



Künstliche Photosynthese in der Flasche

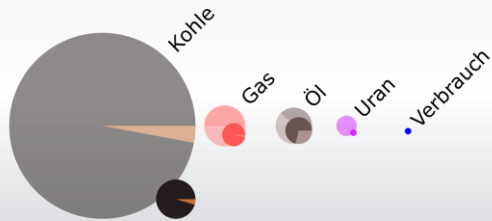
Wasserstoff mit Licht



BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

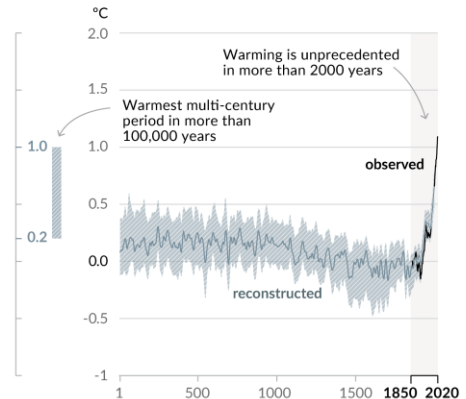
- Motivation
- Das **Photo-Blue-Bottle-Experiment (PBB)**
- PBB-Reaktionsverlauf
- Photokatalytischer Wasserstoff
 - Eintopf-Zelle
 - Zweitopf-Zelle
 - Nachweise
- Materialien

Motivation

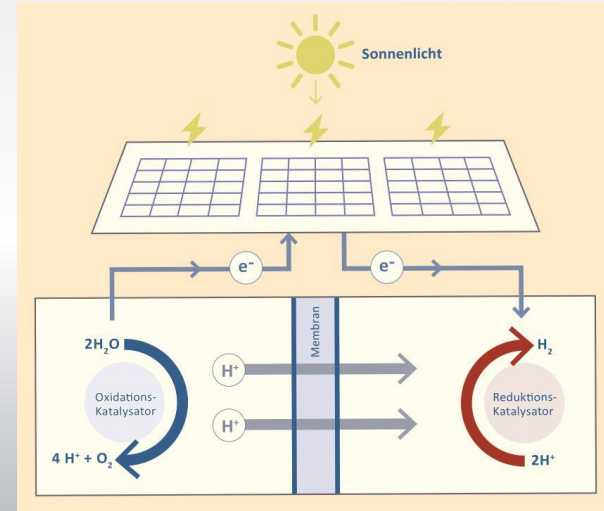
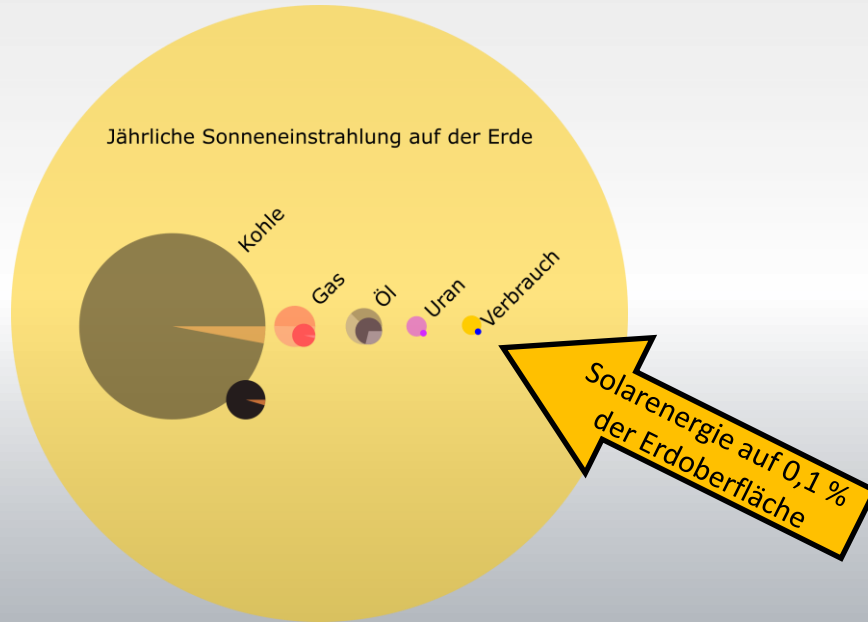


Eigene Darstellung, Daten aus „BGR(2019): BGR Energiestudie 2018 – Daten und Entwicklung der deutschen und globalen Energieversorgung (22).-178 S.; Hannover“

a) Change in global surface temperature (decadal average) as reconstructed (1-2000) and observed (1850-2020)



IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.
<https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/pressemitteilungen/de/2021/08/090821-Weltklimarat.html> (Letzter Zugriff: 21.08.21)

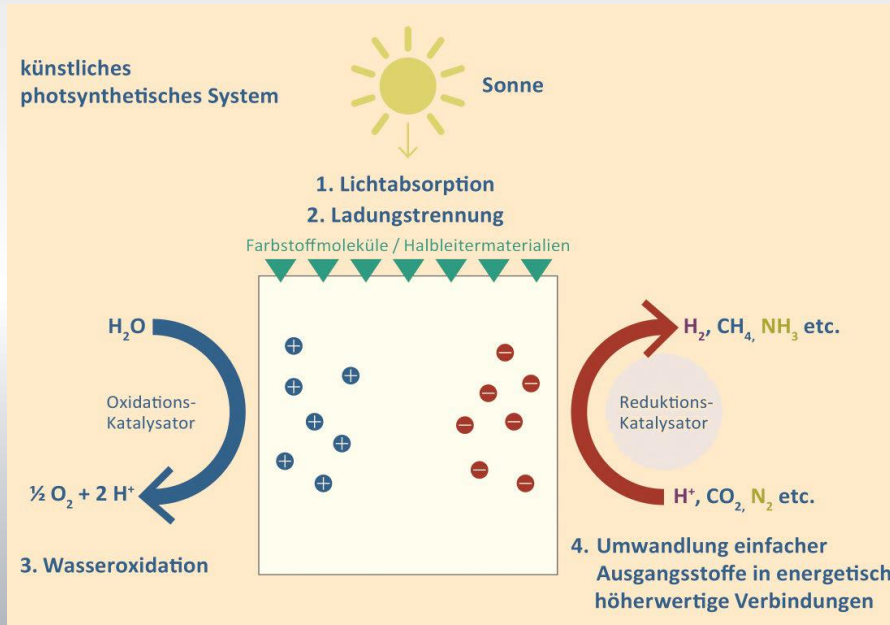


Weitze, Marc-Denis; Tran, David; Dau, Holger; Kurz, Philipp (2020): Künstliche Photosynthese. In: *Chem. Unserer Zeit*. DOI: 10.1002/ciuz.202000008

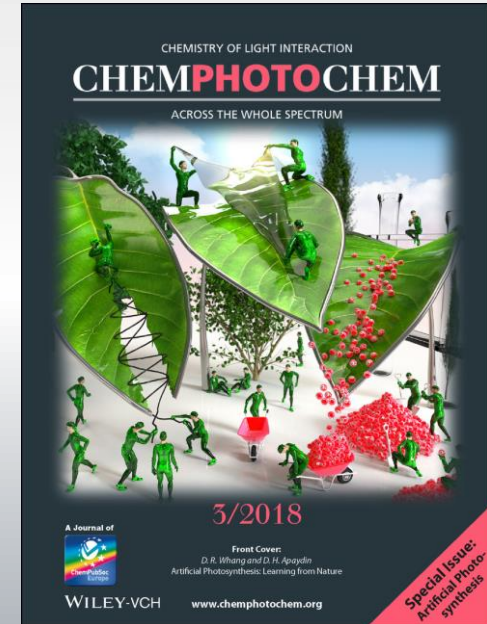
Eigene Darstellung, Daten aus „BGR(2019): BGR Energiestudie 2018 – Daten und Entwicklung der deutschen und globalen Energieversorgung (22).-178 S.; Hannover“ und „D. R. Whang, D. H. Apaydin, *ChemPhotoChem* 2018, 2, 148.“

