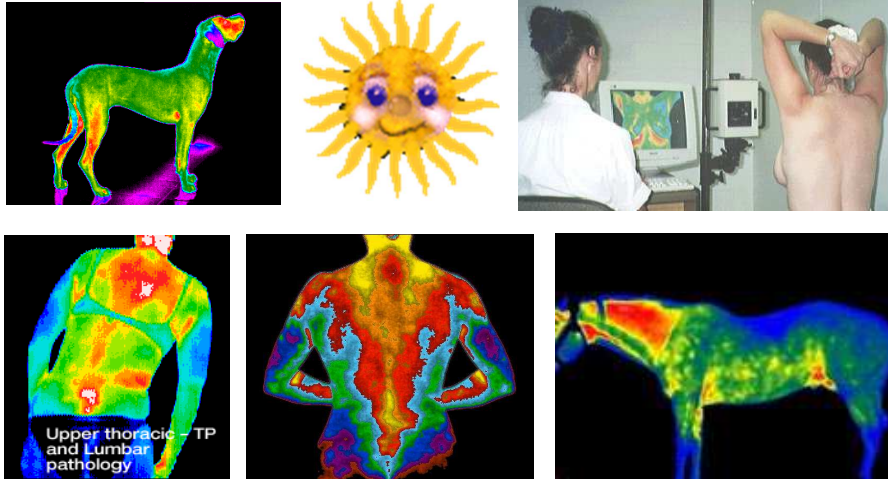


Temperaturstrahlung



1

Entstehung der Temperaturstrahlung

Erfahrung: die Körper, die höhere Temperatur haben als ihre Umgebung emittieren Energie (Wärme):

Temperaturstrahlung hängt sehr stark von der T des Körpers ab.

Temperatur des Körpers hängt mit den Bewegungen der Teilchen in dem Körper zusammen.

z.B. Gastheorie $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{3}{2}kT$



Die Temperaturstrahlung entsteht auf Kosten der Bewegungsenergie der Teilchen im Körper.



