

# Vom Licht zum Bild

Optische Grundlagen der  
Mikroskopie

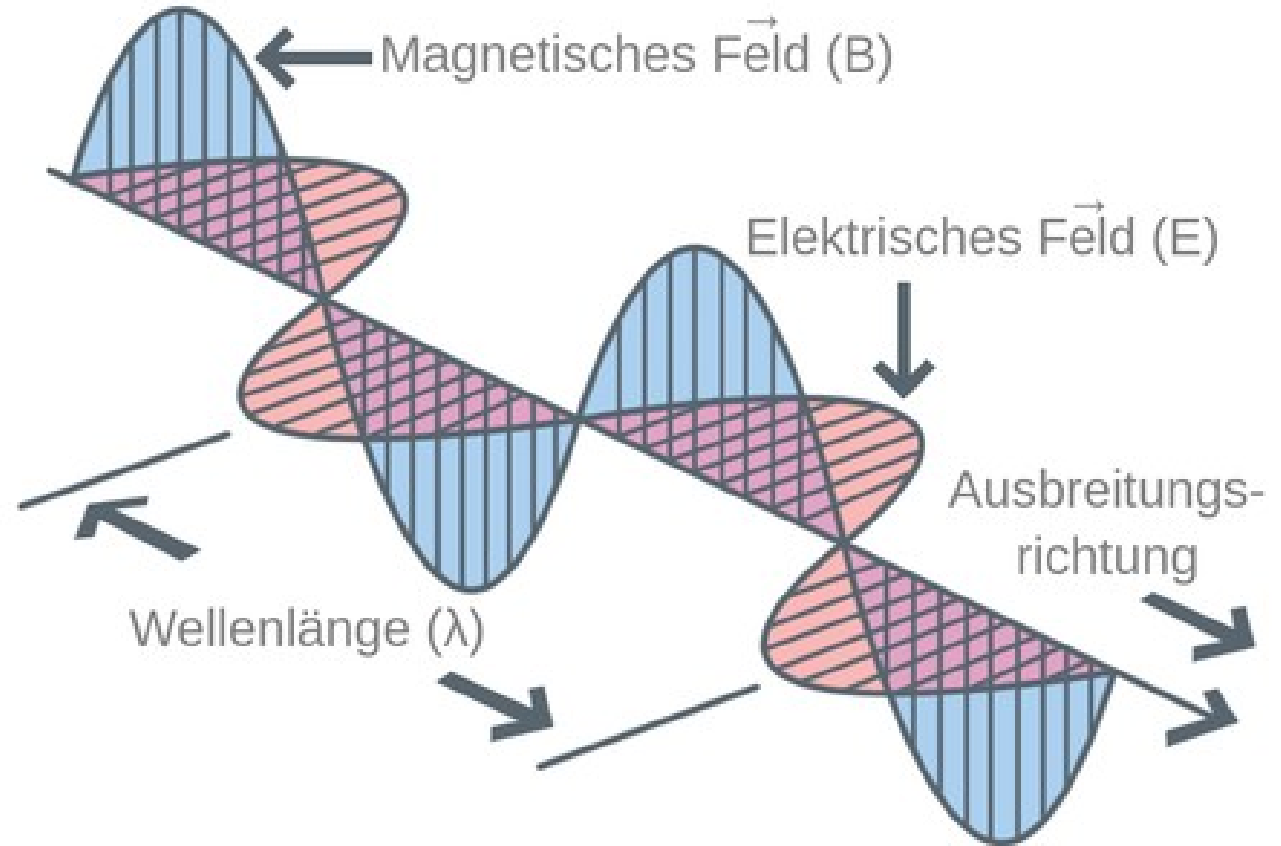
Physikschule Wuppertal

# Was ist Licht?

Strahl?

Welle?

Teilchen?



# Was ist Licht?

- Elektromagnetische Welle:

$$\nabla^2 \vec{E} - \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial^2}{\partial t^2} \vec{E} = 0$$

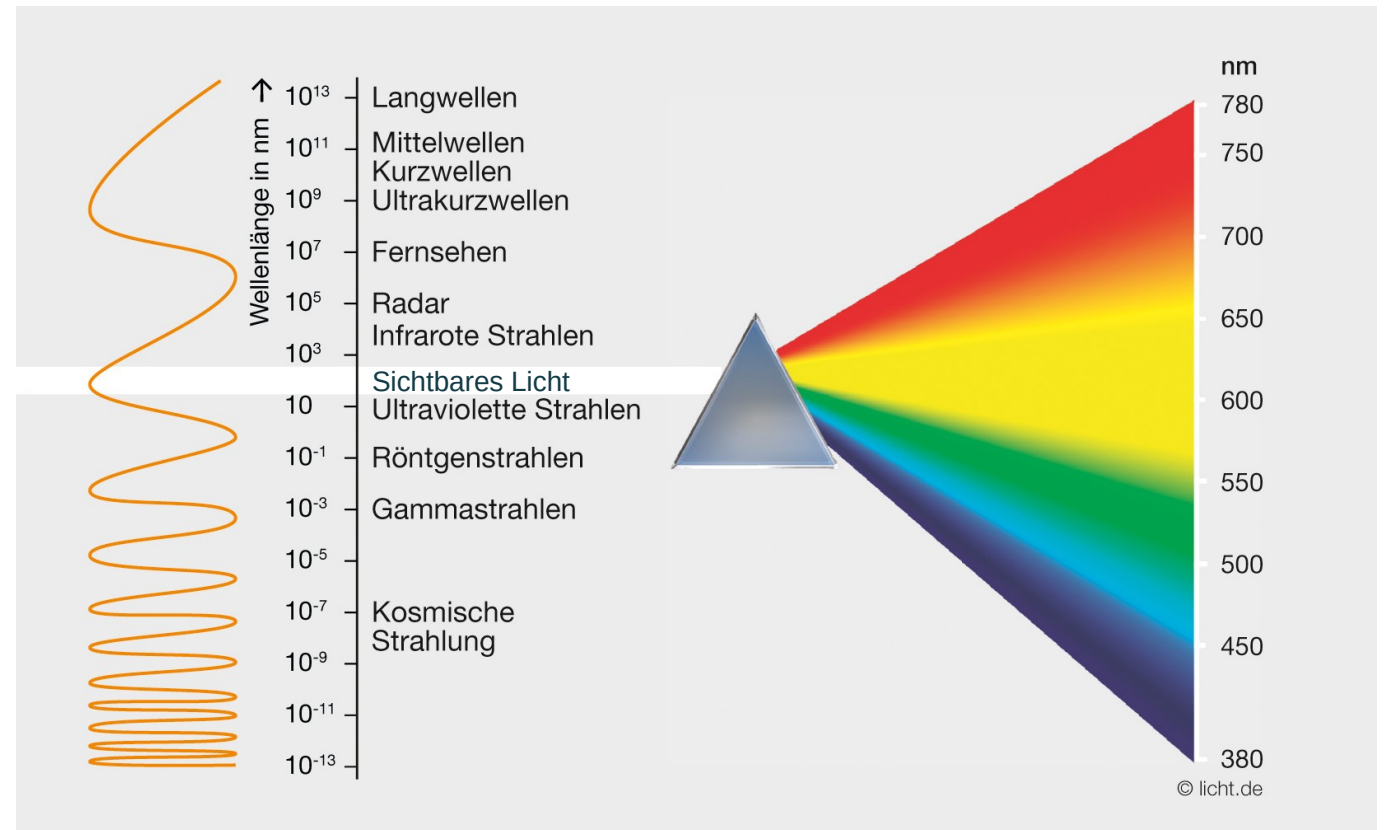
- Lösung der Gleichung mit:

$$\vec{E}(\vec{r}, t) = A e^{i(\vec{k} \cdot \vec{r} - \omega t)}$$

- Aus der Schule bekannte Form:

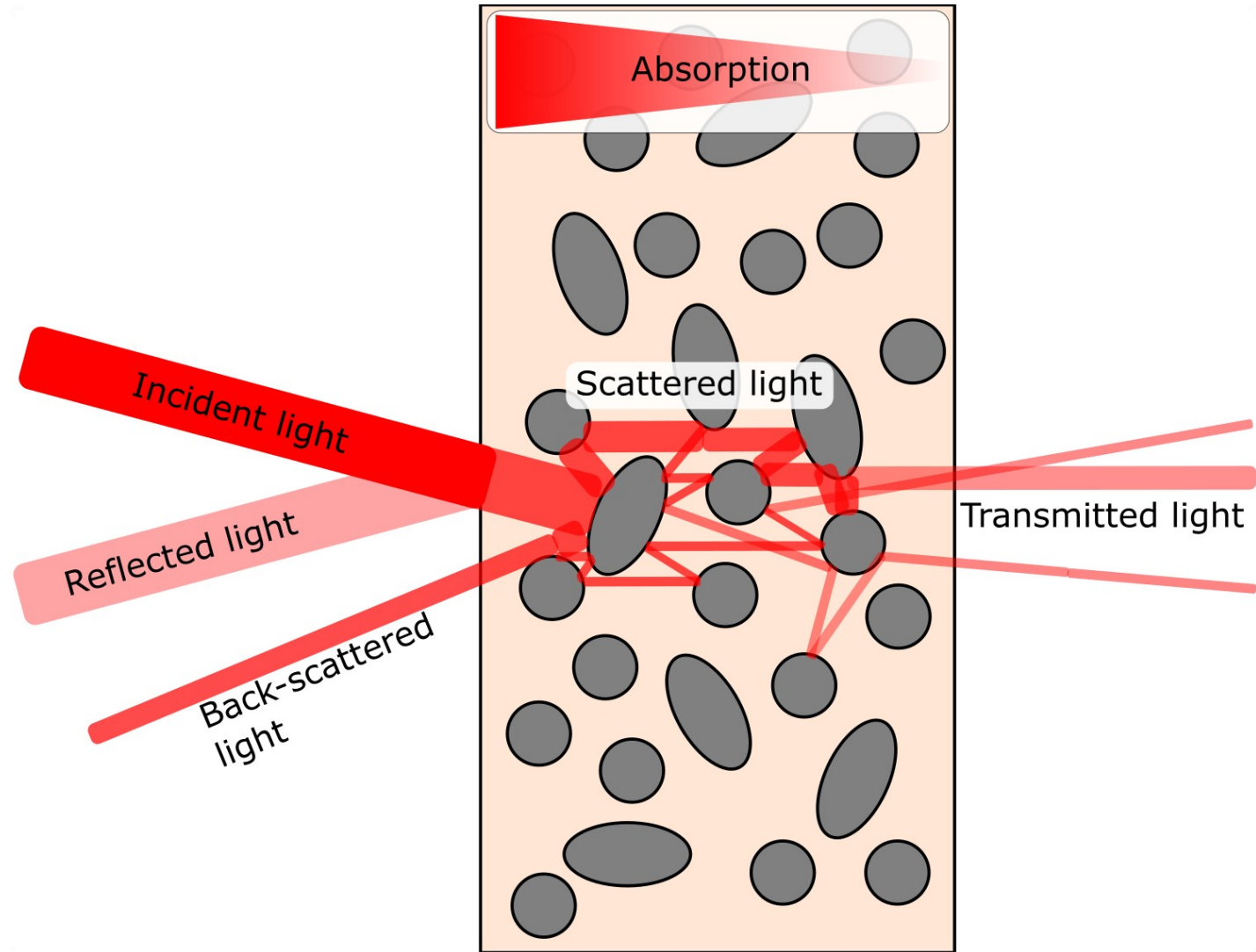
$$E(x, t) = A_0 \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda} x - \frac{2\pi\lambda}{c} t\right)$$

$$E(x, t) = A_0 \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda} x + \varphi_0\right)$$