<https://www.desertec.org/de/technologie/#Gruener-Wasserstoff> (Letzter Zugriff: 21.08.2021)
J. Jia, L. C. Seitz, J. D. Benck, Y. Huo, Y. Chen, J. W. D. Ng, T. Bilir, J. S. Harris, T. F. Jaramillo, *Nat Commun* 2016, 7, 13237

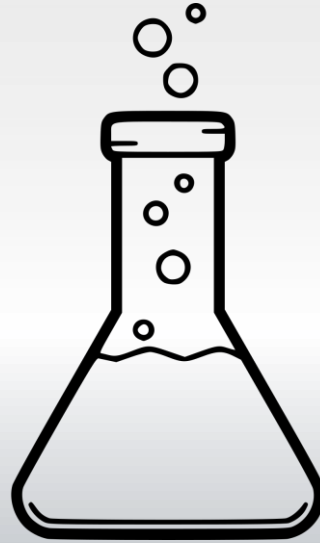
Künstliche Photosynthese



Weitze, Marc-Denis; Tran, David; Dau, Holger; Kurz, Philipp (2020): Künstliche Photosynthese. In: *Chem. Unserer Zeit*. DOI: 10.1002/ciuz.202000008



Künstliche Photosynthese in der Flasche – Wasserstoff mit Licht
Richard Kremer | Wiss. Mitarbeiter



Experiment

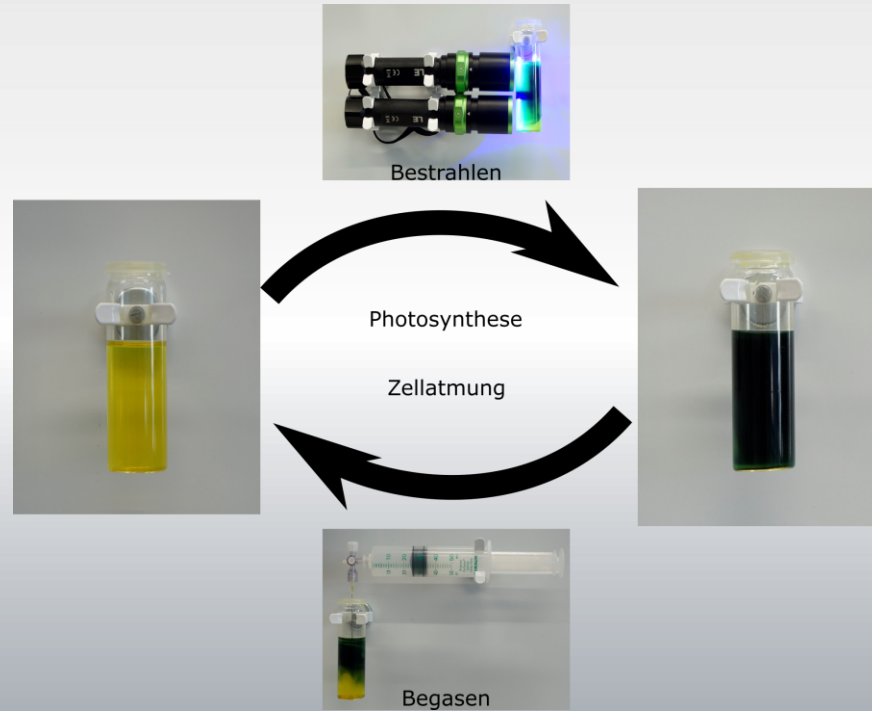
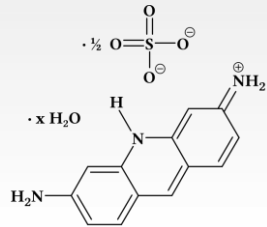


Photo-Blue-Bottle-Lösung

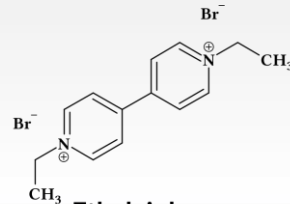


wässrige Lösung aus:



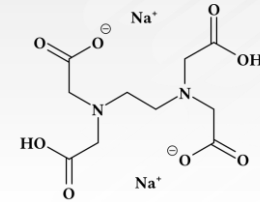
Proflavin

3,6-Diaminoacridin-hemisulfat



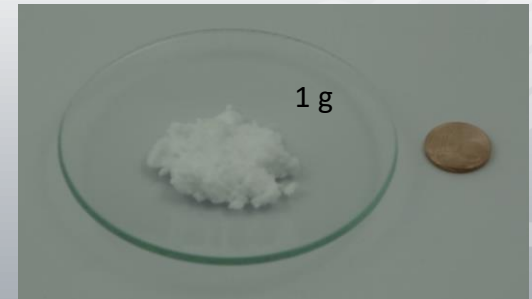
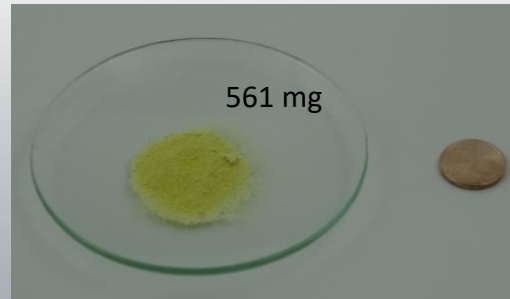
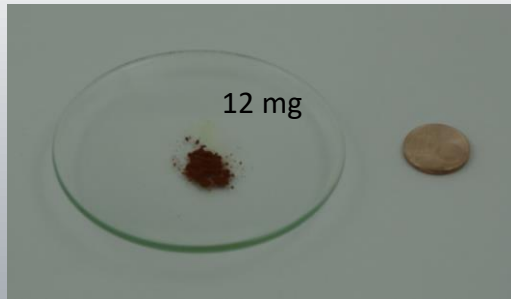
Ethylviologen

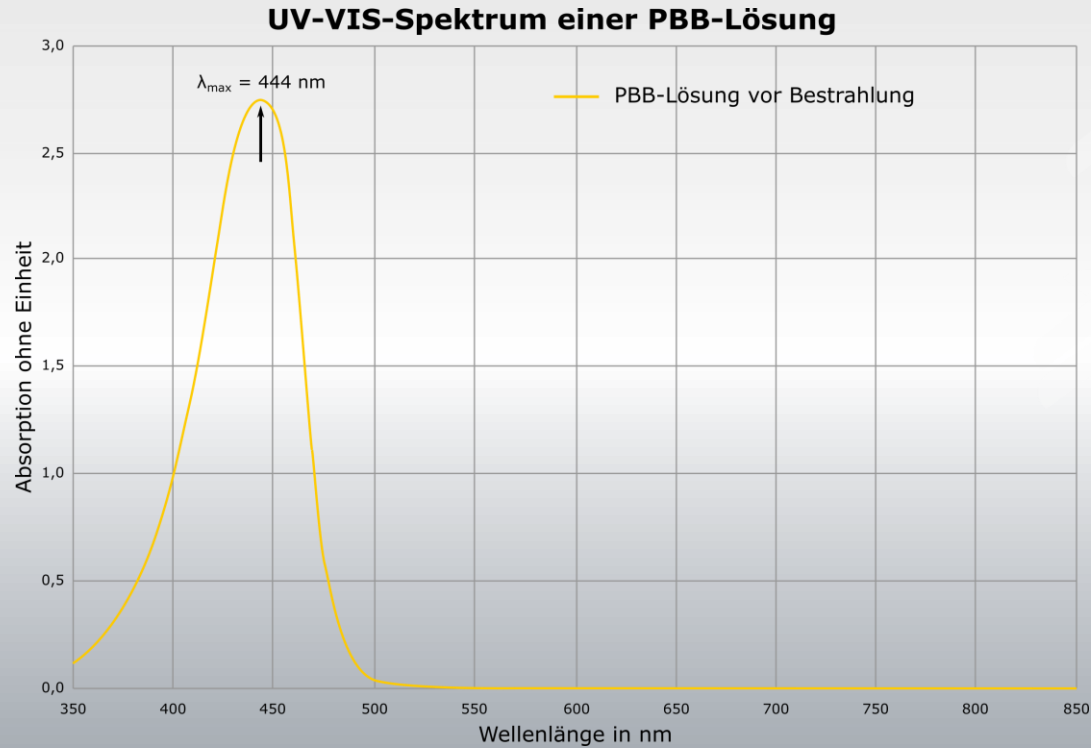
1,1'-Diethyl-4,4'-bipyridinium-dibromide



