

Das Stefan-Boltzmann Gesetz

Maximilian Sackel
Maximilian.sackel@gmx.de

Philip Schäfers
phil.schaefers@gmail.com

Durchführung: 24.11.2015

Abgabe: 01.12.2015

Inhaltsverzeichnis

1	Theoretische Grundlage	3
1.1	Fehlerrechnung	3
1.1.1	Mittelwert	3
1.1.2	Gauß'sche Fehlerfortpflanzung	3
1.1.3	Lineare Regression	4
2	Durchführung und Aufbau	4
2.1	Strahlungsleistung als Funktion der Temperatur	4
2.2	Strahlungsleistung als Funktion des Abstandes	4
3	Auswertung	4
4	Diskussion	5
	Literatur	5

1 Theoretische Grundlage

Das Stefan-Boltzmann Gesetz verknüpft die abgestrahlte Leistung eines schwarzen Körpers mit seiner Temperatur. Im Idealfall ist das Emissionsvermögen $\varepsilon(\lambda, T)$ genauso groß wie dessen Absorptionsvermögen $A(\lambda, T)$. Dabei Reflektiert $R(\lambda, T)$ der Körper die Aufgenommene Energie in Form von Wellen und ändert seine Temperatur.

$$\varepsilon(\lambda, T) = A(\lambda, T) = 1 - R(\lambda, T) \quad (1)$$

Die Leistung die ein Körper abstrahlt, hängt von der Temperatur, der Wellenlänge und dem Raumwinkel Ω_0 ab und wird als

$$P(\lambda, T) = \frac{dP}{d\lambda} = \frac{2\pi c^2 h}{\Omega_0 \lambda^5} \left(\exp\left(\frac{ch}{k\lambda T}\right) - 1 \right)^{-1} \quad (2)$$

Planck'sches Strahlungsgesetz bezeichnet. Das Stefan-Boltzmann Gesetz beschreibt die Strahlungsdichte $P(T)$ bezogen auf die abgestalte Fläche und lautet

$$P(T) = \varepsilon \sigma T^4, \quad (3)$$

wobei σ die Stefan-Boltzmann Konstante ist und

$$\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}^4} \quad (4)$$

beträgt.

1.1 Fehlerrechnung

Sämtliche Fehlerrechnungen werden mit Hilfe von Python 3.4.3 durchgeführt.

1.1.1 Mittelwert

Der Mittelwert einer Messreihe x_1, \dots, x_n lässt sich durch die Formel

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N x_k \quad (5)$$

berechnen. Die Standardabweichung des Mittelwertes beträgt

$$\Delta \bar{x} = \sqrt{\frac{1}{N(N-1)} \sum_{k=1}^N (x_k - \bar{x})^2} \quad (6)$$

1.1.2 Gauß'sche Fehlerfortpflanzung

Wenn x_1, \dots, x_n fehlerbehaftete Messgrößen im weiteren Verlauf benutzt werden, wird der neue Fehler Δf mit Hilfe der Gaußschen Fehlerfortpflanzung angegeben.

$$\Delta f = \sqrt{\sum_{k=1}^N \left(\frac{\partial f}{\partial x_k} \right)^2 \cdot (\Delta x_k)^2} \quad (7)$$

1.1.3 Lineare Regression

Die Steigung und y-Achsenabschnitt einer Ausgleichsgeraden werden gegebenenfalls mittels Linearen Regression berechnet.

$$y = m \cdot x + b \quad (8)$$

$$m = \frac{\overline{xy} - \bar{x}\bar{y}}{\overline{x^2} - \bar{x}^2} \quad (9)$$

$$b = \frac{\overline{x^2y} - \bar{x}\overline{xy}}{\overline{x^2} - \bar{x}^2} \quad (10)$$

[1]

2 Durchführung und Aufbau

Im vorliegenden Versuch soll die Strahlungsleistung eines schwarzen Körpers als Funktion der Temperatur bestimmt werden. Als ein schwarzer Körper wird ein Objekt bezeichnet, welches die gesamte einfallende Strahlung absorbiert ($\varepsilon = 1$). Da der Körper sich im thermischen Gleichgewicht befindet, ändert er somit entweder seine Temperatur oder emittiert jegliche Strahlung wieder. Ein schwarzer Strahler ist jedoch nur ein idealisiertes Modell. Dem Modell am nächsten kommt ein Hohlkörper wie zum Beispiel ein Leslie-Würfel. Zur Eichung der Thermosäule nach Moll wird einmal am Anfang und am Ende der Messreihe die Offsetspannung gemessen um Temperaturdrifts in der Rechnung vernachlässigen zu können.

