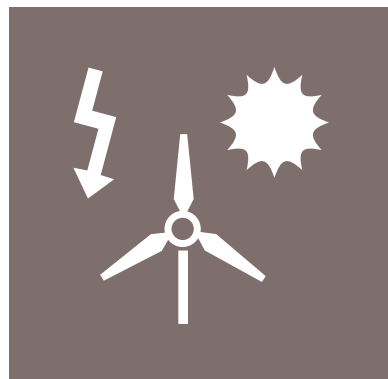
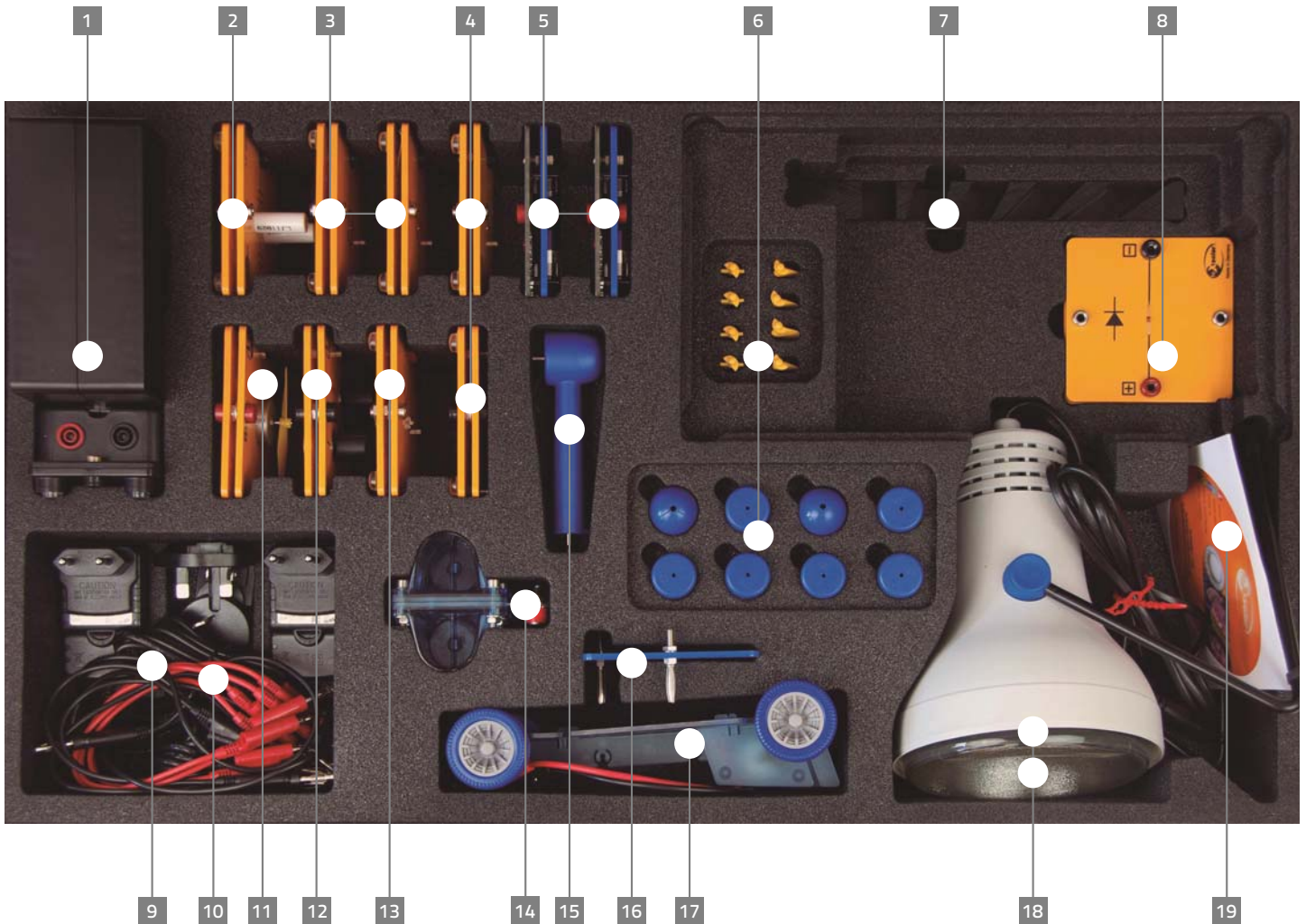


