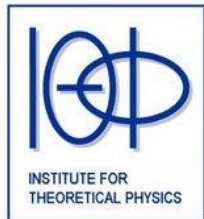


Theoretische Physik - Fundamentale Wechselwirkungen

Daniel Grumiller

Institute for Theoretical Physics
Vienna University of Technology

Proseminar LV 138.039,
11. Juni 2010



Outline

Fundamentale Wechselwirkungen

Personen am Institut

Beispiel: Entwicklung des Universums

Outline

Fundamentale Wechselwirkungen

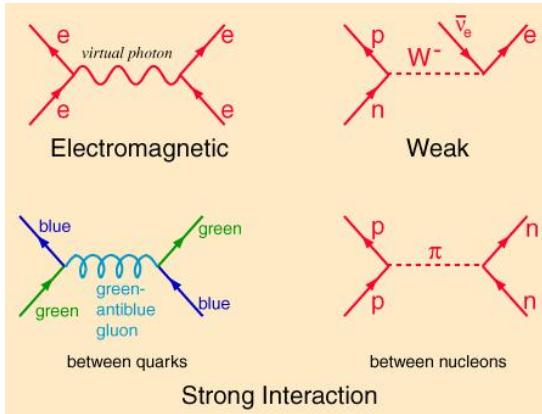
Personen am Institut

Beispiel: Entwicklung des Universums

Vier Wechselwirkungen in der Natur...

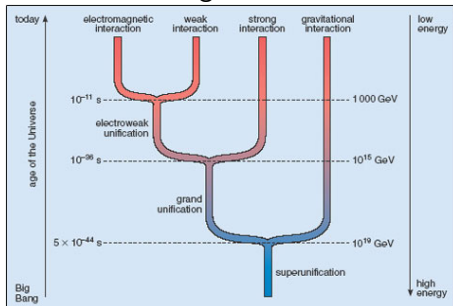
...sind bisher bekannt und beschreiben alle physikalischen Phänomene im Universum

- ▶ Elektromagnetismus: Austauschteilchen Photon
- ▶ Gravitation: Austauschteilchen Graviton
- ▶ Schwache Wechselwirkung: Austauschteilchen W,Z-Bosonen
- ▶ Starke Wechselwirkung: Austauschteilchen gluonen



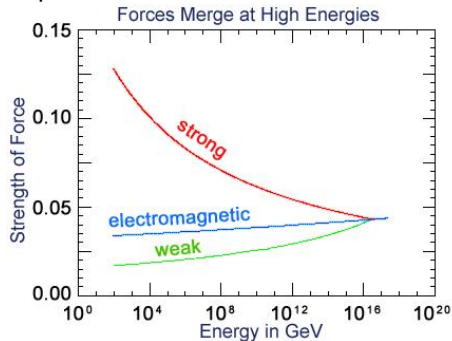
Vielleicht nur eine fundamentale Wechselwirkung?

Vereinheitlichung der Kräfte:



- ▶ Grand Unified Theories (GUTs)
- ▶ Superstrings
- ▶ Andere Modelle?

Experimentelle Evidenz?

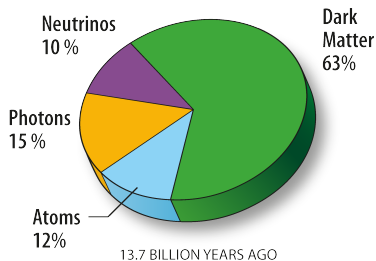
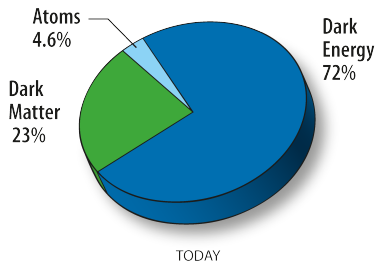


- ▶ Proton Zerfall?
- ▶ Supersymmetry?
- ▶ LHC!

Woraus besteht das Universum?

