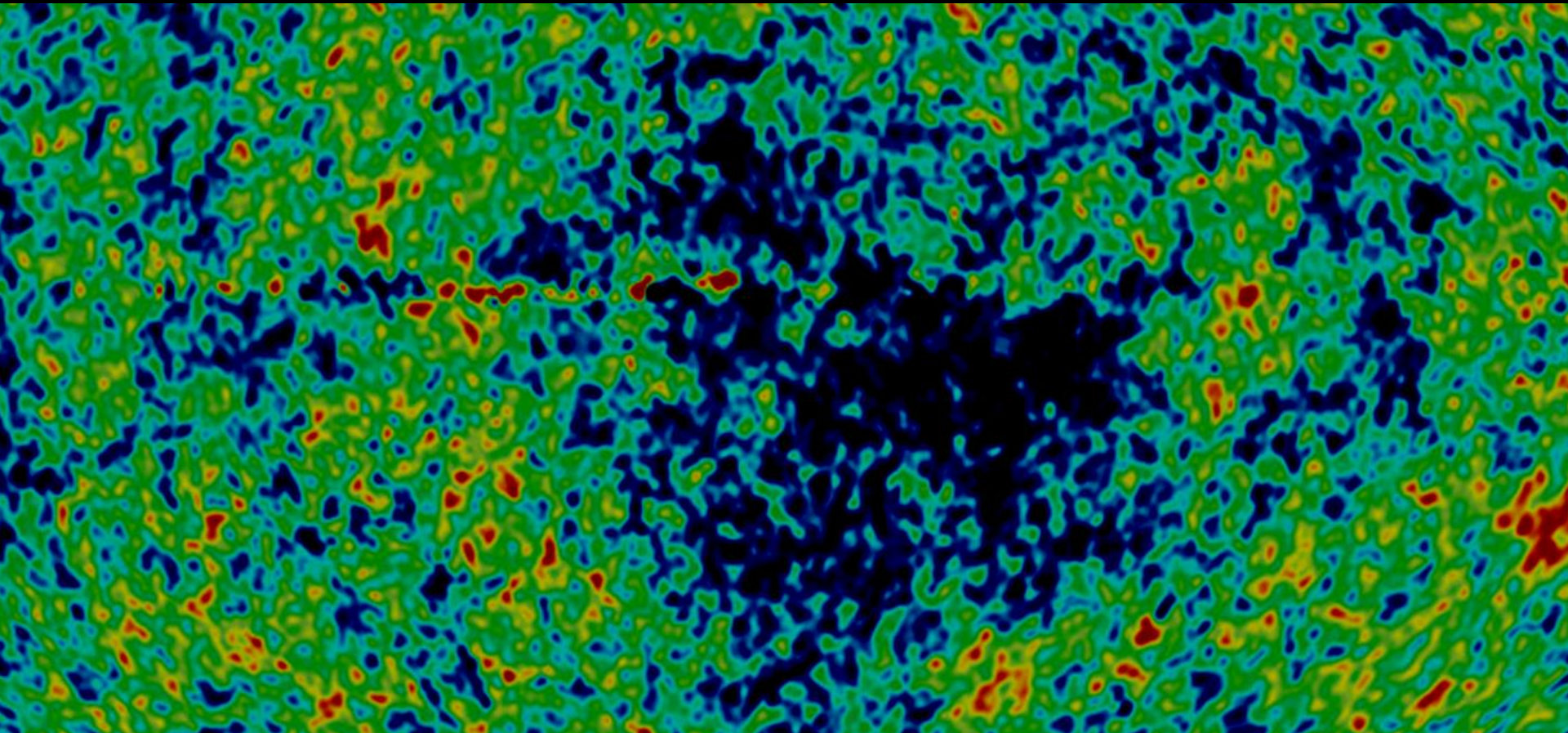


DET USYNLIGE UNIVERS



STEEN HANNESTAD
24. januar 2014

GANSKE KORT OM KOSMOLOGIENS UDVIKLING

FØR 1920: HELE UNIVERSET FORMODES AT VÆRE NOGENLUNDE
AF SAMME STØRRELSE SOM MÆLKEVEJEN



OMKRING 30,000 LYSÅR

GANSKE KORT OM KOSMOLOGIENS UDVIKLING

1922: DE FØRSTE GALAKSER UDEN FOR MÆLKEVEJEN PÅVISES

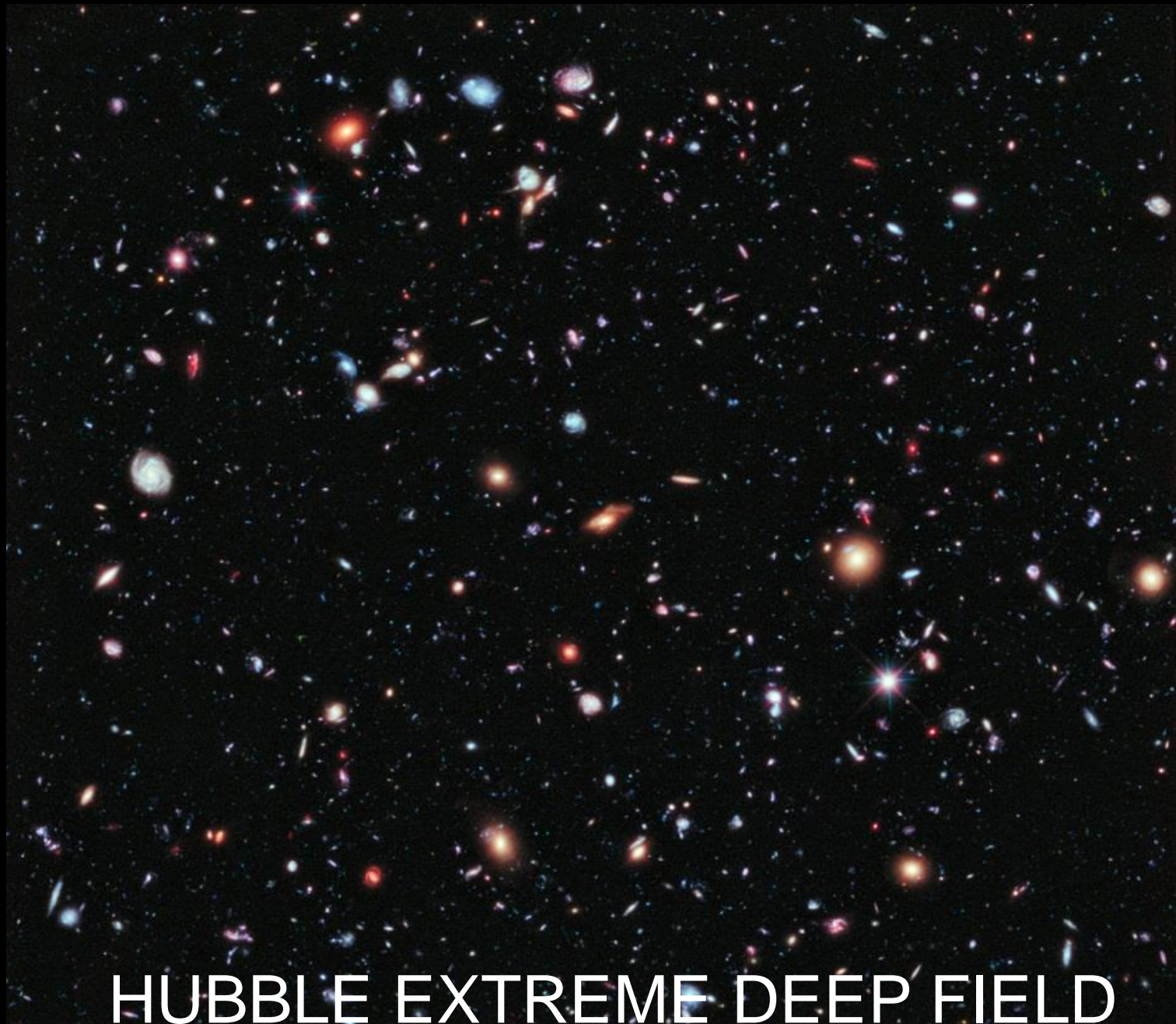


AFSTANDEN MELLEMLERNE ER MILLIONER AF LYSÅR

GANSKE KORT OM KOSMOLOGIENS UDVIKLING

SIDEN DA: EN JAGT PÅ MÅLINGER OVER STADIG STØRRE
AFSTANDE. MÅLINGER AF MILLIONER AF GALAKSER
OVER AFSTANDE PÅ MILLIARDER AF LYSÅR

