

Weltbilder auf dem Prüfstand.

DESY und die Zukunft der Teilchenphysik

Dr. Karsten Büßer



Öffentlicher Abendvortrag

Zeuthen

23. September 2009

Erde: von der Scheibe zur Kugel



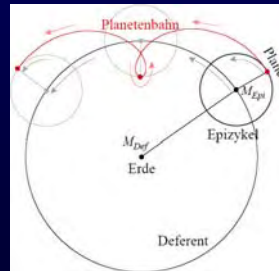
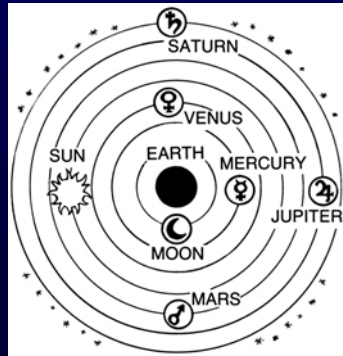
- Babylonier und Ägypter glaubten an eine scheibenförmige Erde
 - Babylonische Weltkarte (~600 v.Chr.)
- Aristoteles (384-322 v.Chr.) wusste schon, dass die Erde eine Kugel sein muss:
 - Schatten der Erde bei Mondfinsternissen
 - Mastspitzen von entfernten Schiffen immer zuerst sichtbar



Claudius Ptolemäus (~100-175)



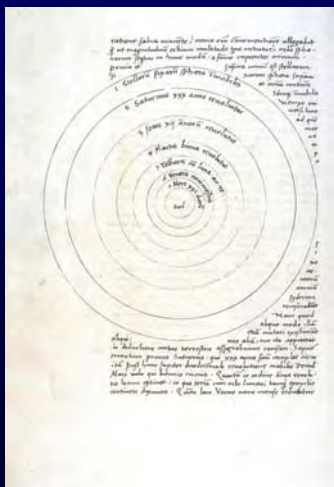
- Erstes geometrisches Modell der bekannten Welt
- Erde steht im Mittelpunkt
- Planeten und Sonne drehen sich um die Erde
 - Komplizierte kreisförmige Bahnen mit Epizykeln, um die Theorie mit den Messwerten in Übereinstimmung zu bringen...



Die kopernikanische Wende (1543)



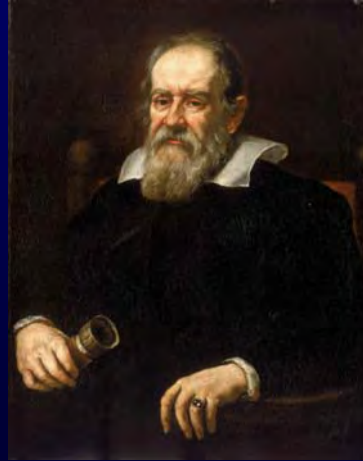
- Heliozentrisches Weltbild:
die Sonne steht im Mittelpunkt, nicht die Erde!



Galileo Galilei (1564-1642)



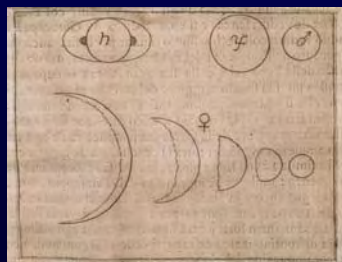
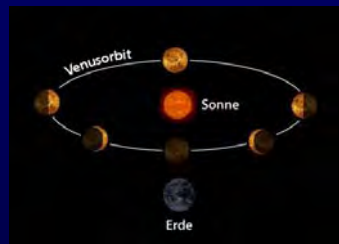
- Entwickelte das erste brauchbare Fernrohr (weiter)



Galileos Beobachtung der Phasen der Venus



- Venusphasen sind mit dem ptolemäischen Weltbild nicht vereinbar!
- Experimentelle Evidenz für ein kopernikanisches Weltbild
 - Jede Menge Ärger für Galileo....
- Das Problem der Epizyklen löste allerdings erst Kepler (elliptische Planetenbahnen)



Evolution des Weltbilds



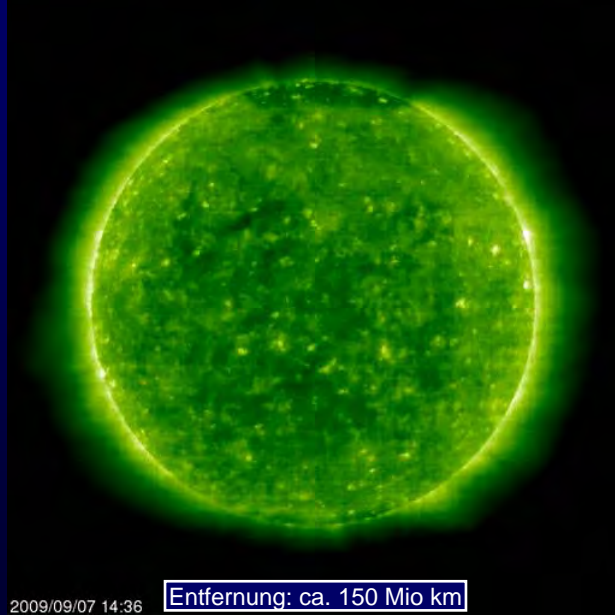
- Antike (Aristoteles, Ptolemäus et al.)
 - Die Erde ist eine Kugel
 - Die Erde und die Menschen stehen im Mittelpunkt
 - Die Himmelskörper drehen sich auf perfekten Kreisbahnen um sie herum
 - Der Himmel hat ein Ende, die Sphäre der Fixsterne
- Aufklärung (Kopernikus, Galileo und danach)
 - Die Sonne steht im Mittelpunkt
 - Die Himmelskörper bewegen sich auf elliptischen Bahnen um sie herum
 - Der Himmel hat immer noch eine Fixsternsphäre (Sonne im Mittelpunkt)
- Später (z.B. Thomas Wright)
 - Sonne ist nur ein Fixstern unter vielen
 - Milchstraße besteht aus Sternen

Unser modernes Bild von der Erde



„Die Welt ist eine Google“ (?)

Die Sonne



2009/09/07 14:36

Entfernung: ca. 150 Mio km

Die Spiralgalaxie M83



Photo: ESO

Entfernung: ca. 15 Mio Lichtjahre

Der tiefste Blick ins All



Image: STScI/NASA

Entfernung: ca. 13 Mrd Lichtjahre

Die Rolle der Instrumente



- Die Entwicklung neuer wissenschaftlicher Instrumente ist die Triebfeder zu neuen Entdeckungen
- Georg Christoph Lichtenberg (1742-1799):

„Man muss etwas neues machen,
um etwas neues zu sehen“

Stonehenge (~2000 v.Chr.)



