Lösungen zu Experiment 1: Solarzelle

Günther Palfinger

1. Juni 2011

Aufgabe 1

Aus der Definition der elektrischen Leistung $P = U \cdot I$ ergibt sich, dass diese null ist, wenn entweder die Spannung U null ist (Kurzschluss) oder der Strom I null ist (bei offenen Klemmen).

Aufgabe 2

a) Beachte, dass das Voltmeter direkt an der Solarzelle angeschlossen ist, da der Spannungsabfall über dem Ampèremeter signifikant ist (sonst 0.5 P Abzug).

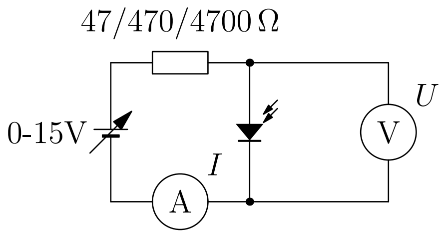

Abbildung 1: Schaltung für die Messung der Dunkelkennlinie

b) Tabelle 1: Messwerte U und I für die Dunkelkennlinie. Schaltung siehe Abbildung 1.

I [mA]	U [mV]	$\ln(I)$ [ln(mA)]
421	700	6.043
244.2	650	5.498
118.2	601	4.772
46.6	551	3.842
16.35	499	2.794
6.93	450	1.936
3.518	401	1.258
1.985	350	0.6856
1.252	300	0.2247
0.8	249	-0.2231
0.515	200	-0.6636
0.308	150.2	-1.178
0.166	101.1	-1.796
0.064	50.1	-2.749

0.5 P Abzug für I > 460 mA
0.5 P Abzug für weniger als 4 Messpunkte im Spannungsbereich zwischen 0.4 V und 0.6 V
Hinweis: Damit die Punkte in Abbildung 3 in etwa gleichmässig verteilt sind, müssen die U-Werte in Tabelle 1 näherungsweise äquidistant sein. Die I-Werte steigen dann exponentiell.

Aufgabe 3

a) Auch hier muss das Voltmeter direkt an der Solarzelle liegen.

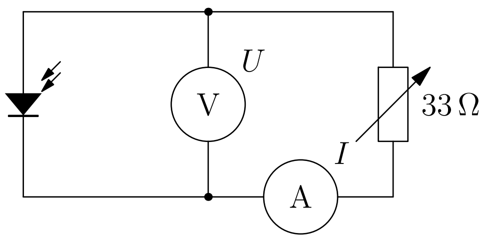

Abbildung 2: Schaltung für die Messung der Hellkennlinie. Beachte, dass in der Umgebung des Leistungs-Maximums die Messwert-Dicht hoch genug ist. (Abzug von 0.5 P wenn die dem Leistungsmaximum benachbarten Punkte mehr als 25 mV entfernt sind. Siehe dazu Aufgabe 4d).

b) $l = 5\,\mathrm{cm}$ $\quad I_{SC} = 205\,\mathrm{mA}$.

c) Tabelle 2: Messwerte U und I für die Hellkennlinie. Berechnung der Leistung $P = U \cdot I$. Schaltung siehe Abbildung 2.

I [mA]	U [mV]	P [mW]
205	55.8	11.44
201	312	62.71
190	362	68.78
187.3	371	69.49
183.8	382	70.21
180.2	391	70.46
171.4	399	68.39
160.8	411	66.09
149.9	419	62.81
141.1	427	60.25
112.8	448	50.53
94	461	43.33
71.8	471	33.82
42.7	484	20.67
23.27	492	11.50
9.1	498	4.532
1.047	501	0.5245
0	501	0

Aufgabe 4

a) Bedingung für gute Näherung: $\exp(\frac{eU}{NkT}) \gg 1$ oder $U \gg \frac{NkT}{e}$. Für N=1 ist dies nicht für alle Messpunkte erfüllt. Für jene im relevanten Messbereich mit $U > 0.4\,\text{V}$ ist $\exp(eU/kT) > 9 \cdot 10^6 \gg 1$. Somit ist für den Bereich in dem diese Formeln gültig sind der Fehler durch die Näherung deutlich kleiner als der Messfehler.

b)