# Interaktion von Licht mit Materie

- 1) Absorption
- 2) Reflexion
- 3) Brechung
- 4) Streuung
- 5) (Beugung)

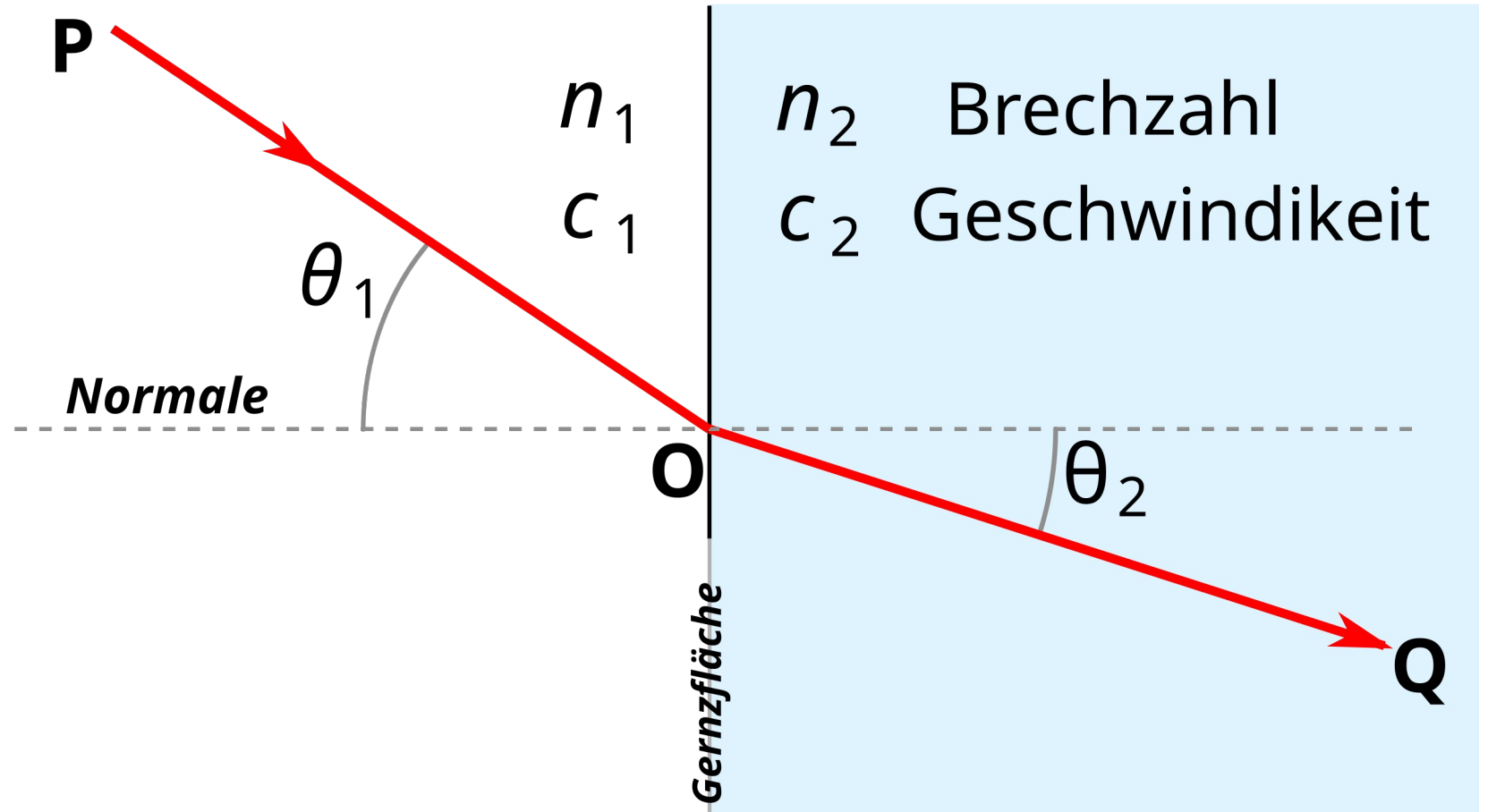
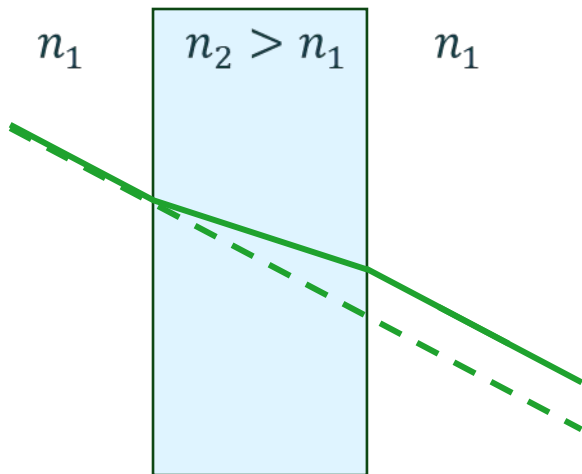




# Snelliussches Brechungsgesetz

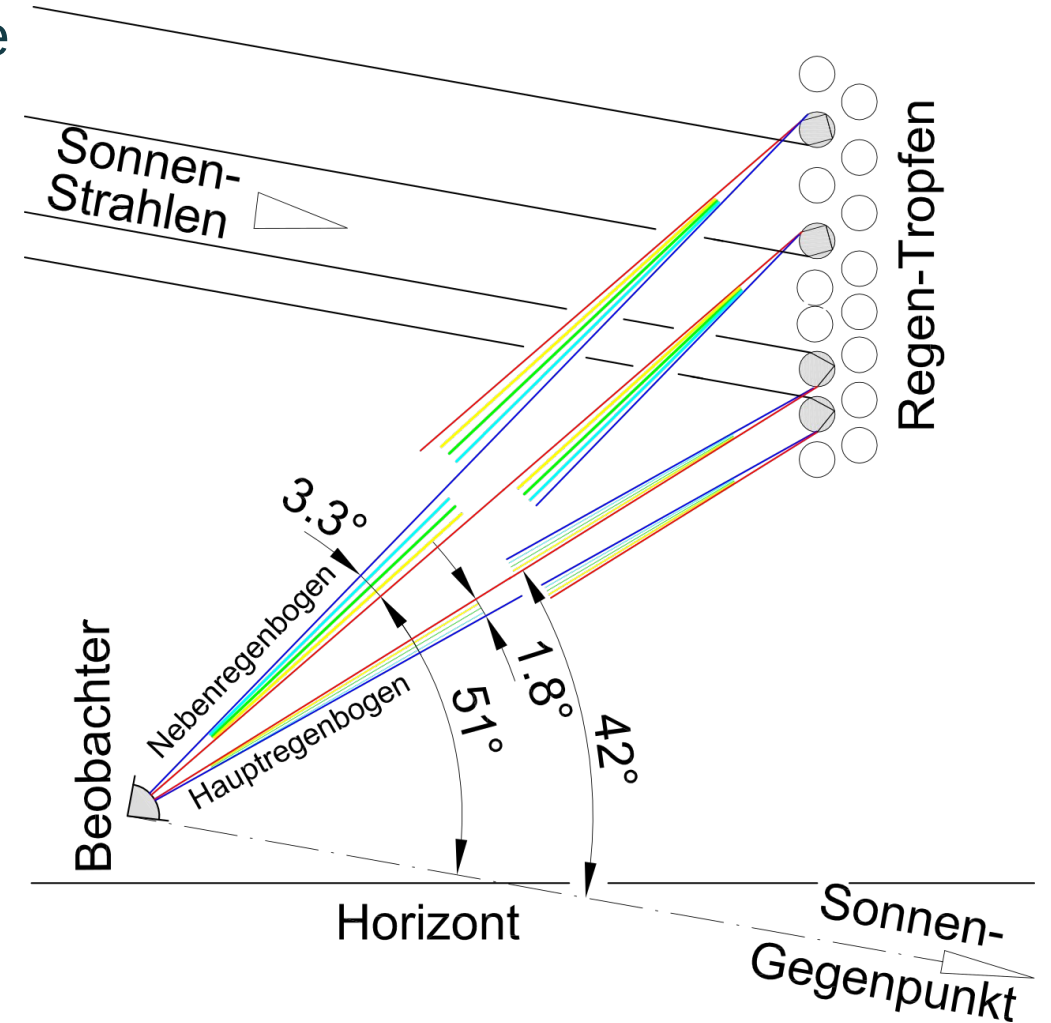
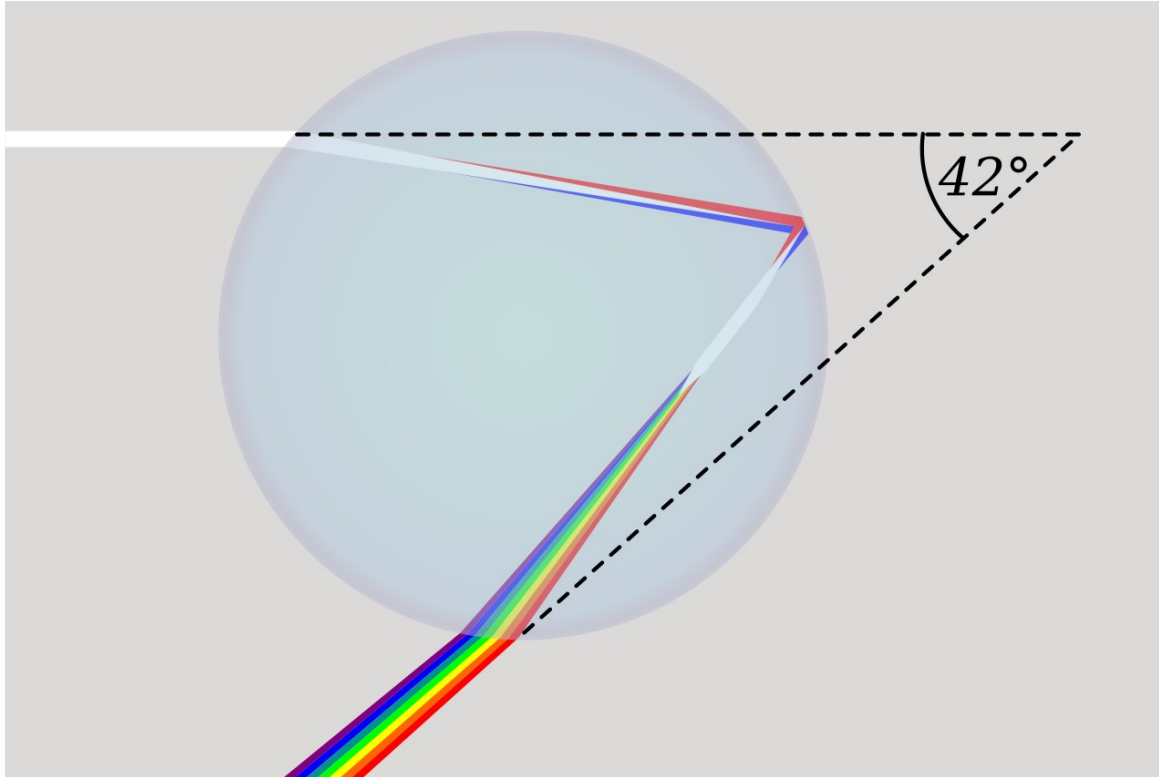
$$n_1 \sin(\theta_1) = n_2 \sin(\theta_2)$$

