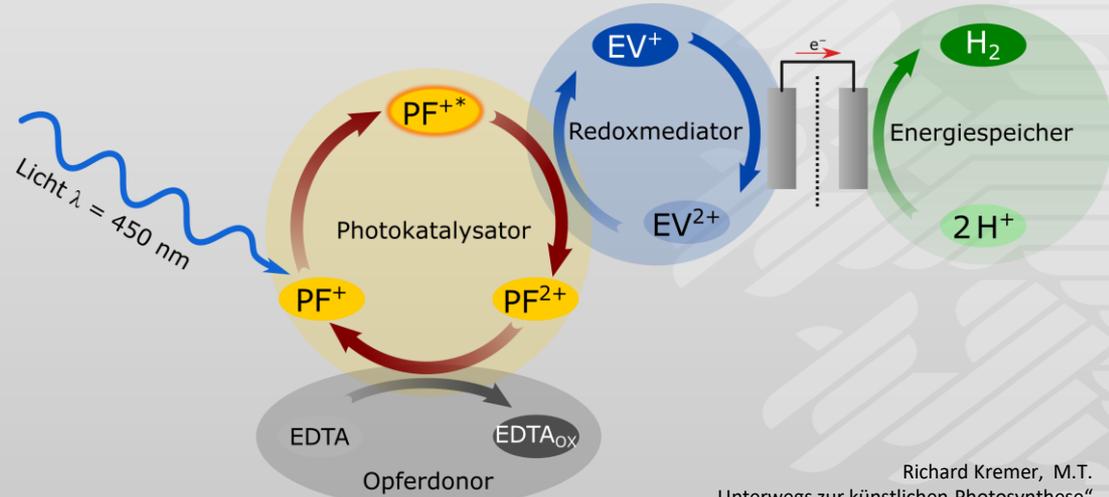
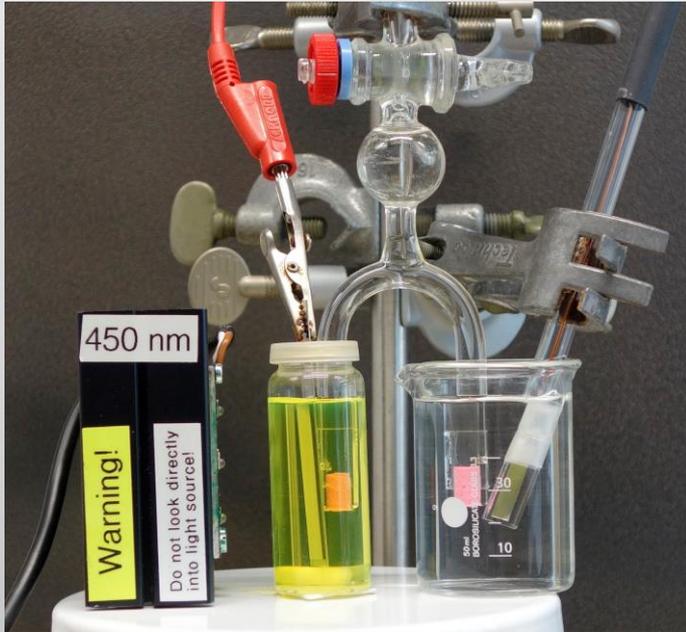


