

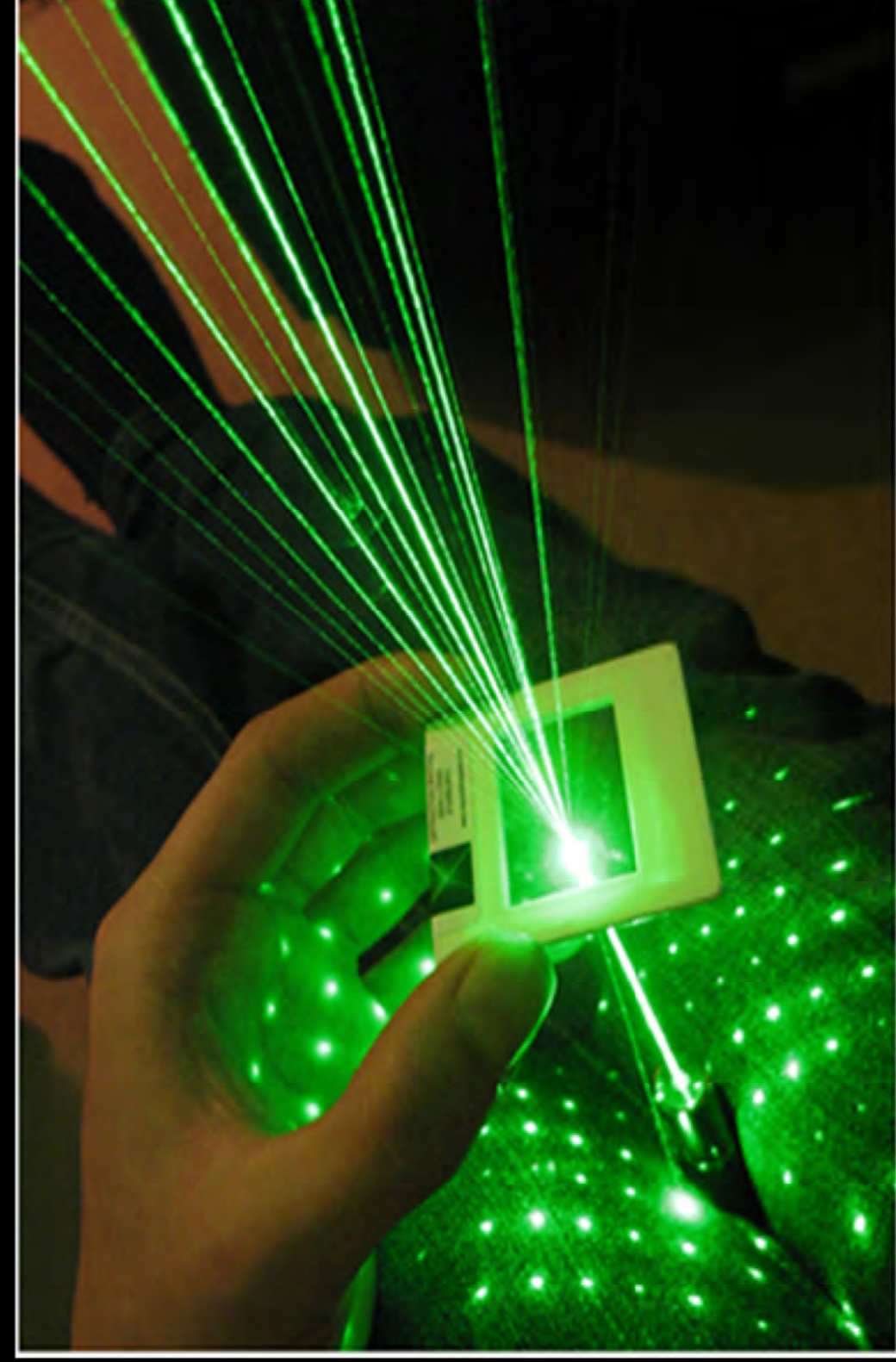
# Digital Holograf



## Holograf – tredimensionell bildåtergivning

Holograf är en teknik för att lagra och åter skapa tredimensionella bilder fotografiskt (konventionell holograf) eller elektroniskt (digital holograf). Vid konventionell fotografiering försvinner djupdimensionen från ett objekt eftersom endast ljusets intensitet registreras vid bildupptagningen. I ett hologram finns dock även information om det spridda ljusets fas lagrat, vilket är essentiellt för att kunna skapa tredimensionella bilder. Holograf nyttjar dessutom endast monokromatiskt ljus, vilket med information om ljusets fas är de två huvudpunkter som fundamentalt skiljer holograf från fotografiering.<sup>1</sup>

