

En landmåler i himlen

Af Erik Høg, Niels Bohr Institutet

Erindringer om 50 år med astrometrien, der begyndte ved en høstak syd for Holbæk og førte til bygning af to satellitter. Et videnskabeligt højdepunkt er stjerne-kataloget Tycho-2, der nu er helt uundværligt ved styring af satellitter og ved astronomiske observationer.

Der var engang et Astronomisk Observatorium ved Københavns Universitet, men det er der ikke mere. Observatoriet havde endda to afdelinger, en på Østervoldgade i en smuk bygning fra 1861, en anden fra 1953 ved den lille landsby Brorfelde syd for Holbæk, hvor der var teleskoper, værksteder og et aktivt videnskabeligt liv. Men nu om dage foretages astronomiske observationer fra bjergtoppe i Chile og på La Palma og fra satellitter, så for 14 år siden flyttede afdelingen fra Brorfelde sammen med afdelingen fra Østervold til en bygning nær Rigshospitalet, som også huser geofysikere og rumforskere.

Siden er hele astronomien blevet lagt ind i Niels Bohr Institutet, så der slet ikke mere er noget, der hedder Astronomisk Observatorium ved Københavns Universitet. Hermed slutter en epoke, der begyndte i 1642 med indvielsen af Observatoriet på Rundetårn. Vores mest berømte astronom, Tycho Brahe (1546-1601), hørte direkte under kongen og havde ingen tilknytning til Universitetet, der dengang var temmelig forbenet, mens Tychos observatorium på Hven var det mest moderne, der overhovedet fandtes, hvor man målte stjerners og planeters positioner med hidtil uset nøjagtighed.

Astronomi er fysik, siger man, og det er meget rigtigt. Jeg klager ikke over udviklingen. Det kunne også lige passe, når jeg siden 1975 har været med til at finde på to satellitter, Hipparcos og Gaia, og været med i både udvikling og anvendelse, takket være Danmarks medlemskab af ESA, det Europæiske Rumagentur. Det drejer sig om to satellitter, der er specielt konstrueret til at måle stjerners positioner meget nøjagtigere, end nogen tidligere har gjort. Amerikanere og russere har prøvet, men de har endnu ikke kunnet bygge en satellit til astrometri, det kan kun ESA.

Astrometri

Astrometri er den gren af astronomien, som netop Tycho Brahe dyrkede ved at måle stjerners positioner. Ved målinger gennem nogle år får man også stjernernes bevægelser og afstande. Resultaterne anvendes i alle grene af astronomien for at få en fysisk forståelse af hele Universets opbygning af stjerner som glødende gaskugler, af planeter, der kredser om Solen og omkring andre stjerner, af galakser som roterende stjernesystemer osv. osv.

Danske astronomer har leveret to særlige bidrag til astrometrien i de sidste halvtreds år, begge med udgangspunkt i den nye meridiankreds, der blev op-

stillet i Brorfelde i 1953 og begge baseret på den fotoelektriske teknik til astrometri, som jeg udviklede i mine femten år ved observatoriet i Hamborg fra 1958. Det ene astrometriske bidrag består i udvikling af en automatisk meridiankreds og observationer med denne fra 1984 i 2000 meters højde på La Palma, den vestligste af de Canariske Øer. Det andet bidrag begynder i 1975 og angår udvikling og anvendelse af den første astrometriske satellit, Hipparcos, som det følgende handler om.

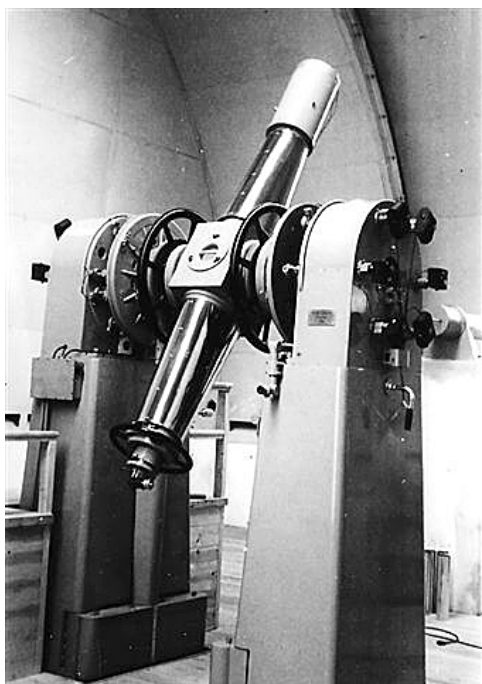
En meridiankreds er en kikkert opstillet på en særlig måde, som blev opfundet af Ole Rømer for 300 år siden, og meridiankredse var længe de nøjagtigste instrumenter til måling af stjerners positioner, lige indtil de blev udkonkurreret af Hipparcos-satellitten. Kikkerten sidder vinkelret på en akse, der hviler på en søjle i øst og en anden søjle i vest, således at man kun kan se stjerner, når de passerer nord-syd retningen. Observatøren ser en stjerne komme ind i synsfeltet og glide igennem på grund af Jordens omdrejning. Han måler det nøjagtige tidspunkt for stjernens passage af meridianen, og han måler kikkertens hældning med vandret ved aflæsning af en nøjagtig delekreds, som er fastgjort på aksens. Disse to målinger giver stjernens position svarende til et steds længde og bredde på Jorden.

