



# Universets skabelse set fra Indlandsisen

“Deep Space” bliver det første teleskop på Grønland, der skal studere den kosmiske mikrobølge-baggrundsstråling og dermed bidrage til at forstå, hvordan Universet blev til.

Midt på den grønlandske Indlandsis skal der opføres et splinternyt teleskop, som vil placere Danmark i frontlinjen af forskningen indenfor moderne kosmologi. Teleskopet skal studere den kosmiske mikrobølge-baggrundsstråling, som populært sagt er eftergløden af Big Bang. Det er forskere fra University of California Santa Barbara i USA, som står for den primære konstruktion af teleskopet, mens forskere fra Niels Bohr Institutet på Københavns Universitet bidrager med forskningsmæssig ekspertise, teoretisk arbejde og dataanalyse, samt modifikation af instrumentet til at kunne operere i et arktisk miljø. Den danske del af projektet er finansieret via en bevilling fra Villum Fonden.

Den kosmiske mikrobølge-baggrundsstråling er ældgammelt lys fra det tidligste univers, og stu-

dier af dette kan give os unikke informationer om Universets skabelse og udvikling. I de senere år har der været store gennembrud indenfor observationer af denne stråling, primært fra satellitteleskoperne WMAP og Planck fra henholdsvis amerikanske NASA og det europæiske rumagentur, ESA. I 2013 kunne Planck-eksperimentet vise det hidtil bedste billede af den kosmiske mikrobølge-baggrundsstråling over hele himmelfæren.

## Karakterisering af Universets stråling

Tidligere i år kom der banebrydende observationer af strålingens polarisation. Stråling kan karakteriseres ud fra flere egenskaber. En egenskab er energi og bølgelængde. Den kosmiske mikrobølge-baggrundsstråling er lys med bølgelængde i mikrometer, som ikke er synligt med det blotte øje. Som

Deep Space opføres ved den videnskabelige station på Summit i Grønland.

### Om forfatterne



Robert Feidenhans'l,  
professor  
robert@nbi.dk



Pavel Naselsky, professor  
naselsky@nbi.dk



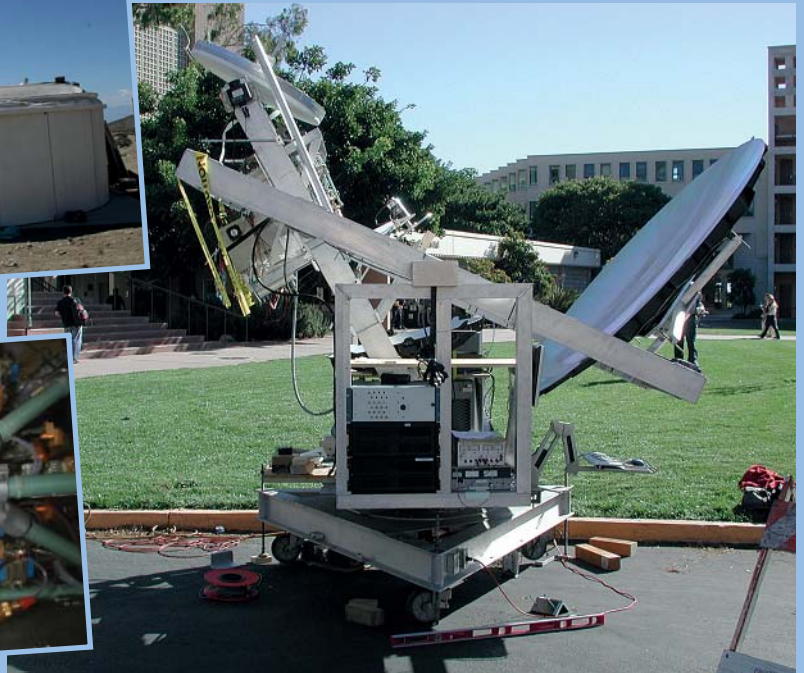
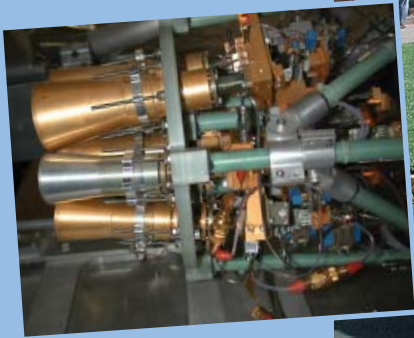
Anne Mette Frejssel, ph.d.  
frejssel@nbi.dk

Alle ved  
Niels Bohr Institutet  
Københavns Universitet

Kuppel på White Mountain i Californien, hvor prototypen befinder sig nu.

Prototype af teleskopet i Santa Barbara. Teleskopet kommer til at veje ca. 2 tons, mens det primærspejl har en diameter på 2,5 meter. Det kommer til at operere inden for 3 frekvensbånd: 8GHz, 10GHz og 15GHz.

Lavfrekvens-motagere for Deep Space. Strålingen opfanges i disse modtagere, inden data bliver læst ud.



