

Zusatz 04

Rolle des kritischen Widerstands

Einstellen von R_{crit}

In der Anleitung für Experiment 02 heißt es für die Reihen- als auch Parallelschaltung:

„Als Widerstandswert muss der sogenannte kritische Widerstand [am Potentiometer] eingestellt werden. Als kritischen Widerstand bezeichnen wir die Last, unter welcher die Leistung eines Moduls kurz davor ist, einzubrechen. Geht man unter diesen Widerstand, brechen die Spannungswerte ein. Geht man über diesen Widerstand, brechen die Stromwerte ein.“

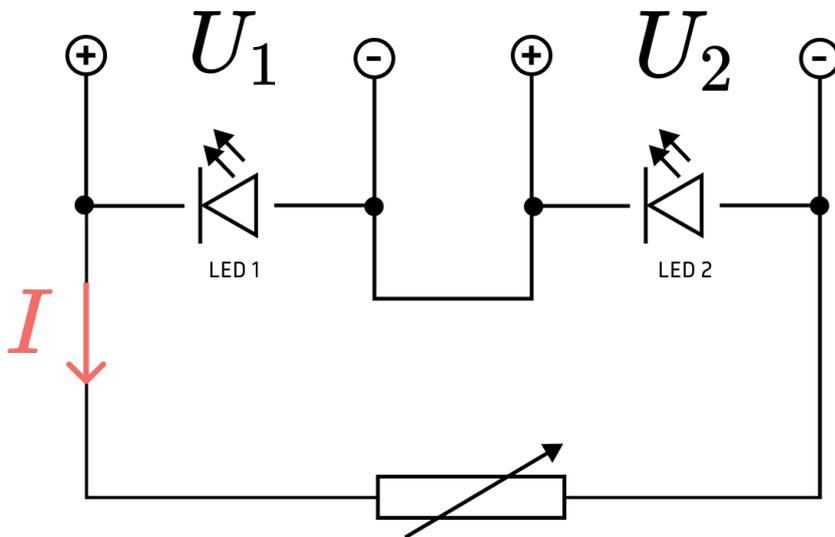
Um den kritischen Widerstand zu finden: Drehe das Potentiometer von $0 \rightarrow R_{\text{max}}$ und beobachte die grünen Kontroll-Lämpchen an dem Rücken der Module. Es gibt einen Schwellwert R_{crit} , bei dem beide Lämpchen gerade noch gleichzeitig leuchten (dreht man also am Potentiometer ein bisschen weiter, würde eines der Lämpchen ausgehen)“

Hintergrund am Beispiel der Reihenschaltung

Die grünen Kontroll-Lämpchen sind parallel zu den Plus- und Minuspolen der PV-Module geschaltet (siehe Schaltplan Reihenschaltung nächste Seite).

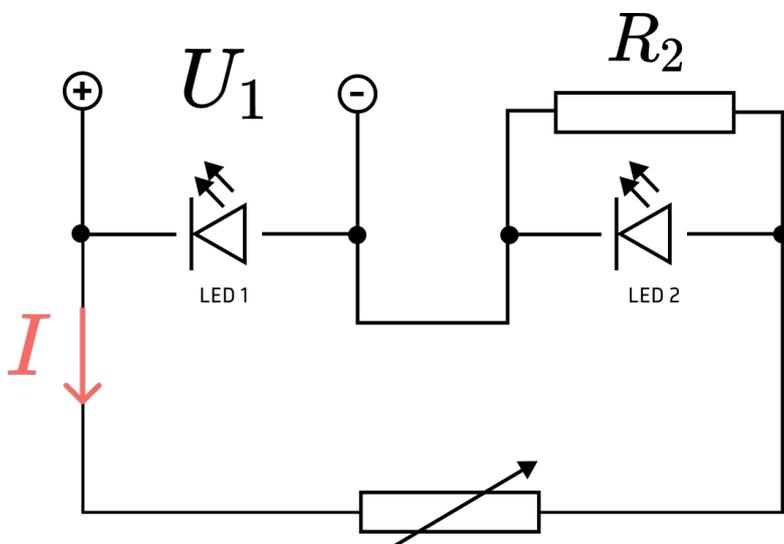
Beobachtung 1: Wenn in einer Reihenschaltung aus zwei PV-Modulen eines der Module von der Lampe stärker bestrahlt wird („PV1“), dann geht das grüne Kontroll-Lämpchen des weniger bestrahlten Moduls („PV2“) aus.

Beobachtung 2: Wie stark der Unterschied in der Bestrahlung sein muss, um diesen Effekt zu sehen, hängt von der angehängten Last ab.



