

# A1 Elektrischer Strom aus Solarzellen – Wir bauen eine Farbstoffzelle

## 1 Bau einer Farbstoffsolarzelle

### 1.6 Fragen

- a) Nenne Gründe für die unterschiedliche Leistung der einzelnen Zellen.

**Antwort:** Verschiedene Farbstoffe besitzen das Maximum ihrer Absorption bei jeweils unterschiedlichen Wellenlängen. Aber auch die verschiedenen Lichtquellen besitzen eine unterschiedliche spektrale Zusammensetzung der ausgestrahlten Lichtwellenlängen. Deshalb werden die Farbstoffe am besten funktionieren, deren Absorption auf das Spektrum des eingestrahlten Lichtes am besten abgestimmt ist. Wenn man zum Beispiel rotes Licht auf einen roten Farbstoff einstrahlt, wird dieses Licht reflektiert und nicht absorbiert. Trifft jedoch grünes Licht auf diesen roten Farbstoff wird es komplett absorbiert, und im Falle der Farbstoffzelle weitgehend in elektrische Energie umgewandelt. Darüber hinaus spielen die Konzentration des Farbstoffs und die Konzentration des Elektrolyten (hier Jodtinktur) eine Rolle. Zu niedrige Konzentrationen bedeuten jedenfalls geringere Stromausbeute.

- b) Eine kleine Wiederholung aus den Grundlagen der Elektrik: Erkläre, warum die aus Leerlaufspannung und Kurzschlussstrom ermittelte Leistung nicht der wirklichen Leistung unter Belastung durch einen Verbraucher entspricht.

**Antwort:** Damit die maximale Leistung einer Stromquelle an einen Verbraucher (Last) übertragen wird, müssen der Innenwiderstand der Stromquelle und der Lastwiderstand gleich groß sein. Ist dies nicht der Fall, wird nicht die maximale Leistung wirksam. Messen wir zum Beispiel die Leerlaufspannung der Solarzelle, ist der Lastwiderstand riesig (10 MOhm), der Strom, der fließt, geht aber gegen null. Die gemessene Leerlaufspannung ist also höher als die Spannung bei optimaler Leistung. Messen wir den Kurzschlussstrom, ist der Lastwiderstand extrem klein im Vergleich zum Innenwiderstand der Solarzelle, d. h. fast die gesamte Spannung fällt am Innenwiderstand ab, die Nutzspannung ist sehr klein. Gemessen an optimalen Nutzlastbedingungen sind also die Leerlaufspannung und der Kurzschlussstrom zu hoch und die daraus berechnete Leistung ist nicht zu realisieren. Die aus Kurzschlussstrom und Leerlaufspannung berechnete Leistung ist aber ein Anhaltspunkt und kann mit Leistungen anderer Solarzellen verglichen werden, die auf dieselbe Weise berechnet wurden. Zur Ermittlung der realen Leistung muss eine Strom-Spannungs-Messreihe unter variablem Lastwiderstand durchgeführt werden (siehe Experiment A 5, Telexperiment 6).

- c) Falls ihr das Thema Photosynthese im Unterricht schon angesprochen habt: Vergleiche die Vorgänge bei der Grätzelzelle mit denen bei der Photosynthese in den Pflanzen.

**Antwort:** Die Gemeinsamkeit der beiden Prozesse ist die Absorption der Strahlungsenergie von Licht, der Unterschied liegt in der „Verwertung“ der Lichtenergie.  
Solarzelle: Umwandlung von Strahlungsenergie in elektrische Energie (Solarstrom)

Photosynthese: Umwandlung von Strahlungsenergie in chemische Energie (ATP bzw. Reaktion von Wasser mit Kohlenstoffdioxid zu Glukose).

Auch wenn die Lichtenergie im Falle der Grätzelzelle Elektronenübertragungen zwischen Atomen bzw. Molekülen bewirkt, so sind das chemische Reaktionen und keine Stromerzeugung, da kein äußerer nutzbarer Stromkreislauf stattfindet.

## 2 Leistung der Grätzelzelle bei verschiedenen Beleuchtungsstärken

### 2.6 Fragen

- a) Wähle die beste Lichtquelle für die Stromerzeugung mit einer Grätzelzelle aus und begründe deine Ansicht.

**Antwort:** Die drei Lichtquellen, die zur Verfügung stehen, sind: Indirektes (diffuses) Sonnenlicht im Innenraum (hier kurz als „indirektes Tageslicht“ bezeichnet), direktes Sonnenlicht im Freien ohne Wolken und das Licht einer künstlichen Lichtquelle (Overhead Projektor oder Leuchte mit Halogenleuchte). Das indirekte Tageslicht ist nicht nur weniger hell als direktes Sonnenlicht (bis zu Faktor 10.000!), sondern hat auch durch Filterung an den Fensterscheiben und durch Absorption und Reflektion an den Wänden eine andere spektrale Zusammensetzung als direktes Sonnenlicht.

