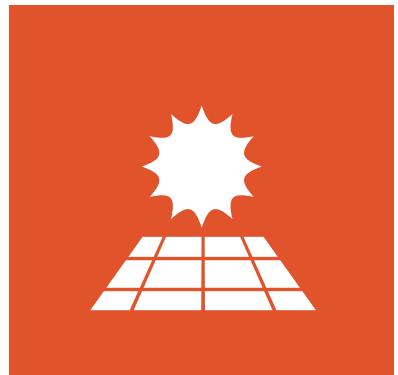
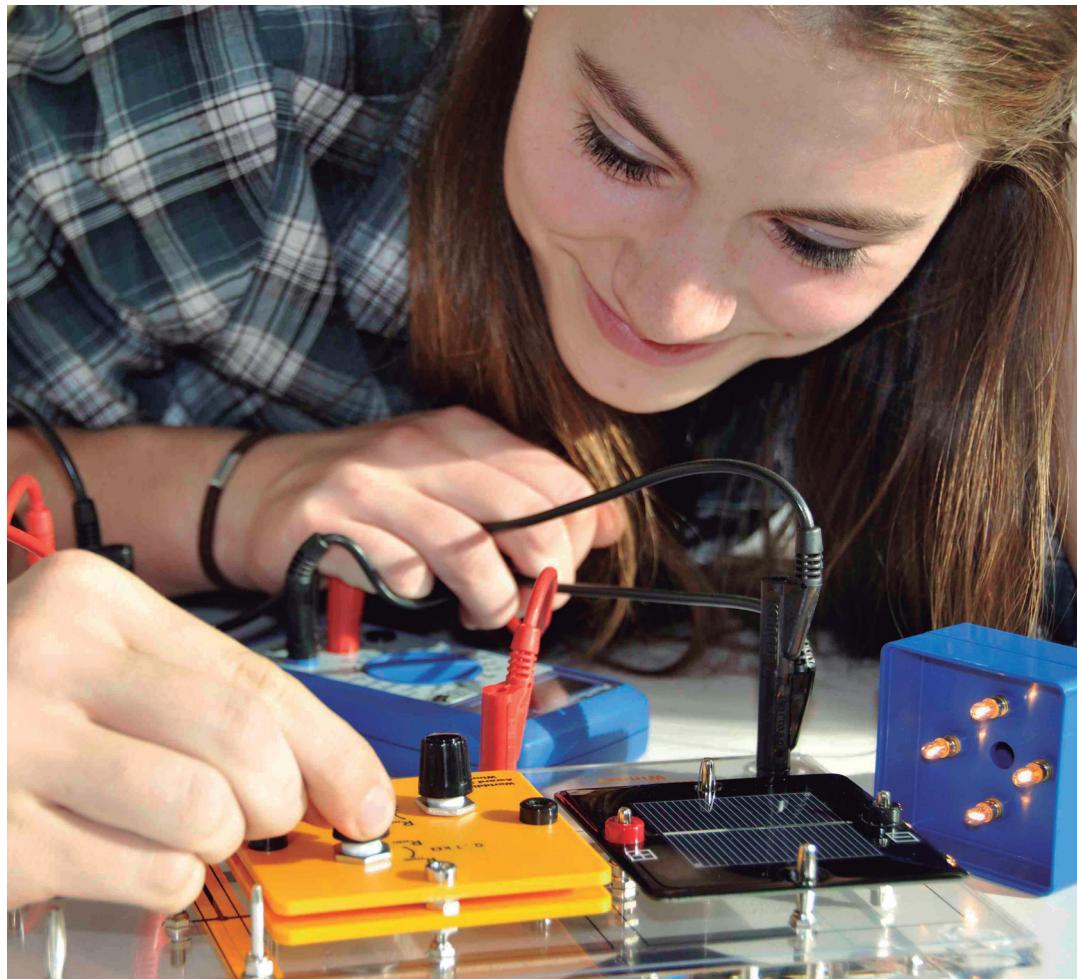