Dette var princippet, og i praksis er mange metoder udviklet for at opnå den størst mulige nøjagtighed. Indtil 1950 var det altid en person, der virkelig observerede stjernen under passagen, så forsøgte man en fotografisk metode for eksempel i Brorfelde, men fra 1960 udviklede jeg en automatisk fotoelektrisk metode, hvorved de nødvendige målinger blev skrevet på en hulstrimmel, der derefter kunne læses ind i en computer.

Fra høstak til satellitter – at gøre nytte var det, jeg altid ville

Astrometriens udvikling med Hipparcos-satellitten betød en revolution, som man kun kan forstå omfanget af, hvis man kender den videnskabelige baggrund. Astrometri var hovedsagen i astronomien i århundreder, og en meridiankreds var hovedinstrument i ethvert observatorium i 1800-tallet. Det ændredes med fysikkens udvikling, især med atomfysikken i 1900-tallet, og astrometri blev efterhånden betragtet som ganske vist uundværlig, men dog som kedelig og besværlig, ganske som Peter Naur så drastisk udtrykker det nedenfor. Så de fleste observatorier interesserede sig efterhånden kun for astrofysik. Men der var undtagelser som København, hvor den fremragende astrofysiker

Bengt Strömgren kendte astrometriens værdi og bestilte en ny meridiankreds til sit nye observatorium på en 90 meter høj bakke ved Brorfelde syd for Holbæk.



Figur 1. Meridiankredsen i Brorfelde i 1954, som jeg arbejdede med som student.

Peter Naur arbejdede fra 1955 på det nye observatorium i Brorfelde. Men han var dybt frustreret over arbejdet, som bare gik ud på at udvikle den nye meridiankreds og så lave landmåling på himlen. “Der var ikke for fem flade øre videnskabelighed i det, det var ligesom landmålerarbejde! Der var jo ingenting i det! Det eneste der var, var instrumentudvikling og derefter var det fabriksarbejde!” Sådan siger han i et interview med en historiker [1] halvtreds år efter og bliver derved ganske animeret og vred. Han forlod derfor observatoriet få år efter og blev snart Danmarks første professor i datalogi. I mange år var han den, der altid blev spurgt af radio og aviser om computere. Han var en sand pressens guru dengang.

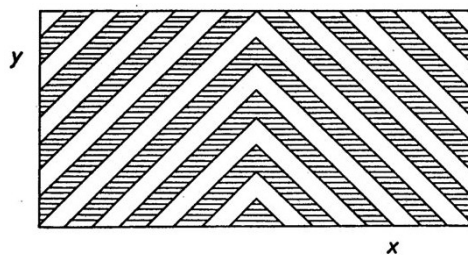
Jeg var den første, der observerede i Brorfelde, allerede fra august 1954, da jeg var 22 år. Jeg var helt alene derude, og sov til tider i en høstak efter observationerne. Jeg var student hos Naur og lærte meget af ham. Vi havde et udmærket samarbejde i de år med udvikling af meridiankredsen, men jeg havde et helt andet syn på dette arbejde end Naur. Det var noget, der lige lå for mig, jeg havde interesse for udvikling af instrumenter, og jeg vidste, at arbejdet var vigtigt for astronomiens udvikling, og at gøre nytte var det, jeg altid ville. Jeg havde bygget kikkerter som dreng, da jeg var 16 år og selv slebet spejlene.

Min interesse og evner for udvikling af instrumenter førte i det lange løb til opsendelse af satellitten Hipparcos, der observerede stjernernes positioner, bevægelser og afstande meget nøjagtigere end nogen før havde gjort. Dertil hører, at jeg i femten år fra 1958 arbejdede ved observatoriet i Hamborg.