Foto: "Shark Hologram", courtesy of Shrinat, <http://picsasweb.google>

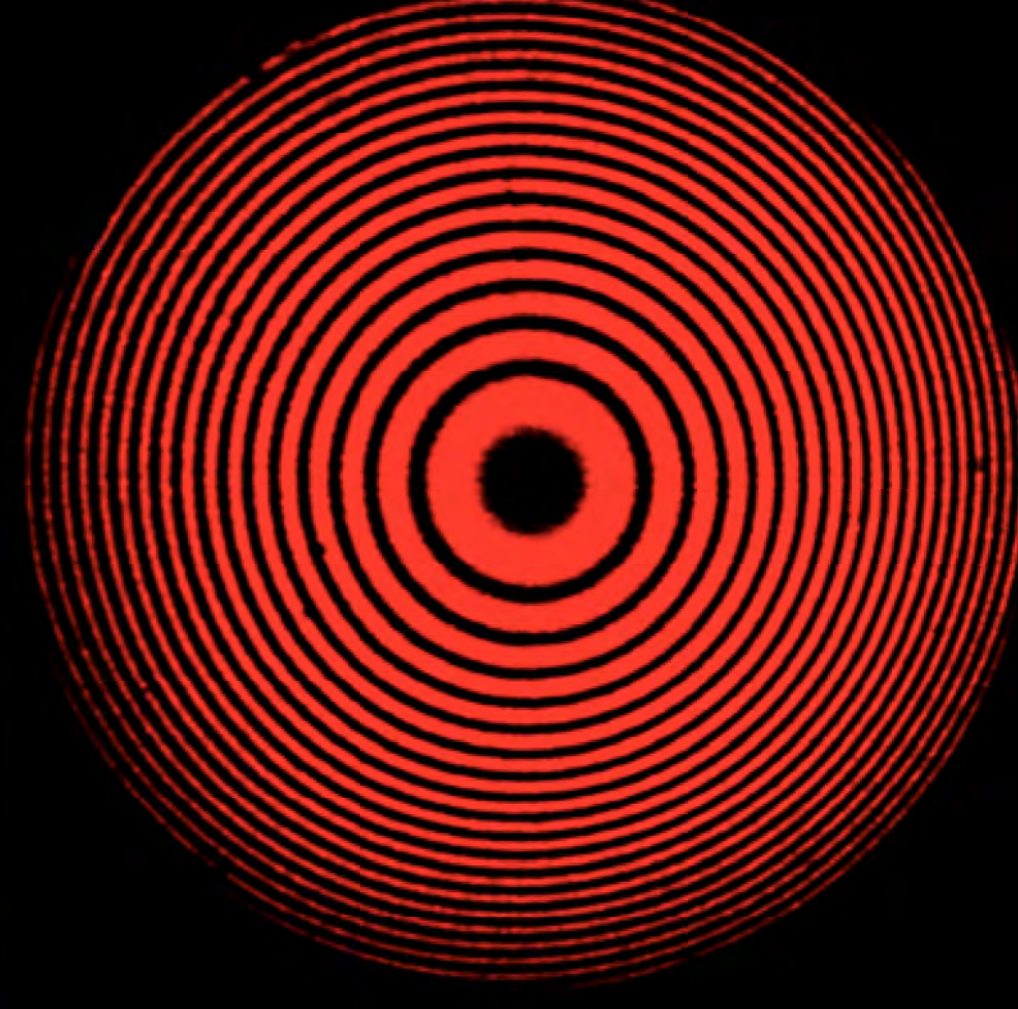
