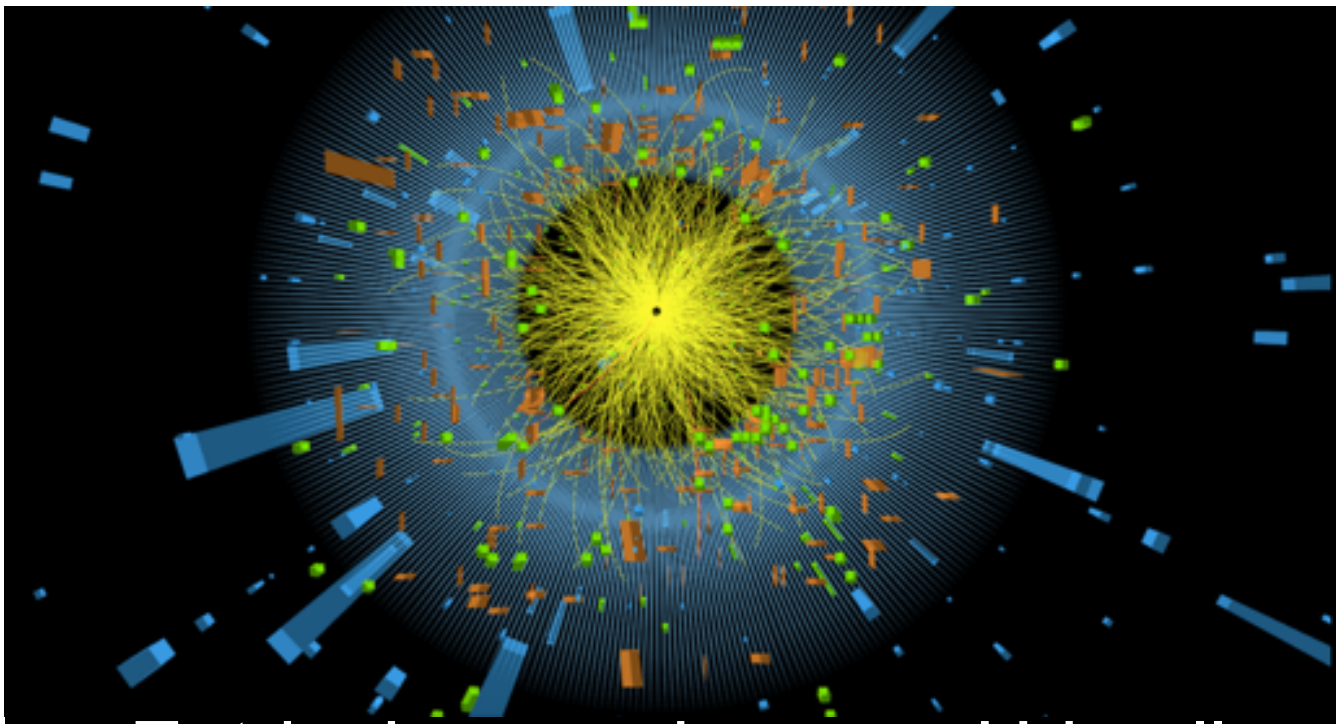


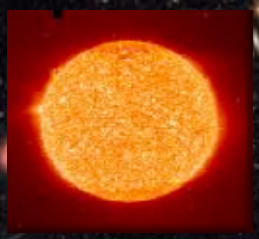
Entdeckungsreise zum Urknall

KINDERUNIVERSITÄT WINTERTHUR
7. November 2018
Felicitas Pauss / ETH Zurich

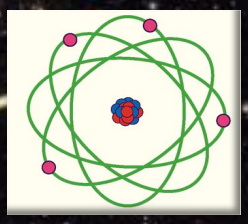
Das sichtbare Universum

~10^{11} Galaxien

10^{11} = 100 000 000 000
= 100 Milliarden

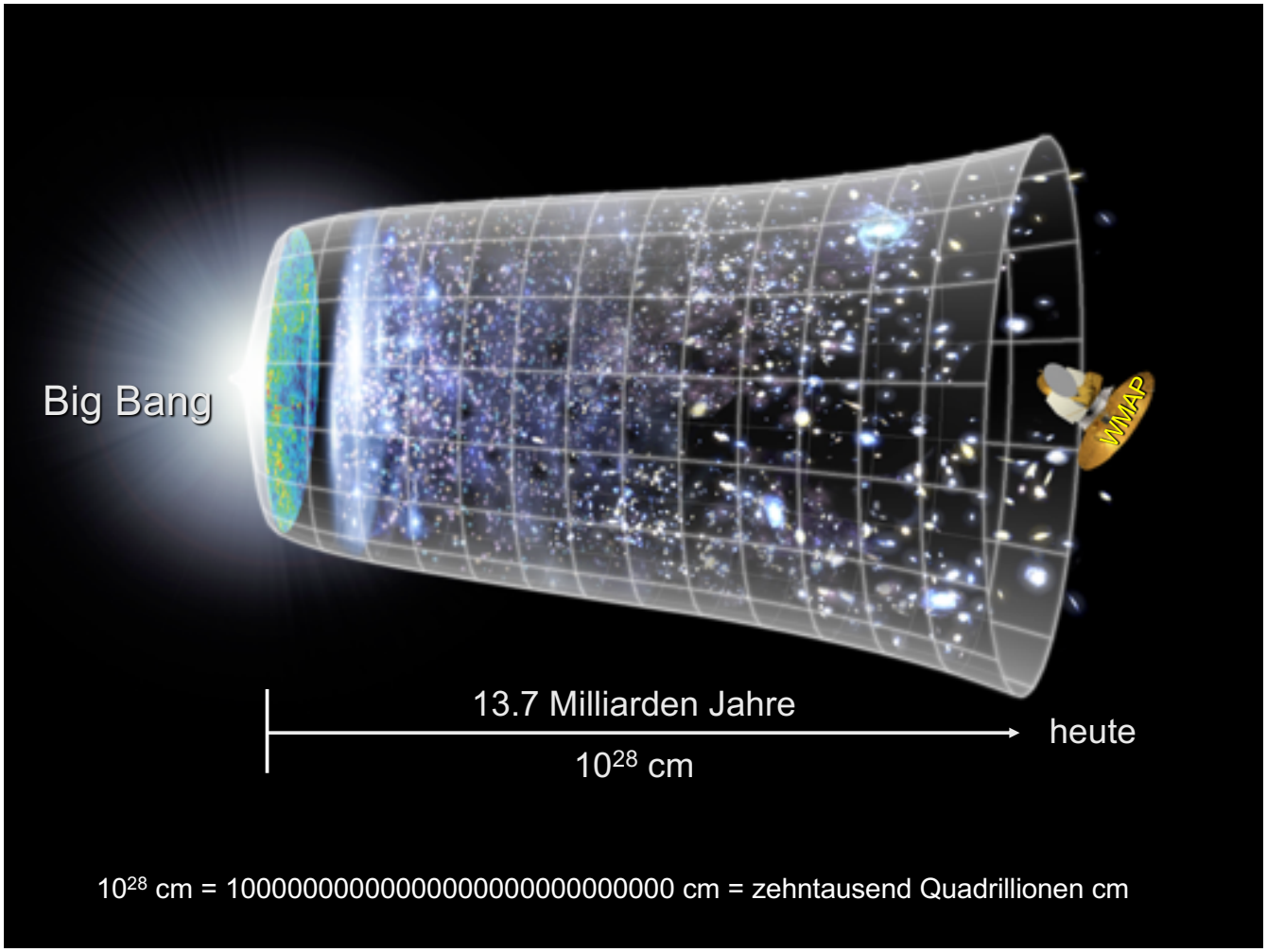


