

# En introduktion till **CERN**

Lennart Jirden

CERN EP Department

Genève

# Europeiskt Lab för Partikelfysik

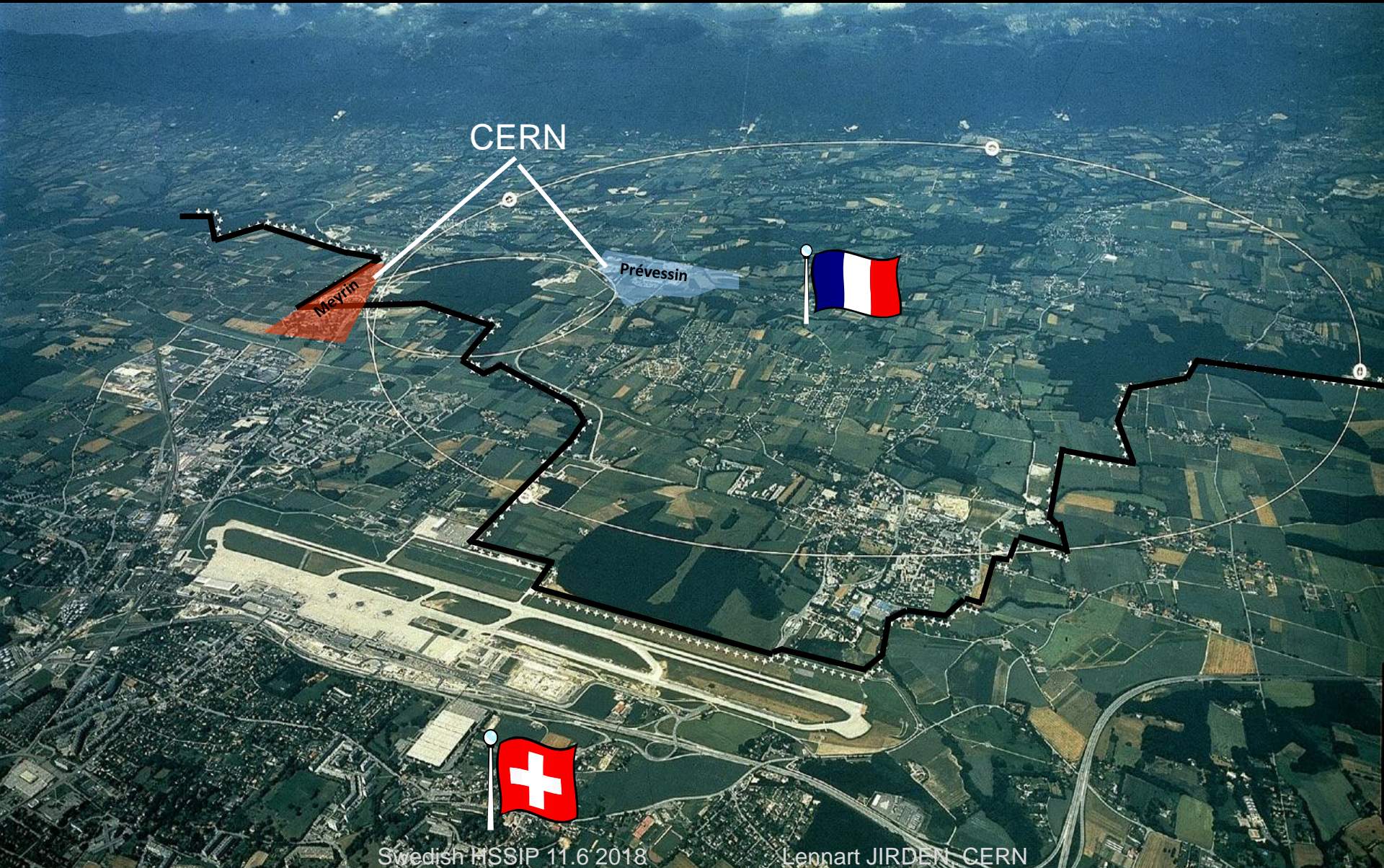


- 22 europeiska medlemsländer
- Idag världsomfattande – 72 användarländer
- Inget militärt arbete, alla resultat är offentliga
- 2300 anställda, 1200 fellows & studenter, 12,000 användare
- Årlig Budget 10 miljarder SKr



# i utkanten av Genève...

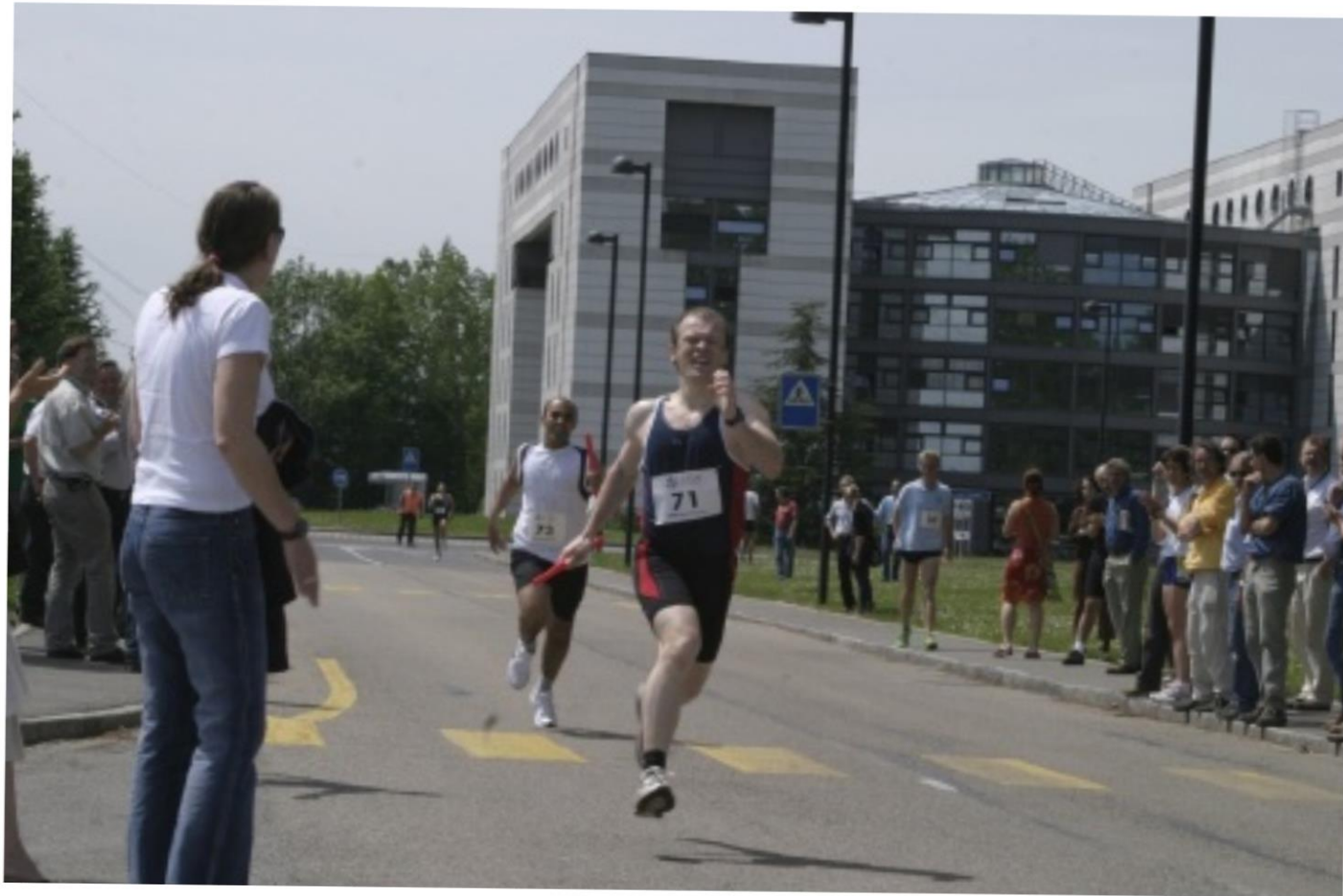
---





# Som en liten stad...

---

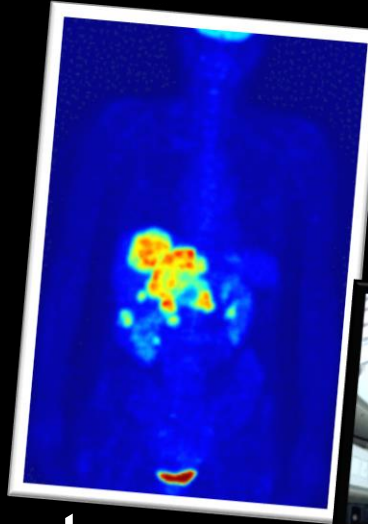




# CERN's målsättning

---

- Grundforskning
- Utbildning
- Teknologikutveckling
- Internationellt samarbete

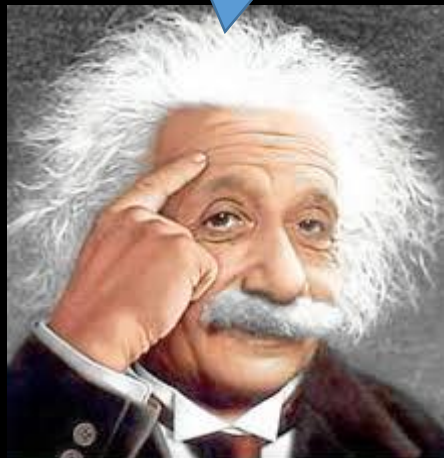


# Grundforskning

---

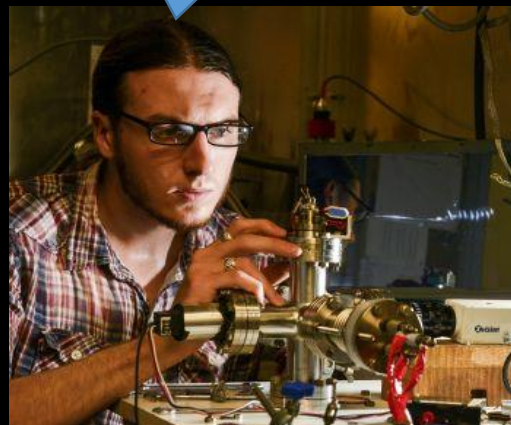
Det börjar med en Teori...  
...som prövas av Experiment..

Min teori är...



Teoretiker

Kan det stämma?



