Analyse von Teilchenspuren

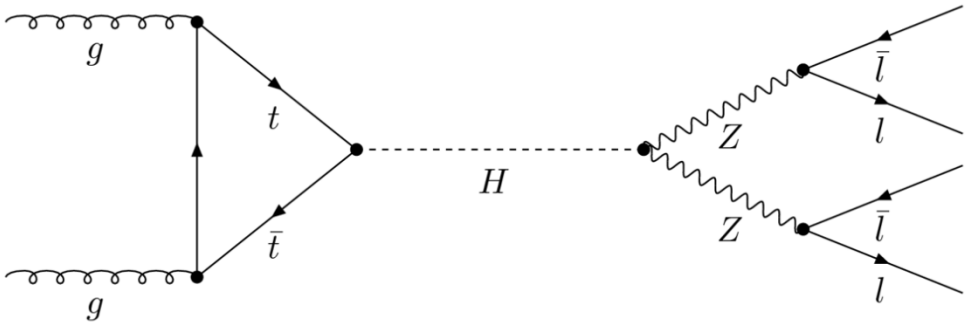
NETZWERK TEILCHENWELT

Teil 1: Das Teilchen

Der Hauptdarsteller heute: Das Z-Boson

Mit ihrer Hilfe werden wir den Aufbau von Protonen erforschen…

…und erfahren, wie Physiker nach dem Higgs-Boson suchen.



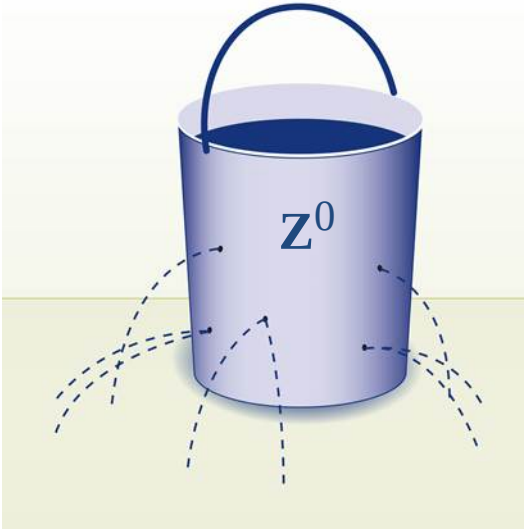
Z-Bosonen…

- sind Austauschteilchen der Schwachen Wechselwirkung
- sind elektrisch neutral: Z^0
- gehören zu den massereichsten Teilchen des Standardmodells ($\approx$ 91 GeV !)
- wandeln sich nach ca. 10^{-25} s in leichtere Teilchen um
  - ➢ geringe Reichweite

Daher können wir sie nicht direkt im Detektor beobachten, sondern erkennen sie anhand ihrer Zerfallsprodukte!

Wie zerfallen Z-Bosonen?

- Das Ergebnis eines bestimmten Zerfalls ist nicht vorhersagbar
- Man kann vorhersagen, welche Teilchenkombinationen möglich sind und wie oft sie bei vielen Zerfällen jeweils auftreten werden



- Bei allen Zerfällen gelten

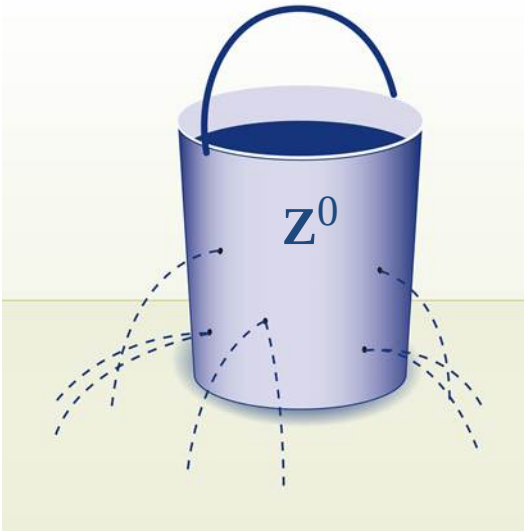
  Impuls-, Energie- und **Ladungserhaltung**

  (Ladung des Teilchens vor dem Zerfall = Summe der Ladungen danach)

➢ In welche Teilchenkombinationen kann sich ein Z^0-Boson umwandeln?

Wie zerfallen Z-Bosonen?

