

Ringvorlesung: Die Welt der Quanten

„Quanten - Urknall und Universum“

Zürich, 9. Mai 2012

Felicitas Pauss
CERN und ETH Zurich

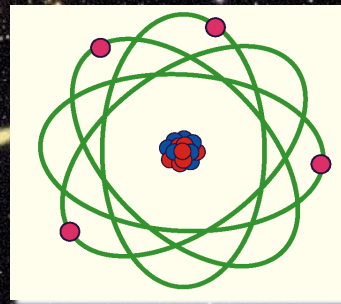
Das sichtbare Universum



$\sim 10^{11}$ Galaxien



$\sim 10^{21}$ Sterne

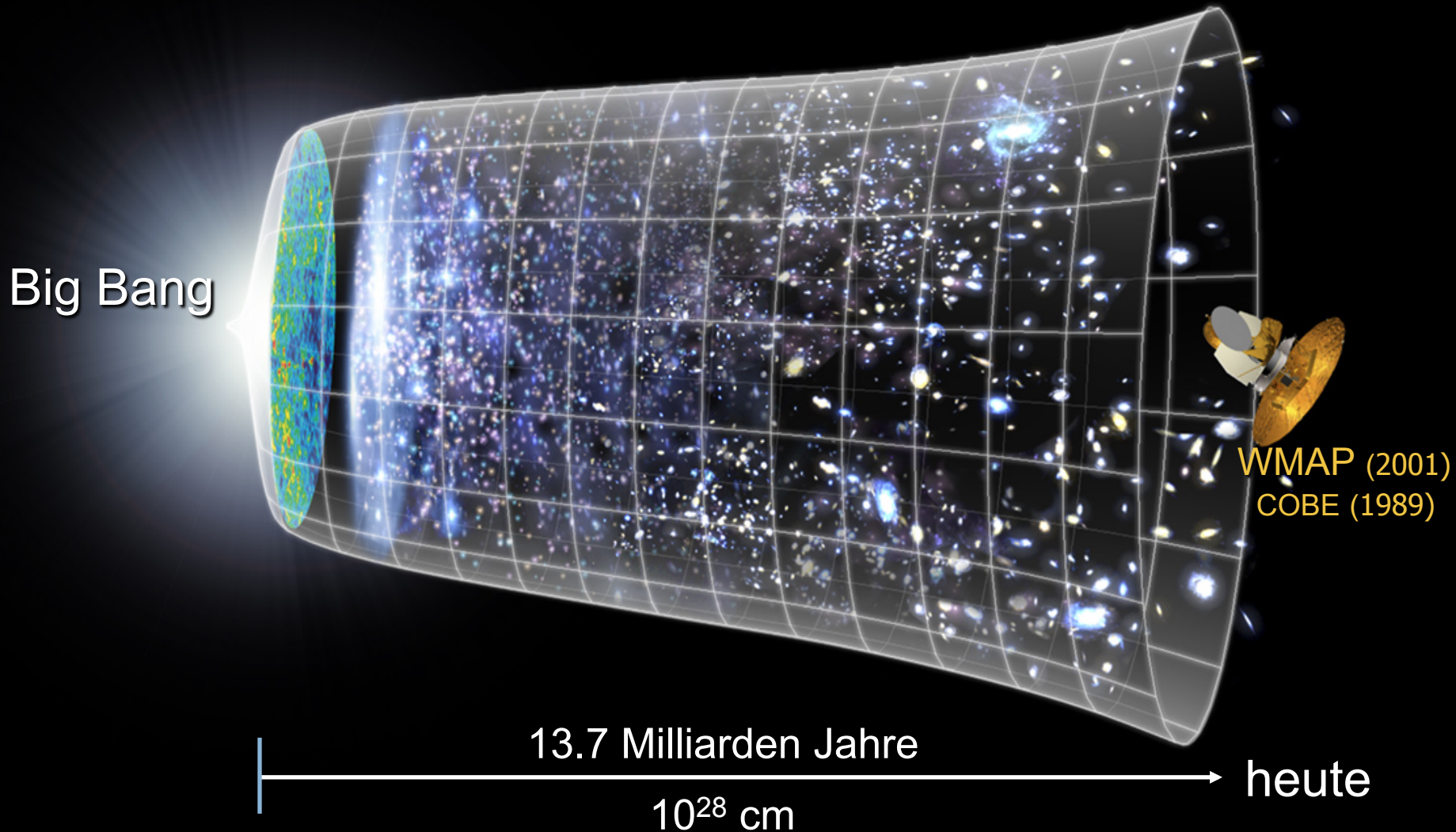


$\sim 10^{78}$ Atome

$\sim 10^{88}$ Photonen

Unser Universum

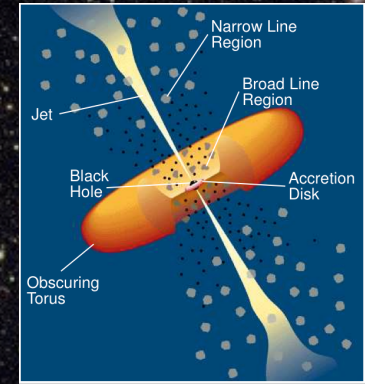
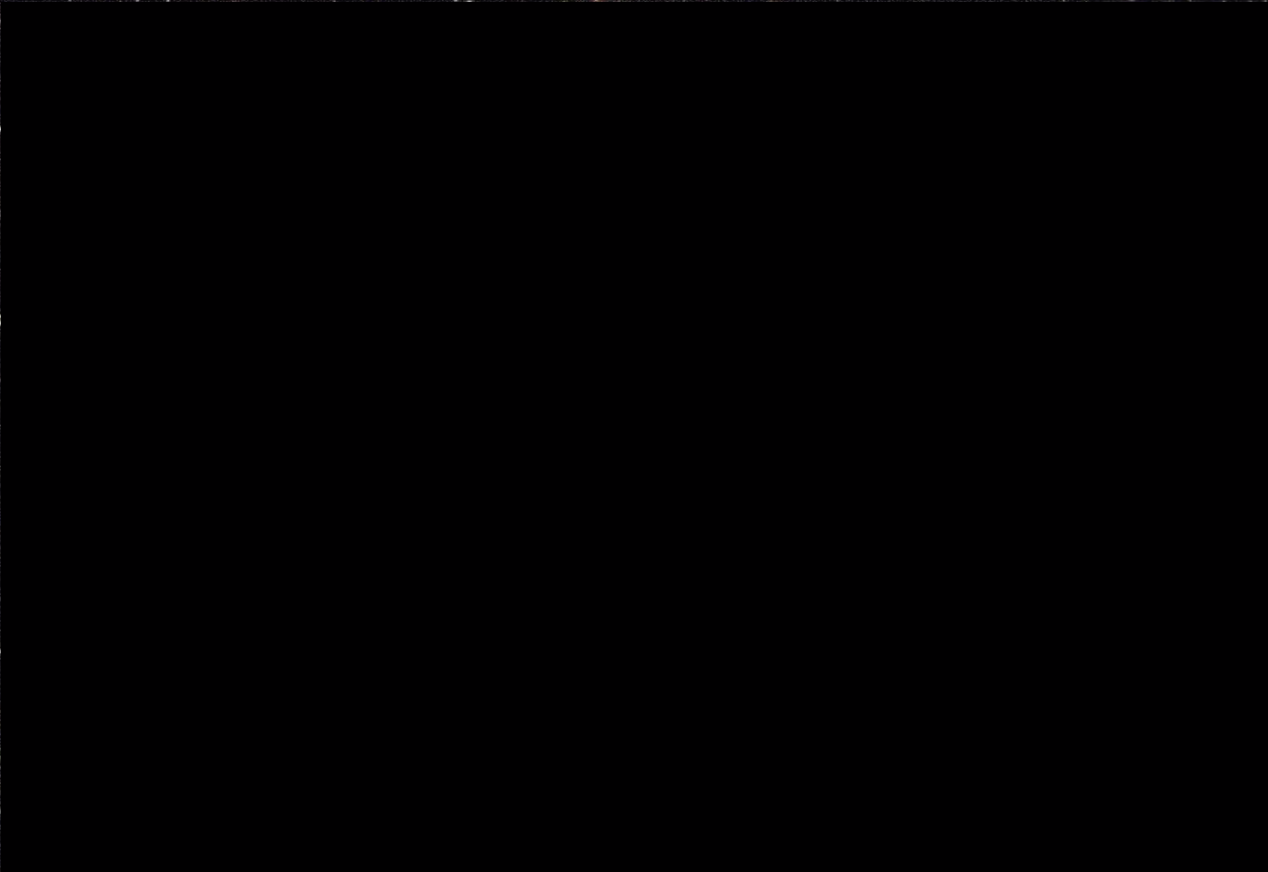
Wie hat es sich nach dem Urknall entwickelt?
Woraus besteht es?



Ein expandierendes Universum welches sich von sehr klein zu sehr gross,
von sehr heiss zu sehr kalt, von einfach zu sehr komplex entwickelt hat