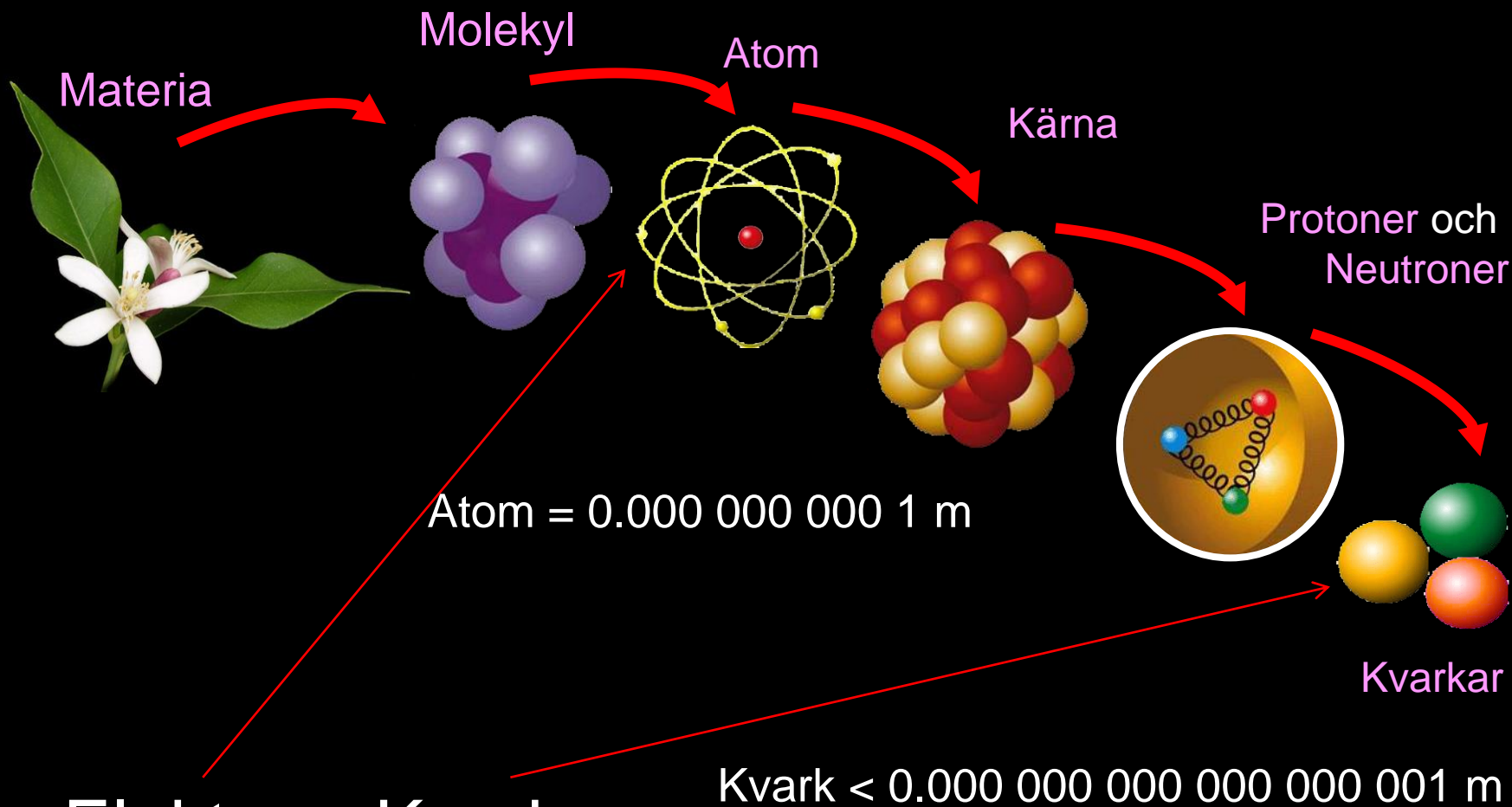
Experimentalist

Precisa regler för en vetenskaplig **upptäckt**





# Vad är materia gjort av ?



Elektron, Kvark:



Materias Fundamentala Byggstenar



# Dom Fundamentala Byggstenarna

Vanlig materia

## LEPTONER



elektron  e-neutrino 

muon  m-neutrino 

tau  t-neutrino 

## KVARKAR

up kvark  down kvark 

charm kvark  strange kvark 

top kvark  bottom kvark 

## Anti partiklar



POSITRON



ANTIPROTON



ANTINEUTRON



ANTIMUON



ANTITAU



ANTI-UP QUARK



ANTI-DOWN QUARK



ANTI-STRANGE QUARK



ANTI-CHARM QUARK



ANTI-BOTTOM QUARK

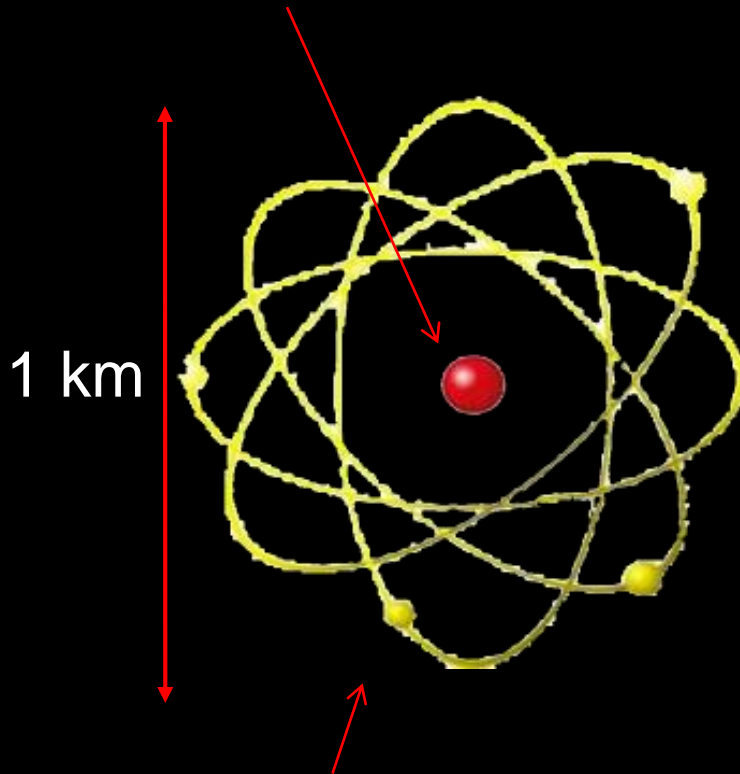


ANTI-TOP QUARK

# Proportioner

---

Om **atomkärnan** vore 10 cm...



...skulle **elektronerna** snurra på c:a 1 km avstånd

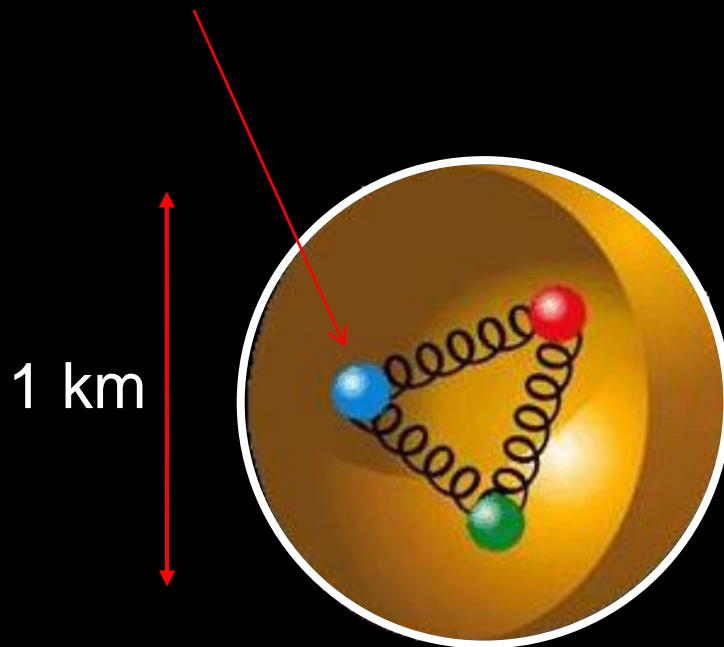
**Bara tomrum !**



# Proportioner

---

Om **kvarkarna** vore 10 cm...



...skulle dom sitta på 1 km avstånd

**Bara tomrum i tomrum !**

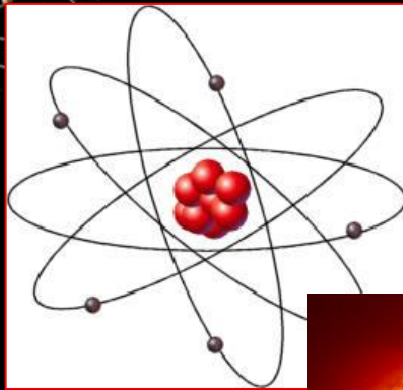
# Dom Fundamentala Krafterna

Krafterna agerar  
via sina utbytes  
partiklar  
**Bosonerna**



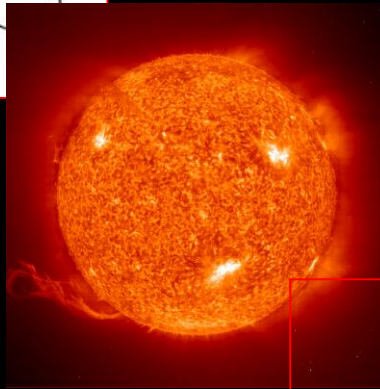
Tyngdkraften

**Graviton ?**



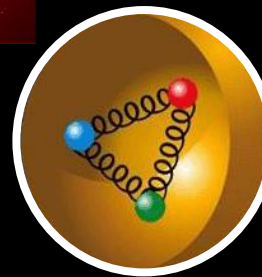
Elektromagnetisk Kraft

**Photon**



Svag Kraft

**W, Z**

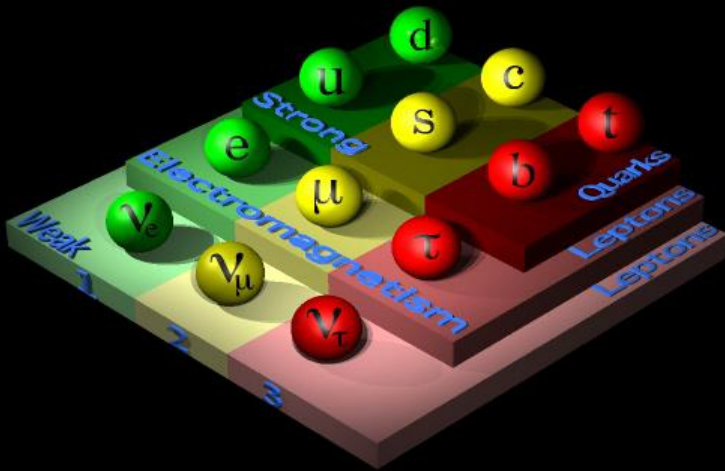


Stark Kraft

**Gluon**

# Standard Modellen

## Dom Fundamentala Byggstenarna



## Dom Fundamentala Krafterna

Starka



Gluon

Elektro-  
magnetiska



Photon

Svaga



W Z

+

Tyngdkraften



Graviton ?



- En **Modell** skapad på 1960-talet
- Har **Prövats** sen dess steg för steg i våra experiment
- **Stämmer hittills** men många frågor återstår...



# Fler frågor...

LEPTONER		KVARKAR	
elektron 	neutrino 	up kvark 	down kvark 
muon 	neutrino 	charm kvark 	strange kvark 
tau 	neutrino 	top kvark 	bottom kvark 

- Varför har pariklarna massa och dessutom så olika?

Peter Higgs 1964



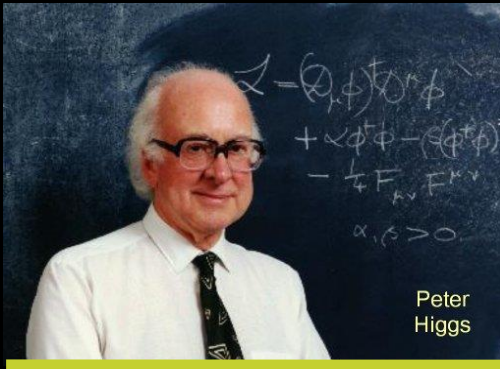
min teori är att det finns en **Boson** som ger partiklarna massa...

Experimenten har sökt **Higgs Boson** alltsedan dess...

