

Planparallele Platten

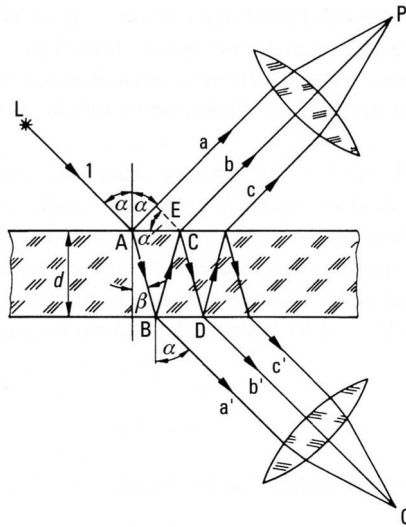


Abbildung 1: Entstehung von Interferenzen in einer planparallelen Platte.

optische Wegdifferenz zwischen Strahlen a und b:

$$n(\overline{AB} + \overline{BC}) = \frac{2dn}{\cos \beta} \overline{AE} = \overline{AC} \sin \alpha = 2d \tan \beta \sin \alpha$$

$$\sin \alpha = n \sin \beta$$

$$\Rightarrow n(\overline{AB} + \overline{BC}) - \overline{AE} = \frac{2d}{\cos \beta} (n - \sin \beta \sin \alpha) = 2nd \cos \beta = 2d \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}$$

Gesamte Gangdifferenz:

Strahl a: Reflexion am dichteren Medium führt zu zusätzlichen $x/2$ Wegunterschied

$$\Delta = 2d \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} + \frac{\lambda}{2}$$

Minima $\Delta = N\lambda$

Maxima $\Delta = \frac{2N+1}{2}\lambda$

für Interferenz in Reflexion

Phasensprung $x/2$:

ohne $x/2$ würde es für $d \rightarrow 0$ zu einem Maximum kommen, obwohl keine Platte da ist!

Intensitätsverhältnisse zwischen Strahl a und b:

Für Interferenzerscheinungen müssen die Amplituden der Strahlen vergleichbar sein.

I	...	einfallender Strahl, Intensität
L	...	Strahl a , Intensität
$L(1 - L)^2$...	Strahl b , Intensität

senkrechter Einfall:

$$L = \frac{(n - 1)^2}{(n + 1)^2} = 0,04 \quad \text{für } n = 1,5$$

$$\Rightarrow 1 - L \approx 0,9$$

$$\Rightarrow \text{Amplitudenverhältnis} \approx 10 : 9 \quad \Rightarrow \text{gute Interferenz}$$

Gangdifferenz für durchgehendes Licht:

$$\Delta = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}$$

$$\text{Maxima} \quad \Delta = k\lambda$$

$$\text{Minima} \quad \Delta = (2k + 1) \cdot \frac{1}{2}\lambda$$

Amplitudenverhältnis zwischen a' und b' : 10:1 \Rightarrow schlechte Interferenz

Keilförmige Platten:

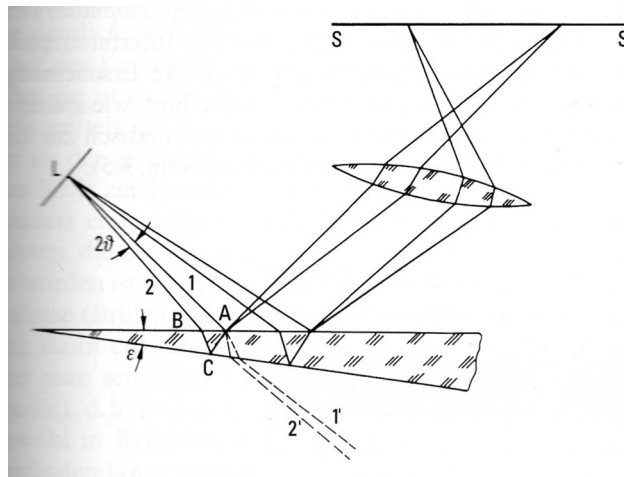


Abbildung 2: Entstehung von Interferenzen an einer keilförmigen Platte.

$$\Delta'' = 2d''\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} + \frac{\lambda}{2} \quad \Delta' = 2d'\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} + \frac{\lambda}{2}$$

gleiche Interferenzmuster bei gleicher Dicke \Rightarrow Abstand der Interferenzstreifen ist Maß für die Dicke

für den k -ten dunklen Interferenzstreifen gilt:

$$\Delta_k = 2d_k\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} + \frac{\lambda}{2} = \frac{2k + 1}{2}\lambda$$

$$\Rightarrow 2d_k\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} = k\lambda$$

$k + 1$:

$$2d_{k+1}\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} = (k + 1)\lambda$$

Dickenänderung:

$$d_{k+1} - d_k = \frac{\lambda}{2\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}}$$

D ... Abstand zwischen 2 aufeinander folgenden dunklen Streifen

$$d_{k+1} - d_k = D \tan \epsilon$$

$$\Rightarrow D = \frac{\lambda}{2 \tan \epsilon \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}}$$

\Rightarrow **Anwendung: Reflexions-Interferenz-Mikroskopie**
Newtonsche Ringe

In Mitte: Phasensprung um $\lambda/2$ \Rightarrow gute Methode um Kontaktpunkt festzustellen

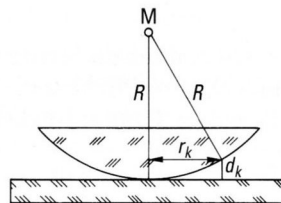


Abbildung 3: Zur Deutung der Newton'schen Interferenzringe.