Prähistorische Großforschungseinrichtung(?)

OpenStax, CC BY-SA 3.0

Himmelscheibe von Nebra (< 1600 v.Chr.)



R. Zenz, GFDL 1.2



Präzisionsinstrument der Bronzezeit(?)

Moderne Teleskope



Europäische Südsternwarte, Paranal, Chile

Photo: ESO

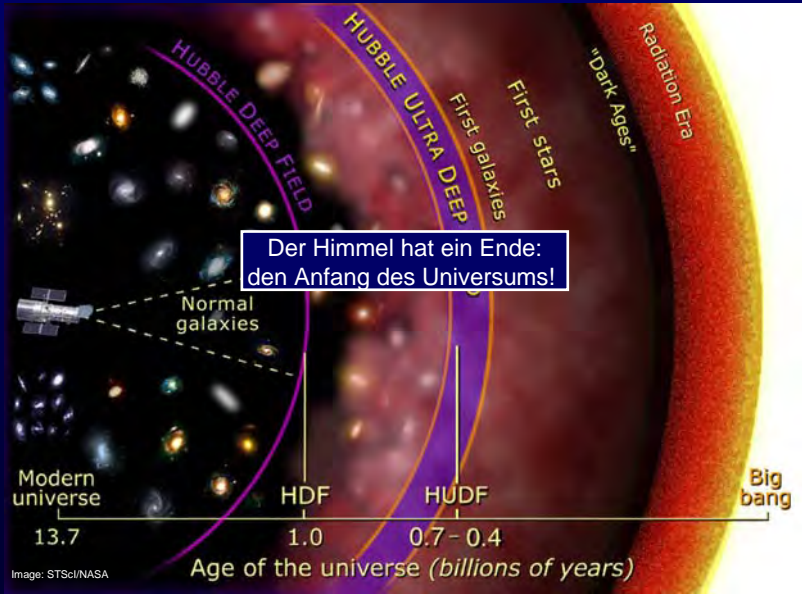
Weltraumteleskop



Das Hubble Space Telescope

Photo: NASA

Ein Blick zurück nach vorn



Die Geschichte des Universums



Das Echo des Urknalls



Temperaturverteilung der kosmischen Hintergrundstrahlung

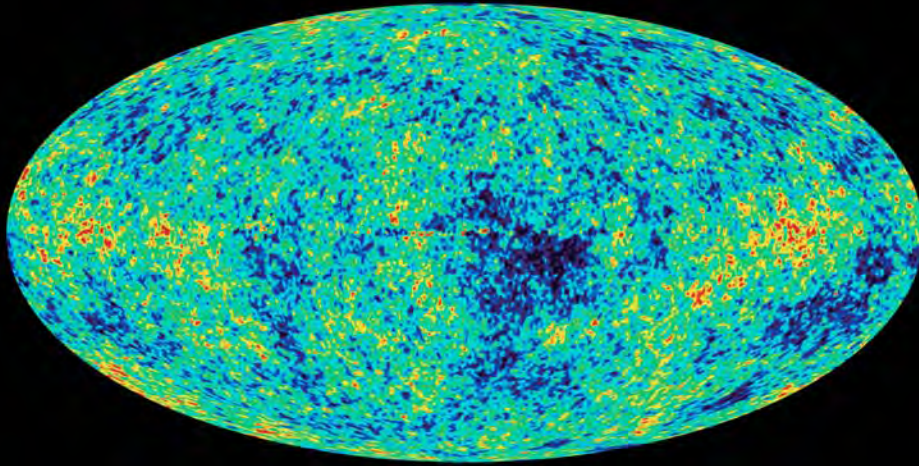
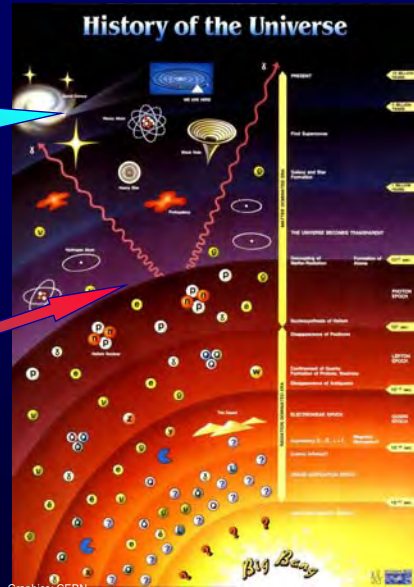
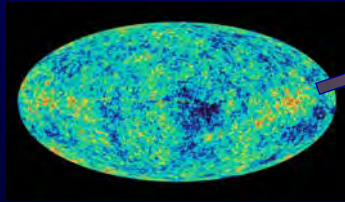


Image: NASA

Alter des Universums: ca. 380.000 Jahre

Die Geschichte des Universums



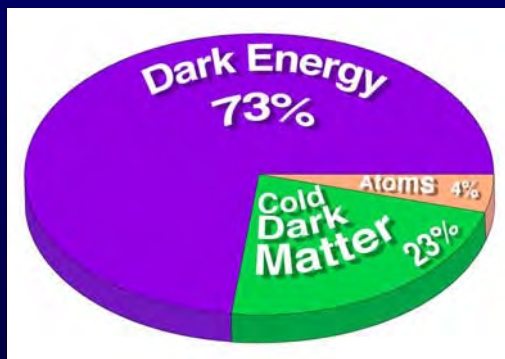
Graphics: CERN

Die Vermessung der Raumzeit



Animation: NASA/WMAP Science Team

Eine neue kopernikanische Wende



Periodic Table of Elements showing various groups and series:

- Group I: Alkali Metals
- Group II: Alkaline Earth Metals
- Transition Metals (Groups III-VIII)
- Group IX: Coinage Metals
- Group X: Platinum Group Metals
- Group XI: Coinage Metals
- Group XII: Zinc Group
- Group XIII-VII: Post-transition Metals
- Group VIII: Noble Gases
- Group IX: Halogens
- Group X: Chalcogens
- Group XI: Oxygen Group
- Group XII: Hydrogen
- Group XIII: Boron Group
- Group XIV: Carbon Group
- Group XV: Nitrogen Group
- Group XVI: Chalcogens
- Group XVII: Halogens
- Group XVIII: Noble Gases

Wir (und die gesamte bekannte Materie) sind eine verschwindende Minderheit im Universum!

