

### 3. Zur Natur des Lichtes III: Untersuchung von Solarzellen

#### Ziele dieses Praktikums

- 1 **i** Solarzellen kennt man mittlerweile aus dem täglichen Leben. Vielleicht benützen Sie einen Solartaschenrechner oder eine Solaruhr? Die von diesen Geräten benötigte Elektrizität wird von einer Solarzelle geliefert, womit sich der Einsatz (giftiger) Batterien erübrigt.

In diesem Praktikum soll die Solarzelle das Objekt wissenschaftlicher Untersuchung sein. Es wird nicht darum gehen, das Funktionsprinzip der Solarzelle zu begreifen, sondern deren **Eigenschaften** zu erforschen. Dazu gehören: Formulierung des Untersuchungszieles, Aufbau einer geeigneten **Versuchsanordnung**, Durchführung von aussagekräftigen **Messreihen**, **graphische Darstellung** der Messdaten, **Auswertung** und Diskussion der Messdaten.

#### Voraussetzungen

- 2 **i** Für diese Laborarbeit müssen Sie mit den **Grundbegriffen der Elektrizitätslehre** ebenso vertraut sein, wie mit der Durchführung einfacher **Messungen** am elektrischen Stromkreis. Im bisherigen Physikunterricht wurden diese Grundlagen erarbeitet.

#### Fragestellung (Untersuchungsziele)

- 3 **i** Wenn eine Solarzelle zur Betreibung eines elektrischen Gerätes eingesetzt werden soll, so soll das meistens auch so geschehen, dass pro Zeiteinheit möglichst viel Energie umgesetzt wird. Natürlich hängt dies einerseits von der **Intensität des einstrahlenden Lichtes** ab. Andererseits spielen aber auch die Eigenschaften des zu betreibenden Gerätes, namentlich dessen **Widerstand**, eine Rolle. Wir fragen also:

**Welchen Widerstand muss ein von einer Solarzelle betriebenes Gerät haben, damit dessen Leistung maximal ist?**

**Können weitere Zusammenhänge zwischen Solarzellengrösse, Lichtintensität, Solarzellentemperatur und Leistung beobachtet werden?**

Quelle des Textes im Kasten: Leitprogramm Strom aus Licht, ETH Zürich,

[http://www.educeth.ch/lehrpersonen/physik/unterrichtsmaterialien\\_phy/modernephysik/photovoltaik/index](http://www.educeth.ch/lehrpersonen/physik/unterrichtsmaterialien_phy/modernephysik/photovoltaik/index)

#### Was bedeutet "Photovoltaik"?

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, die Energie des Lichtes in andere Energieformen umzuwandeln. Sicher haben Sie alle schon von **Sonnenkollektoren** gehört. Dort wird das Sonnenlicht verwendet, um Wasser zu erwärmen. Die Lichtenergie wird in Wärme umgewandelt. Durch Verwendung von geeigneten Kollektoren kann man sogar Dampf erzeugen und damit eine Turbine mit Generator antreiben. Man kann so das Sonnenlicht in elektrische Energie umwandeln. Man kann Licht auch direkt, das heisst ohne den Umweg über Wärme, in elektrische Energie umwandeln. Spezielle, geschickt kombinierte Materialien erzeugen bei Belichtung einen nutzbaren Strom. Diese Tatsache bezeichnet man als **photovoltaischen Effekt**. [Zur Herkunft des Worts: (1) Griechisch: *phos*, genitiv *photos* "Licht". (2) Nach *Alessandro Volta*, dem aus Italien stammenden Entdecker der elektrochemischen Stromquellen.]

Die Entdeckung der Photovoltaik geht in das letzte Jahrhundert zurück, als man die Grundlagen der Photographie erforschte. Lange Zeit wurde dieser Effekt aber nicht weiter beachtet. Erst in den dreissiger Jahren wurden elektronische Elemente zur Nutzung des photovoltaischen Effektes entwickelt. Solche Bauteile fasst man unter dem Begriff **Photoelemente** zusammen.

