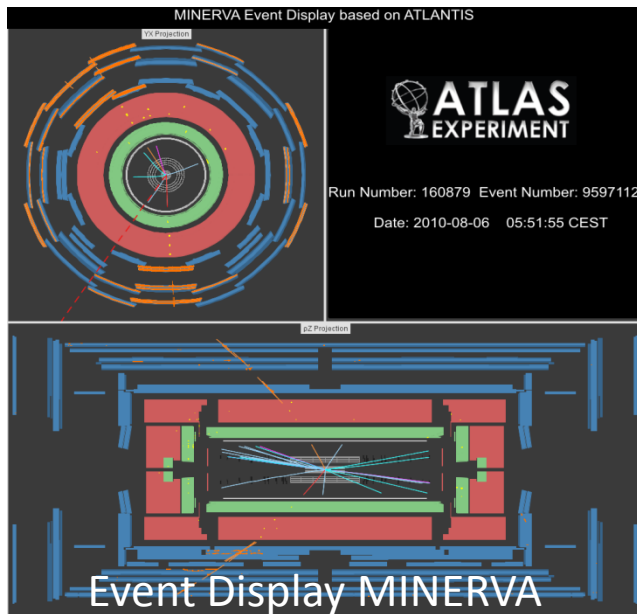


Analyse echter ATLAS-Daten

21. April 2011 in Genève, GTP, Konrad Jende



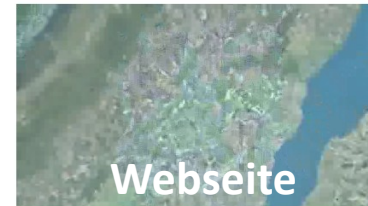
STARTSEITE

W-PFAD

Z-PFAD

LHC@InternationalMasterclasses

Komm mit auf eine Reise zu den kleinsten Bausteinen der Materie! Erfahre, was 100 Meter unter dem Erdboden am Europäischen Kernforschungszentrum CERN geschieht. Dort werden am 27 Kilometer langen Large Hadron Collider die Experimente ALICE, ATLAS, CMS und LHCb betrieben. Das folgende kurze Video gibt einen kleinen Eindruck vom Start einer faszinierenden Reise auf der Suche nach dem Ursprung der Masse, nach Dunkler Materie und nach neuen Phänomenen wie Supersymmetrie oder zusätzliche Raumdimensionen.



Links



CURRENT EVENTS

DOCUMENTATION + FAQ



Was ist gerade los am Large Hadron Collider (LHC) ?



Was ist gerade los bei ATLAS (A Toroidal Lhc ApparatuS) ?



Ziele

- Vorbereitung auf eine Analyse echter Daten des ATLAS-Experimentes
- Zusammenfassung der theoretischen Experimental-Vorlesungen und Verbindung mit tatsächlicher Arbeit der Experimente
- Innere Struktur des Protons bestätigen
- Teilchen identifizieren können
- LHC-Ereignisse klassifizieren können

Inhalt

1. Forschungsziele
2. ATLAS-Detektor und Event Display
3. Fundamentale Prinzipien der Teilchenphysik
4. Teilchenkollisionen
5. Datenanalyse

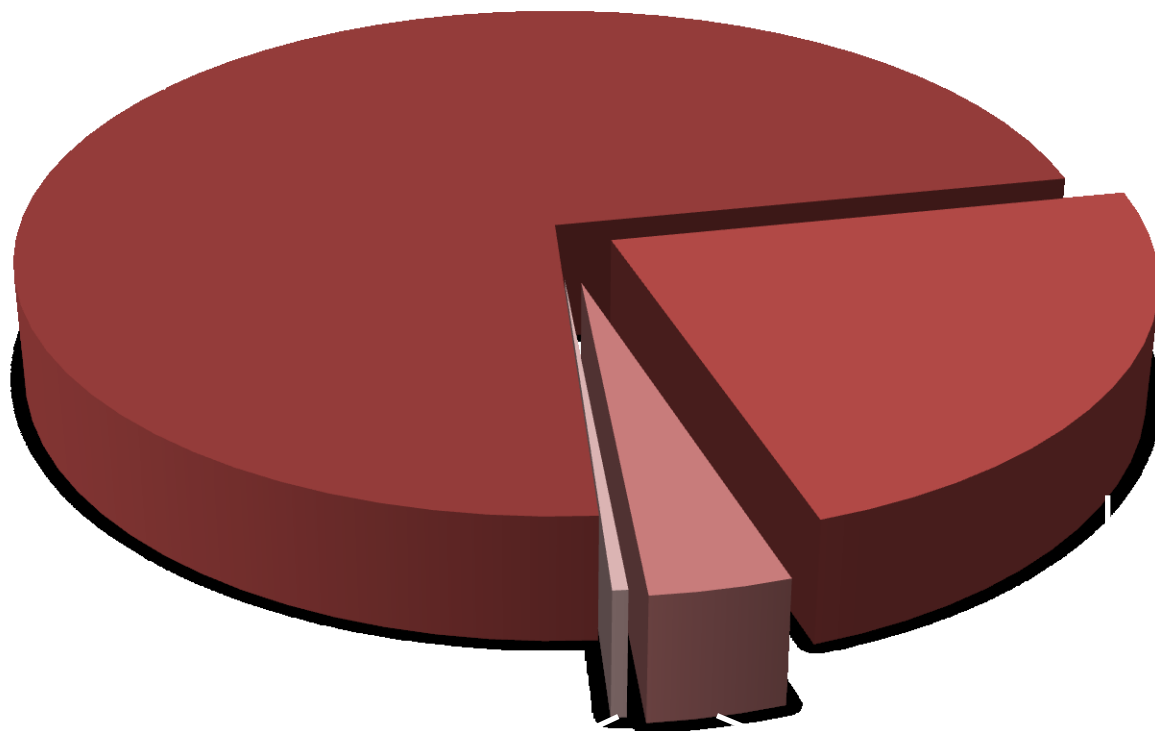
Inhalt

1. Forschungsziele
2. ATLAS-Detektor und Event Display
3. Fundamentale Prinzipien der Teilchenphysik
4. Teilchenkollisionen
5. Datenanalyse

1. Forschungsziele: Die Wahrheit vorab!

Energieverteilung im Universum

Dunkle

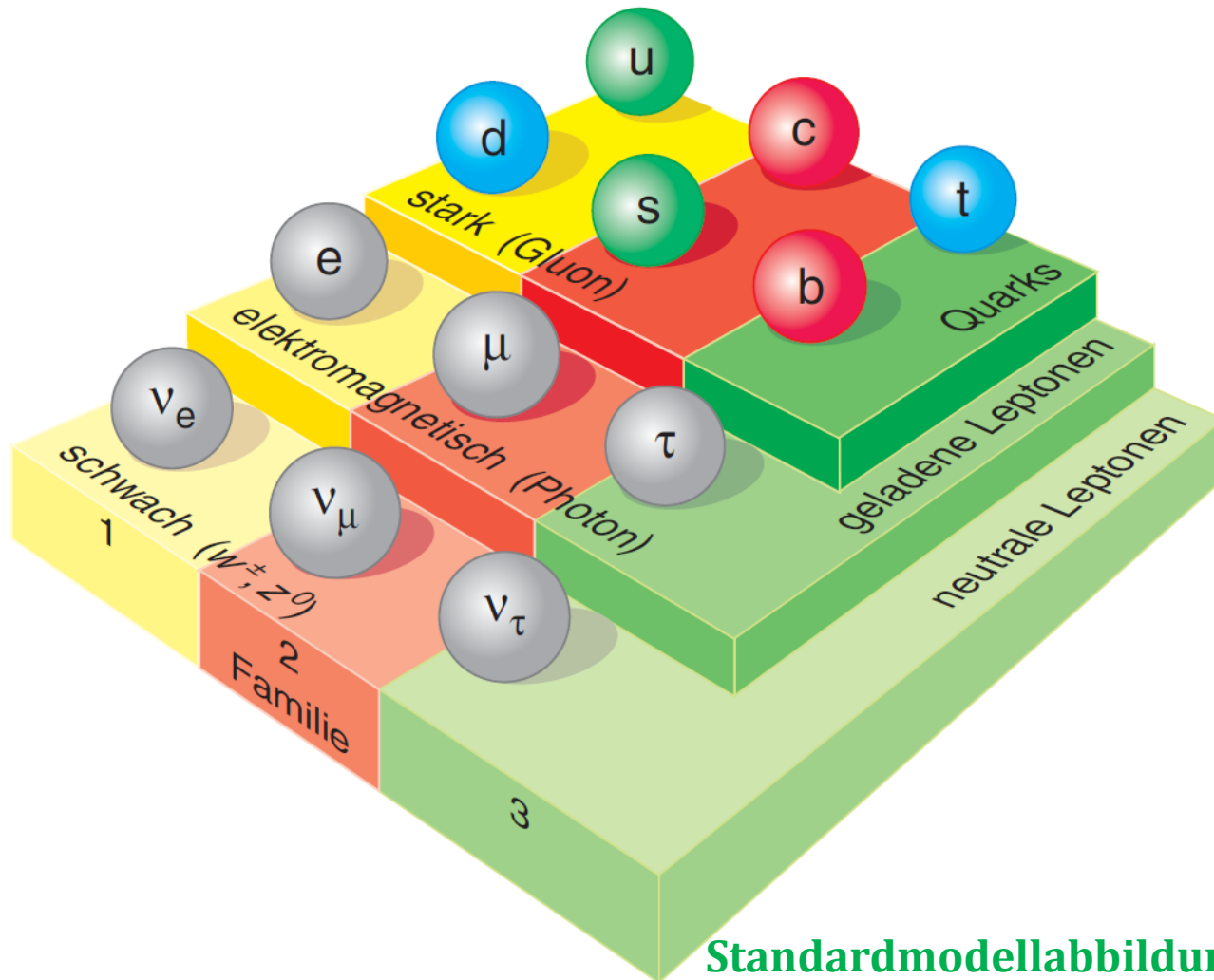


Sterne 0.4%

intergalaktisches Gas 3.6%

aterie
6

1. Forschungsziele: Die Teilchenphysik sucht



Standardmodellabbildung aus [1] S. 9

1. Forschungsziele: Die Teilchenphysik sucht



1. Forschungsziele: Die Teilchenphysik sucht



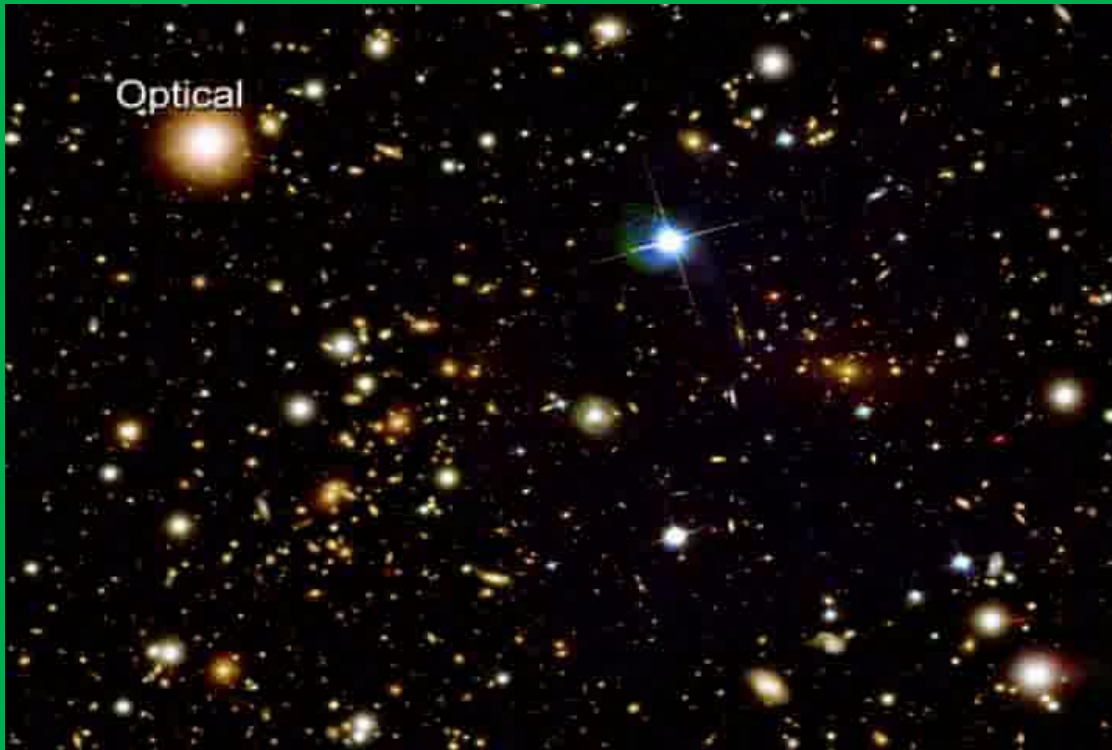
1. Forschungsziele: Die Teilchenphysik sucht



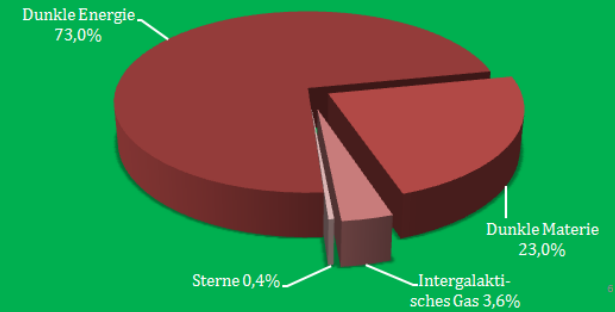
1. Forschungsziele: Die Teilchenphysik sucht



1. Forschungsziele: Die Teilchenphysik sucht



Energieverteilung im Universum



1. Forschungsziele

Nach Abschätzungen¹ existieren heute weltweit etwa 26.000 Teilchenbeschleuniger.

