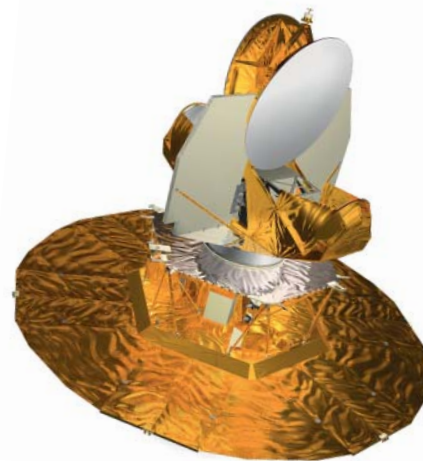


Neuralt netværk fanger big bang



Credit: NASA / WMAP Science Team

NASA-satellitten WMAP

*En dansk udviklet analyseteknik med et neuralt netværk
gør det muligt at komme ind under huden på universets fødsel
– det såkaldte big bang.*

Af Michael Linden-Vørnle og Hans Ulrik Nørsgaard-Nielsen

■ Naturvidenskabens skabelsesberetning – vores kosmologi – fortæller, at universet blev født for ca. 13,7 milliarder år siden i en umådelig varm og tæt tilstand, vi kalder 'big bang'. Siden big bang har universet udvidet sig, så temperaturen overalt er faldet. Eftergløden af universets varme fødsel ses dog stadig i dag som en svag kortbølget radiostråling (mikrobølgestråling) på hele himlen, der kaldes for den kosmiske mikrobølgebaggrund.

Allerede nogle få minutter efter big bang opstod de to letteste grundstoffer, brint og helium. Men på grund af den høje temperatur kunne atomkernerne ikke indfange deres elektroner og blive til neutrale atomer. De frie elektroner spredte lyset i alle retninger og den tætte kobling mellem stof

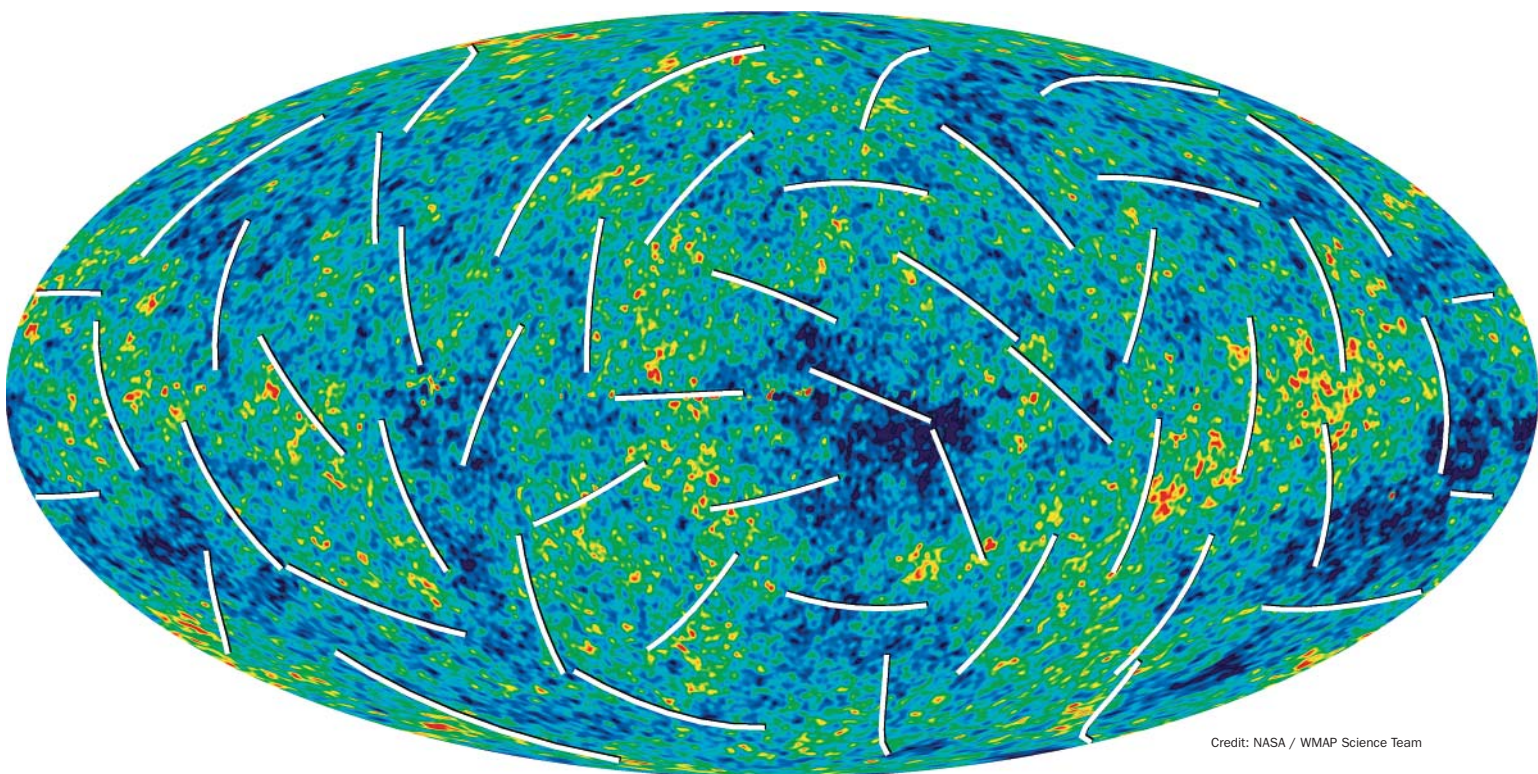
og stråling gjorde det vanskeligt for stoffet at klumpe sig sammen. Først efter 380.000 år var temperaturen faldet til ca. 3000 grader, hvor brint- og heliumkernerne kunne indfange elektroner. Lyset kunne herefter frit bevæge sig, og det er netop dette lys vi i dag ser som den kosmiske mikrobølgebaggrund.

