

# Glühlämpchen

Aufbau von einfachen Schaltkreisen, und die Messung von Strom und  
Spannung

8. April 2022

**Nandor Kovacs & Céline Schuster**

Bericht zum Physikpraktikum vom 24. März 2022  
Mathematisch Naturwissenschaftliches Gymnasium Rämibühl

# GLÜHLÄMPCHEN

Im Gegensatz zu einem idealen ohmschen Widerstand sind bei einem Glühlämpchen Strom und Spannung nicht zu einander proportional. Der Zusammenhang zwischen den beiden Grössen wird hier in der Regel graphisch in Form einer Kennlinie (Charakteristik) festgehalten.

ZIEL	Sie machen sich mit dem Aufbau einer einfachen Schaltung und dem Messen von Spannung und Strom vertraut.
MATERIAL	<ul style="list-style-type: none"><li>▶ Netzgerät (variable Gleichspannung)</li><li>▶ Glühlämpchen und Fassungen</li><li>▶ Kabel</li><li>▶ Multimeter zur Strom- und Spannungsmessung</li></ul>
VORGEHEN	<p>A Bauen Sie einen einfachen Stromkreis mit der Spannungsquelle (variable Gleichspannung), einem Glühlämpchen auf. Schliessen Sie anschliessend je ein Multimeter für die Spannungs- und Strommessung an.</p> <p><b>Lassen Sie den Stromkreis vor dem Einschalten der Spannung vom Lehrer überprüfen!</b></p> <p>B Messen Sie für mindestens zehn verschiedene Spannungswerte den Strom durch das Lämpchen. Halten Sie auch die Genauigkeit der Messwerte im Protokoll fest.</p> <p>C Messen Sie analog zu B zwei weitere Lämpchen aus.</p> <p>D Bauen Sie einen Stromkreis mit zwei gleichen Lämpchen in Serie auf. Messen die Gesamtspannung, die Teilspannungen über den Lämpchen und den Gesamtstrom.</p> <p>E Schliessen Sie die beiden Lämpchen jetzt parallel zu einander an die Spannungsquelle an und messen Sie die Spannung, den Gesamtstrom und die Teilströme durch die Lämpchen.</p> <p>F Zeichnen Sie ein Schaltschema für jede der vier Schaltungsmöglichkeiten mit drei gleichen Lämpchen. Diskutieren Sie für jede Schaltung, wie die Reihenfolge der Helligkeiten herauskommen sollte. Halten Sie Ihre Vermutungen im Protokoll fest.</p> <p>G Bauen Sie die beiden nichttrivialen Schaltungen von F der Reihe nach auf. Überprüfen Sie Ihre Vermutungen und messen Sie jeweils den Gesamtstrom, die Gesamtspannung und die Teilspannungen</p>
AUFGABEN	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Stellen Sie die Strom-Spannungs- sowie die Widerstands-Strom-Kennlinien der Glühlämpchen aus Messungen B/C in einem Diagramm graphisch dar (wo sinnvoll mit Fehlerbalken).</li><li>2. Passen Sie je eine Gerade in die Widerstands-Strom-Diagramme ein. Bestimmen Sie Steigung und Achsenabschnitt der Geraden (mit korrekten Einheiten). Wie lassen sich die Unterschiede zwischen den Lämpchen erklären?</li><li>3. Leiten Sie einen formalen Ausdruck für die Stromstärke als Funktion der Spannung her und schreiben Sie diesen mit physikalisch sinnvollen Bezeichnungen. Zeichnen Sie die Kurven mit Hilfe der bei Aufgabe 2 bestimmten Parameter ins Strom-Spannungs-Diagramm ein.</li><li>4. Lesen Sie aus der ersten Kennlinie von Aufgabe 1 ab, wie gross der Strom durch die in Serie geschalteten Lämpchen sein sollte. Vergleichen Sie das Resultat mit dem Messwert.</li><li>5. Bestimmen Sie analog den zu erwartenden Strom durch die parallel geschalteten Lämpchen und vergleichen Sie diesen wieder mit der Messung.</li><li>6. Berechnen Sie die Gesamtstromstärke und die Teilspannungen für die beiden Anordnungen von Messung G aus der Gesamtspannung und prüfen Sie die Übereinstimmung der Ergebnisse mit Ihren Messwerten.</li></ol>
BEDINGUNGEN	Falls Sie einen Kurzbericht schreiben, bearbeiten Sie mindestens Aufgaben 1 bis 3. Für einen vollständigen Bericht bearbeiten Sie alle Aufgaben.

