



Struktur & Symmetrie

STRUKTUREN UND SYMMETRIEN IM LICHT

Zum Greifen nahe Hologramme

Holografie – Fotografie in 3D

Hologramme begegnen uns heute täglich. Sei es als Sicherheitsmerkmal auf Geldscheinen und Personalausweisen oder in Science-Fiction-Filmen zur Kommunikation. Auf dem Bild sieht man ein Hologramm eines Wasserhahns und ein reales Wasserglas, das scheinbar mit Wasser aus dem Hologramm-Wasserhahn gefüllt wird.

Aber wie werden Hologramme eigentlich hergestellt? Was sind weitere Anwendungsgebiete der Holografie im Alltag und in der Forschung?



▲ Zum Greifen nah: Ein Wasserglas unter einem Hologramm-Wasserhahn (Reflexions-hologramm). Bild freundlicher bereitgestellt von Wolfgang Ploenes.

Die Geburtsstunde der Holografie

Der Ingenieur Dennis Gábor (1900-1979) stellte 1948 erstmals das Prinzip der Holografie vor, das er zur Verbesserung elektronenmikroskopischer Untersuchungen entwickelt hatte. Mithilfe von Laserlicht gelang es zum ersten Mal 14 Jahre später ein räumliches Bild eines Gegenstands so festzuhalten, dass es bei erneuter Beleuchtung den vollständigen räumlichen Eindruck wiedergab. Dennis Gábor erhielt für seine Arbeiten zur Holografie 1971 den Nobelpreis für Physik.



▲ Der Erfinder Dennis Gábor im Hologramm-Selbstporträt (Reflexionshologramm). Bild freundlicherweise bereitgestellt von der Deutschen Gesellschaft für Holografie e.V.

Wie entsteht ein Hologramm?

Zur Erzeugung eines Hologramms wird ein Objekt mit Laserlicht beleuchtet. In der Fotoplatte treffen die vom Laser ausgehende Lichtwelle und die vom Objekt reflektierte Lichtwelle aufeinander und überlagern sich zu einem Muster (Interferenz). In diesem Interferenzmuster sind Informationen über die räumliche Lage der einzelnen Objektpunkte gespeichert.



▲ Anordnung zur Herstellung eines Hologramms in einer Fotoplatte © AG Denz

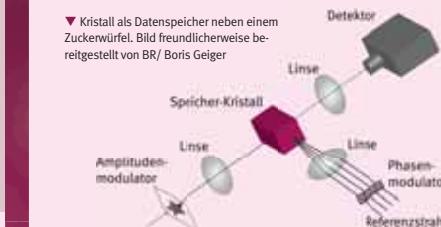
▲ Anordnung zur Betrachtung eines Hologramms in einer Fotoplatte © AG Denz

Bestraht man die Fotoplatte mit Weißlicht, so wechseltwirkt das Licht mit dem Interferenzmuster (Beugung) und es entsteht wieder die ursprüngliche Objektwelle. Dadurch entsteht ein Bild des Objekts und als Beobachter kann man das Bild aus verschiedenen Richtungen betrachten und gewinnt damit einen räumlichen Eindruck des Gegenstandes.

Im Alltag findet man am häufigsten Prägehologramme. Sie dienen als Sicherheitsmerkmal auf Geldscheinen und Personalausweisen. Dazu wird ein Hologramm des gewünschten Objekts erstellt und danach in einen Prägestempel mit Höhen und Tiefen übertragen. Bei Geldscheinen kann man solche Prägehologramme einfach sehen. Sie befinden sich z.B. am rechten Rand und wenn man den Blickwinkel nur leicht ändert, werden die verschiedenen Farben und Symbole auf den Hologrammen erkennbar.



▲ Blick auf das Prägehologramm eines 10-Euro-Scheins



▼ Kristall als Datenspeicher neben einem Zuckerwürfel. Bild freundlicherweise bereitgestellt von BR/ Boris Geiger



▲ Datenspeicherung in einem Kristall, in dem mehrere Hologramme hintereinander geschaltet sind © AG Denz

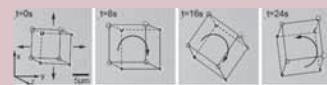
Datenspeicher im Zuckerwürfelformat

Mithilfe von computergesteuerten Interferenzmustern lassen sich beliebige digitale Hologramme erzeugen. Diese Hologramme werden dazu genutzt, Laserlicht in eine gewünschte Form zu bringen und damit die Eigenschaften von Laserlicht zu kontrollieren.

Beispielsweise können mehrere Hologramme hintereinander geschaltet und als holographischer Datenspeicher genutzt werden. Dabei wird nicht nur die Oberfläche zum Abspeichern benutzt, sondern das ganze Volumen der Hologramme. Damit können viel mehr Informationen auf kleinerem Raum gespeichert werden als bei einer DVD. Der dafür nötige Kristall ist kleiner als ein Zuckerwürfel und kann pro Kubikzentimeter ein Terabyte an Informationen speichern: Das sind etwa 200.000 Fotos!

Greifen mit Licht

Eine andere Anwendung ist die holographische optische Pinzette, die die Untersuchung von lebenden Zellen mithilfe von Licht möglich macht. Die hellen Stellen des Interferenzmusters im Hologramm dienen dabei als Lichtfalle, die kleine Partikel festhalten kann. Möchte man viele Partikel gleichzeitig untersuchen, können mehrere Pinzetten zusammengebracht werden. Dadurch können die Partikel dreidimensional bewegt und untersucht werden.



▲ Greifen mit Licht: Einfangen und Manipulieren von Partikeln (hier: Polystyrol) in optischen Pinzetten, die quaderförmig angeordnet sind © AG Denz



WWU

MÜNSTER

NICHTLINEARE
PHOTONIK

Westfälische Wilhelms-
Universität Münster
Institut für
Angewandte Physik