



Organische Solarzellen

Leo Kreutzer, WS 14/15

Gliederung

1	Die photoaktive Einheit.....	1
2	Grätzel-Zelle.....	2
2.1	Theoretischer Aufbau	2
2.2	Farbstoff-Solarzelle selbst bauen	3
2.3	Funktionsweise.....	5

Einstieg: Die hoch technisierte Gesellschaft von heute setzt eine sichere und umfangreiche Strom-Versorgung voraus. Bis heute wird der Strom-Verbrauch überwiegend mit konventionellen Kohle-, Gas- oder Atom-Kraftwerken gedeckt. Diese jedoch belasten, alle auf ihre Weise, die Umwelt in großem Maß.

Solarzellen stellen eine recht saubere und umweltfreundliche Alternative dar, doch auch die Strom-Erzeugung mithilfe von Sonnen-Energie stellt Hersteller und Nutzer vor große Herausforderungen. Wie eine Solarzelle aufgebaut ist, welche Materialien dafür gebraucht werden und warum die Produktion und Vermarktung noch immer recht schwierig ist, soll im Folgenden besprochen werden.

1 Die photoaktive Einheit

Jede photoaktive Einheit ist aus mehreren Schichten unterschiedlicher Materialien aufgebaut. Zunächst werden eine Anode und eine Kathode benötigt, die über einen Leiter miteinander verbunden sind, damit ein Strom-Fluss entstehen kann. Um Licht-Energie in elektrische Energie umwandeln zu können, wird zusätzlich eine Schicht benötigt, deren Bestandteile die Energie der Photonen aufnehmen können um in einen energetisch höheren Zustand zu gelangen und beim Zurückfallen in ihren energetischen Ausgangszustand Elektronen abgeben können. Diese Elektronen werden anschließend von der Anode aufgenommen und über den Leiter zur Kathode transportiert. Von dort aus werden sie wieder der photoaktiven Schicht zugeführt. So entsteht ein Elektronen-Kreislauf, der von verschiedenen Verbrauchern, wie z. B. einer Lampe genutzt werden kann.

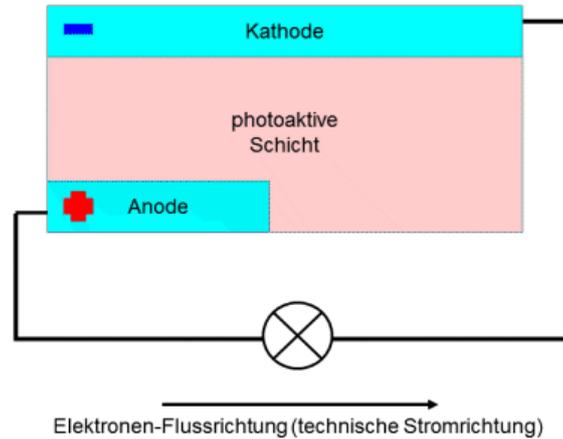


Abb. 1: Schematischer Aufbau einer photoaktiven Einheit

Heutzutage gibt es verschiedene Solarzellen, die unterschiedliche Materialien beinhalten, mithilfe derer Strom erzeugt wird. In einer anorganischen Solarzelle ist unter anderem viel Silizium verbaut, das durch Dotierung, z. B. mit Bor-Atomen, zu einer effektiven Halbleiter-Schicht wird. Obwohl ca. 15 Massenprozent der Erde aus Silizium bestehen, sind Solarzellen auf Silizium-Basis sehr teuer, da es viel Energie erfordert, dieses Element aus der Erde zu gewinnen. Der hohe Förderpreis für Silizium macht die damit gefertigten Solarzellen ebenfalls teuer und dadurch die Zeit, die benötigt wird, bis sich eine solche Solarzelle amortisiert, sehr lang. Deshalb forschen verschiedene Gruppen derzeit an effektiven Alternativen zu den anorganischen Silizium-Solarzellen.

2 Grätzel-Zelle

Eine Alternative bietet die 1990 von Michael Grätzel erfundene Grätzel-Zelle. Sie beinhaltet organische Farbstoffe, wie sie z. B. in Pflanzen vorkommen. Diese sind leicht und billig zu gewinnen und belasten die Umwelt kaum bis überhaupt nicht.

Ähnlich wie bei der Photosynthese nehmen die pflanzlichen Farbstoffe, wie z. B. Anthocyane, Licht-Energie auf, wodurch sie in höher gelegene Energie-Niveaus gehoben werden. Anschließend wird die Energie in Form von Elektronen in Elektronen-Kaskaden weitergegeben, wodurch der benötigte Elektronen-Fluss erzeugt wird.

Um jedoch die genaue Funktionsweise verstehen zu können, muss zunächst der Aufbau der Grätzel-Zelle, sowie die Schichtung der einzelnen Komponenten betrachtet werden.

