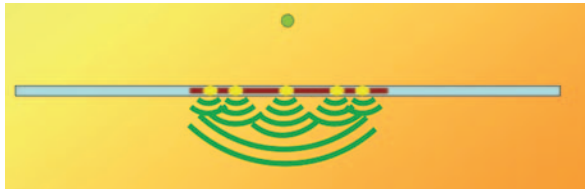


Hologramme: Intelligente Manipulation von Licht und Materie

Beleuchtet man das nanostrukturierte Holografiepapier mit einfachem weißem Licht (am besten einem Halogen-Spot) passiert Folgendes: Dort, wo die Lichtintensität bei der Überlagerung der Wellen besonders groß war, findet sich jetzt ein belichteter Punkt aus Silberjodid-Kristallen. Dadurch wird von diesem Punkt das einfallende Licht besonders stark reflektiert. Die Intensität des reflektierten Lichtes, das von diesem Punkt ausgeht, entspricht im Vergleich zu dem reflektierten Licht der anderen Punkte genau den Intensitätsverhältnissen in der ursprünglichen Objektwelle.



Im Fernfeld verhalten sich die Huygens-Elementarwellen so, als wäre das Objekt immer noch hinter dem Fotopapier zu finden.

Aber nicht nur in der Intensität entsprechen die Huygens-Elementarwellen, die von diesen Punkten ausgehen, den ursprünglichen Huygens-Elementarwellen während der Aufnahme. Auch die Phasenbeziehungen der Huygens-Elementarwellen zueinander, wie sie von den reflektierenden Punkten ausgehen, stimmen genau. Voraussetzung dafür ist, dass alle von der gleichen intensiven Punktlichtquelle aus ausreichender Entfernung beleuchtet werden. Eine spezielle Schicht des Filmmaterials filtert aus dem weißen Licht der Lichtquelle eine einigermaßen ebene monochromatische Lichtwelle heraus, die alle Bildpunkte im Film gleichzeitig zum Leuchten anregt und so eine exakte Kopie aller ursprünglichen Huygens-Elementarwellen erzeugt. Da es sich in der Ebene des Filmes um eine in Intensität und Phasenbeziehung exakte Kopie der ursprünglichen Elementarwellen handelt, ist es kein Wunder, dass die

<http://www.didaktik.physik.uni-duisburg-essen.de>

fortschreitenden Wellen aus der Überlagerung aller Huygens-Elementarwellen auch weit vom Film entfernt wieder das gleiche Wellenmuster ergeben, das die Bildpunkte des ursprünglichen Objektes an dieser Stelle erzeugt haben.

Für die Augen des Betrachters, die sich in dem Wellenfeld befinden, ist daher auch bei der Hin- und Herbewegung des Kopfes kein Unterschied sichtbar. Der Betrachter hat den Eindruck, das 3-dimensionale Objekt befände sich immer noch an seinem ursprünglichen Platz hinter dem Hologrammpapier.



Das Holografielabor der Didaktik der Physik an der Universität Duisburg-Essen (Campus Duisburg) ist für Ihre Schulklasse geöffnet!

Universität Duisburg-Essen

Norbert Renner

Fachbereich Physik

Lotharstrasse 1

Raum MD143

47057 Duisburg

Tel.: 0203/379-2274

E-Mail: Norbert.Renner@uni-due.de

Betreuende Hochschullehrer:

Prof. Dr. Gernot Born

E-Mail: Gernot.Born@uni-due.de

Prof. Dr. Norbert Treitz

E-Mail: Norbert.Treitz@uni-due.de

Dr. André Bresges

E-Mail: Andre.Bresges@uni-due.de

Über ihren Besuch mit einer Schulklasse ab Jahrgangsstufe 10 freuen wir uns sehr.

<http://www.didaktik.physik.uni-duisburg-essen.de>



UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

DIE UNIVERSITÄT

Didaktik der Physik



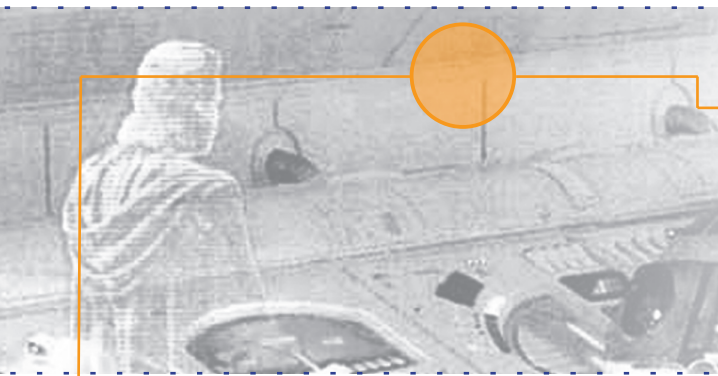
Holografie im Physikunterricht

Brücke in die Nanowelt



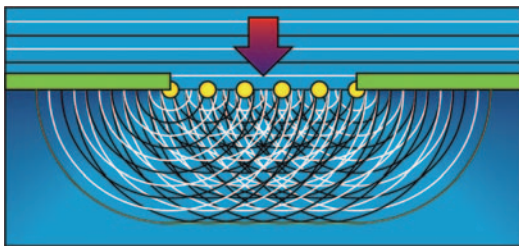
Offenes Holografielabor für Schulen an der Universität Duisburg-Essen