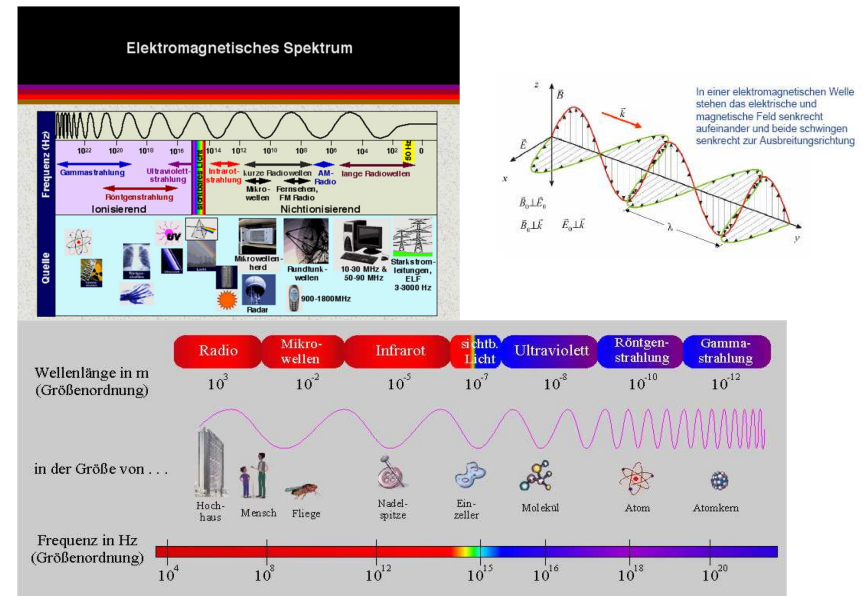
Eigenschaften der Temperaturstrahlung

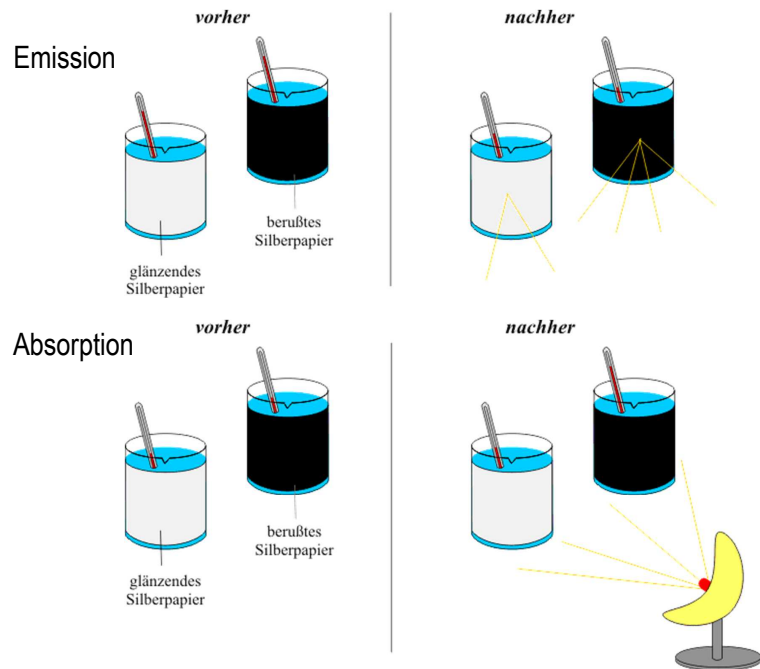
- Jeder Körper, dessen Temperatur über dem absoluten Nullpunkt liegt, sendet Temperaturstrahlung aus
- Temperaturstrahlung ist elektromagnetische Strahlung (infrarotes Licht, sichtbares Licht, UV, Röntgen, ...)
- Sie hängt von der T , Eigenschaften (Materie, Farbe, Oberfläche, ...) des Körpers ab.

Strahlungsgleichgewicht: emittierte und absorbierte Leistungen müssen im thermischen Gleichgewicht gleich sein.

3

Licht als EMW (elektromagnetische Welle)





Größen zur Beschreibung der Temperaturstrahlung:

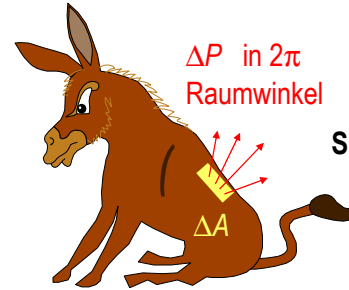
Spezifische Ausstrahlung (M):

$$M = \frac{\Delta P}{\Delta A}, \quad [M] = \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

ΔP in 2π
Raumwinkel

Spektrale spezifische Ausstrahlung (M_λ):

$$M_\lambda = \frac{\Delta M}{\Delta \lambda}, \quad [M_\lambda] = \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{nm}}$$



Absorptionsgrad (α):

$$\alpha = \frac{\text{absorbierte Energie}}{\text{einfallende Energie}}$$

M_λ und α hängen von λ , T , Farbe des Körpers, ... ab

6

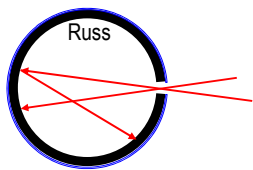
Kirchhoffsches Strahlungsgesetz:

$$\frac{M_{\lambda,1}}{\alpha_1} = \frac{M_{\lambda,2}}{\alpha_2} = \frac{M_{\lambda,3}}{\alpha_3} = \dots$$

konstant für verschiedene Körper
bei gegebener T und λ

Absolut schwarzer Körper:

Ein hypothetischer idealisierter Körper, der jegliche auf ihn treffende elektromagnetische Strahlung bei jeder Frequenz vollständig absorbiert.



