

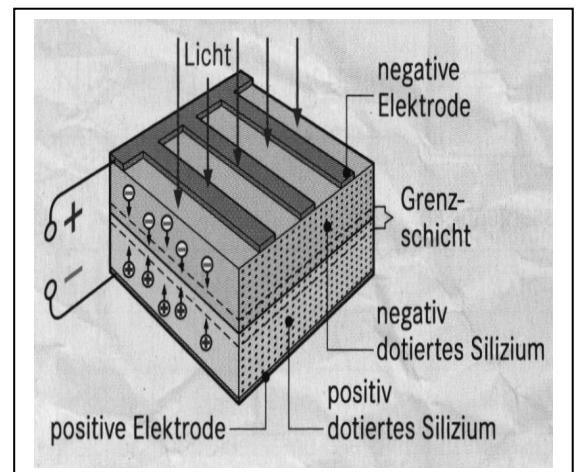
Schülerversuch	Comenius Schulprojekt <b>The sun and the Danube</b>	Praktische Messübungen Blatt 2 von 12
<b>Versuch 1: Spannung U und Strom I in Abhängigkeit der Beleuchtungsstärke E <math>U_0, I_k = f(E)</math></b>		

## Funktionsprinzip

Solar-Zellen bestehen prinzipiell aus zwei Schichten mit unterschiedlichem elektrischen Verhalten. In einer Schicht befinden sich die Elektronen, die nicht an das Molekulargitter gebunden sind. Man bezeichnet diese Eigenschaft als N-Dotierung.

Bei der zweiten Schicht ist es umgekehrt. Hier fehlen dem Gitter Elektronen. Die Bezeichnung hierfür ist P-Dotierung. Zwischen beiden Schichten befindet sich eine isolierende Grenzschicht.

Treffen Lichtstrahlen (Photonen) auf die Schichten, wandern Elektronen in die P-Schicht. Dort entsteht ein Elektronen-Überschuss. Das ist der negative Pol der Spannungsquelle. Die andere Schicht hat Elektronen verloren und wird positiv. Zwischen beiden Schichten herrscht jetzt eine Spannung.

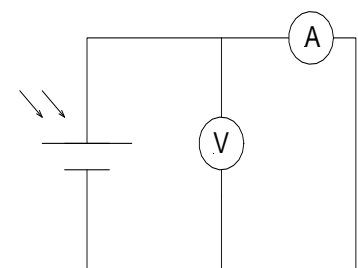


- Solar-Zellen erzeugen mit Hilfe von Licht eine elektrische Spannung.
- Eine Solar-Zelle erzeugt eine Spannung von etwa 0,5 Volt.
- Solar-Zellen werden zu Solar-Modulen als Baueinheit zusammengefasst.

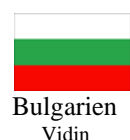
Art	Beleuchtungsstärke in Lux
Volle Sonne im Sommer	ca. 100 000
Leicht bewölkt	ca. 20 000
Stark bewölkt	ca. 5 000
Beleuchtung bei folgenden Messungen	0 bis 14 000

## Versuchsdurchführung:

- Achten Sie bei der Messung auf gleichmäßige Ausleuchtung des Moduls!
- Messen Sie Spannung und Strom einzeln nacheinander (Messbereich: Spannung 20V / DC, Strom 10A / DC).
- Tragen Sie die Werte in die dafür vorgesehene Messwert-Tabelle auf dem folgenden Blatt ein.



## Photovoltaic Technologies at Vocational Colleges along the Danube

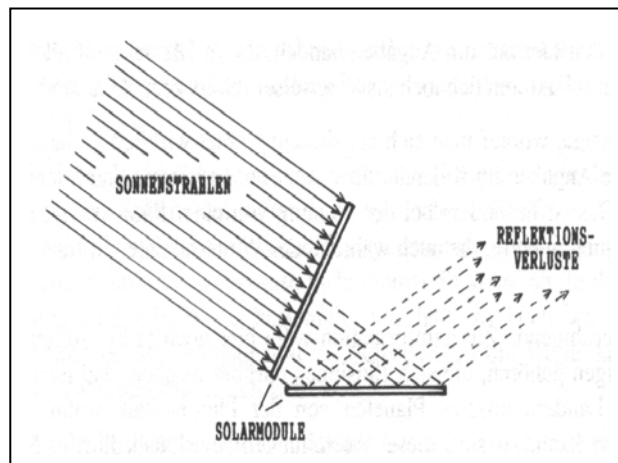


Schülerversuch	Comenius Schulprojekt <b>The sun and the Danube</b>	Praktische Messübungen Blatt 4 von 12
<b>Versuch 2: Spannung U und Strom I in Abhängigkeit vom Einstrahlungswinkel <math>\alpha</math> der Sonne <math>U_0 / I_k = f(\alpha)</math></b>		

## Funktionsprinzip

Die Solarzellen-Leistung hängt nicht nur von der Intensität der Sonnenstrahlen ab, sondern auch von ihrem Einfallswinkel. Je senkrechter die Sonnenstrahlen (Photonen) auf ein Solar-Modul treffen, desto geringer sind die Verluste durch Reflexion und desto höher ist die Strahlungsdichte.

Die Bahn der Sonne verläuft je nach der Jahreszeit und der Tageszeit sehr unterschiedlich. Eine Nachführung der Solar-Module ist technisch denkbar, jedoch kostenintensiv.



Es ist also sehr entscheidend, wie die Solar-Module auf dem Hausdach ausgerichtet werden. Am Besten genau nach Süden und mit einem Winkel, der unserem Breitengrad des Aufstellungsortes entspricht.

## Versuchsdurchführung:

- Untersuchen Sie den Einfluss auf eine Solar-Zelle bei Einstrahlung mit verschiedenen Einstrahlungswinkeln  $\alpha$ .
- Beleuchten Sie die Solar-Zelle mit 6000 Lux (Entfernung Solarzelle-Strahler: ca. 42 cm).
- Messen Sie Spannung und Strom einzeln nacheinander (Messbereich: Spannung 20V / DC, Strom 10A / DC).
- Tragen Sie die Werte in die dafür vorgesehene Messwert-Tabelle auf dem folgenden Blatt ein.

### Photovoltaic Technologies at Vocational Colleges along the Danube



## Versuch 3: Reihen- und Parallelschaltung von Solar-Zellen

## Funktionsprinzip

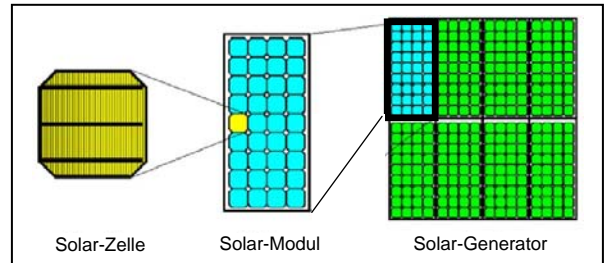
Ein Solar-Generator besteht aus mehreren Solar-Modulen. Ein Solar-Modul besteht wiederum aus mehreren in Reihe oder parallel geschalteten Solar-Zellen.

**Module in Reihe (seriell) geschaltet:**

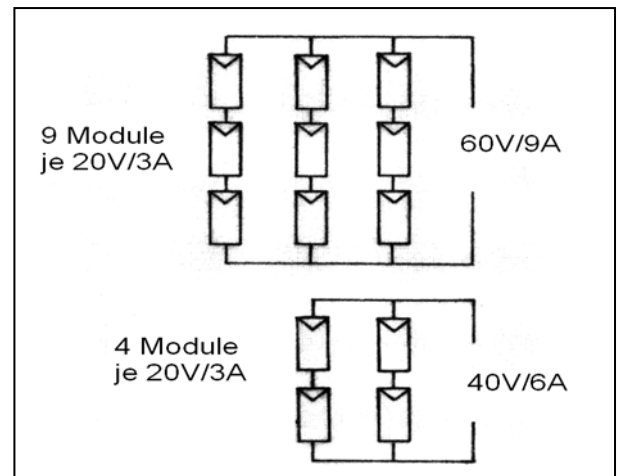
Module werden in Reihe geschaltet, um die Spannung des Solargenerators zu erhöhen.

**Module parallel geschaltet:**

Soll ein größerer Strom des Solar-Generators erreicht werden, dann werden die Solar-Module parallel geschaltet.

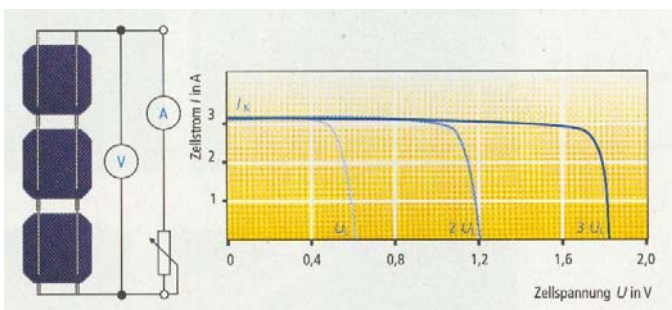
**Serieller-paralleler Betrieb mehrerer Module:**

Für netzgekoppelte Anlagen werden die Solar-Module oft seriell- und parallel geschaltet. Damit werden dem Wechselrichter höhere Spannungs- und Stromwerte und somit höhere Leistungen zugeführt.

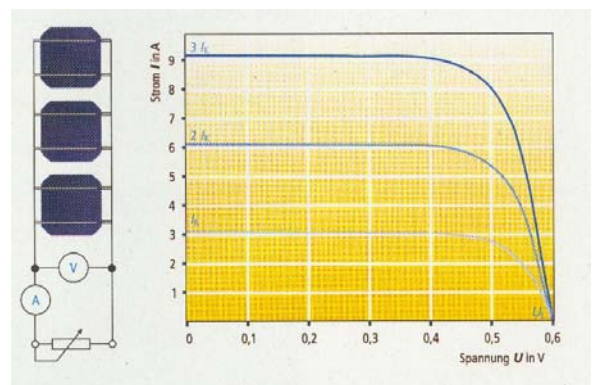


## Diagramme:

Reihenschaltung



Parallelschaltung



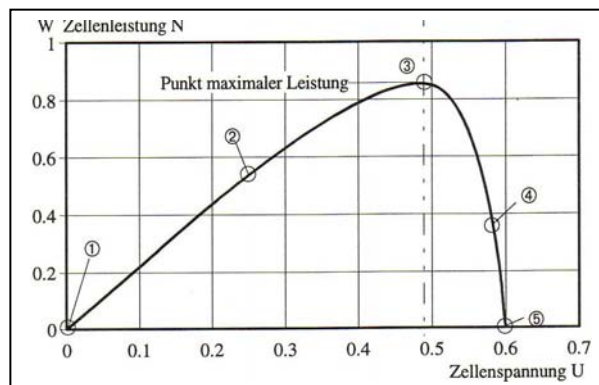
## Photovoltaic Technologies at Vocational Colleges along the Danube



**Versuch 4: Ermittlung des „Maximum Power Point“ (MPP)****Funktionsprinzip**

Der Maximum Power Point ist der Punkt einer Kennlinie, an dem die Solarzelle ihre maximale Leistung abgibt.

Die durch die Solarzelle erzeugte Gleichspannung wird in einem Wechselrichter in Wechselspannung umgeformt. Um einen maximalen Wirkungsgrad zu erreichen, muss der Wechselrichter in jedem Zeitpunkt (Abhängig von der Belastung und von der Sonneneinstrahlung) im „Maximum Power Point (MPP)“ arbeiten. Eine sog. MPP-Regelung regelt dies automatisch.

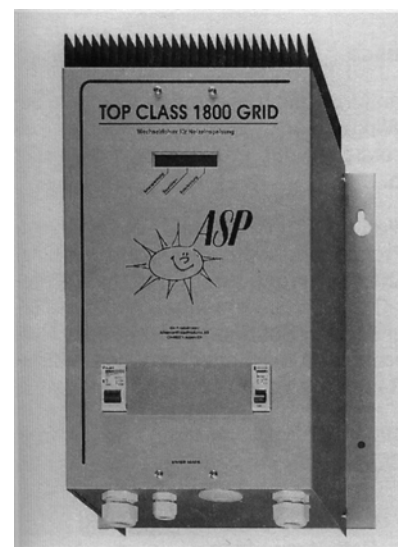


Wir können den MPP einer Solarzelle durch die Messung von Strom und Spannung bei verschiedenen Belastungen durch Widerstände simulieren. Die Messung erfolgt jeweils bei konstanter Beleuchtungsstärke. Die einzelnen Messwerte werden durch Berechnung ( $P = U \cdot I$ ) in ein Diagramm übertragen.

Diese Kennlinie ist die wichtigste Kennlinie einer Solarzelle und wird in jedem Datenblatt angegeben.

**Schlussfolgerung:**

- Die abgegebene Leistung einer Solarzelle hängt bei konstanter Beleuchtung stark von der Belastung einer Solarzelle ab.
- Es gibt einen Punkt, bei dem die abgegebene Leistung am größten ist (Maximum Power Point).
- Diesen MPP muss der Wechselrichter dauernd automatisch selbst einstellen, durch interne Regelung.



Wechselrichter

**Einfluss auf den Maximum Power Point**

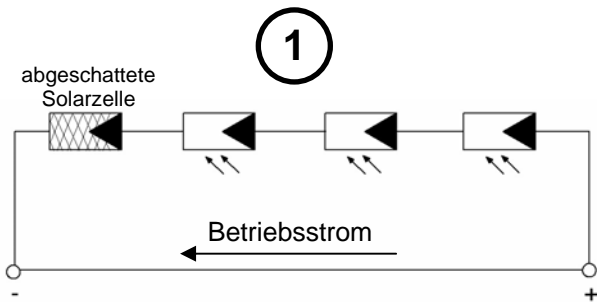
Der Maximum Power Point verschiebt sich mit der **Beleuchtungsstärke**, aber auch mit der **Erwärmung** der Solarzelle. Mit steigender Zelltemperatur sinkt die Leistung um 0,5 % je Grad Klevin. Damit es im Sommer zu keinem Wärmestau kommen kann, sollten Solarzellen deshalb immer hinterlüftet werden.