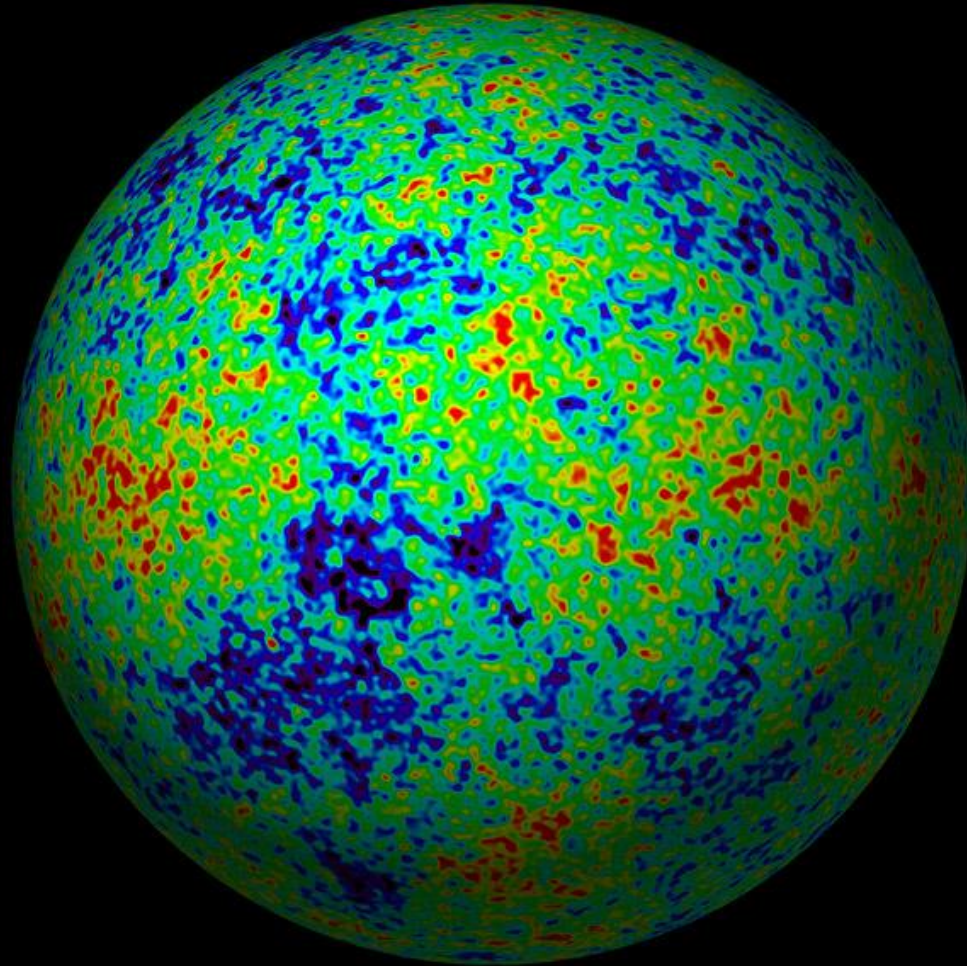




HUBBLE EXTREME DEEP FIELD



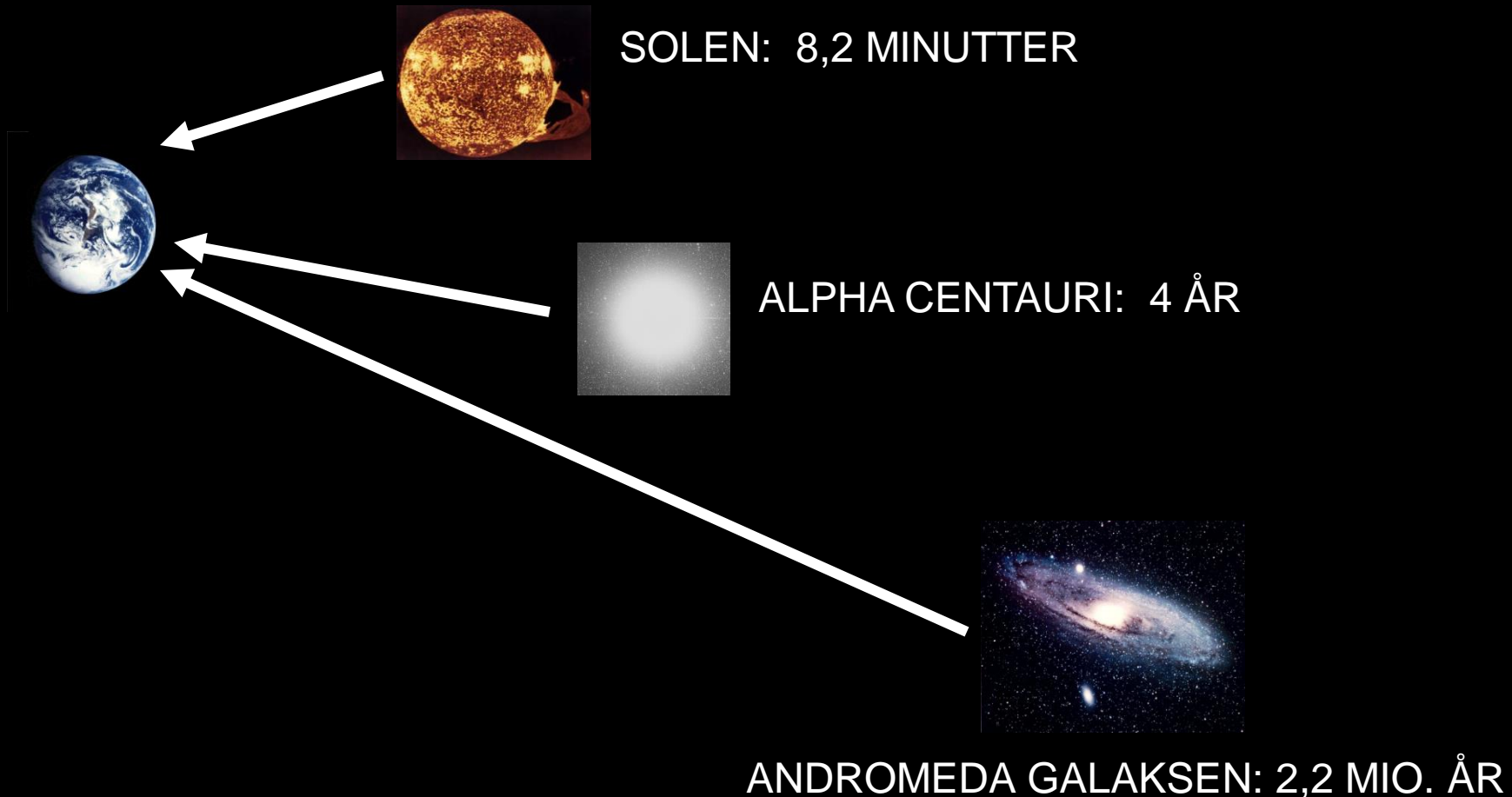
DEN KOSMISKE BAGGRUNDSSTRÅLING



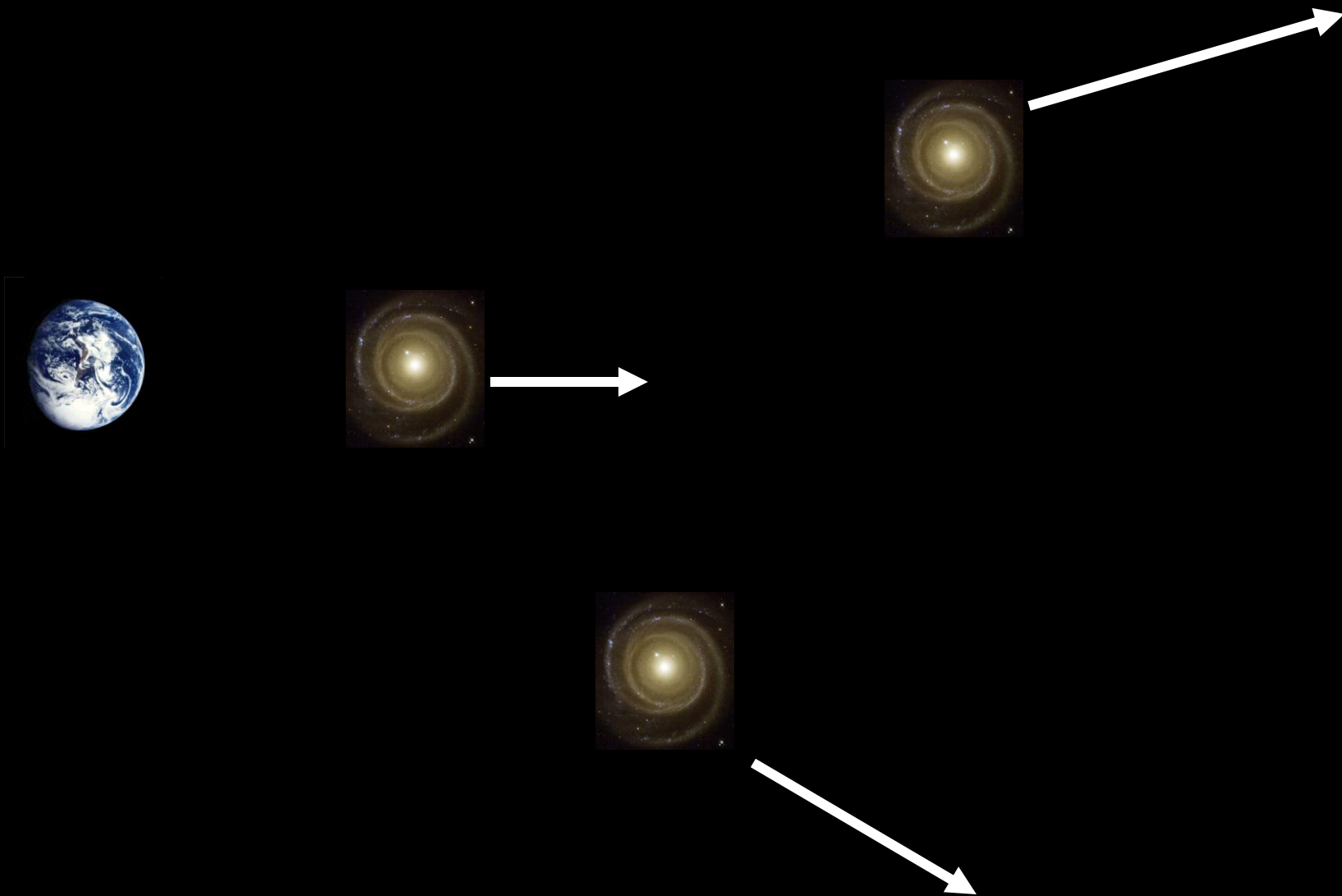
HELE DET SYNLIGE UNIVER I MIKROBØLGER
(OMKRING 40 MILLIARDER LYSÅR)

HVORDAN VED VI ALT DET?

FORDI LYSET BEVÆGER SIG MED EN ENDELIG HASTIGHED (300.000 KM/S), SER VI BAGUD I TIDEN, NÅR VI SER LANGT BORT

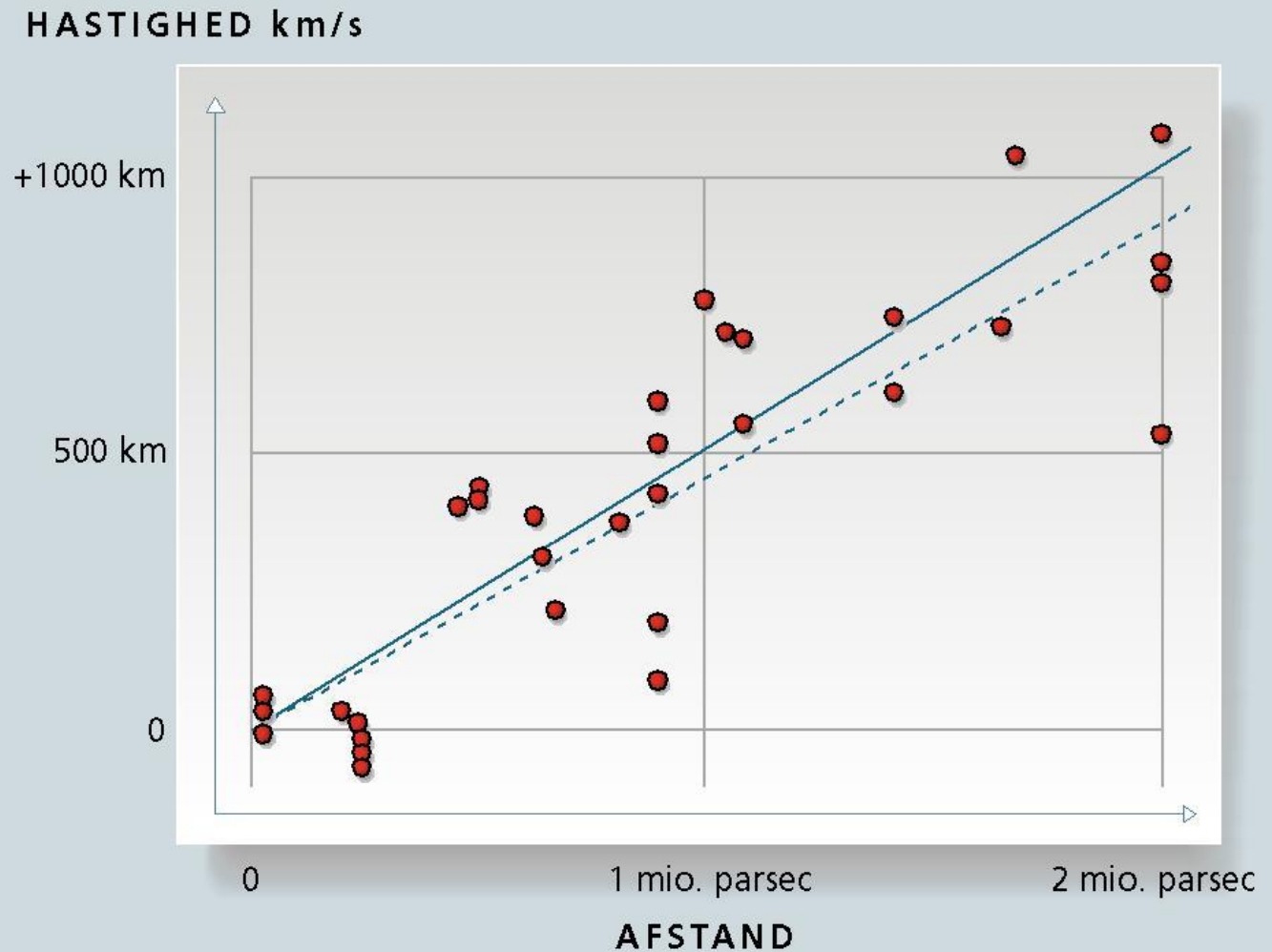


FRA OBSERVATIONER AF FJERNE GALAKSER VED VI, AT DE ALLE BEVÆGER SIG VÆK FRA OS OG, AT JO LÆNGERE DE ER VÆK, DESTO HURTIGERE BEVÆGER DE SIG

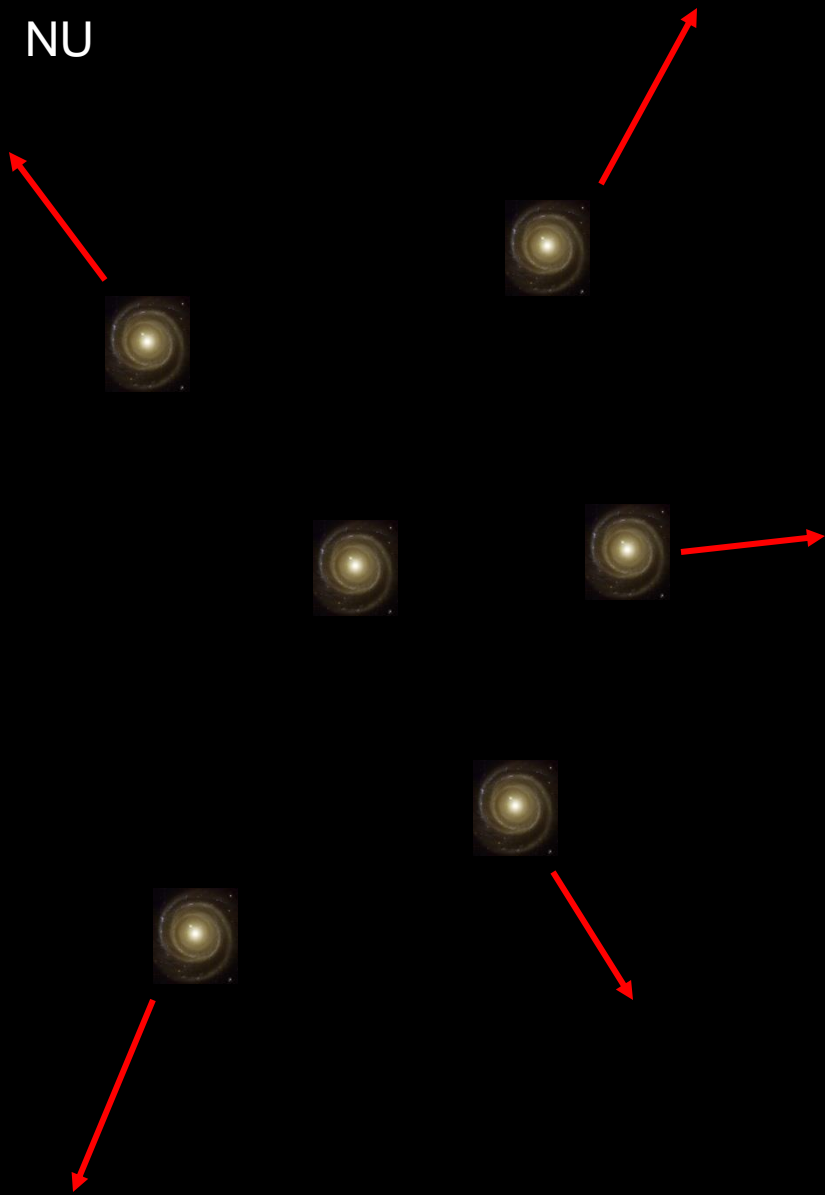


DEN AMERIKANSKE ASTRONOM EDWIN HUBBLE FANDT I 1929, AT ALLE GALAKSER FJERNER SIG, OG AT DER ER EN LINEÆR SAMMENHÆNG MELLEM DERES HASTIGHED OG AFSTAND

