

EXKURS: Holographie



Dennis Gábor (1900 - 1979, Nobelpreis 1971)

Problem:

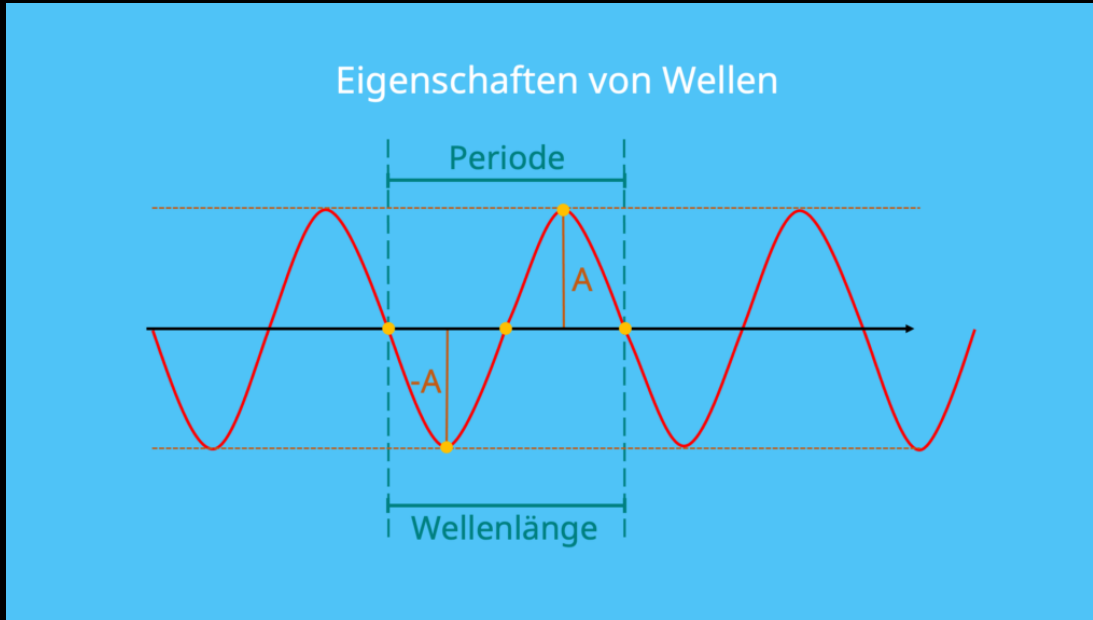
Lassen sich dreidimensionale Informationen zweidimensional speichern?

Mit der Entwicklung der Fotografie war man in der Lage, Teile eines mit Licht beleuchteten dreidimensionalen Raumes und die darin enthaltenen Objekte auf eine zweidimensionale Fläche abzubilden.

→ Dazu wird mittels einer Optik (im einfachsten Fall eine Lochblende) eine Intensitätsverteilung (ausgedrückt durch die Amplitude der Lichtwellen) erzeugt und auf einer Fotoplatte fixiert



In der Brennebene einer Optik wird dazu ein reelles Bild erzeugt. Es repräsentiert die Amplitudeninformation der auf die Optik treffenden Lichtwellen (Helligkeit).