~10^{21} Sterne



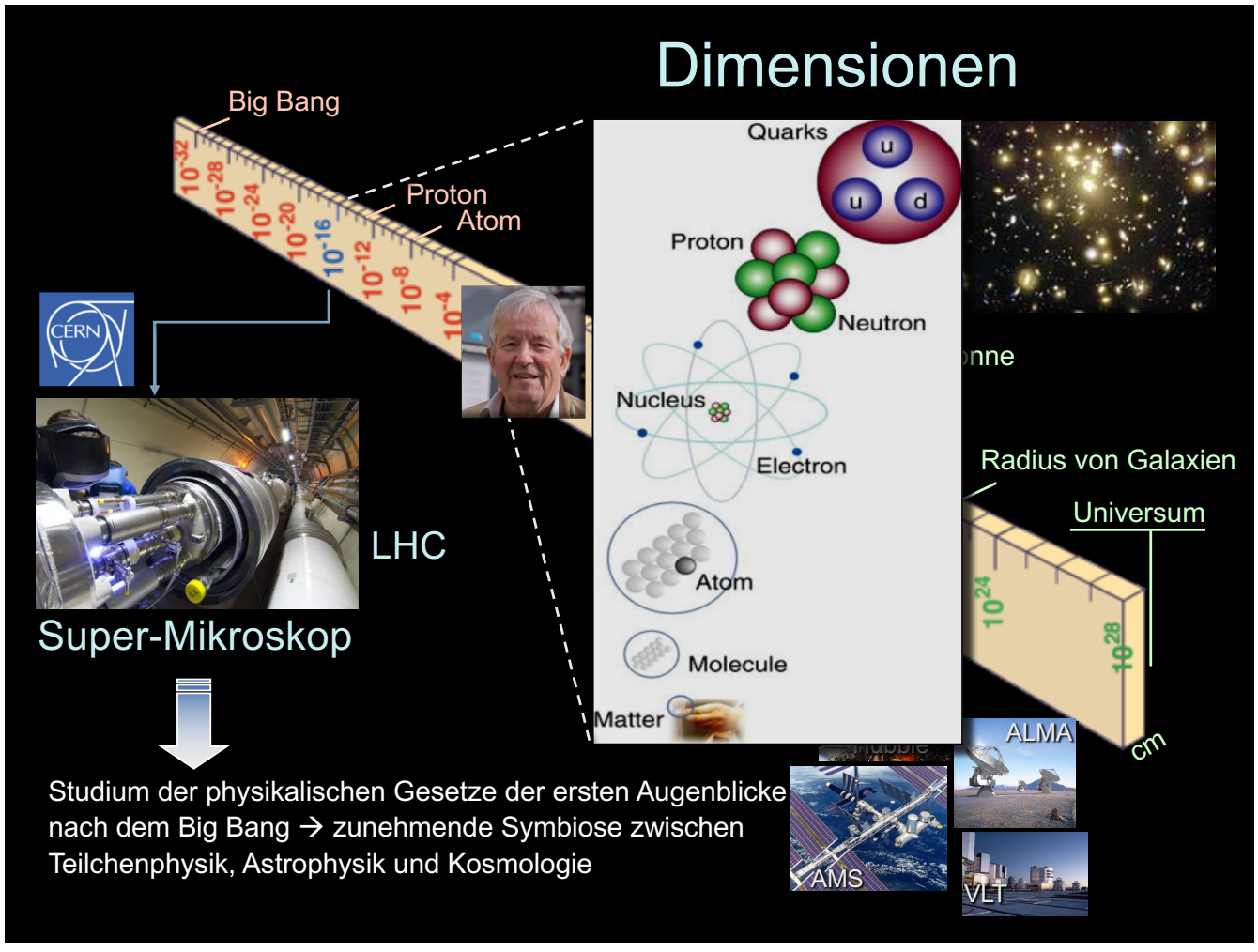
~10^{78} Atome

~10^{88} Photonen



10^{28} cm = 10000000000000000000000000000 cm = zehntausend Quadrillionen cm

Dimensionen



Studium der physikalischen Gesetze der ersten Augenblicke nach dem Big Bang → zunehmende Symbiose zwischen Teilchenphysik, Astrophysik und Kosmologie

CERN gegründet in 1954 (12 Europäische Staaten)

Heute: 22 Mitgliedsstaaten (MS) und 8 Assoziierte MS

weltweit grösste Forschungsanlage der Teilchenphysik

LHC = Large Hadron
Grosser Hadron

LHC: der grösste und leistungsfähigste Teilchen-Beschleuniger, der je gebaut wurde

Der LHC ist …

die schnellste Rennstrecke der Welt ..

Billionen von Protonen umkreisen den 27 km langen Ring in entgegengesetzter Richtung über 11'000 Mal pro Sekunde, mit nahezu Lichtgeschwindigkeit

Unmögliches möglich machen

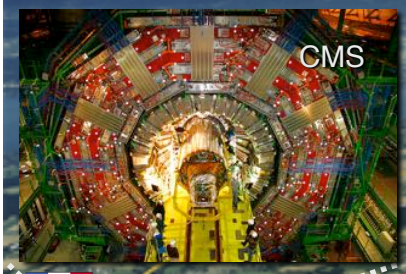
der leerste Raum im Sonnensystem ...

Protonen annähernd an die Lichtgeschwindigkeit zu beschleunigen erfordert es ein Vakuum so leer wie im interplanetaren Raum. Es ist zehnmal mehr Atmosphäre auf dem Mond als im LHC

der heisseste Ort in unserer Galaxis ...

Wenn zwei Strahlen von Protonen kollidieren, erzeugen sie Temperaturen über 100'000-mal heisser als im Zentrum der Sonne, jedoch in einem extrem winzigen Raum

Eine neue Ära in der Grundlagenforschung



Seit März 2010 Erforschung eines neuen Energie-Bereichs in Proton-Proton und Pb-Pb Kollisionen

4. Juli 2012: CERN Experimente weisen ein Teilchen nach, im Einklang mit dem lange gesuchten Higgs Teilchen

~ 4 Milliarden Ereignisse aufgezeichnet (kleiner Bruchteil aller pp Kollisionen);
→ erwarte ~ 200 Higgs Ereignisse (im Massenbereich des erwarteten Signals, Ende 2011)

$E = mc^2$

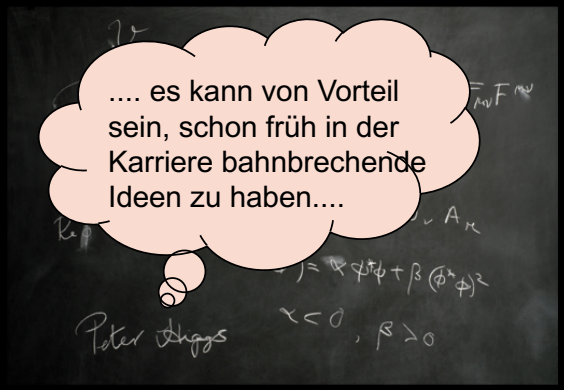
Wonach haben wir gesucht?
Was haben wir beobachtet?