# leXsolar-PV Ready-to-go



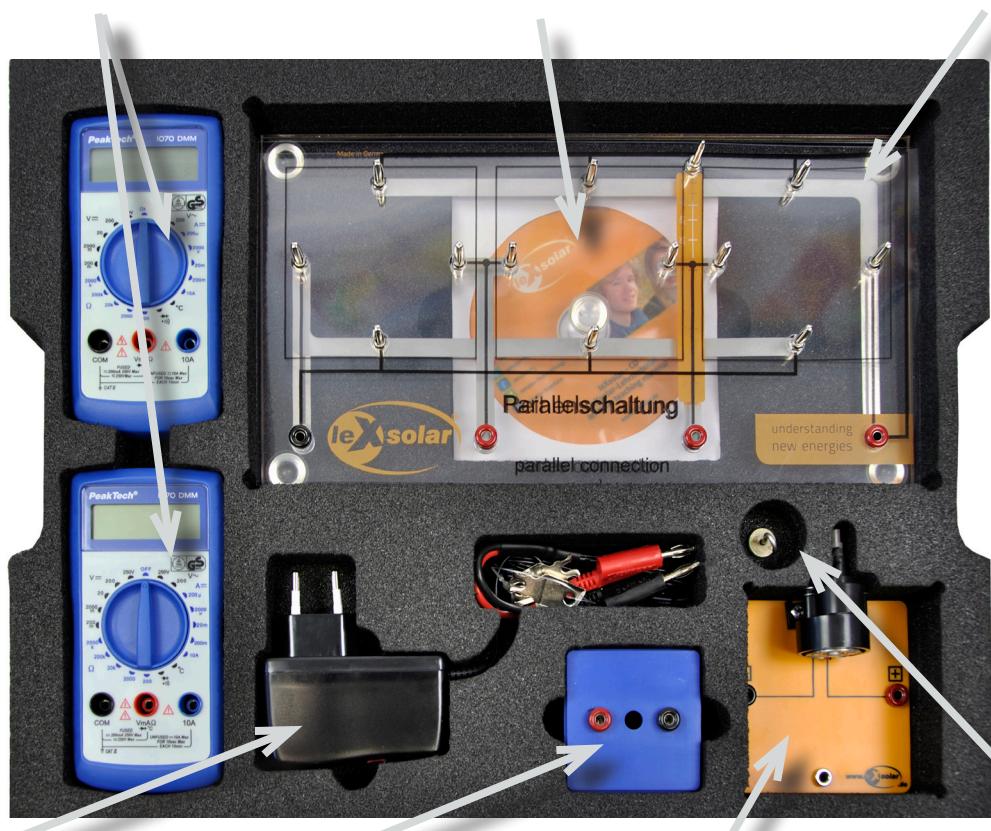
Anleitungsheft

# Bestückungsplan leXsolar-PV Ready-to-go

Digitalmulti-  
meter Small  
2102

leXsolar  
DVD  
3101

Grundeinheit  
groß  
1100-19



Stromversor-  
gungsgerät  
2105

Beleuchtungs-  
modul  
1100-20

Getriebemotor-  
modul  
1100-24

Hakengewicht  
für  
1100-24



Hier dargestellt ist der Bestückungsplan der oberen Einlage des Koffers. Den Bestückungsplan der unteren Einlage finden sie auf der hinteren Umschlaginnenseite.



# leXsolar - PV Ready-to-go

## Schülerheft

### Inhaltsverzeichnis

Dieses Heft enthält die Experimentieranleitungen sowie die zugehörigen Vorlagen zur Auswertung für folgende Experimente:

|   |    |
|---|----|
| 1. Reihen- und Parallelschaltung von Solarzellen.....   | 4  |
| 2. Abhängigkeit der Leistung von der Fläche der Solarzelle .....                                      | 6  |
| 3. Abhängigkeit der Leistung der Solarzelle vom Einfallswinkel des Lichtes .....                      | 8  |
| 4.1 Abhängigkeit der Solarzellenleistung von der Beleuchtungsstärke .....                             | 10 |
| 4.2 Abhängigkeit der Solarzellenleistung von der Beleuchtungsstärke unter Last .....                  | 12 |
| 4.2 Abhängigkeit der Solarzellenleistung von der Beleuchtungsstärke unter Last .....                  | 13 |
| 5. Wirkungsgradbestimmung einer Energieumwandlung .....   | 14 |
| 6.1 Abhängigkeit des Innenwiderstands der Solarzelle von der Beleuchtungsstärke .....                 | 16 |
| 6.2 Abhängigkeit des Innenwiderstands der Solarzelle von der Entfernung zur Lichtquelle .....         | 18 |
| 7.1 Diodencharakter der Solarzelle 1: Dunkelkennlinie.....  | 20 |
| 7.2 Diodencharakter von Solarzellen 2: Sperr- und Durchlassrichtung bei Abdunkelung und Beleuchtung . | 22 |
| 8.1 U-I-Kennlinie und Füllfaktor der Solarzelle .....   | 24 |
| 8.2 U-I-Kennlinie der Solarzelle in Abhängigkeit der Beleuchtungsstärke.....                          | 26 |
| 9. Abhängigkeit der Solarzellenleistung von der Temperatur.....                                       | 29 |
| 10.1 Abschattung von Solarzellen bei Reihenschaltung .....  | 31 |
| 10.2 Abschattung von Solarzellen bei Parallelschaltung.....   | 33 |
| 11. Die Solarzelle als Transmissionsmesser .....  | 35 |
| 12. Abhängigkeit der Solarzellenleistung von der Frequenz des einfallenden Lichtes .....              | 37 |

