

Atomphysik

Gruppe B14

Daniel Wendland

Philipp Bremer

Olexiy Fedorets

Jonathan Hermann

21. November 2017

Versuchsziele

- Verifizierung der T^4 -Abhängigkeit im Stefan-Boltzmann Gesetz
- Bestimmung der Emissionskoeffizienten eines Leslie-Würfels
- Feststellung, welche Seite am ehesten einem schwarzen Strahler gleicht

Gliederung

- ① Theoretische Grundlagen
- ② Versuchsaufbau
- ③ Versuchsdurchführung
- ④ Kalibration
 - ① 0°C , 100°C
 - ② Raumtemperatur T_0
- ⑤ Auswertung
 - ① lineare Regression an T^4
 - ② Bestimmung der Emissionskoeffizienten
 - ③ Fit an T^x
- ⑥ Fazit

Theoretische Grundlagen

- Plancksches Strahlungsgesetz

$$E_{\lambda,s} = 2 \cdot \pi \cdot \frac{h \cdot c^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{h \cdot c}{\lambda \cdot k \cdot T}} - 1}$$

- Stefan-Boltzmann Gesetz

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

- Emissionskoeffizient

$$\epsilon = \frac{P_{\text{gemessen}}}{P_{\text{ideal}}} = \frac{\frac{U_{\text{gemessen}} \cdot V}{c}}{A_{\text{sender}} \cdot \frac{A_{\text{empf.}}}{\pi r^2} \cdot \sigma \cdot (T_{\text{messung}}^4 - T_0^4)}$$

Versuchsaufbau

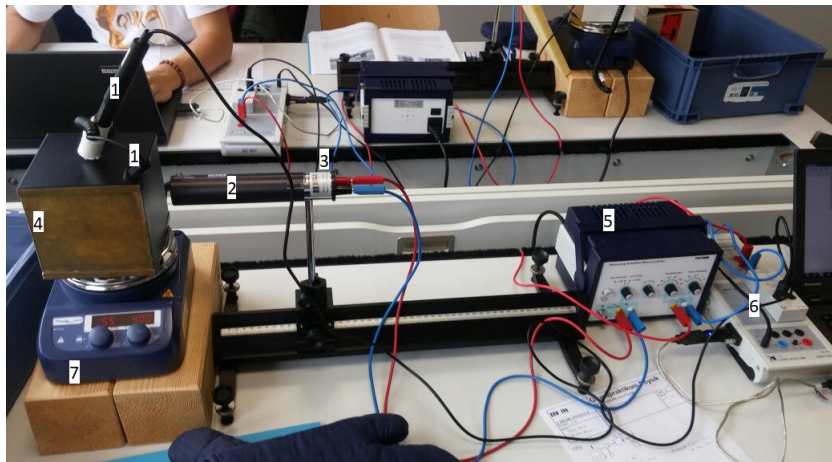


Abbildung 1: Versuchsaufbau

Versuchsdurchführung

- Messung der Umgebungstemperatur T_0 zu Beginn und am Ende des Versuchs
- Kalibration des Spannungsnulldpunkts am Verstärker
- Füllen des Würfels mit Wasser, erhitzen auf 50°C
- Messung der Temperaturstrahlung aller Seiten in 5°C -Schritten
- Rauschmessung von Temperatur und Spannung
- Zwischen jeder Messung Thermosäule auf Wand richten und abschirmen
- Einstellungen am Sensor-CASSY:

Messintervall	Messwertanzahl	Messzeit	U-Messbereich
50ms	125	6.25s	-10V... + 10V

Kalibration - 0°C, 100°C

- Messung der Referenztemperatur in Eis- und kochendem Wasser
- Umrechnung der gemessenen Werte in reale mit

$$T_{real} = m \cdot T_{gemessen} + n$$

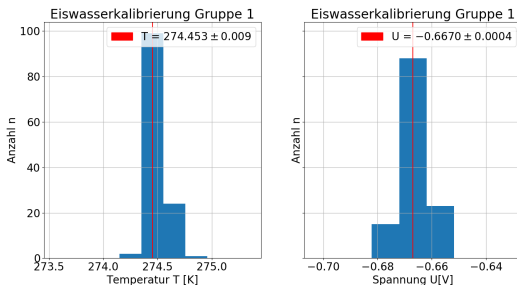


Abbildung 2: 0°C-Kalibration der Gruppe 1

Kalibration - T_0

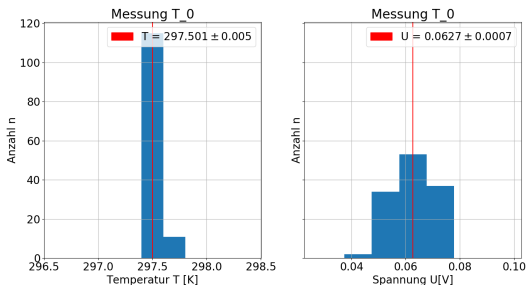


Abbildung 3: T_0 -Kalibration der Gruppe 1

- gemittelte Raumtemperatur:

Gruppe 1	Gruppe 2
$T_0 = (297.501 \pm 0.005)K$	$T_0 = (298.053 \pm 0.006)K$

Auswertung - lin. Regression an T^4

$$U(T) = a \cdot (T^4 - T_0^4) + b$$

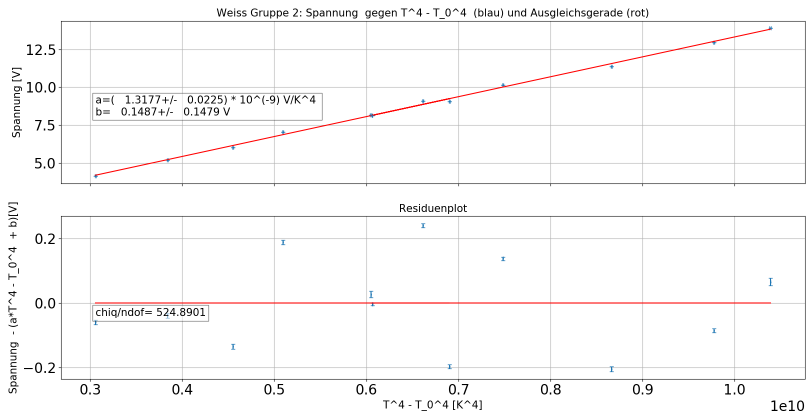


Abbildung 4: T^4 -Fit der Gruppe 2, weiße Seite

Auswertung - Emissionskoeffizienten

$$\epsilon = \frac{\frac{U \cdot v}{c}}{P_{ideal}} = a \cdot \frac{\pi \cdot r^2 \cdot v}{A_s \cdot A_e \cdot \sigma \cdot c}$$

$$\sigma_{\epsilon, stat} = \frac{vr^2\pi}{A_s A_e \sigma c} \cdot \sigma_a \quad \sigma_{\epsilon, sys} = \frac{avr^2\pi}{A_s A_e \sigma c^2} \cdot \sigma_c$$

Seite	Gruppe 1	Gruppe 2
Schwarz	$\epsilon = 0.905 \pm 0.005 \pm 0.027$	$\epsilon = 1.008 \pm 0.012 \pm 0.030$
Weiß	$\epsilon = 0.871 \pm 0.006 \pm 0.026$	$\epsilon = 0.965 \pm 0.017 \pm 0.029$
Messing	$\epsilon = 0.0602 \pm 0.0049 \pm 0.0018$	$\epsilon = 0.0702 \pm 0.0023 \pm 0.0021$
Spiegel	$\epsilon = 0.0399 \pm 0.0016 \pm 0.0012$	$\epsilon = 0.0442 \pm 0.0022 \pm 0.0013$