Grundlæggende set er den kosmiske mikrobølgebaggrund altså et øjebliksbillede af universet som det så ud ca. 380.000 år efter big bang. De seneste års undersøgelser af denne reststråling fra universets tidligste barndom har vist, at mikrobølgebaggrunden er en guldgrube af information om det tidlige univers. Eftergløden sladrer nemlig om de fysiske forhold, der herskede, dengang strålingen begyndte sin rejse mod Jorden.

Ujævnheder og polarisation

Overordnet set er mikrobølgebaggrunden meget jævn, hvilket er et udtryk for, at universet på stor skala har samme temperatur overalt – i dag 2,726 grader over det absolutte nulpunkt, der er den lavest mulige temperatur (-273,15 °C). Det er uhyre vanskeligt at forestille sig, at universet ved et tilfælde har fået samme temperatur. Det er derimod en helt naturlig konsekvens af big bang, hvor universet i begyndelsen var så sammenpresset, at temperaturen kunne udjævnes. Der er dog meget små ujævnheder i strålingen, der svarer til små forskelle i temperatur. Ujævnhederne er bl.a. opstået pga. forskelle i stoftætheden samt bevægelsen af stof på det tidspunkt, hvor stof og stråling gik hver til sit ca. 380.000 år efter big bang.

Der er dog også en anden vigtig kilde til information: Den kosmiske mikrobølgebaggrund er polariseret. Ifølge teoretiske beregninger har målinger og analyse af denne polarisation potentialet til at give os information om de allertidligste faser i universets udvikling – da universet kun havde en alder på 10^{-35} sekund. De fysiske processer, der var på spil på dette tidlige tidspunkt, har ifølge teoretikerne frembragt tyngdebølger, der har efterladt karakteristiske fingeraftryk i polarisationen af mikrobølgebaggrunden. Med polarisationsmålinger kan vi groft sagt se helt tilbage til tidernes morgen. Polarisationen giver dog også information om universets udvikling efter big bang, da den kan afsløre, hvornår de første stjerner i universet blev født.



Credit: NASA / WMAP Science Team

Eftergløden fra big bang set af NASA-satellitten WMAP. Den ovale form viser hele himmelkuglen med Mælkevejen vandret gennem billedet. Strålingen fra Mælkevejen er dog fjernet vha. databehandling. Farverne viser de små ujævnheder i strålingen svarende til små temperaturforskelle, der bl.a. er et resultat af forskelle i stoftætheden, da strålingen blev sendt af sted ca. 380.000 år efter big bang. De hvide linier angiver lysets polarisation – nærmere bestemt den retning lyset er polariseret i.

