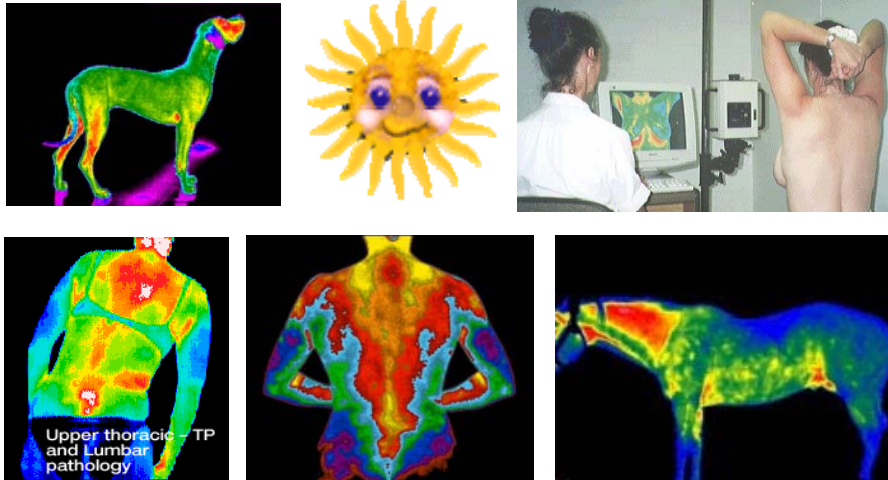


# Temperaturstrahlung



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.

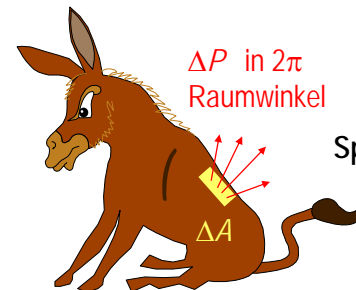
**Strahlungsgleichgewicht:** emittierte und absorbierte Leistungen müssen im thermischen Gleichgewicht gleich sein.

3

Größen zur Beschreibung der Temperaturstrahlung:

**Spezifische Ausstrahlung ( $M$ ):**

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



**Spektrale spezifische Ausstrahlung ( $M_\lambda$ ):**

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

**Absorptionsgrad ( $\alpha$ ):**

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

$M_\lambda$  und  $\alpha$  hängen von  $\lambda$ ,  $T$ , Farbe des Körpers, ... ab

4

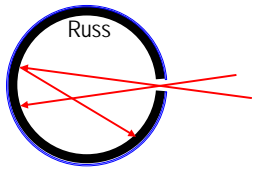
## Kirchhoffsches Strahlungsgesetz:

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

konstant für verschiedene Körper  
bei gegebener  $T$  und  $\lambda$

## 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:  $\alpha = 1$

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

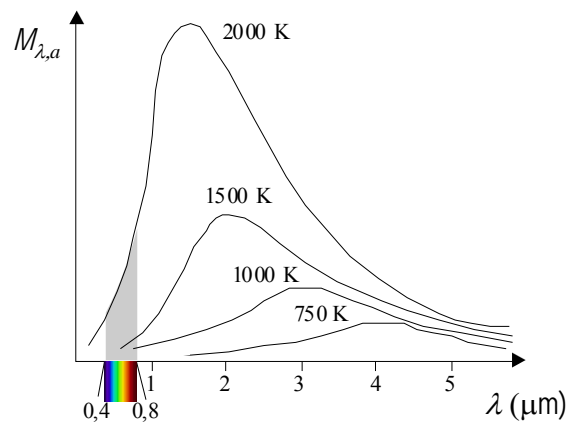
5



Die dunkle Farben  
absorbieren mehrere  
Strahlungsenergie als  
die helle (Kirchhoff!).  
Die  
Strahlenschädigung  
nach der  
Atombombenexplosion  
ist grösser unter den  
dunklen Teile des  
Kimonos.

