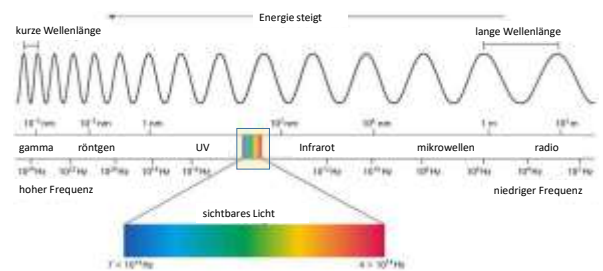


## Temperaturstrahlung



Heiße Körper (Gegenstände) emittieren Licht.

Vielleicht ist das allgemein?



Alles ist Licht, aber wir sehen nur einen schmalen Bereich.

Alle Körper strahlen, wenn ihr Temperatur  $>0\text{ °K}$

### Thermische Emission, oder Temperaturstrahlung

Die Frequenzen sind aber sehr unterschiedlich!

Quelle: beschleunigte elektrische Ladungen produzieren EM-Wellen.

Das kann sogar mathematisch berechnet werden ☺

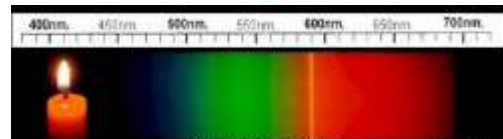
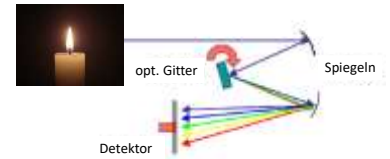
$$E_{\text{rad}}(r,t) = -[1/(4\pi\epsilon_0)] * [q/(c^2 r')] * \ddot{a}_{\text{perp}}(t - r'/c)$$

↑  
elektrische  
Feldstärke

↑  
Ladung

↑  
Beschleunigung

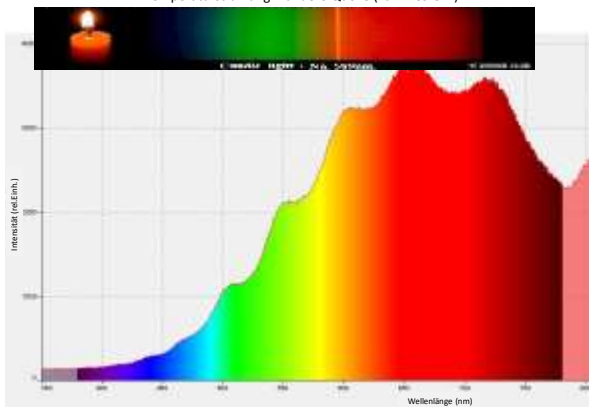
↑  
Lichtgeschwindigkeit:  $3 \cdot 10^8\text{ m/s}$



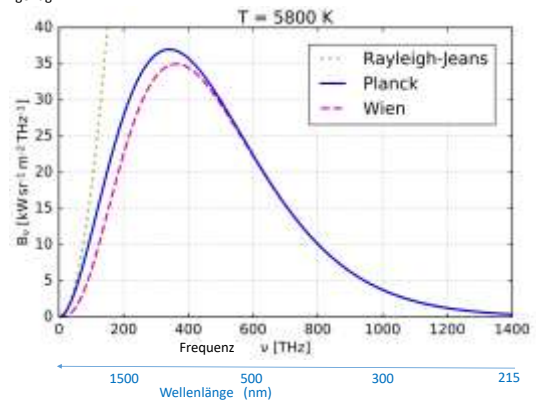
Kerzenflamme + Na 589nm Linie

Spektrum ist sichtbar, aber nicht ganz quantitativ, die Intensitätswerte fehlen...

Emissionsspektrum der Kerze  
Temperaturstrahlung + andere Quelle (Lumineszenz)



Mit klassischem Physik kann man nahe zu der richtigen Kurve kommen, aber nicht gut genug....