Was passiert an diesem



# Wie entsteht ein Regenbogen?

Totale interne Reflexion & wellenlängenabhängige Ausbreitungsgeschwindigkeit

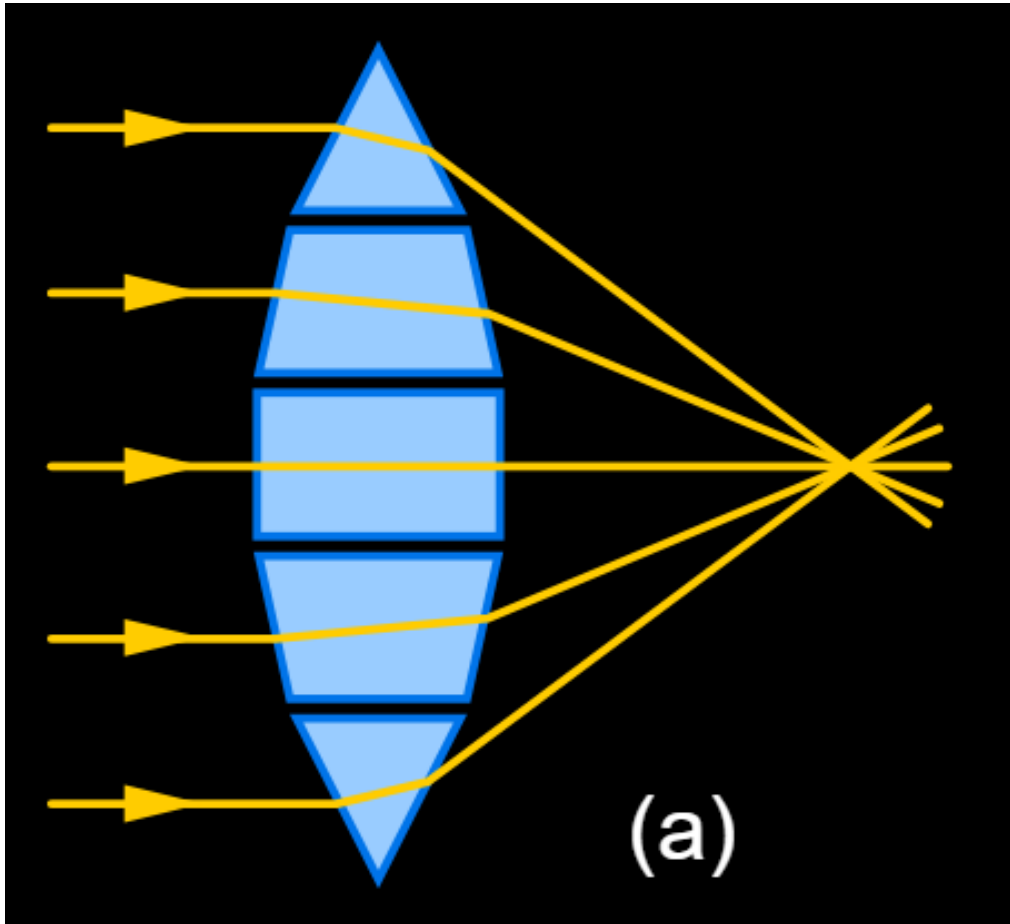


# Gibt es ein Ende des Regenbogens?

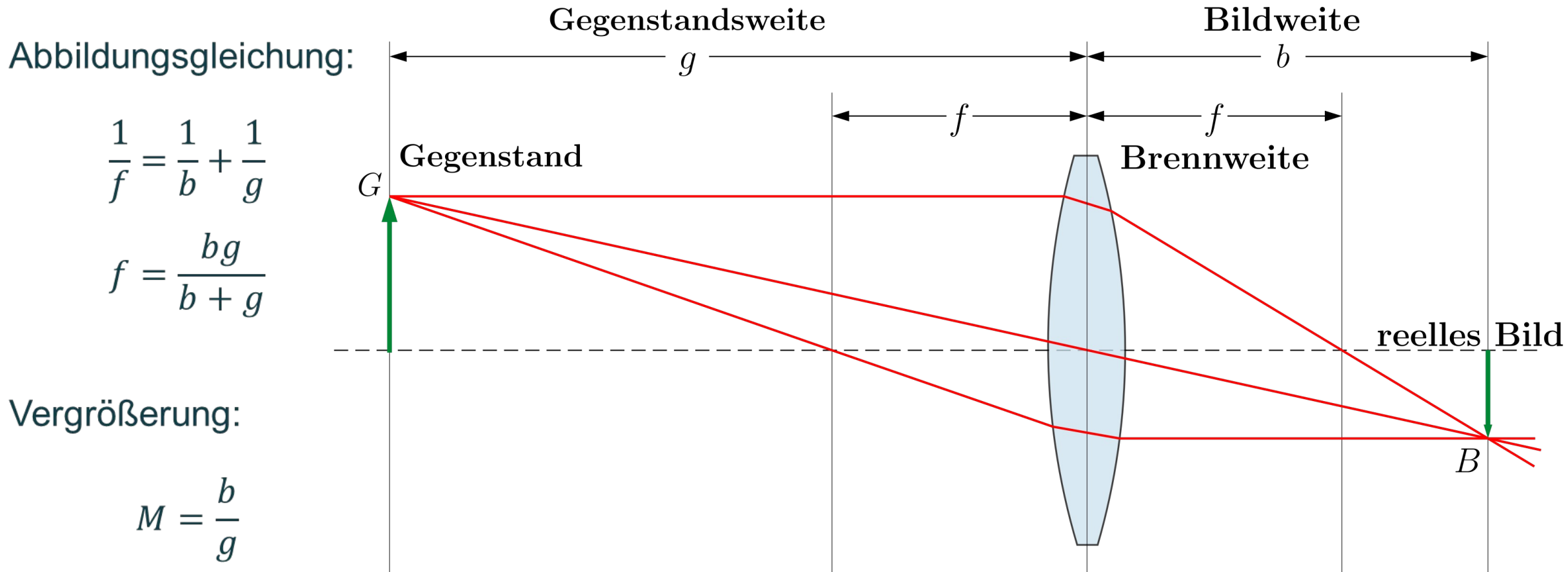


# Optische Linsen

Parallele Strahlen werden im Brennpunkt gebündelt



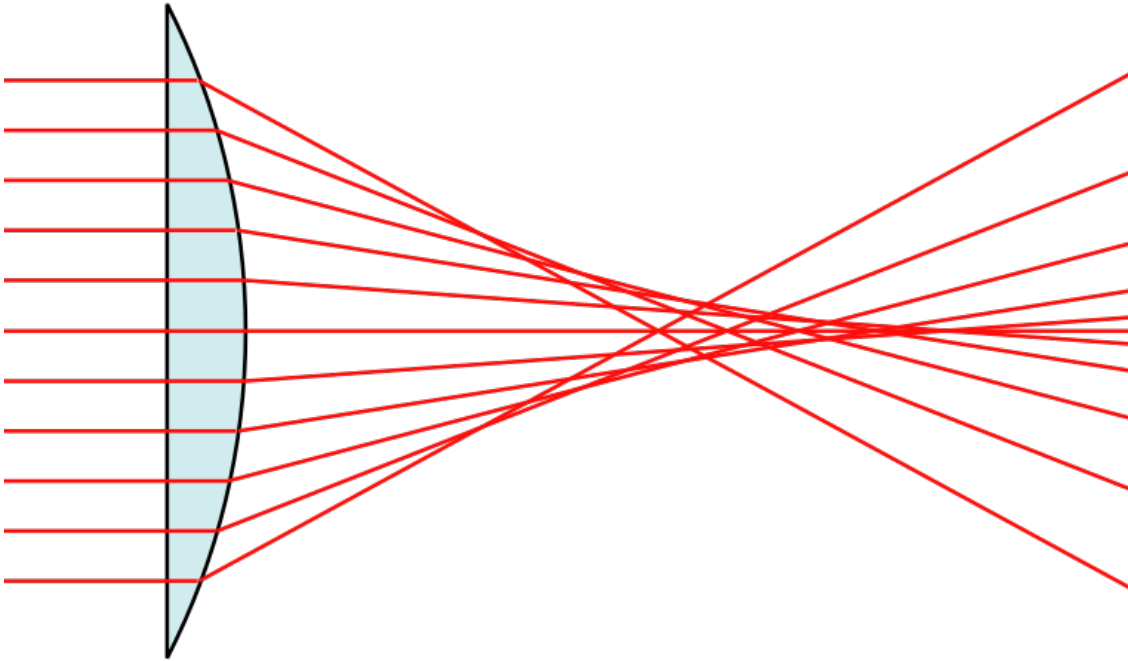
# Abbildungsgleichung mit Linsen



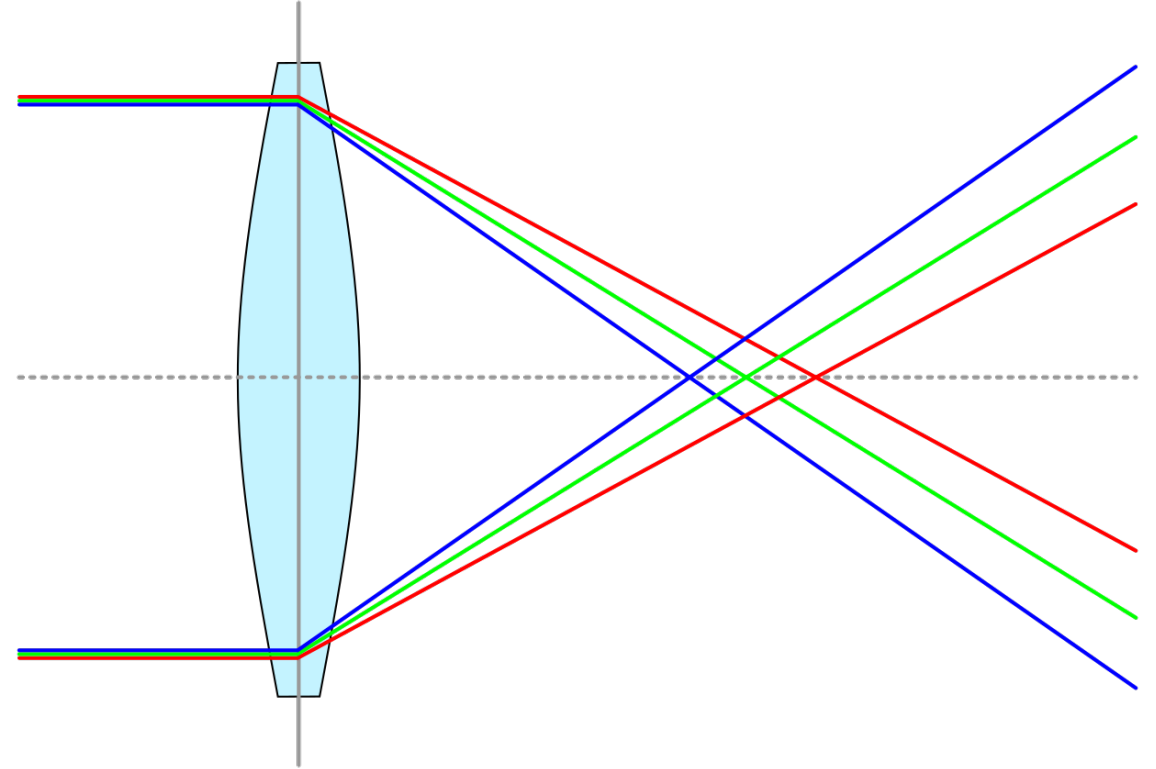
# Linsefehler - Aberrationen

Linsefehler führen zu Fehlern in den Abbildungen

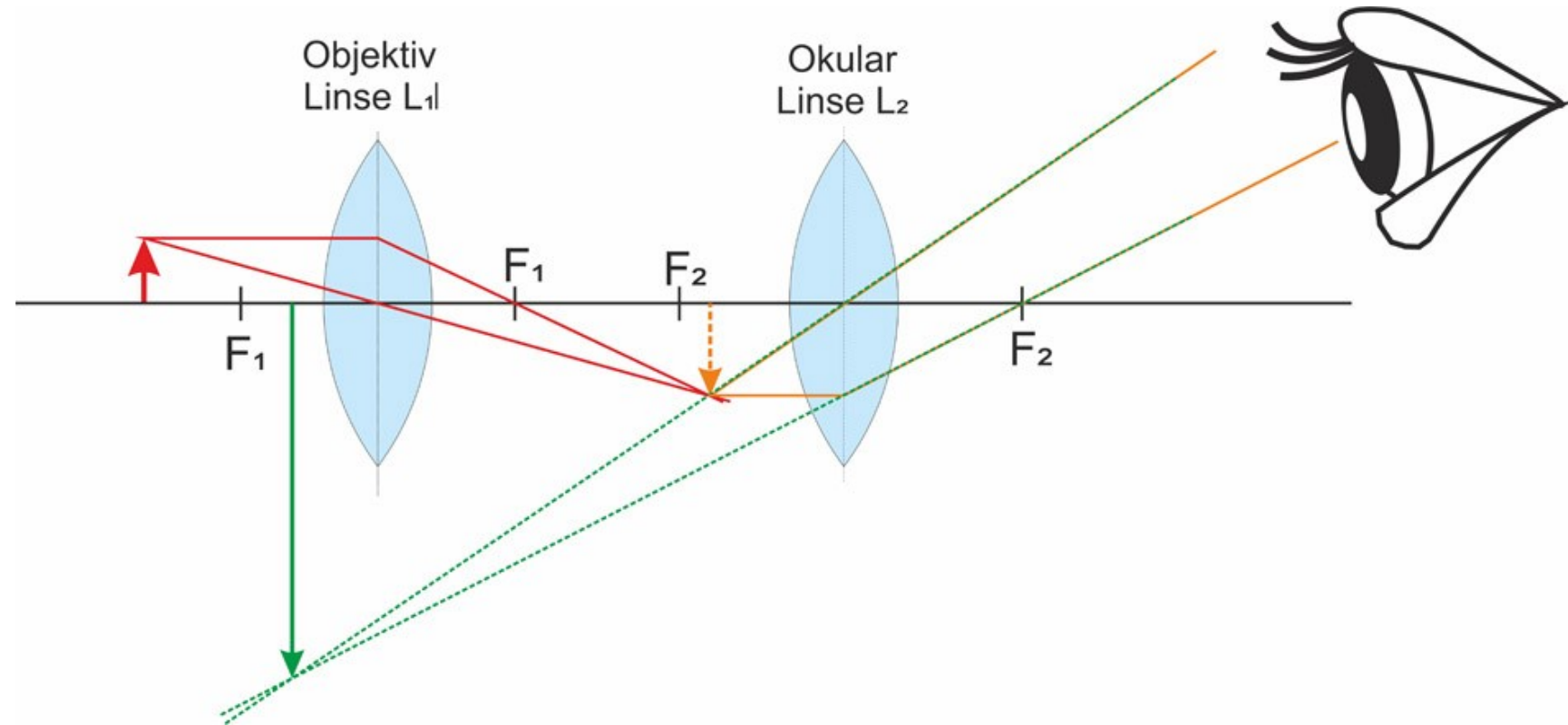
