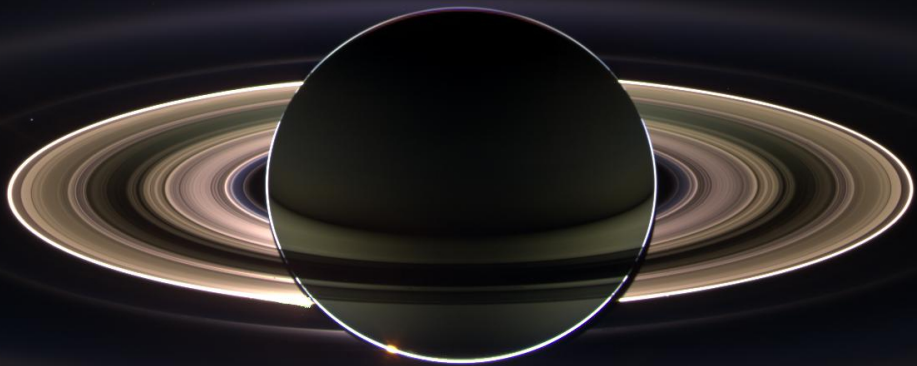


# Astrofysikkens gullalder

Jan Myrheim

Institutt for fysikk  
NTNU

17. januar 2008





# Avanserte bakketeleskop

Teoretisk grense for vinkeloppløsningen til et teleskop er

$$\text{vinkeloppløsning i radianer} = \frac{\text{bølgelengde av lyset}}{\text{diameter av lysåpningen}}$$

Med synlig lys betyr det 1 buesekund for 10 cm lysåpning.

For et større teleskop på bakken begrenses oppløsningen av turbulens i atmosfæren.

Adaptiv optikk er en teknikk for å oppheve denne begrensningen.

Hovedspeilet korrigeres kontinuerlig så en ledestjerne avbildes skarpt.

En laserstråle kan fungere som kunstig ledestjerne.

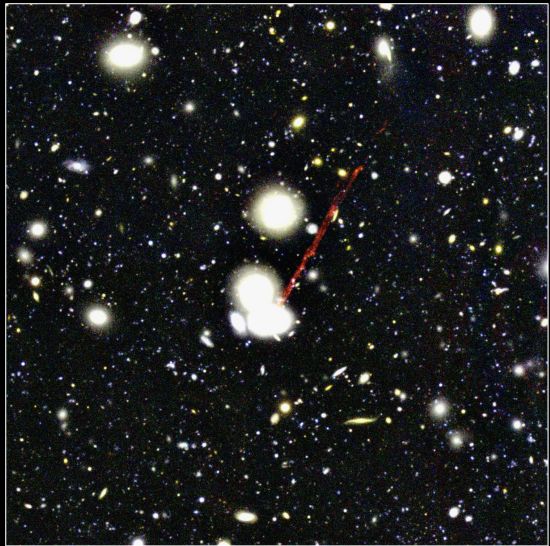
## Avanserte bakketeslekosk

- Keck (1993–). To 10 m teleskop på Hawaii.
- Hobby–Eberly (1999–). 9,2 m teleskop, lavkostprosjekt.
- SALT (2005–). 10 m, Sør-Afrikansk, kopi av Hobby–Eberly.
- Subaru (Sjustjernen) (1999–). Japansk 8,2 m teleskop på Hawaii.
- ESO VLT (1999–). European Southern Observatory Very Large Telescope i Chile. Fire 8,2 m og fire 1,8 m teleskop som kan operere hver for seg eller sammen.
- LBT (2005–). Large Binocular Telescope. To 8,4 m teleskop.
- GTC (2007–). 10,4 m teleskop på Kanariøyene.

En tråd av gass  
fra galaksen  
D100

En galaksehopp i  
avstand  
300 millioner  
lysår  
i stjernebildet  
Berenices Hår

Subaruteleskopet



D100 and its filament of ionized hydrogen gas

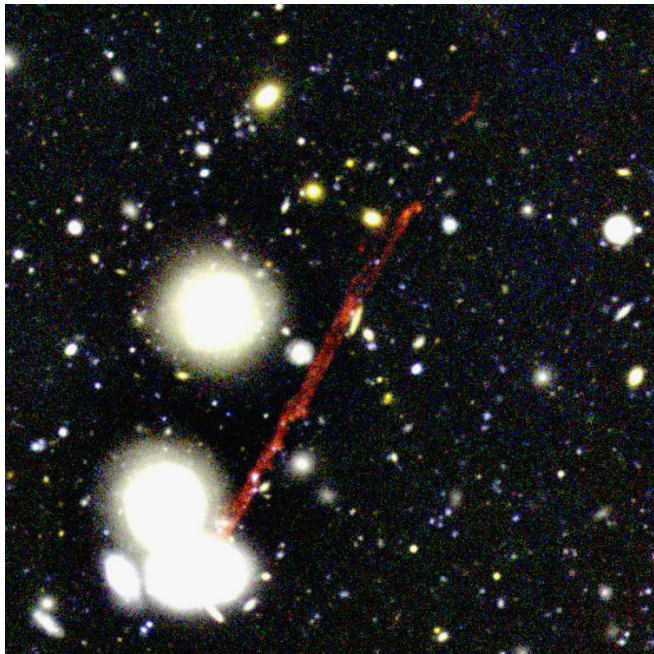
Subaru Telescope, National Astronomical Observatory of Japan

Copyright © 2007 National Astronomical Observatory of Japan. All rights reserved.

Suprime-Cam (H $\alpha$ , R, B)

March 5, 2007

Tråden er  
200 000 lysår  
lang og  
6 000 lysår  
tykk



# Radioastronomi

Karl Jansky og Grote Reber var pionerer i 1930-årene.  
Noen oppdagelser:

- Rotasjonsperioden til Merkur er 59 døgn,  $2/3$  av omløpsperioden på 88 døgn (1965).
- Venus kartlagt med radar.
- Den kosmiske mikrobølgestrålingen (1965).
- Kvasarer: massive svarte hull i sentrum av galakser (?) ( $\sim 1960$ ).
- Radiogalakser, mindre ekstreme enn kvasarer.
- Pulsarer: nøytronstjerner (1967).  
Dobbelpulsarer, millisekundpulsarer, sekundpulsarer
- De første planetene utenfor solsystemet, i bane rundt en pulsar (1992).

Astronomiske radiosignaler kan i mange tilfeller forklares som *synkrotronstråling* fra elektroner som beveger seg fort i et magnetfelt.

# Radioastronomi

$$\text{vinkeloppløsning} = \frac{\text{bølgelengde}}{\text{diameter}}$$

Typisk bølgelengde: 21 cm stråling fra nøytralt hydrogen,  
40 000 ganger bølgelengden til synlig lys.

Typisk diameter:

- 305 m for antennen i Arecibo i Puerto Rico, i drift fra 1963.  
Ikke parabolisk, men sfærisk.
- 36 km for VLA (Very Large Array i New Mexico, USA, fra 1980).  
27 parabolantenner, hver 25 m i diameter.
- 9 000 km med VLBA (Very Long Baseline Array: flere radioteleskop  
fra Hawaii til østkysten av USA, fra 1993).

Bølgelengde 5 mm og diameter 10 000 km gir 0,000 01''. Slå den!

Avbøyningen i gravitasjonsfeltet fra Sola, 90° fra Sola,  
er 200 ganger så stor.