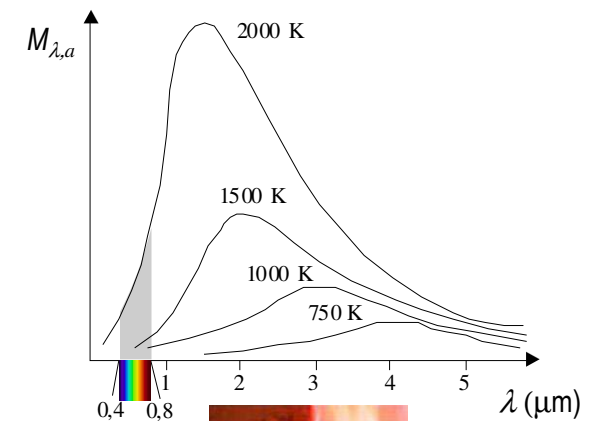
Hohlraumstrahlung

Absolut schwarzer Körper als
Strahlungsreferenz: $\alpha = 1$

$$\frac{M_\lambda}{\alpha} = \frac{M_{\lambda,a}}{1} = M_{\lambda,a}$$

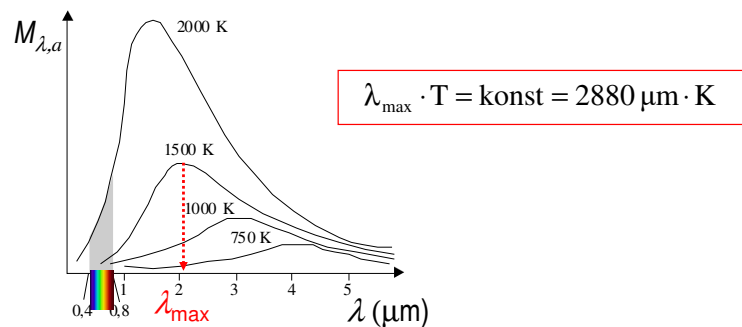
7

Spektrum des absolut schwarzen Körpers



8

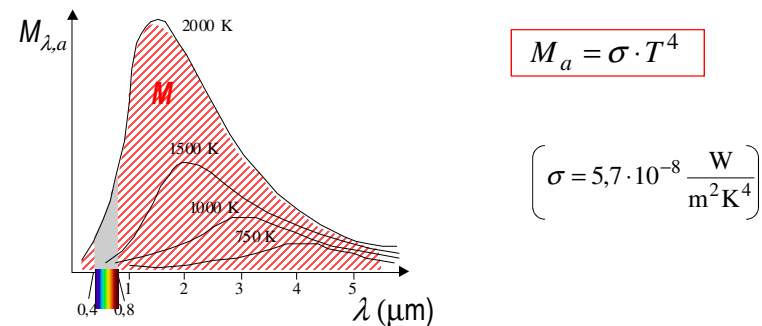
Wiensches Verschiebungsgesetz



Verschiebung des Maximums mit der Temperatur

9

Stefan-Boltzmannsches Gesetz

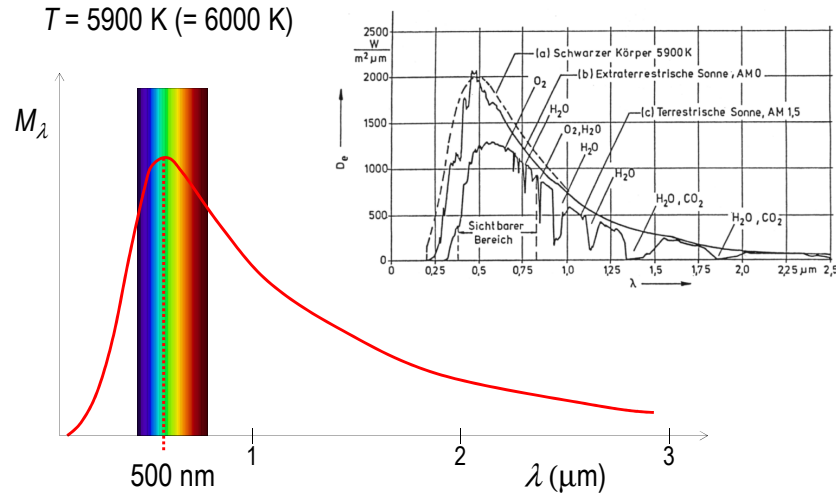


hohe spezifische Ausstrahlung bei hohen Temperaturen

10

z. B. Das Spektrum der Sonne:

$T = 5900 \text{ K} (= 6000 \text{ K})$



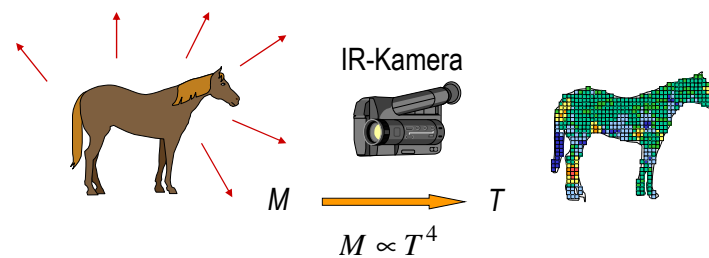
11

Anwendungen 1: IR Diagnostik (Telethermographie)

$T \approx 301 \text{ K} \rightarrow \lambda_{\max} \approx 10 \mu\text{m}$ IR-Strahlung