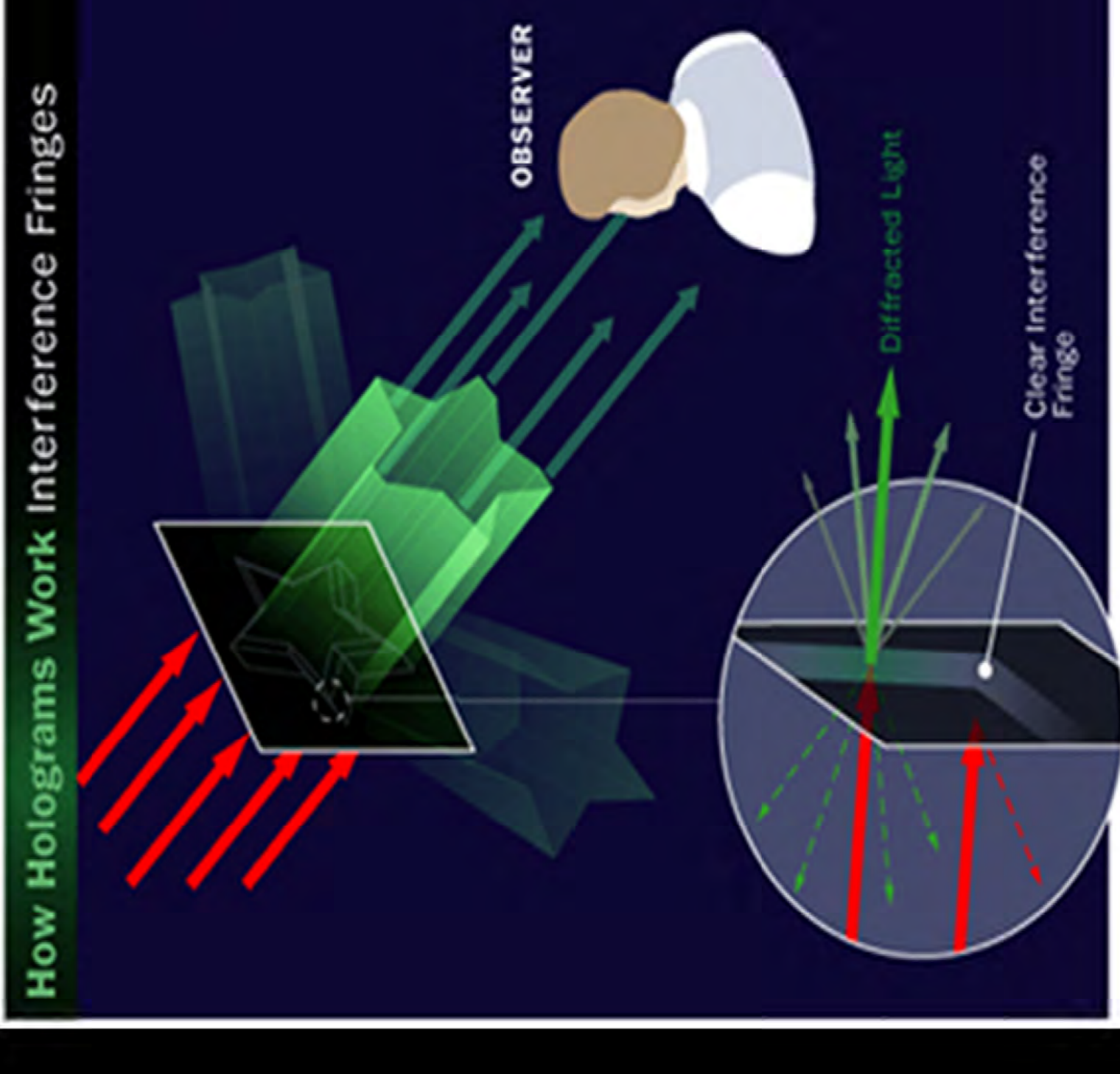
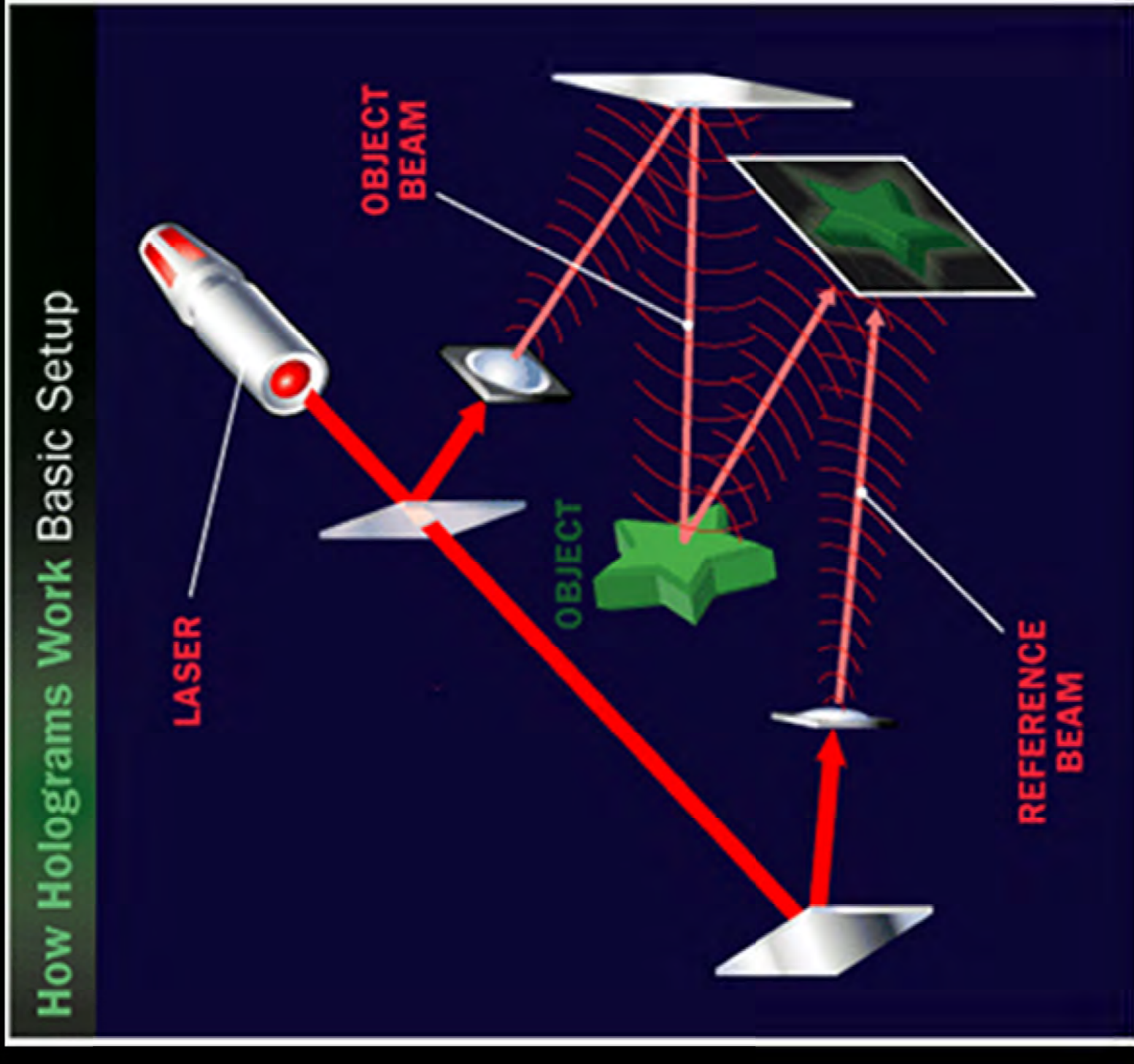


