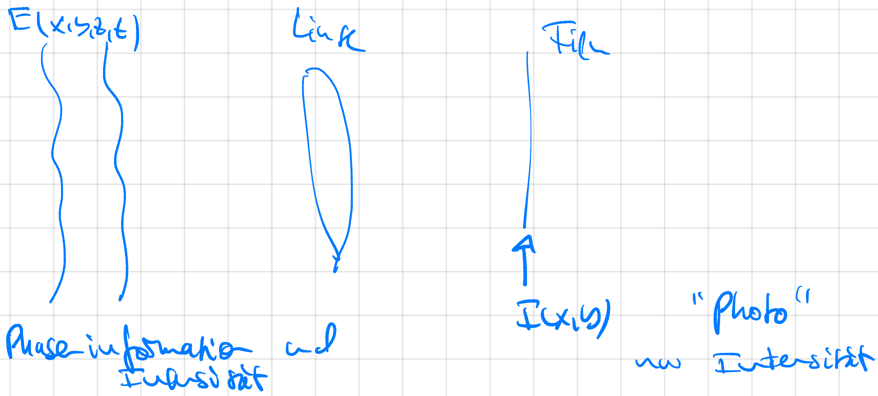
8. Moderne Aspekte der Optik

8.1 Holographie

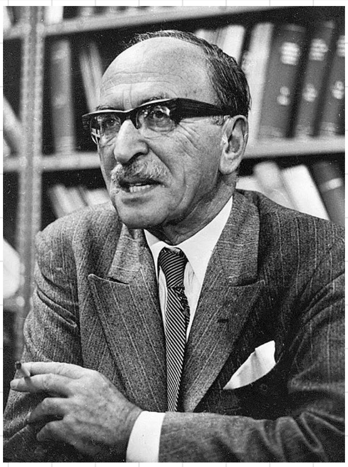
Zur Erinnerung: bisher die Kamera, die aus einem 2D Wellenfeld ein 2D Bild der Intensität aufnimmt.



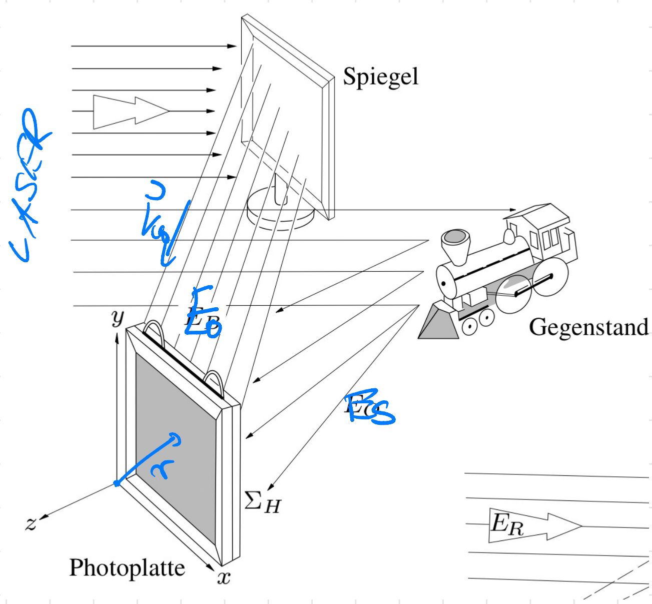
Der Mensch sieht mit seinen Augen 2D.

Möchte man das Wellenfeld rekonstruieren, braucht man auch Phaseninformation.

Eigentlich interessiert uns nur die relative Phase. Die absolute Phase gibt uns den Zeitpunkt der Messung.



Dennis Gabor 1900 - 1979 1948 Holographie
1971 Nobelpreis



Strahlteiler teilt Licht der kohärenten Lichtquelle in einer Referenzwelle E_0 und eine Welle, die auf das Objekt fällt und von dort gestreut wird in E_S auf.

Hecht

$$E_0(x,y,z,t) = A_0 e^{i(\omega t - k_0 r)}$$ ebene Welle

$$E_S(x,y,t) = A_S e^{i(\omega t + \varphi_S(x,y))}$$

$z=0$, auf der Photoplatte

$$\Rightarrow \quad I(x,y) = c\varepsilon_0 \langle |E_S(x,y) + E_0(x,y)|^2 \rangle$$

$z=0$ auf Photoplatte

$$= c\varepsilon_0 \left(A_0^2 + A_S^2 + A_0^* A_S e^{i(k_0 r_0 - \varphi_S(r_0))} + A_0 A_S^* e^{-i(k_0 r_0 - \varphi_S(r_0))} \right)$$

$$= c\varepsilon_0 \left(A_0^2 + A_S^2 + 2A_0 A_S \cos(\underbrace{\varphi_0 - \varphi_S}) \right)$$

$\varphi_0(x,y)$ $\varphi_S(x,y)$

Wichtig: Der Film muss eine laterale Auflösung haben, die fein genug ist, die Interferenz aufzunehmen.

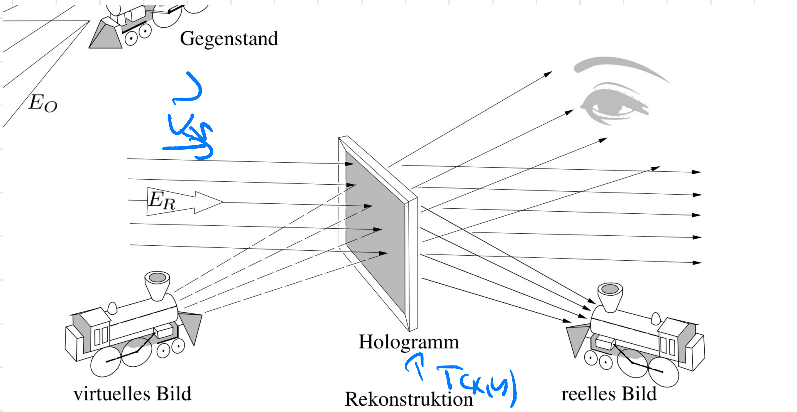
Wir brauchen Körner im Film, die kleiner als λ sind.

Film ist auf eine Glasplatte angebracht, wird entwickelt und fixiert.

Wir bekommen eine Schwärzung an der Stelle großer Intensität.

$\Rightarrow$ Transmission $T(x,y) = T_0 - \gamma I(x,y)$

γ: Schwärzungskoeffizient



$$E_s = A_s e^{i(\omega t - k_s r)}$$ ebene Welle

$$A_T = T(x,y) \cdot A_s$$

Einsetzen liefert: $E_T = T(x,y) A_r e^{i(\omega t - k_r r)}$

$$A_T = A_r T_0 - \gamma A_r (A_0^2 + A_s^2) - \gamma A_r A_0^* A_s e^{i(k_0 r_0 - \varphi_s)}$$
$$- \gamma A_r A_0 A_s^* e^{-i(k_0 r_0 - \varphi_s)}$$

Die zwei letzten Terme entsprechen den Wellen

$$E_{T1} = -\gamma A_0^* A_r A_s e^{i(\omega t - (k_r - k_0)\cdot r_0 - \varphi_s)}$$
$$E_{T2} = -\gamma A_0 A_r A_s^* e^{i(\omega t - (k_r + k_0)\cdot r_0 + \varphi_s)}$$

$k_1 = k_S - k_0$

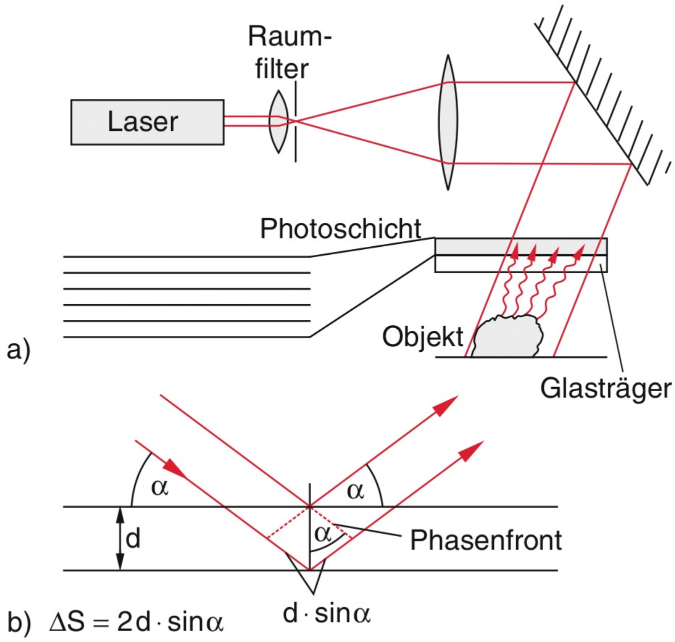
$k_2 = k_S + k_0$

Wellen laufen in unterschiedliche Richtungen

Beide Wellen tragen Information über A_S und φ_S, d.h. die Streuwelle des Objekts, welches wir aufgenommen haben.

Wir erhalten ein virtuelles Bild E_{T1} und ein reelles Bild E_{T2}.

Weißlichthologramm



Demtröder