## Inflation, polarisation og gravitationsbølger

Et af de mest fundamentale spørgsmål i moderne fysik og kosmologi er oprindelsen af såkaldt inflation i det tidlige Univers. Teorien om inflation siger, at universet gennemgik en fase med eksponentiel udvidelse indenfor et ufatteligt kort tidsrum ved sin skabelse. Den såkaldte B-type-polarisation, som Deep Space-teleskopet skal være med til at undersøge, repræsenterer ifølge teorien begyndelsen på den kraftige ekspansion af universet og dannelsen af stof ud fra vakuum. Hvis man kan påvise B-type-polarisation i den kosmiske mikrobølge-baggrundsstråling vil det således være en bekræftelse på inflationsteorien. Det vil som nævnt i artiklen også være et indirekte bevis på eksistensen af gravitationsbølger,

da B-type-polarisationen bør være 0 i fravær af gravitationsbølger og forskellig fra 0, hvis gravitationsbølger eksisterer.

Gravitationsbølger kan ansues som deformation af rummets form, der udbreder sig i Universet med lysets hastighed. Gravitationsbølger følger af Einsteins generelle relativitetsteori ifølge hvilken, rummet krummer omkring massive legemer – og Einstein beregnede, at denne deformation af rummet kan udbrede sig gennem det tomme rum. Einstein mente selv, at gravitationsbølgerne ville være så svage, at det ikke ville være muligt at observere dem direkte. Men indirekte kan de altså påvises gennem B-type-polarisation.

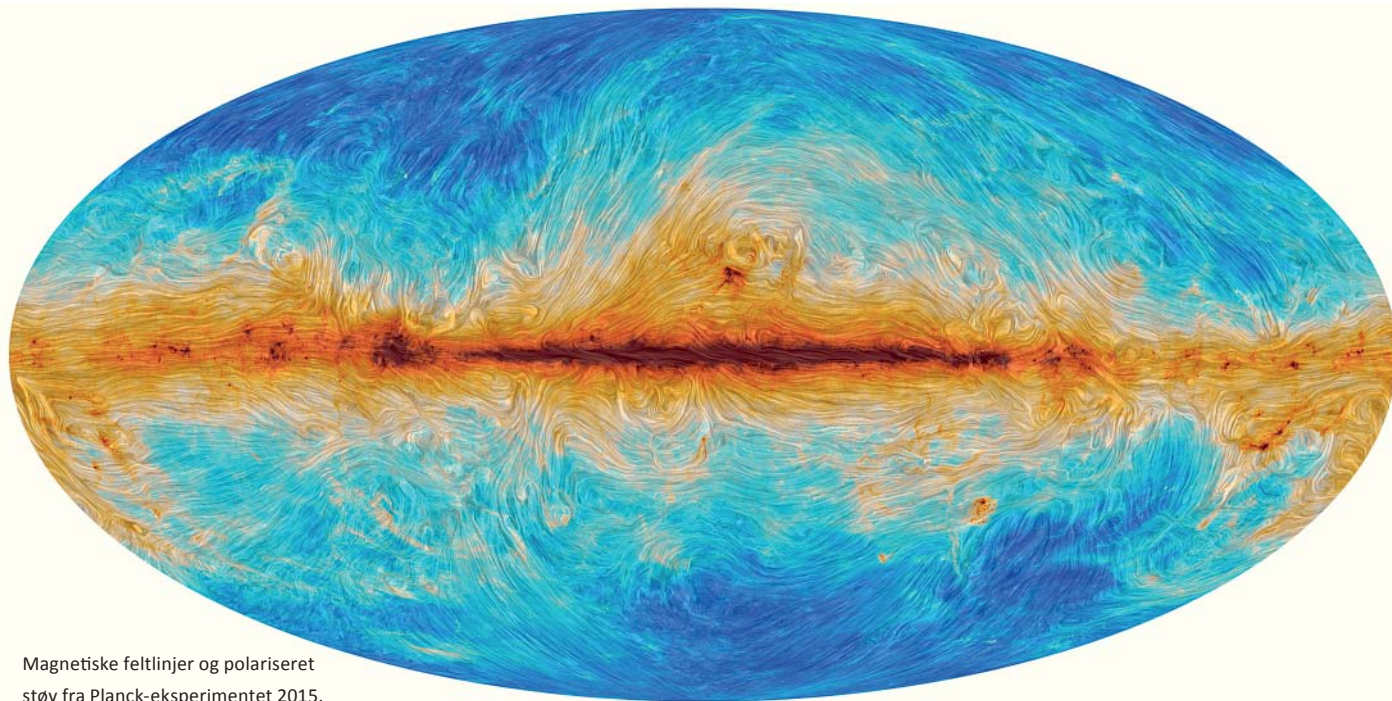
navnet antyder, er det samme type stråling, som findes i mikrobølgeovne. Optisk lys, det vil sige lys, vi kan se med øjet, har bølglængder i nanometer, hvilket er mere energirigt end mikrobølger. En anden egenskab ved lys er dets polarisation. Det kender vi fra polariserede solbriller, hvor man tydeligt kan se, at lyset, som slipper igennem, ændrer sig, hvis man drejer solbrillerne. Polarisation af stråling giver dermed information om lysets orientering eller rotation. Forskere har forskellige modeller og teorier, som forudsiger egenskaber af den kosmiske baggrundsstråling. Ved at sammenligne forudsigelserne med observationer tester de vores forståelse af, hvordan universet hænger sammen.