Max Planck (~ 1900)

Max konnte zuerst eine korrekte Kurve als Lösung geben, indem er die Energie quantisiert angenommen hat.

$$E_n = nhf$$

$\nwarrow$  Frequenz  
 $\swarrow$  Gerundeter Zahl

En ist die Energiemenge von n Stück von „Photonen“

$$\rho(f, T) df = \frac{8\pi V f^2 df}{c^2} \frac{hf}{e^{hf/kT} - 1}$$



Gustav Kirchhoff (1824-1887)

Wenn ein Körper die Strahlungen gut absorbiert, dann ist dieser Körper auch ein guter Emittor.

Also, am besten emittiert etwas was absolut schwarz ist...



$$\alpha = \frac{J_{abs}}{J_{ein}} \quad \text{Absorptionskoeffizient}$$

$$n.B.: A = I_0/I_T \quad \text{Absorbanz}$$

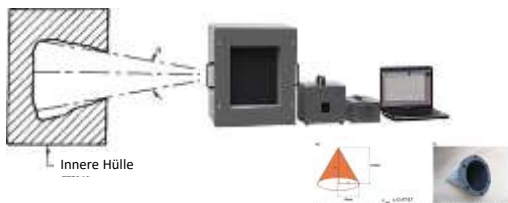
M: spezifische Ausstrahlung (W/m<sup>2</sup>)

**Kirchhoff : M/α ist konstant.**

Also, falls wir einen absoluten schwarzen Körper haben, wo α=1, dann M=M<sub>max</sub>

absolut schwarzer Körper α=1

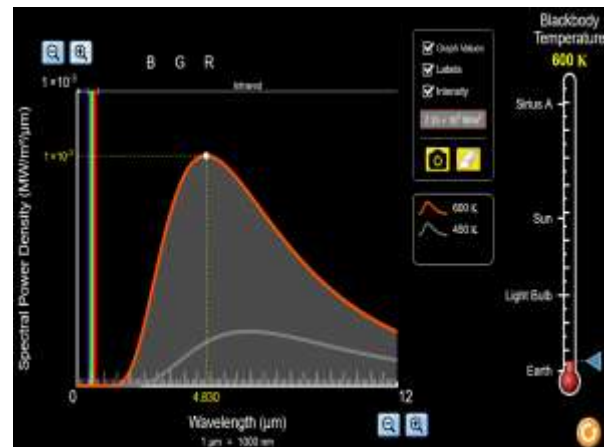
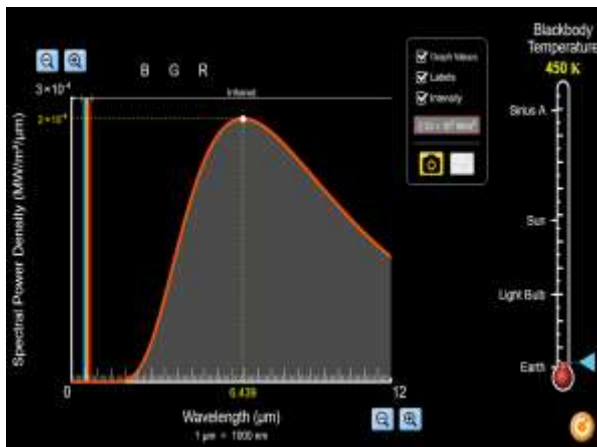
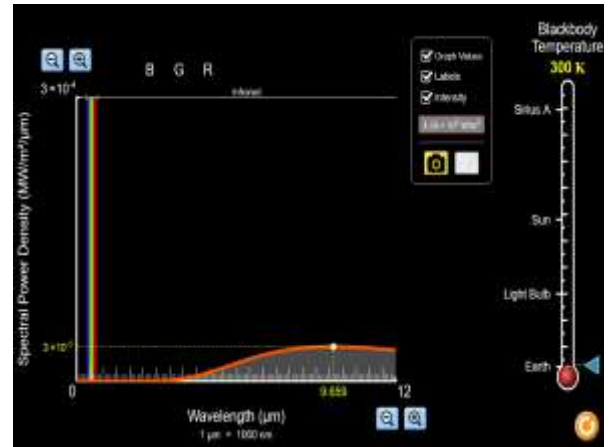
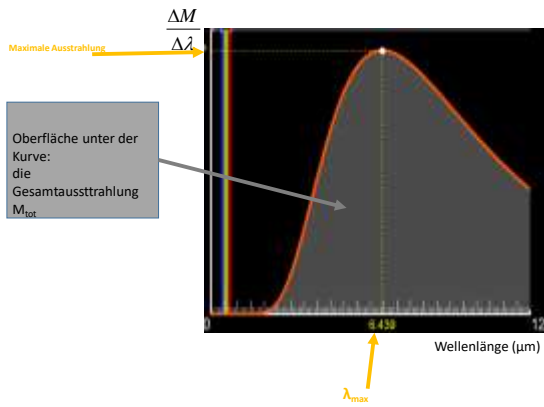
Gar nicht so einfach zu machen



