



KARL-FRANZENS-UNIVERSITÄT GRAZ  
INSTITUT FÜR PHYSIK

23S PHY.L02UB FORTGESCHRITTENENPRAKTIKUM 2  
678 Bachelorstudium Physik, UG2002/2021W

### III. Wirkungsgrad

WACHMANN Elias	ZACH Andreas
12004232	12004790
Gruppe 12	

Betreut von  
Dr. Joachim KRENN

21.04.2023

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Aufgabenstellung</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Voraussetzungen und Grundlagen</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Versuchsanordnung</b>	<b>3</b>
3.1	Solarzelle	3
3.2	Wärmepumpe	5
<b>4</b>	<b>Geräteliste</b>	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>Versuchsdurchführung und Messergebnisse</b>	<b>6</b>
5.1	Solarzelle mit Lampe	6
5.2	Solarzelle mit Sonnensimulator	10
5.3	Wärmepumpe	10
<b>6</b>	<b>Auswertung</b>	<b>10</b>
<b>7</b>	<b>Diskussion</b>	<b>10</b>
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>10</b>

## 1 Aufgabenstellung [1, 2]

- Solarzelle
  - Kennlinie und Kenndaten von Solarzellen in Parallel- und Serienschaltung bestimmen
  - Aufnahme der Dunkel- und Hellkennlinie mittels Sonnensimulator
- Wärmepumpe
  - Messung des Temperaturverlaufes in zwei Wasserbehältern, der von der Pumpe aufgenommenen Leistung und der Drücke nach Kompression bzw. Expansion im Kältemittelkreislauf über 30 min.
  - Bestimmung der Leistungszahl und des Gütegrades als Funktion der Temperaturdifferenz.
  - Erstellung des  $p$ - $H$ -Diagrammes des Kreisprozesses aufgrund der gemessenen Werte zu Beginn und am Ende der Messung.

## 2 Voraussetzungen und Grundlagen [1, 2]

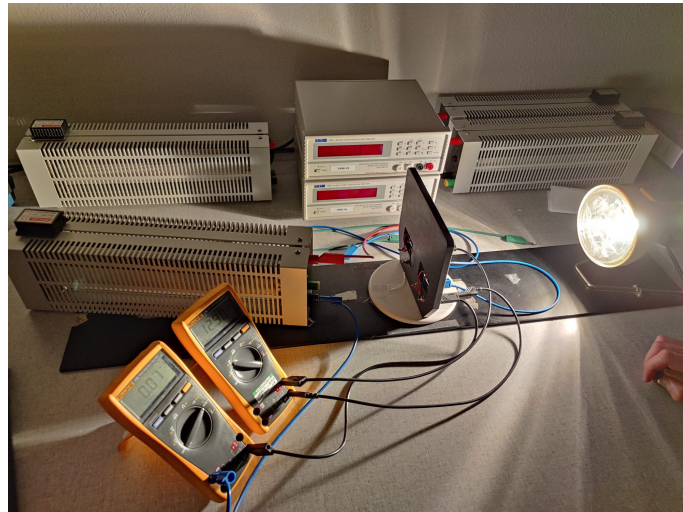
TODO

## 3 Versuchsanordnung

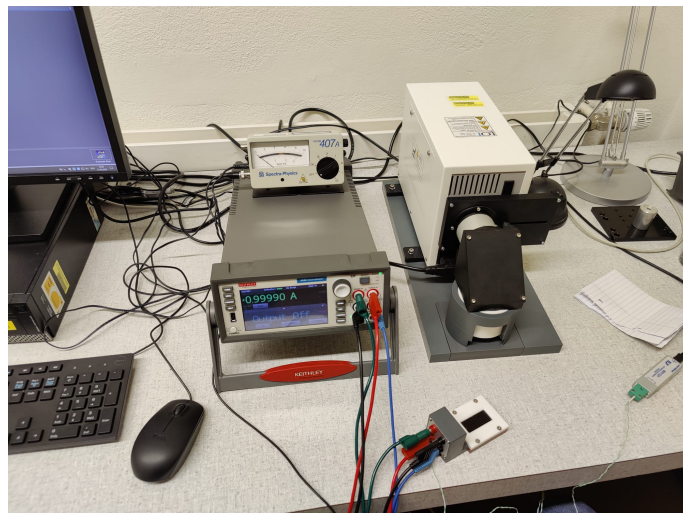
Das vorliegende Labor teilt sich in zwei Teilversuche auf, welchen Aufbau in den folgenden Abschnitten beschrieben wird.

