



Troels C. Petersen

Lektor i partikelfysik, Niels Bohr Institutet

FRA  
BIG BANG  
TIL  
MODERNE MENNESKE

Big Bang til Naturfag, 6. august 2018

# Skabelsesberetninger...



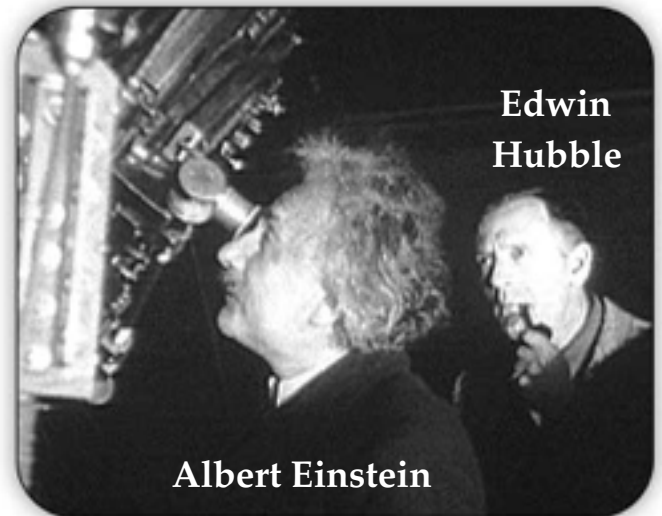
# Tidlig forestilling om vores verden



13.8 milliarder år siden...

**Big Bang**

# Hubbles opdagelse (1929)



Edwin  
Hubble

Albert Einstein

# Hubbles opdagelse (1929)

Velocity-Distance Relation among Extra-Galactic Nebulae.

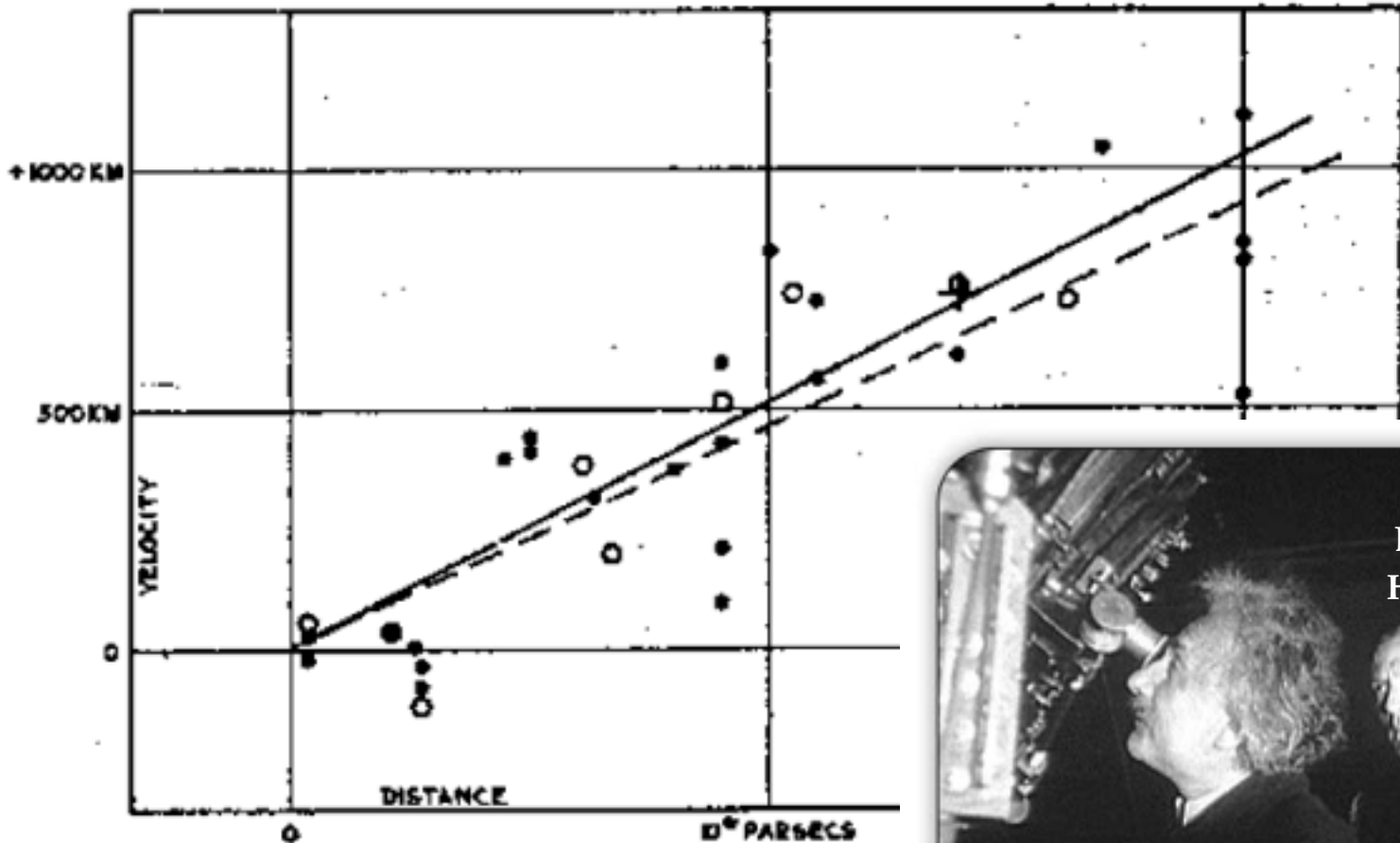
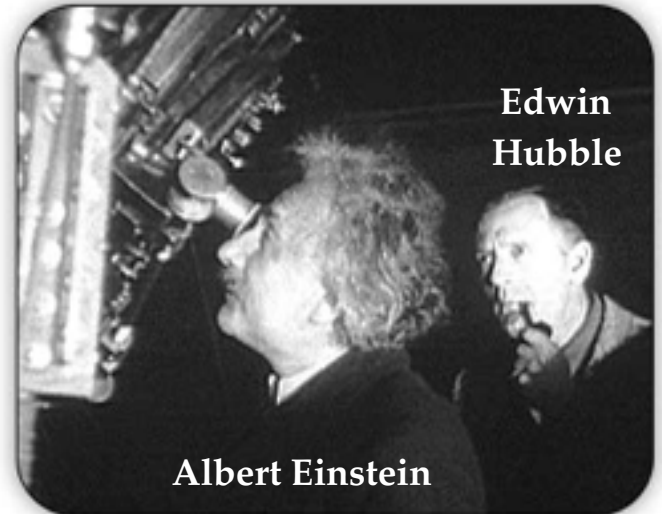


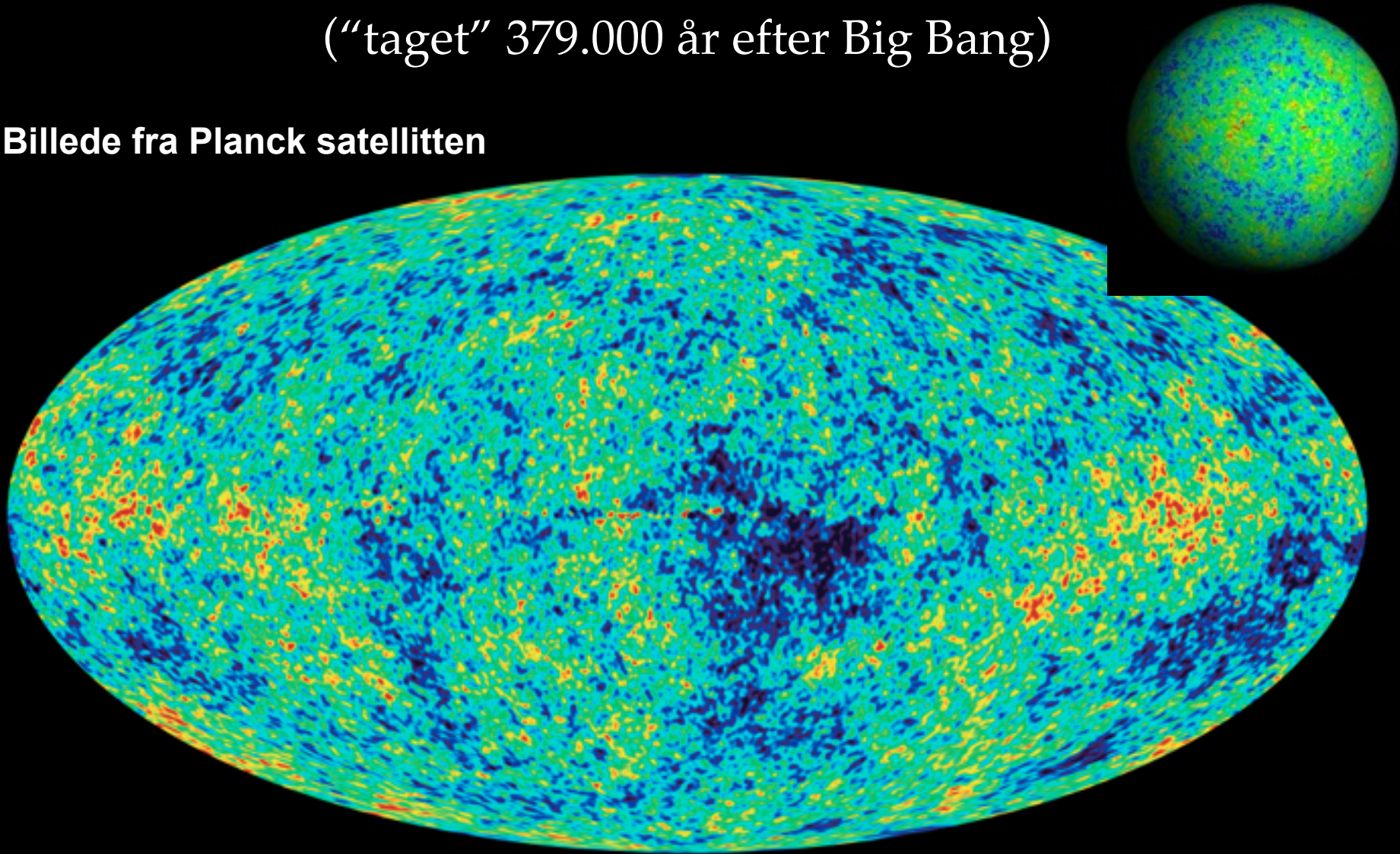
FIGURE 1



# Første billede af Universet

(“taget” 379.000 år efter Big Bang)

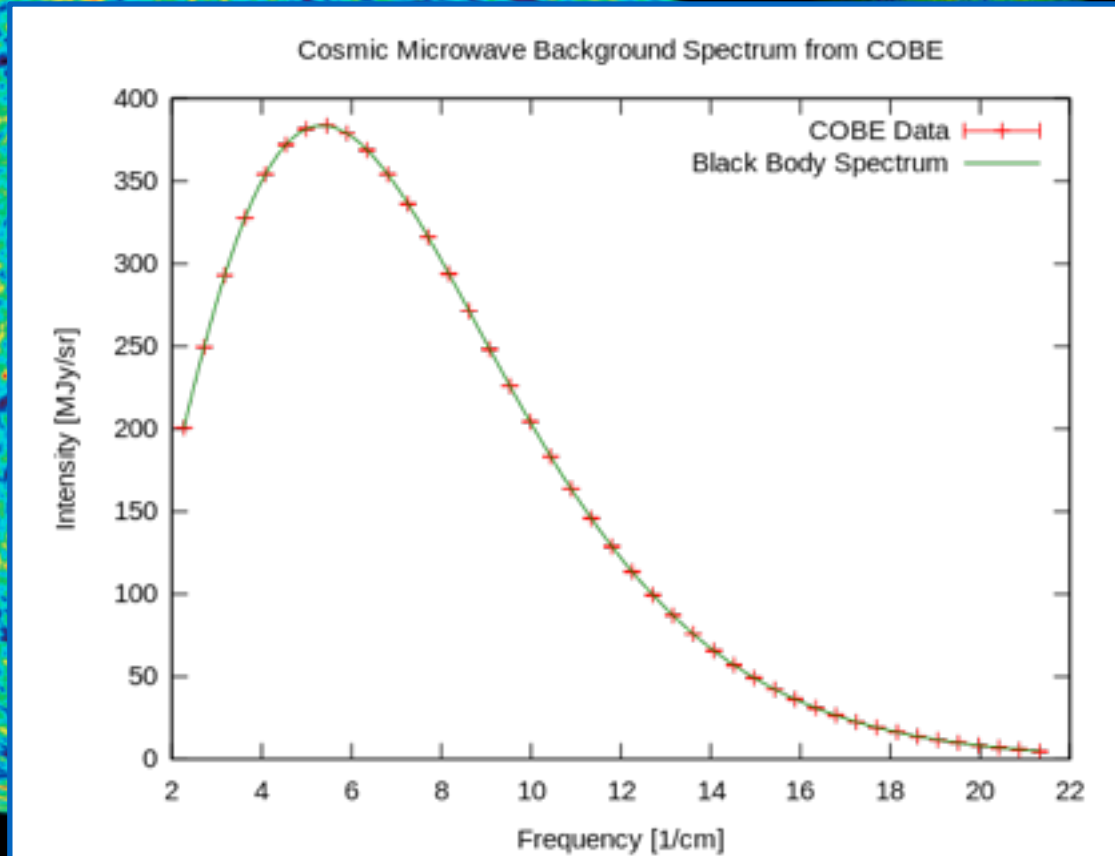
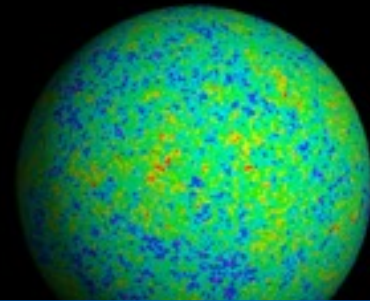
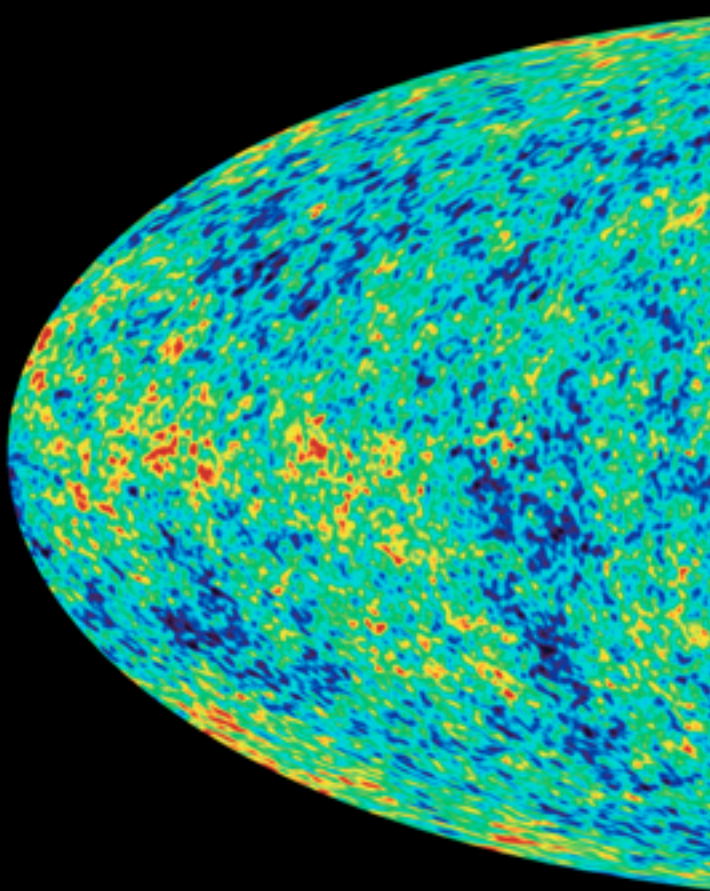
Billede fra Planck satellitten



# Første billede af Universet

(“taget” 379.000 år efter Big Bang)

Billede fra Planck satellitten

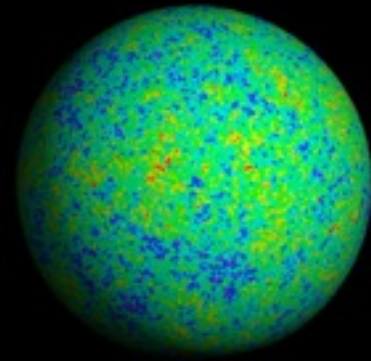




# Første billede af Universet

(“taget” 379.000 år efter Big Bang)

Billede fra Planck satellitten



1% af støj på et TV er  
ekkoet fra Big Bang.



# Universets historie

Første atomer  
379.000 år

Udviklingen af galakser, planeter, etc.

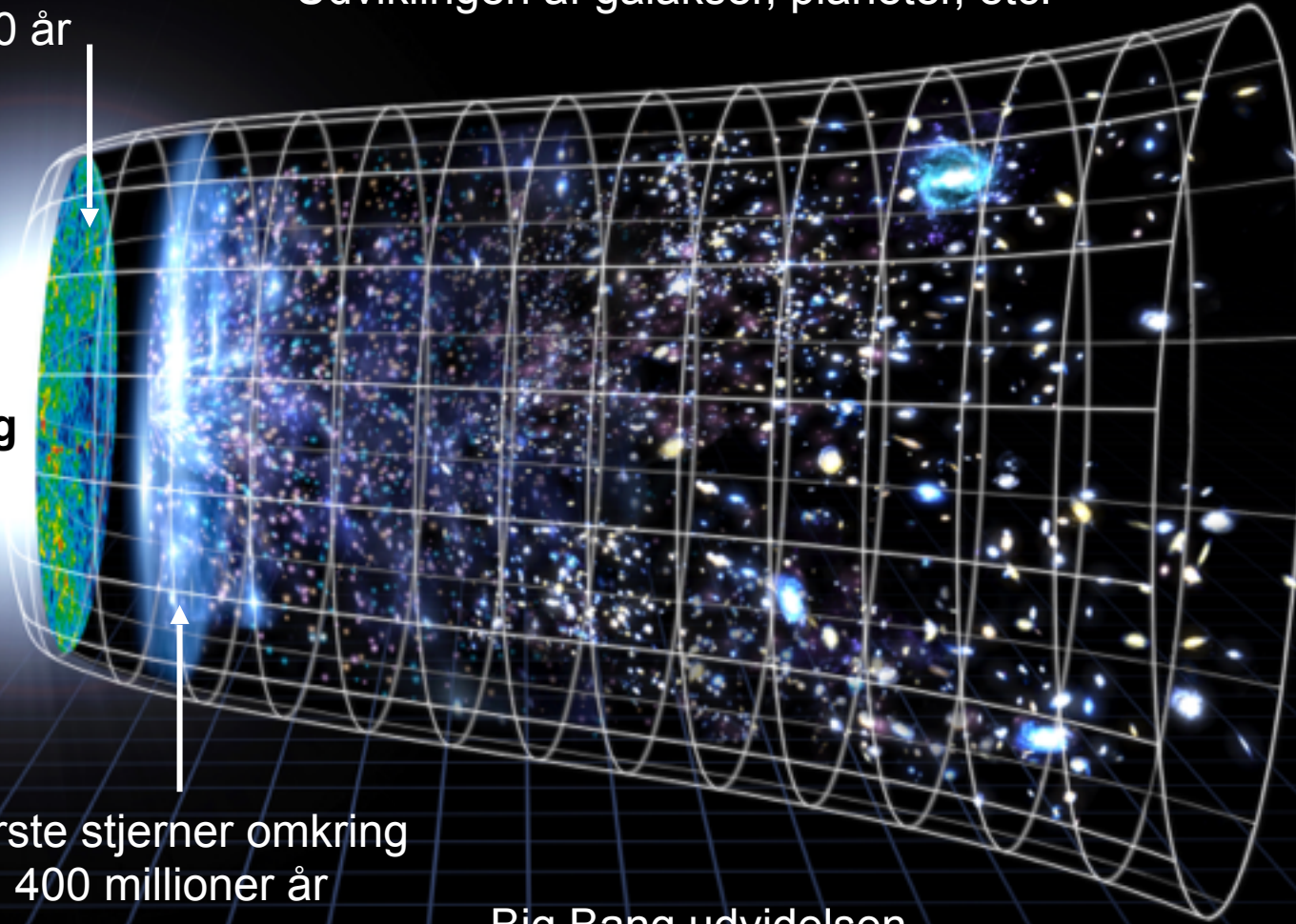
**Big Bang**

Første stjerner omkring  
400 millioner år

Big Bang udvidelsen

13.8 milliarder år

Hubble-  
teleskopet



# Stjerner og galakser dannes

400 millioner år efter Big Bang



# Stjerner og galakser dannes

400 millioner år efter Big Bang

Antal galakser i universet:

~ 300.000.000.000

Antal stjerner i en typisk galakse:

~ 300.000.000.000

# Stjerner og galakser dannes

400 millioner år efter Big Bang

Antal galakser i universet:

~ 300.000.000.000

Antal stjerner i en typisk galakse:

~ 300.000.000.000

Antal planeter om en typisk stjerne?