### Qualitative Versuche ohne Messgeräte:

|  |    |
|--|----|
| <b>Teil 1: Elektrizitätslehre .....</b>  | 39 |
| 13. Untersuchungen am leXsolar-Stecksystem .....   | 39 |
| 14.1 Vergleich von Reihen- und Parallelschaltung der Solarzellen mit der Hupe .....      | 41 |
| 14.2 Vergleich von Reihen- und Parallelschaltung der Solarzellen mit der Glühlampe ..... | 42 |
| 14.3 Abschattung von Solarzellen in Reihenschaltung .....                                | 43 |
| 15.1 Vergleich der Reihen- und Parallelschaltung von Glühlampen .....                    | 44 |
| 15.2 Direkter Vergleich der Reihen- und Parallelschaltung von Glühlampen .....           | 46 |
| 16. Drehrichtung und Geschwindigkeit des Motors.....                                     | 47 |
| 17. Anlaufstrom und Betriebsstrom des Motors .....                                       | 48 |
| <b>Teil 2: Optik .....</b>   | 49 |
| 18.1 Helligkeitsunterschiede 1.....  | 49 |
| 18.2 Helligkeitsunterschiede 2.....  | 50 |
| 18.3 Verkippen der Solarzelle .....  | 51 |
| 19.1 Diffuse Strahlung.....  | 52 |
| 19.2 Direkte Strahlung.....  | 53 |
| 19.3 Albedostrahlung .....   | 54 |
| 20. Grundaufbau: Rotationsscheiben .....   | 55 |
| 20.1 Farbeigenschaften.....  | 56 |
| 20.2 Farbmischung .....  | 57 |
| 20.3 Farbtäuschung mit der Benham-Scheibe .....  | 58 |
| 20.4 Reliefscheibe.....  | 59 |
| 21. Fliehkraft .....   | 60 |

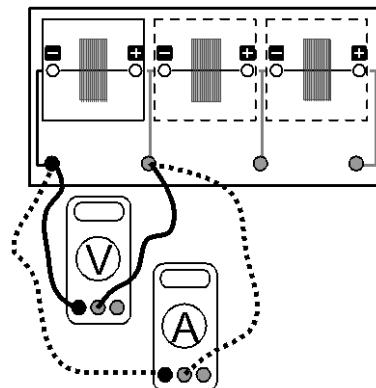


## 1. Reihen- und Parallelschaltung von Solarzellen

### Aufgabe

Ermittle, wie sich die Gesamtspannung und die Gesamtstromstärke bei Reihen- und Parallelschaltung von Solarzellen verhalten!

### Aufbau



### Benötigte Geräte

- leXsolar-Grundeinheit
- 3 kleine Solarzellen
- 1 Spannungsmessgerät
- 1 Strommessgerät

### Vorbereitung

Bei diesem Experiment werden nur Kurzschlussstromstärken bzw. Leerlaufspannungen gemessen. Diese können nicht gleichzeitig gemessen werden; zum Messen der Leerlaufspannung muss der Stromkreis unterbrochen werden. Baue den Versuch entsprechend dem Schaltplan auf!

### Durchführung

1. Miss Spannung und Stromstärke an einer Solarzelle (siehe Schaltbild)!
2. Verändere die Schaltung so, dass zwei bzw. drei Solarzellen in Reihe geschaltet sind! Nimm erneut Spannung und Stromstärke auf!
3. Führe die Messungen zur Parallelschaltung analog durch! Entwickle hierfür ebenfalls einen Schaltplan unter Beachtung des Schaltplans der leXsolar-Grundeinheit.  
Erfasse alle Messwerte in einer Tabelle!

### Auswertung

1. Zeichne das  $n$ - $I$ -Diagramm ( $n$ ... Anzahl der Solarzellen) für Reihen- und Parallelschaltung! Zeichne beide Graphen in ein Diagramm!
2. Zeichne das  $n$ - $U$ -Diagramm für Reihen- und Parallelschaltung! Zeichne beide Graphen in ein Diagramm!
3. Formuliere ein Gesetz für den Gesamtstrom und die Gesamtspannung bei Reihen- bzw. Parallelschaltung von Solarzellen!