Abgabetermin des Berichts ist **Donnerstag, 7. April 2022**.

# 1 Einleitung

Im Gegensatz zu herkömmlichen Widerständen ( $R$ ) sind Strom ( $I$ ) und Spannung ( $U$ ) bei Glühlampen nicht proportional zueinander. Dennoch stehen diese Größen in einem gewissen Verhältnis zueinander. Ziel dieses Berichts ist es, das Verhalten einer Glühbirne zu analysieren. Zunächst werden die Auswirkungen auf das Verhältnis zwischen Spannung und Stromstärke untersucht in den Parallel- und Serieschaltung von Glühbirnen und die Spannungsverteilung bei drei nicht trivialen Schaltungen.

# 2 Theorie

Der Widerstand  $R$  ist gleich zur Stromspannung über der Stromstärke.

$$R = \frac{V}{A}$$

Für herkömmliche Widerstände gilt:

$$R_{serie} = \sum_i R_i$$
$$\frac{1}{R_{parallel}} = \sum_i \frac{1}{R_i}$$

[FoTa, S.176]

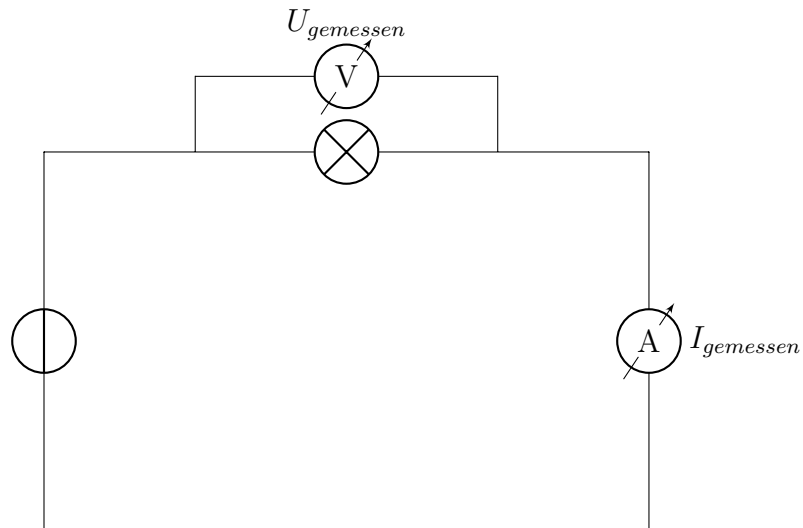
Glühlampen haben 2 wichtige Parameter was Stromkreise angeht:

- Den Kaltwiderstand, das ist der Widerstand  $R_{kalt}$ , der herrscht wenn kein Strom fließt.
- Der warmwiderstands Koeffizient  $r$ . Der Warmwiderstand  $R_{warm}$  ist  $r * I$ .

# 3 Experiment

Das folgende Experiment besteht aus verschiedenen Stromkreisen und deren Messungen. Für den folgenden Stromkreis haben wir zehn Messungen für Lampe 1, fünf für Lampe 2 und weitere fünf für Lampe 3. Für alle zehn werden unterschiedliche Spannungen angelegt, wie in den folgenden Grafiken dargestellt.

Falls nichts anderes steht sind alle Werte für  $U$  in Volt, und alle Werte für  $A$  in Ampere angegeben.