Davon:

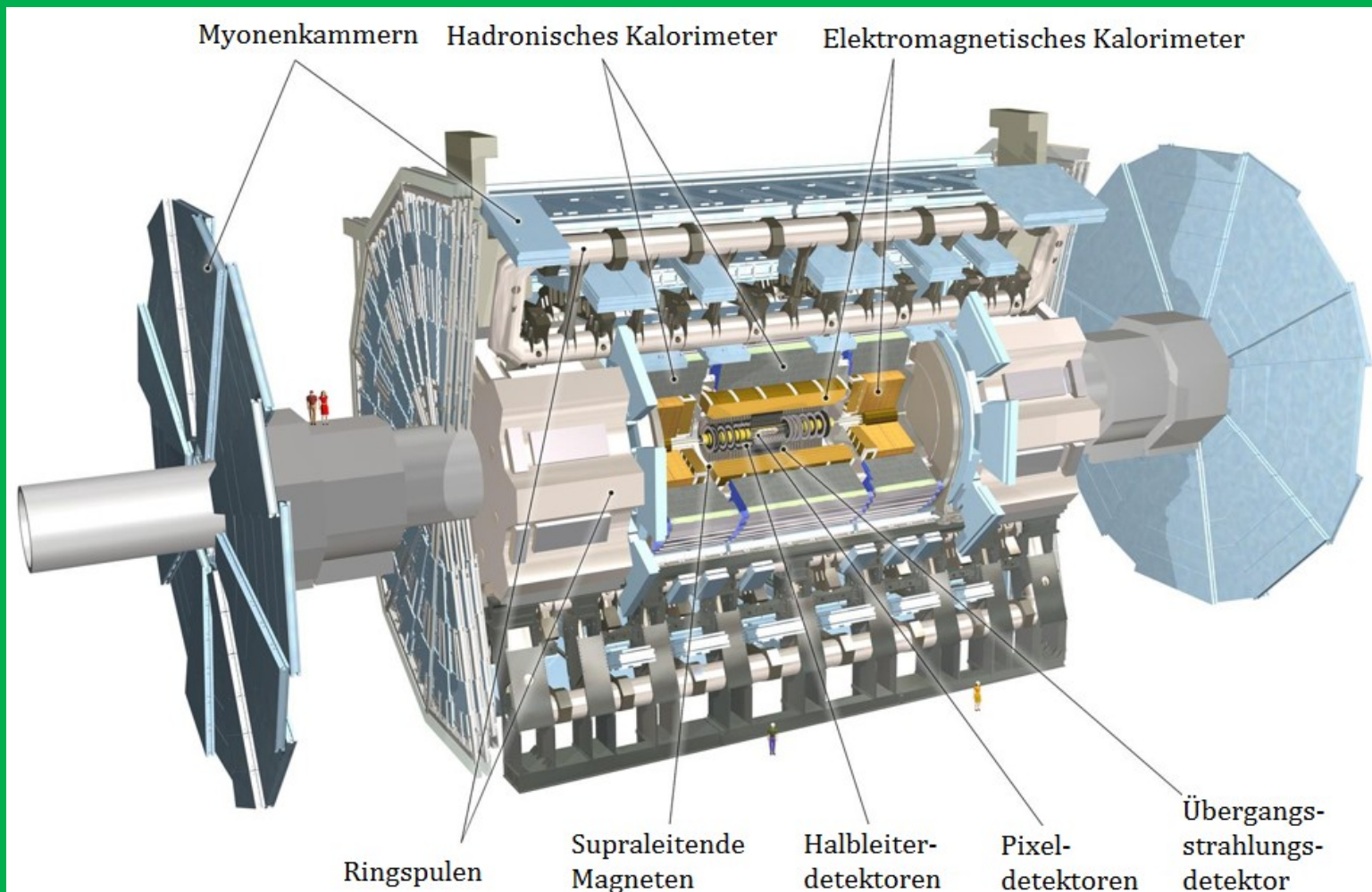
- 1% Forschungsanlagen mit Energien über 1 GeV wie beispielsweise:
 - Large Hadron Collider - LHC (früher Large Electron Positron collider - LEP), Genf (Schweiz)
 - Deutsches Elektron Synchrotron – DESY, Hamburg (Deutschland)
 - Tevatron am Fermilab, Chicago (USA)
- 44% Radiotherapiesanlagen
- 41% Ionenimplantationsanlagen
- 9% Industrieanlagen
- 5% Biomedizinforschung und sonstige Niederenergieanlagen

¹ According to William Barletta, director of UPAS, the US particle Accelerator School, per Toni Feder, in *Physics Today* February 2010, "Accelerator school travels university circuit", p. 20

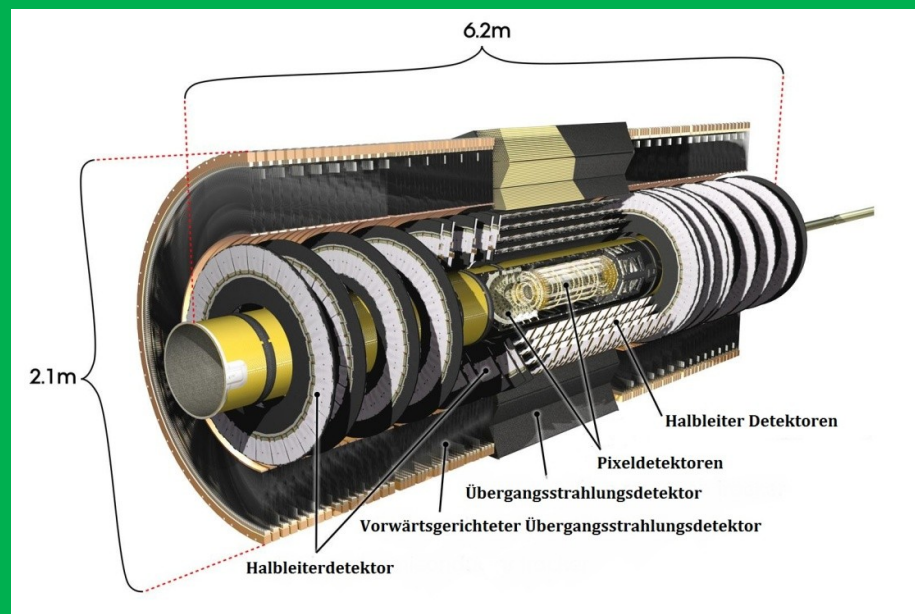
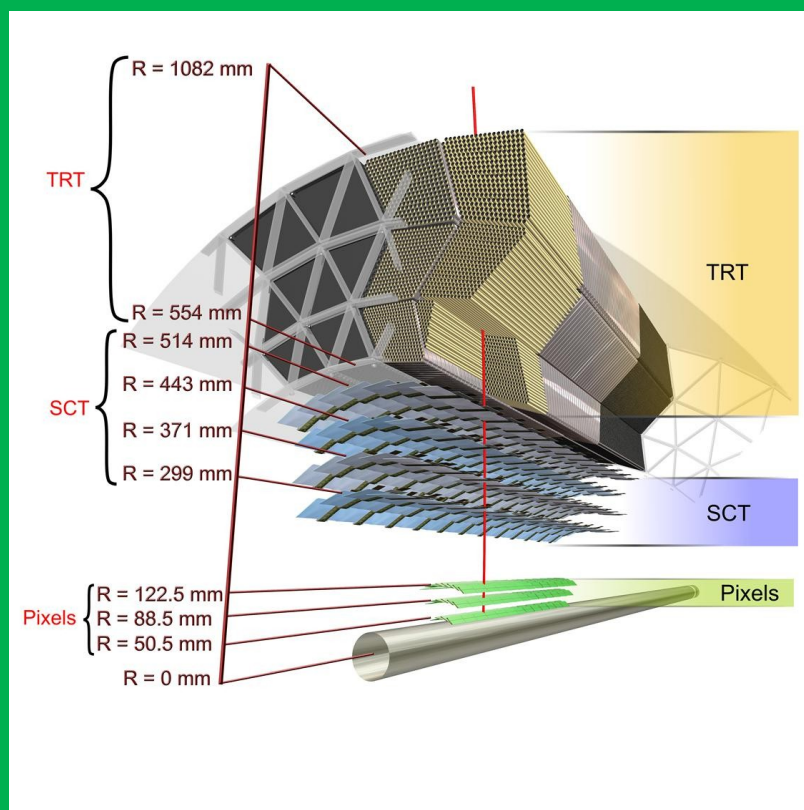
Inhalt

1. Forschungsziele
2. ATLAS-Detektor und Event Display
3. Fundamentale Prinzipien der Teilchenphysik
4. Teilchenkollisionen
5. Datenanalyse

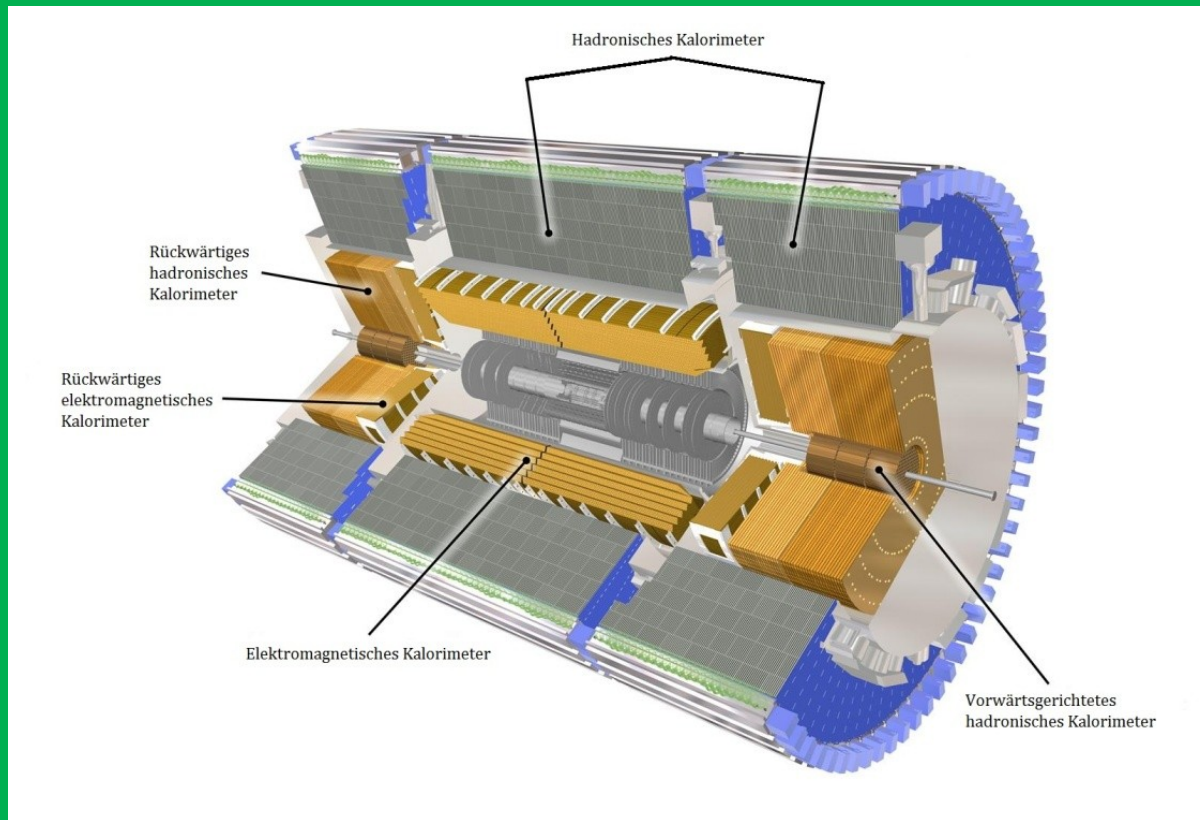
2. ATLAS-Detektor und Event Display



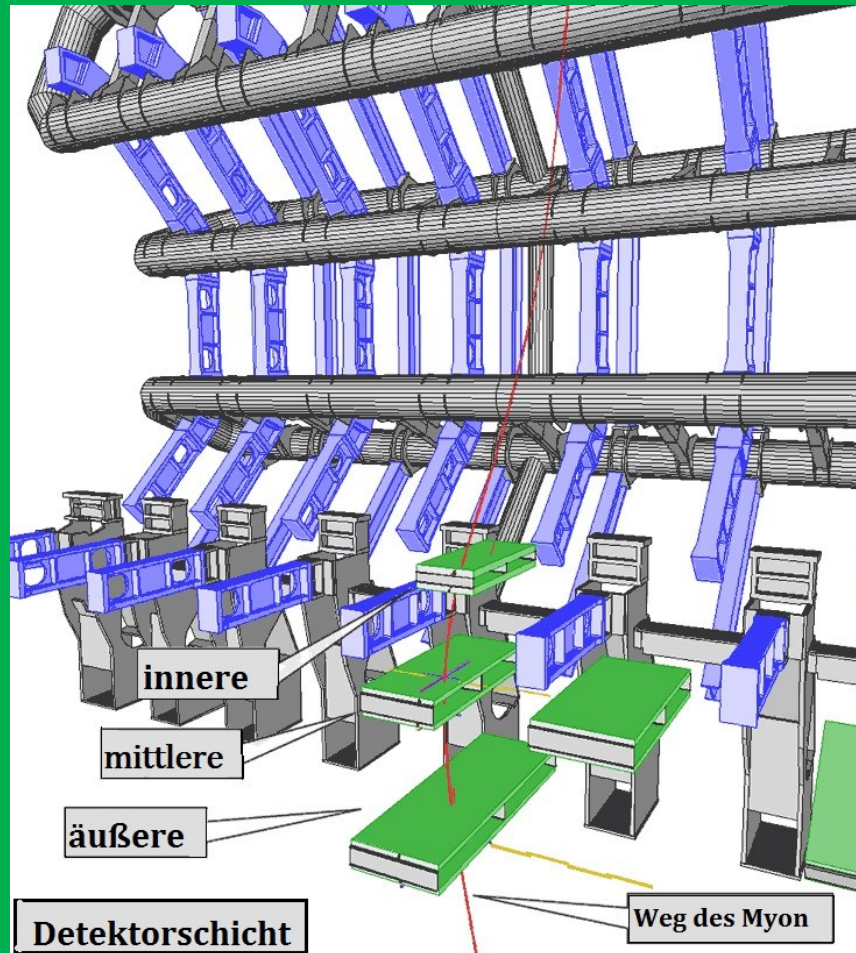
2. ATLAS-Detektor und Event Display



2. ATLAS-Detektor und Event Display



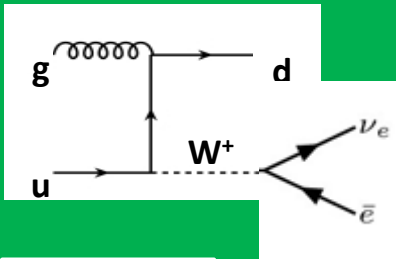
2. ATLAS-Detektor und Event Display



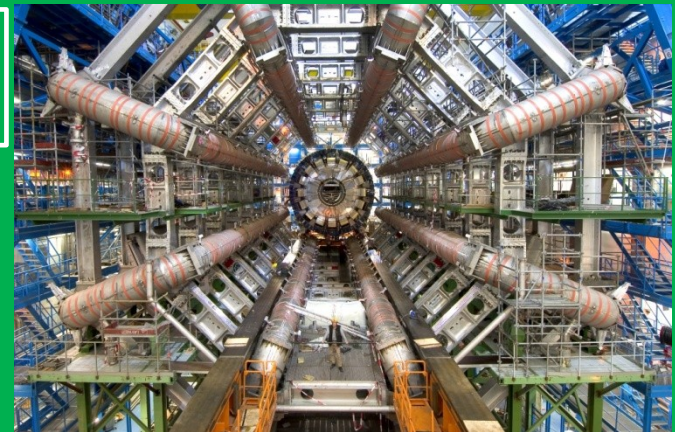
2. ATLAS-Detektor und Event Display

Das Prinzip am Beispiel eines W Bosons

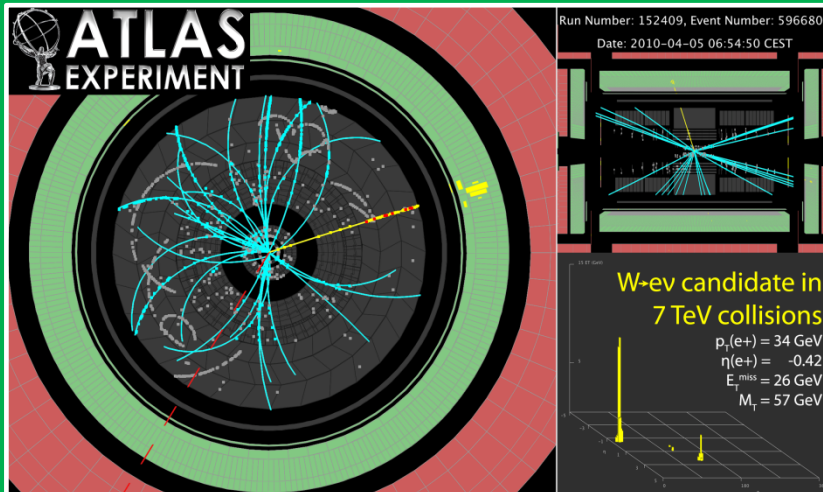
Theorie



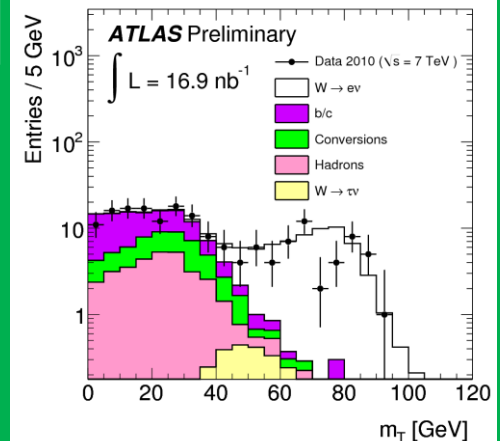
Realer Detektor
ATLAS in Genf



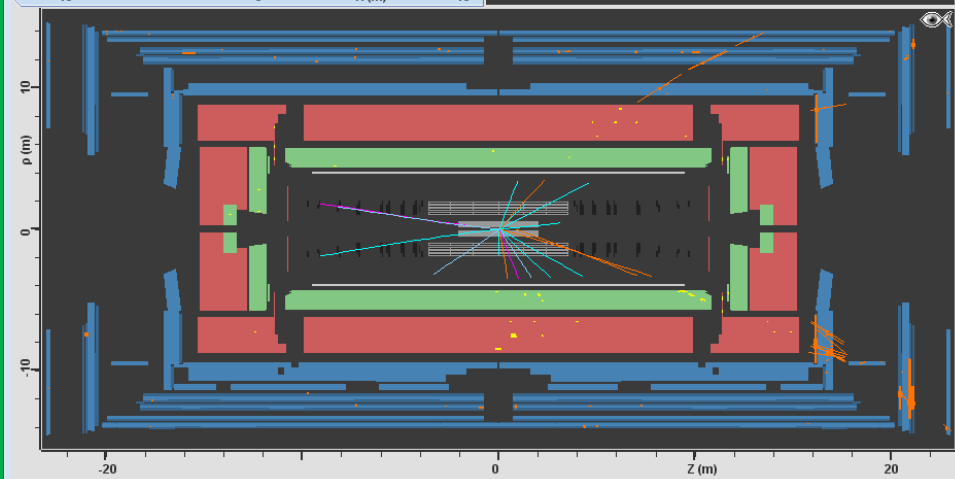
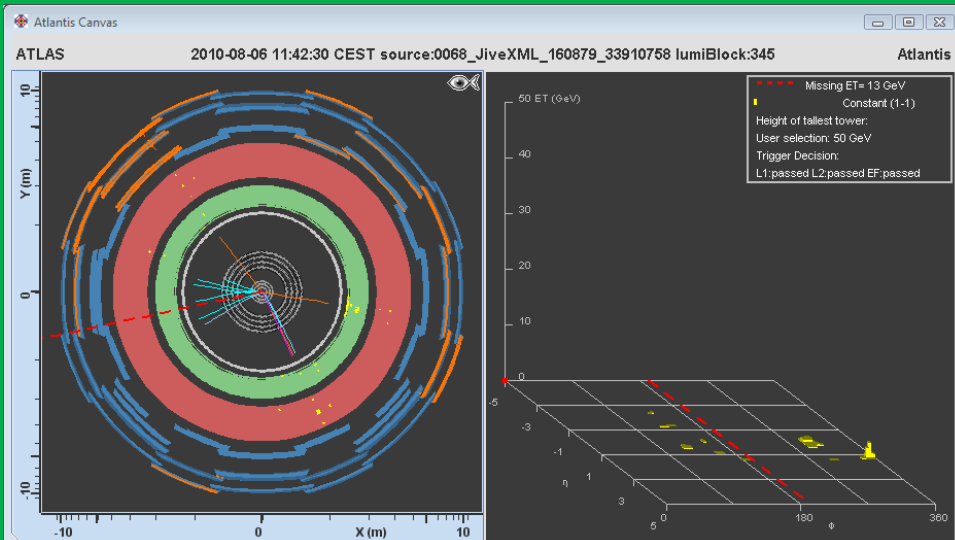
Ereignis



Statistik



2. ATLAS-Detektor und Event Display



Atlantis GUI

File Preferences Lists

Reset Demo Previous Next Help

A:\Arbeit\Masterclasses\Eventauswahl\MC Data Sample\MC Data sample 1B.zip

on/off Value: 3.504

W 1 2 1 2
B 3 4 3 4

Projection Data Cuts InDet Calo MuonDet Objects Geometry

Data

Name	Value
<input checked="" type="checkbox"/> Status	
<input checked="" type="checkbox"/> InDet	
<input checked="" type="checkbox"/> Calo	
<input checked="" type="checkbox"/> MuonDet	
<input checked="" type="checkbox"/> Objects	
<input type="checkbox"/> Jet Collections	
<input checked="" type="checkbox"/> ETMis Collections	

0064_JiveXML_160801_22615409.xml (1608010022615409)

0065_JiveXML_161379_35877721.xml (1613790035877721)

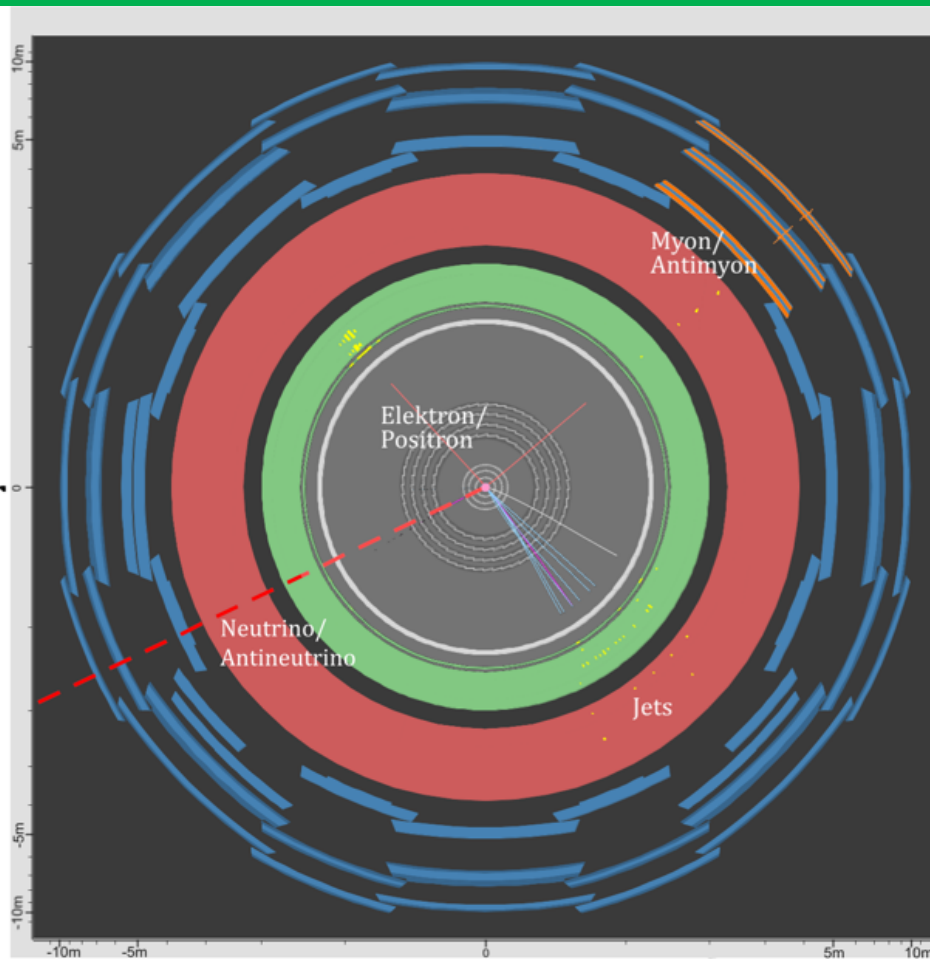
0066_JiveXML_161379_49036944.xml (1613790049036944)

0067_JiveXML_160613_32144623.xml (1606130032144623)

0068_JiveXML_160879_33910758.xml (1608790033910758)

2. ATLAS-Detektor und Event Display

- Strahlrohr
- Spurdetektor
- Solenoid-Magnet
- elektromagnetisches Kalorimeter
- hadronisches Kalorimeter
- Myon-Kammer



Inhalt

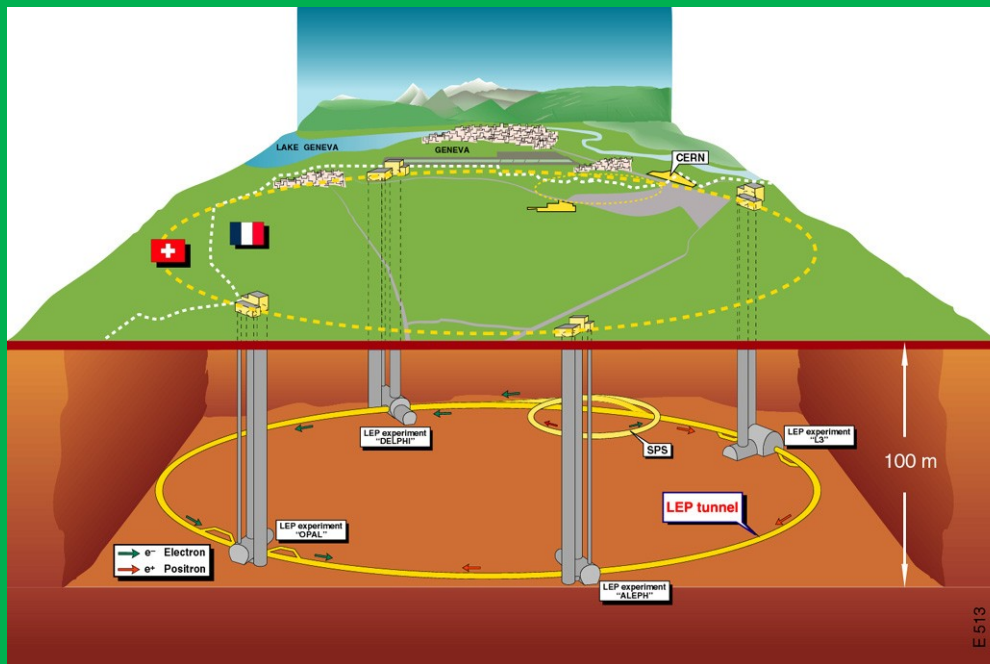
1. Forschungsziele
2. ATLAS-Detektor und Event Display
3. Fundamentale Prinzipien der Teilchenphysik
4. Teilchenkollisionen
5. Datenanalyse

3. Fundamentale Prinzipien der Teilchenphysik

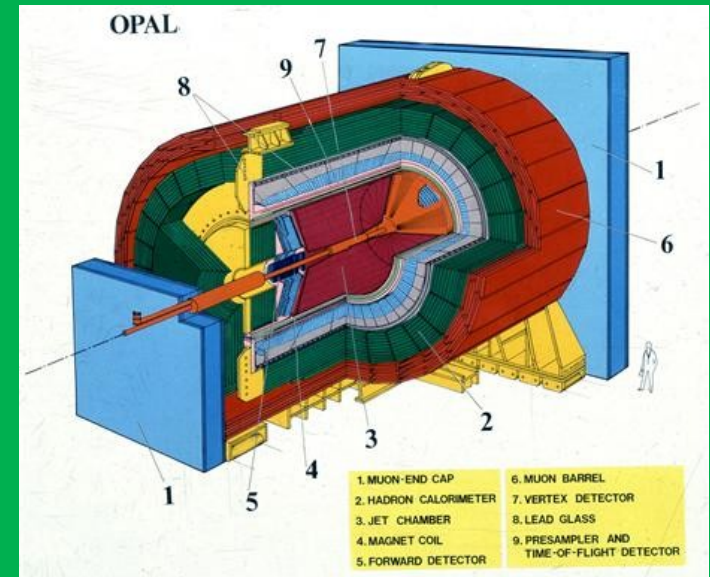
1. Energie- und Impulserhaltung
2. Wie messe ich Neutrinos?
3. Teilchenidentifikation