Unsichtbares sichtbar machen

ein Higgs → 4 Elektronen
in 10^{13} pp Kollisionen
produziert

Der Nobel Preis in Physik 2013

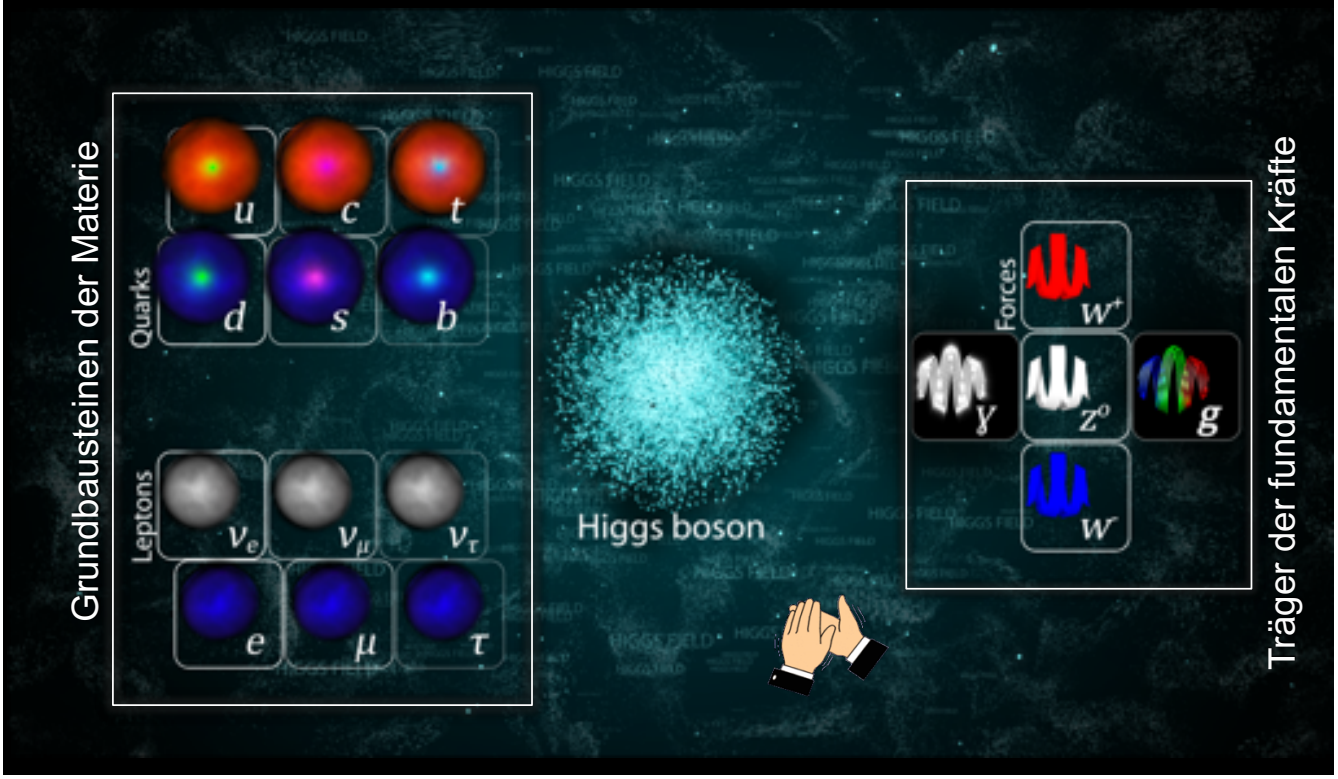
François Englert & Peter Higgs

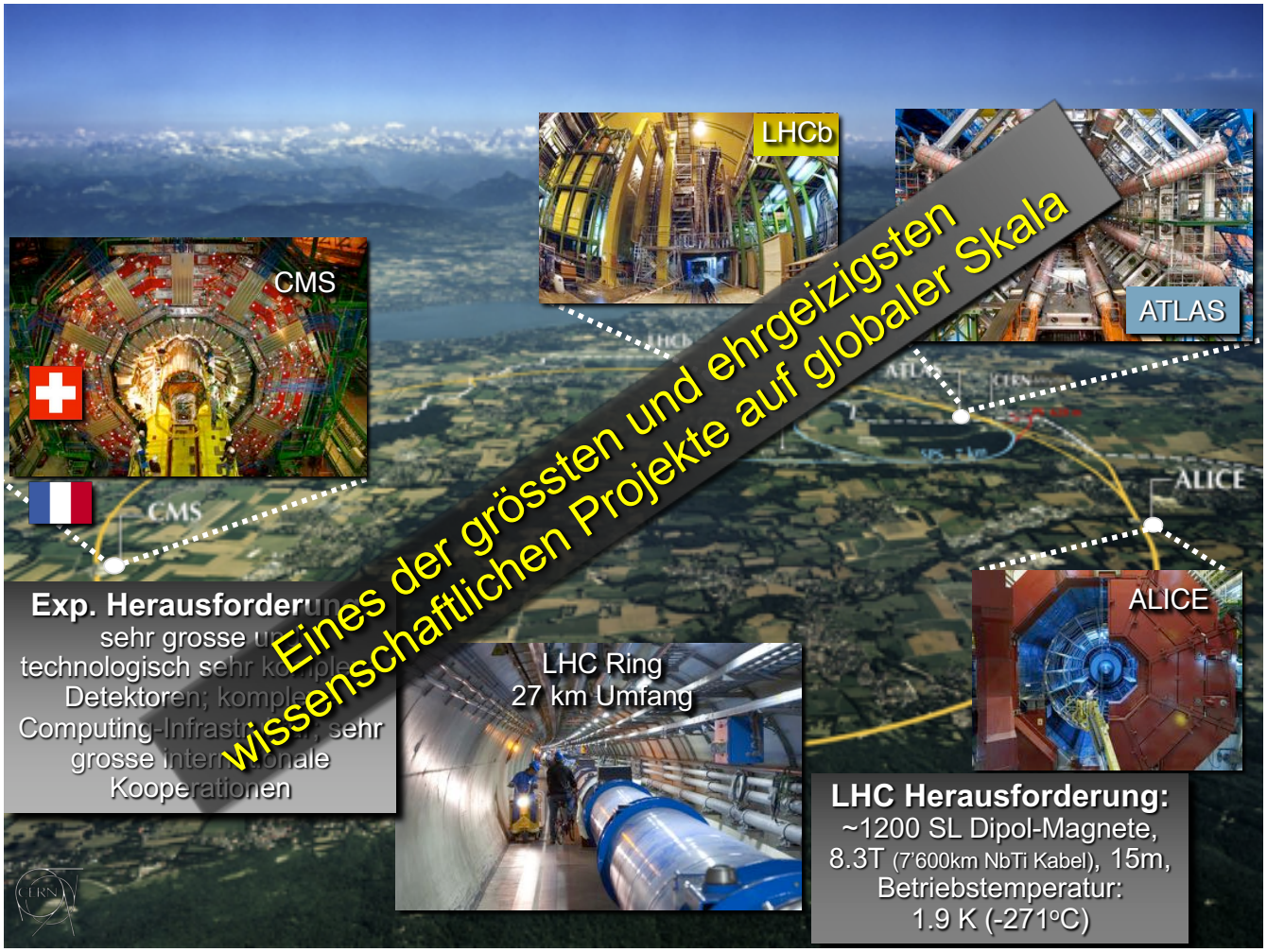


„Für die theoretische Entdeckung eines Mechanismus, der zu unserem Verständnis des Ursprungs der Masse subatomaren Teilchen beiträgt, und der kürzlich durch die Entdeckung des vorhergesagten Elementarteilchens durch die ATLAS und CMS Experimente am Large Hadron Collider des CERN bestätigt wurde“

Das Standardmodell der Teilchenphysik

Es beschreibt sehr erfolgreich die Wechselwirkungen zwischen den Grundbausteinen der Materie.




LHCb
ATLAS
CMS
ALICE
Eines der grössten und ehrgeizigsten wissenschaftlichen Projekte auf globaler Skala
Exp. Herausforderung:
sehr grosse und technologisch sehr komplexe Detektoren; komplexes Computing-Infrastruktur, sehr grosse internationale Kooperationen
LHC Ring
27 km Umfang
LHC Herausforderung:
~1200 SL Dipol-Magnete, 8.3T (7'600km NbTi Kabel), 15m, Betriebstemperatur: 1.9 K (-271°C)

Der LHC und die LHC-Experimente sind Meisterwerke der Technologie!
LHCb
ATLAS
CMS
ALICE
..... müssen geduldig sein.....
✧ 1984: offizieller Start LHC Projekt
✧ Viele Jahre Forschung & Entwicklung
✧ Experimentelle Programm begann Anfang der 1990er Jahre
✧ Bau der Experimente dauerte ~ 8 Jahre
LHC Ring
27 km Umfang
Innovative Technologien zusammen mit Industrie entwickelt

