

# Photochemische Wasserstoffherstellung mithilfe des Photo-Blue-Bottle Experiments

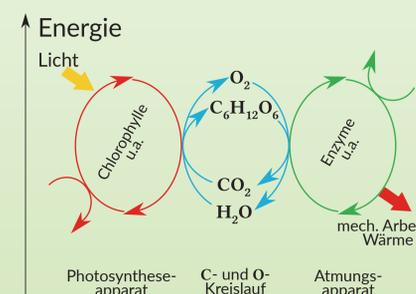
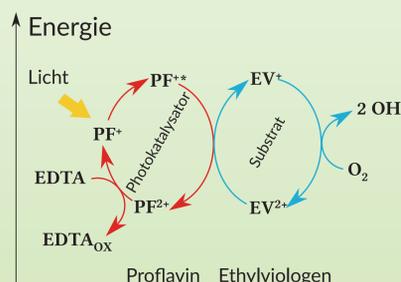
R. Kremer, M.W. Tausch

Kontakt: rkremer@uni-wuppertal.de

## Einführung

Um im Mobilitätssektor eine starke Reduzierung des Kohlenstoffdioxidausstoßes zu erreichen, ist neben dem Elektro- das Wasserstoffauto eine aussichtsreiche Option<sup>[1]</sup>. Die industrielle Wasserstoffherstellung erfolgt derzeit jedoch zum größten Teil über Dampfreforming fossiler Energieträger, allen voran Erdgas und Erdöl<sup>[1,2]</sup>. Die Erzeugung des Wasserstoffs muss daher in Zukunft aus nicht-fossilen Quellen erfolgen. Neben der bereits im Unterricht verankerten Wasserelektrolyse aus „Öko-Strom“<sup>[3]</sup> kann dieser auf photokatalytische Weise erzeugt werden<sup>[4]</sup>. Die Photosynthese dient hierbei als Modell<sup>[5,6]</sup>.

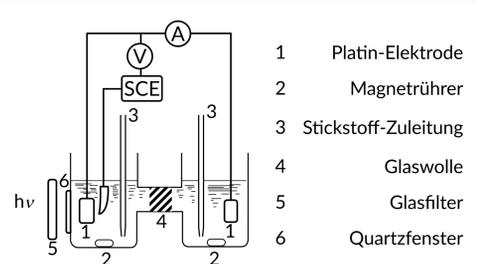
Das bereits bekannte und erprobte **Photo-Blue-Bottle (PBB)** Experiment bietet hierfür eine geeignete Basis<sup>[7,8]</sup>. Damit lassen sich der Kohlenstoff-Kreislauf sowie die Energiekonversion und -speicherung bei der Photosynthese und Zellatmung erschließen. Es bildet auch die Basis für ein photogalvanisches Element zur Wasserstoffherzeugung<sup>[5,4]</sup>.



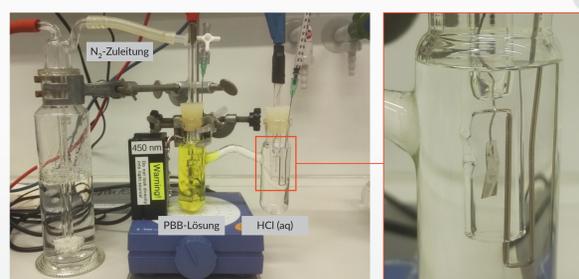
## Zielsetzung

Ziel ist die Entwicklung eines didaktisch prägnanten und wissenschaftlich konsistenten Modellexperiments für die direkte photochemische Herstellung von Wasserstoffgas mithilfe der Sonnenenergie in einem photogalvanischen Element. Dabei stehen im Fokus:

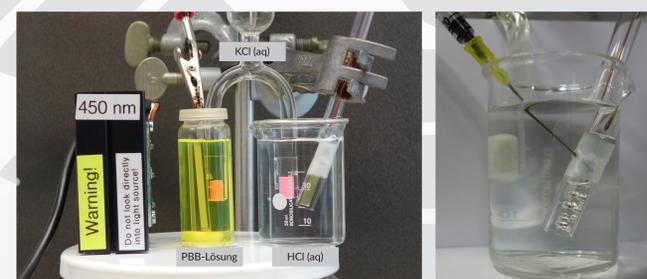
- die Erzeugung einer ausreichenden Wasserstoffmenge für den didaktisch anschaulichen Knallgas-Versuch
- der Betrieb eines kleinen brennstoffzellenbasierten Motors
- ein geringes Gefährdungspotenzial für die Schüler\*innen
- die Nutzung kostengünstiger Chemikalien
- die Verwendung schulüblicher Laborgeräte



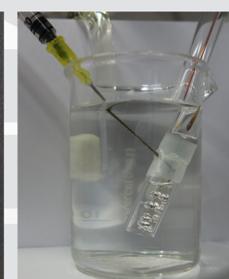
Photogalvanische Zelle nach [4] aus 1979



