

Optik I

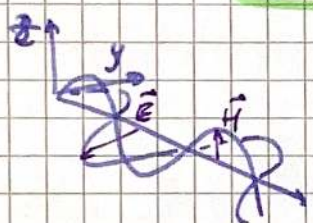
Annahme: Magnetfeld in z-Richtung,
 zeitlich u. räumlich veränderlich in x-Richtung
 + Maxwell

$$\rightarrow \frac{\partial^2 H_z}{\partial x^2} = \frac{1}{c^2} \cdot \frac{\partial^2 H_z}{\partial t^2}$$

$$\frac{\partial^2 E_y}{\partial x^2} = \frac{1}{c^2} \cdot \frac{\partial^2 E_y}{\partial t^2}$$

mit $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \epsilon_r \mu_0 \mu_r}}$

In Vakuum:
 $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = 2,99792458 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$



$\vec{E} \perp \vec{H} \perp \text{Ausbreitung}$
 (in Vakuum)

= $0,5 \frac{m}{ns}$
 in Materie
 (Nichtleiter = Dielektrikum)
 $\epsilon_r > 1, \mu_r \approx 1$
 $c < c_0$

Licht ist eine elektromagnetische Welle

Dispersion $c=c(\lambda), n=n(\lambda)$
 (abhängig von Wellenlänge)

Brechungsindex

$$n = \frac{c_0}{c} \approx \sqrt{\epsilon_r} > 1$$

Erzeugung von e-m-Wellen

jede beschl. Ladung erzeugt
 eine e-m-Wellen

$$n_{\text{Wasser}} = 1,3$$

Hertzscher Dipol

Dipolmoment

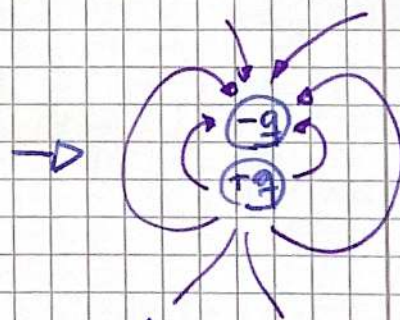
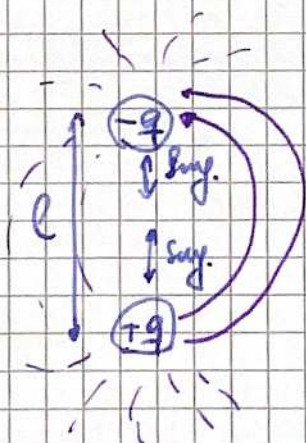
$$p = q \cdot l$$

Leistung

$$P = \frac{p^2 \omega^4}{6\pi \epsilon_0 c^3}$$

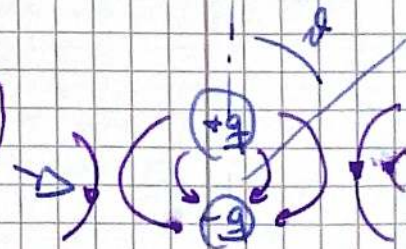
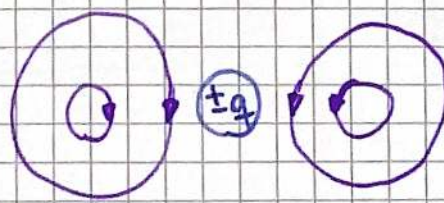
Leistungsdichte

$$S = \frac{1}{(4\pi)^2} \cdot \frac{p^2 \omega^4}{\epsilon_0 c^3} \cdot \frac{\sin^2 \alpha}{r^2}$$



$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$\omega = 2\pi f$$



Optik V

ebene Wellen

$$\vec{E}(\vec{r}, t) = \vec{E}_0 \cdot \sin(\omega t - \vec{e} \cdot \vec{r} + \varphi_0)$$

\vec{e} : Wellenvektor $k = \frac{2\pi}{\lambda}$

Kugelschellen

$$\vec{E}(\vec{r}, t) = \vec{E}_0 \cdot \sin(\omega t - k \cdot |\vec{r}| + \varphi_0) \cdot \frac{1}{|\vec{r}|}$$

Strahl: überall senkrecht auf den Wellenfronten

Optik - Wellen I

Huygens - Fresnel - Prinzip:

nicht abgeschirmte Punkte einer Wellenfront sind Quellen sphärischer Elementarwellen.

