

## Solar-Experimentier-Set

### Hinweise

Mit dem Solarstrom-Experimentier-Set lassen sich sieben verschiedene Experimente durchführen.

Das Solarstrom-Experimentier-Set enthält:

- 3 Solarmodule
- 2 Steckverbindungen
- 2 rote Kabel, 2 schwarze Kabel
- 1 Grundplatte mit einem Goldcap-Kondensator
- 1 Grundplatte mit einem Tongenerator (Summer)
- 1 Grundplatte mit einer LED (rot leuchtend)
- 1 Grundplatte mit einem Elektromotor mit Propeller
- 1 Multimeter

Hier noch ein paar **wichtige Hinweise** zum sachgerechten Umgang mit dem Solarstrom-Experimentier-Set:

- Bitte geht sorgsam mit den Materialien um.
- Falls die Sonne nicht scheint, könnt ihr ersatzweise eine künstliche Lichtquelle verwenden. Bitte achtet bei der Auswahl eurer Lichtquelle auf ausreichende Stärke der Einstrahlung (z.B. Halogenstrahler ab 50 Watt Leistung)
- Falls eine künstliche Lichtquelle verwendet wird, wahrt bitte einen Mindestabstand zu der Lichtquelle (je nach Stärke der Lichtquelle, mindestens 30 cm), da die Solarmodule sehr heiß werden können (Achtung, Verbrennungsgefahr) oder sogar schmelzen können.
- Achtet darauf, dass alle Solarmodule gleich stark mit Licht beschienen werden, denn das am schwächsten beschienene Modul schwächt das gesamte System.
- Achtet bei den Messungen mit dem Multimeter darauf, die Solarmodule nicht abzudecken, es sei denn, es ist Teil des Versuchs.
- Achtet bei den Experimentieranleitungen vor allen Dingen auf das richtige Anschließen der Kabel.



## Elektrizitätslehre: Reihenschaltung und Parallelschaltung

### Hintergrundinformation

Bei Reihenschaltung auf die Farben achten!  
Die drei Zellen in Reihe schalten, d.h. schwarz an rot und schwarz an rot.  
Die Enden der Reihenschaltung zur LED müssen dann schwarz zu schwarz und rot zu rot verbunden werden. (Siehe Foto auf der nächsten Seite)

Beispiele für Reihenschaltungen sind:

- Lichterketten vom Tannenbaum (die mit den Schraubkerzen)
- Solarzellen eines Solarmoduls
- Batterien im CD-Player

### Theorie:

Bei **Reihenschaltung** addiert sich die Spannung (U). Die Einheit für Spannung ist Volt (V).

Ein einzelnes Solarmodul in diesem PV-Set hat 1 V.

Zwei Zellen in Reihe ergeben 2 V.

Drei in Reihe 3 V usw.

**Bei der Reihenschaltung erhöht sich die Spannung und somit die Drehzahl des Motors! Die Stromstärke bleibt erhalten (entspricht der Kraft bzw. dem Drehmoment).**

Bei der **Parallelschaltung** bleibt die Spannung (U) erhalten und die Stromstärke (I) addiert sich. Die Einheit für Stromstärke ist Ampere (A).

**Bei der Parallelschaltung erhöht sich die Stromstärke und somit die Kraft (Drehmoment) des Motors! Die Spannung bleibt erhalten (entspricht der Drehzahl).**

In unserem Beispiel (unter Annahme von Standardtestbedingungen, also einer Einstrahlungsstärke von 1000 W/m<sup>2</sup> und einer Temperatur von 25°C):

Eine Zelle hat 1 Volt und 200 mA (Milliampere).

Werden drei Zellen parallel geschaltet so erhält man 0,6 A bei 1 Volt.

Daraus lässt sich die **Leistung (P)** errechnen. Die Leistung wird in Watt (W) angegeben.

**Formel:  $P = U \times I$**  sprich: Leistung (P) = Spannung (U) mal Stromstärke (I)

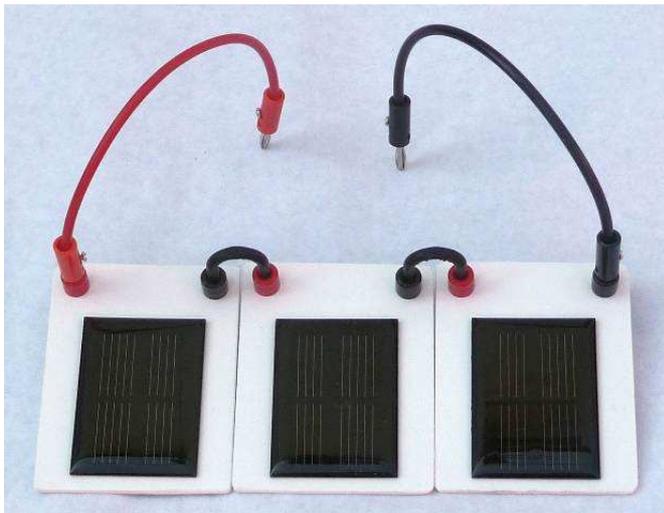
Für ein einzelnes unserer Solarmodule sieht die Rechnung folgendermaßen aus:  
0,2 A (Ampere) x 1 V (Volt) = 0,2 W (Watt)



