

A1 Elektrischer Strom aus Solarzellen – Wir bauen eine Farbstoffzelle

1 Bau einer Farbstoffsolarzelle

Der Bau der Farbstoffzelle ist nicht wirklich schwierig, erfordert aber große Sorgfalt.

1.1 Geräte und Materialien

- 1 Bleistift, weich (6B)
- 1 Digitalmultimeter
- 1 Glaselektrode für Farbstoffzelle (SnO, klar)
- 1 Glaselektrode für Farbstoffzelle (TiO₂, weiß)
- Hibiskus-Tee (von der Lehrkraft)
- Jodtinktur (Iod/Kaliumiodid-Lösung)
- 2 Klammern (Aktenklammern)
- 1 Messkabel-Set Banane/Kroko, je rot und schwarz
- evtl. Obstsäfte (bevorzugt dunkelrot wie z. B. Brombeere, Himbeere, Kirsche, Johannisbeere, Holunder)
- Overheadfolienschreiber, Filzstift, Faserschreiber o. Ä.
- 1 Schraubdeckel (für Becher 100 ml)
- evtl. Schreibtischlampe (Halogenlampe, 20 W)
- Spritze (konische Spitze), 5 ml (als Pipette)

Achtung: Nach Beendigung des Experiments sind die Materialien gemäß den Anweisungen der Lehrkraft zurückzugeben bzw. fachgerecht zu entsorgen.

1.2 Sicherheitshinweise

Die Materialien dürfen nur derart eingesetzt werden, wie es den Anweisungen der Lehrkraft bzw. der Versuchsanleitung entspricht. Der Tee ist nicht zum Verzehr geeignet. Der Hautkontakt mit der Jodtinktur muss vermieden werden (Iod ist nicht besonders gefährlich, es gibt aber Menschen, die dagegen allergisch sind).

1.3 Versuchsdurchführung

Das Experiment wird normalerweise erst einmal wie nachfolgend beschrieben mit Hibiskus-Tee durchgeführt. Kläre mit der Lehrkraft, ob dies für alle Gruppen gilt oder ob sofort auch verschiedene andere Farbstoffe in Form von Obstsäften ausprobiert werden sollen.

1.3.1 Färben der negativen Elektrode mit natürlichem Farbstoff

- Ordne die Materialien auf deinem Arbeitsplatz.
- Beginne den Versuch mit der konzentrierten Hibiskusfarbstoff-Lösung aus Hibiskus-Tee. Diese wird von der Lehrkraft bereitgestellt.

- Verwende als negative Elektrode („Photoelektrode“) die Glasplatte, die bereits mit einer Titanoxidschicht (weiß) beschichtet ist.
- Fülle mit der Spritze ca. 6 ml Tee in den Schraubdeckel ein.
- Lege diese Glasplatte in den mit wenig Tee gefüllten Schraubdeckel, sodass die ganze Fläche bedeckt ist. Warte ca. fünf Minuten. Während der Wartezeit kannst du schon mit Schritt 1.3.2 beginnen.

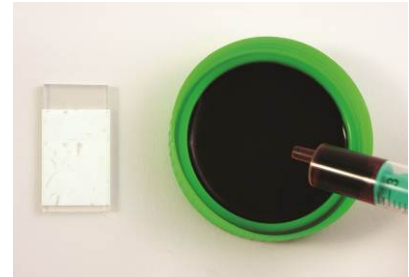


Abb. 1: Die mit weißem Titanoxid beschichtete Platte wird in Hibiskus-Tee eingelegt.

- Nimm die Glasplatte heraus und tupfe die Oberfläche mit einem Papiertuch trocken. Das ehemals weiße Titanoxid sollte nun purpurrot bis blauviolett gefärbt sein.

1.3.2 Beschichten der positiven Elektrode

- Als positive Elektrode wird die farblose Glasplatte mit elektrisch leitender, aber transparenter Zinnoxidschicht benutzt.
- Ermittle zunächst mit dem Multimeter die leitfähige Zinnoxidschicht auf der positiven Elektrode („Gegenelektrode“).
- Stelle dazu den Drehschalter des Multimeters auf Widerstandsmessung (Ω) im 200-Ohm-Bereich und halte die beiden Prüfspitzen ca. 1 cm voneinander entfernt vorsichtig auf die Glasscheibe. Zeigt das Messgerät einen sehr kleinen Widerstand (ca. 30 Ohm) an, hast du die leitfähige Seite ermittelt.
- Schraffiere nun die leitfähige Seite gleichmäßig mit einem weichen Bleistift, bis eine durchgängig graue Färbung der Glasplatte erreicht ist.
- Markiere mit einem Faserschreiber die graphitierte Seite mit „+“.



Abb. 2: An der klaren, transparenten Glasplatte wird die leitfähige Seite durch Widerstandsmessung ermittelt.



