

Strom aus Saft und Licht

Eine Fotoanleitung zum Bau einer Grätzel-Zelle

Von Bernhard Sieve

THEMA

Umwandlung von Lichtenergie in elektrische Energie durch oxidierbare Farbstoffe

ALTERSSTUFE

Sek. I/Sek. II

METHODE

Schülerexperimente

Grätzel-Zellen gehören zu den Farbstoffsolarzellen (*Dye Solar Cells* (DSC) oder *Dye-sensitized Solar Cells* (DSSC)). Sie werden nach ihrem Erfinder Michael Grätzel benannt, der diese entwickelt und 1992 patentiert hat. Anders als bei einer herkömmlichen Solarzelle wird kein Photostrom zwischen einem p- und einem n-Halbleiter erzeugt, statt dessen wandeln oxidierbare organische Farbstoffe wie Chlorophyll oder Anthocyanidine – ähnlich wie in der Primärreaktion der Photosynthese – Lichtenergie in elektrische Energie um [1, S. 59]. Angesichts knapper werdender Ressourcen an fossilen Energieträgern und Rohstoffen sowie dem steigenden Bedarf an elektrischer Energie rücken Farbstoffsolarzellen als

INFO 1

Anleitungen und Internetvideos zum Selbstbau von Grätzel-Zellen im Unterricht

- [1] http://networking.bosch-stiftung.de/content/language1/downloads/Arbeitsblatt_Herstellung_Farbstoffsolarzelle.pdf
- [2] <http://www.seilnacht.com/versuche/expso101.html>
- [3] http://daten.didaktikchemie.uni-bayreuth.de/cnat/kunststoffe/solarzelle_s1.htm
- [4] <http://www.science-forum.de/download/graetzelmittel.pdf>
- [5] <http://www.physik.uni-bielefeld.de/didaktik/Experimente/Solar1.pdf>
<http://www.wissenschaft-schulen.de/sixcms/media.php/1308/Forschungspreis%20Graetzelzellen.pdf>
- [6] <http://cfn.physik.uni-saarland.de/Dokumente/Manuals/Farbstoffsolar-zelle.pdf>
- [7] <http://www.nanoforschools.ch/versuche/>
- [8] Asselborn, W.; Jäckel, M.; Risch, K.-T.; Sieve, B.: Chemie heute SI/SII Lehrermaterialien, Band 6, Schroedel Verlag 2013
- [9] <http://www.youtube.com/watch?v=WlYTXrCbK70#t=18>
- [10] <http://www.youtube.com/watch?gl=DE&hl=de&v=sro78xUOsXg>

Materialquellen (s. auch **Tab. 1**):

- [1] <http://www.mansolar.nl>
- [2] <http://www.solaronix.com/products/electrodes/>
- [3] <http://shop.bionik-sigma.de>

(alle Quellen wurden zuletzt abgerufen am 12.10.2013)

Anbieter	Mansolar	Solaronix	Bionik-Sigma
Set (Zellenanzahl)	50 bis 97 € (6 Zellen)	53 € (4 Zellen)	18,- € (3 Zellen)
TCO-Leitglas	gesintertes Titandioxid		Bereits mit Anthocyanen beschichtete Gläser und Folien mit Fluor-Zinnoxid- (FTO) oder Indium-Zinnoxid-Beschichtung (ITO)
Farbstoff	Hibiskusblüten		
Elektrolyt	Kaliumtriiodid (z. T. im Set vorhanden)		
Einzelkauf des TCO-Glases	18,- € (6 + 6 Gläser für 6 Zellen) Mindestbestellwert 40,- €	10,- € (6 Gläser für 3 Zellen) Gläser müssen noch mit Titandioxid gesintert werden.	58,- € (4 + 4 Gläser) für 4 Zellen
Die Sets von Mansolar enthalten neben den TCO-Gläsern und den benötigten Chemikalien (Farbstoffe, Elektrolyt, Titandioxid-Suspension) zusätzlich Materialien wie eine Schutzbrille, Kabelmaterial und ein Multimeter (Set 3000), die in einer Chemiesammlung ohnehin vorhanden sind. Es empfiehlt sich daher, anstatt der recht teuren Komplettssets nur das TCO-Glas zu kaufen.			