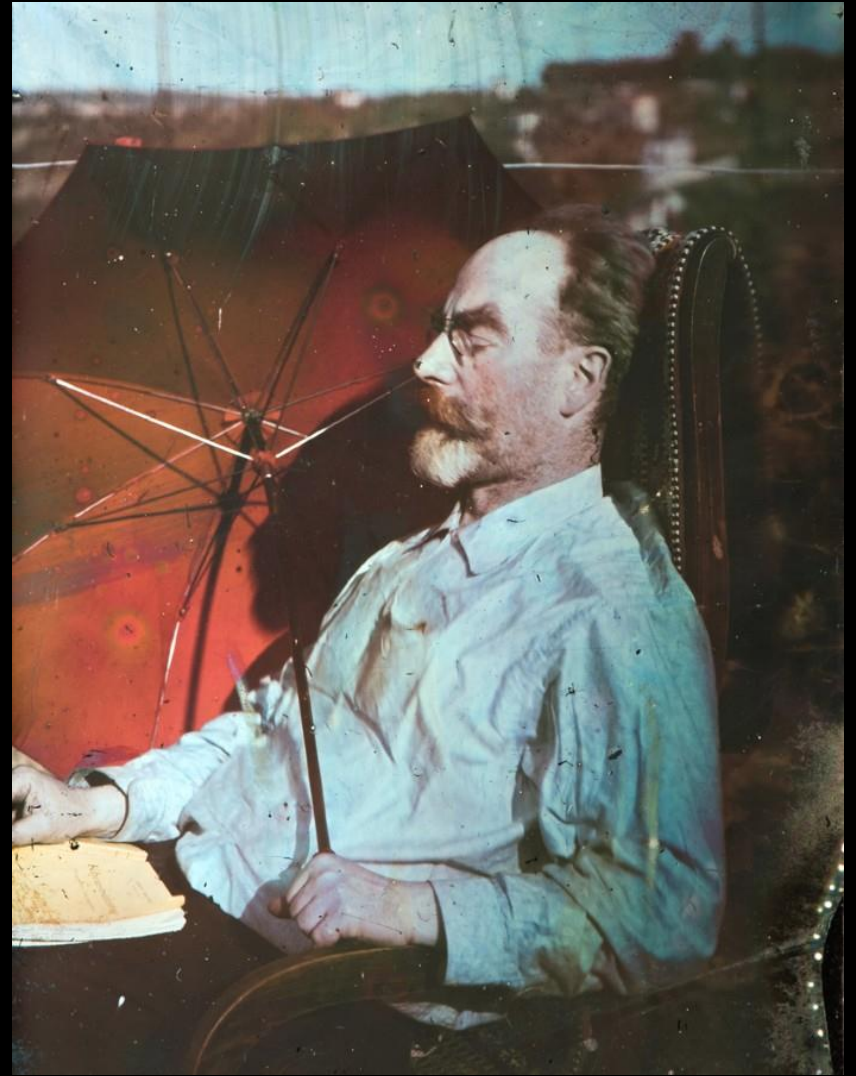


Amplitude = Intensität
Wellenlänge = Farbe

Wenn es gelingt, neben der Amplitude auch noch die Wellenlänge auf einer Fotoplatte bzw. Film zu speichern, dann erhält man eine farbige zweidimensionale Repräsentation des aufgenommenen Objektraums.

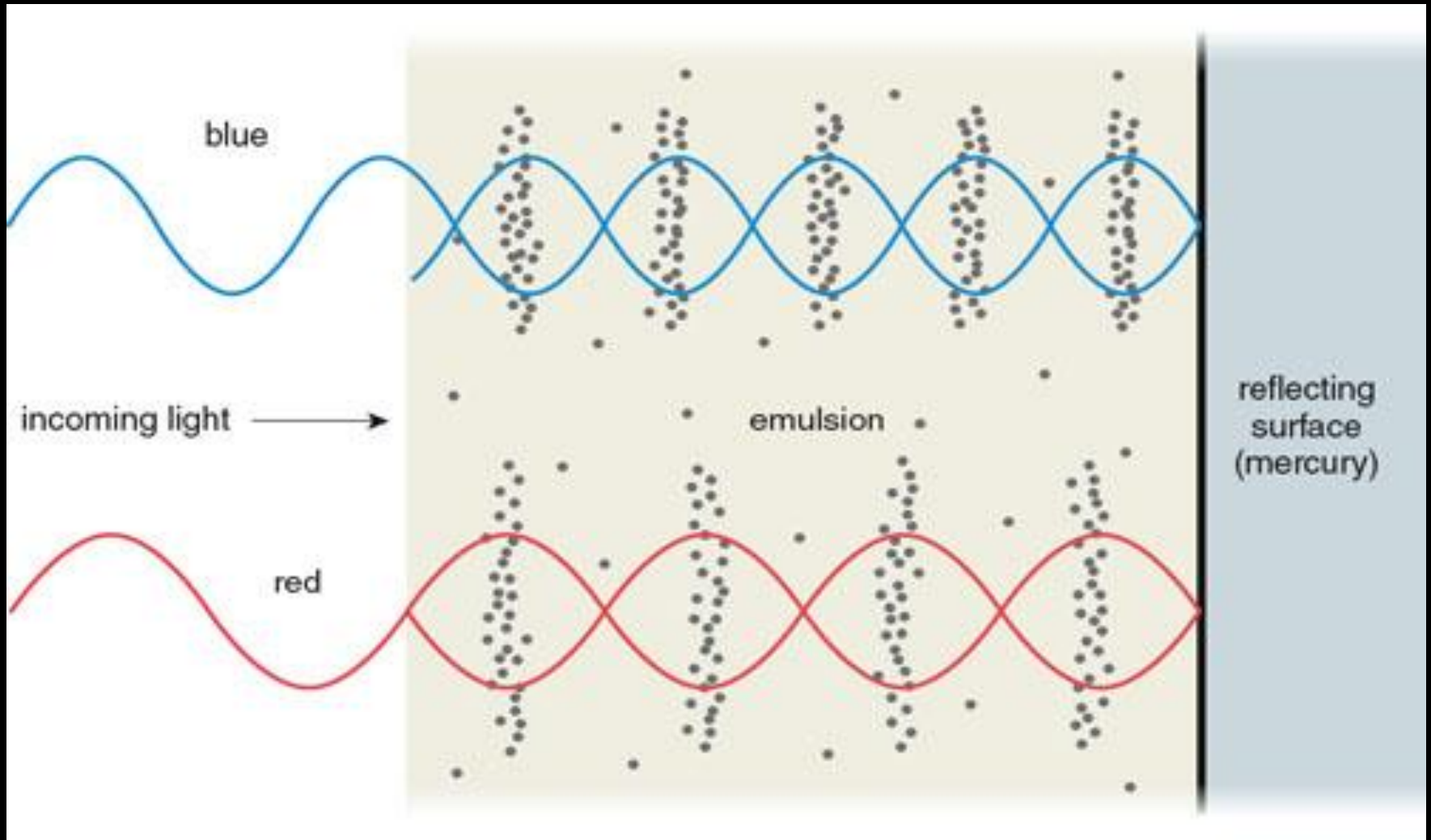
→ jedem Bildpunkt muss dazu eine Intensität (Amplitude) und Farbe (Wellenlänge, Frequenz) zugeordnet werden

