

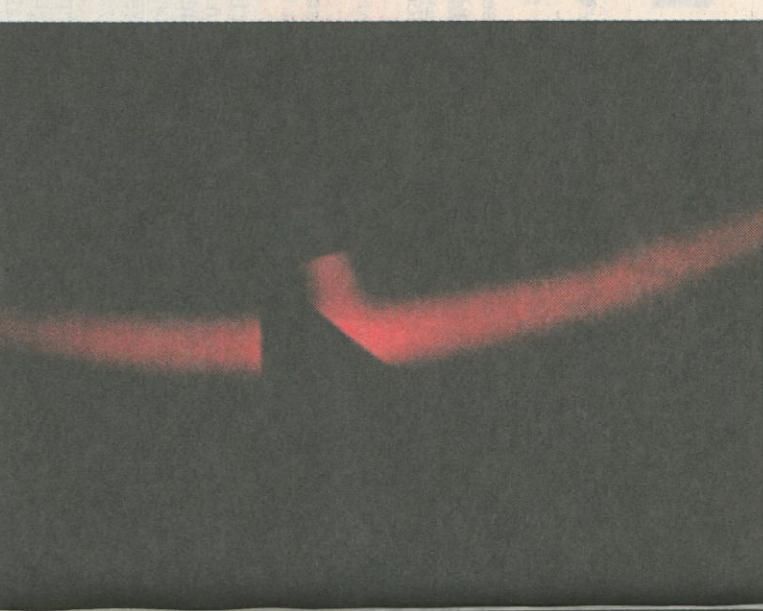
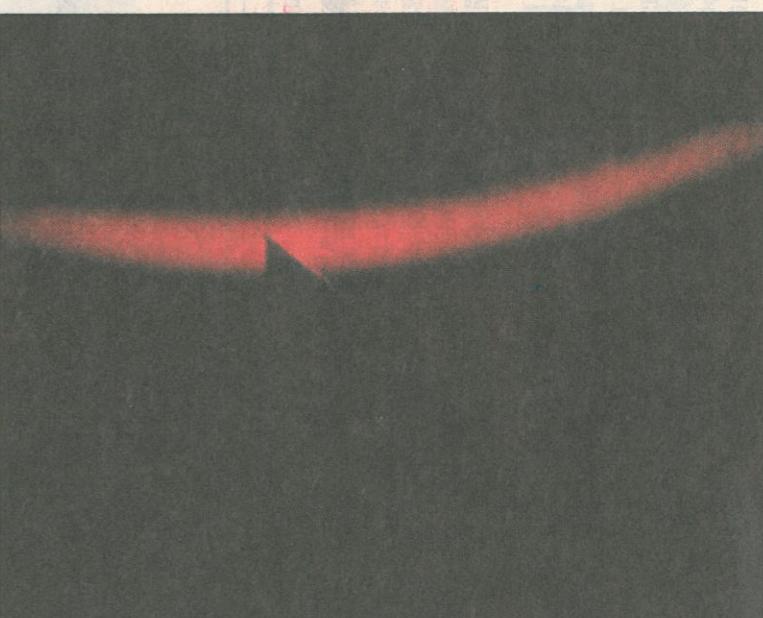


# LJUSSET FÅNGAT!

Surfa längs en ljuspuls och följ med på färden mot en spegel, in genom en lins eller utmed en optisk fiber. Följ reaktioner i ett bilgolv, deformationer i en vindtunnel. Eller nöj dig med att mäta rörelser, tusentals millimeter stora, på flera meters avstånd.

Ingenting syns omöjligt med de holografimetoder som utvecklas vid Tekniska högskolan i Stockholm.

**AV ULLA KARLSSON (text)  
OCH INGEMAR FRANZEN (teckningar)**



**LJUS SOM STUDSAR MOT EN SPEGEL** kan avbildas med metoden "light in flight". På bilden längs till vänster teras nära en ljusfront precis fram till spegeln. Den syns i form av ett hack i vägröntgen. 200 pikosekunder (1 pikosekund=1 biljarddels sekund) senare har ljuset nått mitten av spegeln och börjar reflekteras.

**P**rins Bertil har det, Gösta Ekman har det och Sven Trumba har det: Porträtt av sig sjäva i form av hologram.

Och vi skapar hologram vanligen med porträttring av föremål, människor såväl som "räda" ting.