2.1 Theoretischer Aufbau

Genau wie bei jeder photoaktiven Einheit werden auch hier zunächst Anode, Kathode und Leiter benötigt, die das Grund-Gerüst einer jeden photoaktiven Zelle bilden. Hierfür werden mit Zinndioxid (SnO_2) beschichtete Glas-Platten verwendet, die über einen Leiter miteinander verbunden sind. Als Leiter können Kabel aus Elektro-Baukästen verwendet werden.

Die photoaktive Schicht setzt sich wiederum aus mehreren Schichten zusammen, die alle einen eigenen Zweck in der Zelle erfüllen. Der Anode aufgelagert ist zunächst eine Titan-dioxid (TiO_2) -Schicht. Sie dient als Elektronen-Akzeptor. Darauf liegt die Farbstoff-Schicht, die z. B. Anthocyane aus Hibiskus-Blüten, beinhaltet. In ihr befinden sich die Farbstoff-Moleküle, die in der Lage sind, Licht-Energie aufzunehmen und sie als elektrische Energie in Form von Elektronen wieder abzugeben. Als nächstes folgt eine Schicht mit Elektrolyten, die in der Lage sein müssen oxidiert und reduziert werden zu können. In der Grätzel-Zelle wird hierfür eine Iod-Kaliumiodid-Lösung verwendet. Zuletzt gibt es eine Katalysator-Schicht, die den anlaufenden Vorgang beschleunigen soll. Als Katalysator wird über der Brenner-Flamme eine Rußschicht auf die Kathode aufgebracht. Alternativ kann auch mit einem Bleistift eine Graphit-Schicht aufgetragen werden.

Alle Komponenten ergeben letztlich eine funktionsfähige Grätzel-Zelle. Abb. 2 zeigt den schematischen Aufbau einer Zelle (links) mit ihren einzelnen Schichten (rechts).

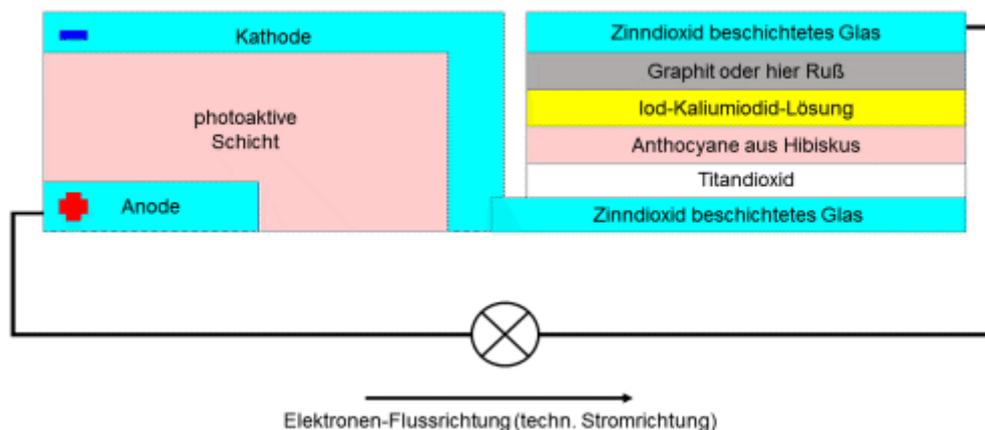


Abb. 2: Schematischer Aufbau einer Grätzel-Zelle

2.2 Farbstoff-Solarzelle selbst bauen

Die Grätzel-Zelle lässt sich sehr gut als Schüler-Versuch in einer vereinfachten Variante aufbauen. Die folgende Abbildungsreihe zeigt diese Schüler-Variante mit allen relevanten Teil-Schritten.

Experiment: Bau einer Grätzel-Zelle (Schüler-Variante)

Material:

- Hibiskus-Blüten
- Glas-Platten mit Zinndioxid-Beschichtung
- Brenner
- Ceran-Platte
- Petrischale
- Klebefilm
- Spatel
- Glasstab
- Föhn
- Tiegelzange
- Papier-Tücher

Chemikalien:

- **Titan(IV)-oxid-Lösung**
TiO₂
CAS-Nr.: 13463-67-7
P260
- **Lugolsche Lösung**
(Iod-Kaliumiodid-Lösung)



Achtung

H373
P260, P314

Für die Fertigung der Zelle wird zunächst eine mit SnO₂ beschichtete Glas-Platte mit Klebefilm so auf eine Unterlage geklebt, dass die leitfähige Seite nach oben zeigt und in der Mitte der Platte ein Streifen (ca. die Hälfte der Platte) frei bleibt. Auf diesen Streifen bringt man anschließend wenige Tropfen TiO₂-Lösung auf und zieht diese so ab, dass eine dünne Schicht auf der Glas-Platte bleibt. Anschließend wird der Klebefilm vorsichtig abgezogen und die Lösung auf einer Ceran-Platte mit Hilfe eines Brenners getrocknet (vgl. Abb. 3).