Lippmann'sche Farbfotografie (1891)

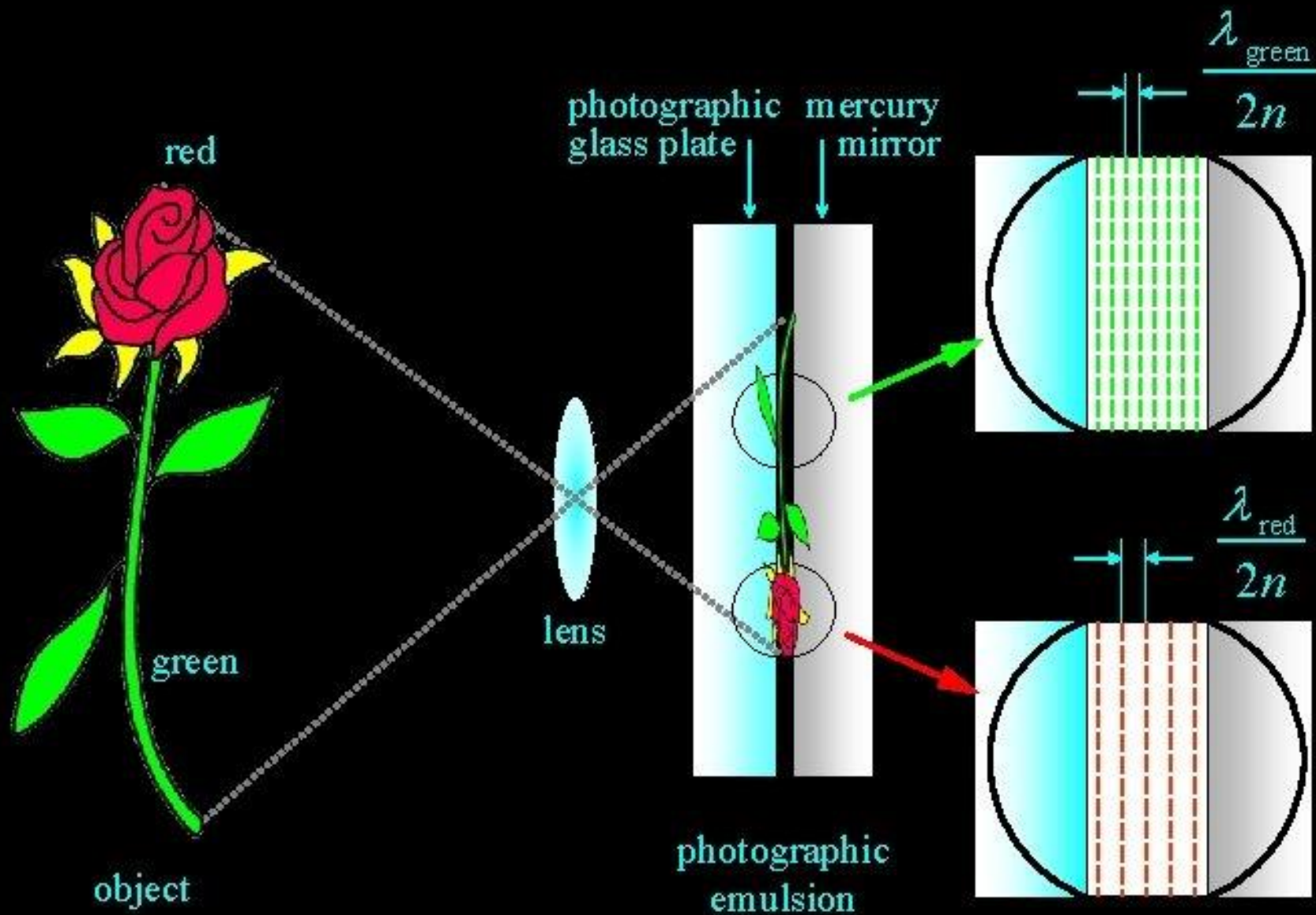


Gabriel Lippmann (1845-1921)
Nobelpreis 1908

Prinzip der Lippmann-Farbfotografie



Dicke Silberhalogenid-Emulsion, reflektierende Plattenrückseite (Quecksilber)



Principle of Lippmann color photography



Eigenschaften der Lippmann-Fotografie

Man benötigt sehr feinkörnige Emulsionen, was wiederum wegen deren geringen Empfindlichkeit lange Belichtungszeiten erfordert