Dunkle Energie



HELMHOLTZ
GEWISSENSCHAFT



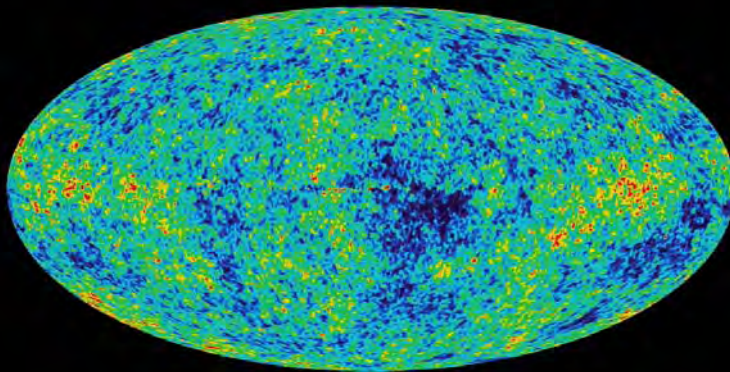
Image: SLAC/N. Rager

Eine unbekante Kraft ,bläst' unser Universum immer schneller auf

Vom Chaos zum Kosmos

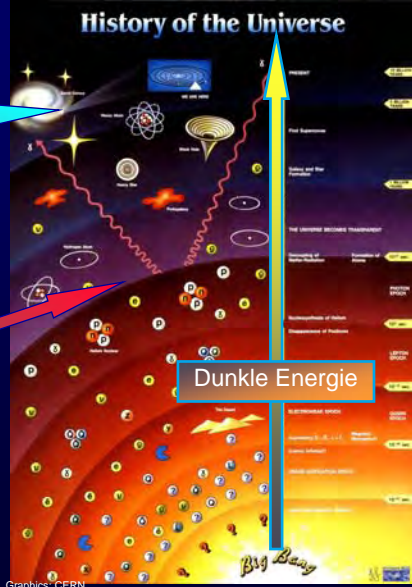
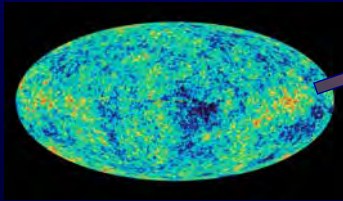


HELMHOLTZ
GEWISSENSCHAFT



Animation: NASA WMAP Science Team

Die Geschichte des Universums



Graphics: CERN

Simulation: Dunkle Materie in der Milchstraße

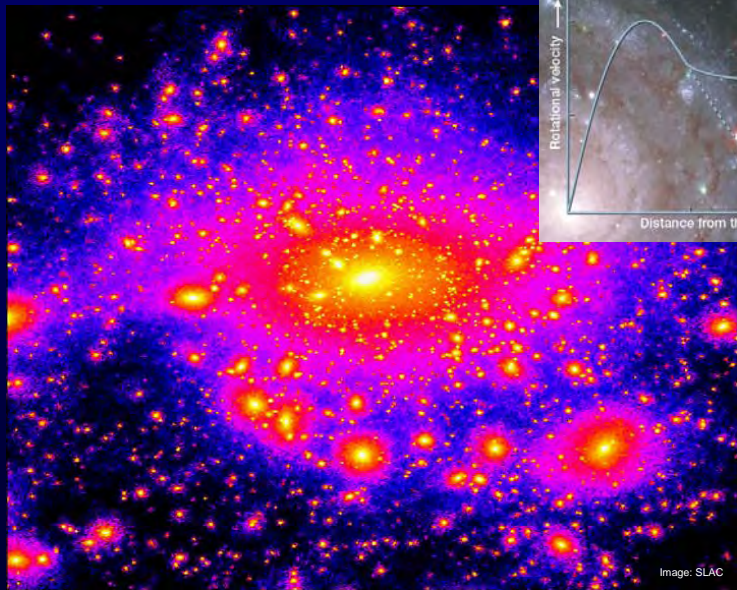


Image: SLAC

Dunkle Materie: Kollision zweier Galaxienhaufen



HOLMHOULT
UNIVERSITÄT

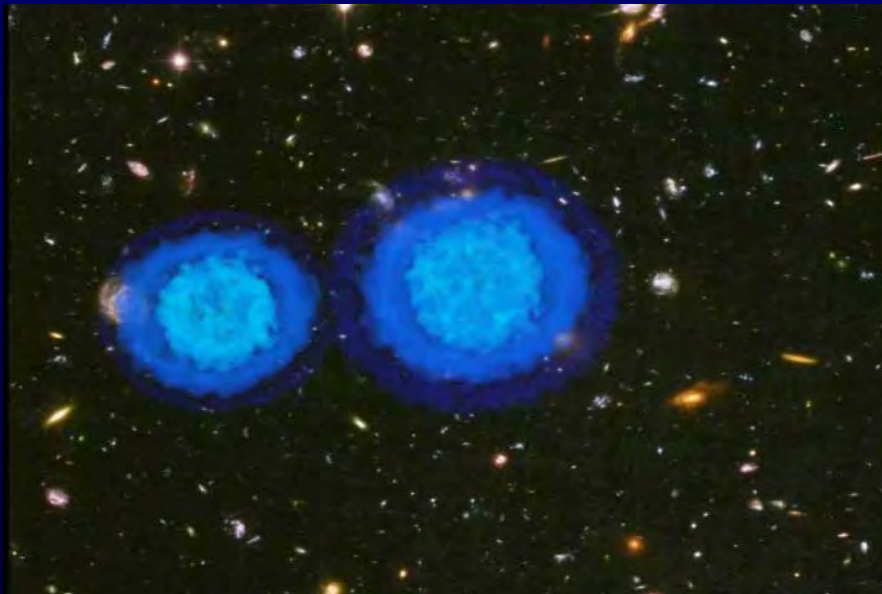


X-ray: NASA/CXC/CIA/M.Makarewicz et al.; Optical:
NASA/STScI; Magellan/U.Arizona/D.Clowe et al.;
Lensing Map: NASA/STScI; ESO WFI;
Magellan/U.Arizona/D.Clowe et al.

Simulation der Kollision

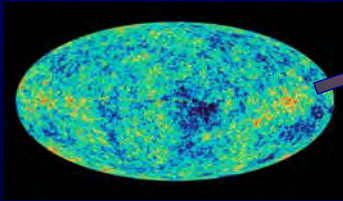


HOLMHOULT
UNIVERSITÄT



Credit: KIPAC/John Wise

Die Geschichte des Universums

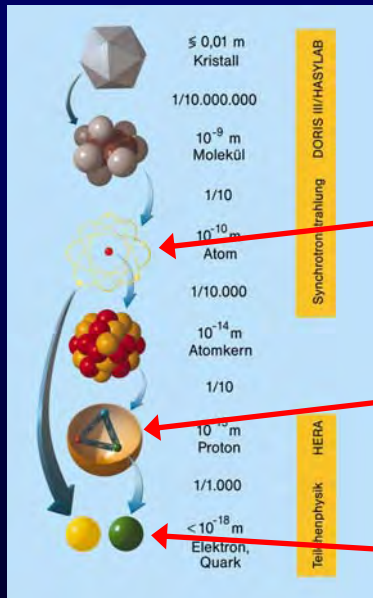


Ursprung der Materie
- auch der dunklen!



Graphics: CERN

Die Struktur der Materie



Mensch:
Entfernung zu benachbarten Sternen
z.B. Sirius: 10^{14} km



Atom:
Mond

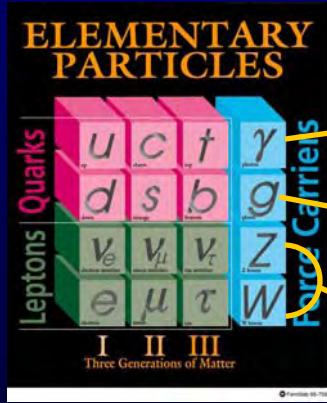


Proton:
Kathedrale



Quark:
Tischtennisball

Die elementaren Bausteine und Kräfte



Elementare Kräfte

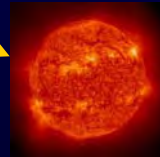
elektromagnetische Wechselwirkung



starke Wechselwirkung

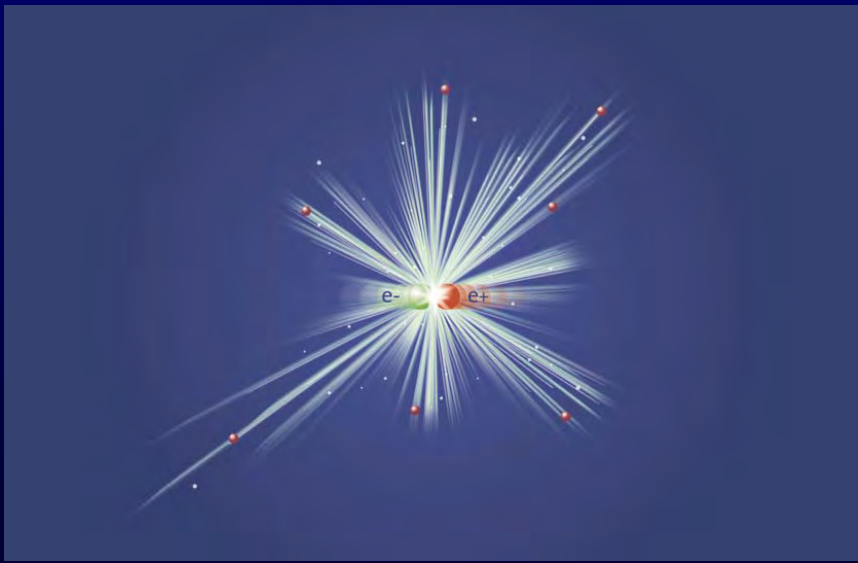


schwache Wechselwirkung

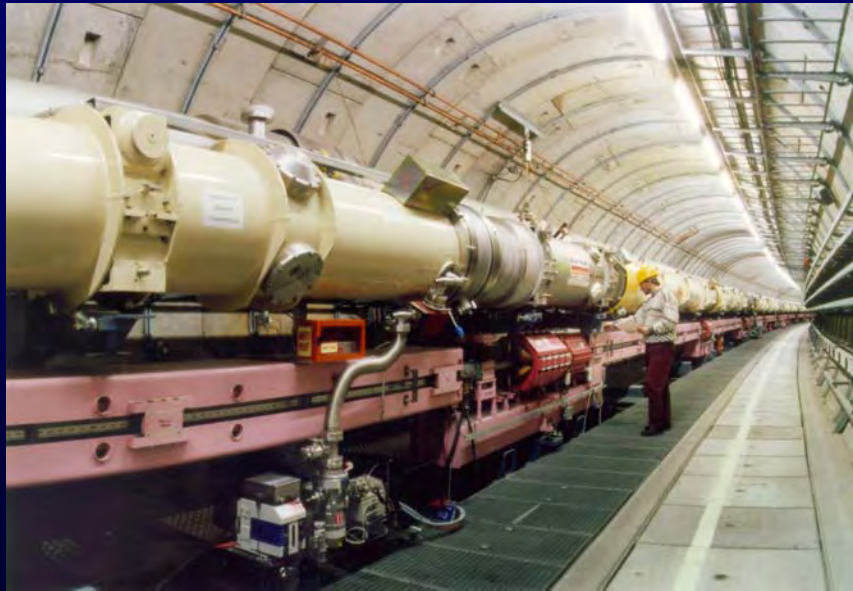


Extrem erfolgreiche Arbeitshypothese:
Das Standardmodell der Elementarteilchenphysik

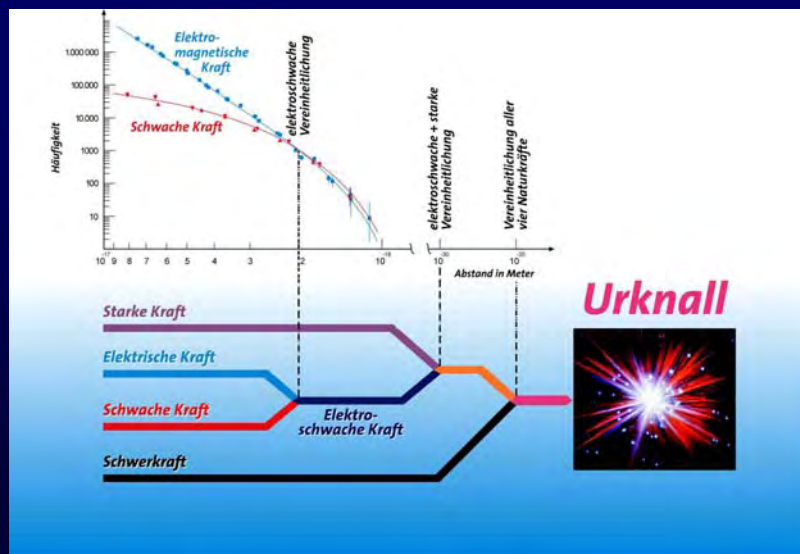
Der Urknall im Labor



HERA Tunnel



Die Vereinheitlichung der Kräfte



Die Probleme des Standardmodells



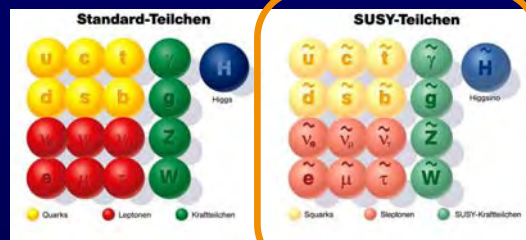
- **Es fehlt etwas:**
- Das Higgs-Teilchen ist im Standardmodell für die Erzeugung der Massen zuständig. Leider wurde es noch nicht gefunden.
- **Das Standardmodell lässt viele Fragen offen:**
- Warum gibt es drei Generationen?
- Warum gibt es vier (drei) Wechselwirkungen?
- Was ist mit der Gravitation?
- Warum heben sich die elektrischen Ladungen von Elektron und Proton genau auf?
- Warum gibt es 19 freie Parameter?
- (...)
- **Probleme ausserhalb des Standardmodells:**
- Was ist die dunkle Materie?
- Was ist die dunkle Energie?