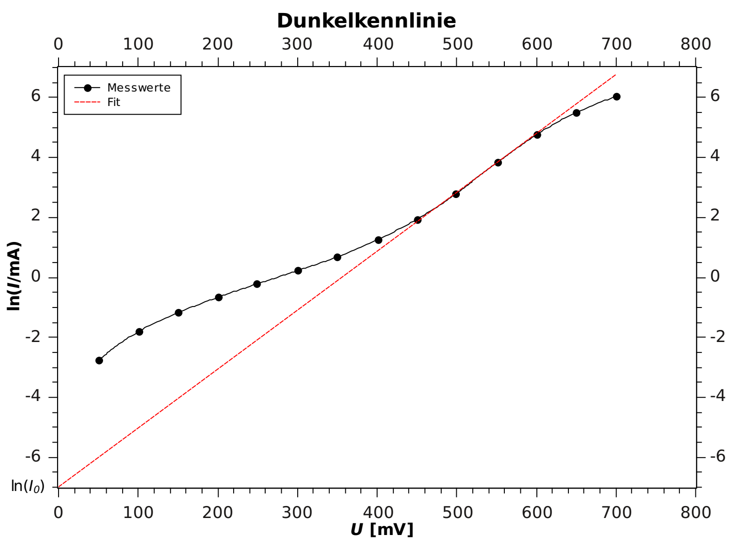

Abbildung 3: Dunkelkennlinie mit angepasster Gerade im Bereich 0.4 V bis 0.6 V.

Achsabschnitt $q = \ln\left(\frac{I_0}{\text{mA}}\right) = -7.0$
Steigung $m = \frac{e}{NkT} = \frac{13.8}{0.7\,\text{V}} = 19.7\,\text{V}^{-1}$

c) Schätzung der Umgebungstemperatur: $\text{T} = 293\,\text{K}$.
$I_0 = \text{e}^q\,\text{mA} = \text{e}^{-7}\,\text{mA} = 0.91\,\mu\text{A}$
$N = \frac{e}{mkT} = \frac{1.60217653 \cdot 10^{-19}}{19.7 \cdot 1.3806505 \cdot 10^{-23} \cdot 297} = 1.98$

d)

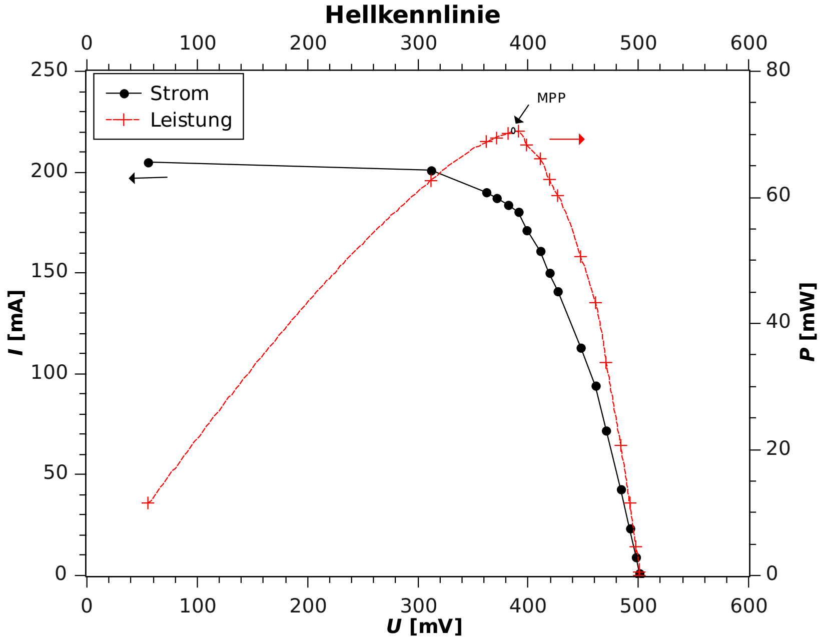

Abbildung 4: Hellkennlinie: Stromstärke- und Leistungs-Spannungs-Diagramm.

$P_{MPP} = 71\,\text{mW}$, $U_{MPP} = 390\,\text{mV}$ $I_{MPP} = 181\,\text{mA}$
$R_{MPP} = \frac{U_{MPP}}{I_{MPP}} = \frac{390\,\text{mV}}{181\,\text{mA}} = 2.15\,\Omega$
Kontrolle: $P_{MPP} = U_{MPP} \cdot I_{MPP} = 390\,\text{mV} \cdot 181\,\text{mA} = 70.6\,\text{mW}$

e)

$$\begin{aligned}
P &= U \cdot I \\
P &= U \cdot (I_{SC} - I_0 \cdot \exp(mU)) \\
\frac{\mathrm{d}P}{\mathrm{d}U} &= I_{SC} - (1 + mU) I_0 \cdot \exp(mU) \\
0 &= I_{SC} - (1 + mU) I_0 \cdot \exp(mU)
\end{aligned}$$

Dies ist eine transzendente Gleichung. Die Lösung muss graphisch oder durch Newton-Verfahren (mit Startwert beispielsweise gleich Messwert aus voriger Aufgabe) erfolgen: $U_{MPP} = 0.436\,\text{V}$