# Higgs Boson



**UPPTÄCKTES PÅ CERN 2012 !**



Peter Higgs

**NOBELPRIS 2013 !**

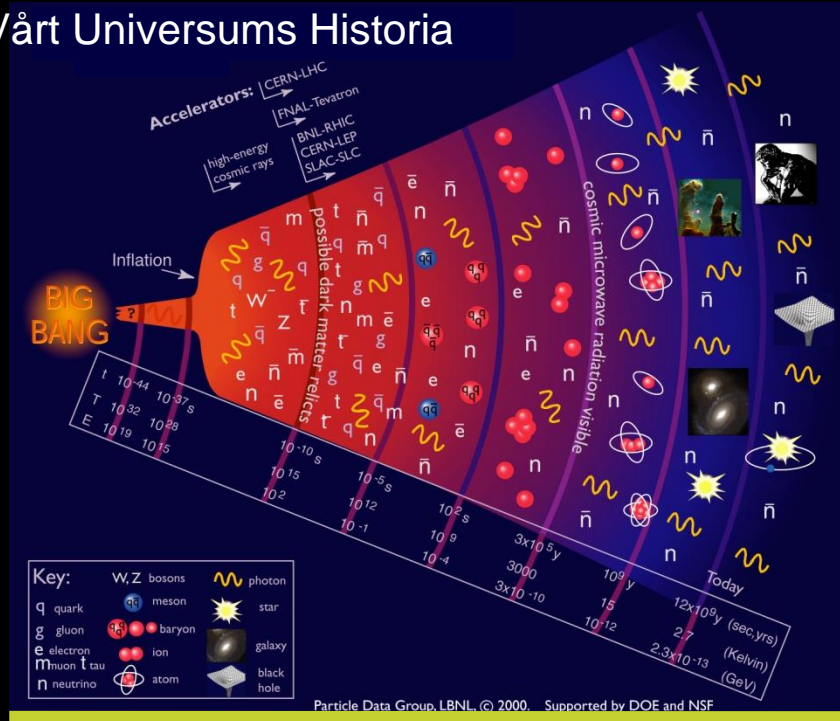


*Brout-Englert-Higgs  
Boson*



# Fler frågor....

## Vårt Universums Historia



**BIG BANG**

**IDAG**

Lika mycket Materia och Antimateria skapades

> > >

Bara Materia (vi) har överlevt

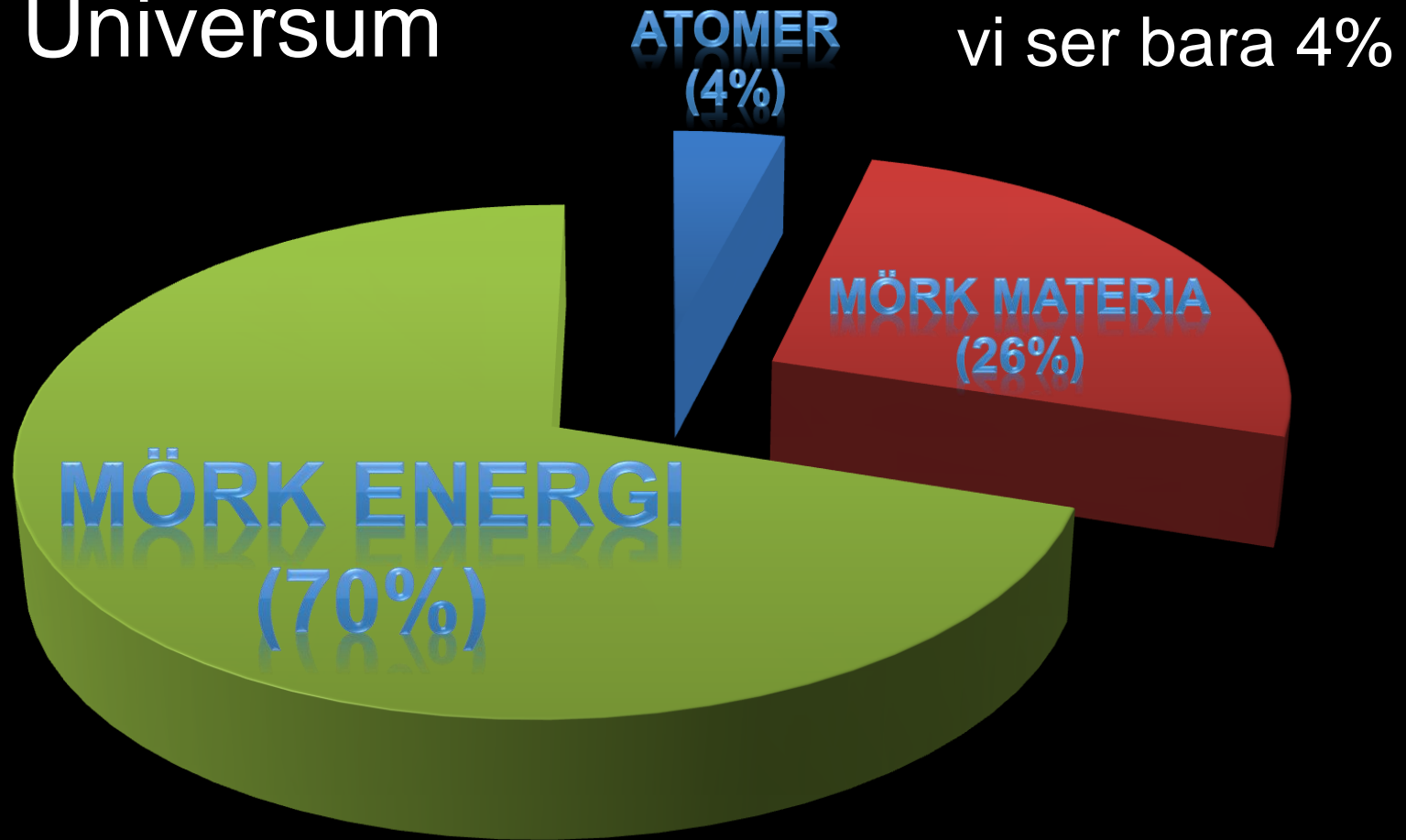
# Varför?



# Fler Frågor ....

---

## Vårt Universum

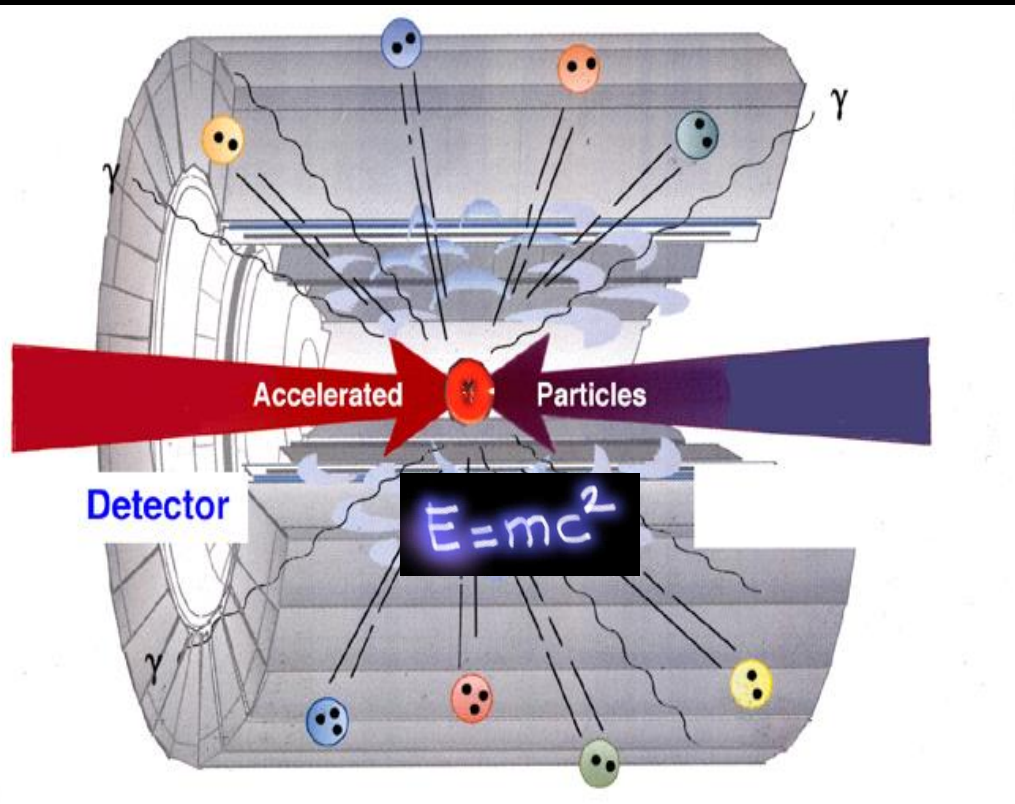


Vad är de övriga 96%?

Hur går vi då  
tillväga?