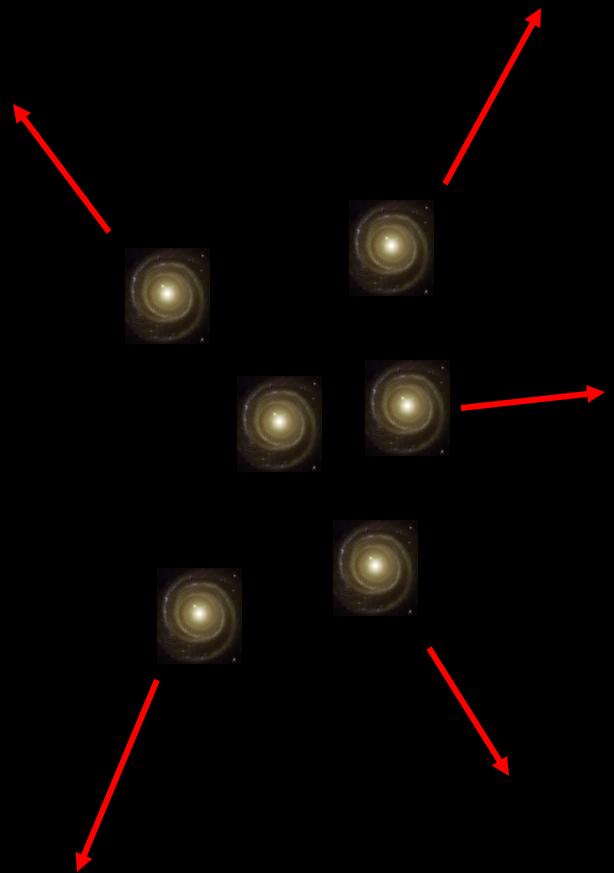
14



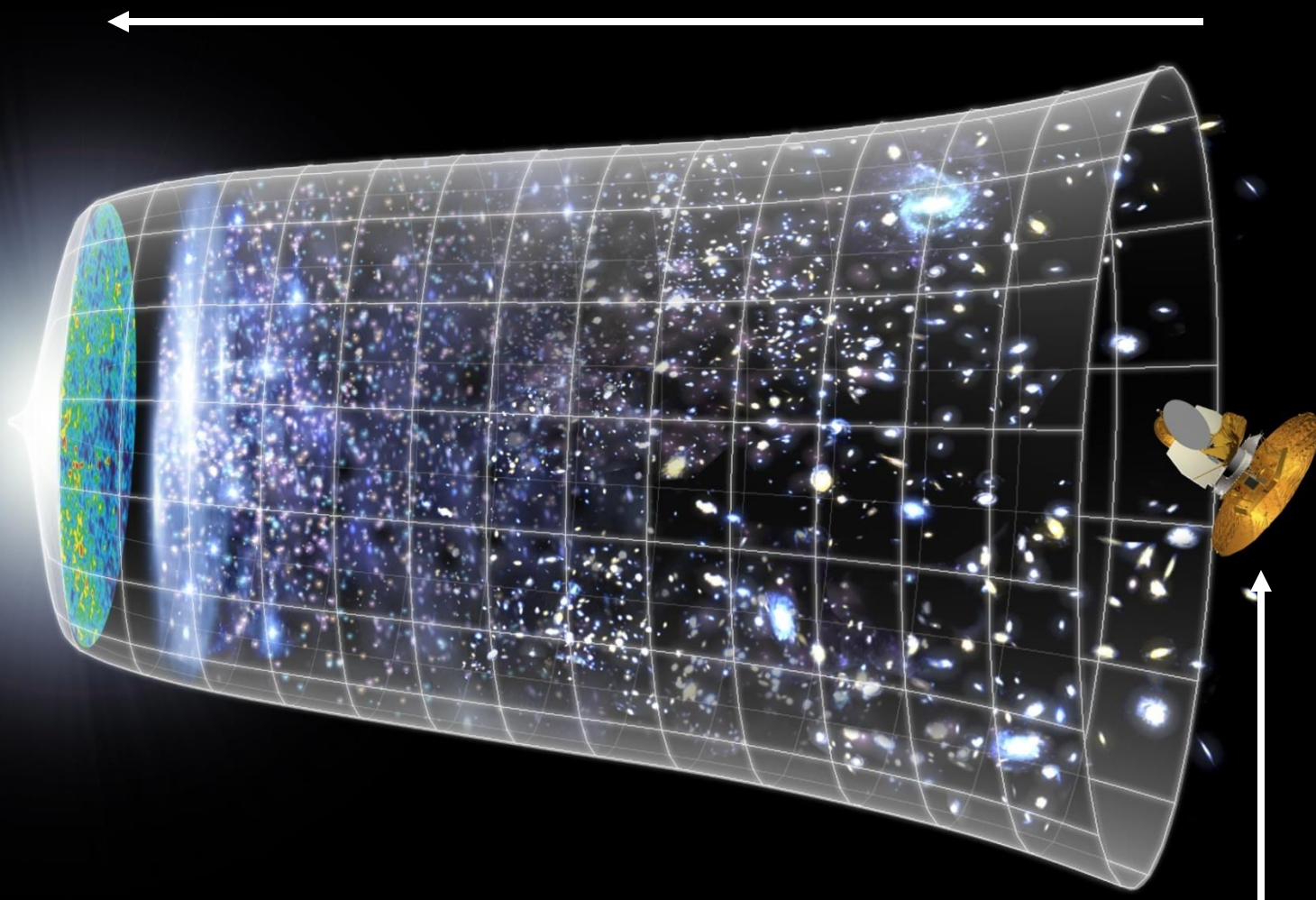
NU



FØR

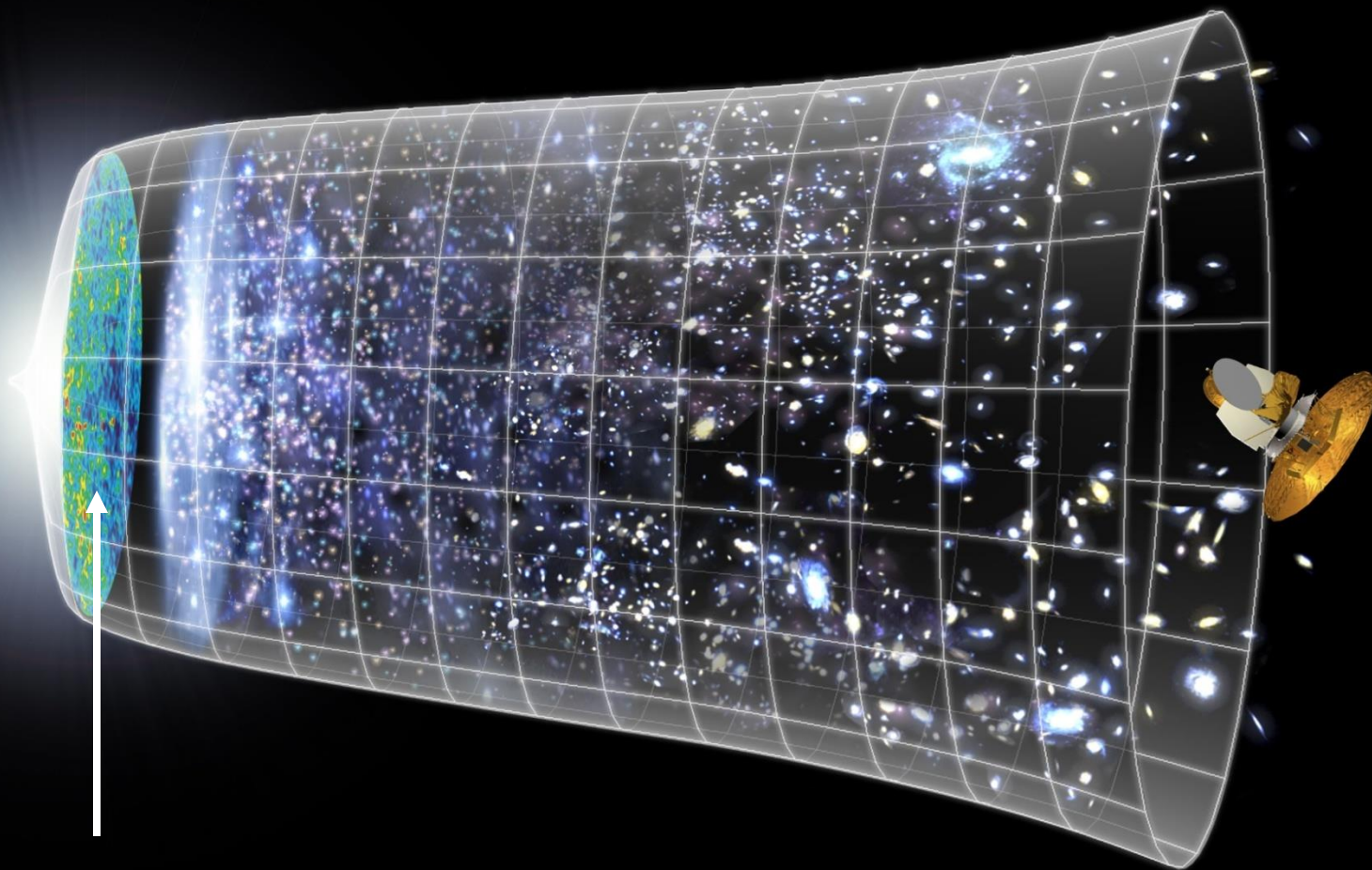


MAN SER TILBAGE I TIDEN



WMAP:
13,7 MIA. ÅR

MAN SER TILBAGE I TIDEN



BAGGRUNDSSTRÅLINGEN
300.000 ÅR

VORES UNIVERS MÅ ALTSÅ HAVE HAFT EN FORM FOR
"BEGYNDELSE"

KOMMER DET SÅ OGSÅ TIL EN AFSLUTNING EN GANG
I FREMTIDEN?

DETTE AFHÆNGER AF TO TING:

1) MÆNGDEN AF MASSE I UNIVERSET

$$\Omega_M$$

2) DEN KOSMOLOGISKE KONSTANT (ANTI-TYNGDEKRAFT)
OGSÅ KENDT SOM "MØRK ENERGI"

$$\Omega_\Lambda$$

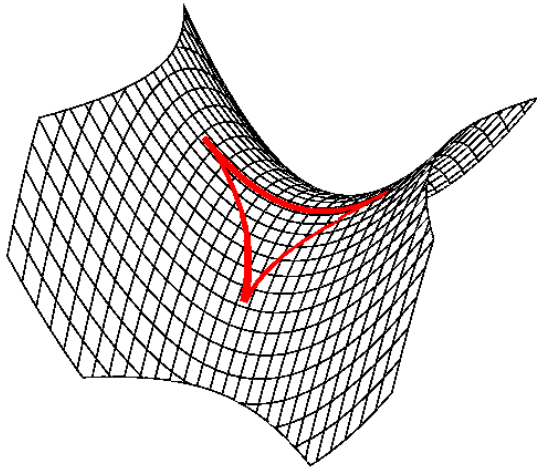
UNIVERSETS GEOMETRI

UNIVERSETS GEOMETRI AFHÆNGER OGSÅ AF
UNIVERSETS MASSE OG DEN KOSMOLOGISKE
KONSTANT

$$\text{KRUMNING} = k = \Omega_M + \Omega_\Lambda - 1 = \Omega - 1$$

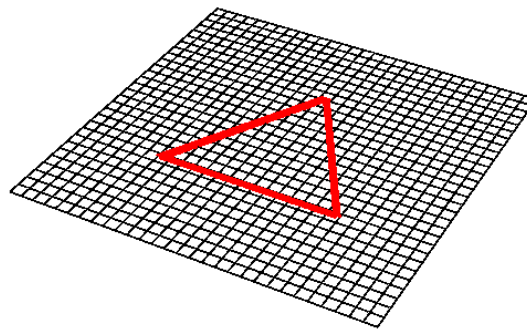
ÅBENT UNIVERS

$$k < 0, \Omega < 1$$



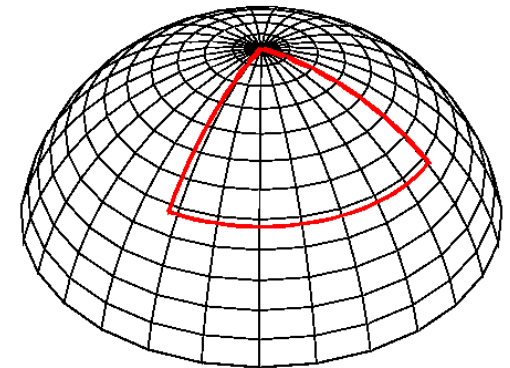
FLADT UNIVERS

$$k = 0, \Omega = 1$$

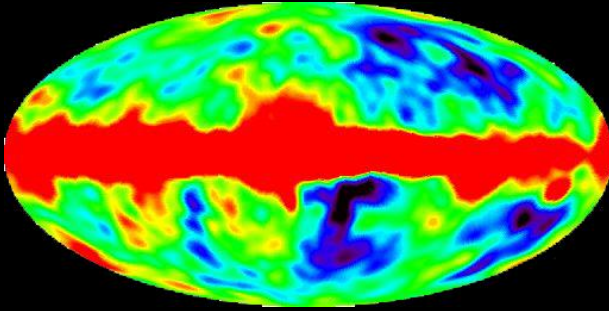


LUKKET UNIVERS

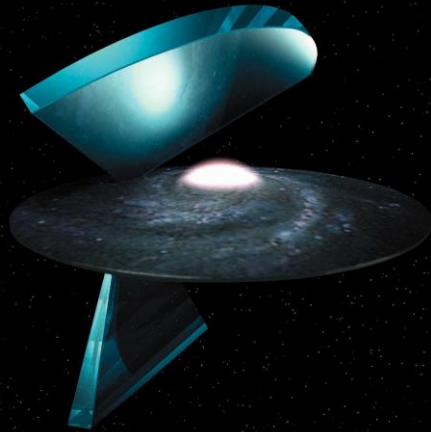
$$k > 0, \Omega > 1$$



ER DER NOGEN MÅDE AT MÅLE DE
"GLOBALE" VÆRDIER AF Ω_M OG Ω_Λ ?