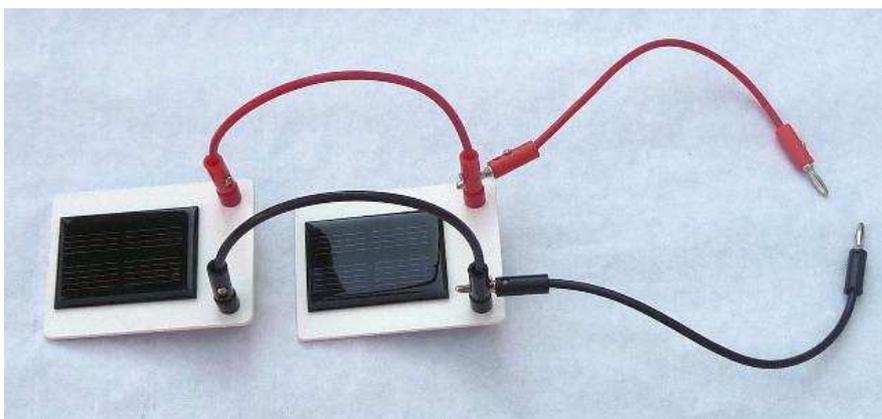
## Reihen- und Parallelschaltung

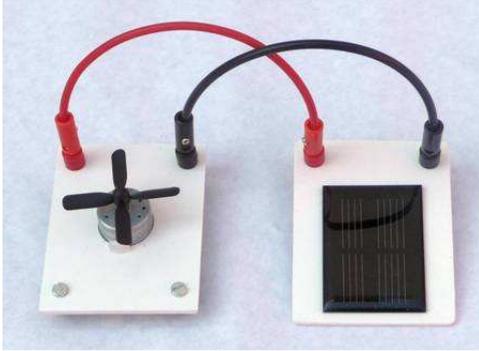
Hintergrundinformation

### Reihenschaltung



### Parallelschaltung





## Solarstrom

Reihen- und Parallelschaltung

Experiment 1

Level 1

### Material:

3 Solarmodule, 1 Motor, 2 Steckverbindungen, 1 rotes Kabel, 1 schwarzes Kabel, Hintergrundinformation „Reihen- und Parallelschaltung“, Sonne bzw. künstliche Lichtquelle\*

### Versuch 1:

Schließt ein Solarmodul an den Motor an.

- a) Beobachtet was passiert!

### Versuch 2:

Schließt erst zwei und dann drei Solarmodule an den Motor an (siehe Foto auf Hintergrundinformation).

- a) Was passiert bei Reihenschaltung?
- b) Was passiert bei Parallelschaltung?

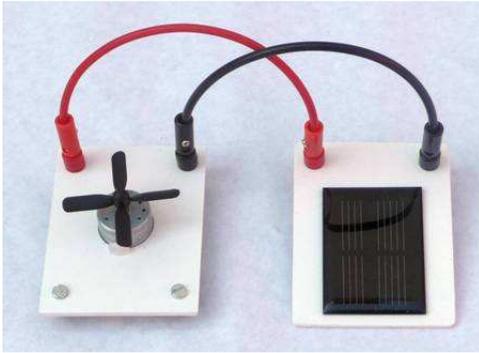
### Beobachtung, Erklärung:

---

---

---

---



## Solarstrom

Reihen- und Parallelschaltung

Experiment 1

Level 2

### Material:

3 Solarmodule (jeweils Spannung 1 V, Stromstärke 0,2 A), 1 Motor, 2 Steckverbindungen, 1 rotes Kabel, 1 schwarzes Kabel, Hintergrundinformation „Reihen- und Parallelschaltung“, Sonne bzw. künstliche Lichtquelle\*

### Versuch 1:

Schließt ein Solarmodul an den Motor an.

- Beobachtet was passiert!

### Versuch 2:

Schließt erst zwei und dann drei Solarmodule an den Motor an (siehe Foto auf Hintergrundinformation)

- Was passiert bei Reihenschaltung?
- Was passiert bei Parallelschaltung?
- Welche Spannung (U) und Stromstärke (I) werden bei Reihenschaltung erreicht?
- Welche Spannung (U) und Stromstärke (I) werden bei Parallelschaltung erreicht?
- Welche Leistungen ergeben sich aus unseren Schaltungen?

### Beobachtung, Erklärung, Ergebnis:

---

---

---

---





## Solarstrom

„Töne“ aus Solarstrom

Experiment 2

Level 1

### Material:

3 Solarmodule, 1 Summer, 2 Steckverbindungen, 1 rotes Kabel, 1 schwarzes Kabel, Hintergrundinformation „Reihen- und Parallelschaltung“, Sonne bzw. künstliche Lichtquelle\*

### Versuch 1:

Schließt zwei Solarmodule in Reihe an den Summer.

- Verändert den Winkel zur Lichtquelle.
- Deckt eine Solarzelle ab.
- Was passiert jeweils?

### Versuch 2:

Führt den Versuch mit drei Solarmodulen durch.

- Was passiert?