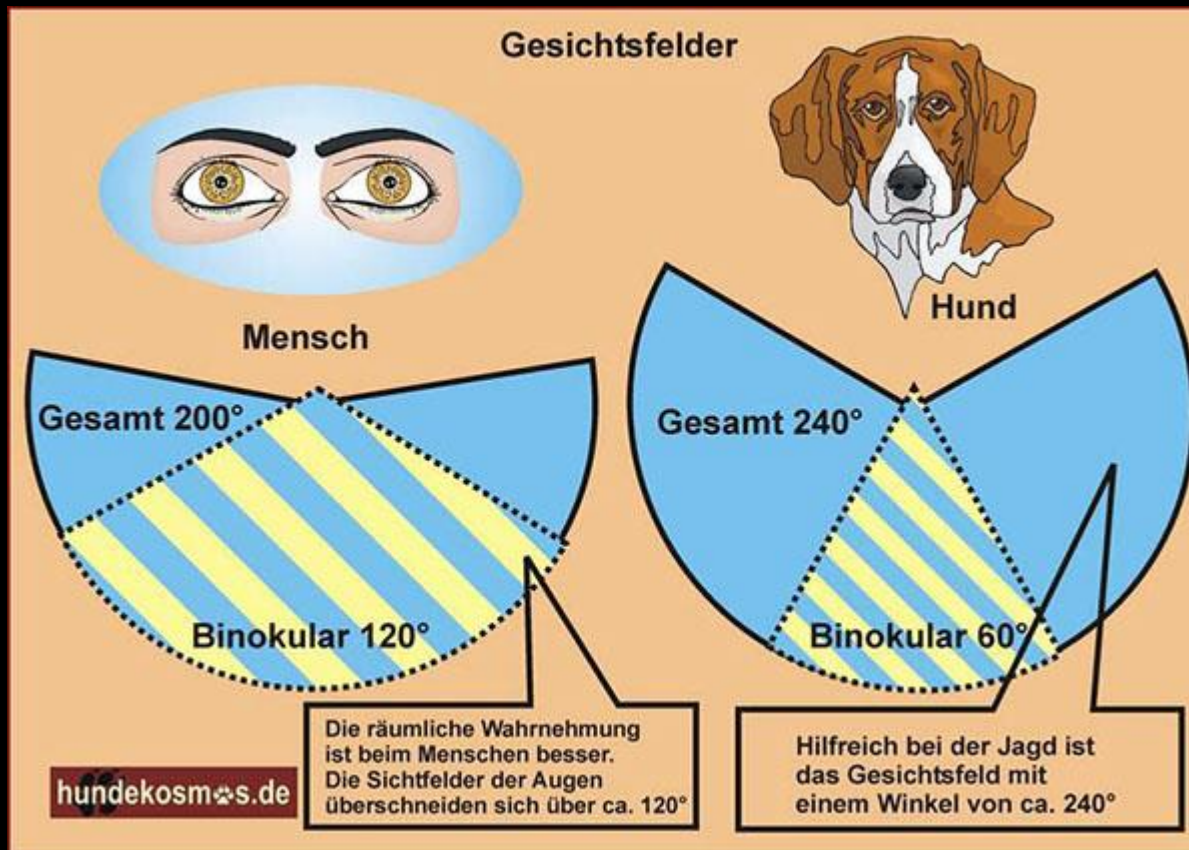
Das Farbbild ist nur bei Beleuchtung mit diffusen Licht sichtbar. Für den Farbeindruck ist auch der Betrachtungswinkel von Bedeutung



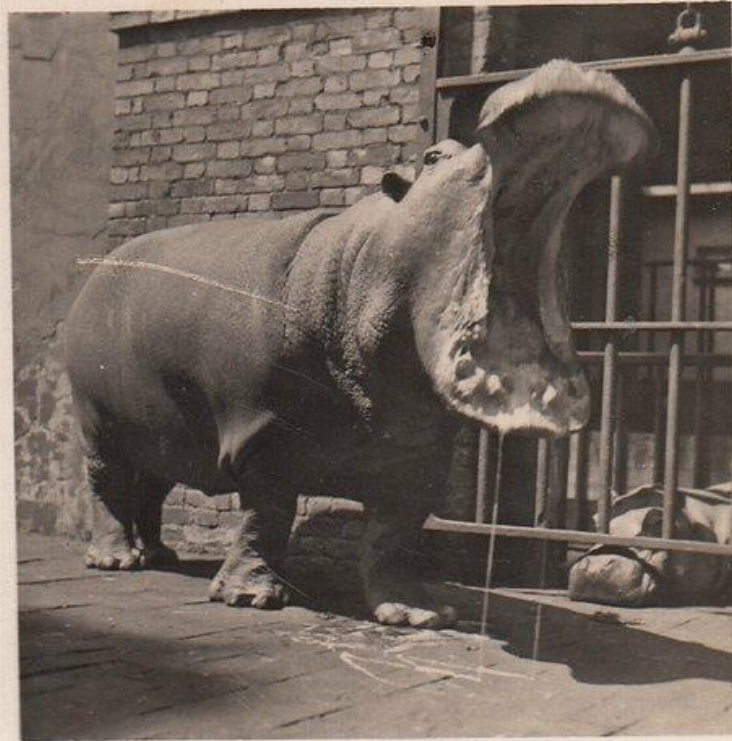


Dreidimensionales Sehen

Das dreidimensionale oder räumliche Sehen beruht auf dem Prinzip der Parallaxe: Die Objekte werden unter zwei verschiedenen Winkeln betrachtet und aus den beiden Einzelbildern entsteht im Gehirn ein räumliches Abbild.