Bestandteile unseres Universums:

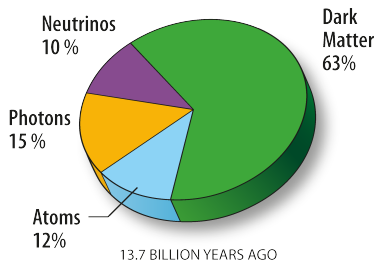
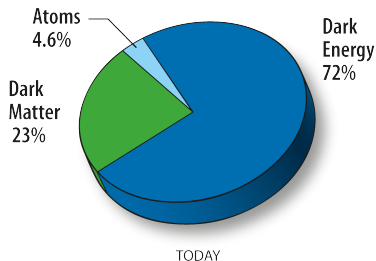
- ▶ Verstehen weniger als 5% des Universums!



Woraus besteht das Universum?

Bestandteile unseres Universums:

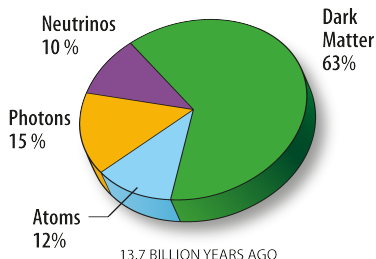
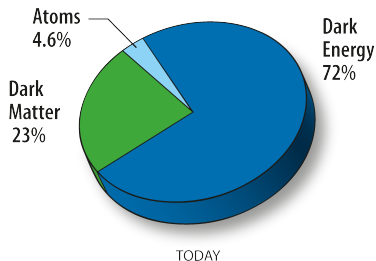
- ▶ Verstehen weniger als 5% des Universums!
- ▶ Dunkle Materie: viele Hinweise, viele Kandidaten



Woraus besteht das Universum?

Bestandteile unseres Universums:

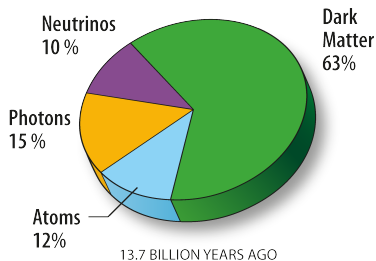
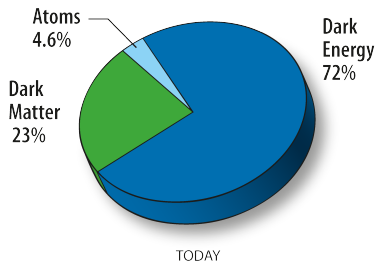
- ▶ Verstehen weniger als 5% des Universums!
- ▶ Dunkle Materie: viele Hinweise, viele Kandidaten
- ▶ Plausibler Kandidat: SUSY



Woraus besteht das Universum?

Bestandteile unseres Universums:

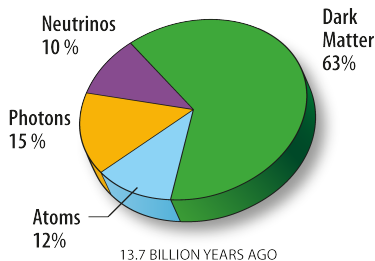
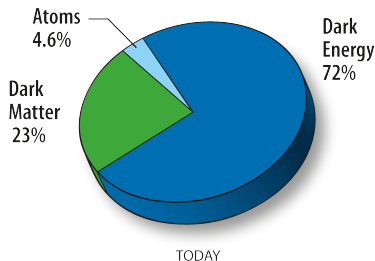
- ▶ Verstehen weniger als 5% des Universums!
- ▶ Dunkle Materie: viele Hinweise, viele Kandidaten
- ▶ Plausibler Kandidat: SUSY
- ▶ SUSY/andere Kandidaten: Entdeckung am LHC möglich!



Woraus besteht das Universum?