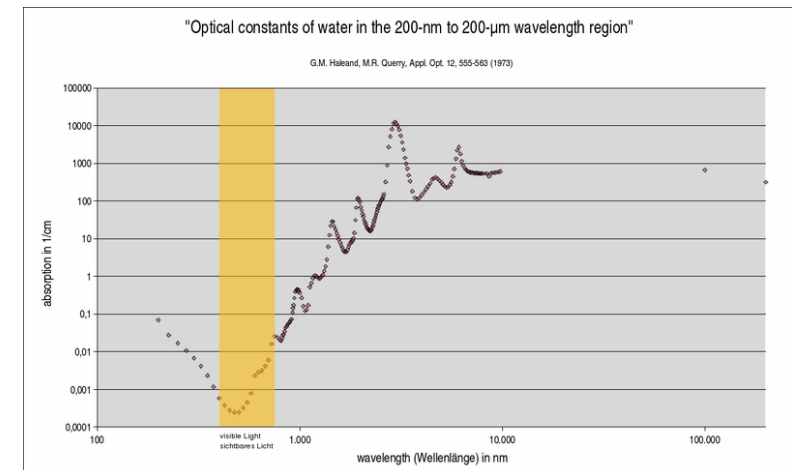
6

## Spektrum des absolut schwarzen Körpers



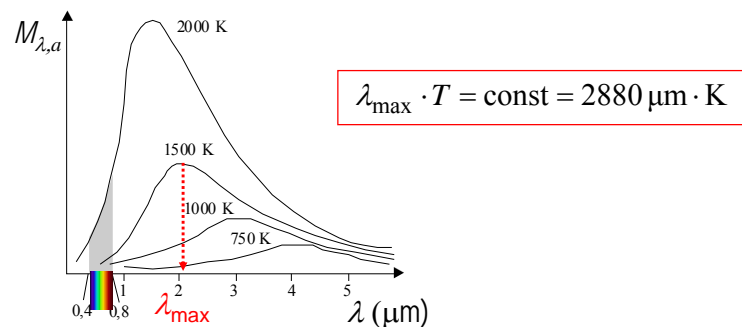
7

## Absorptionsspektrum des Wassers im Bereich von 200 nm bis 0.1 mm



8

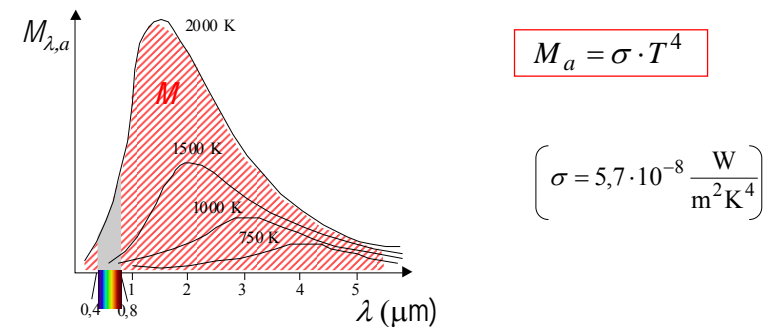
## Wiensches Verschiebungsgesetz



Verschiebung des Maximums mit der Temperatur

9

## Stefan-Boltzmannsches Gesetz

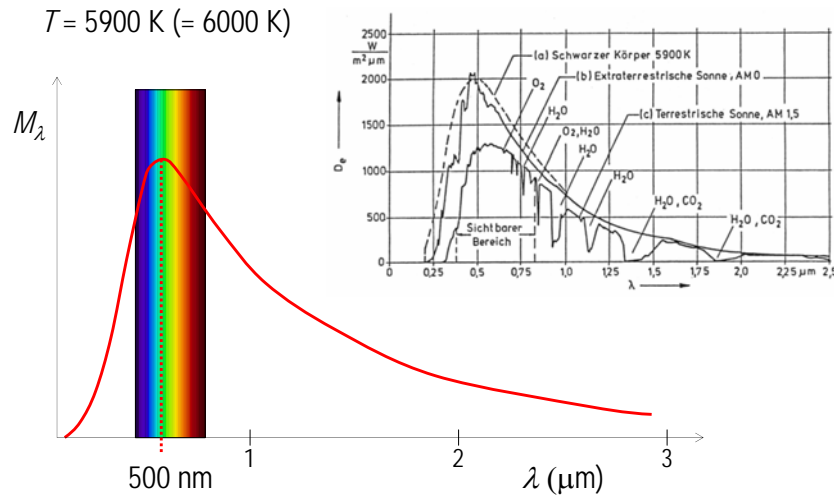


hohe spezifische Ausstrahlung bei hohen Temperaturen

10

z. B. Das Spektrum der Sonne:

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

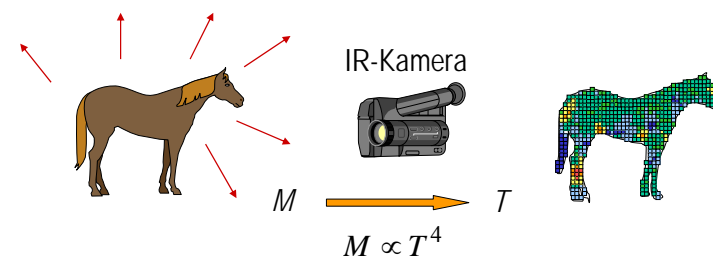


11

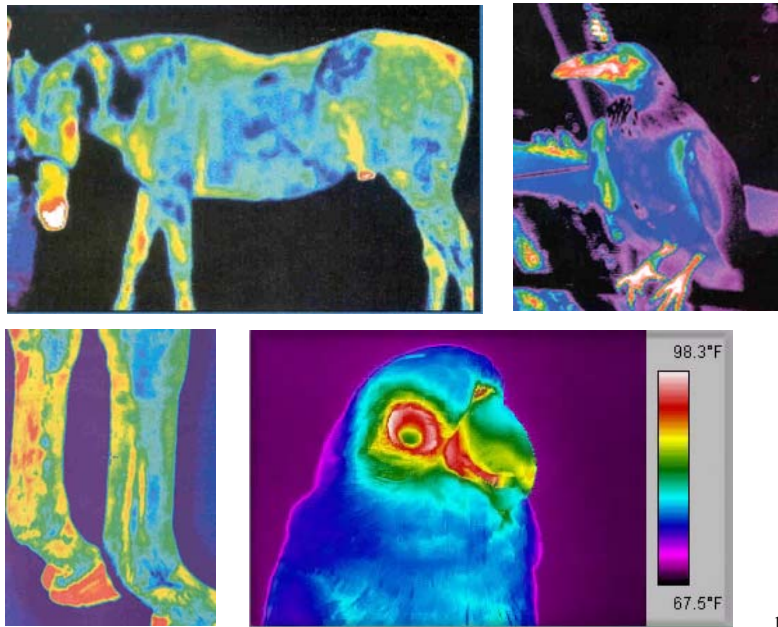
## Anwendungen 1: IR Diagnostik (Telethermographie)

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

Ist der tierliche Körper absolut schwarz? In diesem Bereich: Ja! (s. Absorptionsspektrum des Wassers)

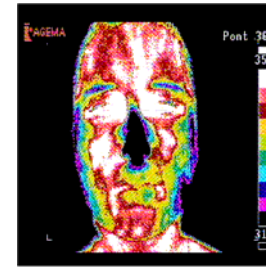


12

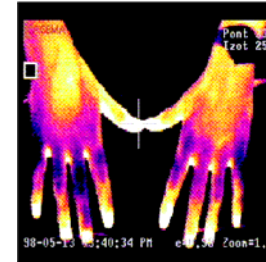
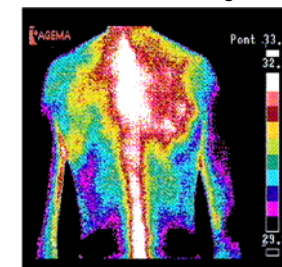


13

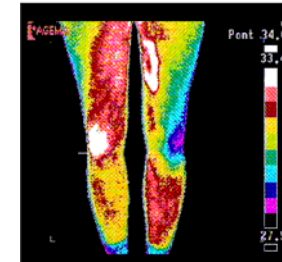
Gesichtshöhlenentzündung



Muskelzerrung



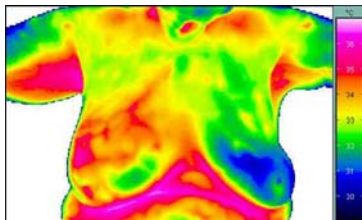
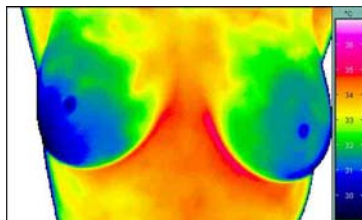
Gelenkentzündung