Jeg vil tælle fotonerne, lysets mindste dele

Ved observatoriet i Hamborg havde man planer om en ekspedition til Perth i Vestaustralien med en gammel meridiankreds. Men jeg foreslog i 1960 at tælle fotonerne til måling af lyset og at bruge en computer til beregningerne. Man lader stjernen glide hen over nogle smalle spalter, mens man hele tiden måler det lys, der kommer igennem spalterne. Derved måles både stjernens position og dens lysstyrke. Teknikken til elektronisk tælling kendte jeg før andre astronomer, fordi jeg havde mødt den som soldat, idet vi havde målt radioaktivitet i støv fra atmosfæren, som stammede fra stormagternes sprængning af brint- og atombomber.

Direktøren Otto Heckmann var straks med på mine idéer om fotoelektrisk astrometri, og han havde tillid til, at jeg ville holde ud i alle de år, der lå foran med udviklingen, som faktisk tog syv år. Vi købte den bedste computer til formålet, en regnemaskine hed det dengang, og den bedste maskine var den danske GIER, som også kom med til Australien. Det var en stor astronomisk ekspedition efter den tids målestok, idet en stab på seks til ti mennesker foretog observationer og beregninger gennem fem år. Resultaterne for 25.000 stjerner blev udgivet i 1976 af E. Høg og J. von der Heide, idet Leif Helmer udførte de sidste beregninger af kataloget, efter at jeg var kommet tilbage til Brorfelde.



Figur 2. Gitter til fotoelektrisk astrometri, Mit første forslag i 1960, som franske astronomer kaldte 'une grille de Høg'.



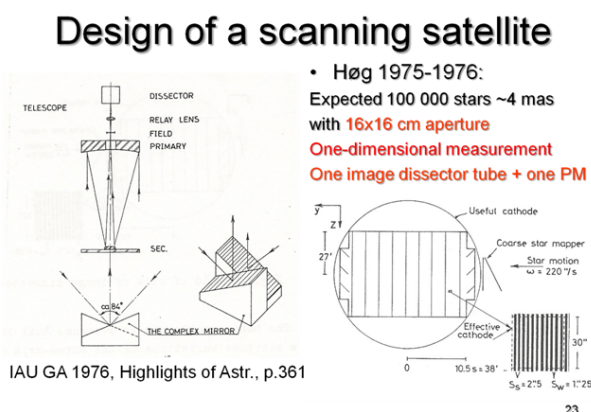
Figur 3. GIER i Australien 1970.

I mellemtiden var udviklingen i Brorfelde gået videre, idet man havde bygget et fotografisk kamera til observation af stjernen. Man indså dog snart, at den fotoelektriske metode, som samtidig blev udviklet i Hamborg, var langt mere effektiv, idet alle observationer kom direkte på hulstrimler, der senere kunne stikkes i regnemaskinen. Derfor blev meridiankredsen i Brorfelde udrustet med fotoelektrisk teknik, da jeg kom tilbage til Brorfelde i 1973, og indstilling på

stjernen blev efterhånden automatiseret. Derefter blev meridiankredsen i 1984 flyttet til La Palma, der har mange stjerneklare nætter, og hvor man i mange år udførte astrometriske målinger, ledet af Leif Helmer i samarbejde med astronomer fra England og Spanien. Imidlertid var dette en parallel udvikling, der ikke havde nogen indflydelse på den udvikling af astrometri fra en satellit, som jeg nu skal beskrive.

Jeg vil bygge en satellit

Jeg skrev artikler og holdt mange foredrag om mine erfaringer med fotoelektrisk astrometri. Så det var meget naturligt, at ESA i 1975 spurgte mig, om jeg ville være med i overvejelserne om en satellit til astrometri. Den franske astronom Pierre Lacroute havde i mange år arbejdet med denne store vision og med planer, som imidlertid forekom mig ganske urealistiske. Jeg havde derfor ingen interesse på forhånd, men jeg måtte jo sige ja til at være med. Allerede ved det første møde i Paris blev jeg faktisk entusiast på sagen, fordi formanden sagde, at vi slet ikke skulle tænke på Lacroutes planer, men kun på hvordan vi bedst kunne udnytte rumfartens tekniske muligheder i vores videnskab. Så kunne jeg pludselig tænke helt frit, og selvom jeg ellers aldrig havde interesseret mig for rumteknologi, lavede jeg på seks uger et nyt design af en astrometrisk satellit.