Men holografi har långt fler användningsområden än så. Det vet inte minst forskaren runt Nils Abramson, professor i produktionstek-

nisk mätteknik vid institutet för Materialens Prosessteknologi vid Tekniska högskolan i Stockholm. Under 25 års tid har han forskat på metoder att använda hologram för mättekniska

ändamål, då främst i industrier.

Kallad "light in flight" öppnar den dörren till en värld som hittills varit stängd för människan.

Vad sägs till exempel om att följa en ljuspuls på färden mot en spegel – och "studsen" därifrån?

Eller att följa dess färd längs en optisk fiber? Allt i en hastighet som anpassats

En forskning som resulterat i en avbildningsteknik som är så snabb att den förmår "fima", universums snabbaste fenomen – ljuset.

Kallad "light in flight" öppnar den dörren till en värld som hittills varit stängd för människan.

Vad sägs till exempel om att följa en

ljuspuls på färden mot en spegel – och "studsen" därifrån?

Eller att följa dess färd längs en optisk fiber? Allt i en hastighet som anpassats

till vår hjärna. Metoden ställer dock sina krav för att fungera.

För att det blixtsnabba ljuset ska kunna avbildas krävs att ljuspulsen är så kort att

det tydligt syns var den börjar och slutar. Det villkoret uppfylls av lasrar med korta puls- längder.

**Första experimenten**

Vid de första experimenten använder Nils Abramson en laser med pulsårlängden 10 pikosekunder (en hundratusendels mikrosekund). På den tiden hinner ljus, som rör sig med en hastighet av 300 000 km/s, gå

fysiska längden på pulsen.

Men en 3 mm kort ljuspuls, som rusar fram genom luften med 300 000 km/s, läter sig intet avbilda av en vanlig kamra. Så snabba slutare finns helt enkelt inte. Men problemet kan lösas med holografi.

I hologram lagras det interferensmönster som uppstår när två stralar från samma laser möts

på en hologramplåt (se artikel på sidan 12). Den ena laserstrålen har reflekterats från det föremål som ska avbildas och kallas objektsstråle.

Den andra strålen är en referensstråle, och tar vägen direkt till plåten, eller via en referensstråle.

Den referensstrålen är exakt lika lång väg. Det är ett faktum som kan användas för att få en sekvens av bilder på en och samma hologramplåt.

Men då måste plåten vinklas så att referensstrålen träffar plåten nästan parallellt (se teckning 2).

