

# Entstehung des Lichts



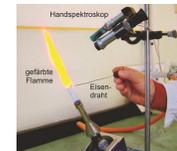
Lumineszenz

Temperaturstrahlung



1

# Lumineszenz



- Absorption der äußeren Energie
- Anregung
- Abstrahlung der Energie in Form von Licht

2

Strahlung: Energie wird transportiert (Energiestrahlung)

Energie,  $E$

$[E] = \text{J (Joule)}$

Energiestrom = **Leistung**

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

$[P] = \text{W (Watt)}$

$\Delta E$ : die transportierte Energie während der Zeitspanne  $\Delta t$

Energiestromdichte = Leistungsdichte = **Intensität**

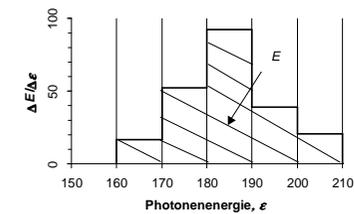
$[J] = \text{W/m}^2$

$$J = \frac{P}{A} = \frac{1}{A} \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

A: die Fläche (senkrecht zur Richtung der Strahlung)

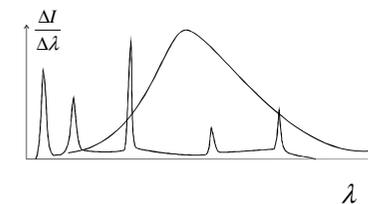
## Emissionsspektrum:

wie verteilt sich die emittierte Energie über die Photonenergien

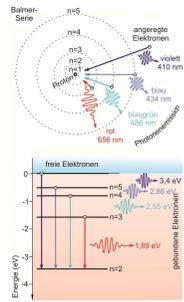


charakteristische Größe der Energietransport: **Intensität** (manchmal die Leistung)

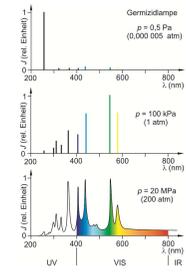
Benützung der **Wellenlänge** ist bequemer als die Photonenergie



Anregung der Atome



Lichtemission

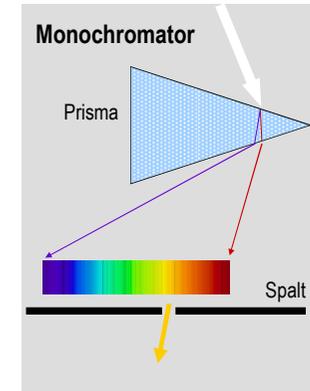


5

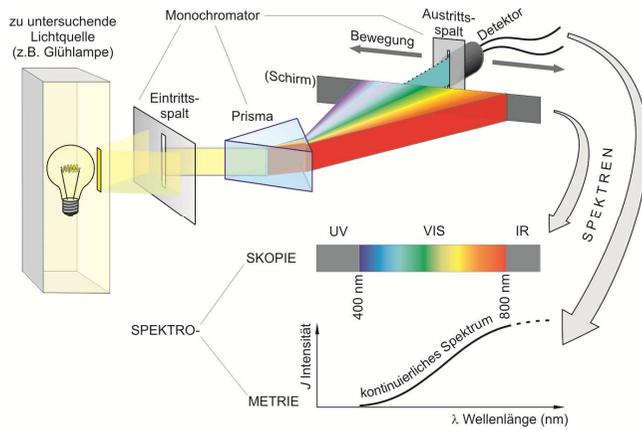
Anwendung der Dispersion  
Monochromator

