

Till:

Carl Tryggers Stiftelse
för vetenskaplig forskning
Artillerigatan 4 (3 tr)
114 51 Stockholm

Från:

Ambjörn Naeve
Skånegatan 87 (6 tr)
116 35 Stockholm

Ärende:

Ansökan om medel
för vidareutveckling
av solenergi projekt:
Soft Point Focus
(10 bilagor)

Personlig bakgrund

Mitt namn är Ambjörn Naeve. Jag är född 1947, tog studentexamen 1966 och civ-ing-examen 1972 på KTH (teknisk fysik). Under åren 1967 - 90 var jag verksam som lärare i matematik vid KTHs matematiska institution (assistent, vikarierande universitetslektor och adjunkt) - med undantag för åren 1974 - 78 , då jag för det mesta befann mig på resande fot (bl.a. i Afrika, Indien och Amerika). Sedan 1985 innehar jag en (1/2 tid) forskartjänst i datorgeometri på KTH/NADA/CVAP (the Computer Vision and Active Perception research group) under ledning av professor Jan-Olof Eklundh (bilaga 10). Denna verksamhet har lett mig fram till en doktorsavhandling inom datalogi (specialområde: ytors form och geometriska modellering på dator), som kommer att presenteras under våren 93. Avhandlingen består i princip av två delar: Dels ett matematiskt "bakgrundsarbete" inom geometri - i syfte att återuppliva en hel del användbara (men antagligen utdöda) geometriska begrepp , som t.ex. "fokal-ytor" och "absoluta developabler", dels några exempel på hur man kan tillämpa sådana begrepp för att både representera ytor samt analysera deras form på ett beräkningsmässigt stabilt sätt.

Sedan 1983 driver jag även mitt eget konsultbolag (Dialectica AB) som sysslar dels med problemlösning och kursverksamhet inom industrin - med kunder som t.ex. C.E.Johansson, Ericsson och Televerket - dels med teknikutveckling i egen regi. Denna senare del av verksamheten innefattar för närvarande framförallt solenergi och holografi och bedrivs i samarbete med en forskarkollega och nära vän vid namn Lloyd Cross som är verksam i San Francisco.

Lloyd Cross är utbildad som fysiker vid University of Michigan (Ann Arbour) och han är en välkänd forskare och uppfinnare inom det optiska området. Han var t.ex. en av dem som uppfann (upptäckte!) lasern, och han har under 60- och 70-talet utvecklat viktiga principer och metoder för framställning av olika typer av hologram, bl.a. rörlig holografisk film (s.k. integral- eller multiplex-holografi). Under 80-talet har Lloyd Cross utvecklat en dator-baserad holografisk kamerateknik som bl.a. har använts för att producera "holografiska linser" (s.k. Holographic Optical Elements) samt "precisionsmätningshologram" för s.k. holografisk interferometri.. Den senaste uppskjutningen av den amerikanska rymdfärjan innehöll t.ex. ett av Lloyds mätologram - avsett att kvantifiera studiet av kristallers tillväxt i en gravitationsfri miljö.

Under åren 1976 - 78 arbetade jag i San Francisco tillsammans med Lloyd bl.a. med utveckling och förbättring av hans kameran system för framställning av rörlig holografisk film (en s.k. multiplex-printer). Detta samarbete lade grunden för en djup

intressegemenskap inom geometri med inriktning på hur man skapar, beskriver och presenterar bilder av intressanta geometriska former och föremål på ett så informativt och levande sätt som möjligt.

Projektbeskrivning - bakgrund

Det projekt som här ska beskrivas berör i första hand området solenergi men har även viktiga kopplingar till holografi. Projektet startade i själva verket för snart 16 år sedan i San Francisco (nov 1976), då Lloyd och jag tillsammans upptäckte ett nytt sätt att koncentrera strålningsenergi "en dimension i taget" - den s.k. "dubbelcyindriska punktfokusprincipen" (bilaga 1). Efter en hel del funderingar valde vi att inte ta patent på vår upptäckt. Detta var inget enkelt beslut att fatta eftersom vi insåg att det förmodligen skulle komma att väsentligt försvåra utvecklingen av vår idé till en färdig produkt. Som resultat av en patentansökan i informationssyfte 13 år senare (bilaga 2) har det dock visat sig att patentläget för själva grundprincipen var "hopplöst" eftersom samma princip hade patenterats inom det elektromagnetiska antenn-området - ungefär vid samma tidpunkt då vi "upptäckte" den!! (bilaga 3).

