

Teil I

Wärmestrahlung

1 Allgemeines

Elektronen-Niveau-Übergänge

- Absorption eines Photons (Heben eines e^- um $\Delta E = hf$)
- Emission (spontan) eines e^- (Rückfall um $\Delta E = hf$)
- Emission (induziert) eines e^- durch ein anderes e^- (LASER)

Jeder Körper mit $T > 0K$ emittiert Strahlungsenergie \dot{Q}_{str}

$$\dot{Q}_{str} = const T^4$$

stationärer Zustand eines Körpers (Strahlungsgleichgewicht)

Abstrahlung = Zustrahlung

Strahlungsgleichgewicht: bei gleichbleibender Temperatur wird genauso viel Strahlung absorbiert wie ausgesendet.

$$\dot{Q}_{str} = A_{q_{str}} \quad q_{str} \sim T^4$$

Netto - Strahlungsaustausch zwischen zwei Flächen

$$\dot{Q}_{str} = C_{1-2} (T_1^4 - T_2^4)$$

C_{12} → Strahlungsausgleichkoeffizient

C_{12} für zwei (praktische) Fälle:

- 1) zwei planparallele Platten
- 2) kleine strahlende Flächen in großer Hüllfläche

Anteile: Reflektion + Absorption + Transmission = 1
 Grade: ϱ + α + τ = 1

Emissionsgrad ϵ Maßzahl für das Vermögen Infrarotstrahlung auszusenden
 Absorptionsgrad α Maßzahl für das Vermögen Infrarotstrahlung aufzunehmen
 Transmissionsgrad τ Maßzahl für das Vermögen Infrarotstrahlung hindurchzulassen
 Reflektionsgrad ϱ Maßzahl für das Vermögen Infrarotstrahlung zu reflektieren

$$\alpha = \epsilon \quad \alpha + \tau + \varrho = 1$$

Eine Fläche / ein Körper ist: farbig
 → bestimmte λ werden bevorzugt ...
 absorbiert, reflektiert bzw. durchgelassen

Eine Fläche / ein Körper ist: grau
 → alle λ werden gleich stark...
 absorbiert, reflektiert bzw. durchgelassen

Φ_e Strahlungsfluss, Strahlungsleistung

$$\Phi_e = \frac{dE}{dt} = \frac{\text{Strahlungsenergie}}{\text{Zeit}}$$

$$[\Phi_e] = W$$

I_e Strahlstärke

Strahlungsfluss je Raumwinkelement
 (Ausstrahlungsleistung je $d\Omega$)

$$I_e = \frac{d\Phi}{d\Omega}$$

$$[I_e] = \frac{W}{sr}$$

$L_{e,\lambda}$ Spektrale Strahldichte

$$L_{e,\lambda} = \frac{dL_e}{d\lambda}$$

Das Produkt $L_e = L_{e,\lambda} \cdot d\lambda$ ist die im Intervall $d\lambda$ emittierte Leistung pro m^2 der strahlenden Fläche und pro Raumwinkelelement.

$$[L_e] = \frac{W}{sr \cdot \mu m \cdot m^2}$$

 M_e Spezifische Ausstrahlung

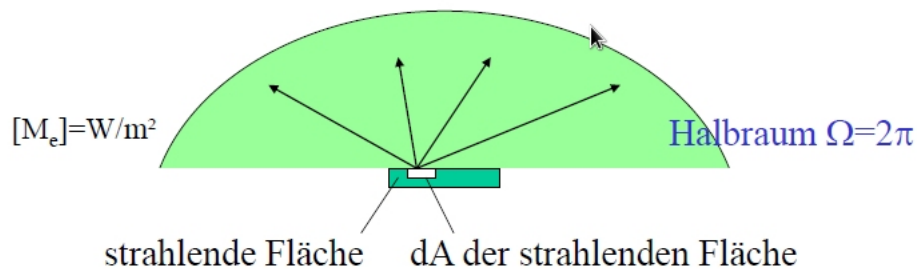
$$M_e = \frac{dL_e}{d\lambda}$$

M_e = Strahlungsfluss in den Halbraum $\Omega = 2\pi sr$ je strahlende Fläche dA

(gültig für Sender)

 M_e Spezifische Ausstrahlung (gilt für Sender)

$M_e = dI_e/dA$ Strahlungsfluss in den Halbraum $\Omega=2\pi sr$
je strahlende Fläche dA

 **$M_{e,\lambda}$ Spektrale spezifische Ausstrahlung**

analog zu $L_{e,\lambda}$: $M_{e,\lambda} = dM_e/d\lambda$

2 Schwarzer Strahler (Schwarzer Empfänger und Schwarzer Strahler)

Schwarzer Körper: hypothetische Modellkörper (Modellfläche) geeignet für Diskussion der Strahlungsge

für Verständnis günstig:

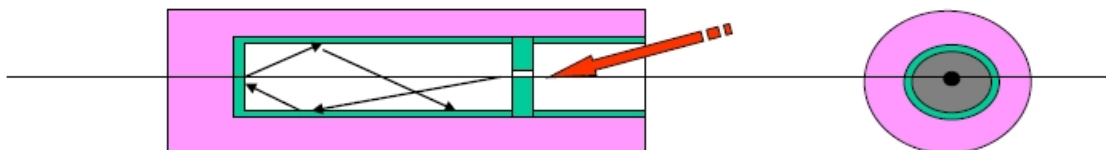
Unterscheidung von

Schwarzer Empfänger

Schwarzer Strahler

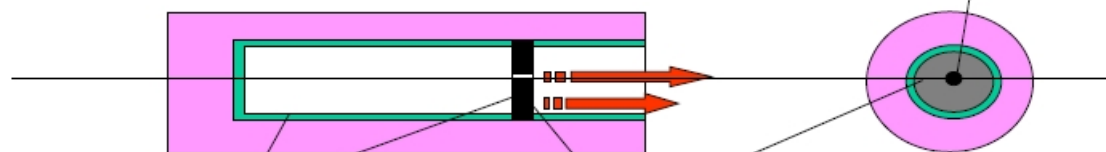
WÄRMESTRAHLUNG / TEMPERATURSTRAHLUNG Schwarzer Körper

Schwarzer Körper als **Schwarzer Empfänger**



Die Einfallende Strahlung wird zu 100% absorbiert

Schwarzer Körper als **Schwarzer Strahler**

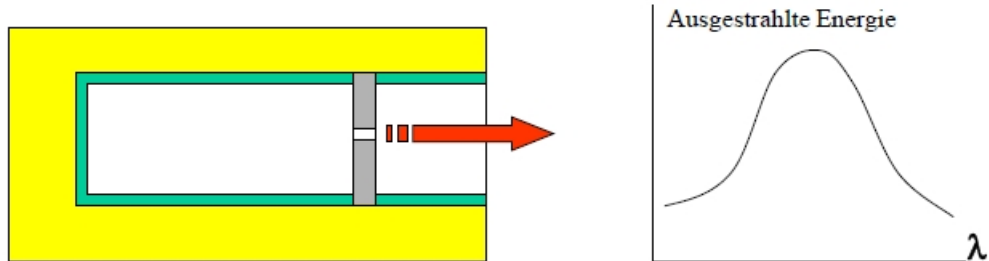


Heizung : T const

Geschwärztes Kupfer (gleiche Temp.)

$E_{\text{abgestrahlt / Schw. Strahler}} > E_{\text{ab / beliebiger anderer Körper gleicher Temp.}}$

Schwarzer Strahler / Hohlraumstrahler



**Sendet alle Wellenlängen λ in Form einer kontinuierlichen Verteilung aus.
Die Temperatur T bestimmt, welche λ mehr bzw. weniger vertreten sind.**

Die abgestrahlte Energie ist nicht monochromatisch, sondern beinhaltet ein breites λ -Spektrum

Die abgestrahlte Energie (summiert über alle λ) ist $\sim T^4$

Das Maximum der Strahlung verschiebt sich mit steigender T zu kleineren Wellenlängen $\lambda_{\max} \cdot T = 0,2898 \text{ cm K}$ (Max Wien)

Im Spektrum des schwarzen Strahlers sind in unterschiedliche Wellenlängen unterschiedliche Energiemengen vorhanden.

Eigenschaften des Schwarzen Strahlers:

- Seine Strahlung ist unabhängig vom Material
- Die abgestrahlte Energie ist nicht monochromatisch, sondern beinhaltet ein breites λ -Spektrum
- Die abgestrahlte Energie (summiert über alle λ) ist proportional zu T^4
- Das Maximum der Strahlung verschiebt sich mit steigender Temperatur T zu kleineren Wellenlängen $\lambda_{\max} \cdot T = 0,2898 \text{ cmK}$ (Max Wien)

Die Frage, **welche Frequenz mit welcher Energie** tritt aus dem Loch des Schwarzen Strahlers aus, führt zum

PLANCKschen STRAHLUNGSGESETZ

Spektrale Strahldichte in den Raumwinkel Ω_0

$$L_{e,\lambda} = L_{e,\lambda}(\lambda, T) = \frac{c_1}{\lambda^5 (e^{c_2/\lambda T} - 1)} \Omega_0$$

Spektrale Ausstrahlung in den Halbraum $\Omega=2\pi$

$$M_{e,\lambda} = M_{e,\lambda}(\lambda, T) = \frac{c_1}{\lambda^5 (e^{c_2/\lambda T} - 1)}$$