- Kann sich ein Z^0-Boson in die folgenden Teilchen umwandeln?
  - Positron und Elektron
  - Myon und Antineutrino
  - Zwei Positronen
  - Strange-Quark und Charm-Antiquark

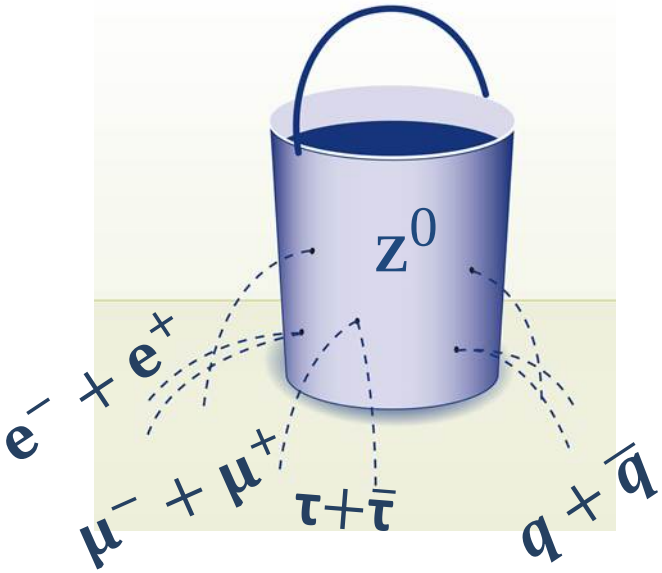


Wie erkennt man Z-Bosonen?

Man sucht nach ihren Zerfallsprodukten.

Z-Bosonen zerfallen so:

- $Z^0 \rightarrow$ Quark + Antiquark
- $Z^0 \rightarrow$ Lepton (e^-, μ^-, τ^-) + Antilepton
- $Z^0 \rightarrow$ Neutrino + Antineutrino



Art der Zerfallsprodukte	Lepton(e, μ, τ) + Antilepton	Neutrino + Antineutrino	Quark + Antiquark
Wahrscheinlichkeit	10%	20%	70%
Möglichkeiten	3	3	18

Wie erkennt man Z-Bosonen?

- Ihr sucht heute nach folgenden Zerfallsprodukten:

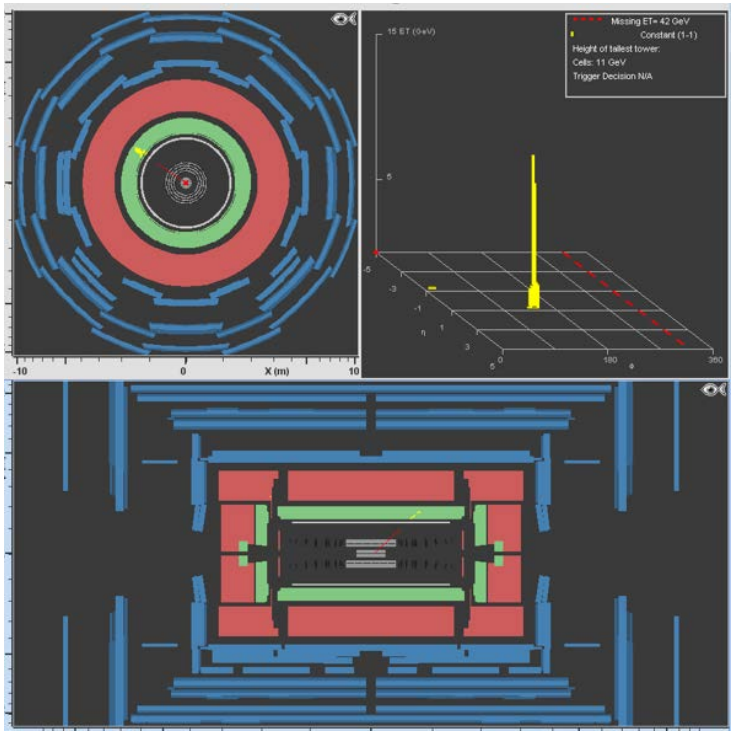
$$Z^0 \rightarrow e^- + e^+$$

$$Z^0 \rightarrow \mu^- + \mu^+$$

- Das sind **Signalereignisse**.
  Alle anderen Ergebnisse von Kollisionen sind "Untergrund".