Stereoskopie und Stereofotografie



No. 22

LONDON ZOO



HIPPO YAWNING

SUNBEAM TOURS, Ltd.
LONDON

„Echtes“ Speichern von dreidimensionalen Bilder auf zweidimensionalen Fotoplatten – die Holografie

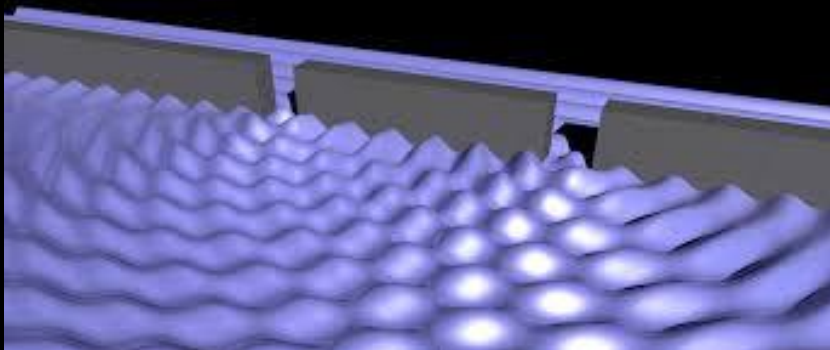
Das Prinzip der fotografischen Dünnschicht-Holografie wurde 1947 von Dennis Gabor (1900-1978) theoretisch entwickelt. Eine praktische Realisierung war damals aber aufgrund des Fehlens geeigneter Lichtquellen nicht möglich.

Wie wird kann in einem Wellenfeld „räumliche“ Information gespeichert werden?

Die „Helligkeitsinformation“ steckt in der Amplitude einer Lichtwelle

Die „Dreidimensionalität“ steckt in der Phase einer Lichtwelle

→ Wellen, die in einer definierten Phasenlage in Beziehung stehen, können interferieren: Beispiel Doppelspaltexperiment

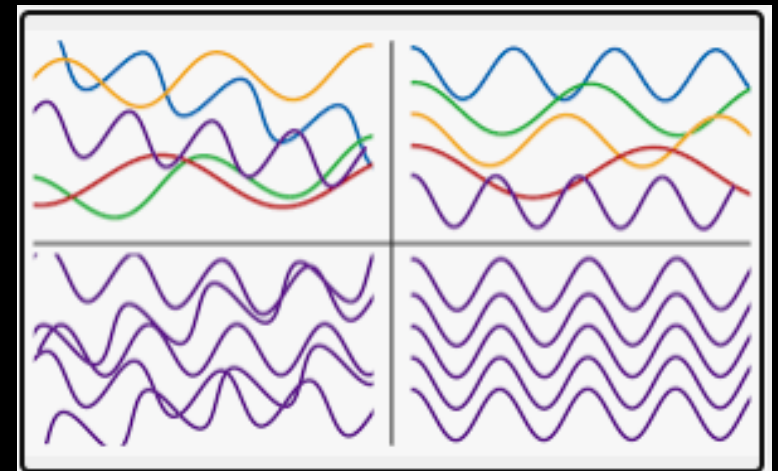
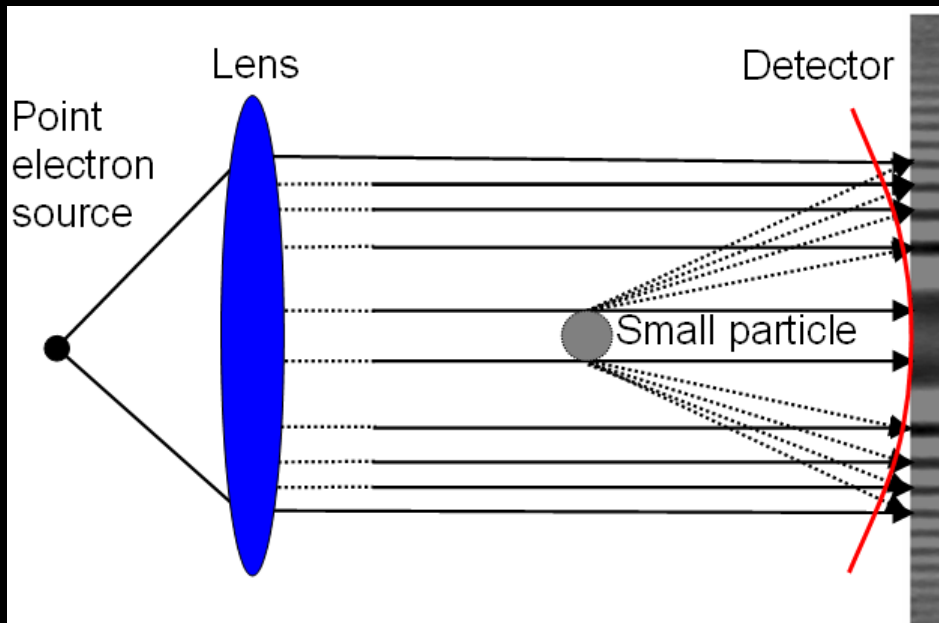


