

4

NYE ASTRO- NOMISKE HORISONTER

Af
JOHAN FYNBO
PROFESSOR, PH.D.

og
JENS HJORTH
PROFESSOR, PH.D.

DARK COSMOLOGY CENTRE,
NIELS BOHR INSTITUTET,
KØBENHAVNS UNIVERSITET

MODTAGET STØTTE TIL
SEMPER ARDENS-PROJEKTET:
CARLSBERG FOUNDATION
FELLOWSHIP PROGRAMME IN
COSMOLOGY

I de seneste 140 år har de astronomiske horisonter flyttet sig med syvmileskridt. Vi ved i dag, at universet har udviklet sig fra en tidlig varm, tæt og homogen fase til det spektakulære verdensbillede, vi kender i dag. I Danmark har Carlsberg-fondet på flere tidspunkter spillet en central rolle og har sikret, at dansk astronomi i dag står meget stærkt.



Det nye astronomiske Observatorium i Kjøbenhavn.

Observatoriet på Østervold, grundlagt i 1861.

Dansk astronomi fra renæssancen til det moderne gennembrud

Det er interessant at se på udviklingen gennem de 140 års astronomisk forskning, der ligger mellem etablering af Carlsbergfondet i 1876 og nu (se også Johannes Andersens uddybning af Carlsbergfondets historiske bidrag til dansk astronomi¹⁾). Københavns Astronomiske Observatorium blev i 1861 flyttet fra Rundetårn til en smuk nyklassicistisk bygning på Østervold tegnet af arkitekten Christian Hansen. Den første professor på det nye observatorium var Henrich Louis d'Arrest, der var født i Berlin og kom fra en indvandret fransk huguenotfamilie. D'Arrest var formodentlig den sidste ved Københavns Universitet til at publicere en betydelig naturvidenskabelig afhandling på latin, nemlig værket *Siderum Nebulosum Observationes Hafniensis* (Observationer fra Københavns Observatorium af tåger på himlen).

De efterfølgende bestyrere på observatoriet var Thorvald Thiele (1875-1907, også kendt som grundlægger af forsikringselskabet Hafnia), Elis

“

Astrofysikken for sorte huller er så ekstrem, at det nemt kan lyde som det rene science fiction. Men den er afledt af hårde videnskabelige fakta. Fakta, hvis fremskaffelse danske astronomer har bidraget væsentligt til.

”

Strömgren (1907-1940), dennes søn Bengt Strömgren (1940-1950), Julie Marie Vinter Hansen (1950-1958) og endelig Anders Reiz (1958-1972). Herefter ændres styreformen.

Bengt Strömgren

Bengt Strömgren er uden sidestykke den mest betydelige danske astrofysiker i det 20. århundrede. Han fik astronomien ind med modermælken, idet han voksede op på observatoriet, hvor hans far Elis Strömgren var bestyrer og professor. Allerede som barn arbejdede han med astronomisk forskning, særligt omkring astrometri. I løbet af sine universitetsstudier fulgte Bengt Strömgren den nyeste udvikling i kvantefysikken i det revolutionerende miljø på Niels Bohrs Institut for Teoretisk Fysik på Blegdamsvej (allerede dengang uformelt kendt som Niels Bohr Institutet). Bengt Strömgrens leverede i løbet af sin lange karriere afgørende bidrag til forståelsen af den interstellare gas, stjerneatmosfærer, stjerners struktur og kemiske sammensætning (f. eks. at de primært består af hydrogen), og han igangsatte omfattende studier af Mælkevejen. Carlsbergs Æresbolig var Bengt Strömgrens hjem fra 1967 til hans død i 1987.