EDTA

Dinatrium-ethylendiamintetraessigsäure







UV-VIS-Spektrum einer PBB-Lösung

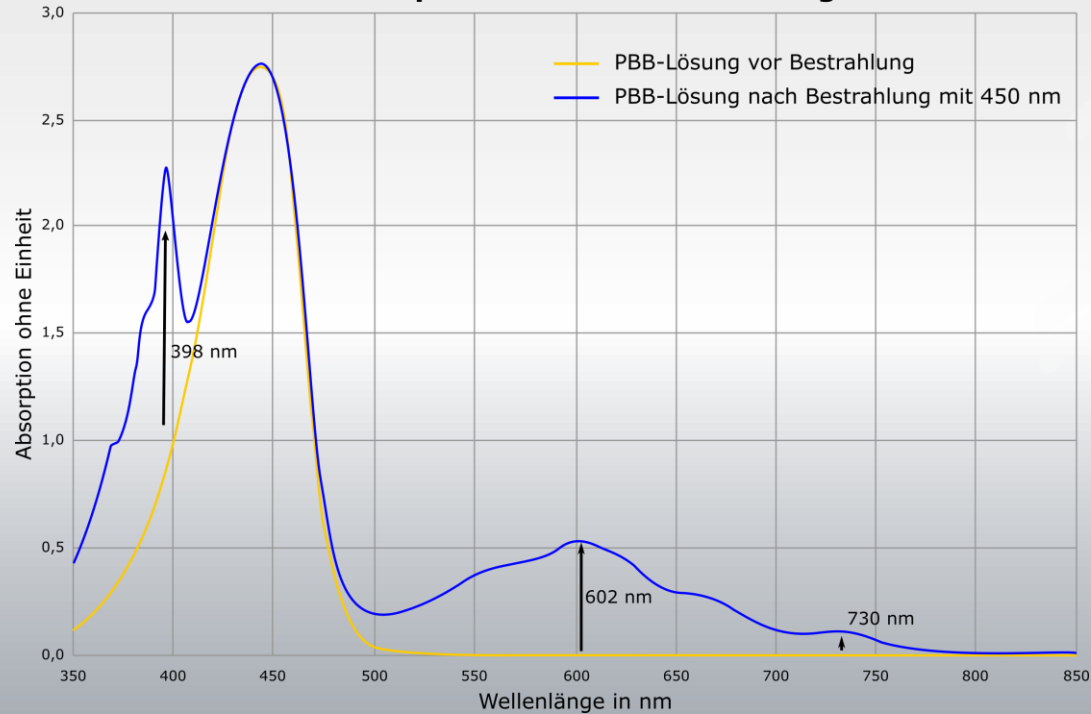
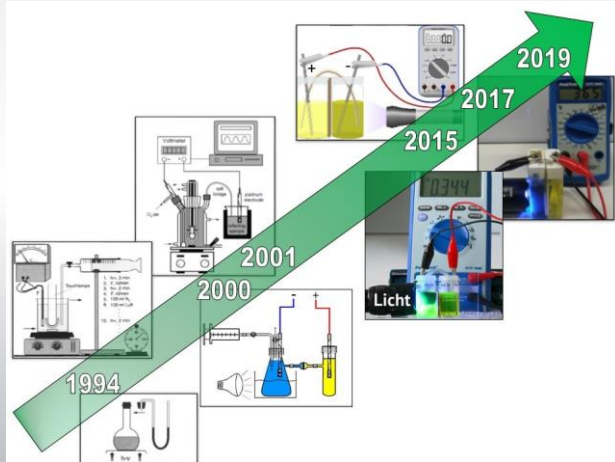


Photo-Blue-Bottle



eine Lösung für viele Versuche:



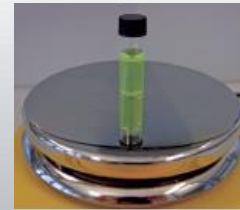
M.T. *PdN-ChiS*, 43 (3) 13 (1994);
S. Korn, M. T. *J. Chem. Educ.* 78 (9), 1238 (2001);
M. Heffen, M. T. *PdN-ChiS* 68 (4) 42 (2015);
M. Heffen, M. T. *Chem. & Sch.* 31, 5 (2016);
Y. Yurdanur, M. T. *CHEMKON* März (2019)



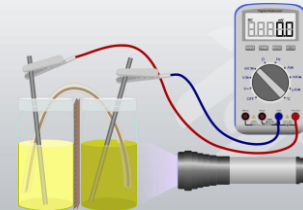
Gas



Lichtfarbe



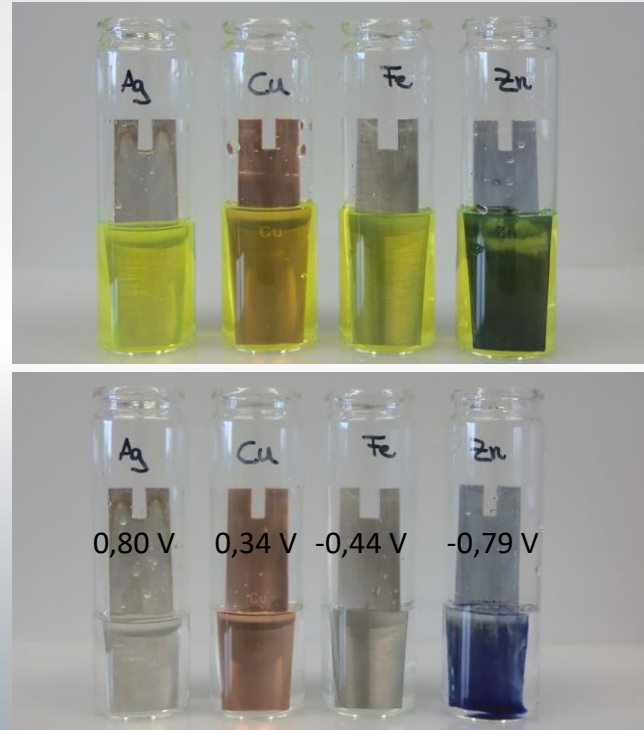
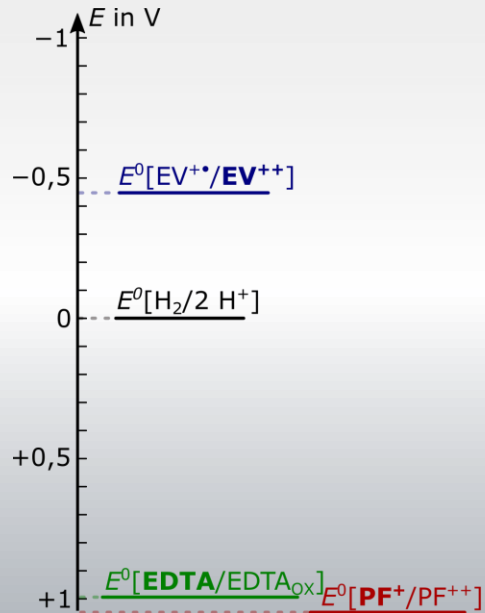
Wärme