# leXsolar-SmartGrid Ready-to-go



Anleitungsheft

Layout diagram leXsolar-SmartGrid Ready-to-go  
 Item-No.1605  
 Bestückungsplan leXsolar-SmartGrid Ready-to-go  
 Art.-Nr.1605

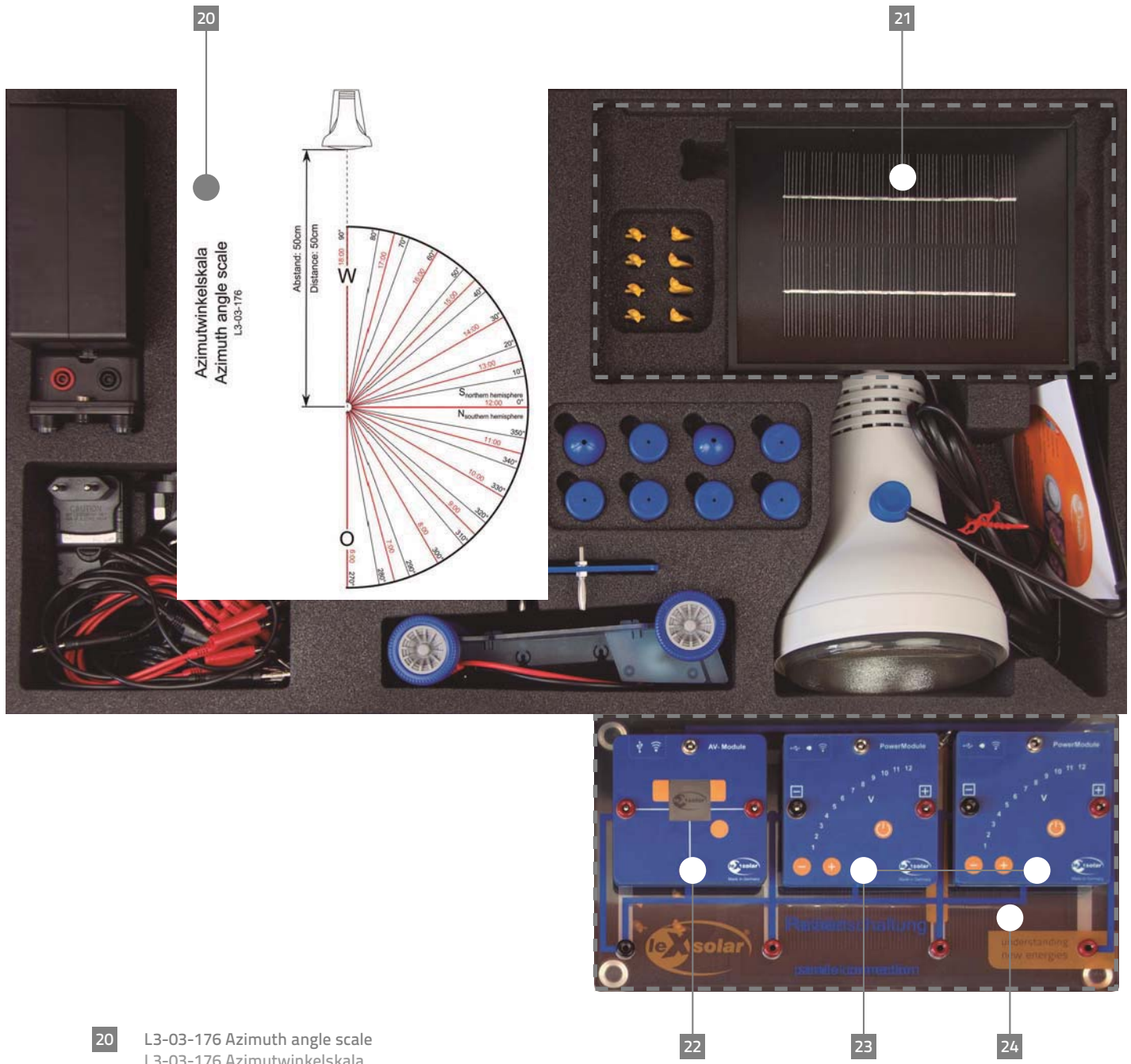


- |  |  |   |
|--|--|---|
| <p><b>1</b> 1400-19 leXsolar-Wind machine<br/>1400-19 leXsolar-Winderzeuger</p> <p><b>2</b> 1600-02 Capacitor module 5.0F/5.4V<br/>1600-02 Kondensatormodul 5.0F/5.4V</p> <p><b>3</b> 2x1100-26 Light bulb module<br/>2x1100-26 Glühlampenmodul</p> <p><b>4</b> 2x1600-01 Power grid module<br/>2x1600-01 Stromnetzmodul</p> | <p><b>5</b> 2x9100-04 SmartMeter<br/>2x9100-04 SmartMeter</p> <p><b>6</b> 1400-12 leXsolar-Wind rotor set<br/>1400-12 leXsolar-Windrotoren</p> <p><b>7</b> 1118-17 Base for solar panel<br/>1118-17 Standfuß Solarmodul</p> <p><b>8</b> 1100-21 Diode module<br/>1100-21 Diodenmodul</p> <p><b>9</b> L2-06-014 Test lead black<br/>L2-06-014 Messleitung schwarz</p> <p><b>10</b> 4x/6xL2-06-012/013 Test leads black/red<br/>4x/6xL2-06-012/013 Messleitung schw./rot</p> <p><b>11</b> 1100-27 Motor module<br/>1100-27 Motor module<br/>L2-02-017 Yellow propeller<br/>L2-02-017 Luftschraube (Propeller) gelb</p> | <p><b>12</b> 1100-23 Potentiometer module<br/>1100-23 