Abb. 3: Die leitfähige Seite wird mit weichem Bleistift graphitiert.

1.3.3 Zusammenbau der Zelle

- Lege die Glaselektrode mit der weißen Titanoxidschicht auf ein Papiertuch.
- Lass dir von der Lehrkraft einen Tropfen der Jodtinktur (Iod-/Kaliumiodid-Lösung) als Elektrolyten auf die Titanoxid-/Farbstoffschicht auftragen. (Ggf. seitlich ablaufende Jodtinktur mit Papiertuch wegtupfen.)
- Lege nun die positive Elektrode mit der Graphitschicht („+“) nach oben auf den Tisch.
- Lege danach die negative Elektrode mit der Titanoxid-/Farbstoffschicht nach unten darauf.
- Beachte dabei, dass links und rechts in Längsrichtung ein Stück Glasplatte zum Abgreifen des Stroms übersteht.
- Fixiere die beiden Glasplatten mit zwei Klammern.

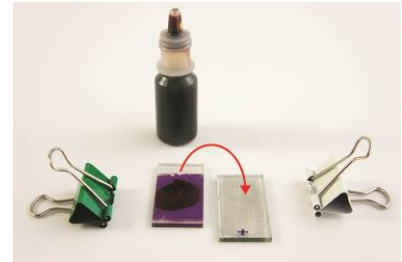


Abb. 4: Nach Aufbringen des Elektrolyt-Tropfens auf die gefärbte Schicht werden beide Glaselektroden Schicht auf Schicht leicht versetzt übereinander gelegt.

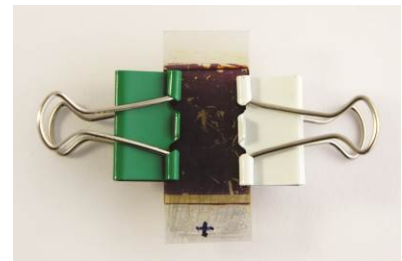


Abb. 5: Die Solarzelle nach Montage mit den Klammern.

1.3.4 Ermittlung der elektrischen Leistung

- Lege die Grätzelzelle mit der Farbstoffseite (Photoelektrode) nach oben auf deinen Arbeitsplatz und verbinde das Multimeter durch Krokodilklemmen mit dem Pluspol und dem Minuspol der Zelle.
- Achte darauf, dass sie von der Sonne oder mit einer hellen künstlichen Lichtquelle direkt beschienen wird.
- Stelle das Messgerät auf die Bereiche 2.000 mV bzw. 2.000 μ A ein.

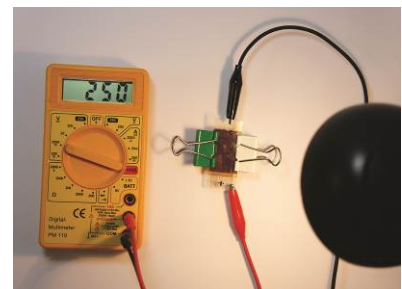


Abb. 6: Ermittlung der Leerlaufspannung unter einer Halogenlampe.

1.4 Beobachtung

- Ermittle die maximalen Werte für Leerlaufspannung (in V) und Kurzschlussstromstärke (in mA).
- Vergleiche deine Werte mit denen, die deine Nachbargruppen ermittelt haben.

1.5 Auswertung

Die Leistung P berechnet man aus der gemessenen Spannung U und der Stromstärke I :

Leistung $P = \text{Spannung } U \cdot \text{Stromstärke } I$

Beispiel für 0,3 V und 0,2 mA $\Rightarrow P = 0,3 \text{ V} \cdot 0,2 \text{ mA} = 0,06 \text{ mW}$

Beachte, dass die aus Leerlaufspannung (ohne Verbraucher bzw. Nutzlast) und Kurzschlussstrom bestimmte Leistung nicht der tatsächlichen maximalen Leistung unter Belastung durch einen Verbraucher entspricht!

Erstelle eine Tabelle nach folgendem Muster und trage die gemessene Spannung und Stromstärke deiner Zelle und die der Nachbargruppen in die Tabelle ein. Berechne dann die Leistung:

Zelle Nr.	Spannung in V	Stromstärke in mA	Leistung in mW

1.6 Fragen

- Nenne Gründe für die unterschiedliche Leistung der einzelnen Zellen.
- 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.
- Falls ihr das Thema Photosynthese im Unterricht schon angesprochen habt: Vergleiche die Vorgänge bei der Grätzelzelle mit denen bei der Photosynthese in den Pflanzen.

2 Leistung der Grätzelzelle bei verschiedenen Beleuchtungsstärken

2.1 Geräte und Materialien

- 1 Digitalmultimeter
- 1 fertige Grätzelzelle
- 1 Lineal
- 1 Messkabel-Set Banane/Kroko je rot und schwarz
- verschiedene Lichtquellen

Achtung: Nach Beendigung des Experiments sind die Materialien gemäß den Anweisungen der Lehrkraft zurückzugeben bzw. fachgerecht zu entsorgen.