# Vi accelererar och kolliderar partiklar



(1) Partiklar accelereras upp nästintill ljushastighet

(2) Bringas till kollision vid experimenten

(3) De resulterande partiklarna fångas upp av detektorerna



# ...vid ofantliga energier !

---

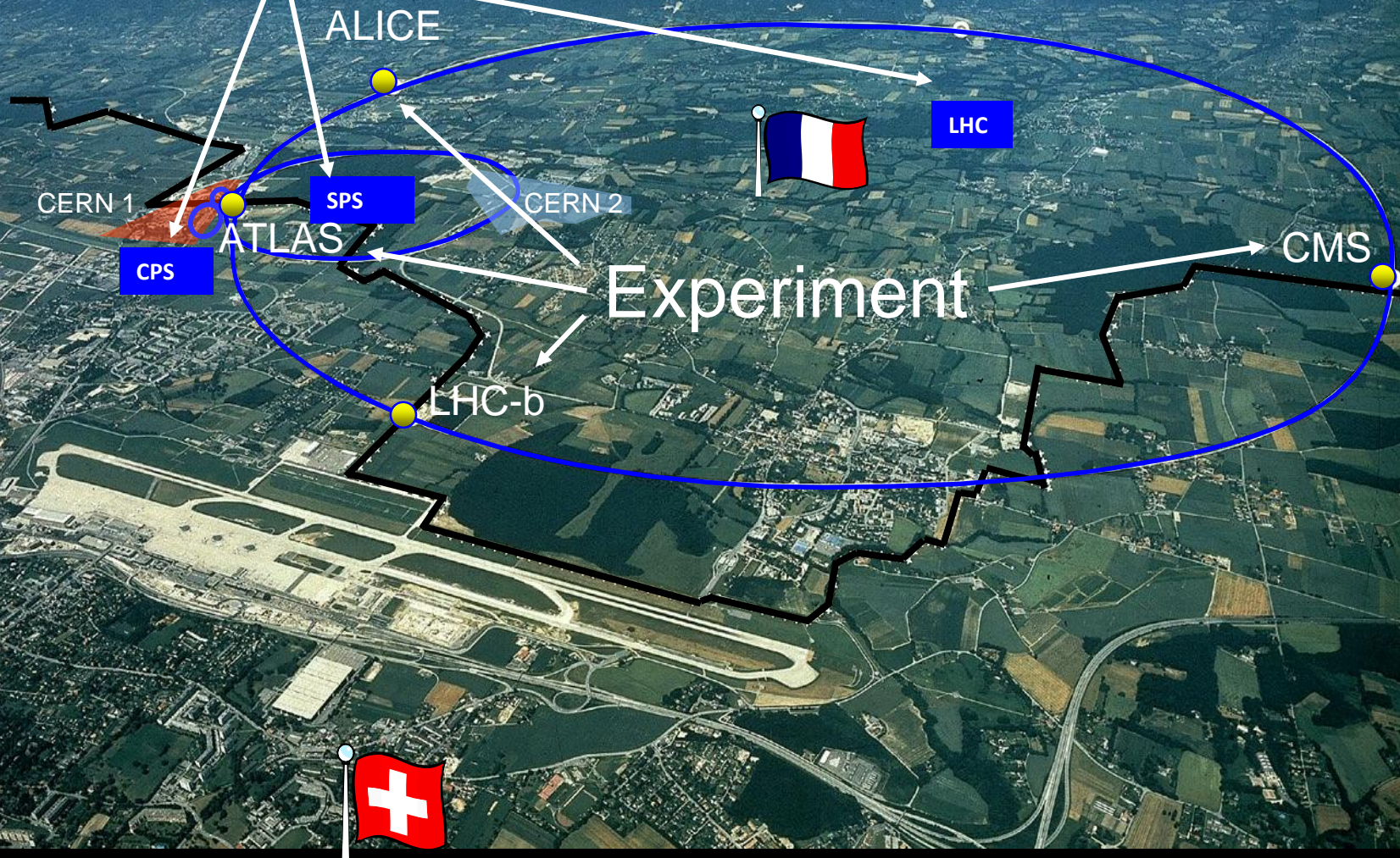


$$E=mc^2$$



# Våra verktyg

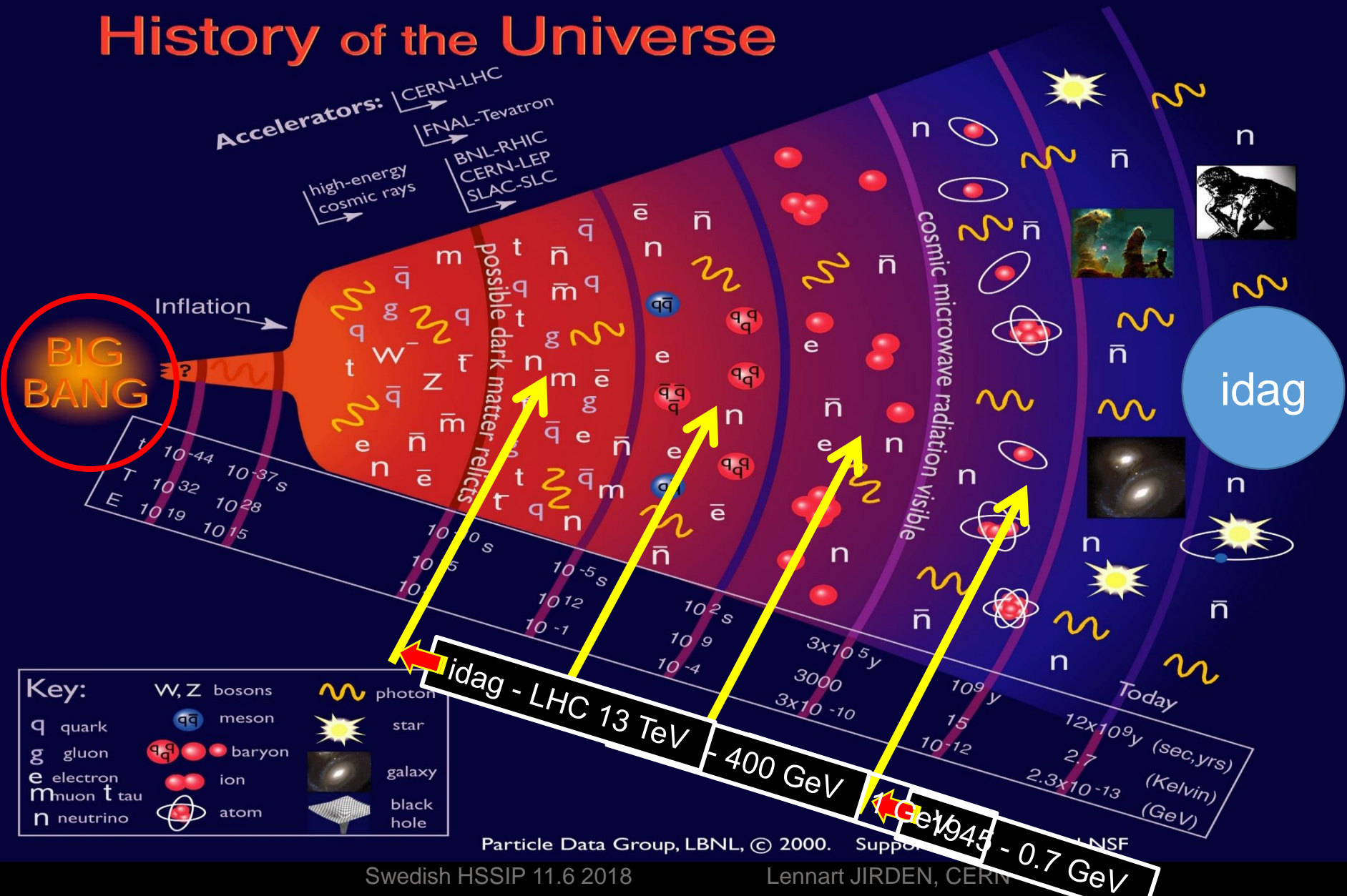
Acceleratorer





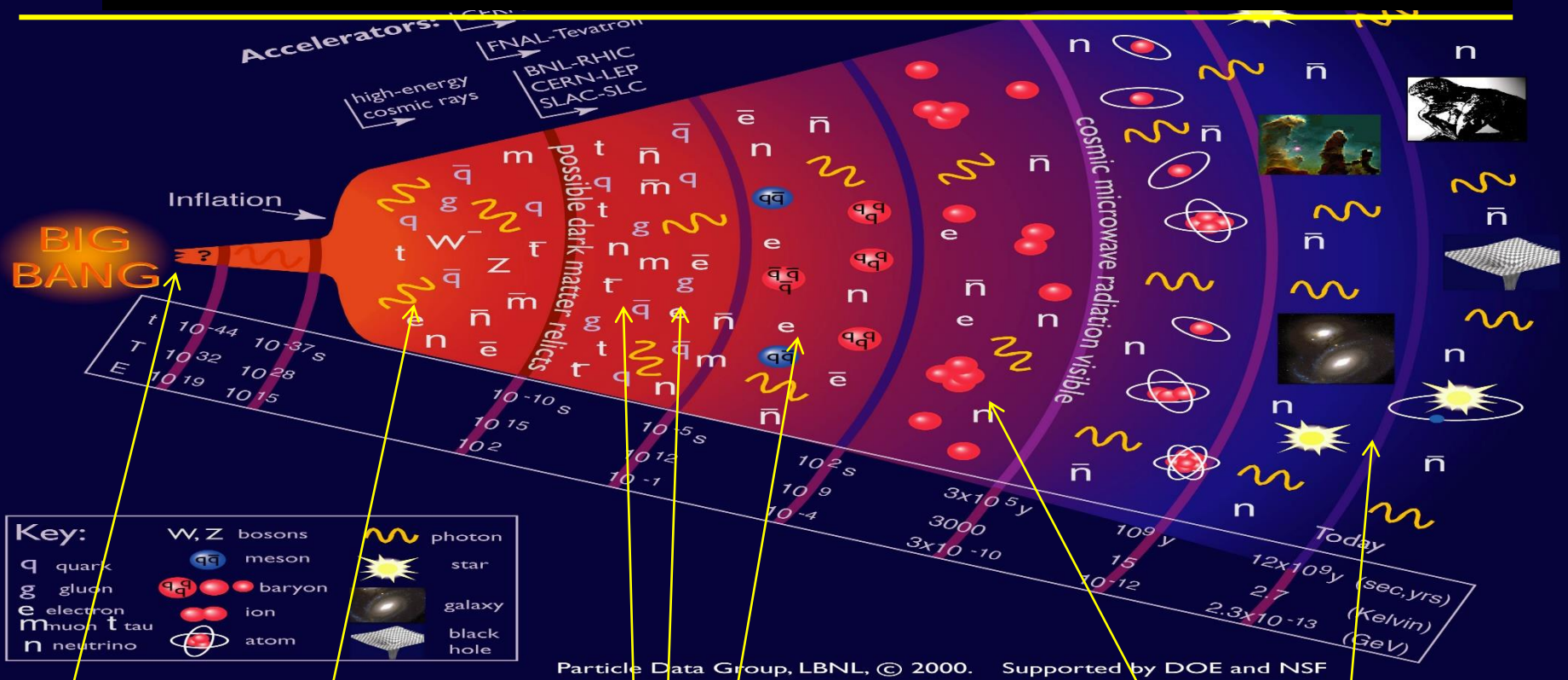
# Varför större och större accelerators ?

## History of the Universe



Particle Data Group, LBNL, © 2000. Support by LNSF

# Samarbete med andra forskare...



Kosmologi -> onsdag 19    Partikelfysik -> måndag    Kärnfysik -> måndag 17

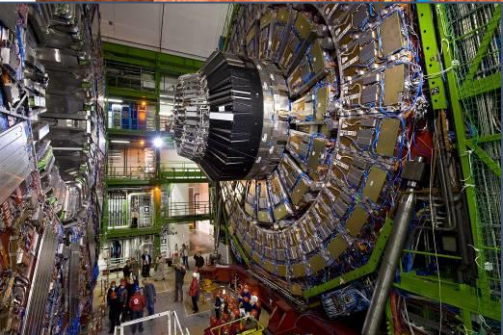
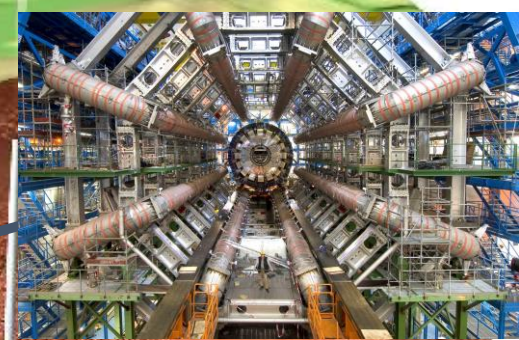
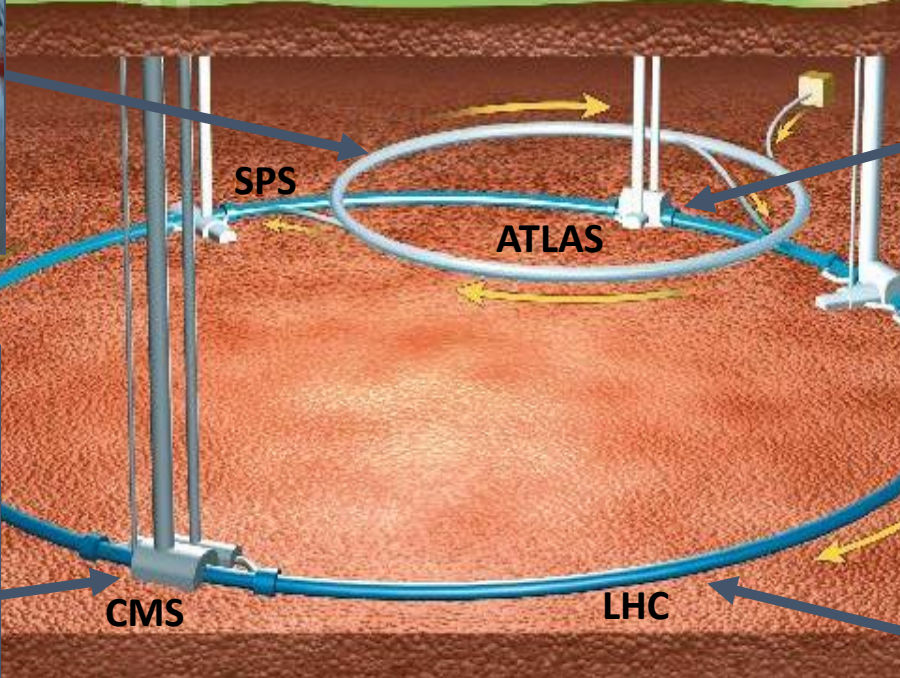
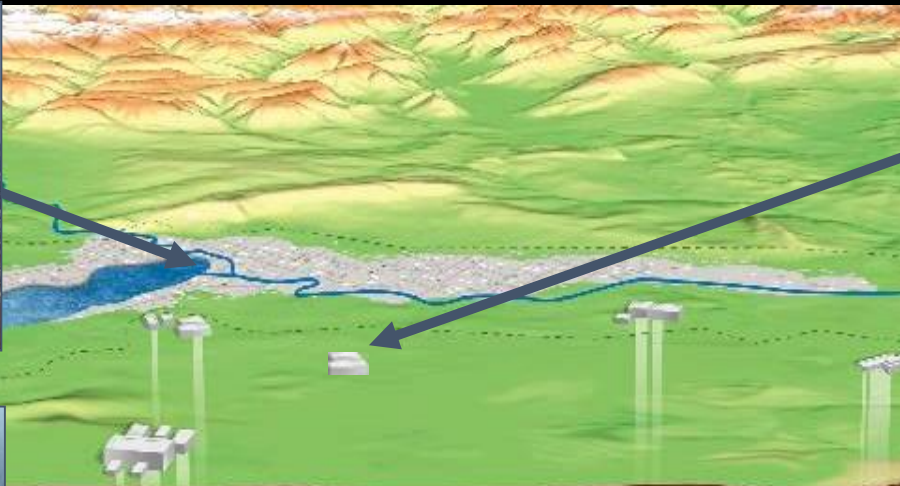
Kosmisk strålning