Potentiometermodul</p> <p><b>13</b> 1400-22 Wind turbine module with <b>15</b><br/>1400-22 Windturbinenmodul mit <b>15</b></p> <p><b>14</b> L2-06-067 Reversible Fuel cell Pro<br/>L2-06-067 Reversible Brennstoffzelle Pro</p> <p><b>15</b> Wind turbine with <b>13</b><br/>Windturbinen mit <b>13</b></p> <p><b>16</b> Battery adapter for <b>17</b><br/>Akku-Adapter für <b>17</b></p> <p><b>17</b> 1801-02 Electric model car with <b>16</b><br/>1801-02 Elektro-Modellfahrzeug mit <b>16</b></p> <p><b>18</b> L2-04-116 Illuminant 120W<br/>L2-04-116 Leuchtmittel 120W</p> <p><b>18</b> L2-04-080 Lamp housing<br/>L2-04-080 Lampengehäuse</p> <p><b>19</b> L3-03-016 leXsolar-CD<br/>L3-03-016 leXsolar-CD</p> |
|--|--|---|

Version number  
 Versionsnummer

L3-03-169\_24.09.2014

Layout diagram leXsolar-SmartGrid Ready-to-go  
 Item-No.1605  
 Bestückungsplan leXsolar-SmartGrid Ready-to-go  
 Art.-Nr.1605



- 20** L3-03-176 Azimuth angle scale  
L3-03-176 Azimutwinkelskala
- 21** 1100-04 Solar panel 5.22 V, 380 mA  
1100-04 Solarmodul 5.22 V, 380 mA
- 22** 9100-03 AV-Module  
9100-03 AV-Modul
- 23** 2x9100-05 PowerModule  
2x9100-05 PowerModul
- 24** 1100-19 leXsolar-Base unit  
1100-19 leXsolar-Grundeinheit groß

