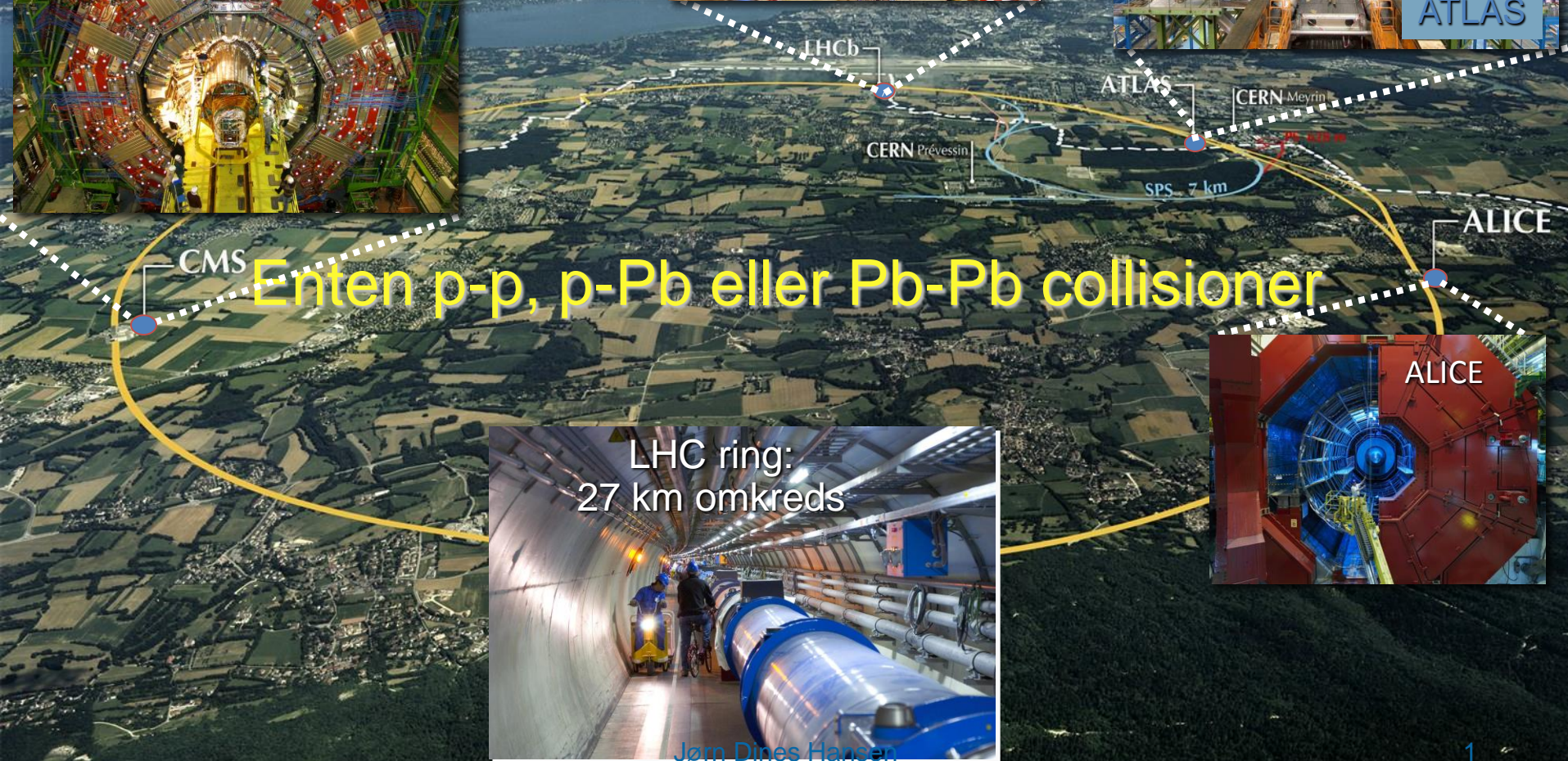
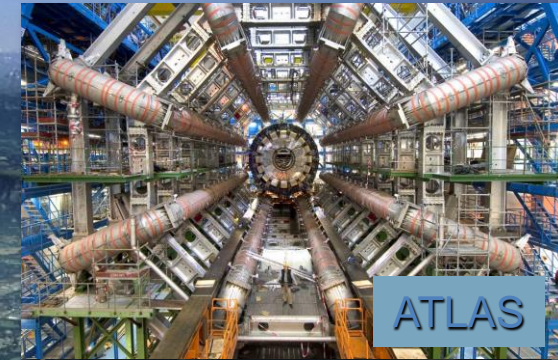
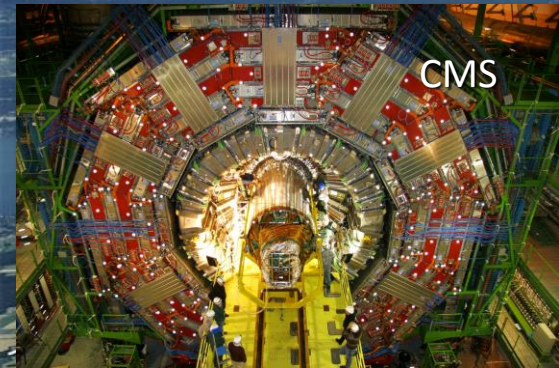


# Velkommen til CERN



# CERN blev grundlagt i 1954 af 12 europæiske lande.

“Science for Peace”

~ 2300 staff

~ 1000 andre betalte

> 11000 brugere

Budget (2013) ~1000 MCHF

## Medlemslande [21]:

Austria, Belgium, Bulgaria, Czech Republic, Denmark, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Israel, Italy, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Slovakia, Spain, Sweden, Switzerland, United Kingdom

**Kandidat til medlemskab:** Romania

**Associerede medlemmer [forstadium til medlemskab]:** Serbia

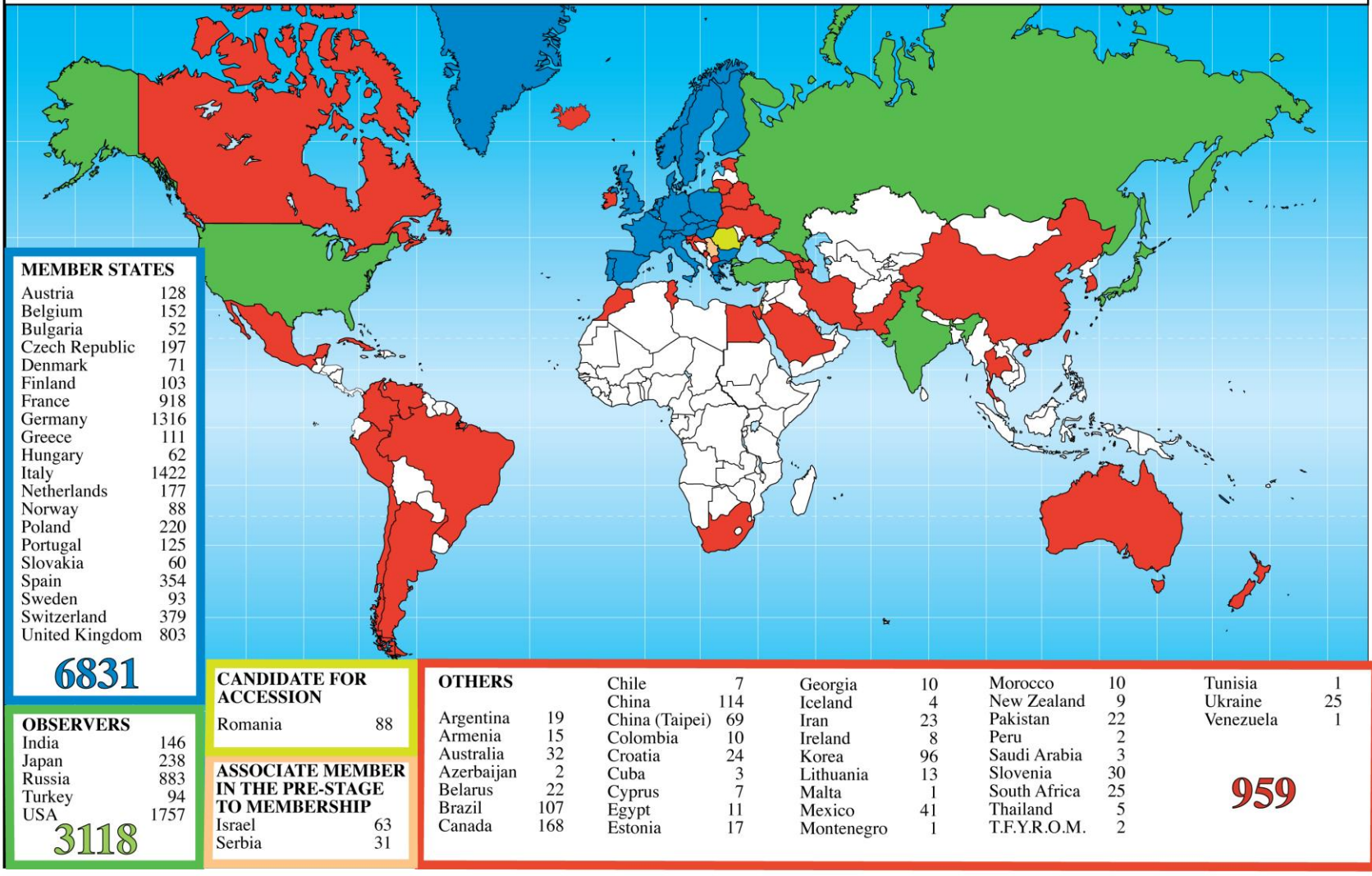
**Stater der søger om optagelse som fuldt eller associeret medlem:** Brazil, Cyprus, Russia, Slovenia, Turkey, Ukraine

**Observer til Council:** India, Japan, Russia, Turkey, USA, European Commission, UNESCO



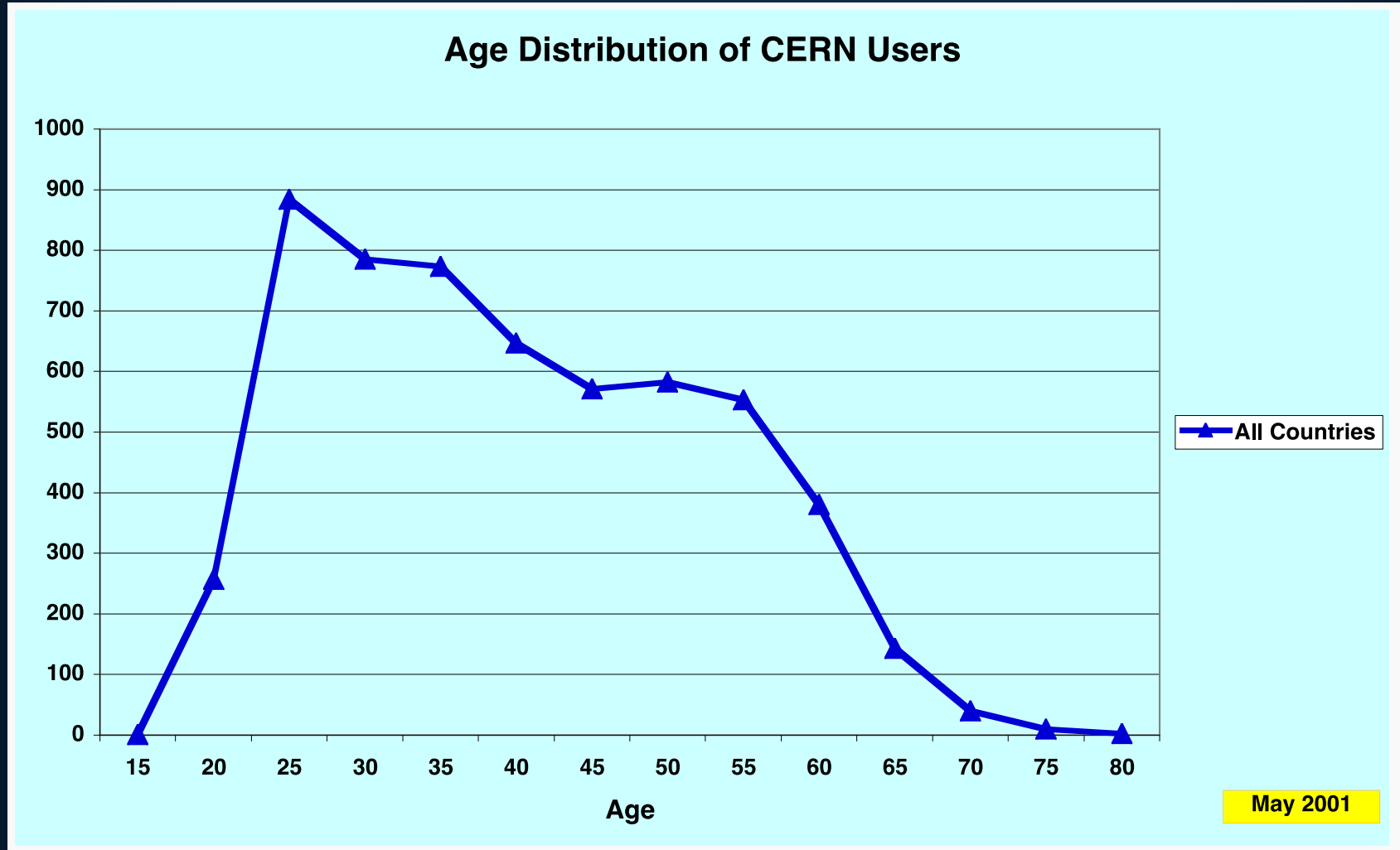
# Science is getting more and more global