Das indirekte Tageslicht wird also i. d. R. geringere Stromausbeute bringen als direktes Sonnenlicht. Ob die künstliche Lichtquelle besser ist als das indirekte Tageslicht, hängt ebenfalls von der Helligkeit ab.

Durch geringeren Abstand kann allerdings die Beleuchtungsstärke so stark gesteigert werden, dass die Stromausbeute viel besser wird als durch das zum Fenster hereinfallende, indirekte Tageslicht. Kurzum: Ist die Farbstoffzelle weit entfernt von der künstlichen Lichtquelle oder ist das indirekte Tageslicht schwach, ist die dadurch bewirkte Beleuchtungsstärke der Solarzelle so gering, dass kaum Strom fließt.

Zusätzlich hängt es davon ab, ob der Farbstoff gut zum Spektrum der Lichtquelle passt. Halogenleuchten sind i. d. R. gut geeignet, Leuchtstofflampen eher schlecht. Da das direkte Sonnenlicht größte Helligkeit besitzt und das komplette Lichtspektrum abstrahlt, wird das direkte Sonnenlicht i. d. R. die besten Ergebnisse liefern.

- b) Erläutere, welchen Einfluss die Helligkeit des Sonnenlichts auf das Pflanzenwachstum hat. Beachte dabei die wechselnde Beleuchtungsstärke durch das Sonnenlicht im Tages- und Jahresrhythmus.

**Antwort:** Damit eine Pflanze wachsen kann, benötigen ihre Zellen Energie. Diese Energie gewinnen die Pflanzen, indem sie mithilfe des Farbstoffs Chlorophyll Sonnenlicht absorbieren und aus Kohlenstoffdioxid und Wasser Zucker produzieren, der mehr Energie enthält als die Ausgangsstoffe. Dieser Zucker kann dann von den Pflanzenzellen durch weitere chemische Reaktionen (temperaturabhängig!) in Wachstumsstoffe wie Zellulose, Proteine usw. umgewandelt werden. Vorausgesetzt, es ist genug Wasser und Wärme vorhanden und die Pflanzen vertragen große Wärme und Lichtintensität, gilt: Je höher die Lichteinstrahlung (Dauer und Helligkeit), desto größer ist das Wachstum. Deshalb werden die Pflanzen bei Tageslicht und im Sommer am besten wachsen.

### 3 Größere Spannungen durch mehrere Grätzelzellen

#### 3.6 Fragen

- a) Erläutere, für welche Anwendungen im täglichen Leben du dir den Einsatz der Grätzelzelle vorstellen kannst.

**Antwort:** Man kann Grätzelzellen immer dann einsetzen, wenn man auch herkömmliche Halbleitersolarzellen aus Si, CdTe, CIS usw. einsetzen könnte. Allerdings haben Farbstoffzellen derzeit noch den Nachteil, dass sie einen geringeren Wirkungsgrad haben (großflächige Zellen nur ca. 3 %).

Ein Vorteil der Grätzelzellen sind die geringen Kosten für Material und Herstellung und die relativ umweltfreundlichen Materialien. Ein weiterer Vorteil ist, dass sie bei relativ diffusem und schwachem Licht verhältnismäßig mehr Strom liefern als z. B. Siliziumzellen. D. h., für Einmalanwendungen (Wegwerfartikel) wären sie schon jetzt deutlich besser geeignet als z. B. Siliziumzellen. Wenn es noch gelingt, ihre Lebensdauer zu steigern, wäre ihre Anwendung sinnvoll, wo große Flächen zur Verfügung stehen, z. B. auf Hausfassaden. Die geringere Leistung würde dann durch die größere Fläche kompensiert. Sie wären dann trotz des geringeren Wirkungsgrads wirtschaftlich, vorausgesetzt sie würden nur ca. ein Viertel bis ein Fünftel der Halbleitersolarzellen kosten.

- b) Beschreibe, was du an der Grätzelzelle verändern würdest, um die Nutzungsdauer und die Leistung der Zelle zu verbessern.

**Antwort:** Man kann die Zelle durch Wahl anderer Farbstoffe oder Kombination mehrerer Farbstoffe bezüglich der spektralen Empfindlichkeit optimieren. Das Hauptproblem ist die Lebensdauer, die durch das Ausbleichen und Oxidieren der Farbstoffe bedingt ist. Die Hauptaufgabe ist es, stabilere Farbstoffe zu entwickeln. Wahrscheinlich geht dies nur mit synthetischen Farbstoffen. Zudem kann noch versucht werden einen Elektrolyten zu finden, der unempfindlicher gegen Temperaturschwankungen ist (daran wird gerade geforscht). Ein weiterer Verbesserungsvorschlag ist es, die Kontakte für die Stromabnahme an der Zelle zu optimieren.