

Praktikum: Gesetz von Stefan-Boltzmann

Cyril Stoller

2. Mai 2013

1 Ziel

Dieser Bericht beinhaltet genaue Angaben zur Durchführung und eine Diskussion des *Stefan-Boltzmann* Experiments als Physik-Praktikum in Physik 4. Das Abstrahlungsgesetz von Stefan-Boltzmann soll anhand einer Glühbirne verifiziert werden.

2 Einleitung

An einer Glühbirne soll zuerst die U-I-Kennlinie gemessen werden. Daraus kann der Widerstand berechnet werden. Dieser steigt eigentlich nicht-linear mit der Temperatur des Glühwendels an weil Wolfram einen *positiven* Temperaturkoeffizient von $4.8 \cdot 10^{-3} 1/K$ hat.

Aufgrund dieser Messungen kann man dann mit dem Gesetz von Stefan-Boltzmann auf die abgestrahlte Leistung schliessen.

3 Messung

Die U-I-Kennlinie wurde mit folgendem Messaufbau nach Abbildung 1:

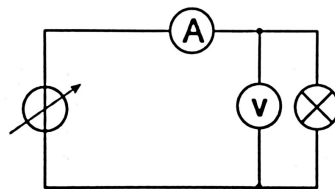


Abbildung 1: Messschema

Die Messwerte sind im Anhang. Herausgekommen der Widerstandsverlauf in Abbildung 2. Der Widerstand wurde berechnet nach $R = U/I$. Man sieht, dass der Widerstand mit steigendem Strom zunimmt. Dies war auch zu erwarten.

4 Temperaturberechnung

Nun wurde die Temperatur berechnet. Die Grundformel dafür ist die Formel für Temperaturwiderstände mit linearem Temperaturkoeffizienten².

¹dies laut den Praktikumsunterlagen. Laut Wikipedia (<http://de.wikipedia.org/wiki/Temperaturkoeffizient>) hat reiner Wolfram einen Temperaturkoeffizient von $4.4 \cdot 10^{-3} 1/K$. Wir vermuten der Glühwendeldraht ist noch legiert.

²Aus: <http://de.wikipedia.org/wiki/Widerstandsthermometer>

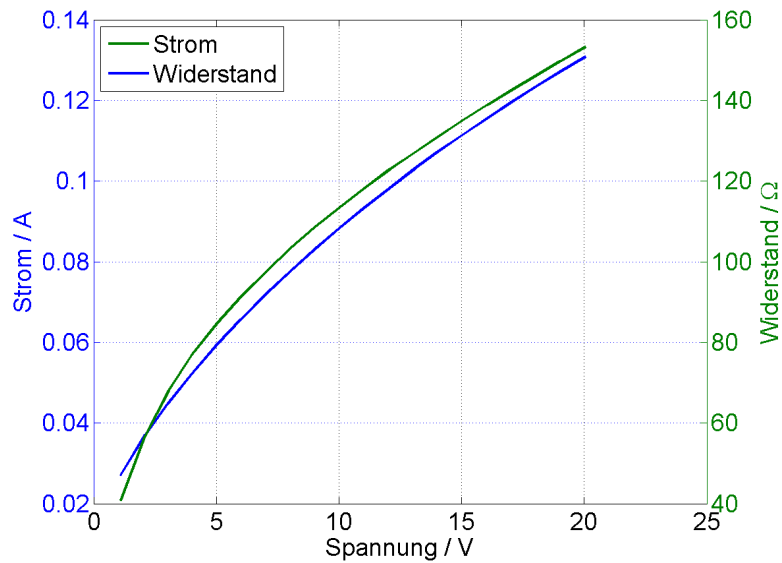


Abbildung 2: U-I-Kennlinie mit berechnetem Widerstand

$$R_T = R_{20}(1 + \alpha_{20}(T - T_{umg})) \quad (\text{I})$$

$$T = \frac{R_T - R_{20}}{R_{20} \cdot \alpha_{20}} + T_{umg} \quad (\text{II})$$

R_T : Berechneter Widerstand unter Last

R_{20} : Gemessener Widerstand ohne Last

α_{20} : Temperaturkoeffizient des Drahtes

T : Berechnete Temperatur des Drahtes unter Last

5 Berechnung der Strahlung

Die abgestrahlte Leistung kann man nun mit folgender Gleichung berechnen:

$$P = \sigma \cdot \varepsilon \cdot A \cdot (T^4 - T_a^4) \quad (\text{III})$$

P : Abstrahlleistung

σ : Stefan-Boltzmann Konstante $\approx 5.670 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}^4}$

ε : Emissionsgrad, materialabhängig, noch unbekannt

A : Oberfläche, noch unbekannt

T : Temperatur

³Aus: <http://de.wikipedia.org/wiki/Stefan-Boltzmann-Gesetz>

6 Vergleich mit gemessener Leistung

Nun soll der Vorfaktor $k = \sigma \cdot \varepsilon \cdot A$ noch so angepasst werden, dass die gemessene elektrische Leistung ungefähr mit der berechneten abgestrahlten Leistung übereinstimmt.