# Jagten på exoplaneter

Fem metoder til at detektere exoplaneter:

**Søg efter formørkelser**

Transit (2900 planeter)

**Kig efter stjerners svingninger**

Radial hastighed (660 planeter)

**Tag billeder**

Direkte observation (44 planeter)

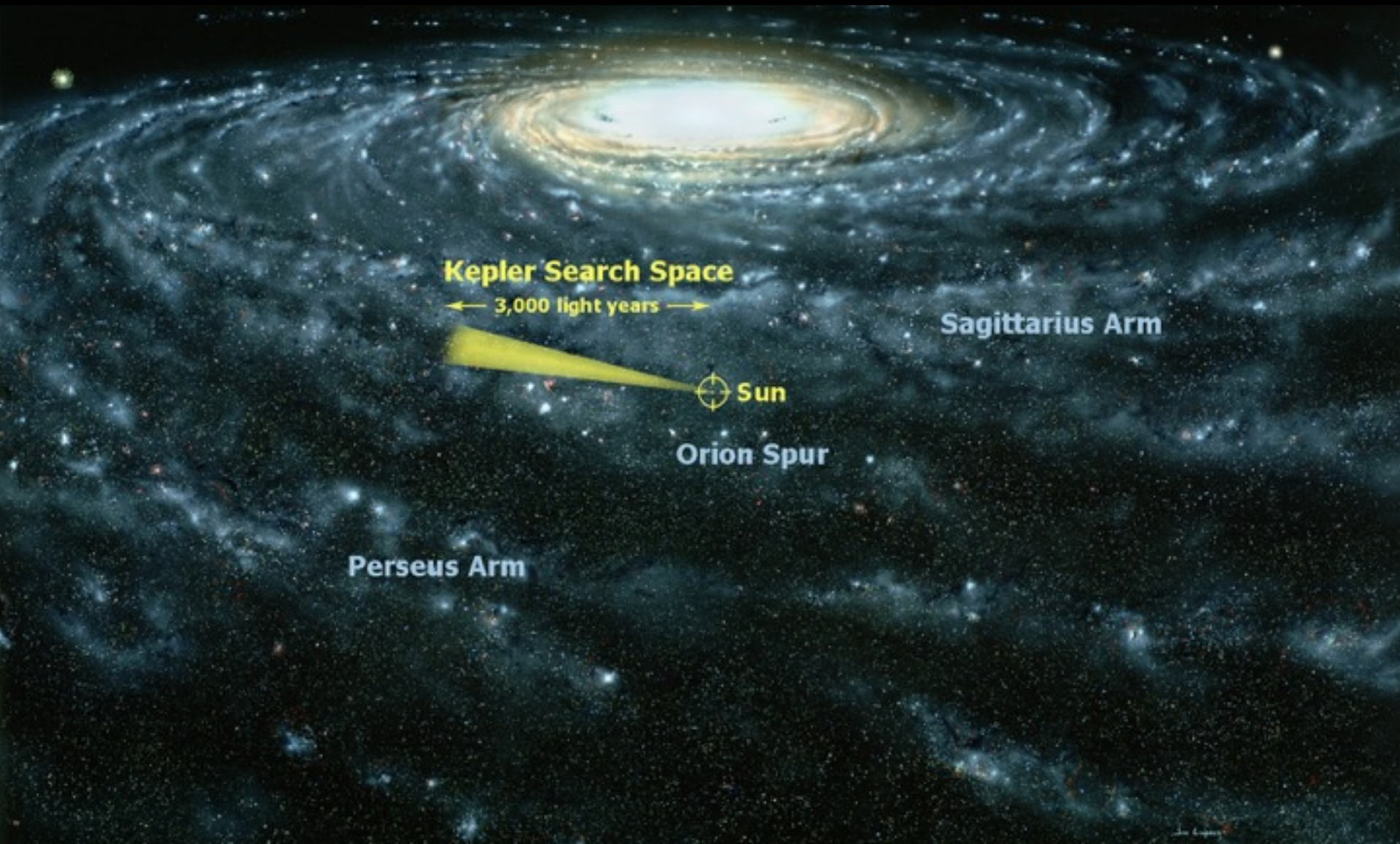
**Brug gravitationelle linser**

Gravitationelle mikrolenser (56 planeter)

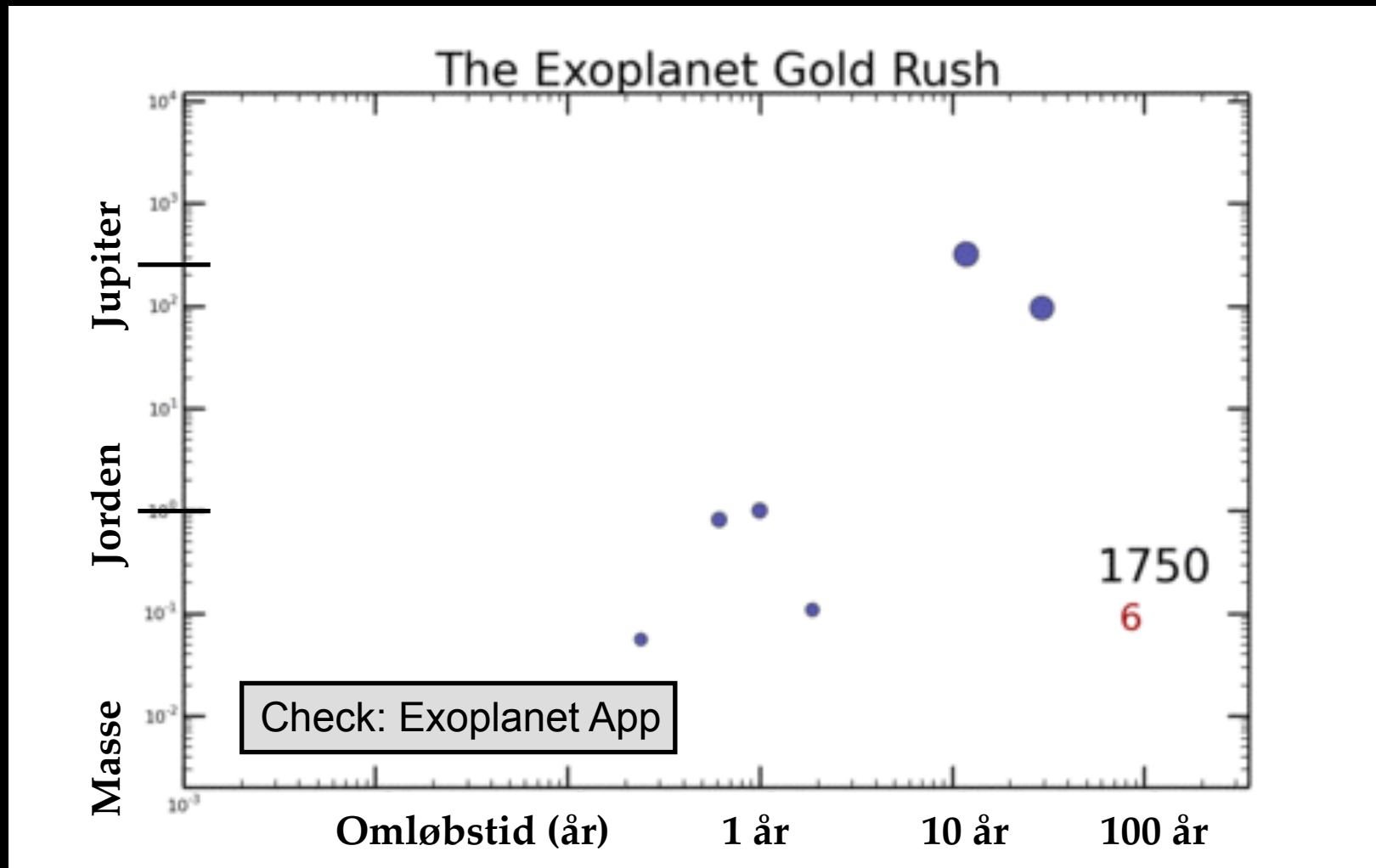
**Se efter mikroskopiske stjerne-bevægelser**

Astrometri (1 planet!)

# Planeter i Mælkevejen



# Opdagelsen af planeter



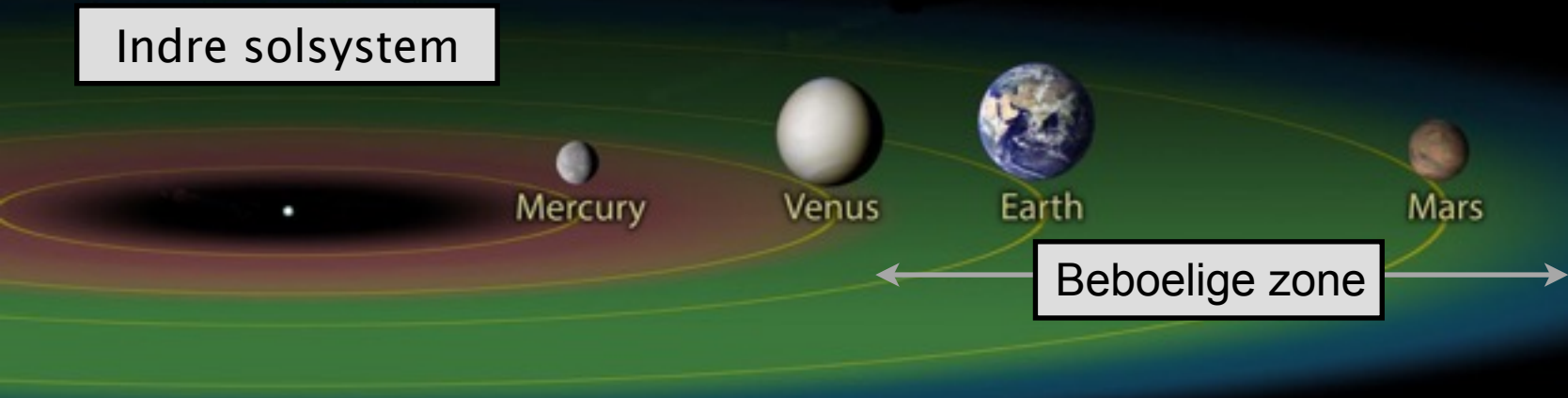
På Jorden kan man se **seks planeter** med det blotte øje...



# Potentielt beboelige planeter?



# Den beboelige zone



# Den beboelige zone

Indre solsystem

Mercury

Venus

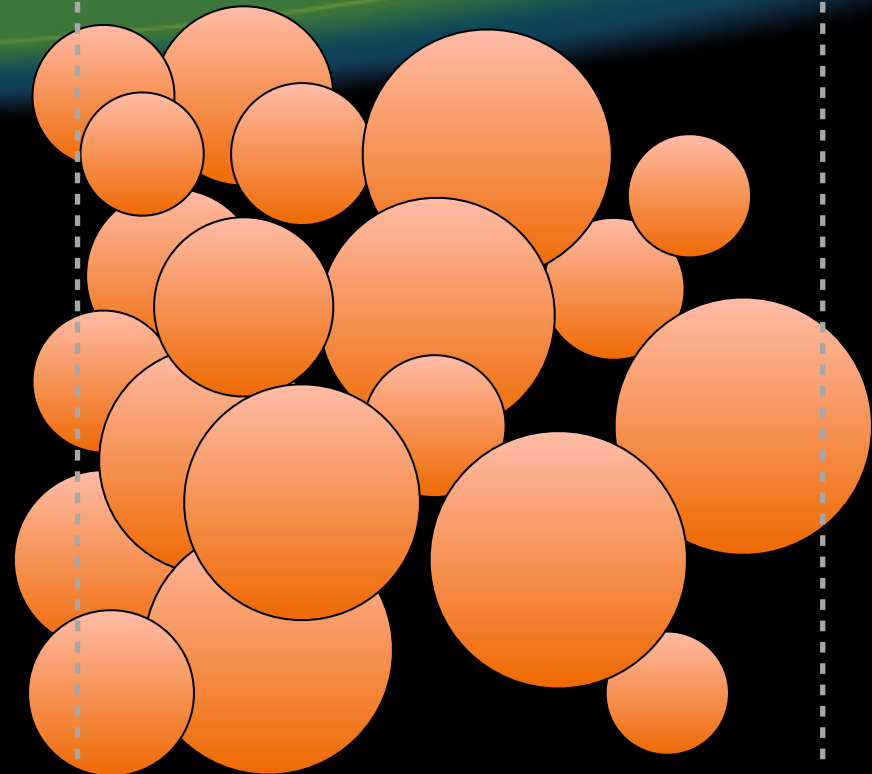
Earth

Mars

Beboelige zone



Verificerede exoplaneter fundet i beboelige zoner



# Stjerner og galakser dannes

400 millioner år efter Big Bang

Antal galakser i universet:

~ 300.000.000.000

Antal stjerner i en typisk galakse:

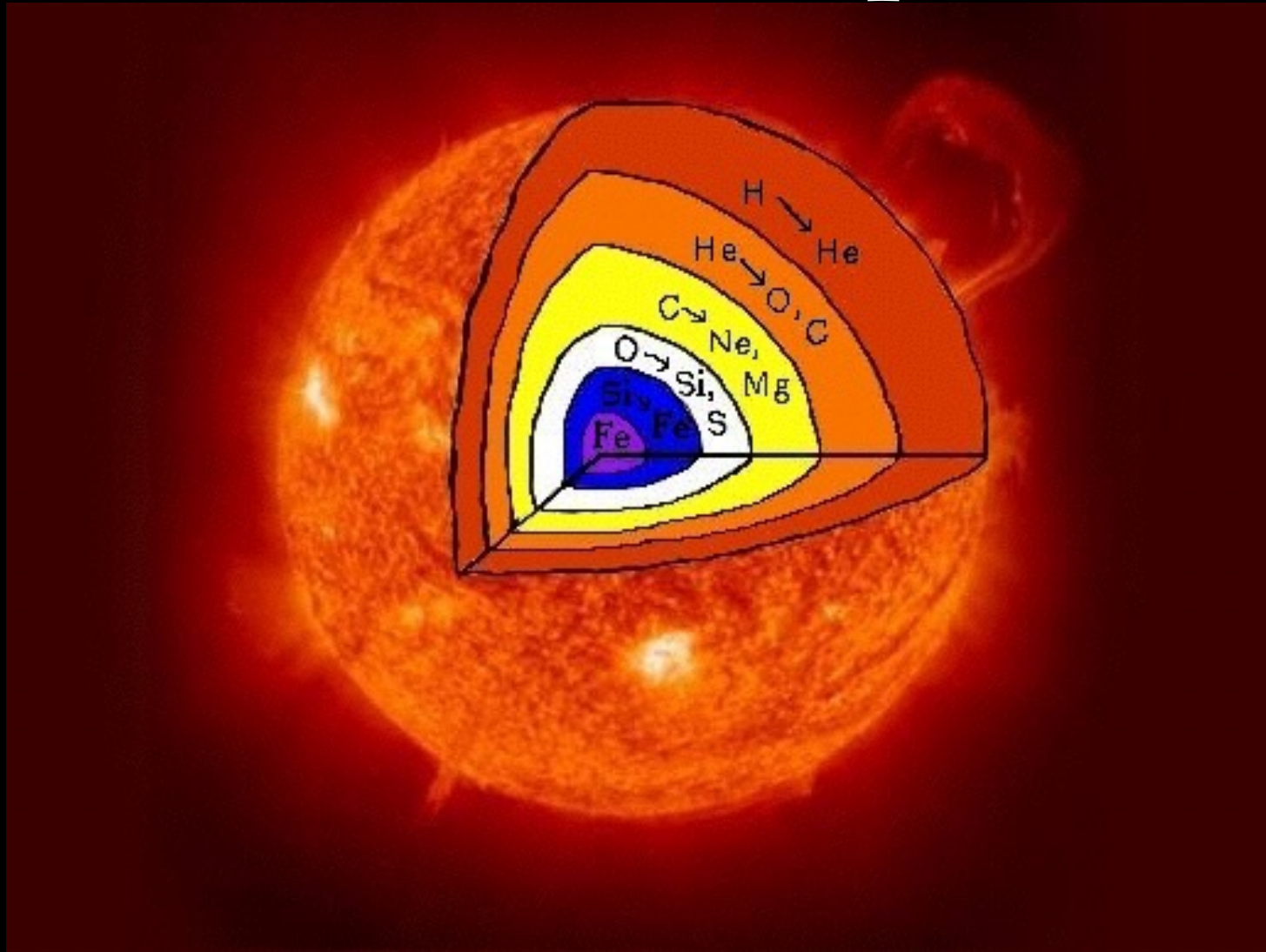
~ 300.000.000.000

Antal planeter om en typisk stjerne?

~ 1-10

Med mulighed for liv: 0.1-1

# Grundstoffernes oprindelse



De tungere grundstoffer opstår, når stjerner "brænder" videre fra helium.  
Fred Hoyle: *"Synthesis of the elements between carbon and nickel"* (1954).

# Grundstoffernes oprindelse

Legend																	
Big Bang (B)	Large stars (L)	Supernovae (\$)															
Cosmic rays (C)	Small stars (S)	Man-made (M)															
H (B)	He (B)																
Li (C)	Be (C)																
Na (L)	Mg (L)																
K (L)	Ca (L)	Sc (L)	Ti (S)	V (S)	Cr (L)	Mn (L)	Fe (L)	Co (S)	Ni (S)	Cu (L)	Zn (L)	Ga (S)	Ge (S)	As (L)	Se (S)	Br (S)	Kr (S)
Rb (S)	Sr (L)	Y (L)	Zr (L)	Nb (L)	Mo (L)	Tc (L)	Ru (L)	Rh (S)	Pd (S)	Ag (S)	Cd (L)	In (S)	Sn (L)	Sb (S)	Te (S)	I (S)	Xe (S)
Cs (S)	Ba (L)	Hf (S)		Ta (S)	W (S)	Re (S)	Os (S)	Ir (S)	Pt (S)	Au (S)	Hg (L)	Tl (S)	Pb (S)	Bi (S)	Po (S)	At (S)	Rn (S)
Fr (S)	Ra (S)																
		La (L)	Ce (L)	Pr (S)	Nd (S)	Pm (S)	Sm (S)	Eu (S)	Gd (S)	Tb (S)	Dy (S)	Ho (S)	Er (S)	Tm (S)	Yb (L)	Lu (S)	
		Ac (S)	Th (S)	Pa (S)	U (S)	Np (S)	Pu (S)	Am (M)	Cm (M)	Bk (M)	Cf (M)	Es (M)	Fm (M)	Md (M)	No (M)	Lr (M)	

(juli 2017 version)

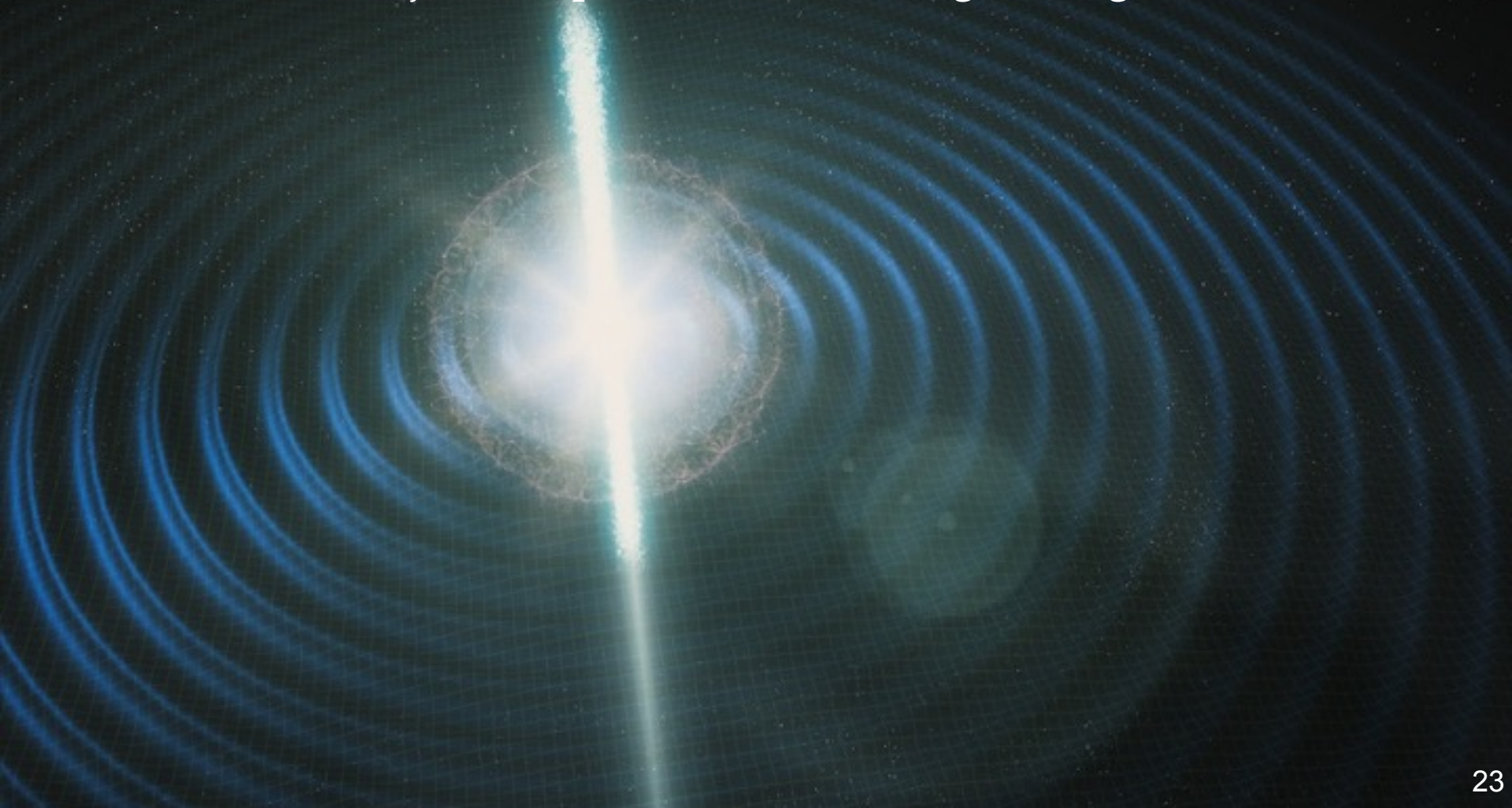
De kemiske elementer ud over **Hydrogen (H)** og **Helium (He)** kommer fra fusion i stjerner, men kun indtil **Jern (Fe)**.