**Göras synlig**

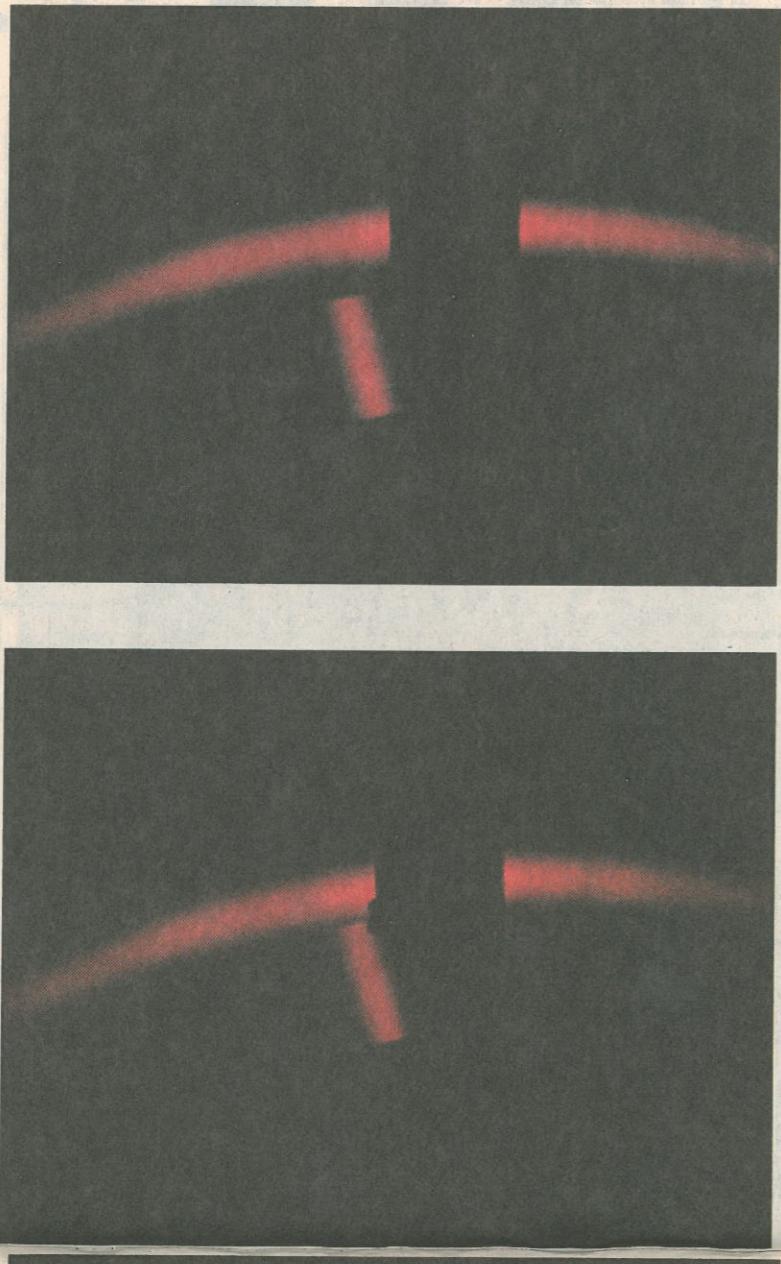
Laserpulsen måste också göras synlig, bli ett objekt. Det sker genom att den får löppla utmed hologramplåten. Skärmen reflekterar ljuset från pulsen, en objektsstråle uppstår. Vinklingen av plåten medför att dess vänstra del kommer att träffas först av referensstrålen och därmed också exponeras först. Av samma anledning exponeras den högra delen sist.

På de ställen där referensstrålen och objektsstrålen interfererar avbildas ljuspulsens framfart i form av ett hologram. Hela förfloppet är över på mindre än en miljarddels sekund, en tidsrymd under vilken referensstrålen är

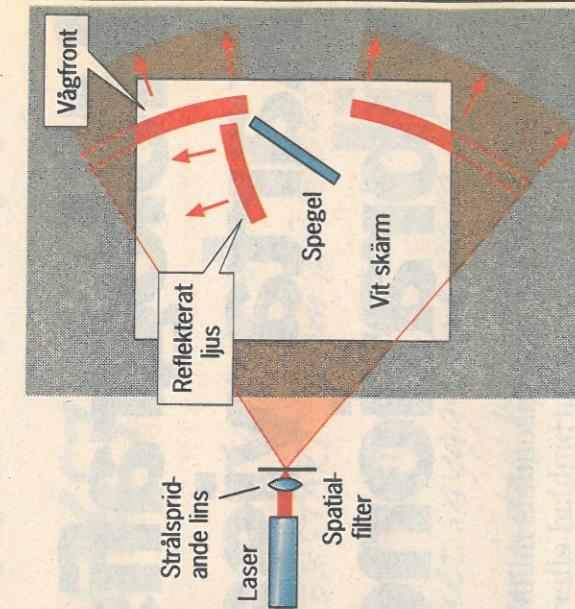
**MED LASERN SOM VERKTYG** skapar Nils Abramson märkliga hologram. Hologram som visar allt från ljus fängat i flykten till vibreringar från verktygsmaskiner.