- **Wir suchen also eigentlich eine zugrunde liegende umfassende Theorie der Welt!**

Andere Welten: Supersymmetrie



Gibt es
Supersymmetrie?



Dunkle Materie?

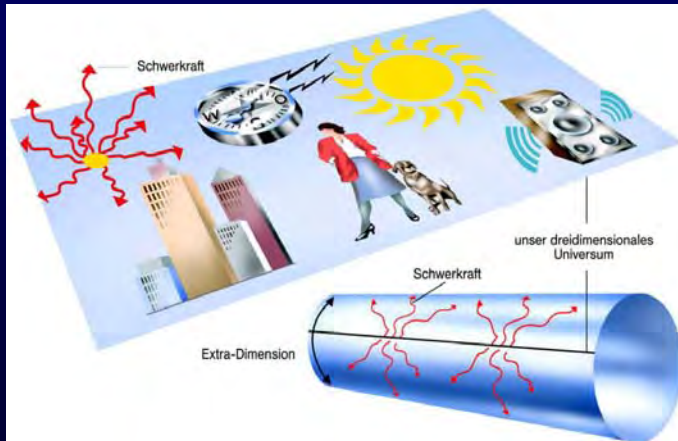


- Sollte es SUSY-Teilchen geben, dann sind sie im Urknall genauso entstanden wie die normale Materie
- Dann sollte man sie in Teilchenkollisionen genauso erzeugen können!

Andere Welten: Extra-Dimensionen



- Warum ist die Schwerkraft so schwach?

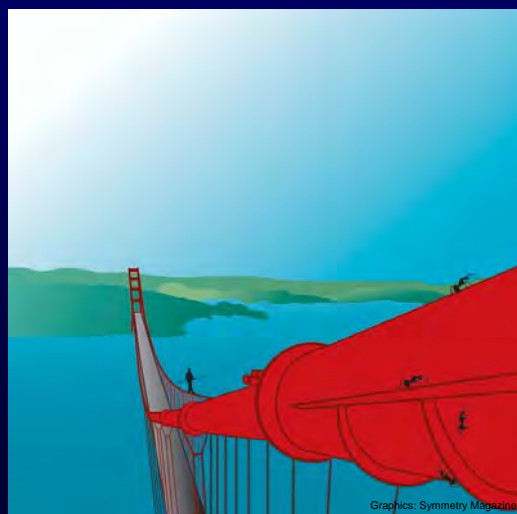


Gibt es mehr als vier Dimensionen ?

Extra-Dimensionen



- Zusätzliche Dimensionen müssten klein aufgerollt sein



Graphics: Symmetry Magazine

Die Suche beginnt



- Die wichtigsten Aufgaben der Elementarteilchenphysik für die nächsten Jahre:
 1. Den letzten fehlenden Baustein des Standardmodells finden: das Higgs Teilchen
 2. Hinweise auf eine fundamentalere Theorie des Universums suchen:
 - Dunkle Materie
 - Dunkle Energie
 - Augen auf fürs **Unerwartete!**
- **Die Zukunft der Teilchenphysik am DESY!**