Photoelemente werden nicht nur für die **Stromerzeugung**, sondern vor allem auch für **Messzwecke** hergestellt. So befindet sich in jeder modernen Photo- oder Videokamera ein Photoelement zur Messung der Beleuchtungsverhältnisse. Photoelemente, die speziell für die Stromerzeugung optimiert sind, werden als **Solarzellen** bezeichnet. Die erste Solarzelle wurde 1954 hergestellt und bereits 1958 in einem amerikanischen Satelliten zur Stromversorgung eingesetzt. In der Praxis werden die einzelnen Solarzellen serie- und parallel geschaltet, damit brauchbare Spannungen und Ströme erzeugt werden können.

#### Weitere Stichworte


Als photovoltaischen Effekt bezeichnet man die direkte Umwandlung von Lichtenergie in elektrische Energie.

Vorteile der Photovoltaik: keine Abgase oder andere, schädliche Nebeneffekte / Schonung der nicht erneuerbaren Ressourcen / Anlagen unterschiedlicher Grösse, vom Taschenrechner zum Kraftwerk, sind möglich.

Nachteile: Unregelmässiger Ertrag, Speicherungsmöglichkeiten sind daher notwendig / grosser Energieaufwand für die Herstellung der Solarzellen / (noch) teuer.

Quelle:, abrufbar unter:

### Aufbau einer Messschaltung und erste Beobachtungen

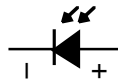
- 4  Bevor die eigentliche Ausmessung der Solarzelle beginnen kann, müssen Sie natürlich eine geeignete Messschaltung aufbauen.


Das folgende Versuchsmaterial steht zur Verfügung: Eine **Solarzelle**, zwei **Multimeter**, verschiedene **Widerstände**, eine **Lichtquelle**, diverse **Kabel**, **Stativmaterial**.

Bauen Sie mit der Solarzelle und einem der grösseren Widerstände (z.B. 100 Ohm) einen einfachen Stromkreis auf. Die Multimeter bauen Sie so in den Stromkreis, dass die **Spannung über der Solarzelle** (Messbereich V) und die **Stromstärke** (gröbster Messbereich) durch den Verbraucher gleichzeitig abgelesen werden können. Achten Sie auf einen **übersichtlichen** Aufbau.

**Zeichnen** Sie nebenan die aufgebaute Messschaltung kunstgerecht auf und benennen Sie die wichtigen Elemente (ev. zuerst Entwurf auf Notizzettel).


Symbol für die Solarzelle:



- 5  Platzieren Sie die Lichtquelle so vor die Solarzelle, dass die Messgrößen **maximale Werte** annehmen. **Beobachten** Sie sodann die Messwerte einige Zeit, ohne noch irgendetwas an der Anordnung zu ändern. Was stellen Sie fest?

Wie ändern sich die Messgrößen, wenn ein Teil der Solarzelle mit einem Karton **abgedeckt** oder wenn eine (oder mehrere) Glasscheibe vor die Solarzelle gehalten wird? Notieren Sie die Beobachtungen.

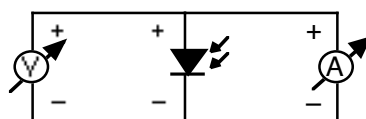
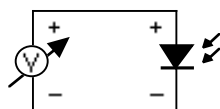
### Kennlinie erfassen

- 6  Sie sollen anschliessend (bei Nummer 7) die Daten erfassen, um die **Kennlinie** der Solarzelle darzustellen. Die Kennlinie ist ein **I-U-Diagramm**. Überlegen Sie sich vor der Messung, wie die Kennlinie aussehen könnte. Dazu hilft es, die Antworten auf die folgenden Fragen zu überlegen:

Was ist für  $U$  und  $I$  zu erwarten, wenn der "Verbraucher"-Widerstand unendlich gross ist

( $U_\infty =$  **Leerlaufspannung**)?

Was ist für  $U$  und  $I$  zu erwarten, wenn der Verbraucher-Widerstand sehr klein ist ( $I_0 =$  **Kurzschlussstrom**)?