Bauch + Tal → destruktive Interferenz

Bauch + Bauch → konstruktive Interferenz

Tipp von Dennis Gabor:

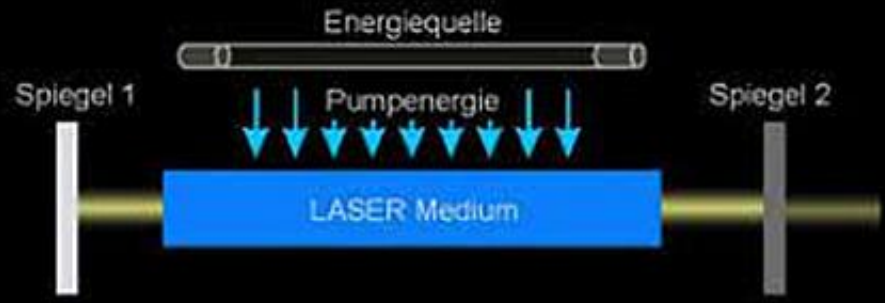
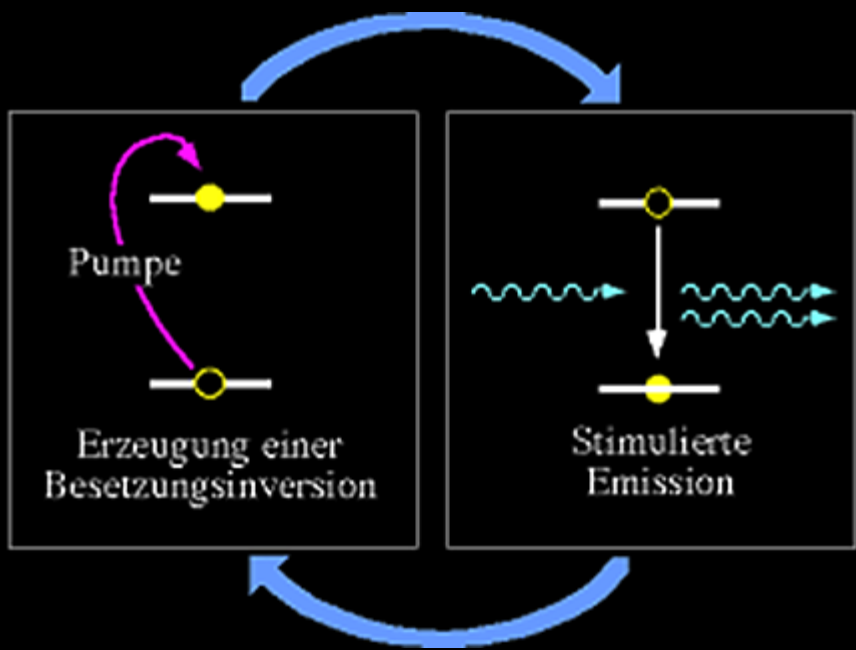
Man beleuchte ein Objekt mit kohärentem Licht und bringe das vom Objekt reflektierte Licht mit dem Licht der gleichen Lichtquelle zur Interferenz. Das entstehende Interferenzmuster speichere man als Hell-Dunkel-Abbildung auf einer Fotoplatte.



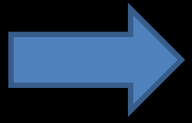
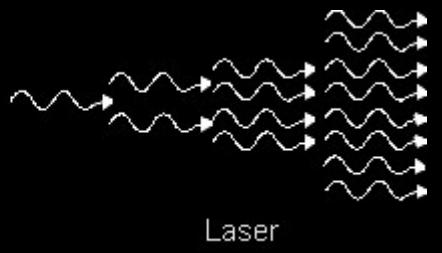
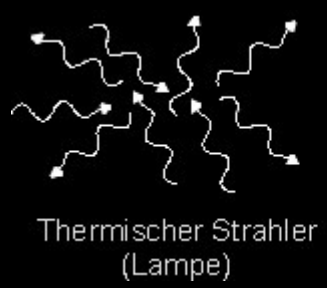
Nicht-kohärentes und kohärentes Licht

Hält man danach die entwickelte Fotoplatte in das Licht der kohärenten Lichtquelle, dann sieht man das Objekt dreidimensional im durchscheinenden Licht.