Detta innebär dock ingalunda att den optiska tillämpningen av den dubbelcyindriska punktfokusprincipen är ointressant - tvärtom! Vår "punktfokus-metod" har nämligen två synnerligen väsentliga fördelar - i jämförelse med den "klassiska" rotations-paraboloiden: För det första är det förhållandevis enkelt att framställa cylindriska speglar i större storlekar - eftersom man kan böja plana speglar och trimma in dem mot sin ideala form. För det andra är det enkelt att förlägga fokalpunkten till området utanför de båda speglarna - där den är fritt tillgänglig för att uträtta arbete av olika slag (bilaga 1, sid 5).

Efter min återkomst till Sverige 1978 försökte jag under flera år att få kontakt med människor som hade intresse och kunskaper för att arbeta med vidareutveckling av "energiskottkärran". Jag höll en mängd föredrag, och presenterade den i alla möjliga sammanhang. Efter 7 års sökande fick jag år 1985 (genom ett av mina föredrag) kontakt med en metallhantverkare i Gusum vid namn Tomas Elofsson. Han tänkte tillräckligt på "energi-skottkärrans teknologi" för att satsa sin egen tid och kunskap. Två år senare kom han tillbaka med en dubbelspegel på 120 x 80 cm (den största spegelns mått) som han byggt på sin fritid i sin egen metallverkstad - en vidareutveckling av Lloyds och mina design-idéer. I detta läge vände vi oss till stiftelsen Futura och erhöll stöd med 100.000 kr för utveckling av en större punktfokuserande spegel som vi döpte till "energisläpkärran", eftersom den var tänkt att kunna dras som en släpkärra bakom en bil. Med hjälp av ytterligare c:a 150.000 kr från mitt eget företag (Dialectica) har vi kunnat slutföra själva grundkonstruktionen och vi har idag en färdig energisläpkärra med en primärspegel på 300 x 200 cm. Det återstår dock en del arbete på att förbättra själva fokuseringsmekanismen. Tyvärr har vi inga fotografier av den färdiga konstruktionen, men jag bifogar ett foto av den grundläggande ramkonstruktionen (bilaga 4, bild 1). Vid ett besök hos mig på KTH den 22/1 - 92 har dock de till stiftelsen knutna professorerna Göran Borg, Bengt Rånby och Olle Lindström haft tillfälle att studera den färdiga

energisläpkärnan på video. Detta videoband kan för övrigt lånas från mig när som helst (per telefon 790 6642 eller 714 9242).

Parallellt med konstruktionen av energisläpkärnan har vi även utvecklat en mindre variant kallad "energitrehjulingen" (primärspiegel: 150 x 100 cm) (bilaga 4, bild 2). Detta har delvis skett inom ramen för ett solenergisamarbete mellan KTH och Nicaragua (Tekniska högskolan i Managua) (bilaga 5) men även genom stöd från Dialectica. Genom detta arbete har vi kunnat förbättra fokuseringsmekanismerna högst avsevärt - vilket vi kunnat dra nytta av även för energisläpkärnan. Det kan nämnas att vi i höstas (okt 91) lyckades smälta krita (2580 °C) med energitrehjulingen - vilket även förevisades på video vid stiftelsens besök på KTH.

Projektbeskrivning - Soft Point Focus

Av ovanstående bakgrundsbeskrivning torde framgå att vi idag behärskar speglarnas fokuseringsteknik relativt väl - när det gäller att åstadkomma ett så koncentrerat fokus som möjligt. För att vår energikoncentrationsmaskin ska bli tekniskt användbar krävs det emellertid att man kan koncentrera ljuset på ett "jämt fördelat sätt" - dvs utan att erhålla lokala koncentrationstoppar (s.k. "hotspots"). Ett sådant fokus med jämt fördelad energitäthet kommer vi nedan att beteckna som ett *Soft Point Focus* (SPF). Att kunna åstadkomma ett SPF är av fundamental betydelse för alla tillämpningar i mellantemperaturområdet - som t.ex. ljuskoncentration på solceller för elektricitetsframställning - s.k. HCPV (High Concentration Photo Voltaics). Detta är en teknologi som på senare år har uppvisat klara förutsättningar att kunna ta steget ut från forskningslaboratorierna till en kommersiell produkt på energimarknaden (bilaga 6). Det är följaktligen för att kunna utveckla teknik för att framställa ett Soft Point Focus som jag nu ansöker om projektmedel från Carl Tryggers Stiftelse.