Teil 2: Die Software

Teilchenrekonstruktion

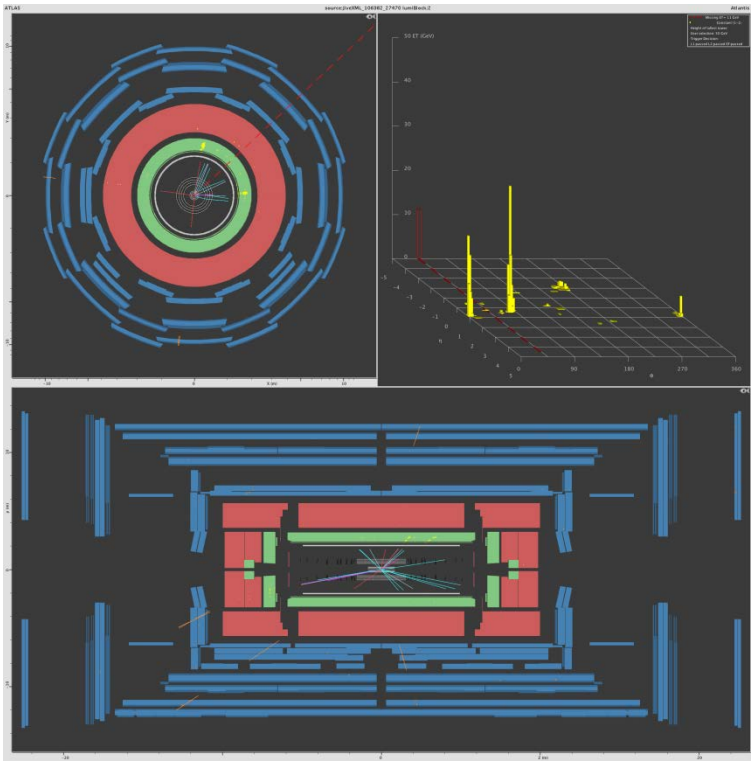


- Impulsmessung
- Energiemessung
- Ladungsbestimmung

➢ Grafische Darstellung der Teilchenspuren und Energieeinträge in einem „Event-Display“

