

## INFOBOX

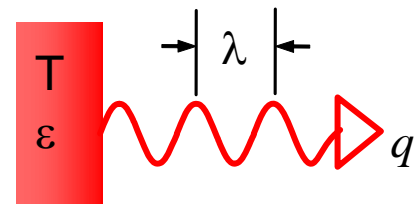
### Basiswissen Thermische Strahlung

Jede Körperoberfläche strahlt Energie in Form von elektromagnetischer Strahlung (elektromagnetischer Wellen) aus. Diese thermische Strahlung wird als Wärme- oder Temperaturstrahlung, gelegentlich auch als Ausstrahlung des schwarzen Körpers bezeichnet.

Zur elektromagnetischen Strahlung gehören auch Rundfunk, Radar, Röntgen, usw.

Die Kenngrößen der Strahlung sind:

- die Wellenlänge  $\lambda$  in  $m$  bzw.  $\mu m$
- die Energiestromdichte  $q$  in  $W/m^2$



Die wichtigsten Strahlungsquellen in der Bauphysik sind:

- Oberflächen mit "normaler" Temperatur (ca. 300 K) wie Wände, Decken, Möbel, Menschen; in der Umgebung: Häuser, Bäume, Wolken
- besonders kalt ist der klare Himmel (250 K)
- besonders warm sind Heizkörper (350 K)
- heiß sind Flammen, Glühwendel (bis 3.000 K)
- noch heißer ist die Sonnenoberfläche (6.000 K)

#### Energiestromdichte

Die Intensität der Ausstrahlung (Energiestromdichte) hängt nur von der **Temperatur** und der **Oberfläche** des ausstrahlenden Körpers ab.



Bild: Tonschalen im Keramikofen  
heiße Stellen: Gelbglut ca. 1.200°C

Es gilt das Gesetz der Herren Stefan und Boltzmann (um 1880)

$$q = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4$$

$q$  Energiestromdichte (Wärmestromdichte) in  $W/m^2$

$\varepsilon$  **Emissionsgrad** (Emissionsvermögen, Emissivität) der Oberfläche

$\sigma$  **Stefan-Boltzmann-Konstante**:  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} W/(m^2 K^4)$

$T$  Temperatur in K

*Beispiel*:  $\varepsilon=0,9$ ;  $T=300 K$ :  $q = 0,9 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} W/m^2 K^4 \cdot (300 K)^4 = 413 W/m^2 = 0,4 kW/m^2$

### Wellenlänge

Die Ausstrahlung erfolgt nicht nur bei einer Wellenlänge, sondern in einem Wellenlängenbereich; d.h. die Intensität der Strahlung hängt von der Wellenlänge ab:

→ Spektrum der Strahlung.

Einen Teil des elektromagnetischen Spektrums können wir Menschen "sehen", dieser Bereich von ca. 0,38 µm bis 0,78 µm wird als "Licht" bezeichnet und die Wellenlängen als "Farbe".



Bild: Reflexion von Sonnenlicht an einer Compact-Disk (CD)

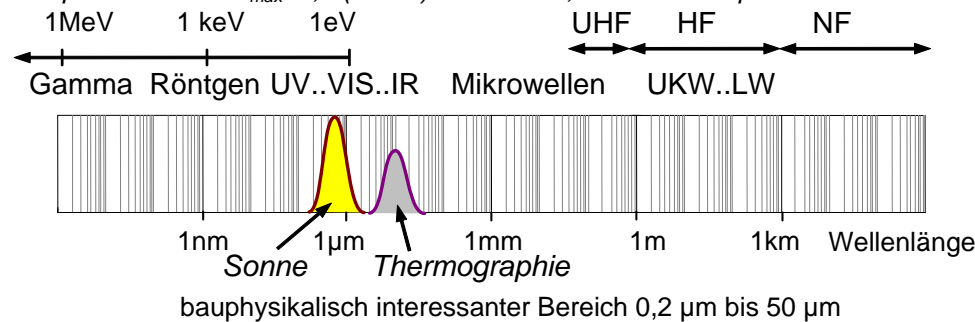
Der Wellenlängenbereich, in dem Strahlung abgestrahlt wird, hängt nur von **Temperatur** ab. Die Wellenlänge bei der die Intensität maximal ist, berechnet sich nach dem Gesetz des Herrn Wien (daher Wien'sches Verschiebungsgesetz):