Quark/gluon plasma

Astrofysik



# Våra verktyg





# LHC - Världens **största** accelerator

27km lång tunnel

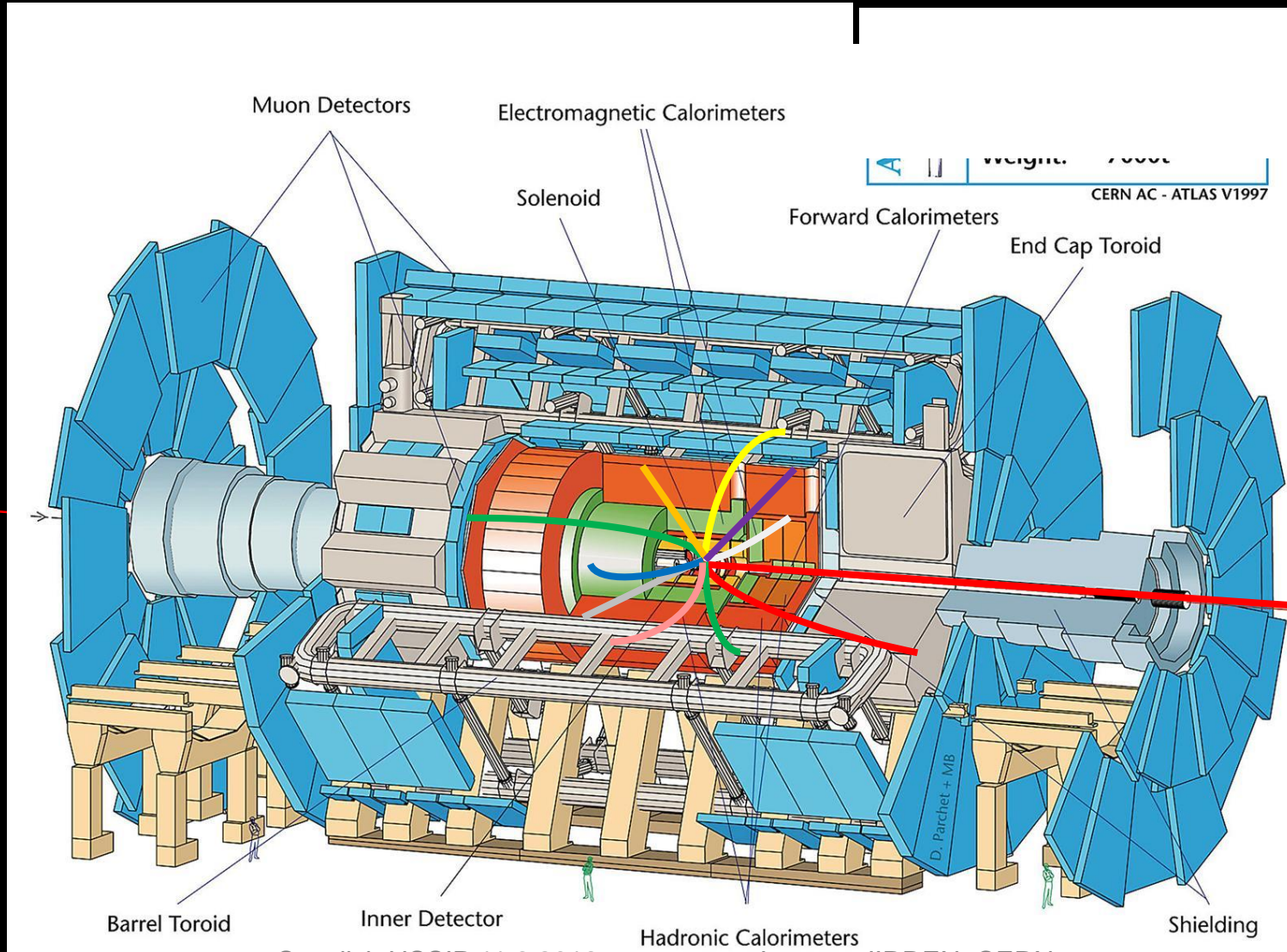
Tusentals  
supraledande  
magneter

Ultra vakum:  
*10x högre  
än på månen*

Kallaste plats i  
Universum:  
 $-271^{\circ}\text{C}$

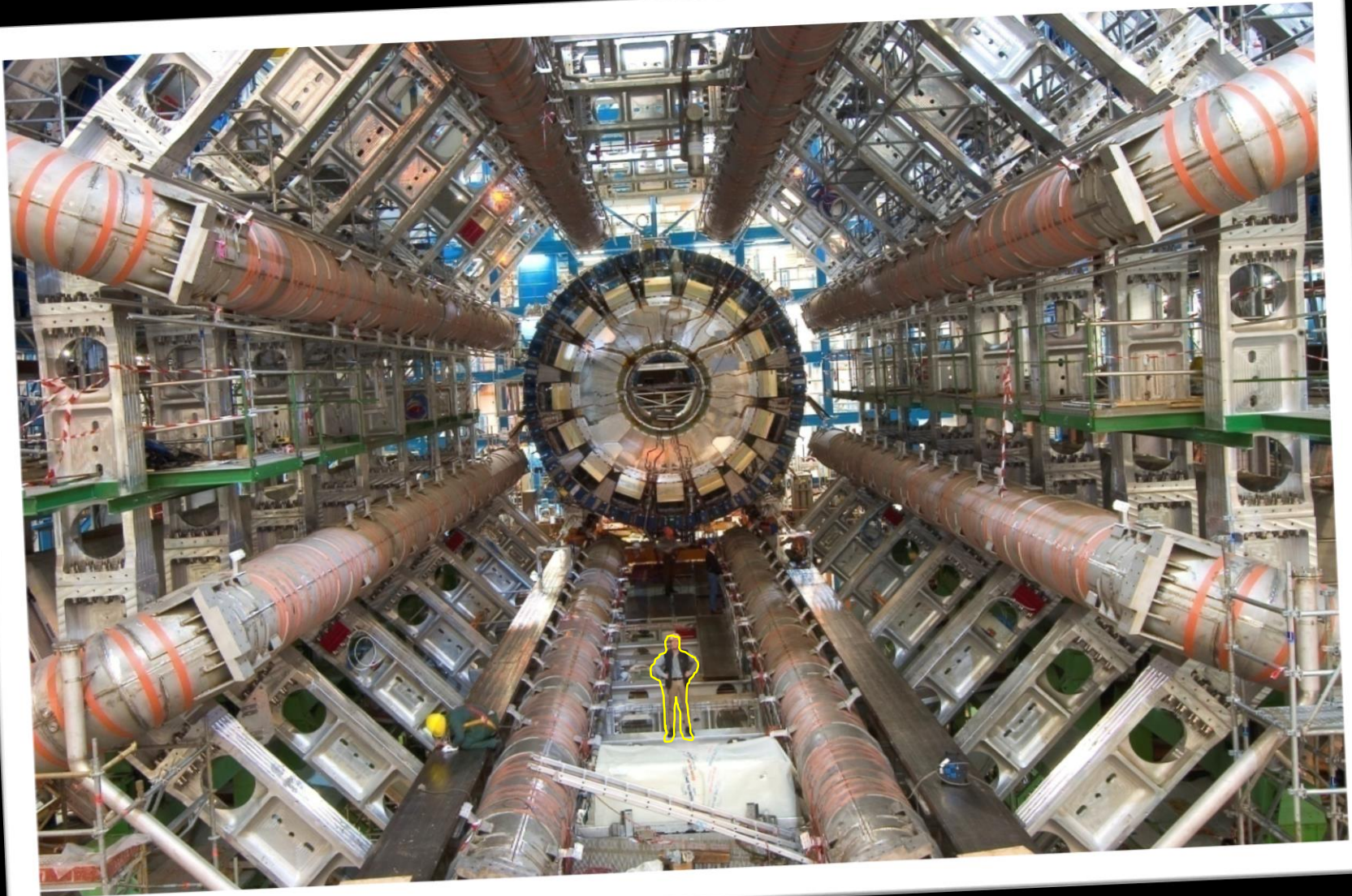
Under **säkra**  
förhållanden!