### På jagt efter sensationen

Teleskopet på Grønland skal hjælpe med observationer, som vi hidtil har manglet for at teste nogle helt specifikke forudsigelser og hypoteser omkring

polarisationen af den kosmiske mikrobølge-baggrundsstråling. Der findes to typer polarisation, som kaldes E-type og B-type. Fysiske modeller for universets tilstand de første brøkdeler af et sekund efter Big Bang forudsiger, at vi kun burde se polarisation af E-typen i eftergløden. Hvis vi til gengæld observerer B-type-polarisation vil det være et kæmpe gennembrud for fysikken. Denne type kan nemlig ifølge mere avancerede modeller kun produceres i det tidlige univers og medfører også indirekte bevis for eksistensen af såkaldte gravitationsbølger. Gravitationsbølger er forudsagt af Einsteins generelle relativitetsteori, men endnu ikke observeret direkte.

I 2014 var der stor furore, da forskere ved det amerikanske eksperiment BICEP2 på Sydpolen påstod, at de havde observeret netop kosmisk B-type-polarisation. Nyhedsmedier verden over bragte sensatio-



Magnetiske feltlinjer og polariseret støv fra Planck-eksperimentet 2015.  
Illustration: ESA

nen. Desværre viste det sig, at forskerne ikke havde taget ordentligt højde for forurenende lys fra støv i vores egen galakse. Da de tog støv korrekt med i beregningerne, kunne de ikke længere se nogen B-type-polarisation. Håbet lever dog endnu.

### Støvet skal fjernes

Jo flere frekvensbånd, et teleskop observerer i, jo bedre kan man rense observationerne for støv fra Mælkevejen. Kombinerer man de nye himmelkort over støv i Mælkevejen fra Planck-satellitten med et eksperiment som Deep Space, er der rigtig gode chancer for at kunne se kosmisk B-type-polarisation. Det danske bidrag til jagten efter de kosmiske gravitationsbølger har også en ekstra fordel i forhold til teleskoperne på Sydpolen. Den del af himlen, der kan observeres fra Grønland, er meget mindre forurenet af polariseret støv, end hvad man kan se fra Sydpolen.

Konstruktionen af teleskopet er allerede gået i gang, og det ankommer efter planen til sin destination på Summit i Grønland indenfor det næste års tid. Summit ligger lige i midten af Grønland, hvor der er meget tørt med lav luftfugtighed. Dette giver optimale betingelser for at observere kosmiske mikrobølger.

### Videnskabelige mål

Især resultaterne fra Planck-satellitten og BICEP2-eksperimentet har understreget behovet for mere detaljerede beskrivelser af mikrobølgestråling fra vores egen galakse, som forurener vores observationer af den kosmiske mikrobølge-baggrundsstråling. For at få et korrekt billede af den kosmiske stråling er man nødt til at rense observationerne for den

galaktiske forurening. Det er især galaktisk støv og frie elektroner i det galaktiske magnetfelt, som laver ravage. Teleskopet har to formål. For det første at lave endnu bedre karakterisering af støv og elektronstråling i galaksen end vi har nu – med langt mere avancerede modeller. Forudsat at dette lykkes, vil det andet mål være at afgøre, om der findes kosmisk B-type-polarisation af den kosmiske mikrobølge-baggrundsstråling og dermed indirekte bevis for gravitationsbølgers eksistens.

Der er også mulighed for at udvide de videnskabelige resultater fra teleskopet til den meteorologiske verden. Tilføjer man en modtager til eksperimentet kan det nemlig også benyttes til klima- og atmosfæriske observationer af blandt andet CO<sub>2</sub>. ■

### Videre læsning

Om Planck-satellitten:  
[www.cosmos.esa.int/web/planck/](http://www.cosmos.esa.int/web/planck/)

## Internationalt samarbejde

Professor Pavel Naselsky fra Discovery Centret på Niels Bohr Institutet, Københavns Universitet står i spidsen for Deep Space projektet. Fra Santa Barbara Universitet er det professor Philip Lubin, som står for det amerikanske bidrag. Der er forskere fra Danmark, USA, Italien, Sverige, Norge og Frankrig involveret i projekt-teamet, og mange har erfaring fra deltagelse i Planck-eksperimentet. Der er således solid ekspertise med både teleskoper, dataanalyse og programmer i projektet. Projektet er også stadig åbent for forskere, der ønsker at deltage. Villum Fonden støtter det danske bidrag, mens NSF (National Science Foundation) støtter det Amerikanske bidrag til etablering og installering. De første observationer forventes i 2016.