K. K. Sakimoto, P. Yang, D. Kim, *Angew. Chem.* 127, 3309 (2015)



Auf dem Weg zur künstlichen Photosynthese
Richard Kremer | Wiss. Mitarbeiter

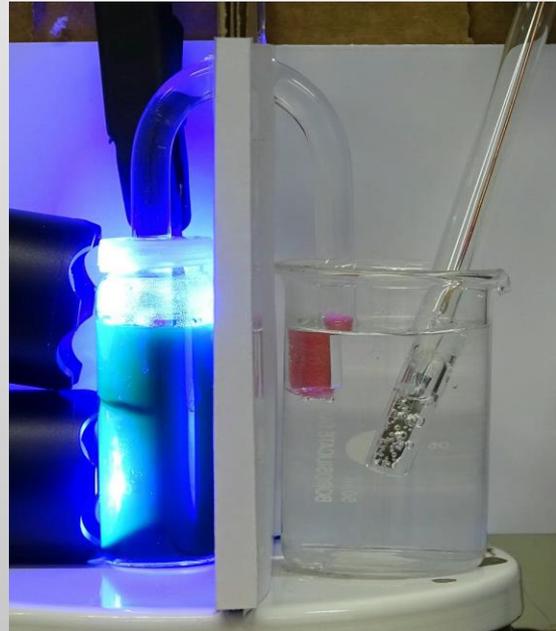
Wasserstoffentwicklung - Aufbau



Richard Kremer, M.T.
„Unterwegs zur künstlichen Photosynthese“
Chemie & Schule angenommen 2019