CMS = Compact Muon Solenoid

Gigantische und sehr komplexe digitale Kamera

CMS Detektor

Gewicht: 12’500 t
Diameter: 15 m
Länge: 21.6 m
Magnetfeld: 4 T

~ 100M individuelle Auslesekanäle

Gigantische digitale Kamera

Schwerstes Element (~ 2000 Tonnen): 28. Feb. 2007

…. Fast so schwer wie 5 Jumbo Jets oder 3.5 Airbus380 ….

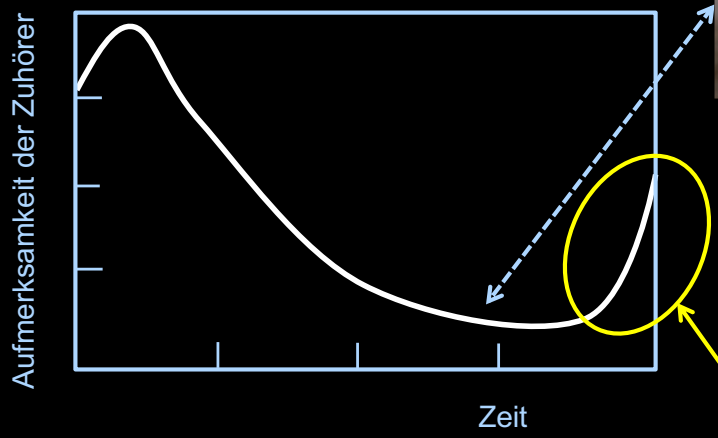
= globales wissenschaftliches Projekt

.....lernen das Zusammenarbeiten und das Organisieren

Zurück zu unserer Entdeckungsreise zum Urknall

Zurück zur Archäologie des Universums mit dem grössten Mikroskop der Welt

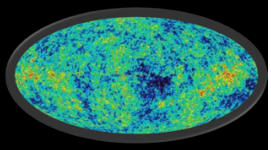
Aufmerksamkeit der Zuhörer



Die Aufmerksamkeit der Zuhörer steigt, wenn man das Ende des Vortrags signalisiert.

Keines dieser Bilder wurde in diesem Auditorium aufgenommen!!

Wie können wir etwas über unser Universum lernen?



LHC@CERN: ~ 10^{-12} Sekunden

Big Bang

WMAP

13.7 Milliarden Jahre

heute

10^{28} cm

Experimente in Astrophysik & Kosmologie

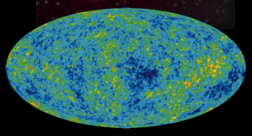
~380‘000 Jahre

Die nächste wissenschaftliche Herausforderung am LHC

LHC@CERN: ~ 10^{-12} Sekunden

Big Bang

WMAP



Warum hat sich Materie und Antimaterie in der Entwicklung des Universums nicht vollständig vernichtet?

Die nächste wissenschaftliche Herausforderung am LHC

LHC@CERN: ~ 10^{-12} Sekunden

Big Bang

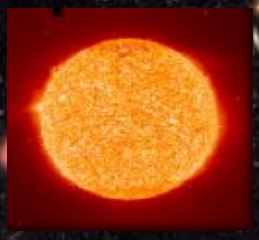
woraus besteht die geheimnisvolle Dunkel Materie?