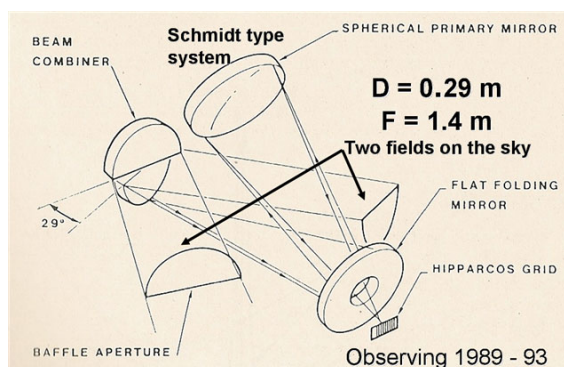


Figur 4. Mit design i 1976 af Hipparcos, kikkert og fokalplan med detektorer og forklaring i billedet.

Mit design var helt nyt, men det slog hurtigt igennem. Samarbejdet med astronomer fra alle steder i Europa og med ingeniørerne hos ESA og i industrien var lige noget for mig. Satellitten Hipparcos blev vedtaget i 1980 og opsendt med en Ariane-raket i 1989. Resultaterne blev trykt i 1997 og har siden revolutioneret astronomien på mange områder, hvad der dog ikke er plads til at beskrive her, se f.eks. [2].

Tre år senere kunne vi udgive et katalog kaldet Tycho-2 med 2,5 millioner stjerner. Det er blevet det mest anvendte katalog over himlens klare stjerner til brug i astronomien og ved styring af satellitters bevægelse og drejninger i rummet. Navnet Tycho havde jeg valgt efter Tycho Brahe, da jeg i 1981 fandt på, at man skulle lave nogle ekstra målinger med Hipparcos-satellitten. Mit forslag kom altså et år efter satellittens

vedtagelse, og på det tidspunkt vil man normalt altid sige, at der er du altså bare for sent ude. Men mit forslag vakte sådan tilslutning, at de ekstra millioner blev bevilget, så de nødvendige ændringer i designet kunne indbygges. Også navnet Tycho gik igennem, og det var jeg meget glad for. Jeg var nemlig blevet lidt snydt med navnet på satellitten, som jeg foreslog i 1975. Jeg havde dengang kaldt den Tycho, men det blev senere ændret til Hipparcos på en måde, jeg ikke skal komme ind på. Navnet Hipparcos skal erindre om den græske filosof Hipparchos (190-120 fvt.), der også kaldes astronomiens fader.



Figur 5. Hipparcos' optik i endelig form [3].



Figur 6. Hipparcos-satellitten.

Hipparcos kom i en forkert bane om Jorden

Opsendelsen i august 1989 var en stor begivenhed for os alle efter mange års indsats, for mit eget vedkommende siden 1975. Det foregik i Sydamerika i fransk Guyana, hvorfra de fleste ESA-satellitter opsendes, og under stor bevågenhed med mange hundrede tilskuere. Nogle af os var udvalgt til at flyve derover i en Concorde fra Paris over Dakar i Vestafrika. Det var ret specielt, at Solen ikke ville gå ned, mens vi fløj mod vest sent på eftermiddagen med 2200 km i timen eller mere end to gange lydens hastighed.

Jeg var blandt de begunstigede også under selve opsendelsen, fordi jeg var leder af to konsortier af astronomer, der havde påtaget sig at udføre beregningerne på alle observationer fra satellitten. Det ene var et Hipparcos-konsortium, der skulle beregne meget

nøjagtige positioner, bevægelser og afstande for de 120.000 stjerner, der udgjorde Hipparcos-missionens vigtigste opgave. Det andet var Tycho-konsortiet, der skulle behandle alle Tycho-observationerne for at nå frem til positioner for mindst 400.000 stjerner med noget mindre nøjagtighed, men dog bedre end man kunne måle fra Jorden. Det blev i virkeligheden til en million stjerner med beregningerne for Tycho indtil 1996, og derefter udførte vi nye beregninger med bedre computere, og det blev i år 2000 til Tycho-2 kataloget med de 2,5 millioner lysstærkeste stjerner på himlen. Der var endnu et Hipparcos-konsortium, ledet af Jean Kovalevsky med samme opgave for de 120.000 stjerner for at sikre en uafhængig kontrol af den enorme og enormt vigtige opgave – og det lykkedes for os alle gennem tyve års samarbejde. De 120.000 stjerner var blevet udvalget af et særligt konsortium på basis af flere hundrede forslag fra astronomer, og det var i sig et kæmpearbejde, der blev ledet af Catherine Turon.

