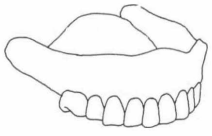
Holografi – fotografi med många dimensioner

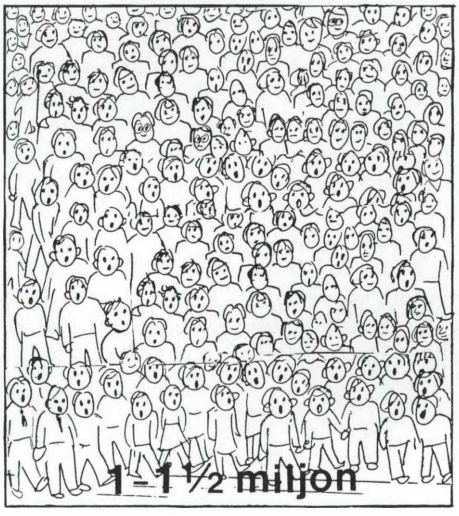
Från protes med problem till produkt för industriellt bruk

Av Ingegerd Dirtoft

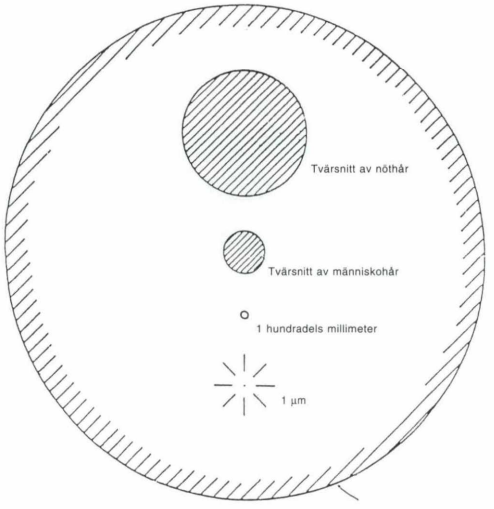


Proteser dvs lösständer, som var lösare och satt sämre än vad jag och mina lärarkollegor på tandläkarhögskolan någonsin hade upplevt, var orsaken till att jag halkade in på den tekniska banan. Att vi inte längre enbart kunde skylla på patienterna (se fig 1) blev uppenbart, när samtliga proteser glappade så mycket att vi blev tvungna att försöka ta reda på vad orsaken var. Att det visade sig vara en kombination av ett nytt material och framställningssätt gjorde mig nyfiken på hur en protes egentligen bar sig åt i munnen på en människa.

För att skaffa mig ett svar kontaktade jag KTH (Kungliga Tekniska Högskolan). Att detta skulle innebära att mitt liv skulle få en helt annan inriktning anade jag inte då. Att det var bör-



1. 1–1½ miljon svenskar har protes. Källa: I Dirtoft Holography—A New Method for Deformation Analysis of Upper Complete Dentures. Almqvist & Wiksell International, Stockholm 1985.

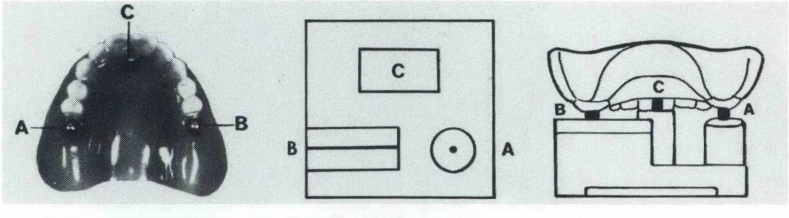


2. Vad är 1 µm?

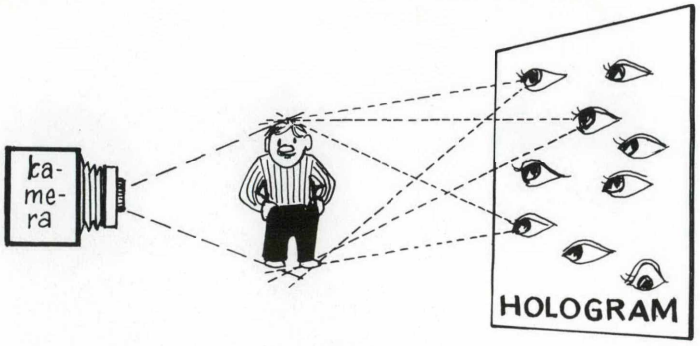


jan på en färd, som jag ännu inte vet var den skall sluta var också okänt. Det var tur att jag inte hade en aning om hur det är att vandra på tidigare helt outforskade stigar, för då hade jag inte vågat gå en enda my (fig 2).