$U_{start}$	$U_{gemessen}$	$I_{gemessen}$
5	5.153	0.049
6	6.196	0.0544
7	7.24	0.0595
8	8.24	0.0644
9	9.27	0.069
10	10.28	0.0733
11	11.31	0.0775
12	12.33	0.0815
13	13.38	0.0856
16	16.48	0.0968
18	18.54	0.1037
20	20.54	0.110
23	23.69	0.1195
25	25.7	0.1254

Tabelle 1: Lämpchen 1

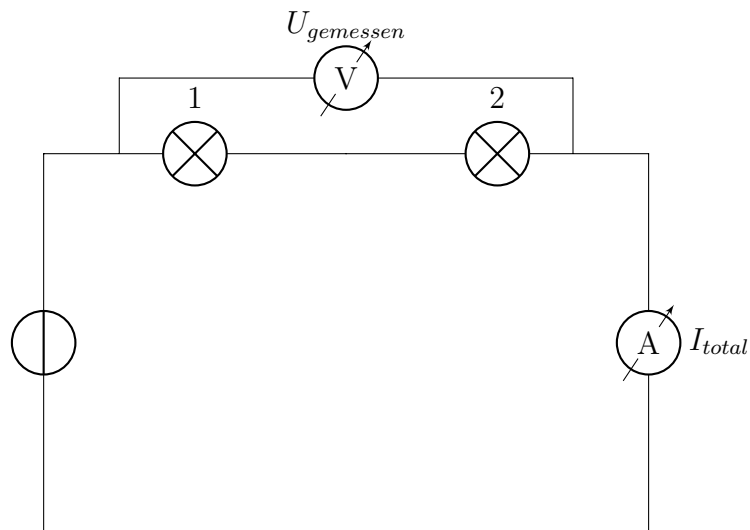
$U_{start}$	$U_{gemessen}$	$I_{gemessen}$
5	5.137	0.0505
10	10.31	0.0749
15	15.28	0.094
20	20.51	0.1115
25	25.78	0.1273

Tabelle 2: Lämpchen 2

$U_{start}$	$U_{gemessen}$	$I_{gemessen}$
5	5.137	0.0505
10	10.31	0.0749
15	15.28	0.094
20	20.51	0.1115
25	25.78	0.1273

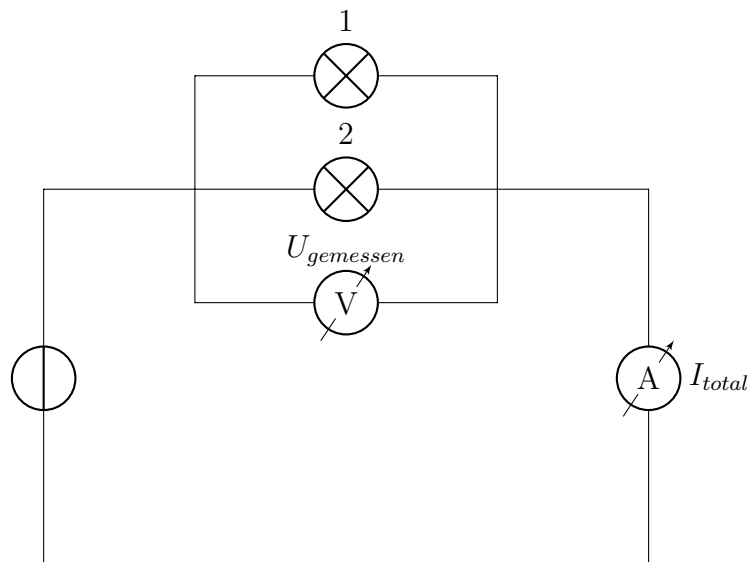
Tabelle 3: Lämpchen 3

Für die nächsten beiden Stromkreise haben wir jeweils eine Messung, da wir uns im Folgenden nicht auf die spezifischen Werte, sondern auf die Position der Lampen konzentrieren:



$U_{start}$	$U_{gemessen}$	$I_{total}$	$U_1$	$U_2$
10	10.31	0.0496	5.226	5.87

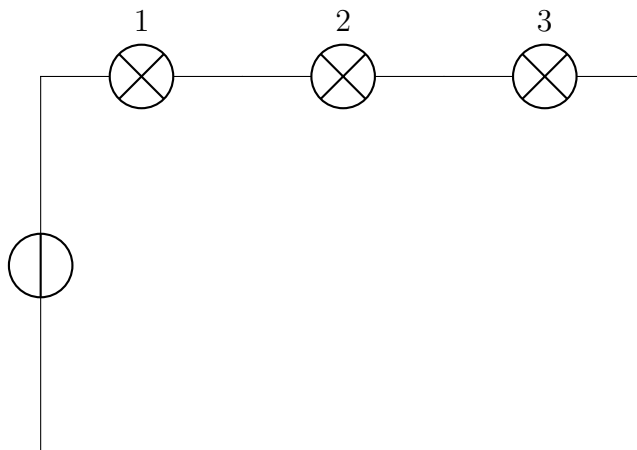
Tabelle 4: In Serie geschaltet



$U_{start}$	$U_{gemessen}$	$I_{total}$	$I_1$	$I_2$
10	10.17	0.1463	0.0724	0.0732

Tabelle 5: Parallel geschaltet

Vor der Durchführung der Messungen haben wir die Intensität jeder Lampe unter Berücksichtigung ihrer Position geschätzt. Es ist erwähnenswert, dass die Helligkeit der Lampen von der durch sie fließenden Spannung abhängt. Anschließend führen wir Messungen durch, um unsere Annahmen zu überprüfen.

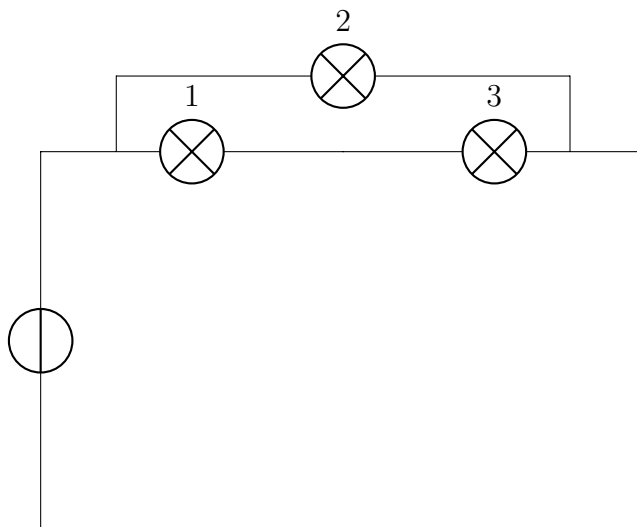


Vermutung: 1, 2 und 3 alle gleich hell

Beobachtung: Unsere Vermutung war richtig

$U_{start}$	$U_{gemessen}$	$I_{total}$	$U_1$	$U_2$	$U_3$
15	15.6	0.0497	5.119	5.239	5.267

Tabelle 6: Fi

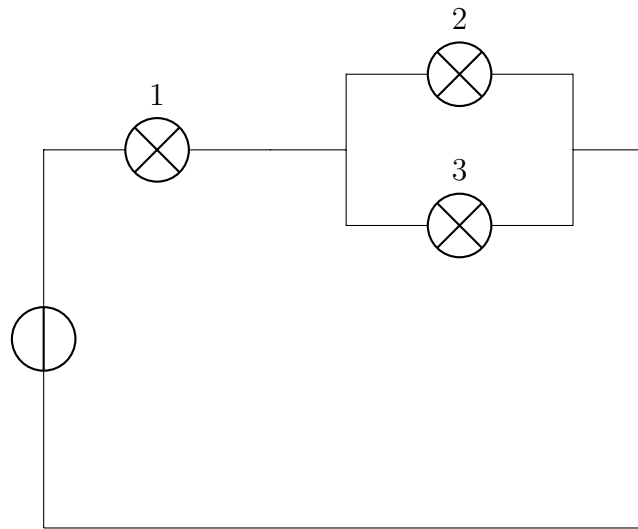


$U_{start}$	$U_{gemessen}$	$I_{total}$	$U_1$	$U_2$	$U_3$	$U_{1+3}$
15	15.43	0.1535	7.56	15.35	7.82	15.35