### Die Schaltung

### Beobachtungen

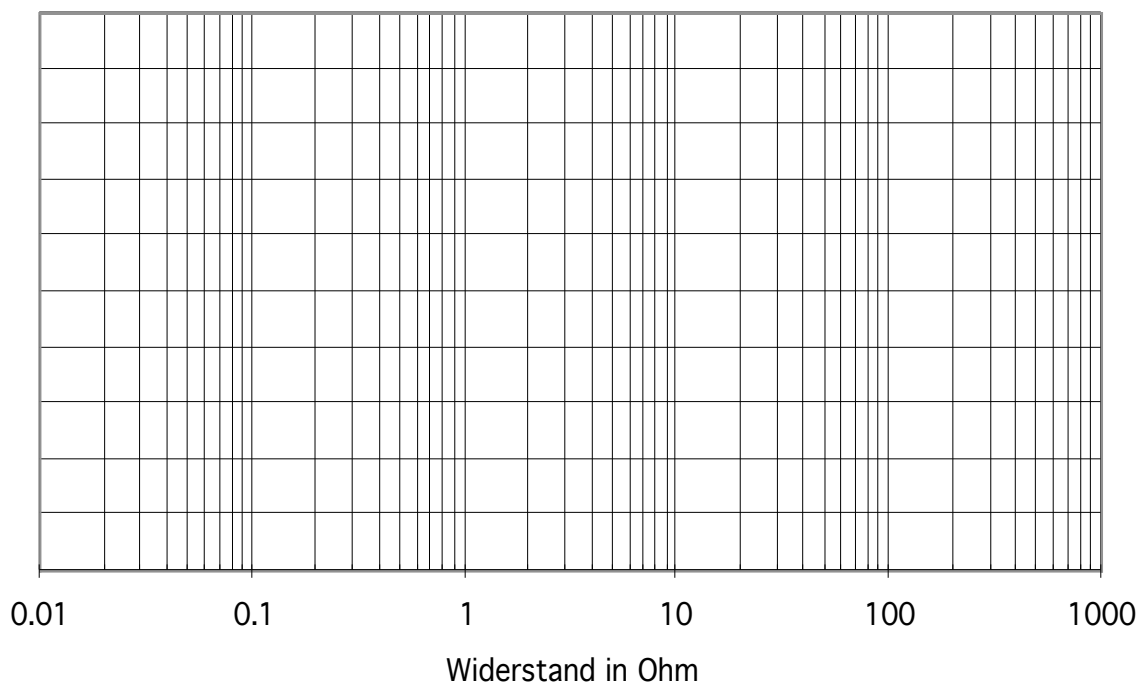
Vermutung für die Kennlinie







- 8  Der nächste Arbeitsschritt besteht darin, den optimalen Verbraucherwiderstand zu bestimmen (den so genannten **Arbeitspunkt**).
- Zu diesem Zweck berechnen Sie für jeden Widerstand, resp. das zugehörige Wertepaar  $I$  und  $U$ , die Leistung. Sie wissen noch:  $P = U \cdot I$ .
  - Aus diesen Werten soll nun ein  **$P$ - $R$ -Diagramm** erstellt werden. Hier ergibt sich jedoch ein Darstellungsproblem: Die Widerstände wurden über einen weiten Bereich variiert und trotzdem sollen kleine Widerstandswerte genau so deutlich dargestellt werden wie grosse. Durch die Wahl einer **logarithmischen Skala** kann dies erreicht werden.
  - Beschriften Sie die  $P$ -Achse korrekt und zeichnen Sie die Kurve im vorbereiteten Raster ein. Bei welchem Gesamtwiderstand ist die umgesetzte Leistung maximal?
  - Falls Sie eine Messung bei geringerer Helligkeit durchführen konnten (7 e), so bestimmen Sie auf dieselbe Weise den Arbeitspunkt auch für diesen Fall.

Gesamtwiderstand $R = U/I$	Leistung $P$ in mW



- 9  Bezeichnen Sie nun auch auf der Kennlinien (Aufgabe 7) den Punkt maximaler Leistung (optimaler Arbeitspunkte).
- 10  **Besprechen** Sie im Team die Ergebnisse Ihrer Laborarbeit. Formulieren Sie die Folgerungen und die Fragestellungen, die sich aus den Diagrammen ergeben. Sie erkennen wohl auch die Schwierigkeiten, mit denen sich Konstrukteure von Solargeräten auseinandersetzen müssen. Benennen Sie diese Schwierigkeiten. Welche Ergebnisse können Sie aus den Beobachtungen bei Aufgabe 5 ableiten?

**Optimaler Verbraucherwiderstand für maximale Leistungsumsetzung (optimaler Arbeitspunkt)**

**Abgabetermin für Ihre Gruppe**