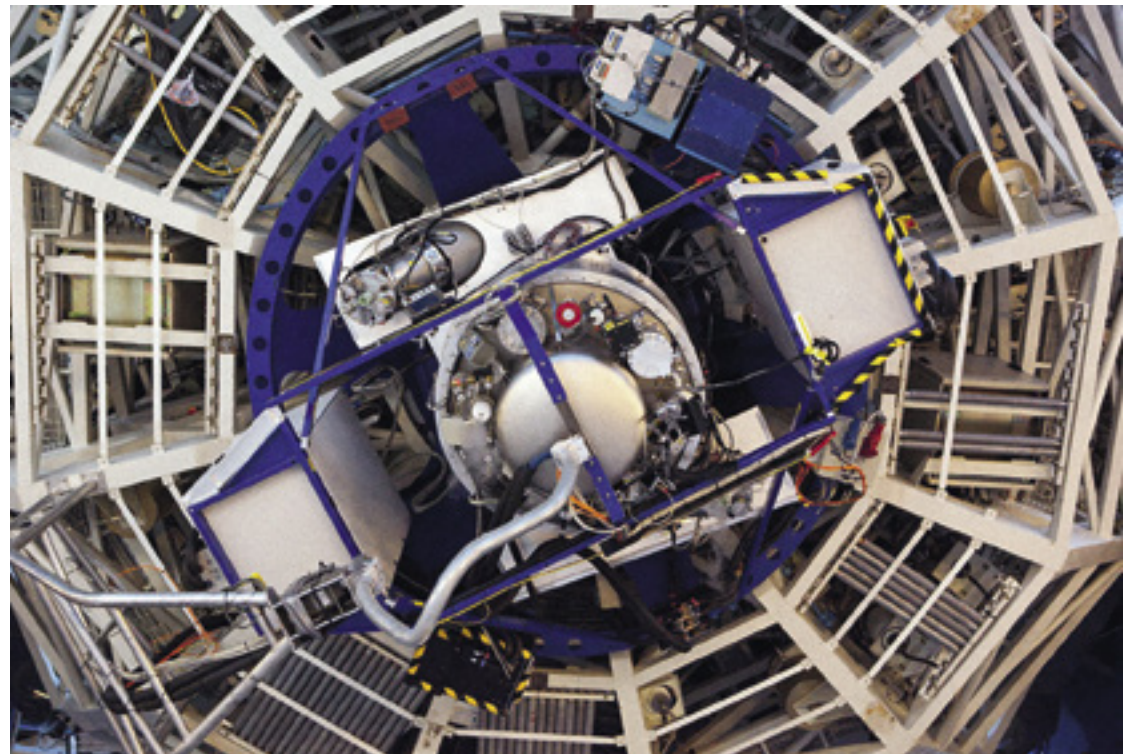
Den ekstragalaktiske astronomi

I dette bidrag til Carlsbergfondets jubilæumsskrift vil vi særligt fokusere på den ekstragalaktiske

forskning i Danmark. Siden D'Arrests studier i 1800-tallet blev der ikke udført forskning af det ekstragalaktiske univers (dvs. studier af objekter uden for vores egen galakse, Mælkevejen) i Danmark de næste 100 år. Dette forhold skyldtes dels, at danske astronomer traditionelt var mere optaget af andre problemer (f.eks. astrometrien og den stellare astrofysik), dels at danske astronomer ikke havde adgang til observatorier, der var gode nok til at levere vægtige bidrag til dette felt. Observatoriet på Østervold blev hurtigt forældet med sin beliggenhed midt i det hastigt voksende København. Amerikanske observatorier særligt i Arizona og Californien havde langt bedre observationsforhold og var udstyret med væsentligt større teleskoper. Sidst i 1950'erne blev Brorfelde-observatoriet indviet på Midtsjælland, men det blev aldrig for alvor et konkurrencedygtigt observatorium. I 1967 blev Danmark medlem af det nyligt oprettede Europæiske Sydobservatorium (ESO), hvilket fundamentalt ændrede vilkårene for den eksperimentelle astrofysik i Danmark. Senere i 1989 blev det Nordiske Optiske Teleskop på Kanarieøen La Palma åbnet, således at danske astronomer i dag har adgang til moderne teleskoper på de bedste lokaliteter på både den nordlige og den sydlige himmel.

Blandt andre Ralf Florentin Nielsen og Per Kjærgaard Rasmussen arbejdede allerede fra første halvdel af 1970'erne på metoder til at lokalisere me-

X-shooter-spektrografen blev bygget med støtte fra Carlsbergfondet. Instrumentet ses her monteret på et af de fire 8-m teleskoper, der udgør hovedparten af ESO's Very Large Telescope. X-shooter er baseret på et banebrydende koncept, der tillader instrumentet at optage en spektroskopisk observation af et himmellegeme over et meget bredt spektralområde fra ca. 300 nm til 2500 nm. Danske astronomer har særligt benyttet X-shooter til observationer af supernovaer, gammaglimt og kvasarer. ©ESO





La Silla-observatoriet i Atacamaørkenen, Chile. Danmark tilsluttede sig det Europæiske Sydobservatorium i 1967 og fik dermed adgang til nogle af de bedste teleskoper i verden. På billedet ses Mælkevejen strække sig hen over himlen over det største teleskop på La Silla – 3,6 m teleskopet. Længere mod nord i Atacamaørkenen findes Very Large Telescope på bjerget Cerro Paranal, og 20 km øst fra Paranal er konstruktionen af det Europæiske Extremely Large Telescope netop påbegyndt. ESO/B. Tafreshi (twanight.org)

“

Instrumentering spiller en afgørende rolle for videnskabelige gennembrud i astronomien, og Carlsbergfondet har gennem de seneste 140 år via støtte til instrumenteringsprojekter tilladt danske astronomer at bedrive forskning, der er helt fremme ved den internationale forskningsfront.