## Laser – en koherent ljuskälla

Eftersom holograf bygger på interferens och diffraktion av ljus nyttjar man koherenta ljuskällor för att skapa entydiga interferens- och diffraktionsmönster. Laserljus är ett typiskt exempel på en koherent ljuskälla, där alla ljusvågor sprids i fas och är av samma våglängd. Eftersom ljusets våglängd styr det som vi uppfattar som färg, uppfattar vi laserljus som monokromatiskt.<sup>2</sup> På bilden ovan ser man diffraktion av laserljus som passerar ett gitter. Bilden till höger är ett interferensmönster skapat av laserljus i en Michelsoninterferometer.

Foto ovan: "Diffraction of green laser pointer beam", courtesy of Dragonlasers.com

Foto till höger: "Interference Pattern", courtesy of Félix Dieu, [www.flickr.com/photos/felixdieu/](http://www.flickr.com/photos/felixdieu/)



## Skapandet av ett hologram

Se övre bilden till vänster.

\* Ljuset från en laser delas upp i två strålar med hjälp av en stråldelare.

\* Den ena strålen, objektstrålen, går till objektet som skall avbildas, där ljuset efter reflektion sedan utbreder sig sfäriskt från varje belyst punkt av objektet mot en fotografisk plåt.

\* Den andra strålen, referensstrålen, går direkt till den fotografiska plåten.

\*Ljuset från objektet och referensstrålen möts på den fotografiska plåten, där varje punkt från objektet tillsammans med referensstrålen bildar ett mycket komplicerat interferensmönster.