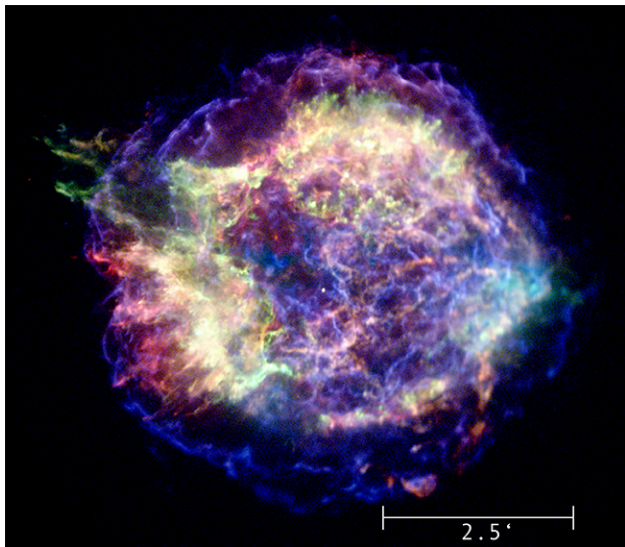




Cassiopeia A,  
røntgenstråling.

Fargekode:  
3 bølgelengder.

1 million  
sekunder  
eksponering  
med  
Chandra-  
teleskopet,  
2004.

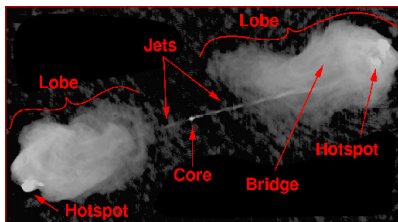


# Titusener radioaktive drager

Mer enn 99 000 av de sterkeste 100 000 radiokildene på himmelen er av typen DRAGN:

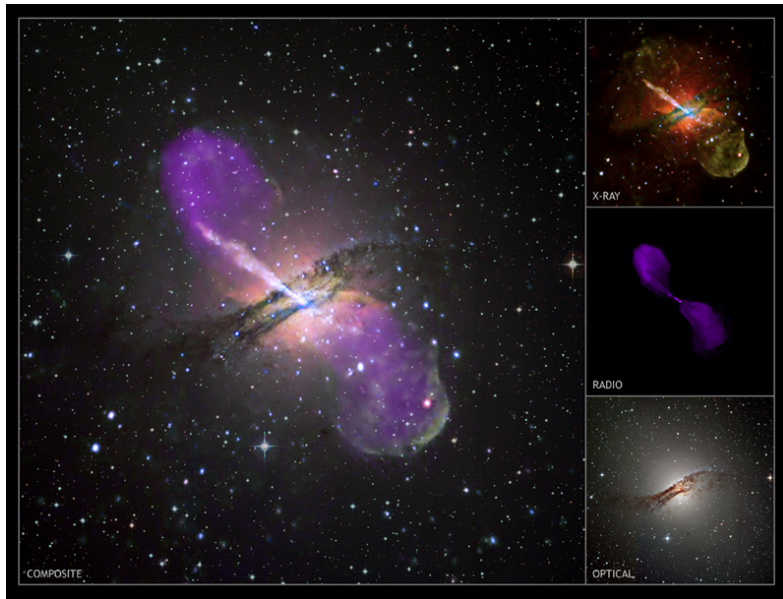
Double Radiosource Associated with Galactic Nucleus.

Her Cygnus A, den tredje sterkeste radiokilden på himmelen:



Avstand 700 millioner lysår – den nærmeste kvasaren.

En typisk DRAGN gjør lite av seg, unntatt i radiobølgeområdet.



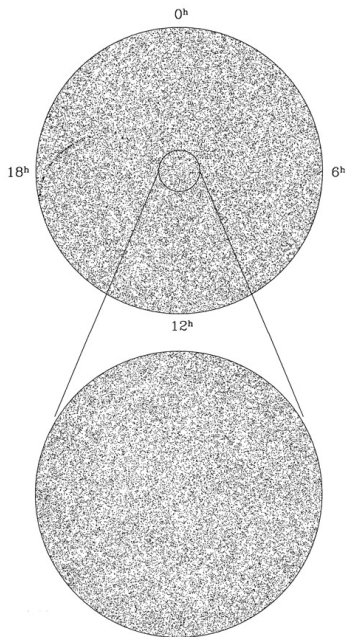
Centaurus A, NGC 5128, den nærmeste radiogalaksen, avstand 15 millioner lysår. Her i røntgen, radio og synlig lys.