3. Fundamentale Prinzipien der Teilchenphysik

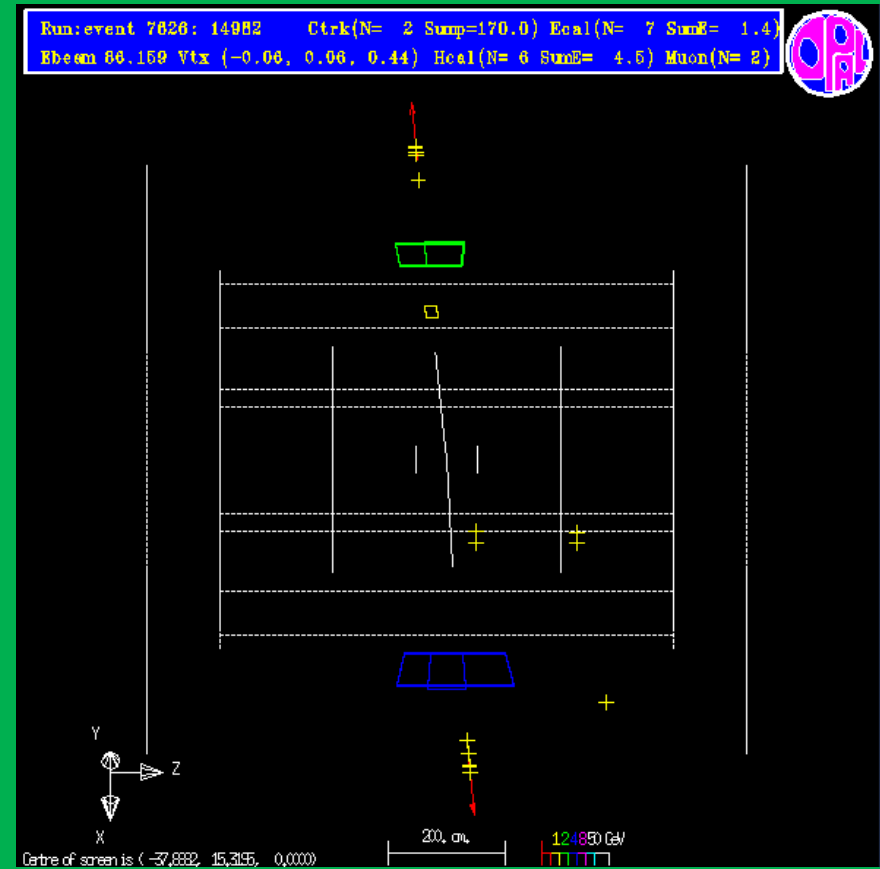
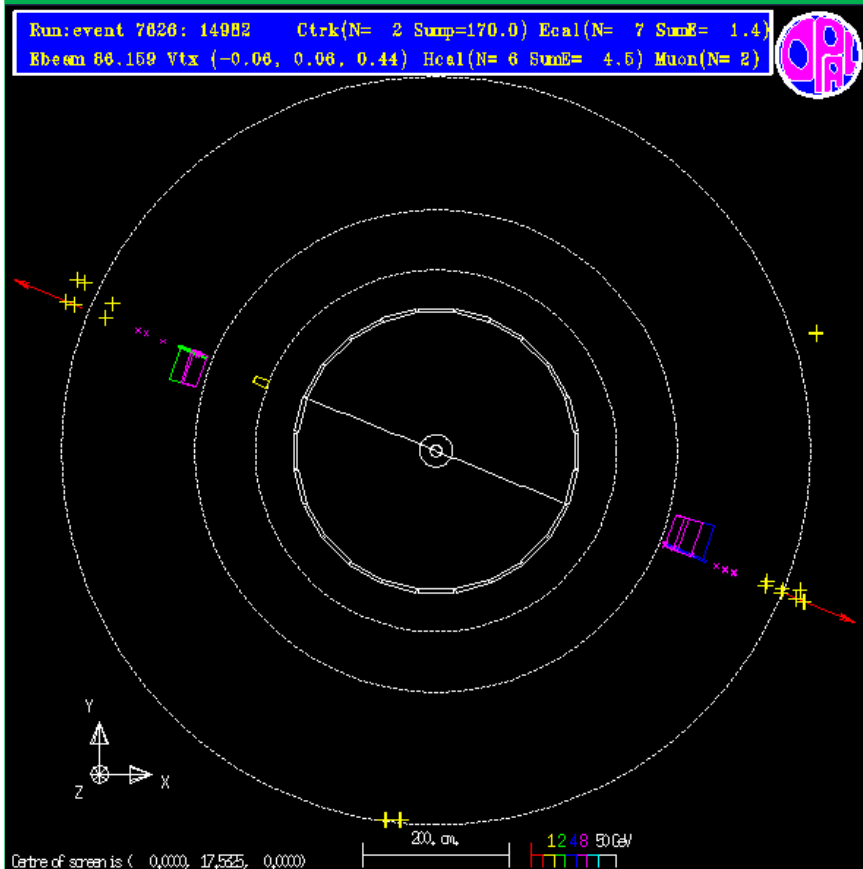


Large Electron Positron Collider (LEP):
Präzisionsmessung en am Z-Teilchen

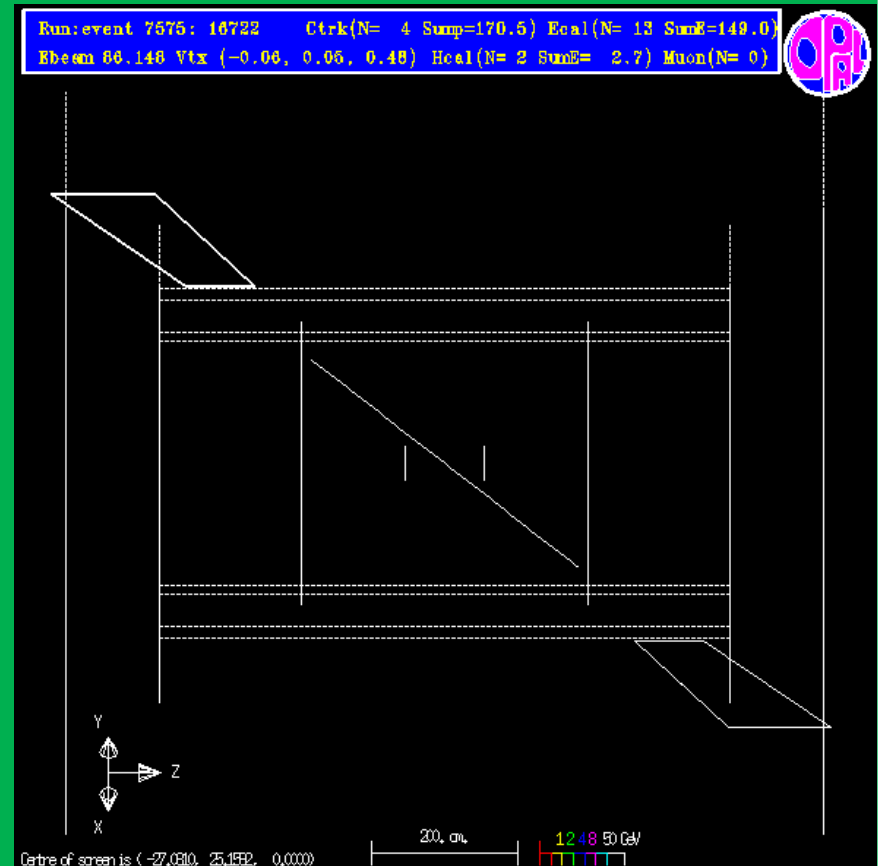
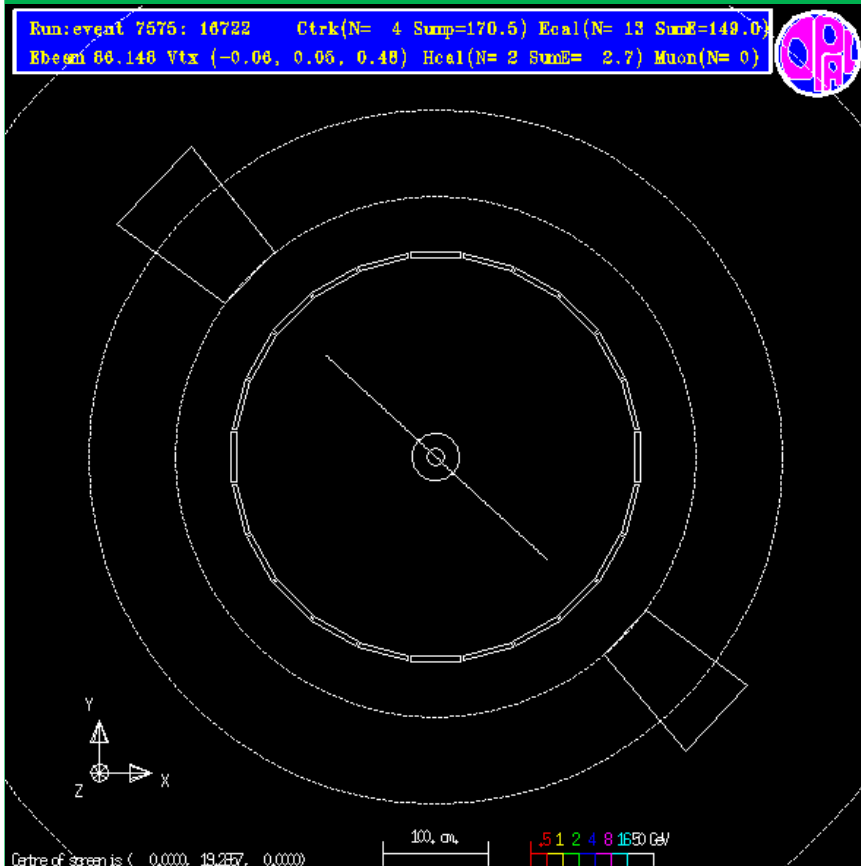


OPAL

3. Fundamentale Prinzipien der Teilchenphysik



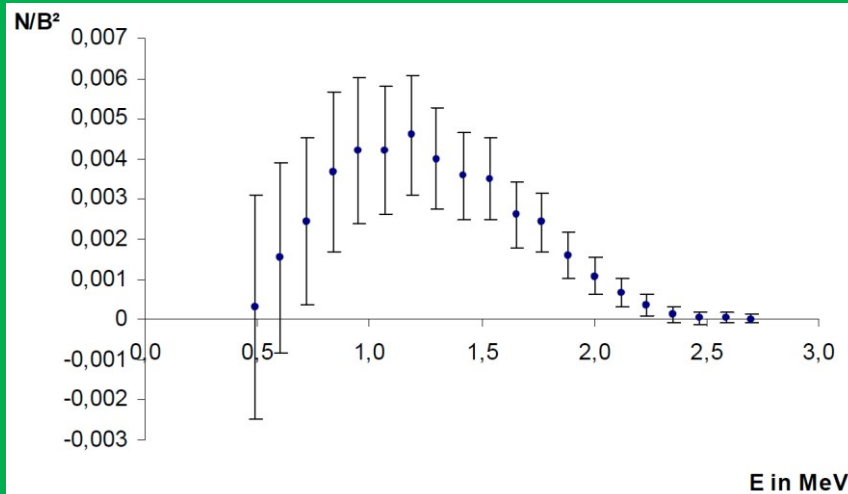
3. Fundamentale Prinzipien der Teilchenphysik



Das Ergebnis: Der Impuls bleibt bei diesem Zerfall erhalten!

3. Fundamentale Prinzipien der Teilchenphysik

Das W-Boson und die Geschichte des Beta-Zerfalls:



Mythenstr. Photographie auf Blatt 0393
Abschrift/15.12.56 PM

Offener Brief an die Gruppe der Radioaktiven bei der
Gauvereins-Tagung zu Tübingen.

Abschrift
Physikalisches Institut
der Eidg. Technischen Hochschule
Zürich

Zürich, 4. Dez. 1930
Ulrichstrasse

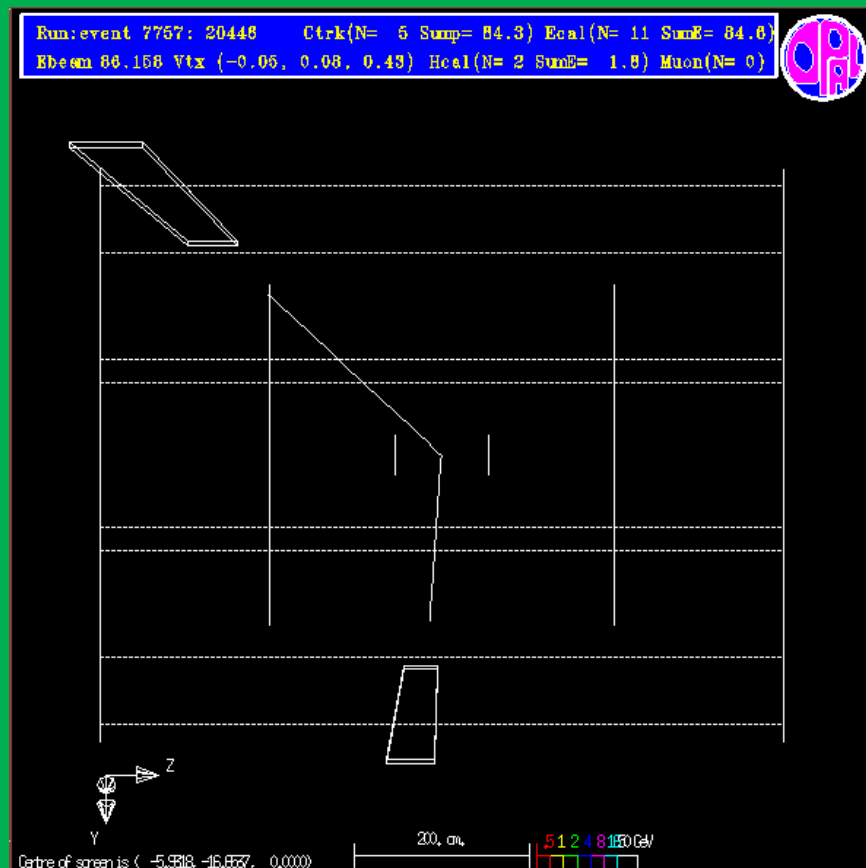
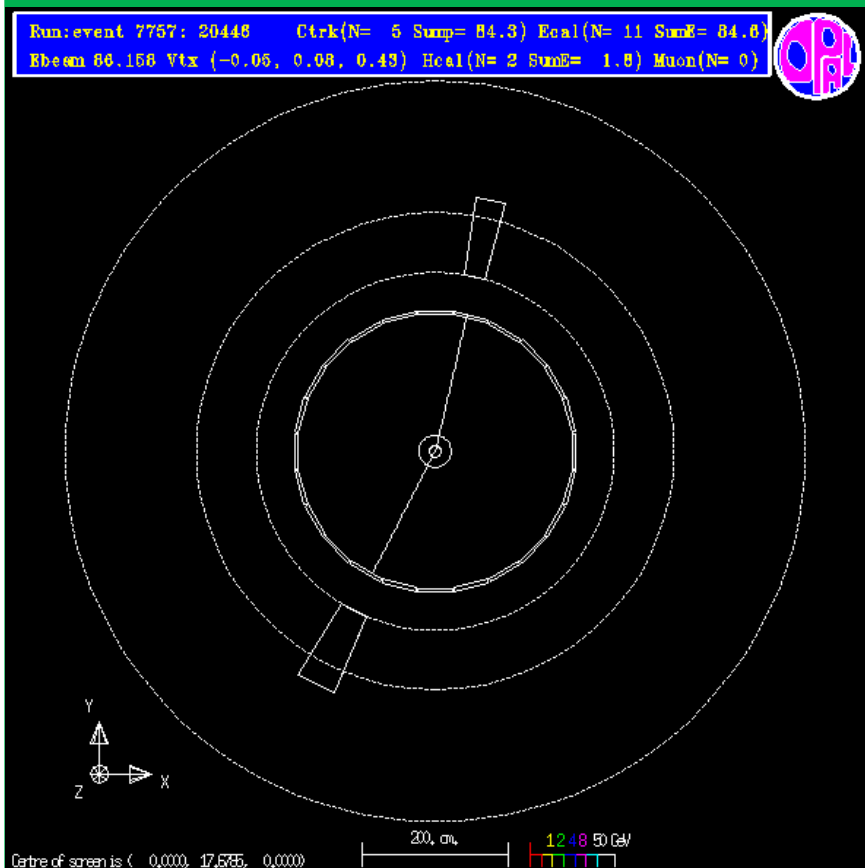
Liebe Radioaktive Damen und Herren,

Wie der Ueberbringer dieser Zeilen, den ich baldvollet
anzuhören bitte, Ihnen des näheren auseinandersetzen wird, bin ich
angesichts der "falschen" Statistik der N - und $Li-6$ Kerne, sowie
des kontinuierlichen beta-Spektrums auf einen verzweifelten Ausweg
verfallen um den "Wechselwitz" (1) der Statistik und den Energiesatz
zu retten. Nämlich die Möglichkeit, es könnten elektrisch neutrale
Teilchen, die ich Neutronen nennen will, in den Kernen existieren,
welche den Spin $1/2$ haben und das Anschliessungsprinzip befolgen und
sich von Lichtquanten ausserdem noch dadurch unterscheiden, dass sie
nicht mit Lichtgeschwindigkeit laufen. Die Masse der Neutronen
müsste von derselben Grössenordnung wie die Elektronenmasse sein und
jedenfalls nicht grösser als $0,01$ Protonenmasse.- Das kontinuierliche
beta-Spektrum wäre dann verständlich unter der Annahme, dass beim
beta-Zerfall mit dem Elektron jeweils noch ein Neutron emittiert
wird, derart, dass die Summe der Energien von Neutron und Elektron
konstant ist.