# leXsolar - SmartGrid Ready-to-go

## **Inhaltsverzeichnis**

<i>Bezeichnung und Handhabung der Experimentiergeräte</i> .....	2
<b>1. Grundlagenversuche zur Photovoltaik</b> .....	13
1.1 <i>U-I-Kennlinie des Solarmoduls</i> .....	13
1.2 <i>Die I-U Kennlinie des Solarmoduls in Abhängigkeit von der Bestrahlungsstärke</i> .....	16
1.3 <i>Die I-U Kennlinie des Solarmoduls in Abhängigkeit von der Temperatur</i> .....	19
<b>2. Grundlagenversuche zur Windkraft</b> .....	22
2.1 <i>Abhängigkeit der Leistung von der Form der Flügel und dem Anstellwinkel</i> .....	22
2.2 <i>Abhängigkeit der Leistung von Zwei-, Drei- und Vierblattrotoren</i> .....	25
2.3 <i>Abhängigkeit der Leistung von der Windrichtung</i> .....	29
<b>3. Grundlagenversuche zu Energiespeichersystemen</b> .....	32
3.1 <i>U-I-Kennlinie eines Elektrolyseurs</i> .....	32
3.2 <i>Verhalten der Spannung und Stromstärke während des Ladevorgangs eines Elektrolyseurs</i> .....	35
3.3 <i>I-U-Kennlinie einer Brennstoffzelle</i> .....	37
3.4 <i>Entladekurven einer Brennstoffzelle</i> .....	39
3.5 <i>t-U- und t-I-Kennlinie eines Kondensators beim Aufladen</i> .....	41
3.6 <i>t-U- und t-I-Kennlinie eines Kondensators beim Entladen</i> .....	44
3.7 <i>Betrieb des Elektroautos mit dem Kondensator und der Brennstoffzelle</i> .....	48
<b>4.1 Die Leistungsschwankungen einer Photovoltaikanlage</b> .....	50
4.2 <i>Die Leistungsschwankungen einer Windkraftanlage</i> .....	54
4.3 <i>Versorgung eines Gebäudes durch ein Kraftwerk</i> .....	58
4.4 <i>Versorgung eines Gebäudes durch ein Kraftwerk und eine Photovoltaikanlage</i> .....	62
4.5 <i>Versorgung eines Gebäudes durch ein Kraftwerk, eine Photovoltaikanlage und einen Energiespeicher (Kondensator)</i> .....	66
4.6 <i>Spannungsverhalten in einem herkömmlichen Strahlennetz</i> .....	70
4.7 <i>Spannungsverhalten in einem Strahlennetz mit Photovoltaikanlage</i> .....	73
4.8 <i>Spannungsverhalten in einem Strahlennetz mit Photovoltaikanlage in Abhängigkeit vom Verbrauch</i> .....	77
4.9 <i>Spannungsverhalten in einem Strahlennetz mit Photovoltaikanlage in Abhängigkeit von der Länge des Leiters</i> .....	79
4.10 <i>Spannungsverhalten in einem Strahlennetz mit Photovoltaikanlage und einer intelligenten Ortsnetzstation</i> .....	81
4.11 <i>Spannungsverhalten in einem Strahlennetz mit Photovoltaikanlage und Energiespeicher (reversible Brennstoffzelle/ E-Mobility)</i> .....	84
4.12 <i>Spannungsverhalten in einem Strahlennetz mit Photovoltaikanlage und Lastmanagement</i> .....	88
4.13 <i>Leiteseilmonitoring</i> .....	90

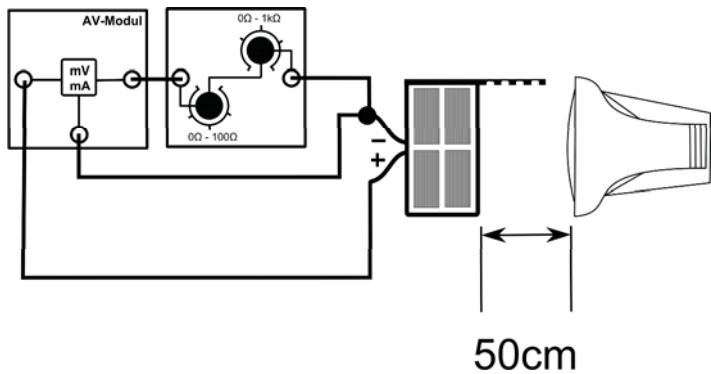


1.1 U-I-Kennlinie des Solarmoduls

Aufgabe

Nimm die U-I-Kennlinie des Solarmoduls auf.