## 1. Reihen- und Parallelschaltung von Solarzellen

### Messwerte

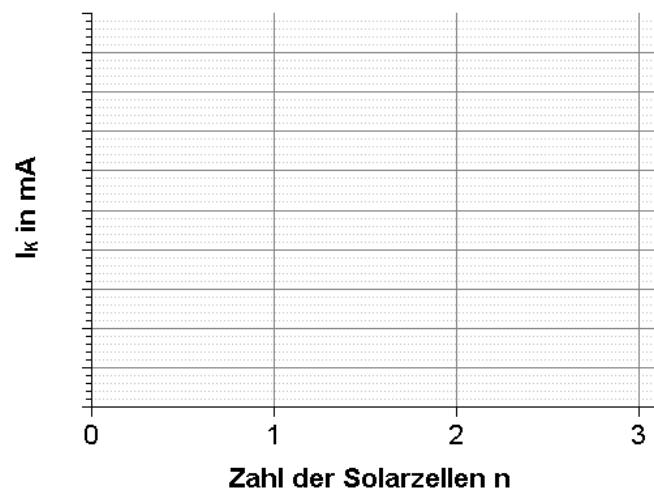
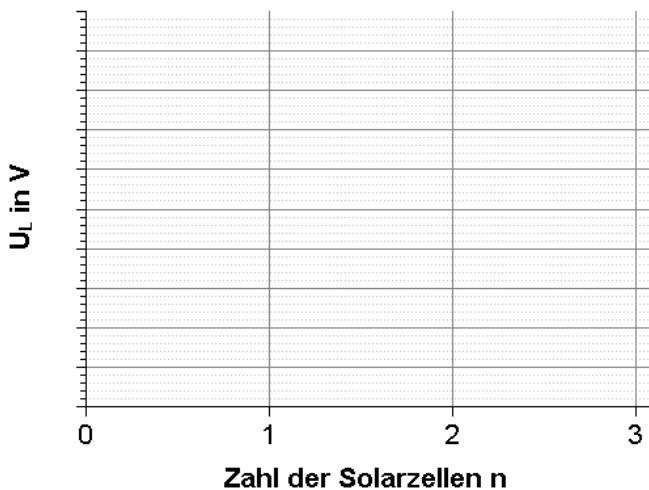
#### Reihenschaltung:

|            | eine Solarzelle | zwei Solarzellen | drei Solarzellen |
|------------|-----------------|------------------|------------------|
| $U_L$ (V)  |                 |                  |                  |
| $I_K$ (mA) |                 |                  |                  |

#### Parallelschaltung:

|            | eine Solarzelle | zwei Solarzellen | drei Solarzellen |
|------------|-----------------|------------------|------------------|
| $U_L$ (V)  |                 |                  |                  |
| $I_K$ (mA) |                 |                  |                  |

### Diagramme



### Auswertung

|                   | Verhalten von |             |
|-------------------|---------------|-------------|
|                   | Spannung      | Stromstärke |
| Reihenschaltung   |               |             |
| Parallelschaltung |               |             |

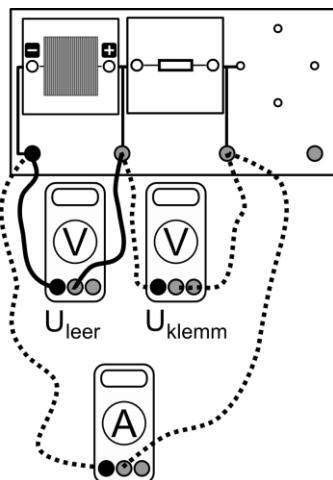


## 6.1 Abhängigkeit des Innenwiderstands der Solarzelle von der Beleuchtungsstärke

### Aufgabe

Bestimme den Innenwiderstand einer Solarzelle als Spannungsquelle und dessen Abhängigkeit von der Beleuchtungsstärke!

### Aufbau



### Benötigte Geräte

- leXsolar-Grundeinheit
- leXsolar-Beleuchtungsmodul
- leXsolar-Widerstandsmodul
- 1 große Solarzelle
- 1 Strommessgerät
- 1 Spannungsmessgerät
- 1 Stromversorgungsgerät (6V)

### Vorbereitung

Baue den Versuch entsprechend dem Schaltplan auf! Betreibe zunächst nur eine Lampe des leXsolar-Beleuchtungsmoduls mit 6V!

### Durchführung

1. Schalte das Stromversorgungsgerät ein und beleuchte die Solarzelle mit dem Beleuchtungsmodul!
2. Miss zunächst die Leerlaufspannung der Solarzelle (bei unterbrochenem Stromkreis), danach Klemmspannung und Stromstärke unter Last! Wiederhole die Messung mit 2, 3 und 4 Lampen im leXsolar-Beleuchtungsmodul! Erfasse alle Messwerte in einer Tabelle!

Hinweis: Das Beleuchtungsmodul sollte nicht zu lang auf der Solarzelle stehen, um das Erwärmen der Solarzelle zu verhindern.