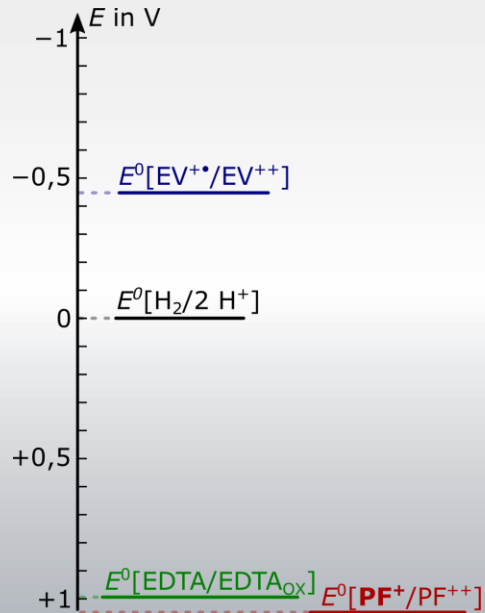


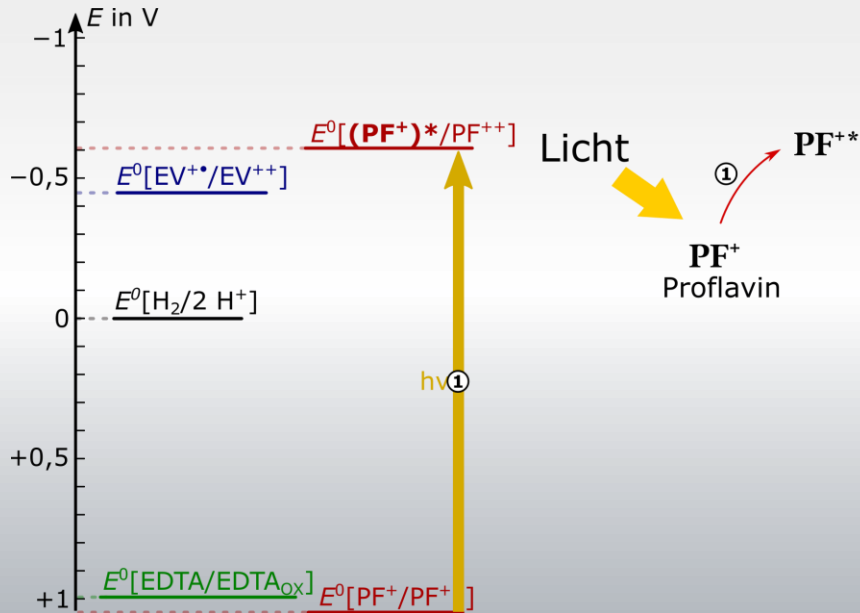
Konzentrationszelle

Maria Heffen, Dissertation, Wuppertal 2017

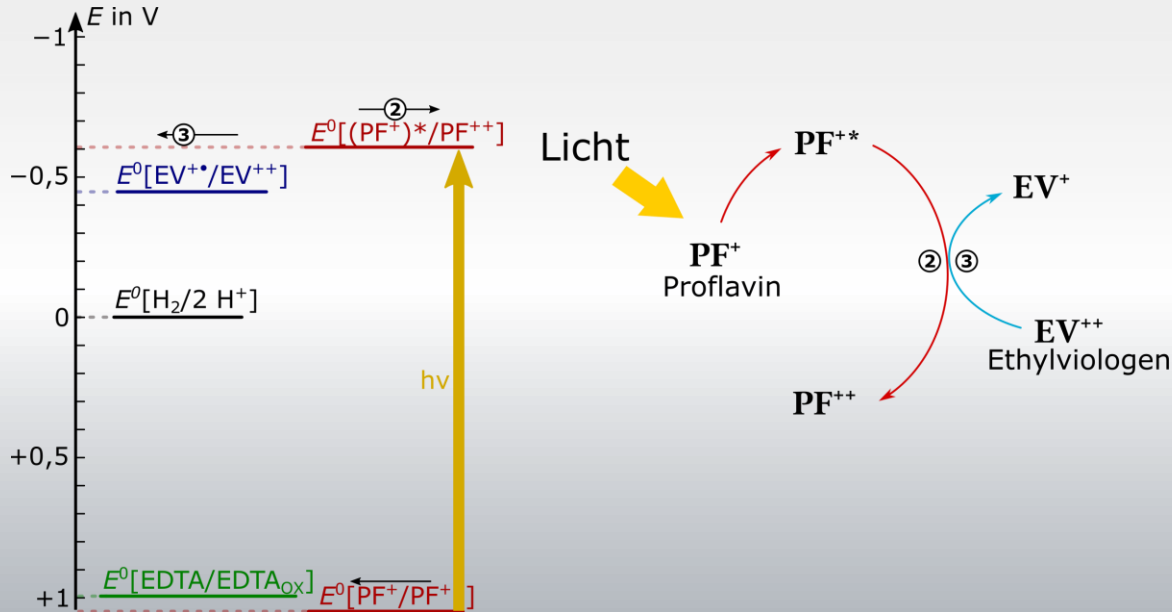
PBB - Redoxpotenziale



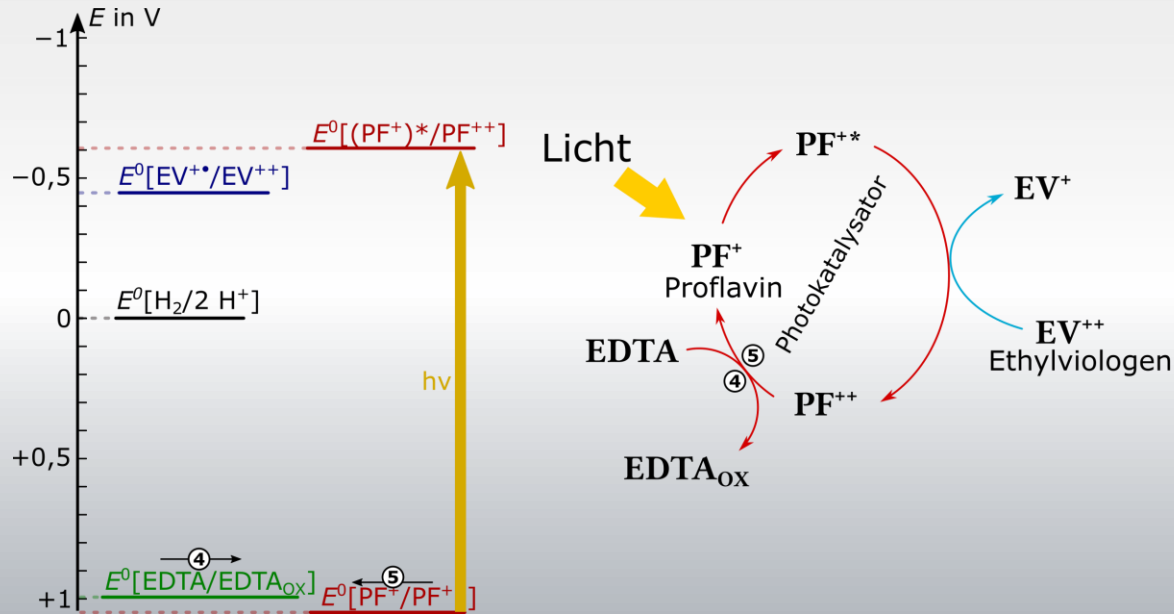




1. Absorption eines Photons und Übergang in den angeregten Zustand

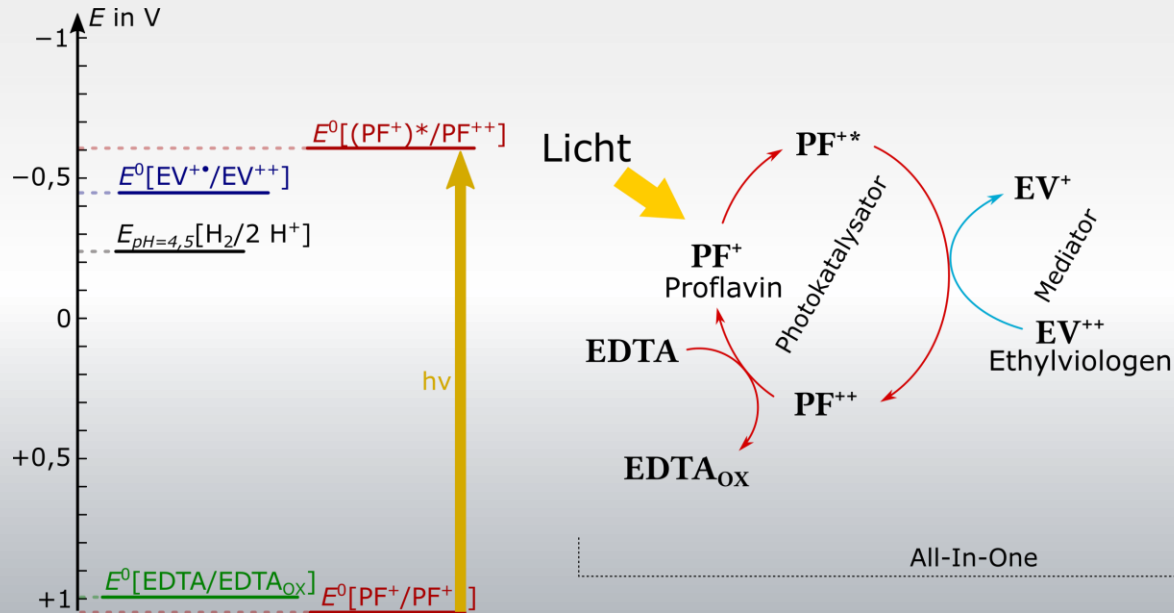


- Übertragung des Elektrons auf ein Ethylviologen-Molekül



3. Regenerierung des Photokatalysator-Moleküls durch EDTA

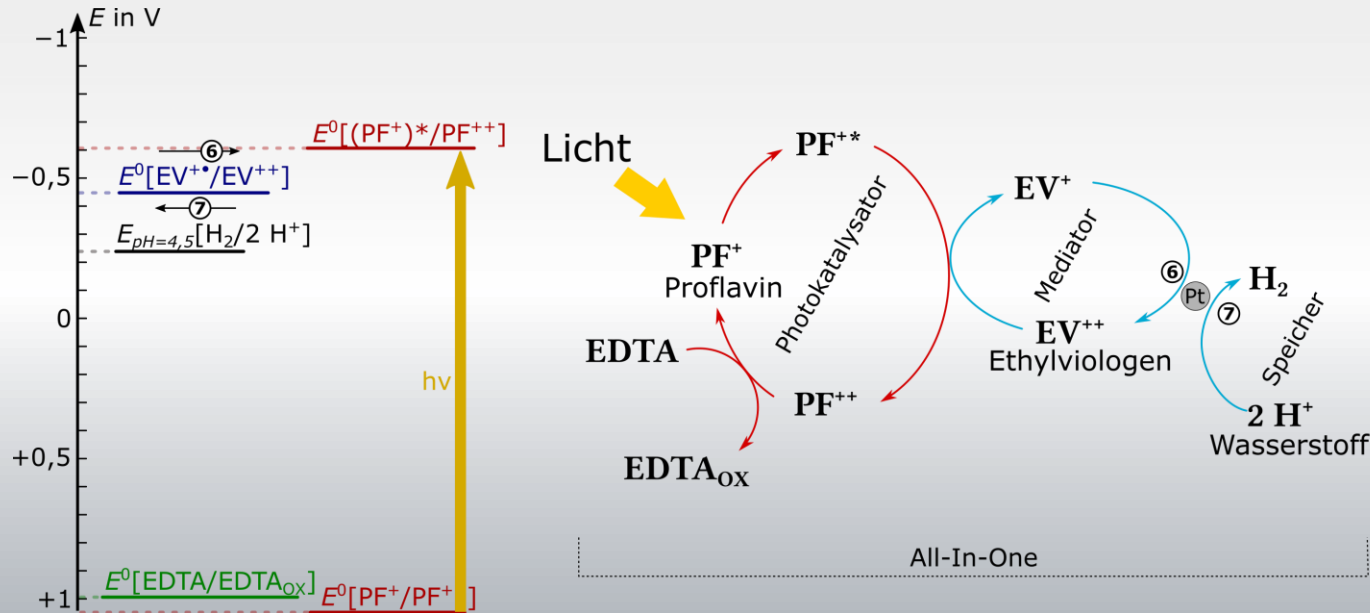