Bestandteile unseres Universums:

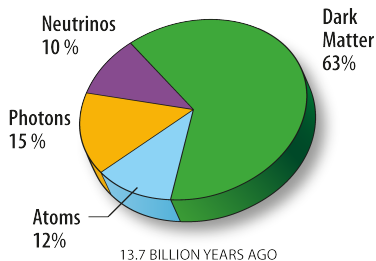
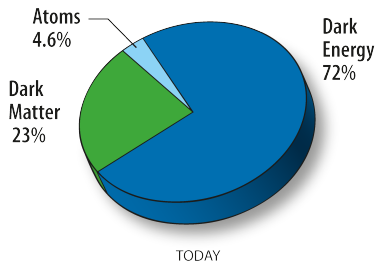
- ▶ Verstehen weniger als 5% des Universums!
- ▶ Dunkle Materie: viele Hinweise, viele Kandidaten
- ▶ Plausibler Kandidat: SUSY
- ▶ SUSY/andere Kandidaten: Entdeckung am LHC möglich!
- ▶ über 70% Dunkle Energie



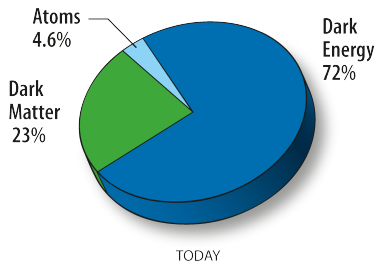
Woraus besteht das Universum?

Bestandteile unseres Universums:

- ▶ Verstehen weniger als 5% des Universums!
- ▶ Dunkle Materie: viele Hinweise, viele Kandidaten
- ▶ Plausibler Kandidat: SUSY
- ▶ SUSY/andere Kandidaten: Entdeckung am LHC möglich!
- ▶ über 70% Dunkle Energie
- ▶ Einfachste Erklärung: kosmologische Konstante

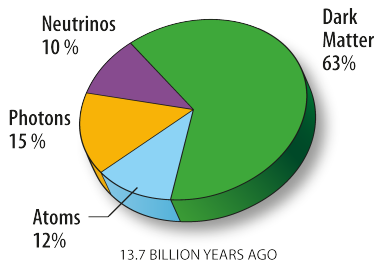


Woraus besteht das Universum?



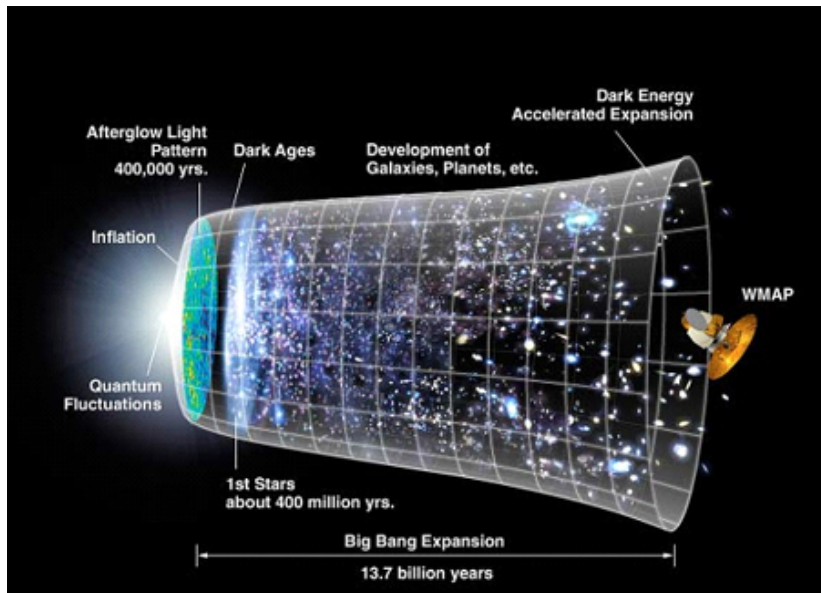
Bestandteile unseres Universums:

- ▶ Verstehen weniger als 5% des Universums!
- ▶ Dunkle Materie: viele Hinweise, viele Kandidaten
- ▶ Plausibler Kandidat: SUSY
- ▶ SUSY/andere Kandidaten: Entdeckung am LHC möglich!
- ▶ über 70% Dunkle Energie
- ▶ Einfachste Erklärung: kosmologische Konstante
- ▶ Aber: warum so klein??? 10^{-123}



Wie sieht man heute in die Vergangenheit?