Aufbau



Benötigte Geräte

- Lampe
- Solarmodul
- AV-Modul
- Potentiometer
- Kabel

Durchführung

1. Baue den Versuch entsprechend der Versuchsanordnung auf. Stelle das Potentiometer auf den maximalen Widerstand. Stelle das Solarmodul senkrecht zur Tischplatte und frontal zur Lampe auf, sodass es vollständig beschienen werden kann. Die Lampe soll parallel zur Tischplatte ausgerichtet werden.
2. Schalte die Lampe ein und verändere den Widerstand am Potentiometer um verschiedene Spannungen am Solarmodul zu erzeugen. Verringere zunächst den 1 kΩ-Drehwiderstand und danach den 100 Ω-Widerstand. Miss zu jeder Spannung die Stromstärke. Um sinnvolle Messwerte zu erhalten, solltest du einen Messwert immer dann aufnehmen, wenn sich die Stromstärke um etwa 20 mA erhöht oder sich die Spannung um etwa 0,5 V gegenüber dem vorherigen Messwert verringert hat. Versuche nicht, bestimmte vorgegebene Werte für Spannung oder Stromstärke einzustellen, da dies die Regelgenauigkeit des Potentiometers nicht zulässt.
3. Berechne die Leistung des Solarmoduls für jeden Messpunkt.

Messwerte

U in V										
I in mA										
P in mW										

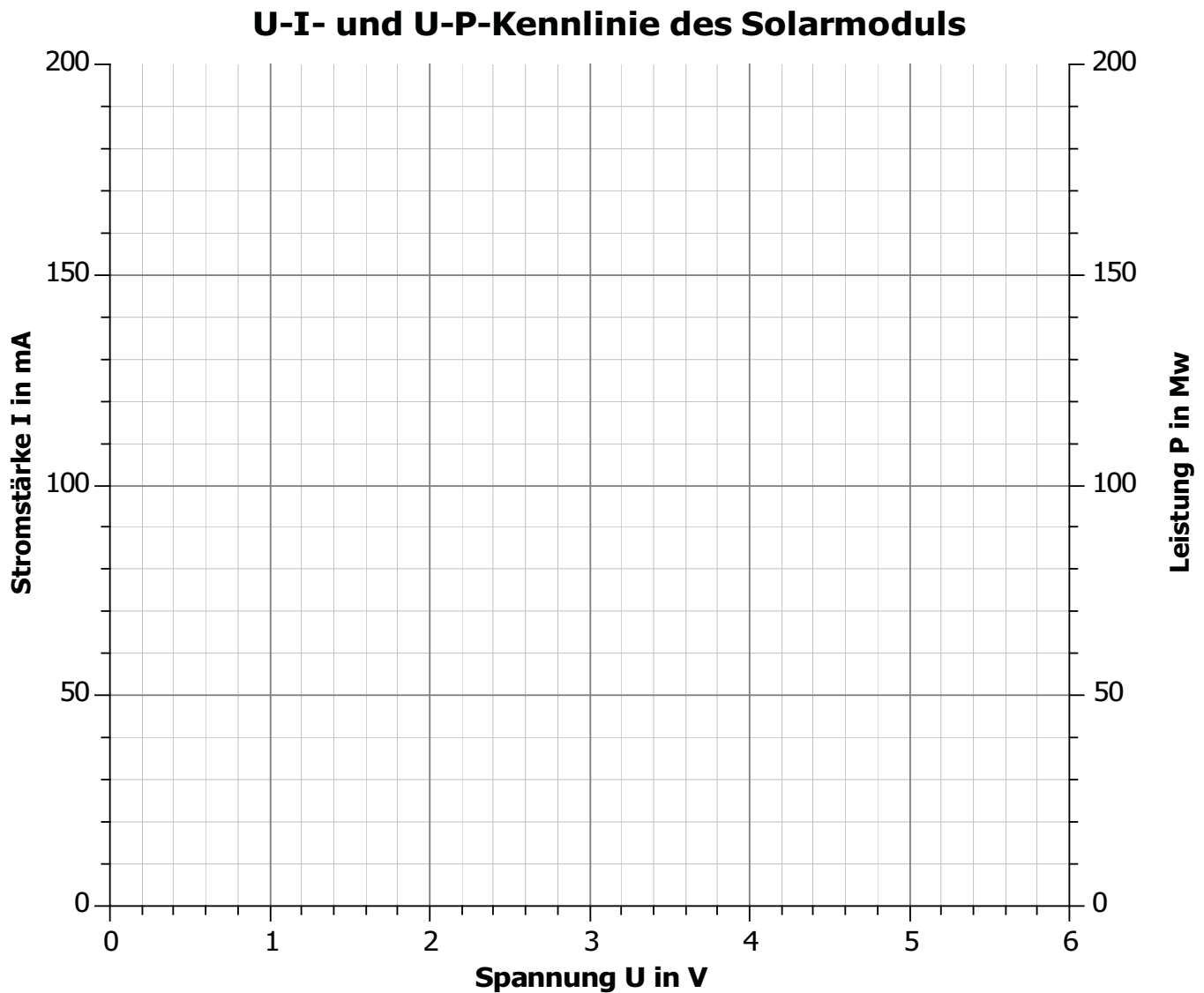
U in V										
I in mA										
P in mW										