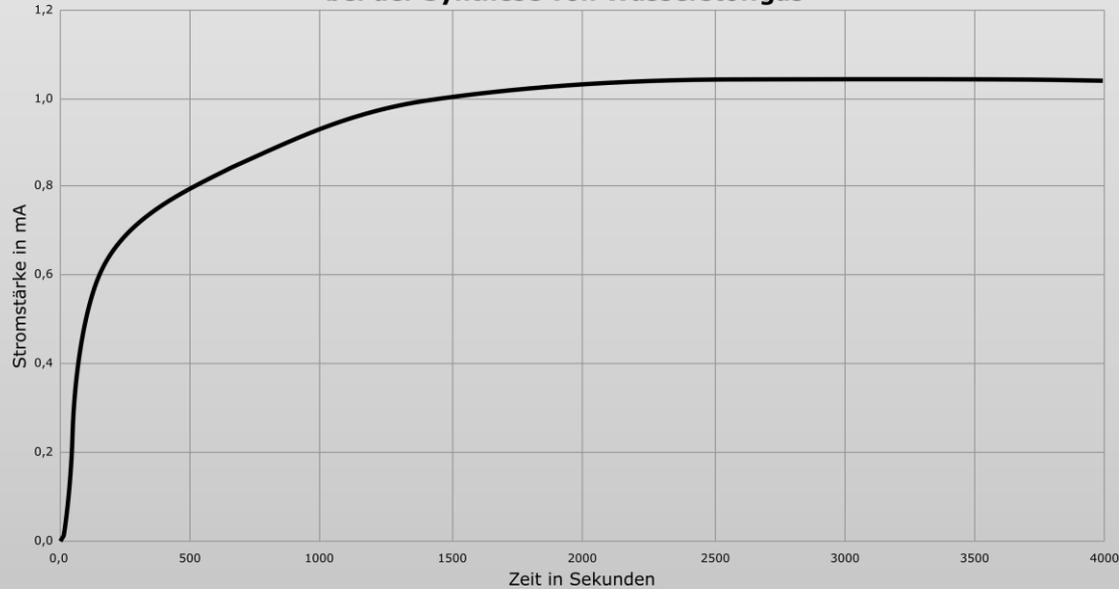


 Zum Video



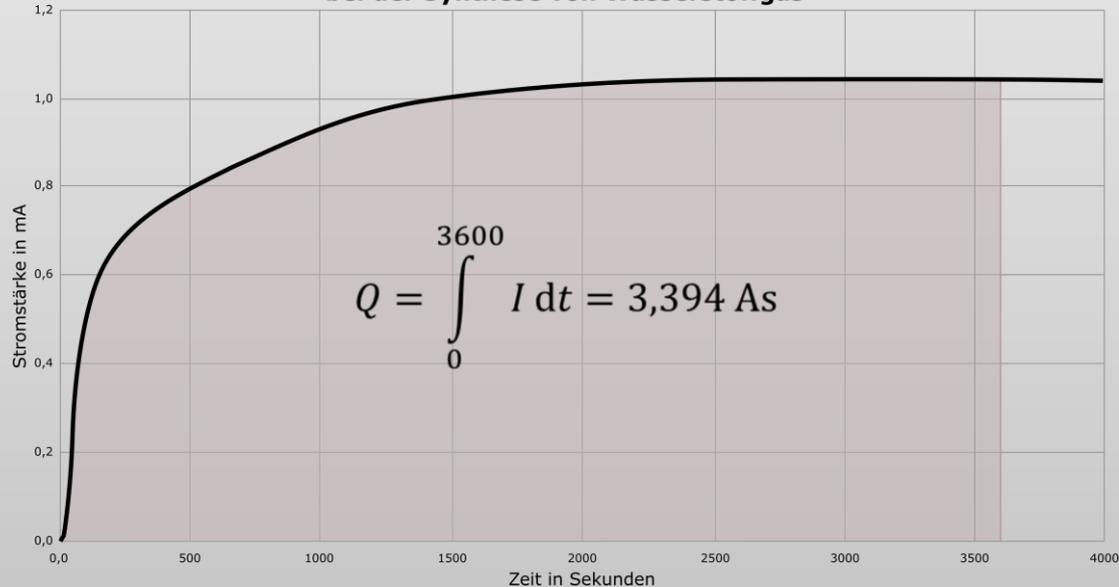
*Photochemische
Wasserstoffherstellung
mit dem Photo-Blue-Bottle-
Experiment*

Stromstärkeverlauf in der photogalvanischen Zwei-Topf-Zelle bei der Synthese von Wasserstoffgas



Wasserstoffentwicklung - Quantifizierung

**Stromstärkeverlauf in der photogalvanischen Zwei-Topf-Zelle
bei der Synthese von Wasserstoffgas**



$$n = Q / (z \cdot F)$$
$$F = 96485 \text{ As/mol}$$

$$n \approx 1,75 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$
$$V \approx 4,26 \cdot 10^{-4} \text{ L}$$

→ 0,426 mL/h

- Simulation von Photosynthese und Atmung mit dem PBB-Basisexperiment
- Erweiterung durch die Verwendung von Methylenblau als Reduktionsäquivalent
- Herstellung des Solartreibstoffes «Wasserstoff» möglich

- Ravelli, Davide; Dondi, Daniele; Fagnoni, Maurizio; Albini, Angelo; Chem. Soc. Rev. 38 (7), S.1999-2011
- N. J. Turro, Modern molecular photochemistry, University Science Books, Mill Valley, Calif, 1991
- Maria Heffen, Dissertation, Wuppertal, 2017
- M. Heffen, M. W. Tausch, Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule, 2015, 1
- H. Tsubomura, Y. Shimoura, S. Fujiwara, The Journal of Physical Chemistry 1979, 83
- M. Neumann-Spallart, K. Kalyanasundaram; J. Phys. Chem. 1982; 82, S. 2681-2690
- N. Armaroli, V. Balzani; Angew. Chem. Int. Ed. 2007, 46, 52–66
- N. Armaroli, V. Balzani; Chem. Eur. J. 2016, 22, 32 – 57
- R. Kremer, M.T., „Unterwegs zur künstlichen Photosynthese“, *Chemie & Schule*, angenommen 2019
- C. Bohrmann-Linde, M. Tausch, M. v. Wachtendonk (Hrsg.) *Chemie 2000+. Sekundarstufe II*, Buchner, Bamberg, 2010
- U. Weber, H.-S. Bleuel, *Biologie Oberstufe*, 1. Aufl., Cornelsen, Berlin, 2009

Vielen Dank für
Ihre Aufmerksamkeit!



Vielen Dank an:

Gefördert durch

DFG Deutsche
Forschungsgemeinschaft

Projekt: Photo-MINT, TA 228-2



Diskussion



BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL