

En introduktion till CERN

Lennart Jirden

CERN EP Department

Genève

Swedish Teachers 30.10.2023

Lennart JIRDEN, CERN

Europeiskt Lab för Partikelfysik

OBSERVATÖRER:

- **UNESCO**
- **EU**
- **Turkiet**

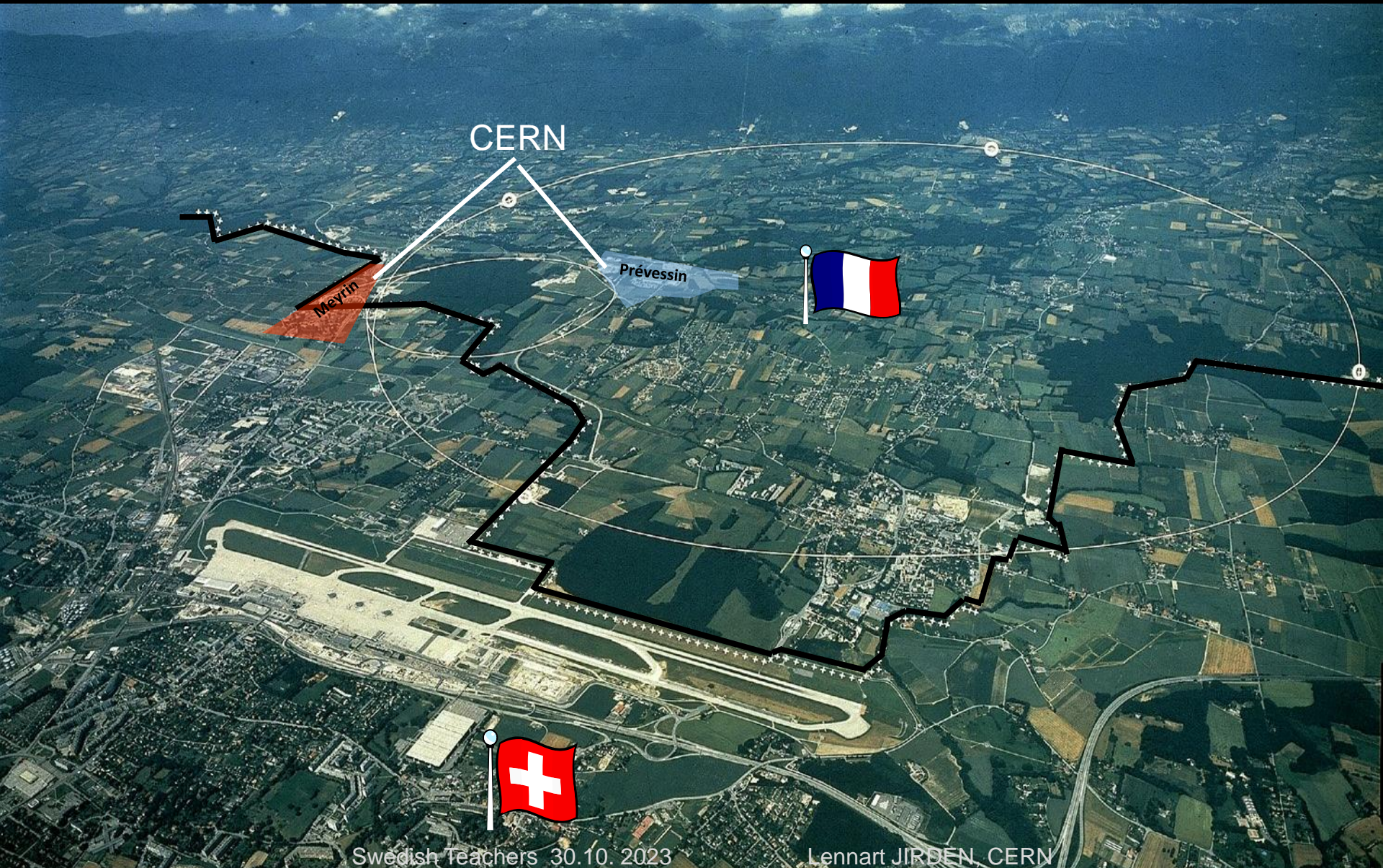
SPECIELLA OBS. (för LHC):

- **USA**
- **Japan**
- **Ryssland**
- **Indien**



- 23 europeiska medlemsländer, c:a 90 användarländer
- Inget militärt arbete, alla resultat är offentliga
- 3800 anställda, 1200 fellows & studenter, 12,000 användare
- Årlig Budget 1 miljard CHF, Sverige betalar 2.6% 320 miljoner SKr
- CERN: ansvar för acceleratorerna
- 560 Univ. & Forskningsinstitut: ansvar för Experimenten

i utkanten av Genève...

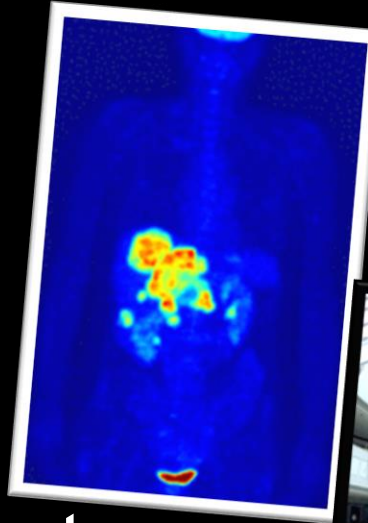


Som en liten stad...



CERN's målsättning

- Grundforskning
- Utbildning
- Teknologikutveckling
- Internationellt samarbete

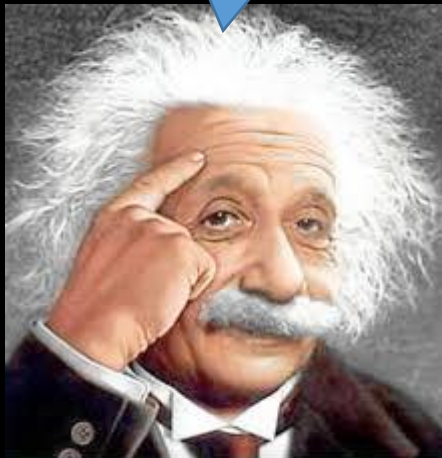


Grundforskning

Teorier...

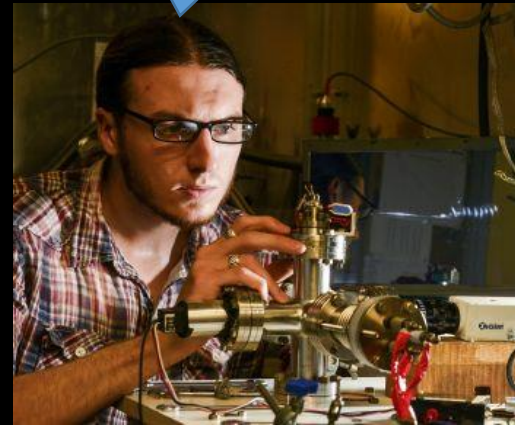
...prövas av Experiment..

Min teori är...



Teoretiker

Kan det stämma?