My = µ var tuvan, som höll på att bli ett oöverstigligt hinder på en gång. För mig var det ett mått, som var jämförbart med meter eller millimeter. Jag förstod inte vilka enorma krav jag hade, när jag ville konstruera en fixtur till proteserna där de skulle kunna återplaceras på 0,3 µ när. En underbar gammal instrumentmakare blev den som verkligen fick mig att förstå och respektera vad en µ innebär. Fixturen (se fig 3) har idag efter åtskilliga omkonstruktioner blivit patenterad och passar idag för produkter av allehanda storlekar, former och material. Man kan återplacera produkter med en noggrannhet av ± 0,3 µm, en annan stor fördel är att produkten inte spänns fast. Det gör den speciellt lämplig för t ex plastprodukter, som ofta har en komplicerad form som dessutom förändras med tiden.



3. a) Protes med kulor (A, B, C); b) fixtur (A = grop, B = ränna, C = plan); c) protes på fixtur i vy A–B. Källa se fig 1.



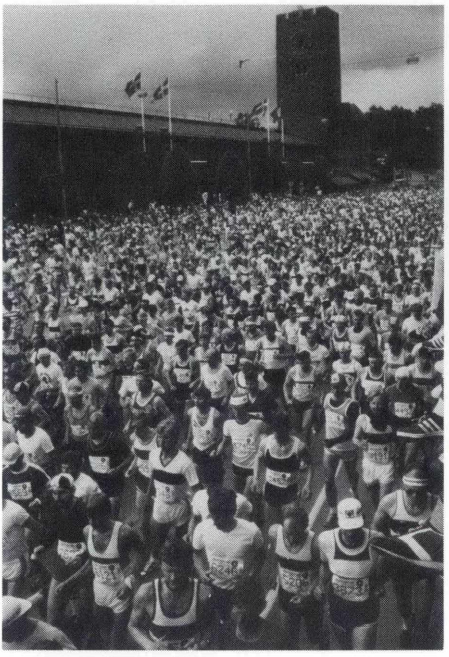
4. Jämförelse mellan kamera och hologram.

Holografi och laserljus

Holografi, som var den mätmetod jag började använda var en ny utmaning för mig. Ordet kommer från grekiskans holos, som betyder hel och grafein, som betyder skriva, teckna. Det är en mycket bra beskrivning för det s k hologrammet representerar helheten. Att jämföra med ett fotografi faller sig ganska naturligt, men att förstå varför bilderna blir 3-D var inte lika lätt. Att den vanliga kameran ser (= avbildar) gubben från en punkt (linsen) framgår av fig 4. I hologrammet tjänstgör varje enstaka punkt (silverkorn), som en lins, kamera eller öga. Man kan faktiskt säga att hologrammet har "tusen" ögon. Varje öga har dessutom sett gubben från sitt håll, och det gör att bilden blir äkta 3-D för vi tit-



