

Physikpraktikum II

Nichtlineare Widerstände

KENN Michael, 8725258

15. April 2010

Zusammenfassung

Im Rahmen des Physikpraktikums II SS2010 sollte der Innenwiderstand einer Batterie sowie einer Glühbirne bestimmt werden.

1 Einleitung und Zielsetzung

Ziel dieses Experimentes war es, den Innenwiderstand einer Batterie und einer Glühbirne zu bestimmen. Bei der Batterie geht das, indem für einen regulierbaren Lastwiderstand Wertepaare für Spannung und Stromstärke gemessen werden. Daraus kann dann der nahezu konstante Innenwiderstand bestimmt werden. Bei der Glühbirne steigt dagegen die Temperatur bei wachsender Spannung und steigender Stromstärke und der Innenwiderstand nimmt bei steigender Temperatur zu. Dieser Verlauf des Innenwiderstandes wurde experimentell bestimmt.

2 Physikalische Grundlagen und Messmethoden

Batterie : Mit Hilfe eines regulierbaren Lastwiderstandes R_L kann ein bestimmter Spannungsabfall $\Delta U = U_0 - U$ erreicht werden. Für den Innenwiderstand R_i der Batterie gilt dann

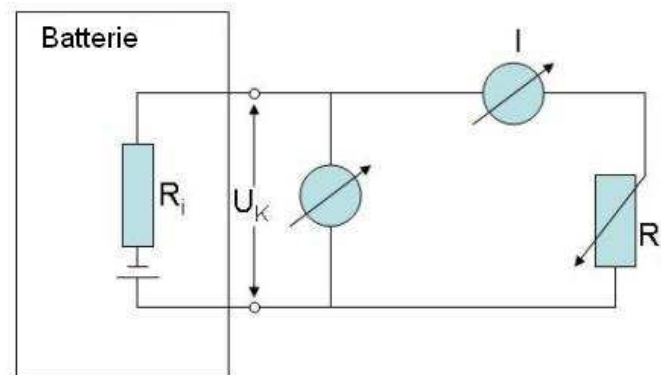
$$U - U_0 = R_i I$$

Mißt man nun genügend Paare (U, I) so läßt sich R_i aus dem Abstieg der Regressionsgeraden $U = U_0 - R_i \cdot I$ berechnen. Das geht für Werte $I < 500$ mA recht gut. Für größere Stromstärken beginnen die Werte zu springen wie in Abbildung 1 ersichtlich ist.

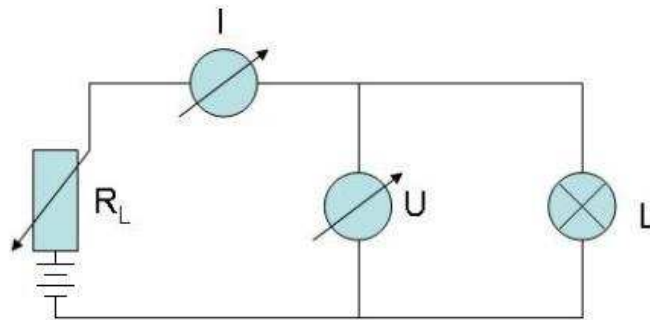
Glühbirne : Hier werden mit Hilfe eines regulierbaren Vorwiderstandes verschiedene Spannungen U mit einem 12V Akku erzeugt. Die zugehörigen entnommenen Stromstärken I können gemessen werden, und so kann für jedes Paar (U, I) mittels $R = \frac{U}{I}$ der Widerstand berechnet werden. Für größere Spannungen U wird sich die Glühbirne erhitzen und der Innenwiderstand wird steigen. Das ist in Abbildung 2 ersichtlich.

3 Experimenteller Aufbau

Batterie : Die Schaltskizze für das Experiment zur Bestimmung des Innenwiderstandes einer Batterie:



Glühbirne : Die Schaltskizze für das Experiment zur Bestimmung des Innenwiderstandes einer Glühbirne:



4 Messvorgang

Batterie : Bis 500 mA war es möglich, den Lastwiderstand so einzustellen, dass eine bestimmte Stromstärke gemessen werden konnte. Bei höheren Stromstärken hat das nicht mehr funktioniert. Wir haben deshalb den Lastwiderstand mehrmals mehr oder weniger zufällig eingestellt und die entsprechenden Stromstärken und Spannungen protokolliert. Die Testreihe umfasst 23 Werte und findet sich im Anhang.