Tabelle 1: Emissionskoeffizienten $\epsilon \pm \sigma_{stat} \pm \sigma_{sys}$

	Seriennummer	Empfindlichkeit
Gruppe 1	120631	$c_1 = (0.160 \pm 0.0048) \frac{V}{W}$
Gruppe 2	130815	$c_2 = (0.221 \pm 0.0066) \frac{V}{W}$

Tabelle 2: Empfindlichkeiten der verwendeten Thermosäulen

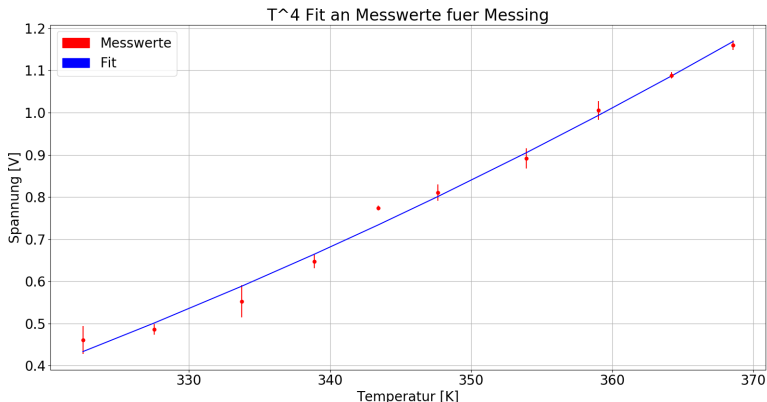
Auswertung - Emissionskoeffizienten

$$\epsilon_{rel} = \frac{\epsilon_i}{\epsilon_{Schwarz}} \quad \sigma_{\epsilon_{rel}} = \sqrt{\left(\frac{\epsilon_i}{\epsilon_{Schwarz}^2} \cdot \sigma_{\epsilon, Schwarz}\right)^2 + \left(\frac{1}{\epsilon_{Schwarz}} \cdot \sigma_{\epsilon, i}\right)^2}$$

Relativwerte	Gruppe 1	Gruppe 2
Weiß	$\epsilon_{rel} = 0.956 \pm 0.011 \pm 0.041$	$\epsilon_{rel} = 0.957 \pm 0.020 \pm 0.040$
Messing	$\epsilon_{rel} = 0.069 \pm 0.005 \pm 0.030$	$\epsilon_{rel} = 0.070 \pm 0.012 \pm 0.030$
Spiegel	$\epsilon_{rel} = 0.044 \pm 0.005 \pm 0.030$	$\epsilon_{rel} = 0.044 \pm 0.012 \pm 0.030$

Tabelle 3: Relativwerte der Emissionskoeffizienten

Auswertung - Fit an T^x



$U = p_0 + p_1 \cdot T^{p_2}$	p_0	p_1	p_2
Gruppe 1 / Weiß	$(-7.0 \pm 1.5) V$	$(1.5 \pm 4.4) \cdot 10^{-9} \frac{V}{K^4}$	3.9 ± 0.5
Gruppe 2 / Messing	$(-0.7 \pm 0.7) V$	$(0.4 \pm 4.3) \cdot 10^{-9} \frac{V}{K^4}$	3.8 ± 1.9

Auswertung - Fazit

- Zusammenhang des Stefan-Boltzmann Gesetzes konnte bestätigt werden, χ^2/ndf sind allerdings zu groß aufgrund von zu kleinen Fehlern
- Fehler auf Emissionskoeffizienten wahrscheinlich zu klein, Werte der Gruppe 2 für schwarz und weiß sind unrealistisch
- Schwarze Seite gleicht wie erwartet am ehesten einem schwarzen Strahler
- 4er-Potenz im Stefan-Boltzmann Gesetz konnte annähernd bestätigt werden (aber mit hoher relativer Unsicherheit)