Das Event-Display

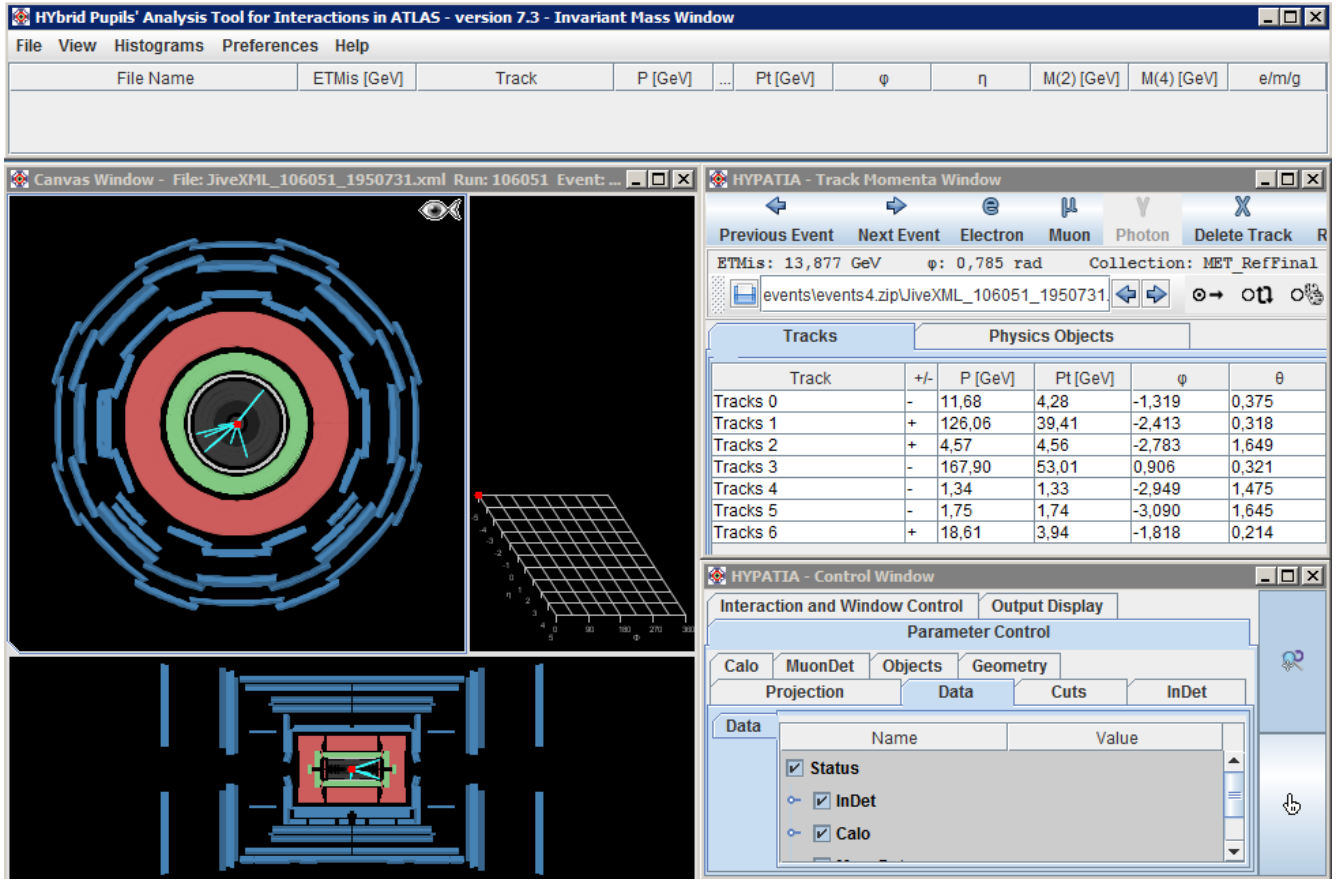
Querschnitt des ATLAS-Detektors



Energieeinträge im Kalorimeter

Seitenansicht

Die Software HYPATHIA



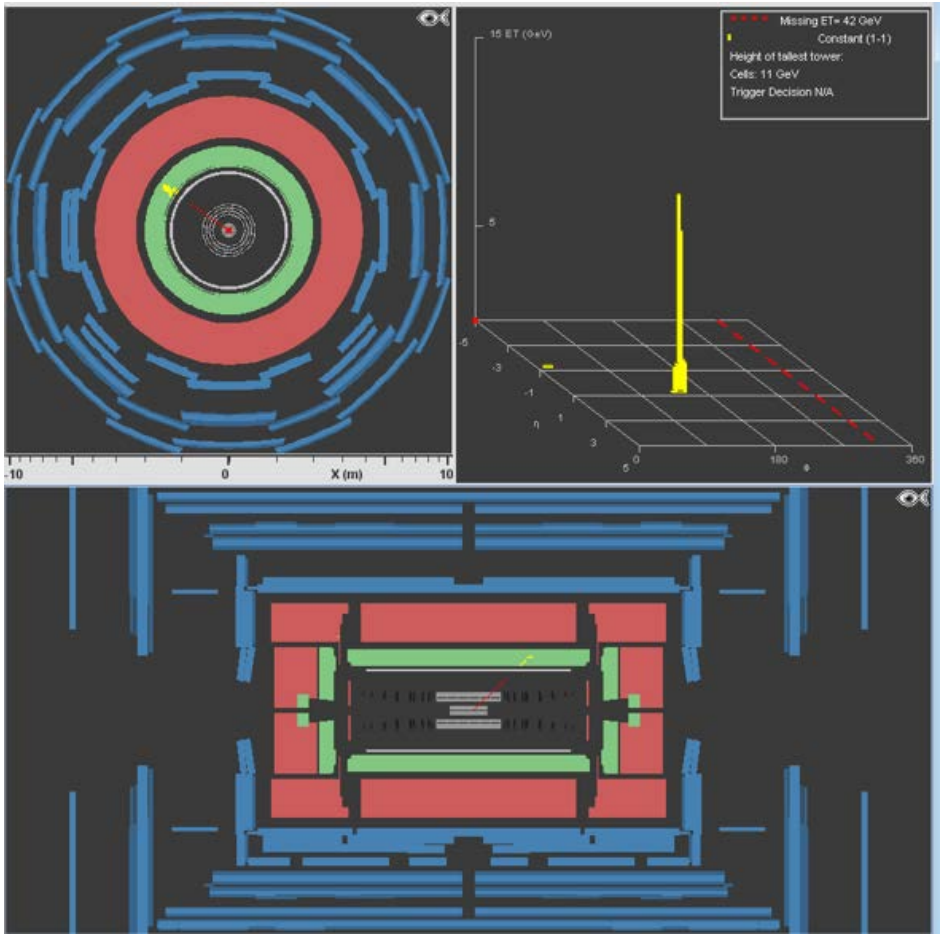
Anzeige der Teilchen-spuren

Informationen zu Teilchenspuren

Einstellungen

Werkzeuge, Navigation

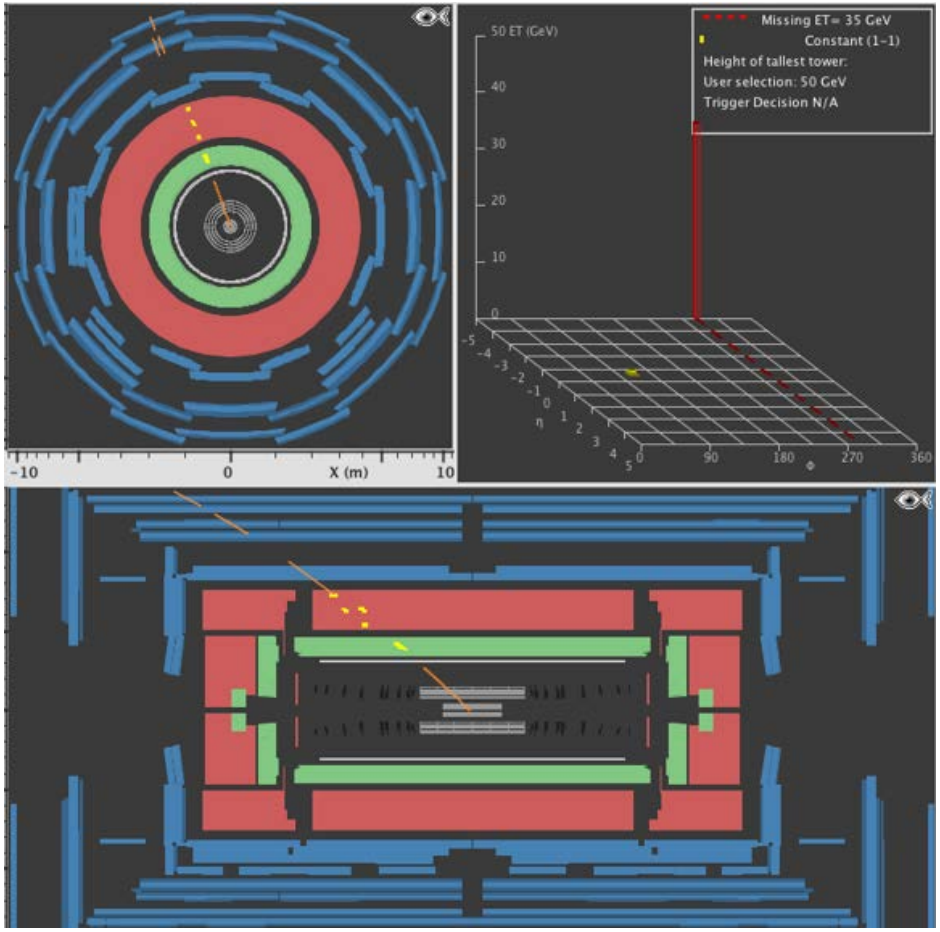
Teilchenspuren: Elektron oder Positron



- Spur im inneren Detektor