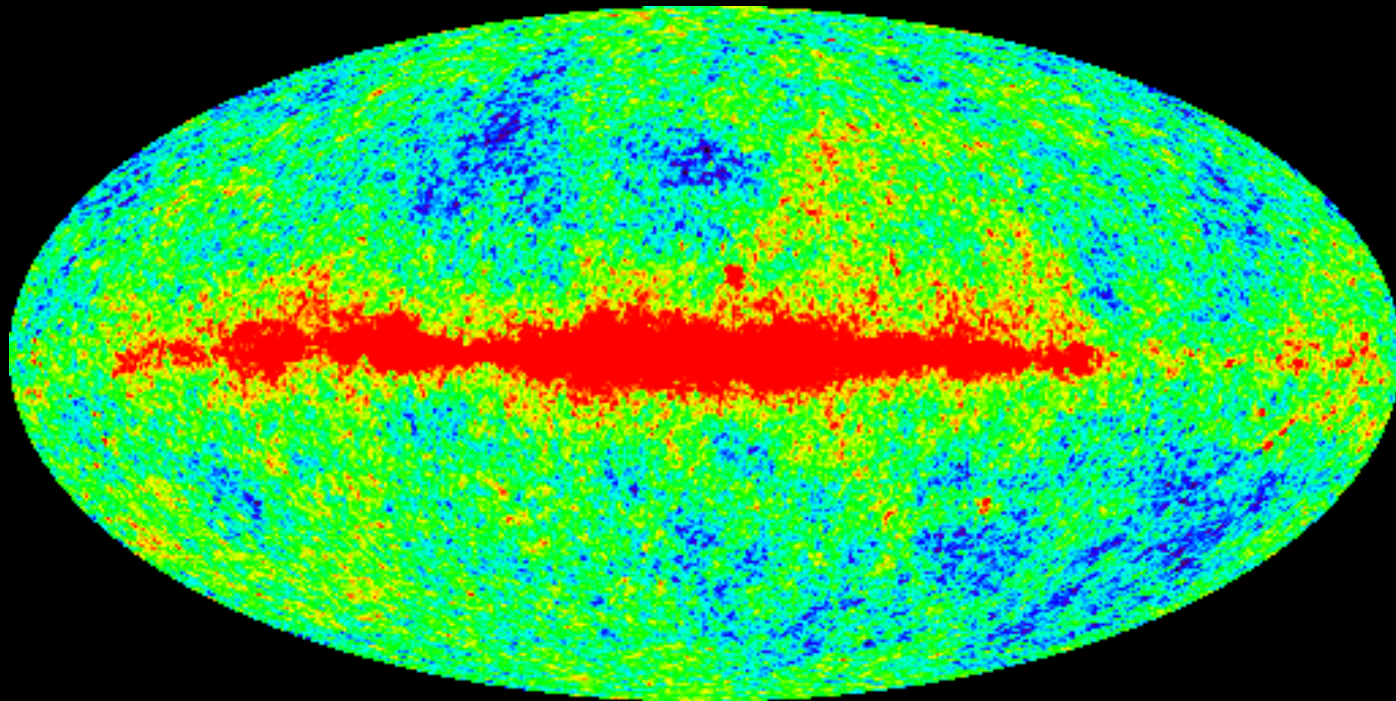


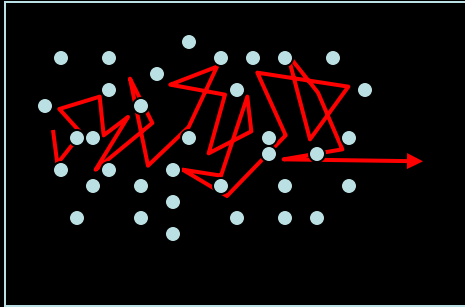
DEN KOSMISKE BAGGRUNDS-
STRÅLING



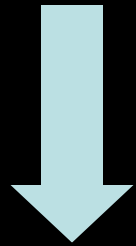
GALAKSERNES FORDELING

DEN KOSMISKE BAGGRUNDSSTRÅLING

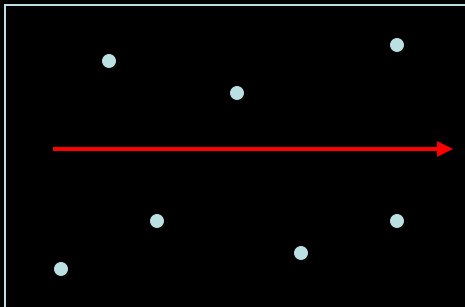




DET TIDLIGE UNIVERS:
MEGET VARMT OG TÆT
IKKE GENNEMSIGTIGT FOR LYS



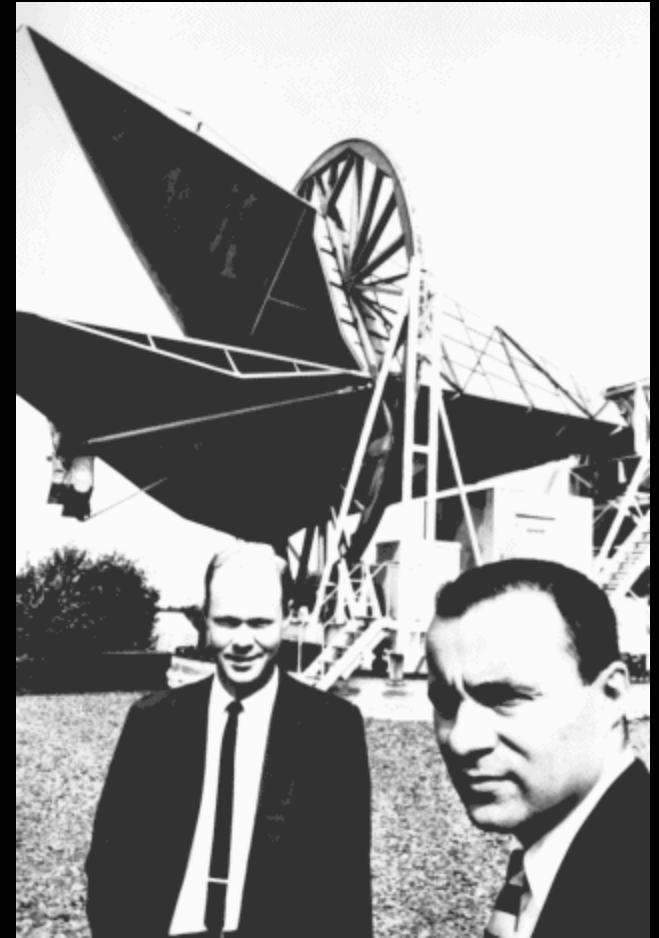
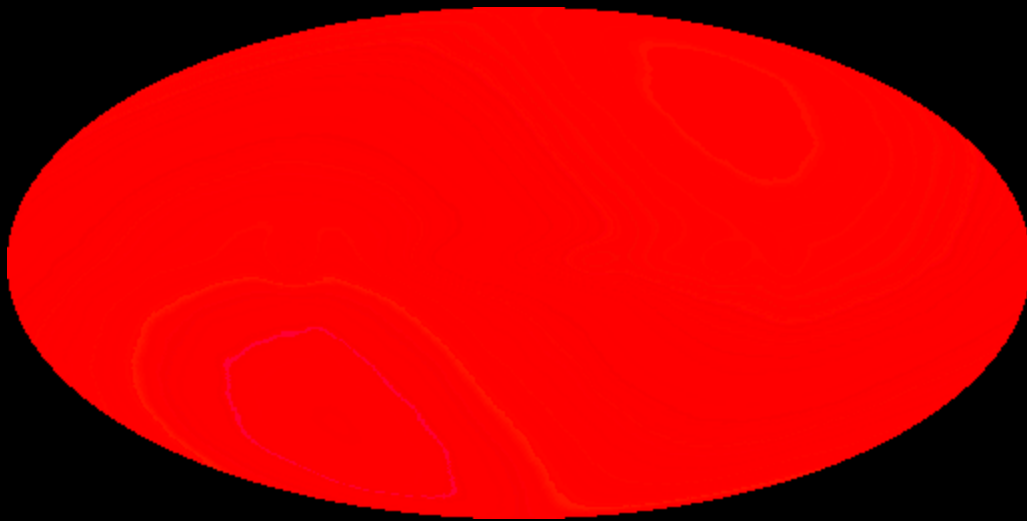
UNIVERSETS ALDER: CA. 300.000 ÅR



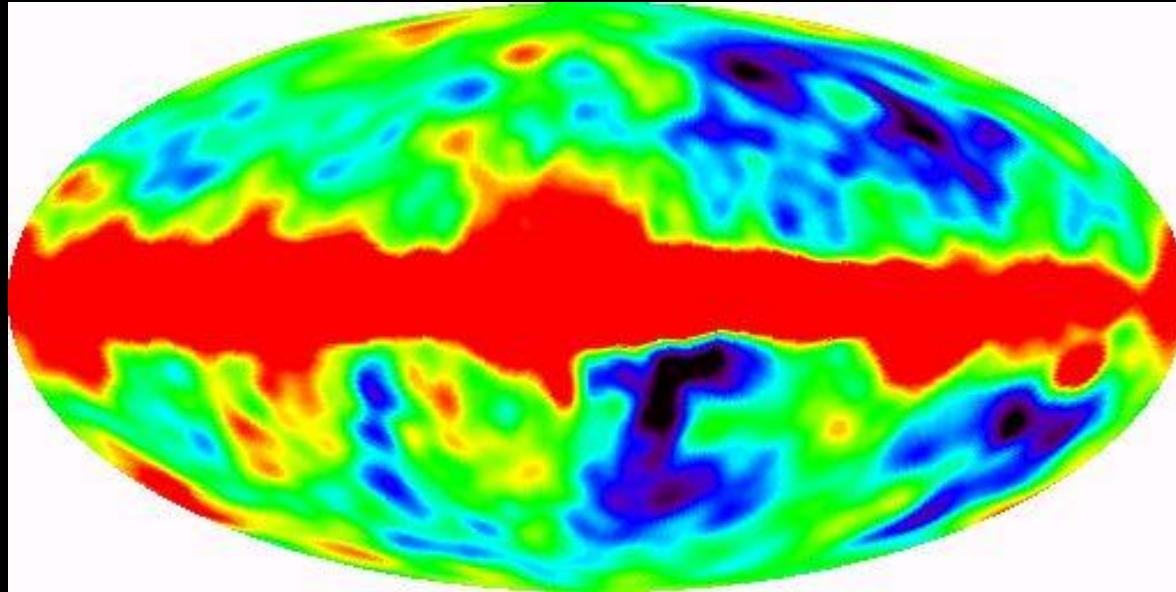
DET NUVÆRENDE UNIVERS:
MEGET KOLDT OG TOMT
GENNEMSIGTIGT FOR LYS

Første gang målt i 1965 af Penzias and Wilson
(Nobel pris 1978)

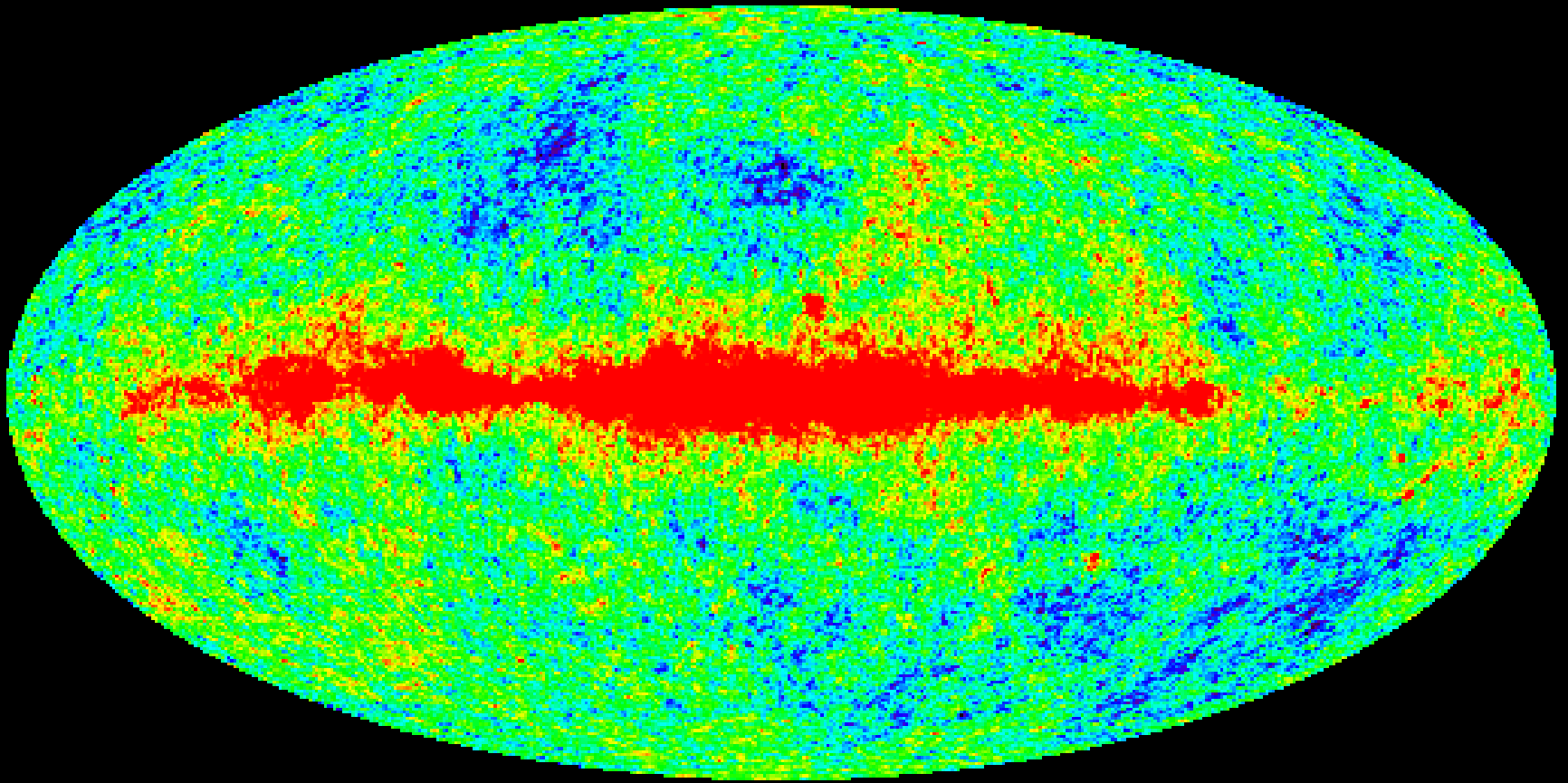
Næsten isotrop stråling med
 $\langle T \rangle = 2.726 \text{ K}$



1992:Første måling af anisotropi i strålingen af den amerikanske COBE satellit (Nobelpris 2006)



$$\frac{\delta T}{T} \approx 2 \times 10^{-5} \quad (\delta T \approx 30 \mu K)$$



DER FINDES UJÆVNHEDER I BAGGRUNDSSTRÅLINGEN. DET ER DISSE SMÅ UJÆVNHEDER, SOM SIDEN ER VOKSET OG BLEVET TIL GALAKSER, STJERNER, OG I SIDSTE ENDE OS....