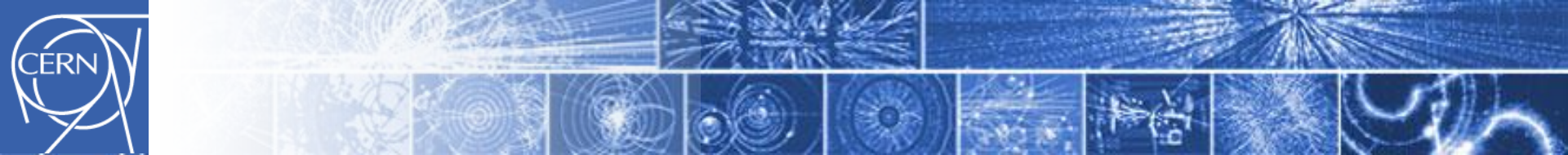
## Distribution of All CERN Users by Location of Institute on 14 January 2013





# Age distribution of CERN users (May 2001)





---

## Nyttige oplysninger

**Der ligger brochurer udenfor: CERN, LHC (check sproget!.)**

**Toileteter findes nedenunder i bygning 33 (Reception.)**

**Man må altid tage fotografier.**

**Stil endeligt spørgsmål, hvis noget ikke er klart.**

**CERN souvenirs fås i Receptionen.**



# The first circular accelerator Lawrence and Livingston's 80 keV cyclotron (1930)

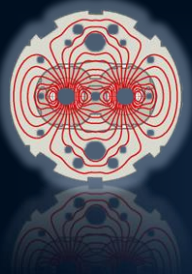


Ernest O. Lawrence



issue 06

august 07

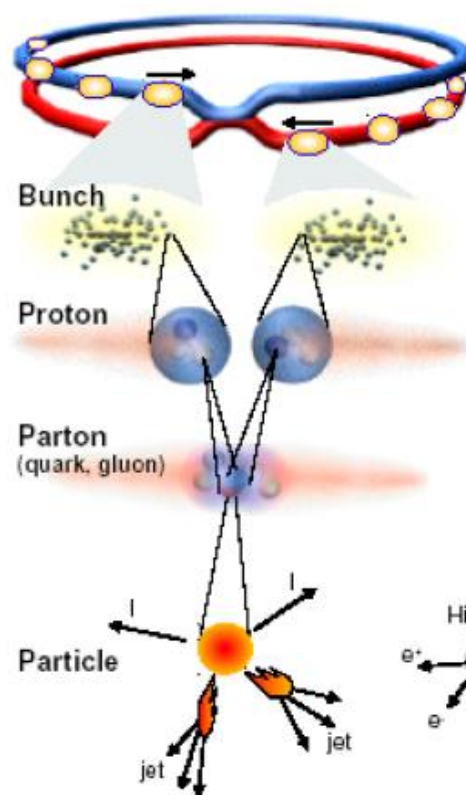
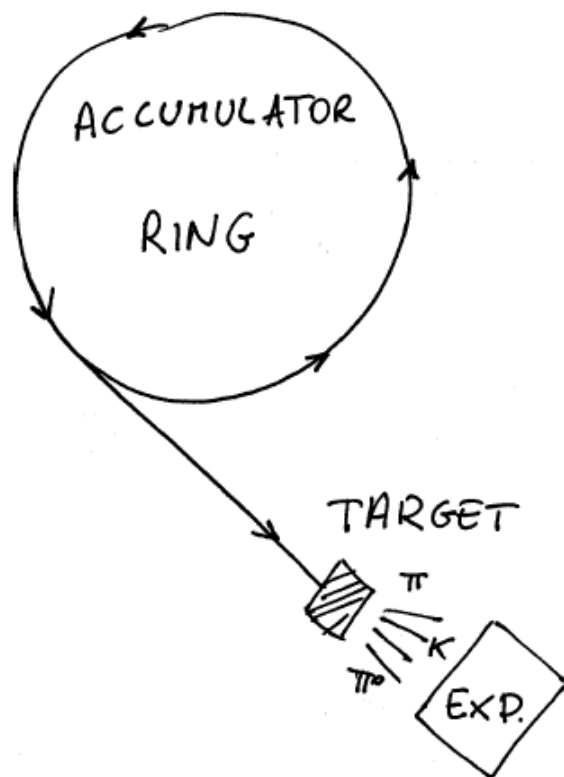


# Different Approaches: Fixed Target vs. Collider



Fixed target

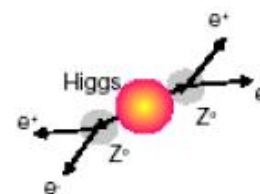
Storage  
ring/collider



Proton-Proton (2835 x 2835 bunches)  
Protons/bunch  $10^{11}$   
Beam energy 7 TeV ( $7 \times 10^{12}$  eV)  
Luminosity  $10^{34}$  cm<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>