Entweder mit Astrophysik (COBE, WMAP, Planck) ...

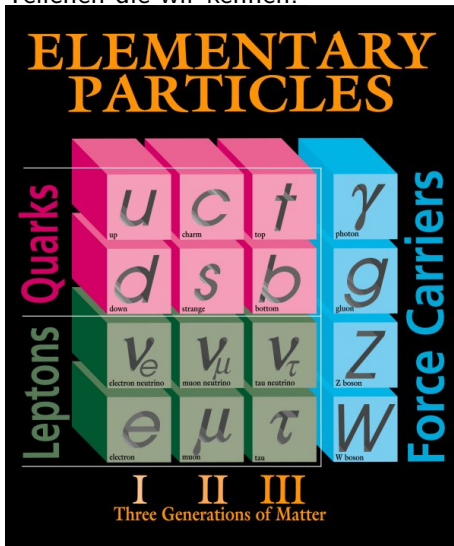


Wie sieht man heute in die Vergangenheit?

... oder mit Teilchenphysik (LEP, RHIC, LHC, ...)

Teilchen die wir kennen:

Teilchen die wir nicht kennen:



© Fermilab, GE-TEP

Wie sieht man heute in die Vergangenheit? ... oder mit Teilchenphysik (LEP, RHIC, LHC, ...)

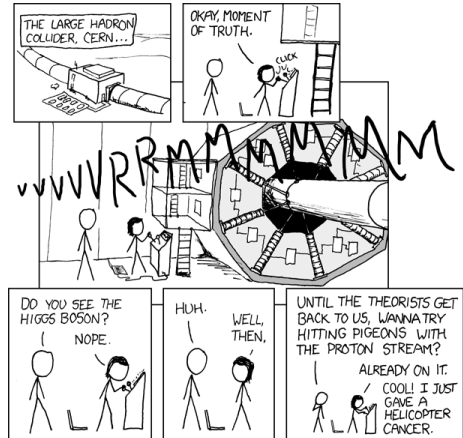
Teilchen die wir kennen:

ELEMENTARY PARTICLES

Quarks	u up	c charm	t top	Force Carriers
	d down	s strange	b bottom	
	γ photon	g gluon	Z Z boson	
Leptons	ν_e electron neutrino	ν_μ muon neutrino	ν_τ tau neutrino	Force Carriers
	e electron	μ muon	τ tau	
	W W boson			

I II III
Three Generations of Matter

Teilchen die wir nicht kennen:
Graviton und Higgs!



Quelle: <http://xkcd.com>

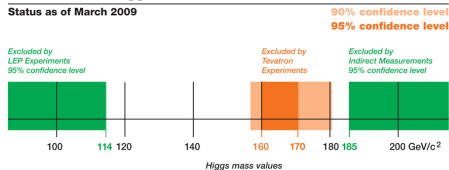
Wie sieht man heute in die Vergangenheit?

... oder mit Teilchenphysik (LEP, RHIC, LHC, ...)

Warum Higgs am LHC?

Search for the Higgs Particle

Status as of March 2009



Wie sieht man heute in die Vergangenheit?

... oder mit Teilchenphysik (LEP, RHIC, LHC, ...)

Warum Higgs am LHC?

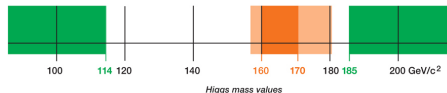
Search for the Higgs Particle

Status as of March 2009

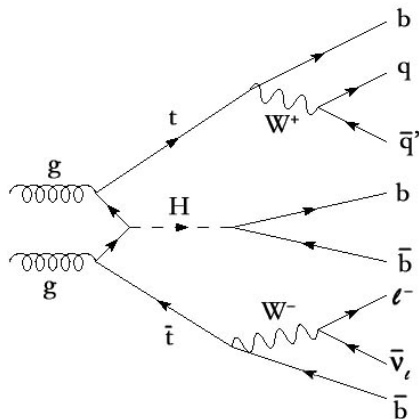
Excluded by
LEP Experiments
95% confidence level

Excluded by
Tevatron
Experiments

Excluded by
Indirect Measurements
95% confidence level



...und wie werden wir es finden?