\* Den fotografiska plåten med det registrerade interferensmönstret är vad man kallar för ett hologram!<sup>1</sup> I det finns lagrat information både om det spridda ljusets fas och dess intensitet. Hologrammet i sig självt bär dock ingen likhet med objektet.<sup>3</sup>

Övra bild till vänster: "How Holograms Work Basic Setup", courtesy of HowStuffWorks.com

## Objektet rekonstrueras

Hologrammet består utav miljontals oerhört små ljusa och mörka fläckar som representerar det registrerade interferensmönstret. Låter man ljus passera genom hologrammet kommer det fungera som ett mycket komplicerat gitter som böjer ljuset på exakt rätt sätt för att skapa en bild av ett objekt.

Se undre bild till vänster. Vid rekonstruktion av en holografisk bild låter man samma referensstråle som tidigare passerar genom hologrammet i exakt samma vinkel. De vågfronter som uppstår vid diffraktion av referensstrålen är identiska med den reflekterade objektstrålens vid skapandet av hologrammet. Vid en viss vinkel och position från hologrammet uppfattar ögat samma komplicerade vågfront som om den hade reflekterats från det verkliga objektet. Den komplicerade vågfronten ändras när man tittar i en annan vinkel och man ser då en annan bild av objektet. Eftersom våra ögon uppfattar två olika komplicerade vågfronter samtidigt skapar hjärnan en illusion av djup. På detta sätt skapas en tredimensionell bild.<sup>2</sup>

Undre bild till vänster: "How Hologram Work Interference Fringes", courtesy of HowStuffWorks.com