Arbetet kommer att bedrivas i nära samarbete med Lloyd Cross och det har egentligen redan inletts. Under de senaste tre åren har vi nämligen tagit fram ett datorprogram för att kunna specialstudera olika optiska konfigurationer interaktivt. Programmet (kallat *Holotrace*) erbjuder även möjlighet att inkludera holografiska optiska element (HOEs) i strålgången - vilket utgör en synnerligen intressant möjlighet att åstadkomma kontrollerad vinkelspridning av ljuset i smala sektorer. Tanken är här att belägga varje spegelyta med ett selektivt diffuserande skikt - framställt på holografisk väg - som sprider ljuset lagom mycket (en dimension i taget).

En annan möjlighet - som kan kombineras med HOE-diffusion - är att ersätta de plana speglarna med plana strips (bilaga 2, fig 3). Detta ger i sig en viss "utsmetning" av fokus - som dessutom kan kombineras med HOE-diffusion för ytterligare utjämning av energitätheten.

Det bör även nämnas att de teoretiska arbeten om fokalytors geometri som ingår i min kommande doktorsavhandling utgör en naturlig teoretisk grundval för ett Soft Point Focus projekt. Jag har nämligen studerat olika avvikelser från den dubbelcylindriska

punktfokuskonfigurationen - i syfte att via reflektion av en plan vågfront generera vågfronter med olika former av symmetri. I samband härmed har jag tillsammans med Johan Appelgren utvecklat ett simuleringsprogram (kallat *S-reflections*) där vågfronter och deras fokalytor kan studeras på ett interaktivt sätt. Programmet är uppbyggt i en avancerad kombinationsmiljö av beräkningskraft och grafik (på en s.k. Lisp-maskin av märket Symbolics) vid KTHs Bild och Grafik Laboratorium. En del bildresultat från simuleringar med *S-reflections* bifogas (bilaga 7, 8, 9). Dessa båda program (*Holo-trace* och *S-reflections*) kompletterar varandra och utgör tillsammans en synnerligen kraftfull simuleringsmiljö för att studera olika möjliga Soft-Point-Focus-konfigurationer och jämföra dem med varandra.

Projektplan och budget

För ett par dagar sedan återkom jag från ett två veckor långt arbetsbesök hos Lloyd Cross i Kalifornien där vi bl.a. diskuterade uppläggningsen av ett Soft Point Focus projekt. Som vi ser det i nuläget innehåller projektet följande huvuddelar:

1. Diskreta spegel-strips
(med och utan extra diffusionselement).
2. Selektiv diffusion på kontinuerliga spegelytor
(HOE-diffusion genom ytbeläggning (coating) eller tryck-teknik (embossing).
3. Distortion (formförändring) av kontinuerliga spegelytor
(teoretiska studier och datorsimuleringar).
4. Allmän design-studie av tilläggsdiffusorer
(t.ex. framför strålkällan).

De centrala punkterna i detta skede är punkt 1 – 3, medan punkt 4 utgör en naturlig påbyggnad av projektet. Vi måste naturligtvis även ta hänsyn till den tänkta mottagar-konfigurationen för vårt SPF. Vår primära tillämpning är HCVF (som nämnts ovan) men även s.k. "heat transfer absorbers" (för högttemperaturlämpningar) och direkta (= värme-mekaniska) motorer av olika slag är tänkbara. På sikt är det även möjligt att kombinera sådana tillämpningar parallellt genom att utföra holografisk separation av den instrålade energin (med hjälp av HOE-teknik). Lloyd har redan utvecklat likartad teknik och tillverkade nyligen ett holografiskt sinus-filter med 90% optisk verkningsgrad och mindre än 3% harmonisk distortion (= avvikelser från den önskade sinus-formen på fransthetsfunktionen).

Vi räknar med att kunna framställa ett Soft Point Focus med en solkoncentration på mellan 1000 och 3000 gånger med ytterst jämnt fördelad energitäthet (c:a 100 kW/m²). Detta kan jämföras med ett vanligt paraboliskt linjefokus (dvs en ensam parabolisk cylinder) som kommer upp i en solkoncentration på c:a 30-50.

Projektbudgeten kan av naturliga skäl ej bli särskilt detaljerad vid denna tidpunkt, eftersom den måste bygga på en övergripande uppskattning av de olika delarnas kostnader.

Kostnadslag	Kronor
Lönearbete *	100.000
Materiel	70.000
Dokumentation	10.000
Diverse	5.000
=====	=====
Totalkostnad:	185.000

* Det bör påpekas att i enlighet med Trygger-stiftelsens stadgar ingen lön är avsedd att utgå till någon doktorand.

Det är min förhoppning att Trygger stiftelsen finner möjlighet att bevilja ovanstående medel i enlighet med denna ansökan, och därigenom stödja ett projekt som är av både teoretiskt och praktiskt intresse - inte minst för utvecklingen av framtida svenska produkter inom energiområdet.

Stockholm 1/6 1992

Ambjörn Naeve