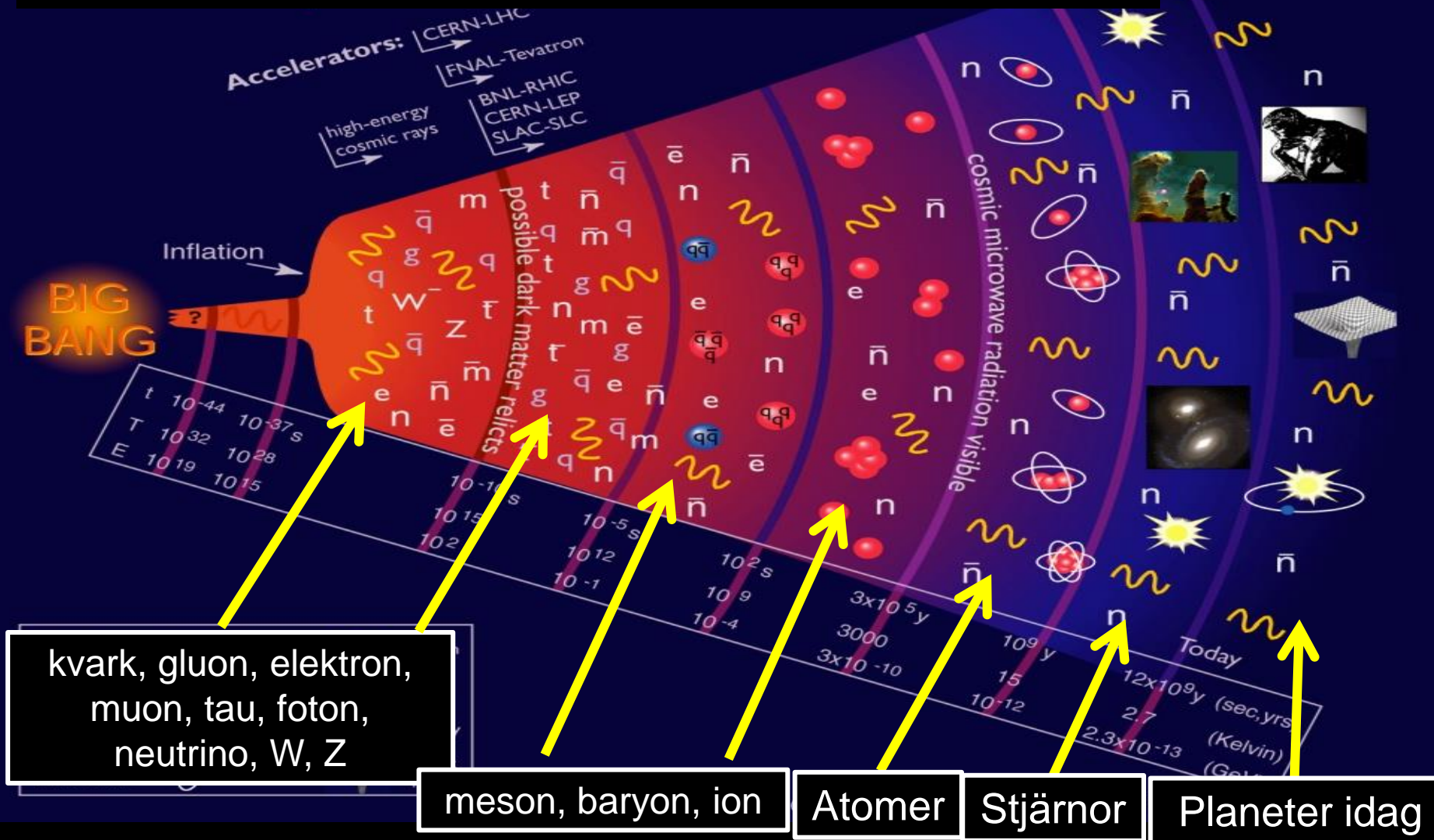


Experimentalist

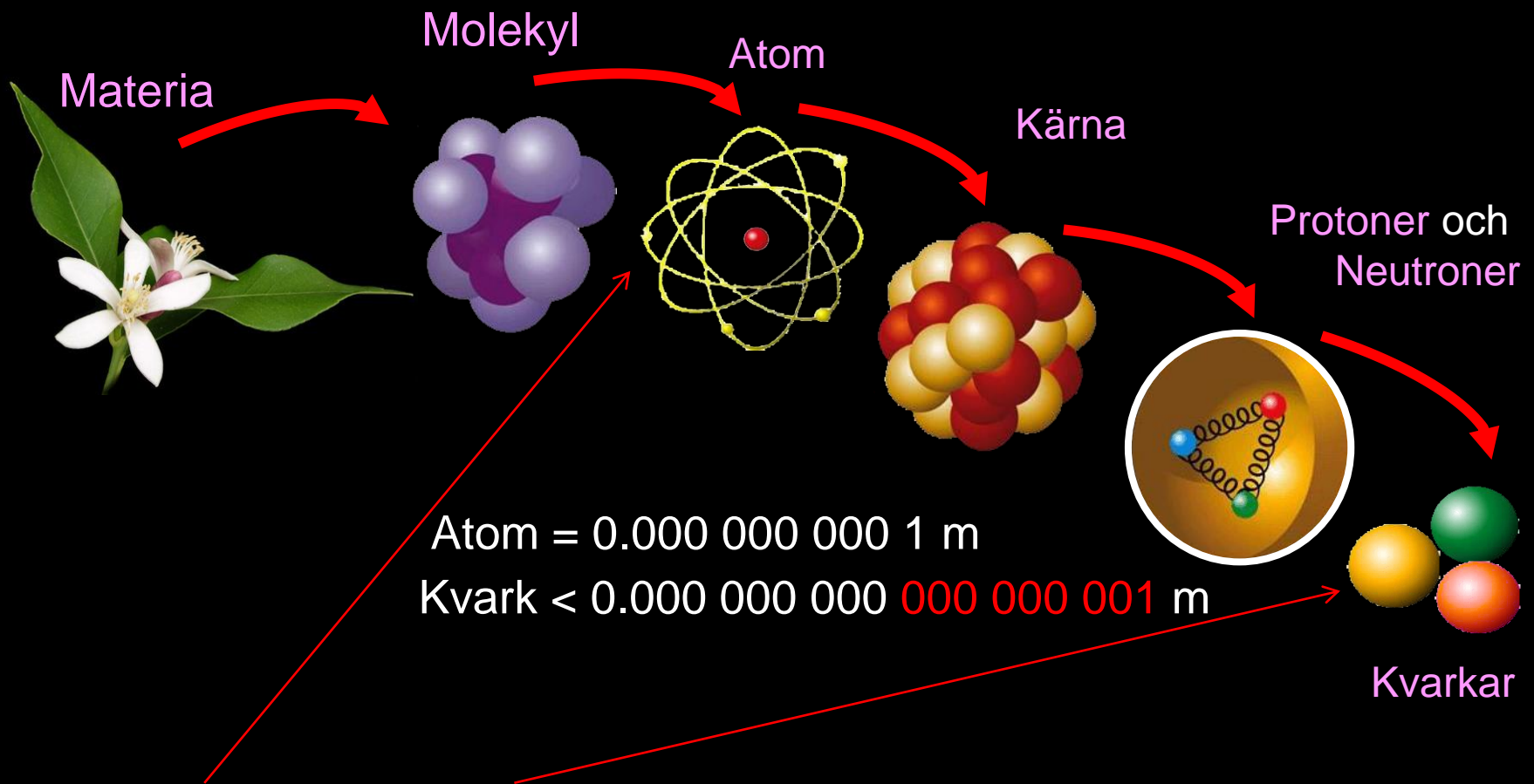
Precisa regler för en vetenskaplig **upptäckt**

Vad försöker vi uppnå?

Universums Historia – en “bild” som vi prövar



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



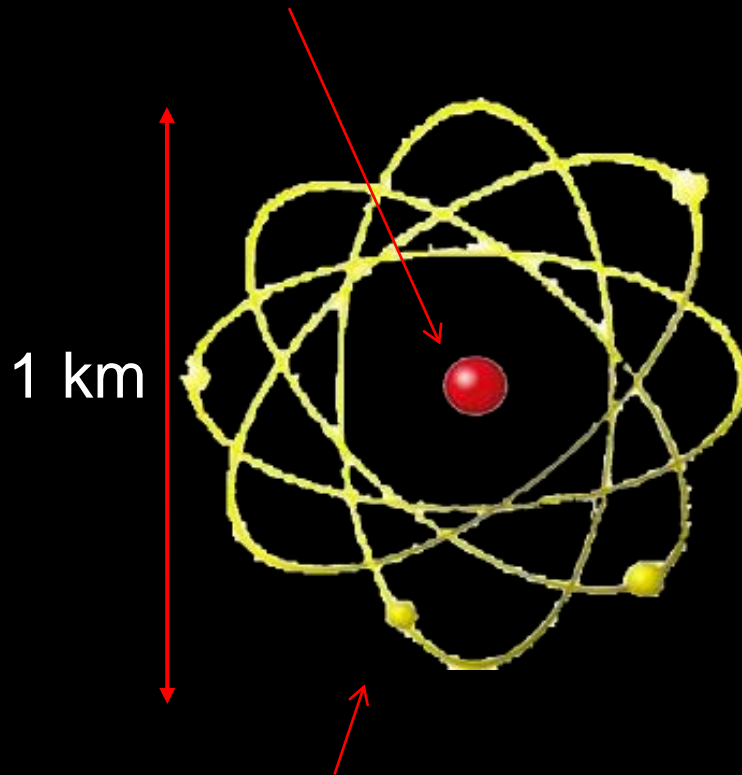
ANTI-BOTTOM QUARK



ANTI-TOP QUARK

Proportioner

Om atomkärnan vore 10 cm...

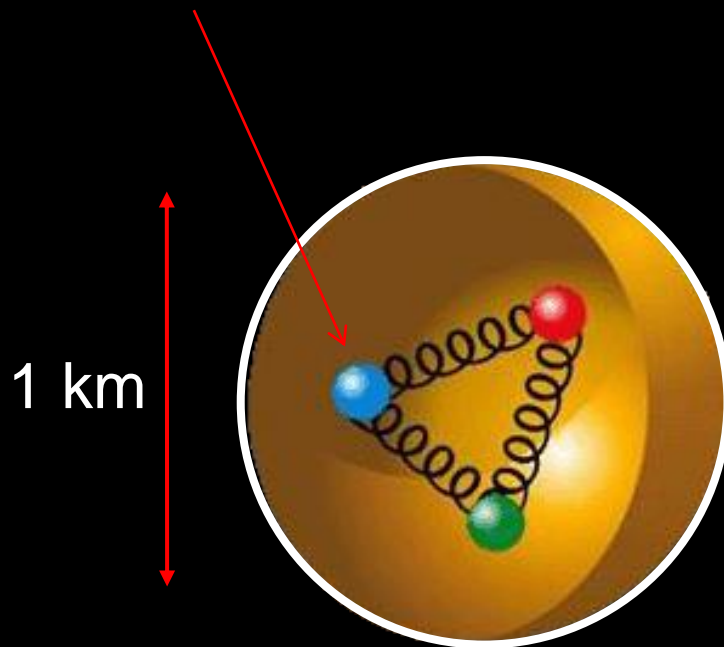


...skulle elektronerna snurra på c:a 1 km avstånd

Bara tomrum !

Proportioner

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



...skulle dom sitta på 1 km avstånd

Bara tomrum i tomrum !

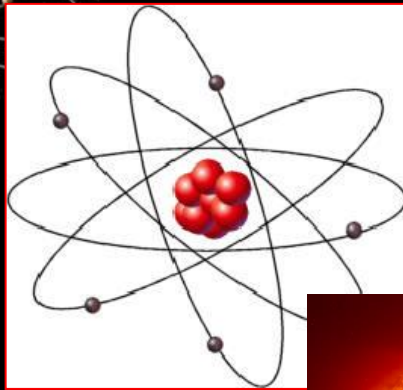
Dom Fundamentala Krafterna

Krafterna agerar
via sina utbytes
partiklar
Bosonerna



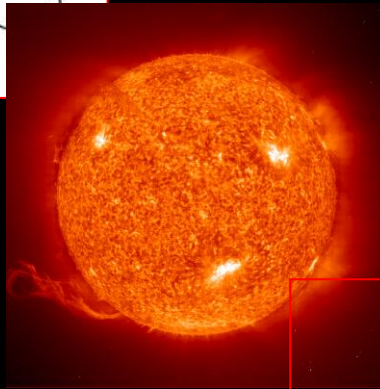
Tyngdkraften

Graviton ?



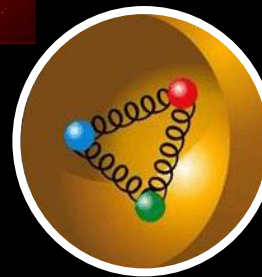
Elektromagnetisk Kraft

Photon



Svag Kraft

W, Z

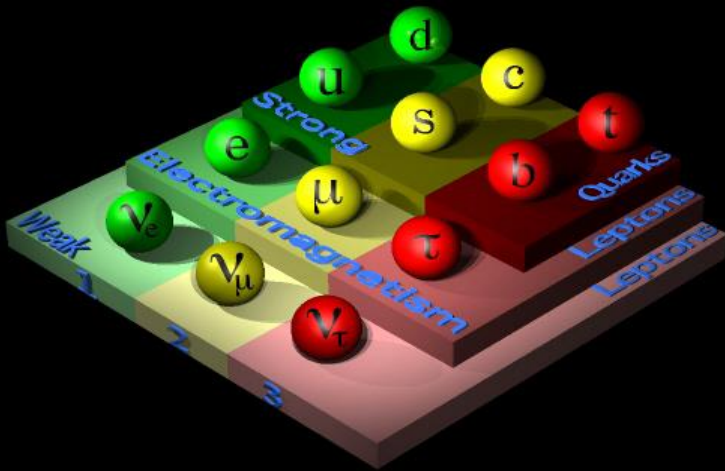


Stark Kraft

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



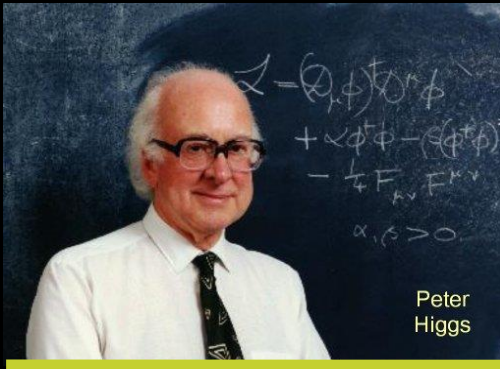
min teori är att det finns en **Boson**
som ger partiklarna massa...

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

Higgs Boson



UPPTÄCKTES PÅ CERN 2012 !



Peter Higgs

NOBELPRIS 2013 !

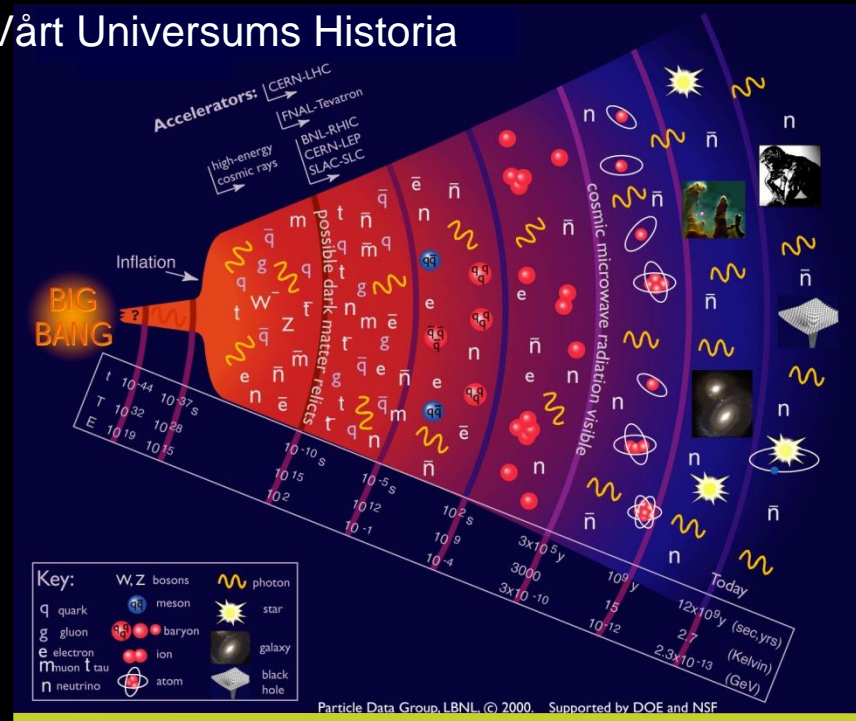


*Brout-Englert-Higgs
Boson*



Fler frågor....

Vårt Universums Historia



BIG BANG

IDAG

Lika mycket Materia och Antimateria skapades

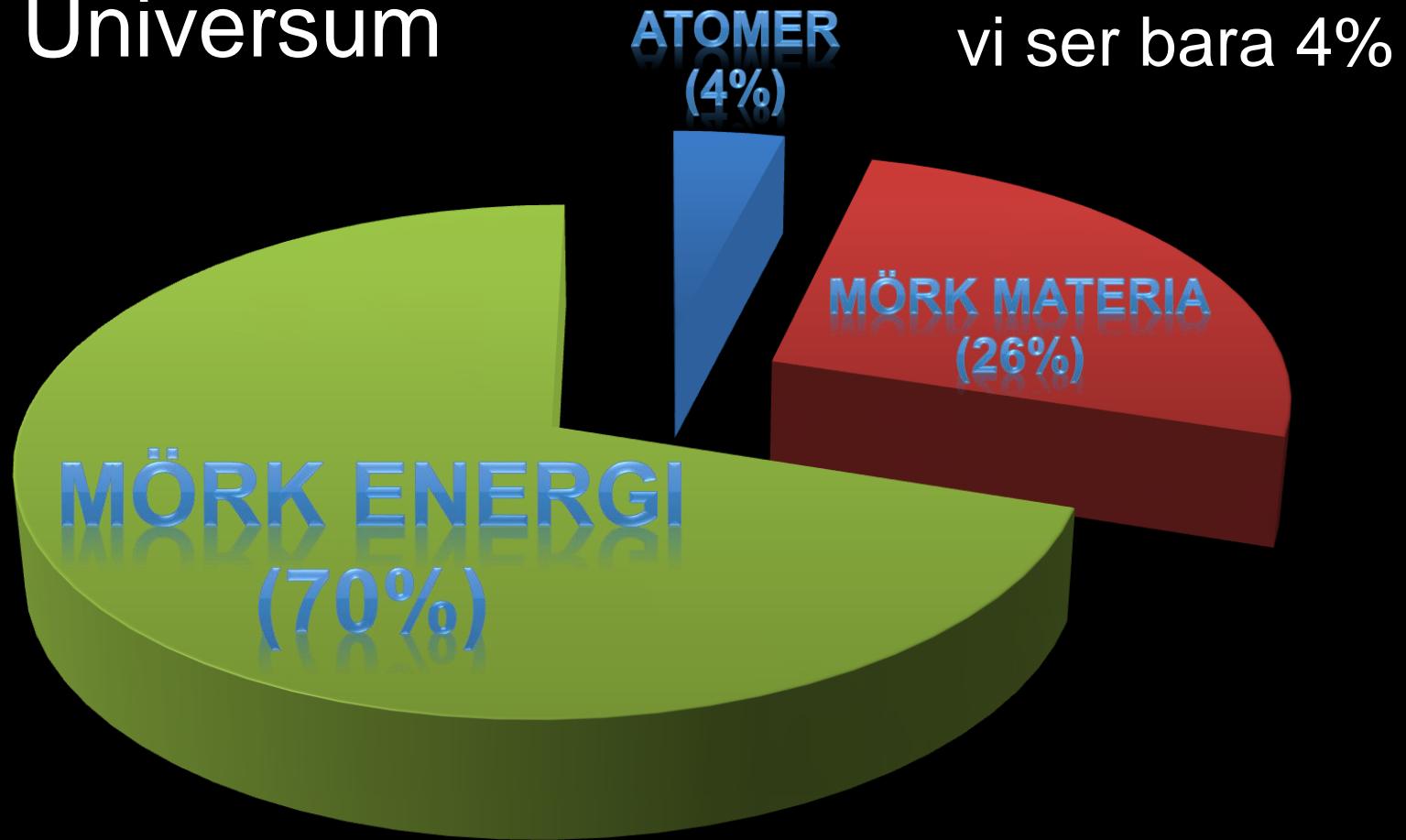
> > >

Bara Materia (vi) har överlevt

Varför?

Fler Frågor

Vårt Universum

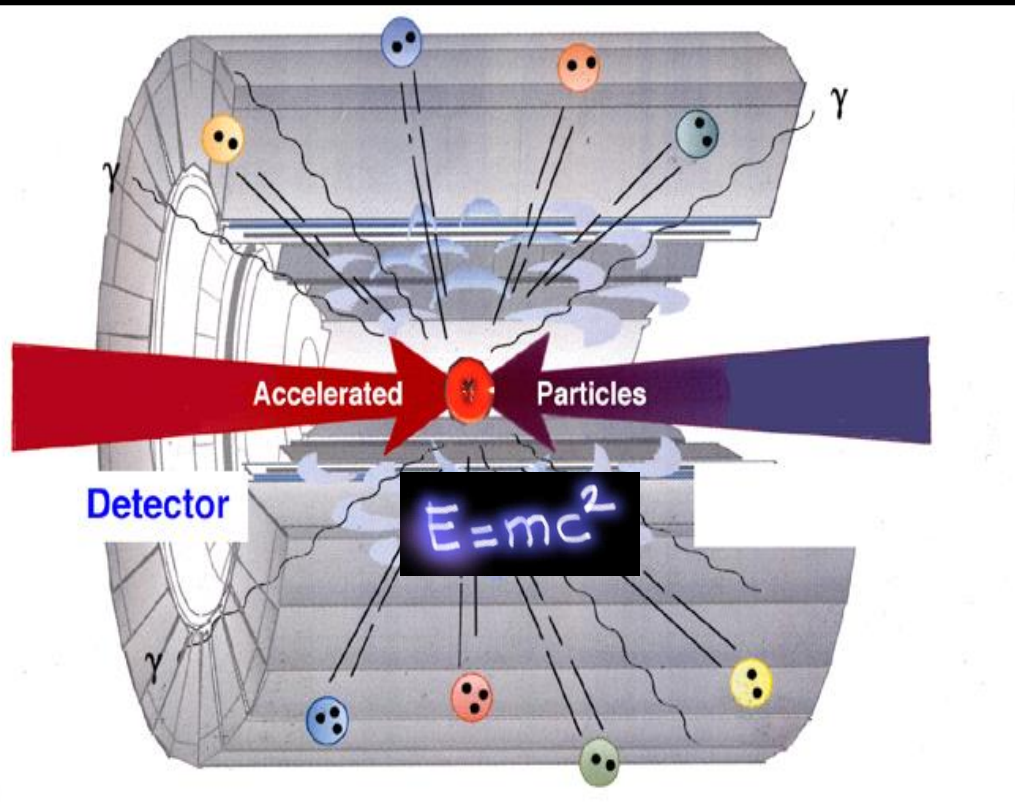


Vad är de övriga 96%?

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

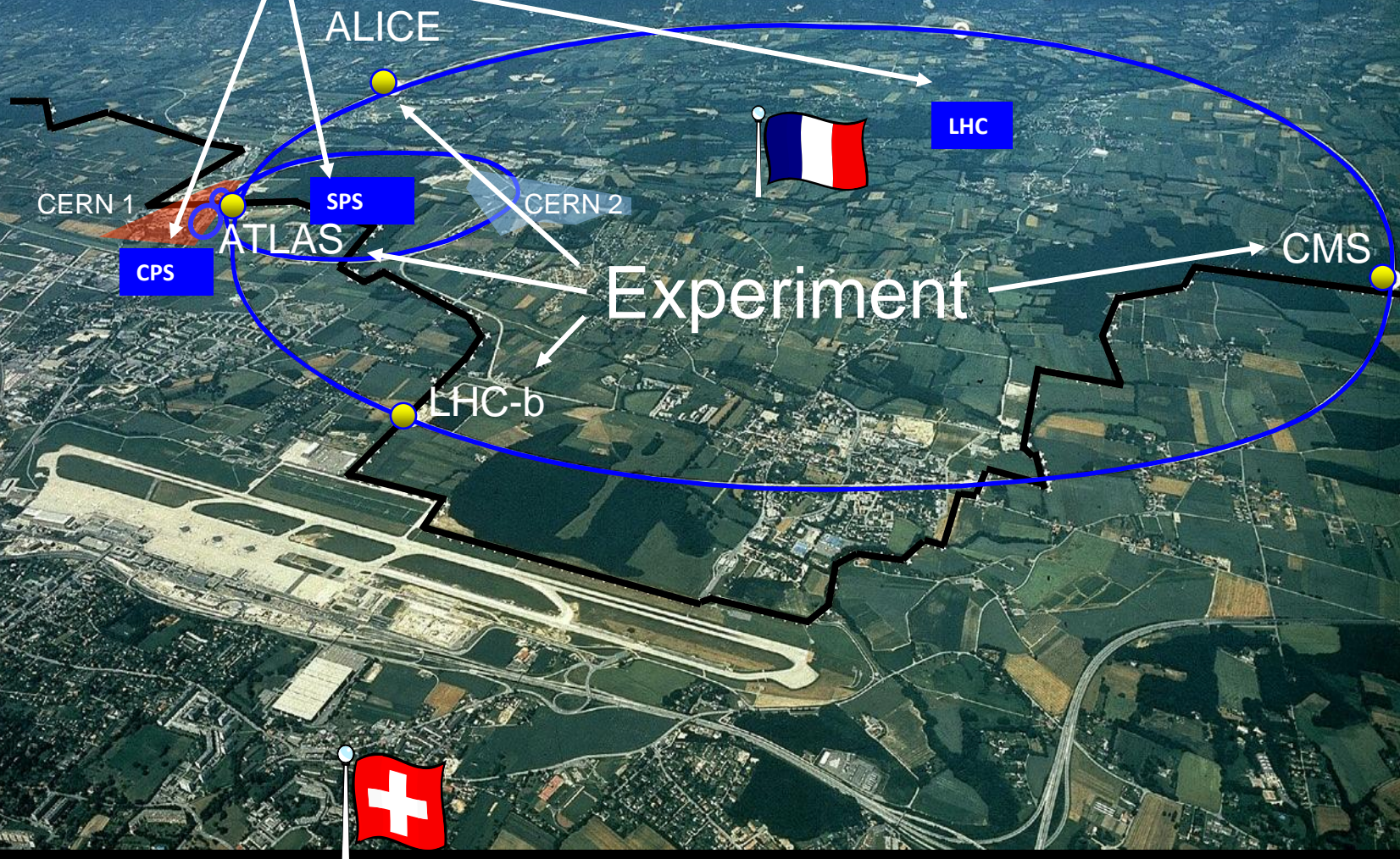
...vid ofantliga energier !



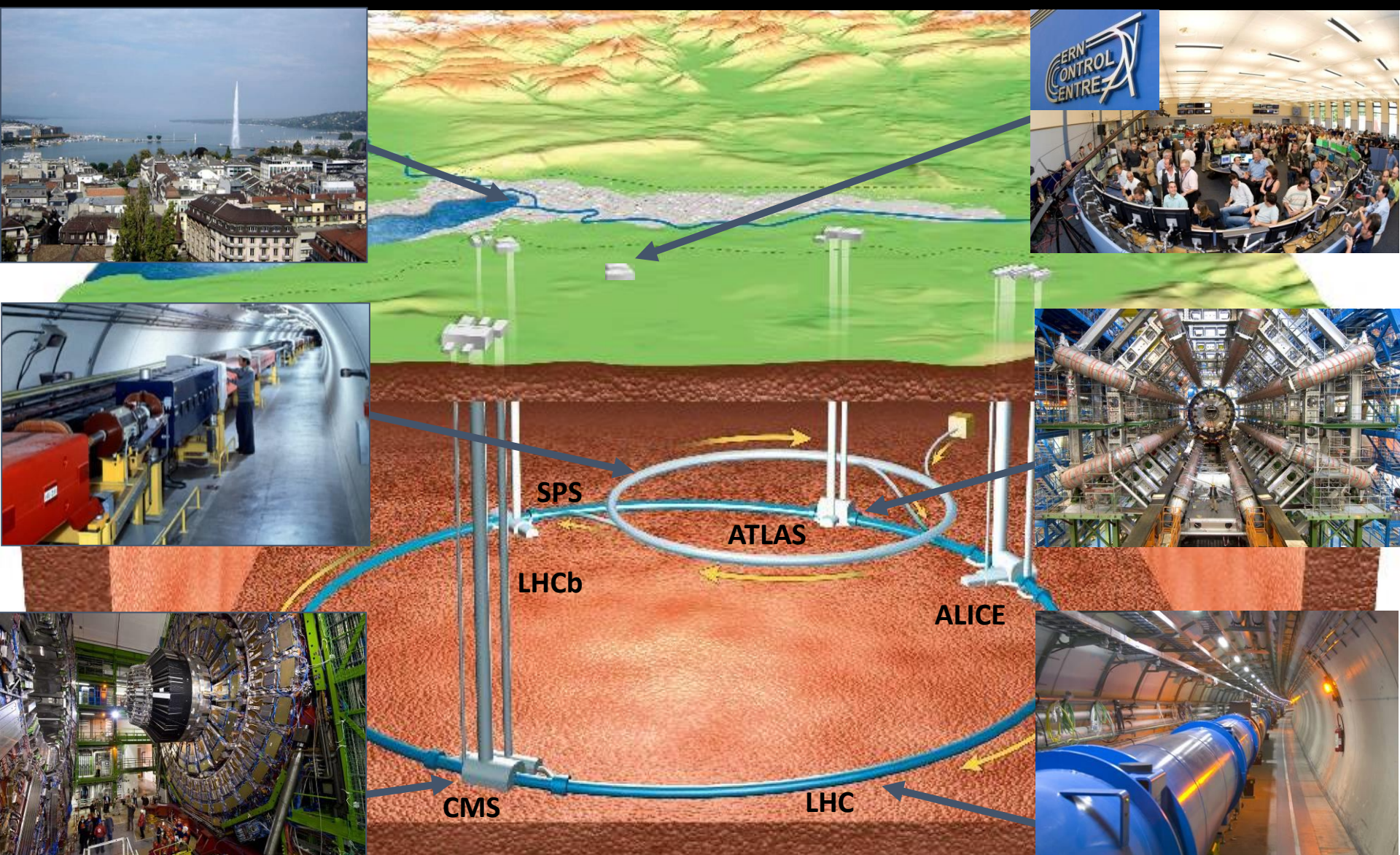
$$E=mc^2$$

Våra verktyg

Acceleratorer



Våra verktyg



LHC - Världens **största** accelerator

27km lång tunnel

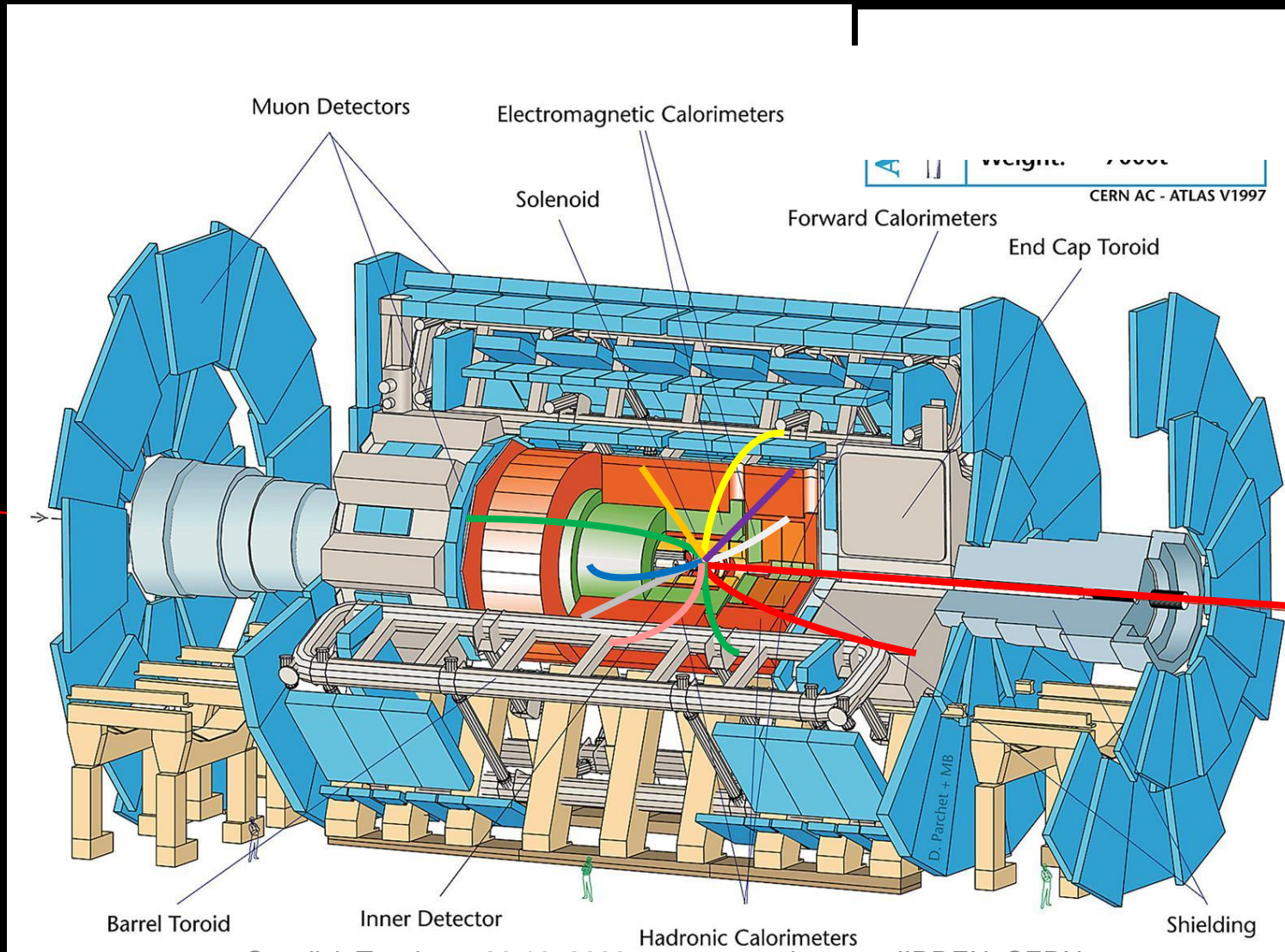
Tusentals
supraledande
magneter

Ultra vakum:
*10x högre
än på månen*

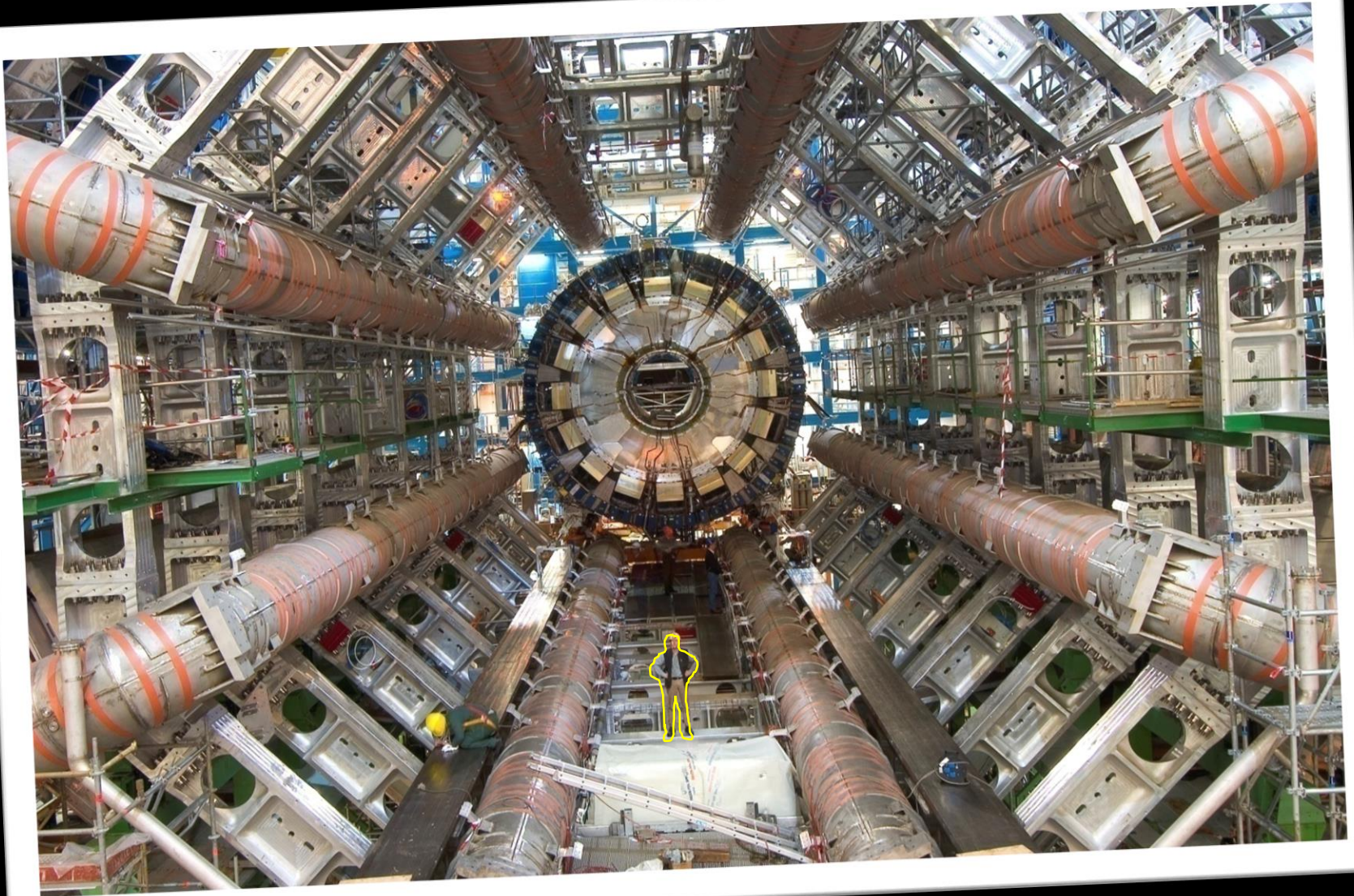
Kallaste plats i
Universum:
 -271°C

Under **säkra**
förhållanden!

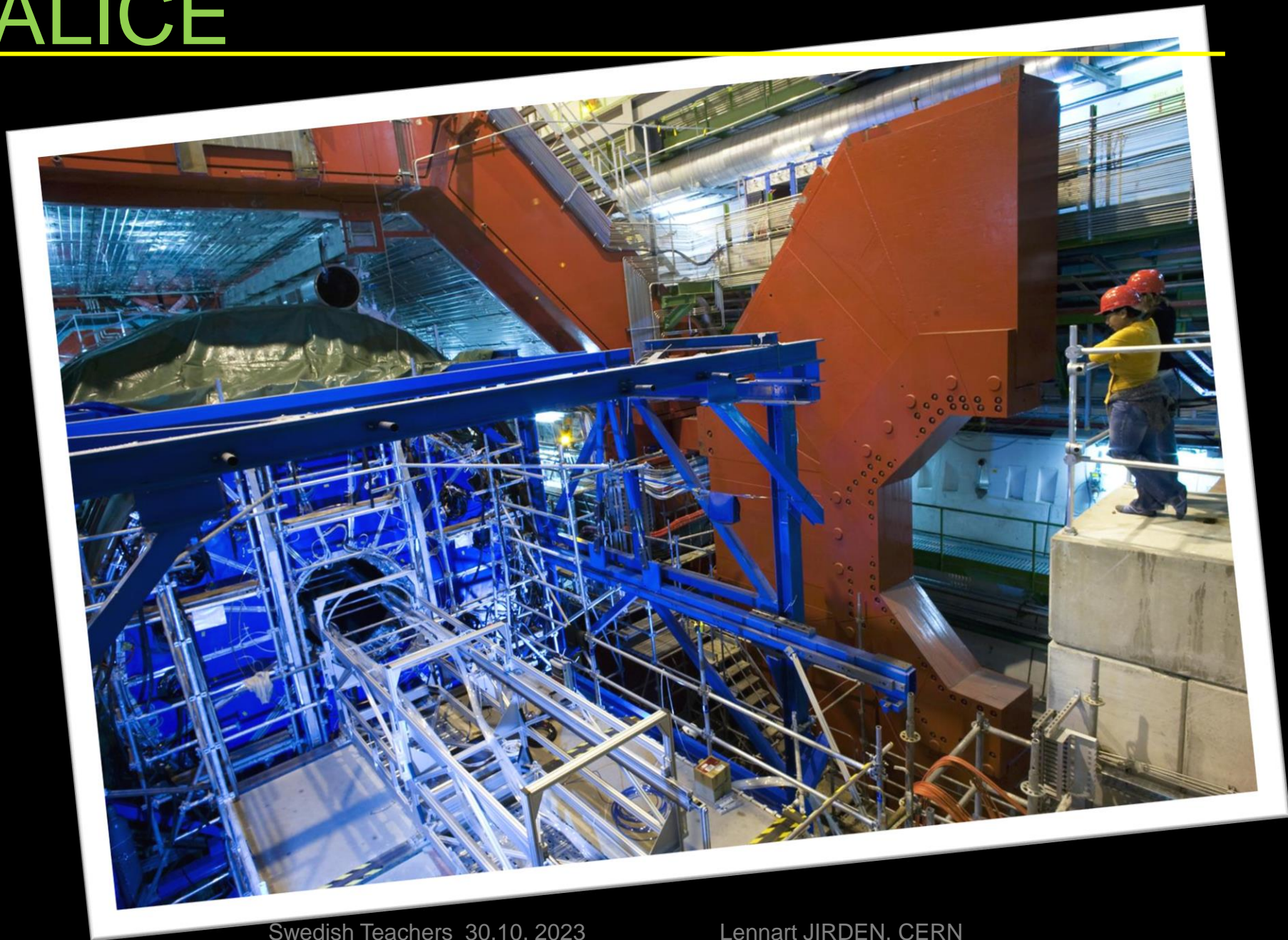
Största och mest sofistikerade detektorer



ATLAS



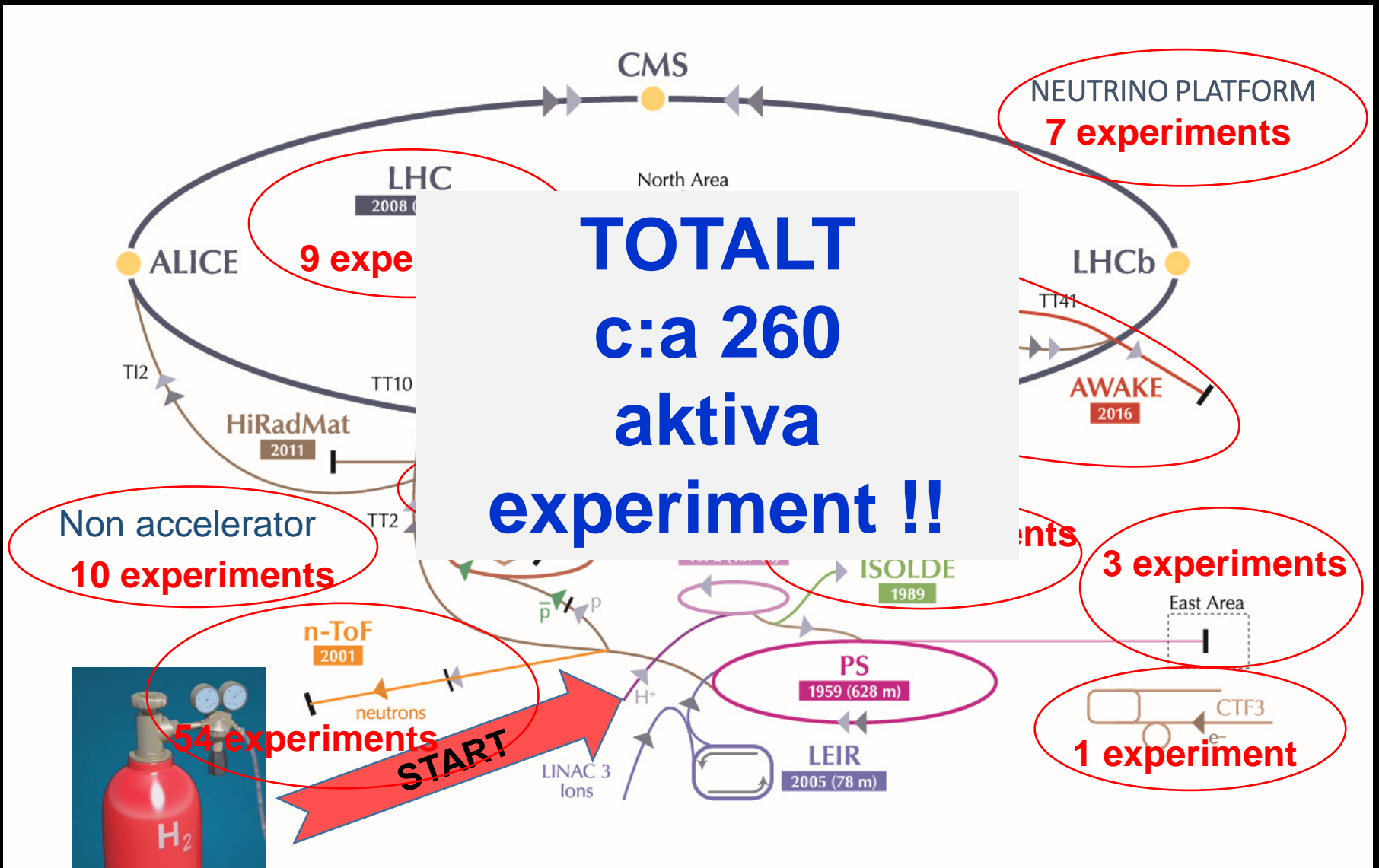
ALICE



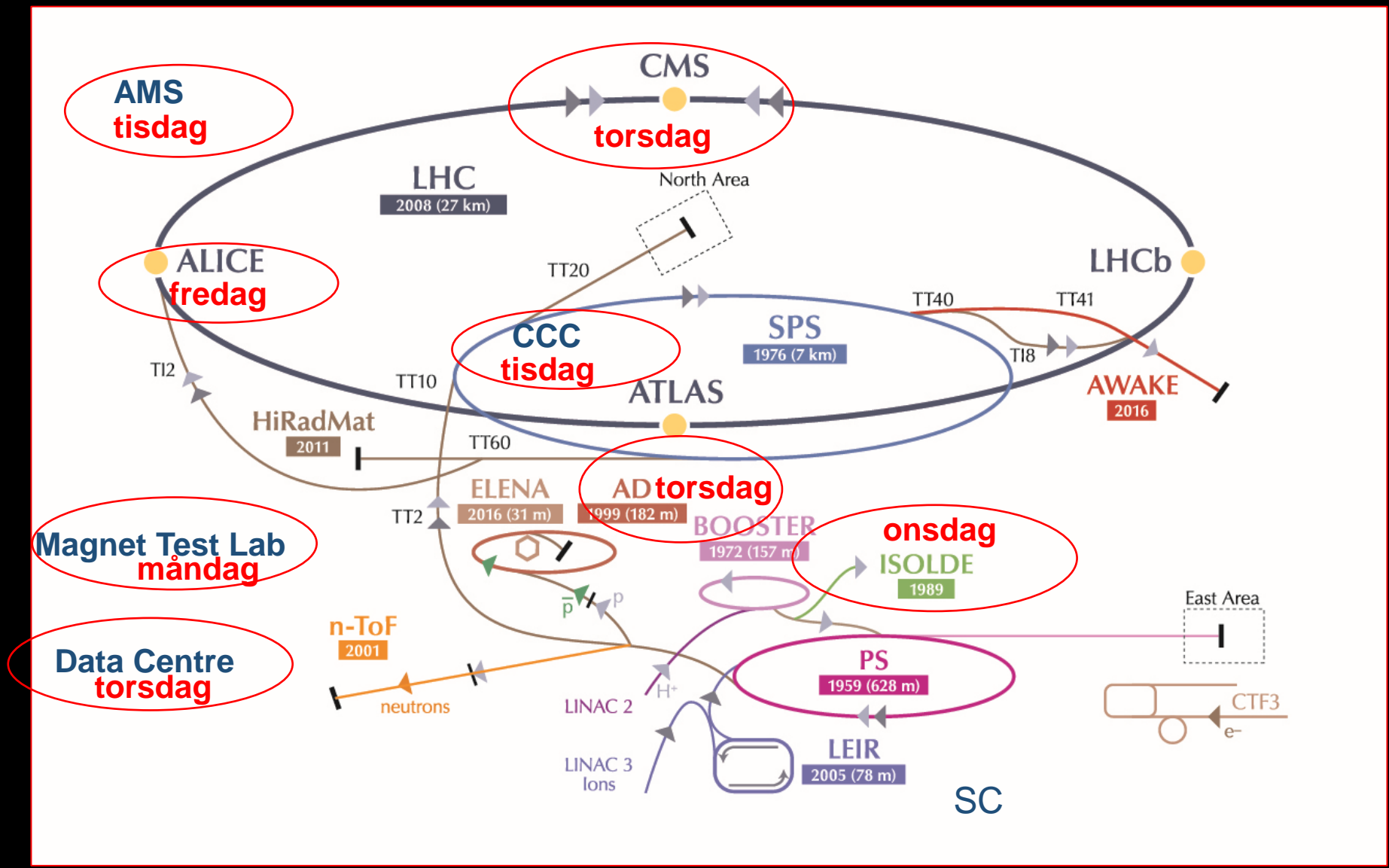
Swedish Teachers 30.10.2023

Lennart JIRDEN, CERN

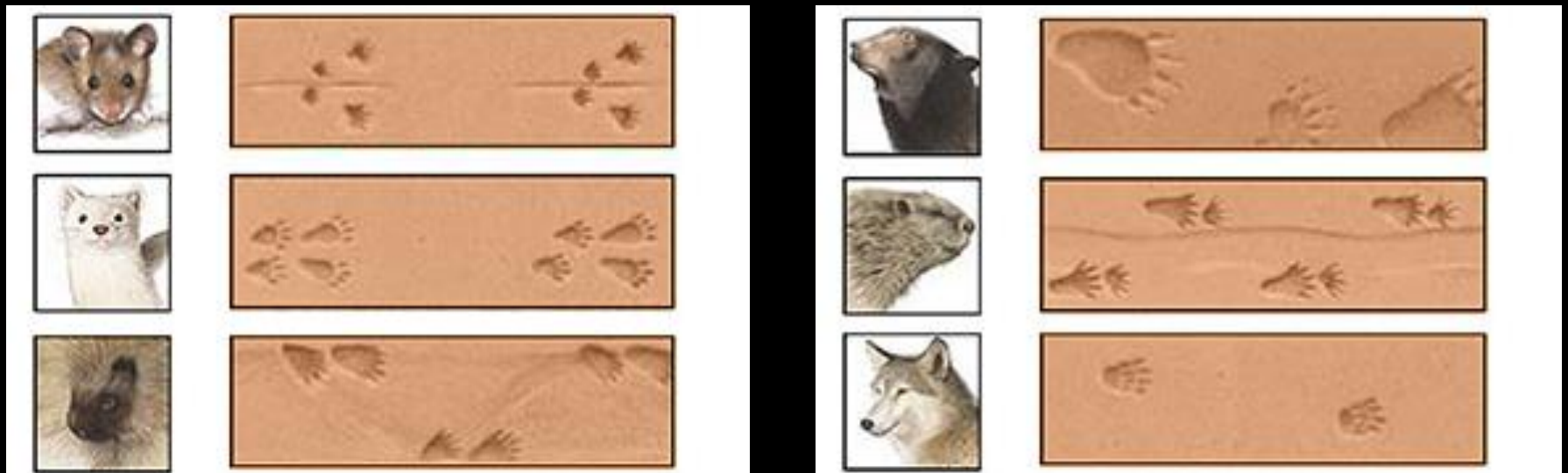
Fåges några fler experimenten...



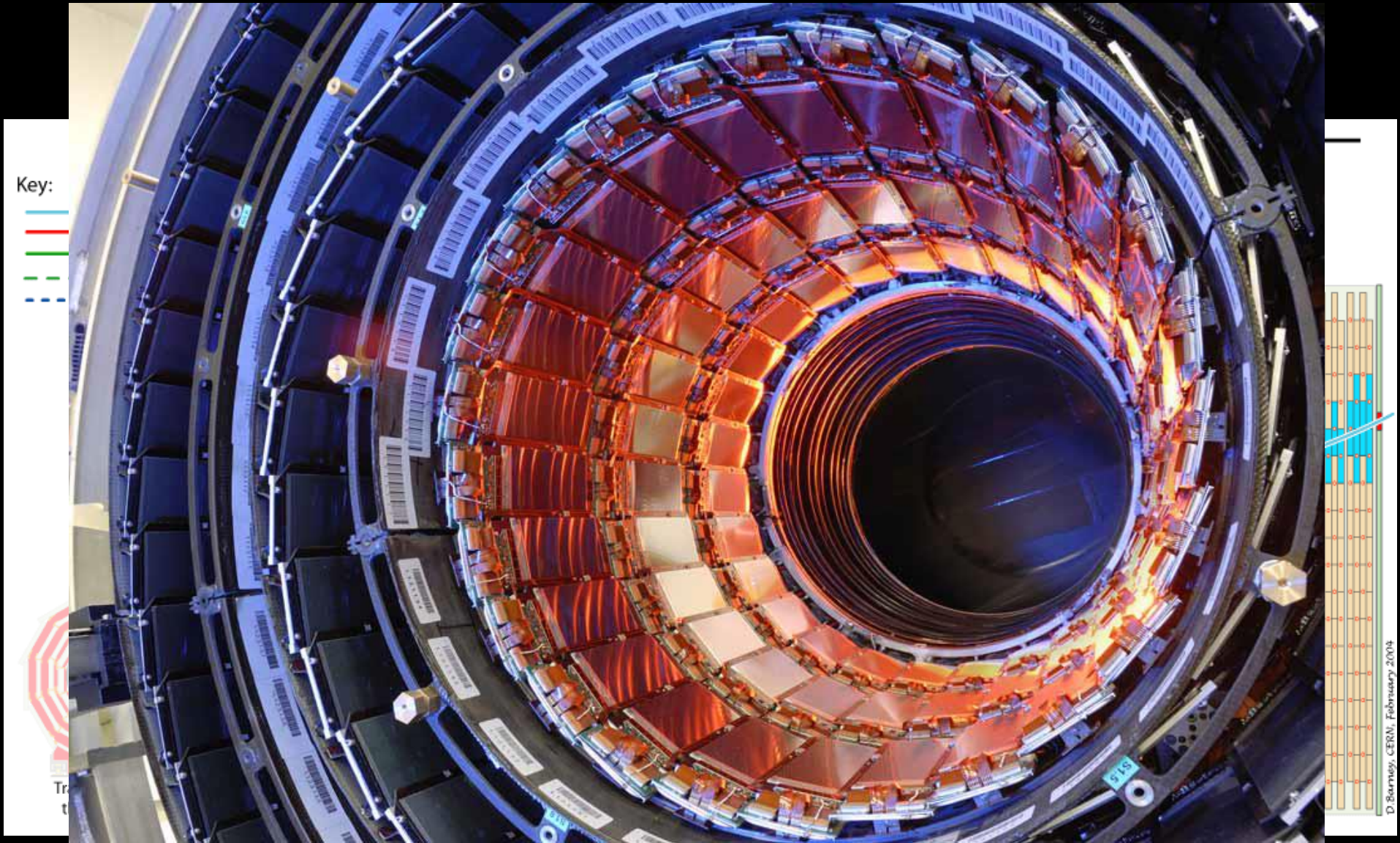
Studiebesök



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



största vetenskapliga datornätverk



90 Petabytes
data 2018

230'000
processorer

200 data-centers
runt hela jorden
med c:a 1 million
cpu's

Bringa nationer tillsammans och utbilda

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

Olika program för studenter



Teknologiska “Bi-produkter”

Några praktiska
tillämpningar



World Wide Web

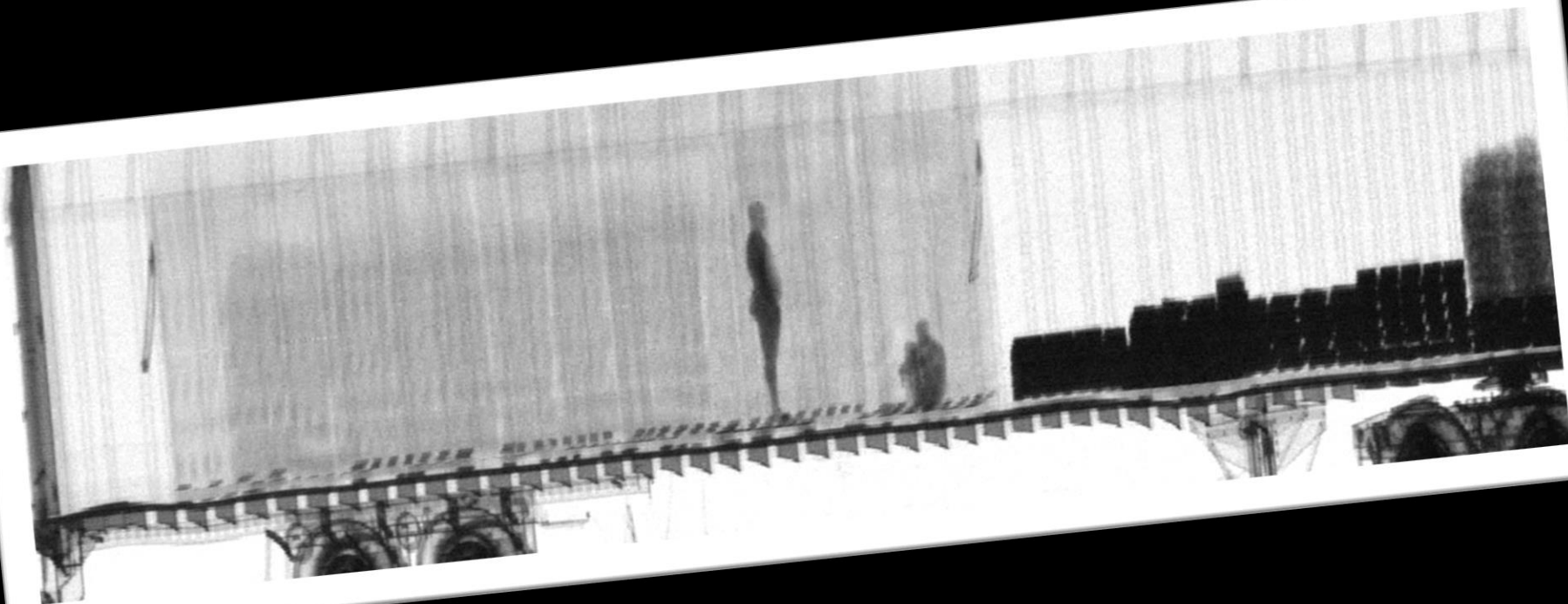
Utvecklades på CERN
1989 i ramen av LHC !

Gåva till världen!