PBB - Reaktionsschema



Künstliche Photosynthese in der Flasche – Wasserstoff mit Licht

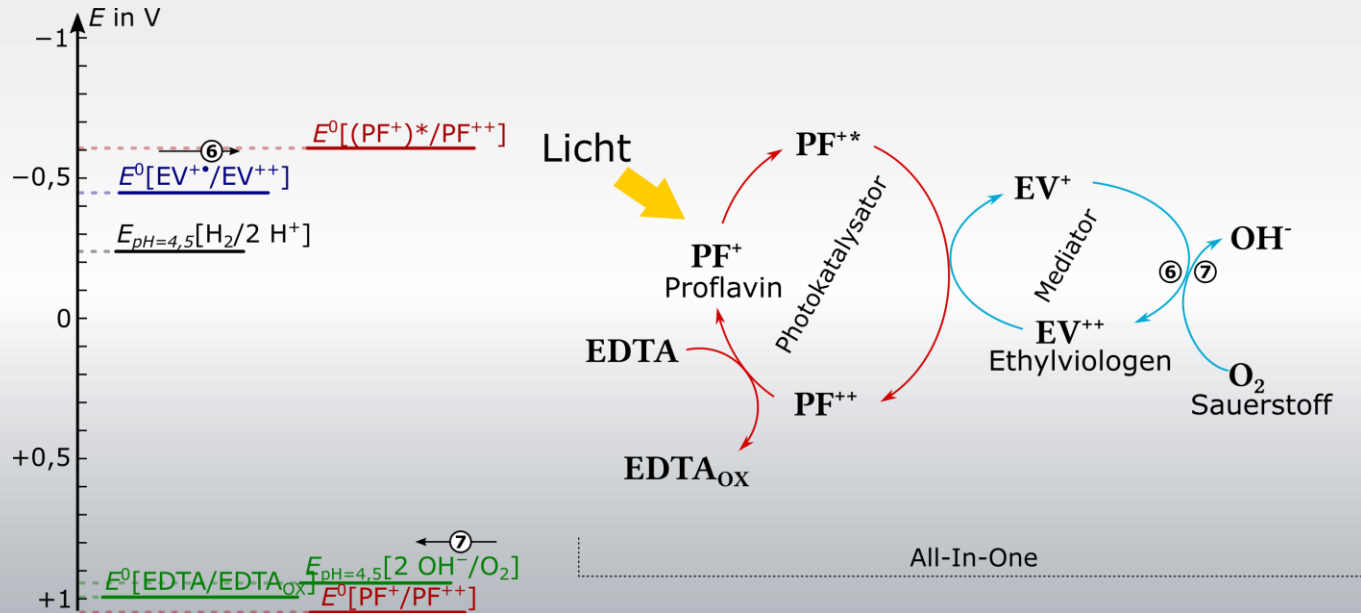
Richard Kremer | Wiss. Mitarbeiter

17



4. Oxidation des Mediators und Bildung des Wasserstoffs

PBB - Reaktionsschema - Nebenreaktion





Apparatur mit möglichst wenig exotischen Geräten

- Gasdicht
- Gasauffangmöglichkeit integriert
- Geringes Totgasvolumen

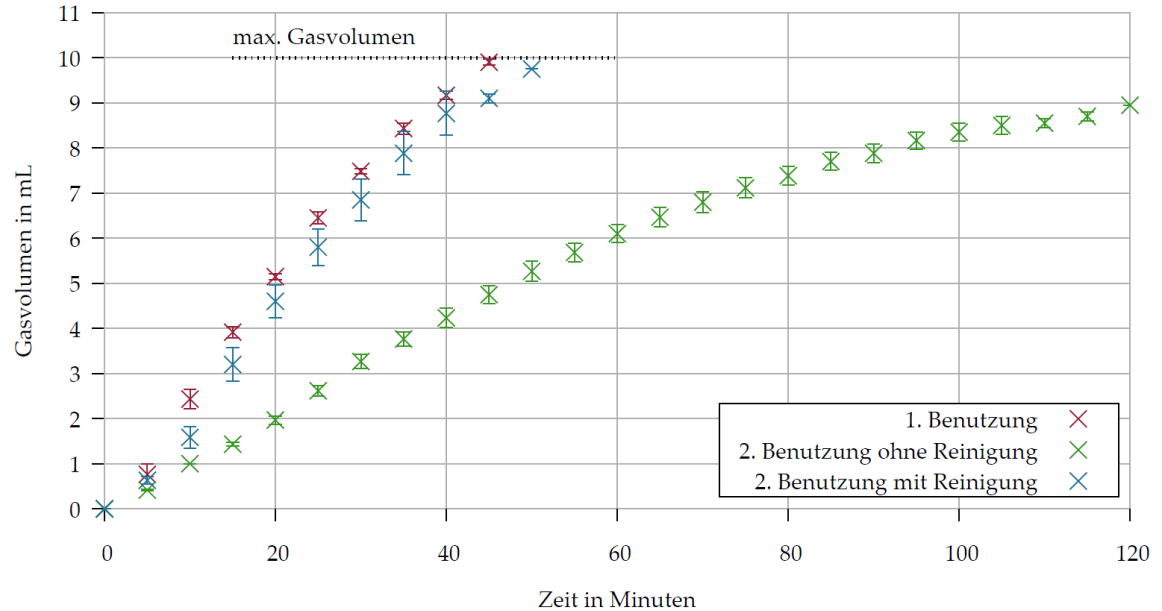
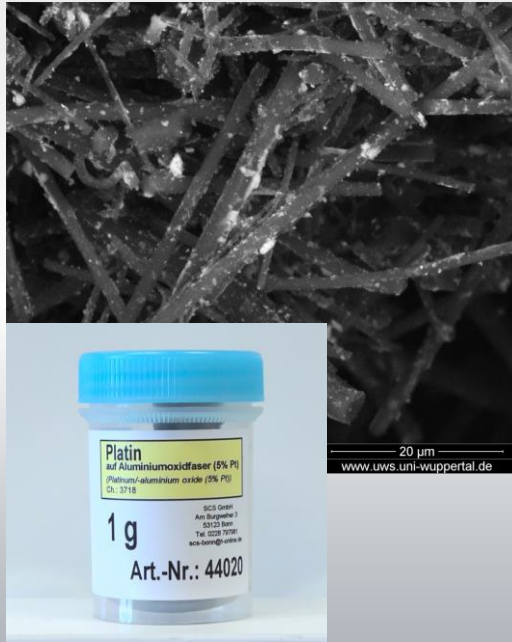
Bestrahlungsquelle möglichst kostengünstig