CERN



CERN und LHC

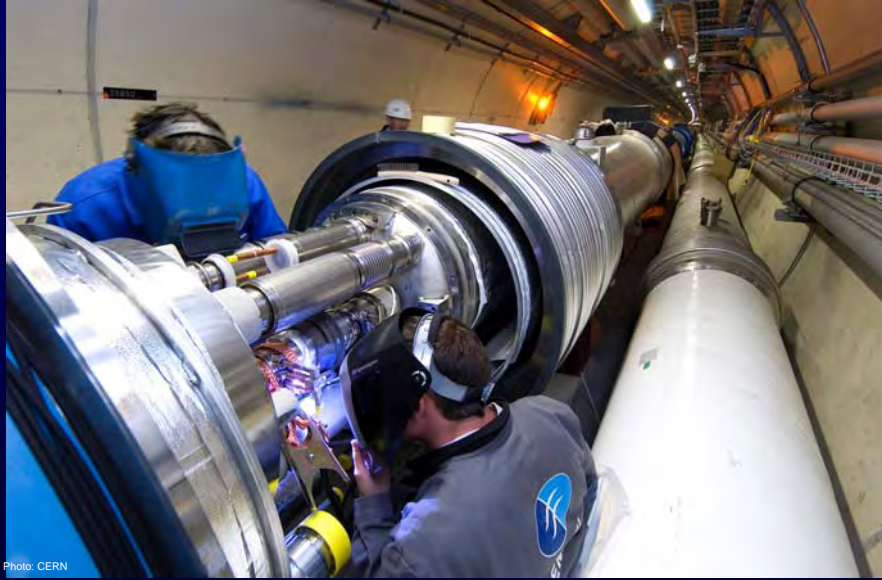


Photo: CERN

ATLAS Experiment

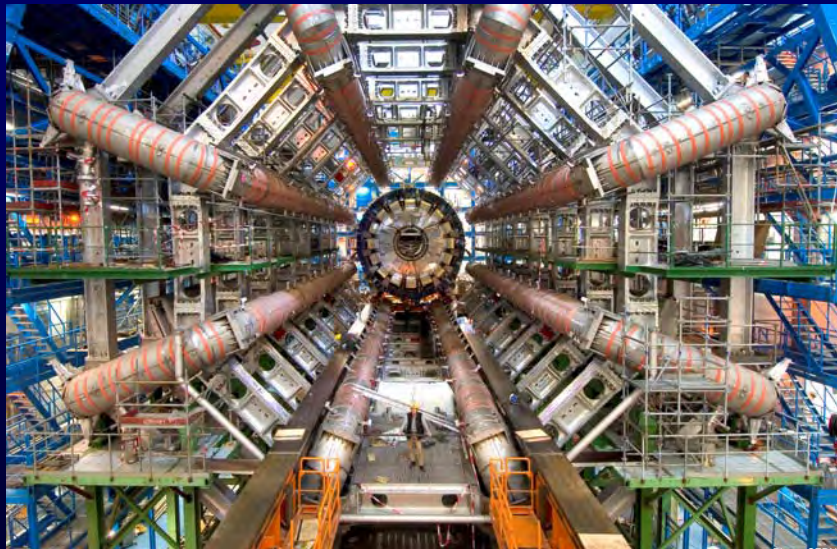


Photo: CERN

ATLAS Experiment



Photo: CERN

CMS Experiment

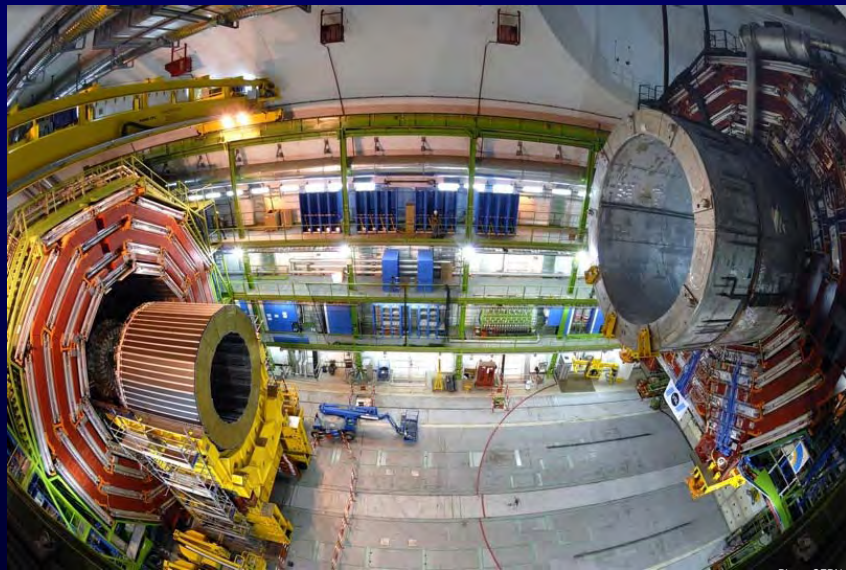
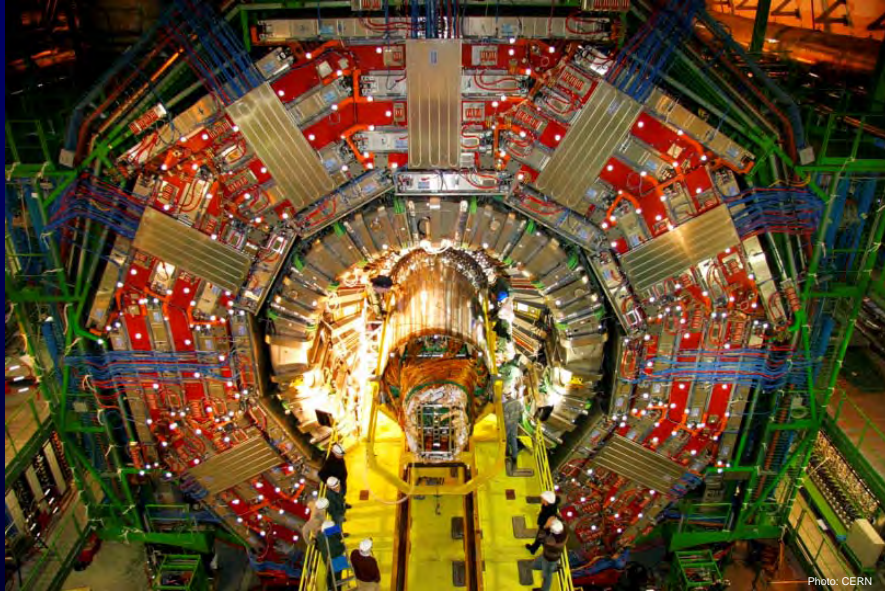
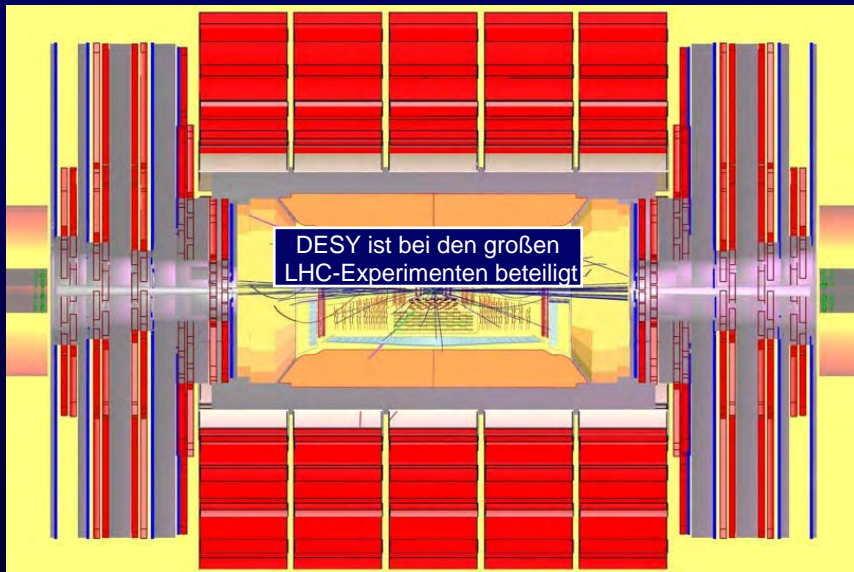


Photo: CERN

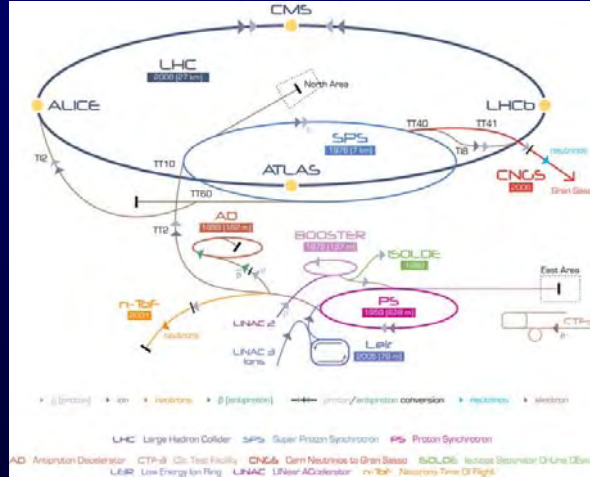
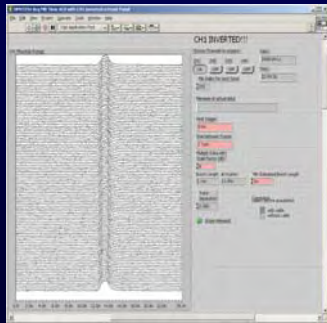
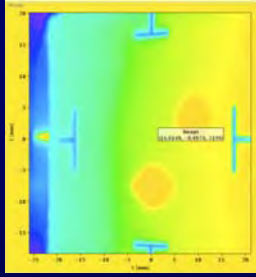
CMS Experiment