### Auswertung

1. Zeichne einen Ersatzschaltplan des Problems, in dem auch der Innenwiderstand der Solarzelle vorkommt. Errechne den Innenwiderstand der Solarzelle für jede Lampenanzahl!  
Hinweis:  $U_{Leer} = U_{klemm} - I \cdot R_{innen}$
2. Zeichne das  $R_{innen}$ - $n$ -Diagramm (n...Anzahl der Lampen)! Welcher Zusammenhang ergibt sich?

### Zusatz:

3. Vergleiche dieses Experiment mit 4.2 und erkläre den Verlauf der  $R_{innen}$ - $n$ -Kurve!



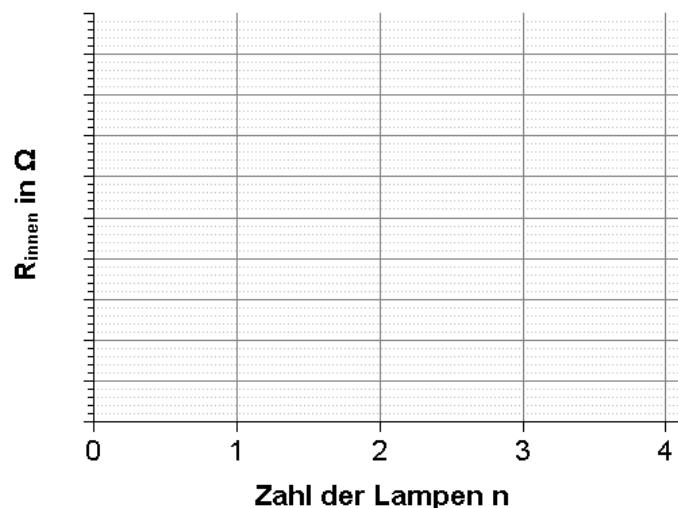
## 6.1 Abhängigkeit des Innenwiderstands der Solarzelle von der Beleuchtungsstrke

### Messwerte

|                          | Beleuchtung mit |          |          |          |
|--------------------------|-----------------|----------|----------|----------|
|                          | 1 Lampe         | 2 Lampen | 3 Lampen | 4 Lampen |
| $U_{Leer}$ (V)           |                 |          |          |          |
| $U_{Klemm}$ (V)          |                 |          |          |          |
| $I$ (mA)                 |                 |          |          |          |
| $R_{innen}$ ( $\Omega$ ) |                 |          |          |          |

### Schaltplan

### Diagramme



### Auswertung

Begründung fr das Verhalten:

---



---



---

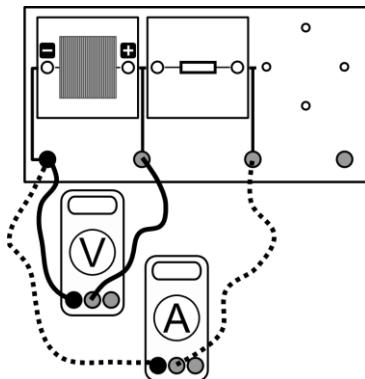


## 12. Abhängigkeit der Solarzellenleistung von der Frequenz des einfallenden Lichtes

### Aufgabe

Welcher Zusammenhang besteht zwischen der Leistung der Solarzelle und der Frequenz des einfallenden Lichtes?

### Aufbau



### Benötigte Geräte

- leXsolar-Grundeinheit
- 1 große Solarzelle
- 1 Strommessgerät
- 1 Spannungsmessgerät
- leXsolar-Widerstandmodul
- diverse Farbgläser aus der Optik
- leXsolar-Beleuchtungsmodul
- Spannungsquelle (6V)

### Vorbereitung

1. In der unten gegebenen Tabelle ist der von jedem Farbfilter transmittierte Wellenlängenbereich aufgeführt. Berechne daraus die Energien der transmittierten Photonen!
2. Wenn man davon ausgeht, dass alle drei Farbfilter etwa die gleiche Anzahl Photonen transmittieren (was für die gegebenen Filter in etwa stimmt), in welchem Bereich erwartest du dann die höchste Leistung der Solarzelle?
3. Baue den Versuch entsprechend der Skizze auf!
4. Schließe das Beleuchtungsmodul an und stelle es auf die Solarzelle!

### Durchführung

1. Decke die Solarzelle mit den verschiedenen Farbfiltern ab und misst Spannung und Stromstärke bei jeder Farbe!
2. Erfasse die Messwerte in einer Tabelle!

### Auswertung

1. Berechne die Leistung der Solarzelle im jeweiligen Wellenlängenbereich!
2. Bei welchen Photonenenergien ist die Leistung der Solarzelle am höchsten? Deckt sich das Ergebnis mit deinen Erwartungen?
3. Wie kann man diesen Effekt erklären?