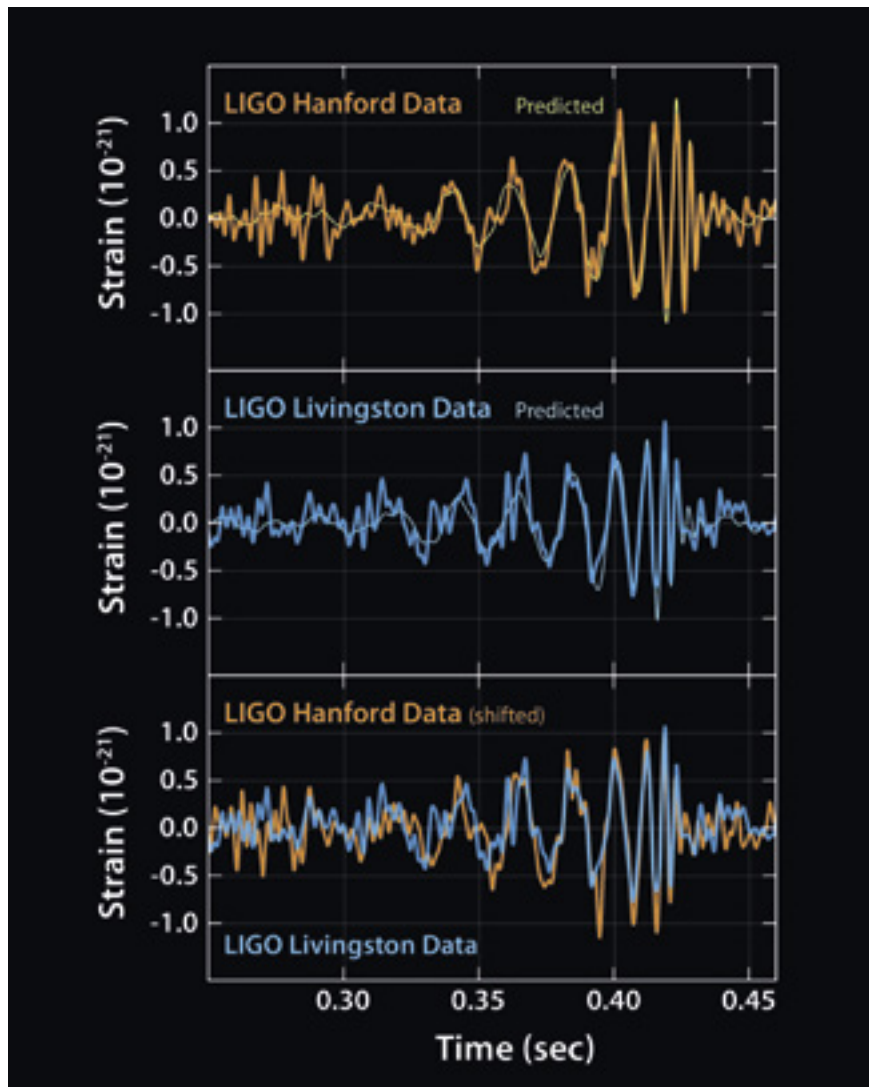
”

11. februar 2016 annoncerede forskningsteamet LIGO den første detektion af gravitationsbølger. Gravitationsbølger udsendes, når tunge legemer accelereres. Signalet er så svagt, at det kun kan registreres fra meget ekstreme begivenheder.

På figuren ses den målte forstyrrelse af rumtiden fra sammenstødet af to sorte huller begge med masser på omkring 30 solmasser. Signalet blev registreret uafhængigt af hinanden af to interferometre – i hhv. Livingston og Hanford i USA.

Sammenstødet skete i en fjern galakse mange millioner lysår fra jorden. Detektion af signalet kræver en målenøjagtighed på en lille brøkdelen af størrelsen af en proton.