Glühbirne : Bei der Glühbirne war es notwendig speziell am Anfang, also bei kleiner Stromstärke und geringer Spannung viele Wertepaar zu messen um den Innenwiderstand der Glühbirne vor dem Erhitzen verlässlich bestimmen zu können. Bereits bei 0.3 V war ein ganz leichtes Glühen des Glühbirnendrahts und ein leichtes Abflachen der Funktion $U(I)$ auszumachen. Im folgenden haben wir die Spannung bis 4.80 Volt (Stromstärke bis 4.36 Ampere) erhöht und insgesamt 46 Wertepaar (I,U) protokolliert. Diese Testreihe findet sich im Anhang.

5 Auswertung

Batterie : Eine Regressionsanalyse liefert

$$U(I) = \begin{cases} 4.28 - 1.46 I & \text{für Werte } 0 < I \leq 500 \text{ mA} \\ 4.26 - 1.38 I & \text{für Werte } 0 < I \leq 1000 \text{ mA} \end{cases}$$

Das ist in Abbildung 1 dargestellt. Da die Werte über 500 mA einer größeren Fluktuation unterliegen, haben wir zur Bestimmung des Innenwiderstandes

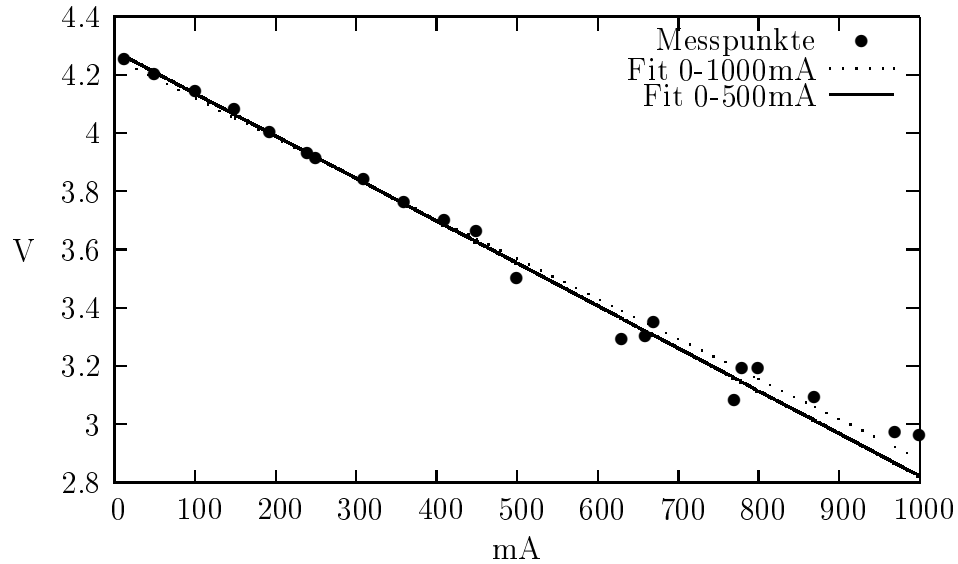


Abbildung 1: Batterie: Messwertpaare (Stromstärke/Spannung) und Regressionsgeraden

bei der Regressionsanalyse nur Stromstärken ≤ 500 mA berücksichtigt. Die in Excel integrierte Fehleranalyse liefert für die Steigung (= $-$ Innenwiderstand) eine Standardabweichung von $\pm 0.042 \Omega$. Die Messgerätgenauigkeit haben wir mit $\pm 2\%$, also nochmals $\pm 0.03 \Omega$ angenommen. Der Innenwiderstand liegt demnach bei etwa $1.46 \pm 0.07 \Omega$.