Erstversion der photogalvanischen PBB-Zelle



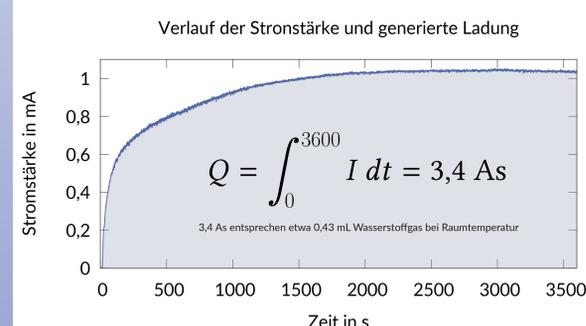
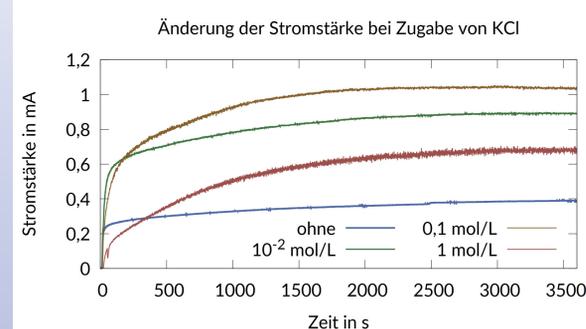
Optimierte Version der photogalvanischen PBB-Zelle



Entnahme des Wasserstoffs

## Ergebnisse mit der optimierten photogalvanischen PBB-Zelle

- Mit der photogalvanischen PBB-Zelle konnten bis zu 2 mL Wasserstoff erzeugt werden
- Proben von je ca. 0,5 mL Wasserstoff wurden mit einer Spritze entnommen, pneumatisch gesammelt und mit der Knallgasprobe nachgewiesen
- Auf die Begasung der PBB-Lösung mit Schutzgas kann verzichtet werden
- Die Verwendung eines zusätzlichen Puffers in der PBB-Lösung ist nicht notwendig
- Die Salzbrücke mit Spülschwammtuch ist tropfdicht und mehrfach verwendbar
- Als günstige Halbzellen-Gefäße eignen sich Becher- und Schnappdeckelgläser
- Als Septum an der Wasserstoffelektrode eignen sich Parafilm oder Tesafilm
- Der Zusatz des Leitsalzes KCl zu der PBB-Lösung erhöht die Stromstärke



## Einbindung der Versuche in den Schulunterricht am Beispiel des KLP NRW

- Sekundarstufe I**
- Stoffe und Stoffveränderungen
    - Kennzeichen einer chemischen Reaktion
  - Energie aus chemischen Reaktionen
    - Energiebilanzen
    - Brennstoffzelle
  - Kohlenstoffverbindungen und Gleichgewichtsreaktionen
    - Chemisches Gleichgewicht: Stoffkreisläufe
    - Energie: Katalyse
  - Elektrochemie
    - Chemisches Gleichgewicht: Umkehrbarkeit von Redoxreaktionen
    - Donator-Akzeptor: Galvanische Zelle, Elektrolyse
    - Energie: Elektrochemische Energieumwandlung, Faraday-Gesetz
  - Organische Produkte - Werkstoffe und Farbstoffe
    - Struktur-Eigenschaft: Molekülstruktur und Farbigeit
    - Energie: Spektrum und Lichtabsorption, Energiestufenmodell zur Lichtabsorption
- Sekundarstufe II**

## Ausblick

Es soll untersucht werden, ob weitere Optimierungsmöglichkeiten (z. B. Elektrodenoberfläche und -material in der PBB-Halbzelle) genutzt werden können, um die Wasserstoffproduktion zu steigern.

## Literatur

- [1] Shell Wasserstoff-Studie. Energie der Zukunft? Nachhaltige Mobilität durch Brennstoffzelle und H<sub>2</sub>. 2017.  
 [2] W. Löffler, Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule 2005, 54, 23.  
 [3] D. Scherr, Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule 2015, 64, 5.  
 [4] H. Tsubomura, Y. Shimoura, S. Fujiwara, J. Phys. Chem. 1979, 83, 2103.  
 [5] S. Korn, M. W. Tausch, J. Chem. Educ. 2001, 78, 1238.  
 [6] A. J. Bard, M. A. Fox, Acc. Chem. Res. 1995, 28, 141.  
 [7] U. M. Heffen, M. W. Tausch, Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule 2015, 64, 51.  
 [8] U. M. Heffen, Photoredoxsysteme zur Konversion und chemischen Speicherung von Solarenergie, Universität Wuppertal, Wuppertal, 2017.  
 [9] M. W. Tausch, Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule 2015, 64, 5.  
 [10] Kernlehrplan für das Gymnasium - Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen - Chemie, Ritterbach, Frechen, 2008.  
 [11] Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium/Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen Chemie, Ritterbach, Frechen, 2013.