1896 – 1899 – 1903 – 1909 – 1911 – 1930 – 1956 – 1962



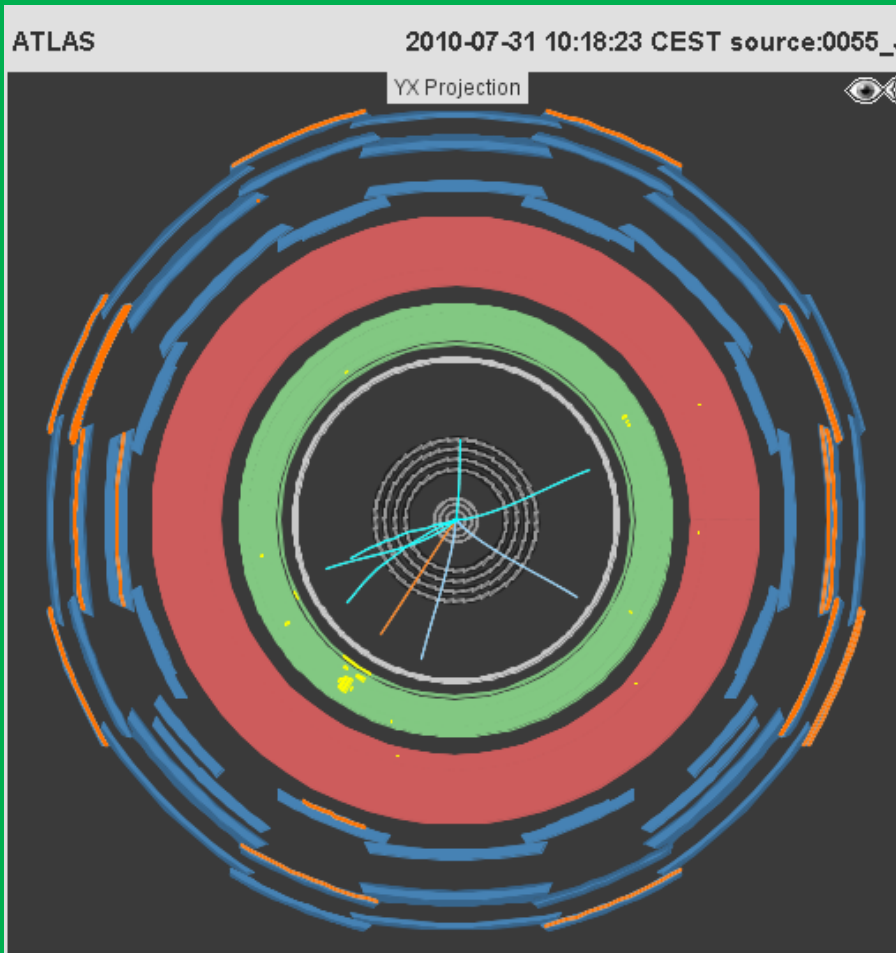
3. Fundamentale Prinzipien der Teilchenphysik



3. Fundamentale Prinzipien der Teilchenphysik

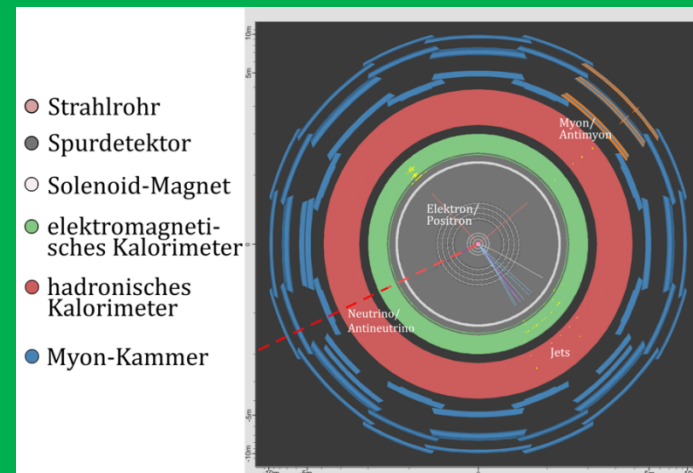
1. Energie- und Impulserhaltung
2. **Wie messe ich Neutrinos?**
3. Teilchenidentifikation

3. Fundamentale Prinzipien der Teilchenphysik

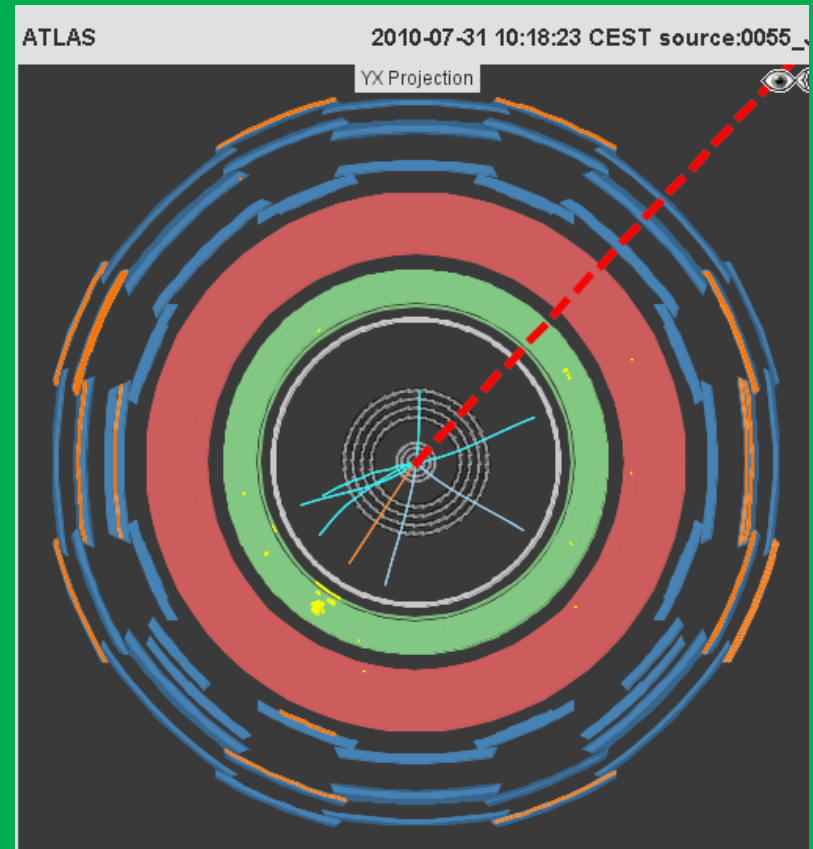
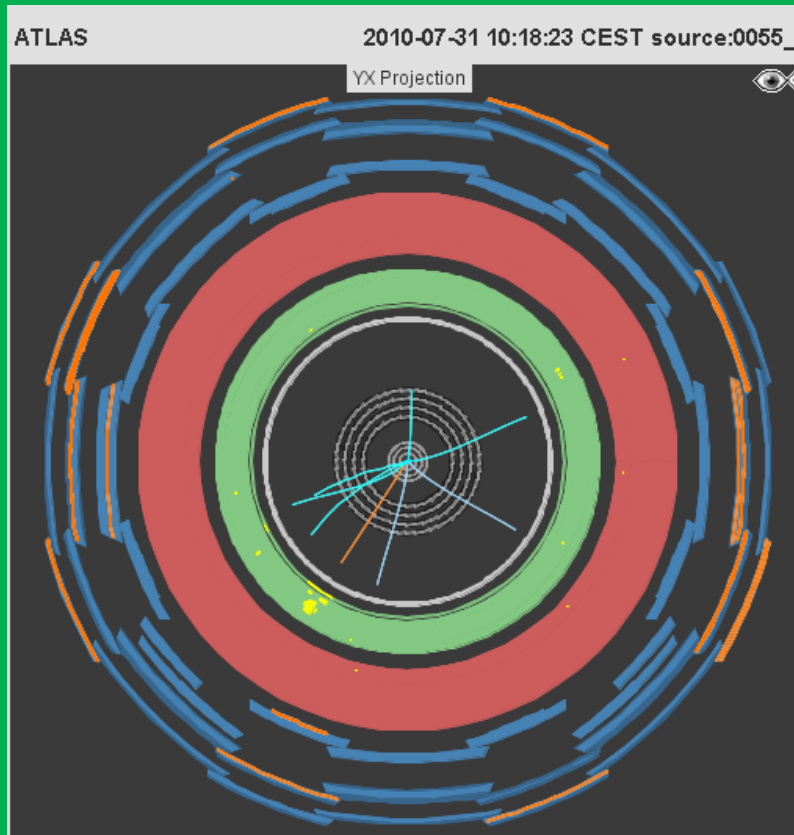


Was fällt Ihnen bei den Energieeinträgen in diesem Ereignis auf?

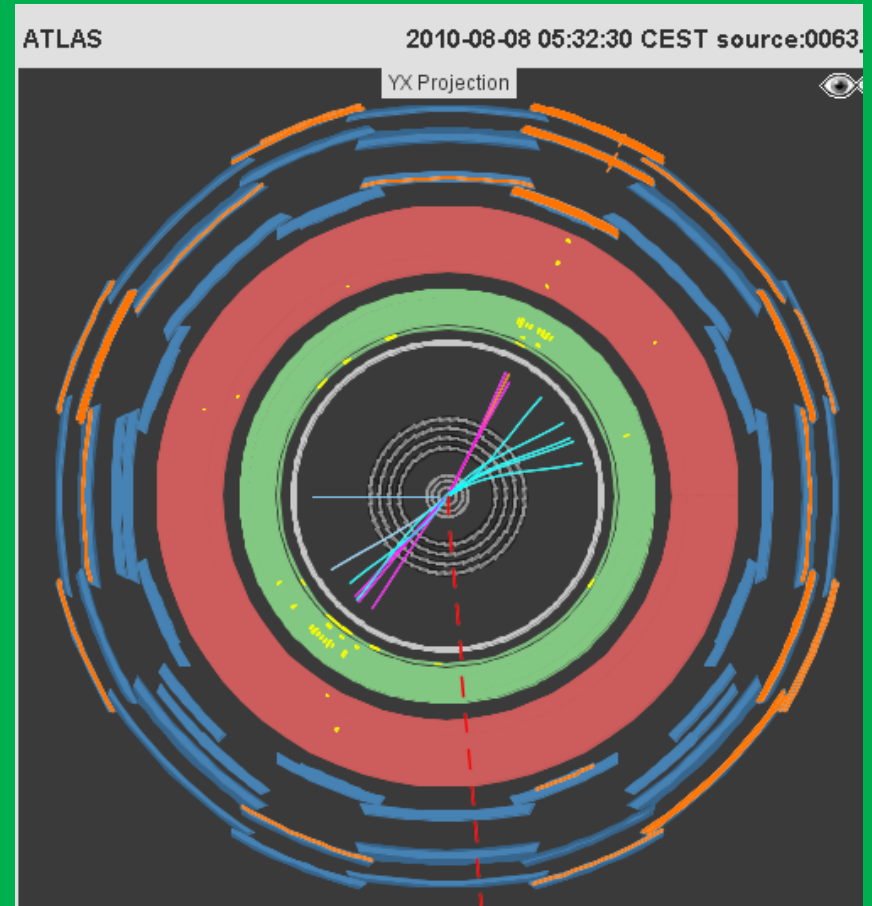
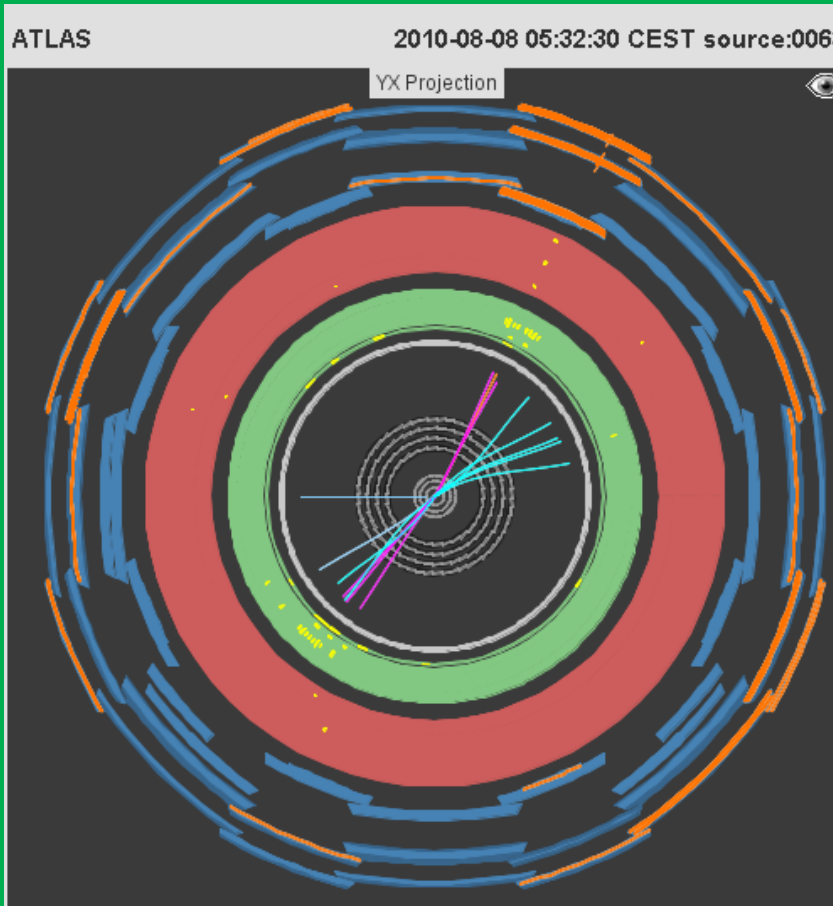
(linke Abb.: echte Proton-Proton-Kollision gesehen mit dem ATLAS-Detektor am 31.07.2010)



