

Wiederholung vom 13.01.2005

Van Cittert-Zernike Theorem

Das van Cittert-Zernike Theorem verknüpft quantitativ die Eigenschaften einer Quelle mit der Kreuzkorrelationsfunktion und lautet

$$\gamma_{12}(0, \vec{r}, 0) = \frac{\int_{\text{Quelle}} d\alpha \exp(-i\vec{k}\vec{r}\alpha) I(\alpha)}{I_{\text{gesamt}}}, \quad (1)$$

wobei \vec{r} die Positionen in der Beobachtungsebene und α als Raumwinkel die Positionen in der Quelle beschreibt. Die Kreuzkorrelationsfunktion ist also die Fouriertransformierte der Intensitätsverteilung der Quelle.

Somit läßt sich das Bild eines kollimierten Strahls, das mit Hilfe eine Blende und eine Linse auf die Beobachtungsebene abgebildet wird, mit der Kreuzkorrelationsfunktion von thermischem Licht (willkürliche Phase und Richtung), das ebenfalls durch diese Anordnung abgebildet wird, verknüpfen. Dabei gilt $\gamma_{12}(0, \vec{r}, 0) = F(\vec{r})$.

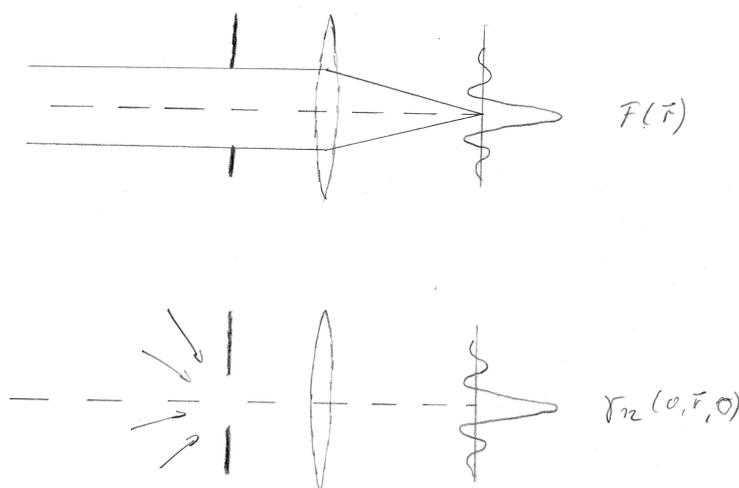


Abbildung 1: Illustration zum van Cittert-Zernike Theorem

Somit kann man die transversale Kohärenz von thermischen Licht dadurch verändern, dass man es durch eine kleine Blende begrenzt. Je kleiner die Blende, desto größer die transversale Kohärenz.

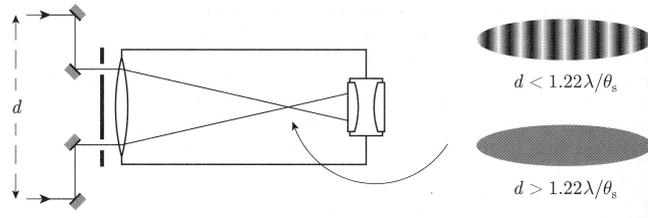


Abbildung 2: Aufbau des Michelson-Sterneninterferometers

Mit Hilfe eines Michelson-Sterneninterferometers wird die transversale Kohärenz eines Sterns bestimmt, indem der Abstand d so lange vergrößert wird, bis die Interferenzstreifen verschwinden. Aus $\Theta_s = \frac{1,22\lambda}{d}$ kann der Sichtwinkel Θ_s eines erdnahen Sterns und somit durch eine unabhängig Abstandsbestimmung sein Durchmesser bestimmt werden.

Holographie

Bei der Holographie wird der von einem Objekt reflektierte Lichtstrahl (Objektstrahl) mit dem eines kohärenten Referenzstrahls überlagert und somit ein Beugungsbild geschrieben, bei dem auch die Phase des Objektstrahls gespeichert wird.

Durch Beleuchtung des Beugungsbildes mit einem Rekonstruktionsstrahl, der aus der gleichen Richtung wie der Referenzstrahl kommt, kann der Objektstrahl inklusive seiner Phase rekonstruiert werden.

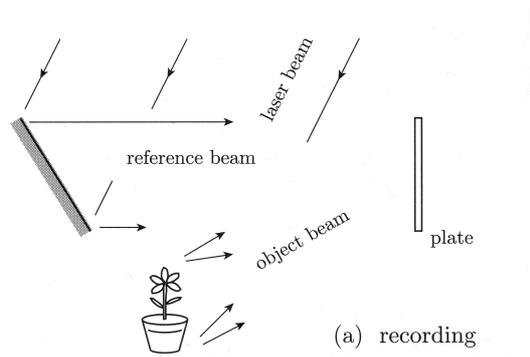


Abbildung 3: Aufbau zum Schreiben eines Hologramms

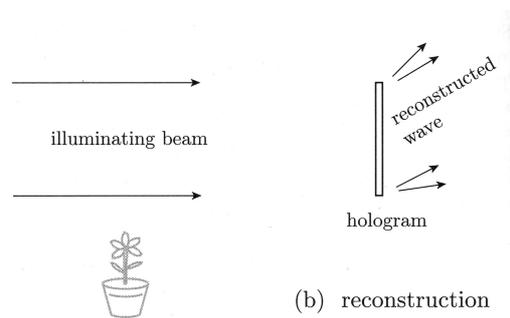


Abbildung 4: Aufbau zum Lesen eines Hologramms

Holographisches Gitter:

Durch Überlagerung eines kollimierten Referenzstrahls und eines kollimierten Objektstrahls entsteht auf der Photoplatte eine sinusförmige Intensitätsverteilung und somit Schwärzung. Beleuchtung des Gitters mit Referenzstrahl führt zu einer ersten Beugungsordnung, die mit dem Objektstrahl übereinstimmt.

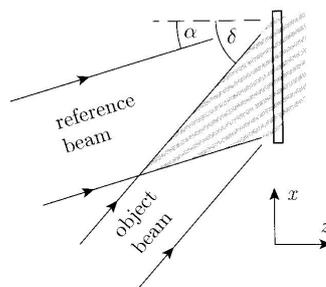


Abbildung 5: Schreiben eines holographischen Gitters

Die Antwort der Photoplatte ist nicht linear zur eingestrahlten Intensität I_{exp} und der Beleuchtungsdauer t_{exp} , was die Ursache für höhere Beugungsordnungen darstellt. Es gilt näherungsweise

$$T^2(x, y) = \frac{1}{(I_{exp}t_{exp})^\gamma} \quad (2)$$

Theorie der Holographie:

$$\text{Referenzwelle: } E_{ref}(x, y) = E_r e^{i\rho(x,y)} e^{-i\omega t}$$

$$\text{Objektwelle: } E_{obj}(x, y) = E_o e^{i\Phi(x,y)} e^{-i\omega t}$$

In E_o und $\Phi(x, y)$ sind Informationen von allen Punkten des Objekts enthalten.

$$\Rightarrow I(x, y) = E_r^2 + E_o^2 + E_o E_r e^{i(\Phi-\rho)} + E_o E_r e^{i(\rho-\Phi)}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow T(x, y) &\propto I(x, y)^{-\gamma/2} & (3) \\ &= \left[E_r^2 \left(1 + \frac{E_o}{E_r} e^{i(\Phi-\rho)} + \frac{E_o}{E_r} e^{i(\rho-\Phi)} + \frac{E_o^2}{E_r^2} \right) \right]^{-\gamma/2} \\ &\cong E_r^{-\gamma} \left(1 - \frac{\gamma E_o}{2 E_r} e^{i(\Phi-\rho)} - \frac{\gamma E_o}{2 E_r} e^{i(\rho-\Phi)} - \frac{\gamma E_o^2}{2 E_r^2} \right) \end{aligned}$$

plus Terme der Art $e^{2i(\rho-\Phi)}$ und höher. Die Entwicklung der Wurzel ist keine gute Näherung, die Rechnung soll jedoch nur zeigen, dass durch diese Terme der Objektstrahl rekonstruiert wird.