→ Überlagerung der Elementarwellen nach Amplitude u. Phase.

Interferenz:

Überlagerung von ≥ 2 Wellen gleicher Frequenz

▷ konstruktive Interferenz $\Delta\varphi = 0, \pm 2\pi, \pm 4\pi, \dots$

$$\Delta L = 0, \lambda, 2\lambda, \dots$$

▷ destruktive Interferenz $\Delta\varphi = \pm\pi, \pm 3\pi, \pm 5\pi$

$$\Delta L = \pm \frac{1}{2}\lambda, \pm \frac{3}{2}\lambda, \pm \frac{5}{2}\lambda, \dots$$

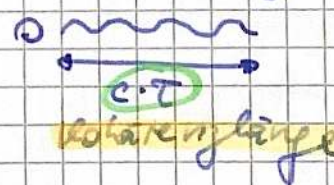
$$\left(\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta L \right)$$

Kohärenz:

Zeitabhängigkeit der Amplituden ist bis auf eine feste Phasenverschiebung gleich.

→ zeitlich konstante Interferenzmuster

Kohärenzzeit τ



typisch

$$\tau \approx 10^{-8}$$

$$c\tau \approx \text{cm} \dots \text{mm}$$

$$\text{laser } c\tau \approx \text{m} \dots \text{km}$$

Beugung (Diffraction)

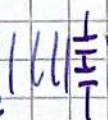


Fraunhofer-Beugung:

ebene Wellen

Quelle u. Schirm sehr weit weg

der Linse



sonst

Fresnel-Beugung

Optik - Wellen II

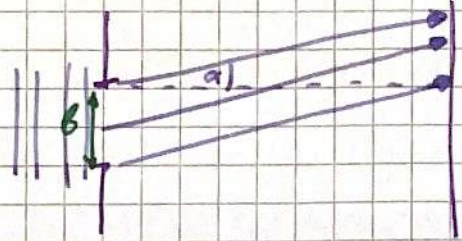
Einzelspalt

Minima

$$\Delta L = \frac{b}{2} \sin \alpha = \frac{\lambda}{2}$$

Ordnung $z = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$

$$\rightarrow \sin \alpha = z \cdot \frac{\lambda}{b}$$



Intensität

$$I = I_0 \cdot \frac{\sin^2(x)}{x^2}, \quad x = \frac{\pi \cdot b \sin \alpha}{\lambda}$$

Doppelspalt

Maxima

$$\Delta L = a \cdot \sin \alpha = z \cdot \lambda$$

a : Abstand zw. Spalten

$$\sin \alpha = z \cdot \frac{\lambda}{a}$$

Gitter

▷ Maxima wie beim Doppelspalt

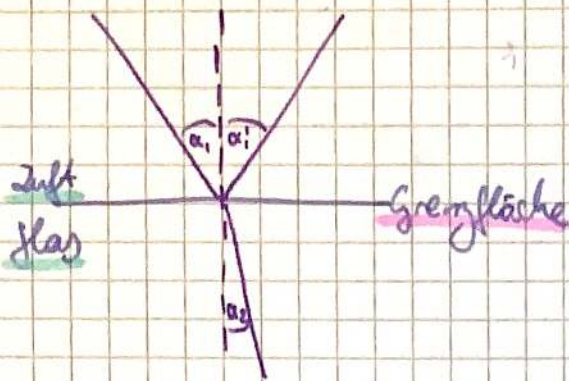
$N-1$ Minima zw. Hauptmaxima

$$a \cdot \sin \alpha = z \cdot \lambda + \frac{\lambda}{N} \rightarrow \text{erstes Nebenminimum}$$

▷ mehr Spalte \rightarrow Maxima deutlicher/schärfer

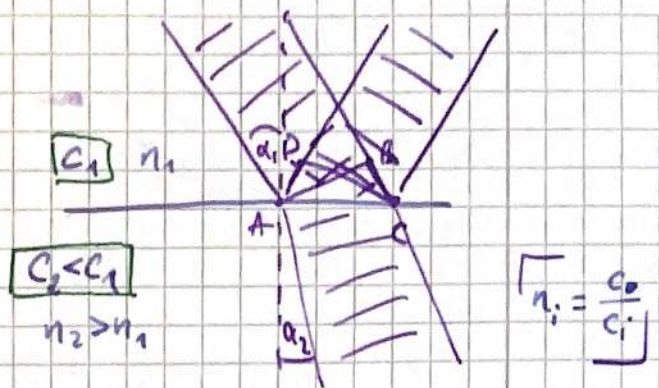
N = # Spalte
(beleuchtete)

Optik - Brechung u. Reflexion



$$\alpha_i = \alpha_r$$

Einzfallswinkel
= Ausfallswinkel

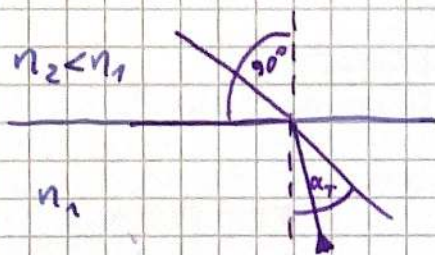


$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{c_1}{c_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

Snelliussches Brechungsgesetz

$n_1 < n_2$ (dünn \rightarrow dicht)
 \rightarrow zum Lot hin

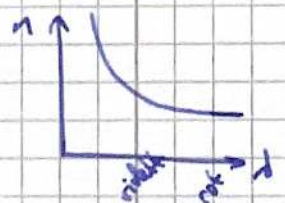
Totalreflexion



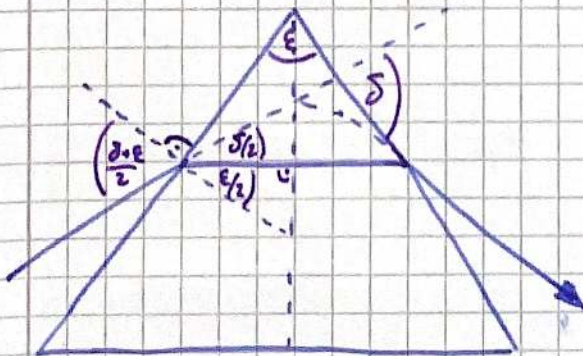
Grenzwinkel

$$\sin \alpha_T = \frac{n_2}{n_1}$$

$\alpha_i > \alpha_T$: gesamte Lichtleistung reflektiert



Prisma



ϵ : Brechender Winkel δ : Differenz Einfall/Ausfall

$$\alpha_1 = \frac{\delta + \epsilon}{2}$$

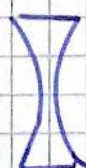
$$n = \frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{\sin \frac{\delta + \epsilon}{2}}{\sin \frac{\epsilon}{2}}$$