5. Analogi laserljus.

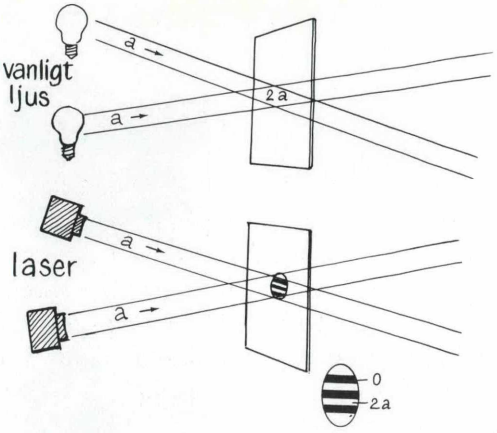


6. Analogi "vanligt" ljus.

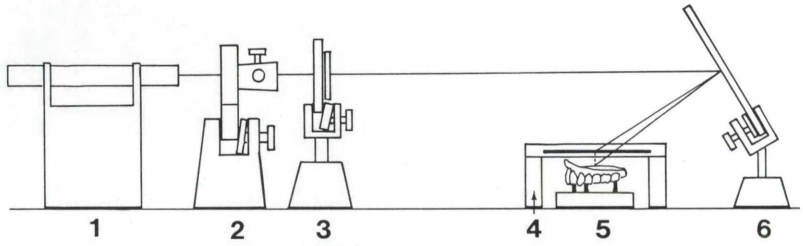
tar ju genom åtskilliga punkter. För att åstadkomma ett hologram behövs laserljus. Laserljuset är ett mycket "välorganiserat" ljus, som är parallellt, enfärgat, koherent (i takt i tid och rum) och intensivt. En bra analogi syns i fig 5, där soldaterna marscherar i takt i parallella rader klädda i enfärgade uniformer. Att det "vita" ljusets beteende snarare överensstämmer med maratonlöparnas i fig 6 visar dess sammansatta natur. Här är inte någon gemensam takt, parallellitet eller enhetlig färg och intensiteten varierar i allra högsta grad. En annan mycket betydelsefull jämförelse är om man tänder en lampa till så vet vi att det blir ljusare. Om däremot laserljus får sammanfalla så kan det komma helt ur fas och därmed utsläckas (se fig 7) s k interferenslinjer uppkommer. Det är den principen man utnyttjar, när man mäter med hjälp av holografi.

Interferens

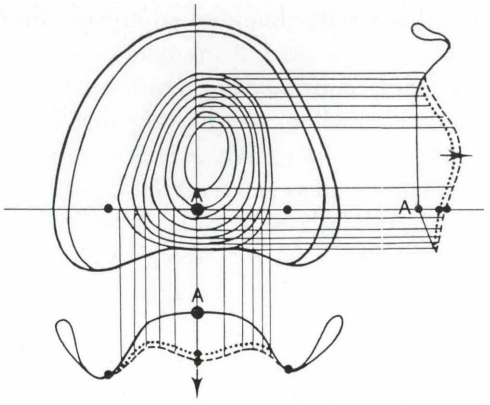
Hur man gör ett hologram var nästa frågeställning, och där upptäckte jag att det faktiskt inte behövdes så mycket utrustning för att göra ett hologram. I fig 8 syns att det faktiskt räcker med en laser, en hologramplåt och ett objekt. Hologrammet framkallas sedan och bleks ungefär som en färgfilm. Holografi är inte bara vackra bilder utan ett fantastiskt mätinstrument. Om objektet förändras så kan interferenslinjerna registreras på hologrammet som en topografisk karta. Hur en protes deformeras, när den befinner sig i munnen på en patient syns i fig 9. Teckningen av den holo-



7. Jämförelse mellan "vanligt" ljus och laserljus samt uppkomsten av interferenslinjer.



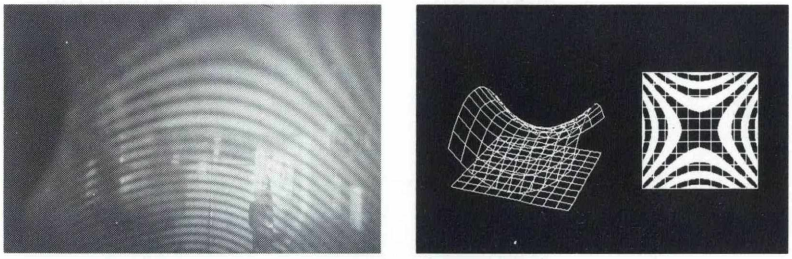
8. Uppställning av s k vitljusholografi: 1) laser; 2) spatialfilter; 3) slutare; 4) hologramplåtsfixtur; 5) protes på fixtur; 6) spegel. Källa se fig 1.



9. Deformation av protes sedd från gompartiet, sidan och bakifrån.

grafiska bilden visar också i genomskärning att det blir ett hålrum under protesen i gompartiet. Detta är intressant att jämföra med, eftersom man aldrig ser att benet resorberas (bryts ner) i gommen hos patienter med protes.

