

TU Dortmund

# V207 - Das Stefan-Boltzmann Gesetz

Markus Stabrin  
markus.stabrin@tu-dortmund.de

Kevin Heinicke  
kevin.heinicke@tu-dortmund.de

Versuchsdatum: 4. Dezember 2012

Abgabedatum: 11. Dezember 2012

# 1 Einleitung

In diesem Versuch wird mit Hilfe des Stefan-Boltzmann Gesetzes das Absorptions- und Emissionsvermögen verschiedener Oberflächen untersucht.

## 2 Theorie

Jeder Körper strahlt Wärme in Form von infraroter Strahlung ab oder absorbiert sie. Wie gut die Wärme aufgenommen oder abgegeben werden kann wird durch das Emissionsvermögen  $\epsilon$ , beziehungsweise das Absorptionsvermögen  $A$  beschrieben. Die Größen  $\epsilon$  und  $A$  nehmen dabei Werte zwischen 0 und 1 an und hängen hauptsächlich von der Temperatur  $T$  des Körpers und der Wellenlänge  $\lambda$  der Strahlung ab. Ein Wert  $\epsilon = A = 1$ , bedeutet, dass die gesamte Energie abgestrahlt wird. Man bezeichnet den Körper dann als Weißen Körper. Bei einem Wert 0 strahlt der Körper keine Energie ab und er heißt Schwarzer Körper. Eingestrahlte Energie wird dementsprechend bei  $A = 1$  völlig absorbiert und bei  $A = 0$  reflektiert. Es gilt

$$\epsilon(\lambda, T) = A(\lambda, T) = 1 - R(\lambda, T).$$

Dabei bezeichnet  $R$  das Reflexionsvermögen.

Die Extremfälle  $\epsilon = 0$  und  $\epsilon = 1$  treten in der Realität jedoch nicht auf. Man erreicht jedoch annähernd Schwarze Körper, indem man einen Hohlraum mit nur einer kleinen Öffnung benutzt. Strahlung kann hier eintreten und wird im Inneren mehrfach reflektiert, wobei jedes Mal ein Teil der Energie absorbiert wird.

Alle Körper, die ein Emissionsvermögen  $< 1$  besitzen nennt man Graue Körper.

### 2.1 Planck'sches Strahlungsgesetz

Die von einem Körper abgestrahlte Leistung  $P$ , die sich über einen bestimmten Raumwinkel  $\Omega_0$  verteilt, lässt sich durch das Planck'sche Strahlungsgesetz beschreiben:

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

Hierbei ist  $k$  die Boltzmann-Konstante,  $c$  die Lichtgeschwindigkeit und  $h$  die Planck-Konstante.

Es lässt sich erkennen, dass sich das Maximum der Leistung für höhere Temperaturen  $T$  zu geringen Wellenlängen  $\lambda$  verschiebt und immer spitzer wird. Durch numerische Lösung der Gleichung

$$\frac{\partial P(\lambda, T)}{\partial \lambda} = 0$$

folgt für die Wellenlänge  $\lambda_{\max}$  der maximal abgestrahlten Leistung  $P_{\max}$  bei einer bestimmten Temperatur  $T$ :

$$\lambda_{\max} T = 2897,8 \mu\text{m K}.$$

## 2.2 Stefan-Boltzmann Gesetz

Integriert man  $P(\lambda, T)$  über alle Wellenlängen, erhält man das Stefan-Boltzmann Gesetz. Es beschreibt die gesamte abgestrahlte Leistung in Abhängigkeit der Temperatur:

$$P(T) = \epsilon \sigma T^4.$$

Wobei die Stefan-Boltzmann Konstante  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}^4}$  nicht zu verwechseln ist mit der Boltzmann-Konstante  $k$ .

## 3 Aufbau und Durchführung

Um das Emissionsvermögen zu bestimmen, kann die abgetrahlte Leistung eines Körpers gemessen werden. Der gesuchte Wert  $\epsilon$  ergibt sich dann aus einer linearen Regression aus den Messwerten in der Gleichung (2.2).