Tabelle 7: Fii

Vermutung: 1 und zwei sind gleich hell, 3 ist stärker wie 1 und 2

Beobachtung: Unsere Vermutung war richtig

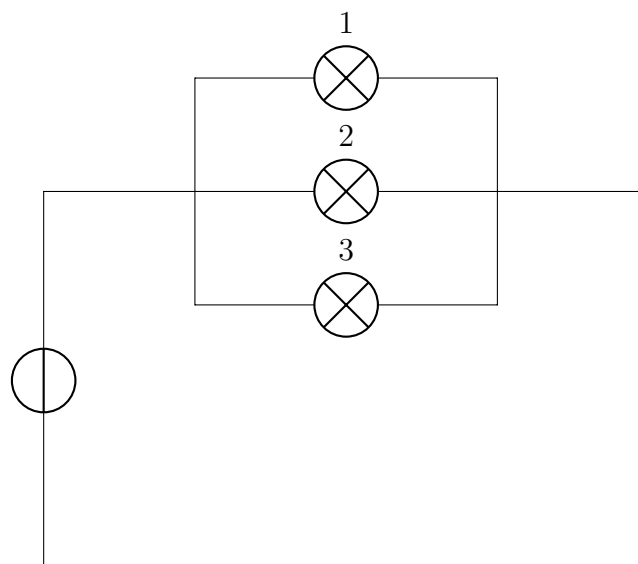


$U_{start}$	$U_{gemessen}$	$I_{total}$	$U_1$	$U_2$	$U_3$	$U_{2+3}$
15	15.49	0.0817	11.92	3.576	3.596	3.542

Tabelle 8: Fiii

Vermutung: 1 ist am stärksten, 2 und 3 sind gleichstark.

Beobachtung: Unsere Vermutung war richtig



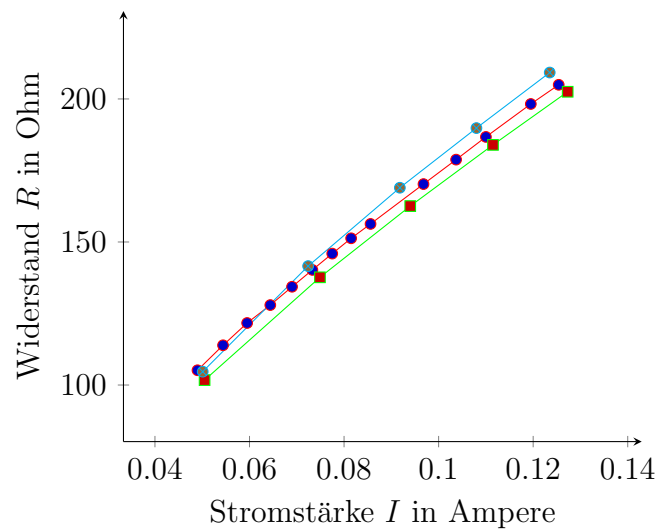
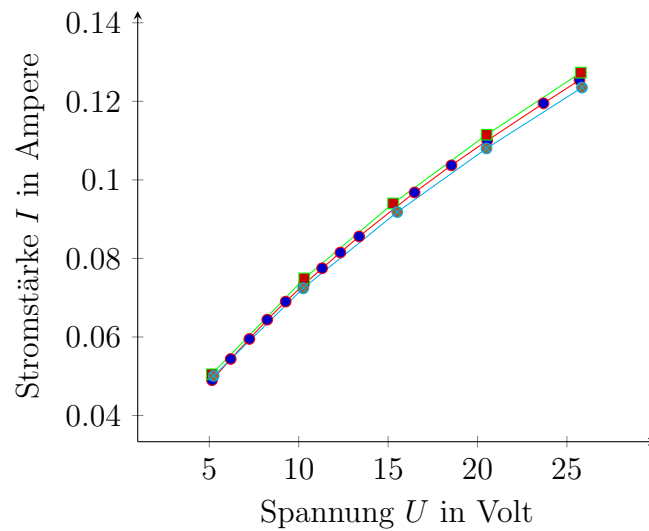
Hier haben wir keine Messungen gemacht