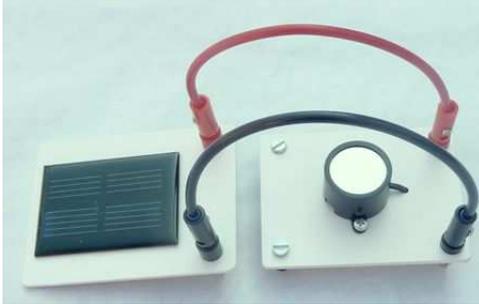
### Beobachtung, Erklärung:

---

---

---

---



## Solarstrom

„Töne“ aus Solarstrom

Experiment 2

Level 2

### Material:

3 Solarmodule, 1 Summer, 2 Steckverbindungen, 1 rotes Kabel, 1 schwarzes Kabel, Hintergrundinformation „Reihen- und Parallelschaltung“, Sonne bzw. künstliche Lichtquelle\*

### Versuch 1:

Schließt zwei Solarmodule in Reihe an den Summer

- Verändert den Winkel zur Lichtquelle. Was passiert?
- Deckt eine Solarzelle ab. Was passiert?

### Versuch 2:

Führt den Versuch mit drei Solarmodulen durch

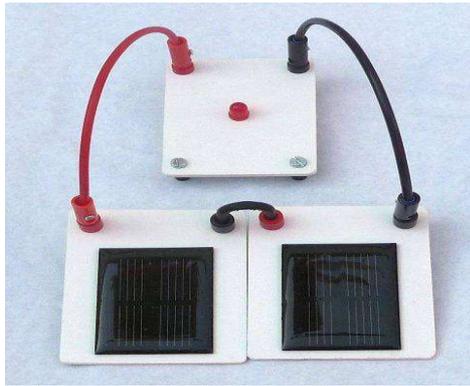
- Was passiert?
- Führt den Versuch mit zwei dann mit einem Solarmodul durch.
- Welche Spannung benötigt der Summer mindestens um zu summen?

### Beobachtung, Erklärung:

---

---

---



## Solarstrom

Licht aus Solarstrom

Experiment 3

Level 1

### Material:

3 Solarmodule, 1 rote LED, 2 Steckverbindungen, 1 rotes Kabel, 1 schwarzes Kabel, Hintergrundinformation „Reihen- und Parallelschaltung“, Sonne bzw. künstliche Lichtquelle\*

### Versuch 1:

Schließt drei Solarmodule in Reihe an die LED.

- Verändert den Winkel zur Lichtquelle. Was passiert?
- Deckt eine Solarzelle ab (Zellen vollständig abdecken!). Was passiert?

### Versuch 2:

Schließt erst zwei dann ein Solarmodul in Reihe an die rote LED.

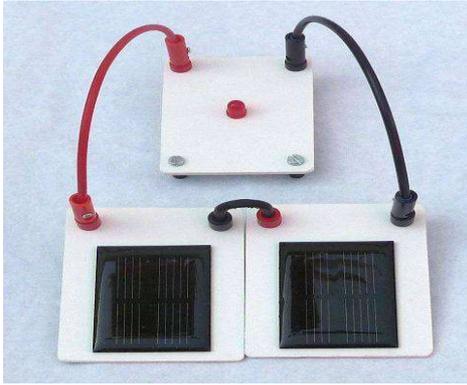
- Was passiert jeweils?

### Beobachtung, Erklärung:

---

---

---



## Solarstrom

Licht aus Solarstrom

Experiment 3

Level 2

### Material:

3 Solarmodule, 1 rote LED, 2 Steckverbindungen, 1 rotes Kabel, 1 schwarzes Kabel, Messgerät (Multimeter), Hintergrundinformation „Reihen- und Parallelschaltung“, Sonne bzw. künstliche Lichtquelle\*

### Versuch 1:

Schließt drei Solarmodule in Reihe an die rote LED.

- Verändert den Winkel zur Lichtquelle. Was passiert?
- Deckt eine Solarzelle ab. (Zelle vollständig abdecken!) Was passiert?

### Versuch 2:

Schließt erst zwei dann ein Solarmodul in Reihe an die rote LED.

- Was passiert jeweils?
- Misst jeweils die Spannung mit dem Multimeter.
- Bei welcher Spannung beginnt die Leuchtdiode zu leuchten?  
Findet es heraus, indem ihr die Spannung misst und dabei den Abstand oder Winkel der Solarmodule zur Lichtquelle verändert, bis die Leuchtdiode anfängt zu leuchten.

### Beobachtung, Erklärung, Ergebnis:

---

---

---

## Elektrizitätslehre: Messungen mit dem Multimeter

### Hintergrundinformation

Mit dem Multimeter können unter anderem Stromstärke (I) und Spannung (U) gemessen werden.

#### **Messung der Spannung (I, in Volt V):**

Zur Messung der Spannung muss das rote Kabel in die mittlere Buchse (V $\Omega$ mA $\text{^\circ}$ C) und das schwarze Kabel in die rechte Buchse (COM) gesteckt werden.

Um den für die Experimente richtigen Messbereich für die Spannung einzustellen, muss der Schalter auf 20 V gedreht werden.

Die Spannung wird im Stromkreis zwischen Plus und Minus gemessen.

Bei Reihenschaltung: Den Fühler des roten Kabels an das Plus des ersten Solarmoduls und den Fühler des schwarzen Kabels an das Minus des letzten Solarmoduls halten.

#### **Messung der Stromstärke (U, in Ampere A):**

Zur Messung der Stromstärke muss das rote Kabel in die linke Buchse (10A MAX) und das schwarze Kabel in die rechte Buchse (COM) gesteckt werden, die mittlere Buchse bleibt frei.

Um den für die Experimente richtigen Messbereich für die Stromstärke einzustellen, muss der Schalter auf 200 mA gedreht werden.