Tungere elementer kommer, når tunge stjerner eksploderer i supernovae.

# Breaking News!!!

17. august 2017 observeredes for første gang en begivenhed både med teleskop og gravitationelt:

**To neutronstjerners spiraleren sammen og endelige kollision.**



# Breaking News!!!

17. august 2017 observeredes for første gang en begivenhed både med teleskop og gravitationelt:

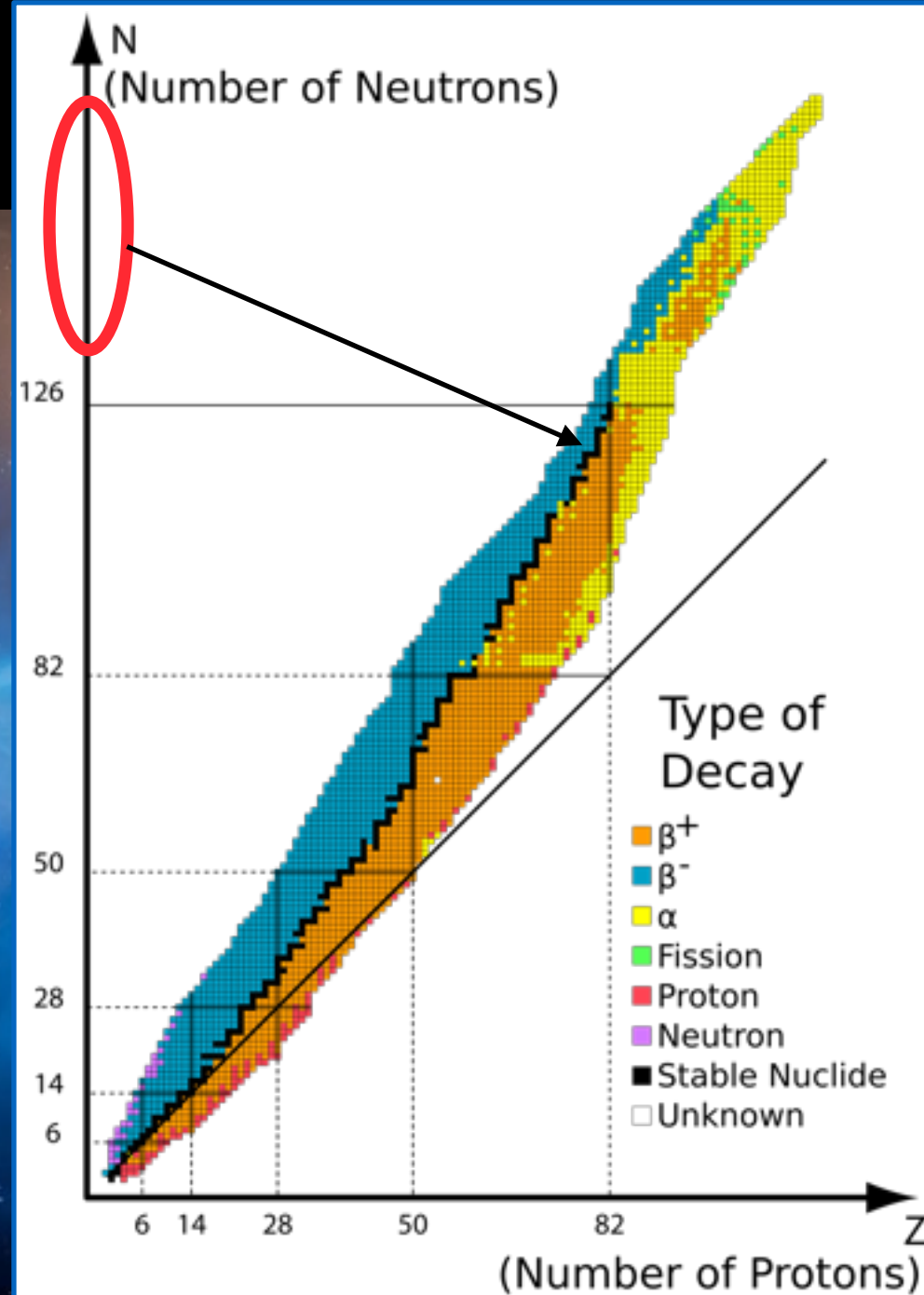
**To neutronstjerner spiraleren sammen og endelige kollision.**





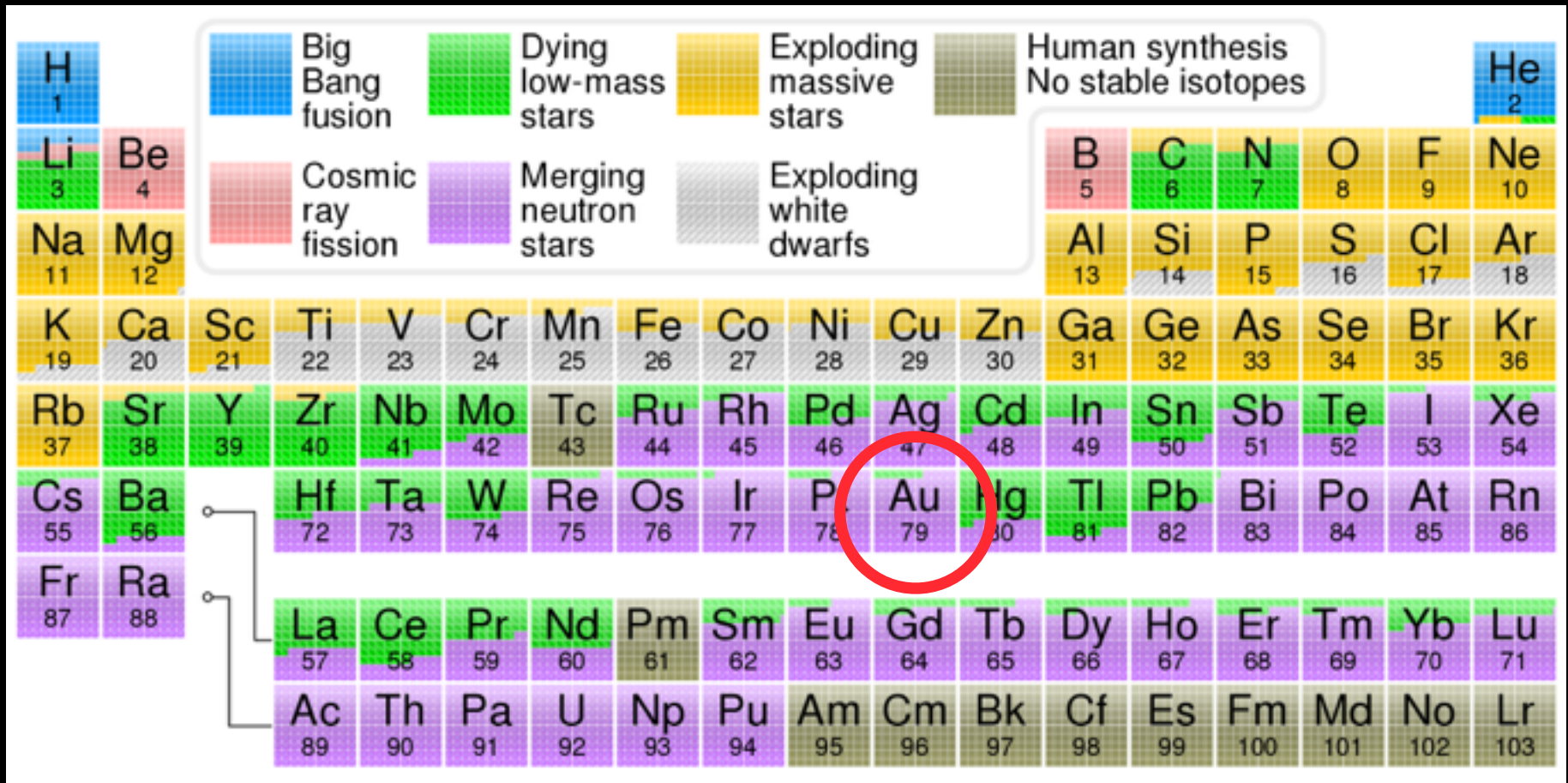
# Guld & Uran

I neutronstjernernes kollision kommer der "klumper" af neutroner, som henfalder via beta henfald til tunge stabile atomkerner.... guld & uran.



# Elementernes oprindelse

(august 2017 version)

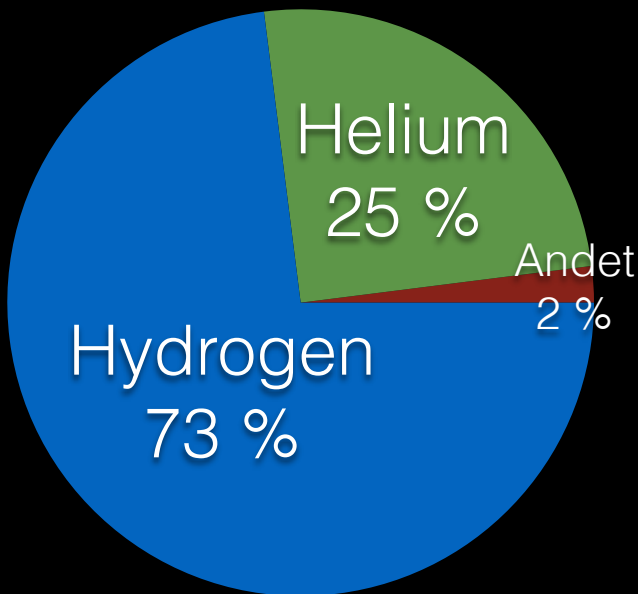


# Grundstoffernes hyppighed

De letteste elementer forekommer hyppigst i **Universet**.

**Jorden** og **mennesker** er lavet af andre tungere grundstoffer.

## Universet

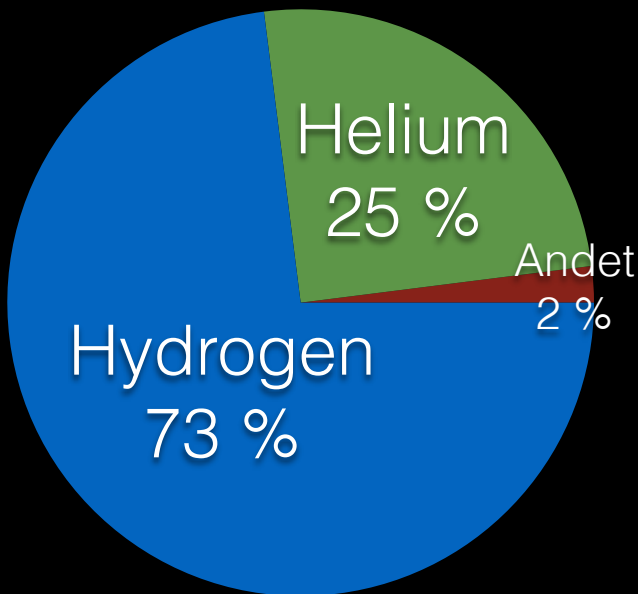


# Grundstoffernes hyppighed

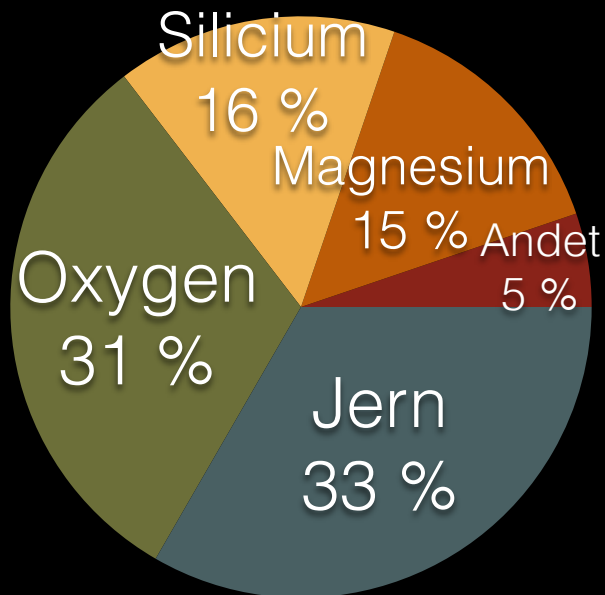
De letteste elementer forekommer hyppigst i **Universet**.

**Jorden** og **mennesker** er lavet af andre tungere grundstoffer.

## Universet



## Jorden

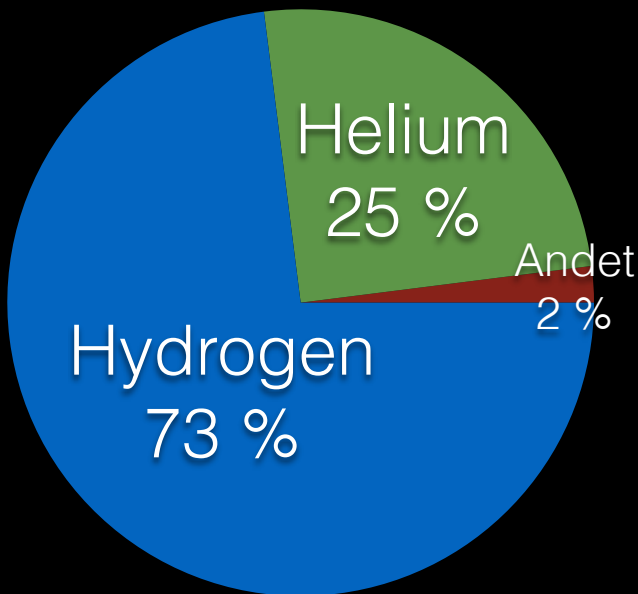


# Grundstoffernes hyppighed

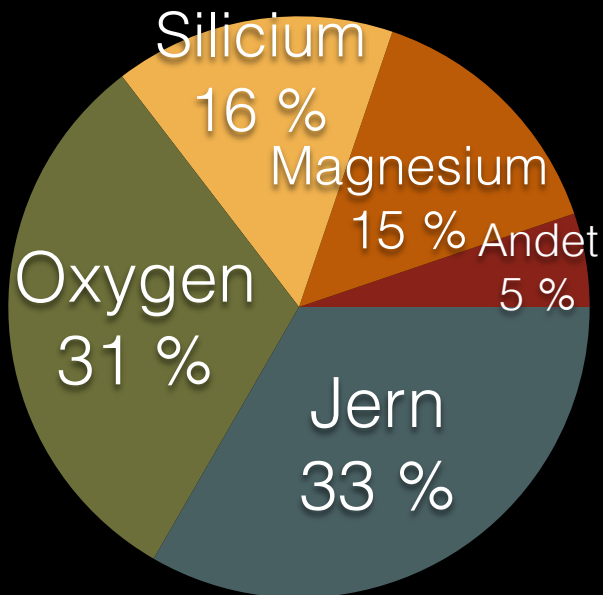
De letteste elementer forekommer hyppigst i **Universet**.