- Taschenlampen mit hoher Lichtleistung
- LED-Lampen zu bevorzugen

Reduktionskatalysator

- Al_2O_3 -Fasern mit 5% Platinbelegung aus dem Schulchemikalienhandel
- regenerierbar und wiederverwendbar

Eintopfzelle - Katalysator



Bezug über: <https://www.mbm-lehrmittel.de/Chemikalien/P/Platin-auf-Aluminiumoxidfaser-5-Pt-1-g> (letzter Zugriff: 09.09.2021)

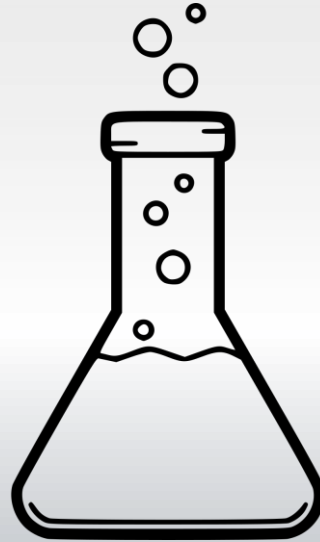


Zum Video



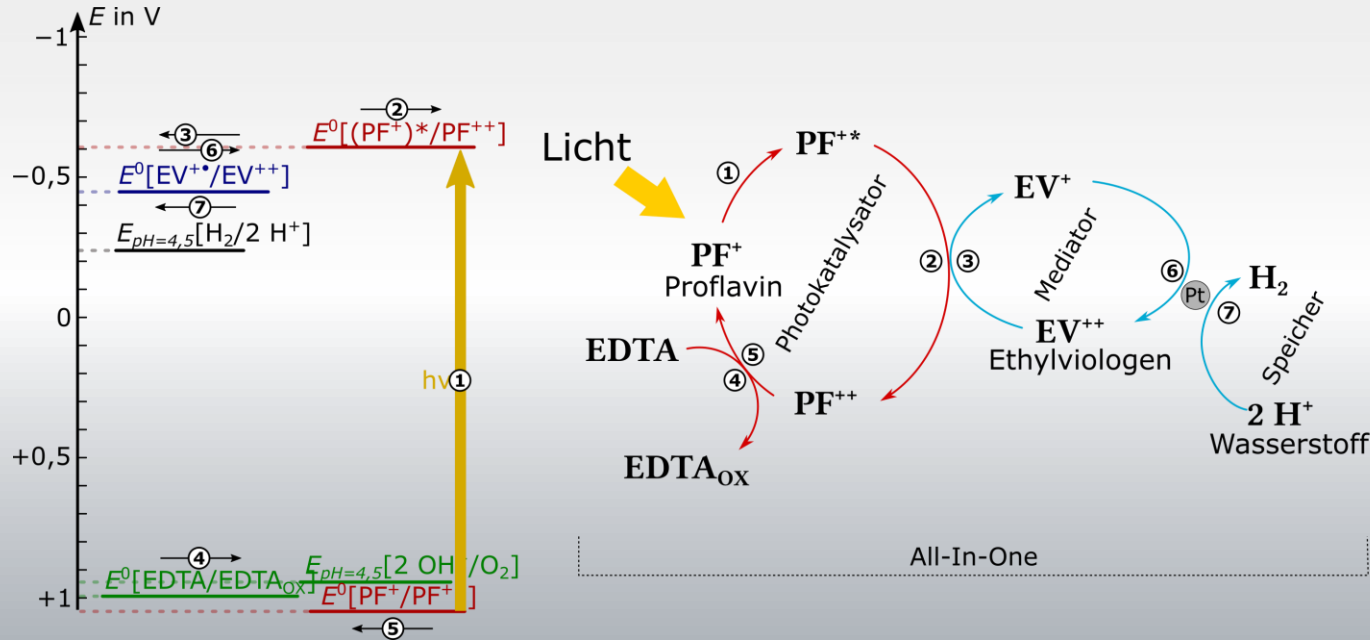
*Photochemische
Wasserstoffherstellung
mit dem PPB-Experiment
in der 1-Topf-Zelle*