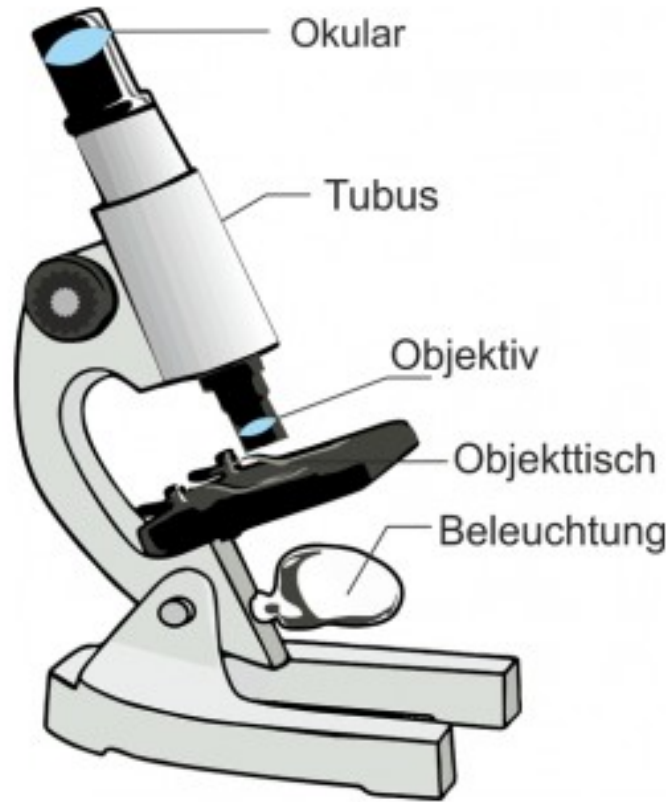
Sphärische Aberration =  
Abweichung vom perfekten Kreis



Chromatische Aberration =  
„Regenbogen“ Effekt



# Aufbau eines Mikroskops





# Unterschied „labelled“ und „label-free“ imaging

BUW bei Nacht: „labelled“



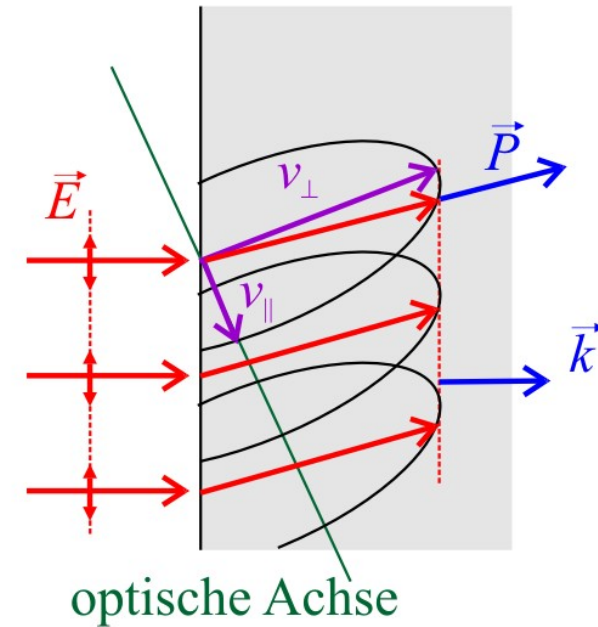
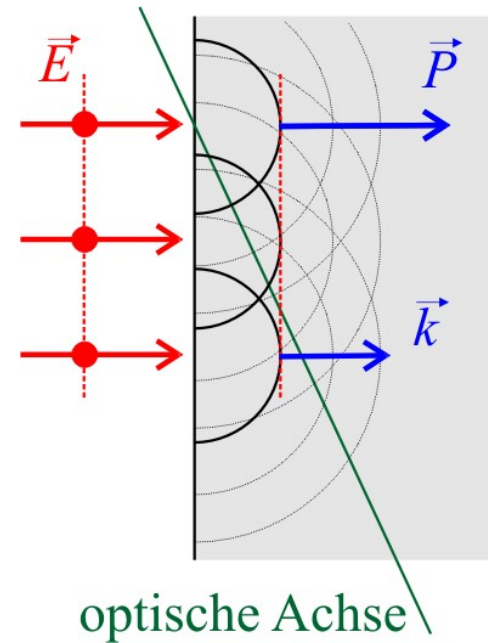
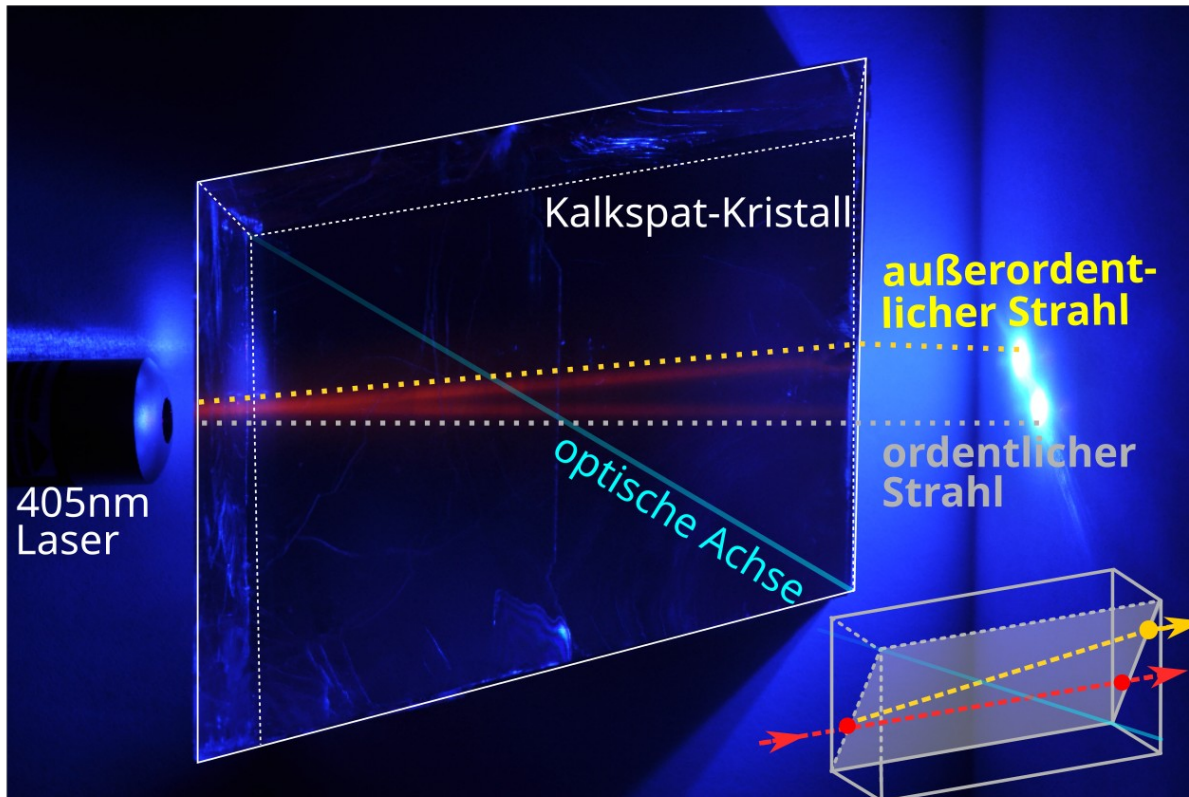
BUW bei Tag: „unlabelled“





# Doppelbrechung

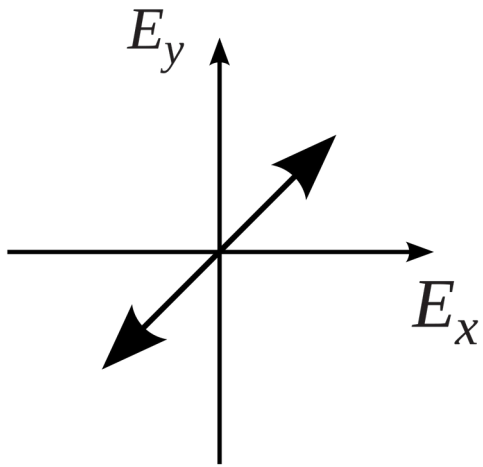
Die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichtes hängt von der Schwingungsrichtung des Lichtes ab!



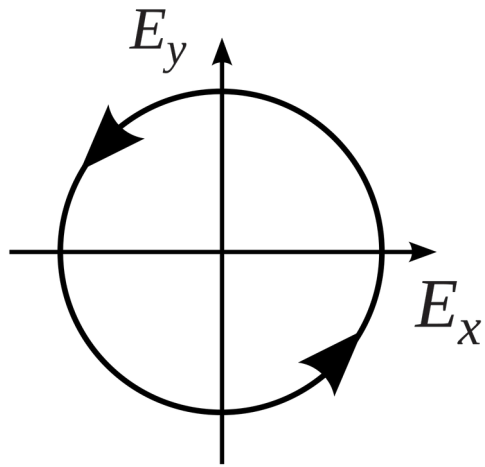
# Polarisation des Lichtes

Das Licht kann in verschiedenen Ebenen schwingen

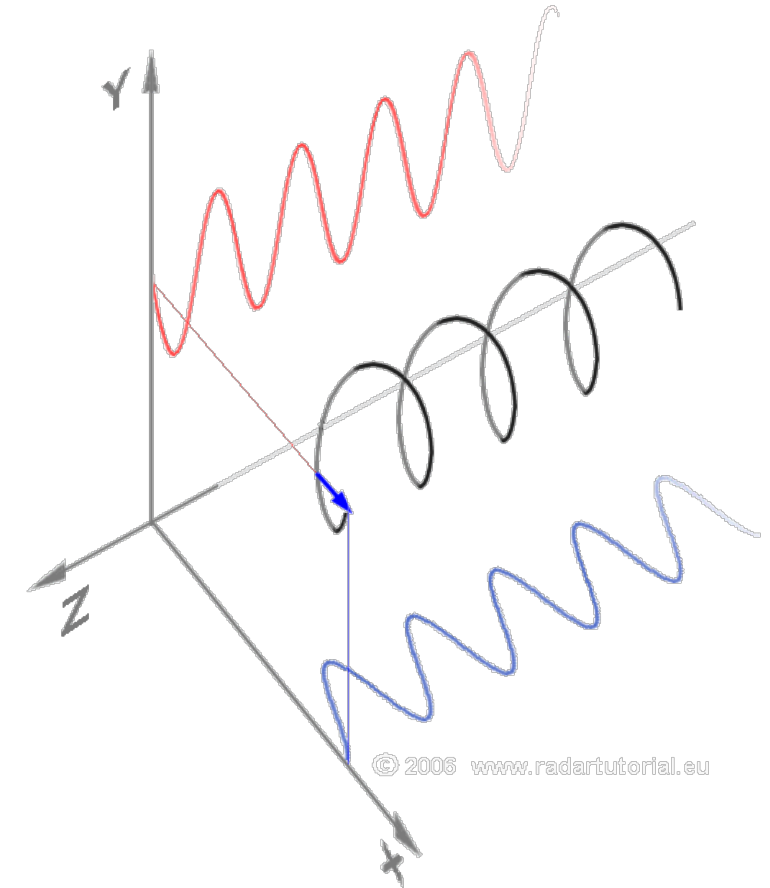
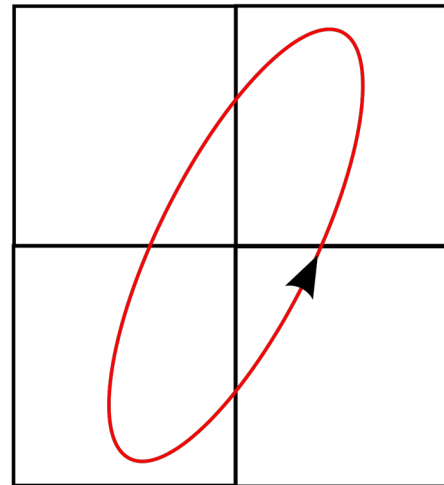
Linear polarisiert



Zirkular polarisiert



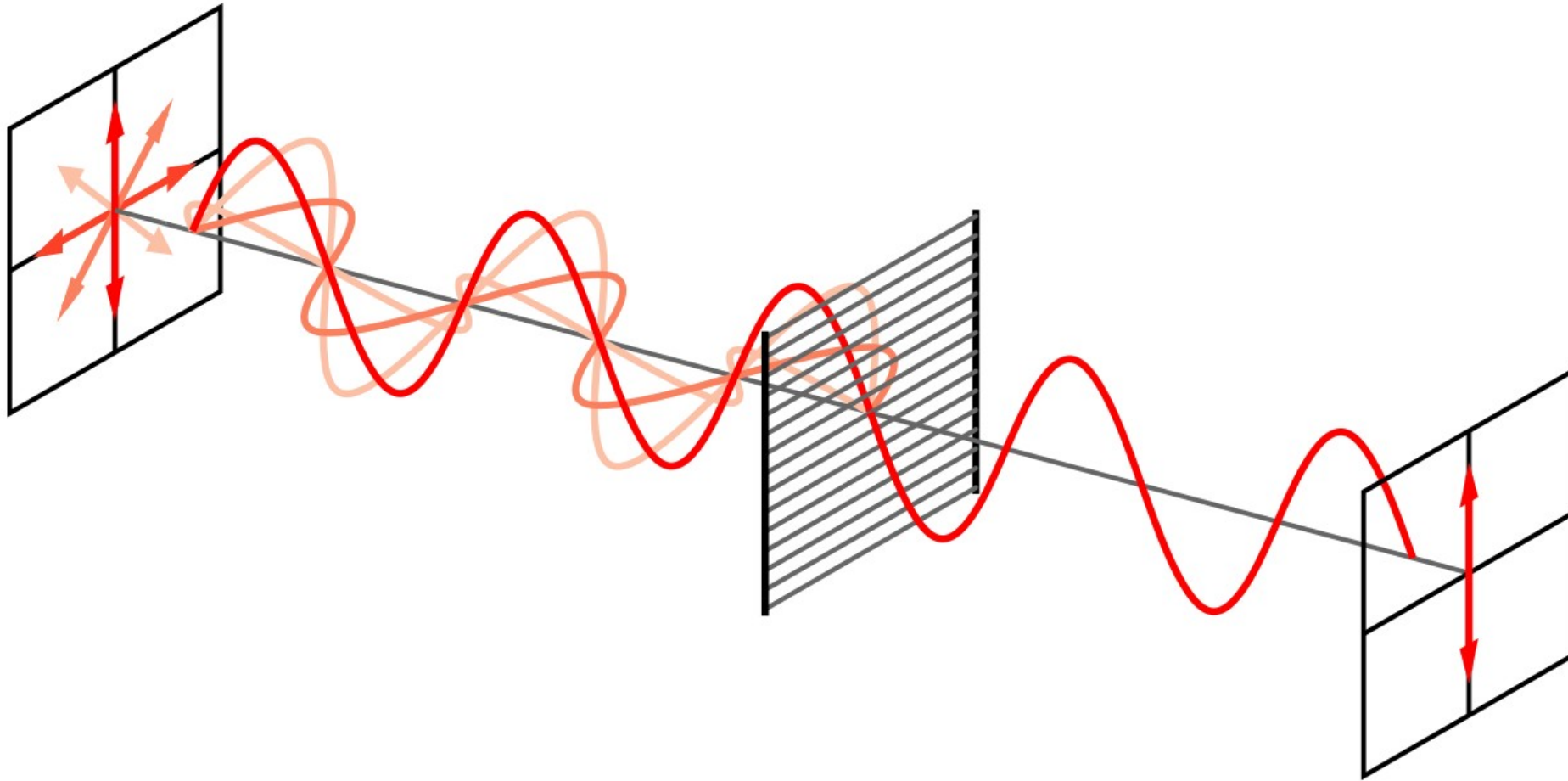
Elliptisch polarisiert



© 2006 www.radartutorial.eu

# Polarisationsfilter

Ein Polarisationsfilter ist wie ein Zaun: Er lässt nur eine Schwingungsrichtung durch!