WMAP

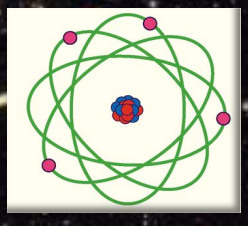
Das sichtbare Universum

~10^{11} Galaxien

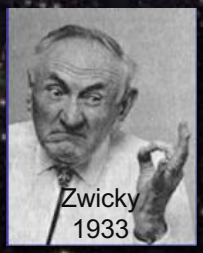
Jedoch:
macht nur ~16% der Materie in unserem Universum aus!
~84% ist "Dunkle Materie"



~10^{21} Sterne



~10^{78} Atome



~10^{88} Photonen

Unsere nächsten Herausforderungen

LHC Zeitskala

- 2015 – 2018: 13 TeV
- 2021 – 2023: 14 TeV (2 mal mehr Daten)
- HL-LHC: 2026 – 2035: 14 TeV (10 mal mehr Daten als bis 2023)

1 TeV = 10^{12} eV
(Billion Elektronenvolt)

Bisher haben wir unsere verschiedenen Herausforderungen erfolgreich gemeistert.....

Wir brauchen mehr Daten!

Bisher nur einige-% der Daten aufgenommen, die wir bis zum Ende des HL-LHC-Betriebs erwarten.
(in 2035)

HL = High Luminosity

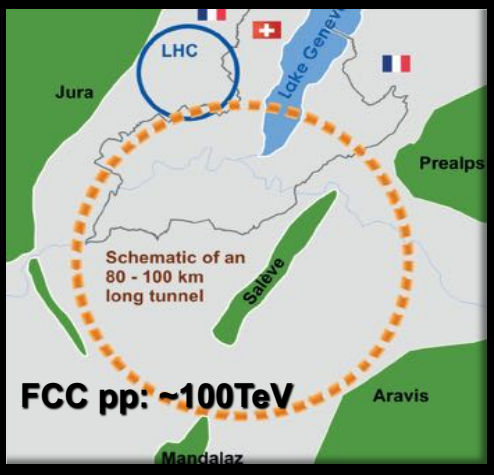
Unsere nächsten Herausforderungen

LHC Zeitskala

- 2015 – 2018: 13 TeV
- 2021 – 2023: 14 TeV (2 mal mehr Daten)
- HL-LHC: 2026 – 2035: 14 TeV (10 mal mehr Daten als bis 2023)

1 TeV = 10^{12} eV
(Billion Elektronenvolt)

Mögliches zukünftiges Projekt am CERN
FCC: ca 100 km Tunnel:
e+e- und danach pp



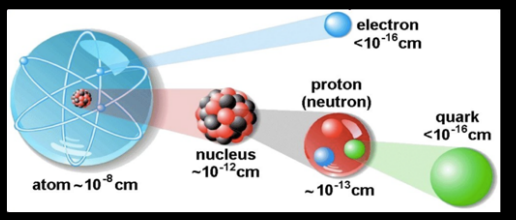
HL = High Luminosity

FCC = Future Circular Collider

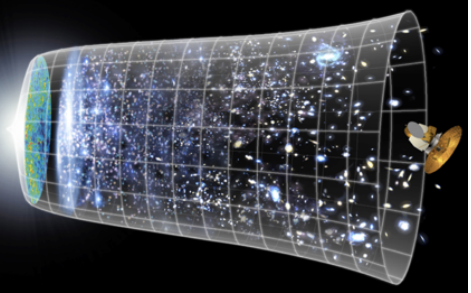
Ein paar (überraschende) Zahlen .....

Es gibt mehr Atome in Deiner Fingerspitze als Sterne im Universum

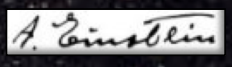
Atome sind fast leerer Raum –
ohne diesen leeren Raum würdest Du in ein winziges Volumen komprimieren
(Würfel mit Länge ~ 0,02 mm)



Die Bestandteile Eures Körpers sind wirklich „alt“: Protonen aus denen wir bestehen wurden etwa 3 Minuten nach dem Urknall gebildet; d.h. wir sind ungefähr 13.7 Milliarden Jahre alt



Das Unverständlichste am Universum ist im Grunde dass wir es verstehen !



Die Archäologie unseres Universums ist noch nicht abgeschlossen! Das Geheimnis von Materie, Raum und Zeit zu lüften, ist nach wie vor eine sehr faszinierende – und grosse – Herausforderung.

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!