Men nu tilbage til opsendelse af Hipparcos i august 1989. Vi sad og ventede kun to km fra den 58 meter høje Ariane raket. Vi var blevet instrueret om en eventuel ulykke. Hvis hele raketten eksploderede, var vi i fare for forgiftning af den røg, der kunne nå hen til os. Hvis alarmen lød, skulle vi skynde os hen til vort køretøj og straks tage iltmaskerne på. Imidlertid så vi motorerne tænde, røgen vældede op, og raketten begyndte at stige, men til min forundring hørte vi intet! Først efter seks sekunder nåede den stærke brølen hen til os – for lyden tager jo tid.

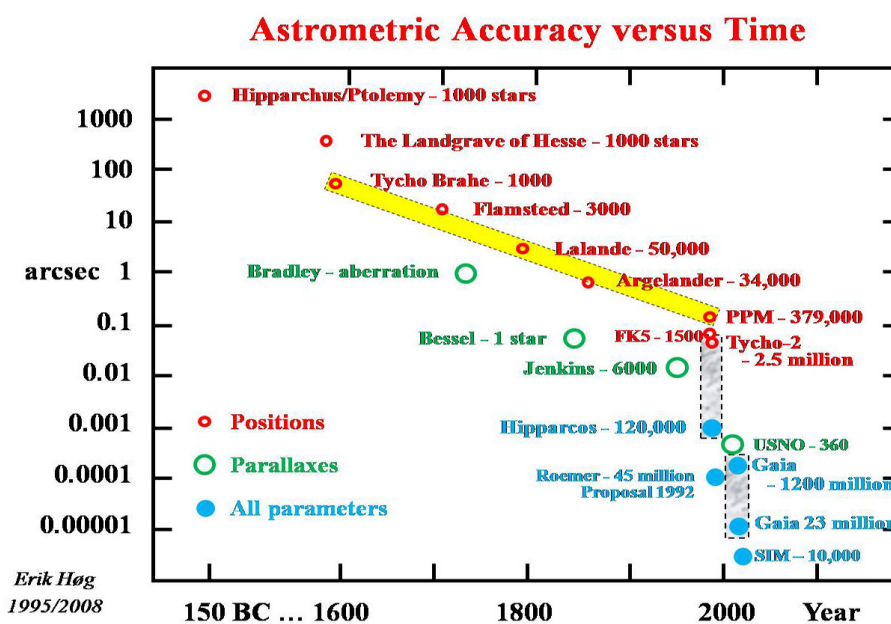
Vi kunne nu følge raketten på vej op, og efterhånden så vi kun ilden fra raketten, mens jeg stod og snakkede med mine kolleger Turon, Kovalevsky og andre. Vi troede at alt gik godt, idet både andet og tredje trin af raketten havde tændt, som de skulle.

Da jeg var tilbage på hotellet, prøvede jeg at ringe til min gamle mor i Danmark, og det viste sig at

være meget besværligt, fordi det skulle gå over den franske ø Martinique. Mor ville sikkert blive glad for en opringning fra Sydamerika, det havde hun aldrig fået før, og hun blev glad. Da jeg lagde røret, var det som en spænding udløstes, for pludselig stod tårerne ud af hovedet på mig, af glæde selvfølgelig.

Men to dage senere hørte vi om en meget alvorlig fejl. Satellitten blev først skudt ind i en langstrakt elliptisk bane, hvor den ene ende er et par hundrede kilometer over Jordens overflade, mens den anden ende er 36.000 km oppe. I denne bane tager et omløb cirka 11 timer, og der bliver den i nogle omløb, mens man afprøver, at alt er i orden. Når man er klar, og satellitten er i det højeste punkt, tænder man en raket, som sidder inde i satellitten og har en ladning brændstof på 500 kg. Det skal brænde i nogle minutter for at give satellitten en større hastighed, så den kommer ind i en cirkulær bane om Jorden, hvor et omløb tager 24 timer. Så vil satellitten til stadighed stå lige over et punkt på Jordens ækvator, idet Jorden også drejer en omgang på 24 timer. Det betyder, at radioforbindelsen hele tiden kan varetages af en eneste parabolantenne på Jorden, som står et sted i nærheden af Darmstadt, hvor ESAs kontrolcenter ligger.