**Jorden** og **mennesker** er lavet af andre tungere grundstoffer.

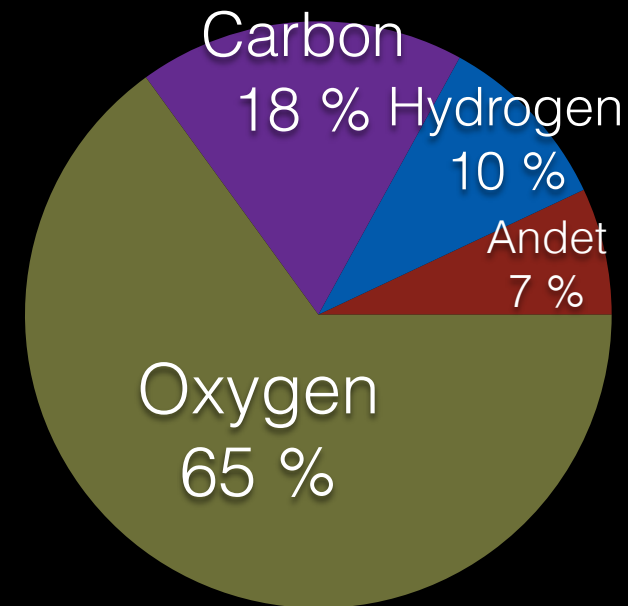
## Universet



## Jorden



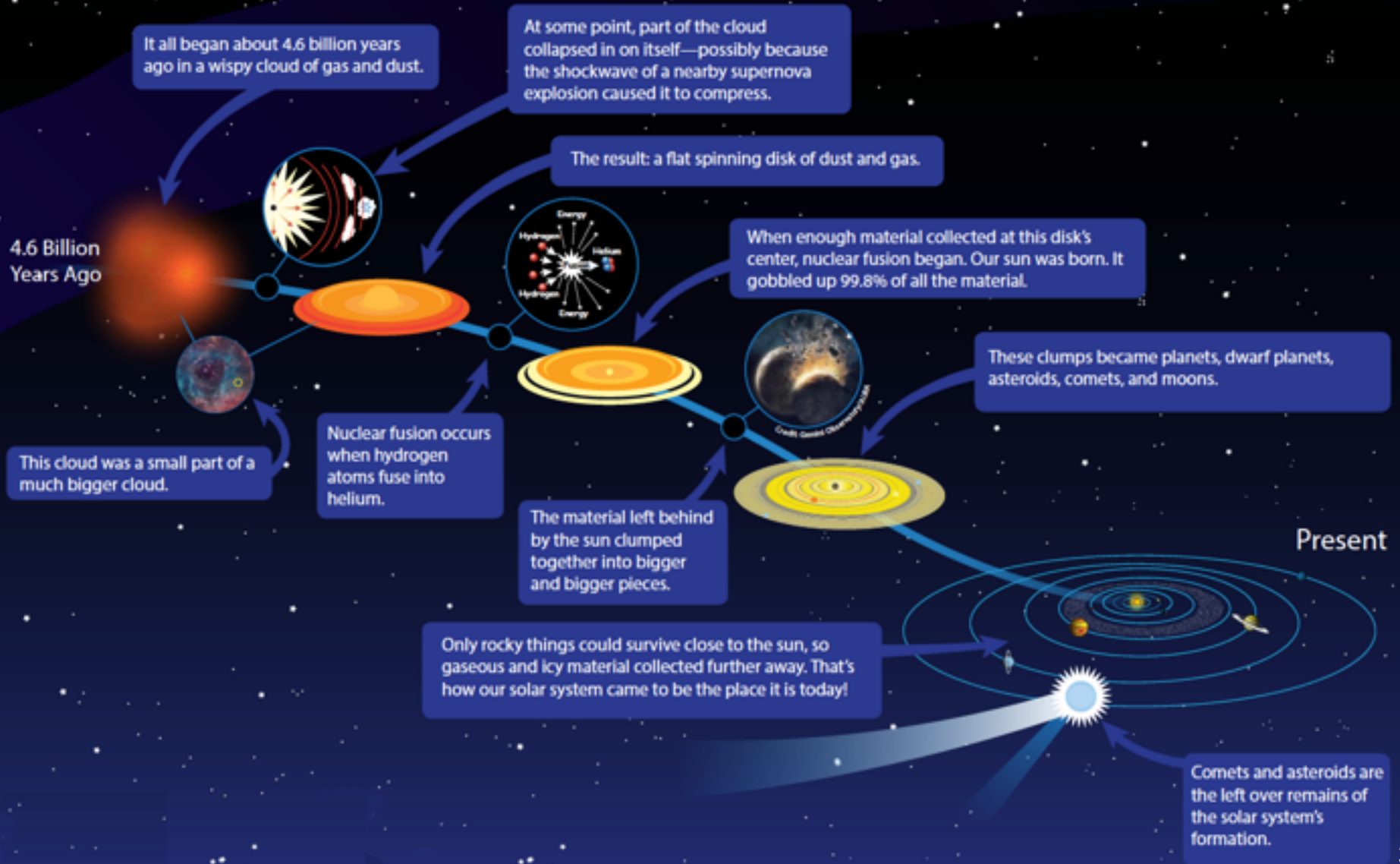
## Mennesker



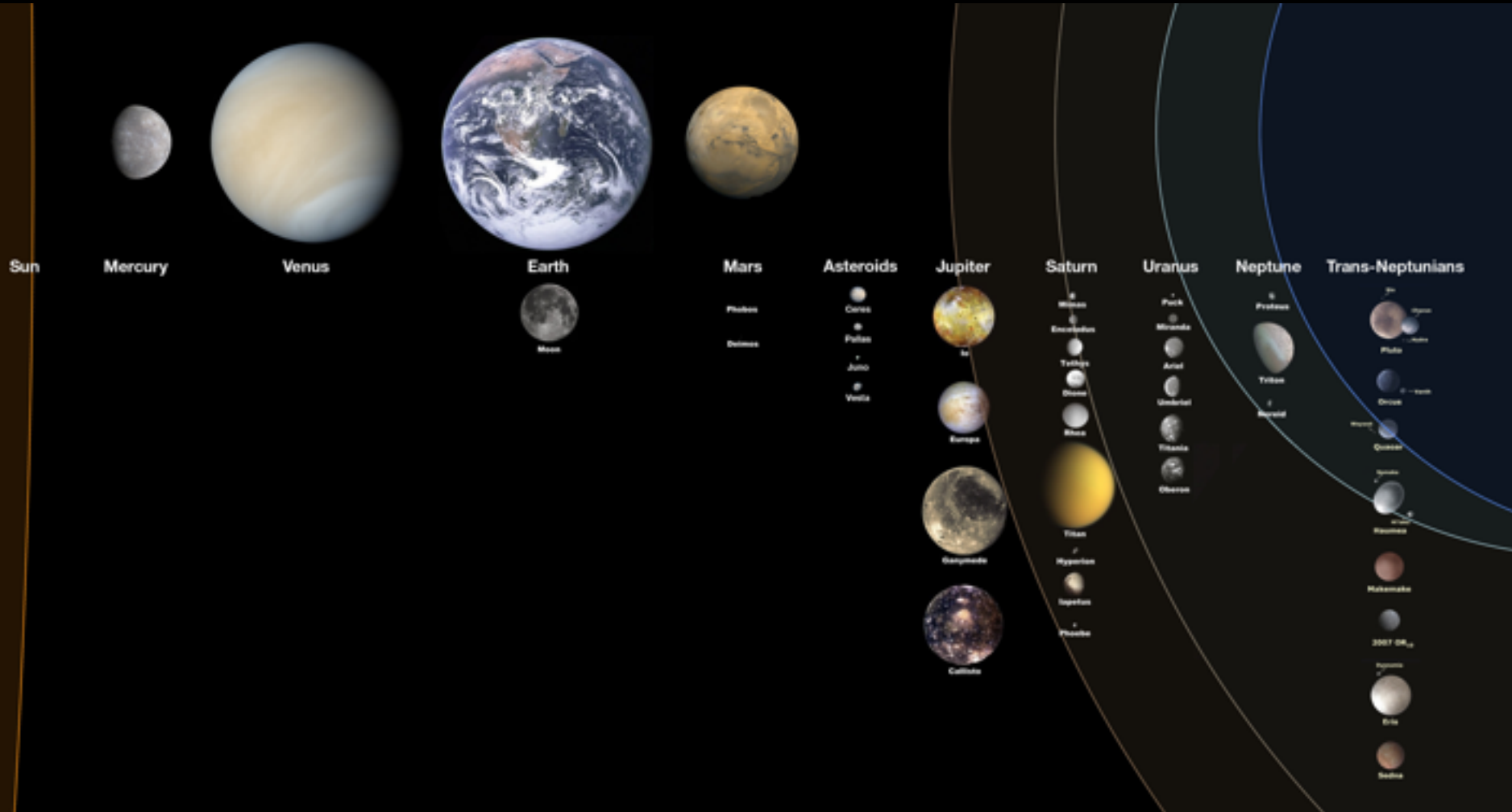
Forskellene kommer fra solsystemets opståen og livets mekanismer.

# Solsystemets og jordens skabelse

4.6 milliarder år siden



# Solsystemets planeter

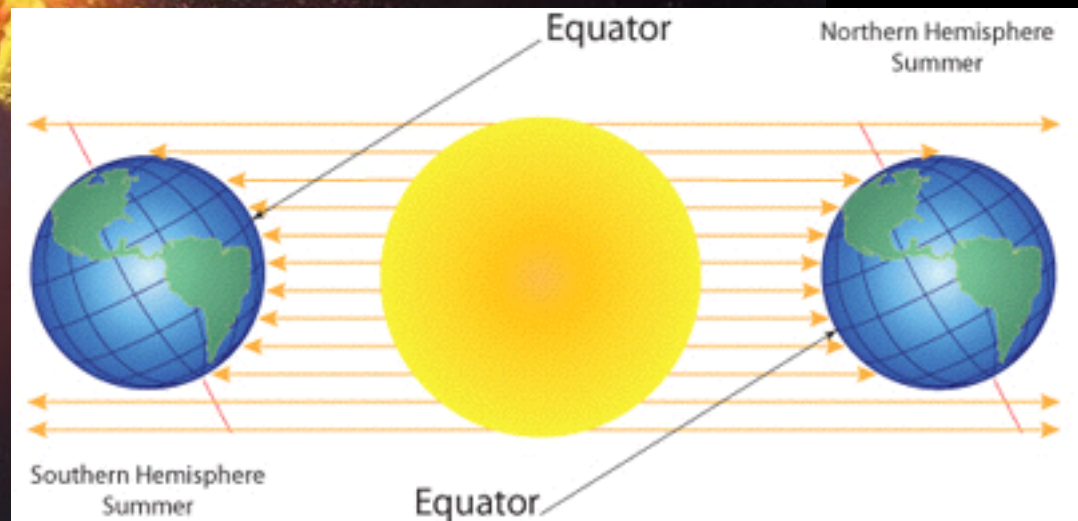
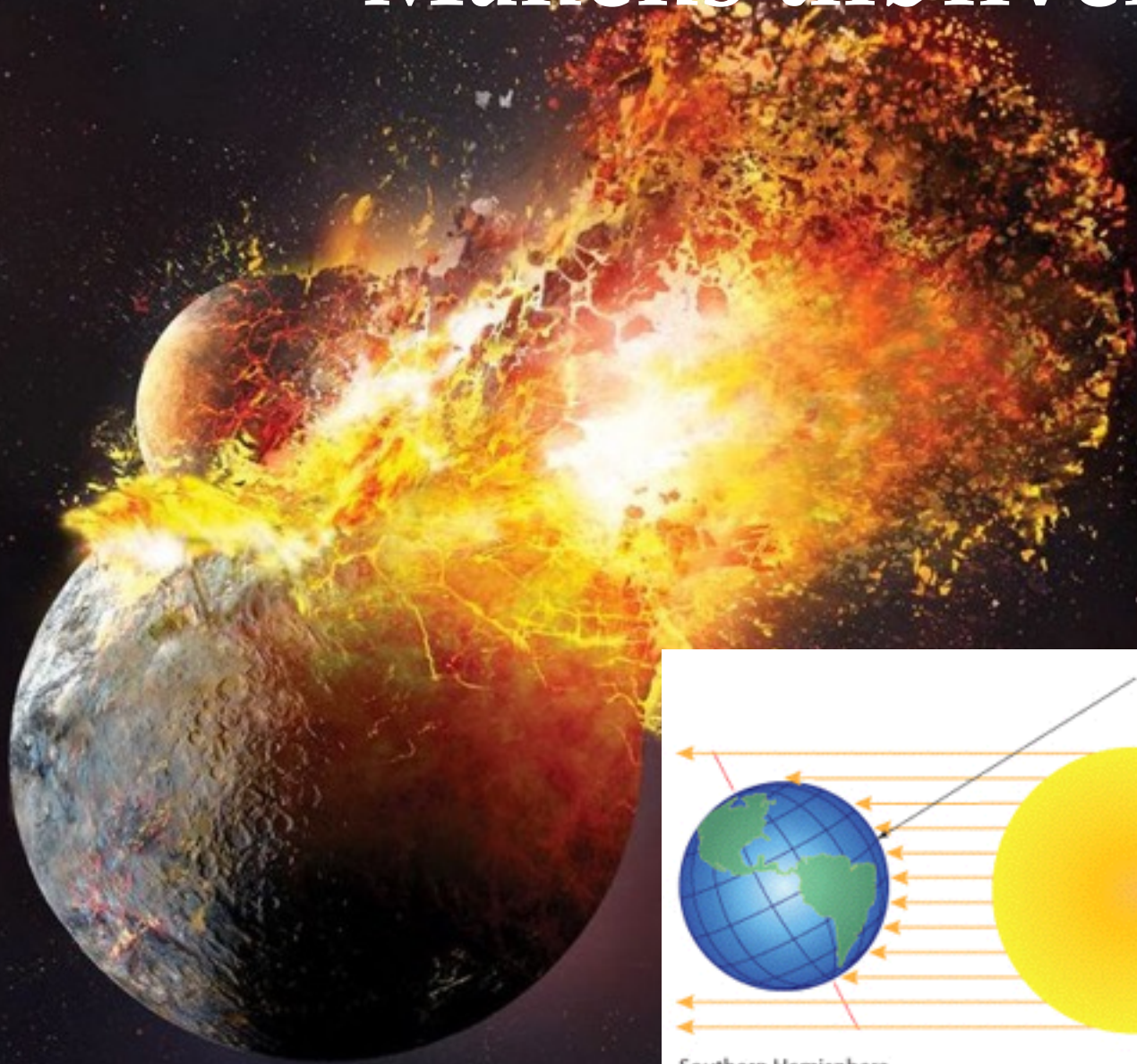


# Månens tilblivelse





# Månens tilblivelse



# Livets opståen på jorden



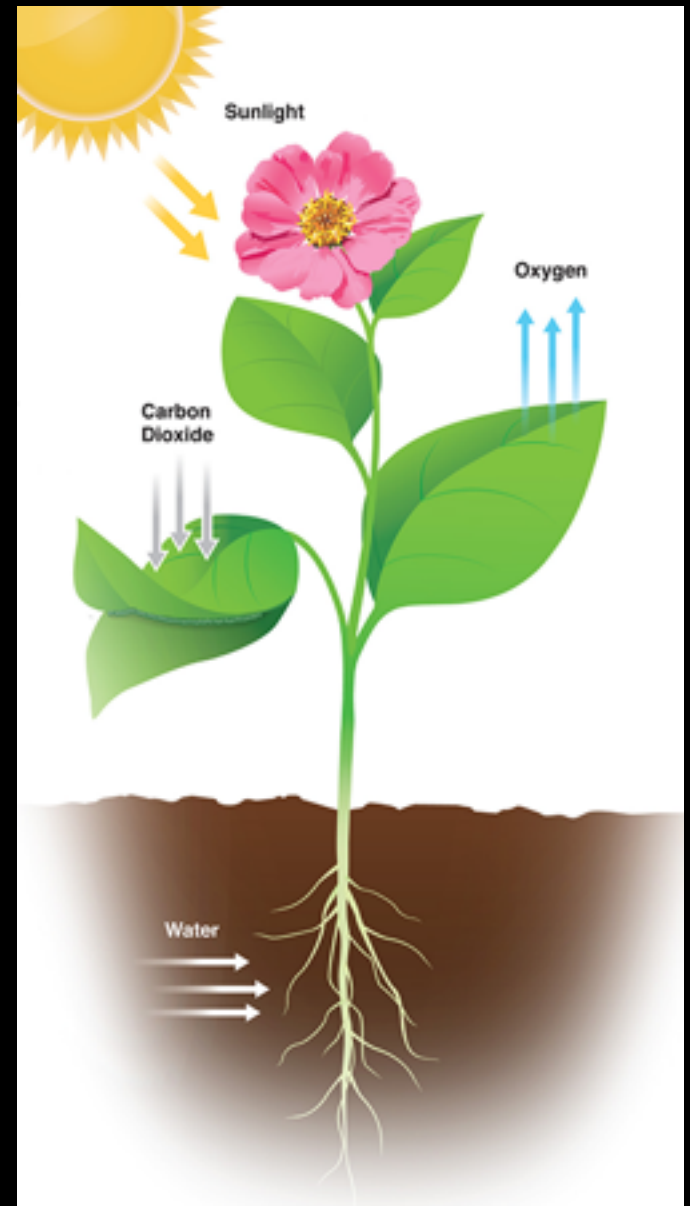
Efterhånden som jorden blev køligere, meteornedslag sjældne og havene fyldt, opstod livet i havet for **4 mia. år** siden.

# Fotosyntese - Energi til liv

På 1 m<sup>2</sup> på jorden kommer der:

a) Indefra: < 0.1 Watt (varme)

b) Fra solen: 340 Watt



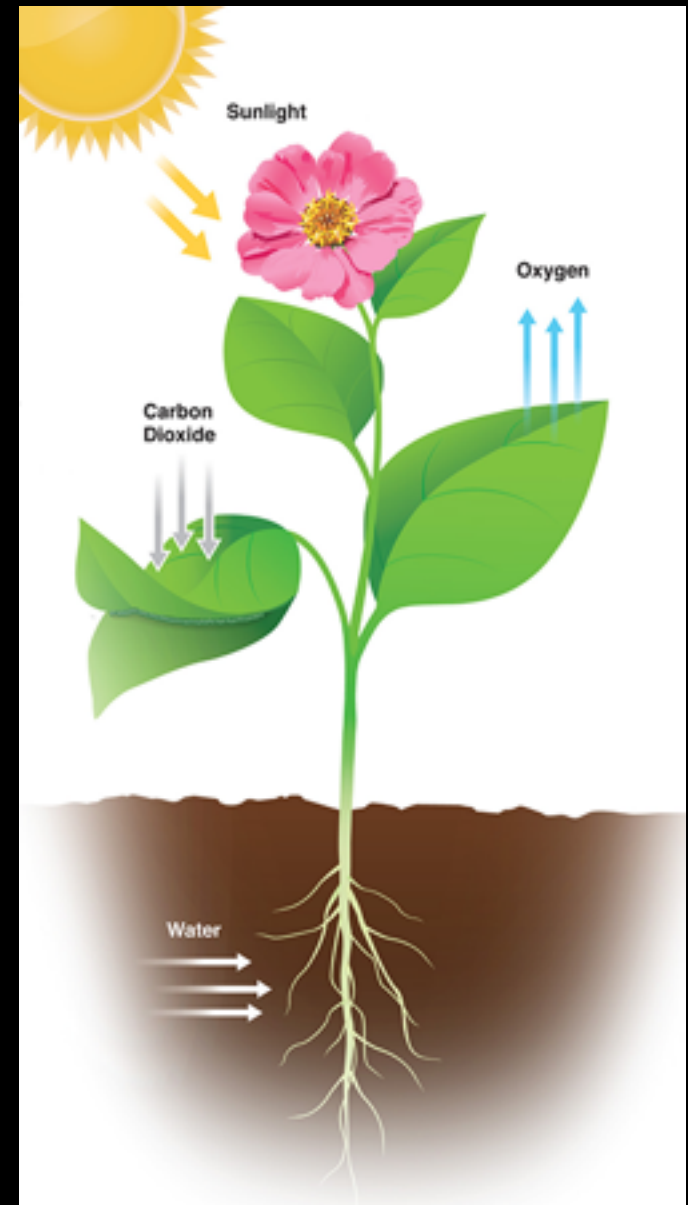
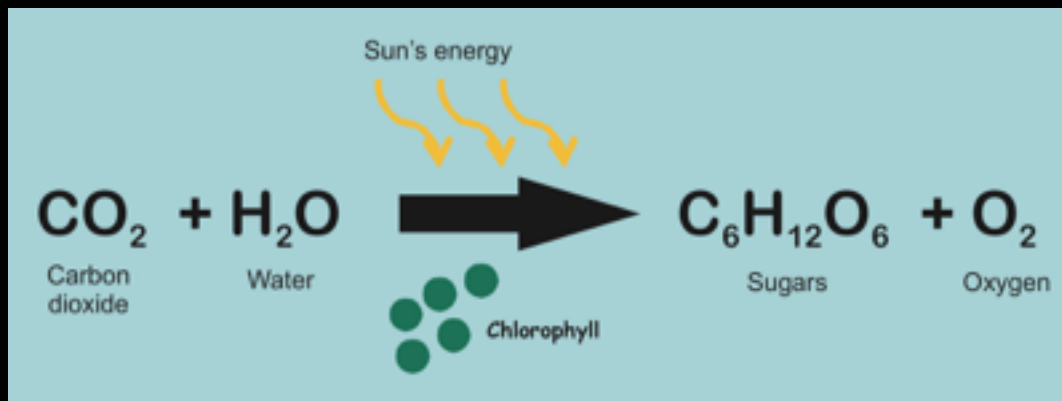
# Fotosyntese - Energi til liv

På 1 m<sup>2</sup> på jorden kommer der:

a) Indefra: < 0.1 Watt (varme)

b) Fra solen: 340 Watt

Livets svar var **fotosyntese**,  
udviklet **~3.0-3.5 mia. år** tilbage.



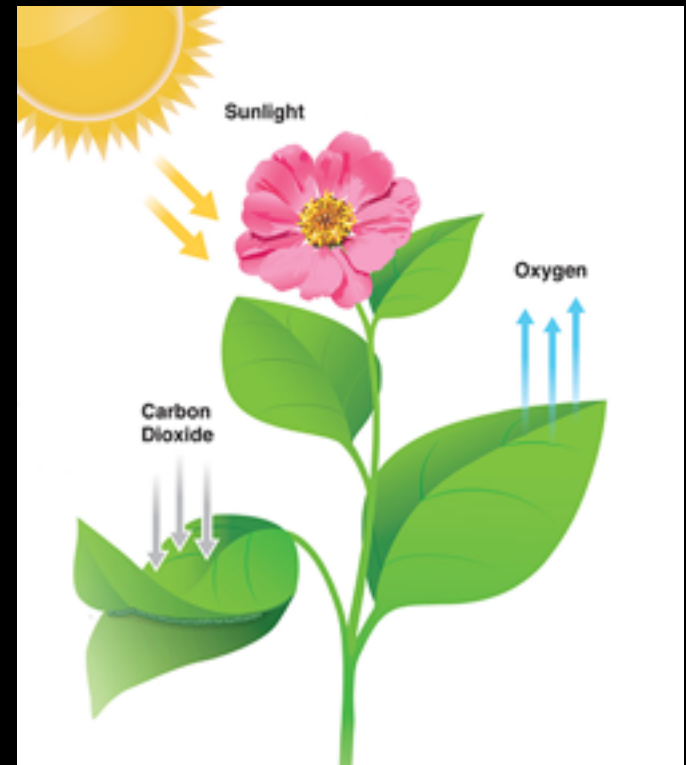
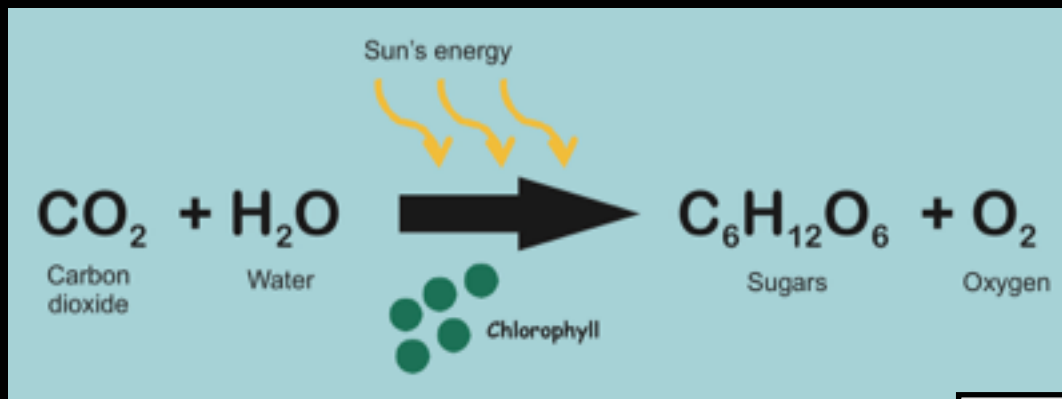
# Fotosyntese - Energi til liv

På 1 m<sup>2</sup> på jorden kommer der:

a) Indefra: < 0.1 Watt (varme)

b) Fra solen: 340 Watt

Livets svar var **fotosyntese**,  
udviklet **~3.0-3.5 mia. år** tilbage.