Bei Reihenschaltung: Die Stromstärke wird im Stromkreis in Reihe gemessen. Dafür muss der Stromkreis an einer beliebigen Stelle unterbrochen werden, also z.B. zwischen Minus des letzten Solarmoduls und Minus des Verbrauchers.



## Elektrizitätslehre: Betrieb von Leuchtdioden

### Hintergrundinformation

Eine Leuchtdiode (engl. light-emitting diode LED) ist ein elektronisches Halbleiter-Bauelement.

Fließt durch die Leuchtdiode in Durchlassrichtung Strom, so leuchtet sie in einer Farbe, die abhängig vom Halbleitermaterial und der Dotierung ist.

Leuchtdioden finden heute vermehrt Anwendung, da sie elektrische Energie sehr effizient in Licht umwandeln können.

Die Helligkeit einer LED wächst mit der Leistungsaufnahme.

Beispiele für den Einsatz von Leuchtdioden:

- Taschenlampen, Fahrradlampen
- Glühbirnen
- Scheinwerfer von Automobilen
- Poweranzeigen bei elektronischen Geräten
- Standby-Anzeigen bei elektronischen Geräten





## Solarstrom

Speicherung von Solarstrom

Experiment 4

Level 1

### Material:

3 Solarmodule, 1 GoldCap Kondensator, 2 Steckverbindungen, 1 rotes Kabel, 1 schwarzes Kabel, Messgerät (Multimeter), Hintergrundinformation „Messungen mit dem Multimeter“, Sonne bzw. künstliche Lichtquelle\*

### Versuch 1:

**Achtung!! Kondensator nicht kurzschließen, da er sich sonst sofort entlädt! Multimeter korrekt anschließen (rotes Kabel in mittlere Buchse VΩmA°C)!**

Schließt drei Solarmodule in Reihe an den Kondensator.

- Platziert die Solarmodule mit dem Kondensator in der Sonne bzw. unter der künstlichen Lichtquelle.
- Schließt den Multimeter an den Kondensator an und misst die Spannung.
- Lasst die Anordnung ca. 15 Minuten dem Licht ausgesetzt und misst alle drei bis fünf Minuten die Spannung. Welche Spannungswerte habt ihr gemessen? Beendet das Aufladen des Kondensators spätestens bei einer Spannung von 2,3 Volt. Das ist die Nennspannung des Kondensators.

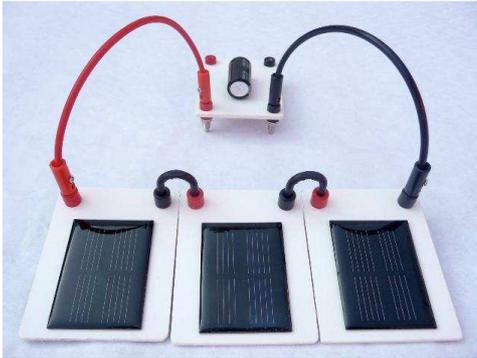
### Beobachtung, Messung:

---

---

---





## Solarstrom

Speicherung von Solarstrom

Experiment 4

Level 2

### Material:

3 Solarmodule, 1 GoldCap Kondensator, 2 Steckverbindungen, 1 rotes Kabel, 1 schwarzes Kabel, Messgerät (Multimeter), Hintergrundinformation „Messungen mit dem Multimeter“, Sonne bzw. künstliche Lichtquelle\*

### Versuch 1:

**Achtung!! Kondensator nicht kurzschließen, da er sich sonst sofort entlädt! Multimeter korrekt anschließen (rotes Kabel in mittlere Buchse VΩmA°C)!**

Schließt drei Solarmodule in Reihe an den Kondensator.

- Platziert die Solarmodule mit dem Kondensator in der Sonne bzw. unter der künstlichen Lichtquelle.
- Schließt den Multimeter an den Kondensator an und misst die Spannung.
- Notiert im Minutenabstand die Spannungswerte und stellt sie in einem Diagramm dar (Spannung (V) über der Zeit (h)). (Benutzt dafür die Rückseite.)
- Lasst die Anordnung ca. 15-20 Minuten dem Licht ausgesetzt und beendet das Aufladen des Kondensators spätestens bei einer Spannung von 2,3 Volt. Das ist die Nennspannung des Kondensators.

### Beobachtung, Messung:

---

---

---



## Elektrizitätslehre: Kondensatoren als kleine Stromspeicher

### Hintergrundinformation

**Kondensatoren** sind passive elektrische Bauelemente, die elektrische Ladung und damit verbunden elektrische Energie speichern können. Diese Fähigkeit wird **Kapazität** genannt.

Kondensatoren werden in nahezu jedem elektronischen Gerät eingesetzt, z.B. als kleiner Pufferspeicher.

Die Kapazität eines Kondensators wird in Farad (F) angegeben. Die Einheit Farad ergibt sich aus

$$1F = \frac{A \cdot s}{V}$$

Das bedeutet, wenn ein Kondensator durch einen Strom von einem Ampere in einer Sekunde auf eine Spannung von einem Volt aufgeladen wird, dann hat er eine Kapazität von einem Farad.

Für die Versuchsdurchführung ist es wichtig, beim Anschließen auf die richtige Polung zu achten, da sich der Kondensator sonst entlädt!

Halte den Fühler des roten Kabels an das Minus des Kondensators und den Fühler des schwarzen Kabels an das Plus des Kondensators.

Wenn die Anordnung stimmt, geben die drei Solarmodule Strom an den Kondensator ab. Dies kann mit einem Universalmessgerät (Multimeter) sehr leicht gemessen werden.