Beispiel: Aktive Galaktische Kerne (AGNs)

Zentrale Region einer Galaxie, wo hochenergetische Prozesse stattfinden ($\sim 0.03\%$)



Annahme:
super-massives
Schwarzes Loch
($10^6 - 10^{10} m_{\odot}$)
in Zentralregion
des AGN

7% aller Galaxien sind aktive Galaxien, und davon sind ca 0.5% AGNs

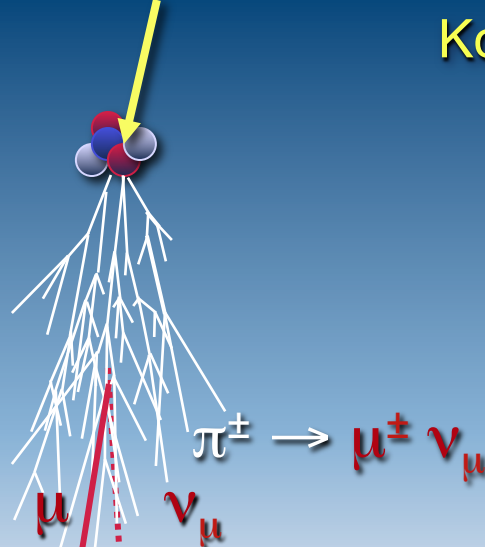
~ 40 km

Atmosphäre

Kosmisches Teilchen
Primärteilchen

~ 15 km

Luftschauer
Sekundärteilchen



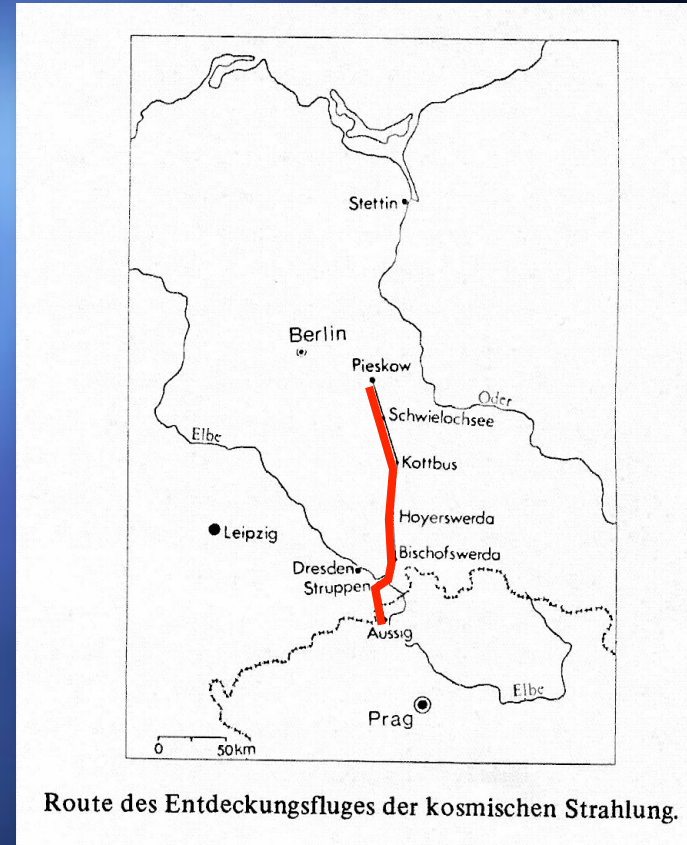
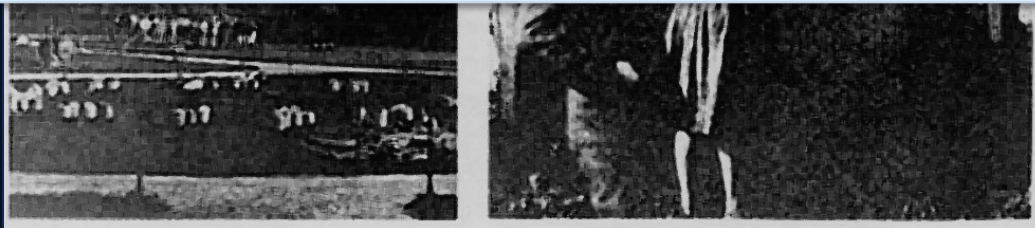
U. Baltensperger
Superschnelle kosmische Teilchen:
Einfluss auf das Klima (20.6.)