Abb. 3: Mit TiO_2 beschichtete Anode zum Trocknen auf einer Ceran-Platte

Die abgekühlte mit TiO_2 beschichtete Platte wird mit einem Minus-Zeichen (für Anode) markiert und zum Färben in ein Hibiskusblüten-Bad gelegt (vgl. Abb. 4, links). Während der Färbung kann die Kathode vorbereitet werden. Hierfür wird eine neue mit SiO_2 beschichtete Platte auf der leitfähigen Seite über der Brenner-Flamme geschwärzt, so dass eine gleichmäßige Rußschicht entsteht (vgl. Abb. 4, rechts). Die Kathode kann mit einem Plus-Zeichen (für Kathode) gekennzeichnet werden.



Abb. 4: Anoden im Hibiskusblüten-Bad (links), mit Ruß beschichtete Kathoden (rechts)

Nach ca. fünf Minuten wird die Anode aus dem Färbe-Bad genommen, mit einem Papiertuch abgetupft und so lange geföhnt, bis sie komplett trocken ist. Der vorher weiße Streifen sieht jetzt fliederfarben aus (vgl. Abb. 5, links).

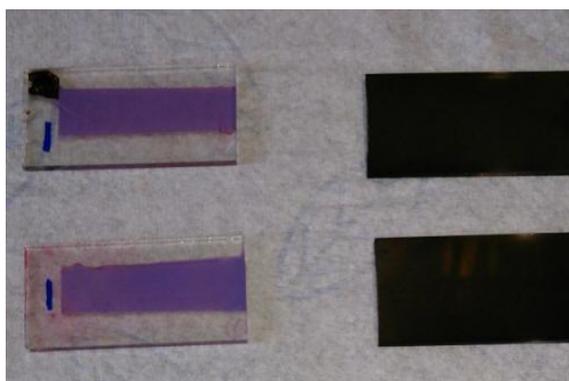


Abb. 5: Anoden mit TiO_2 und Farbstoff (links); Ruß beschichtete Kathoden (rechts)

Die beiden Glas-Platten (Anode und Kathode) werden so übereinander gelegt, dass die Farbstoff- und die Ruß-Schicht aufeinander zu liegen kommen. Außerdem werden sie etwas seitlich versetzt aufeinander gelegt, damit am Ende jeder Platte eine Krokodil-Klemme angebracht werden kann (vgl. Abb. 6). Die beiden Platten werden mit Klebefilm umwickelt, damit sie fest zusammen halten.

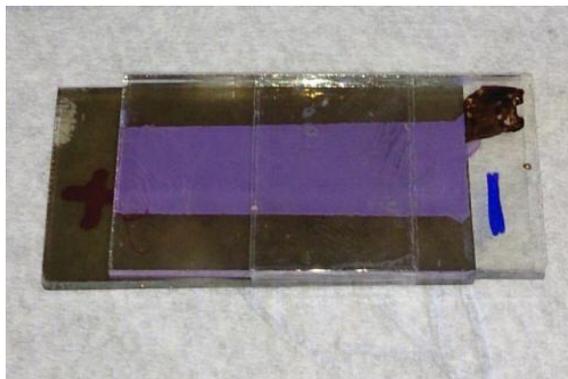


Abb. 6: Fertig zusammengesetzte Zelle ohne Elektrolyt-Lösung

Zum Schluss wird die Elektrolyt-Lösung so auf eines der überstehenden Enden gegeben, dass sie zwischen die Platten einziehen kann (vgl. Abb. 7). Die fliederfarbene Schicht wird sichtbar dunkler während sich die Elektrolyt-Lösung zwischen den Platten verteilt.



Abb. 7: Elektrolyt-Lösung zieht von oben zwischen die beiden Elektroden in die Zelle ein

Falls zu viel Elektrolyt-Lösung aufgetragen wurde, kann diese mit einem Papier-Tuch abgetupft werden. Die Grätzel-Zelle ist nun fertig und kann mit einem Multimeter auf ihre Funktion getestet werden. Hierfür die Zelle an den beiden Elektroden mit je einer Krokodil-Klemme an das Multimeter anschließen. Zunächst die Zelle mit einem schwarzen Papier abdecken, sodass kein Licht darauf treffen kann. Das Multimeter auf Strom-Messung einstellen und anschalten. Nun das schwarze Papier wegnehmen und das Multimeter beobachten. Bei richtigem Aufbau sollte nun ein Ausschlag zu sehen sein. Wie der Stromfluss in der Grätzel-Zelle erzeugt wird, ist im nächsten Kapitel erklärt.