Einstellung: Gleichspannung! Messbereich bis 20 Volt.

Wenn alles richtig angeschlossen ist, steigt die Spannung langsam und kontinuierlich an.

Eine Verpolung während des Messens mit dem Multimeter ist nicht schlimm. Man sieht dann in der Regel ein Minus vor dem Messwert.

**Achtung!** Beim Messen keinen Kurzschluss erzeugen, sonst entlädt sich der Kondensator sofort. Kurzschluss entsteht, wenn der Plus- und Minuspol miteinander verbunden wird. Dann war das Warten umsonst. ☹





## Solarstrom

Gespeicherte Energie nutzen  
(Motor)

Experiment 5

Level 1

### Material:

1 Motor, 1 rote LED, 1 GoldCap Kondensator (aufgeladen),  
2 Steckverbindungen, 1 rotes Kabel, 1 schwarzes Kabel, Messgerät  
(Multimeter), Hintergrundinformation „Messungen mit dem Multimeter“  
und „Kondensatoren als kleine Stromspeicher“

### Versuch 1:

**Achtung!! Kondensator nicht kurzschließen, da er sich sonst sofort entlädt!**

**Multimeter korrekt anschließen (Spannung: rotes Kabel in mittlere Buchse VΩmA°C, Strom: rotes Kabel in linke Buchse 10A MAX)!**

Schließt den Motor an den Kondensator an.

- Misst die Spannung und danach die Stromstärke.

### Versuch 2:

Schließt die rote LED zusätzlich an den Kondensator an.

- Was geschieht mit der LED?
- Bei welcher Spannung geht diese aus?
- Was geschieht weiter mit dem Motor?

### Beobachtung, Messung:

---

---

---





## Solarstrom

Gespeicherte Energie nutzen  
(Motor)

Experiment 5

Level 2

### Material:

1 Motor, 1 GoldCap Kondensator (aufgeladen), 2 Steckverbindungen, Messgerät (Multimeter), Hintergrundinformation „Messungen mit dem Multimeter“ und „Kondensatoren als kleine Stromspeicher“

### Versuch 1:

**Achtung!! Kondensator nicht kurzschließen, da er sich sonst sofort entlädt!**

**Multimeter korrekt anschließen (Spannung: rotes Kabel in mittlere Buchse  $V\Omega mA \text{ } ^\circ C$ , Strom: rotes Kabel in linke Buchse 10A MAX)!**

Schließt den Motor an den Kondensator an.

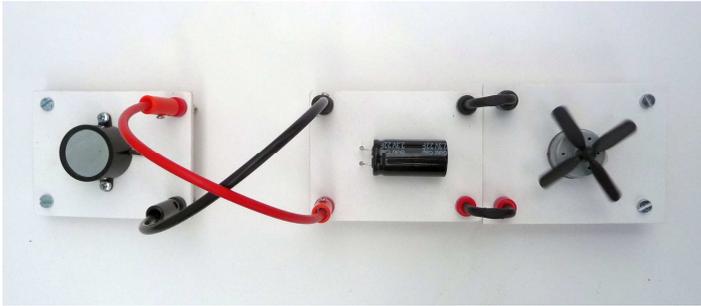
- Misst die Spannung und danach die Stromstärke und notiert euch die Werte minütlich über einen Zeitraum von fünf Minuten.
- Tragt die gemessenen Werte in ein Diagramm ein (Spannung/Strom über der Zeit).
- Blockiert nun den Propeller, der auf dem Motor steckt, mit dem Finger und misst dabei die Stromstärke. Was passiert?
- Notiert die gemessenen Werte der Spannung bei blockiertem Propeller minütlich über einen Zeitraum von fünf Minuten und tragt sie ebenfalls in das Diagramm ein.
- Vergleicht eure Messung aus d) mit der Messung aus a). Was fällt auf?

### Beobachtung, Messung:

---

---





## Solarstrom

Gespeicherte Energie nutzen  
(Motor und Summer)

Experiment 6

Level 1

### Material:

1 Summer, 1 Motor, 1 GoldCap Kondensator (auf 1,3 Volt aufgeladen), 2 Steckverbindungen, 1 rotes Kabel, 1 schwarzes Kabel, Messgerät (Multimeter), Hintergrundinformation „Messungen mit dem Multimeter“ und „Kondensatoren als kleine Stromspeicher“

### Versuch 1:

**Achtung!! Kondensator nicht kurzschließen, da er sich sonst sofort entlädt!**

**Multimeter korrekt anschließen (Spannung: rotes Kabel in mittlere Buchse VΩmA°C, Strom: rotes Kabel in linke Buchse 10A MAX)!**

Schließt den Motor an den Kondensator an nachdem dieser auf 1,3 Volt aufgeladen wurde.

- Schließt zusätzlich den Summer an den Kondensator.
- Misst die Spannung und danach die Stromstärke.
- Blockiert nun den Propeller, der auf dem Motor steckt, mit dem Finger, und misst weiterhin die Spannung. Wie verändert sich der Summton?
- Bei welcher Spannung geht der Summer aus?