- Vollständige Energieabgabe im elektromagnetischen Kalorimeter
- Keine Energieabgabe im hadronischen Kalorimeter

- Photon:
  Wie Elektron, aber ohne Spur im inneren Detektor

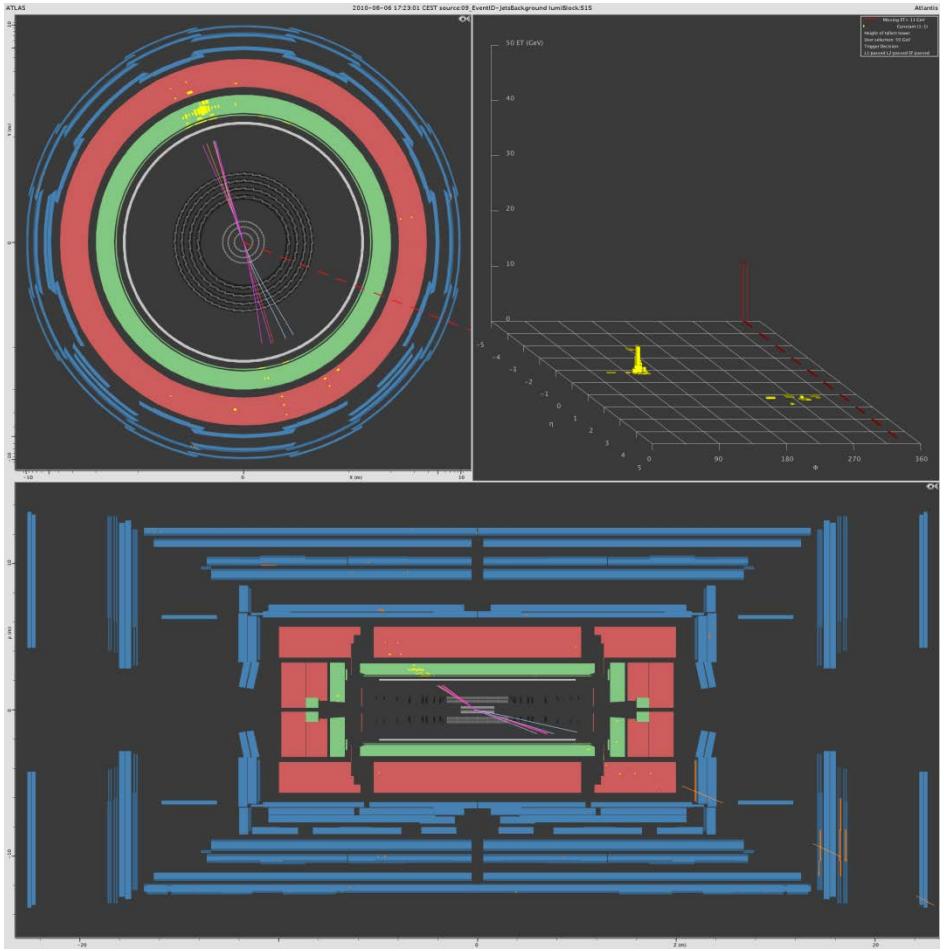
Teilchenspuren: Myon oder Antimyon



- Spur im inneren Detektor und in den Myonenkammern
- Wenig Energieabgabe in Kalorimetern

- Spuren in den Myonenkammern sind teils schwierig erkennbar
  - ➢ Beide Ansichten nutzen!