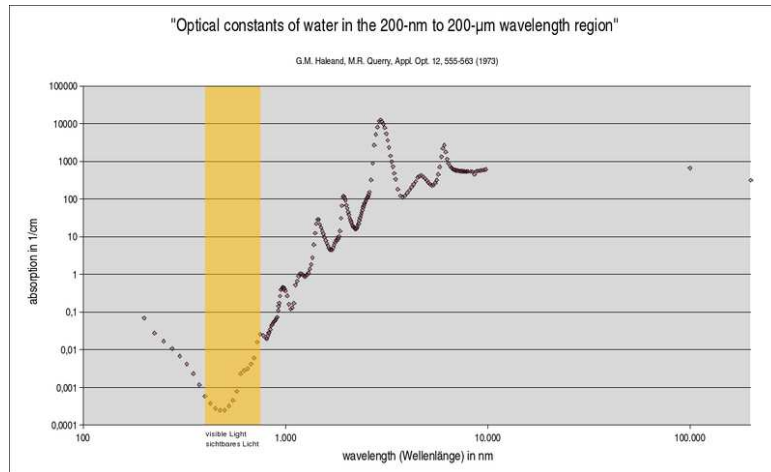
Ist der tierliche Körper absolut schwarz?

In diesem Bereich: Ja!
(s. Absorptionsspektrum des Wassers)



12

Absorptionsspektrum des Wassers im Bereich von 200 nm bis 0.1 mm



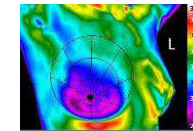
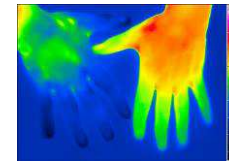
13

IR Diagnostik (Telethermographie)

Anwendungsgebiete:

Detektion von IR-Strahlung mit aussagendem Effekt

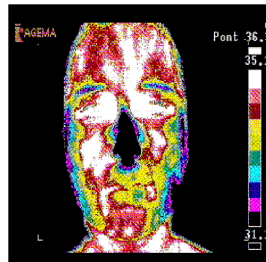
Beispiele: Fiebermessung
Pulsoxymetrie
Wärmebildkamera



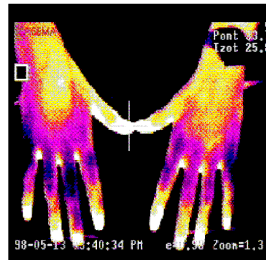
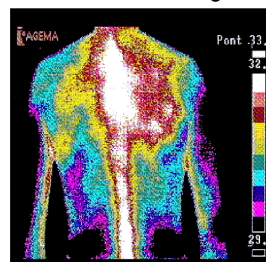
www.ever.ch

14

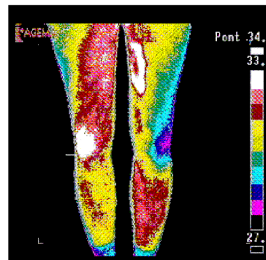
Gesichtshöhlenentzündung



Muskelzerrung



Gelenkentzündung



Chondrolyse und Thrombose

15



IR-Kamera

- Messung der Intensität der IR-Strahlung
- Rückschluss auf die spezifische Ausstrahlung des Körpers und auf die Temperatur (Stefan-Boltzmann-Gesetz)
- Anfertigung einer Temperaturkarte in Falschfarben
- Aufbau (vereinfacht):
 - IR-durchlässige Optik
 - Halbleiterdetektor als Strahlungsdetektor (meistens)
 - Kühlung für den Detektor (bei gekühlten Kamerasystemen)
- Sehr gute zeitliche und räumliche Auflösung

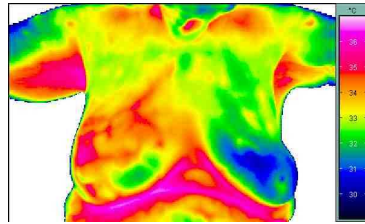
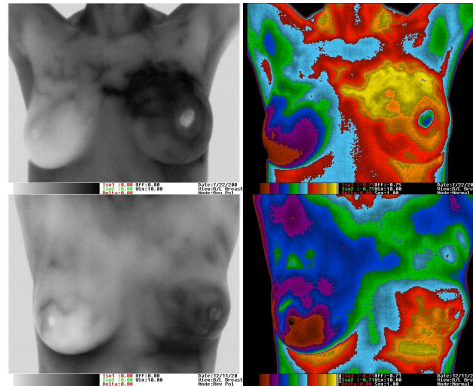
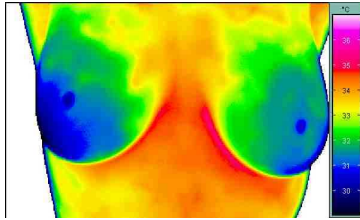
IR-Thermographie

Messbereich: 8-10 μm
 Präzision: 0.1 °C
 Auflösungsgrenze: 1 mm²
 (Abstand: 40 cm)
 Abtastungszeit: 4 s