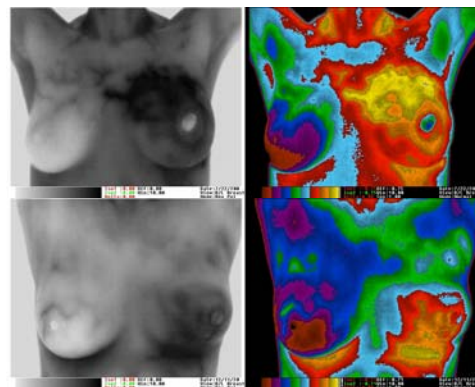
Chondrolyse und Thrombose

14

gesund



Brustkrebs



15

IR-Thermographie

Messbereich: 8-10  $\mu\text{m}$   
 Präzision: 0.1 C  
 Auflösungsgrenze: 1 mm<sup>2</sup>  
 (Abstand: 40 cm)  
 Abtastungszeit: 4 s



Mikrowellenthermographie,  
 Mammathermographie  
 (Tumor-Diagnostik)

Vorteil: Körpergewebe ist durchlässig für Mikrowellen.

Nachteil: Intensität im Mikrowellenbereich ist vielmal kleiner als im IR.






## Anwendungen 2: Wärmehaushalt

Stoffwechselprozesse  $\Rightarrow$  Wärme  
konstante Körpertemperatur }  $\longrightarrow$  Wärmeabgabe

Wärmestrahlung:



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

Resultierende Energieabgabe ( $\Delta E$ ):

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

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

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

+ Transpiration  
(+ Wärmeleitung)

17

## Anwendungen 3: Wärmetherapie (IR-Lampen)



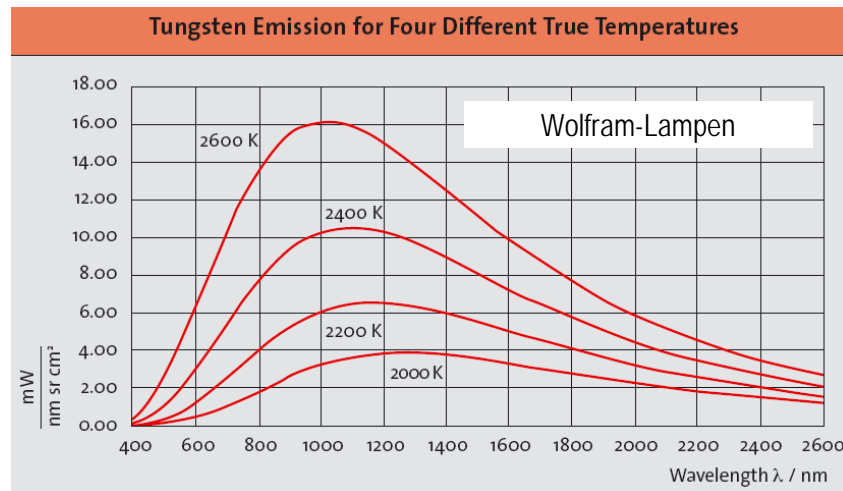
Glühlampen  
 $T = 2000-3000 \text{ K}$



18

höhere Temperaturen:  
Tageslichtlampe

niedrigere Temperaturen:  
IR-Lampen



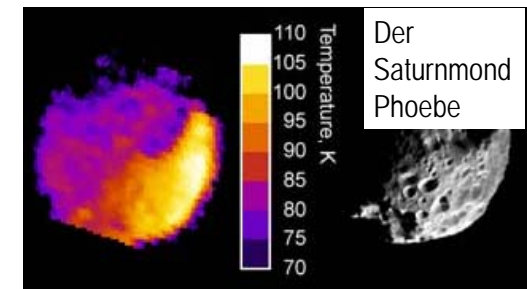
19

## Weitere Anwendungen

Bestimmung von  
Oberflächentemperaturen



Sehen im ganz dunklen



20