# Polarisationsfilter im Alltag



Aufnahme ohne B+W Zirkularpolfilter

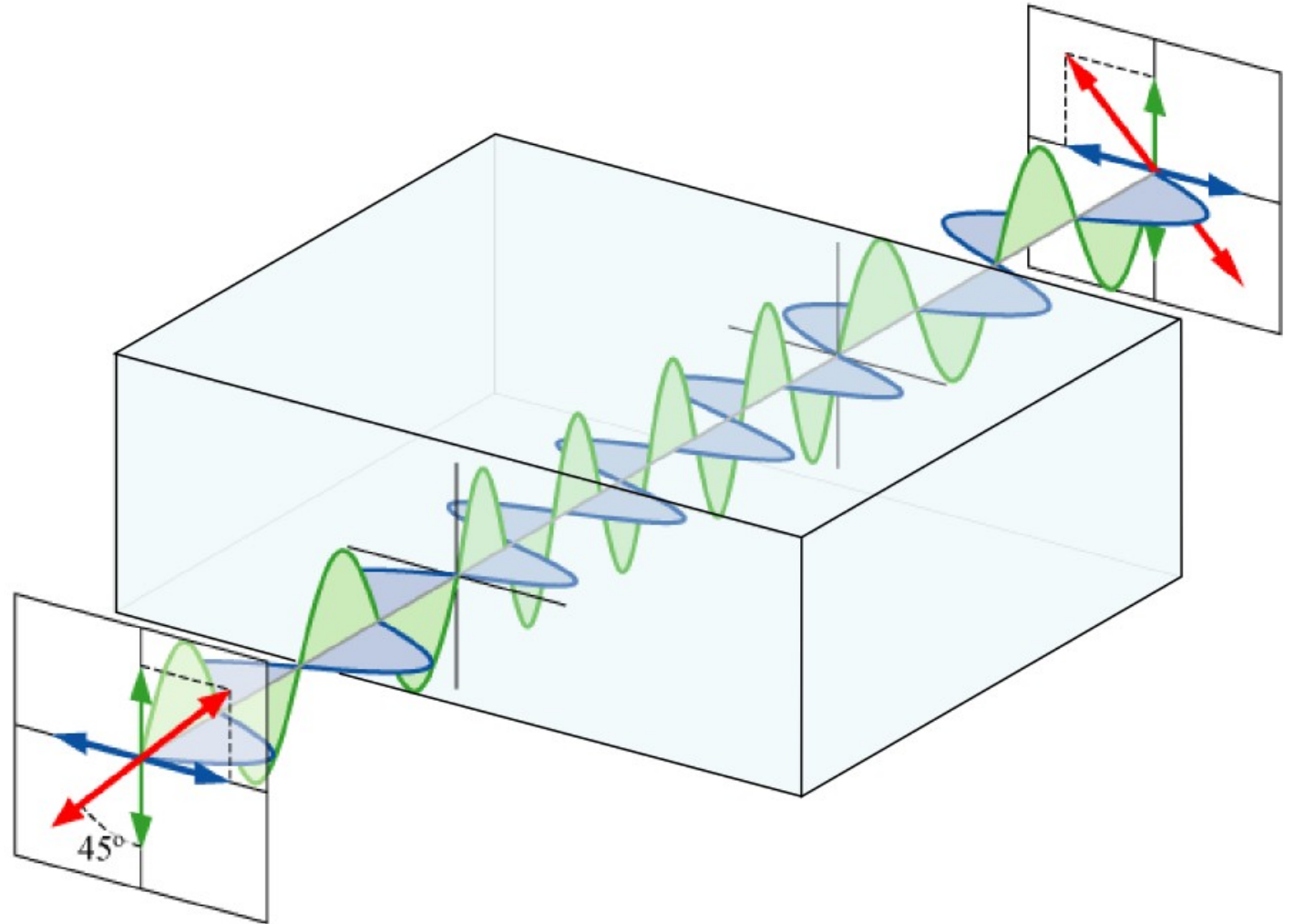


Aufnahme mit B+W Zirkularpolfilter

# Verzögerungsplatten

Das Licht breitet sich in einer Richtung schneller als in der anderen aus.

Abhängig von der **Dicke** des Materials und der **Orientierung** der optischen Achse, dreht sich die **Polarisationsrichtung**.





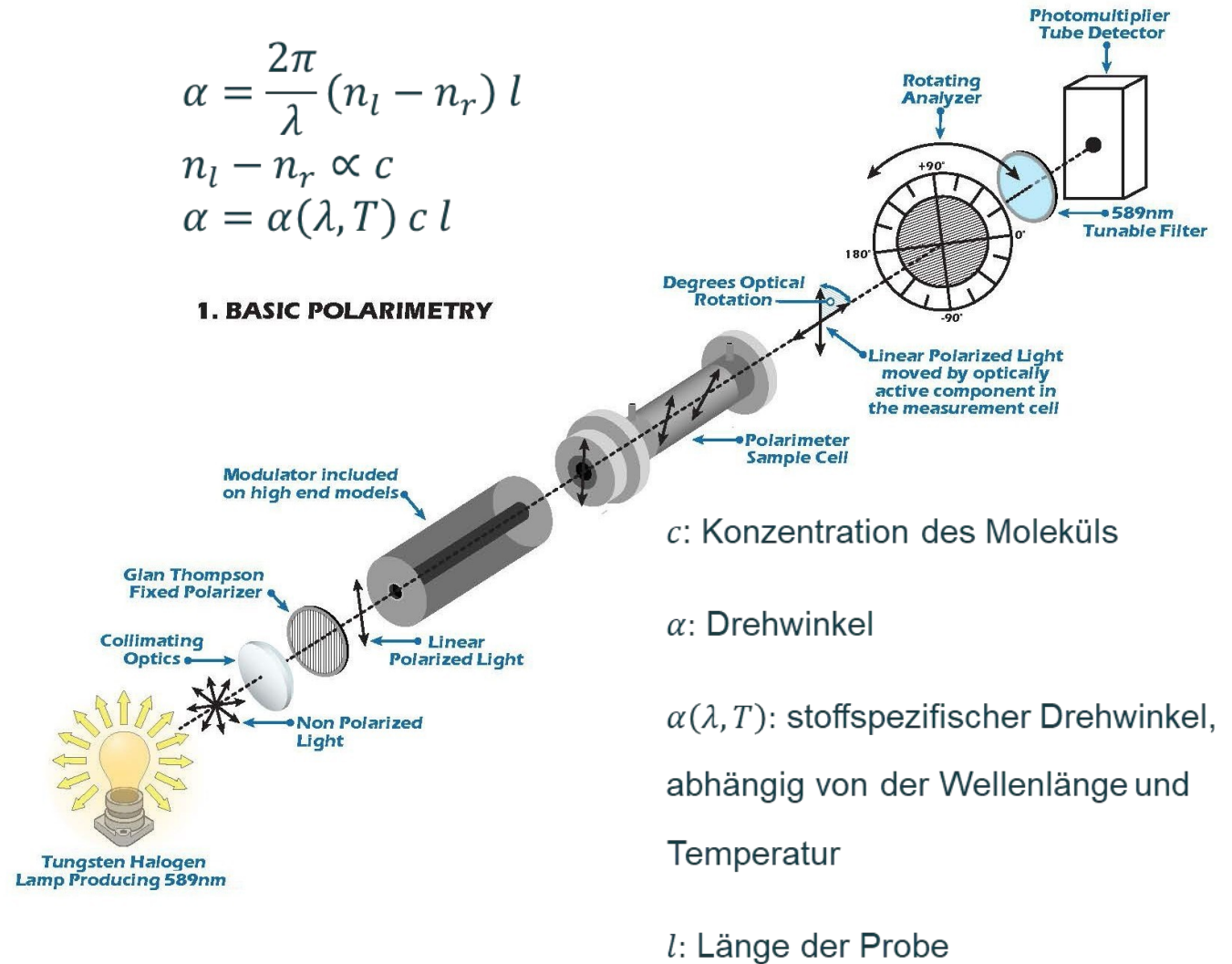
# Bestimmung von Zucker- und Alkoholgehalt

Abhängig von der Konzentration von Zucker- oder Alkoholmolekülen ändert sich die Polarisation des Lichtes.



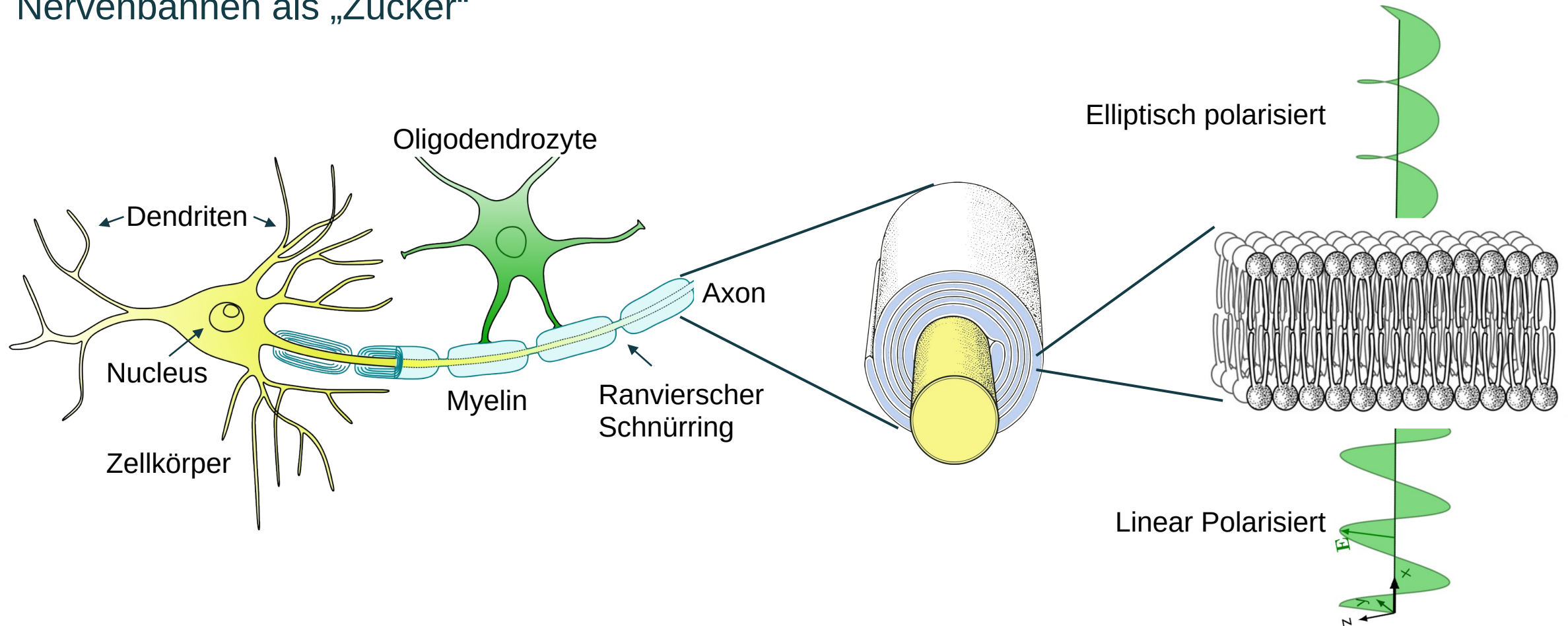
$$\alpha = \frac{2\pi}{\lambda} (n_l - n_r) l$$
$$n_l - n_r \propto c$$
$$\alpha = \alpha(\lambda, T) c l$$