VED AT MÅLE UJÆVNHEDERNE KAN MAN FAKTISK BESTEMME UNIVERSETS GEOMETRI

27 April 2000

International weekly journal of science

nature

ISSN 0028-0836 DMYL 10000 ASD 0.50

www.nature.com



Background to a flat Universe

RNA viruses Structure of the reovirus core

Heat flow The quantum limit

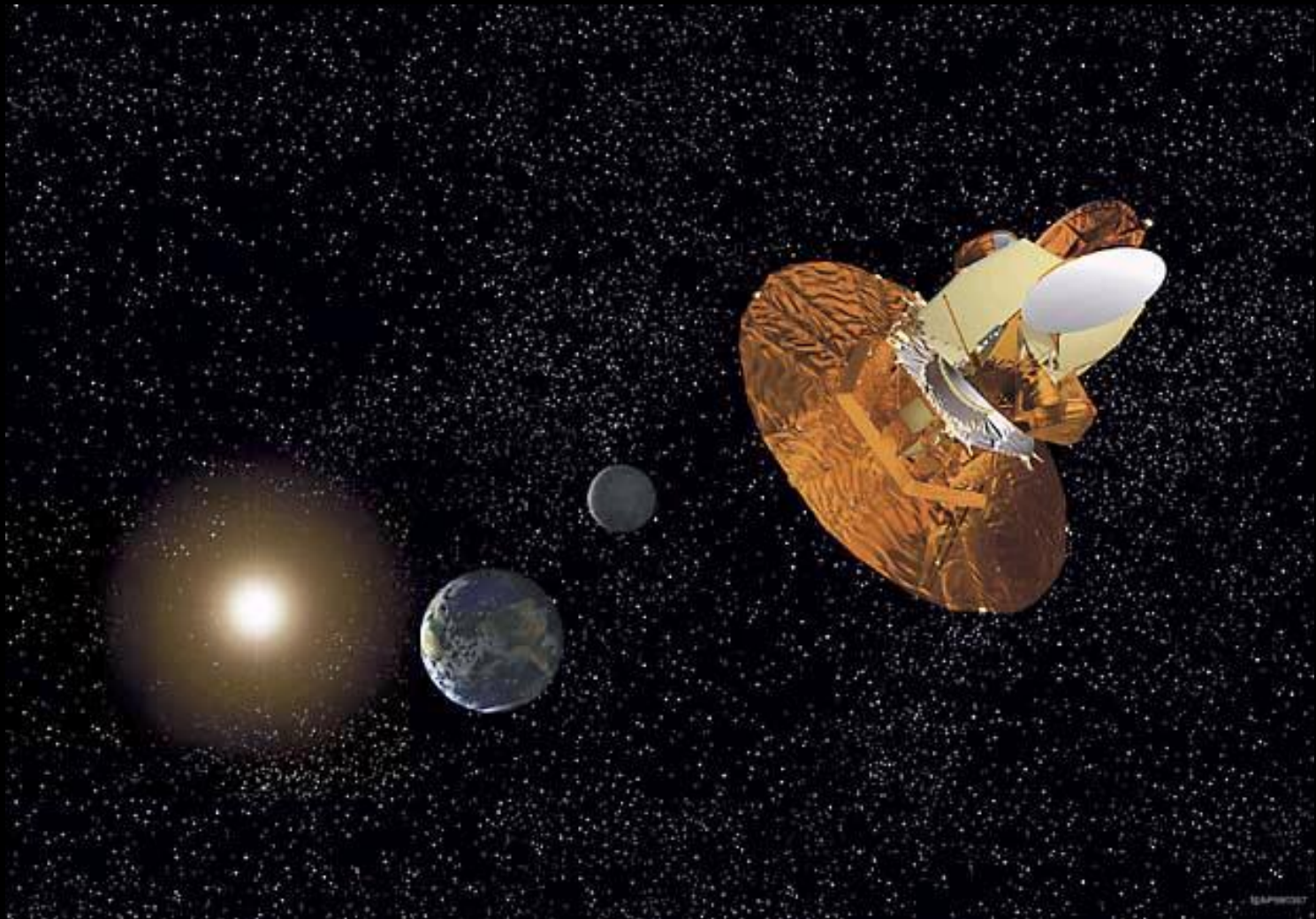
Neuroscience Sleep-promoting neurons

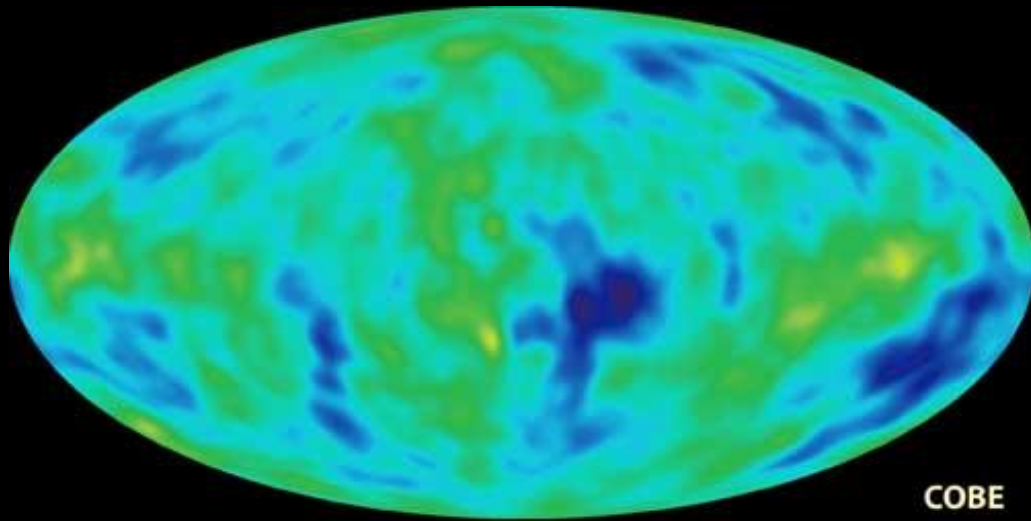
Supplement



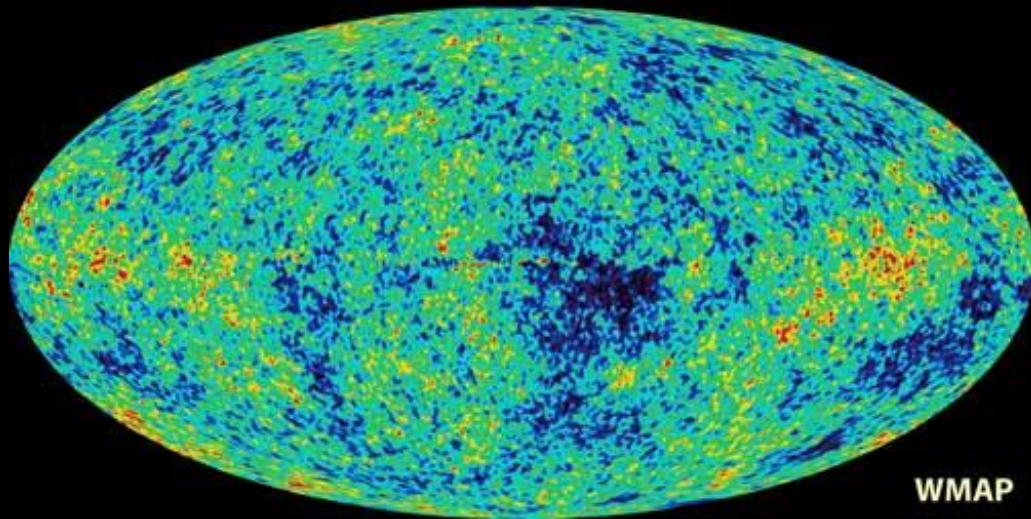
DEN AMERIKANSKE MAP SATELLIT BLEV OPSENDT I 2001 OG HAR OFFENTLIGGJORT NYE DATA I TRE OMGANGE. MISSIONEN BLEV AFSLUTTET I SEPTEMBER 2010.

(<http://wmap.gsfc.nasa.gov>)





COBE



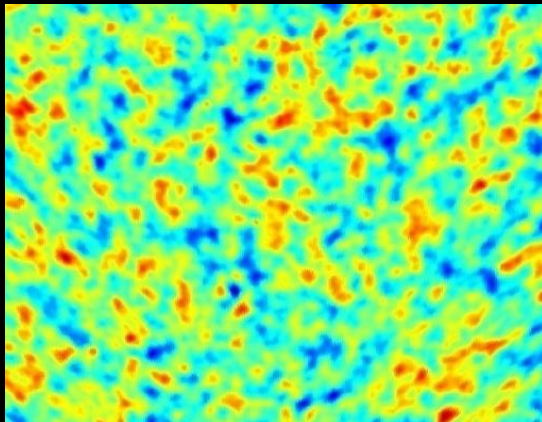
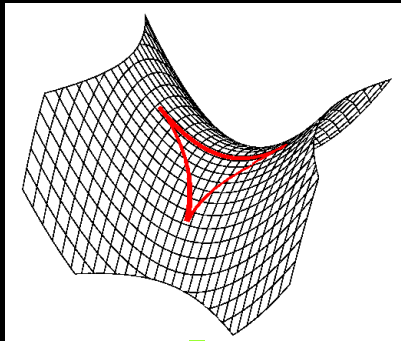
WMAP



UNIVERSETS GEOMETRI KAN MÅLES FRA BAGGRUNDSSTRÅLINGEN

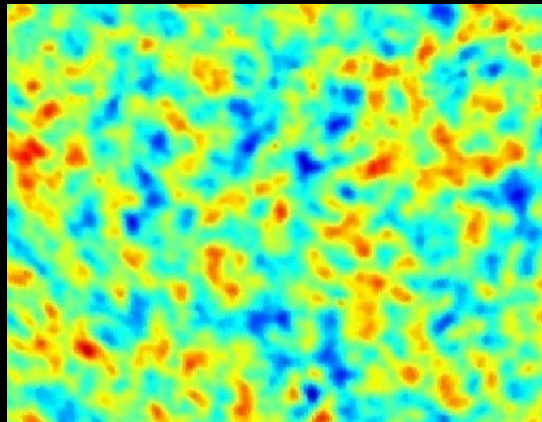
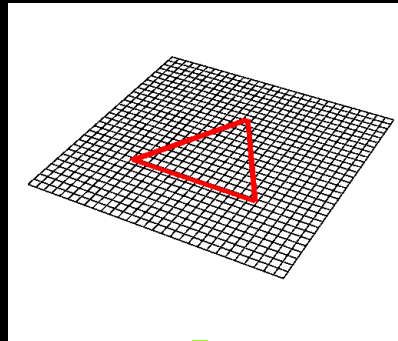
Åbent univers

$$\Omega < 1$$



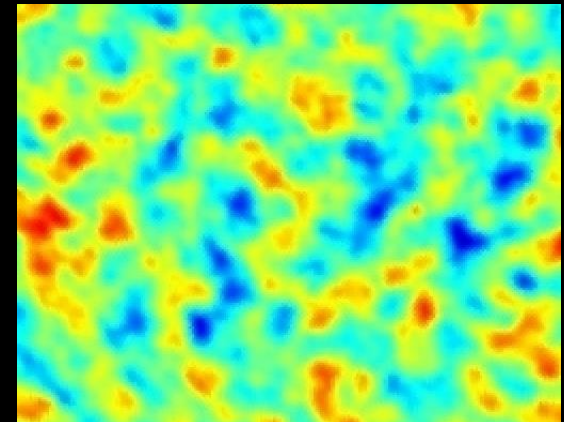
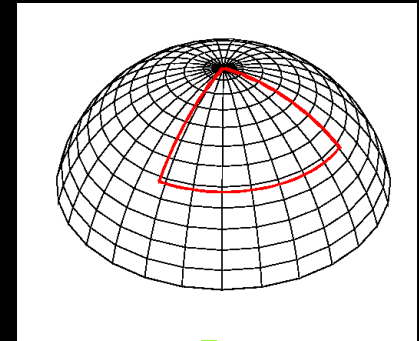
Fladt univers

$$\Omega = 1$$



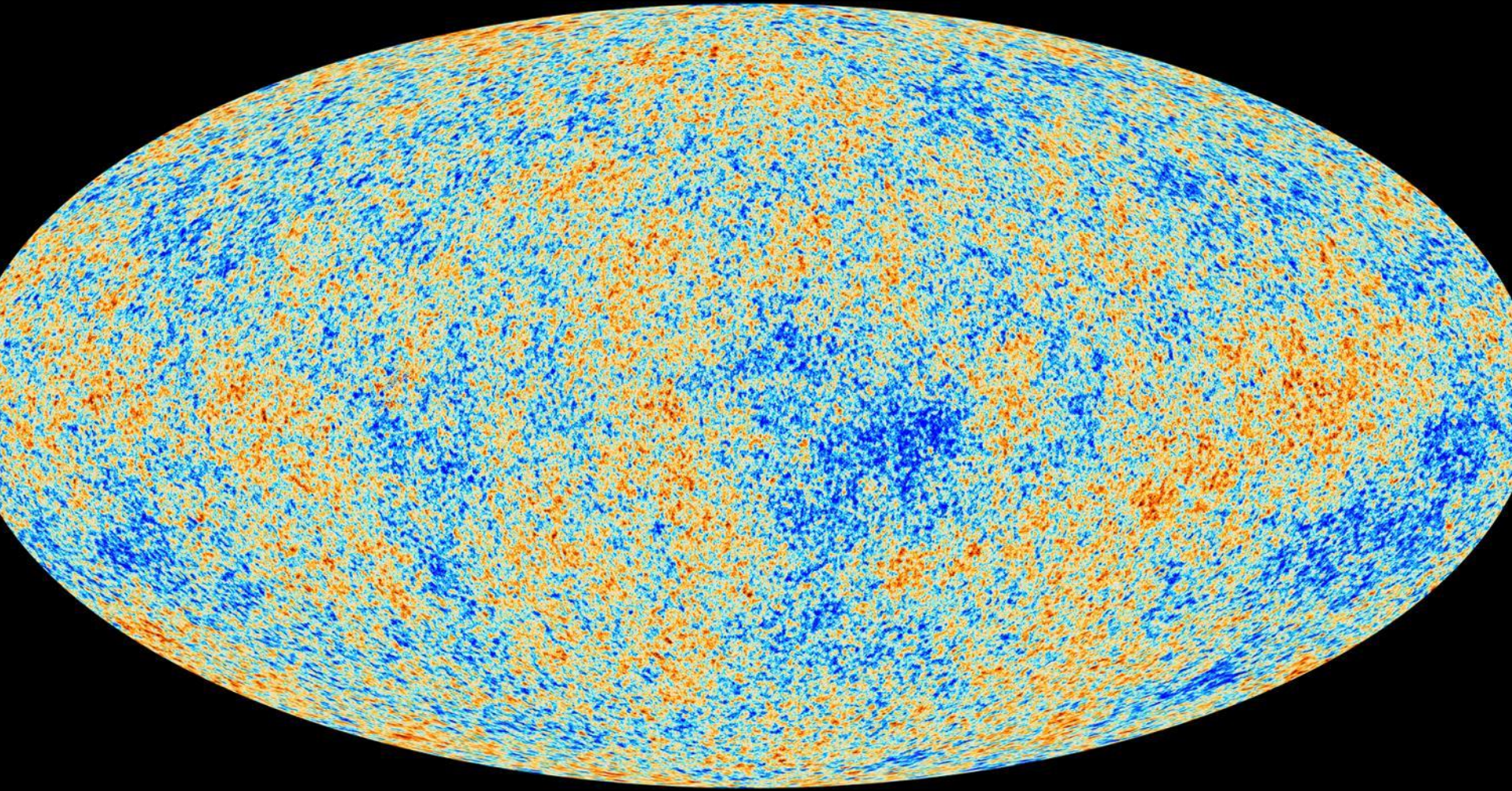
Lukket univers

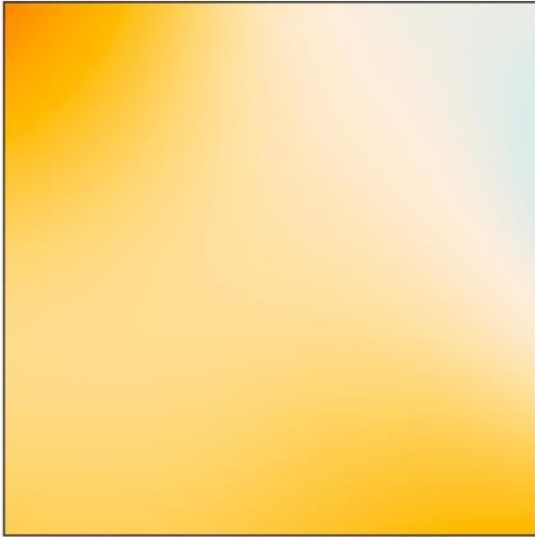
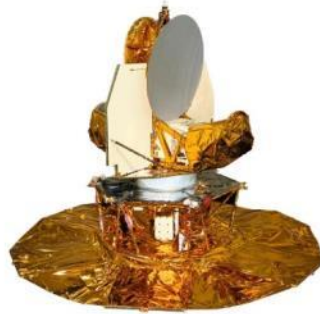
$$\Omega > 1$$



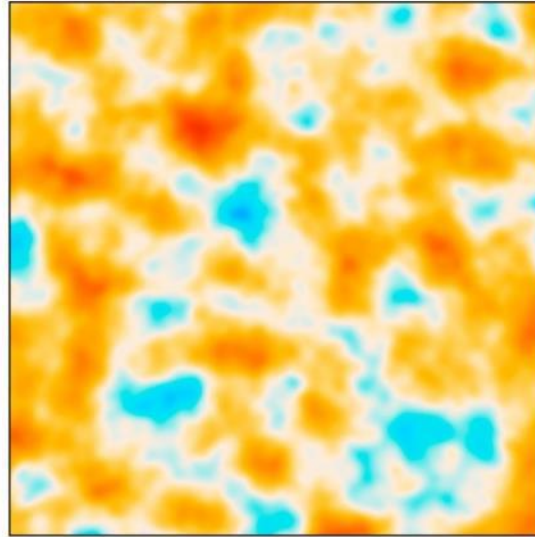
14. maj 2009 – ESA's PLANCK MISSION OPSENDES



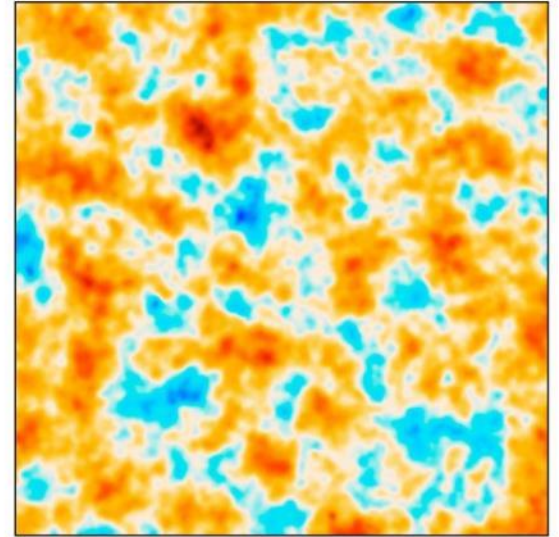




COBE



WMAP



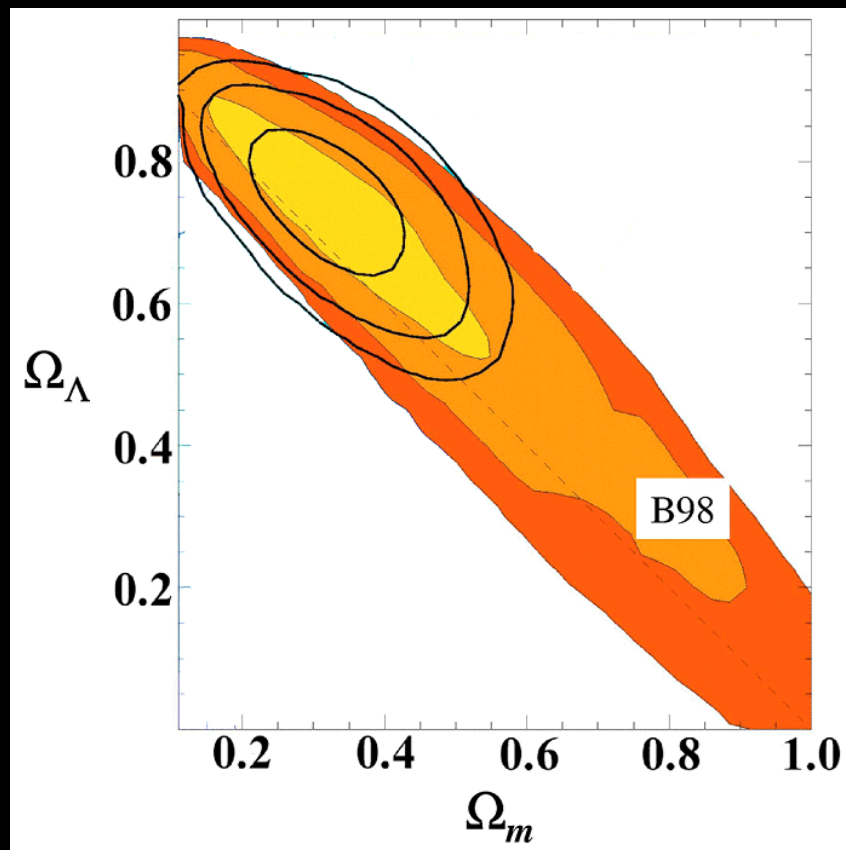
Planck

KOSMOLOGI EFTER PLANCK

UNIVERSET ER MEGET TÆT PÅ
AT HAVE FLAD GEOMETRI

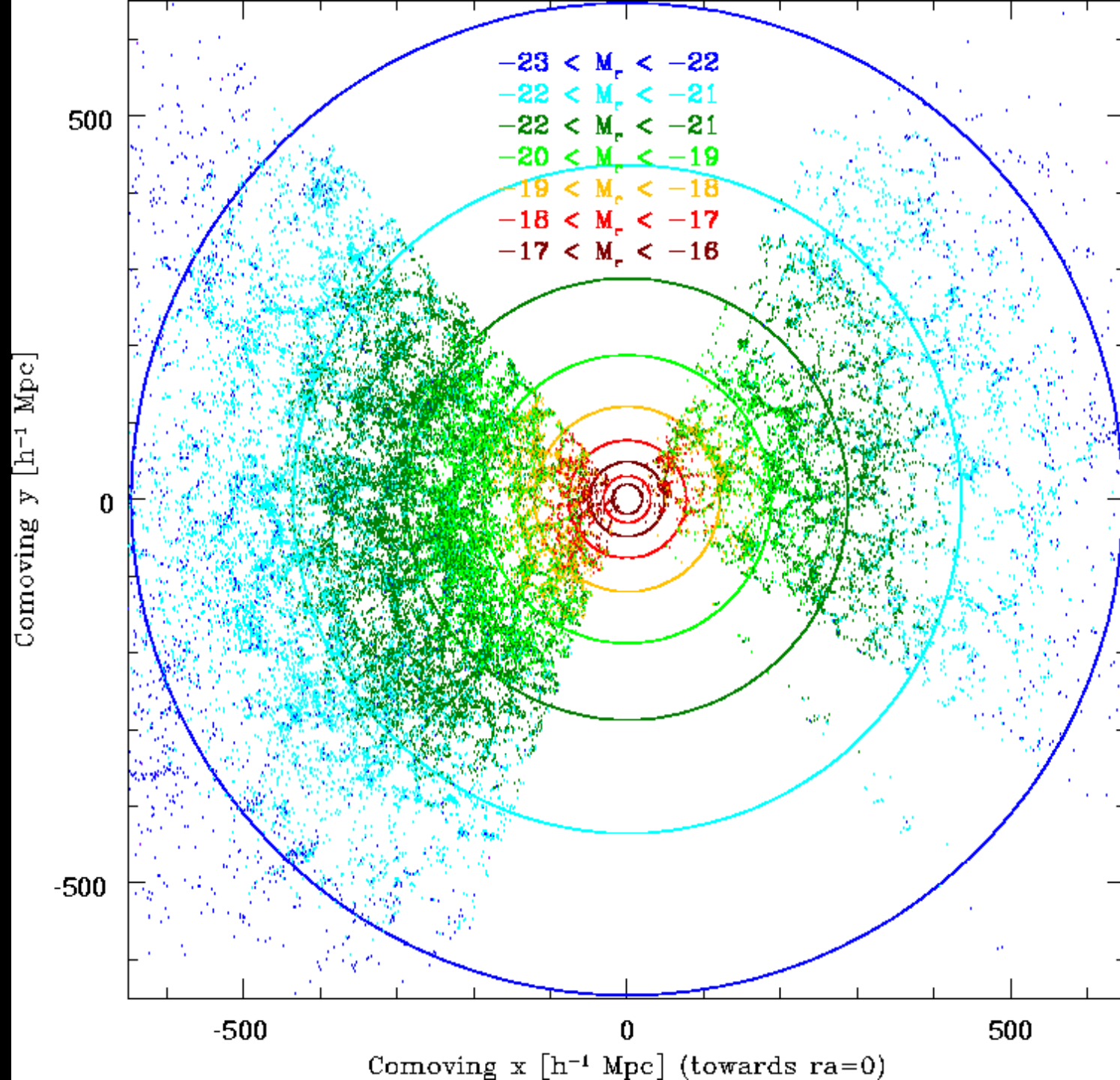
$$\Omega_{TOT} = \Omega_M + \Omega_\Lambda = 1.002 \pm 0.004$$

MÅLINGERNE TYDER PÅ, AT
DEN KOSMOLOGISKE KONSTANT
FAKTISK GIVER DET STØRSTE
BIDRAG!!