Protesen är exempel på en komplicerat formad plastprodukt med varierande godstjocklek. Att lära sig att mäta på en sådan var en mycket bra utgångspunkt för att mäta ute hos plastindustrin. Idag tillverkas en massa produkter framförallt till bilindustrin med hjälp av formsprutning. Framställningen medför att produkten efterkrymper med tiden och det gör att holografi är en idealisk metod för att kunna förutsäga hur snabbt förändringen går. Dessutom visade det sig att det också går att optimera maskinparametrarna och registrera om ändringar i processen, verktyget eller konstruktionen ger en bättre eller sämre produkt. Det innebär en otrolig möjlighet att styra produktens framtida kvalitet. Exempel på hur processförändringar kan ge helt olika interferensmönster och därmed olika skevning syns i fig 10a och b eller 11. Hologrammen är framställda i den mätutrustning, som har blivit en spinoff från mitt doktorsarbete och det känns mycket trevligt att kunna bidra till att föra ut kompetens från KTH till den svenska industrin.



10. a) Foto av hologram, som visar en sadelformig skevning.
b) Teckning av hur en plan produkt skevar sadelformigt och vilket interferensmönster som uppkommer; jfr a.

Mätmetodens möjligheter

En ny mätmetod innebär alltid nya möjligheter och utmaningar. Funktionsprovning av hela produkter vid olika temperaturer, fuktighet och belastningar samt eventuella kombinationer har visat sig ge kunskaper, som ofta resulterat i ändringar och optimering av konstruktionen. Kunskaper som också bidrar till en framtida höjd kompetens. Felanalyser går ofta hand i hand med funktionsprovning och innebär ett riktigt spännande detektivarbete. Det är dessutom bra att ha forskarbakgrund, som innebär att problemet kan struktureras förutsättningslöst. Det visar sig nämligen att frågeställningarna ofta är ofullständiga, ledande eller felaktiga. Det gör att det är lätt att gå vilse och leta åt fel håll. Att försöka skaffa sig en helhetssyn på konstruktion, material, produktion och

hantering avslöjar ofta var "boven" befinner sig och är för det mesta något oväntat. Också den här typen av arbete innebär att kompetensen höjs beroende på den dialog, som måste föras. Dessutom kan mycket pengar och tid sparas genom att t ex onödiga verktygsändringar inte utförs. Det är inte bara plastprodukter, som har ett tidsberoende beteende utan det gäller även för bl a aluminium, härdat gods och människor. Det har inneburit att jag ser ytterligare möjligheter att utveckla utrustningar för kvalitetsstyrning direkt i produktionen eller för diagnostiska ändamål eftersom holografi är en kontaktlös och oförstörande metod. Holografi är en representant för början på en ny industriell era, där helhetssynen har en avgörande betydelse genom att tvinga fram den ur överlevnadssynpunkt idag helt nödvändiga dialogen och samarbetet mellan olika avdelningar (revir) på en industri.

Holografins mångfacetterade väsen har inneburit att det idag är ett begrepp, som inte enbart används i tekniska sammanhang utan att man även pratar om den holografiska världsbilden. Det är förståeligt om man tittar ur teknisk synvinkel att begreppet får representera helhetssyn. Ja, holografi är onekligen ett begrepp som har många dimensioner, och det skall bli otroligt spännande att få följa med i den fortsatta utvecklingen.



11. Foto av hologram på samma produkt vid andra processparametrar (få interferenslinjer = liten formförändring).

Summary Holography as a tool for the analysis of the deformation and behaviour of dentures has stimulated further development in the industrial field. The fixture developed for repositioning dentures, as well as the use of white-light holography for measurement purposes have later been used in industry for quality control and functional analysis. The fixture has an accuracy in repositioning of $\pm$ 0.3 µm. This is very useful in analysing the combined effects of mechanical forces and environmental influences. The holographic technique is rapid, accurate and behaviour depending on time is measured. This allows the future quality of the product to be predicted. The shape, size and variations in thickness of the product are no obstacles to the measurements and the whole product can be studied at the same time. The method is contactless and thus non-destructive. Alterations in the process, the tool or the construction can be registered immediately and used to determine the resulting effect upon the product. As a result, holography provides outstanding opportunities for bridging the gap between theory and reality by preserving an overall view.