University of Zurich, Rämistrasse 71, Zürich, Switzerland

Kosmische Strahlung entdeckt von Victor Hess (1912)



„Die Annahme, dass der Ursprung dieser durchdringenden Strahlung nicht in den bekannten radioaktiven Stoffen der Erde oder der Atmosphäre zu suchen ist, gewinnt dadurch bedeutend an Wahrscheinlichkeit.“
(Phys. Zeitschr. XIV (1913) 1153)



- 7. Heissluftballon Flug am 7. August 1912 bis auf Höhe von 5000 Meter mit Elektrometer zur Messung der Intensität von ionisierender Strahlung
 - Ionisation Faktor 3 höher als auf dem Boden
 - **Entdeckung der kosmischen Strahlung**

Cosmic Ray Conference, University of Chicago, July 1939



Im Jahr **1936** wurde **Viktor Franz Hess** für die Entdeckung der kosmischen Strahlung (1912) und **Carl David Anderson** für die Entdeckung des Positrons (1932) der Nobelpreis für Physik verliehen.

Warum interessiert uns die kosmische Strahlung?

Quellen der kosmischen Strahlung gehören zu den interessantesten und energiereichsten Prozessen in unserem Universum

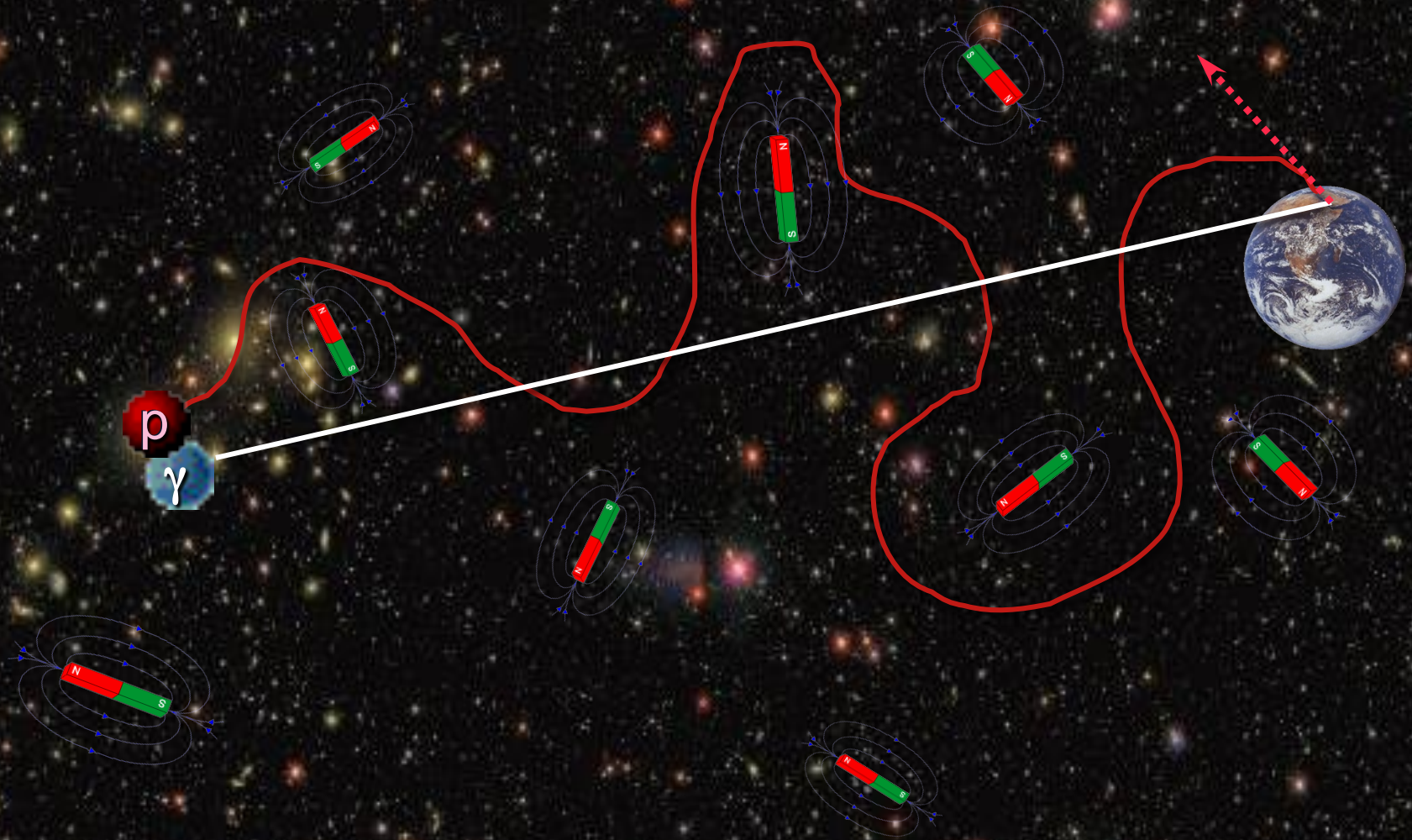
Sind wichtige Boten für hochenergetische Prozesse im Kosmos

Explodierende Sterne

Aktive Galaxien



Warum ist es schwierig den Ursprung (die Quelle) der kosmischen Strahlung zu identifizieren?



Die meiste Information über unser Universum von der elektromagnetischer Strahlung

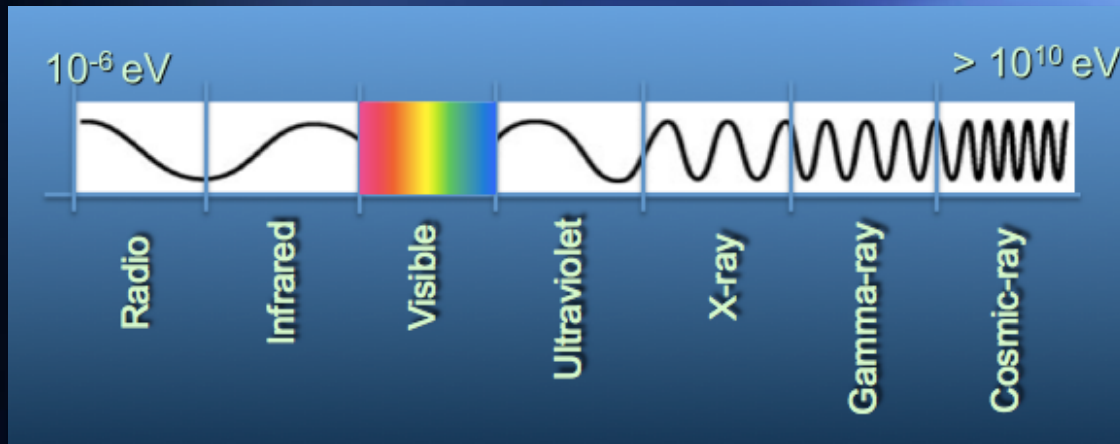


The spiral galaxy
ESO 510-13
(C. Conselice et al.,
Hubble Heritage
Team, NASA)