Wie sieht man heute in die Vergangenheit?

... oder mit Teilchenphysik (LEP, RHIC, LHC, ...)

Warum Higgs am LHC?

Search for the Higgs Particle

Status as of March 2009

Excluded by
LEP Experiments
95% confidence level



100 114 120

Excluded by
Tevatron
Experiments



160 170 180 185

90% confidence level
95% confidence level

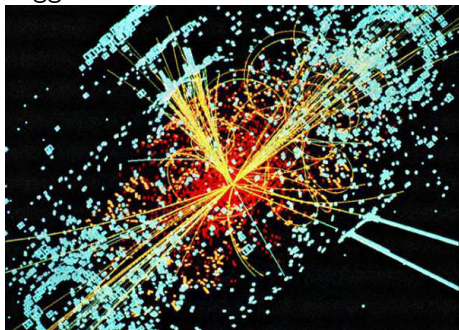
Excluded by
Indirect Measurements
95% confidence level



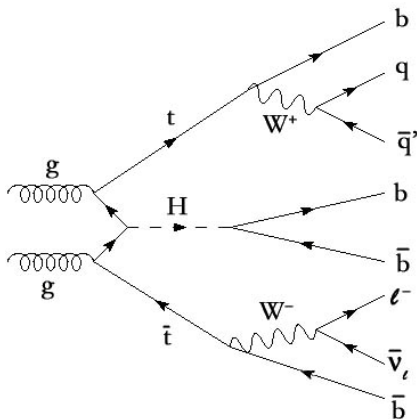
200 GeV/c^2

Higgs mass values

Higgs event im CMS Detektor:



...und wie werden wir es finden?



Outline

Fundamentale Wechselwirkungen

Personen am Institut

Beispiel: Entwicklung des Universums

Steckbrief:



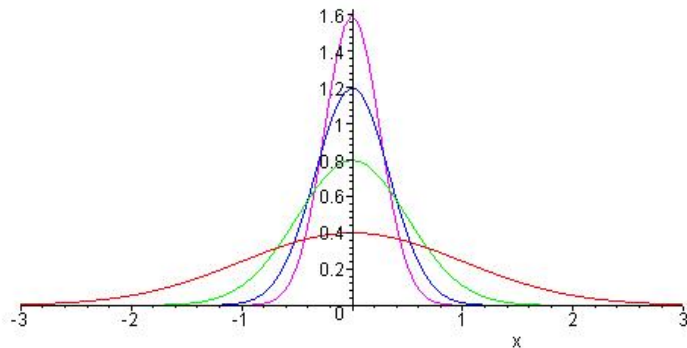
Herbert Balasin
Ass. Prof.

27 publications

Collaborations:
Vienna U.
Leipzig U.

...

Distributionelle Relativitätstheorie



Ultrarelativistische Schwarze Löcher und Gravitationschockwellen

Steckbrief:



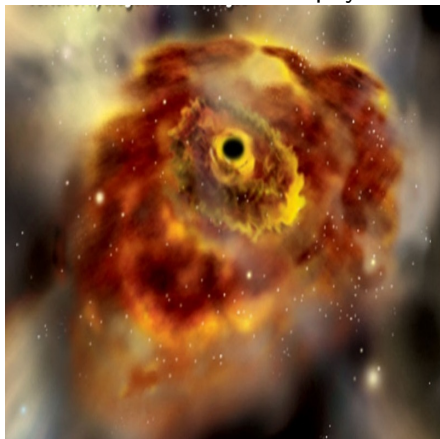
Daniel Grumiller
START

61 publications

Collaborations:

ESI
ASC Munich
Michigan U.
CERN
Perimeter Institute
Uppsala U.
MIT
Washington U. (Seattle)
Waterloo U.
Charles U.
Catania U.
Penn State U.
ESA
Brown U.
Stockholm U.
St. Petersburg State U.
...