**M und α sind Frequenz (oder Wellenlänge) abhängig!**

Spektralspezifische Ausstrahlung M<sub>λ</sub> und spektraler Absorptionskoeffizient α<sub>λ</sub> )





Die zwei berühmte Gesetze:

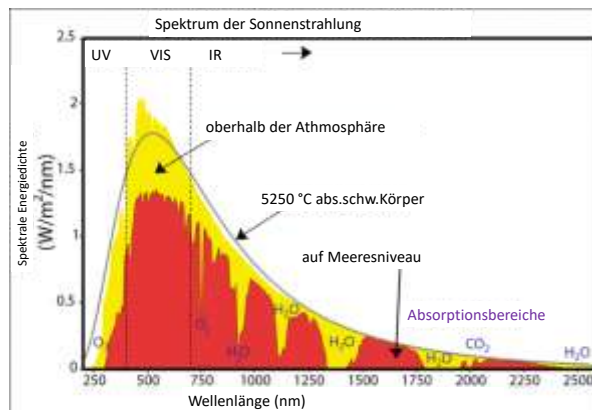
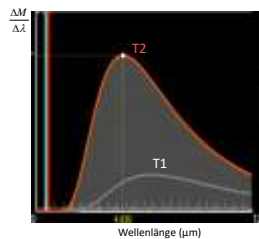
Wien'sches Verschiebungsgesetz  
 $\lambda_{\max} \cdot T = 2.898 \cdot 10^6 \text{ K} \cdot \text{nm}$  (Wien-konstante)

Stephan-Boltzmann Gesetz  
 $M_{\text{tot}} = \sigma \cdot T^4$

$$\sigma = 5.7 \times 10^{-8} \left[ \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}^4} \right]$$

$$\Delta M = \sigma (T_{\text{Körper}}^4 - T_{\text{Umgebung}}^4) \rightarrow \text{thermisches Gleichgewicht kann auch mit Strahlung erreicht werden}$$

$\text{W/m}^2$  !       $\text{K}$



2 m² Hautoberfläche, Raumtemperatur

- Strahlung → ≈ 100W
- Wärmeleitung → ≤ 1W
- Konvektion → ≈ 10W
- Verdunstung → ≈ 10W

Metabolismusrate: 2000kcal/Tag = 9MJ/Tag, im großen Teil wird mit Strahlung verliert.