## 1.1 U-I-Kennlinie des Solarmoduls

## Auswertung

1. Trage deine Messwerte in das U-I- und das U-P-Diagramm und zeichne den zugehörigen Graphen.



2. Beschreibe den Verlauf des Graphen

---

---

---

---



## 1.1 U-I-Kennlinie des Solarmoduls

3. Zeichne in die U-I-Kennlinie eines  $10\ \Omega$ - und  $100\ \Omega$ -Widerstands. Erläutere die Bedeutung der Schnittpunkte der Solarmodul-Kennlinie mit den jeweiligen Widerstandskennlinien.

---

---

---

---

4. Bewerte die Spannung und die Leistungsabgabe des Solarmoduls in Hinblick auf das Anschließen eines Verbrauchers.

---

---

---

---

5. Berechne den Widerstand, an dem das Solarmodul die größte Leistung abgibt.

---

---

---

---



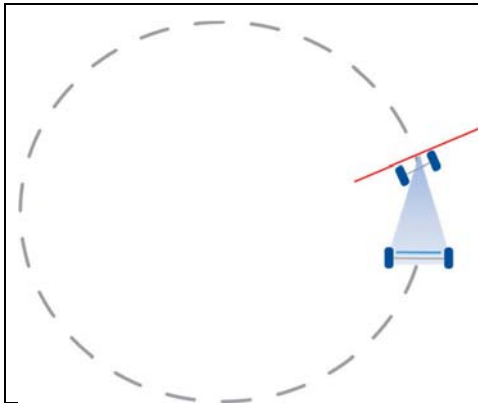
### 3.7 Betrieb des Elektroautos mit dem Kondensator und der Brennstoffzelle

#### Aufbau

Beobachte das Fahrverhalten des Autos.

#### Aufbau

#### Benötigte Geräte



- Elektroauto mit Modulplatte
- PowerModul
- Kondensatormodul
- Reversible Brennstoffzelle
- Kabel
- Uhren

#### Durchführung

1. Zum Aufladen werden der Kondensator und die Brennstoffzelle direkt an das PowerModul angeschlossen.
2. Lade den Kondensator bis zu einer Spannung von 3 V auf. Erhöhe dazu alle 10 s die Spannung am Powermodul um 0,5 V und verbleibe für 30 s bei einer Spannung von 3 V.
3. Lade die reversible Brennstoffzelle bei einer Spannung von 2 V so lange auf, bis Wasserstoff aus dem Tank entweicht.
4. Miss die Zeit, die das Auto mit dem Kondensator und der reversiblen Brennstoffzelle für 2, (4, 6, 8, 10, ...) Runden benötigt.
5. Berechne die Zeit  $\Delta t$  für die vergangenen 2 Runden.

#### Messwerte

Anzahl der Runden	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
$t_{\text{Kondensator}}$ in s										
$\Delta t_{\text{Kondensator}}$ in s										
$t_{\text{Brennstoffzelle}}$ in s										
$\Delta t_{\text{Brennstoffzelle}}$ in s										