Monochromatisches Licht:  
einfarbiges Licht

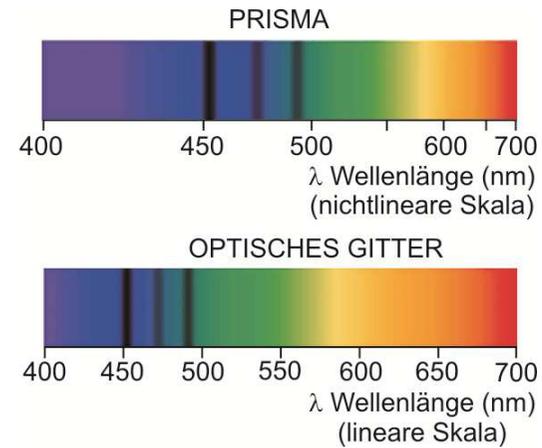
Anwendung:  
Lichtanalyse  
(Spektralanalyse)



6

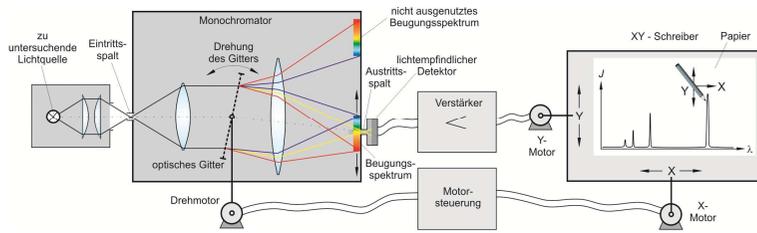


7



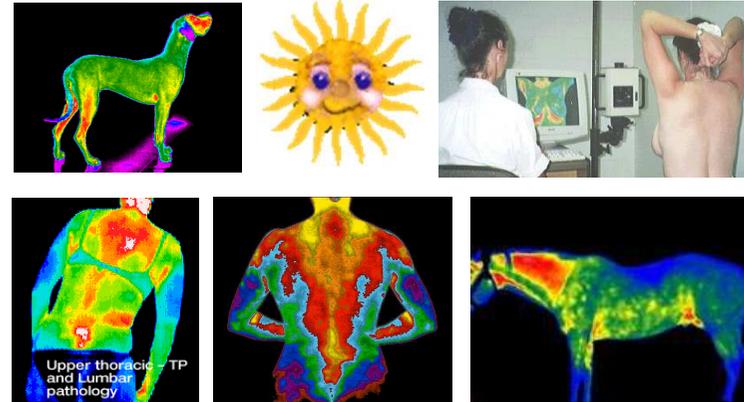
8

Prinzipieller Aufbau des Spektrometers und Aufzeichnung des Spektrums



9

# Temperaturstrahlung



10

## 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.



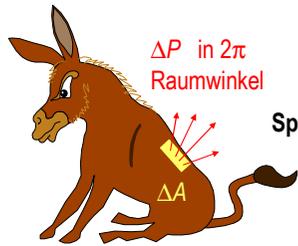
## Eigenschaften der Temperaturstrahlung

- 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.

12

Größen zur Beschreibung der Temperaturstrahlung:



**Spezifische Ausstrahlung (M):**

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

**Spektrale spezifische Ausstrahlung (M<sub>λ</sub>):**

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

**Absorptionsgrad (α):**

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

M<sub>λ</sub> und α hängen von λ, T, Farbe des Körpers, ... ab

13

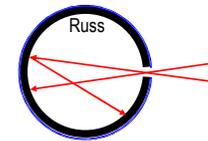
**Kirchhoffsches Strahlungsgesetz:**

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

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: α = 1

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

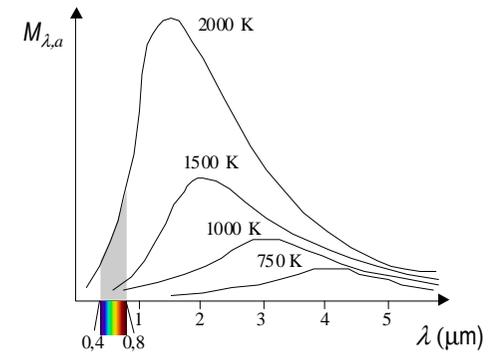
14



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

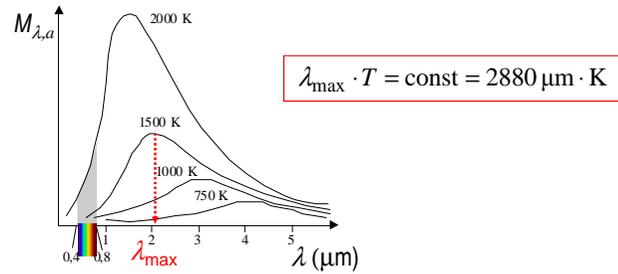
15

**Spektrum des absolut schwarzen Körpers**



16

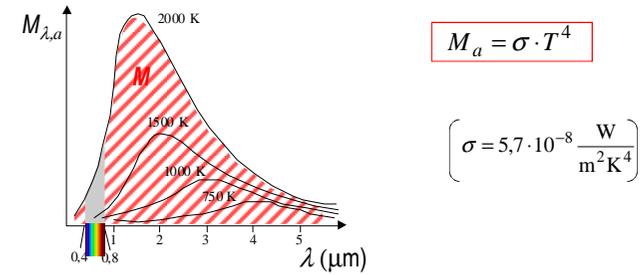
### Wiensches Verschiebungsgesetz



Verschiebung des Maximums mit der Temperatur

17

### Stefan-Boltzmannsches Gesetz

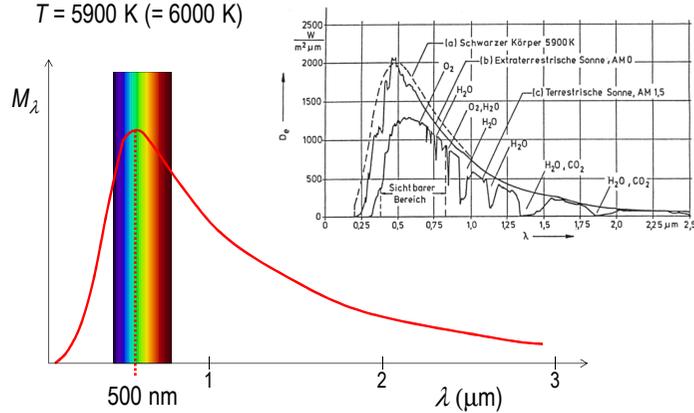


hohe spezifische Ausstrahlung bei hohen Temperaturen

18

z. B. Das Spektrum der Sonne:

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

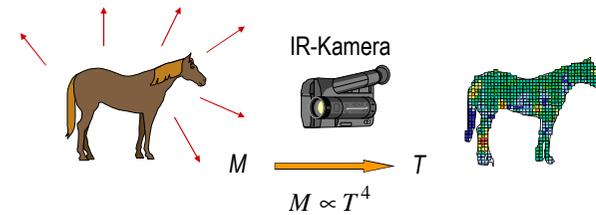


19

### Anwendungen 1: IR Diagnostik (Telethermographie)

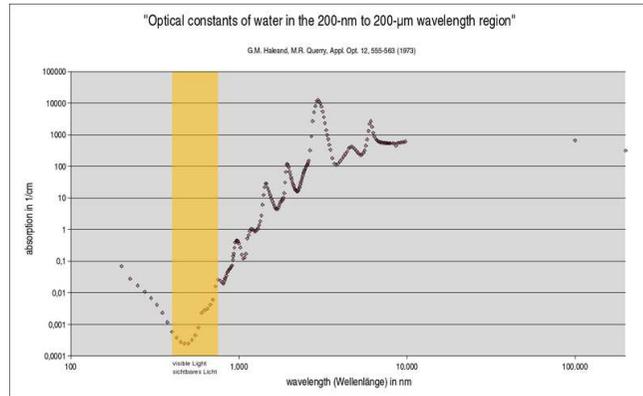
$T \approx 301 \text{ K} \rightarrow \lambda_{\text{max}} \approx 10 \mu\text{m}$  IR-Strahlung