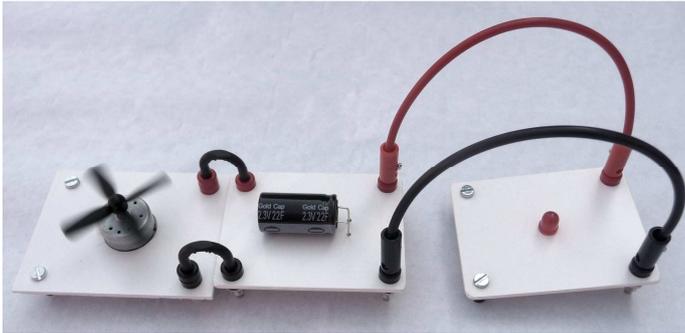
### Beobachtung, Messung:

---

---

---





## Solarstrom

Gespeicherte Energie nutzen  
(Motor und LED)

Experiment 6

Level 2

### Material:

1 Motor, 1 rote LED, 1 Summer, 1 GoldCap Kondensator (auf 1,8 Volt aufgeladen), 2 Steckverbindungen, 1 schwarzes Kabel, 1 rotes Kabel, Messgerät (Multimeter), Hintergrundinformation „Messungen mit dem Multimeter“ und „Kondensatoren als kleine Stromspeicher“

### Versuch 1:

**Achtung!! Kondensator nicht kurzschließen, da er sich sonst sofort entlädt!**

**Multimeter korrekt anschließen (Spannung: rotes Kabel in mittlere Buchse  $V\Omega mA \text{ } ^\circ C$ , Strom: rotes Kabel in linke Buchse 10A MAX)!**

Schließt den Motor an den Kondensator an.

- Schließt die rote LED zusätzlich an den Kondensator an.
- Misst die Spannung und danach die Stromstärke.
- Blockiert nun den Propeller, der auf dem Motor steckt, mit dem Finger.
- Was geschieht mit der LED?
- Bei welcher Spannung geht diese aus?
- Wie könnte die LED als Ladestandsanzeige für den Kondensator genutzt werden?

### Versuch 2:

Schließt zu dem Motor den Summer (parallel) an den Kondensator an.

- Misst die Spannung und danach die Stromstärke.
- Blockiert nun den Propeller, der auf dem Motor steckt, mit dem Finger, und misst weiterhin die Spannung.
- Wie verändert sich der Summton?
- Bei welcher Spannung geht der Summer aus?

**Beobachtung, Messung:** (Benutzt auch die Rückseite.)



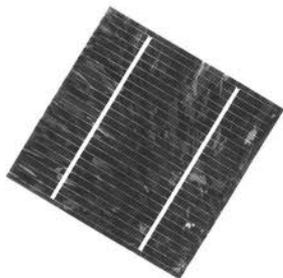
## Elektrizitätslehre Photovoltaikanlagen

### Hintergrundinformation

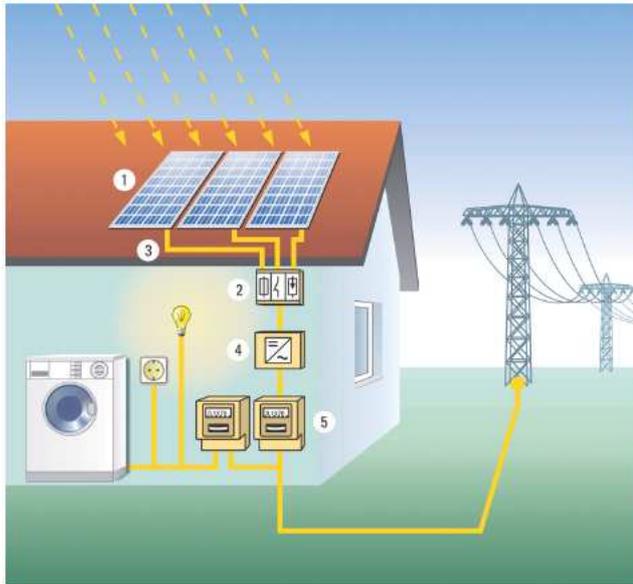
Photovoltaikanlagen (auch Solaranlagen) nutzen den sogenannten photovoltaischen Effekt, um das auf die Photovoltaikzellen (auch Solarzellen) auftreffende Licht in elektrische Energie umzuwandeln. Mehrere Photovoltaikzellen, die in Reihe geschaltet sind, nennt man Photovoltaikmodule (auch Solarmodule, siehe Hintergrundinformation „Elektrizitätslehre: Reihenschaltung und Parallelschaltung“).

Die meisten Photovoltaikmodule auf den Hausdächern sehen aus der Nähe blau oder schwarz aus. Das ist allerdings nicht die Farbe des Siliziums, aus dem die Photovoltaikzellen gegossen werden, denn Silizium ist eher grau. Die Module werden in der Herstellung mit einer blauen oder schwarzen Antireflectionsschicht überzogen, damit sie das auftreffende Sonnenlicht möglichst vollständig aufnehmen können.

In den folgenden Bildern seht ihr eine Solarzelle aus Silizium, einmal mit und einmal ohne Antireflectionsschicht.