FOTO TORBJÖRN EKEBÄCKE

TRI

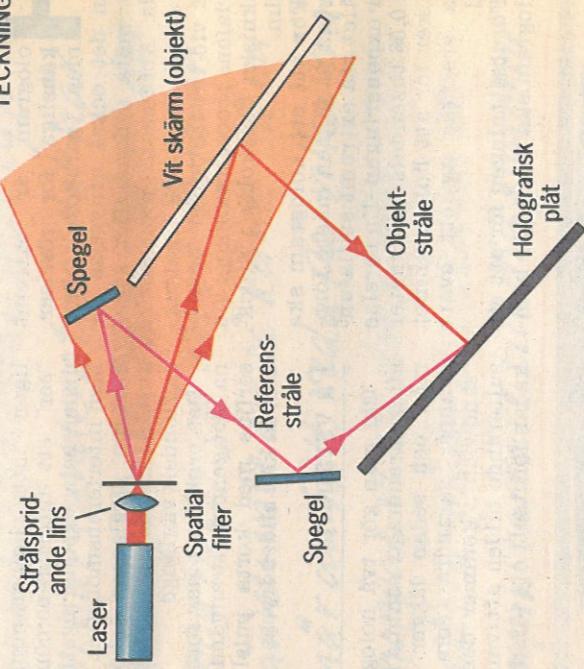


TECKNING 1



leras uppåt, mot vänster. Efter 400 pikosekunder skiljs det reflekterade ljuset från den ursprungliga vägfronten, som passerar förbi spegeln ( se teckning 1). Efter ytterligare 200 pikosekunder är de två ljuskomponenterna helt åtskilda. Det reflekterade ljuset lämnar ett hål i vägfronten, som fortsätter rakt fram.

TECKNING 2



Detta sätt är dock inte tillräckligt för att få en bra bild. Det är dock möjligt att få en bra bild med hjälp av en hologramplåt. Denna placeras i flykten och överlämnas till datorn. Datorn beräknar sedan vilka strålar som ska interferera för att ge en bra bild. Denna teknik kallas "light in flight". Den här tekniken är dock ännu inte tillräckligt bra för att få en bra bild.

### VÄND!

Abramson.

– Innan vi kommer så långt måste mindre pulsasrar utvecklas, idag är vår försöksanläggning alldeles för stor.

Och så krävs förstås både tid och pengar.

□

# FLYKTEN

– Men tekniken är ändå bra, säger Nils Abramson. Resultatet blir en sekvens hologram på en hologramplåt, hologram som i sin tur kan fotograferas av en vanlig videokamera, och spelas upp i en hastighet som passar det mänskliga ögat.

### Relativitetsteorin

Fenomenet som hittills varit oss fördolda kan bli synliga, till och med effekter av Einsteins relativitetsteori.

– Ja, säger Nils Abramson och skrattar lite. Här tror man att man ska utveckla mätmetoder

system överlägger den samma sättet. Detta är dock inte tillräckligt, för att få en bra bild måste man överlämna formen till rymdkoordinater, som i sin tur ger en tredimensionell datorbild.

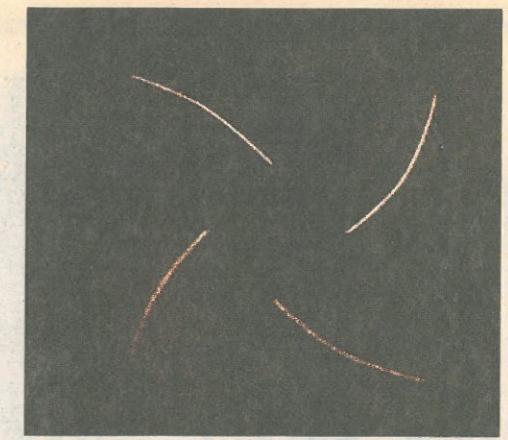
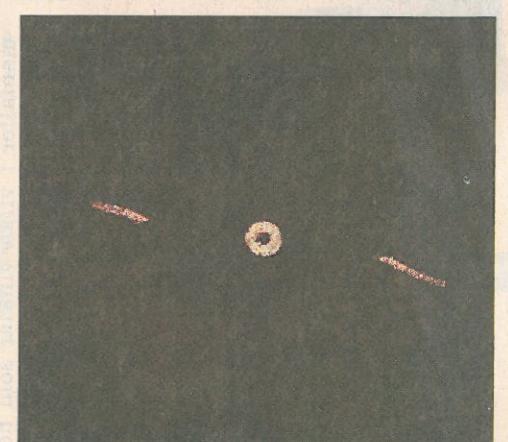
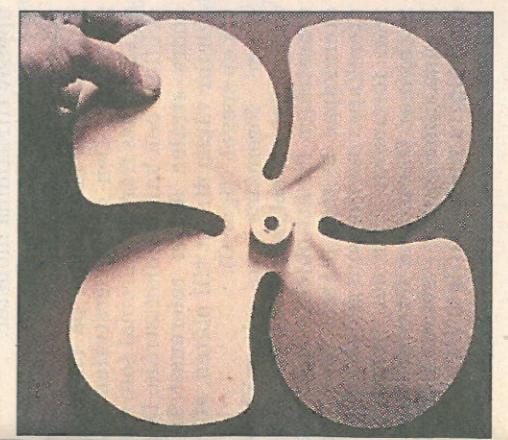
Metoden är enkel och effektiv, men har ännu inte tagit steget ut i industrin.