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

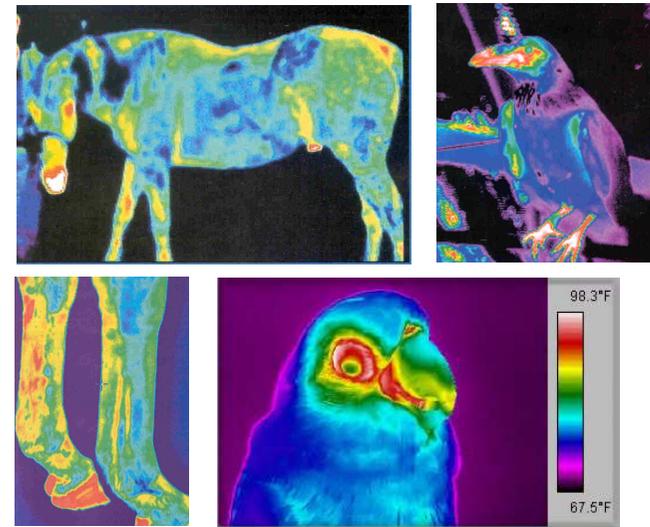


20

Absorptionsspektrum des Wassers im Bereich von 200 nm bis 0.1 mm

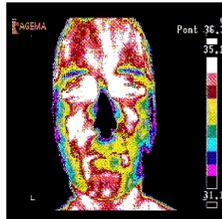


21



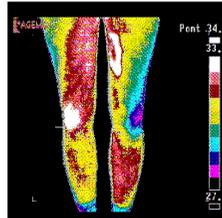
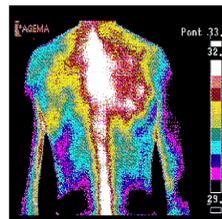
22

Gesichtshöhlenentzündung



Gelenkentzündung

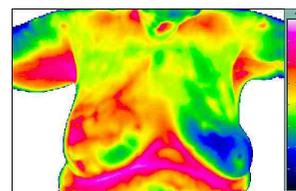
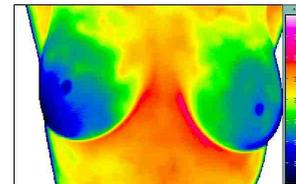
Muskelzerrung



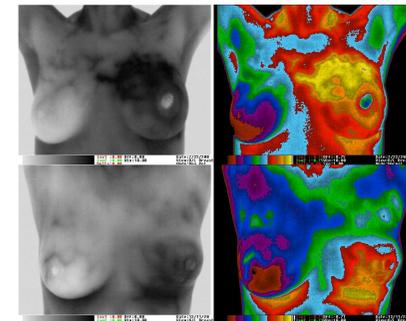
Chondrolyse und Thrombose

23

gesund



Brustkrebs



24



**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)

**Anwendungen 3: Wärmetherapie (IR-Lampen)**

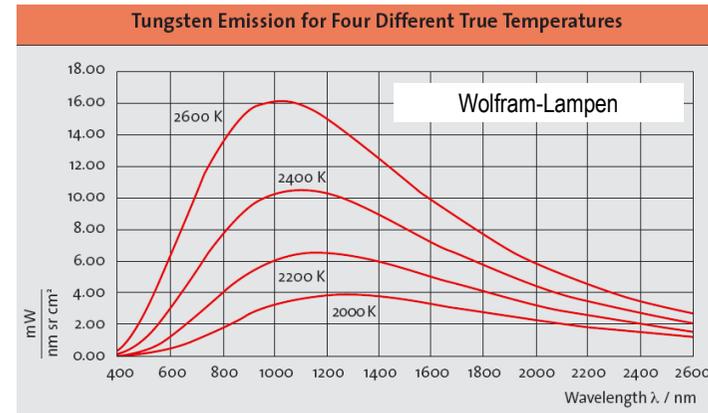


Glühlampen  
 T = 2000-3000 K



höhere Temperaturen:  
 Tageslichtlampe

niedrigere Temperaturen:  
 IR-Lampen



# Weitere Anwendungen

Bestimmung von Oberflächentemperaturen