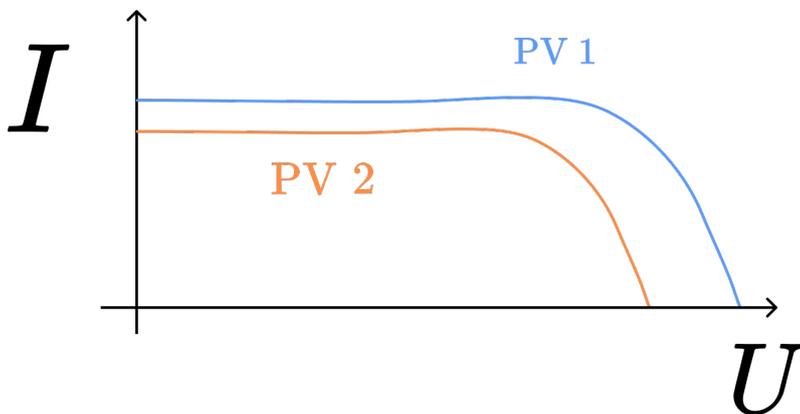
Beobachtung 3: Verringert man den Widerstand am Potentiometer hinreichend, so ändert sich das Vorzeichen der Klemmenspannung an PV2 und zwar im selben Widerstandsbereich, in dem das Kontroll-Lämpchen ausgeht.

Erklärung zu Beobachtung 1: Es wird nun nicht mehr Spannung von dem Modul produziert, sondern es fungiert als zusätzlicher Verbraucher (Beobachtung 3). Das heißt, die Spannungssumme des Potentiometers und des Moduls PV2 entspricht der Klemmenspannung am Modul PV1. Somit gibt es keine Masche mehr, die die Pole des Moduls PV2 als Spannungsquelle und die LED 2 verbindet. Die LED 2 wird nur noch durch die Spannung in der Masche gespeist, die die Pole des Moduls PV1 und das Potentiometer verbindet; Jedoch fällt am Potentiometer so viel Spannung ab, dass die Durchtrittsspannung an der LED 2 von ca. 2.0-2.1V nicht erreicht wird; Die LED 2 sperrt.



Erklärung zu Beobachtung 2: Durch die Widerstands-Einstellung am Potentiometer kontrolliert man den Spannungsabfall am Potentiometer und somit indirekt über der Kirchhoff'schen Maschenregel den Spannungsabfall an der LED 2. Es gibt einen Widerstandsbereich am Potentiometer, bei dem gleich oder mehr der Durchtrittsspannung an der LED 2 abfällt. Erfahrungsgemäß ist ein 220Ω Potentiometer sinnvoll für die Regulierung des Spannungsabfalls, wenn die Lampe zentriert am Ende des Experimentier-Bretts steht (Zentrierung am Logo-Aufdruck) (gilt ebenfalls für die Parallelschaltung).

Erklärung zu Beobachtung 3: Aufgrund dessen, dass ein Modul stärker bestrahlt ist, haben die zwei Module unterschiedliche MPP-Kurven. Skizziert man die charakteristischen U-I-Kennlinien der Module findet man:



Unter derselben äußeren Last also unterschiedliche Strom- und Spannungswerte. In einer Reihenschaltung aber muss der Stromfluss überall derselbe sein; Also stellen sich die Innenwiderstände der PV-Module (und somit auch deren Klemmspannungen in der Reihenschaltung), abhängig von der äußeren Last, so ein, dass $I_{PV1} = I_{PV2} = I$. Es liegt nahe, dass der innere Widerstand des weniger-bestrahlten PV-Moduls größer als derjenige des stärker-bestrahlten PV-Moduls ist. Dann ergibt sich der Vorzeichenwechsel der Klemmspannung des Moduls PV2 dadurch, dass das Potentiometer einen Schwellenwert I_c erlaubt, bei dem ein Spannungseinbruch in den negativen Bereich hinein erfolgt; Der Photoeffekt setzt nicht aus, lediglich überwiegt die Gegenspannung dank des Innenwiderstands des PV2.