The Cone Nebula
(ACS Science and
Engineering Team, NASA)

Spektrum der elektromagnetischen Strahlung

Von Radiowellen zu sehr hochenergetischer Gammastrahlung



Gesamtes Spektrum: > 70 Oktaven

Musik:
1 Oktave entspricht
Frequenzverdopplung

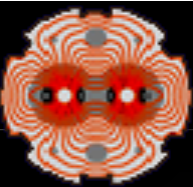
Sichtbares Licht (\sim eV)
überdeckt 1 Oktave
im Frequenzspektrum



Flügel: 7.5 Oktaven

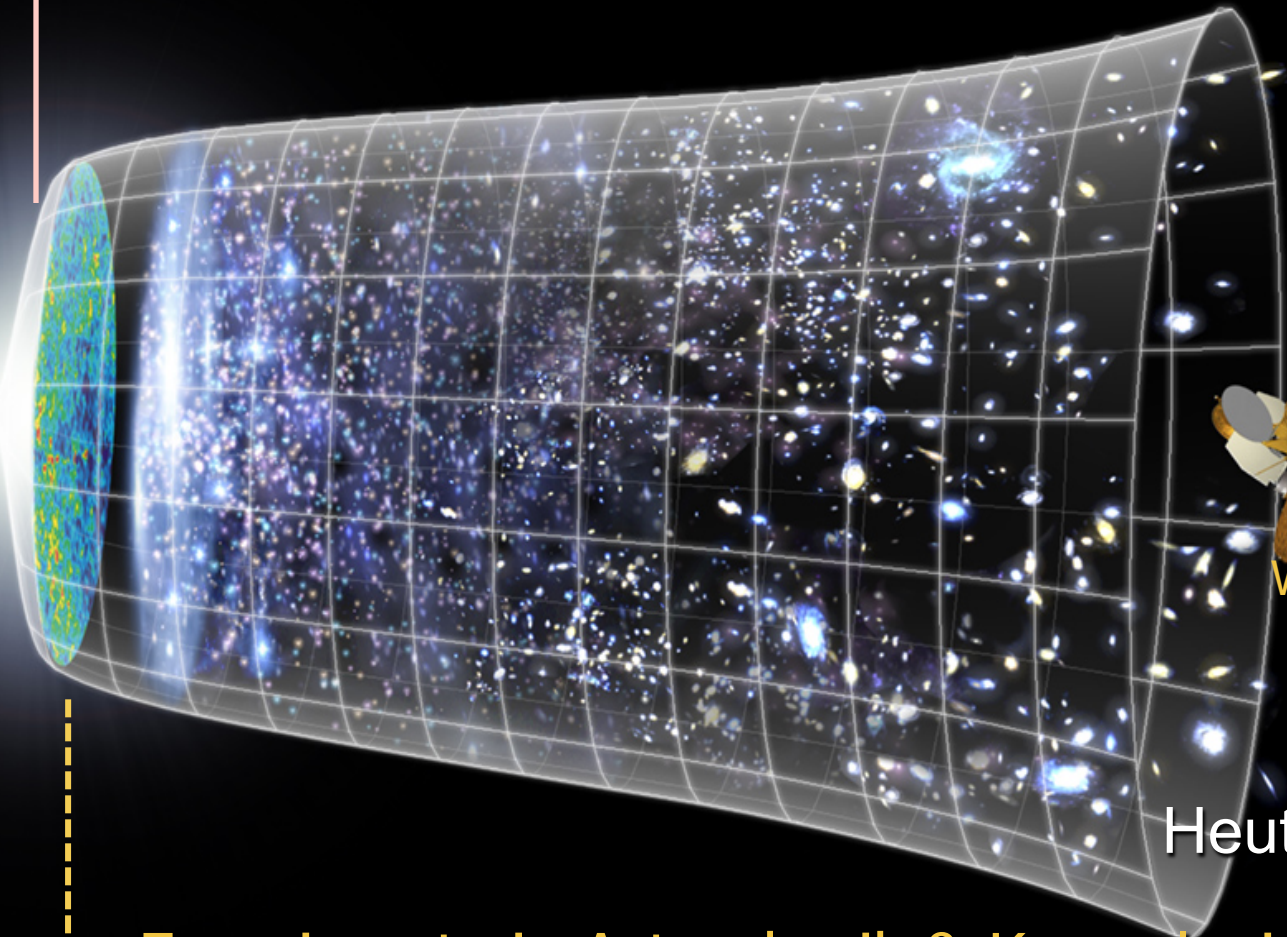
..... Natur spielt auf Flügel von mehr als 12 m langen Tastatur





LHC: $\sim 10^{-12}$ Sekunden (p-p)
 $\sim 10^{-6}$ Sekunden (Pb-Pb)

Big Bang



WMAP (2001)
COBE (1989)

Heute

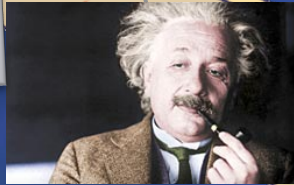
Experimente in Astrophysik & Kosmologie

$\sim 380'000$ Jahre

... der Physik

Nanotechnologie:
bei Mikroprozessoren: R. Germann (6.6.)
- Quantentheorie: JH Güntherodt (20.6.)