Formlen for fotosyntese er helt central af tre grunde:

- De atomer der indgår, er overalt
- Den definerer den beboelige zone
- Den fortæller, hvordan  $\text{O}_2$  kommer (og liv på exoplaneter kan opdages)

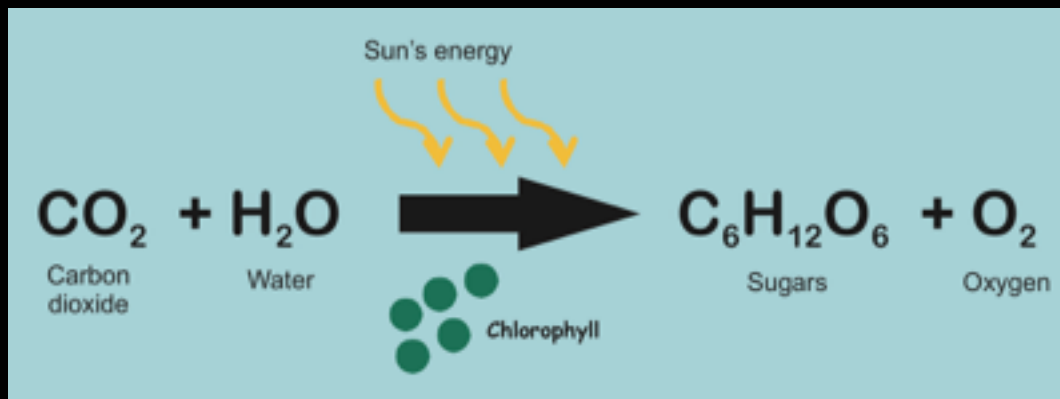
# Fotosyntese - Energi til liv

På 1 m<sup>2</sup> på jorden kommer der:

a) Indefra: < 0.1 Watt (varme)

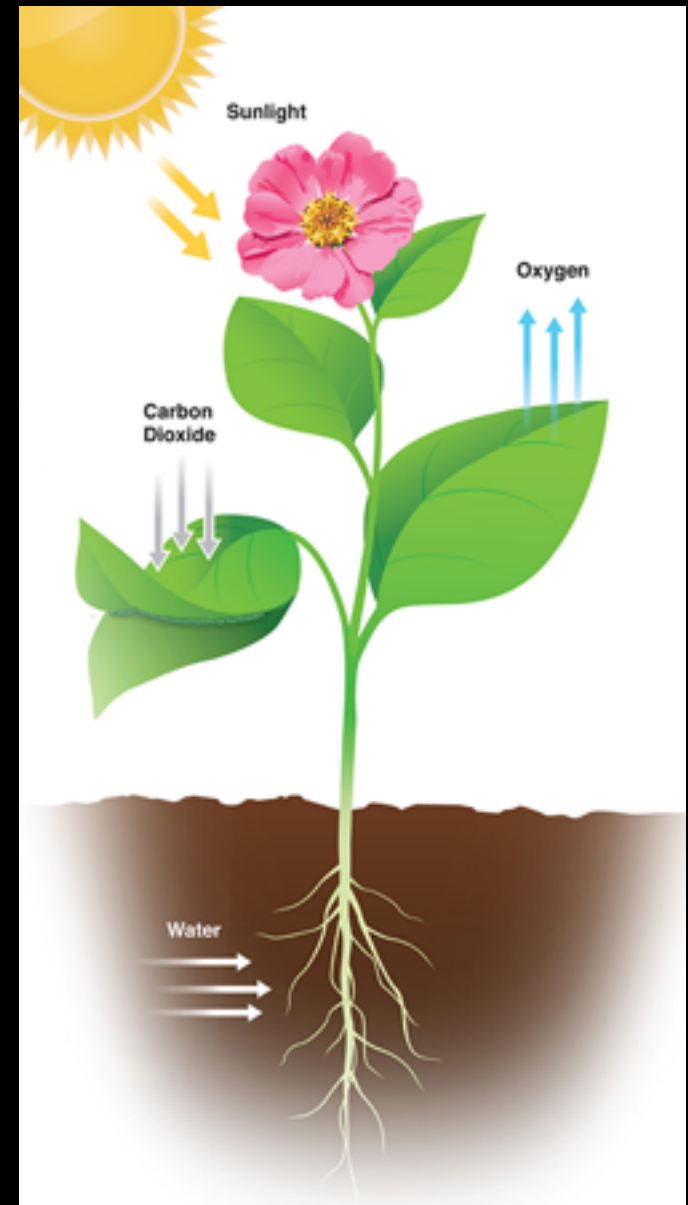
b) Fra solen: 340 Watt

Livets svar var **fotosyntese**,  
udviklet **~3.0-3.5 mia. år** tilbage.



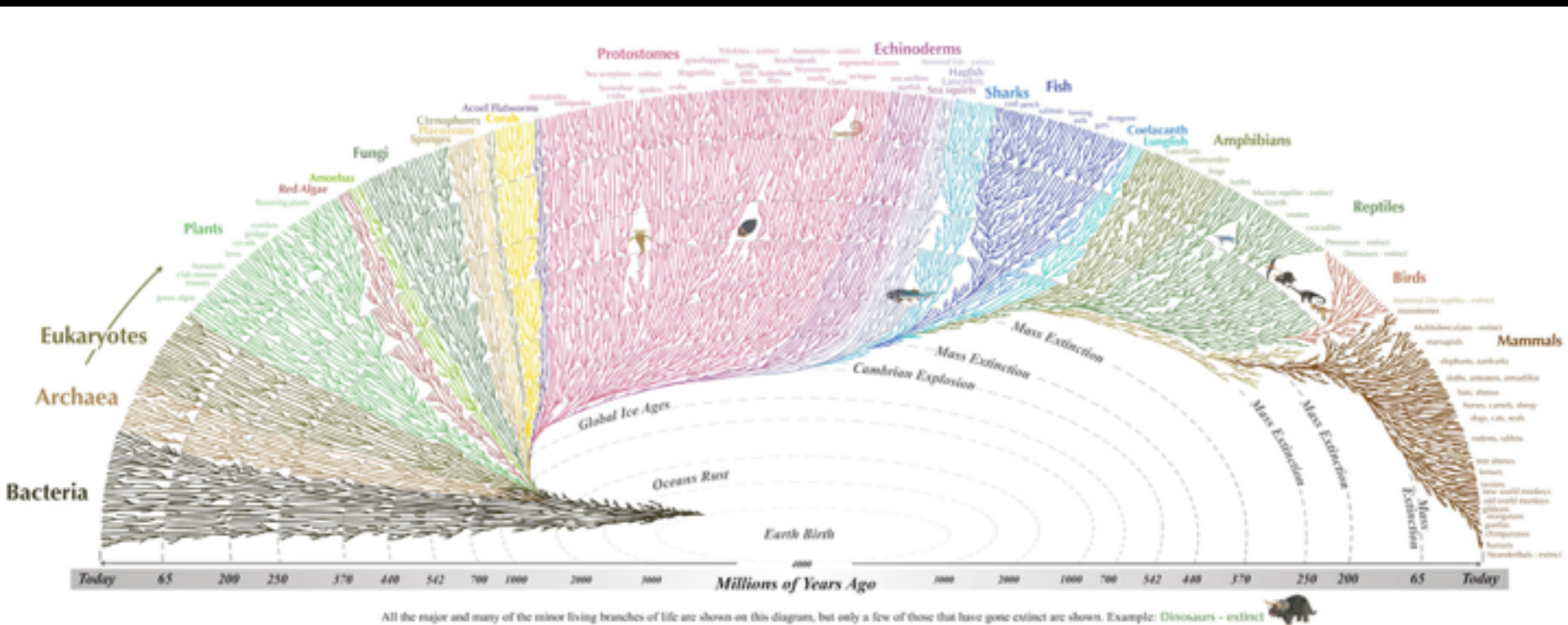
Så følger en rivende udvikling:

- Flercellet liv: **1.000 mio. år.**
- Fisk: **500 mio. år.**
- Planter på land: **500 mio. år.**
- Dinosauruser: **250 mio. år.**
- Pattedyr: **200 mio. år.**



# Livets familietræ

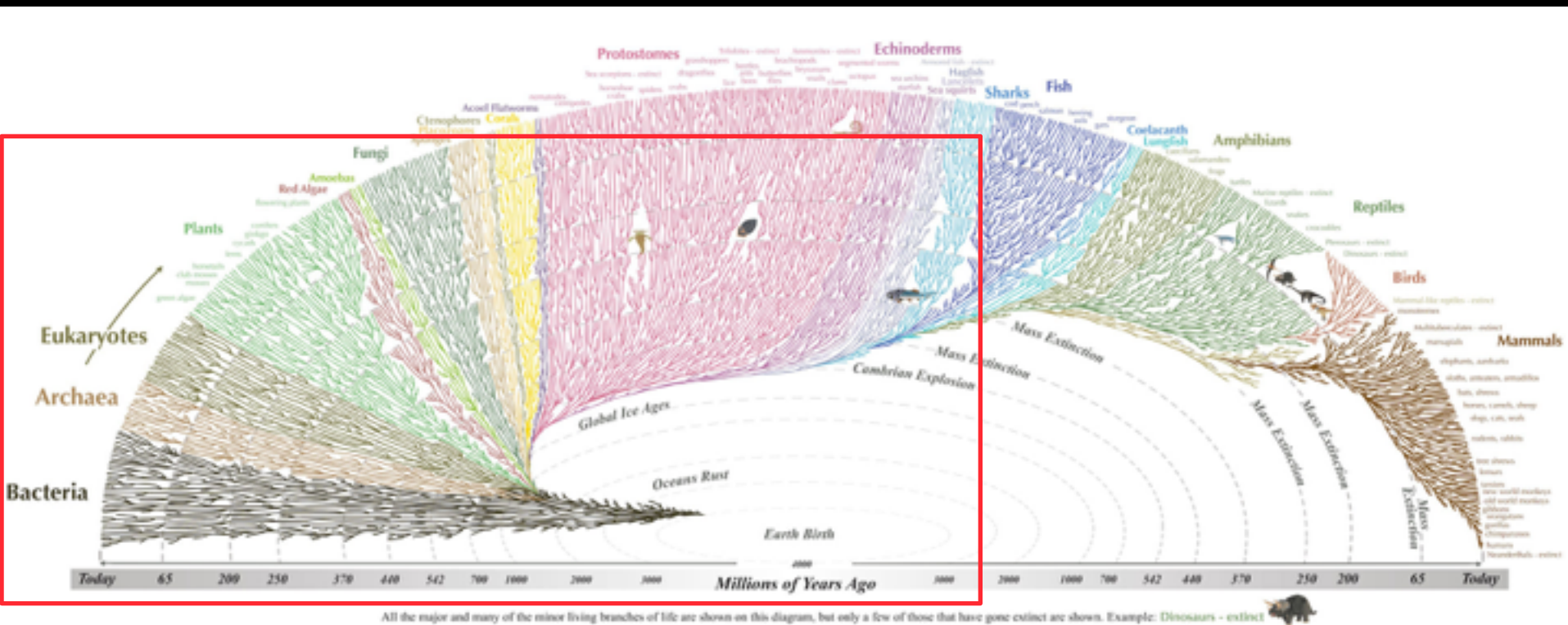
Da først livet på jorden var igang, udvikledes med tiden flere og flere arter. Man estimerer at 99% af disse er uddøde igen, og at der er 10-14 millioner arter idag.



Alle levende organismer har celler og DNA til fælles, arvet fra det første liv.

# Livets familietræ

Da først livet på jorden var igang, udvikledes med tiden flere og flere arter. Man estimerer at 99% af disse er uddøde igen, og at der er 10-14 millioner arter idag.

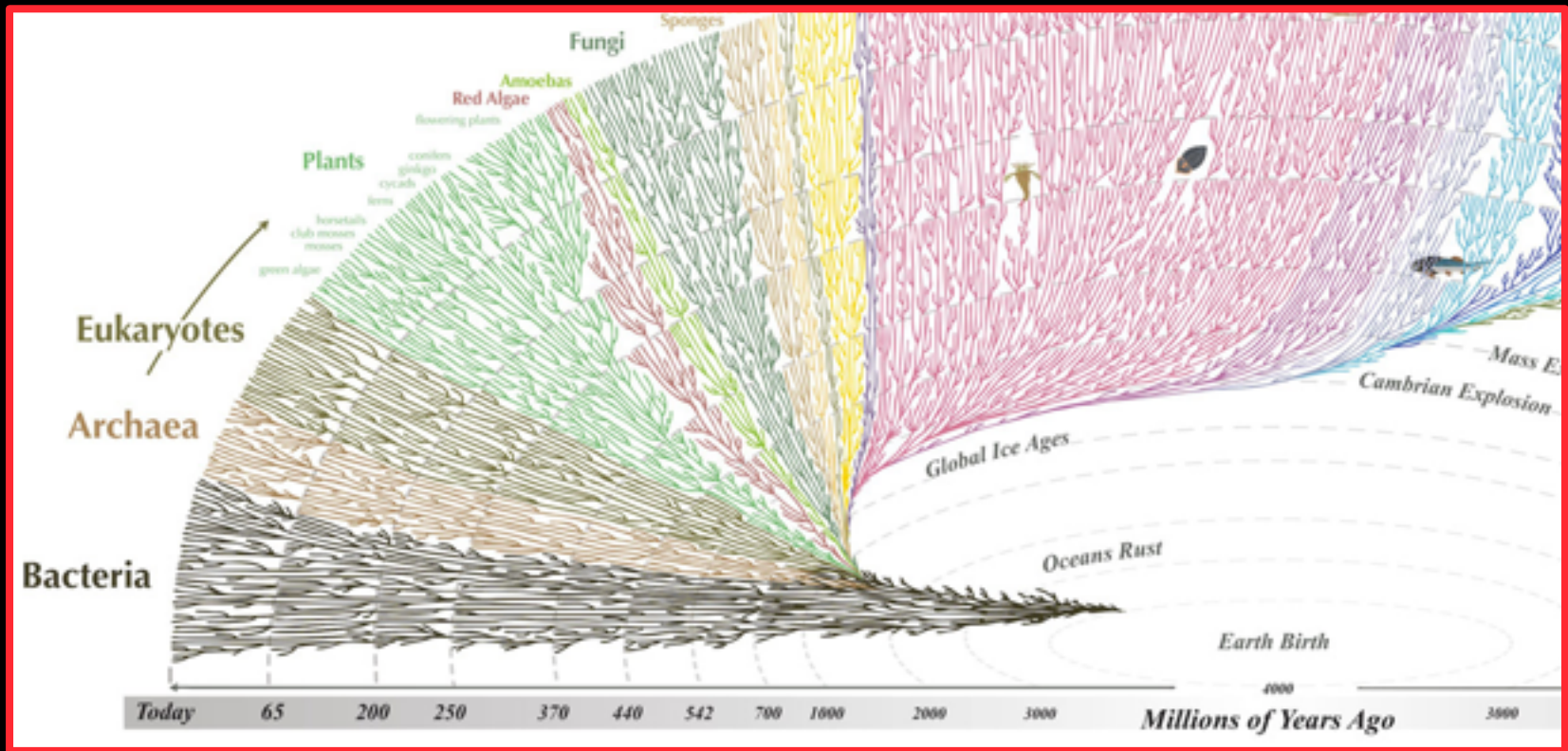


Alle levende organismer har celler og DNA til fælles, arvet fra det første liv.



# Livets familietræ

Da først livet på jorden var igang, udvikledes med tiden flere og flere arter. Man estimerer at 99% af disse er uddøde igen, og at der er 10-14 millioner arter idag.

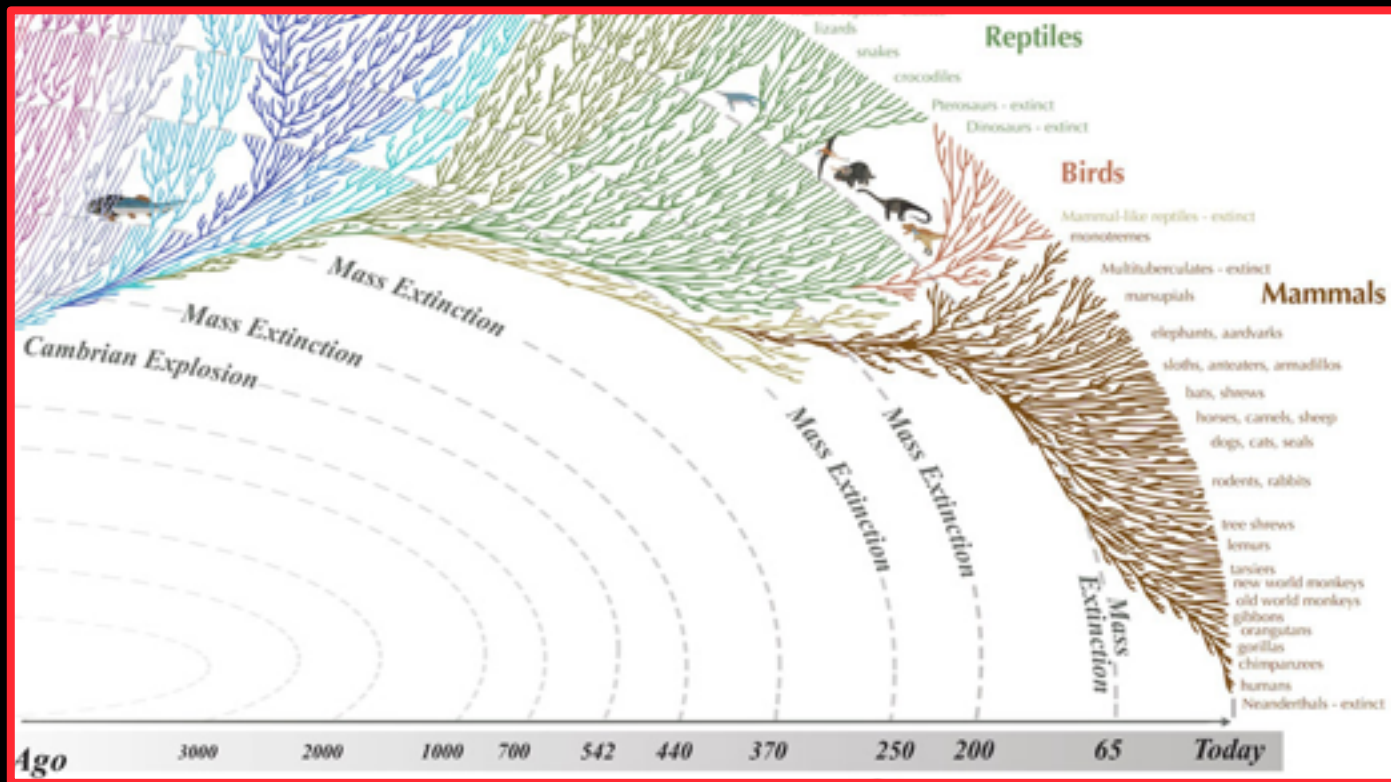


Alle levende organismer har celler og DNA til fælles, arvet fra det første liv.



# Livets familietræ

Da først livet på jorden var igang, udvikledes med tiden flere og flere arter. Man estimerer at 99% af disse er uddøde igen, og at der er 10-14 millioner arter idag.

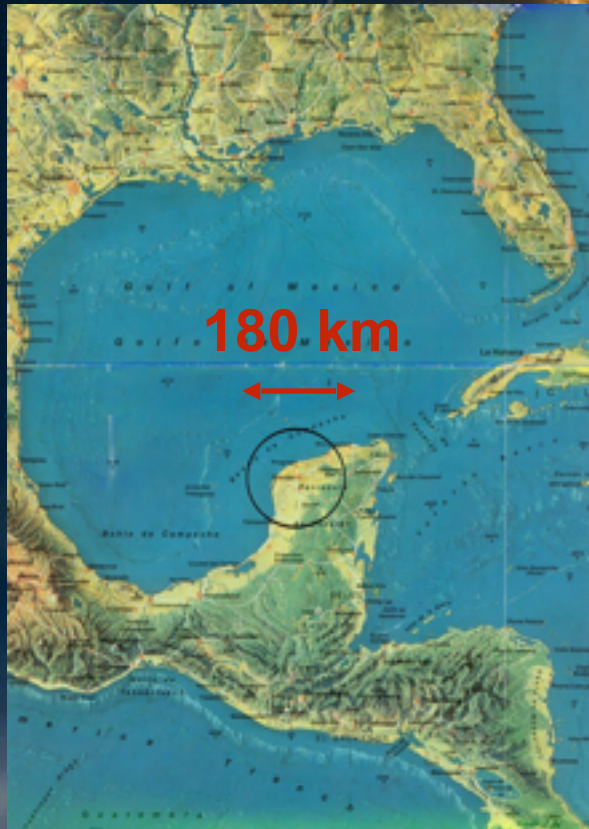


Alle levende organismer har celler og DNA til fælles, arvet fra det første liv.