Crossing rate 40 MHz

Collisions =  $10^7 - 10^9$  Hz



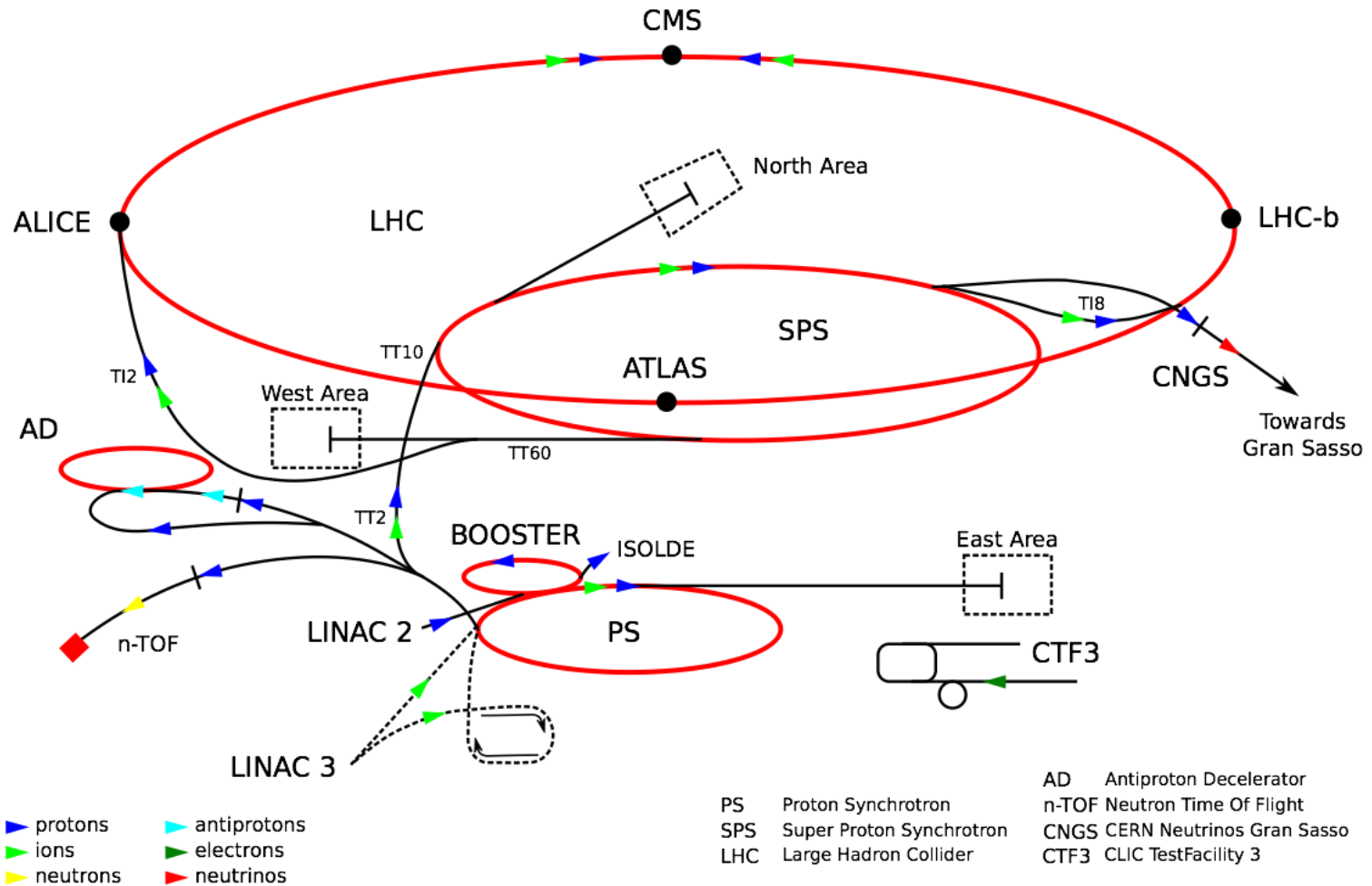
Higgs

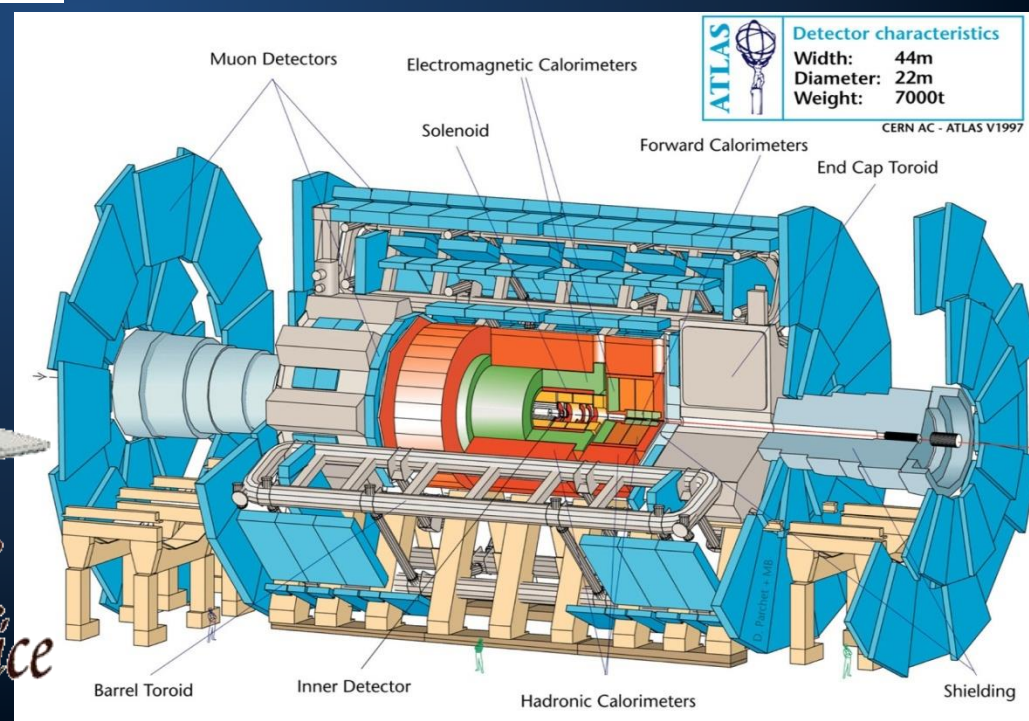
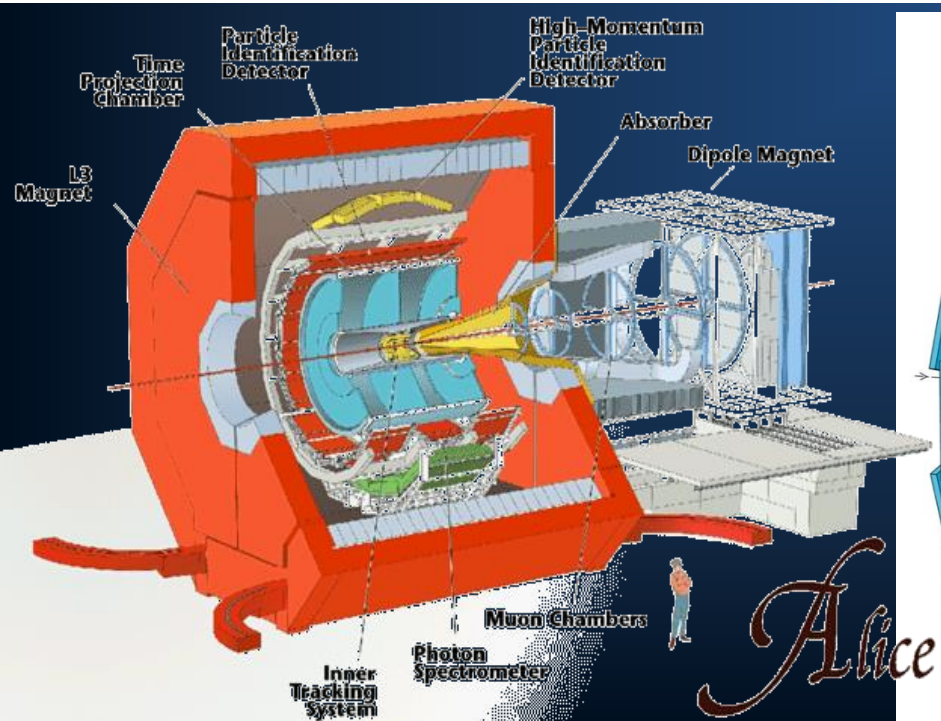
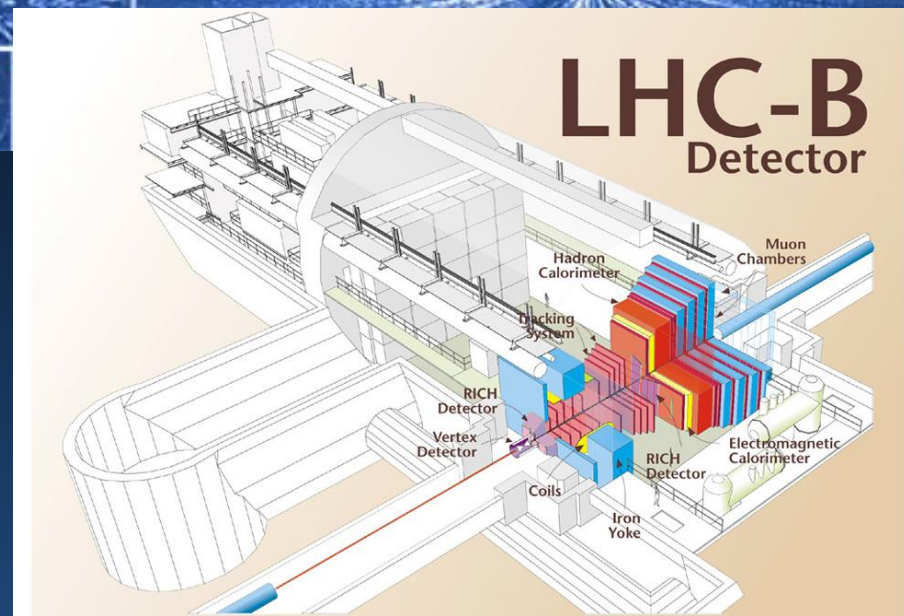
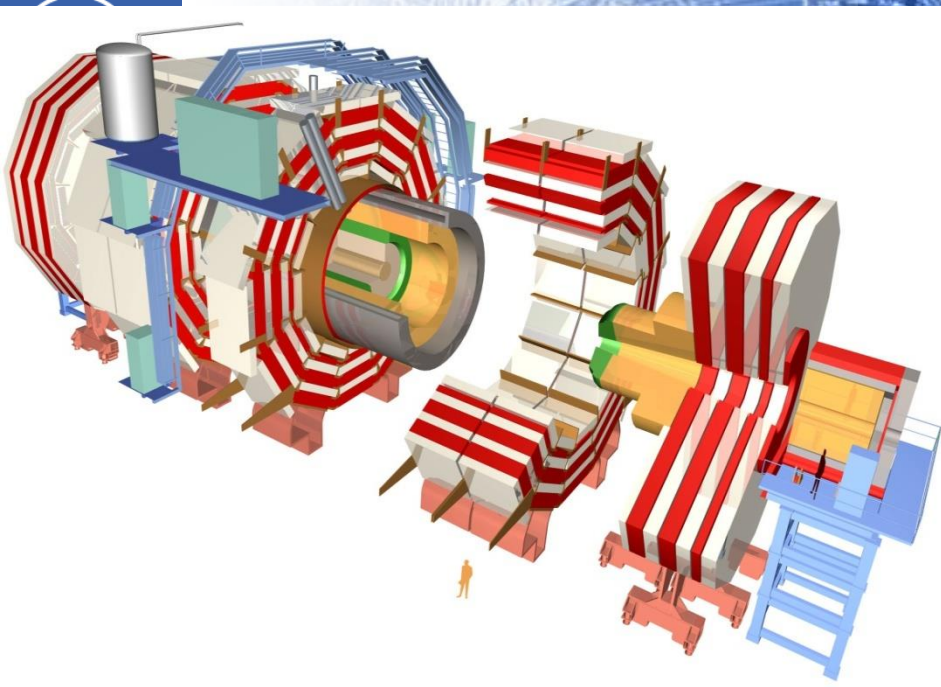
SUSY.....

$$E_{CM} = \sqrt{2(E_{beam}mc^2 + m^2c^4)} \ll E_{CM} = 2(E_{beam} + mc^2)$$



# Acceleratorkomplekset





# Large Hadron Collider (LHC)

Proton- Proton Collider

7 TeV + 7 TeV



40,000,000\*25 kollisioner/sekund

Samlet energi mere end 14,000 proton masser

Primære mål:

- Hvad er masse
- Hvad er mørk masse
- Det oprindelige plasma
- Stof vs Antistof

# Artistisk fortolkning af en kollision

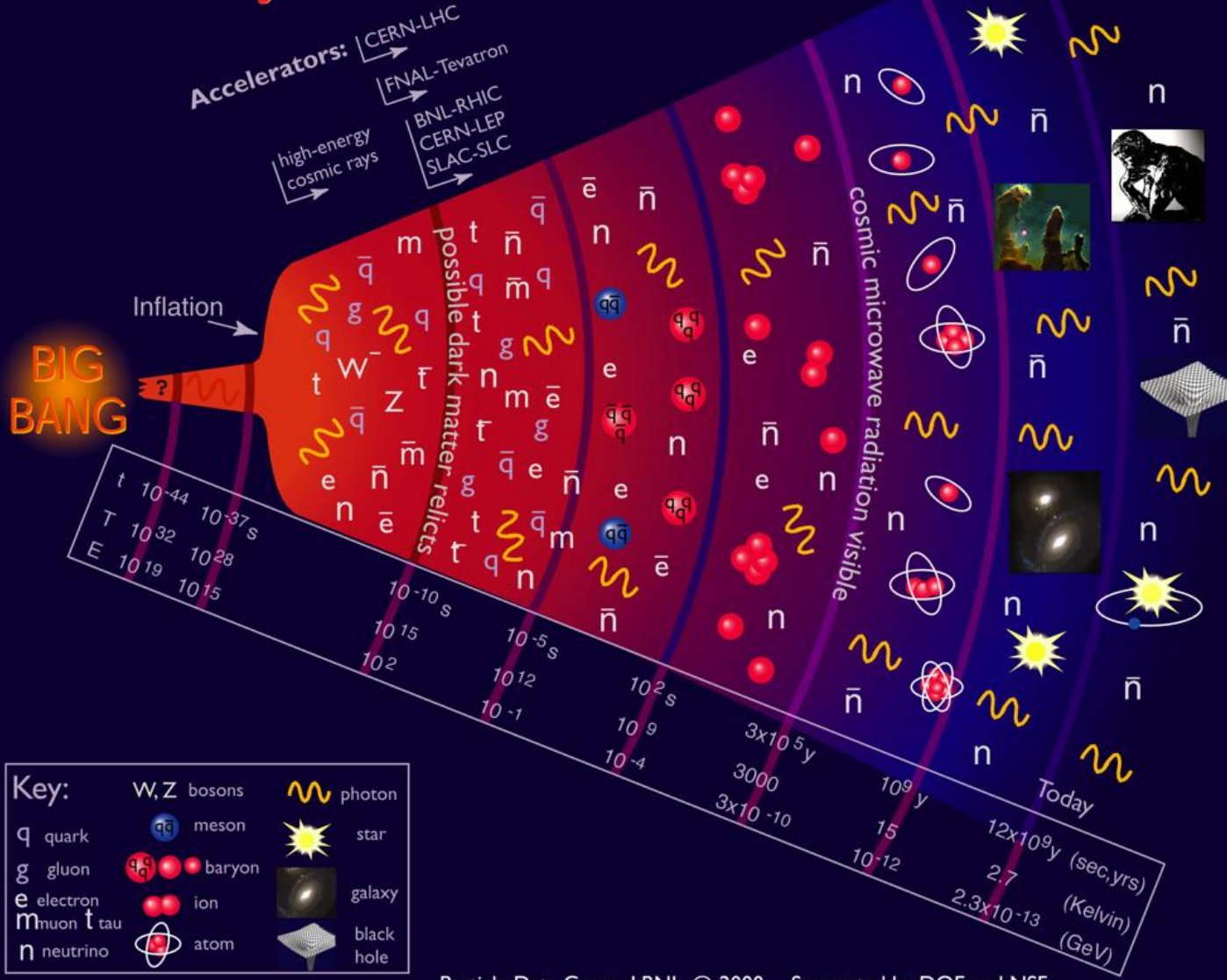


Partiklerne bevæger sig med 99.9999...% af lysets hastighed (11 km/t langsommere)  
--- Pakker med 100 milliarder partikler --- 40 millioner kollisioner i sekundet!

## Hvor kommer det hele fra?



# History of the Universe

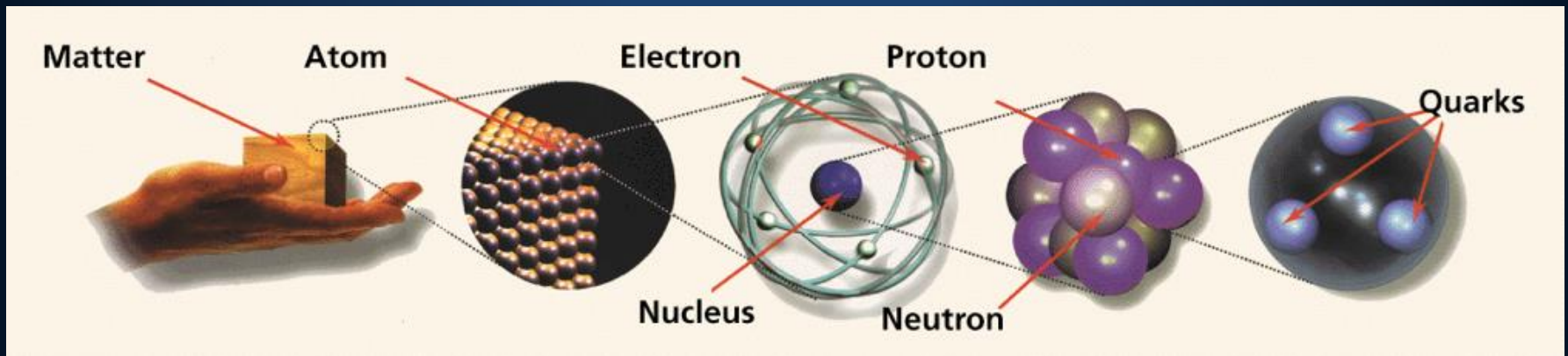


Particle Data Group, LBNL, © 2000. Supported by DOE and NSF

Ældre — Større — Koldere →

# Den moderne Opfattelse af stoff...

- Atomer er ikke elementære - de kan deles!
- Elektroner kredser om atomkernen - men ikke i klassisk forstand.
- Atomkernen er ikke elementær - den består af protoner og neutroner - som igen består af kvarker.