Stephan-Boltzmann  
 $M_{\text{tot}} = \sigma \cdot T^4$

$$\sigma = 5.7 \times 10^{-8} \left[ \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}^4} \right]$$

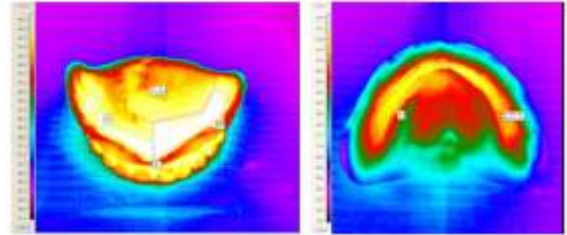
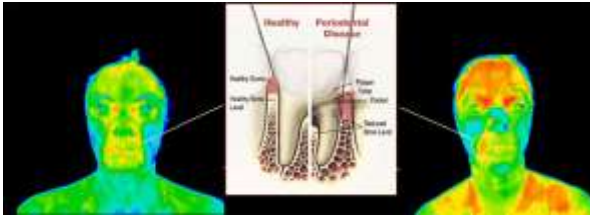
Wien-Verschiebung  
 $\lambda_{\max} \cdot T = 2.898 \cdot 10^6 \text{ K} \cdot \text{nm}$

Hautoberfläche  $\lambda_{\max} = 7 \dots 15 \mu\text{m}$

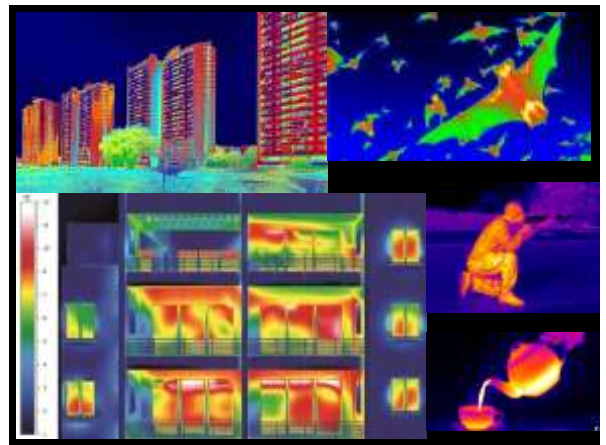
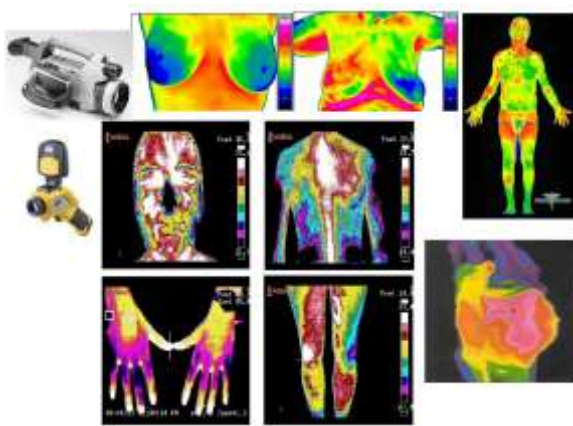
Infrarotdiagnostik ist sehr empfindlich



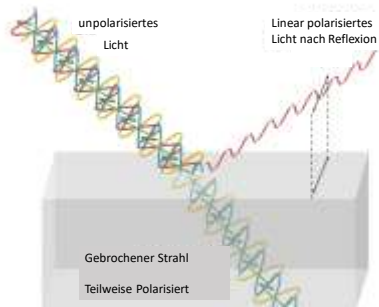
Eine erhöhte Metabolismusrate ist einfach nachweisbar.



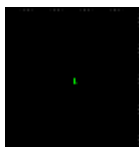
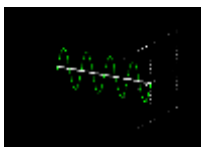
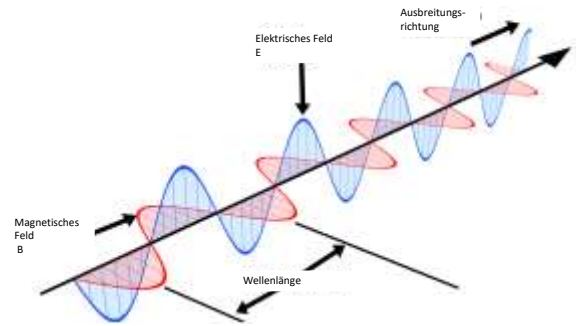
Wie gut die Zahnprothese passt?  
Der Kiefer erwärmt die Zahnprothese an der Kontaktoberfläche.