Experiment

PBB - Reaktionsschema

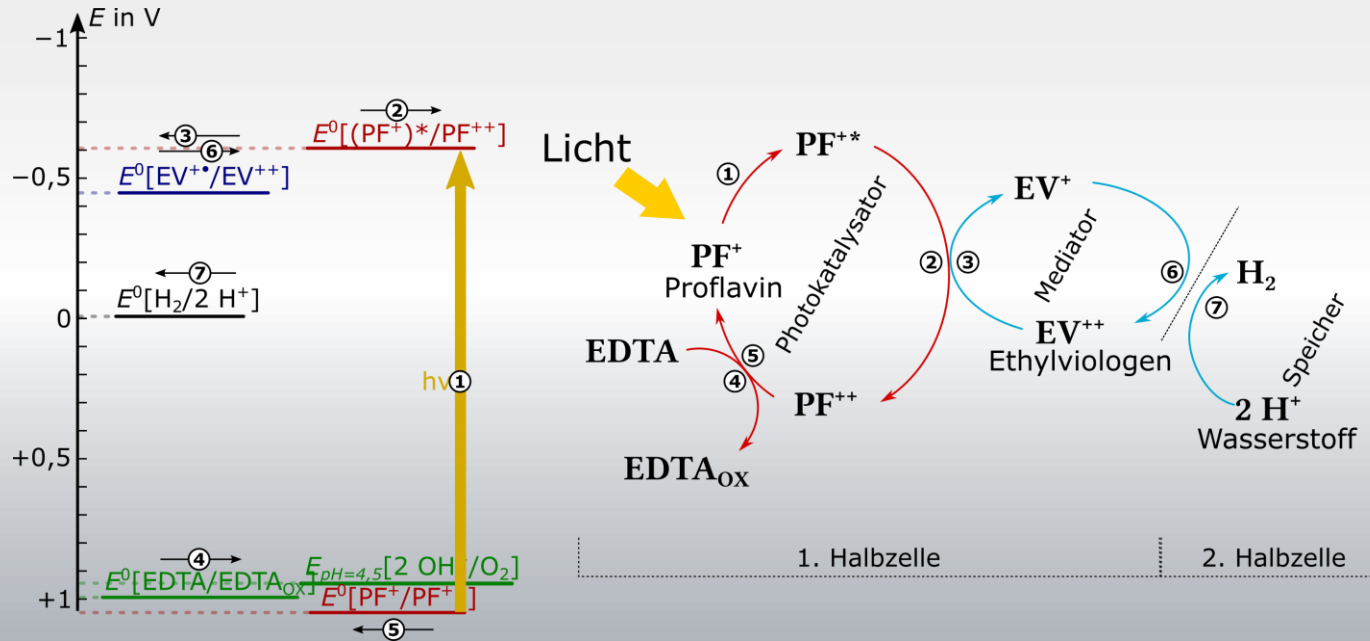


Künstliche Photosynthese in der Flasche – Wasserstoff mit Licht

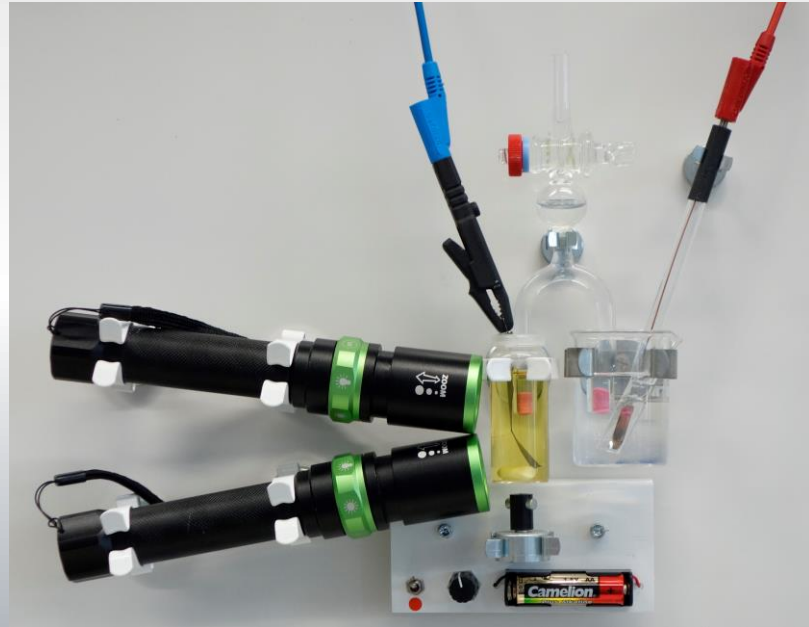
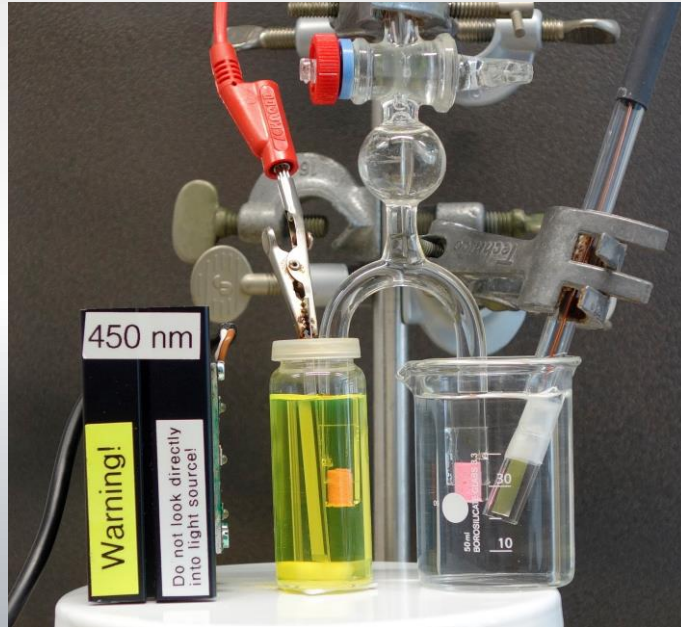
Richard Kremer | Wiss. Mitarbeiter

25

PBB – Reaktionsschema – 2-Topfzelle




Wasserstoffentwicklung - Zweitopfzelle

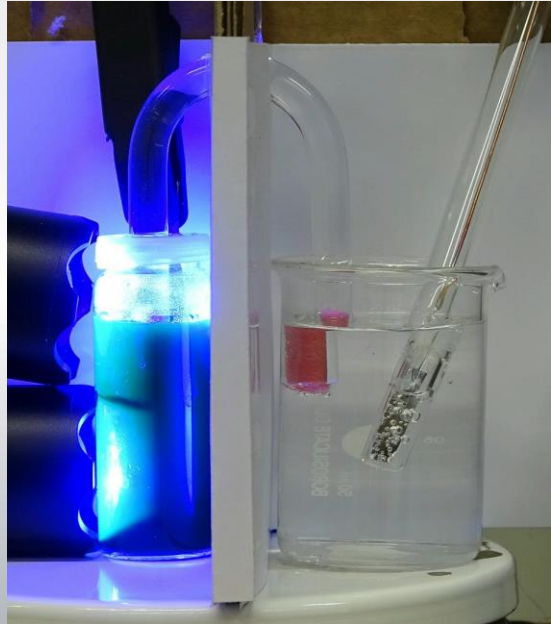


Künstliche Photosynthese in der Flasche – Wasserstoff mit Licht
Richard Kremer | Wiss. Mitarbeiter

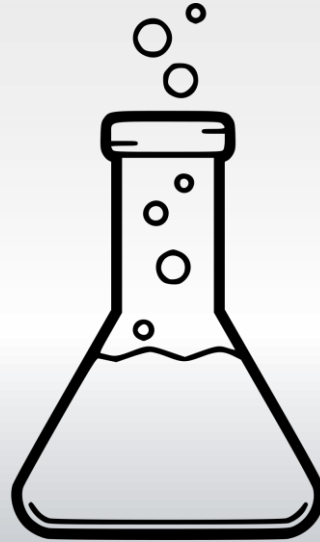
27



 Zum Video



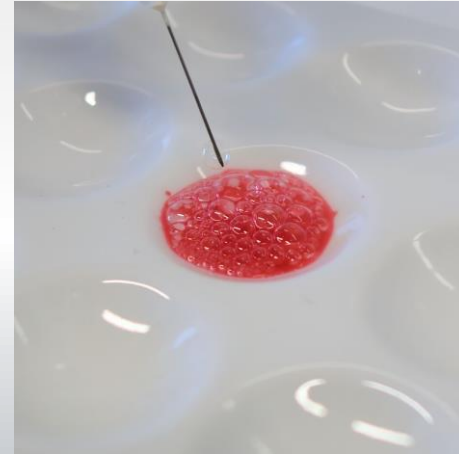
*Photochemische
Wasserstoffherstellung
mit dem Photo-Blue-Bottle-
Experiment*