Erst mit der Entwicklung des LASERs (Theodore Maiman, Alexander Prochorow, Nikolai Bassow, 1958) war es möglich, eine kohärente Lichtquelle (1960, Rubinlaser) für die Holografie zur Verfügung zu stellen.

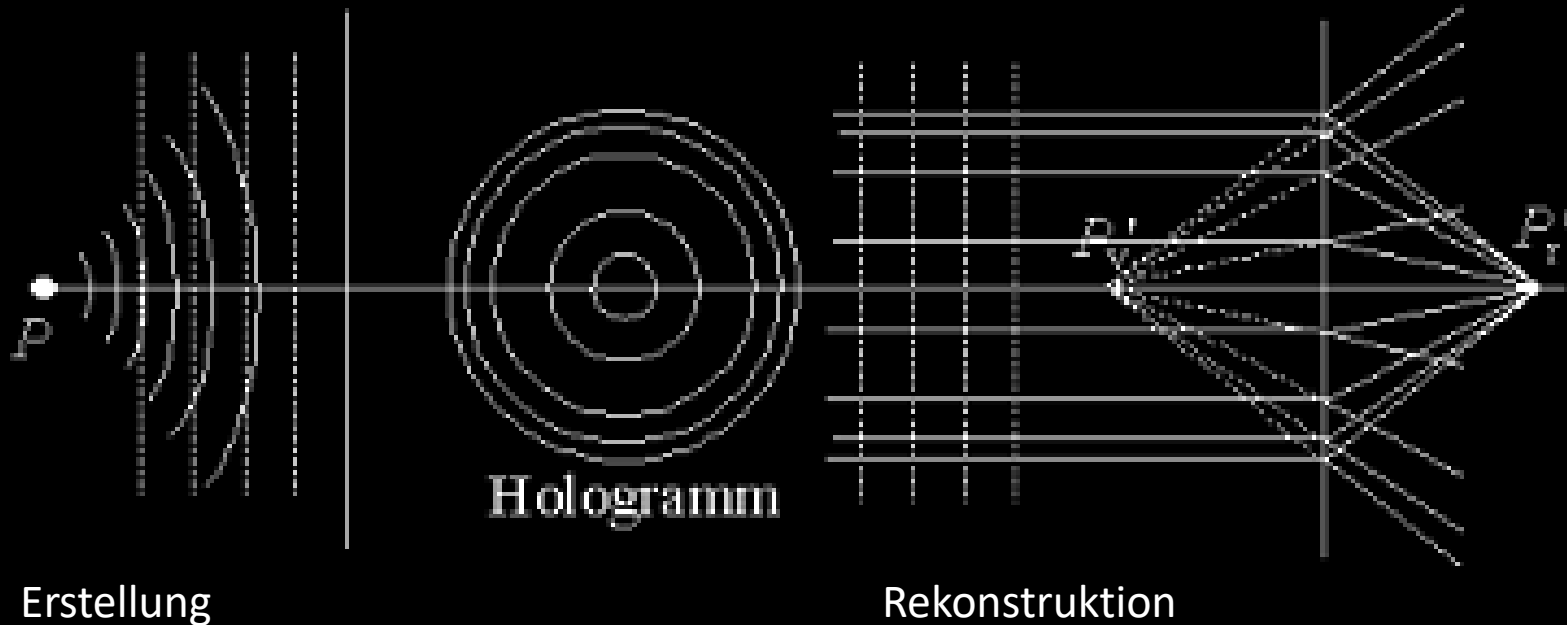


Die beiden Spiegel, deren Abstand ein ganzzahliges Vielfaches der Wellenlänge der Laserstrahlung betragen muss, bilden einen Resonator



kohärentes Laserlicht

Das Hologramm eines Punktobjekts



Ein Punkt wird mit einem Laserlichtbündel beschienen. Das vom Punkt ausgehende reflektierte Licht interferiert mit dem Laserlicht und es entsteht ein Interferenzwellenfeld. Stellt man in dieses Feld senkrecht zur Lichtquelle eine Photoplatte, so wird darauf das Interferenzmuster aufgezeichnet.



Fresnelsche Zonenplatte

Das Hologramm
eines Punktes ist
eine Fresnelsche
Zonenplatte mit
sinusförmiger
Intensitätsver-
teilung