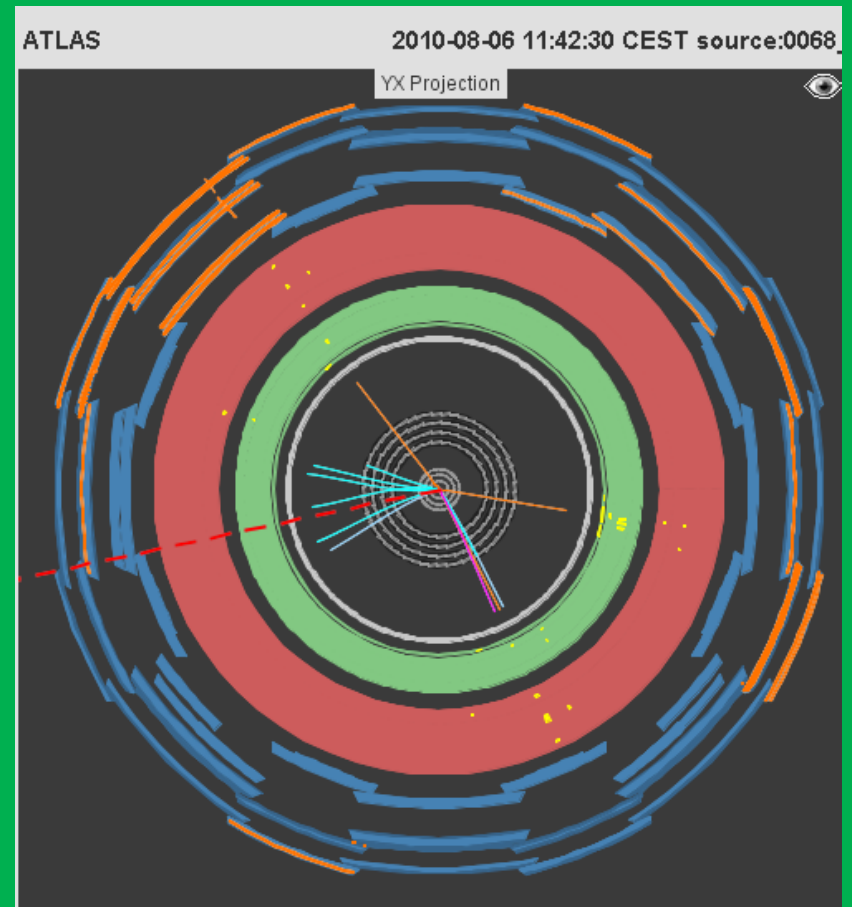
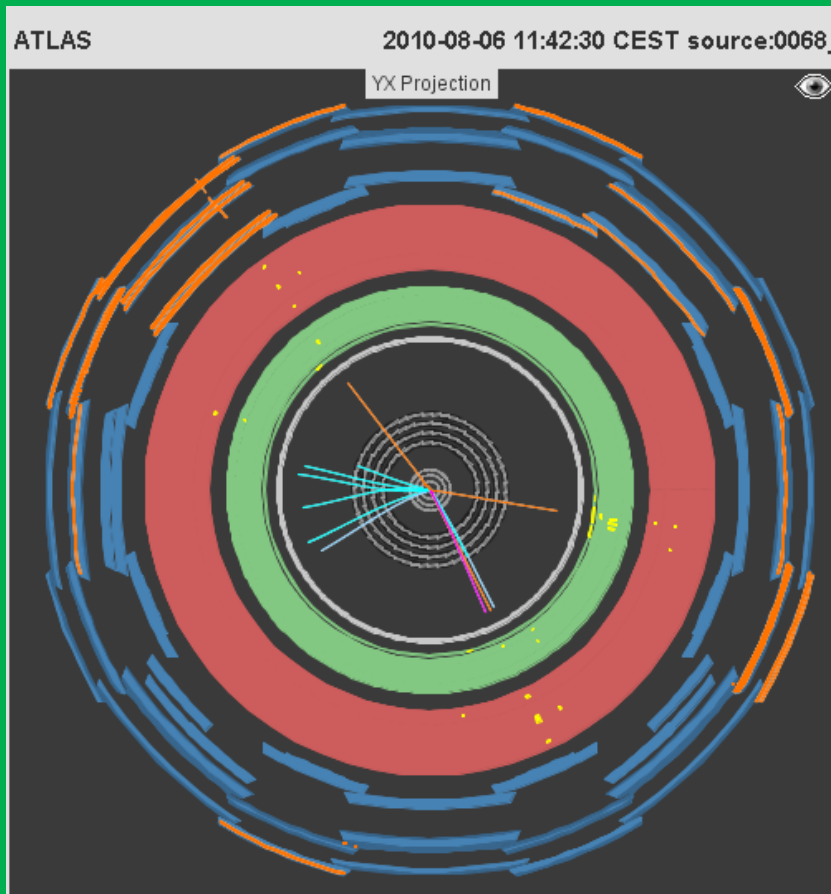
2. Fundamentale Prinzipien der Teilchenphysik



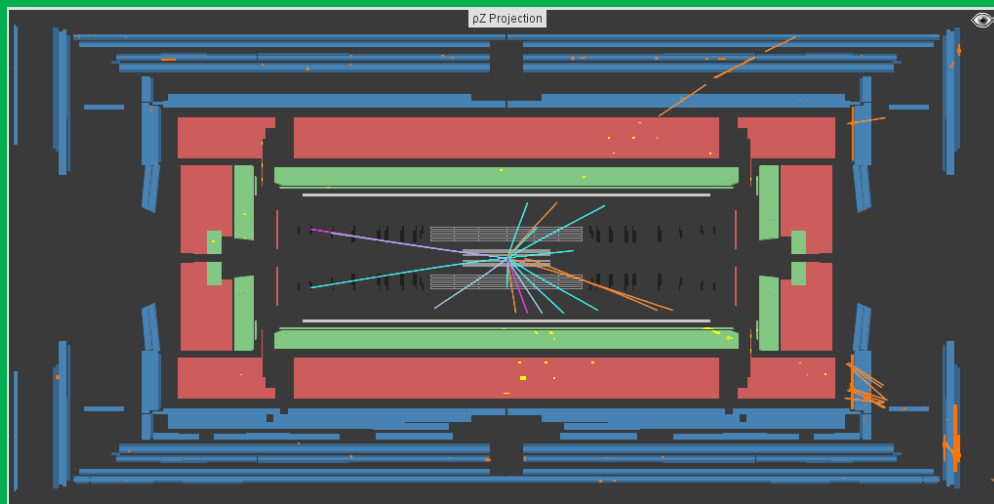
2. Fundamentale Prinzipien der Teilchenphysik



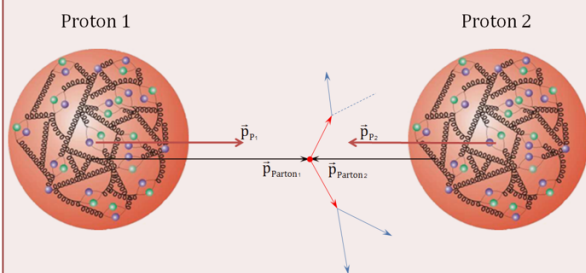
2. Fundamentale Prinzipien der Teilchenphysik



2. Fundamentale Prinzipien der Teilchenphysik

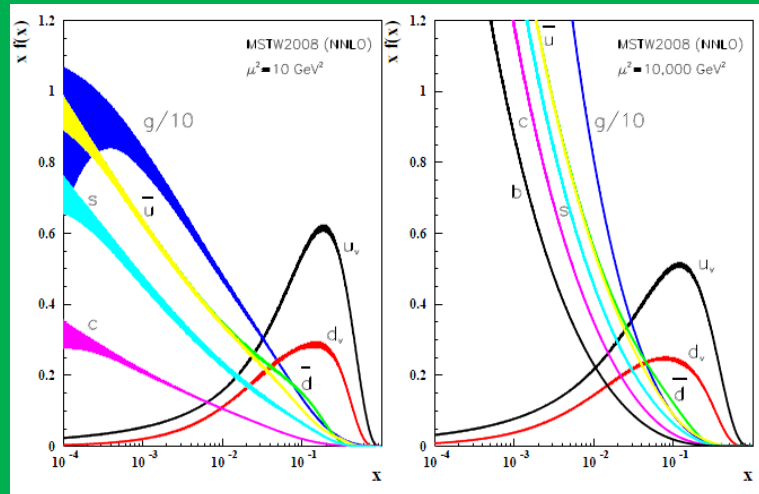


Wechselwirkung von Teilen der beiden kollidierenden Protonen – den sog. Partonen (Quarks, Gluonen)



\vec{p}_{P_1} ... Gesamtimpuls Proton 1
 \vec{p}_{P_2} ... Gesamtimpuls Proton 2
 • Wechselwirkungspunkt

\vec{p}_{Parton_1} ... Impuls Parton 1
 \vec{p}_{Parton_2} ... Impuls Parton 2



2. Fundamentale Prinzipien der Teilchenphysik

Merke:

1. Der ATLAS-Detektor kann keine Neutrinos nachweisen.
2. Neutrinos werden durch den fehlenden transversalen Impuls (fehlende transversale Energie genannt) in einem Ereignis nachgewiesen.
3. Dies geschieht erst in der Rekonstruktion.
4. Im Event Display wird die Richtung des fehlenden transversalen Impulses durch eine gestrichelte rote Linie angezeigt. Deren Breite sagt etwas über die Größe dieses Impulses aus.

3. Fundamentale Prinzipien der Teilchenphysik

1. Energie- und
Impulserhaltung

2. Wie messe ich
Neutrinos?

3. Teilchenidentifikation

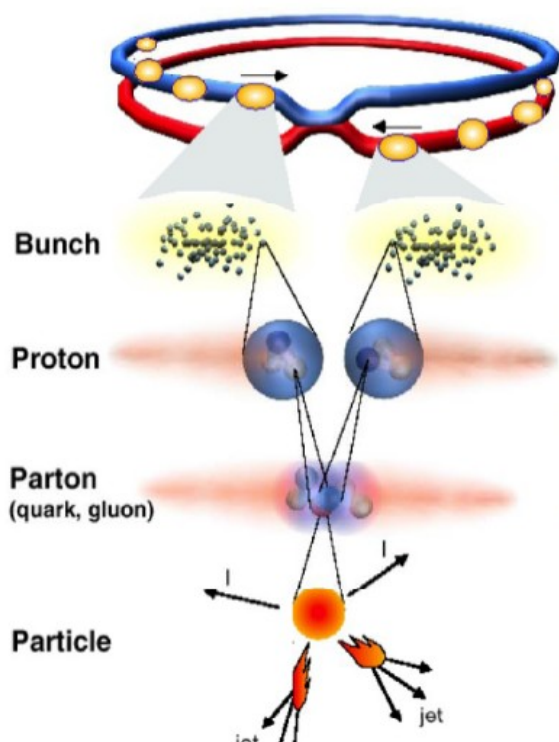


Inhalt

1. Forschungsziele
2. ATLAS-Detektor und Event Display
3. Fundamentale Prinzipien der Teilchenphysik
4. Teilchenkollisionen
5. Datenanalyse

4. Teilchenkollisionen

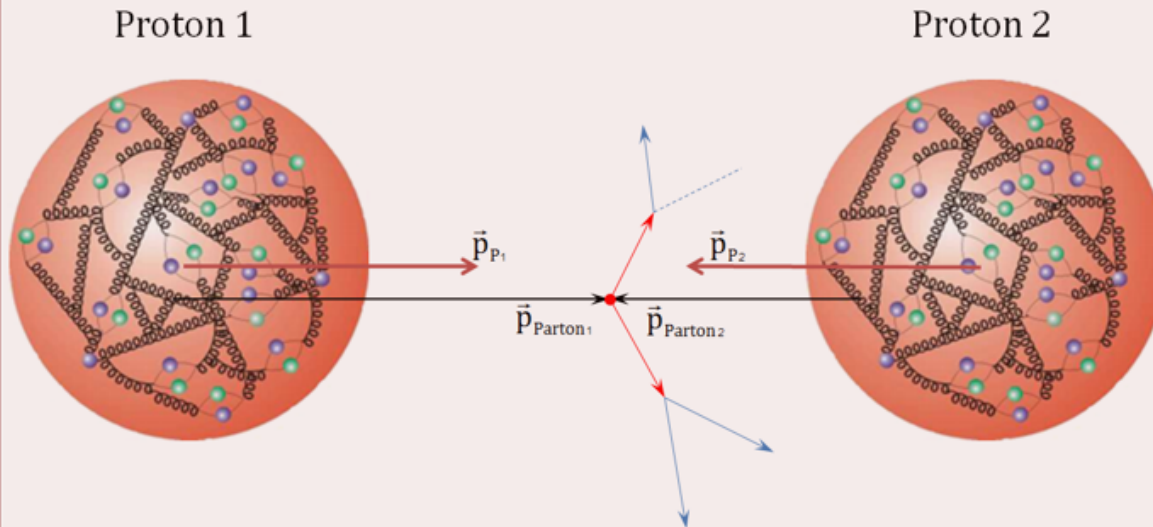
(geplante) Parameter des LHC



- 2835×2835 Proton-Proton-Pakete („bunches“)
Bis jetzt: 300 x 300
- 10^{11} Protonen/Paket
Proton-Energie: 7 TeV
Bis jetzt: 3,5 TeV
- Kreuzungsrate der p-Pakete: 40 MHz
Bis jetzt: 4 MHz
- bis zu 10^9 pp-Stöße/sec
Bis jetzt: 10^7 pp-Stöße/sec
- Luminosität:
 $10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ Design.
Bis jetzt: $10^{32} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
- 23 Ereignisse im Detektor überlagert
Bis jetzt: ca. 3 Ereignisse überlagert

4. Teilchenkollisionen

Wechselwirkung von Teilen der beiden kollidierenden Protonen – den sog. Partonen (Quarks, Gluonen)



\vec{p}_{P_1} ... Gesamtimpuls Proton 1

\vec{p}_{P_2} ... Gesamtimpuls Proton 2

• Wechselwirkungspunkt

$\vec{p}_{\text{Parton}_1}$... Impuls Parton 1

$\vec{p}_{\text{Parton}_2}$... Impuls Parton 2

Inhalt

1. Forschungsziele
2. ATLAS-Detektor und Event Display
3. Fundamentale Prinzipien der Teilchenphysik
4. Teilchenkollisionen
5. Datenanalyse