$$\lambda_{\max} = \frac{2,9 \text{ (mm} \cdot \text{K)}}{T}$$

$\lambda_{\max}$  Wellenlänge bei maximaler Intensität

$T$  Temperatur in K

Beispiel:  $T=300 \text{ K}$ :  $\lambda_{\max} = 2,9 \text{ (mm K)} / 300 \text{ K} = 0,010 \text{ mm} = 10 \text{ } \mu\text{m}$



### Emissionsgrad

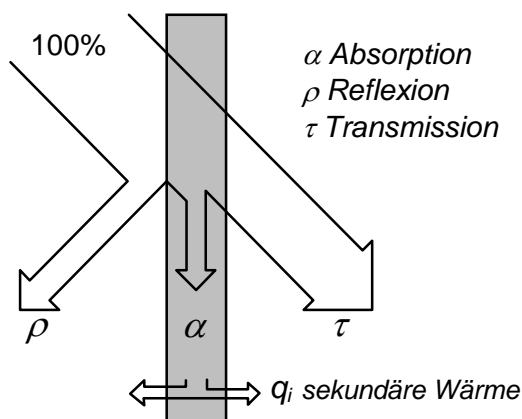
Der Emissionsgrad einer Oberfläche hängt von der Art der Oberfläche und von der Temperatur ab. In der Bauphysik liegt die Temperatur um 300 K. Deshalb genügt meist die Angabe des Emissionsgrades bei 300 K bzw. bei Raumtemperatur. Wie die folgende Tabelle zeigt, liegt der Emissionsgrad bei 300K mit Ausnahme metallischer Oberflächen für alle Stoffe um etwa 0,9. Die abgestrahlte Leistung liegt damit bei 400 W/m<sup>2</sup>.

Emissionsgrad einiger Oberflächen (bei ca. 300 K)	$\varepsilon$
Silber poliert	0,03
Aluminium, pressblank	0,05
Eisen verzinkt	0,25
Glas	0,84
Holz, Dachpappe, Papier, Kunststoffe	0,90
Beton, Ziegel, Mauerwerk, Putz	0,93
Ölfarbe weiß, Ölfarbe schwarz glänzend	0,90
Ölfarbe schwarz matt	0,97

Körper mit maximalem Emissionsgrad  $\varepsilon = 1$  heißen "schwarz" bzw. "schwarzer Körper" und die Temperaturstrahlung daher auch "Strahlung des schwarzen Körpers".

### Einstrahlung, Transmission und Reflektion

Fällt Strahlung von außen auf die Oberfläche eines Körpers (Einstrahlung), so kann diese reflektiert oder absorbiert werden. Ist das Material "durchsichtig", so wird auch Strahlung transmittiert. Ein Material bzw. eine Oberfläche wird durch das Absorptions- und Reflektionsvermögen (kurz Absorption und Reflexion) und eventuell die Transmission charakterisiert. Diese Eigenschaften hängen von der **Wellenlänge** der Strahlung ab.



Der Energieerhaltungssatz fordert:

$$\alpha_\lambda + \rho_\lambda + \tau_\lambda = 1$$

Der 2. Hauptsatz fordert  
(Kirchhoff'sches Strahlungsgesetz)

$$\alpha_\lambda = \varepsilon_\lambda$$

- $\alpha_\lambda = 1$  alle Strahlung wird absorbiert: **ideal schwarz**  
 $\rho_\lambda = 1$  alle Strahlung wird reflektiert: **idealer Spiegel**  
 $\tau_\lambda = 1$  alle Strahlung wird durchgelassen: **ideal transparent**