Tab. 1 | Hinweise zu den Materialquellen (Preisangaben Stand Oktober 2013; alle Preise zzgl. Versandkosten)

Herstellung einer Grätzel-Zelle

Material

Zwei TCO-Glasplättchen, Objektträger, Tropfpipette, Klebefilm, Brenner, Dreifuß, Ceran-Platte, Petrischale, Becherglas, Tiegelzange, Föhn, Bleistift (weich, 2B), Wasserkocher, Mörser mit Pistill, Trichter, Filtrierpapier, wasserfester Folienstift, 2 Büroklammern;

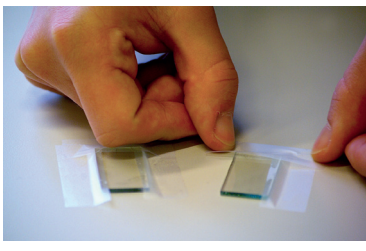
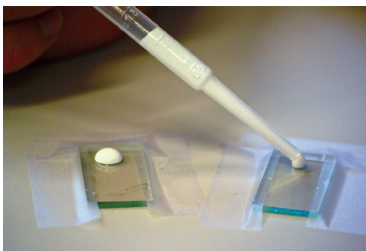

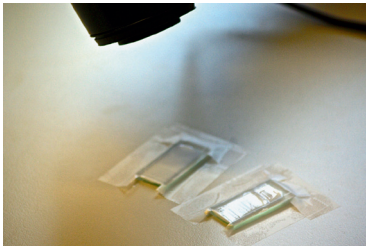
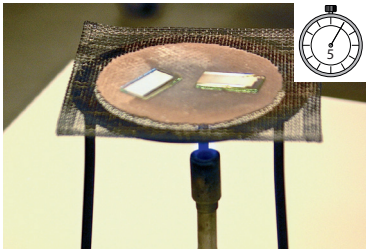
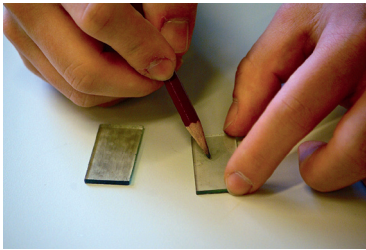
Titandioxidsuspension (5 g $\text{TiO}_2(\text{s})$, Hibiskusblütenblätter, Früchtetee, Saft roter Beeren (Himbeeren, Brombeeren, Johannisbeeren), roter Traubensaft, Iod-Kaliumiodid-Lösung (⚠ ⚡)

Durchführung

Vorbereitung des Versuchs:

		
1. Herstellen der Klemmen aus Büroklammern	2. Waschen und Trocknen der TCO-Glasplatten	3. Bestimmung der leitfähigen TCO-Seite

Herstellen der Elektroden:

		
4. Abkleben der Ränder mit Klebefilm (Minuspol)	5. Auftragen der Titandioxidsuspension	6. Ausstreichen der Suspension
		
7. Trocknen der Titandioxidschicht	8. Einbrennen der Titandioxidschicht (Sintern); fertig ist der Minuspol	9. Auftragen einer Graphitschicht (Pluspol)

Name: _____

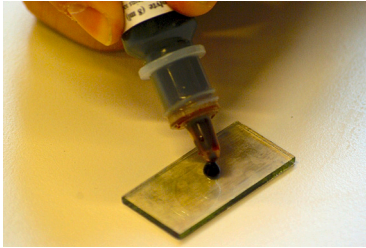
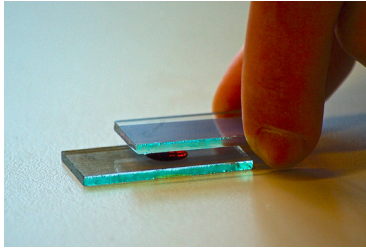
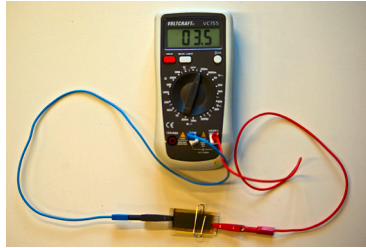
Datum: _____