Schwarze Löcher in Astrophysik und Kosmologie...



... und neuerdings auch in Elementarteilchenphysik und kondensierter Materie mittels der AdS/CFT Korrespondenz!

Max Kreuzer — Stringtheorie

Die Geometrie der verborgenen Dimensionen

Steckbrief:



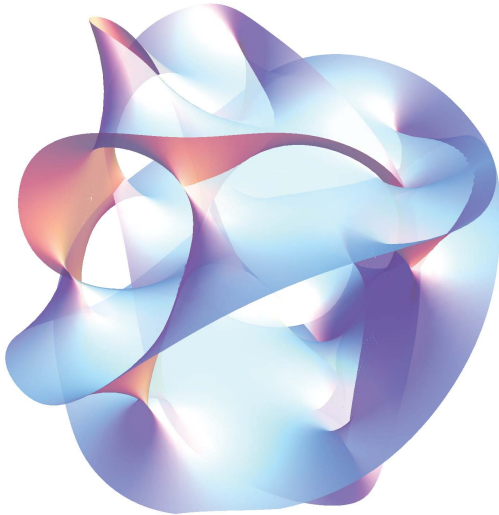
Max Kreuzer
Prof.

82 publications

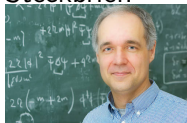
Collaborations:

ESI
TU Graz
Tubingen U.
Pennsylvania U.
Augsburg U.
CERN
Democritos NRC
INFN
Freie U. Berlin
Wisconsin U.
Harish-Chandra RI
Hannover U.
Oxford U.
Leipzig MPI
Potsdam MPI
Chicgo U.
...

Eine Calabi-Yau Mannigfaltigkeit:



Steckbrief:



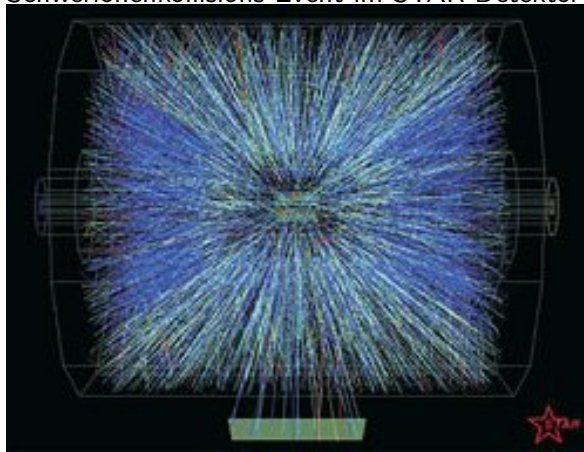
Anton Rebhan
O. Univ. Prof.

130 publications

Collaborations:

ESI
Stony Brook
Cambridge U.
Ecole Normale Supérieure
Brandon U.
Winnipeg U.
Frankfurt U.
Santa Barbara KITP
Helsinki U.
Washington U. (Seattle)
ECT Trento
Saclay, SPHT
Hannover U.
Bielefeld U.
North Carolina U.
CERN
...

Schwerionenkollisions-Event im STAR Detektor am RHIC:



Theoretische Beschreibung mit thermischer
Quantenfeldtheorie und AdS/CFT Korrespondenz

Andreas Schmitt — Dichte quark matter

Color superconductivity and compact stars

Steckbrief:

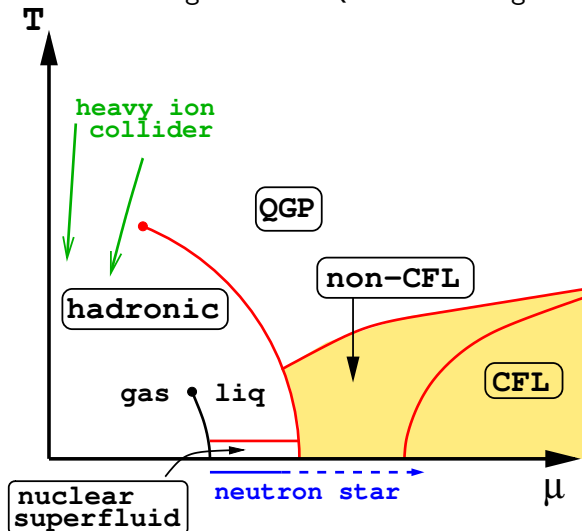


Andreas Schmitt
Ass. Prof.