Glühbirne : Um den ersten Knick der Funktion $I(U)$ zu bestimmen haben wir Regressionsanalysen am Intervall $[0.12 \text{ V}, U_{\text{break}}]$ für verschiedene Werte U_{break} durchgeführt. Es hat sich gezeigt, dass $U_{\text{break}} = 0.20 \text{ V}$ eine vernünftige Annahme ist und eine Steigung $\frac{dI}{dU} = 5.35 \pm 0.18$ liefert während bei beispielsweise $U_{\text{break}} = 0.30 \text{ V}$ mit $\frac{dI}{dU} = 3.65 \pm 0.14$ bereits eine deutliche Abflachung stattgefunden hat. Der Innenwiderstand der kalten Glühbirne ist der Kehrwert der Steigung und liegt demnach maximal bei $0.18 \pm 0.01 \Omega$.

Bei heißer werdender Glühbirne nimmt der Innenwiderstand zu. Regressionsanalyse am Intervall $[U_{\text{hot}}, 4.80 \text{ V}]$ liefert für $U_{\text{hot}} = 1 \text{ V}$ eine Steigung $\frac{dI}{dU} = 0.59 \pm 0.01$ beziehungsweise für $U_{\text{hot}} = 2 \text{ V}$ eine Steigung $\frac{dI}{dU} = 0.54 \pm 0.01$. Der zweite Wert ist zwar realistischer, muß aber dennoch mit Vorsicht betrachtet werden, weil nur noch 7 Punkte in die Regressionsanalyse eingeflossen

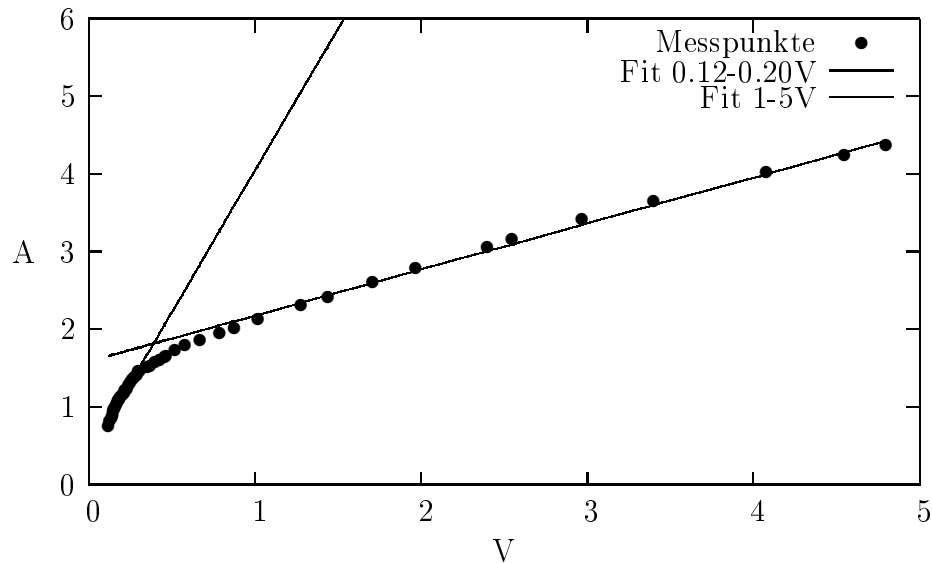


Abbildung 2: Glühbirne: Messwertpaare (Spannung/Stromstärke) und Regressionsgeraden

sind. Der Innenwiderstand der heißen Glühbirne ist wieder der Kehrwert der Steigung und ist demnach bei Spannungen zwischen 1 und 5 Volt bei etwa $1.8 \pm 0.1 \Omega$.

Eine im Praktikum besprochene Zusatzaufgabe war es den Innenwiderstand R in Abhängigkeit der Stromstärke I graphisch darzustellen. Dafür ist es notwendig die Funktion $I(U)$ bzw. $U(I)$ numerisch zu differenzieren:

$$R(I) = \frac{dU(I)}{dI}$$

Diese Aufgabenstellung ist numerisch schlecht konditioniert, d.h. Ergebnisse sind sehr von der Qualität der Messwerte abhängig. Wir haben uns damit beholfen stückweise Regressionsgeraden zu legen und den Anstieg als Funktionswert $R(I)$ zu setzen. Gute Resultate haben wir erzielt indem wir jeweils die drei Punkte davor und danach in die Regression einbezogen haben, obwohl 2 Punkte auch gereicht hätten. Abbildung 3 zeigt das Ergebnis.