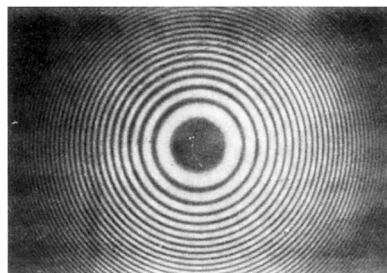


Abbildung 4: Newton'sche Interferenzringe im reflektierten monochromatischen Licht.

dunkle Ringe:

$$r_k^2 = 2Rd_k = 2Rk \frac{\lambda}{2}$$

helle Ringe:

$$r_k^2 = \frac{R(2k+1)\lambda}{2}$$

Entspiegelung

- dünne Schicht auf Glas aus Material mit kleiner Brechzahl
- wähle Schichtdicke so, dass die an der Vorder- und Rückseite reflektierten Strahlen einen Gangunterschied von einer halben Wellenlänge haben

- bei senkrechten Einfall \implies Dicke der Schicht ist $\lambda/4$
- Entspiegelung gilt auch für benachbarte Wellenlängen

dielektrische Vielschichtspiegel

- Schichten zur Reflexionserhöhung
- verlustfreie Spiegel, die das nicht reflektierte Licht im Gegensatz zu absorbierenden Metallspiegeln unabsorbiert durch treten lassen
- Strahlteiler

13.5 Michelson-Interferometer

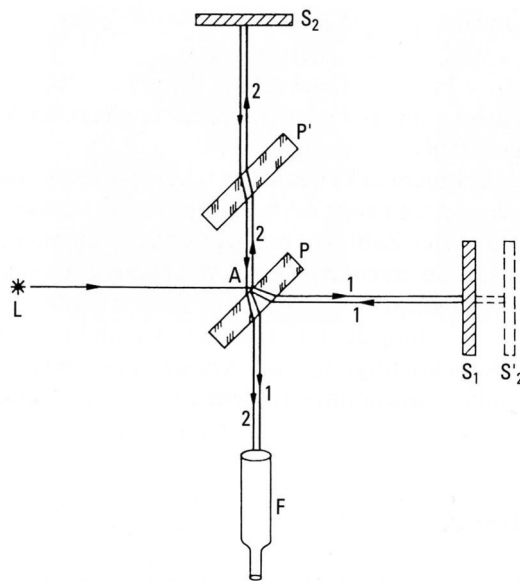


Abbildung 5: Aufbau des Michelson-Interferometers.

13.6 Vielstrahlinterferenz, Interferenzfilter

Überlagerung von p gleichen Wellen mit Gangunterschied d :

$$E_1 = \operatorname{Re} \left(A e^{i2\pi\nu(t-x/c)} \right)$$

$$E_2 = \operatorname{Re} \left(A e^{i(2\pi\nu(t-x/c)-\delta)} \right)$$

...

$$E_p = \operatorname{Re} \left(A e^{i(2\pi\nu(t-x/c)-(p-1)\delta)} \right)$$

$$\text{mit } \delta = 2\pi \frac{d}{\lambda}$$

$$\begin{aligned} E &= E_1 + E_2 + \dots + E_p \\ &= \operatorname{Re} \left(A e^{i2\pi\nu(t-x/c)} \cdot \frac{1-e^{-ip\delta}}{1-e^{-i\delta}} \right) \\ &= A \frac{\sin p\delta/2}{\sin \delta/2} \cdot \cos \left(2\pi\nu(t-x/c) - \frac{1}{2}(p-1)\delta \right) \end{aligned}$$

$$\langle E^2 \rangle = \frac{A^2}{2} \cdot \frac{\sin^2 p\delta/2}{\sin^2 \delta/2}$$

Minima:

$$\delta = 2k \frac{\pi}{p} \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

Hauptmaxima:

$$\delta = 2 \frac{k}{p} \pi \quad \text{mit } \frac{k}{p} \text{ ganze Zahl}$$

$$\delta = 0, 2\pi, 4\pi, \dots$$

$$\langle E^2 \rangle_{\text{Hauptmax}} = \frac{A^2}{2} p^2$$

Abstand zum nächsten Minimum:

$$\frac{2\pi}{p}$$

⇒ Breite Hauptmaximum:

$$\frac{4\pi}{p}$$

$(p - 2)$ Nebenmaxima:

Maxima von $\sin^2 p\delta/2$

$p \rightarrow 0$ Nebenmaxima vernachlässigbar

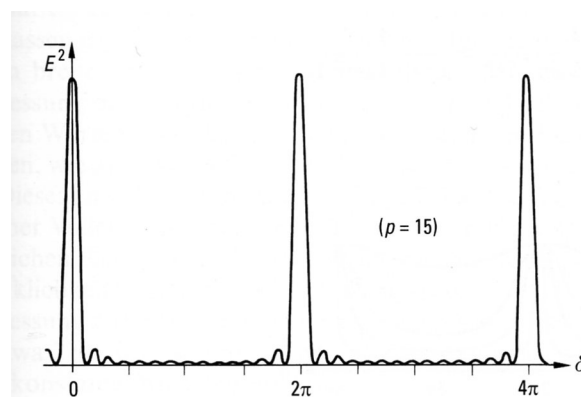


Abbildung 6: Interferenzmaxima bei Überlagerung von 15 ebenen Wellen gleicher Amplitude, die jeweils um die Phasendifferenz δ voneinander abweichen.