Forstyrrende forgrundsstøj

De til dato bedste målinger af eftergløden fra big bang er lavet af den europæiske Planck-satellit, der blev opsendt i maj 2009. Frem til januar 2012 har Planck kortlagt hele himlen næsten fem gange og de mange data er nu ved at blive analyseret. Plancks teleskop er leveret af et dansk konsortium ledet af Institut for Rumforskning og -teknologi ved Danmarks Tekniske Universitet (DTU Space). Det danske bidrag har givet danske forskere fuld adgang til Plancks uhyre værdifulde observationer af den kosmiske mikrobølgebaggrund.

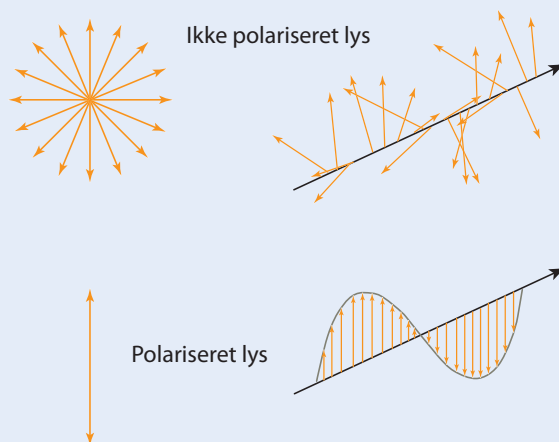
Et meget vigtigt element i databehandlingen af Plancks målinger er, at fjerne den forstyrrende virkning af stråling fra vores galakse, Mælkevejen, og andre galakser. Både Mælkevejen og de andre galakser

ligger jo mellem os og mikrobølgebaggrunden og skaber forstyrrende forgrundsstøj i vores målinger af eftergløden fra big bang. Flere forskellige metoder til at fjerne de uønskede strålingsbidrag fra Mælkevejen og andre galakser er blevet udviklet og anvendes til at analysere Plancks målinger. Og det er bestemt ikke en let opgave – særligt ikke, når det gælder om at kortlægge polarisationen af mikrobølgebaggrunden.

Lovende neuralt netværk

Et særligt lovende analyseteknik, der er udviklet på DTU Space, anvender et neuralt netværk til at løse opgaven. Metoden er naturligvis blevet afprøvet ved hjælp af simulerede målinger af mikrobølgebaggrunden, men er også blevet anvendt på rigtige målinger lavet af Planck-satellitens forgængere, NASA-

Polarisation



Når elektromagnetisk stråling er polariseret, svinger de elektromagnetiske bølger i en bestemt retning. En sådan ensretning kan være et resultat af, at strålingen er blevet spredt eller reflekteret. Polarisation bruges bl.a. i 3D-systemer i biografte, hvor der udsendes to forskudte billeder med hhv. lodret og vandret polarisation. I 3D-brillerne sidder særlige polarisationsfiltre, der slipper det lodret og vandret polariserede billede ind i hver sit øje.