MÅLING AF GALAKSERNES FORDELING (SLOAN DIGITAL SKY SURVEY)



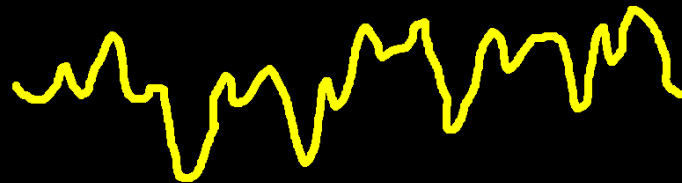


GALAKSERNES PLACERING I RUMMET KAN FORSTÅS UD FRA BIG BANG TEORIEN

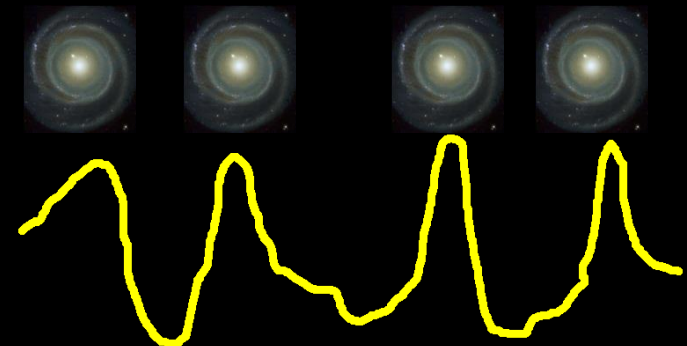
1: DET TIDLIGE UNIVERS
(BAGGRUNDSSTRÅLING)



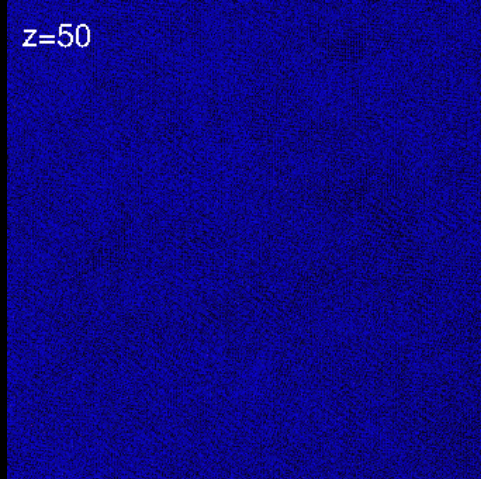
2: CA. 1 MIA. ÅR, DE FØRSTE
GALAKSER DANNES



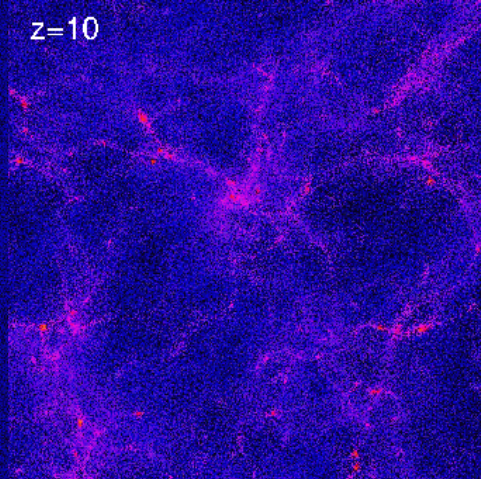
3: VORES NUVÆRENDE
UNIVERS



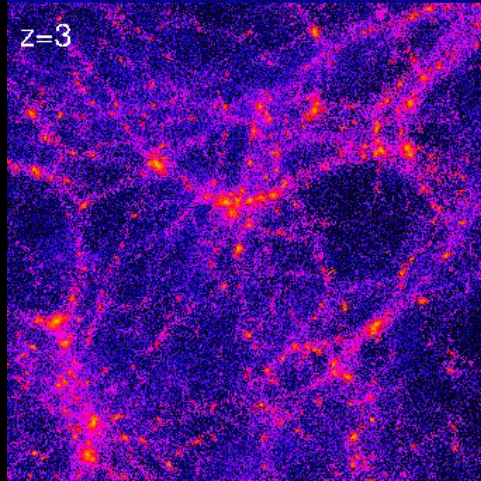
$z=50$



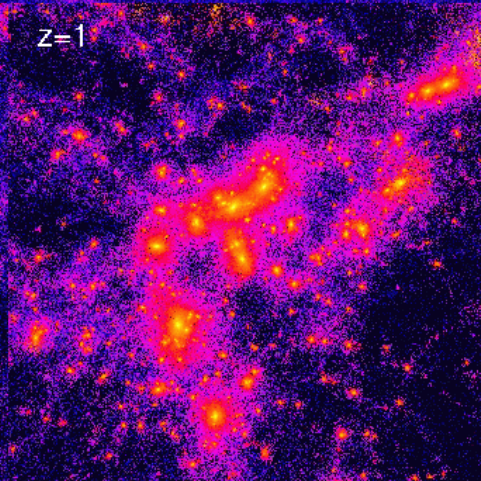
$z=10$



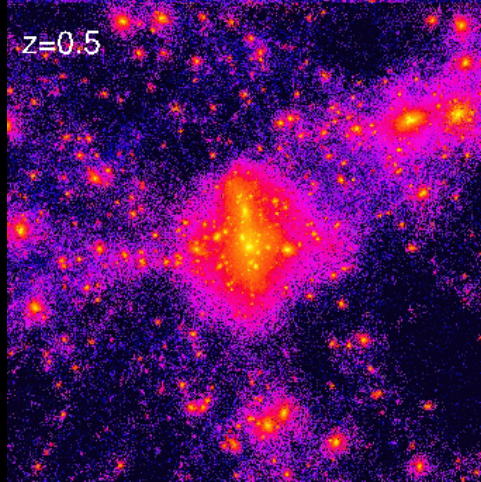
$z=3$



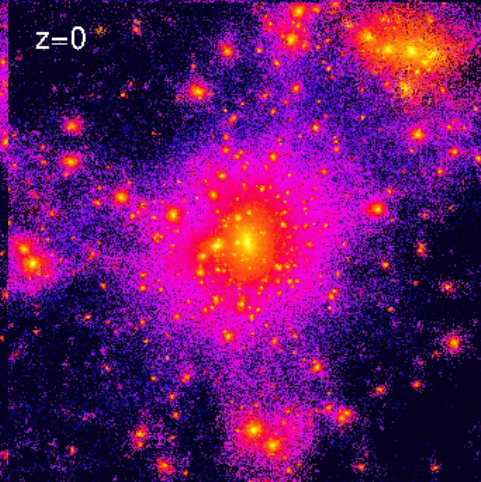
$z=1$



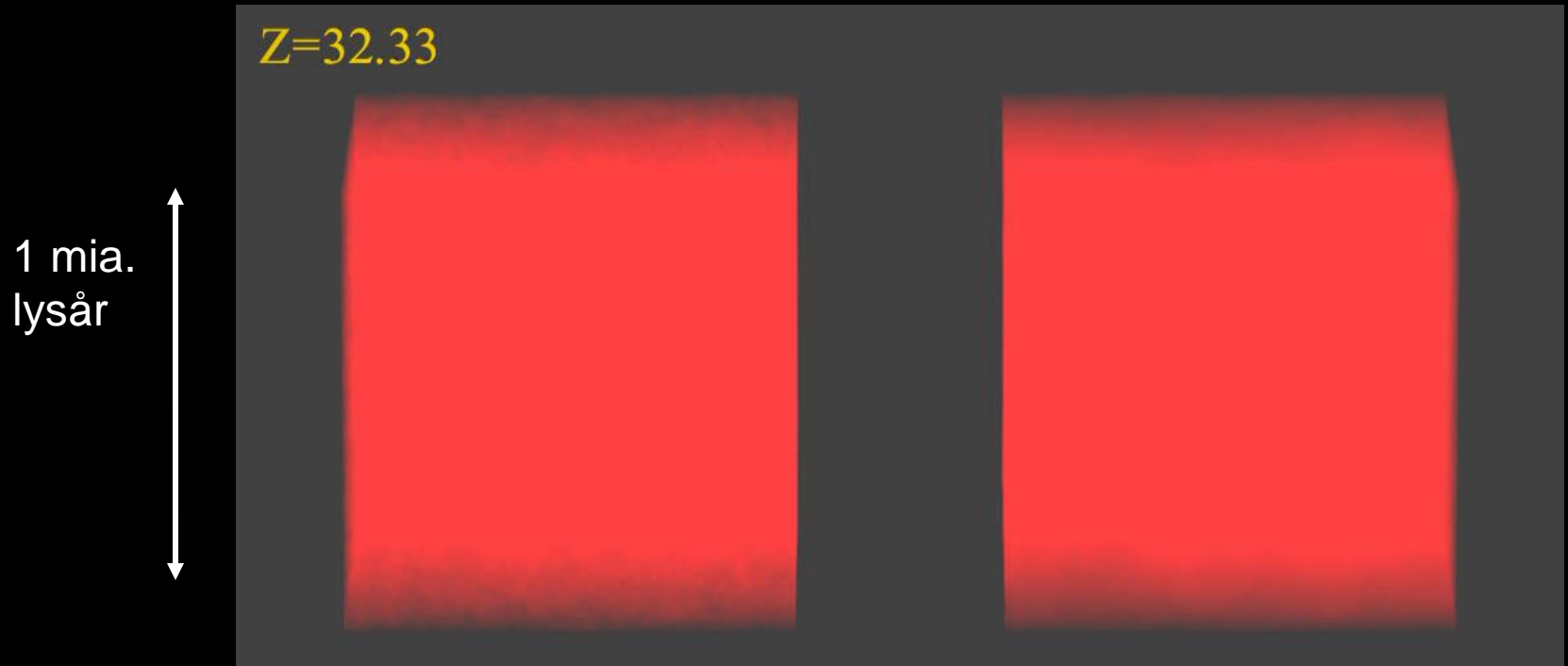
$z=0.5$



$z=0$



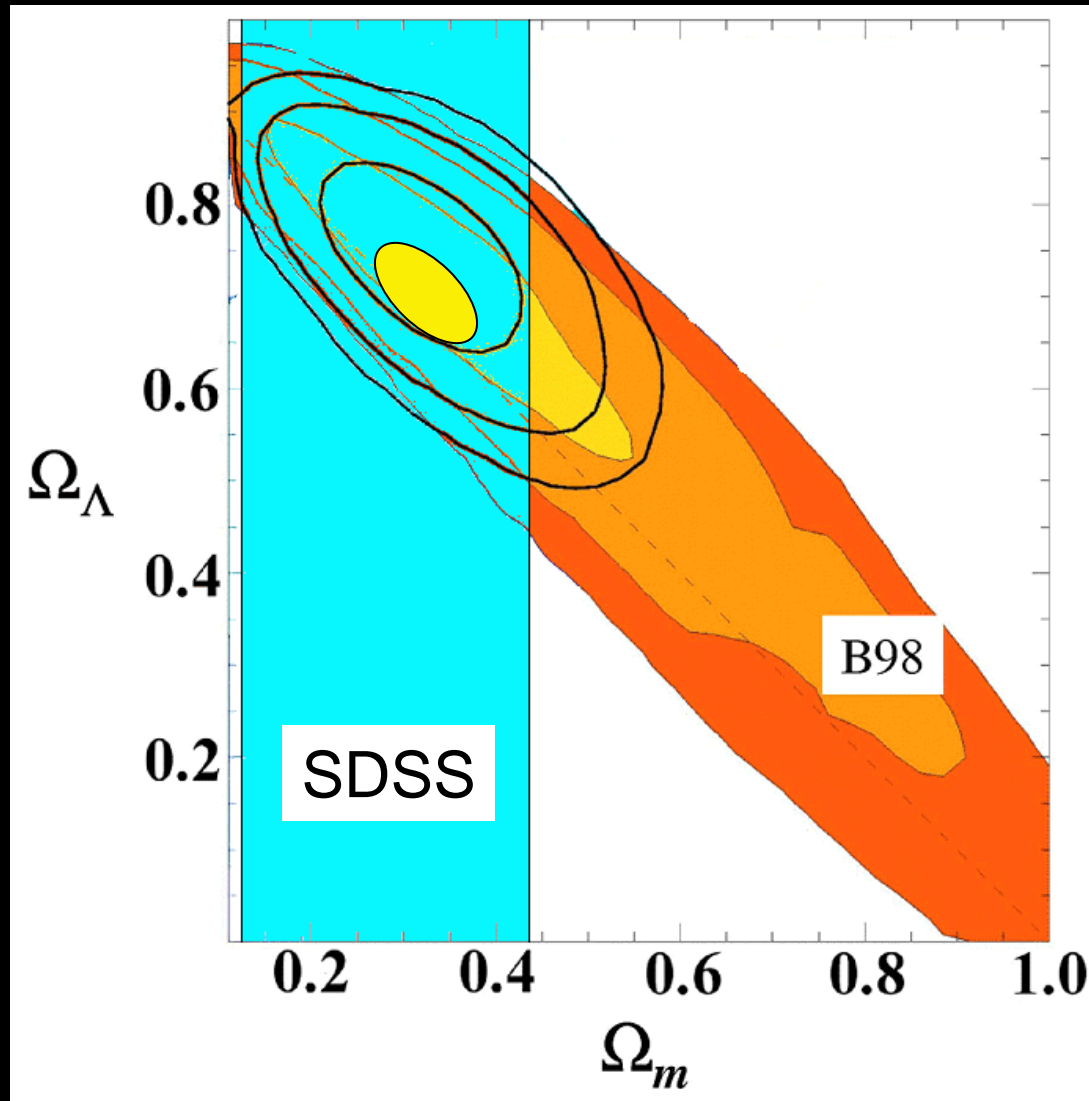
SIMULERING AF OMRÅDE AF DET SYNLIGE UNIVER
(udført på AU-supercomputer Grendel af Troels Haugbølle)
VISER DIREKTE NEUTRINOERS INDFLYDELSE PÅ DANNELSE
AF STRUKTURER



