

# Mælkevejens historie

## Astrometri med Hipparcos-Tycho-Roemer-Gaia

Erik Høg  
Astronomisk Observatorium  
Østervoldgade 3, København K

### Gaia

ESA planlægger opsendelsen af en interferometrisk satellit, Gaia, der er 100 gange nøjagtigere end den netop afsluttede Hipparcos satellit mission. Gaia skal måle positioner og bevægelser af 50 millioner stjerner i Mælkevejen med en nøjagtighed, der svarer til at måle fra København, om et lys på toppen af Eiffeltårnet i Paris flyttes 0.05 millimeter om året.

ESAs videnskabelige bedømmelseskomite har blandt 100 forslag valgt en interferometrisk mission som den ene af sine to såkaldte “hjørnestensmissioner” efter år 2006; den anden skal gå til planeten Merkur. Disse hjørnestensmissioner inden for rumforskningen ligger i prisklassen på omkring fire milliarder kroner.

Gaia er efterfølger til Hipparcos satellitten, som var i brug fra 1989 til 1993. Hipparcos har opnået en nøjagtighed på stjerners positioner, der er 100 gange bedre end i de bedste kataloger målt fra observatorier på jorden. Dette spring i nøjagtighed på ialt en faktor 10000 vil overgå den samlede forbedring i de forudgående fire århundreder siden Tycho Brahe, som vist i figuren. Man ser også det spring i nøjagtighed, som Tycho Brahe opnåede over sin egen samtid fra observatoriet på Hven. Tycho Brahes målinger førte som bekendt til, at Kepler opdagede lovene for planeternes bevægelser om solen, og dermed til Newtons opdagelse af lovene for tyngdekraften og alle andre mekaniske kræfter. Newtons kraftlove blev en af forudsætningerne for de følgende århundreders tekniske revolution.

ESAs interesse for Gaia skyldes både de videnskabelige fremskridt, man kan forvente, og den teknologiske udfordring, der ligger i at udvikle denne satellit. Især den foreslåede interferometriske målemetode er interessant for den europæiske industri. Hvorvidt sammenspillet af videnskabelige og tekniske interesser i Gaia vil få lige så store virkninger for eftertiden, som Tycho Brahe havde for sin tid, kan ingen vide, men om den videnskabelige betydning hersker

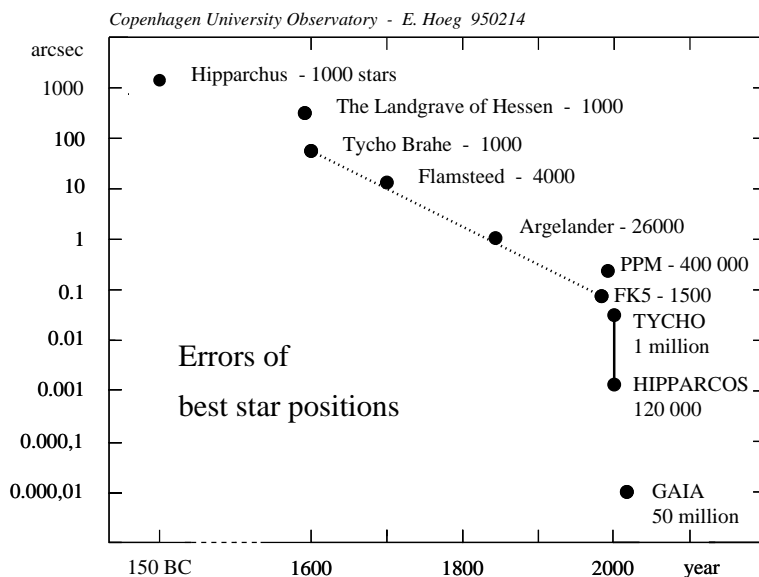


Figure 1: Fejl ved positioner af stjerner i de mest nøjagtige kataloger. Tycho Brahe opnåede et spring i nøjagtighed ved det første "big science" projekt i videnskabens historie. Efter fire århundreder med mere jævn udvikling er der opnået et andet meget større spring i nøjagtighed gennem ESAs satellit, der leverer HIPPARCOS og TYCHO katalogerne med ialt en million stjerner. Satellitten målte desuden stjernernes afstande og bevægelser.

der ingen tvivl. Hermed vil astronomien gå ind i en fase, hvor vor viden om stjernernes afstande og bevægelser, kaldet *astrometri* vil omfatte næsten hele Mælkevejen, mens man hidtil kun har nået en meget lille brøkdel af denne. Vor viden om stjerner som fysiske legemer, dvs glødende gaskugler, hører til *astrofysikken*, der navnlig bygger på analyser af stjernernes spektre, og som er blevet den dominerende del af astronomien inden for vort århundrede. Med Hipparcos og senere Gaia vil astrometriske data aldrig mangle ved astrofysiske analyser af Mælkevejens stjerner. Man vil nå frem til et klart billede af Mælkevejens hele udvikling og livshistorie.

Man vil kunne konstatere, om der findes tunge planeter som Jupiter i bane om de nærmeste stjerner, da det vil ændre stjernens bevægelse. Man vil kunne måle om lyset fra stjerner passerer tæt forbi mørke (usynlige) legemer, idet lyset afbøjes ifølge Einsteins relativitetsteori. Herved håber man at løse det store spørgsmål om den "manglende masse"; man ved, at det synlige stof, dvs lysende stjerner og absorberende eller lysende støv og gas, kun udgør en tiendedel af Mælkevejens samlede masse. Hvoraf består de andre 90 procent af massen?

## Hipparcos-Tycho missionen

Den første ide til astrometriske målinger fra en satellit kom fra den franske astronom P. Lacroute i 1966. Hipparcos satellitten rummede to 'eksperimenter' Hipparcos og Tycho, hvis grundlæggende design blev angivet af forfatteren i henholdsvis 1975 og 1981. Satellitten er vist på dette hæftes forside. (Missionen er beskrevet i KVANT, oktober 1994, og i Astronomisk Tidsskrift, december 1994.) Satellitten og dermed den optiske spejlkikkert indeni, drejer sig en omgang på to timer. Stjernerne passerer herved over et stort antal spalter i kikkertens billedplan, og det modulerede lys opfanges af foto-elektriske detektorer, hvis enkeltmålinger sendes til jorden. Drejningsaksen forskydes systematisk, så hele himlen måles flere gange om året. Den videnskabelige dataanalyse er fordelt på et dusin institutter i Vesteuropa, og foretages af omkring et hundred videnskabsfolk og teknikere. Det er den største enkelte dataanalyse i astronomiens historie, idet den udføres som en helhed, hvor til syvende og sidst enhver astrometrisk måling af enhver stjerne bliver forbundet med alle andre stjerner. Ved de fleste andre astronomiske observationer kan man analysere stjernerne enkeltvis, efter at have foretaget de nødvendige kalibreringer af instrumentet, men ved Hipparcos er analysen en helhed.

Hipparcos eksperimentet har målt 120 000 udvalgte stjerner med meget stor astrometrisk nøjagtighed. Samtidig blev stjernernes lysstyrker målt, også meget nøjagtigt. Tycho eksperimentet har målt en million stjerner, de klareste på himlen, med noget mindre nøjagtighed, men dog større end det er muligt fra jorden. Desuden har Tycho målt stjernernes farver ved at måle lysstyrken i den blå og grønne del af spektret.

Hipparcos-Tycho missionen har opnået astrometriske resultater, der langt overgår, hvad man kan nå fra jorden. Det skyldes især, at målinger fra rummet ikke forstyrres af lysets uregelmæssige brydning i atmosfæren, og at tyngdekraften ikke deformerer kikkerten. Det er også vigtigt, at man med en satellit kan opmåle hele himlen med et eneste instrument, mens man fra jorden har brug for instrumenter både på den nordlige og sydlige halvkugle.

## Roemer og Gaia

Den vellykkede Hipparcos-Tycho mission har demonstreret den astrometriske ydeevne af en roterende satellit udrustet med et lille optisk teleskop; hovedspejlet i Hipparcos er kun 30 cm i diameter. Men Hipparcos blev designet for over ti år siden, før halvleder-detektorer var modne til en så krævende anvendelse i satellitter. Erkendelsen af at moderne såkaldte CCDer (Charge Coupled Device) kunne anvendes i et sådant projekt, med en enorm gevinst i kvalitet

og kvantitet, førte i 1992 til et koncept for en mission kaldet ROEMER, idet navnet står for Ole Rømer (1644-1710). Det var et uventet højdepunkt at nå frem til Roemer konceptet, efter at jeg havde arbejdet i to år på at forbedre Hipparcos konceptet i forskellige retninger.

Roemer projektet blev forelagt ESA i 1993 af en gruppe astronomer, de fleste med tilknytning til Hipparcos-Tycho missionen. Den videnskabelige bedømmelse var meget positiv, idet Roemer blev nr. 1 blandt en snes forslag inden for astronomi og astrofysik til en mission af mellemstørrelse. Man mente dog i ESA, at resultaterne fra Hipparcos-Tycho skulle have tid at virke inden en ny astrometrisk mission startes. Derfor er ideen taget op i forbindelse med ESAs langsigtede planlægning, idet man samtidig vil opnå endnu større nøjagtighed ved anvendelse af en målemetode, der bygger på lysets interferens. Heraf navnet GAIA, der står for Global Astrometric Interferometer for Astrophysics. Gaia konceptet er navnlig udviklet af den svenske astronom L. Lindegren. – En kombination af de to koncepter i een satellit tegner til at være det allerbedste.

## Videnskabelig betydning

Hipparcos-Tycho katalogerne vil blive direkte anvendt af de fleste astronomer i deres videnskabelige arbejde. Vi har allerede angivet eksempler og kan desuden nævne Mælkevejens og universets afstandsskalaer, der grundlæggende bygger på en trigonometrisk afstandsbestemmelse til et stort antal stjerner. Her har Hipparcos ydet et afgørende bidrag, idet man har undgået de mange systematiske fejl, som har plaget astronomer i flere generationer. Katalogerne indeholder et tæt net af nøjagtige positioner på hele himlen, der kan tjene som referencepunkter ved indstilling af kikkerter, ved måling af andre stjerner inden for et mindre område af himlen, og ved styring af satellitter og rumsonder.

Foreløbige talværdier fra Hipparcos og Tycho er allerede brugt til særlige formål. Således hjalp disse data NASA til at navigere Galileo rumsonden meget nær til asteroiderne Gaspra og Ida i 1991 og 1993 for at optage billeder. Også ved beregning af sammenstødet mellem komet Shoemaker-Levy 9 og Jupiter i juli 1994 anvendte man Hipparcos positioner.

De endelige Hipparcos og Tycho kataloger vil blive udsendt i 1997 på CD-ROM og vil blive anvendt i form af databaser, alene på grund af deres størrelse.

Forsiden: Et af Tycho Brahes instrumenter – Hipparcos satellitten, der målte fra 1989 til 1993 – Diagrammet viser den store forbedring i nøjagtighed, der er opnået med Hipparcos-Tycho. (Billede af Hipparcos fra Illustreret Videnskab, juli 1992.)