Hvordan hænger denne opfattelse sammen med den såkaldte Standardmodel i partikelfysikken..?

# Standardmodellen: Partikelfysikkens periodiske system.

...og gang så med 2!

Kvarker	$+\frac{2}{3}$ <b>u</b> up	$+\frac{2}{3}$ <b>s</b> strange	$+\frac{2}{3}$ <b>t</b> top
	$-\frac{1}{3}$ <b>d</b> down	$-\frac{1}{3}$ <b>c</b> charm	$-\frac{1}{3}$ <b>b</b> bottom
	$-1$ <b>e</b> elektron	$-1$ <b><math>\mu</math></b> myon	$-1$ <b><math>\tau</math></b> tauon
	$0$ <b><math>\nu_e</math></b> neutrino	$0$ <b><math>\nu_\mu</math></b> neutrino	$0$ <b><math>\nu_\tau</math></b> neutrino
	<b>Stofpartikler</b> (fermioner - spin 1/2)		

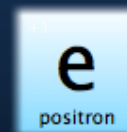
Positronen og Alle stofpartiklerne har en anti-partikel -- fuldstændig identisk på nær den elektriske ladning. Standardmodellen består derfor af 24 stofpartikler.

Eksempel:

Elektronen og Positronen er hinandens anti-partikler!



negativ ladning



positiv ladning



# Standardmodellen: Partikelfysikkens periodiske system.

## Hvad binder det hele sammen?

Kvarker	$+\frac{2}{3}$ <b>u</b> up	$+\frac{2}{3}$ <b>s</b> strange	$+\frac{2}{3}$ <b>t</b> top
	$-\frac{1}{3}$ <b>d</b> down	$-\frac{1}{3}$ <b>c</b> charm	$-\frac{1}{3}$ <b>b</b> bottom
	$-1$ <b>e</b> elektron	$-1$ $\mu$ myon	$-1$ $\tau$ tauon
	$0$ $\nu_e$ neutrino	$0$ $\nu_\mu$ neutrino	$0$ $\nu_\tau$ neutrino
	<b>Stofpartikler</b> (fermioner - spin 1/2)		

Partiklerne er bundet sammen og vekselvirker via forskellige kræfter -- det sker gennem udveksling af kraftbærende partikler.

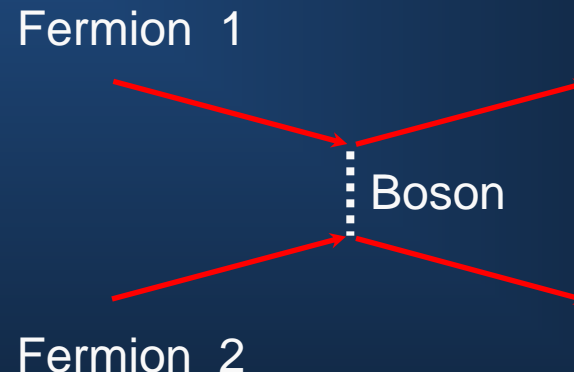


# Standardmodellen: Partikelfysikkens periodiske system.

Hvad binder det hele sammen?

Kvarker	$+\frac{2}{3}$ <b>u</b> up	$+\frac{2}{3}$ <b>s</b> strange	$+\frac{2}{3}$ <b>t</b> top
	$-\frac{1}{3}$ <b>d</b> down	$-\frac{1}{3}$ <b>c</b> charm	$-\frac{1}{3}$ <b>b</b> bottom
	$-1$ <b>e</b> elektron	$-1$ <b><math>\mu</math></b> myon	$-1$ <b><math>\tau</math></b> tauon
	$0$ <b><math>\nu_e</math></b> neutrino	$0$ <b><math>\nu_\mu</math></b> neutrino	$0$ <b><math>\nu_\tau</math></b> neutrino
	<b>Stofpartikler</b> (fermioner - spin 1/2)		

Partiklerne er bundet sammen og vekselvirker via forskellige kræfter -- det sker gennem udveksling af kraftbærende partikler.



# Standardmodellen: Partikelfysikkens periodiske system.

Hvad binder det hele sammen?

Den elektromagnetiske kraft bæres af fotonen.

Kvarker	$+\frac{2}{3}$ u up	$+\frac{2}{3}$ s strange	$+\frac{2}{3}$ t top
	$-\frac{1}{3}$ d down	$-\frac{1}{3}$ c charm	$-\frac{1}{3}$ b bottom
	-1 e elektron	-1 $\mu$ myon	-1 $\tau$ tauon
	0 $\nu_e$ neutrino	0 $\nu_\mu$ neutrino	0 $\nu_\tau$ neutrino
	Stofpartikler (fermioner - spin 1/2)		



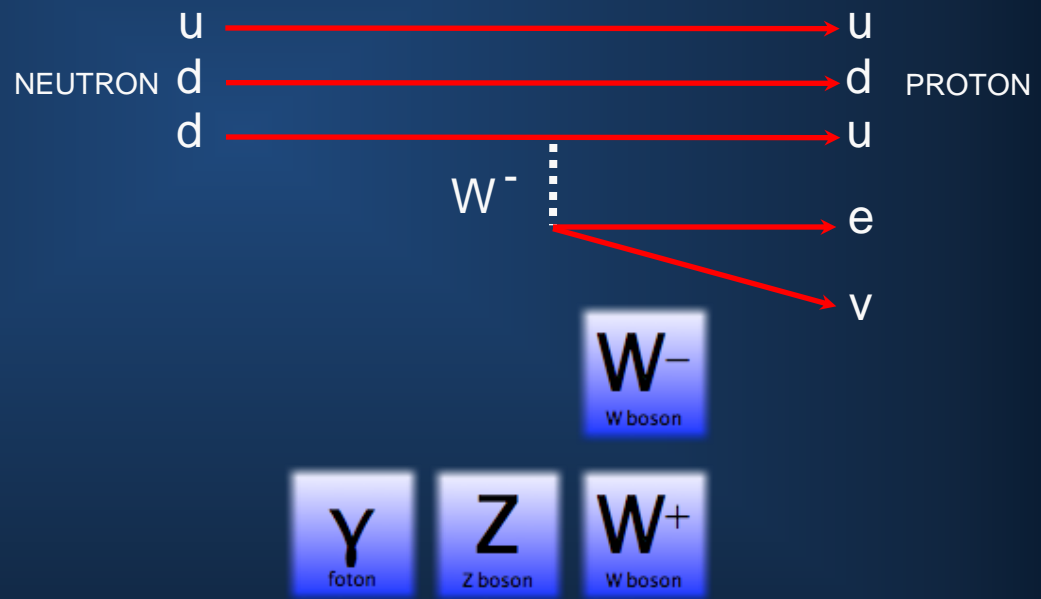
Kraftbærende partikler  
(bosoner - spin 1)

# Standardmodellen: Partikelfysikkens periodiske system.

## Hvad binder det hele sammen?

Den svage kernekraft bæres af W og Z bosonerne.

Kvarker	$+\frac{2}{3}$	<b>u</b> up	$+\frac{2}{3}$	<b>s</b> strange	$+\frac{2}{3}$	<b>t</b> top
	$-\frac{1}{3}$	<b>d</b> down	$-\frac{1}{3}$	<b>c</b> charm	$-\frac{1}{3}$	<b>b</b> bottom
	$-1$	<b>e</b> elektron	$-1$	<b><math>\mu</math></b> myon	$-1$	<b><math>\tau</math></b> tauon
	0	<b><math>\nu_e</math></b> neutrino	0	<b><math>\nu_\mu</math></b> neutrino	0	<b><math>\nu_\tau</math></b> neutrino
	<b>Stofpartikler</b> (fermioner - spin 1/2)					



**Kraftbærende partikler**  
(bosoner - spin 1)

# Standardmodellen: Partikelfysikkens periodiske system.

Hvad binder det hele sammen?

Kvarker	$+\frac{2}{3}$ <b>u</b> up	$+\frac{2}{3}$ <b>s</b> strange	$+\frac{2}{3}$ <b>t</b> top
	$-\frac{1}{3}$ <b>d</b> down	$-\frac{1}{3}$ <b>c</b> charm	$-\frac{1}{3}$ <b>b</b> bottom
	$-1$ <b>e</b> elektron	$-1$ <b><math>\mu</math></b> myon	$-1$ <b><math>\tau</math></b> tauon
	$0$ <b><math>\nu_e</math></b> neutrino	$0$ <b><math>\nu_\mu</math></b> neutrino	$0$ <b><math>\nu_\tau</math></b> neutrino
	<b>Stofpartikler</b> (fermioner - spin 1/2)		

Den stærke kernekraft bæres af gluonen.



		<b><math>W^-</math></b> W boson	
<b><math>\gamma</math></b> foton	<b>Z</b> Z boson	<b><math>W^+</math></b> W boson	<b>g</b> gluon
<b>Kraftbærende partikler</b> (bosoner - spin 1)			

# Standardmodellen: Partikelfysikkens periodiske system.

Partiklerne har masse! [MeV]

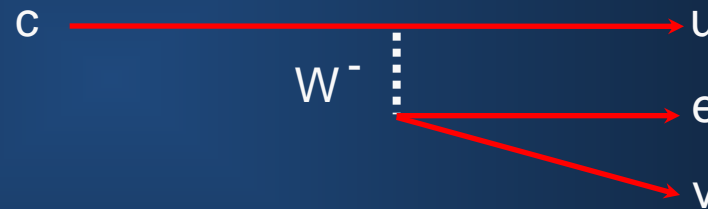


# Standardmodellen: Partikelfysikkens periodiske system.

## Stabile partikler >< Ustabile partikler.

Kvarker	$+2/3$ 2.75 <b>u</b> up	$+2/3$ 1300 <b>s</b> strange	$+2/3$ 17000 <b>t</b> top
	$-1/3$ 5 <b>d</b> down	$-1/3$ 110 <b>c</b> charm	$-1/3$ 4500 <b>b</b> bottom
	$-1$ 0.511 <b>e</b> elektron	$-1$ 105.7 <b><math>\mu</math></b> myon	$-1$ 1777 <b><math>\tau</math></b> tauon
	$0$ $\sim 0$ <b><math>\nu_e</math></b> neutrino	$0$ $\sim 0$ <b><math>\nu_\mu</math></b> neutrino	$0$ $\sim 0$ <b><math>\nu_\tau</math></b> neutrino
	<b>Stofpartikler</b> (fermioner - spin 1/2)		

Partiklerne fra 2. og 3. generation er ekstremt ustabile og henfalder til partikler fra 1. generation via den svage kernekraft (W bosoner).