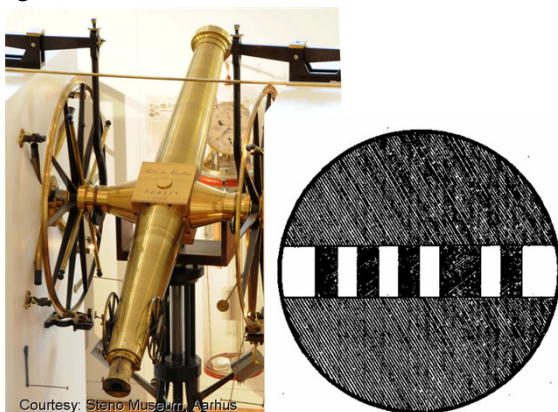
Sådan skal det normalt ske, men denne gang ville raketmotoren ikke tænde, så banen blev ved med at være elliptisk, og det var en katastrofe. Satellitten vil fire gange i døgnet passere nogle strålingsbælter, som indeholder partikler, der hurtigt vil ødelægge elektronikken, og man kan ikke længere nå den med antennen ved Darmstadt. Sådan var situationen, da jeg nåede hjem til Danmark. En ulykke er jo altid en god nyhed for pressen, så jeg var gæst i aftennyhederne i begge fjernsynskanaler. Jeg sagde, at Hipparcos nok kun kunne give observationer i nogle måneder, og at de allerede ville være en stor gevinst for astronomien, men vi måtte have en ny satellit.



Figur 7. Astrometrisk målenøjagtighed gennem 2000 år. Tycho Brahe formindskede målefejlene til en femtedel. Derefter gik det gradvis i 400 år, indtil Hipparcos gjorde et spring på en faktor 100, og Gaia vil fortsætte.

Da jeg var til en konference i Leningrad i september og holdt foredrag om Hipparcos og Tycho, var der enorm interesse blandt astronomerne og stor medfølelse med os. En distingveret russisk herre blev præsenteret for mig som kommende fra videnskabernes akademi og fra russisk rumfart, og han tilbød at sende en ny satellit op med en russisk raket. I ESA var der selvfølgelig stor aktivitet for at redde missionen, og det lykkedes virkelig at få gode observationer i tre år, det tidsrum der oprindeligt var planlagt. Nøjagtigheden blev faktisk meget bedre, end vi havde regnet med på forhånd, og var vi kommet i den rigtige bane, havde vi sikkert kunnet få gode observationer i fem år i stedet for tre, men i historisk perspektiv ville det ikke have gjort den store forskel. Hipparcos blev også under de givne omstændigheder en milepæl i astronomien historie.

Elektronikken blev beskadiget af partiklerne i strålingsbælterne, men meget langsommere end frygtet, og vore data blev hentet ned med fire radioantenner efter tur på Hipparcos' vej omkring Jorden. Jeg er blevet spurgt, hvordan jeg følte det, om jeg havde nedture under de største genvordigheder. Men jeg havde nok at tage mig til, så jeg var altid ved godt mod, det ligger simpelthen til mig. Du skal leve hver dag, som om det er den vigtigste i dit liv. Ikke den sidste dag, men den vigtigste.



Figur 8. Meridiankredsen i København, som Bengt Ström-gren arbejdede med i 1925. Til højre ses de spalter, som stjernen gled hen over.

Om seks astronomer og om at have heldet med sig

Udviklingen indtil vedtagelsen af Hipparcos i 1980 var meget afhængig af ganske få astronomer. Denne udvikling begyndte faktisk i 1925, med at Bengt Ström-gren lavede nogle eksperimenter på den gamle meri-diankreds i København. Han var teenager, bare 17 år, da han påviste, at stjerners positioner kan måles, når man lader en stjerne glide hen over nogle spalter. Man opfanger stjernens lys med en fotocelle, der omsætter lyset til en elektrisk strøm. Ström-grens fotoelektriske teknik var den bedste på hans tid, men alligevel så primitiv, at den ikke duede i praksis. I 1960 kunne jeg omsætte Ström-grens ide til en tælling af fotonerne, og det virkede fint på meridiankredse og senere også i Hipparcos-satellitten.

Seks astronomer spillede hver deres helt afgørende rolle i udviklingen. Bare een af dem havde manglet,

ville denne udvikling være gået i stå. Der ville ikke være blevet vedtaget nogen astrometrisk satellit i 1980, og formentlig aldrig. Disse kritiske år fra 1925 til 80 har jeg skrevet om i en række historiske artikler, som bl.a. ligger på min hjemmeside. To af de seks astronomer var danske, Bengt Ström-gren og jeg selv.