Vermutung: Alle sind gleichstark

Beobachtung: Unsere Vermutung war richtig

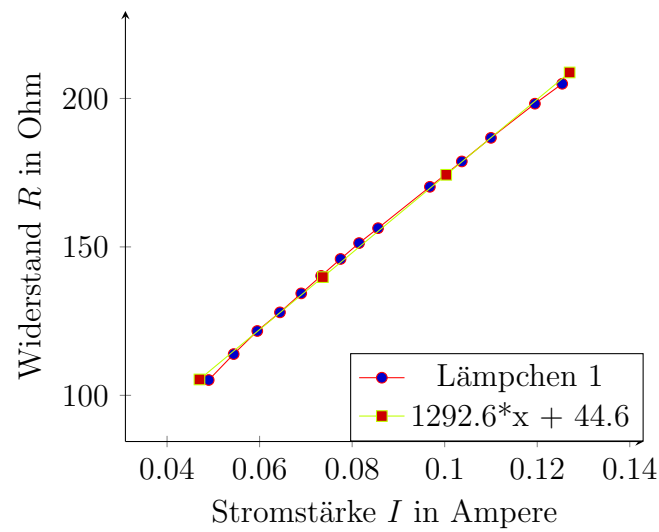
## 4 Aufgaben

### 4.1 Strom-Spannungs- & Widerstands-Strom-Kennlinien





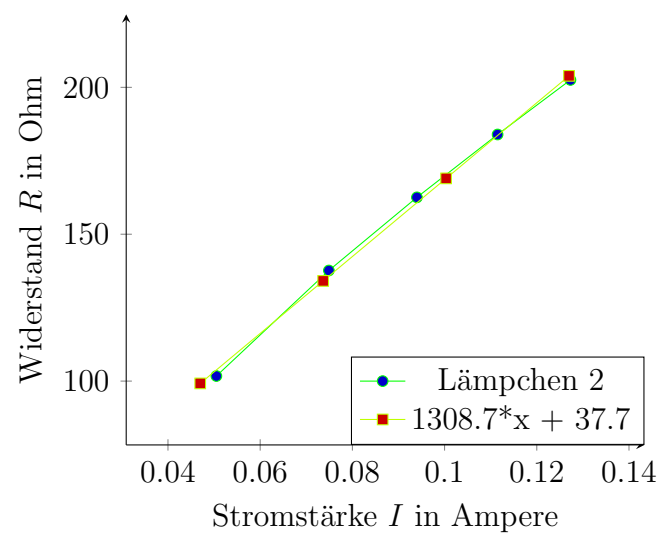
## 4.2 Lineare regression an den Widerstands-Strom-Kennlinien



Lineare Regressionsfunktion:  $y = 1292.6 \frac{\text{V}}{\text{A}^2} x + 44.6 \frac{\text{V}}{\text{A}}$

Steigung:  $1292.6 \frac{\text{V}}{\text{A}^2}$

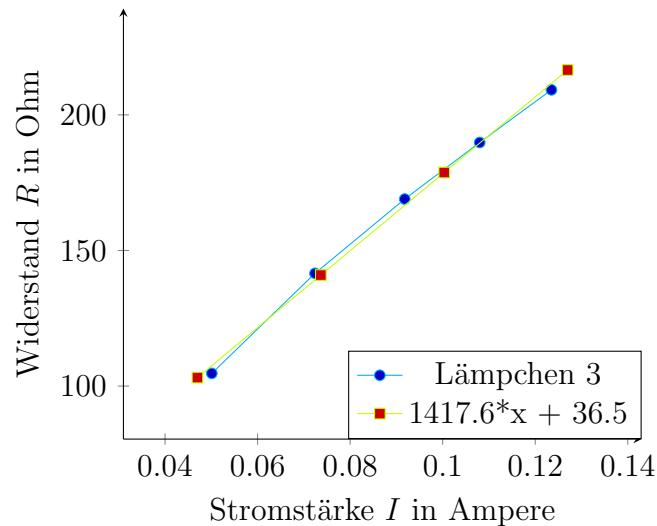
Achsenabschnitt:  $44.6 \frac{\text{V}}{\text{A}}$