Eine Photovoltaikanlage ist folgendermaßen aufgebaut:



Quelle: DGS Berlin

1. Solarmodule
2. Generatoranschlusskasten (mit Schutztechnik)
3. Gleichstromverkabelung (DC)
4. Wechselrichter
5. Zählerschrank mit Stromkreisverteilung, Bezugs- und Einspeisezähler und Hausanschluss

Die **Gleichstromverkabelung** dient dazu, den von den **Solarmodulen** erzeugten Strom zu den Stromverbrauchern zu leiten. Im **Generatoranschlusskasten** wird die Gleichstromverkabelung zur Weiterführung gebündelt. Entsprechende Schutztechnik (wie Sicherungen) sorgen für Sicherheit, zum Beispiel im Fall eines Kurzschlusses. Der **Wechselrichter** ist eine wichtige Komponente, er wandelt den Gleichstrom, der von den Solarmodulen kommt, in Wechselstrom um. Denn der Großteil unserer elektrischen Geräte wird mit Wechselstrom betrieben. Im **Zählerschrank** wird der erzeugte Strom der Solaranlage gezählt, das ist wichtig für die Abrechnung der Einspeisevergütung, die im Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) festgelegt ist. Im Zählerschrank sitzt auch der Zähler, der unseren Strombezug misst. Dort befindet sich auch der Hausanschluss an das Stromnetz, aus dem wir zusätzlichen Strom beziehen und in das wir überschüssigen Strom aus unserer Photovoltaikanlage einspeisen.

Die im EEG geregelte Einspeisevergütung bedeutet, dass der Besitzer einer Photovoltaikanlage für jede Kilowattstunde Strom, die mit der Photovoltaikanlage erzeugt und ins öffentliche Stromnetz eingespeist wird, einen bestimmten Betrag erhält. Als das EEG im Jahr 2000 eingeführt wurde betrug die Vergütung pro kWh bei Kleinanlagen bis 10 kWp über 50 Cent. Seither ist der Betrag konstant gesunken, auf 19,5 Cent (Stand April 2012).

Inzwischen werden immer größere Solaranlagen gebaut, die auf Dächern keinen Platz mehr finden. Sie haben eine Fläche von Hunderten Fußballfeldern und werden auf Grünflächen oder sogenannten Konversionsflächen (z.B. ehemalige Militär- oder Industriegelände) gebaut.

Video-Clips zu großen Solaranlagen (Solarparks) findet ihr unter

- <http://www.youtube.com/watch?v=vV4EZR9QrKE>
- <http://www.youtube.com/watch?v=MBLvNZQqRk4>

Weitere Informationen zu Photovoltaikanlagen findet ihr im eLearning-Modul oder unter

- <http://www.bmu.de/bildungsservice/doc/44371.php>
- <http://www.solarsupport.org>





## Solarstrom

### Berechnung Photovoltaikanlage

Experiment 7

Level 1

**Berechnung einer kleinen Photovoltaik-Dachanlage (PV-Anlage).  
Lest zuerst die Hintergrundinformation „Photovoltaikanlage“ durch.**

**Annahme:**

20 Solarmodule mit je 80 Watt Leistung

Maße der Module: 0,8 m<sup>2</sup> je Modul

Jährliche Energieausbeute: 1100 Kilowattstunden pro Kilowatt

**Fragen zur Berechnung:**

- a) Was ist die Gesamtleistung bezogen auf die Herstellerangaben (80 W) der PV-Anlage in Kilowatt (kW)?
- b) Welche Fläche muss das Hausdach mindestens aufweisen, damit alle Module darauf Platz finden?
- c) Welche Energiemenge wird jährlich von der PV-Anlage produziert?
- d) Könnten wir theoretisch unseren gesamten Stromverbrauch durch die PV-Anlage decken, wenn wir pro Jahr 1600 Kilowattstunden Energie verbrauchen?
- e) Warum wird es uns nicht gelingen, 100% des erzeugten Stroms aus unserer PV-Anlage selbst zu verbrauchen?

**Antworten:**

---

---

---

---

---

---

---





## Solarstrom

### Berechnung Photovoltaikanlage

Experiment 7

Level 2

**Berechnung einer großen Photovoltaik-Dachanlage (PV-Anlage).  
Lest zuerst die Hintergrundinformation „Photovoltaikanlage“ durch.**

#### Material:

900 Solarmodule mit je 80 Watt

Maße der Module: 0,7 m<sup>2</sup> je Modul

Wirkungsgrad der Module: 14 %

Jährliche Einstrahlung: 1100 Kilowattstunden pro Quadratmeter

#### Fragen zur Berechnung:

- Wie groß ist die Gesamtleistung in der PV-Anlage in Kilowatt (kW)?
- Wie groß muss das Dach mindestens sein, damit alle Module darauf Platz finden?
- Welche Energiemenge wird jährlich von der PV-Anlage produziert? Rechne dafür zunächst die jährliche Einstrahlung in die Energieausbeute (Kilowattstunden pro Kilowatt) nach folgender Formel um:

$$\text{Energieausbeute} = \text{Einstrahlung} \cdot \text{Fläche\_pro\_Kilowatt} \cdot \text{Wirkungsgrad} = 1100 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \cdot \frac{0,7\text{m}^2}{0,08\text{kW}} \cdot 0,14$$

- Wir sind ein industrieller Stromverbraucher und Eigentümer der PV-Anlage. Könnten wir theoretisch unseren gesamten Stromverbrauch durch die PV-Anlage decken, wenn wir pro Jahr 100.000 kWh Energie verbrauchen?
- Warum wird es uns nicht gelingen, 100% des erzeugten Stroms aus unserer PV-Anlage selbst zu verbrauchen?
- Warum ist es gut, dass die PV-Anlage an das Stromnetz angeschlossen ist?



g) Angenommen, der Tag ist sonnig und die Außentemperaturen gleich und die Solarmodule werden der Sonne nachgeführt, d.h. sie würden immer senkrecht zur Sonne stehen: an welchem Tag im Jahr wird unsere PV-Anlage am meisten Strom erzeugen? Und an welchem Tag am wenigsten?