K. Ensslin:
Quantenphysik und
Technologie (27.6.)



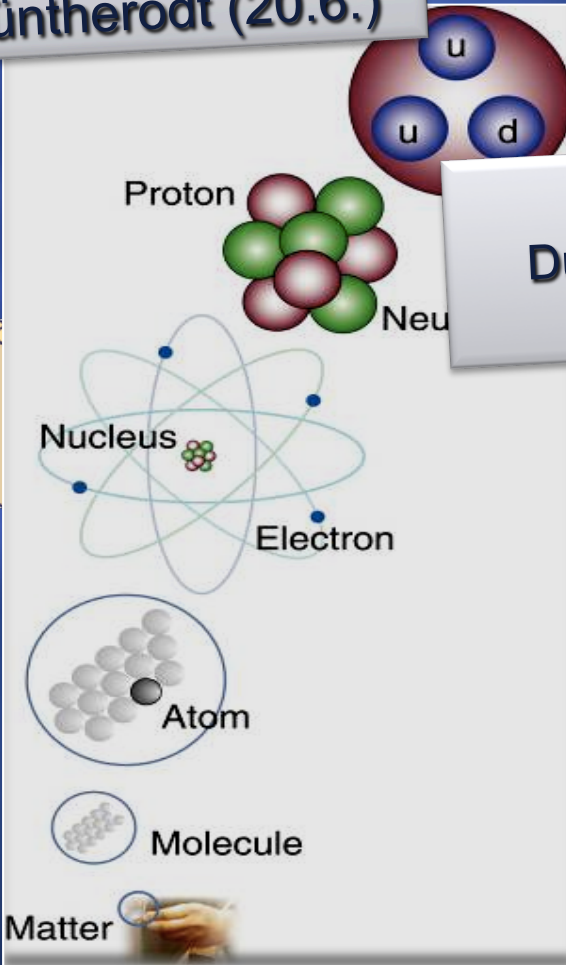
G. Dissertori:
CERN-Supertunnel: Higgs
und andere Teilchen (23.5.)



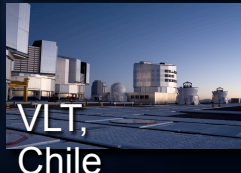
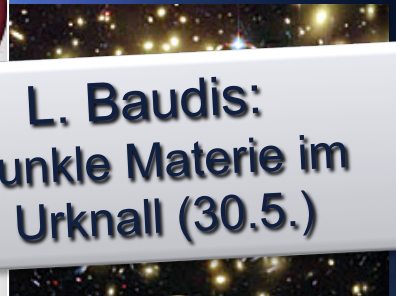
Super-Mikroskop



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



L. Baudis:
Dunkle Materie im
Urknall (30.5.)





SUISSE
FRANCE



CMS

LHCb

ATLAS

CERN Meyrin

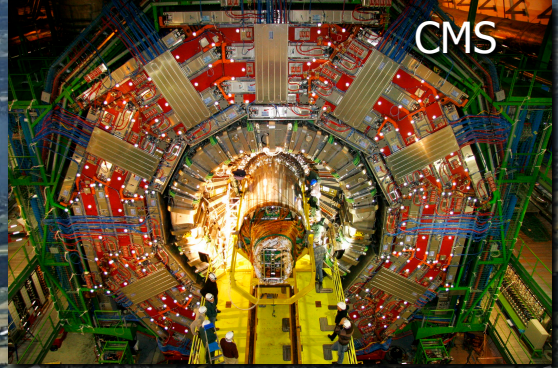
CERN Prévessin

SPS 7 km

ALICE

LHC 27 km

LHC → eine neue Era in der Grundlagenforschung



Erforschung eines neuen Energie-Bereichs
in p-p and Pb-Pb Kollisionen





Die Schweiz und CERN



**Stark im LHC experimentellen Programm involviert:
ATLAS, CMS und LHCb**

Zur Zeit: ~ 100 Wissenschaftler und > 60 PhD Studenten



ATLAS

Universität Bern
Universität Genf



LHCb

EPFL
Universität Zürich



CMS

ETH Zurich
PSI
Universität Zürich



**Innovative Technologien entwickelt
Die Schweizer Industrie hat eine wichtige Rolle gespielt**

GRID Computing (Tier-2) am Swiss National Supercomputing Center (CSCS) in Manno (TI) für alle LHC Experimente in der Schweiz als Teil des weltweiten Computing Grid