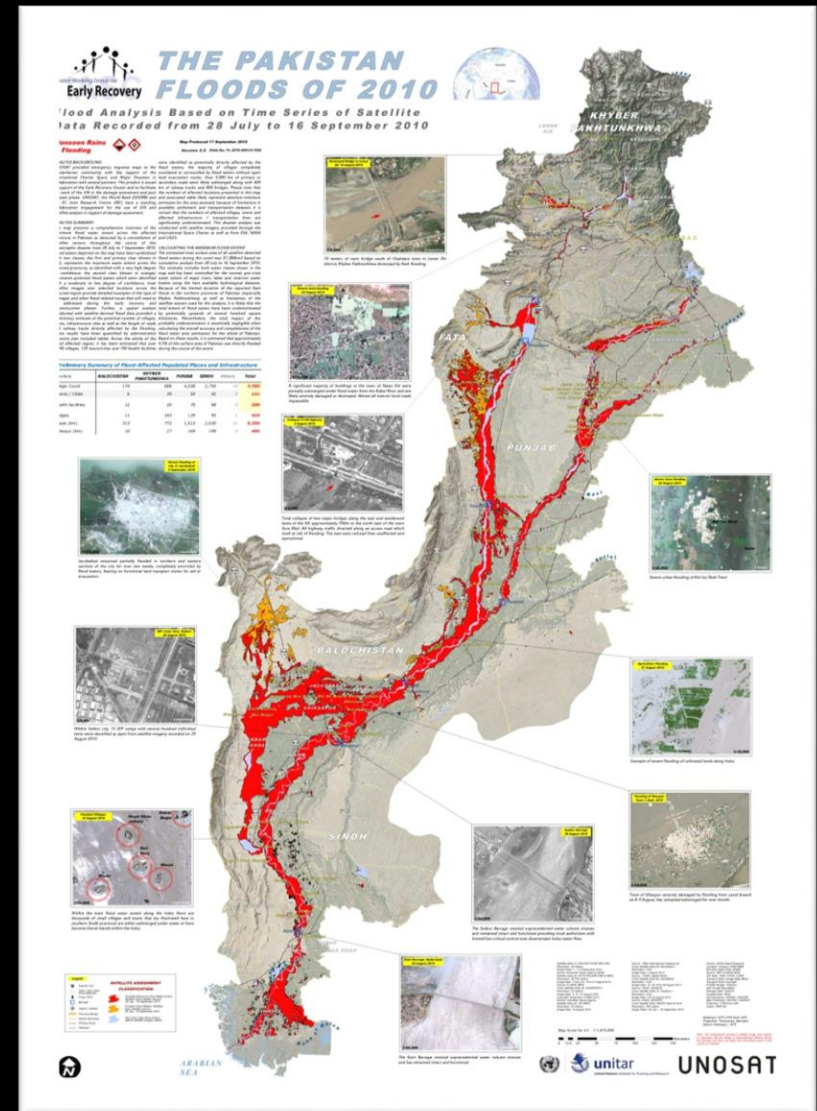
Detektorer

Scanna lastbilar utan att lasta av dom !



Användning av « Grid »

Ultra-snabb behandling av satellitbilder vid naturkatastrofer



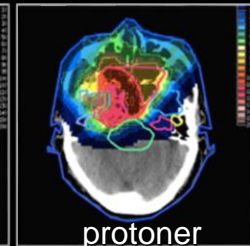
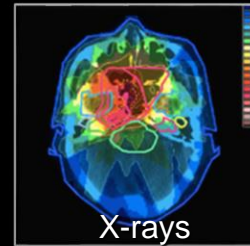
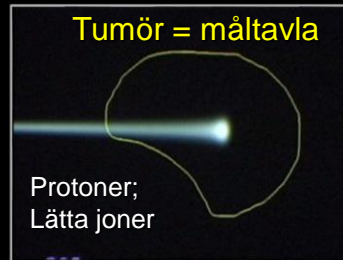
Medicinska tillämpningar

Cancerbekämpning

Kombination av Fysik, Medicinsk Visualisering, Biologi och Kirurgi

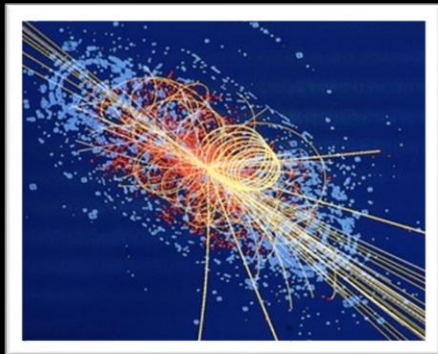


Hadron-terapi



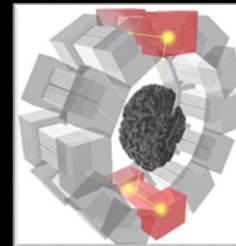
Accelererade partikelstrålar

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

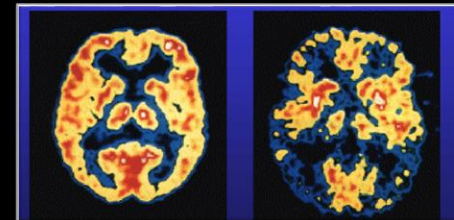


Visualisering

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*

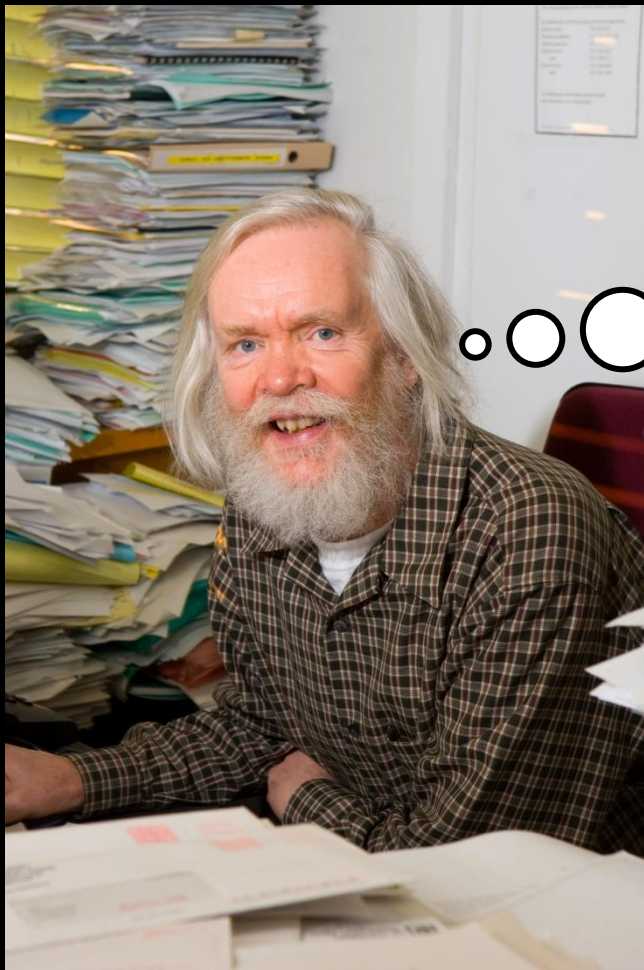
“for the theoretical discovery of a mechanism that contributes to our understanding of the origin of mass of subatomic particles, and which recently was confirmed through the discovery of the predicted fundamental particle, by the ATLAS and CMS experiments at CERN's Large Hadron Collider”



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 2028
 - Mål att samla in 10 x mer data/år
 - Finns något mer bortom hörnet ?

LHC – motgångar och framgångar

LHC PERIOD 1

10 September 2008: Protonstrålar cirkulerar för första gången i acceleratoren.

19 September 2008: En kortslutning skadar 53 magneter.

23 November 2009: Protoner kolliderar med energin 0.9 TeV.

2010: LHC kör hela året med energin 7 TeV (världsrekord)

2011: Energin är 7 TeV men många fler kollisioner per sekund (världsrekord).

2012: Energin är 8 TeV (världsrekord) och kollisionsintensiteten är högre.

LHC PERIOD 2

2015-2018: Energin är 13 TeV (världsrekord) och högre kollisionsintensiteten.

LHC PERIOD 3

2022-2025: Energin blir 14 TeV (världsrekord)

LHC PERIOD 4

Efter 2028: Energin blir 14 TeV med mycket högre kollisionsintensitet.

Future Circular Collider - FCC

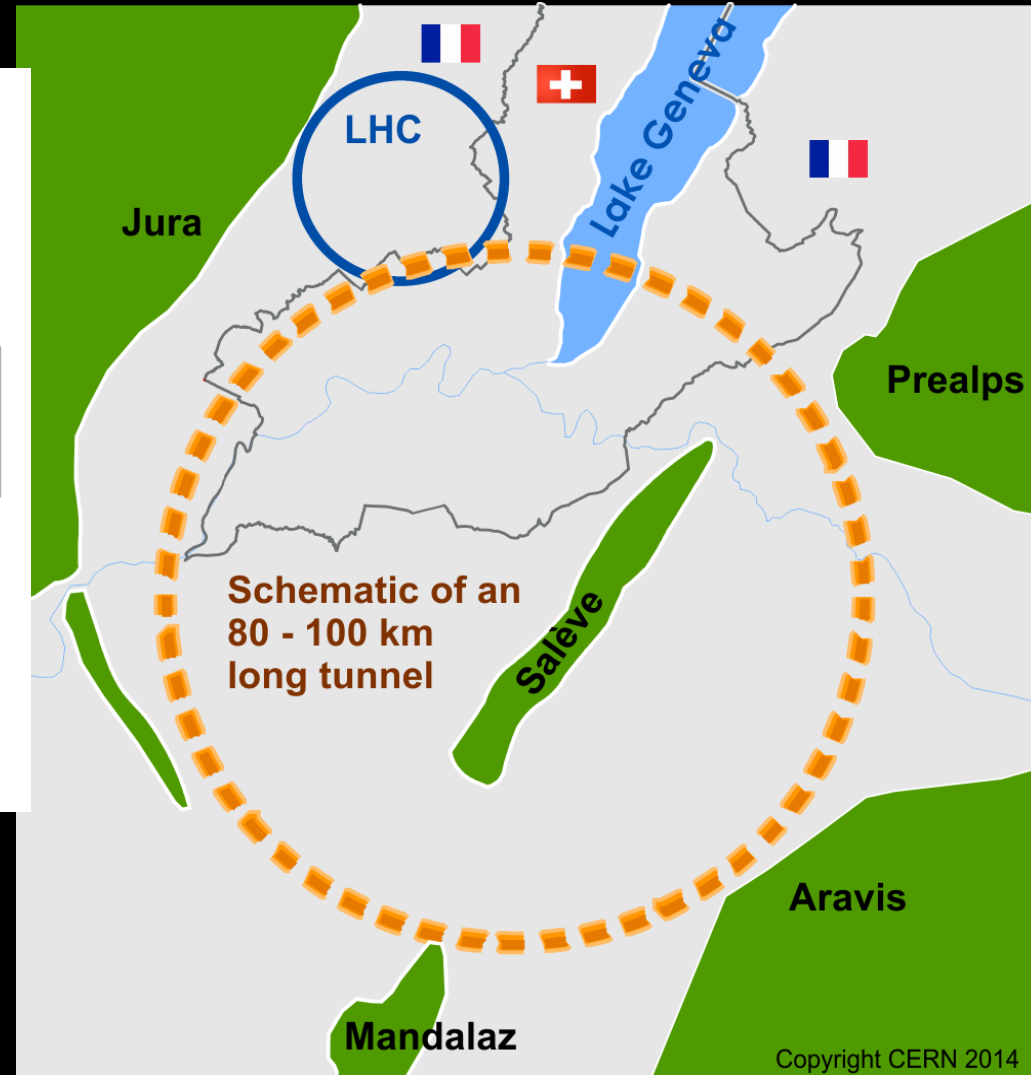
STUDIE

- *pp*-collider (*FCC-hh*)
80-100 km tunnelinfrastruktur

~16 T \Rightarrow 100 TeV *pp* in 100 km

~20 T \Rightarrow 100 TeV *pp* in 80 km

- *e⁺e⁻*-collider (*FCC-ee*)
Möjligt mellansteg
- *Option: p-e* (*FCC-he*)