# Största och mest sofistikerade detektorer





# ATLAS

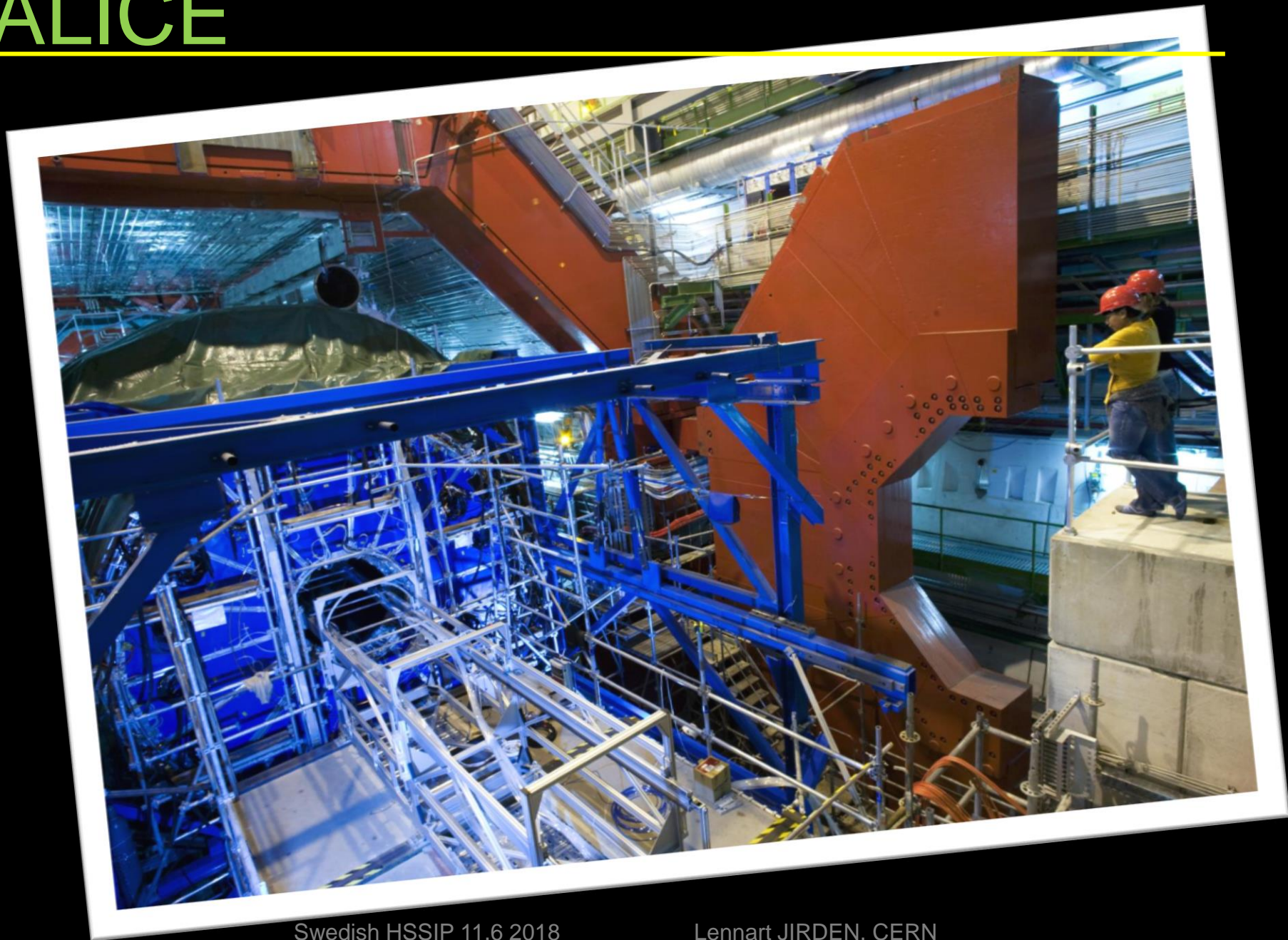


Swedish HSSIP 11.6 2018

Lennart JIRDEN, CERN



# ALICE

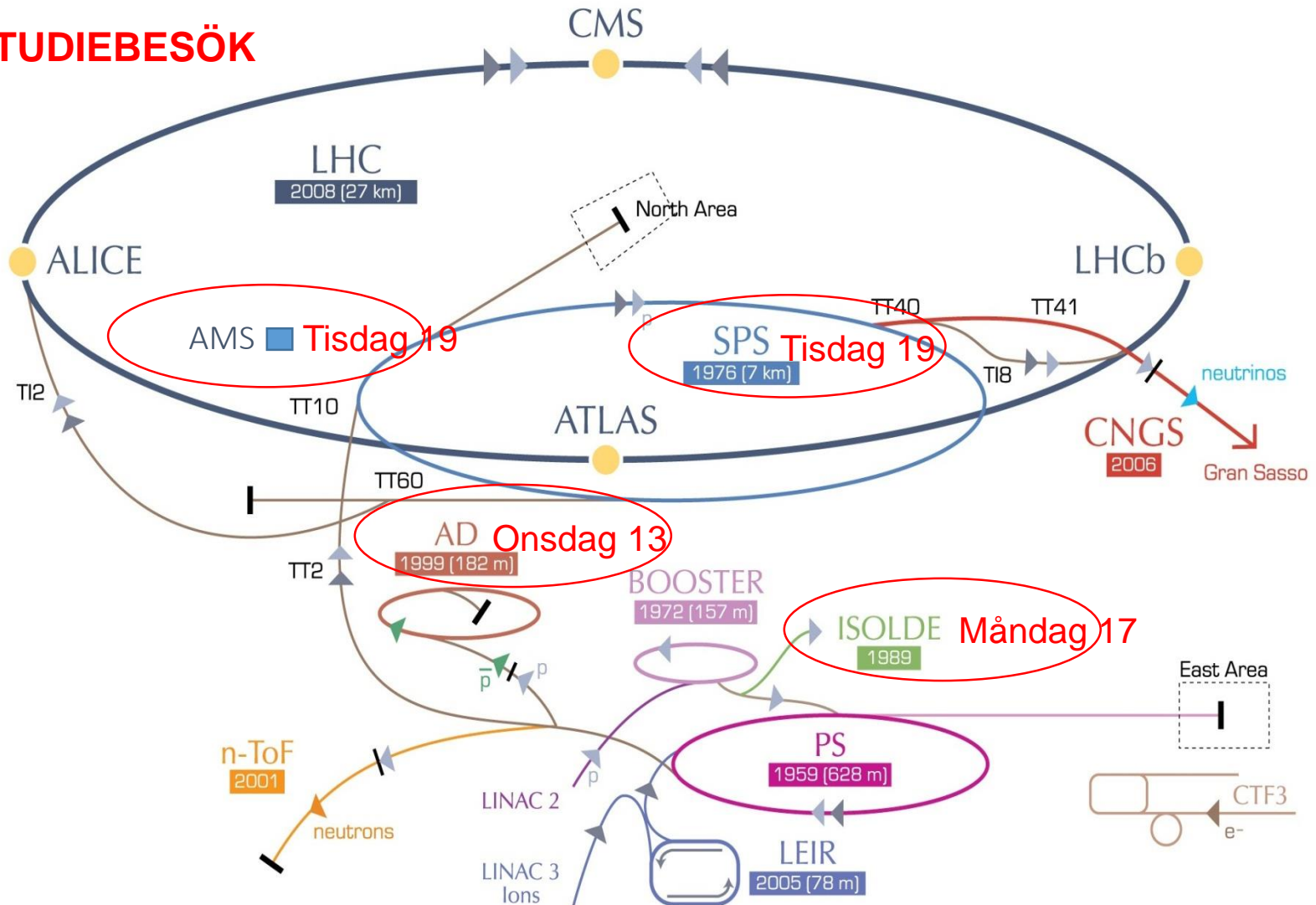


Swedish HSSIP 11.6 2018

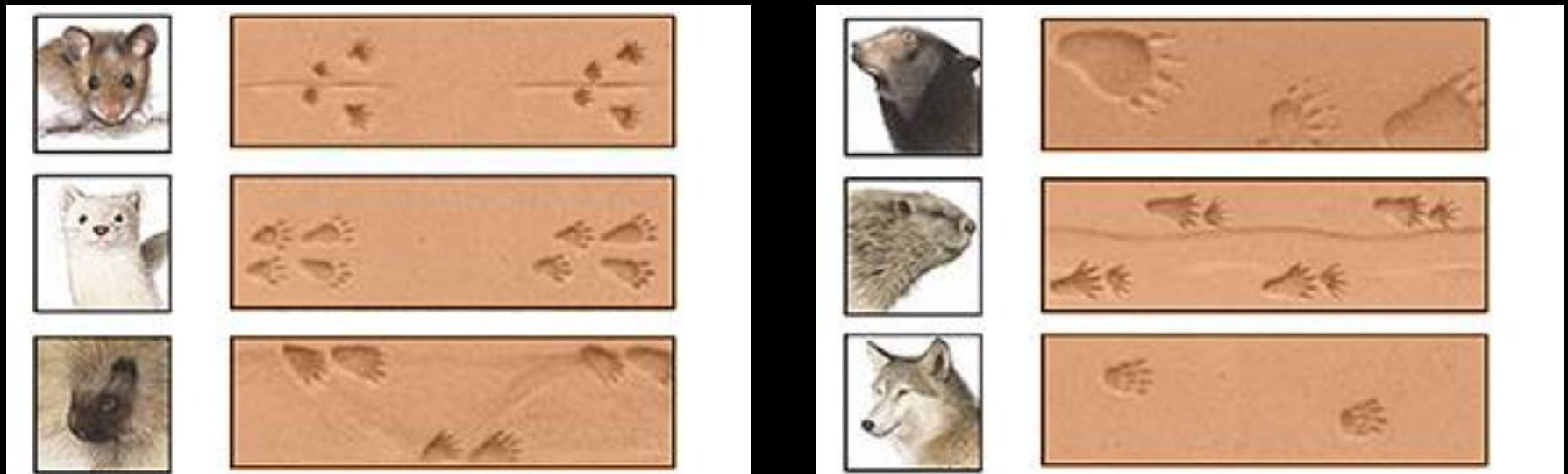
Lennart JIRDEN, CERN

# Mycket mer än bara LHC...

## STUDIEBESÖK

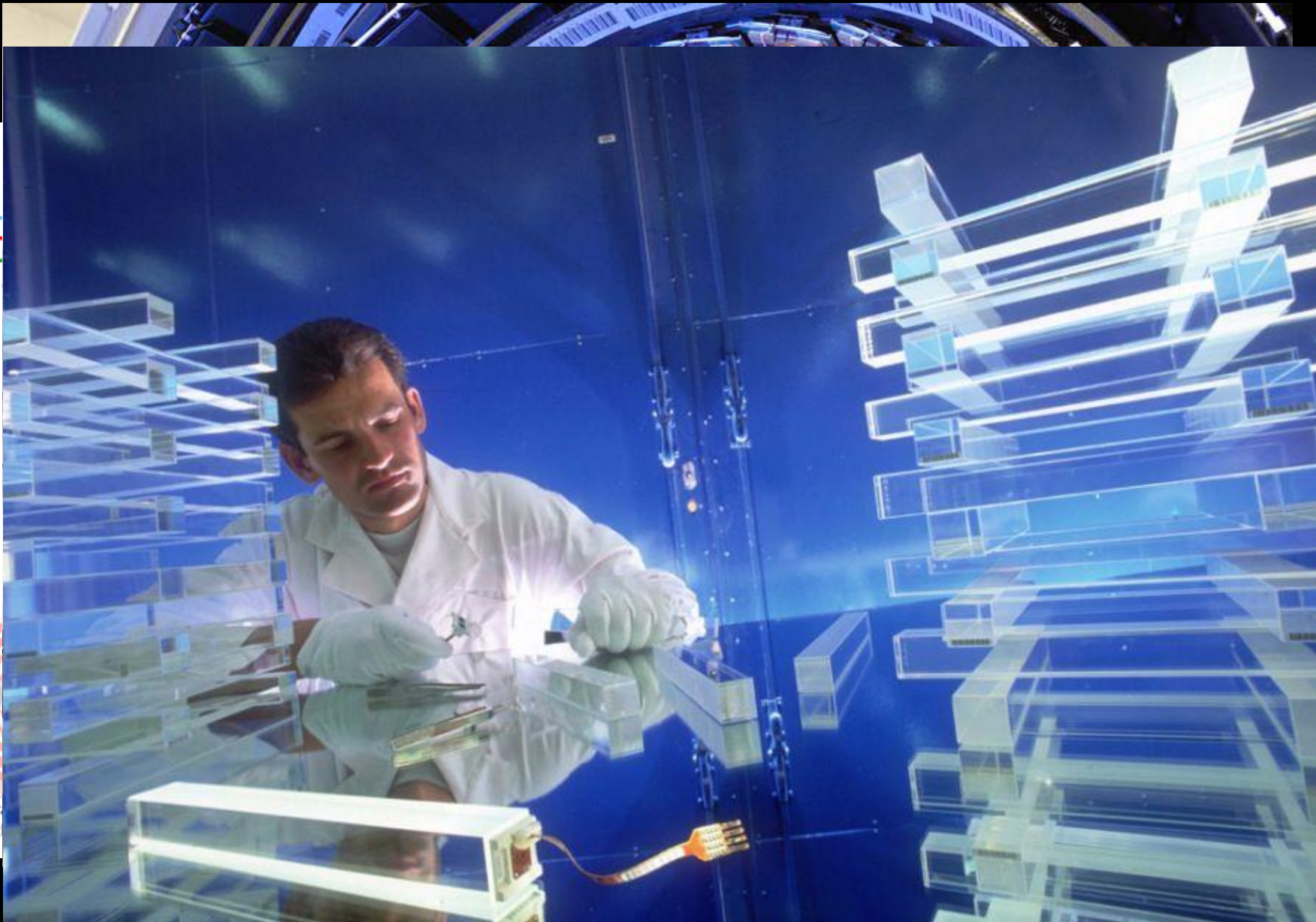


# Hur fungerar detektorerna?



- På samma sätt som man studerar fotspår
- Form, steglängd, riktning och djup säger dej vilket djur det var, hur stor det var och varifrån det kom





Key:

- (solid blue line)
- (solid red line)
- (solid green line)
- - - (dashed blue line)



Swedish HSSIP 11.6 2018

Lennart JIRDEN, CERN



# största vetenskapliga datornätverk



15 Petabytes  
(15 millioner GB)  
data årligen

100'000  
processorer

200 data-centers  
runt hela jorden

# Bringa nationer tillsammans och utbilda

- Världens största internationella vetenskapliga samarbete
- Mer än 100 länder
- Hundratals fysikinstitut
- Hälften av världens partikelfysiker

Olika program för studenter





# CERN Education Activities

**Scientists at CERN**  
Academic Training Programme



**Young Researchers**  
CERN School of High Energy Physics  
CERN School of Computing  
CERN Accelerator School



**Undergraduates**  
Summer Students  
Programme



**CERN Teacher Schools**  
International and National  
Programmes

**Public visitors**  
120 thousand per year

# Teknologiska “Bi-produkter”

---

Några praktiska  
tillämpningar





# World Wide Web

---

Utvecklades på CERN  
1989 i ramen av LHC !

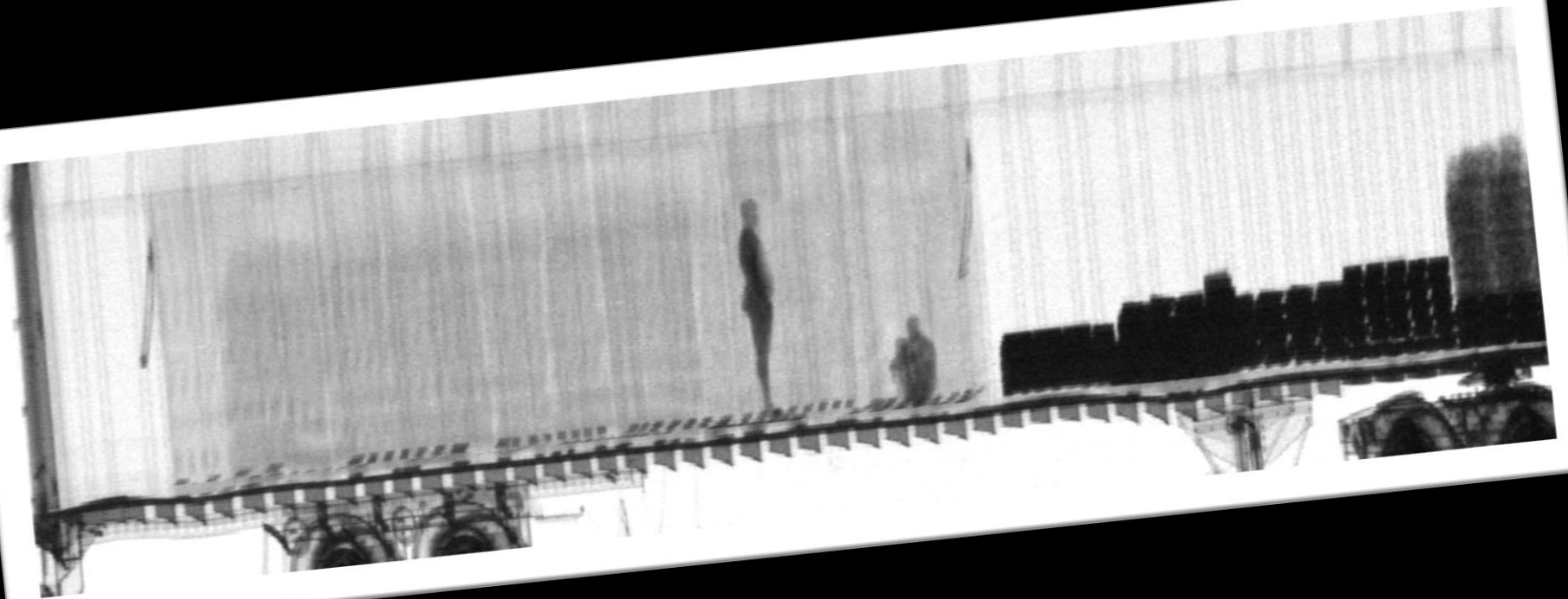
Gåva till världen!