$0$ <b><math>\gamma</math></b> foton	$0$ 91.188 <b>Z</b> Z boson	$0$ 80.400 <b><math>W^+</math></b> W boson	$0$ 80.400 <b><math>W^-</math></b> W boson	$0$ <b>g</b> gluon	$125000$ ? <b>H</b> Higgs boson
---	--------------------------------	---	---	-----------------------	------------------------------------

**Kraftbærende partikler**  
(bosoner - spin 1)

# Standardmodellen: Partikelfysikkens periodiske system.

## Elementære partikler:

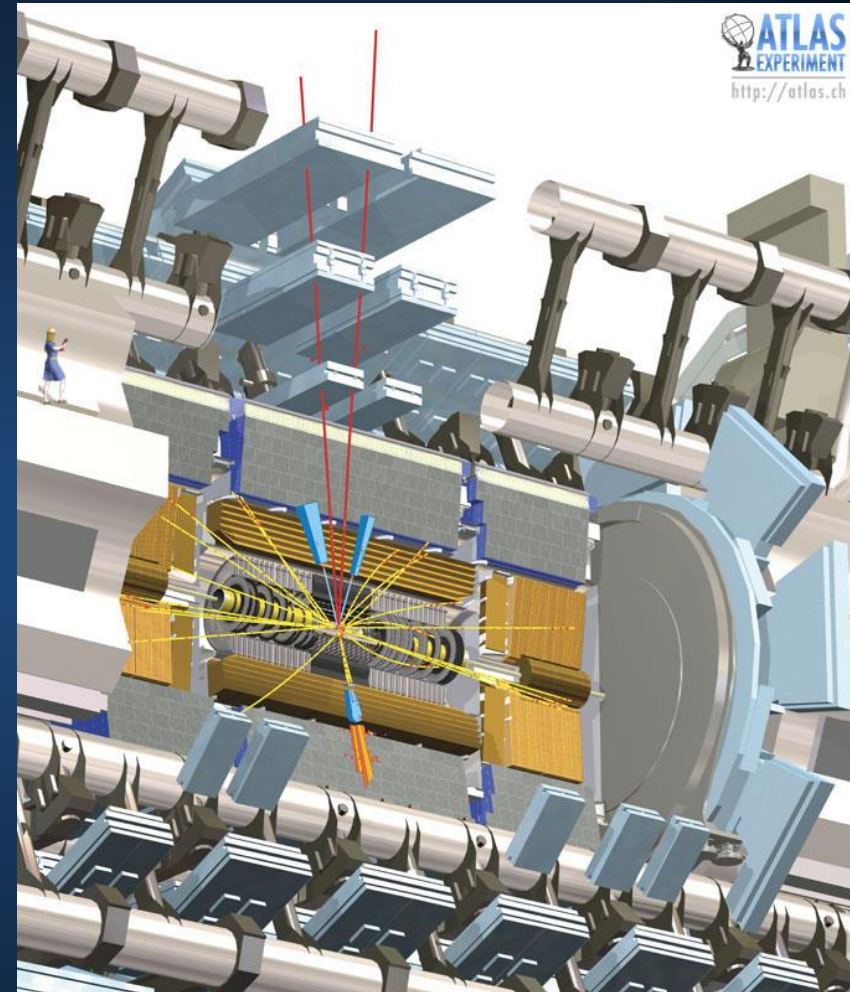
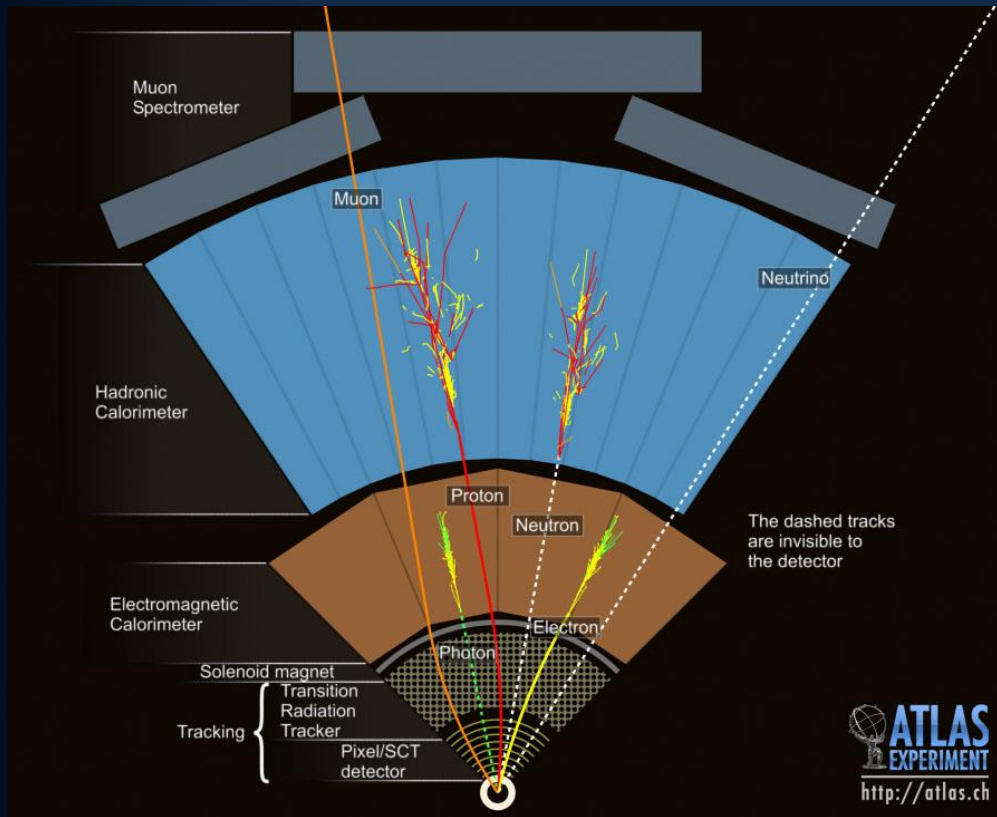
- Alle observerede partikler kan forklares vha. disse **elementære** partikler.
- Komponenter og teori er i det store hele forstået.
- Underliggende for al fysik, astronomi, kemi og liv!  
**Næsten alt** er tæstet med høj præcision gennem 40 år.

Kvarker	$+\frac{2}{3}$ 2.75 <b>u</b> up	$+\frac{2}{3}$ 1300 <b>s</b> strange	$+\frac{2}{3}$ 17000 <b>t</b> top
	$-\frac{1}{3}$ 0 <b>d</b> down	$-\frac{1}{3}$ 110 <b>c</b> charm	$-\frac{1}{3}$ 4500 <b>b</b> bottom
	$-1$ 0.511 <b>e</b> elektron	$-1$ 105.7 <b><math>\mu</math></b> myon	$-1$ 1777 <b><math>\tau</math></b> tauon
	$0$ $\sim 0$ <b><math>\nu_e</math></b> neutrino	$0$ $\sim 0$ <b><math>\nu_\mu</math></b> neutrino	$0$ $\sim 0$ <b><math>\nu_\tau</math></b> neutrino
	<b>Stofpartikler</b> (fermioner - spin 1/2)		

	$0$ 0 <b><math>\gamma</math></b> foton	$0$ 91.188 <b>Z</b> Z boson	$0$ 80.400 <b><math>W^+</math></b> W boson	$0$ 80.400 <b><math>W^-</math></b> W boson	
			$0$ <b>g</b> gluon		$125000$ ? <b>H</b> Higgs boson
<b>Kraftbærende partikler</b> (bosoner - spin 1)					