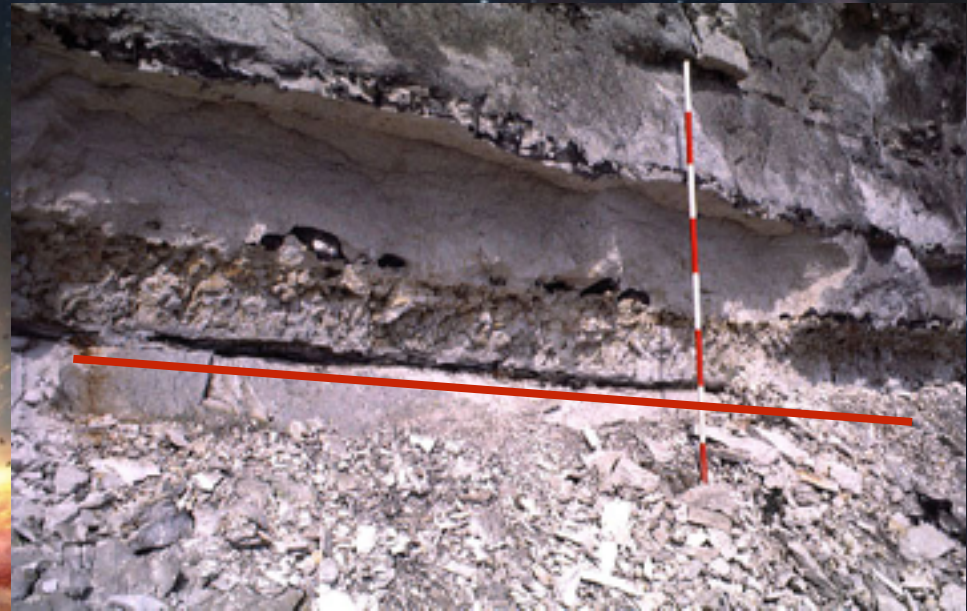
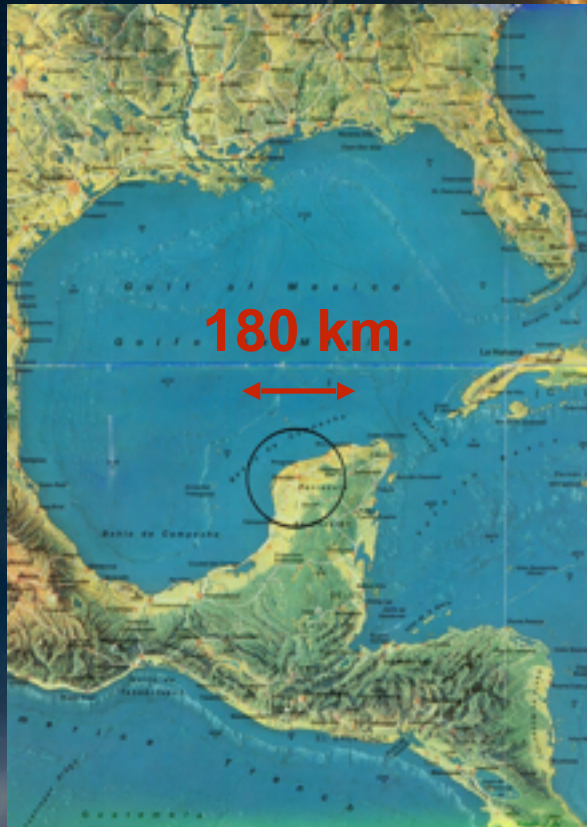
# Dinosaurernes uddøen...



# Dinosaurernes uddøen...

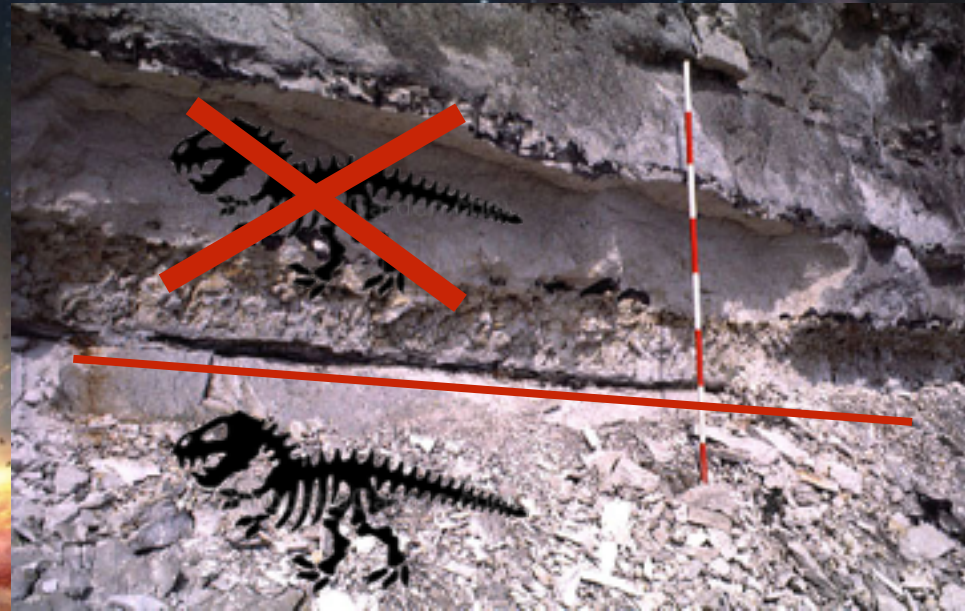
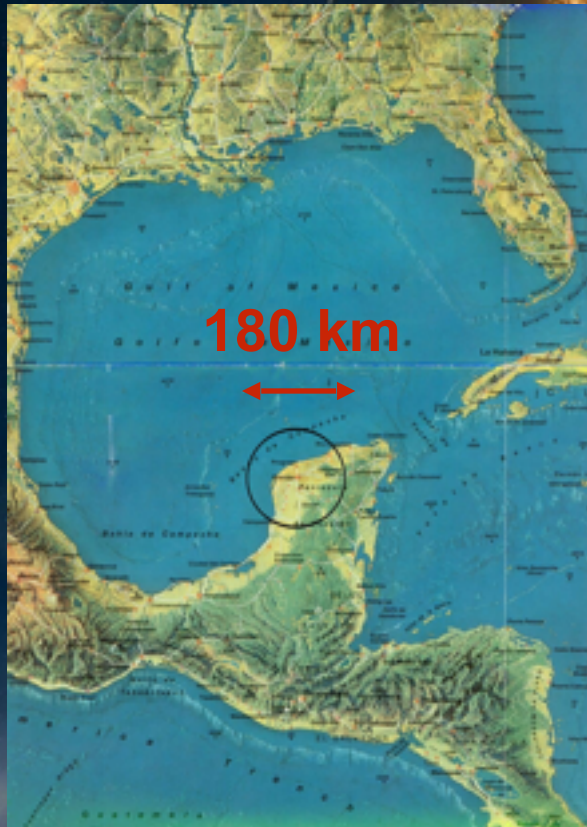


# Dinosaurernes uddøen...



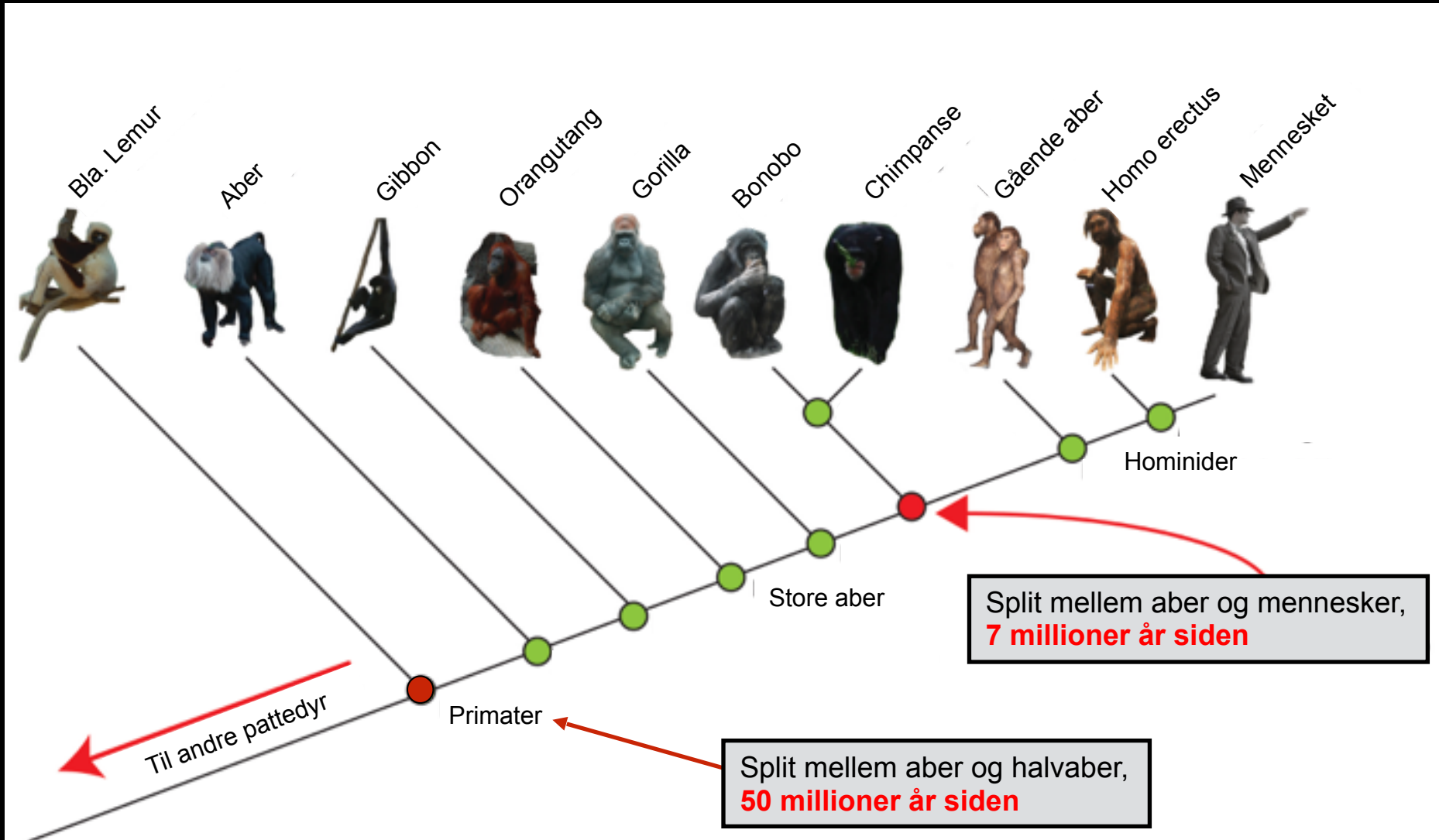
Det sorte lag kan findes overalt på jorden (her Stevns Klint). Det blev lagt for **65 millioner år siden**, og indeholder iridium, som asteroider men ikke jordens skorpe har. Det resulterede i **75%** af alle arters død.

# Dinosaurusernes uddøen... ...pattedyrenes chance!



Det sorte lag kan findes overalt på jorden (her Stevns Klint). Det blev lagt for **65 millioner år siden**, og indeholder iridium, som asteroider men ikke jordens skorpe har. Det resulterede i **75%** af alle arters død.

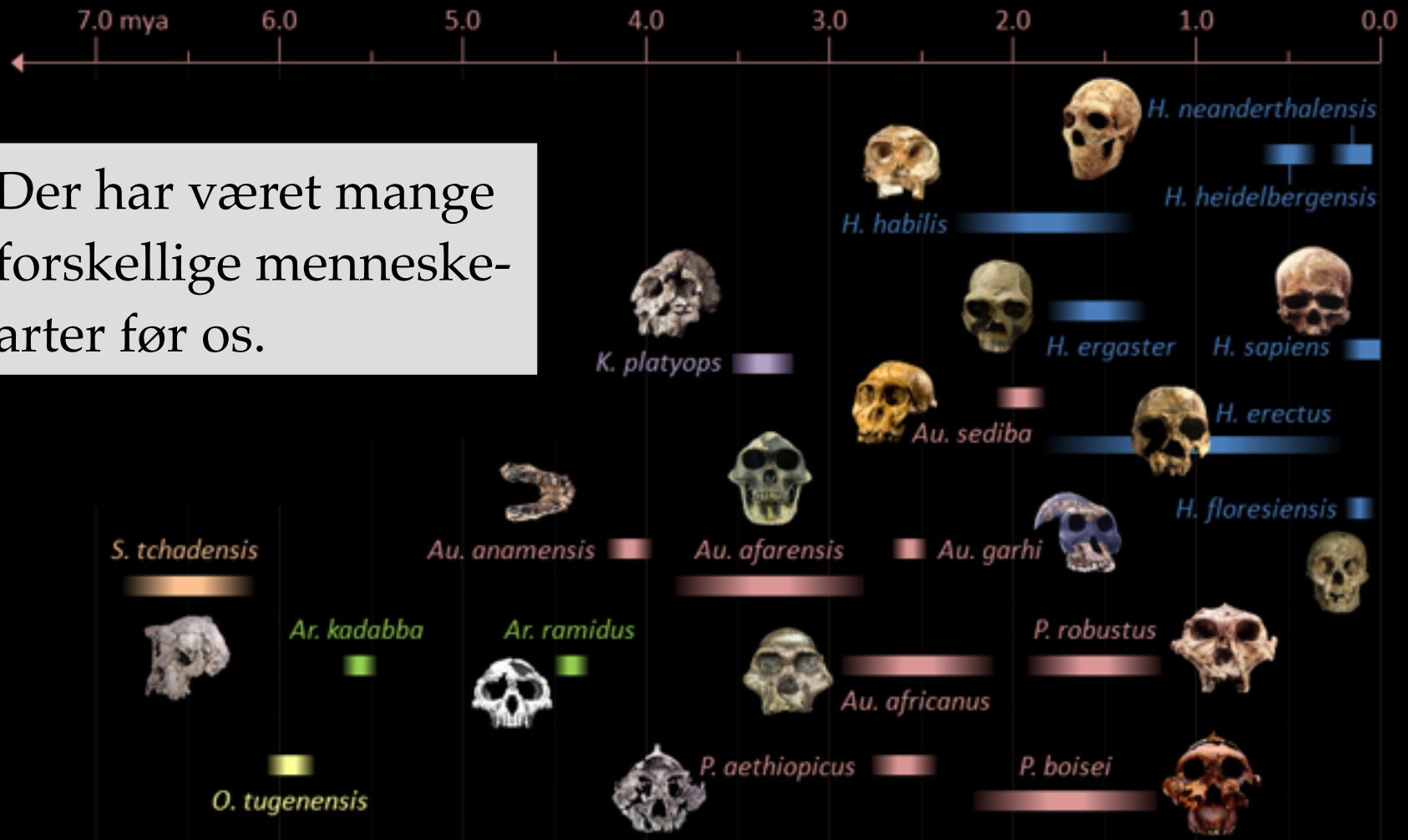
# Primaternes familietræ





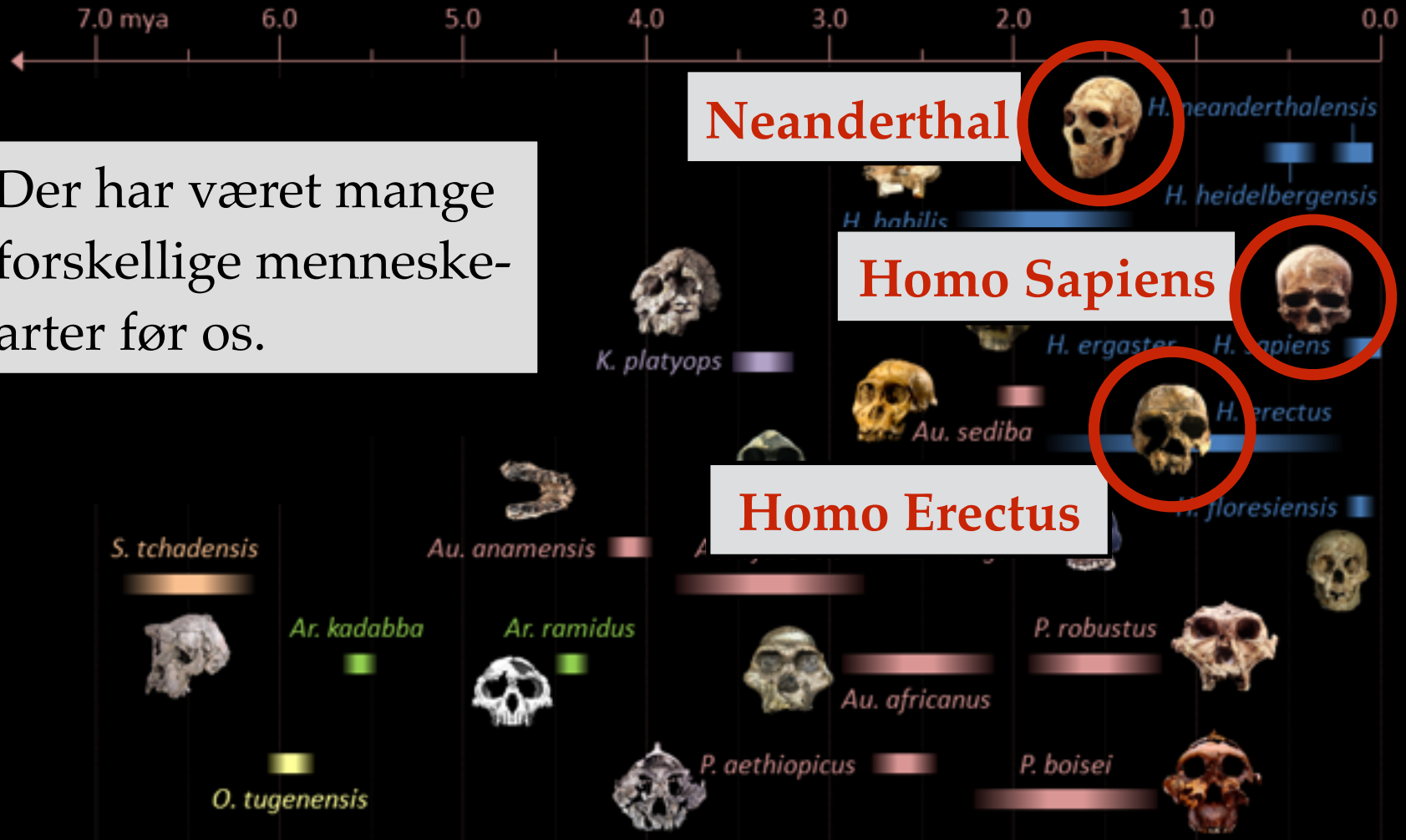
# De første hominider

Der har været mange forskellige menneskearter før os.



# De første hominider

Der har været mange forskellige menneskearter før os.