Når jeg selv kom til at spille en rolle i disse kritiske år, skyldes det selvfølgelig både talent og held. Hvor stor en rolle heldet har spillet for mig, vil jeg gerne have lov at fortælle. I 1958 tog jeg på et ophold i Hamborg, som var planlagt til at vare 10 måneder, og det var især Peter Naur, der tilskyndede mig til at rejse. Jeg selv syntes ellers ikke jeg var dygtig nok endnu, men Naur sagde, at jeg jo netop skulle rejse for at blive dygtigere. Hamborg var en af mulighederne, men ikke på grund af den gamle meridiankreds, der dog kom til at spille en meget stor rolle. Nej, jeg ville arbejde med astrofysik, og begyndte med spektre, som vi optog med observatoriets store Schmidt-kikkert. Det gik så godt, at opholdet blev forlænget ud over de første 10 måneder. Så skete det i 1960, at jeg fik den gode ide om fotoelektrisk astrometri, som passede i planerne om ekspeditionen til Australien. Det var et held, og det var et held, at direktøren troede på mig og disse nye idéer. Det var bestemt ikke nogen selvfølge, så Otto Heckman er en af de seks astronomer. Pierre Lacroute og Jean Kovalevsky, der altid støttede Lacroute, er to franske blandt de seks astronomer. Den sjette må nævnes her, Lennart Lindegren fra Sverige, langt den yngste af os alle, født 1950, og uden hvem vi ikke kunne have mestret dataanalysen for Hipparcos lige fra starten. Uden Lindegrens tidlige indsats ville Hipparcos-satellitten ikke være blevet vedtaget i 1980 i den hårde konkurrence med de astrofysiske projekter.

Lindegren var ung student, da jeg i 1973 første gang mødte ham i Lund, hvor han arbejdede med en gammel meridiankreds. Mine kolleger sagde senere rosende, at jeg "fandt Lennart". Jeg fik gjort ham interesseret i nogle observationer af planeter fra meridi-ankredsen i Perth. Han lavede en fremragende analyse af målingerne og fik sin grad fra universitetet i 1976. Jeg havde så et møde med ham, hvor jeg fortalte om mine planer for en satellit og beskrev den enorme regneopgave, som bestod i at løse ti millioner ligninger med en halv million ubekendte. Kun fire uger senere sendte Lennart mig en nøjagtig beskrivelse på ti sider af den matematiske metode, som vi faktisk udviklede og anvendte på de virkelige observationer fra Hipparcos. Det blev til den største samlede beregning af observa-tioner i astronomiens historie. Lindegren har fortsat i samme tempo lige siden, og i 1992 overtog han rollen fra mig som leder af det ene Hipparcos-konsortium.

Hvis jeg var blevet i Danmark i 1958 eller var kommet tilbage efter et ophold til Hamborg, ville jeg have haft et stadigt problem med den nye direktør, professor Anders Reiz, som tiltrådte i 1958 som Bengt Ström-grens efterfølger. Reiz og jeg havde forskellig kemi, det mærkede jeg i alle vore samtaler i mange år. Han var ikke positiv over for mine nye idéer, men

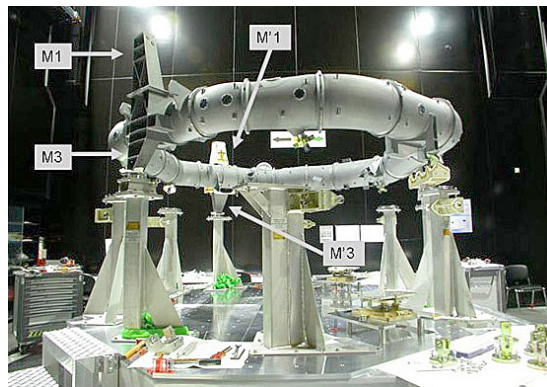
han kom til at betyde meget for dansk astronomi ved at fostre en hel generation af astrofysikere. Reiz var også astrometriker og havde arbejdet med meridiankredsen i Lund, så han var bestemt ekspert på området. Han var helt opsat på at udvikle den fotografiske metode til observation af stjernen med meridiankredsen, en udvikling der var begyndt i Lund, og som han var enig med Strömgren i. Hvis jeg var kommet med min fotoelektrisk metode, ville Reiz aldrig have kunnet gå ind på den, også fordi han var nødt til hurtigst muligt at få instrumentet i Brorfelde, observatoriets hovedinstrument, til at producere observationer. Det lykkedes for Svend Laustsen i begyndelsen af tresserne. Svend sagde for nylig til mig, at han godt kunne se dengang, at den fotoelektriske metode til observation af stjernen, som jeg samtidig udviklede i Hamborg, måtte være fremtiden, men på det tidspunkt var han naturligvis nødt til at fortsætte med den fotografiske metode. Men han udviklede en metode til registrering af delekredsen på hulstrimler, ganske som vi også gjorde i Hamborg, og det var et kæmpe fremskridt.