FCC



Sammanfattning

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

websites:

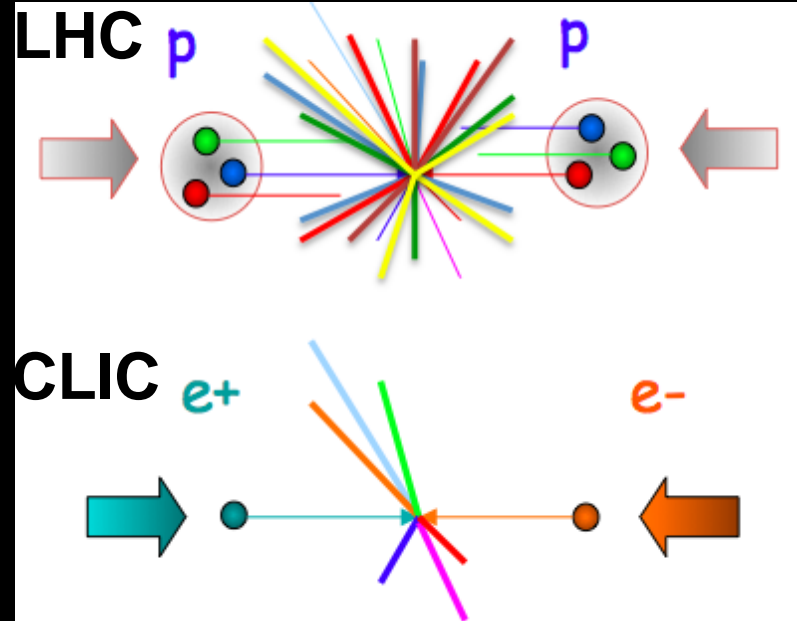
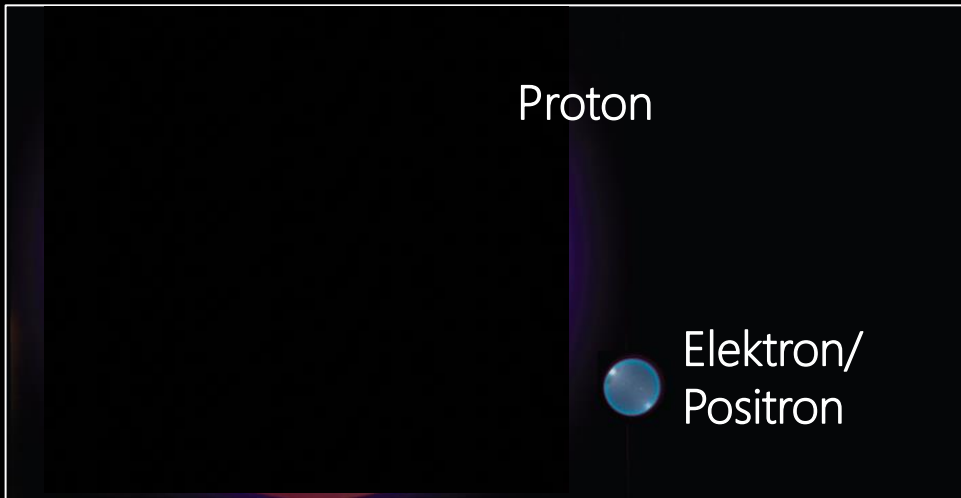
Information: www.cern.ch

CERN TV: www.youtube.com/cern

Anställning: www.cern.ch/jobs

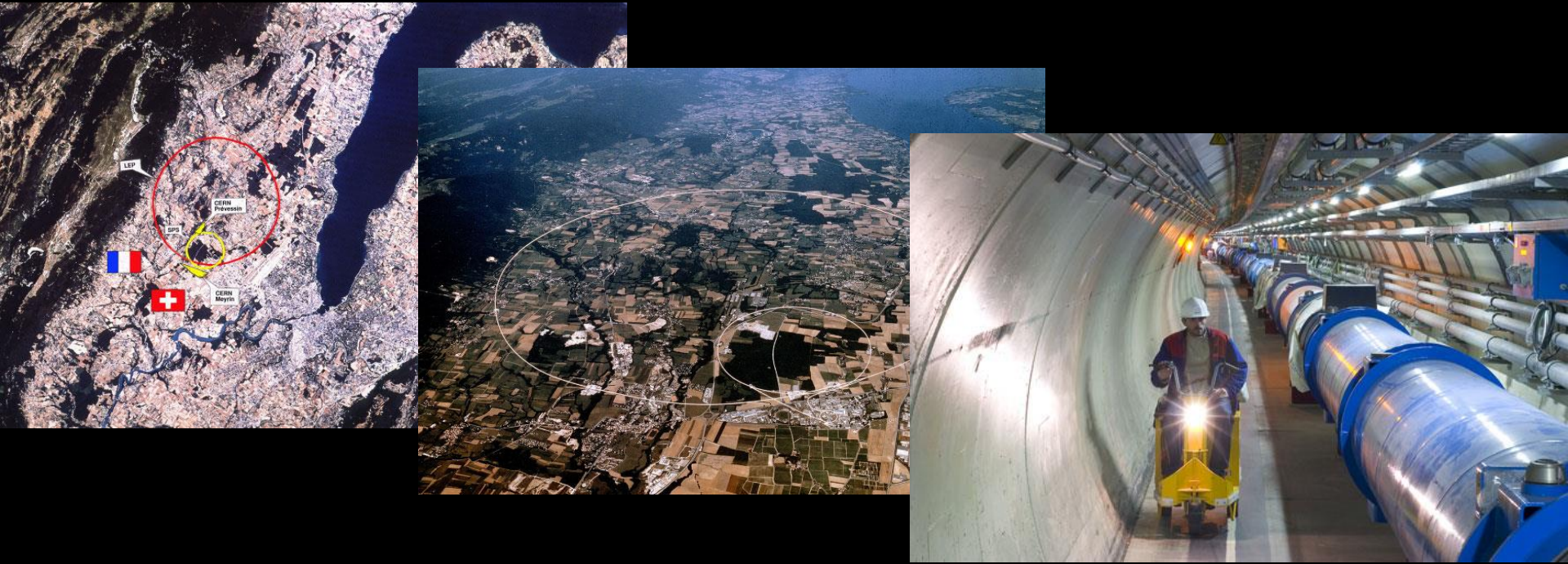
Swedish Teachers 30.10. 2023
Lennart JIRDEN, CERN

Från Upptäckt till Precision



p-p Kollisioner	e ⁺ e ⁻ Kollisioner
<p>En Proton är ett sammansatt Objekt</p> <ul style="list-style-type: none">→ Initialtillståndet för varje kollision är obekant→ Inskränker precisionen	<p>e⁺/e⁻ är punktformiga</p> <ul style="list-style-type: none">→ Initialtillståndet är bra känt (\sqrt{s} / Polarisering)→ Möjliggör högprecisa Mätningar
<p>Hög QCD-Bakgrund</p> <ul style="list-style-type: none">→ komplex Trigger behövs→ höga Strålningsvärden	<p>Mycket Tydliga Experiment</p> <ul style="list-style-type: none">→ Utläsning t.o.m. utan Trigger är möjligt→ Mycket små strålningsvärden
Hög växelverkan för Färgtillstånd	Bästa Upplösning för elektrosvag växelverkan

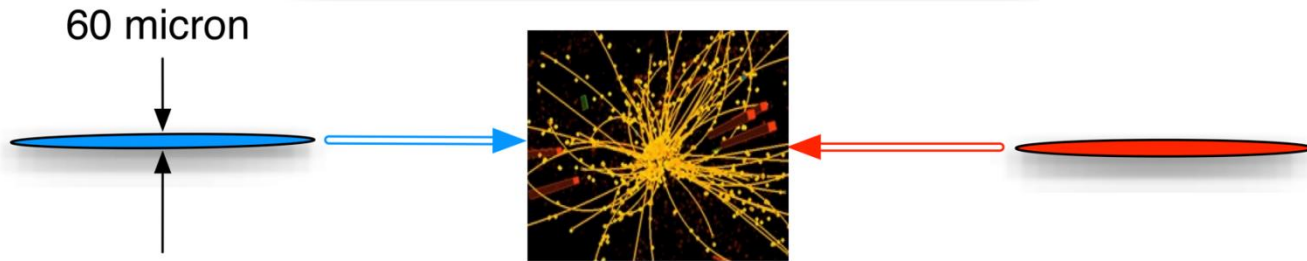
LHC - Världens största accelererator



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

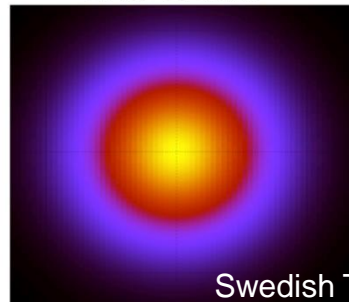
Kollisioner vid LHC

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



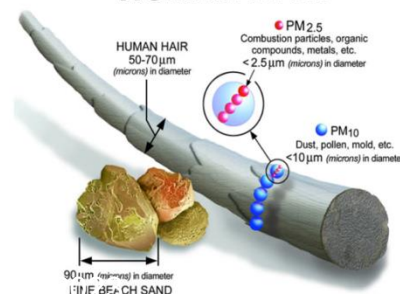
~30 collisions per crossing
11,000 crossings per second per bunch
> 2000 bunches
~800 million collisions per second

LHC BEAM



Swedish T

HUMAN HAIR



Lennart JIRDEN, CERN

Fundamental Physics

Future facilities

- Extremely Large Telescope 2025
- Deep Underground Neutrino Experiment (DUNE) – USA
- European Spallation Source (ESS) – Sweden
- Facility for Antiproton and Ion Research
- Square Kilometre Array Cherenkov Telescope Array
- ITER
- LHC High Luminosity upgrade

Upgrades

- XENONnT
- LZ
- DarkSide-20k
- SuperCDMS,
- DARWIN

Novel WIMPS experiments

- KM3NeT
- JUNO
- Upgrade of IceCube
- Deeper searches for neutrinoless double-beta decay
- SuperKEKB flavor-physics programme

Projects to be decided

- Electron – Ion collider – USA
- Hyper-Kamiokande – Japan
- New 3rd-generation gravitational wave detectors
- Post-Planck cosmic-microwave-background detector
- CLIC
- ILC
- FCC
- Chinese FCC