2.3 Funktionsweise

Trifft Licht auf die Grätzel-Zelle, so werden die in der Farbstoff-Schicht liegenden Anthocyane in einen energetisch höheren Zustand angehoben, in dem die Moleküle aber ungern verweilen. Sie streben stets in den energieärmeren Zustand zurück und geben beim Zurückfallen Energie in Form von Elektronen ab (Abb. 8, roter Bereich). Diese Elektronen werden zunächst vom Akzeptor aufgenommen (Abb. 8, weißer Bereich). Titandioxid (TiO_2) kann dabei temporär ein Elektron aufnehmen und zum negativ geladenen TiO_2^- werden, wodurch ein Elektronen-Mangel am Farbstoff entsteht. Dieser kann durch Elektronen aus der Elektrolyt-Schicht ausgeglichen werden, indem Iodid zu Iod oxidiert wird, wobei ein Elektron frei wird (Abb. 8, gelber Bereich). Die im TiO_2 „gespeicherten“ Elektronen können über die Anode und den an ihr angeschlossenen Leiter zur Kathode und schließlich wieder in die Elektrolyt-Schicht gelangen, wo sie das entstandene Iod wieder zu Iodid reduzieren - der Stromkreis ist geschlossen und der Strom-Fluss kann an einem dazwischen geschalteten Multimeter abgelesen werden.

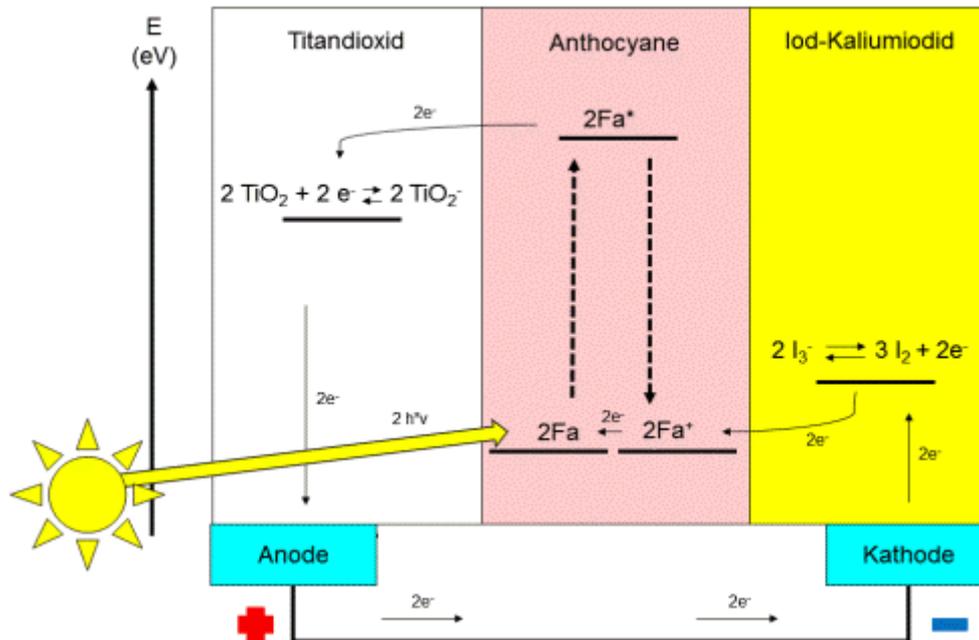


Abb. 8: Schematische Darstellung der Funktionsweise einer Grätzel-Zelle [vgl. 4]

Zusammenfassung: fehlt.

Abschluss. Organische Solarzellen, wie etwa die Grätzel-Zelle können Strom liefern und tun dies auch. Warum sie im Alltag trotzdem so gut wie nirgends zu finden ist, lässt sich damit erklären, dass bis heute keine Komponenten-Kombination gefunden wurde, die einen ausreichend großen Wirkungsgrad liefert. Die Grätzel-Zelle liegt bei schwachen 2%, die neuere p-i-n-Zelle bringt es auf immerhin 12%. Das jedoch ist immer noch bei weitem nicht genug, um organische Solarzellen kommerziell nutzbar zu machen.

Quellen:

1. Wöhrle, D.; Hild, O.: Energie der Zukunft - Organische Solarzellen. Chemie in unserer Zeit, 2010, 44, S. 174-189.
2. Dyakonov, V.: Organische Solarzellen. FVS - PV-Uni-Netz, Workshop 2003.
3. http://daten.didaktikchemie.uni-bayreuth.de/cnat/kunststoffe/solarzelle_1.htm. online: 18.02.2016.
4. http://www.chemie-cockpit.de/mediawiki-1.9.3/images/9/93/Die_Grätzelzelle_Lehrer.pdf. online: 18.02.2016.