### 3.1 Solarzelle

Der Versuch zur Solarzelle teilt sich nun weiter in zwei Aufbauten ein. Der erste der beiden ist in Abbildung 3.1 dargestellt. Dabei wird der Aufbau, wie in [1] beschrieben, realisiert. Die Lichtquelle, die Lampe rechts im Bild, wird hierzu 30 cm von den beiden Solarzellen entfernt positioniert. Ein variabler Widerstand fungiert als Last und die Messung wird wie nachfolgend beschrieben mit zwei Multimetern, jeweils für eine serielle als auch parallele Schaltung der beiden Solarmodule, durchgeführt. Für den zweiten Aufgabenteil wird nun auf den zweiten Versuchsaufbau gewechselt. Hier steht ein Sonnensimulator (rechts in Abbildung 3.2) zur Verfügung. Dieser ist in der Lage eine gewisse konstante Lichtintensität zu erzeugen, welche auf die Solarzelle trifft. Letztere ist an ein Sourcemeter angeschlossen, welches automatisiert die Kennlinienaufzeichnung durchführt. Die Lichtintensität wird vor der Aufzeichnung noch mittels Powermeter gemessen.



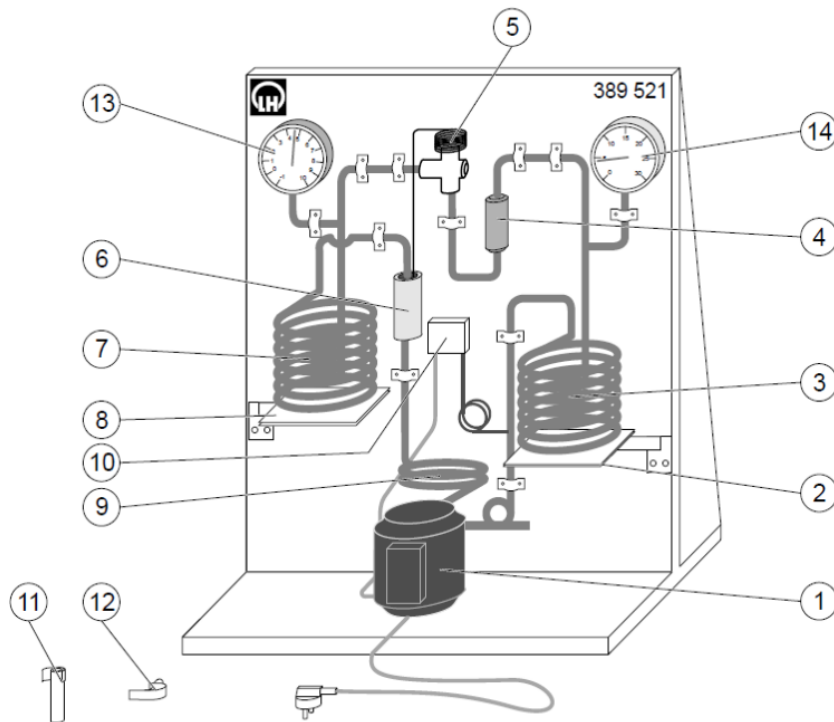
**Abbildung 3.1:** Aufbau des Versuchs zur Bestimmung der Kennlinie einer Solarzelle.



**Abbildung 3.2:** Aufbau des Versuchs zur Bestimmung der Dunkel- und Hellkennlinie mittels Sonnensimulator

### 3.2 Wärmepumpe

Für den Versuch zur Wärmepumpe wird der bereits aufgebaute Versuch, schematisch in Abbildung 3.3 dargestellt, verwendet. Lediglich die Temperaturmessgeräte werden noch mittels Cassy Lab2 Schnittstelle mit dem nebenstehenden Computer verbunden.