## 1. BASIC POLARIMETRY



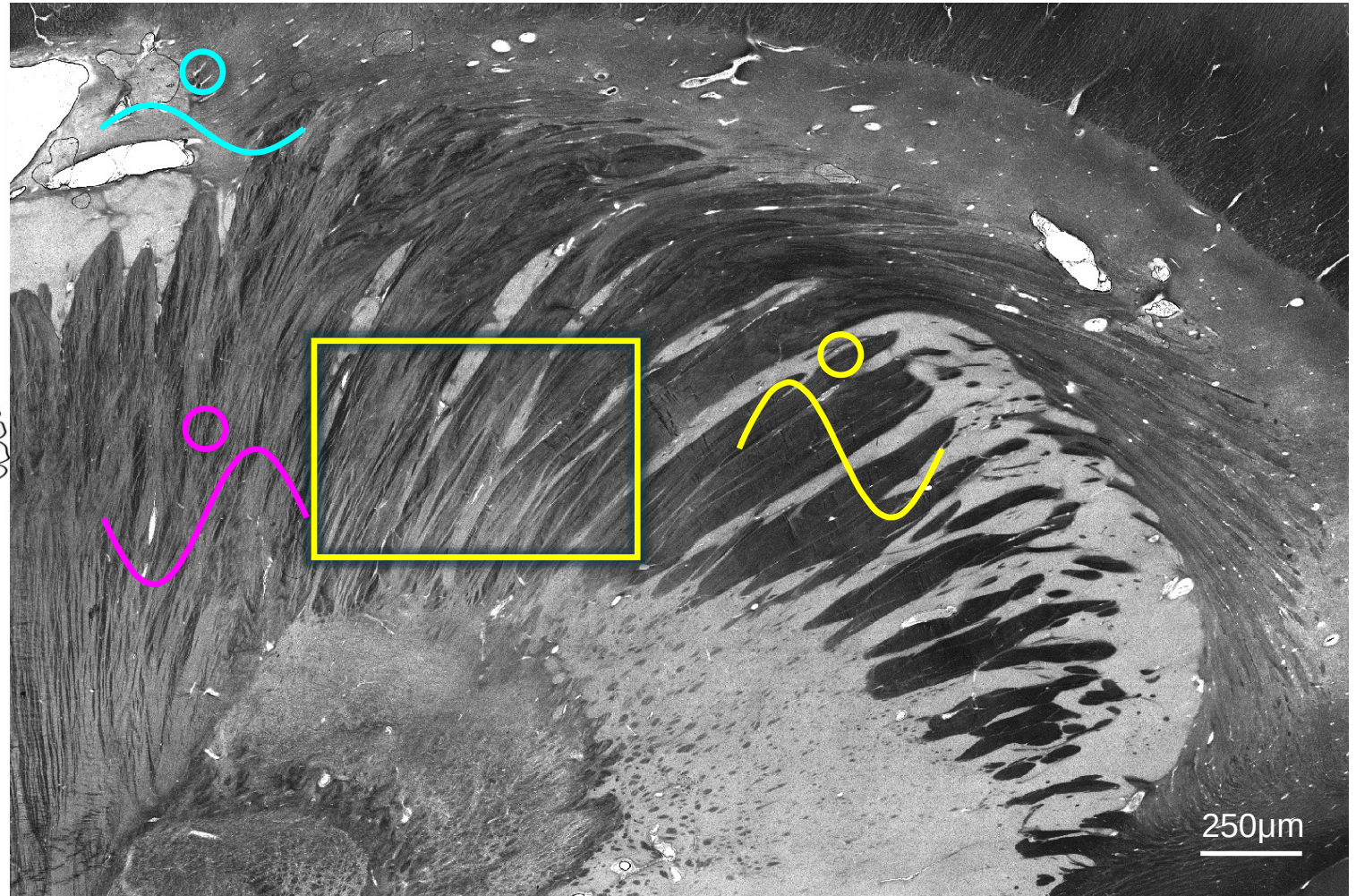
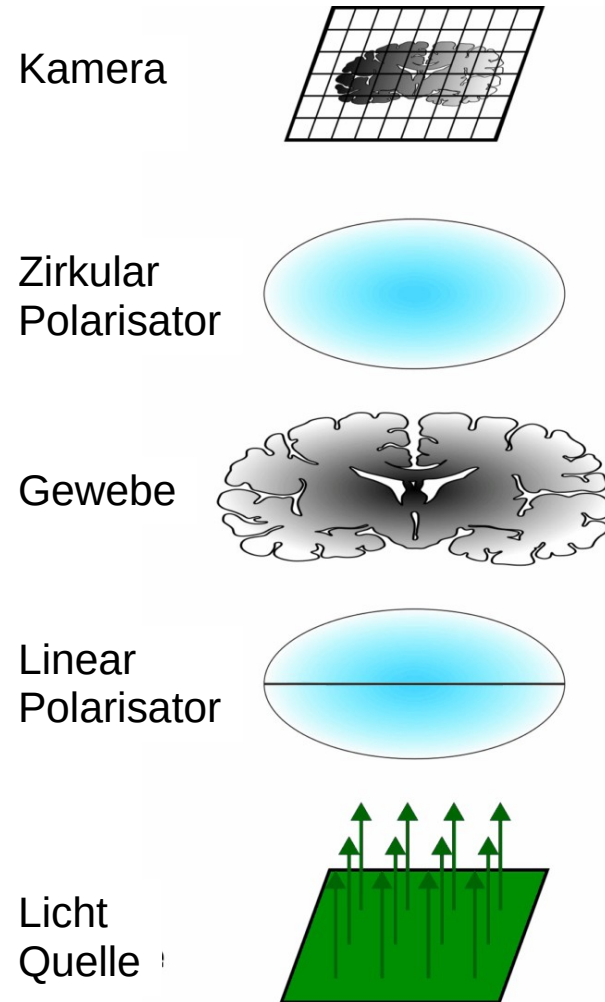
# Polarisationslichtmikroskopie

