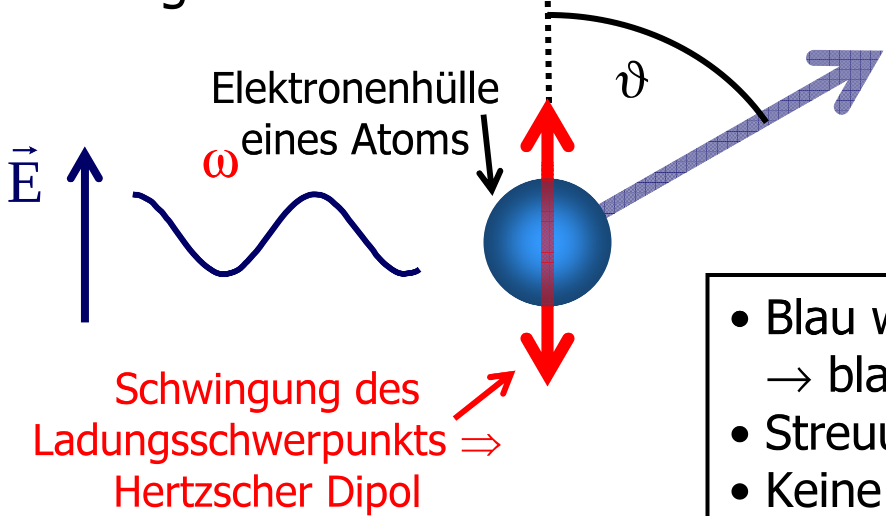
Himmelsblau

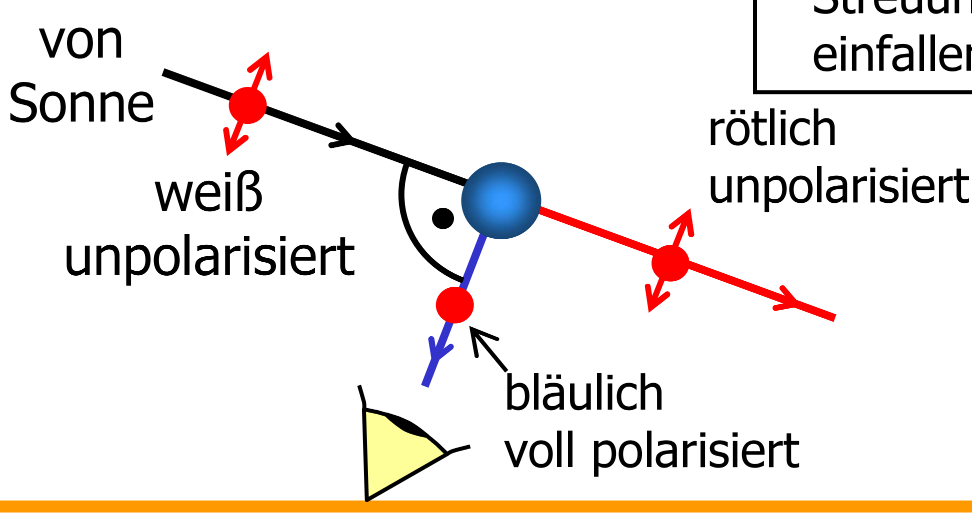
Streuung von Sonnenlicht an N- und O-Atomen der Atmosphäre



Strahlungsintensität des Hertzschen Dipols

$$I(\theta) \propto \omega^4 \cdot \sin^2\vartheta$$

- Blau wird viel stärker gestreut als Rot $\rightarrow$ blauer Himmel
- Streuung azimutal symmetrisch
- Keine Streuung entlang der Dipolachse $\rightarrow$ keine Streuung entlang des E-Vektors des einfallenden Strahls



Polfilter-Anwendung in Fotografie:

- Abdunklung vom Himmelsblau, dramatische Stimmung
- Veränderung des Farbkontrasts

Polarisation

Maxwell-Gleichungen $\Rightarrow$ elektromagnetische Wellen (z.B. Licht)

Spezialfall: ebene monochromatische elektromagnetische Welle

$$\vec{E} = \vec{E}_0 \cdot e^{i\left(\vec{k}\vec{r}-\omega t\right)}$$

$$\vec{B} = \vec{B}_0 \cdot e^{i\left(\vec{k}\vec{r}-\omega t\right)}$$

$\vec{k} \perp \vec{B}_0 \perp \vec{E}_0 \perp \vec{k}$ im Vakuum

$\vec{k} \perp \vec{B}_0 \perp \vec{D}_0 \perp \vec{k}$ im neutralen Medium

$\vec{E}_0\,,\ \vec{B}_0 \in \mathbb{C}^3$ physikalisch relevant: $\operatorname{Re}\vec{E}\,,\ \operatorname{Re}\vec{B}$

Ausbreitungsrichtung: $\vec{S} \propto \vec{E}_0 \times \vec{B}_0$ Vakuum: $\vec{S} \,||\, \vec{k}$

Dispersionsrelation: $\omega = c \cdot \left|\vec{k}\right|$ (Vakuum) $\omega = \frac{c}{n} \cdot \left|\vec{k}\right|$ (Medium)

Polarisation

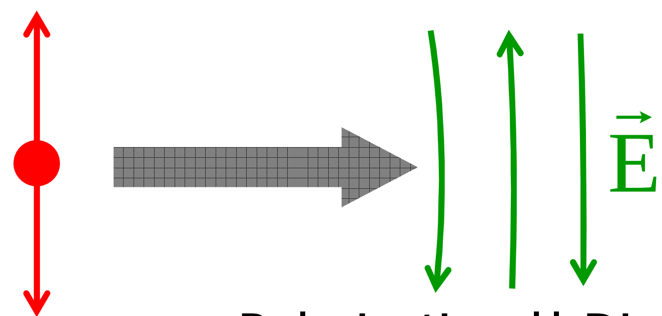
$$\vec{E} = \vec{E}_0 \cdot e^{i\left(\vec{k}\vec{r} - \omega t\right)}$$

$$\vec{B} = \vec{B}_0 \cdot e^{i\left(\vec{k}\vec{r} - \omega t\right)}$$

<u>Definition:</u>

Die Auszeichnung einer Schwingungsebene des E-Feldes heißt $\vec{E}$ <u>Polarisation</u>

<u>Beispiel:</u> Hertzscher Dipol



schwingende Ladung

Polarisation || Dipolachse

Glühbirne $\Rightarrow$	statistisch verteilte Hertzsche Dipole unpolarisiertes Licht

Lineare Polarisation

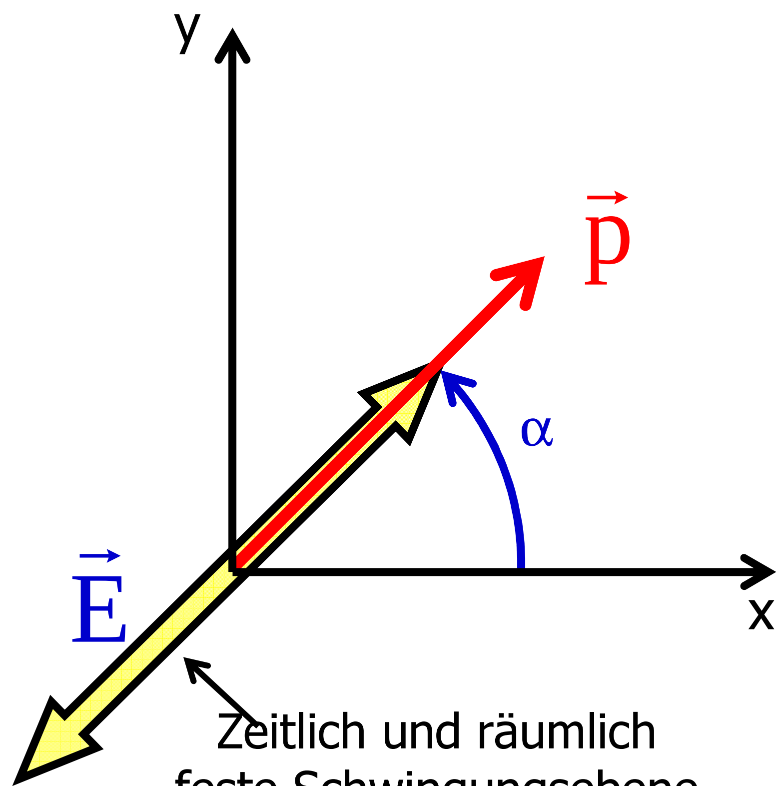
$$\varphi = 0 \quad \Rightarrow \quad \vec{p} = \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix} \quad \overset{a^2+b^2=1}{\Rightarrow} \quad \vec{p} = \begin{pmatrix} \cos\alpha \\ \sin\alpha \end{pmatrix} = \cos\alpha \cdot \vec{e}_x + \sin\alpha \cdot \vec{e}_y$$

Horizontale Polarisierung

$$\alpha = 0 \quad \Rightarrow \quad \vec{p} \parallel \vec{e}_x$$

Vertikale Polarisierung

$$\alpha = \tfrac{\pi}{2} \quad \Rightarrow \quad \vec{p} \parallel \vec{e}_y$$



Zirkulare Polarisation

$$\varphi = \pm\frac{\pi}{2}, \quad a = b = \frac{1}{\sqrt{2}} \quad \Rightarrow \quad \vec{p}_{R,L} = \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{pmatrix} 1 \\ e^{\pm i\frac{\pi}{2}} \end{pmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{pmatrix} 1 \\ \pm i \end{pmatrix} = \vec{e}_{R,L}$$

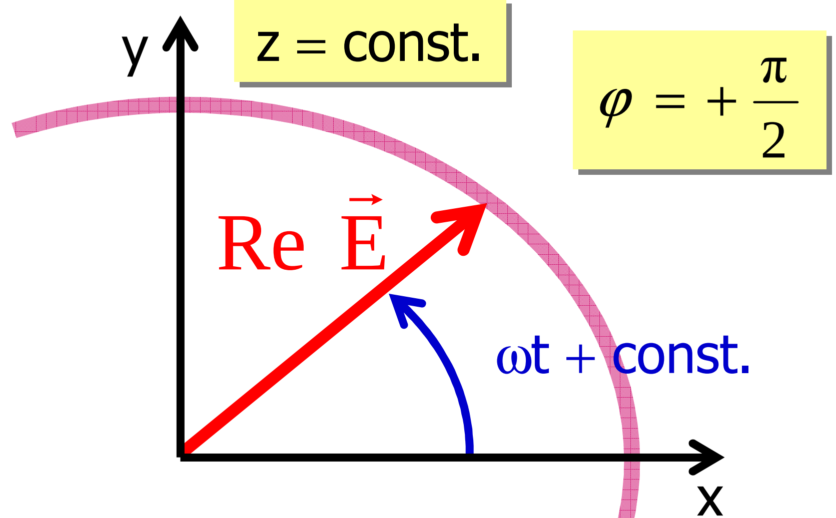
Nach Photon-Spin (Quantenmechanik)... (optische Nomenklatur genau umgekehrt ☹)

$\varphi = +\frac{\pi}{2} \Leftrightarrow$ rechts-zirkular polarisiert	$\varphi = -\frac{\pi}{2} \Leftrightarrow$ links-zirkular polarisiert

Interpretation:

$$\mathrm{Re}\, E_x = \frac{E_0}{\sqrt{2}}\cos(kz - \omega t + \varphi_x) = \frac{E_0}{\sqrt{2}}\cos(\omega t - kz - \varphi_x)$$

$$\mathrm{Re}\, E_y = \frac{E_0}{\sqrt{2}}\cos\left(kz - \omega t + \varphi_x \pm \frac{\pi}{2}\right) = \pm\frac{E_0}{\sqrt{2}}\sin(\omega t - kz - \varphi_x)$$



Drehende Rechts-/Linksspirale entlang z-Achse

t = const. $\rightarrow$ umgekehrte Drehbewegung

Elektromagnetisches Frequenzspektrum

Charakterisierung:

- Frequenz $\nu = \frac{\omega}{2\pi}$ [Hz]
- Wellenlänge $\lambda = \frac{c}{\nu}$ [m]
- Photonenergie $E = h\nu = \hbar\omega$ [eV]

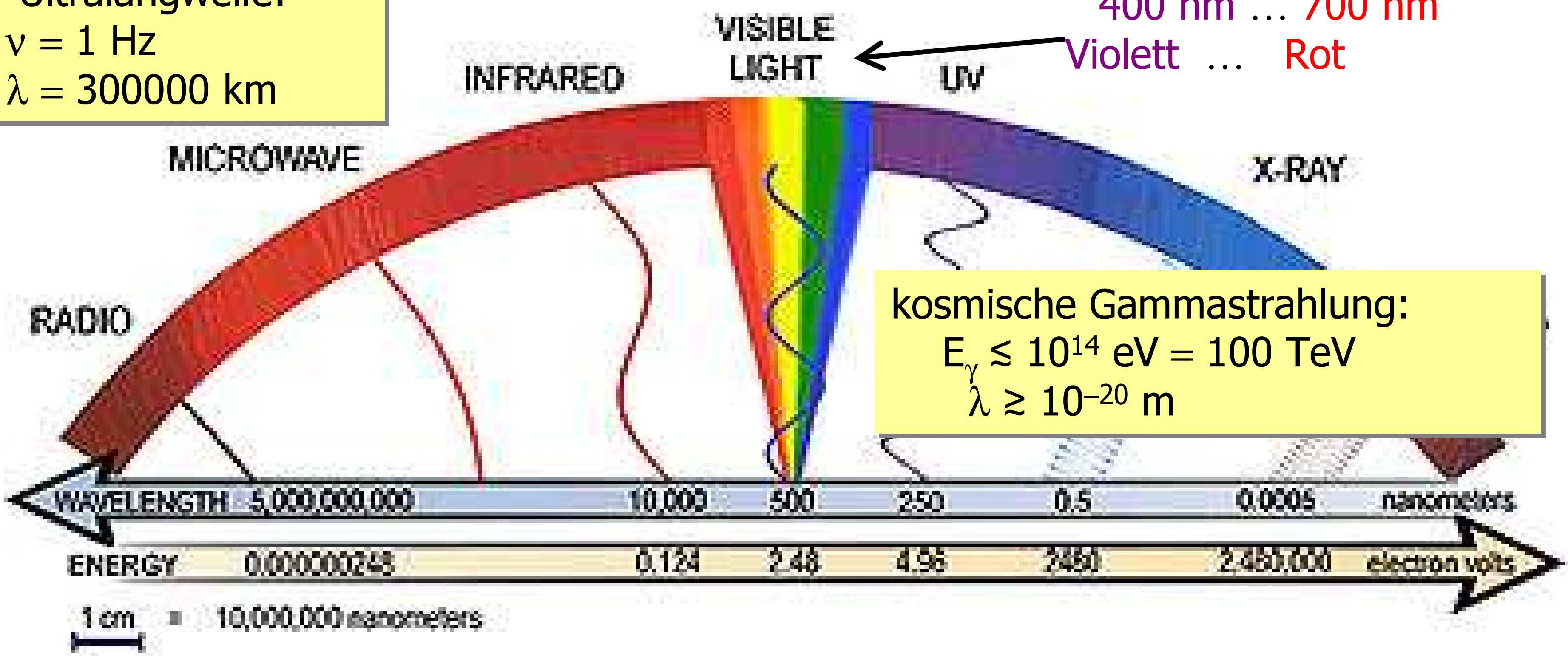
Plancksches Wirkungsquantum

$h = 6.626 \cdot 10^{-34}$ Js $\hbar = \frac{h}{2\pi}$

(Photon: Feldquant des e.m.-Feldes)

Ultralangwelle:
$\nu = 1$ Hz
$\lambda = 300000$ km

400 nm … 700 nm
Violett … Rot



kosmische Gammastrahlung:
$E_\gamma \lesssim 10^{14}$ eV = 100 TeV
$\lambda \gtrsim 10^{-20}$ m