16

gesund

Mammathermographie
(Tumor-Diagnostik)



Brustkrebs

17

Anwendungen 2: Wärmehaushalt

Stoffwechselprozesse \Rightarrow Wärme }
konstante Körpertemperatur } \longrightarrow Wärmeabgabe

Wärmestrahlung:



$$M = \sigma \cdot T^4$$

Resultierende Energieabgabe (ΔE):

$$\Delta E = \sigma \cdot (T^4 - T_{\text{Umgebung}}^4) \cdot A \cdot t$$

$$M_{\text{Umgebung}} = \sigma \cdot T_{\text{Umgebung}}^4$$

Hat ein Körper höhere Temperatur als seine Umgebung, so strahlt er mehr als er aus der Umgebung absorbiert.

+ Transpiration
(+ Wärmeleitung)

18

Wärmehaushalt des menschlichen Körpers

Im Grundstoffwechsel ca. 24 kcal·Körpermasse/Tag

3 Mechanismen der Wärmeabgabe:

Temperaturstrahlung (rund 70% der Wärmeabgabe bei 20°C, bei hohen Temperaturen kaum (keine) Bedeutung!!)

Wärmeleitung (keine große Rolle, da Luft/Kleidung guter Wärmeisolator ist)

Verdunstung von Wasser (große Bedeutung ab 35°C)

19

Anwendungen 3: Wärmetherapie (IR-Lampen)



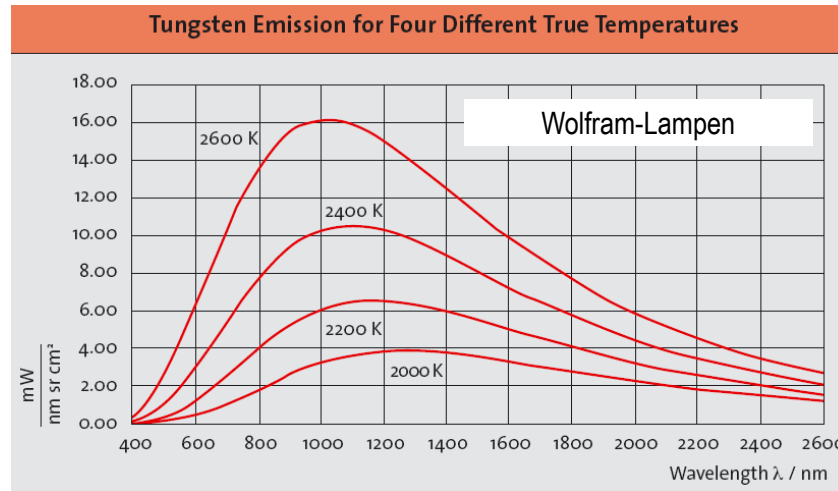
Glühlampen
T = 2000-3000 K



20

höhere Temperaturen:
Tageslichtlampe

niedrigere Temperaturen:
IR-Lampen



21

IR-Therapie

Anwendungsgebiete: Therapie, bei der Wärmebehandlung indiziert ist (Durchblutung wird durch Wärme gefördert)

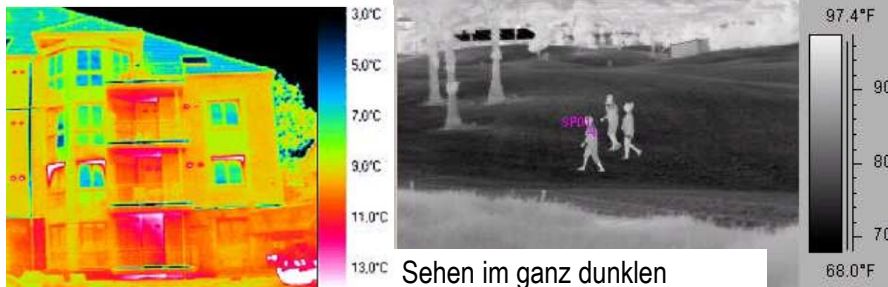
Beispiele:

- Muskelverspannungen
- Nasennebenhöhlenprozesse
- Rheuma
- Mittelohrentzündungen
- Abzessreifung
- Schutz vor Unterkühlung bei Frühgeborenen

22

Weitere Anwendungen

Bestimmung von
Oberflächentemperaturen



Sehen im ganz dunklen

23

Nachtsichtgeräte

Lenkflugkörper

Chemische Analytik

Lichtschraken

„Bewegungsmelder“

IR-Fernbedienungen

...



24