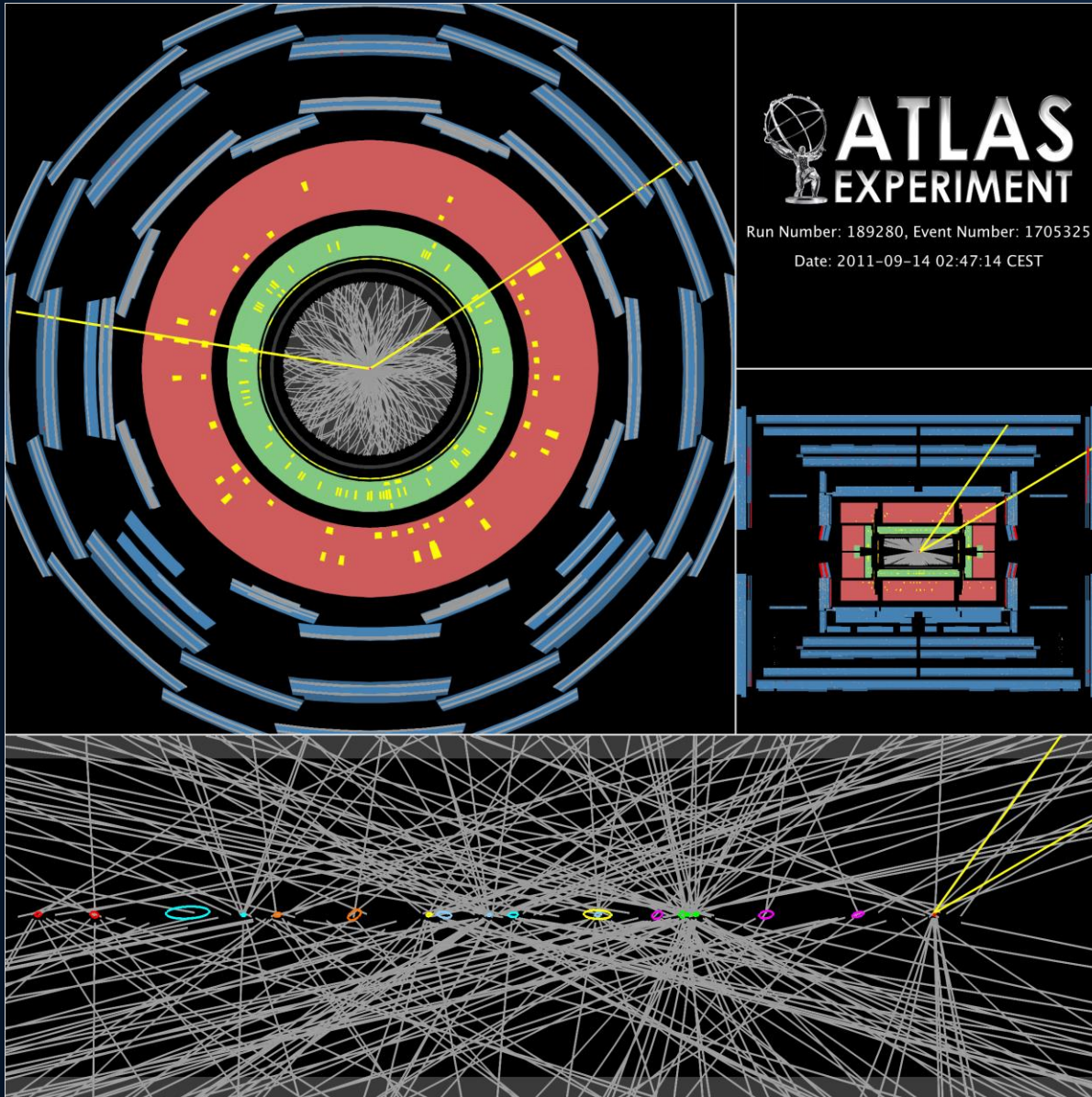


# Hvordan virker detektoren?

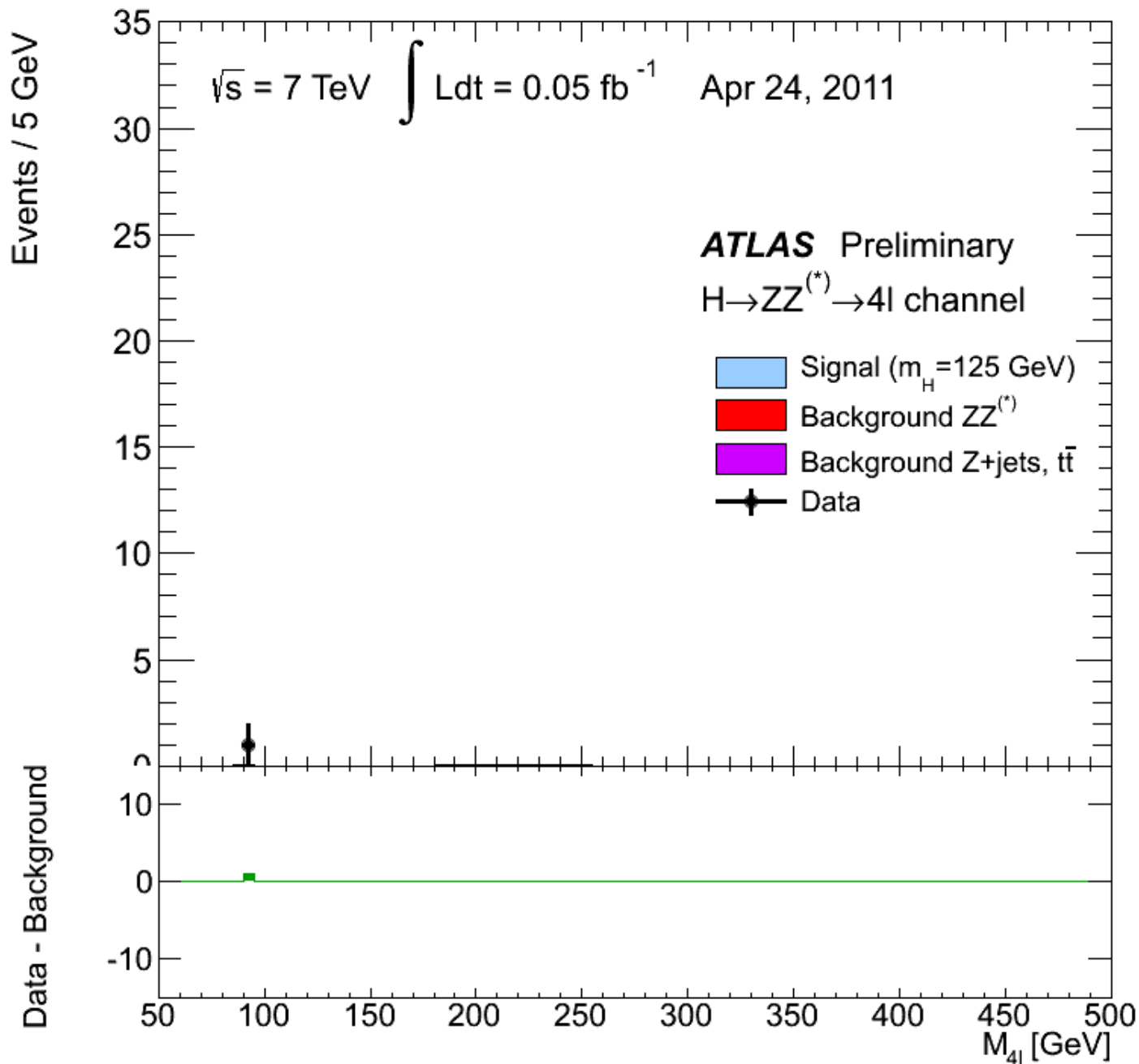


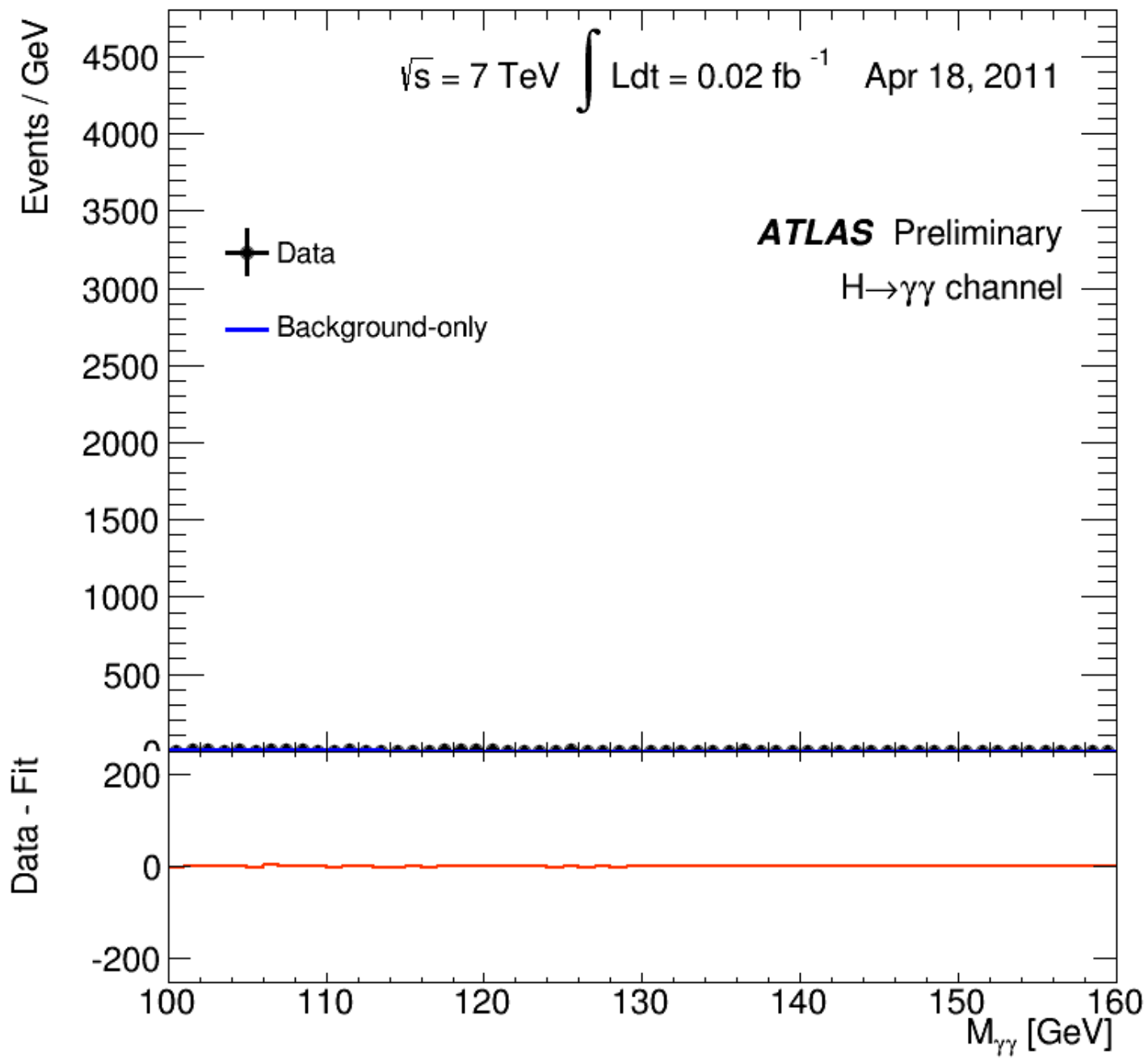
Vores opgave: Find, type-bestem og mål alt om alle partikler der kommer ud fra kollisionen