**Photovoltaic Technologies at Vocational Colleges along the Danube**Deutschland  
UlmSlowakei  
BratislavaUngarn  
BudapestUngarn  
HódmezővásárhelyKroatien  
VukovarSerbien  
Novi SadRumänien  
SibiuBulgarien  
Vidin

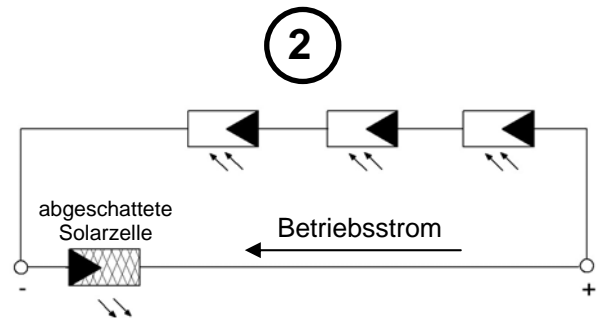
## Versuch 5: Abschattung eines Solar-Moduls

## Funktionsprinzip

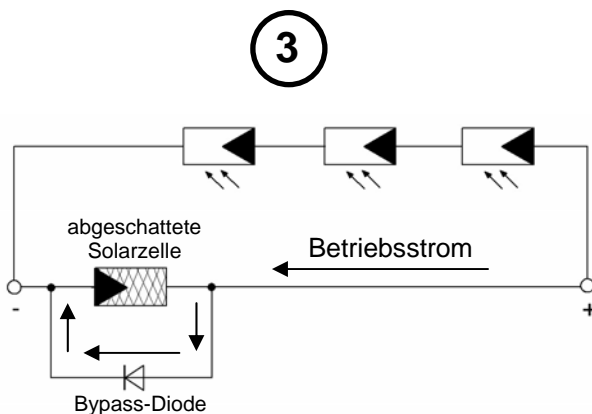
Ein Solar-Modul ist meistens aus einer Reihenschaltung von Einzel-Zellen aufgebaut. Wird eine Zelle z.B. durch ein Blatt oder durch einen Schatten abgedeckt, so kann diese Solar-Zelle mangels Beleuchtung keinen Strom erzeugen und keine Zellen-Spannung aufbauen. Folgende vier Bilder verdeutlichen das Problem:



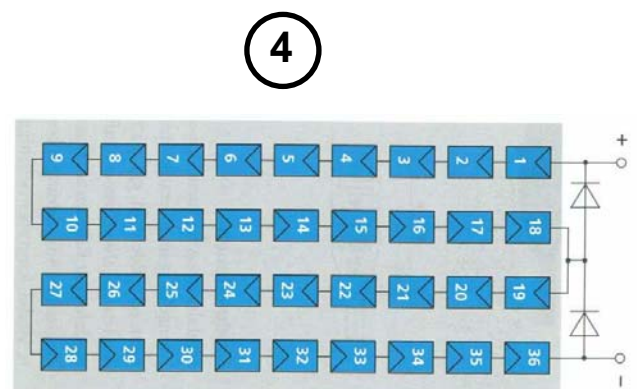
- Eine Zelle eines Moduls wird abgeschattet



- die abgeschattete Zelle liegt nun als Verbraucher an den verbleibenden Zellen
- Der durch Sie fließende Strom setzt seine Energie in Wärme um
- Es kommt zu einer Zellenüberhitzung und die Solarzelle wird zerstört
- Dieser Effekt wird als „hot spot“ bezeichnet



- Eine antiparallel geschaltete Bypass-Diode (Freilaufdiode) schließt die Zelle kurz
- Der Betriebsstrom wird um die abgeschattete Zelle geleitet



- In der Praxis wird nicht jede Solarzelle, sondern nur jedes Modul mit Bypass-Dioden ausgestattet
- Dieses Modul wird dann für den Zeitraum der Abschattung von der Diode kurzgeschlossen

## Photovoltaic Technologies at Vocational Colleges along the Danube

Deutschland  
UlmSlowakei  
BratislavaUngarn  
BudapestUngarn  
HódmezővásárhelyKroatien  
VukovarSerbien  
Novi SadRumänien  
SibiuBulgarien  
Vidin