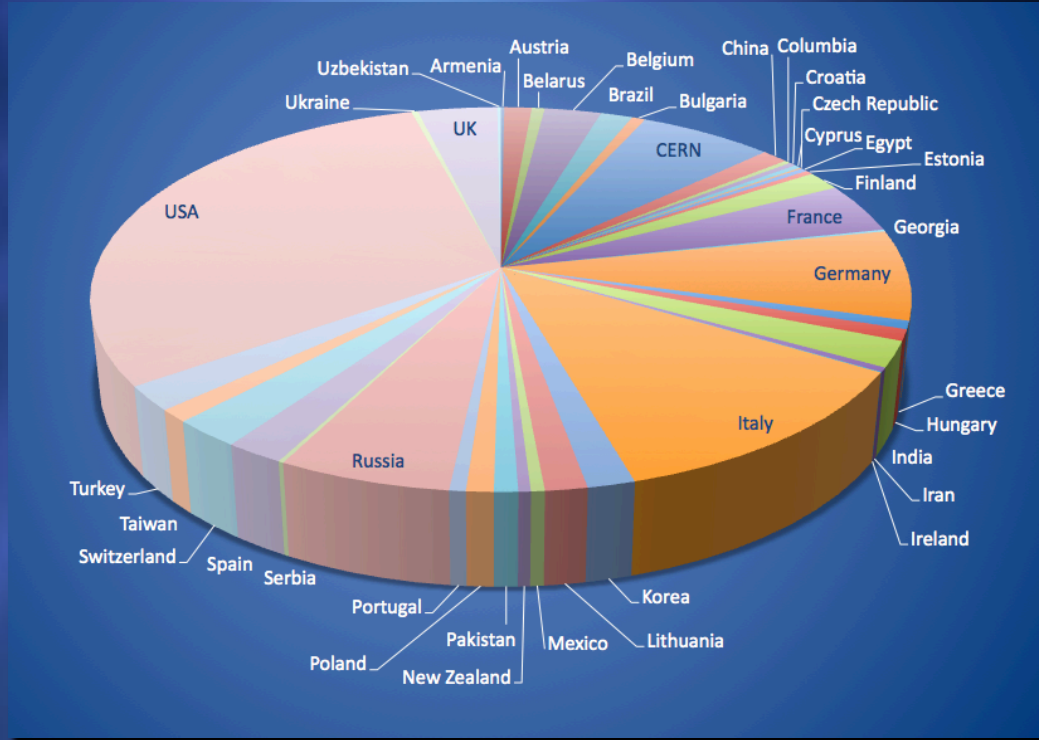


Grosse Internationale Kollaborationen

CMS Beispiel



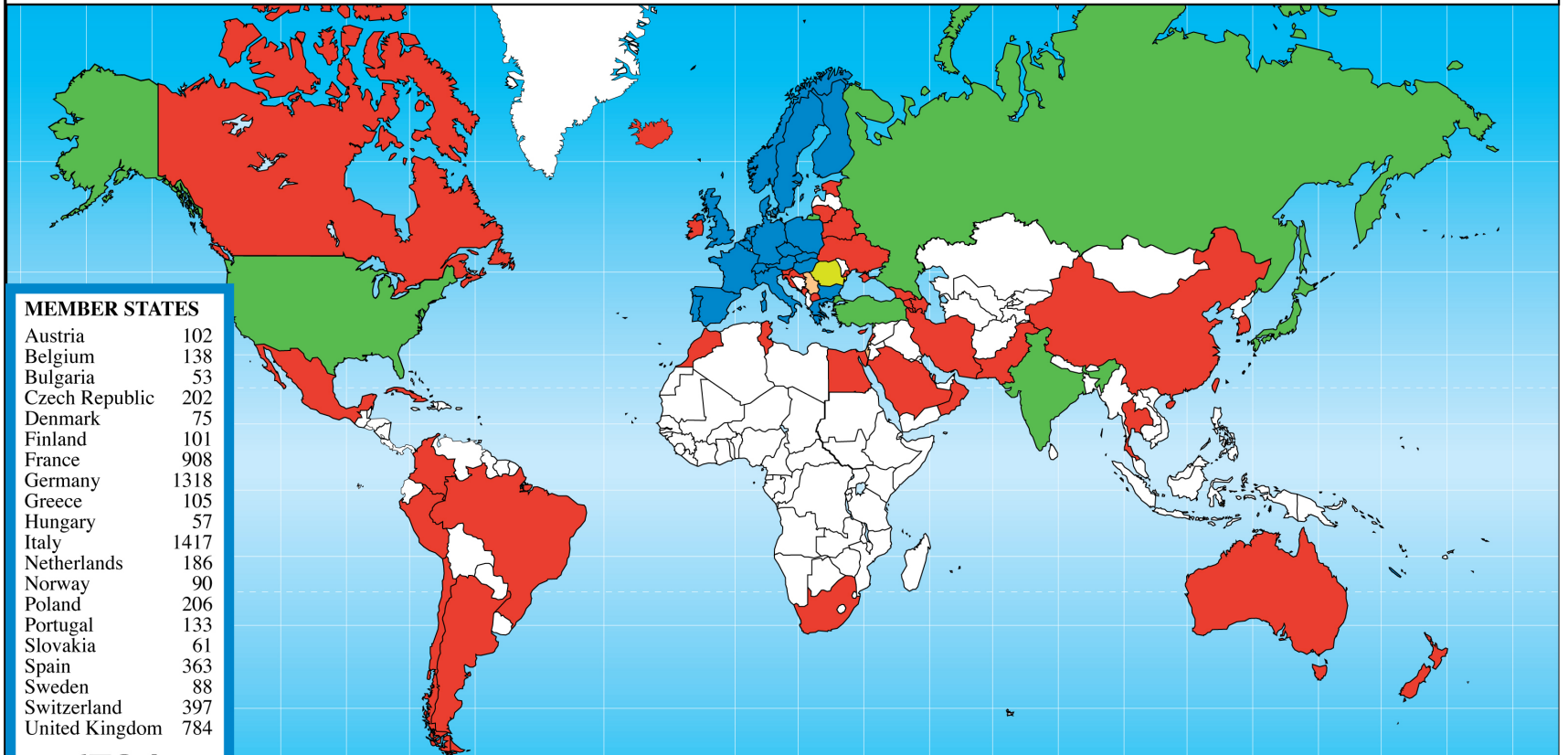
CMS Kollaboration
 ~4000 Mitglieder
 ~40 Länder
 ~180 Institute



1998 1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008

Wissenschaft wird mehr und mehr global

Distribution of All CERN Users by Nation of Institute on 4 April 2012



MEMBER STATES

Austria	102
Belgium	138
Bulgaria	53
Czech Republic	202
Denmark	75
Finland	101
France	908
Germany	1318
Greece	105
Hungary	57
Italy	1417
Netherlands	186
Norway	90
Poland	206
Portugal	133
Slovakia	61
Spain	363
Sweden	88
Switzerland	397
United Kingdom	784

6784

OBSERVERS

India	134
Japan	225
Russia	859
Turkey	83
USA	1749

3050

CANDIDATE FOR ACCESSION

Romania	78
---------	----

ASSOCIATE MEMBER IN THE PRE-STAGE TO MEMBERSHIP

Israel	67
Serbia	26

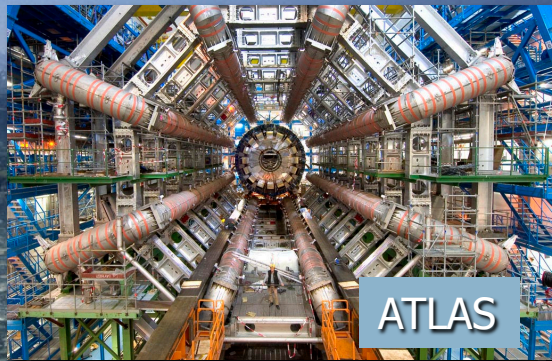
OTHERS

China	115	Iran	16	Oman	1	Ukraine	21
China (Taipei)	70	Ireland	10	Pakistan	22	Uzbekistan	1
Colombia	10	Korea	91	Peru	2		
Armenia	13	Lebanon	1	Qatar	1		
Australia	28	Cuba	4	Saudi Arabia	3		
Azerbaijan	1	Cyprus	9	Slovenia	38		
Belarus	22	Egypt	7	South Africa	21		
Brazil	102	Estonia	17	Thailand	5		
Canada	170	Georgia	10	T.F.Y.R.O.M.	2		
Chile	4	Iceland	3	Tunisia	1		
		Mexico	43				
		Montenegro	1				
		Morocco	6				
		New Zealand	11				

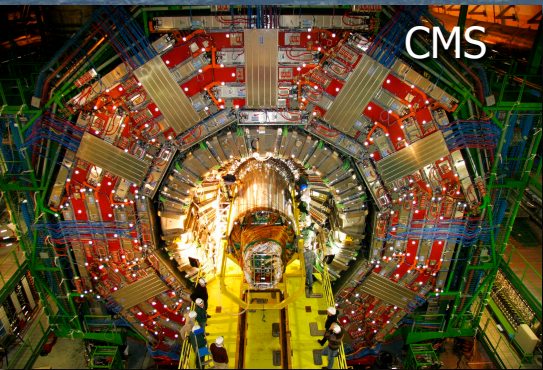
934



LHCb



ATLAS



CMS

Wie kann ich mir Kollisionen im LHC vorstellen?