Die Entdeckung des Higgs-Teilchens? (Simulation)



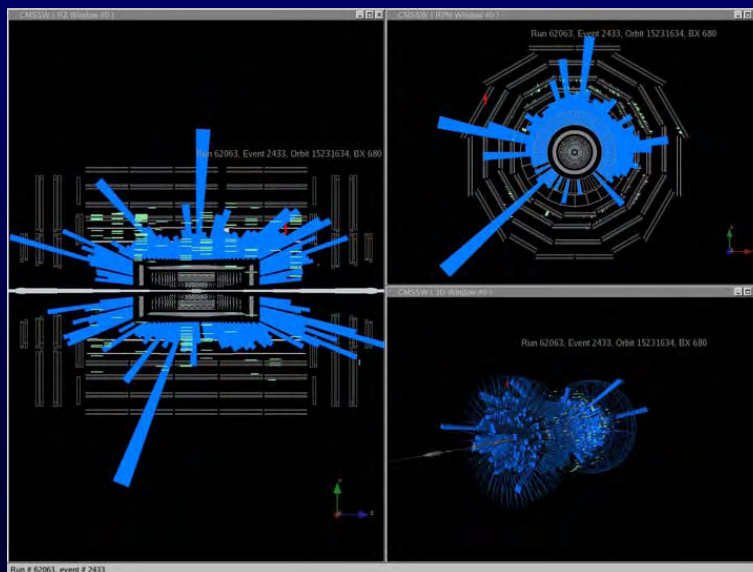
Erster Strahl im LHC: 10. September 2008



Erste Strahlereignisse!



- Aber leider noch keine Strahlkollisionen...



Der Unfall vom 19. September 2008

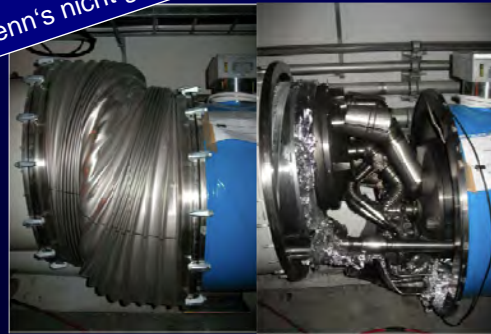


- Supraleitende Lötverbindung hatte zu hohen Widerstand und wurde warm
- Magnete wurden warm („quenchten“), flüssiges Helium wurde gasförmig
- Notablassventile überlastet
- Größere mechanische Beschädigung



Volksmund:
„Physik ist, wenn's nicht geht.“

- Reparaturen und Verbesserungen im vollen Gang
- Neustart November 2009
- Erste Kollisionen noch dieses Jahr



Ist das nicht gefährlich?



UMSTRITTENES EXPERIMENT IN DER SCHWEIZ

Versenken Forscher die Erde in einem schwarzen Loch?

Von ATTILA ALBERT

Es ist ein Experiment, das jede Vorstellungskraft sprengt: Schweizer Forscher wollen mittels eines schwarzen Lochs auf der Erde herumspazieren.

Das Abzug der Gas (L-CERN) 1. Mrd. Euro wird in der ersten Teil-amerikanischen Bohrer mit 27 Kilometer Durchmesser in einem einig wie das

All (nahe 27 Grad). Im Experiment werden Röntgenstrahlen (Protonen) mit hoher Lichtgeschwindigkeit durch den Tunnel geschossen und prüfen sich gegenseitig. Die Simulation der Umsetzung, bei dem einseitigen Experimenten können dabei die meisten „schwarzen Löcher“

Die Schweizer Forscher hoffen, dass sie „CERN“ Forscher James Gillies (USA) mit helfen das Experiment für die CERN.

Die Löcher ziehen die Materie an, verschlucken ganze Planeten. Jetzt sagen Experten: Das Experiment könnte nur durchgeführt werden, wenn die ganze Menschheit versinkt. Der führende Chemiker Prof. Dr. Otto E. Rössler (47) von der Uni Tübingen: „Wenn das Loch nicht existiert, wird es sich auch meinen Berechnungen nach nicht in der Schwarzen Loch.“

Schwarze Löcher sind so dicht, dass sie sogar Licht ansaugen und verschlucken. Forscher wollen ihre Entstehung mit dem Experiment in der Schweiz entschlüsseln.

BILD, 16.04.2008

Mikroskopisches Schwarzes Loch am LHC



HILMHULTZ
NEUERSCHEFT



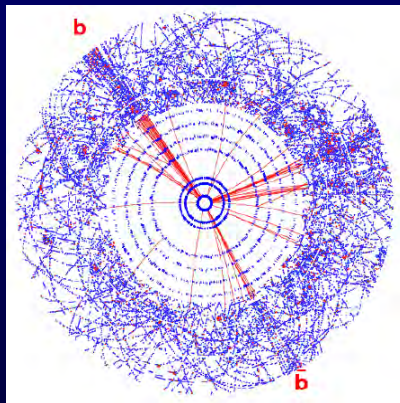
Graphics: CERN

Simulation am ATLAS Experiment

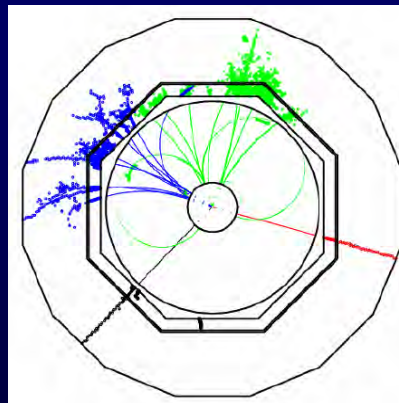
Elektronen vs. Protonen



HILMHULTZ
NEUERSCHEFT



Higgs-Teilchen am LHC

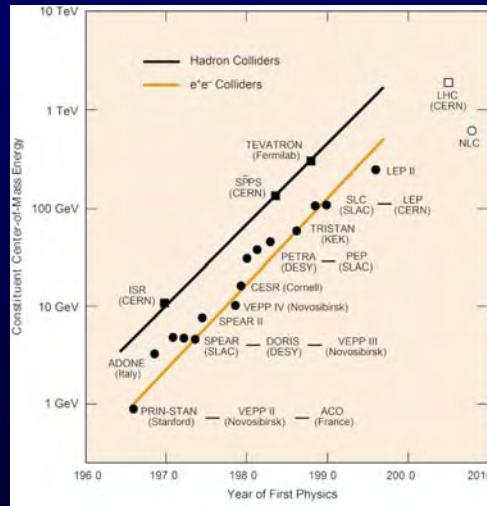


Higgs-Teilchen in einer
Elektron-Positron Kollision

Geschichte der Teilchenbeschleuniger



- Protonenmaschinen sind Entdeckungsmaschinen
- Elektronenmaschinen sind Präzisionswerkzeuge