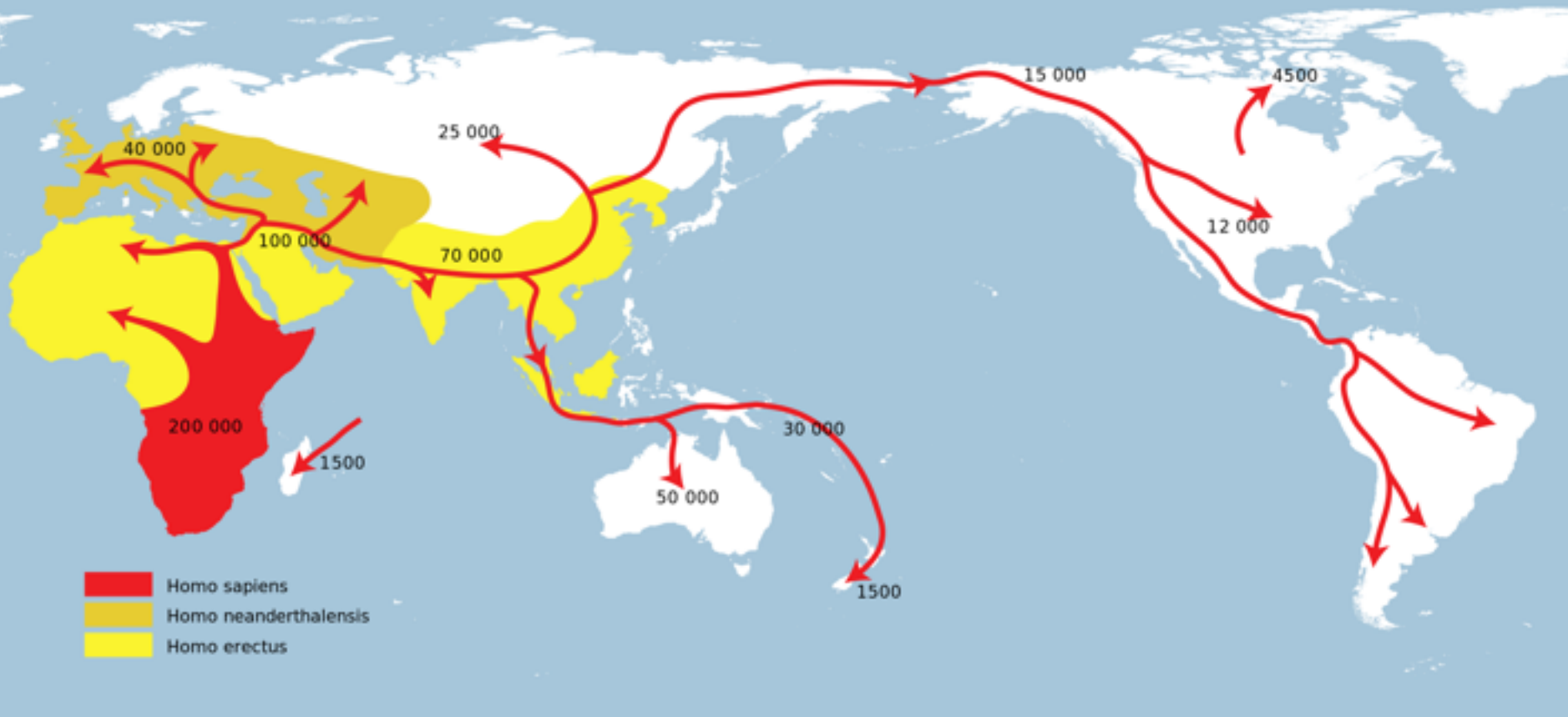


Neanderthal

Homo Sapiens

Homo Erectus

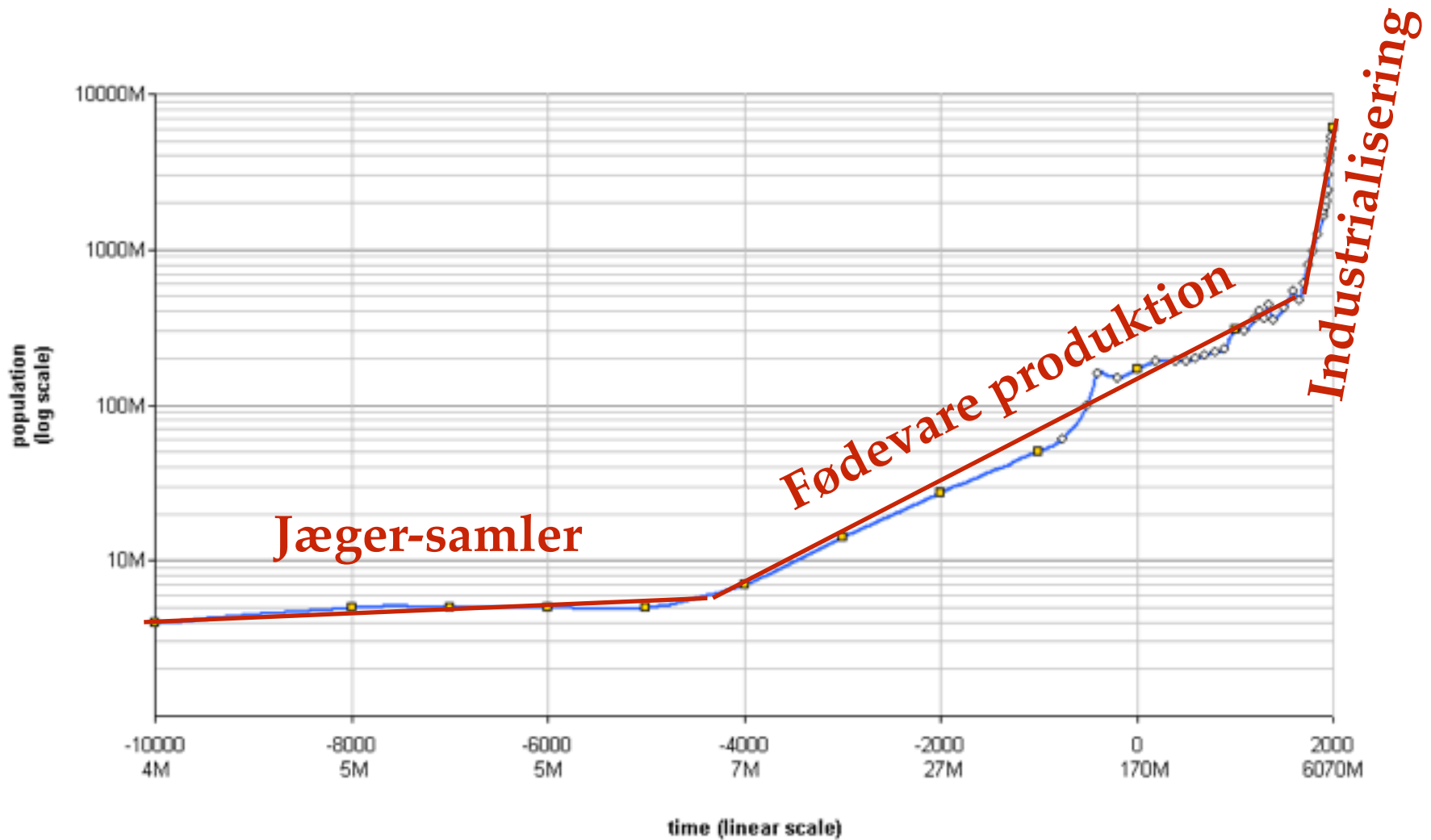
# Moderne menneskes udbredelse



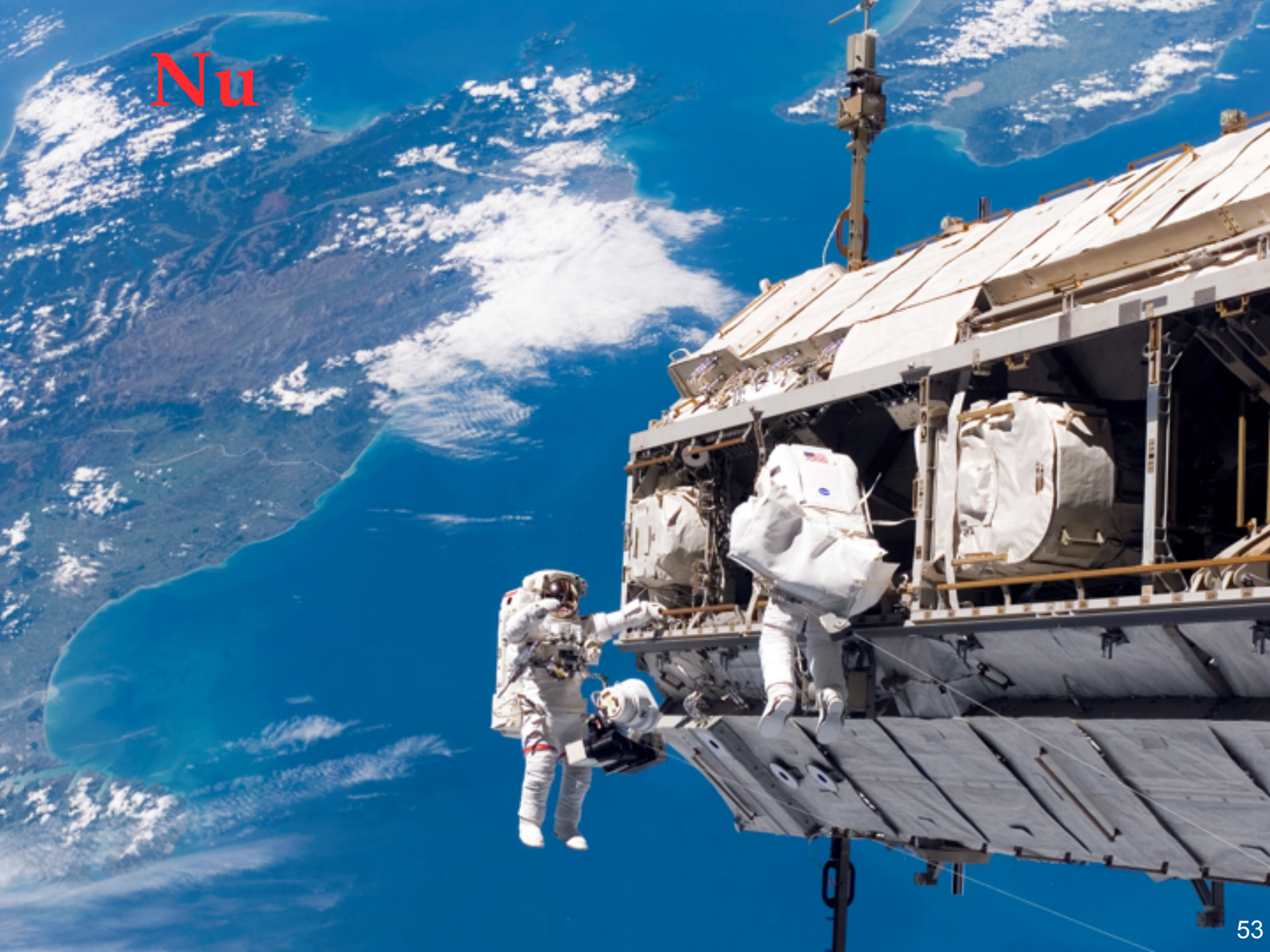
Note: Ovenstående kort er kun approksimativt, og udvikles meget disse år!

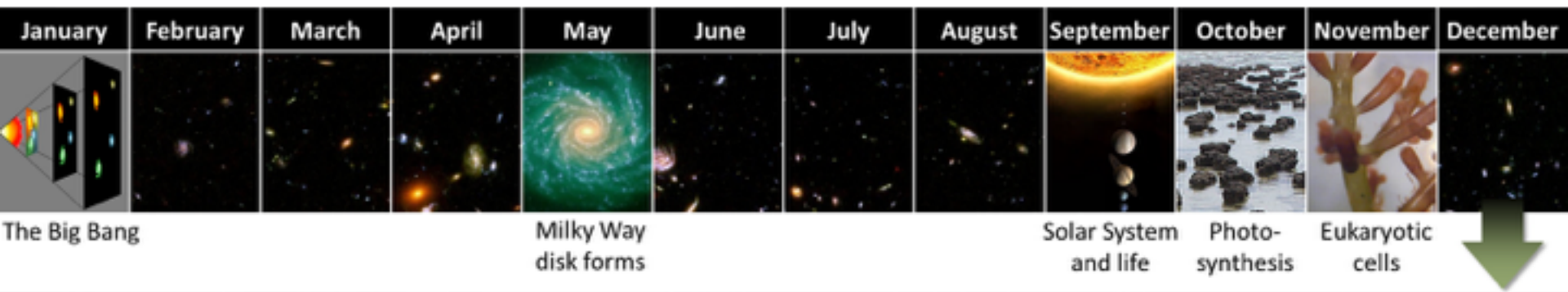
# Jordens befolkning

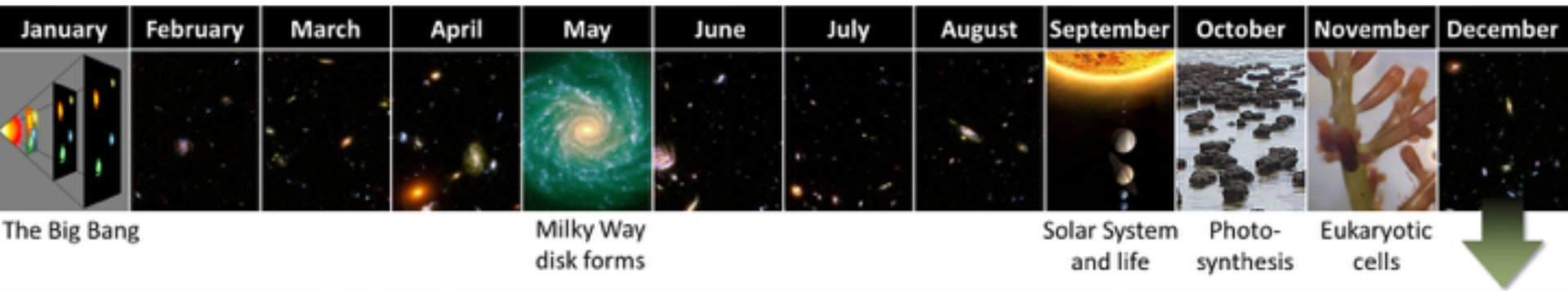
og vores samfundsform & opfindelsers indflydelse!

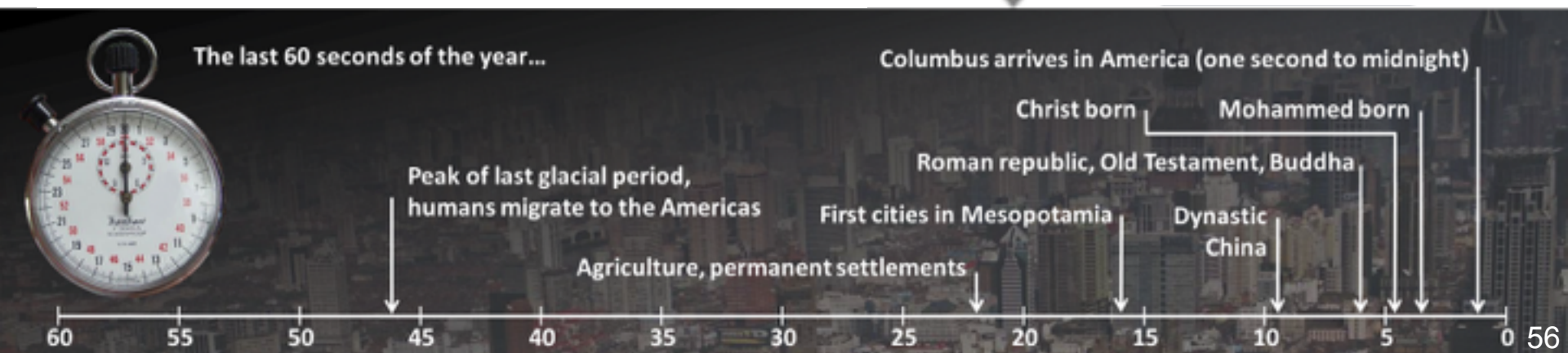
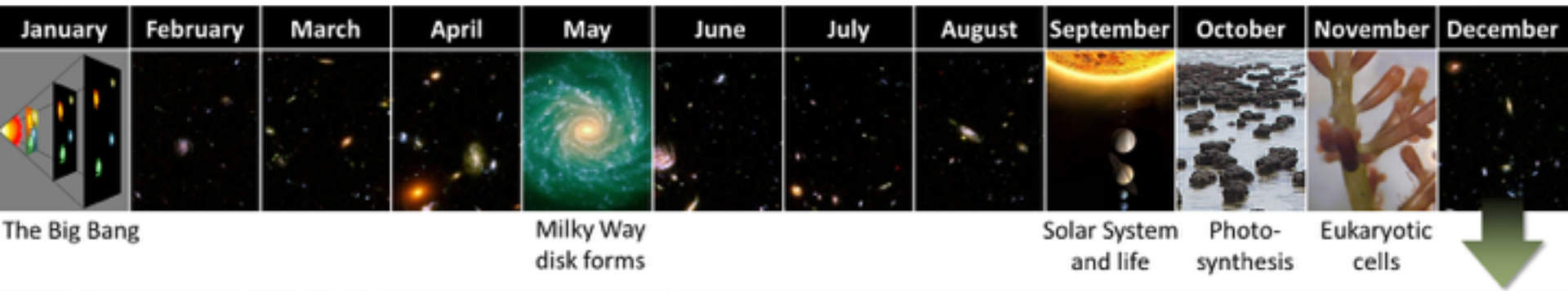


Nu











The background features a complex, abstract pattern of glowing lines and circles. The lines are primarily blue and yellow, creating a sense of depth and movement. The circles are also glowing, with some appearing as concentric rings. The overall effect is a futuristic, digital aesthetic.

# Bonus Slides



# Et "stort" spørgsmål:

Hvis de fundamentale naturkonstanter er valgt "tilfældigt", hvordan kan det så være, at de netop\* har de værdier, som giver et Univers med mulighed for **liv**?

(\* ) Muligvis  $1:10^{500}$

# Mørkt stof og mørk energi

Er der andet i Universet  
end stjerner, planeter og gas?



# Galaxers rotation

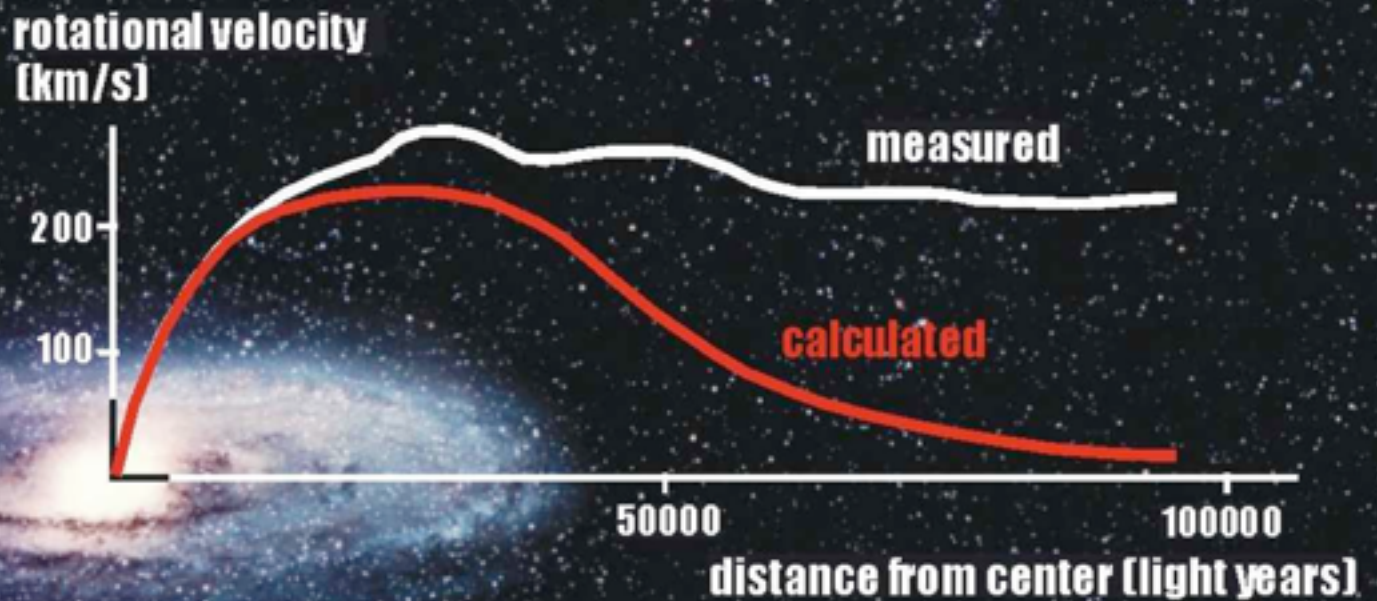


Fritz Zwicky, 1898-1974



Vera Rubin, 1928-2016

# Galaxers rotation



# Galakters rotation

Mørkt stof får galakser til at rotere hurtigere, end man ville fra blot at betragte alt det "normale" lysende materiale i galaksen.