Dies wurde bei $k = 1.5 \cdot 10^{-6} \frac{W}{K^4} \cdot \sigma$ erreicht:

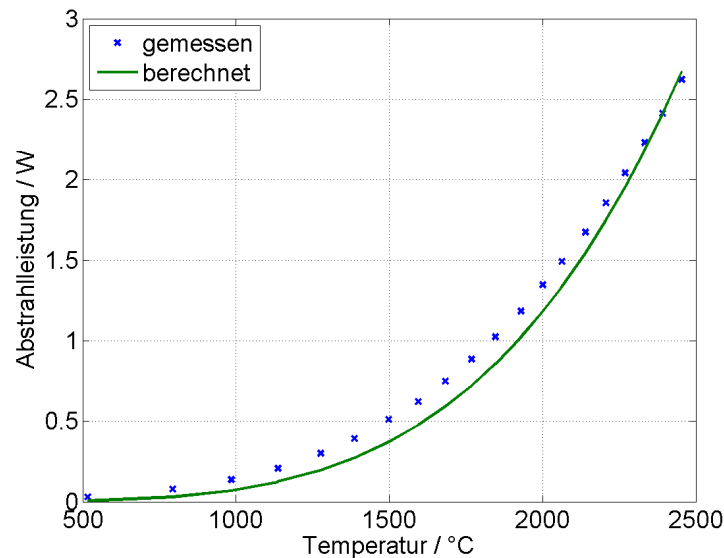


Abbildung 3: Gemessene und berechnete Leistung

Der Koeffizient wurde hier so gewählt, dass die Kurve der berechneten Abstrahlleistung leicht *unter* der gemessenen, verbrauchten elektrischen Leistung liegt. Dies aus dem Grund weil neben der Licht-Abstrahlleistung sicher auch noch andere Verlustleistungen auftreten.

7 Schlussfolgerung

Die Berechnung der Temperatur können wir schlecht verifizieren, sie liegt aber im realistischen Bereich.

Nach der Schätzung des Parameters k auf die zugrundeliegenden Faktoren ε und A (weil ja σ gegeben ist) zu schließen, ist schon etwas aufwändiger. Im Internet findet man Angaben zum ε von Wolfram von ca. 0.24⁴ bei einer Drahttemperatur von 1500°C. In einer anderen Quelle liest man von Drahtdurchmessern im Bereich von 0.02mm⁵.

Also versuchen wir durch berechnen der Länge des Glühdrahtes den geschätzten Wert für ε zu testen:

$$k = 1.5 \cdot 10^{-6} \frac{W}{K^4} = \sigma \cdot \varepsilon \cdot A \quad (\varepsilon = 0.24)$$

$$A = \frac{k}{\sigma \cdot \varepsilon} = 2\pi r l \quad (l: \text{Länge und } r: \text{Radius des Drahtes})$$

$$l = \frac{k}{2\pi r \cdot \sigma \cdot \varepsilon} = \frac{10^{-6} \frac{W}{K^4} \cdot 5.670 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}}{2\pi \cdot 10 \mu m \cdot 5.670 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4} \cdot 0.24} = 9.95 cm$$

Dies könnte gut stimmen, da der Draht eine Spiralförmigkeit hat.

Der Kurvenverlauf der beiden Leistungen stimmt ebenfalls gut überein.

⁴https://www.bartec.de/homepage/deu/downloads/produkte/19_temperatur/Ti_Tabelle_Emission_d.pdf

⁵<http://www.kinder-hd-uni.de/forum1/gluehlampe.html>

8 Anhang

Im Anhang ist noch die Messwertetabelle:

Spannung / V	Strom / A
1.1	0.027
2.11	0.03709
3.06	0.045
4	0.0521
5.06	0.0596
6	0.0657
7.07	0.0723
8.02	0.0776
9.02	0.0831
10.03	0.0884
11	0.0932
12.06	0.0982
13.08	0.103
13.96	0.1069
15.04	0.1114
16.06	0.1156
17.07	0.1197
18.06	0.1235
19	0.127
20.05	0.1308