2.1 Strahlungsleistung als Funktion der Temperatur

Zuerst soll die Strahlungsleistung eines Leslie-Würfels welcher mit kochendem Wasser befüllt wird gemessen werden. Der Würfel hat 4 verschiedene Oberflächen von welchen das Absorptionsvermögen bestimmt werden soll. Dafür wird die Temperatur des Wassers innerhalb des Würfels mit einem Thermometer gemessen. Die Wärmestrahlung wird mittels einer Thermosäule nach Moll gemessen und in Abhängigkeit der Temperatur notiert. Es werden bei der Abkühlung des Wassers um 5°C jeweils ein Wertepaar für jede Seite des Würfels genommen bis sich das Wasser auf 35°C abgekühlt hat.

2.2 Strahlungsleistung als Funktion des Abstandes

Bei einer Temperatur zwischen $(40 - 45)^\circ \text{C}$ wird eine Strahlungsmessung in abhängigkeit des Abstandes durchgeführt. Dafür werden 10 hinreichend kleine Abstände gewählt und die Wärmestrahlung in Abhängigkeit des Abstandes gemessen. Dabei ist zu beachten, dass der Abstand zum Objekt nicht zu groß wird und so Störstrahlung in die Moll-Säule gelangen kann, wodurch die Messergebnisse verfälschet werden.

3 Auswertung

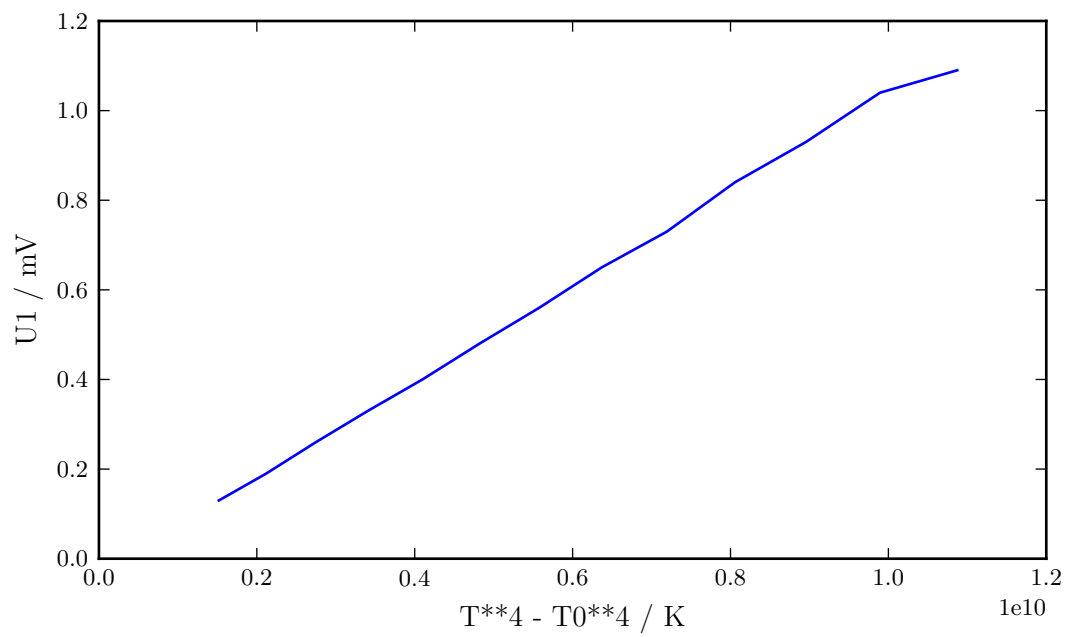


Abbildung 1: ThermospannungW

4 Diskussion

Literatur

- [1] TU Dortmund. *Versuch zum Literaturverzeichnis*. 2014.