– Det är en sak att ha en prototyp, en annan att ha en industriell produkt, säger Nils Abramson.

– Innan vi kommer så långt måste mindre pulsasrar utvecklas, idag är vår försöksanläggning alldeles för stor.

Och så krävs förstås både tid och pengar.

□



TREDIMENSIONELLA BILDER av ett föremål, här en deformerad propeller, går att få fram med "light in flight". Metoden resulterar i en sekvens hologram. Varje ho-

logram visar hur ljuset träffar föremålets föregående positioner och sammanställs till en tredimensionell bild av föremålet.

# Holografisk kartavisar vibrationer

Tunga fräsmaskiner med tusendels millimeter små rörelser, belastningar på turbinblad eller belastningseffekter av handverktyg på människan. Alla kan de avbildas med holografiska mätmetoder.

---

AV ULLA KARLSSON

Lurat | jus ger hologram

Luttaget monterat vid  
och svarta linjer, skapade i  
mötet mellan reflekterat och  
infallande ljus. Mer behövs  
inte för att kunna återskapa  
föremål i alla dimensioner.  
Allt tack vare konsten att lu-  
ra ljus.

Om två laserstrålar bildar en vinkel med varandra när de sammanfaller kommer de att ligga i fas på några ställen och förstärka varandra. På andra ställen kommer de däremot att ligga ur fas och försvaga varandra. Resultatet blir ett mönster av ljusa och svarta linjer, (figur A). Mönstret kallas interferensmönster, och de svarta linjerna (där ljuset

Hologram avbildar föremål så bra att det kan vara svårt att avgöra om de är verkliga eller inte. I alla fall så länge man inte förstöer ta på dem.

Allt våra ögon färnimmer är i verkligheten reflekterat ljus. Hologramm återskaper det ljuset, och med detta också föremålet. Men för att det ska vara möjligt krävs ett fysiskt fe-

släcks ut) kallas för interfe- renslinjer. Ju större vinkel mellan strålarna, desto tättare blir interferenslinjerna. Det kan handla om flera tusen linjer per millimeter.

Om strålarna sammanfaller på en fotografisk plåt kan linjerna avbildas

**I**lämpliga för rörelser, "ser" ett interferensmönster under hela exponeringstiden. Men interferensmönstret upp hör om strålnarnas inbörde avstånd förändras med mer än tiondels våglängd.

Det problemet har forskarna löst genom att använda laserljus med korta pulsljus, där, då kan bilden frysas.

ringarna. Har det däremot vi  
brerat eller deformeras på  
något sätt kommer de båda  
hologrammen att samverka  
med varandra.

För att ett hologram ska fastna på plåten måste före- målet stå extremt stilla under exponeringen. En rörelse med  $0,06$  tusendels millimeter räcker för att hologrammet ska ersättas av ett svartehål.

Förutsättningen för att ett hologram ska uppstå är nämligen

**På varandra**

---

Om man gör två hologram efter varandra av samma föremål, och sedan lägger den ovanpå varandra som en "sandwich", kommer den resultaterande bilden att vara likadan förutsatt att föremålet

jer - interferenslinjer. Linjerna binder samman de delar av föremålet som rört sig exakt lika mycket mellan exponeringarna. Resultatet liknar höjdkurvorna på en topografisk karta. Ju tättare linjerna ligger, desto större har rörelsen varit.