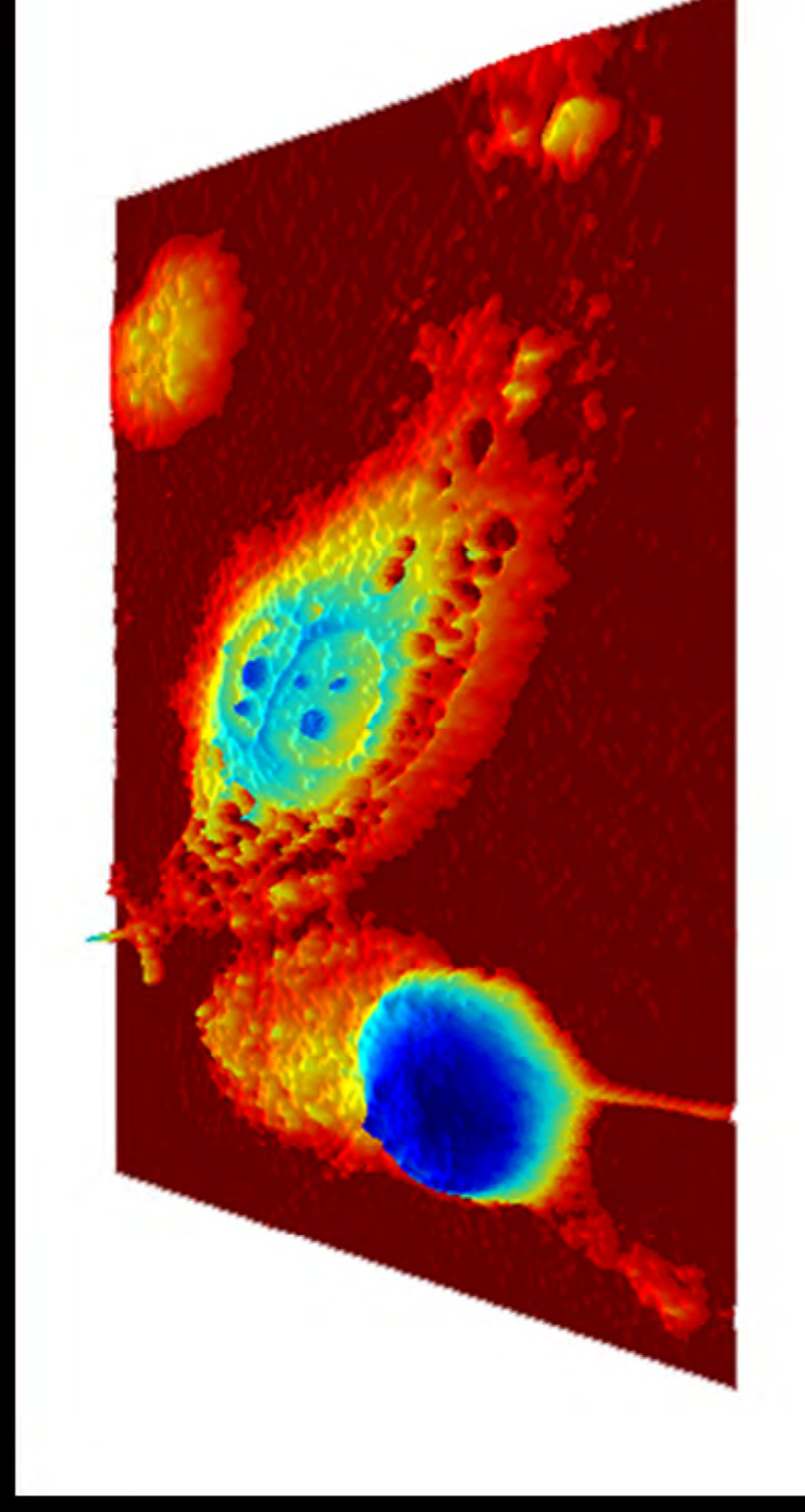
## Referenser

1. S.Svanberg, "Holograf", *Nätomslencyklopedin*, hämtat 2010-11-15, <[www.nare.se/holograf/](http://www.nare.se/holograf/)>
2. F. Unterecher, *Holography Handbook. Making holograms the easy way*, Ross Books, Berkeley, California 1982, Sid 319-330.
3. G. Jönsson, E. Nilsson, *Vågålära och Optik*, Fjärde upplagan, Teach Support, Lund 2010, 343-345.
4. Phase Holographic Imaging AB, *Technology*, hämtat 2010-11-15, <[www.phib.se/](http://www.phib.se/)>

## Digital Holograf

I digital holograf lagras den tredimensionella bilden elektroniskt. Vid konventionell fotografiering med en digitalkamera sker bildupptagningen med en CCD (charge-coupled device), istället för en fotografisk plåt. Så är även fallet med digital holograf, där man låter hologrammet registreras på en CCD. Vid rekonstruktionen nyttjar man en dator för att avläsa informationen i hologrammet och utföra de tidskrävande och komplicerade beräkningar som krävs för att konstruera en bild av objektet. Liksom vid konventionell holograf erhåller man en tredimensionell bild som har djup och kan betraktas i olika vinklar, dock i digitalt format. Detta ger holografen helt nya möjligheter, och har visat sig vara mycket användbart inom speciellt mikroskopi!<sup>1</sup>

Foto: "Frontbild IT", "3D structure of C6Co2-cells", courtesy of Phase Holographic Imaging AB



## Holomonitor™M3 - Digital Holograf möter Mikroskopi

Celler är transparenta och väldigt svåra att se, även i mikroskop, vilket gör att forskare använder många olika metoder för att färga in cellerna. Detta görs med substanser som kan vara så giftiga att de till slut dödar de celler de vill studera. Med digital holograf är det möjligt att studera cellerna i deras naturliga miljö, utan att färga in dem.

Tekniken går till enligt följande. Man delar ljuset från en koherent ljuskälla och låter objektstrålen transmittas genom provet man vill analysera, medan referensstrålen går opåverkad förbi. Sedan sammanförs de två strålarna igen och interferensmönstret talar om hur mycket ljuset har bromsats när det passerat genom provet. Interferensmönstret bearbetas med hjälp av en dator och ger informativa 3-dimensionella bilder av cellerna. Resultatbilden har väldigt bra upplösning i transversell led då fasinformationen kan bestämmas ner till delar av en våglängd.

Ett företag som utnyttjar just denna tillämpning på ett mycket framgångsrikt sätt är Ideonföretaget Phase Holographic Imaging AB, med sin senaste produkt Holomonitor™M3. Holomonitor™M3 är ett helt unikt mikroskop tillverkat för 3-dimensionell realtidsanalys av levande celler, så kallad "live cell imaging". Mikroskopet gör det möjligt att filma levande celler på ett icke-förstörande sätt, utan användning av kemikalier och giftiga färgämnen. Metoden effektiviserar också analyserna, både kostnadsmässigt och tidsmässigt.<sup>4</sup>

Nedan visas en sekvens av prostatacancer celler som utsatts för cellgiftet etoposid, som används vid cancerbehandling. Bilderna är tagna med Holomonitor™M3.

Foto: "Holomonitor™M3", "Sequence of PC-3 cells exposed to etoposide", courtesy of Phase Holographic Imaging AB