Linsen

bikonvex



parallele: fokussiert



bikonkav

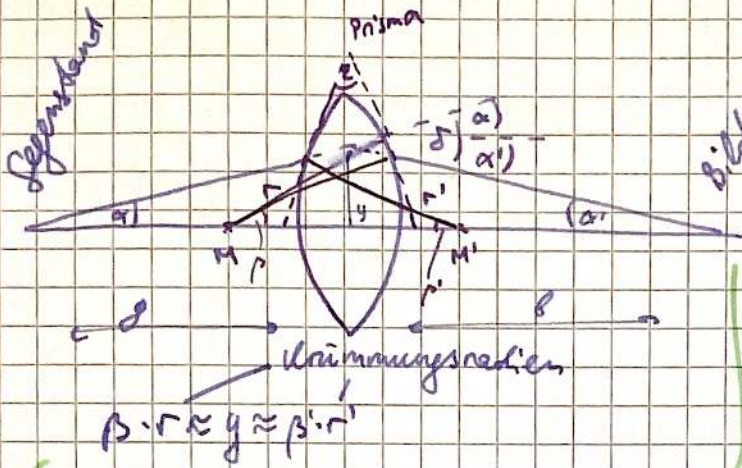
parallele: gestreut

Dünne Linse

Dicke \ll Krümmungsradius



Sammellinse



$$\delta = \alpha + \alpha'$$

$$\epsilon = \beta + \beta'$$

$$n = \frac{\sin \frac{\delta + \epsilon}{2}}{\sin \frac{\epsilon}{2}} \approx \frac{\frac{\delta + \epsilon}{2}}{\frac{\epsilon}{2}}$$

$$\rightarrow \delta \approx (n-1) \cdot \epsilon$$

$$\delta \approx (n-1) \epsilon$$

$$\alpha + \alpha' \approx (n-1) (\beta + \beta')$$

$$\tan \alpha \approx \alpha \approx \frac{y}{f}$$

$$\tan \alpha' \approx \alpha' \approx \frac{y}{b}$$

$$\frac{y}{f} + \frac{y}{b} \approx (n-1) \left(\frac{y}{r} + \frac{y}{r'} \right)$$

$$\frac{1}{f} + \frac{1}{b} = (n-1) \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{r'} \right)$$

Eigenschaften
der Linse

Strahlen // Achse

$$\Rightarrow g \rightarrow \infty$$

$$b = f$$

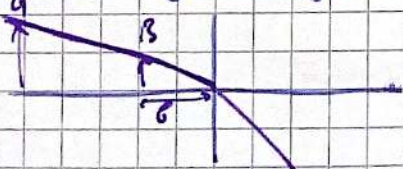
$$\frac{1}{f} = (n-1) \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{r'} \right)$$

Linienmacher Gleichung

$$\frac{1}{f} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

Abbildungsgleichung

Abb. mit Zerstreuungslinse



$g > |f|$
virtuelles Bild

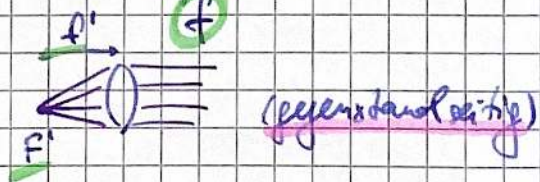
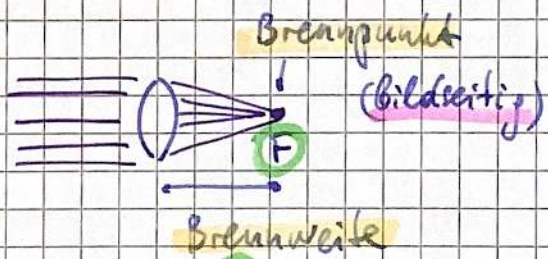
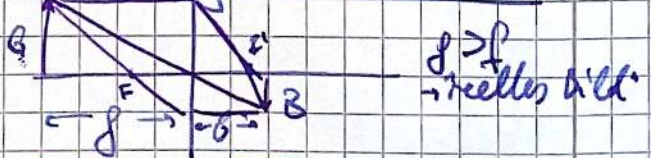


Abbildung mit Sammellinse



$$\frac{B}{G} = -\frac{b}{g} =: \beta$$

$|\beta| < 1$
verkleinert
 $|\beta| > 1$
vergrößert

Abb. bildungs maßstab