# Abhängigkeit der Solarzellenleistung von der Frequenz des einfallenden Lichtes

## Messwerte

| Farbfilter                         | rot            | gelb           | blau           |
|------------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| $\lambda$                          | 650 ... 800 nm | 550 ... 700 nm | 400 ... 550 nm |
| $E_{\text{Photonen}} \text{ (eV)}$ |                |                |                |
| $U \text{ (V)}$                    |                |                |                |
| $I \text{ (mA)}$                   |                |                |                |
| $P=U \cdot I \text{ (mW)}$         |                |                |                |

## Auswertung

Die Solarzelle hat ihre höchste Leistung bei Beleuchtung mit Photonen aus dem Energiebereich

\_\_\_\_\_ ... \_\_\_\_\_ eV.

Begründung:

---



---



---



---



## Teil 1: Elektrizitätslehre

### 13. Untersuchungen am leXsolar-Stecksystem

#### Ziel

Das leXsolar-Stecksystem kennen lernen.

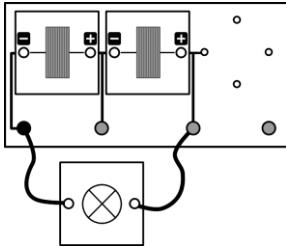
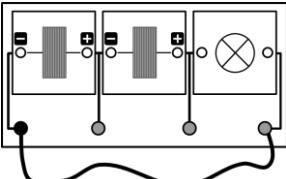
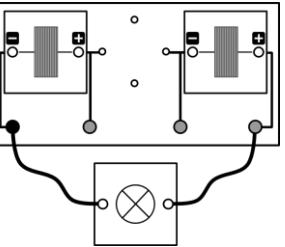
#### Benötigte Geräte

- leXsolar-Grundeinheit
- 2 kleine Solarzellen
- leXsolar-Glühlampe
- 3 Messleitungen

#### So geht's:

Baue die Schaltungen 1, 2 und 3 nacheinander auf und überprüfe, ob die Lampe leuchtet. Fülle die Tabellen aus.

#### Aufgaben und Auswertung

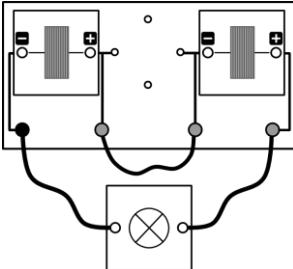
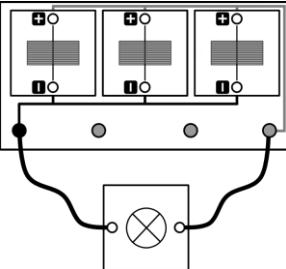
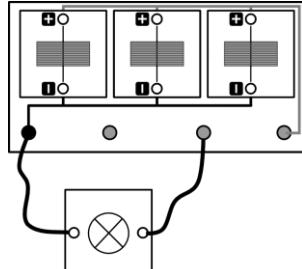
| Schaltung 1   | Schaltung 2   | Schaltung 3  |
|---|---|--|
|  <p>Leuchtet die Lampe?</p> <p><input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein</p> |  <p>Leuchtet die Lampe?</p> <p><input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein</p> |  <p>Leuchtet die Lampe?</p> <p><input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein</p> |
| <p>Es handelt sich um eine:</p> <p><input type="checkbox"/> Reihenschaltung</p> <p><input type="checkbox"/> Parallelschaltung</p>   | <p>Es handelt sich um eine:</p> <p><input type="checkbox"/> Reihenschaltung</p> <p><input type="checkbox"/> Parallelschaltung</p>   | <p>Es handelt sich um eine:</p> <p><input type="checkbox"/> Reihenschaltung</p> <p><input type="checkbox"/> Parallelschaltung</p>  |



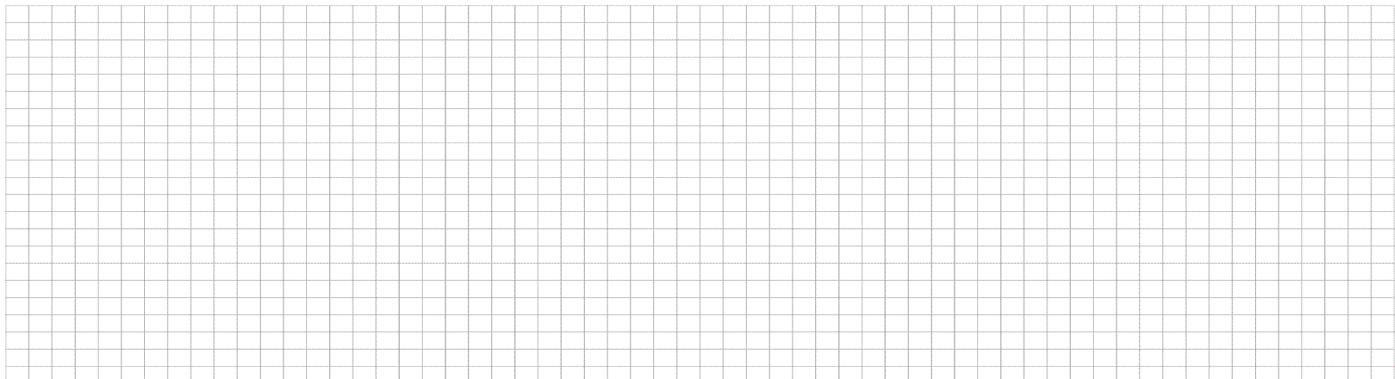
### 13. Untersuchungen am leXsolar-Stecksystem

