

## Hinweis

Die vorliegende Zusammenfassung wurde im Rahmen der jeweiligen Lehrveranstaltung an der Universität Bonn erstellt. Sofern im oberen Teil der ersten Seite oder auf der unten angegebenen Webseite nicht anders vermerkt, wurde diese Zusammenfassung von mir, Marvin Zanke, alleine angefertigt. Für mehr Informationen und meine gesamten Unterlagen, siehe:

<https://www.physics-and-stuff.com/>

**Ich erhebe keinen Anspruch auf Richtigkeit und Vollständigkeit der vorliegenden Zusammenfassung!**

Dieses Werk von [Marvin Zanke](#) ist lizenziert unter einer [Creative Commons Namensnennung – Nicht-kommerziell – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz](#).

# 07.04.16 Wärmestrahlung

• Wärmestrahlung von (schwarzen) Körpern / Strahlern; Zusammenhang Temperaturstrahlung; Stefan-Boltzmann-Gesetz bestätigen; Oberflächenbeschaffenheit von Körpern und Einfluss auf Strahlung

Temperaturstr./Wärmestr.: e.m. Strahlung; vom Körper ausgehend, von Temp. abhängig

Schw. / grauer Körper: Schw. Körper absorbiert e.m. Str. bel.  $\lambda$  voll.  $\rightarrow$  schwarzer Körper hat  $A < 1$ , aber wellenlängeunabhängig

Hohlraumstrahlung: e.m. Strahlung innerhalb abg. Hohlraum: homogen, isotrop, unpolarisiert, unabhängig von Beschaffenheit der Wände

Emissions-, Absorptions- und Reflexionsvermögen

$E(\lambda, T)$ : Maß für Emission e.m. Str. von Körper

$A(\lambda, T)$ : absorbierte Intensität;  $R(\lambda, T)$ : Reflexion von einfallender Str.

Kirchhoffsche Gesetze: Zusammenhang Emission / Absorption eines realen Körpers im

thermischen Gleichgewicht:  $f(\lambda, T) = \frac{E_{\lambda}(\lambda, T)}{A_{\lambda}(\lambda, T)} = \frac{E_{\pi}(\lambda, T)}{A_{\pi}(\lambda, T)}$

Strahlungsgesetze: Planck: W.W. e.m. Str.feld mit schw. Körper in Form von Quanten

$$E_{\lambda}(\lambda, T) = \frac{2\pi h c^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1}$$

$h$ : Plancksche W. quantum  
 $k$ : Boltzmann konst

Rayleigh-Jeans: Str.intensität schw. Körper in Abh. Wellenlänge (große)

$$hc / \lambda kT \ll 1 \Rightarrow B_{\lambda}(T) = \frac{2ckT}{\lambda^5}$$

Wien: Näherung kleine Wellenlängen:  $\frac{hc}{\lambda kT} \gg 1$   
 $\Rightarrow B_{\lambda}(T) = e^{-\frac{hc}{\lambda kT}} \cdot \frac{2hc^2}{\lambda^5}$

Stefan-Boltzmann: abgestrahlte Leistung in Abh. von Temp. (Schw. Körper!)

$$P = \sigma \cdot A \cdot T^4, \quad \sigma: \text{St.-B. konst}; A: \text{beschl. schw. k.}$$

Wien'sches Versch.gesetz: Wellenlänge bei der Körper mit Temp  $T$  Str. max hat (max Int.)

$$\lambda_{\text{max}} \cdot T = 2,8978 \cdot 10^{-3} \text{ mK}$$

Thermosäule: Wandelt H. Energie  $\rightarrow$  elektr. Energie (Umkehr in Richt. gesch. Thermoelement) (Thermoelement)

Thermoelement: 2 Leiter, unterschiedl. Material, elektr. verbunden; Thermoelectr. Effekt:  
Wärme  $\rightarrow$  elektr. Energie; Spannung  $\propto$  direkt abhängig von Temp. diff

Thermoelektrizität: Temperaturgefälle entlang metallischen Leiter  $\rightarrow$  Thermospannung (Seebeck-Effekt)

Peltier-Effekt: elektr. Stromfluss  $\rightarrow$  Änderung Wärmestrom; Strom I an Kontakt  $\rightarrow$  Wärmequelle

Durchführung:

Erster Teil: Leuchte Urzettel mit heißen Wasser  $\rightarrow$  messen Wärmestrahlung (Strahlungsfluss (Abstand))  
mit Thermosäule; 4 verschiedene Seitenflächen  $\rightarrow$  Stefan-Boltzmann überprüfen  
Ansprechzeit der Thermosäule berechnen und Offset.

Zweiter Teil: Abstrahlung Halogenlampe in Abh. Glühwendeltemp. und Abstand Det.

$\rightarrow$  Stefan Boltzmann; abgestr. Leistung, Temperatur über Widerstand

Zusatz: Temperatur numerisch (Integration Planck-Gesetz für 2 Spektralbereiche)

Ergebnisse:

• Ansprechzeit bestimmt über Zeit (90%) die Thermosäule braucht bis max. Wert erreicht  $\approx 40s$

Spannung nach 40s und Temperatur für jede Seite des Würfels (10 Messwerte)

Sensitivität des th. elektr. Elements, Verstärkung Messverstärker

gemessenes Offset aus vor und nach Messung

Kelvin:  $T_{K} = T_{C} + 273,15$

• Temperatur und über Spannung (+ Verstärkung und Sensitivität)  $\rightarrow$  Intensität (W/F)

$T^4 - T_0^4$  gegen W/F: Am meisten Intensität: White Body; Black Body; Gray matt; Gray glänzend

kanne schwarze Körper  $\rightarrow$  deutlich weniger emittiert bei realen Körpern ( $\epsilon$  klein)

nur in kleinen Temperaturbereichen linear ( $\epsilon$  sagt  $\epsilon$  nicht konst?)

Weiß und schwarz Körper etwa gleich großes  $\epsilon$ ; Oberflächenbeschaffenheit nur im opt. Bereich  
weiß emittiert absorbiert besser als schwarz; dann matt-grau und dann matt glänzend weil am meisten reflektiert  $\Rightarrow \epsilon = 1 - A$  (damit auch emittiert).

• Abstand r gegen Intensität W/F  $\rightarrow$  quadratisch; Temperatur über Ohmschen Widerstand der Lampe (Glühwendel, Wolfram) mit Taylor-Entw. bestimmt ( $R = \frac{U_L}{I_L}$ )

Wobei andere Spannungsabfälle vernachlässigt ( $R_0$  anfangs gemessen) ( $d, R$  mit abh. geg.) (logarithmisch)

Thermoelement  $\epsilon \approx 0,0007$  für Lampe: Fehler z.B.: Anzeige exakte Spannung/Str. f.; Anschluss Geräte in eint. Form