Die Zukunft ist gerade



Wie lang müsste der nächste e⁺e⁻ Kreisbeschleuniger sein, wenn er 1 TeV Kollisionsenergie aufbringen soll ?

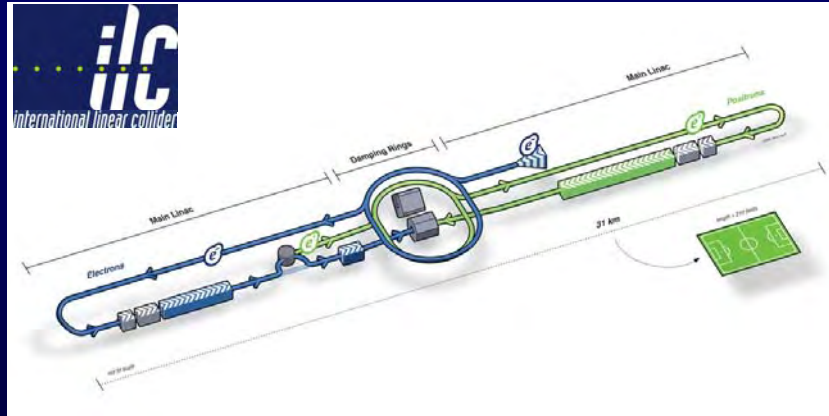


Umfang: 675 km

International Linear Collider: Die Zukunft ist gerade!



HILDEBRANDT
NEUBAUWERKSTÄTTE



Graphics: ILC

- Elektron-Positron Linearbeschleuniger
- Kollisionsenergie: 0,5 - 1,0 TeV
- Supraleitende Beschleunigungstechnologie
- Die Präzisionsmaschine komplementär zum LHC

ILC Technologie

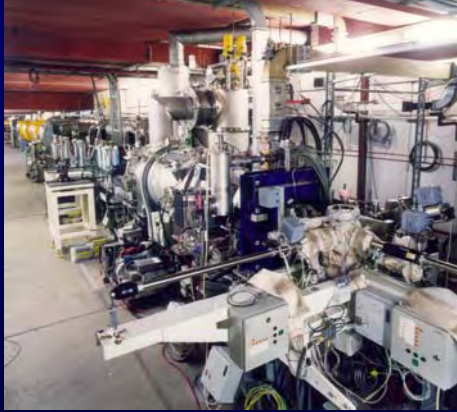


HILDEBRANDT
NEUBAUWERKSTÄTTE



DESY ist führend bei der Entwicklung
der ILC Technologien

ILC Testanlage am DESY



- Projektvorschlag wird von internationalem Team erarbeitet
- Projekt entscheidungsreif: 2012
- Erster Strahl: ~2019

Teilchenbeschleunigung im ILC



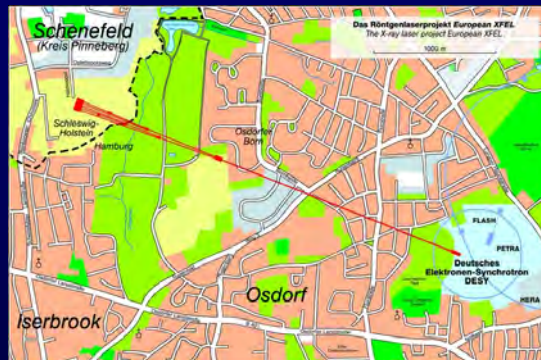
Teilchenkollisionen im ILC Detektor



Das europäische Röntgenlaserprojekt XFEL



- Technische Daten:
 - ILC Technologie
 - Länge: 3,4 km
 - Energie der Elektronen: bis 20 GeV
 - Wellenlänge des Lasers: 0,085 - 6 nm
 - Pulsdauer: < 100 fs
 - Baubeginn: 2009
 - Inbetriebnahme: 2014



Was bringt das Ganze?



- Grundlagenforschung mit Beschleunigern kostet viel Geld:
 - Baukosten HERA: ~1 Mrd DM
 - Baukosten LHC: ~3 Mrd € (ohne Tunnel)
 - Baukosten XFEL: ~986 Mio €
 - Baukosten ILC : einige Mrd €



Das Beschleunigerzentrum
aus Sicht der Geldgeber

0208.TIF



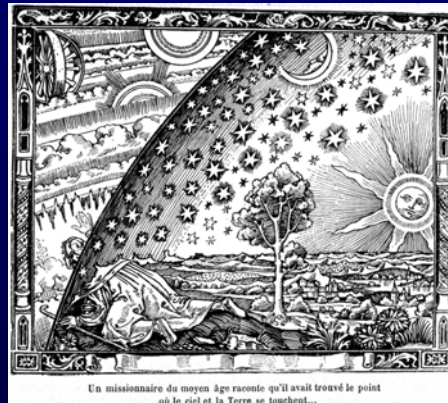
Der Beschleuniger aus Sicht
eines Besuchers

902.TIF

Der wahre Wert der Wissenschaft



- Unsere Motivation:
 - „Erkennen was die Welt im Innersten zusammenhält“
 - Das Streben nach Erkenntnisgewinn ist elementarer Bestandteil der menschlichen Natur
- Wir bauen milliardenteure Teilchenbeschleuniger, um die elementarsten Fragen an die Natur zu stellen:
 - Wo kommt alles her?
 - Wo geht alles hin?
 - Welches sind die elementaren Naturgesetze?



Un missionnaire du moyen âge raconte qu'il avait trouvé le point où le ciel et la Terre se touchent...

Ende



HILMHOLTZ
| VEREINIGUNG



**Es gibt vermutlich nicht viele Orte in unserem
Universum, an denen diese Fragen überhaupt gestellt
werden können!**