Lineare Regressionsfunktion:  $y = 1308.7 \frac{\text{V}}{\text{A}^2} x + 37.7 \frac{\text{V}}{\text{A}}$

Steigung:  $1308.7 \frac{\text{V}}{\text{A}^2}$

Achsenabschnitt:  $37.7 \frac{\text{V}}{\text{A}}$



Lineare Regressionsfunktion:  $y = 1417.6 \frac{V}{A^2} x + 36.5 \frac{V}{A}$

Steigung:  $1417.6 \frac{V}{A^2}$

Achsenabschnitt:  $36.5 \frac{V}{A}$

Der Achsenabschnitt wird durch den Kaltwiderstand der Glühlampe bestimmt. Der Kaltwiderstand kann sich bei Glühlampen je nach Alter und Qualität von Lampe zu Lampe ändern.

Die Steigung beschreibt den Warmwiderstand der Glühlampe, proportional zur Stromstärke. Diese wird durch die Eigenschaften des Glühdrahtes wie der Durchmesser und die Länge bestimmt. Mit der Zeit können sich diese Eigenschaften ändern.

Ab hier werden wir die Steigung  $r$  nennen, und den Achsenabschnitt  $R_{kalt}$ .

### 4.3 Stromstärke als Funktion der Spannung

$$R = R_{warm} + R_{kalt}$$

$$R_{warm} = r * I$$

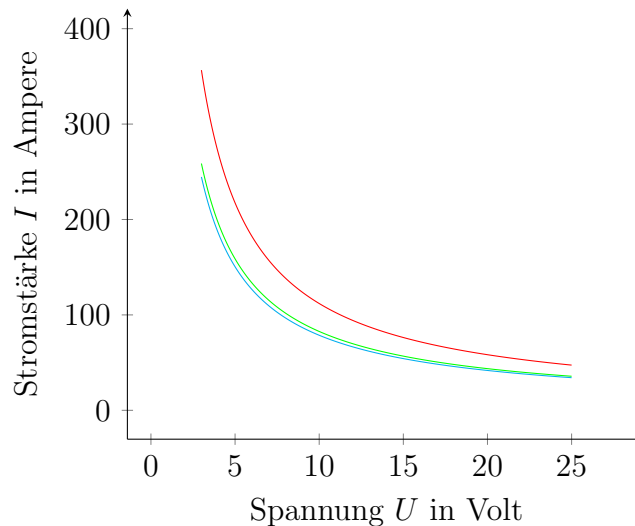
$$I = \frac{U}{R}$$

$$I = \frac{U}{R_{warm} + R_{kalt}}$$

$$I = \frac{U}{r * I + R_{kalt}}$$

$$I^2 * r + I * R_{kalt} + U = 0$$

$$I = \frac{-R_{kalt} \pm \sqrt{R_{kalt}^2 - 4 * r * U}}{2 * U}$$



#### 4.4 Messwerte der in Serie geschaltete Lampen mit der Kennlinie vergleichen

In Tabelle 4 sehen wir unsere Messwerte für in Serie geschaltete Lampen. Beide Lämpchen stehen unter einer Spannung von etwa 5 Volt, da bei der Serieschaltung sich die Spannung gleichmässig auf die Verbraucher oder Widerstände aufteilt falls der Widerstand gleich gross ist. Bei 5 Volt erwarten wir aus dem Diagramm etwa eine Spannung von 0.05 Ampere. Unsere Messung zeigt eine Spannung von 0.0496 Ampere. Das ist nahe genug, denn das Ablesen von dem Diagramm ist ungenau genug um diesen Unterschied zu erlauben.