Teilchenspuren: Quarks

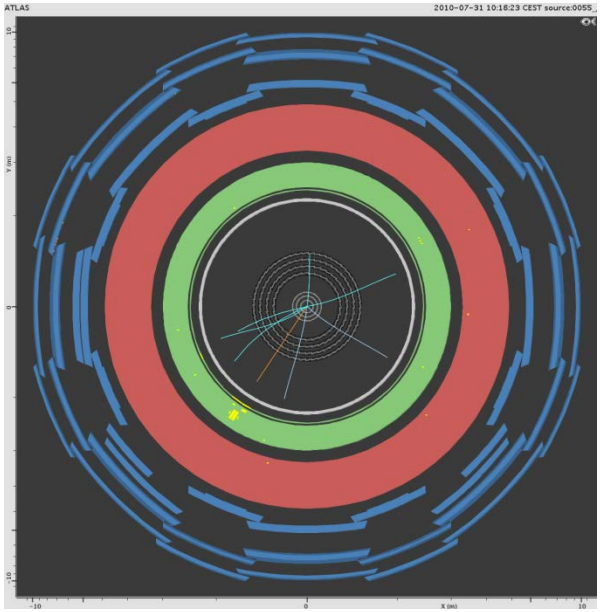


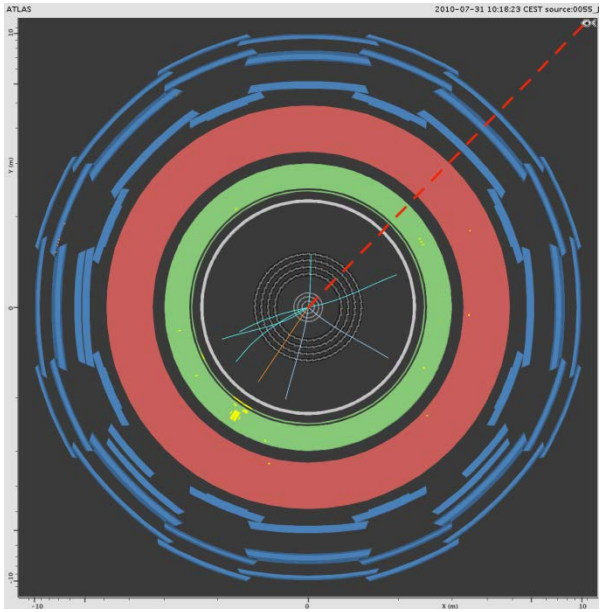
- Quarks erzeugen Bündel aus Hadronen (z.B. Pionen, Protonen, Neutronen): **Jets**