## Polarisation



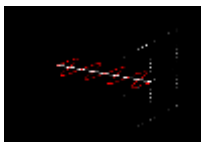
## Elektromagnetische Welle



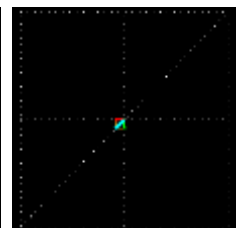
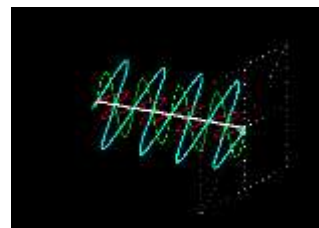
Wir zeichnen nur das E-Feld,  
ABER  
Das B-Feld ist auch IMMER da!

Die Polarisationsrichtung ist die Richtung der Gerade parallel zu dem E-Feldvektor

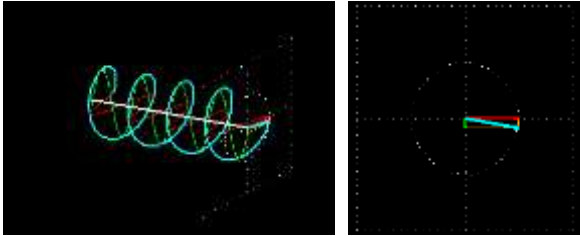
Linear polarisiertes Licht: das E-Feld zeigt entlang nur einer Linie.



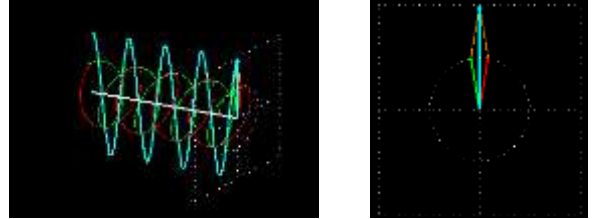
<https://cddemo.szialab.org/>



Superpositionsregel: das netto E-Feld können wir als Vektorensumme bekommen

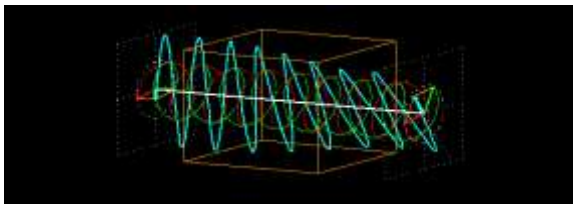


Zirkulär polarisiertes Licht bekommen wir aus zwei linear polarisierten Lichtstrahlen

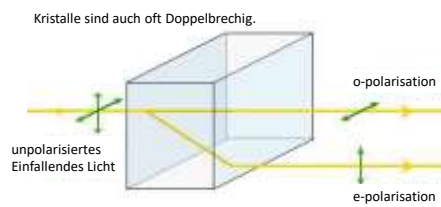
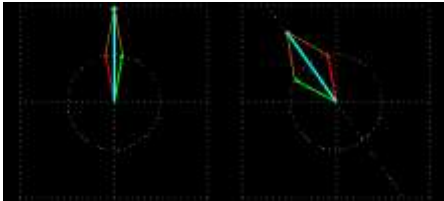


Aber linear polarisiert kann auch aus zwei cirkulär polarisierten bestehen.