Um zu entscheiden, ob es eine Reihen- oder Parallelschaltung ist und um zu verstehen, warum die Lampe leuchtet oder nicht, kannst du hier die Schaltpläne zu jeder Schaltung selbst noch einmal zeichnen:



| Schaltung 4  | Schaltung 5  | Schaltung 6   |
|--|--|---|
| <br>Leuchtet die Lampe?<br><input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein | <br>Leuchtet die Lampe?<br><input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein | <br>Leuchtet die Lampe?<br><input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein |
| Es handelt sich um eine:<br><input type="checkbox"/> Reihenschaltung<br><input type="checkbox"/> Parallelschaltung   | Es handelt sich um eine:<br><input type="checkbox"/> Reihenschaltung<br><input type="checkbox"/> Parallelschaltung   | Es handelt sich um eine:<br><input type="checkbox"/> Reihenschaltung<br><input type="checkbox"/> Parallelschaltung  |

Um zu entscheiden, ob es eine Reihen- oder Parallelschaltung ist und um zu verstehen, warum die Lampe leuchtet oder nicht, kannst du dir hier die Schaltpläne zu jeder Schaltung selbst noch einmal zeichnen:



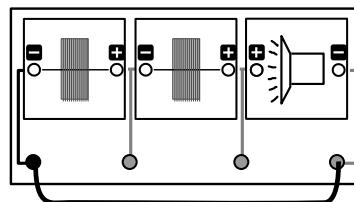
## Teil 2: Optik

### 18.1 Helligkeitsunterschiede 1

#### Benötigte Geräte

- leXsolar-Grundeinheit
- 2 kleine Solarzellen
- leXsolar-Hupenmodul
- 1 Messleitung

#### So geht's:



Stecke eine Reihenschaltung aus zwei Solarzellen und dem Hupenmodul auf wie im Schaltplan oben dargestellt. Gehe zu der Wand, die dem Fenster gegenüber liegt und nähere dich von dort aus langsam dem Fenster.

Was beobachtest du?

---



---



---

Welcher Zusammenhang besteht zwischen Fensternähe und Lautstärke der Hupe?

---



---



---

Decke nun einen Teil (z.B. die Hälfte) beider Solarzellen mit deiner Hand zu. Was passiert dann?

---



---



---

Kontrollfragen:

1. Warum werden Solarmodule auf der Südseite des Daches angebracht?
  2. Warum sollte vor dem Dach kein großer Baum stehen?
- 
- 
-

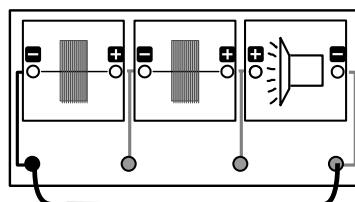


## 18.2 Helligkeitsunterschiede 2

### Benötigte Geräte

- leXsolar-Grundeinheit
- 2 kleine Solarzellen
- leXsolar-Hupenmodul
- 1 Messleitung- Faden

### So geht's:



Stecke eine Reihenschaltung aus den zwei Solarzellen und dem Hupenmodul auf, wie im Schaltplan oben dargestellt. Nähere die Solarzellen einer Lampe. (Achte dabei darauf, dass die Solarzellen gleichmäßig beleuchtet werden) Entferne die Solarzellen wieder ein Stück und vervollständige mit deinen Untersuchungen folgenden Satz:

Je näher die Solarzellen der Lampe sind, desto \_\_\_\_\_ ist die Hupe.

Führe ein ähnliches Experiment im Freien durch, wenn die Sonne scheint. Was erwartest du, wenn du die Solarzellen der Sonne näherst?