- Nachweis:
  - Spurbündel
  - Energieabgabe in beiden Kalorimetern

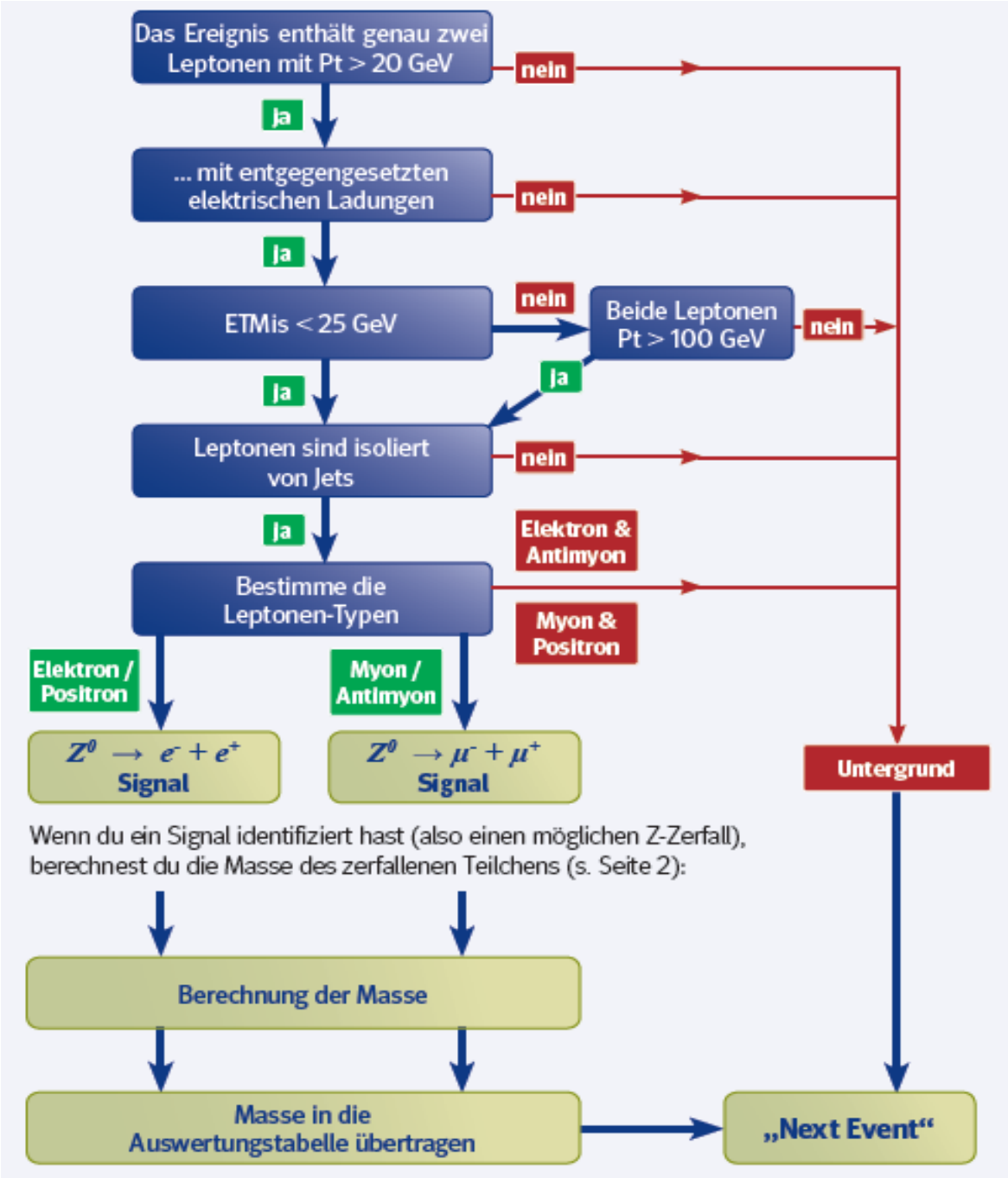
Neutrinos

- Neutrinos hinterlassen keine Spur und keine Energie in den Kalorimetern.
  - ➢ Woran kann man sie trotzdem erkennen?
- Wenn ein Neutrino durch den Detektor fliegt,
  „fehlt“ in dieser Richtung Impuls bzw. Energie: „Missing ET“
- Die Richtung des fehlenden Impulses wird durch eine gestrichelte Linie dargestellt.





So erkennst du Z-Zerfälle!

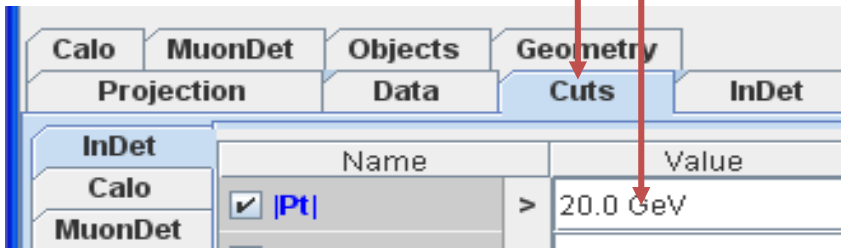


Praxistipp: Cut einstellen

Oft sind sehr viele Spuren im Spurdetektor zu sehen.

Du kannst **Spuren mit niedrigem Impuls ausblenden:**

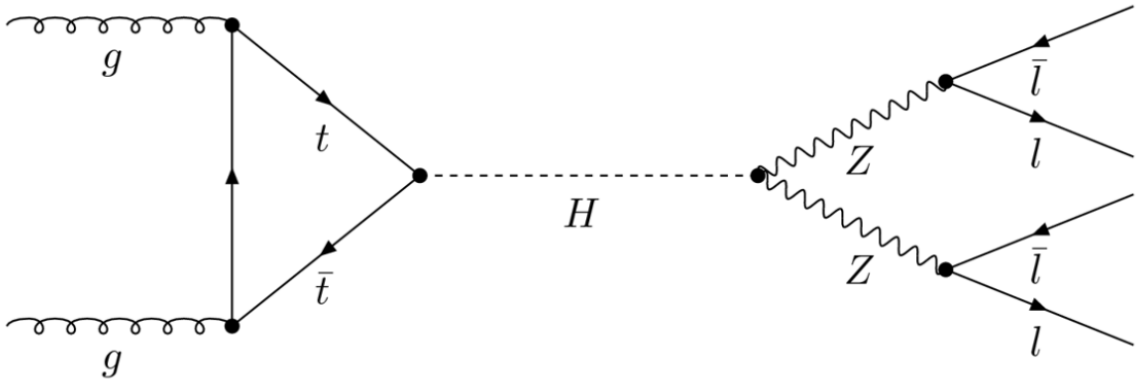
- Gib in der Registerkarte „Cuts“ im Feld |Pt| einen Wert ein.
- Spuren mit kleinerem PT werden ausgeblendet.