LHC ring:
27 km circumference



ALICE

$$E = m c^2$$



10^{11} Protonen pro Teilchenbündel
~ 3000 Teilchenbündel
 $40 \cdot 10^6$ Kollisionen pro Sekunde

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.

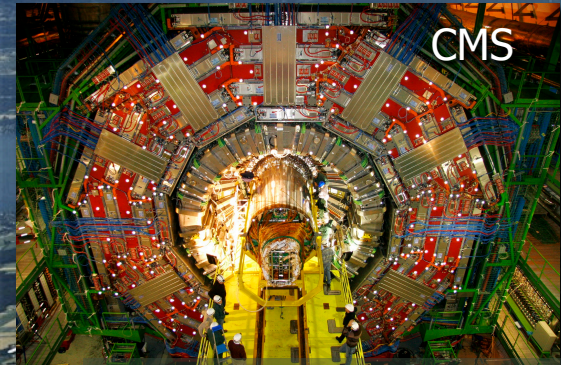
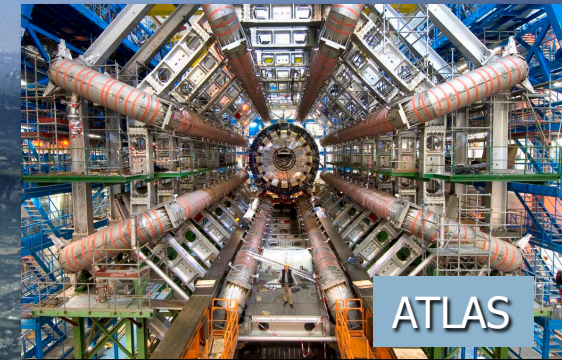
der leerste Raum im Sonnensystem ...
Um Protonen annähernd an die
Lichtgeschwindigkeit zu beschleunigen erfordert
es ein Vakuum so leer wie im interplanetaren
Raum. Es ist zehn mal mehr Atmosphäre auf dem
Mond als im LHC.

der heisseste Orte 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.

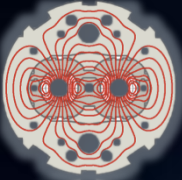


LHC → eine neue Era in der Grundlagenforschung



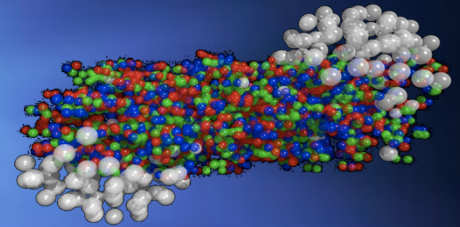
Spektakulärer Start bei 7 TeV am 30. März 2010
2010 und 2011 Run: Brillante Leistungen des LHC, der Experimente
und GRID-Computing



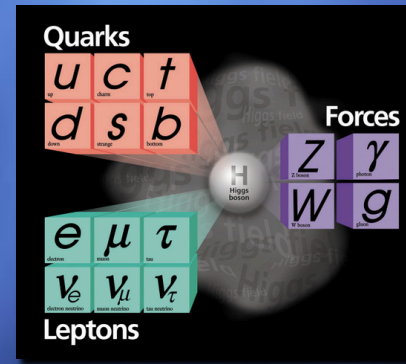


Das Studium der LHC-Daten wird es uns ermöglichen, einige der grossen Fragen in der Physik zu beantworten ...

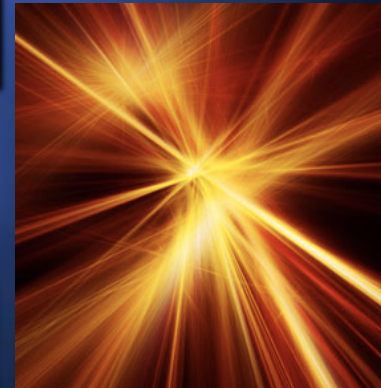
Werden wir den **Zustand der Materie** nach dem Urknall verstehen bevor Protonen und Neutronen formten?



Werden wir das **Higgs-Teilchen** finden, welches für die Masse aller Teilchen verantwortlich ist?

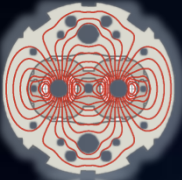


Werden wir den Grund finden, warum **Antimaterie und Materie** sich nicht gegenseitig völlig zerstört hat?