Danske astronomer er involveret i eftersøgningen efter elektromagnetiske signaler fra kilder til gravitationsbølger. Caltech/MIT/LIGO Lab



get fjerne kvasarer både med fotografiske plader og med specialudviklede filtre til såkaldte elektromagnetiske kameraer. Disse projekter markerer, så vidt vi kan se, starten på den ekstragalaktiske forskning i Danmark.

Temaer i moderne dansk ekstragalaktisk forskning

Eksploderende stjerner og gigantiske sorte huller

Gennem de seneste 15-20 år er sorte huller som forskningsemne gået fra at være en mere eller mindre teoretisk kuriositet til at være en veletableret del af universets inventarliste og et centralt forskningsemne i moderne astrofysik. Sorte huller er objekter i rummet, hvori stoffet er sammenpresset til en så ekstrem tæthed, at selv lyset ikke kan slippe bort fra overfladen. Astrofysikken for sorte huller er så ekstrem, at det nemt kan lyde som det rene science fiction. Men den er afledt af hårde videnskabelige fakta. Fakta, hvis fremskaffelse danske astronomer, f.eks. Marianne Vestergaard, har bidraget væsentlig til².

Gammastråling kan ikke ses fra jordoverfladen, men bliver absorberet i jordens atmosfære. Af denne grund blev gammaglimt først opdaget sidst i 1960'erne under den kolde krig, hvor det amerikanske militær opsendte gammastrålingsfølsomme satellitter for at kunne registrere ulovlige atombombep prøvesprængninger. Gammaglimt er vældigt energirige udbrud af gammastråling med varighed fra en brøkdelen af et sekund til flere timer, som med jævne mellemrum (ca. 1 om dagen) dukker op fra tilfældige steder på himlen.

Danske astronomer, særligt Holger Pedersen, Niels Lund og Jens Hjorth, har været pionerer i studiet af gammaglimt og er stadig blandt de mest aktive i verden i studiet af dette fascinerende fænomen^{3,4}. Vi påviste for godt 10 år siden, at størstedelen af gammaglimt, nemlig de såkaldte lange gammaglimt med varighed længere end ca. 2 sekunder, stammer fra ekstreme supernovae⁵. Nøglen til at forstå gammaglimtenes natur ligger primært i spektroskopisk observation af eftergløden fra de kortvarige glimt. Eftergløden udsender lys i et meget bredt spektrum fra røntgenstråling til radiobølger, og specielt fra spektre i det optiske og nære infrarøde område kan man udtrække et væld af informationer om både gammaglimtene selv, de relaterede supernovae og de galakser, hvori de eksploderede⁶.

De senere års studier af relativt nære galakser har påvist, at der i kernen af alle galakser – også i vor egen galakse Mælkevejen – findes sorte huller med 1-1000 millioner gange Solens masse. Undertiden bliver disse sorte huller "aktive". Det sker, når der falder materiale ned i dem. Der er også fundet

en korrelation mellem de sorte huller og galaksernes masser – større galakser har større sorte huller. Det tyder på en forbindelse mellem de to komponenters dannelse og udvikling. De fysiske mekanismer i vekselvirkningen mellem galakse og sort hul er stadig ikke forstået; men observationer af variationer i kernernes lysstyrke og spektrallinjer kan udnyttes til at kortlægge geometrien omkring det sorte hul. Hertil kræves lange tidsserier af spektre dækkende både det optiske og nære infrarøde område.

Galakser i det tidlige univers

Galakser har en udviklingshistorie analog til udviklingen af livet på jorden: De starter små og simple og udvikler sig til større og mere komplekse strukturer. Mens biologer kan studere det tidlige liv i fossiler og evt. via DNA, kan astronomer direkte studere de tidlige faser ved at lokalisere galakser, der er så fjerne, at lyset fra dem stammer fra tidlige, primitive udviklingsstadier. Danske astronomer som Ralf Florentin Nielsen og Per Kjærgaard Rasmussen bevægede sig som nævnt ind i dette felt i 1970'erne, og danske astronomer som Peter Jakobsen, Palle Møller, Johan Fynbo, Lise Christensen og Sune Toft har siden leveret vigtige bidrag, specielt inden for studiet af kvasar absorptionslinjesystemer og af meget tunge og inaktive galakser ved store afstande^{7,8,9,10,11}.