2.2 Sicherheitshinweise

Die Materialien dürfen nur derart eingesetzt werden, wie es den Anweisungen der Lehrkraft bzw. der Versuchsanleitung entspricht.

2.3 Versuchsdurchführung

- Halte deine Zelle im gleichen Abstand in das Licht verschiedener Lichtquellen (Tageslicht, Lichtstrahler, direktes Sonnenlicht).
- Ermittle die maximale Spannung und Stromstärke und berechne die Leistung der Zelle.

2.4 Beobachtung

Ermittle die maximalen Werte für Spannung (in V) und Stromstärke (in mA) der Zelle bei den verschiedenen Lichtquellen.

2.5 Auswertung

Trage die gemessene Spannung und Stromstärke deiner Zelle mit Angabe der Lichtquelle in eine Tabelle nach folgendem Muster ein und berechne die Leistung:

Lichtquelle	Spannung in V	Stromstärke in mA	Leistung in mW

2.6 Fragen

- a) Wähle die beste Lichtquelle für die Stromerzeugung mit einer Grätzelzelle aus und begründe deine Ansicht.
- b) Erläutere, welchen Einfluss die Helligkeit des Sonnenlichts auf das Pflanzenwachstum hat. Beachte dabei die wechselnde Beleuchtungsstärke durch das Sonnenlicht im Tages- und Jahresrhythmus.

3 Größere Spannungen durch mehrere Grätzelzellen

Um mehrere Zellen kombinieren zu können, müssen hier jeweils alle Schülergruppen zusammenarbeiten.

3.1 Geräte und Materialien

- 1 Digitalmultimeter
- 1 Messkabel-Set Banane/Kroko je rot und schwarz
- Fertige Grätzelzellen
- 4 Verbindungskabel Kroko/Kroko
- Schreibtischlampe (Halogenlampe, 20 W)

Achtung: Nach Beendigung des Experiments sind die Materialien gemäß den Anweisungen der Lehrkraft zurückzugeben bzw. fachgerecht zu entsorgen.

3.2 Sicherheitshinweise

Die Materialien dürfen nur derart eingesetzt werden, wie es den Anweisungen der Lehrkraft bzw. der Versuchsanleitung entspricht.

3.3 Versuchsdurchführung

Ein elektrisches Gerät mit einem Spannungsbedarf von 0,6 Volt und einem Strombedarf von 0,1 mA soll mit Grätzelzellen betrieben werden.

- Wie viele einzelne Zellen werden dazu benötigt?
- Welche Lichtquelle soll verwendet werden?

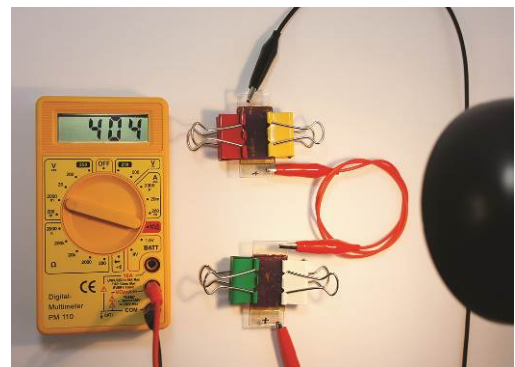


Abb. 7: Verkabelung bei serieller Schaltung zweier Zellen.

Zur Durchführung dieses Versuchs musst du mit den anderen Gruppen zusammenarbeiten, um alle vorhandenen Zellen nutzen zu können.

Findet heraus, wie die einzelnen Zellen miteinander verbunden sein müssen (Serienschaltung oder Parallelschaltung), um eine Spannung von mindestens 1,2 Volt zu erhalten.

3.4 Beobachtung

Ermittelt, bei welcher Schaltung und mit wie vielen Zellen die Mindestspannung von 1,2 Volt erreicht wird.

Tragt die gemessenen Spannungen und Stromstärken in eine Tabelle nach folgendem Muster ein:

Lichtquelle	Anzahl der Zellen	Schaltung	Spannung in V	Stromstärke in mA
		Serienschaltung		
		Parallelschaltung		

3.5 Auswertung

- Beschreibe, wie sich Spannung und Strom bei der Parallel- und Serienschaltung der Zellen verhalten.
- Stelle eine Analogie zu dem im Physikunterricht gelernten Verhalten der Parallel- und Serienschaltung von Widerständen her.

3.6 Fragen

- Erläutere, für welche Anwendungen im täglichen Leben du dir den Einsatz der Grätzelzelle vorstellen kannst.
- Beschreibe, was du an der Grätzelzelle verändern würdest, um die Nutzungsdauer und die Leistung der Zelle zu verbessern.