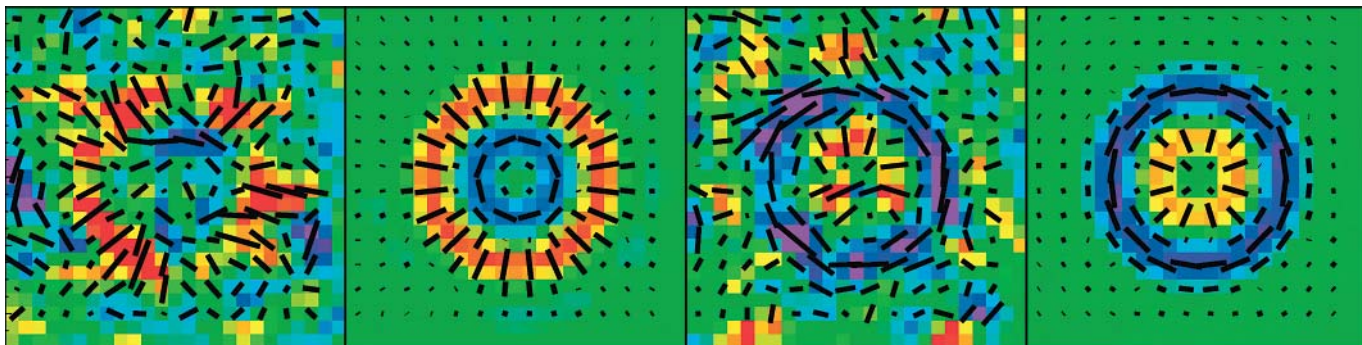


Illustration: NASA / WMAP Science Team

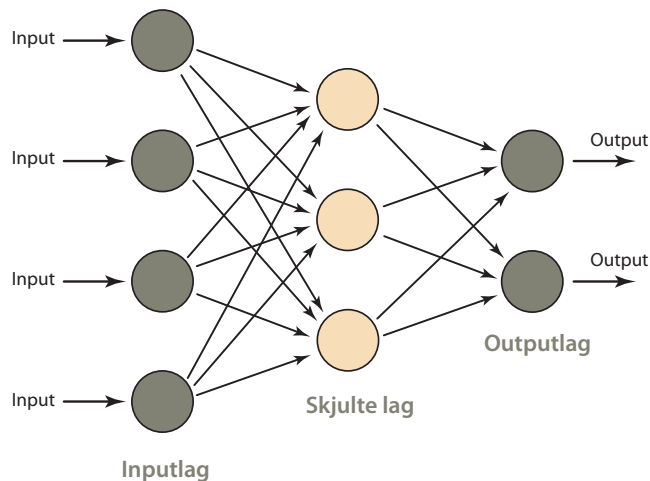
Sammenligning mellem teoretiske og observerede mønstre i polarisationen i WMAPs observationer, hvor polarisationsretningen er angivet med sorte streger. Fra venstre mod højre ses mønstret omkring et varmt område (observeret), et varmt område (teoretisk beregnet), et koldt område (observeret) og et koldt område (teoretisk beregnet). Hver af 'kasserne' strækker sig over en vinkel på ca. 5 grader på himlen.

Neurale netværk

Neurale netværk er computerbaserede beregningssystemer, der er inspirerede af studier af den menneskelige hjerne. Et neuralt netværk består af en række enheder (også kaldet neuroner eller knudepunkter) med retningsbestemte forbindelser, der hver har tilknyttet et tal, som angiver en vægt. Hver enhed modtager signaler fra et antal andre neuroner og videresender efter lokal bearbejdning et signal til et antal enheder. Et eksempel på lokal signalbearbejdning i neuronen er opsummering af de indkommende vægtede signaler. Hvis summen overstiger en tærskelværdi, leverer neuronen et udgangssignal og ellers ikke.

Et neuralt netværk beskrives ved dets forbindelser mellem neuronerne, dets beregningsmæssige egenskaber og dets indlæringsmetode. Indlæring sker typisk ved at præsentere træningsdata for visse af neuronerne (de "synlige" neuroner), hvorefter forbindelseslinjerne vægtes og neuronernes tær-

Princippet i et neuralt netværk



skelværdier justeres, så den ønskede beregning i netværket opnås. Ved ikke-overvåget indlæring består træningsdata kun af inddata; netværket finder selv uddata under indlæringen. Ved overvåget indlæring er

uddata indeholdt i træningsdata. Efter at neuronerne har fået inputdata, beregner netværket outputdata, og netværket justeres nu afhængigt af hvor godt output passer med uddata.

Om forfatterne



Michael Linden-Vørnle er astrofysiker, ph.d. Tycho Brahe Planetarium
Tlf.: 33181997
mykal@tycho.dk



Hans Ulrik Nørgaard-Nielsen er seniorforsker, lic.scient. DTU Space
Tlf.: 45259776
hunn@space.dtu.dk

satellitten WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe). WMAP blev opsendt i 2001 og lavede frem til 2010 målinger af eftergløden fra big bang – herunder polarisationen af eftergløden.

Helt konkret er data indsamlet i WMAP-missionens første syv år blevet analyseret og resultatet er meget lovende. Det neurale netværk har vist sig særdeles velegnet til at kortlægge polarisationen af mikrobølgebaggrun-

den uden tegn på nævneværdig "forurening" fra den polariserede forgrundsstøj fra Mælkevejen. De resulterende målefejl på polarisationen er mindre end det videnskabelige hold bag WMAP selv har været i stand til at frembringe.

Her er det særligt interessant, at det neurale netværk har været i stand til at finde tegn på den type polarisation, der kan stamme fra de allertidligste øjeblikke i universets historie.

Det er dog stadig for tidligt at sige, om det virkelig er tilfældet og hvad det så i givet fald vil betyde. For definitivt at komme ind under huden på big bang ved hjælp af polarisationsmålinger må vi se hvad analysen af Planck-satellittens meget follesomme og detaljerede målinger vil fortælle. Heldigvis er dette arbejde allerede godt i gang og hvis alt går efter planen kan de første resultater være på banen i løbet af 2013. ■