Instrumentering

Instrumentering spiller en afgørende rolle for videnskabelige gennembrud i astronomien, og Carlsbergfondet har gennem de seneste 140 år via støtte til instrumenteringsprojekter tilladt danske astronomer at bedrive forskning, der er helt fremme ved den internationale forskningsfront. Prominente eksempler herpå er Carlsberg Meridiankredsen, X-shooter-spektrografen og senest NOT Transient Explorer, som vi i skrivende stund er ved at bygge til det Nordiske Optiske Teleskop på La Palma støttet af en Semper Ardens-bevilling til Professor Johan Fynbo¹².

Fremtiden

Carlsbergfondet sikrede med en engangsbevilling i slutningen af 1980'erne Danmarks deltagelse i ESO's prestigeprojekt Very Large Telescope. Dette var en essentiel og fremsynet investering, som utvivlsomt har bidraget afgørende til dansk astronomis nuværende styrkeposition.

Tilsvarende vil danske astronomer også i fremtiden være med, hvor det sker. ESO har netop påbegyndt konstruktionen af det, der vil blive verdens største optisk/nært infrarøde teleskop, nemlig det

Europæiske Ekstremely Large Telescope (EELT). I 2020 opsender ESA satellitten EUCLID, som skal kortlægge universets indhold og egenskaber af den mystiske mørke energi, der udgør 75 procent af universets energitæthed. Danske astronomer bygger en del af satellittens infrarøde spektrograf (Carlsbergfondsbevilling til direktør for DTU Space Kristian Pedersen).

Desuden har vi stor fokus på at uddanne en ny generation af danske astrofysikere, der skal udnytte de nye teleskoper og instrumenter, og udtrække ny revolutionerende information om universet. Til det formål har vi udviklet DARK – Carlsberg Foundation Fellowship Programme in Cosmology – et talentprogram for unge astrofysikere støttet af en Semper Ardens-bevilling til Professor Jens Hjorth.

For nylig detekterede det amerikanske eksperiment LIGO de af Einstein forudsagte gravitationsbølger fra sammensmeltende sorte huller. Dette vil åbne et helt nyt forskningsfelt, og danske astronomer er klar til at udforske disse og andre store spørgsmål så som liv på andre kloder, naturen af det mørke stof og den mørke energi, og forhåbentlig flere endnu ikke erkendte gåder i de kommende 140 år, sandsynligvis med støtte fra Carlsbergfondet.

Noter

- <http://www.carlsbergfondet.dk/da/Forskningsaktiviteter/Forskningsprojekter/Historiske-forskningsprojekter/Carlsbergfondet-dansk-astronomi-livline-i-over-100-aar>.
- Vestergaard, M. 2002, ApJ, 571, 733-752: Determining Central Black Hole Masses in Distant Active Galaxies.
- Pedersen, H., Danziger, J., Hurley, K. et al. 1984, Nature, 312, 46: Detection of possible optical flashes from the gamma-ray burst source GBS0526-66.
- Lund, N. 1981, Ap&SS, 75, 145: Gamma-burst studies using long-duration balloon flights in the Arctic.
- Hjorth, J., et al. 2003, Nature, 423, 847: A very energetic supernova associated with the γ -ray burst of 29 March 2003.
- Fynbo, J.P. U., et al. 2014, A&A, 572, 12: The mysterious optical afterglow spectrum of GRB 140506A at $z=0.889$.
- Jakobsen, P., et al. 1994, Nature, 370, 35: Detection of intergalactic ionized helium absorption in a high-redshift quasar.
- Møller, P., et al. 2002, ApJ, 574, 51: Are High-Redshift Damped Ly α Galaxies Lyman Break Galaxies.
- Christensen, L., et al. 2012, MNRAS, 427, 1953: The low-mass end of the fundamental relation for gravitationally lensed star-forming galaxies at $1 < z < 6$.
- Fynbo, J.P. U., et al. 2011, MNRAS, 413, 2481: Galaxy counterparts of metal-rich damped Ly α absorbers – II. A solar-metallicity and dusty DLA at $z_{\text{abs}}=2.58$.
- Toft, S., et al. 2007, ApJ, 671, 285: Hubble Space Telescope and Spitzer Imaging of Red and Blue Galaxies at $z=2.5$: A Correlation between Size and Star Formation Activity from Compact Quiescent Galaxies to Extended Star-forming Galaxies.
- <http://www.carlsbergfondet.dk/Forskningsomraader/NAT/Eksploderende%20stjerner.aspx>



Desuden har vi stor fokus på at uddanne en ny generation af danske astrofysikere, der skal udnytte de nye teleskoper og instrumenter, og udtrække ny revolutionerende information om universet.