#### 4.5 Messwerte der Parallel geschaltete Lampen mit der Kennlinie vergleichen

In Tabelle 5 sehen wir unsere Messwerte für parallel geschaltete Lampen. Wir haben eine Spannung von 10 Volt an den Stromkreis angehängt. Beide Lämpchen stehen unter einer Spannung von etwa 10 Volt, da bei der Parallelschaltung beide Verbraucher oder Widerstände die volle Spannung erhalten. Bei 10 Volt erwarten wir aus dem Diagramm eine Stromstärke von 0.075 Ampere. Unsere Messungen zeigen eine Stromstärke von 0.0724 Ampere auf dem einen, und 0.0732 Ampere auf dem anderen Lämpchen. Beide Messwerte sind wider weitaus im Fehlerbereich vom Ablesen aus dem Diagramm.

#### 4.6 Werte der nichttrivialen Stromkreise berechnen und mit den Messwerten vergleichen

##### 4.6.1 $G_{ii}$

Die Spannung die auf die zwei Wege fällt ist gleich. Für beide Wege gilt, dass  $I = U/R$ . Da  $R_2 = \frac{R_{1+3}}{2}$ , stimmt auch dass  $I_2 = 2 * I_{1+3}$ . Die Gesamtspannung beträgt 15 Volt, das heisst das  $I_2 = 15V$ , und  $I_{1+3} = I_1 = I_3 = 7.5V$ . Die Teilströme können wir also aus unserem Diagramm ablesen. Für 15 Volt erwarten wir etwa 0.09 Ampere, und für 7.5 Volt etwa 0.06 Ampere. Daraus wissen wir, dass  $U_2 = 0.09A$ , und  $U_1 = U_3 = 0.06A$ .

$$U = U_1 + U_2 + U_3 = 0.21A$$

Unsere Messung zeigt an, dass  $U = 0.1535A$ . Durch die ungenauigkeit der Ablesung aus dem Diagramm ist das innerhalb vom Fehlerbereich.

#### 4.6.2 $G_{iii}$

$U_1 = U_{2+3}$ , da durch 1 sowie durch (2 + 3) der volle Strom durchfließt.  $R_1 * 2 = R_{2+3}$ .  $I = U * R$ , deswegen  $I_1 * 2 = I_{2+3}$ . Aus der Gesamtspannung von 15 Volt wissen wir deshalb, dass das Lämpchen 1 unter 10 Volt Spannung steht. Da der volle Strom durch das Lämpchen 1 fließt, langt es wenn wir den Wert für 10 Volt aus dem Diagramm lesen.

$$U = 0.08$$

Unsere Messung sagt, dass  $U = 0.0817$ , was sehr gut übereinstimmt.

## 5 Fazit

Der Widerstand von Glühlämpchen hängt von zwei wichtigen Parametern ab: Ihr Kalt- und Warmwiderstand. Der Warmwiderstand ist proportional zur Stromstärke, ihr Kaltwiderstand ist aber konstant. So erhalten wir eine Widerstands-Strom-Kennlinie, die die y-Achse nicht bei null schneidet, aber eine Gerade ist. Die Steigung repräsentiert dabei einen Koeffizienten, der die Proportionalität zwischen der Stromstärke und des Widerstandes bestimmt.

## 6 Reflektion

Wir haben zuerst alle Werte für die Stromstärke in Milliampere eingetragen, haben dies aber erst sehr Spät bemerkt. Hätten wir uns daran erinnert, oder hätten wir von Anfang an unsere Messungsdaten in SI Units eingetragen, hätten wir uns viel Mühe erspart. In Zukunft werden wir eine Abmachung haben, dass, falls nichts anderes in der Excel Tabelle steht, alle werte in SI Units eingetragen sind.

## 7 Anhang

Versuchsanleitung und Originalprotokoll vom 24. März 2022