**VIBRATIONER FRÅN ETT HANDVERKTYG** fortplantas vidare med hologram, skapade med hjälp av en dubbelpulsad rubinlaser

are i armen. Vibrationerna kan mäta **ILS AB**  
HOLOGRAFERING: LENNART M B SVENSSON  
**Häsmaskin**

**VILS AB**  
räsmaskin

Forska-  
- ständ.  
- - Holografi är den enda mätmetoden som kan ge en karttillöpdrag över vibrationer och deformationer hos hela objektet, säger Nils Abramson. Andra mätmetoder, som trådtöjningar också bivare eller accelerometrar, ger inblandat bara förändringen i de enskilda punkterna. Men du-

**Förbättra stabiliteten**

---

Resultatet av "sandwich-metoden" kan till exempel användas för att förbättra stabiliteten hos det undersökta remaket. En fräsmaskin som inte vibrerar arbetar ju med högre precision.

visa linjer där linjerna i den fotofärga platten kastar sina skugor och beter sig då som om skugorna är luras att lämna platten. När sig luras att lämna platten av de ljusstrålar som skulle gå till samma mönster.

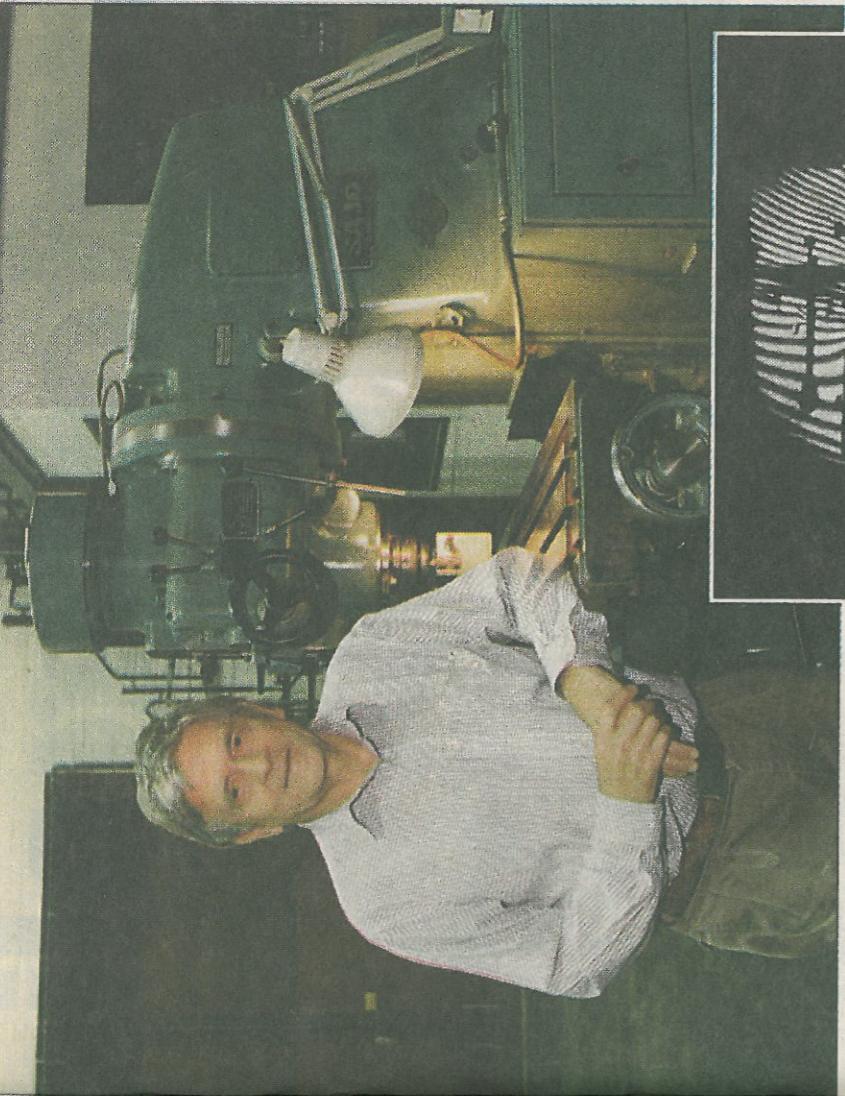
Hologram lagras det interferensmönster som uppstår när två strålar i samma laser motsätter en hologramplåt. Den ena laserstrålen har reflekterats från det föremålet som ska bildas och kallas objektsstråle. Den andra strålen är en referensstråle. Den vägen direkt till platten, eller en spegel, (figur C).