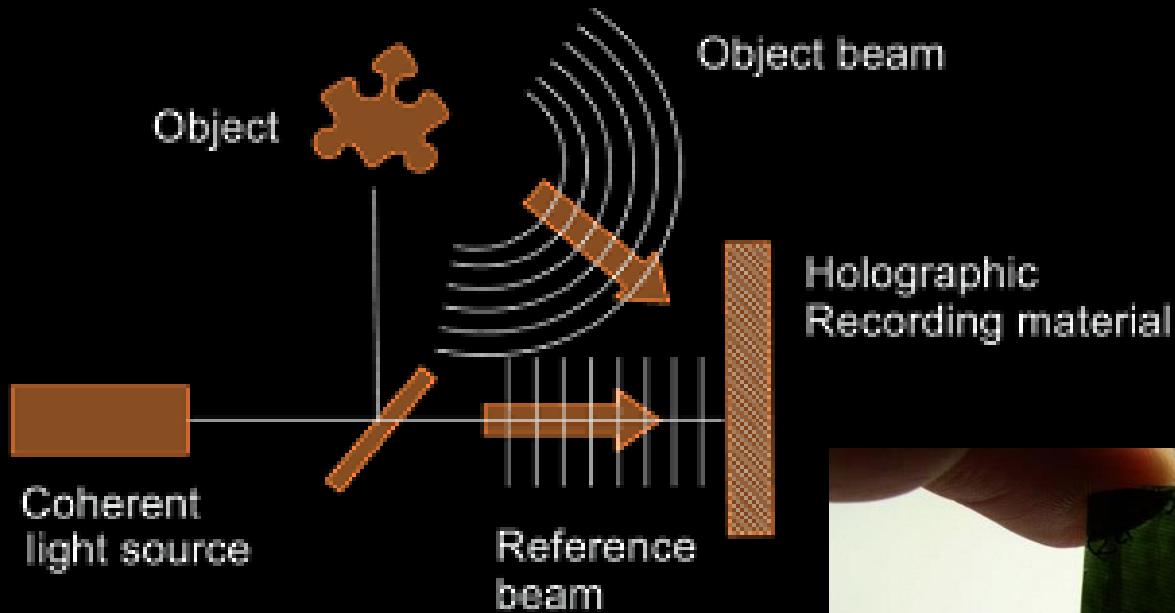


Fresnel-Linsen
wirken wie eine
Lupe

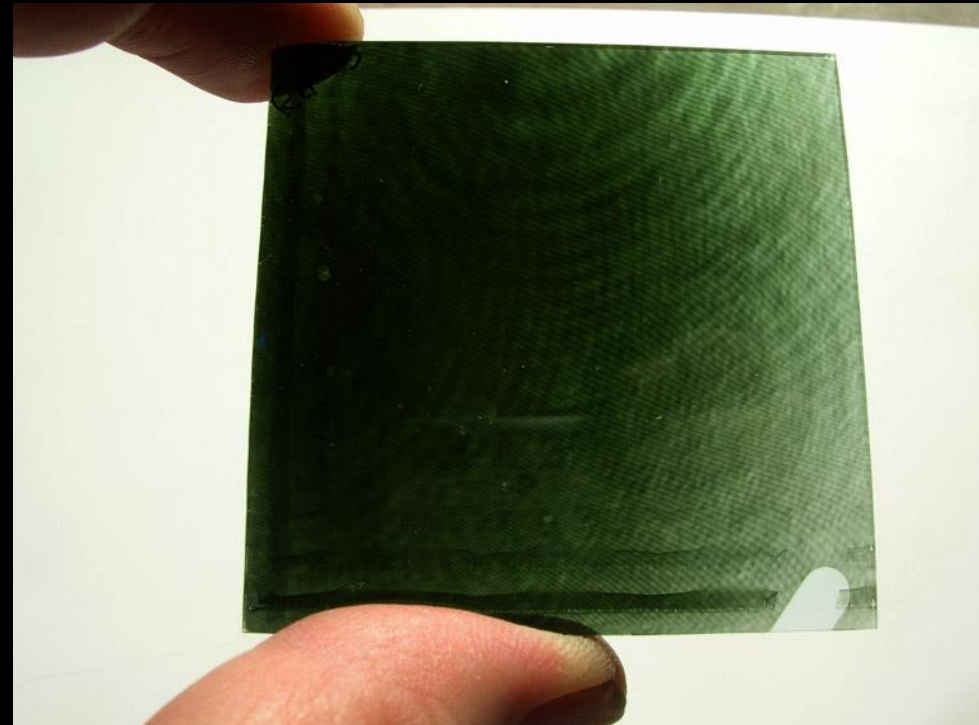
Laser-Holographie nach Leith und Upatnieks



Juris Upatnieks



Eine entwickelte Hologrammplatte zeigt ein undefiniertes, graues Muster... Vom aufgenommenen Objekt ist darauf nichts zu sehen...



Um das Hologramm zu rekonstruieren, muss man es wieder mit Laserlicht bestrahlen (Durchlicht). Es wirkt dann wie ein Beugungsgitter und rekonstruiert das ursprüngliche Wellenfeld. Das Objekt wird sichtbar ...



Eigenschaften eines (Hologramms)

- Sowohl das Positiv als auch das Negativ (Kontaktabzug) rekonstruieren in gleicher Weise das Objekt
- Jeder Bereich („Scherbe“) des Hologramms ist in der Lage das Objektbild zu rekonstruieren
- Das Objekt erscheint bei der Rekonstruktion dreidimensional und kann unter verschiedenen Blickwinkeln betrachtet werden



Denisjuk – Weißlicht-Hologramme



Juri Nikolajewitsch Denisjuk (1927-2006)