**Abbildung 3.3:** Versuchsaufbau. **1:** Kompressor 230 V, 50 Hz oder 60 Hz. Leistungsaufnahme ca. 130 W bei 50 Hz; **2:** ausschwenkbare Stellfläche für rotmarkierten Warmwasserbehälter; **3:** Verflüssiger; **4:** Sammler/Reiniger; **5:** Expansionsventil; **6:** Temperaturfühler des Expansionsventils; **7:** Verdampfer; **8:** ausschwenkbare Stellfläche Kaltwasserbehälter; **9:** Rohrwindungen als elastische Verbindung zwischen Kompressor und Wärmetauscher; **10:** Druckwächter; **11:** Kunststoffhalter (2×) für Thermometer und Temperaturfühler, zum Anklemmen an Kupferrohre; **12:** Kupfer-Messschuh (2×) zum Einstecken von Temperaturfühlern für Temperaturmessungen an den Kupferrohren des Kältemittelkreislaufs; **13:** Manometer für die Niederdruckseite; innere Skala für Druckmessung von  $-1$  bar bis 10 bar, äußerste Skala mit zugehöriger Taupunkttemperatur für R-134a von  $-60$  °C bis  $40$  °C; **14:** Manometer für die Hochdruckseite; innere Skala: Druck von  $-1$  bar bis 30 bar, äußerste Skala mit zugehöriger Taupunkttemperatur für R-134a von  $-60$  °C bis  $85$  °C [2].

## 4 Geräteliste

**Tabelle 4.1:** Verwendete Geräte und wichtige Materialien

Gerät	Modell	Inv. Nummer	Anmerkung
2× Solarzelle	-	-	-
Lampe	-	-	-
Multimeter	Fluke AP-03	-	-
Widerstand	variabel	-	-
Sourcemeter	Keithley 2450	310084940000	-
Powermeter	Spectra-Physics 407A	310041630000	-
Sonnensimulator	-	310094110000	-
PC mit Kickstart Software	-	-	-
Wärmepumpenauf- bau	-	310070540000	siehe Abbildung 3.3
Eimer	5 L	-	-
Temperaturmessge- räte	-	666206	-
PC mit Cassy Lab2	-	-	-

## 5 Versuchsdurchführung und Messergebnisse

### 5.1 Solarzelle mit Lampe

Der Aufbau wird, wie in Unterabschnitt 3.1 beschrieben und in Abbildung 3.1 dargestellt, aufgebaut. Der Abstand zwischen Lampe und Solarzellenmodulen beträgt circa 30 cm. Nacheinander werden nun insgesamt drei Variationen desselben Aufbaus experimentell behandelt. Zuerst werden die beiden Solarzellenmodule in Serie geschaltet, anschließend parallel und zu guter Letzt wieder in Serie, diesmal wird jedoch ein Modul gänzlich von Lichteinfall abgeschirmt.

Zu Beginn wird der Schiebewiderstand auf seinen Maximalwert von 1 k $\Omega$  eingestellt. Stückweise wird nun der Widerstandswert verringert indem die gesamte Bandbreite des variablen Widerstands ausgenutzt wird, um die Strom-Spannungskennlinie der Solarzelle bestimmen zu können. Bei jeder neuen Position des Schiebers (und damit neuem Widerstandswert) werden sowohl Strom als auch Spannung an Ampere- bzw. Voltmeter abgelesen und notiert. Im Bereich des annähernd linearen Verlaufs der Kurve werden großzügigere Widerstandswertschritte gewählt, im interessanten Bereich des Punkts der maximalen

Leistung werden kleinere Schrittweiten am Widerstand gewählt. Die erhaltenen Messwerte für Strom und Spannung im seriellen Aufbau finden sich in Tabelle 5.1.