Ein Spiel mit Vektoren ☺

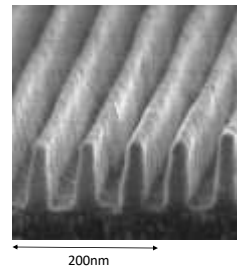
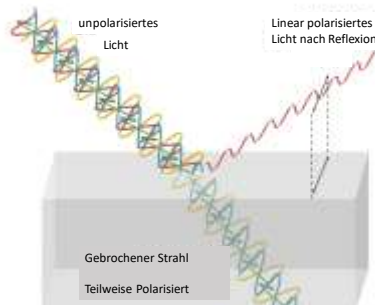


Zirkuläre Doppelbrechung:  $n_{\text{rechts}} \neq n_{\text{links}}$   
Verursacht die Drehung der Polarisationsrichtung wegen chirale Stoffe. (Polarimetrie Prakt.)

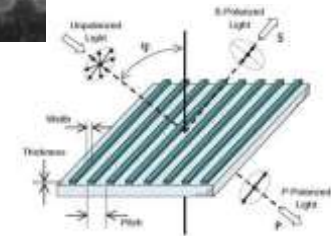




## Polarisation mit Reflexion (Brewster-Winkel)

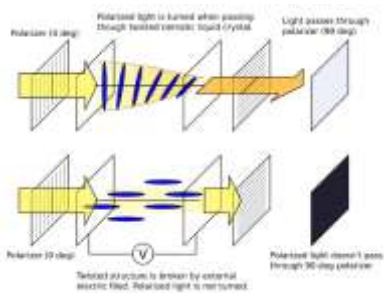


Drahtgitterpolarisator  
(nanotechnologie)

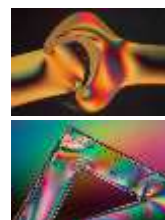
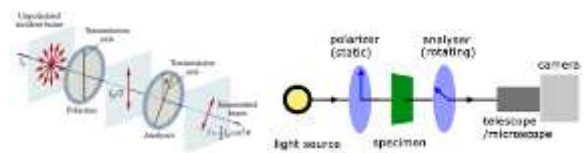


p: parallel, s: senkrecht

## LCD: Liquid Crystal Display: Flüssigkristallanzeige

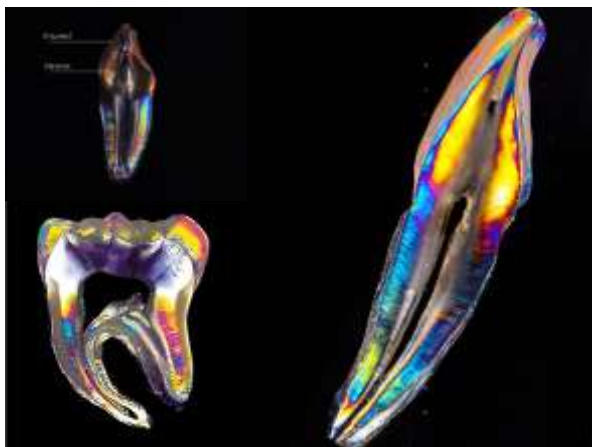
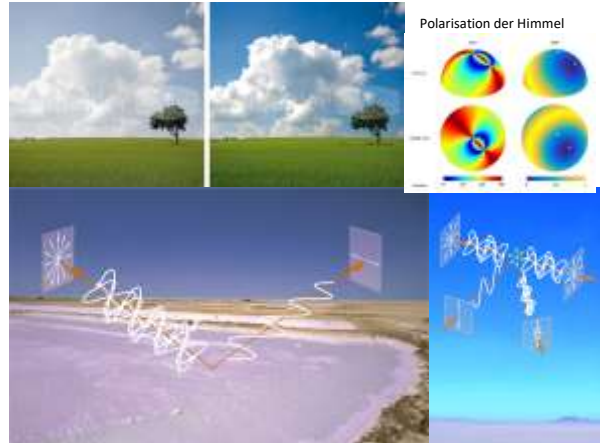
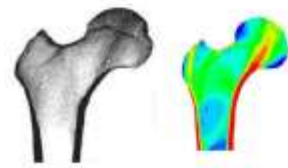


Es gibt auch Farbige davon.



Spannungsoptik





gekreuzte Polarisationsaufnahmen