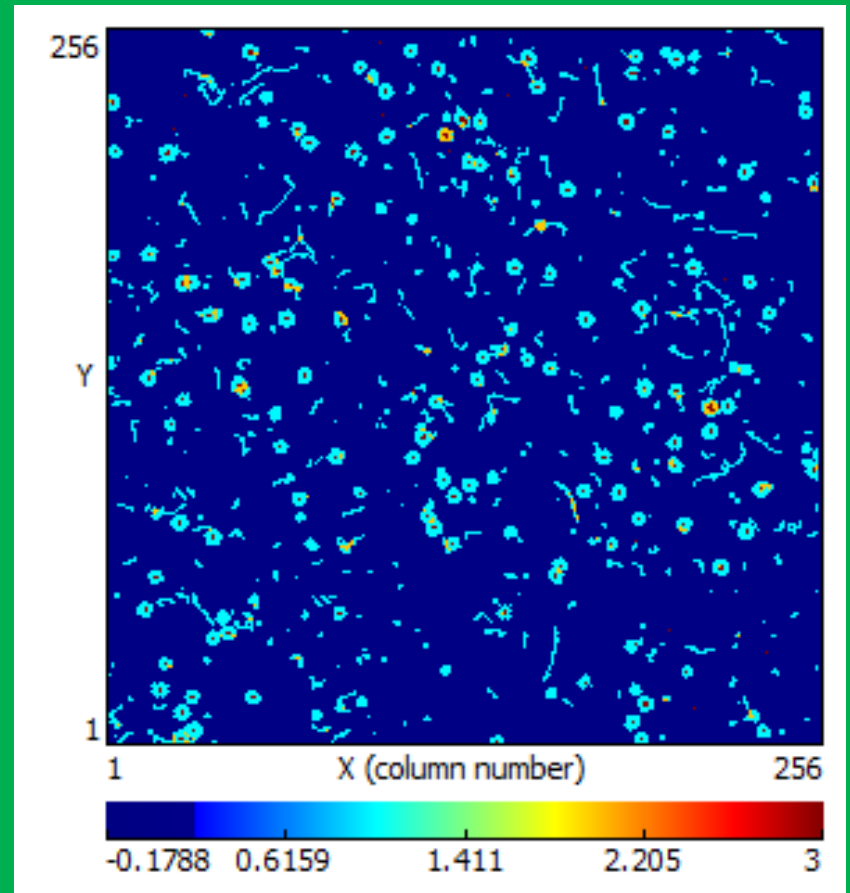
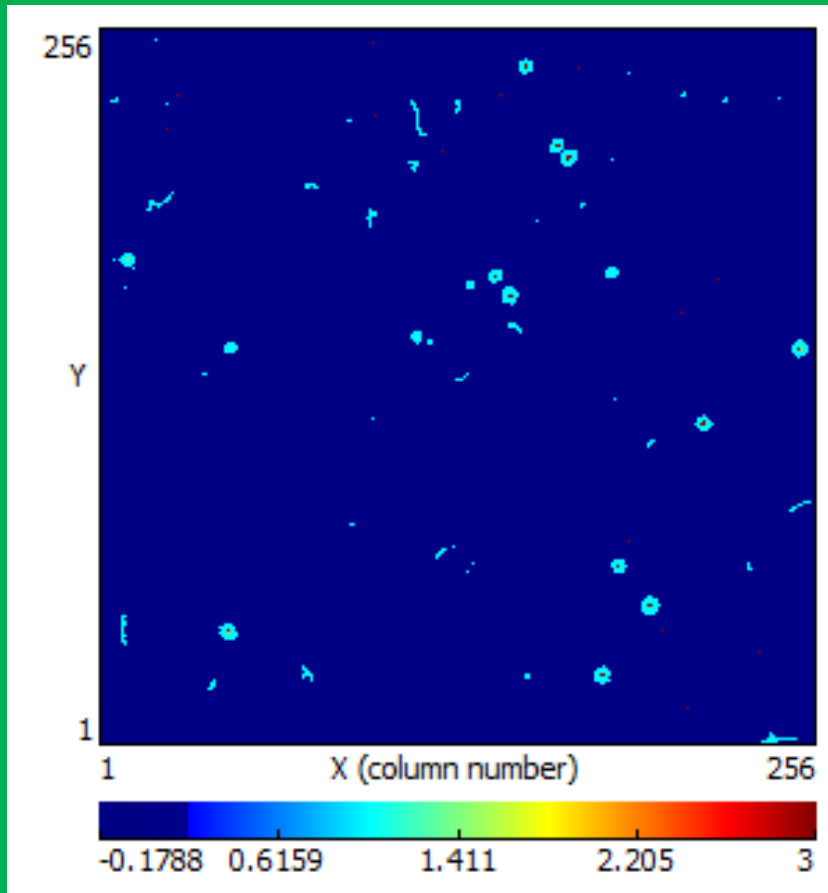
5. Datenanalyse

Hier lernst Du etwas über die ...

- Methoden der Datenanalyse in der Teilchenphysik
 - Zählexperimente
 - Signal vs. Background
- an ausgewählten Beispielen ...
 - des Pion-Zerfalls und
 - der Datenstichprobe unserer Messung

5. Datenanalyse

Zählexperimente: Wie viele von den kreisförmigen Signalen siehst Du?



5. Datenanalyse

Zählexperimente:

Ein teilchenphysikalisches Zählexperiment ist eine Messung, die sich durch die Zuweisung von Auswahlkriterien, dem Zählen der sich in der Auswahl befindenden Ereignisse und dem Vergleich mit dem zu erwartenden Untergrund definiert.

! Ihr werdet gleich ein Zählexperiment mit einer ATLAS Datenstichprobe durchführen und dabei zählen, wie viele Ereignisse, bei denen W-Bosonen erzeugt wurden, in dieser Stichprobe enthalten sind. !

5. Datenanalyse

Im Anschluss daran werden die Anzahlen meist in Grafiken veranschaulicht, um ihre Abhängigkeiten von bestimmten physikalischen Größen darzustellen:

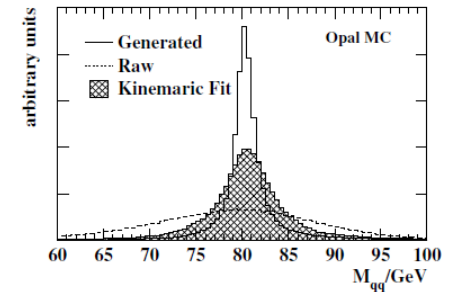
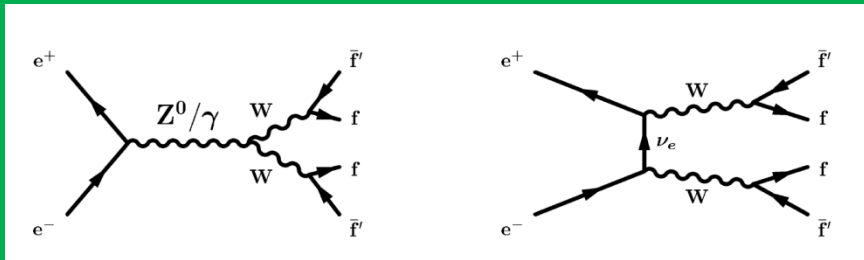
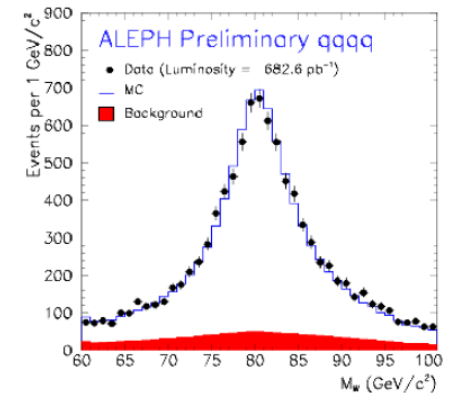
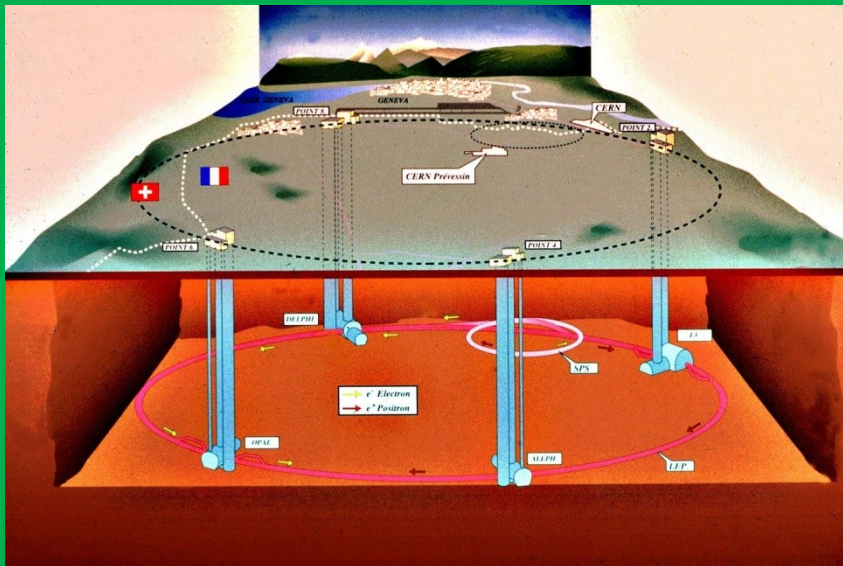


Fig. 1. A comparison of the reconstructed invariant mass distribution from the $q\bar{q}$ system in $W^+W^- \rightarrow q\bar{q}l\nu_e$ events using the measured quantities (Raw) and the result of the kinematic fit. Also shown is the underlying generated distribution



5. Datenanalyse

Wie, einfach nur zählen? - Um ehrlich zu sein, es ist schwieriger, viel schwieriger!

Beispiel 1: Sonnenspektren

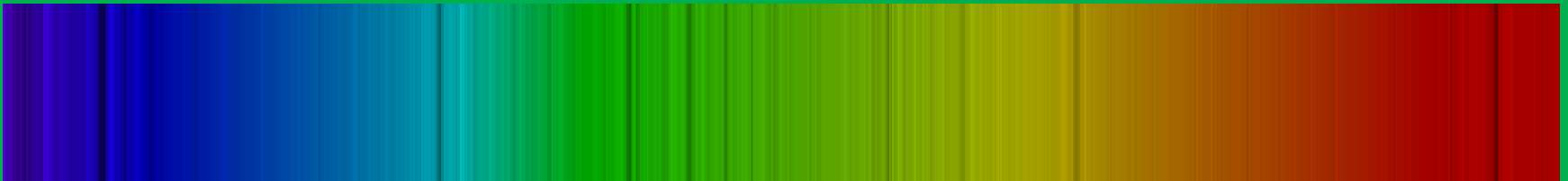
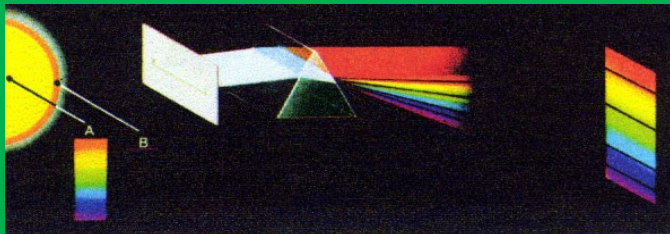


Foto: Clemens Mart, August 2009

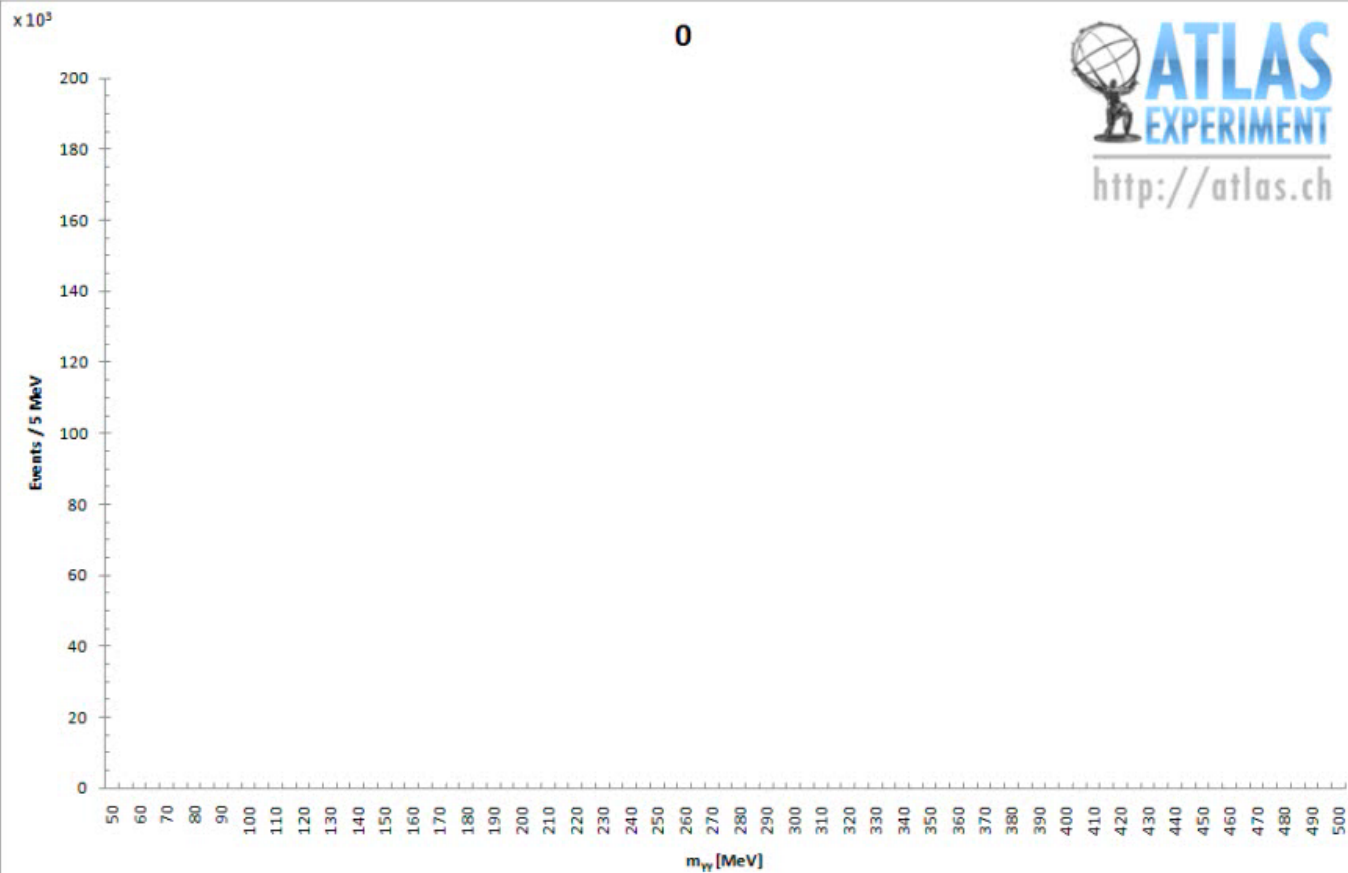
Was lässt sich aus diesem Bild ableiten?