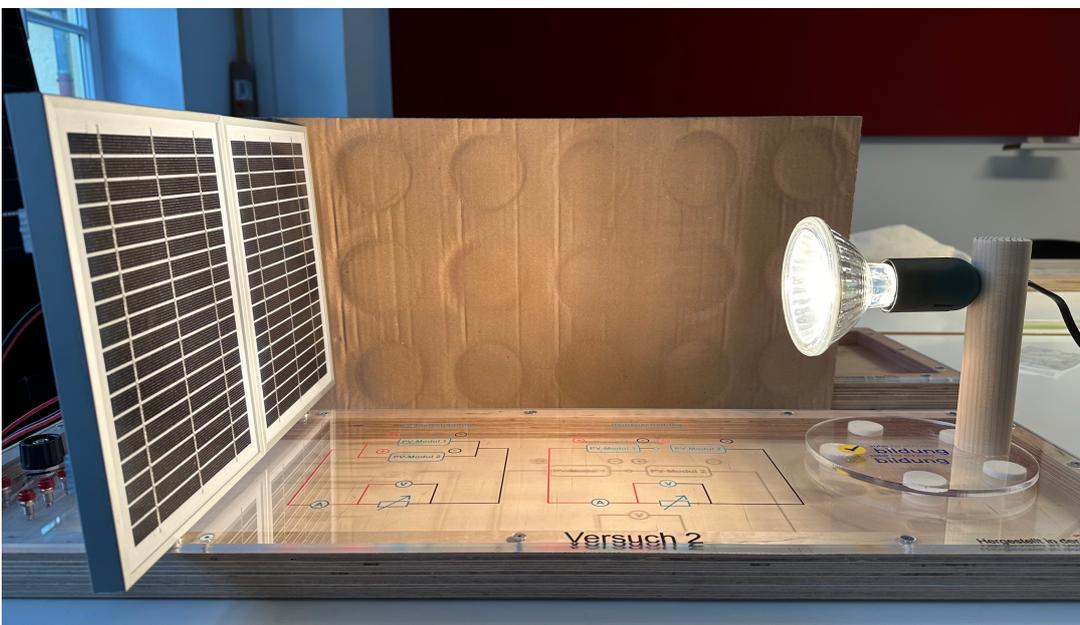
Rolle des kritischen Widerstands

Zweifach:

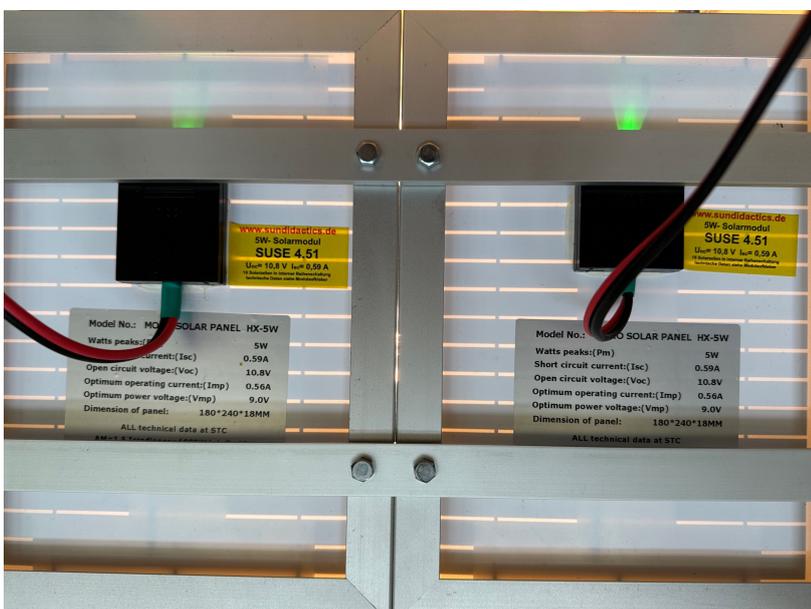
1. Vermeiden, dass ein PV-Modul (das weniger bestrahlt) effektiv ausfällt
2. Stromstärke und Spannung sind in gleichermaßen sinnvollen Größenordnungen im Stromkreis vorhanden (nicht nur Leerlaufspannungen bzw. nicht nur Kurzschluss-Ströme). Es ist kein Umstecken notwendig, um einerseits die Knoten- und andererseits die Maschenregel zu testen

Einstellung

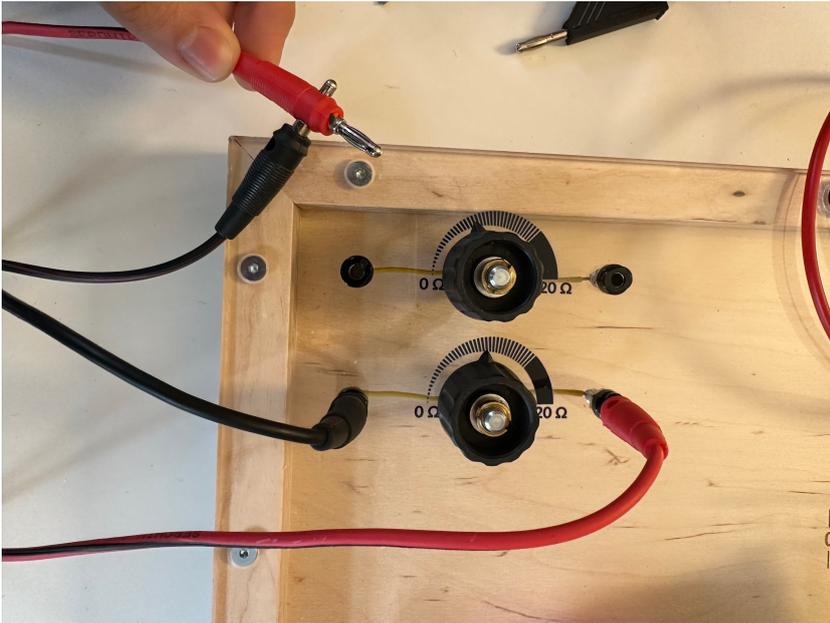
Distanz zwischen zentrierter Lampe und Modulen:



Modulrücken:



Reihenschaltung mit einem 220Ω Potentiometer:



Kontroll-Lämpchen bei verschiedenen Widerständen am Potentiometer:

Widerstand am Potentiometer in Ω	Spannung am Potentiometer in V	Bild
0	0,01	
105,5	6,54	
234	15,03	