Da jeg kom tilbage til Brorfelde i 1973, var professorvældet forbi i Danmark, og jeg kunne nu se frem til, at man ville følge mine idéer. Faktisk blev jeg hentet hjem fra Hamborg, hvor jeg på det tidspunkt for længst havde fået en livstidsstilling som tysk tjenestemand, og hvor jeg havde hus og hjem med en dansk kone og tre børn. På Hamborg Observatoriet var betingelserne for astrometri blevet meget ugunstige fra ledelsens side, så det var mit held, at jeg blev hentet væk på det tidspunkt. I Brorfelde var der et velfungerende videnskabeligt og teknisk miljø, skabt ved Anders Reiz' talent for at udnytte de "gyldne tressere" til en stor udvidelse af hele observatoriet. Her må jeg, især hvad det tekniske angår, nævne lederen af det mekaniske værksted, Poul Bechmann, og lederen af det elektroniske værksted, Ralph Florentin Nielsen, som begge kom til at spille en meget stor rolle for mit arbejde. Bechmann kunne designe mekanik meget bedre end jeg havde kendt i Hamborg, og det var en vigtig forudsætning for mit samarbejde med ham om et nyt fotoelektrisk mikrometer, mere raffineret end det vi havde sendt til Perth, og en forudsætning for den efterfølgende success med den automatiske meridiankreds på La Palma, som især Leif Helmer stod for, idet jeg havde andre jern i ilden. Florentin var den, der hjalp mig for eksempel i 1975, da jeg lavede det nye design af en satellit, som blev til Hipparcos, og i 1992, da jeg skulle lære om CCD-detektorer for at designe den nye Roemer-satellit, der blev til Gaia.

Ny satellit i 2012

Udviklingen af astrometrien er ikke gået i stå efter Hipparcos, idet ESA bygger en ny satellit med navnet Gaia, der skal opsendes i 2012, og som er en million gange bedre end Hipparcos. Jeg har i september 2010 besøgt Gaia-satellitten i den fabrik i Toulouse, hvor den bygges sammen, og jeg holdt et historisk foredrag for ingeniørerne om udviklingen af astrometri fra rummet. Dertil hører eventyret om Roemer/Gaia-projektet, men den historie skal vente til en anden gang.

Min gamle lærer og kollega fra tiden i Brorfelde, Peter Naur, hørte for nylig mit foredrag om alt dette og sagde bagefter: "Det er utroligt, hvad du har nået, Høg". Jeg skylder Københavns Universitet tak for en god uddannelse, og Astronomisk Observatorium gav gennem årene husly til min forskning, der blev støttet af mange offentlige og private midler. Mit videnskabelige arbejde er blevet belønnet med en medalje fra ESAs direktør for videnskab og med en medalje fra det russiske videnskabernes akademi, og den Internationale Astronomiske Union har givet en asteroide navnet *ErikHøg*.



Figur 9. Denne torus på tre meter diameter skal bære al optikken i Gaia. Materialet er siliciumcarbide (SiC), der har en termisk udvidelseskoefficient på nul.



Figur 10. Peter Naur og Erik Høg mødtes i 2010.

Litteratur

- [1] Peter Naur citeres i Weekendavisen 3. sept. 2010, s. 12 i en artikel af Thore Bjørnvg og Karin Tybjerg om Brorfelde Observatorium og 50 års astrometri. Den 10. september fortsættes artiklen.
- [2] C. Turon (2009), The Tycho-2 Catalogue, *Astronomy & Astrophysics* vol. **500**, p. 583,
- [3] Information om Hipparcos (og link til Gaia), <http://www.rssd.esa.int/Hipparcos>



Erik Høg, dr. scient i astronomi. Har arbejdet ved Hamborg Observatoriet 1958-73 og ved Københavns Universitet 1953-58 og 1973-2002, hvor han gik på pension. Hans videnskabelige arbejde har været koncentreret indenfor måling af positioner, bevægelser og afstande af stjerner med højest mulig præcision. Han har bl.a. bidraget med design af to astrometriske satellitter: Hipparcos og Roemer/Gaia.