# Detektorer

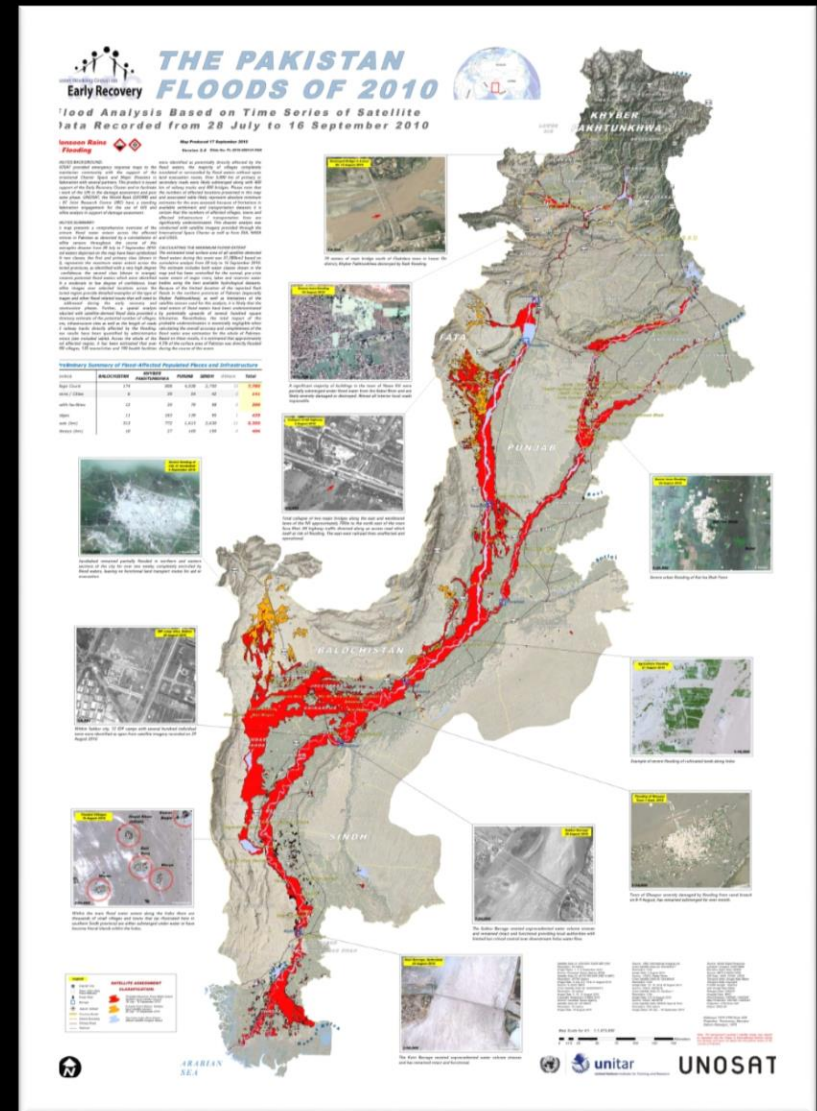
---

Scanna lastbilar utan att lasta av dom !



# Användning av « Grid »

Ultra-snabb behandling av satellitbilder vid naturkatastrofer





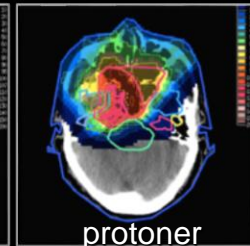
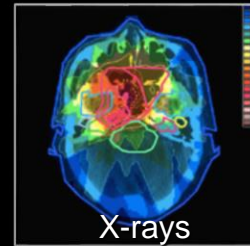
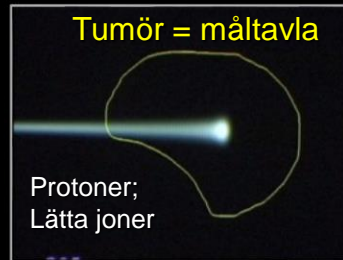
# Medicinska tillämpningar

## Cancerbekämpning

Kombination av Fysik, Medicinsk Visualisering, Biologi och Kirurgi

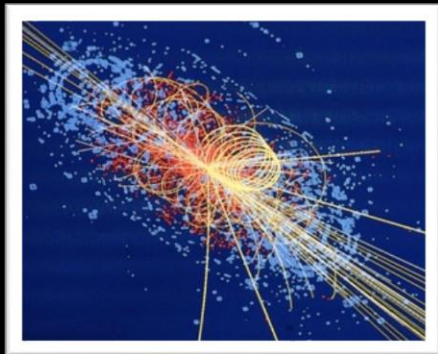


## Hadron-terapi



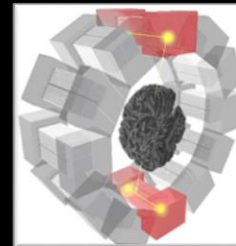
Accelererade partikelstrålar

>70'000 patienter behandlade i världen (30 installationer)  
>21'000 patienter behandlade i Europa (9 installationer)

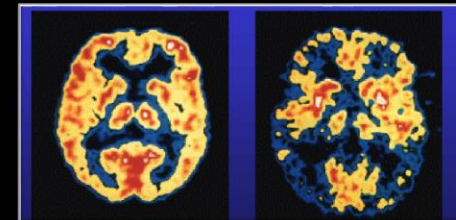


## Visualisering

Ny bröst imaging.  
Kliniska försök i Portugal.  
(ClearPEM)



## PET Scanner



Normal  
hjärna

Alzheimer's  
sjukdom

Partikeldetektering

# Och några Nobelpris...

---



*Carlo Rubbia and  
Simon van der Meer*

*“for their decisive contributions to the large project, which led to the discovery of the field particles  $W$  and  $Z$ , communicators of weak interaction”*



*George Charpak*

*“for his invention and development of particle detectors, in particular the multiwire proportional chamber”*

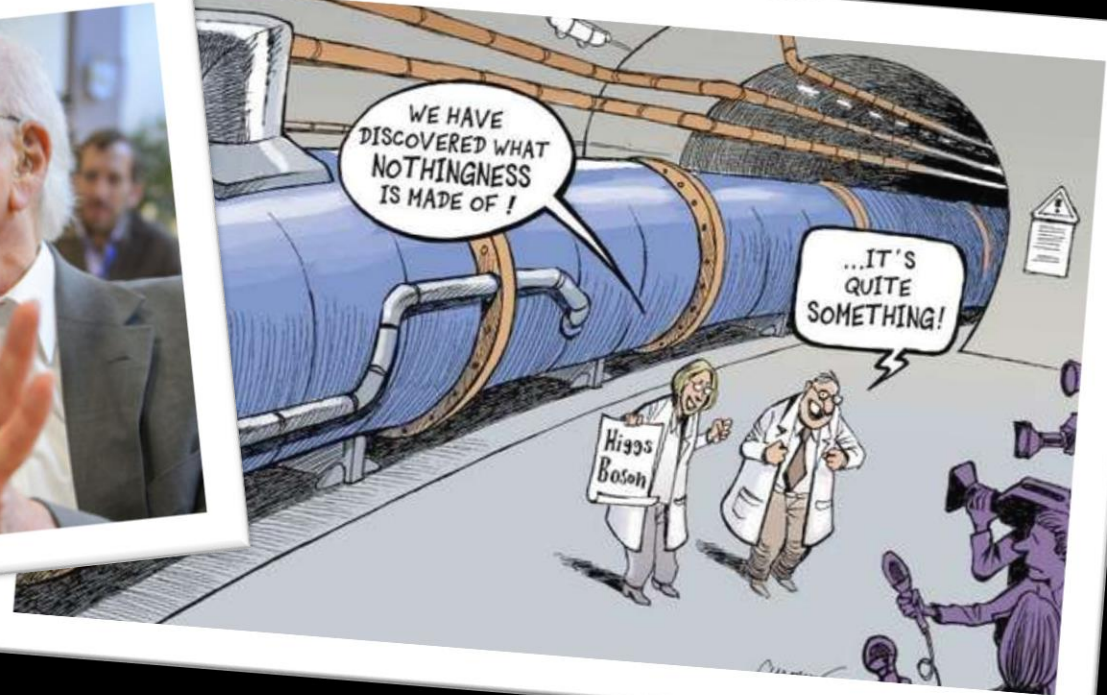


*François Englert  
Peter Higgs*

*“for the theoretical discovery of a mechanism that contributes to our understanding of the origin of mass of subatomic particles, and which recently was confirmed through the discovery of the predicted fundamental particle, by the ATLAS and CMS experiments at CERN's Large Hadron Collider”*

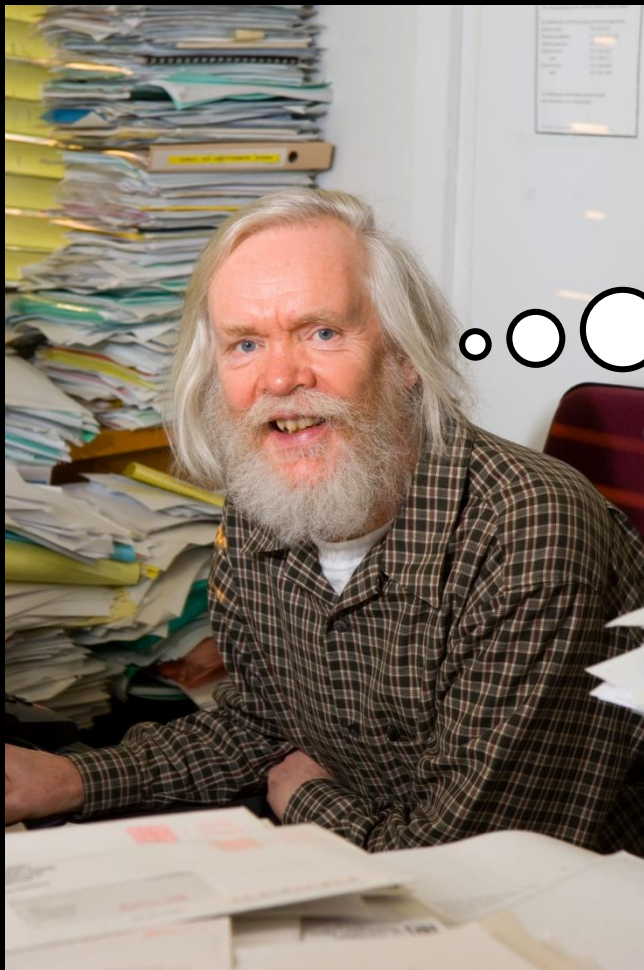


# Senaste nytt från LHC



- 2012: Higgs Boson upptäckt
- 2013 - 2014: tekniskt stopp 2 år – uppgradering till **dubbel energi** 7 -> 13 TeV
- 2015: intensiv sökning av företeelser bortom standardmodellen
- dec 2015: ATLAS + CMS upptäcker intressant 750 GeV resonans...
- aug 2016: resonansen inte bekräftad av 2016 data – statistisk fluktuation
- idag: inga tecken än av supersymetri eller mörk materia partiklar...





Frånvaro av bevis är inte  
nödvändigtvis bevis av  
frånvaro..

Professor John Ellis, CERN  
SUSY - adept

# Vad händer näst vid LHC ?

---

- Detaljstudie av Higgs partikel
  - Överensstämmer dess egenskaper med Standardmodellen?
- Sök efter “Ny Fysik”
  - En ny partikel bortom Standardmodellen
  - Begränsa teoretiska alternativ till Standardmodellen
  - Mycket mer data behövs
- Uppgradering av LHC till hög luminositet
  - Planerad för 2025
  - Mål att samla in 10 x mer data/år
  - Finns något mer bortom hörnet ?

# Sammanfattning

---

- Grundforskningslaboratorium
- Världens största internationella vetenskapliga samarbete
- Driver teknologin över dess gränser
- Många praktiska tillämpningar
- Många stora mysterier att lösa – spännande !!!