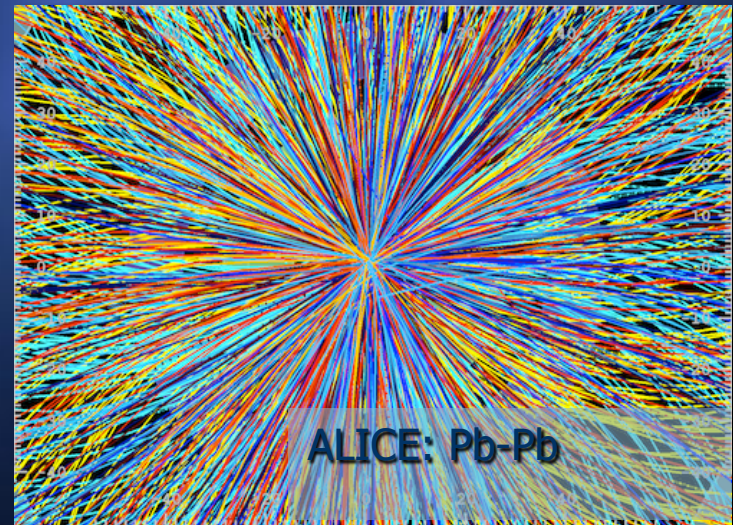
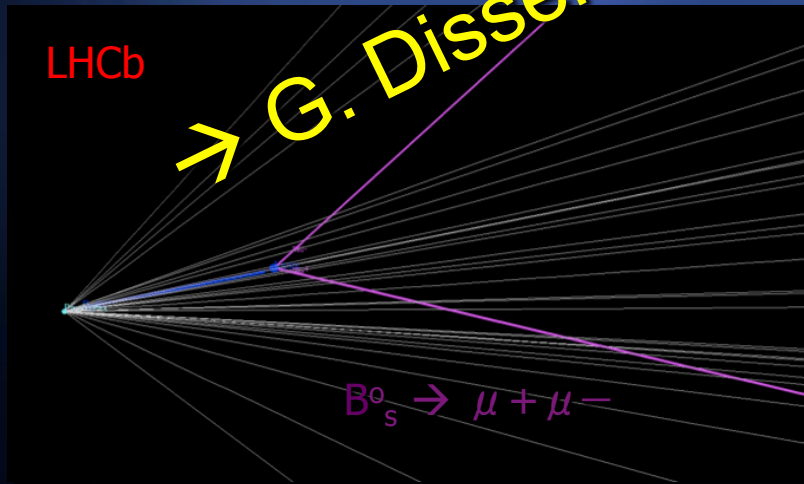
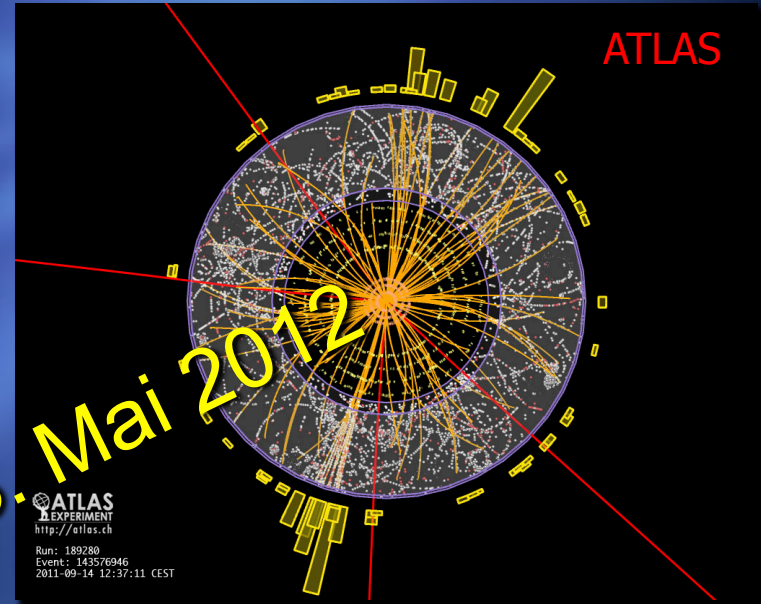
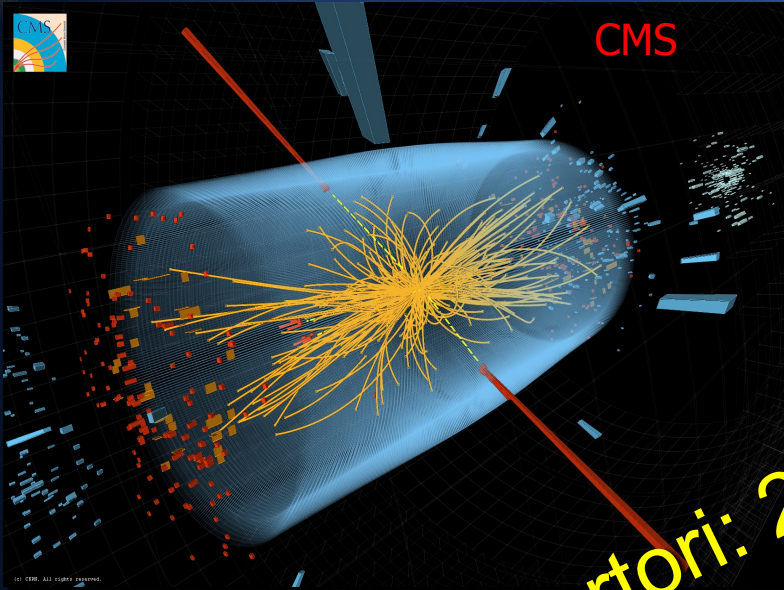


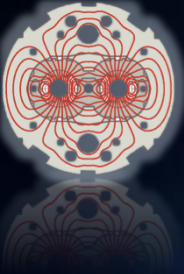
Finden wir die Teilchen, aus denen die geheimnisvolle **"dunkle Materie"** in unserem Universum besteht?





LHC – Was haben wir bisher gelernt?

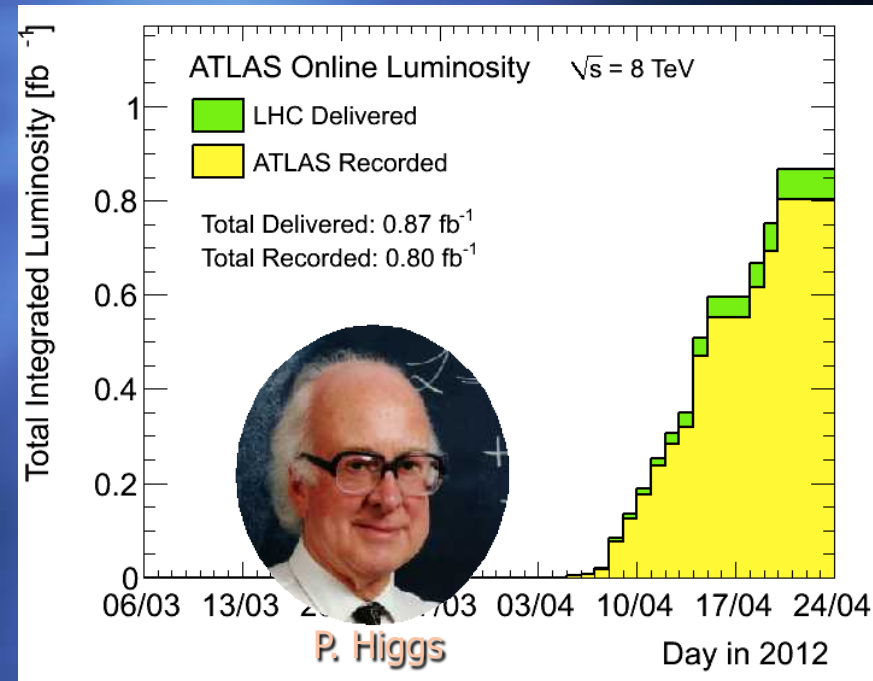




Der 2012 Run und danach

2012 Run

- $E_{\text{cm}} = 8 \text{ TeV}$ verglichen zu 7 TeV bisher
- Ziel: drei mal mehr Daten geliefert vom LHC (15 fb^{-1})
→ Sollte uns dem Verständnis näherbringen wie fundamentale Teilchen eine Masse erhalten



Nach 2012

- Langer technischer Stopp von ca 20 Monaten, Beginn Ende 2012
- Gegen Ende 2014 beginn mit LHC Design Energie ($E_{\text{cm}} \sim 14 \text{ TeV}$)



SUISSE
FRANCE

LHCb

ATLAS

CERN Meyrin

CERN Prévessin

SPS 7 km

CMS

ALICE

Sehr aufregende Jahre vor uns!
Vielen Dank!

LHC 27 km