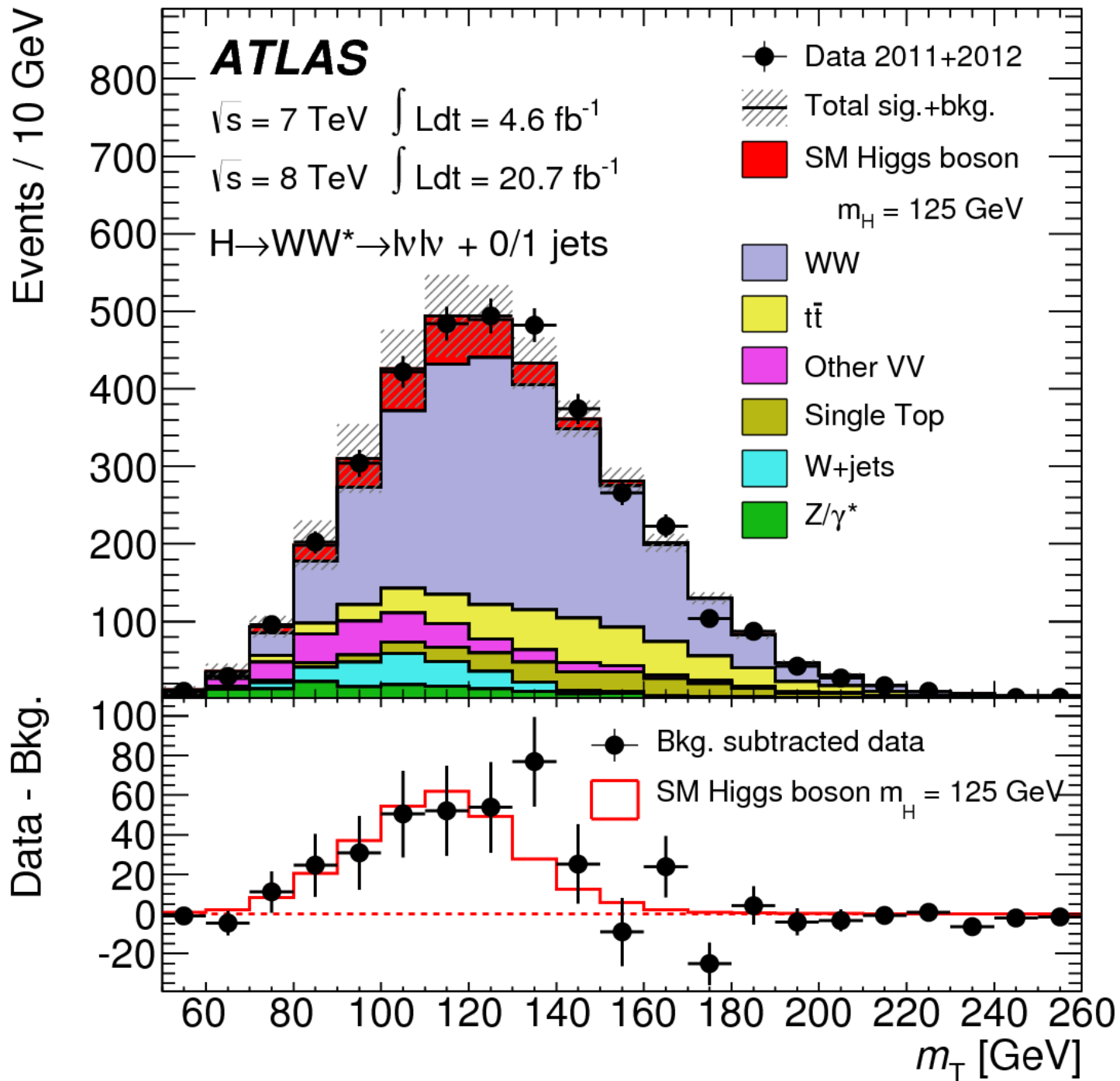
# Z-boson $\Rightarrow$ muon + muon

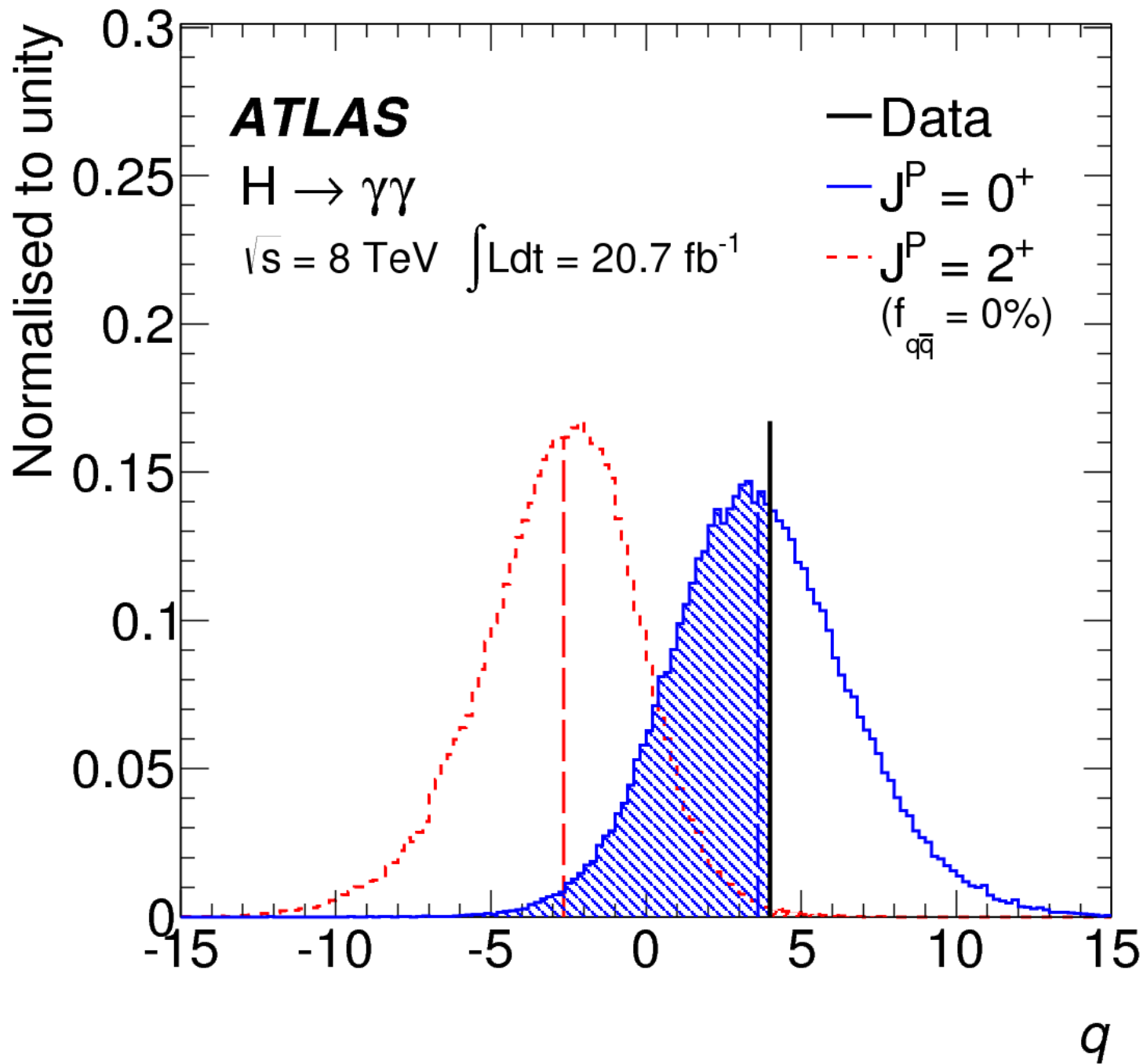


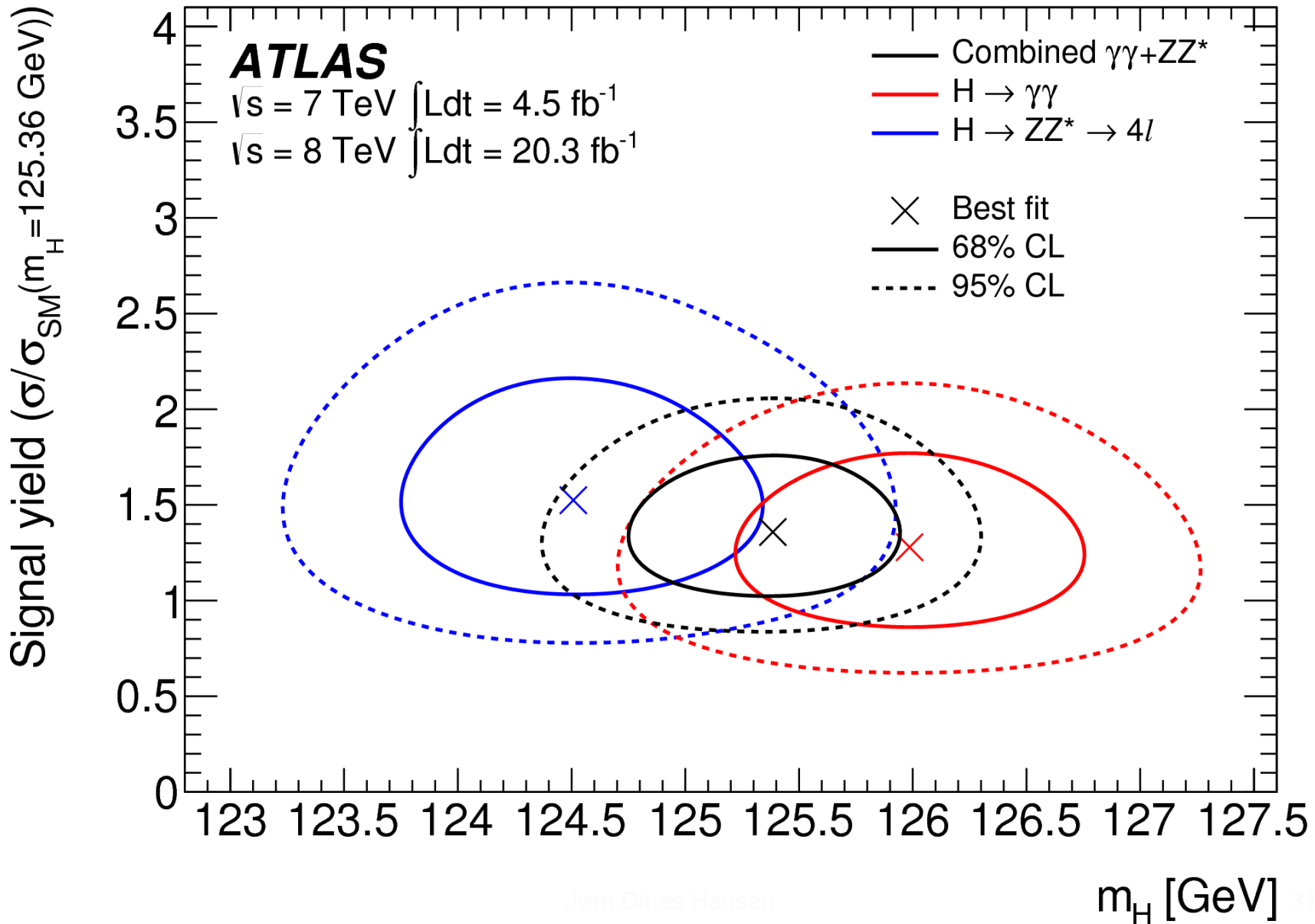
20 sammenstød



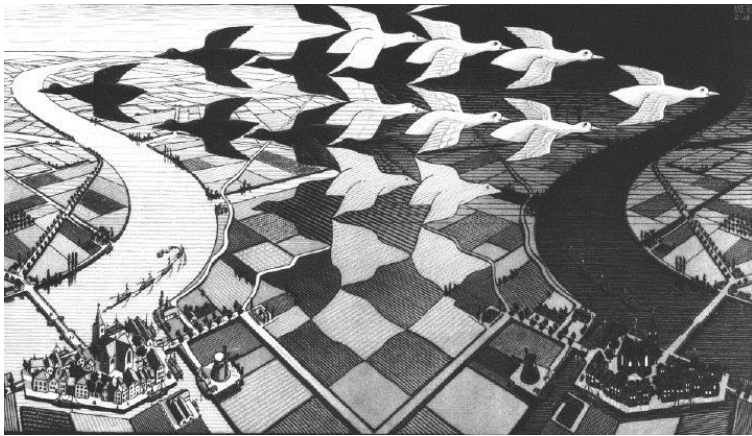








# Hvor er alt anti-stoffet?



Stof og anti-stof  
burde være blevet skabt  
i lige store mængder



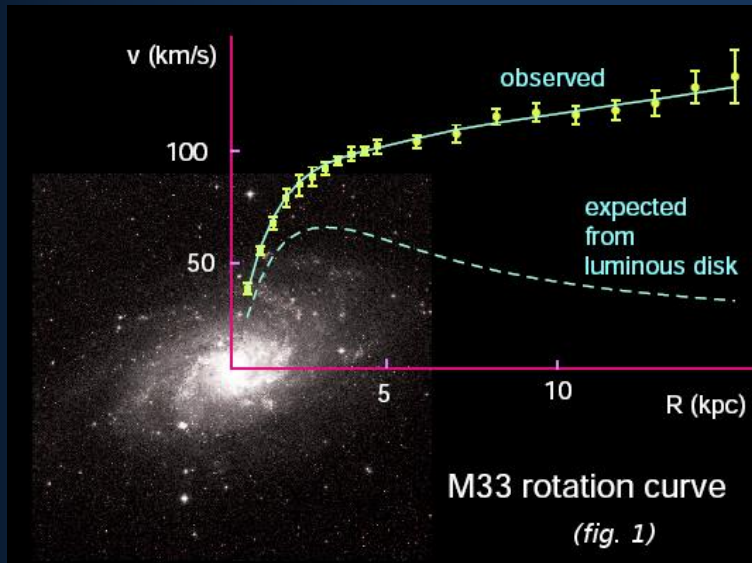
Universet gemmer over en subtil  
forskell mellem stof og anti-stof...  
Hvad er årsagen til denne forskel?

Det er derfor vi **OVERHOVEDET** er her!  
Vi er skabt af det stof som blev til overs ved universets fødsel



# Evidens for mørkt stof

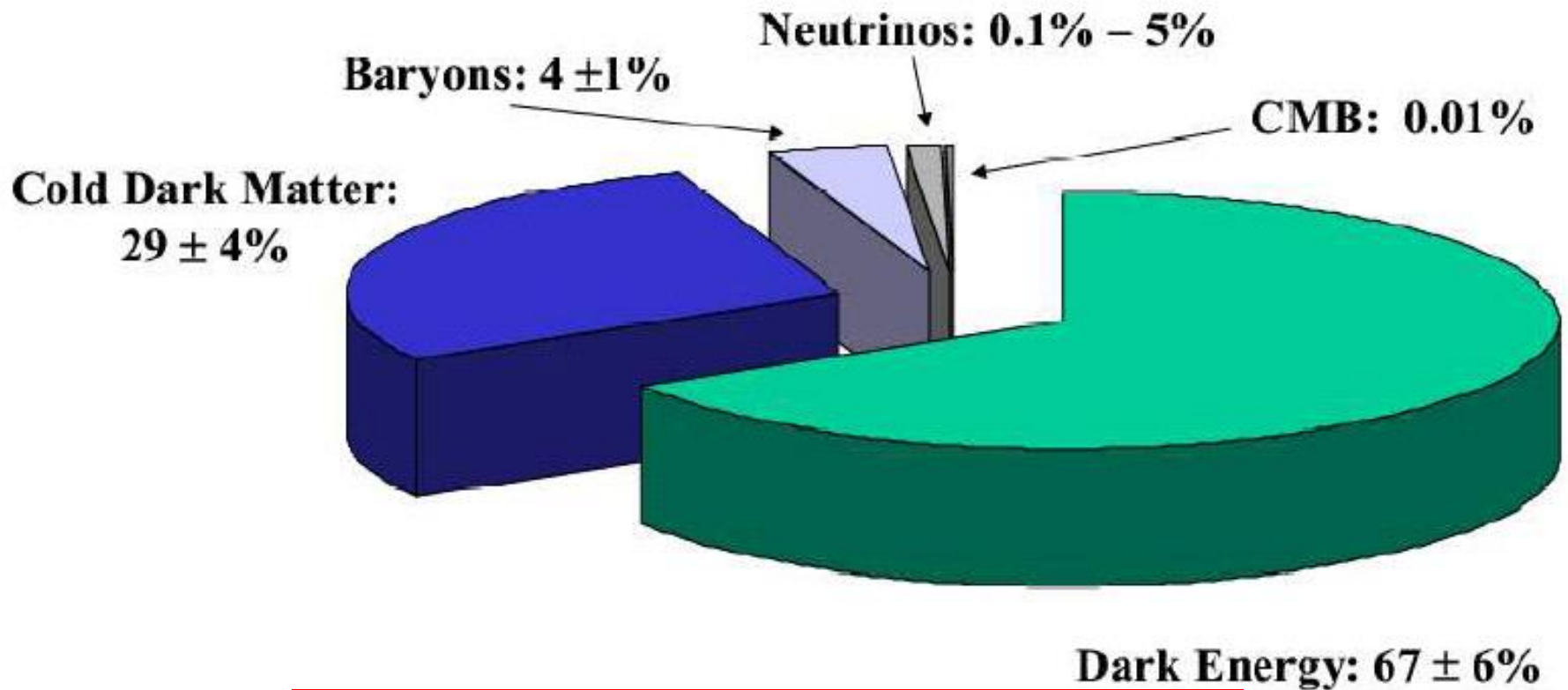
- Galaktiske rotationskurver



- Gravitationslinser-linjer
- Galakse kollisioner



# En underlig opskrift på Universet



The Standard Model of cosmology

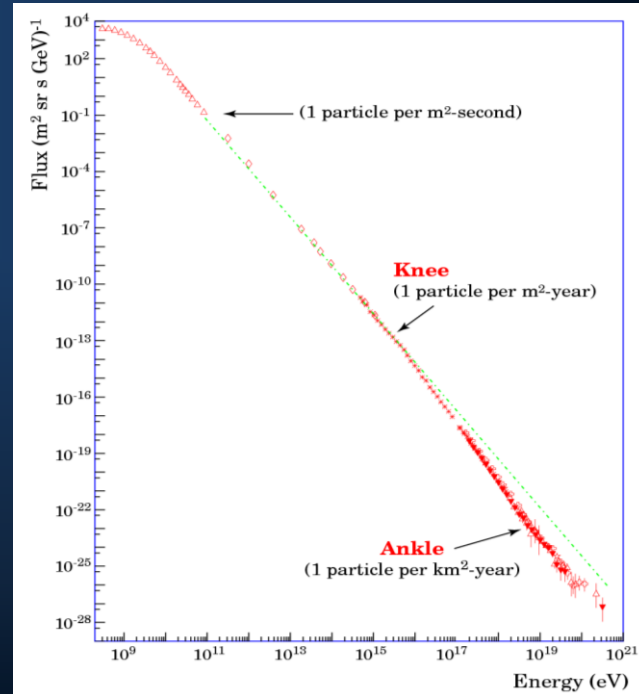
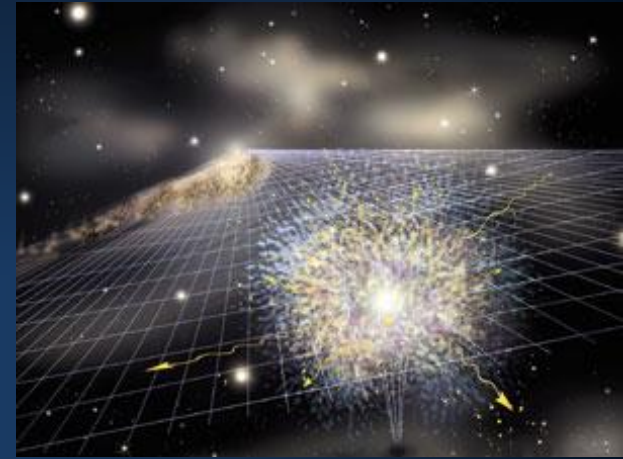
# Er det et problem?