Øverst: de 40 000 sterkeste radiokilder på nordhimmelen.

Nederst: like mange radiokilder innenfor  $15^\circ$  fra nordpolen.

To klare konklusjoner:

- 1) De er langt utenfor Melkeveien.
- 2) Universet er homogent på så stor skala.



# Romteleskop

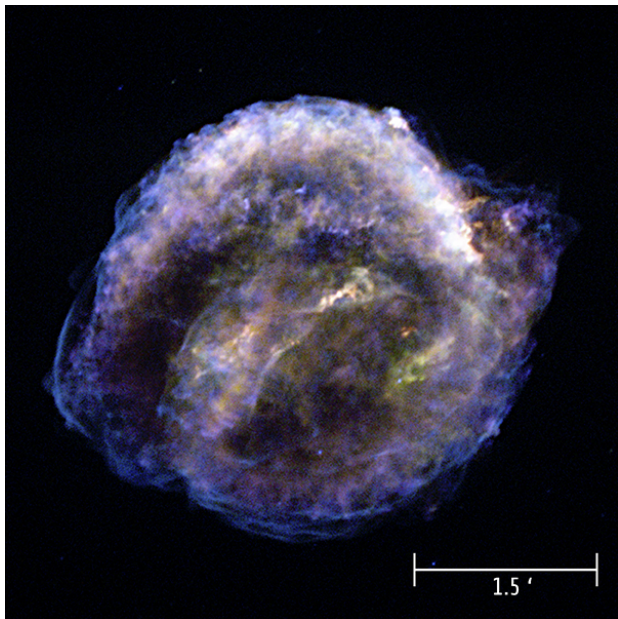
- Hipparcos (1989–93). Målte avstander (parallakser) til stjerner.
- Hubble (1990–). 2,4 m diameter speil.
- Spitzer (2003–). Infrarødt lys. 85 cm teleskop.
- COROT (2007–). Småplanetsøk, stjerneseismologi.
- James Webb romteleskop (2013–). 6,5 m speil.

# Romteleskop II

- Røntgenteleskop
  - Uhuru (1970–73).
  - Rosat (1990–99).
  - BeppoSAX (1996–2003).
  - Chandra (1999–).
  - XMM Newton (1999–).
- Gammateleskop
  - Compton (1991–2000).
  - INTEGRAL (2002–2012). Studerer gammaglimt.
  - SWIFT (2004–). Studerer gammaglimt.
  - GLAST (2008–).

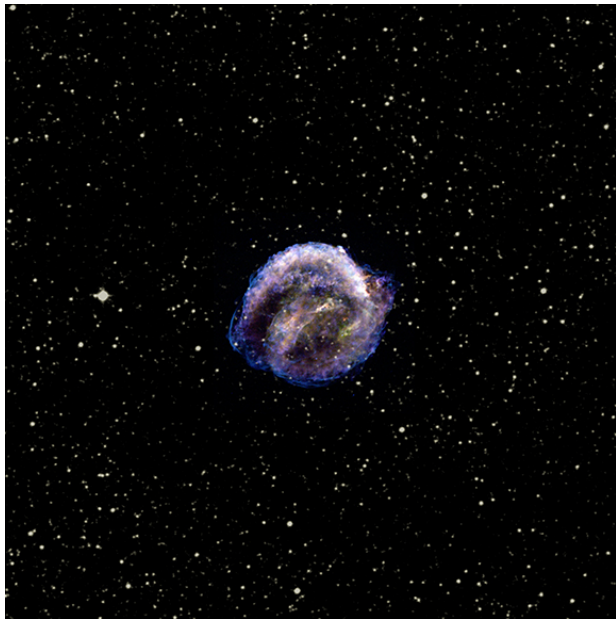
Levning  
etter  
Keplers  
supernova,  
1604.

Chandra-  
teleskopet,  
2006.



Keplers  
supernovarest.