Untergrund (Background): kontinuierliches Spektrum
Signal: Linienspektrum
Signal vs. Untergrund: Absorptionslinienspektrum

5. Datenanalyse

Beispiel 2: Wie sich ein Teilchen verrät am Beispiel einer Messung des Pion

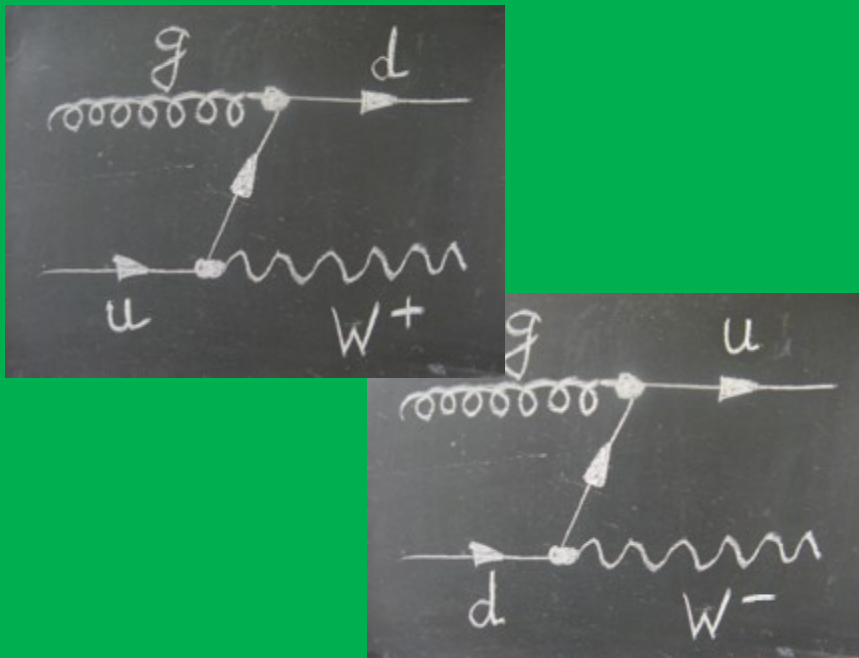


5. Datenanalyse

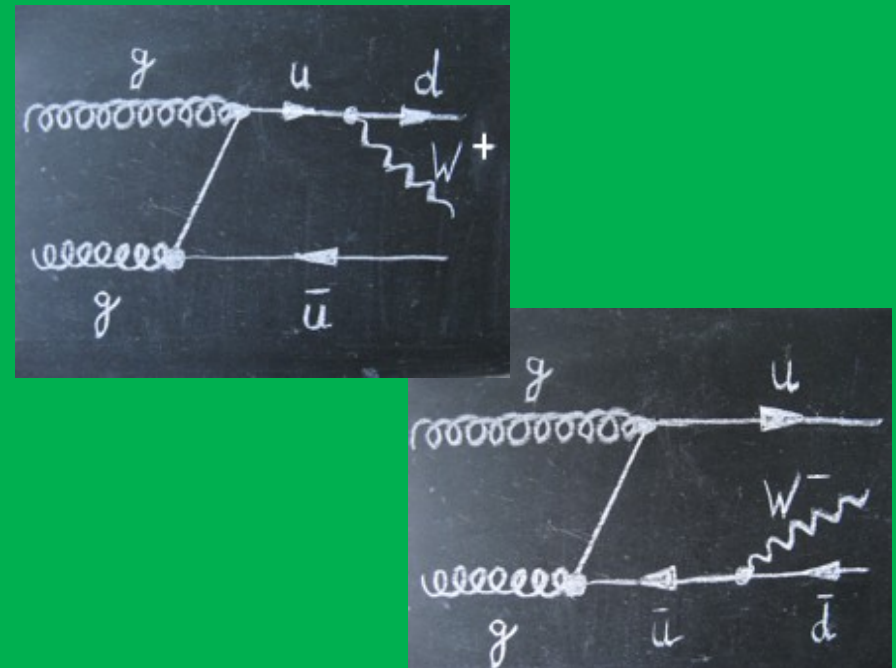
Beispiel 3: Das W-Boson (Vorbereitung für gleich !!!)

Das W-Boson kann am LHC auf folgende Art und Weise erzeugt werden:

Quark-Gluon-Wechselwirkung

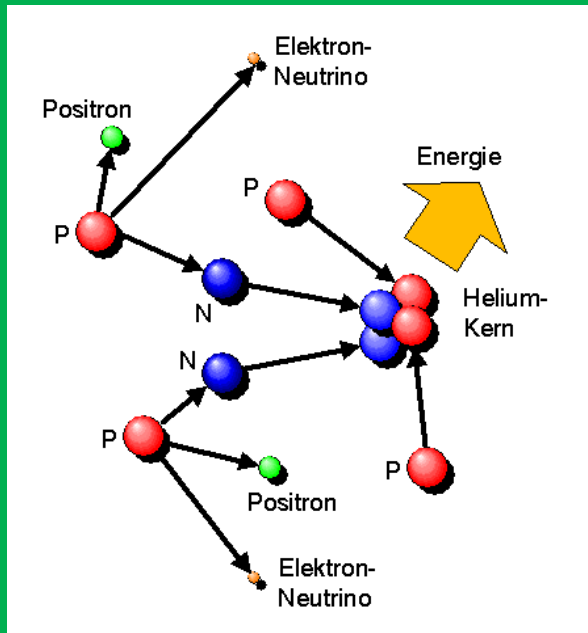


Gluon-Gluon-Wechselwirkung



5. Datenanalyse

Warum sind W-Teilchen interessant?



- Kernfusion
- Anwendung Radioaktivität in Medizin (Szintigrafie), Kunst und Archäologie (Altersbestimmung)
- Schwache Wechselwirkung ermöglicht Familienwechsel
- Prozesse des eigenen Körpers

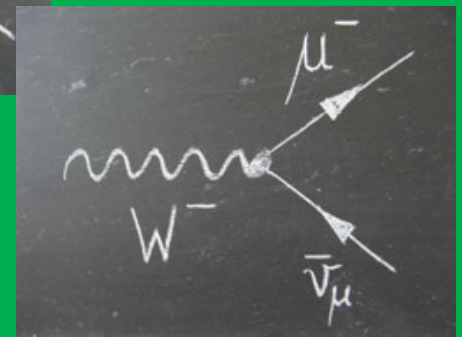
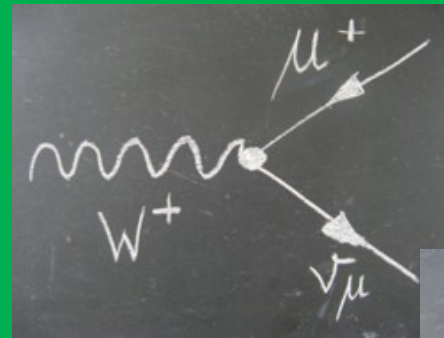
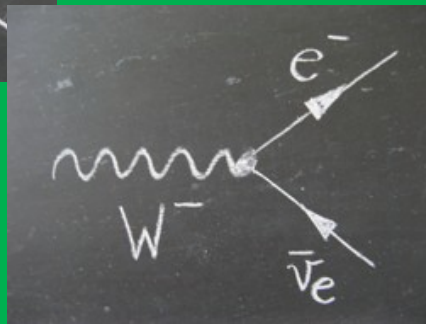
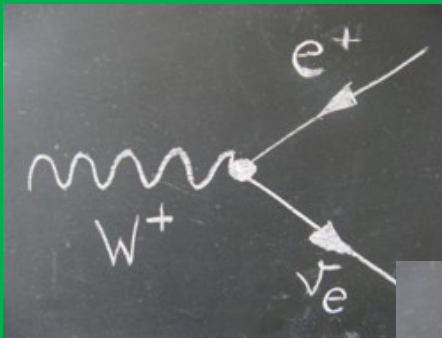
5. Datenanalyse

Beispiel 3: Das W-Boson

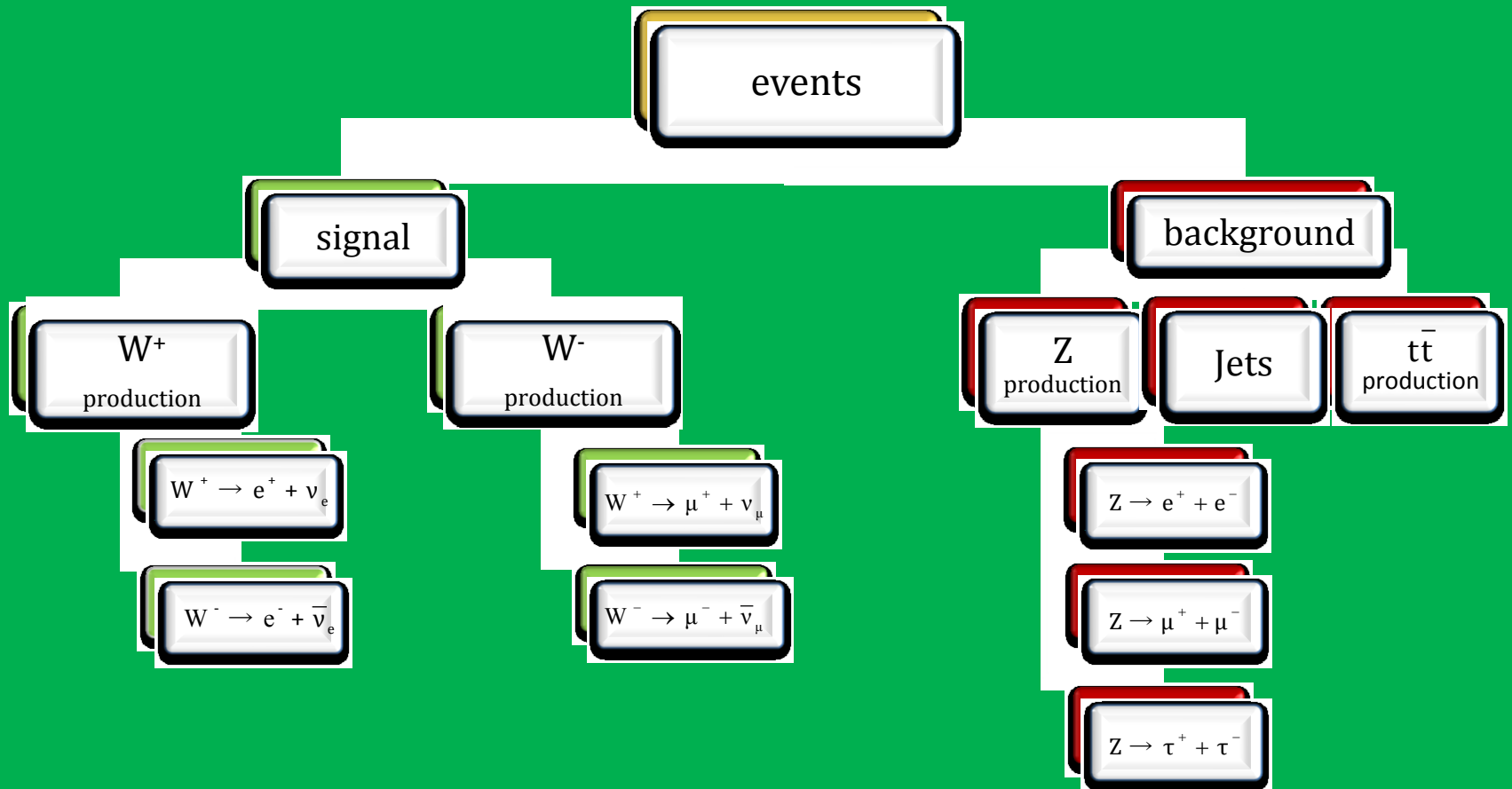
Elektron und Neutrino

oder

Myon und Neutrino



5. Datenanalyse

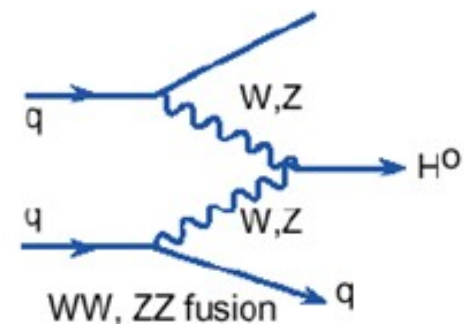
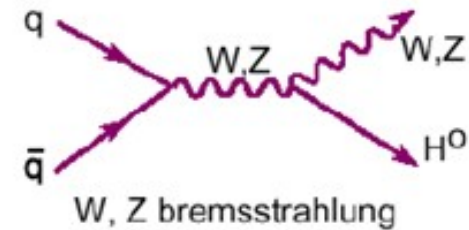
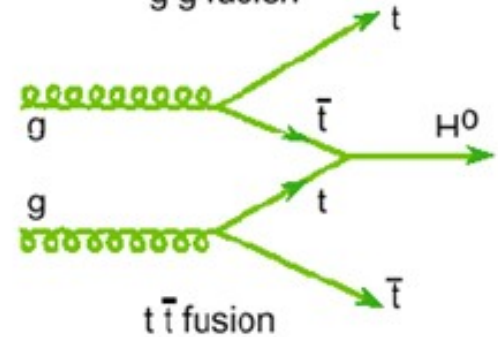
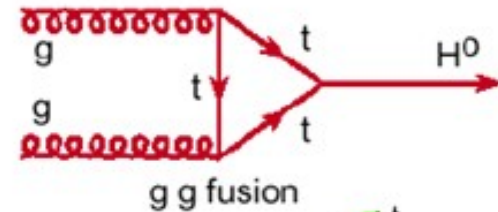
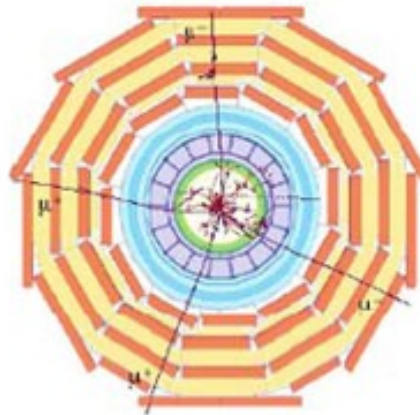
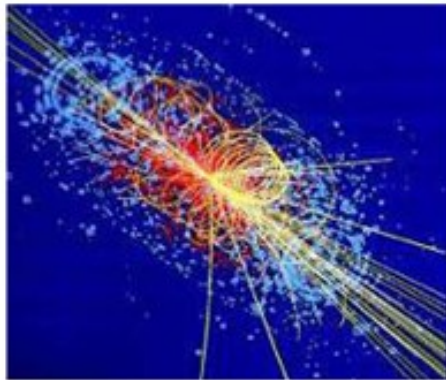


Higgs Suche bei ATLAS und CMS

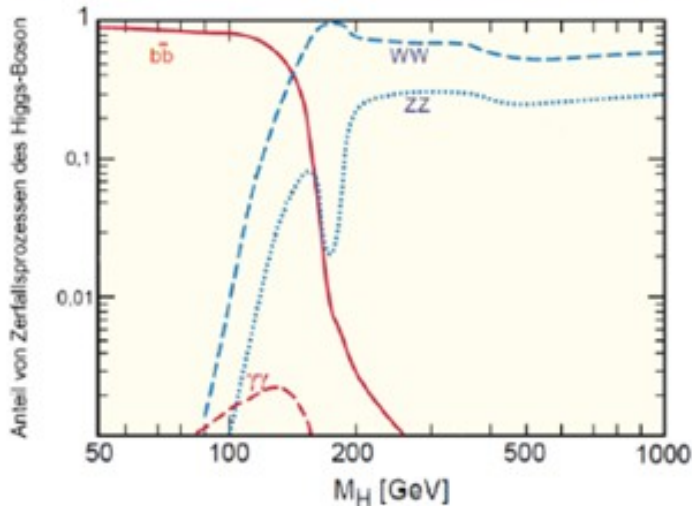
→ www.atlas.ch/multimedia

Higgs Masse unbekannt:

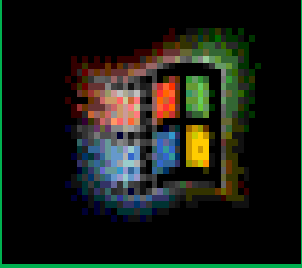
- Viele Produktionsmechanismen
- Viele mögliche Zerfälle



- Als Funktion der Masse vorhersagbar



Organisatorisches - Ablaufplan



Literatur

- [1] C. ILGNER, T. TREFZGER: *Ziele der Forschung am Large Hadron Collider*. In: H. SCHWARZE (Hrsg.): *Large Hadron Collider*. Themenheft aus "Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule,, 60 No 2 (März 2011) 5-16.