47 publications

Collaborations:
Stony Brook
Washington
U. (St. Louis)
MIT
North Carolina State U.
Frankfurt U.
U. of Science and
Technology, China
Shandong U.

Das Phasendiagramm der QCD — ein ungelöstes Problem!



Steckbrief:



Manfred Schweda
Em. O. Univ. Prof.

111 publications

Collaborations:
U. Vienna
Lyon IPN
Espirito Santo U.
Leipzig MPI
CERN
Bonn U.
...

Kurze Distanzen: Unschärfe in Raumzeit!

$\sim 46 \cdot 10^9$ LJ
($10^{61} l_p$)

Radius des
sichtbaren
Universums

Physikalisch zugänglich

$\sim 10^{-4}$ m

(Geometrische)
mittlere Größe des
Universums

$\sim 10^{-10}$ m

Atomradius
(Zunehmende
Relevanz
der QFT⁽¹⁾)

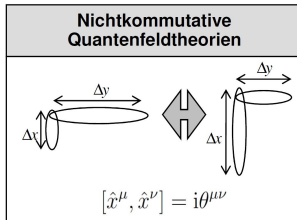
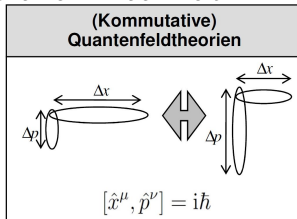
$\sim 2 \cdot 10^{-20}$ m

Zugänglich durch
LHC am CERN

$\sim 10^{-35}$ m

“Terra
incognita”

Planck Länge
(Minimale Länge)



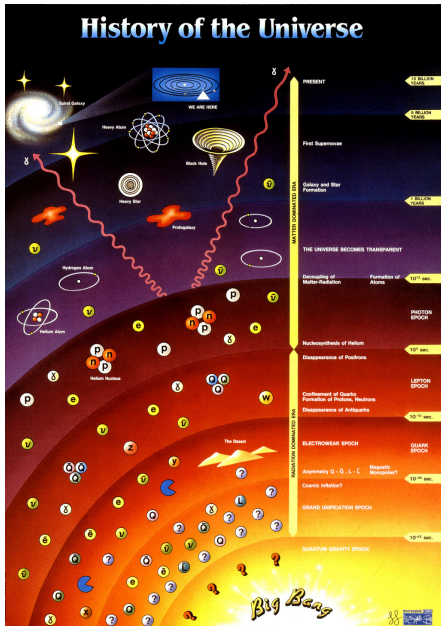
QFT = Quantenfeldtheorie

Outline

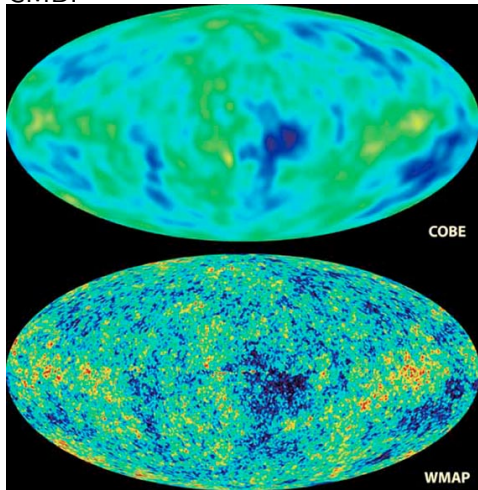
Fundamentale Wechselwirkungen

Personen am Institut

Beispiel: Entwicklung des Universums



CMB:



Oberes Bild: COBE Satellit (900km)
 Unteres Bild: WMAP Satellit auf Lagrangepunkt L2 (1.5×10^6 km)