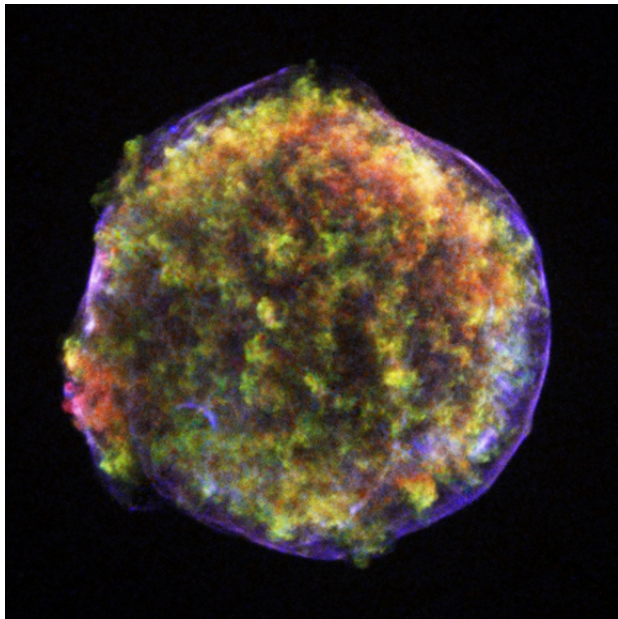
Røntgen og  
synlig lys.





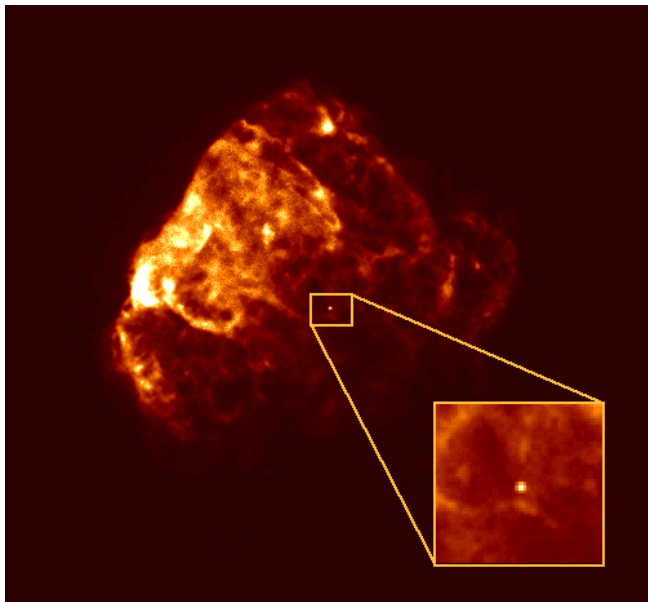
Levning  
etter  
Tycho Brahes  
supernova,  
1572.

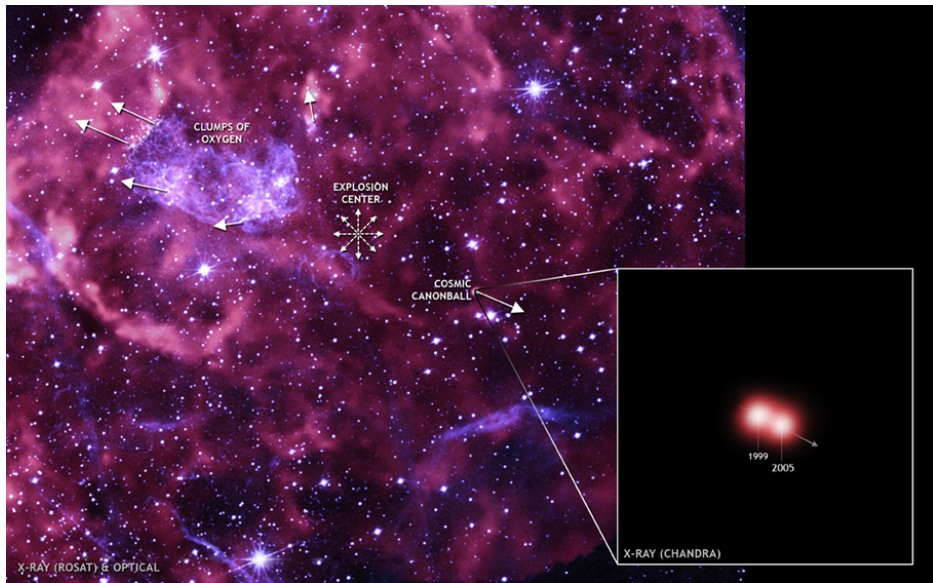
Chandra-  
teleskopet,  
2006.