**Tabelle 5.1:** Gemessene Ströme  $I$  und Spannungen  $U$  der beiden Solarzellenmodule in Serienschaltung zur Bestimmung der Kennlinie der Zelle. Der Verbraucherwiderstand wird mittels variablem Schiebewiderstand ( $R_{\max} = 1 \text{ k}\Omega$ ) laufend verändert. Unsicherheiten: **TODO**

$I / \text{mA}$	$U / \text{V}$
0	11,65
11,70	11,48
15,19	11,40
19,79	11,30
24,17	11,20
26,60	11,15
28,92	11,10
30,93	11,06
34,05	10,98
38,52	10,86
43,50	20,72
48,40	10,55
52,01	10,39
54,51	10,24
55,58	10,14
56,56	9,94
57,06	9,81
57,20	9,67
57,30	9,55
57,30	9,40
57,25	9,34
57,30	8,98
57,80	7,77
58,20	6,25
58,70	5,49
59,50	4,31
61,20	2,72
63,30	0,69
65,50	0,12
65,40	0



Anschließend werden die beiden Solarzellenmodule parallel verbunden und eine erneute Messserie wird dokumentiert. Die Messergebnisse finden sich in Tabelle 5.2.

**Tabelle 5.2:** Gemessene Ströme  $I$  und Spannungen  $U$  der beiden Solarzellenmodule in Parallelschaltung zur Bestimmung der Kennlinie der Zelle. Der Verbraucherwiderstand wird mittels variablem Schiebewiderstand ( $R_{\max} = 1\text{ k}\Omega$ ) laufend verändert. Unsicherheiten: **TODO**

$I / \text{mA}$	$U / \text{V}$
0	5,793
5,98	5,85
7,82	5,834
9,34	5,820
11,49	5,81
13,28	5,796
18,55	5,765
28,04	5,710
36,25	5,66
45,68	5,602
53,68	5,552
60,6	5,507
67,1	5,46
70,7	5,438
78,6	5,386
91,2	5,295
98,1	5,245
111,0	5,145
127,4	5,00
141,8	4,85
150,2	4,77
169	4,48
183,5	3,85
185	1,50
189	0,02
189	0

Zu guter Letzt wird die Anordnung wieder seriell verschaltet und eine der beiden Zellen mittels mehreren Blättern Papiers vor einfallendem Licht abgeschirmt. Die Messergebnisse finden sich in Tabelle 5.3.

**Tabelle 5.3:** Gemessene Ströme  $I$  und Spannungen  $U$  der beiden Solarzellenmodule in Serienschaltung, wobei eine der beiden Zellen vor dem einfallenden Licht abgeschirmt ist, zur Bestimmung der Kennlinie der Zelle. Der Verbraucherwiderstand wird mittels variablem Schiebewiderstand ( $R_{\max} = 1 \text{ k}\Omega$ ) laufend verändert. Unsicherheiten: **TODO**

$I / \text{mA}$	$U / \text{V}$
0	10,1
2,93	2,86
2,95	1,82
2,96	1,1
2,97	0,62
2,99	0,472
2,97	0

## 5.2 Solarzelle mit Sonnensimulator

## 5.3 Wärmepumpe

## 6 Auswertung

## 7 Diskussion

## 8 Zusammenfassung

## Literaturverzeichnis

- [1] P. Knoll, A. Schöffmann und G. Paltauf. Die Solarzelle. Website. URL: <https://moodle.uni-graz.at/mod/resource/view.php?id=1239702>.
- [2] A. Hohenau. Wärmepumpe. Website. URL: <https://moodle.uni-graz.at/mod/resource/view.php?id=1239703>.

## Abbildungsverzeichnis

3.1	Aufbau Kennlinie Solarzelle Lampe . . . . .	4
3.2	Aufbau Hell- und Dunkelkennlinie Solarzelle Sonnensimulator . . . . .	4
3.3	Schematischer Aufbau Wärmepumpe . . . . .	5

## Tabellenverzeichnis

4.1	Geräteliste . . . . .	6
5.1	Messergebnisse Solarzelle seriell . . . . .	8
5.2	Messergebnisse Solarzelle parallel . . . . .	9
5.3	Messergebnisse Solarzelle seriell . . . . .	10