Thema: _____

Färben des Minuspols:

		
10. Färben mit Früchte- oder Hibiskustee	11. Färben mit Frucht- oder Traubensaft	12. Abspülen von überschüssigen Farbstoffen und anschließendes Trocknen

Zusammenbau der Zelle:

		
13. Auftragen der Iod-Kaliumiodidlösung auf den Pluspol	14. Auflegen des Minuspols	15. Messen von Stromstärke und Spannung der Zelle bei Belichtung

deutlich kostengünstigere, aber noch immer etwas weniger effiziente Alternative zu herkömmlichen Silicium-Solarzellen zunehmend in das Interesse von Wissenschaft und Industrie. Firmen wie Solaronix, Dyesol oder G24 Innovations produzieren mittlerweile Farbstoffsolarzellen als Stacks oder dünne Folien in Massen. Einen sehr guten Überblick über aktuelle und zukünftige Anwendungsgebiete (z. B. auf Gebäudefassaden oder Automobilen) sowie die industrielle Herstellung von Farbstoffsolarzellen liefern [2] und [3].

Hinweise zur Funktionsweise und zum Einsatz im Unterricht nebst Materialien sind bereits mehrfach veröffentlicht [4, 5]. Darüber hinaus lassen sich im Internet und in Lehrerhandbüchern schriftliche Anleitungen zum Bau einer Grätzel-Zelle finden (vgl. **Info 1**, S. 41). In diesem Artikel wird der Bau einer Grätzel-Zelle anhand einer Fotoanleitung vorgestellt (vgl. **Arbeitsblatt**). Die Fotos ersetzen dabei große Teile der Texte einer herkömmlichen Versuchsanleitung, wodurch die Anleitung auch für jüngere

Schülerinnen und Schüler geeignet ist. Zudem ermöglichen die Bilder eine visuelle Kontrolle der Durchführungsschritte. Mit der selbst gebauten Grätzelzelle können Stromstärke und Spannung bei verschiedenen starken Belichtungen (z. B. verschiedenen Lichtquellen) gemessen werden. Mit einem Luxmeter kann dabei die Lichtstärke erfasst werden. Zusätzlich können mehrere dieser Zellen in Reihe oder parallel geschaltet werden, um die Spannung bzw. die Stromstärke zu erhöhen. Aus dem Produkt von Spannung und Stromstärke lässt sich die Leistung einer Zelle berechnen.

Literatur

- [1] Wark, M.; Oekermann, T. (2009): Farbstoffsolarzellen – Solarstrom nach Art der Photosynthese. <http://www.uni-hannover.de/imperia/md/content/alumni/unimagazin/2009/farbstoffsolarzellen.pdf> (abgerufen: 11.10.2013)
- [2] Burschka, J.; Pellet, N.; Moon, S.J.; Humphry-Baker, R.; Gao, P.; Nazeeruddin, M.K.; Grätzel, M.: Sequential deposition as a route to high-performance perovskite-sensitized solar cells. *Nature* 499 (2013), S. 316–319

- [3] Beucker, S.; Fichtner, K. (2007): Trends und Rahmenbedingungen für das Innovationssystem Farbstoffsolarzelle – Perspektive 2020. <http://www.colorsol.de/content/dam/colorsol/de/documents/InnovationssystemPVtcm294-101482tcm882-60884.pdf> (abgerufen: 11.10.2013)
- [4] Scharfenberg, F.-J.; Ehl, S.: Die Grätzel-Zelle im Unterricht – Vergleich und Bewertung von Schülerexperimenten. *NiU-Chemie* 22 (2011) Nr. 121, S. 33–39
- [5] Wagner, W. (2010): Selbstbau einer Farbstoff-Solarzelle. http://www.lehrer-online.de/graetzel-zelle.php?s_id=79864905409451811838159275936540 (abgerufen: 11.10.2013)