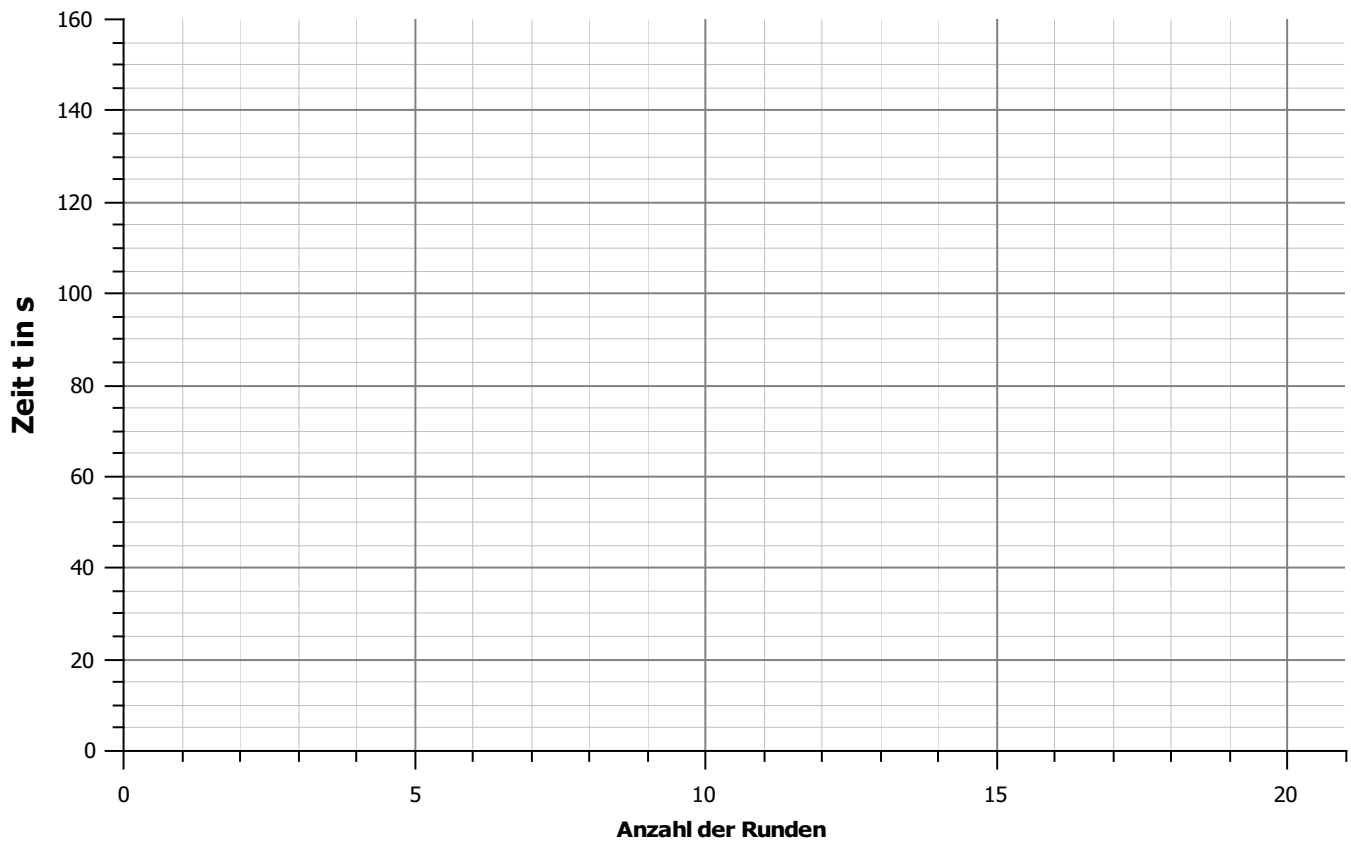




## 3.7 Betrieb des Elektroautos mit dem Kondensator und der Brennstoffzelle

## Auswertung

1. Trage deine Messwerte in das Anzahl der Runden-Zeit-Diagramm ein.



2. Beschreibe die Bewegung der Fahrzeuge mit Hilfe deiner Beobachtungen und des Diagramms.

---

---

---

---

---

---

---

---

3. Ziehe Rückschlüsse auf die Eigenschaften der Spannung, die der Kondensatoren und die Brennstoffzellen an den Motor anlegen.

---

---

---

---

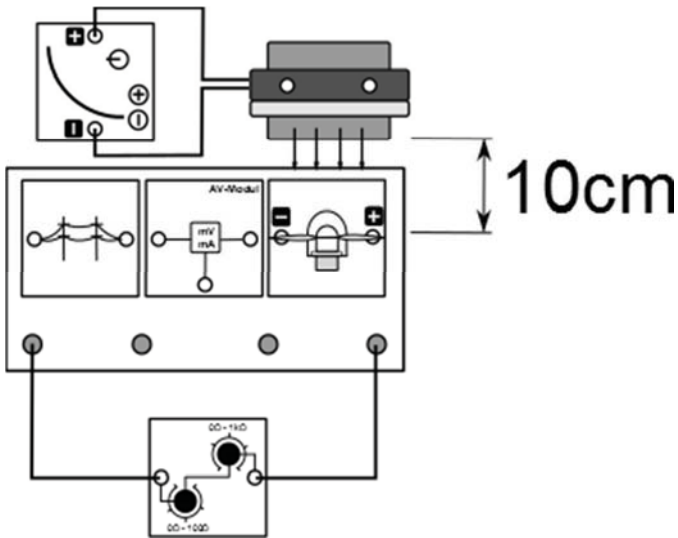


### 4.13 Leiterseilmonitoring

#### Aufgabe

Miss die Spannung und die Stromstärke die über dem Stromnetz abfällt.