**With Dark Matter**



**Without Dark Matter**



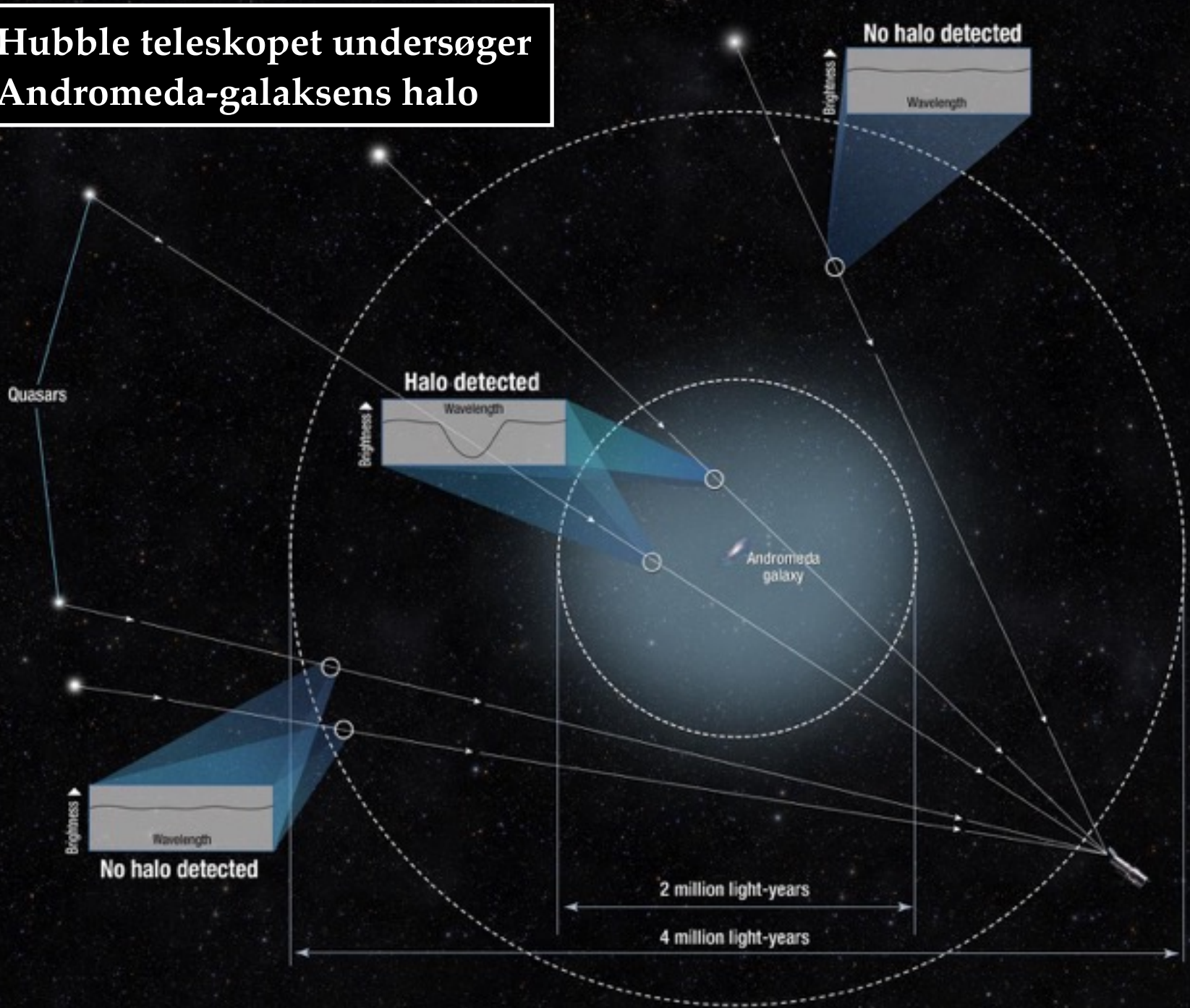
# Andromeda-galaksen (tæt på)





# Dark Matter halo

Hubble teleskopet undersøger  
Andromeda-galaksens halo

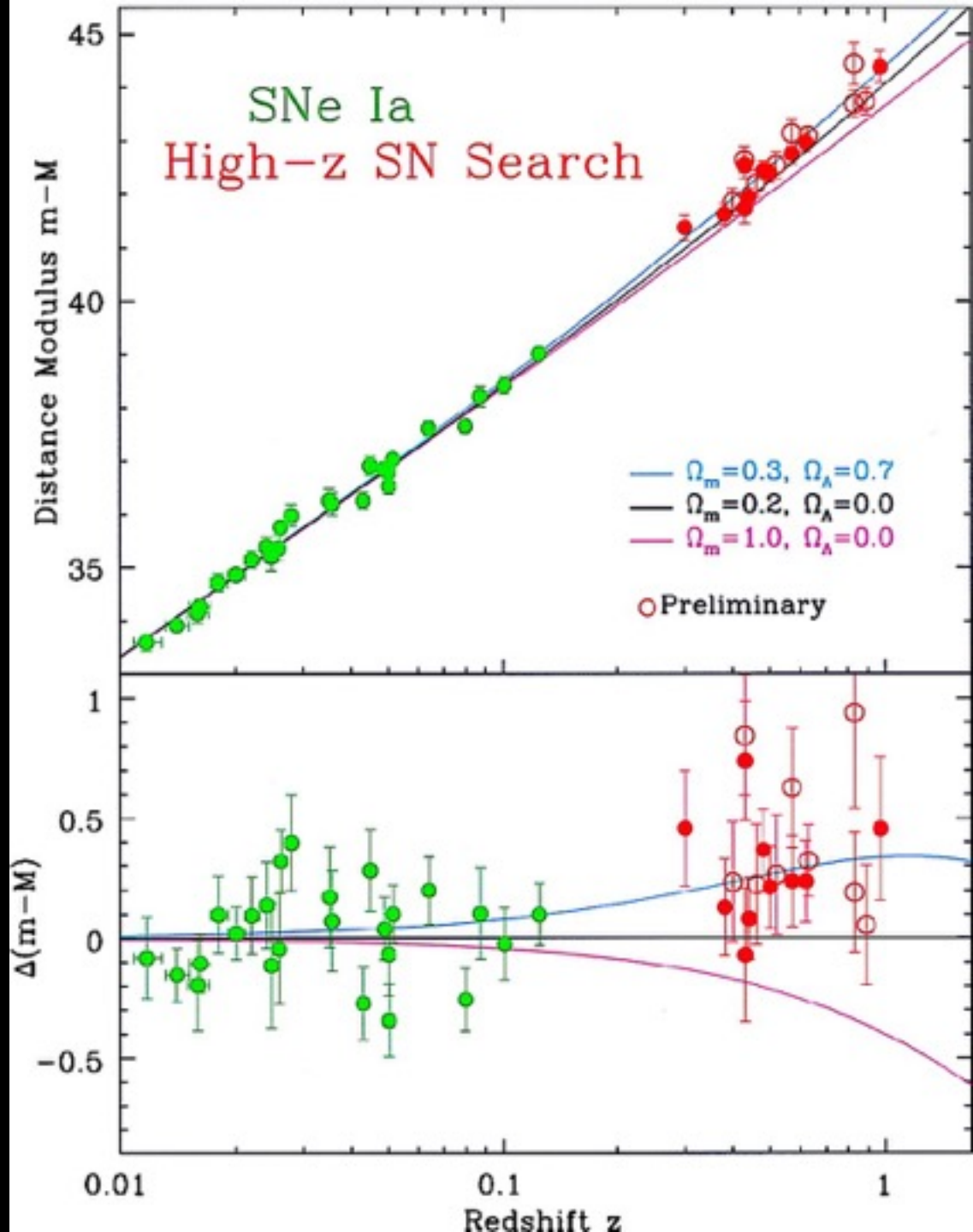


# Universets Udvidelse

Hubbles lov fortæller os, at jo længere væk tingene er, jo hurtigere bevæger de sig væk fra os.

Men hvad med ting meget langt væk, hvis lys er nået os efter milliarder af år? Havde de samme hastighed dengang, eller har noget ændret sig?

Det har det, og... **stik modsat af det vi forventede!!!**



# Hvad består Universet af?

(...og hvordan ved vi det?)

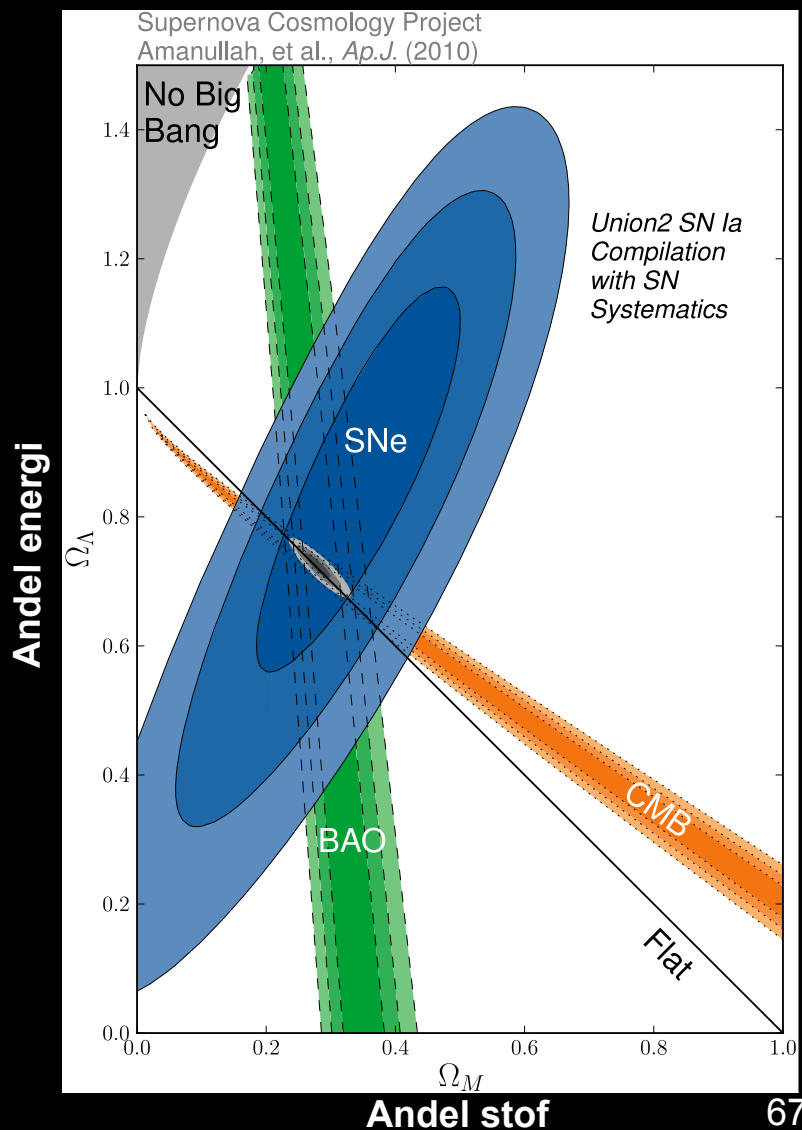
Tre forskningsfelter observere  
Universet på hver deres måde:

- **Kosmisk mikrobølgebaggrund (CMB)**
- **Fjerne supernovae (SNe)**
- **Galakseformation (BAO)**

Hver af felterne forsøgte at måle:

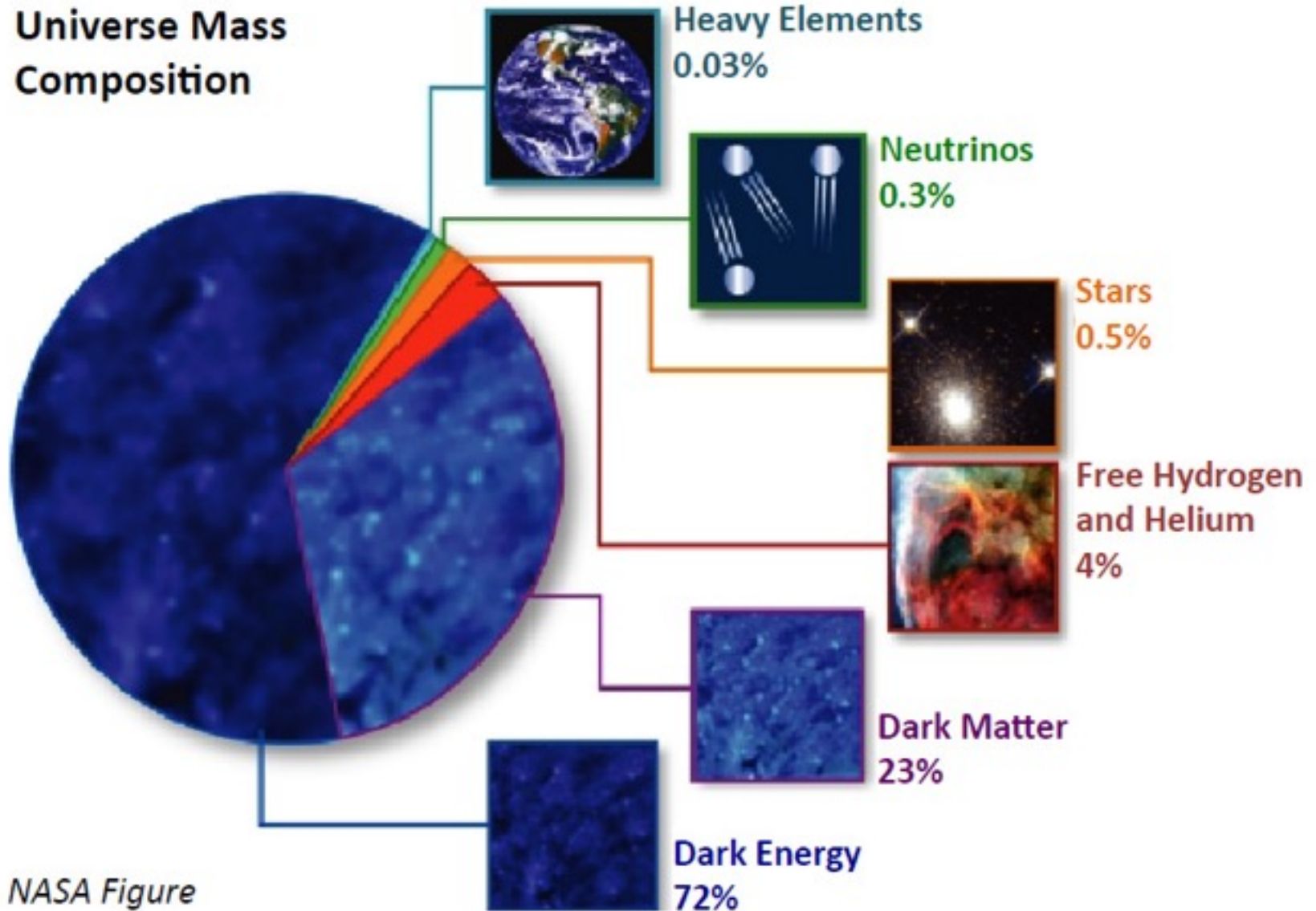
- x) Andelen af **stof** i Universet
- y) Andelen af **energy** i Universet

**...og de er enige!!!**



# Universets bestanddele

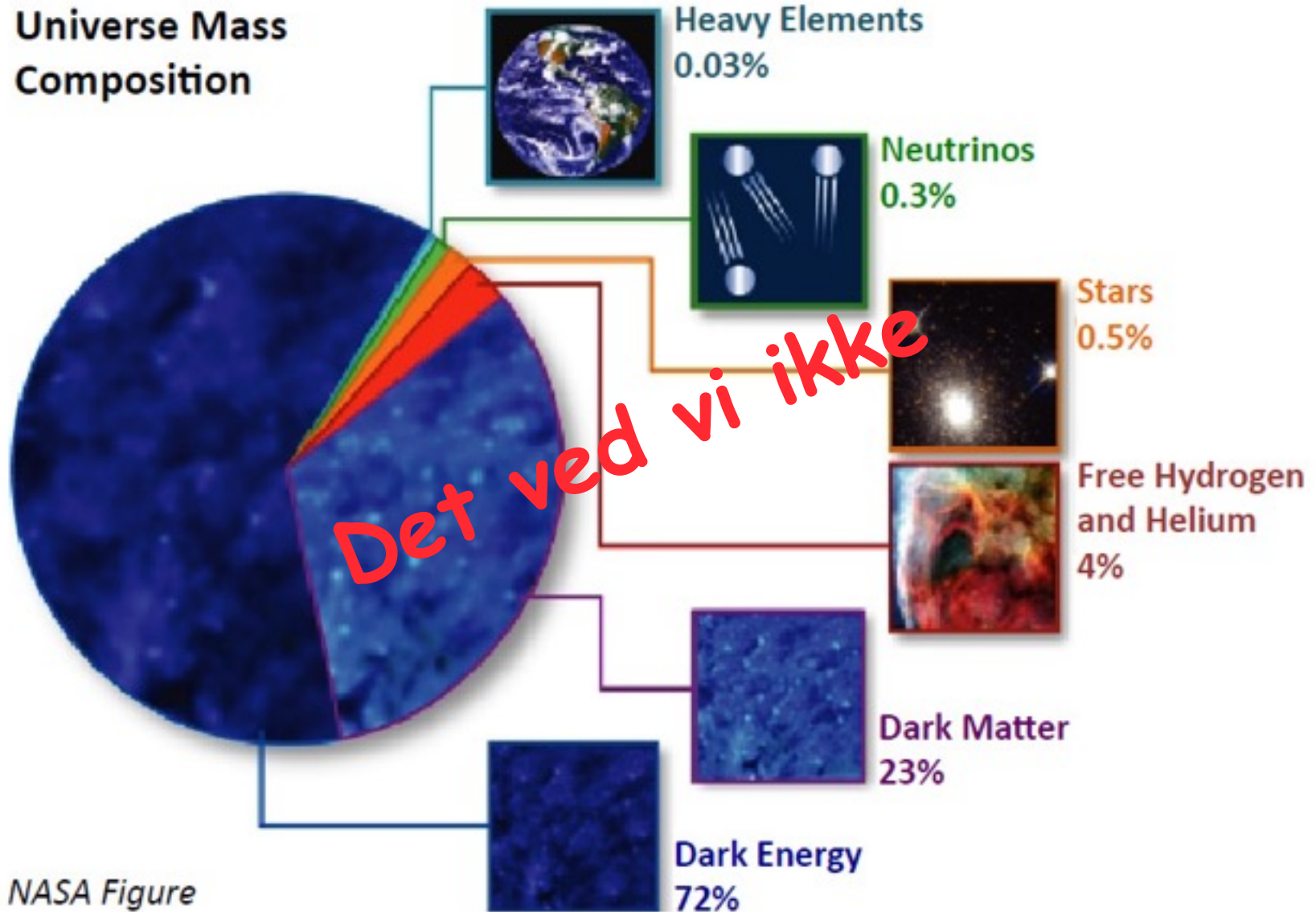
Universe Mass  
Composition



NASA Figure

# Universets bestanddele

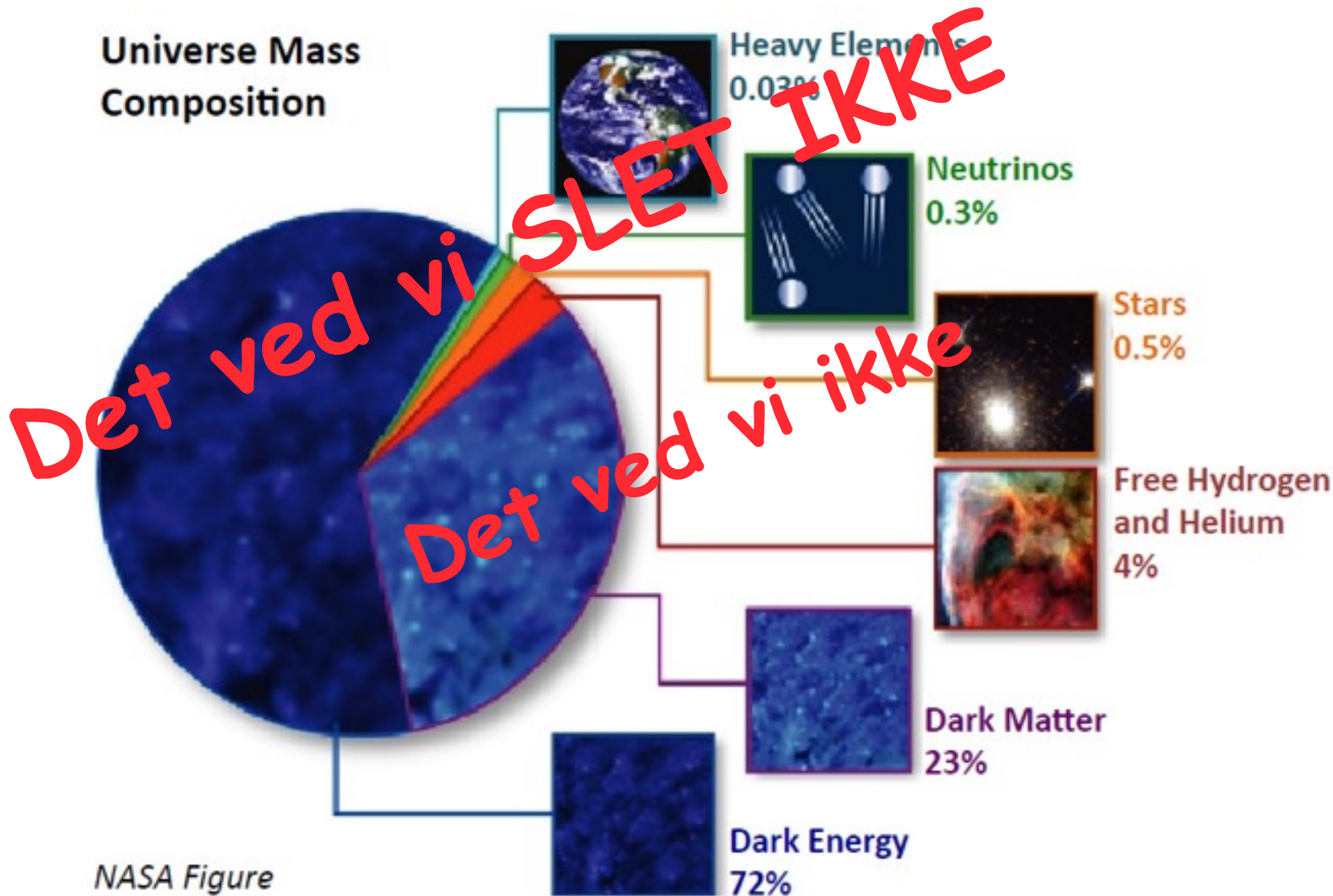
Universe Mass  
Composition



NASA Figure

# Universets bestanddele

Universe Mass Composition



NASA Figure