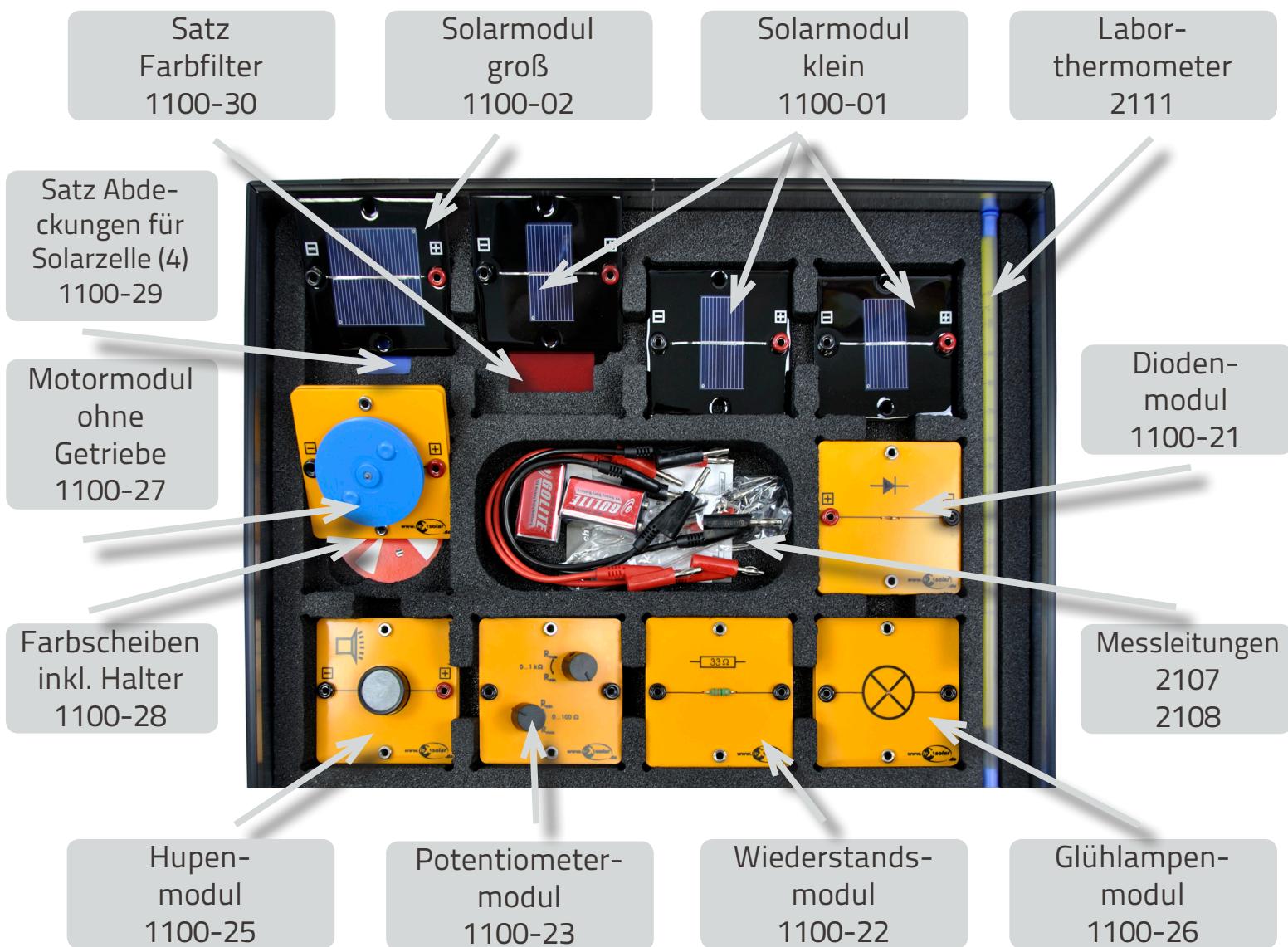
Bestätigen sich deine Erwartungen im Experiment?

Wie kann man dieses Verhalten anhand des Lichtstrahlenmodells erklären? Fertige dazu für beide Versuche eine Skizze an!

Hinweis: Beachte die Entfernung Sonne-Solarzelle im Vergleich zur Entfernung Lampe-Solarzelle!



# Bestückungsplan leXsolar-PV Ready-to-go



Hier dargestellt ist der Bestückungsplan der unteren Einlage des Koffers. Den Bestückungsplan der oberen Einlage finden sie auf der vorderen Umschlaginnenseite.



leXsolar GmbH  
Strehlener Straße 12-14  
01069 Dresden / Germany

Telefon: +49 (0) 351 - 47 96 56 0  
Fax: +49 (0) 351 - 47 96 56 - 111  
E-Mail: [info@lexsolar.de](mailto:info@lexsolar.de)  
Web: [www.lexsolar.de](http://www.lexsolar.de)