Puppis A,  
supernovarest  
fra 1380.

Rosat, 1994.





Puppis A. Rosat og Chandra.

# Romteleskop for mikrobølger

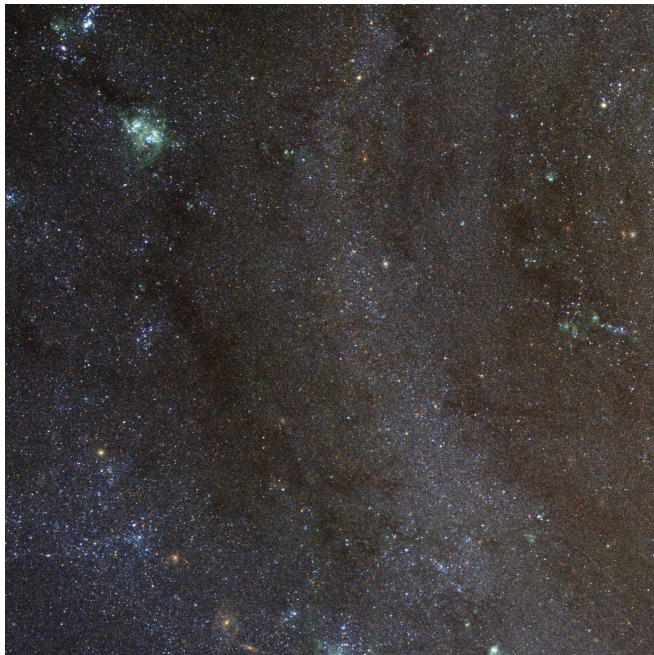
- RELIKT 1 (1983). Sovjetisk satellitt, målte den kosmiske bakgrunnstrålingen.
- COBE (1989–93). COsmic Background Explorer. Fant anisotropi på  $10^{-5}$  i den kosmiske bakgrunnstrålingen. Belønnet med Nobel-prisen 2006.
- WMAP (2001–09). Wilkinson Microwave Anisotropy Probe. Måler bakgrunnstrålingen med nøyaktighet  $10^{-6}$  og vinkelopløsning 0,3 grader. Måler også polarisasjon.
- Planck (2008–).

# Konklusjoner fra WMAP

- Universet er  $13,7 \pm 0,2$  milliarder år gammelt
- Og består av
  - 4% ordinær materie (som vi er laget av)
  - 22% mørk materie av helt ukjent type
  - 74% mørk energi, av enda mer ukjent type, som akselererer ekspansjonen av Universet



Utsnitt av M81







Sentrum av  
M51

Avstand 37  
millioner lysår



Ved siden av  
M51





M51 med supernova 2005cs. Jon Christensen (Arizona), 1/7 2005.

Galaksehopen  
ZwCl0024+1652

Avstand  
5 milliarder  
lysår

Gravitasjonslinse  
som avbilder  
fjernere galakser

Hubbleteleskopet



Galaksehopen  
ZwCl0024+1652

Beregnet  
fordeling av  
mørk materie,  
vist i blått.





## Hoags objekt

Avstand  
600 millioner  
lysår

En ringgalakse  
og en til lenger  
borte

Hubbleteleskopet



# Hubble Ultra Deep Field

1/10  
månediameter

1 million  
sekunder  
eksponering

10 000 galakser



# Hubble Ultra Deep Field

Utsnitt