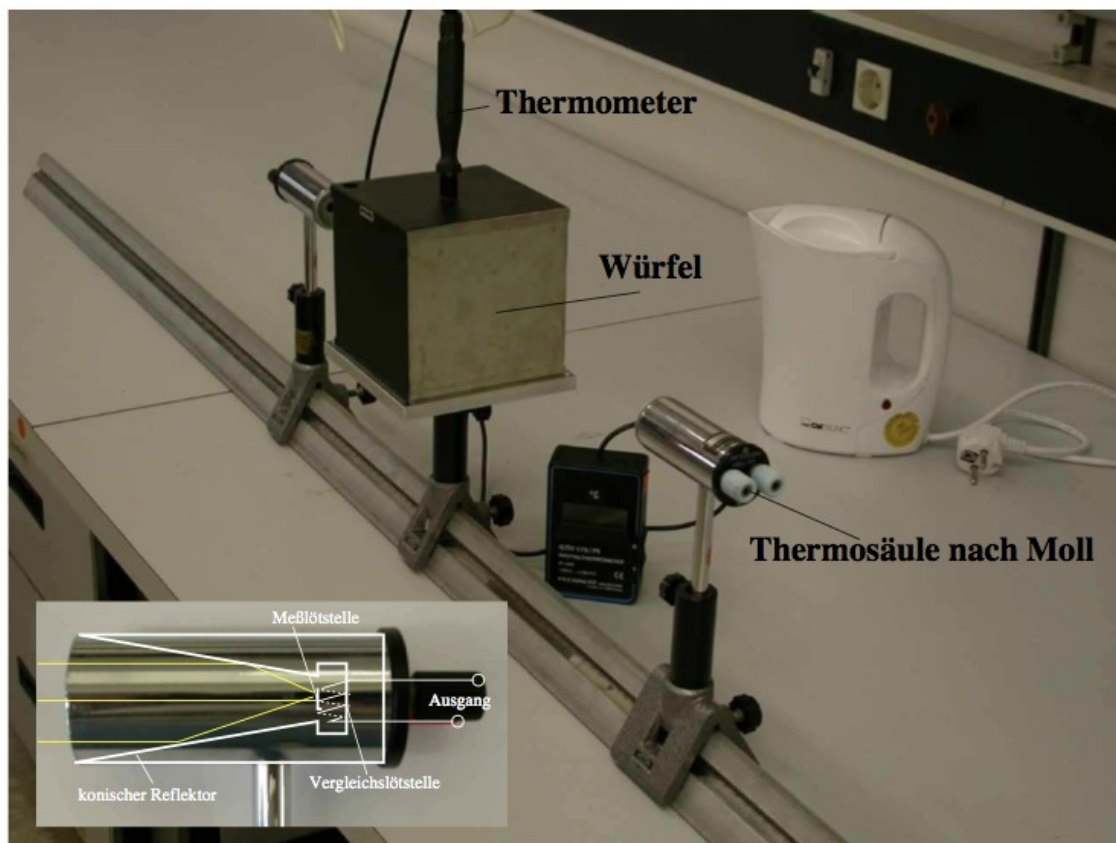


Abbildung 1: Versuchsaufbau

In diesem Versuch wird ein Würfel mit kochendem Wasser befüllt. Vier Seiten des Würfels bestehen aus verschiedenen Materialien, wodurch jeweils ein Körper mit unterschiedlichen

Emissionsvermögen simuliert wird. Einen solchen Würfel nennt man auch Leslie-Würfel. Ein Teil der abgestrahlten Leistung  $P$  wird mit Hilfe einer Thermosäule nach Moll gemessen.

Dieses Gerät liefert durch ein Thermoelement eine Spannung, die proportional zur abgestrahlten Wärme der gegenüberliegenden Oberfläche ist. Das Thermoelement ist durch einen Zylinder mit kegelförmiger Öffnung umgeben. Es ist darauf zu achten, dass das Gehäuse nicht berührt wird, da die Referenztemperatur des Thermoelements in diesem gemessen wird und schon kleine Schwankungen die Messwerte verfälschen.

Abbildung 1 zeigt den Versuchsaufbau.

## **4 Auswertung**

## **5 Diskussion**

### **Literatur**