- Mikroskopiske sorte huller er **ikke farlige - men spektakulære!**
- Kosmisk stråling (partikler)
  - Universets egen (gratis) superaccelerator
  - Energi op til 100 gange mere end LHC
  - Antal: Nogle stykker per minut et sted på jorden
- Fundet sted de sidste 4.5 milliarder år uden at jorden er forsvundet

Vi er til - ergo er de ufarlige 😊

Universets accelerator har for længst overgået alt vi kan lave ved Large Hadron Collider!

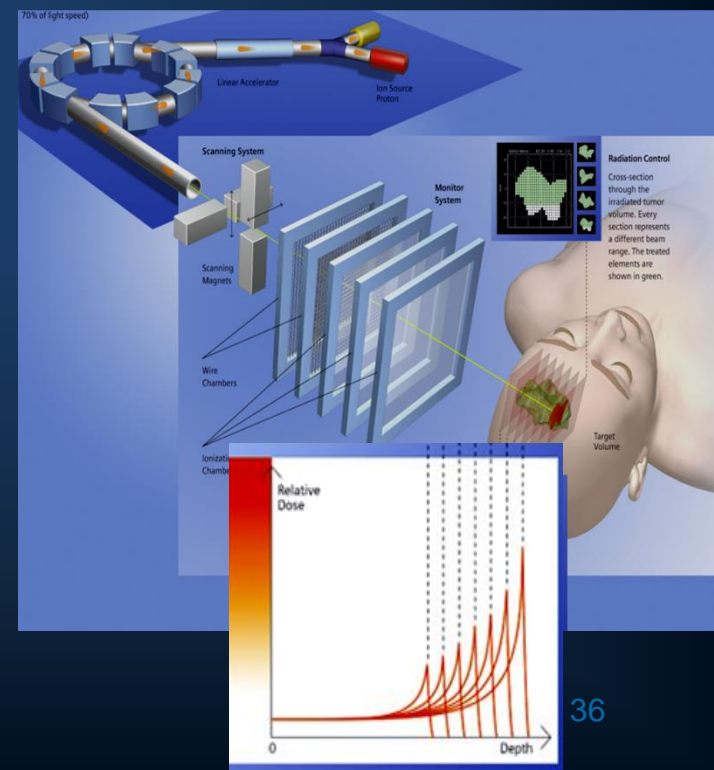
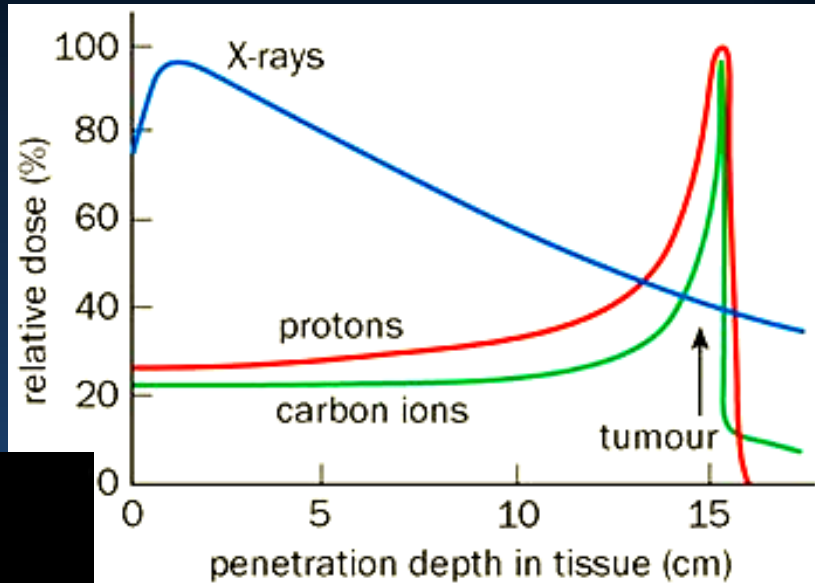
Jørn Dines Hansen



# Højteknologisk spin-off

Stråleterapi med accelerators:

- elektroner  $\Rightarrow$  røntgen
- protoner
- kulstof-ioner
- anti-protoner ??



## Acceleratorens teknik

- Vakuumenteknik
- Superledende magnetteknik
- Højfrekvent højspænding
- Kontrolsystemer

# Højteknologisk spin-off (2)

## • Detektorernes teknik

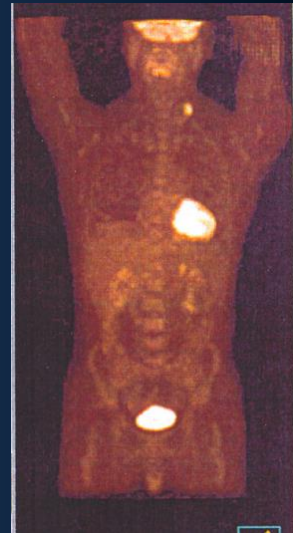
- Røntgenkameraer
- Partikeldetektorer
- Hurtig elektronik
- Databehandling

Scannere



MRI  
PET  
CAT

...



WWW ⇒ GRID  
(1990)

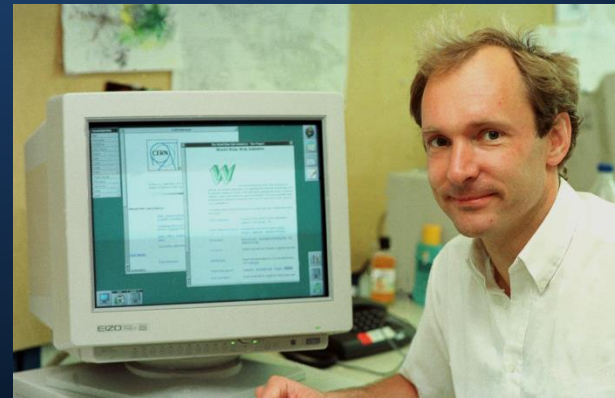
WHERE THE  
**WEB**  
WAS BORN

was first divided between an office in building 31 of the Computing and Networking Division (CN) and one in building 2 of the Electronics and Computing for Physics Division (ECP).

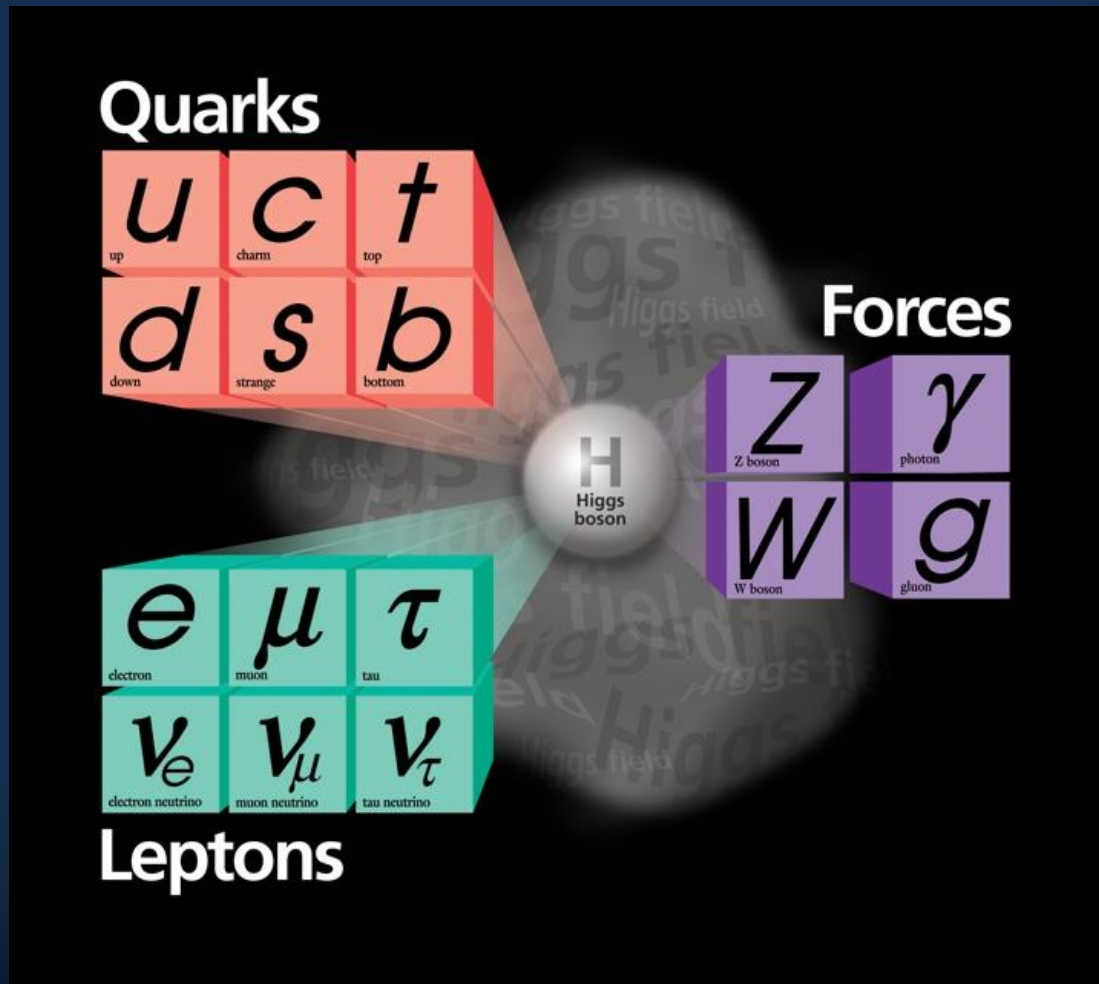
In 1991 the team came together in these offices, then belonging to ECP. It was composed of two CERN staff members, Tim Berners-Lee (GB) and Robert Cailliau (BE), aided by a number of Fellows, Technical Students, a Cooperant and Summer Students.

At the end of 1994 Tim Berners-Lee left CERN to direct the WWW Consortium (W3C), a world-wide organization devoted to leading the Web to its full potential. The W3C was founded with the help of CERN, the European Commission, the Massachusetts Institute of Technology (MIT), the Institut National pour la Recherche en Informatique et en Automatique (INRIA), and the Advanced Research Projects Agency (ARPA).

In 1995 Tim Berners-Lee and Robert Cailliau received the ACM Software System Award for the World Wide Web. In 2004, Tim Berners-Lee was awarded the first Millennium Technology Prize by the Finnish Technology Award Foundation.



# Standard Modellen



# Tak fordi I kom

Hav et spændende besøg.