Experiment

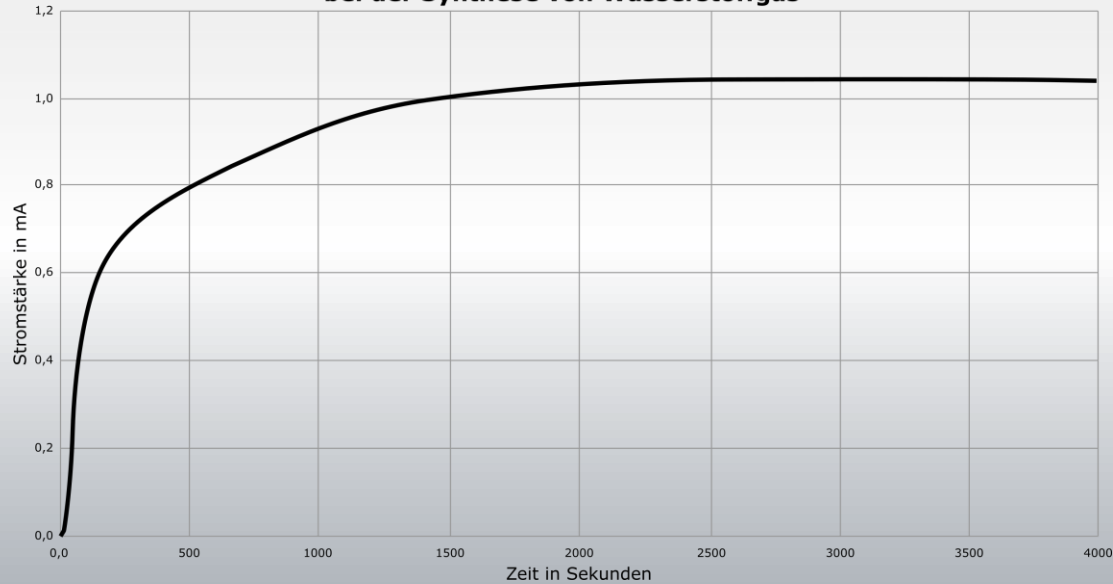


Knallgasprobe

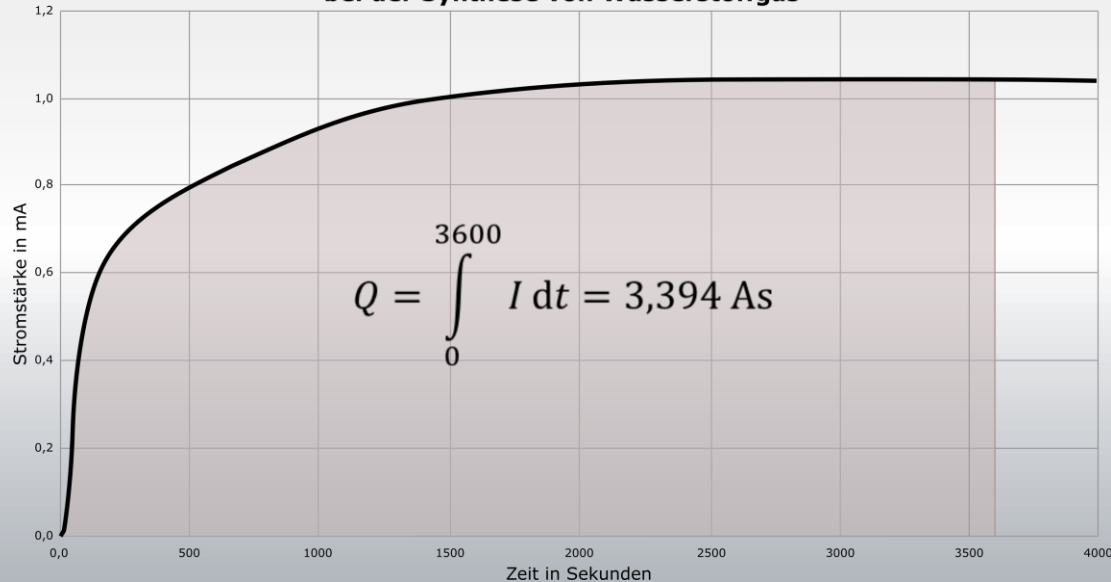


< 0,5 mL Mischung
mit Sauerstoff (2:1)

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



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



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

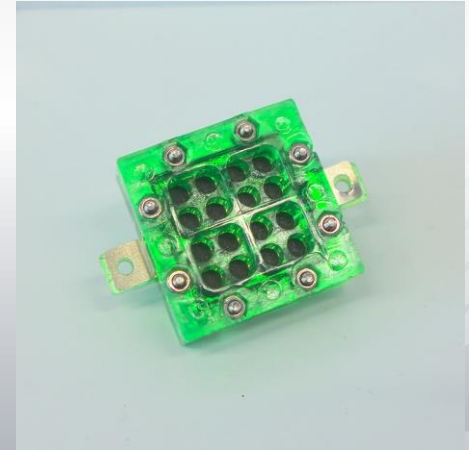
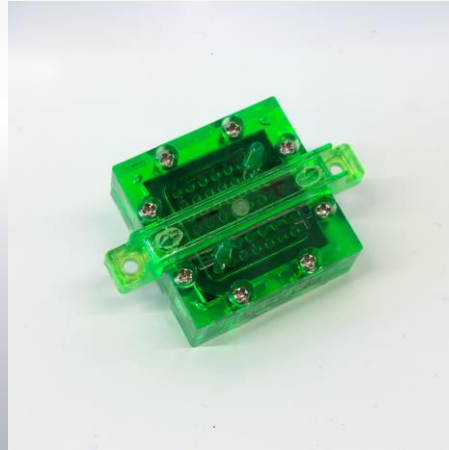
$$n \approx 1,75 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$
$$V \approx 4,26 \cdot 10^{-4} \text{ L}$$

→ 0,426 mL/h




Auto mit Brennstoffzelle

Wasserstoff / **Luft !!!**





 Zum Video




Zwei-Topf / Ein-Topf – Das Konzept



Künstliche Photosynthese in der Flasche – Wasserstoff mit Licht
Richard Kremer | Wiss. Mitarbeiter

35



 Zum Material



Basisversion
Photo-Blue-Bottle

Demoverision
Photokatalytische Wasserstoffherstellung

- A. Aguirre-Soto, C.-H. Lim, A. T. Hwang, C. B. Musgrave, J. W. Stansbury, *J. Am. Chem. Soc.* **2014**, *136*, 7418
- O. Impert, A. Katafias, P. Kita, A. Mills, A. Pietkiewicz-Graczyk, G. Wrzeszcz, *Dalton Trans.* **2003**, 348
- J. Jia, L. C. Seitz, J. D. Benck, Y. Huo, Y. Chen, J. W. D. Ng, T. Bilir, J. S. Harris, T. F. Jaramillo, *Nat Commun* **2016**, *7*, 13237
- Harald Andruleit (Koordination), Dieter Franke, Stefan Ladage, Rüdiger Lutz, Martin Pein, Dorothee Rebscher, Michael Schauer, Sandro Schmidt (Koordination), Gabriela von Goerne, Energiestudie der BGR. Daten und Entwicklung der deutschen und globalen Energieversorgung, Hannover, **2019**
- R. Kremer, C. Bohrmann-Linde, M. W. Tausch, *CHEMKON* **2021**
- R. Kremer, N. Meuter, M. W. Tausch, *African Journal of Chemical Education* **2019**, *9*, 120
- R. Kremer, M. W. Tausch, *Chemie und Schule* **2019**, *34*, 15
- D. R. Whang, D. H. Apaydin, *ChemPhotoChem* **2018**, *2*, 148
- M. Tausch *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. Tausch *CHEMKON* März **2019**
- <https://www.mbm-lehrmittel.de/Chemikalien/P/Platin-auf-Aluminiumoxidfaser-5-Pt-1-g> (letzter Zugriff: 09.09.2021)

- IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.
<https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/pressemitteilungen/de/2021/08/090821-Weltklimarat.html> (Letzter Zugriff: 21.08.21)
- M.-D. Weitze, D. Tran, H. Dau, P. Kurz, *Chem. Unserer Zeit* **2020**
- <https://www.desertec.org/de/technologie/#Gruener-Wasserstoff> (Letzter Zugriff: 21.08.2021)
- J. Jia, L. C. Seitz, J. D. Benck, Y. Huo, Y. Chen, J. W. D. Ng, T. Bilir, J. S. Harris, T. F. Jaramillo, *Nat Commun* **2016**, 7, 13237

Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!



BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

Vielen Dank an:

Gefördert durch

DFG Deutsche
Forschungsgemeinschaft

Projekt: Photo-MINT, TA 228-2



BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

Diskussion



BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL