Physikpraktikum II

Versuch „Strahlungsgesetze“

von

David Geib
Roland Steffen

Versuch 1: Messungen mit dem Leslie’schen Strahlungswürfel

Wir haben den Versuch, wie im Script beschrieben, aufgebaut und mit ca. 50°C heißem Wasser gefüllt. Anschließend wurde die Wärmeabstrahlung des Würfels, an seinen verschieden Seiten, mit einer Thermosäule in ca. 2cm Abstand gemessen. Die von der Thermosäule gemessene Thermospannung U_{th} wird in der folgenden Tabelle dargestellt.

T [°C]	U [mV]	Farbe
50	1,24	schwarz
50	1,24	weiß
50	0,15	matt
50	0,0057	glanz

Bei der schwarzen und weißen Oberfläche ist die Abstrahlung gleich, weil die Oberfläche für die Wärmestrahlung die gleiche Farbe hat. Die Wärmestrahlung befindet sich nicht im sichtbaren Spektralbereich, so dass die erste Vermutung, dass die weiße Oberfläche geringer strahlt als die Schwarze, sich als falsch erweist.
Die matte und glänzende Oberfläche unterscheiden sich nur in ihrer Rauhigkeit der Oberfläche. Durch die größere Oberfläche der matten Seite kann mehr Wärmestrahlung abgegeben werden.
Die metallische und farbige Oberfläche haben einen unterschiedlichen Absorptions- und Emissionsgrad. Die metallische Oberfläche reflektiert wesentlich mehr Strahlung als die Schwarze, weswegen sie einen niedrigeren Absorptionsgrad hat. Da der Absorptionsgrad gleich dem Emissionsgrad ist, muss die metallische Oberfläche auch einen niedrigeren Emissionsgrad haben.
Der Absorptionsgrad der einzelnen Oberflächen ist in folgender Tabelle gegenüber der schwarzen Oberfläche dargestellt.

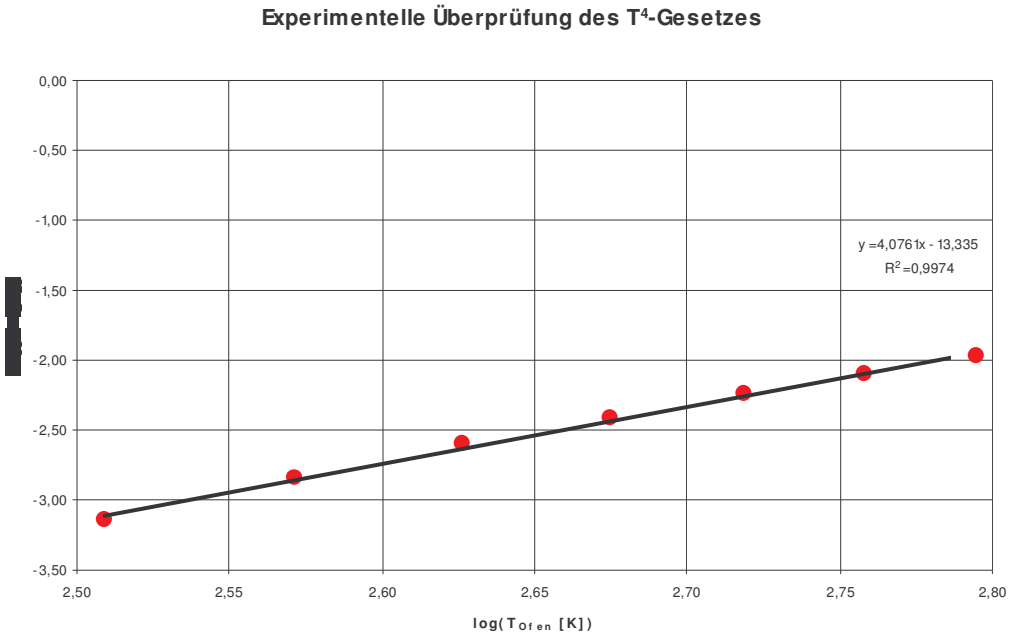
Farbe	U [mV]	α [%]
Schwarz	1,24	100
Weiß	1,24	100
Matt	0,15	12
Glanz	0,0057	0,46

Als spezifische Ausstrahlung M_e, bei einer Umgebungstemperatur von 25°C und einer Wassertemperatur von 50°C, ergibt sich:

$$M_e = \sigma \cdot T^4 = 5{,}67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4} \cdot (325^4 - 300^4) K^4 = 173{,}31 \frac{W}{m^2}$$

Versuch 2: Experimentelle Überprüfung des T^4-Gesetzes

Wir haben die Proportionalität der Strahlungsleistung eines schwarzen Körpers zur vierten Potenz der Temperatur nachgewiesen. Als schwarzer Körper diente die geschwärzte Innenwand eines elektrisch beheizten Rohrofens. Die Strahlungsleistung wird dabei mit Hilfe einer Thermosäule gemessen. Eine Lochblende verhinderte das Einwirken von Streustrahlen in den Versuch.



T_{ofen} [°C]	U_{th} [mV]	log(T_{ofen} [K])	log(U_{th} [V])
21	0	2,47	
24	0,019	2,47	-4,72
50	0,216	2,51	-3,67
100	0,724	2,57	-3,14
150	1,45	2,63	-2,84
200	2,48	2,67	-2,61
250	3,85	2,72	-2,41
300	5,64	2,76	-2,25
350	7,94	2,79	-2,10
400	10,84	2,83	-1,96

Durch das Logarithmieren des Stefan-Boltzmann-Gesetz erhält man folgende Geradengleichung:

$$M_e = \sigma \cdot T^4 \Rightarrow \log(M_e) = 4 \cdot \log(T) + \log(\sigma)$$

für $M_e \sim U_{th}$ ergibt sich:

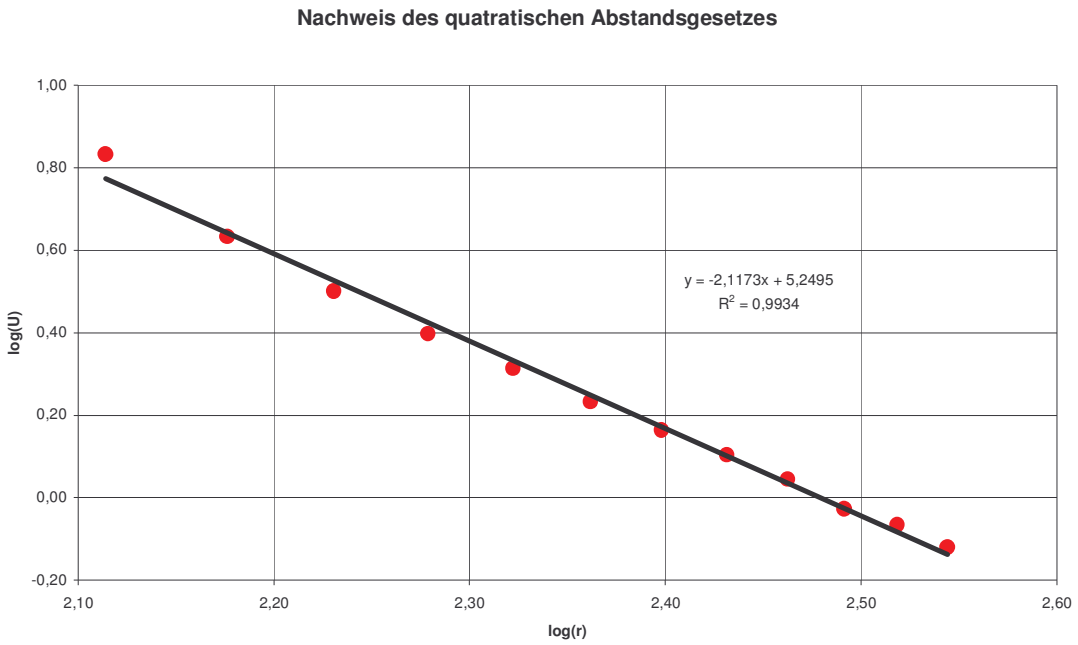
$$\log(b \cdot U_{th}) = 4 \cdot \log(T) + \log(\sigma) \Rightarrow \log(U_{th}) = 4 \cdot \log(T) + \log(\frac{\sigma}{b})$$

Für eine Ausgleichsgerade durch die Messwerte von 50°C bis 400°C erhält man eine Steigung m = 4,076, was somit den Exponenten der Temperatur T im Stefan-Boltzmann-Gesetz widerspiegelt. Das Ergebnis stimmt aber nur so genau, wenn man die ersten beiden Messwerte nicht berücksichtigt.

Versuch 3: Nachweis des quadratischen Abstandsgesetzes

Wir haben die Thermospannung an der Thermosäule bei größer werdendem Abstand zum Ofen gemessen. Der Messaufbau erfolgte wie im vorigen Versuch. Die Messergebnisse sind im Folgenden dargestellt.

r [mm]	U_{th} [mV]	T [°C]
300	6,80	396
280	4,30	385
260	3,17	386
240	2,50	387
220	2,06	388
200	1,71	388
180	1,46	387
160	1,27	385
140	1,11	384
120	0,94	382
100	0,86	382
80	0,76	382



Durch logarithmieren der Messwerte entsteht im Diagramm eine Gerade, so das die Steigung der Geraden den Exponenten 2 darstellen sollte. Die Abweichung vom idealen Wert liegt wohl in unseren Messfehlern begründet und wir können sagen, dass das Gesetz seine Richtigkeit hat.