## Nervenbahnen als „Zucker“



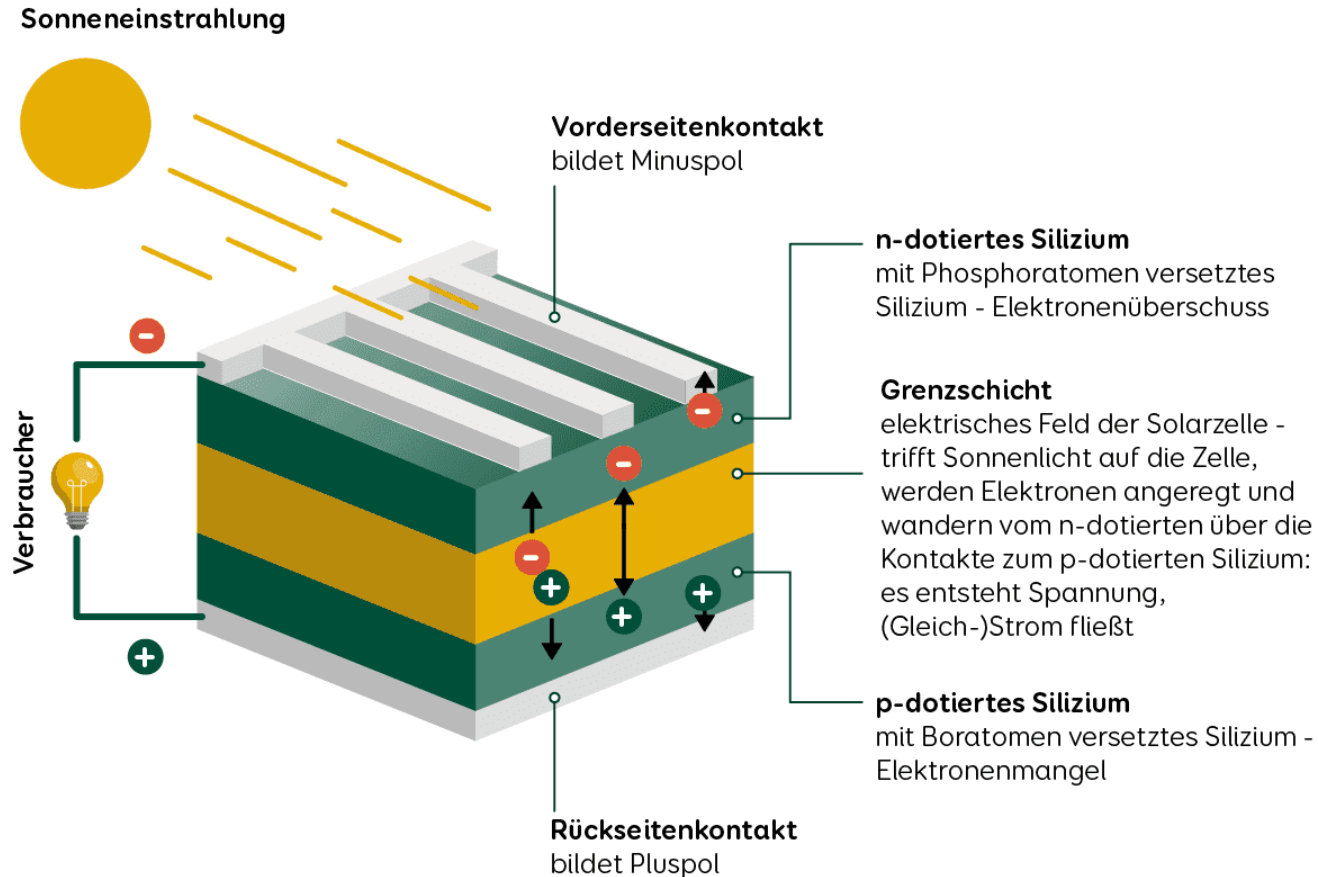


# Polarisationslichtmikroskopie

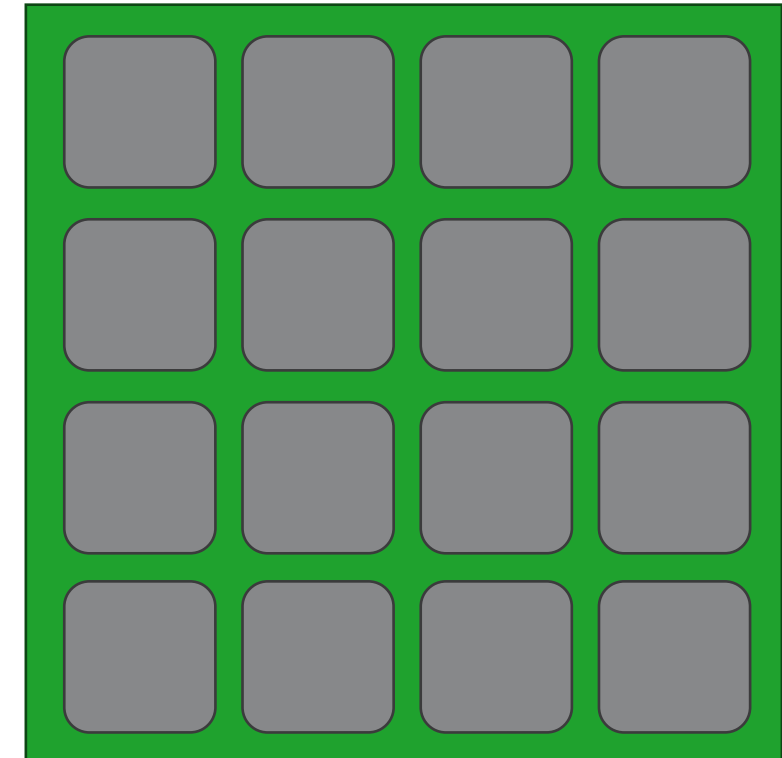


# Detektoren und Kameras:

Sind nichts anderes als **viele kleine Solarzellen**

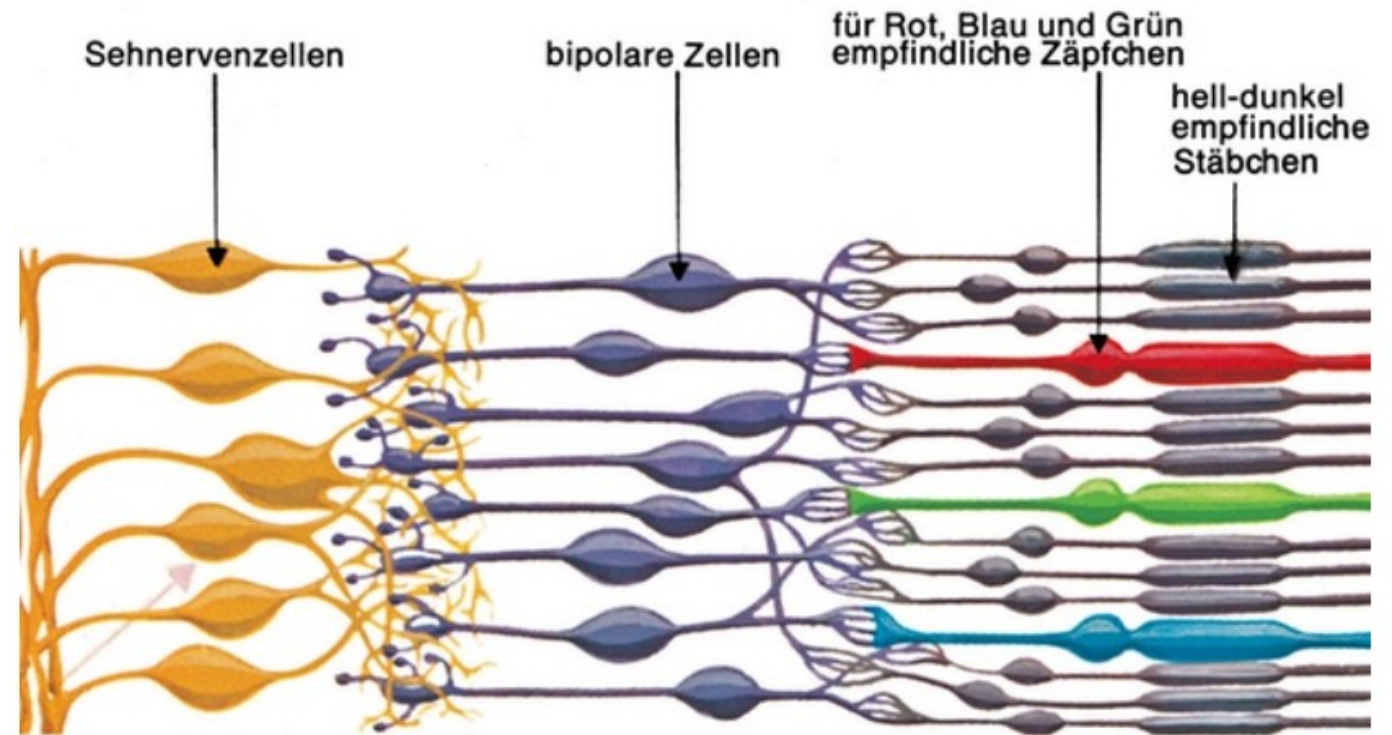
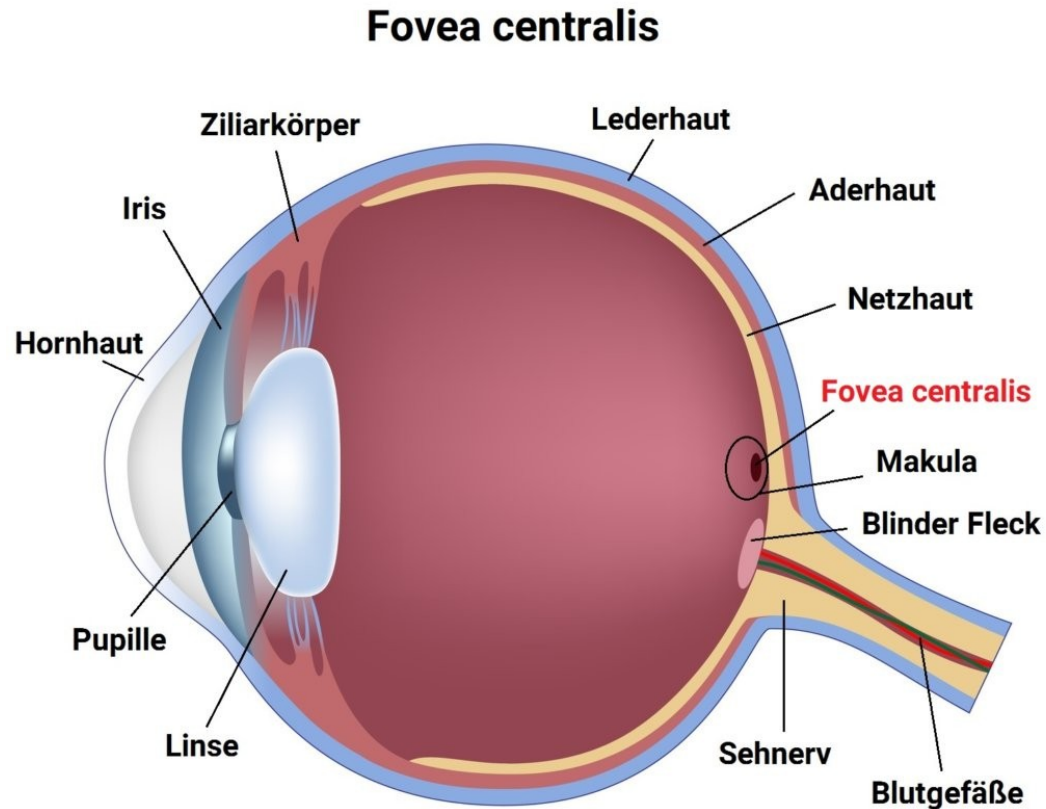


## Kamera Sensor





# Unser Detektor: Das Auge

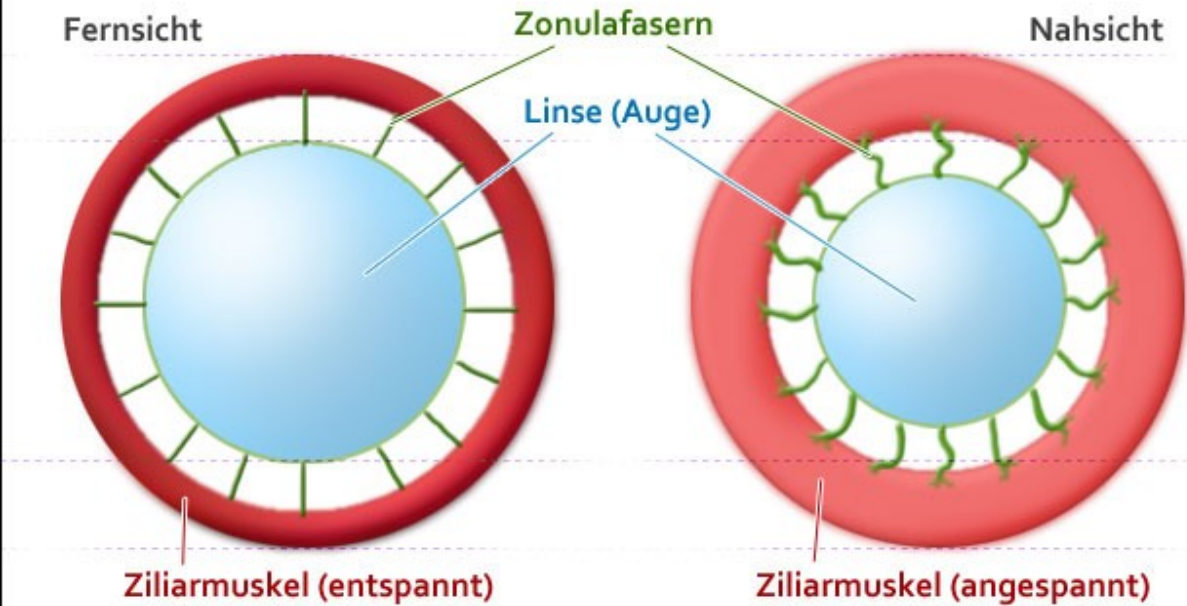


120 Millionen Zapfen, 6 Millionen Stäbchen



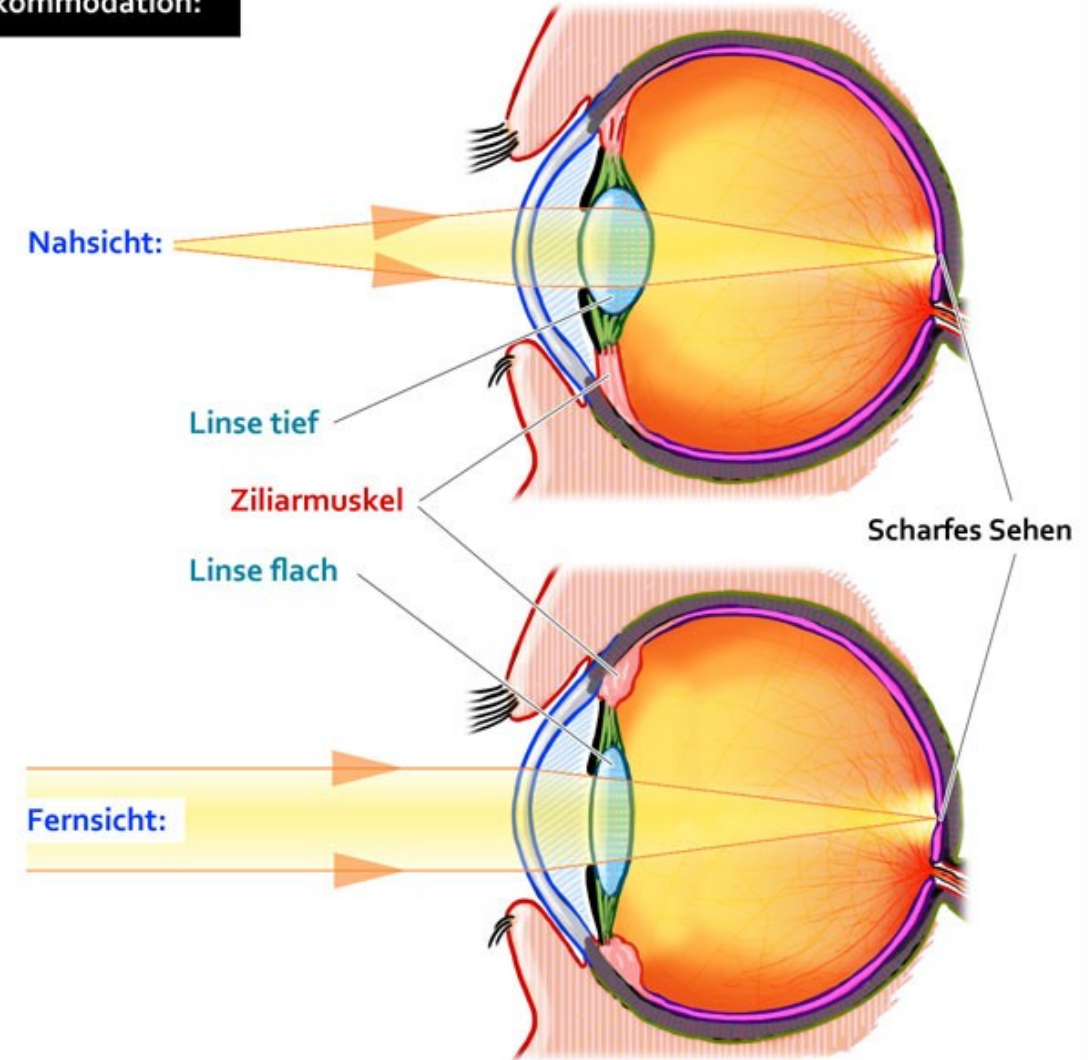
# Scharfes Sehen

## Ziliarmuskel (Auge)



Martin Mißfeldt - lasikon.de

## Akkommodation:



Martin Mißfeldt - sehtestbilder.de