#### Aufbau



#### Benötigte Geräte

- Grundeinheit
- Powermodul
- Winderzeuger
- Windgenerator
- Optimiertes Flügelprofil 25° 4-Flügler
- AV-Modul
- Stromnetzmodul
- Potentiometermodul
- Kabel

#### Durchführung

1. Baue den Versuch entsprechend der Versuchsanordnung auf. Platziere den Winderzeuger im Abstand von 5 cm zu den Flügeln und stelle die Flügel frontal in den Wind. Stelle das Potentiometer auf den minimalen Widerstand, um einen hohen Strombedarf zu simulieren.
2. Schalte das Powermodul bei einer Spannung von 6 V ein. Miss die Spannung und die Stromstärke am Stromnetzmodul nach 30 s und nach 60 s. Erhöhe die Spannung um 1 V.
3. Wiederhole diesen Schritt solange, bis du die Spannung am Powermodul 12 V erreichst.
4. Berechne den Widerstand des Stromnetzmoduls und die Leistung, die im Stromnetzmodul verbraucht wird.

#### Messwerte

$U_{\text{Power}}$ in V	6		7		8		9	
$v_{\text{wind}}$ in $\frac{m}{s}$	4,3		5,1		5,8		6,4	
	30 s	1 min	30 s	1 min	30 s	1 min	30 s	1 min
$U_{\text{Netz}}$ in mV								
$I_{\text{Netz}}$ in mA								
P in mW								
R in $\Omega$								



## 4.13 Leiterseilmonitoring

$U_{\text{Power}}$ in V	10		11		12	
$v_{\text{wind}}$ in $\frac{m}{s}$	7		7,5		8	
	30 s	1 min	30 s	1 min	30 s	1 min
$U_{\text{Netz}}$ in mV						
$I_{\text{Netz}}$ in mA						
P in mW						
R in $\Omega$						

## Auswertung

- Beschreibe und Begründe das Verhalten der Widerstandswerte des Leiters mit Hilfe deiner Messwerte.

---



---



---



---

- Überprüfe deine Begründung: Stelle am Powermodul eine Spannung von 12 V ein und simuliere einen starken Verbrauch, in dem du das Potentiometer aus dem Stromkreis herausnimmst. Hierdurch wird die Stromstärke maximal. Beobachte das Verhalten von Stromstärke und Spannung über dem Erzeuger. Berühre nach 2 min das isolierte Stück am Stromnetzmodul und beobachte die Spannung und die Stromstärke weiter.

---



---



---



---



---



---



---



## 4.13 Leiterseilmonitoring

3. Bisher wurde die Temperatur von Stromtrassen nicht überwacht. Es gibt gesetzliche Vorgaben, die aus Sicherheitsgründen nur eine Maximaltemperatur von 80°C erlauben. Diese Temperatur wird dann erreicht, wenn bestimmte Extremwetterlagen vorliegen und die Leitung vollausgelastet wird. Da diese Extremwetterlagen aber selten auftreten und die Grenzwerte der Stromstärke trotzdem eingehalten werden müssen, werden die Übertragungsleitungen bisher weit unterhalb der möglichen Kapazität genutzt. Um den Aufwand des Netzausbau einzuschränken und die bestehenden Netze besser auszulasten, soll das Smart Grid nun die Temperatur überwachen.

- a. Benenne und erläutere neben dem Stromfluss weitere Faktoren, die die Leiterseiltemperatur erhöhen oder erniedrigen können.

---

---

---

---

- b. Benenne Auswirkungen der Temperaturerhöhung, die eine gefahrenfreien Nutzung beeinträchtigen.

---

---

---

---

leXsolar GmbH  
Strehleener 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)