Gib danach wieder einen niedrigen Impuls ein!

Sonst kannst du keine Jets identifizieren.

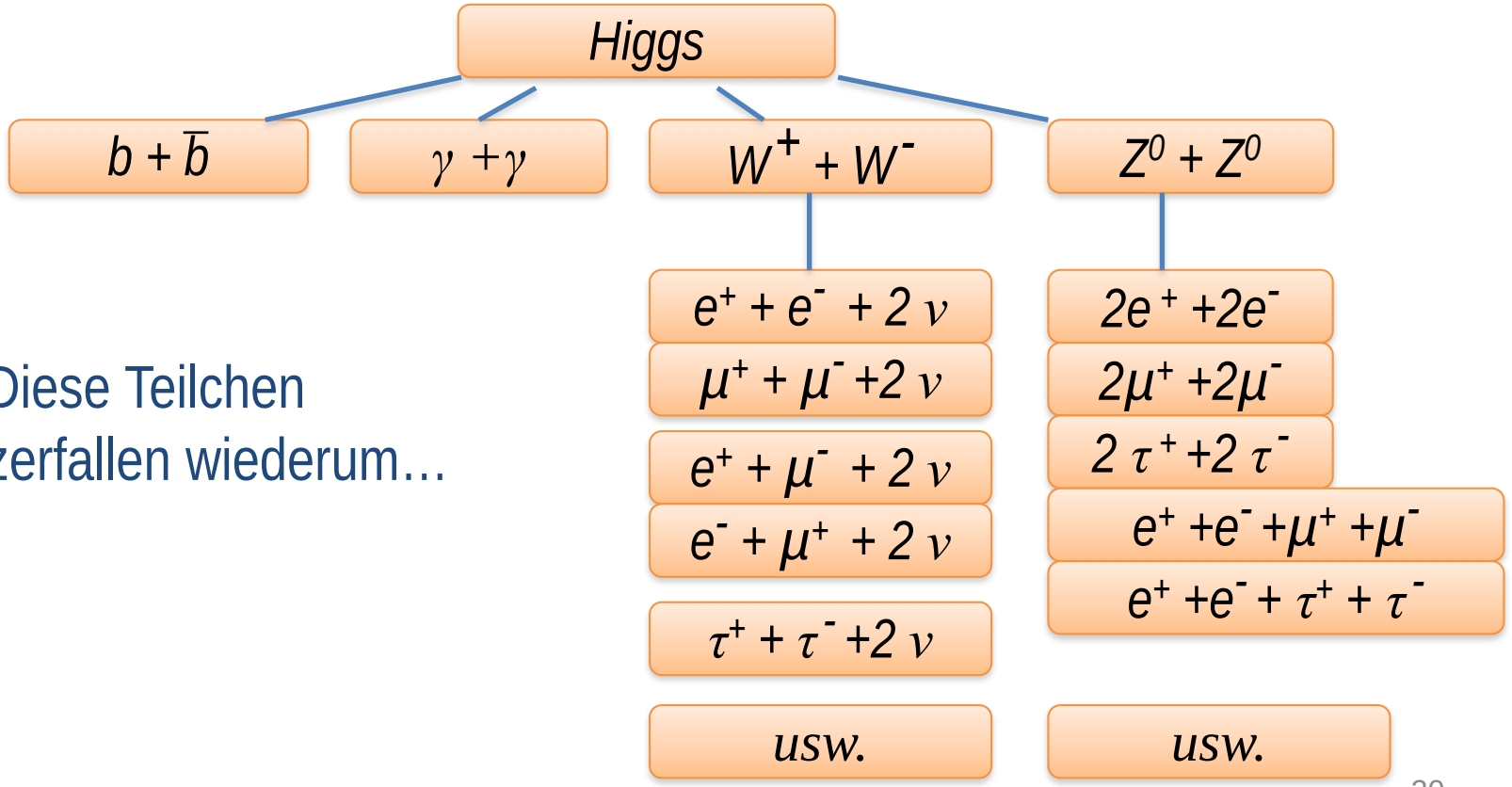
… und das Higgs?



Entdecke das Higgs-Boson!

Das Higgs-Boson muss massereich und elektrisch neutral sein.

➢ In welche Teilchen könnte es zerfallen?



Diese Teilchen zerfallen wiederum…

Viel Erfolg beim Finden !!!