## *websites:*

Information: [www.cern.ch](http://www.cern.ch)

CERN TV: [www.youtube.com/cern](http://www.youtube.com/cern)

Anställning: [www.cern.ch/jobs](http://www.cern.ch/jobs)



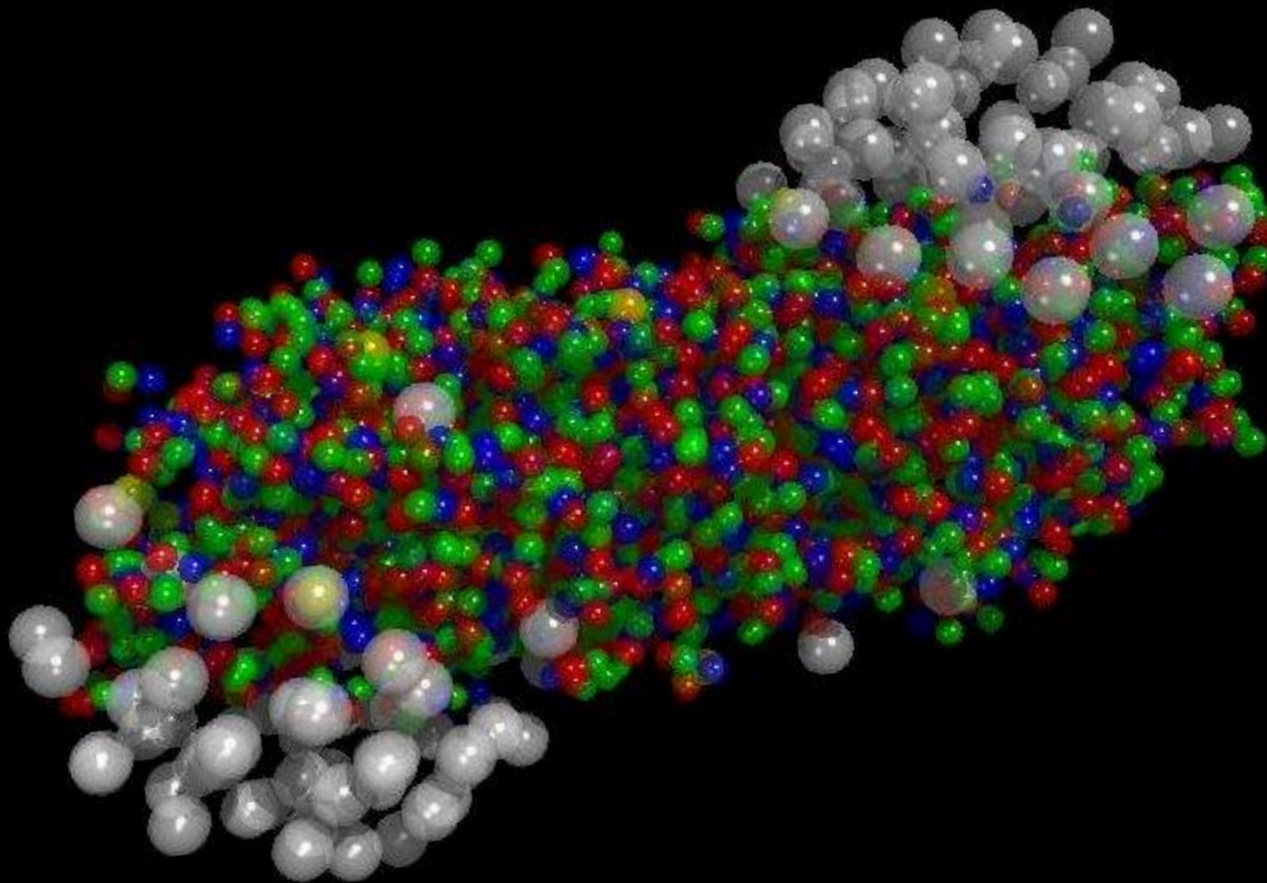


# Fler Frågor...

---

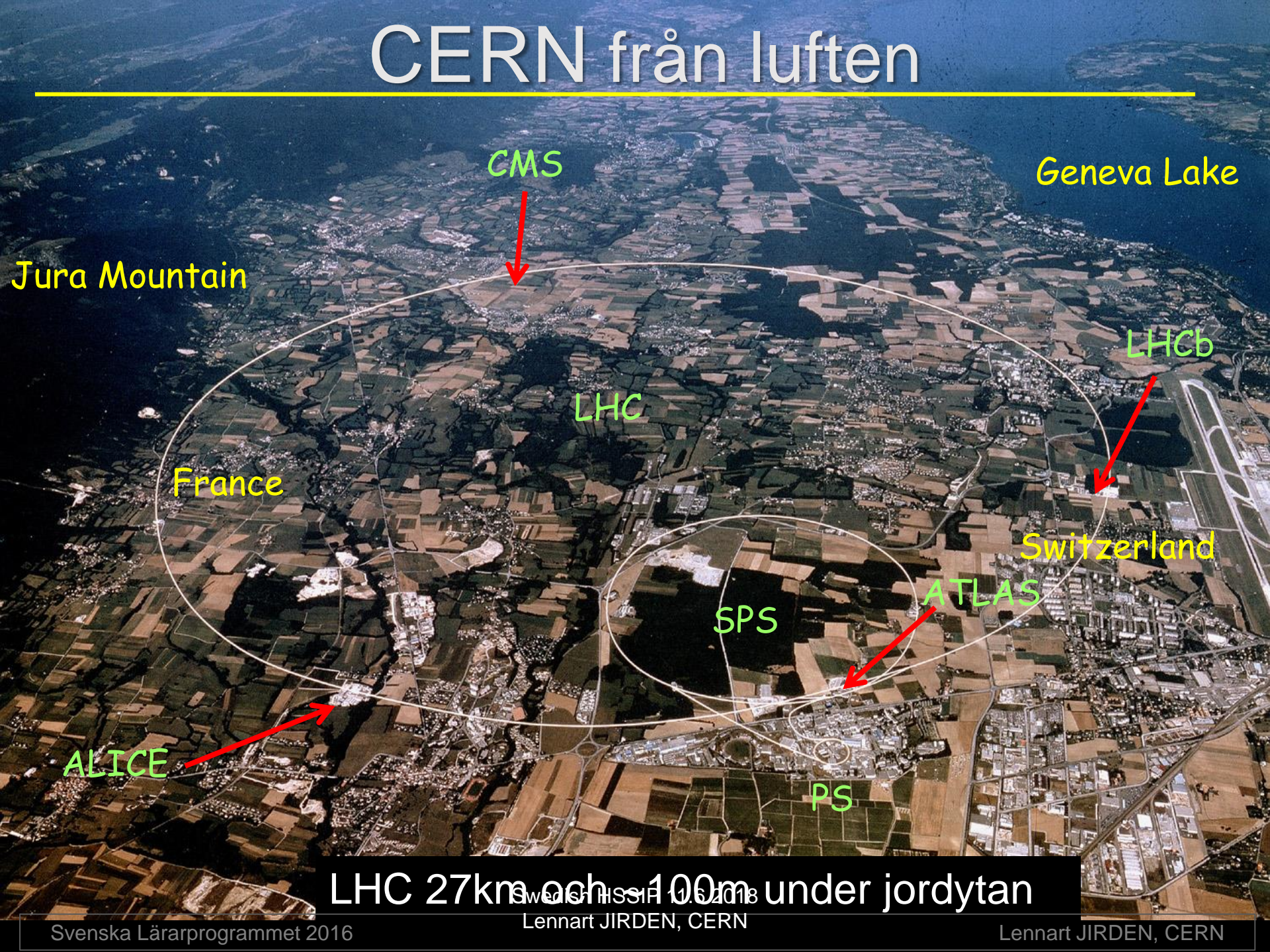
Hur såg materia ut strax efter  
« Big Bang » ?

Quark-gluon  
plasma ?





# CERN från luften



CMS

Geneva Lake

Jura Mountain

LHCb

LHC

France

Switzerland

SPS

ATLAS

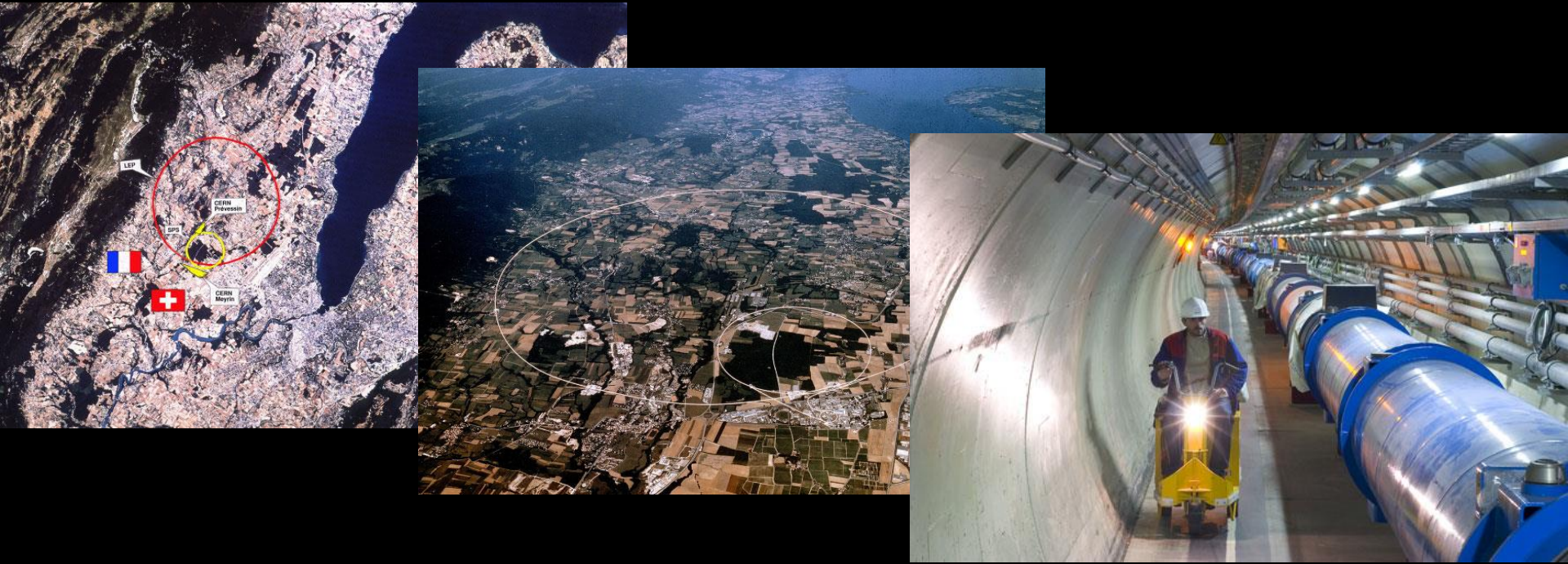
ALICE

PS

LHC 27km och 100m under jordytan



# LHC - Världens största accelerators



- 2 strålar in motsatt riktning med trillioner protoner
- flyger runt en 27km ring
- med 0.9999999991 av ljushastigheten

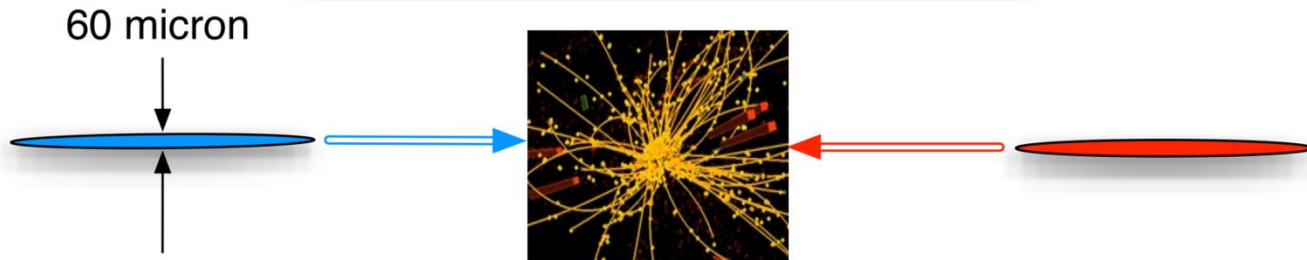
# High-School Students Internship Programme

---

- Up to 24 high-school students each from one country in a two-week internship, lodged at the CERN Hotel. Groups need to be accompanied by two adults from their country
- The selection of the participants is done in their home country through a fair and transparent process overseen by CERN
- The programme is financed by CERN for up to five programmes per year with an option of up to five more programmes per year, if funded through the CERN & Society Foundation.
- The financing includes the travel of all participants up to 500 CHF/person, their stay in the CERN Hotel, as well as meal vouchers for the CERN Restaurants and social events.

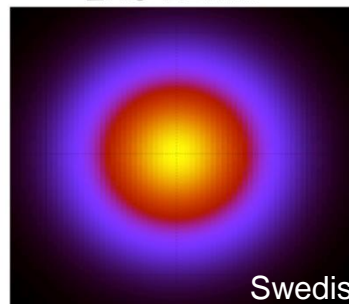
# Kollisioner vid LHC

140,000,000,000 protons a bunch  
~30 collide at each bunch crossing



~30 collisions per crossing  
11,000 crossings per second per bunch  
> 2000 bunches  
~800 million collisions per second

LHC BEAM



HUMAN HAIR