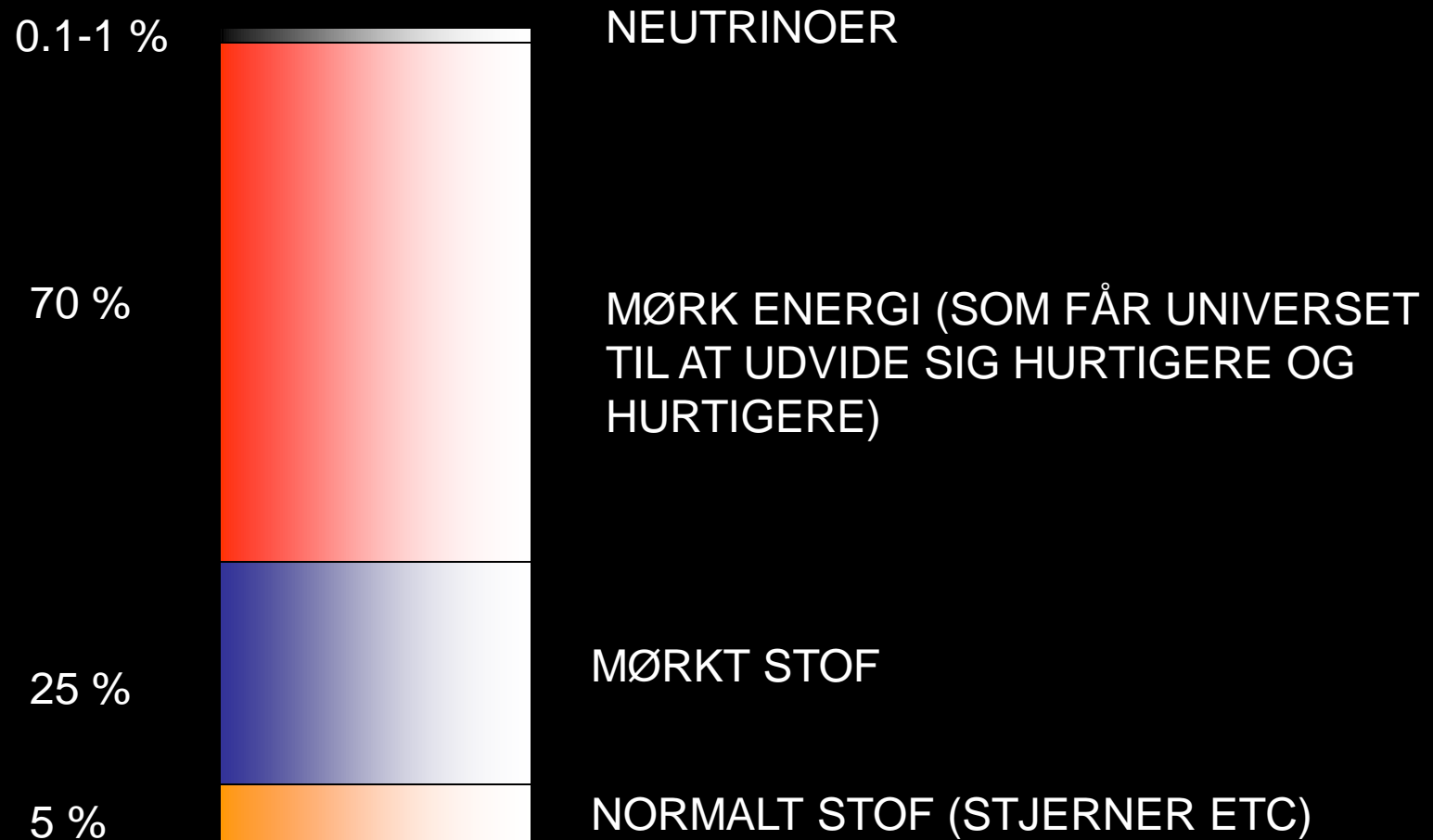
Masseløse neutrinoer

Neutrinomasse lig den
eksperimentelle øvre
grænse ($mc^2 = 2.3 \text{ eV}$)

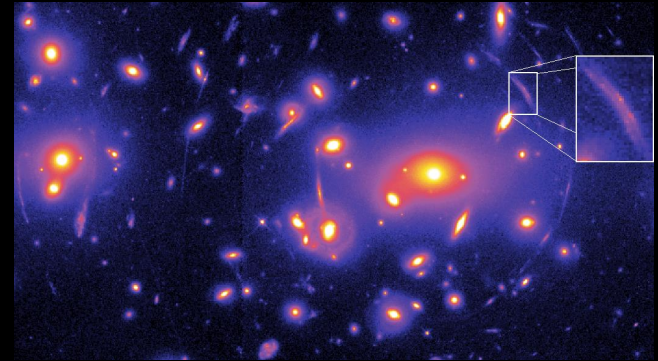
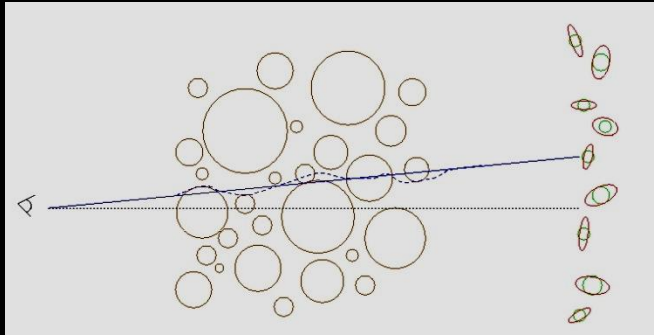
SDSS KAN MÅLE Ω_m : $\Omega_m = 0.27 \pm 0.08$



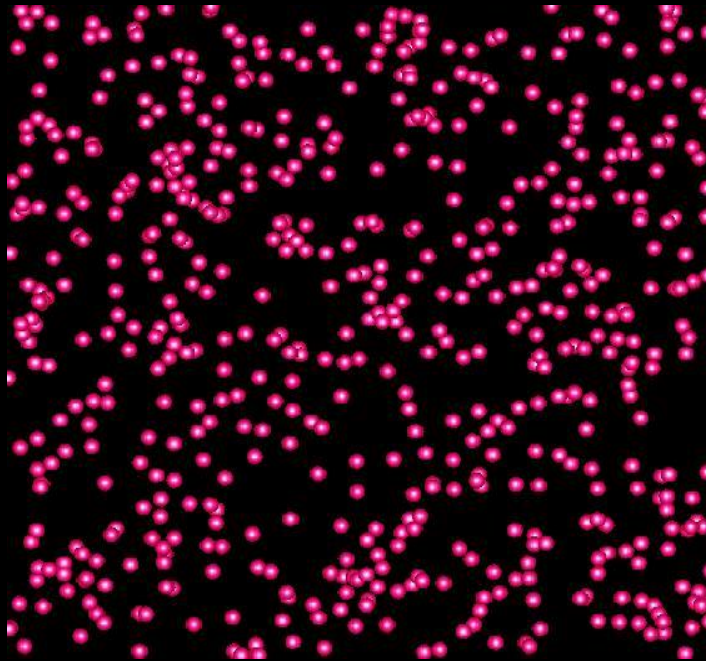
OBSERVATIONER ER NU SÅ PRÆCISE AT VI KENDER UNIVERSETS SAMMENSÆTNING MED EN PRÆCISION PÅ CA. 1 PROCENT



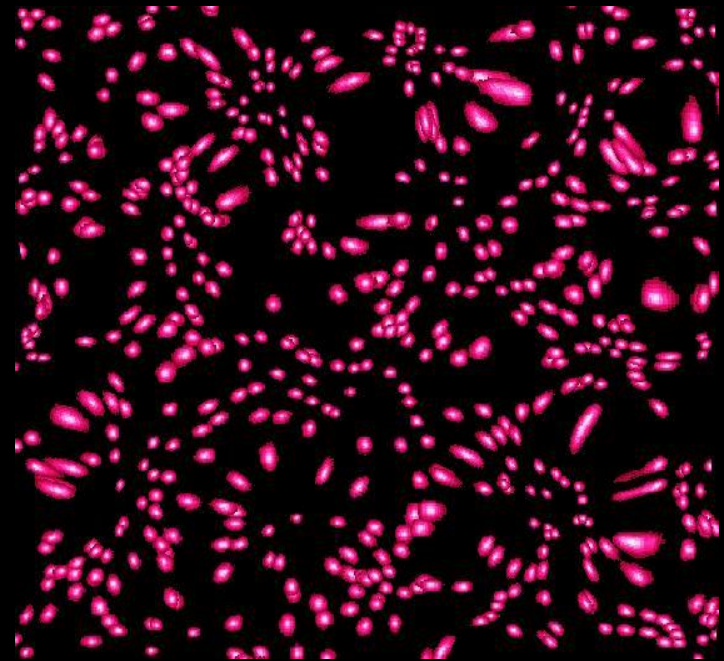
SVAG GRAVITATIONEL LINSE EFFEKT



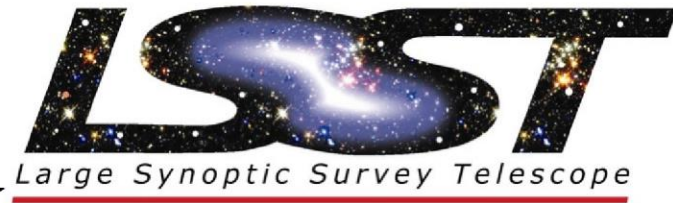
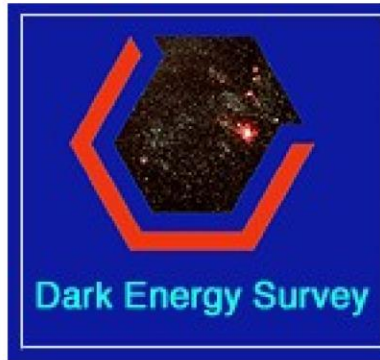
Distortion of background images by foreground matter



Unlensed



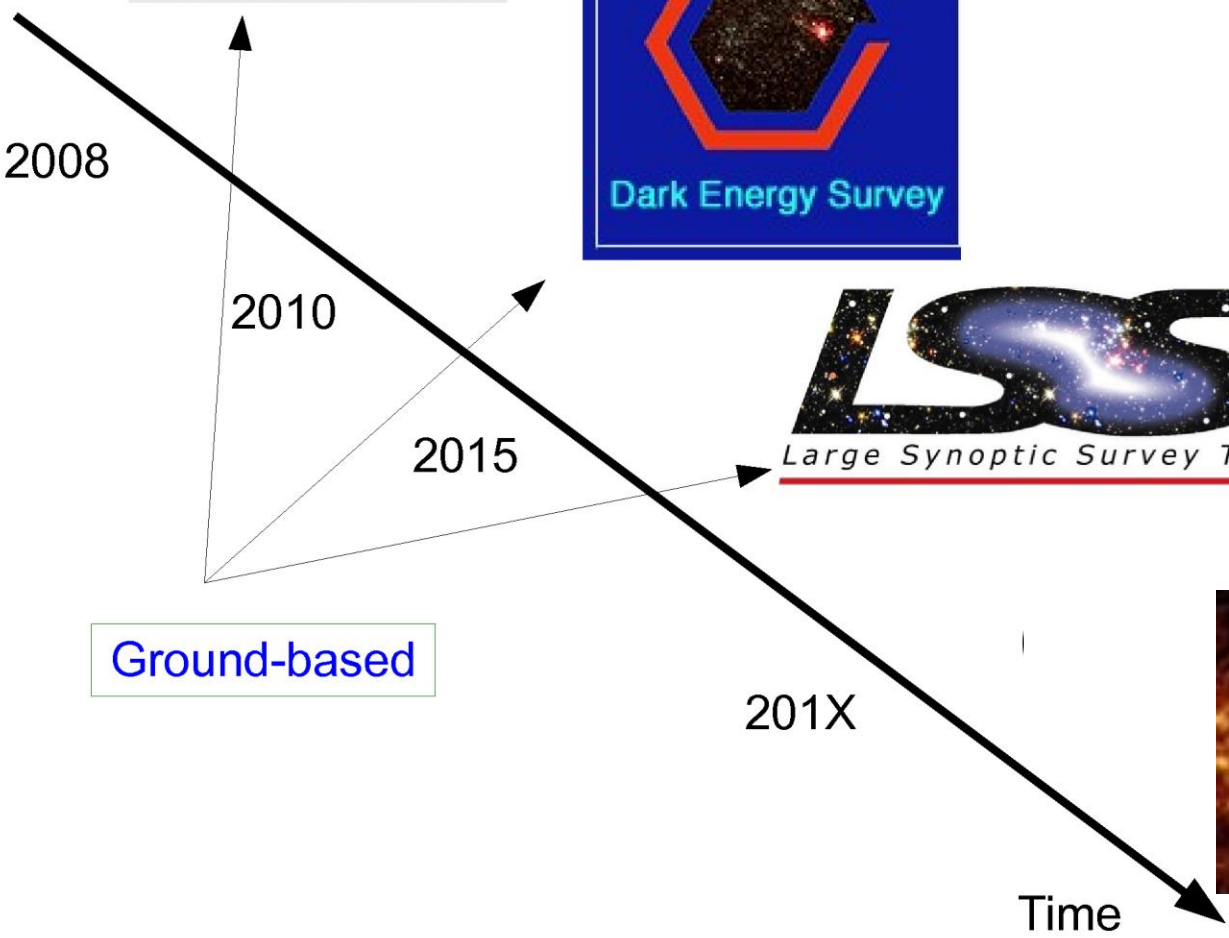
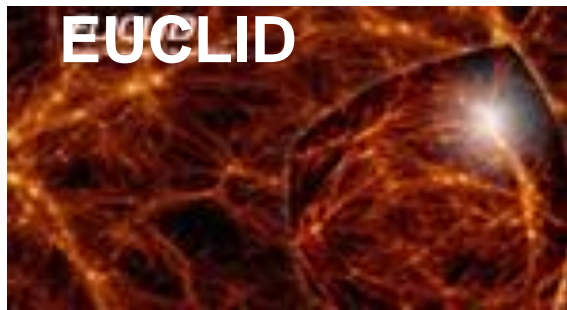
Lensed



Future surveys
with lensing capacity

Space-based

Ground-based



2008

2010

2015

201X

Time

DER ER STADIG MANGE ULØSTE SPØRGSMÅL:

1) HVAD ER DET MØRKE STOF?

2) HVAD ER DEN KOSMOLOGISKE KONSTANT?

3) HVORFOR BIDRAGER DE TO TING LIGE MEGET NETOP NU? (KOINCIDENSPROBLEMET)

4) HVOR KOMMER DE FØRSTE UJÆVNHEDER FRA?

5) HVORFOR ER UNIVERSETS GEOMETRI FLAD?

SVARENE SKAL FORMENTLIG FINDES I FYSIKKENS LOVE VED MEGET HØJE ENERGIER