Är föremålet ska återskapa, kan det att belysa plåten med referensstrålen för att objektsstrålen ska återskapas bakom plåten. Med den återskapsad del ljus som reflekterades framträder föremålet i alminna dimensioner – svavande bakom hologramplåten, (figur D).

# VARFÖR KÖPER INGEN VÅRA MJUKSTARTARE?

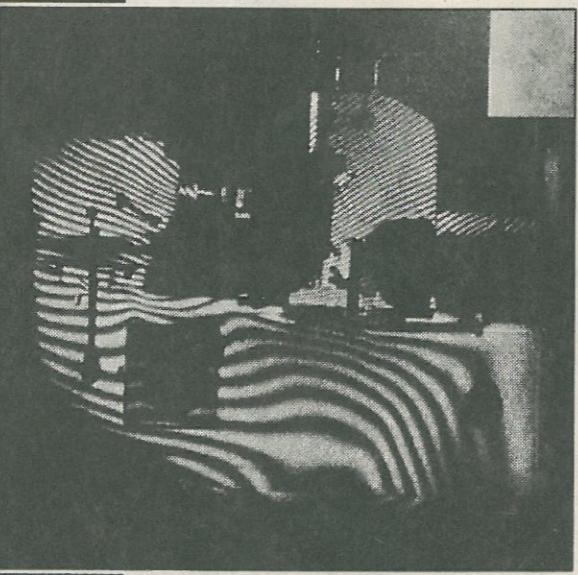
Våra mjukstartare heter MASTERSTART. Dom är robusta, tillförlitliga och dessutom mycket snygga (se bara på bilden i den här annonsen). Ända är det inte så många som ringar oss när dom ska ha en mjukstartare. Trots att vi annonserat flera gånger är telefonen nästan helt tyst.

Vi har funderat på det här och kommit fram till att det nog beror på att vårt namn ännu inte är så känt. Så nu när du fått reda på vilka vi är hoppas vi att du ringer oss nästa gång du ska ha en mjukstartare till din elmotor.



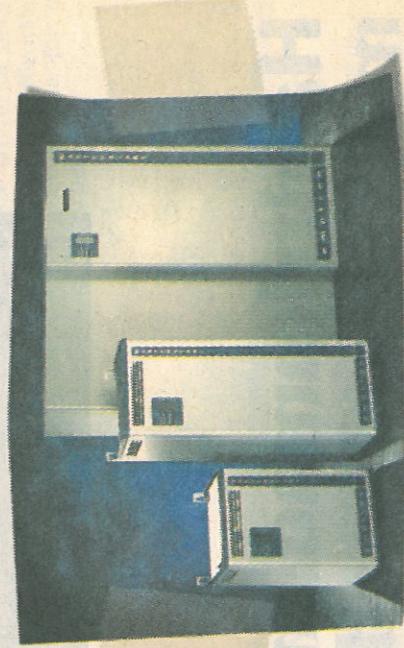
**NILS ABRAMSON** vid den två ton tunna maskinen

FOTO TORBJÖRN EKEBÄCKE



**DEFORMATIONEN** hos en två meter hög fräsmaskin går lätt att studera med holografiska metoder. I det färdiga hologrammet syns deformationer som krokiga linjer, medan raka linjer visar en vickning. Varje linje motsvarar en rörelse på 0.3 mikrometer.

Forskarna har också tillämpat metoden vid ett antal rörelsestudier för industriin, uppdrag de ofta får när inga andra metoder kunnat lösa problemet. Så har exempelvis vibrationer i bilgolv studerats liksom belastningar på turbinblad. Men dubbelpulsad holografi kan också användas för att mäta vibrationers belastningseffekt på människan. Vibratörer från verktyg och maskiner, som kan orsaka belastningsskador, blir plötsligt synliga och lätt att studera. Det visade forskarna redan för sex år sedan i ett samarbetsprojekt med Bygghälsans forskningsstiftelse. □



Vår mjukstartareMASTER-  
START startar och stoppar dina  
elmotorer utan ryck.

**e m o t r o n**

MAXIMIZING UPTIME  
Box 7154, 250 07 Helsingborg  
Tel: 042-24 99 00, Fax: 042-13 38 22

P.S. Vi har sparkat reklambyrån. Ds.