<http://www.didaktik.physik.uni-duisburg-essen.de>



Ein altes Modell mit hochaktueller Bedeutung

Das Huygen'sche Elementarwellenmodell ist in fast jedem Physikbuch der Oberstufe zu finden. Es führt die Lernenden an die Schwelle des Verständnisses der Vorgänge in der modernen Quantenoptik, wird reflektiert in den Maxwell-Gleichungen und ist auch 330 Jahre nach seiner ersten Formulierung 1678 durch Christiaan Huygens in Leiden ein angemessenes Modell zur Beschreibung zahlreicher optischer Phänomene.



Das Huygens'sche Elementarwellenmodell

So nützlich das Modell erscheint, es fristet in den Augen der meisten Lernenden das Dasein eines typischen „Schulbuchphänomens“, mit dem sich nur typische Probleme des Physikunterrichtes lösen lassen (die man ohne Physikunterricht gar nicht hätte). Das muss eigentlich nicht sein, denn zu den zahlreichen Anwendungen gehören sich automatisch ausrichtenden Mobilfunkstationen und das moderne *Phased Array Radar*, das die altmodische „Radarschüssel“ heute komplett zu ersetzen beginnt.

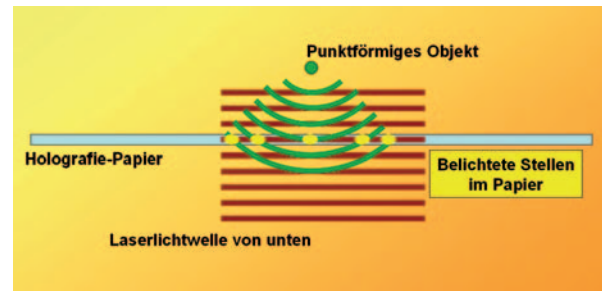
Ein transportables Beispiel für den Physikunterricht

Phased Array Radar zur Hurrikan-Beobachtung in Florida. Die vielen Einzelantennen erzeugen einen elektronisch schwenkbaren Radarstrahl nach dem Huygens'schen Elementarwellenmodell.



Leider lassen sich die meisten dieser Anwendungen nicht in den Unterrichtsraum transportieren und schlecht bei der Arbeit beobachten. Aber ein transportables Beispiel gibt es: Die Holografie.

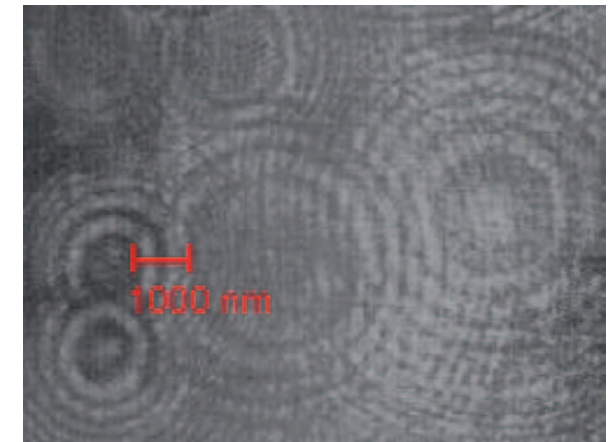
Bei der Holografie in dem von uns verwendeten und für Schülergruppen zugänglichem Aufbau werden die einzelnen Bildpunkte eines abzubildenden Objektes von unten mit einer kohärenten, aufgeweiteten ebenen Laserlichtwelle beleuchtet. Von jedem Bildpunkt des Objektes geht eine reflektierte Wellenfront in Form einer Kugelwelle zurück. Diese Kugelwelle (und auch jede andere, die von benachbarten Bildpunkten reflektiert wird) überlagert sich mit der einlaufenden Laserlichtwelle – an einem Ort konstruktiv, an einem anderen destruktiv.



Lernende belichten und entwickeln Hologramme selbst

Ein in den Lichtweg eingebrachtes Stück holografischen Filmmaterials nimmt das Muster aus konstruktiver und destruktiver Interferenz in der Schnittebene auf. Überall da, wo konstruktive Interferenz stattfindet, ist die Intensität der Welle an diesem Punkt besonders groß und das Fotopapier wird belichtet.

Nach der Entwicklung und Fixierung des Fotopapiers können die Lernenden mit einem hochauflösenden Mikroskop feine Strukturen im Fotopapier erkennen. Diese Interferenzmuster haben Abmessungen in der Größenordnung des Lichtes, also einige hundert Nanometer.



Diese durch Licht künstlich erzeugten Strukturen liegen bereits an der Grenze zur Nano-Technologie. Nano-Technologie ist ein hochaktueller Forschungszweig der Physik und der Ingenieurwissenschaften, in dem die Universität Duisburg-Essen mit mehreren Studiengängen und Sonderforschungsbereichen (z.B. SFB 445, „Nanopartikel aus der Gasphase“) bundesweit optimal hervorragend aufgestellt ist.