**Antwort, Berechnungen:**

---

---

---

---

---

---

---



## Lösungen zu den Arbeitsblättern

## Lösungen

### Experiment 1: Reihen- und Parallelschaltung

#### Versuch 1:

a) Der Propeller dreht sich.

#### Versuch 2:

a) Der Propeller dreht sich schneller, je mehr Solarmodule in Reihe geschaltet werden.

b) Der Propeller dreht sich gleich schnell, aber mit mehr Kraft.

c) Spannung  $U = 3 \text{ V}$ , Stromstärke  $I = 0,2 \text{ A}$

d) Spannung  $U = 1 \text{ V}$ , Stromstärke  $I = 0,6 \text{ A}$

e) Leistung  $P = U \times I = 0,6 \text{ A} \times 1 \text{ V}$  (parallel) oder  $0,2 \text{ A} \times 3 \text{ V}$  (in Reihe) =  $0,6 \text{ W}$

### Experiment 2: „Töne“ aus Solarstrom

#### Versuch 1:

a und b) Der Ton verändert sich.

#### Versuch 2:

a) Der Ton wird lauter.

c) Der Summer summt auch noch bei einem angeschlossenen Solarmodul. Das heißt er benötigt mindestens die Spannung von einem Solarmodul, also  $1 \text{ V}$ .

### Experiment 3: Licht aus Solarstrom

#### Versuch 1:

a) veränderter Winkel: Lichtstärke ändert sich

b) Zellenabdeckung: Licht geht aus (Zellen ganz abdecken!)

#### Versuch 2:

a) Das Licht leuchtet bei zwei Zellen schwächer, bei einer Zelle leuchtet es nicht mehr.

c) Die rote LED beginnt bei ca.  $1,65 \text{ V}$  zu leuchten.

### Experiment 4: Speicherung von Solarstrom

#### Versuch 1:

d) Es können Spannungswerte zwischen  $0$  bis max.  $2,5 \text{ Volt}$  gemessen werden.



## Experiment 5: Gespeicherte Energie nutzen (Motor)

### Versuch 1:

- a) Spannung: Die Spannung, bis zu der wir unseren GoldCap-Kondensator vorher geladen haben, Strom: 0,3 Ampere
- c) Die Stromstärke erhöht sich.
- e) Die Spannung fällt bei d) viel schneller ab als bei a)

### Versuch 2:

- b) Die rote LED leuchtet.
- c) bei 1,6 Volt

## Experiment 6: Gespeicherte Energie nutzen (Motor und Summer) (Level 1)

### Versuch 1:

- d) Der Summton wird tiefer und schwächer.
- e) bei ca. 1 Volt

## Experiment 6: Gespeicherte Energie nutzen (Motor und LED) (Level 2)

### Versuch 1:

- d) Die rote LED leuchtet
- e) bei 1,6 Volt
- f) Die LED leuchtet beim Laden des Kondensators ab einer Spannung von ca. 1,65 Volt bzw. beim Entladen des Kondensators bis zu einer Spannung von ca. 1,65 Volt. Die LED kann uns also zeigen, wann der Kondensator auf 1,65 Volt geladen oder entladen ist, und uns so einen Hinweis auf den Ladestand des Kondensators geben.

### Versuch 2:

- c) Der Summton wird tiefer und schwächer
- d) bei ca. 1 Volt

## Experiment 7 Berechnung Photovoltaikanlage (Level 1)

- a)  $80 \text{ Watt (W)} \times 20 = 1600 \text{ W} = 1,6 \text{ Kilowatt (kW)}$
- b)  $0,8 \text{ Quadratmeter (m}^2) \times 20 = 16 \text{ m}^2$
- c)  $1,6 \text{ kW} \times 1100 \text{ Kilowattstunden(kWh) je Kilowatt (kW)} = 1760 \text{ kWh}$
- d) ja
- e) Die Stromerzeugung der Photovoltaikanlage und unser Stromverbrauch werden nicht in jedem Moment gleich sein (zum Beispiel abends oder nachts, wenn die Sonne nicht scheint, wir aber immer noch Strom verbrauchen).

## Experiment 7 Berechnung Photovoltaikanlage (Level 2)

- a)  $80 \text{ Watt (W)} \times 900 = 72.000 \text{ W} = 72 \text{ Kilowatt (kW)}$
- b)  $0,7 \text{ Quadratmeter (m}^2) \times 900 = 630 \text{ m}^2$
- c) Energieausbeute =  $1347,5 \text{ kWh/kW}$ ,  
jährliche Stromerzeugung =  $1347,5 \text{ kWh/kW} \times 72 \text{ kW} = 97.020 \text{ kWh} = 97 \text{ MWh}$
- d) ja
- e) Die Stromerzeugung der Photovoltaikanlage und unser Stromverbrauch werden nicht in jedem Moment gleich sein (zum Beispiel abends oder nachts, wenn die Sonne nicht scheint, wir aber immer noch Strom verbrauchen).
- f) Damit der Strom, den wir nicht selbst verbrauchen können, in das Stromnetz eingespeist werden kann. So kann er von anderen Stromkunden verbraucht werden.
- g) 21. Juni (Sommersonnenwende, Höchststand der Sonne), 21. Dezember (Wintersonnenwende, niedrigster Stand der Sonne)