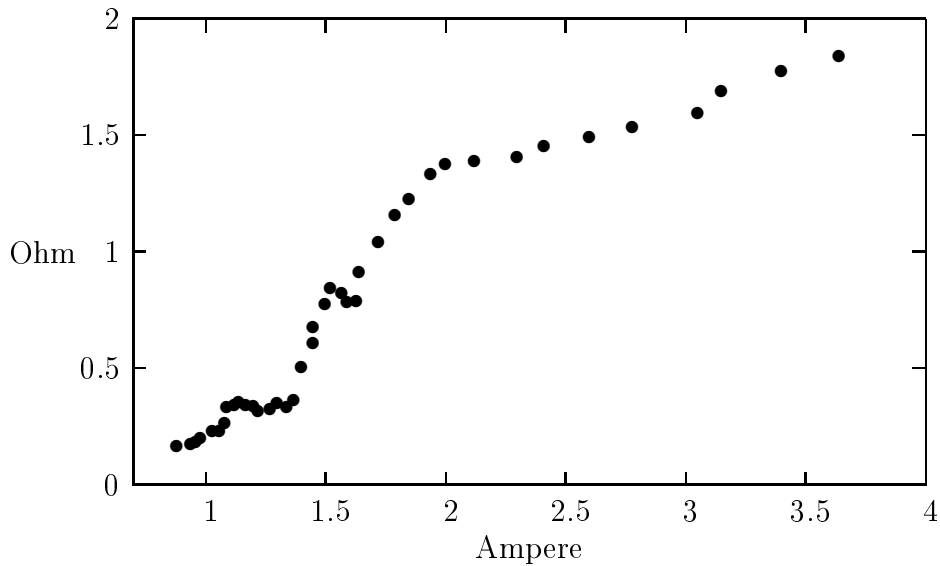


Abbildung 3: Glühbirne: Innenwiderstand in Abhängigkeit der Stromstärke

6 Schlussfolgerungen

Batterie : Der ermittelte Innenwiderstand der Batterie von $1.46 \pm 0.07 \Omega$ entspricht den Erwartungen. Das Experiment kann somit als erfolgreich angesehen werden.

Glühbirne : Der Innenwiderstand der kalten Glühbirne liegt mit $0.18 \pm 0.01 \Omega$ um den Faktor 10 unter dem Innenwiderstand der heißen Glühbirne zwischen 1 und 5 Volt, welcher bei $1.8 \pm 0.1 \Omega$ liegt.

A Messreihen

Die Messreihen sind in Abbildung 4 zusammengestellt.

Literatur

[1] Praktikum zur Einführung in die Physik II WS 2009/10

<https://elearning.mat.univie.ac.at/physikwiki/index.php/LV006:LV-Uebersicht/SS10>

Batterie

Glühbirne

mA	V	V	A
12.63	4.25	0.170	1.03
50.2	4.20	0.177	1.06
100.8	4.14	0.181	1.08
149.4	4.08	0.185	1.09
193.5	4.00	0.191	1.12
240	3.93	0.203	1.14
250	3.91	0.215	1.17
310	3.84	0.220	1.20
360	3.76	0.230	1.22
410	3.70	0.243	1.27
450	3.66	0.253	1.30
670	3.35	0.266	1.34
500	3.50	0.279	1.37
800	3.19	0.291	1.40
660	3.30	0.300	1.45
780	3.19	0.310	1.45
870	3.09	0.355	1.50
1000	2.96	0.368	1.52
970	2.97	0.400	1.57
2850	1.43	0.426	1.59
770	3.08	0.458	1.63
3000	1.35	0.467	1.64
630	3.29	0.52	1.72
		0.58	1.79
		0.67	1.85
		0.79	1.94
		0.88	2.00
		1.02	2.12
		1.28	2.30
		1.44	2.41
		1.71	2.60
		1.97	2.78
		2.40	3.05
		2.55	3.15
		2.97	3.40
		3.40	3.64
		4.08	4.01
		4.55	4.24
		4.80	4.36

Abbildung 4: Messreihen