

Untersuchung von Ereignissen mit zwei hadronischen Tau – Leptonen bei ATLAS

CERN Projektwochen vom 25.10. - 6.11.2015



Naomi Davis



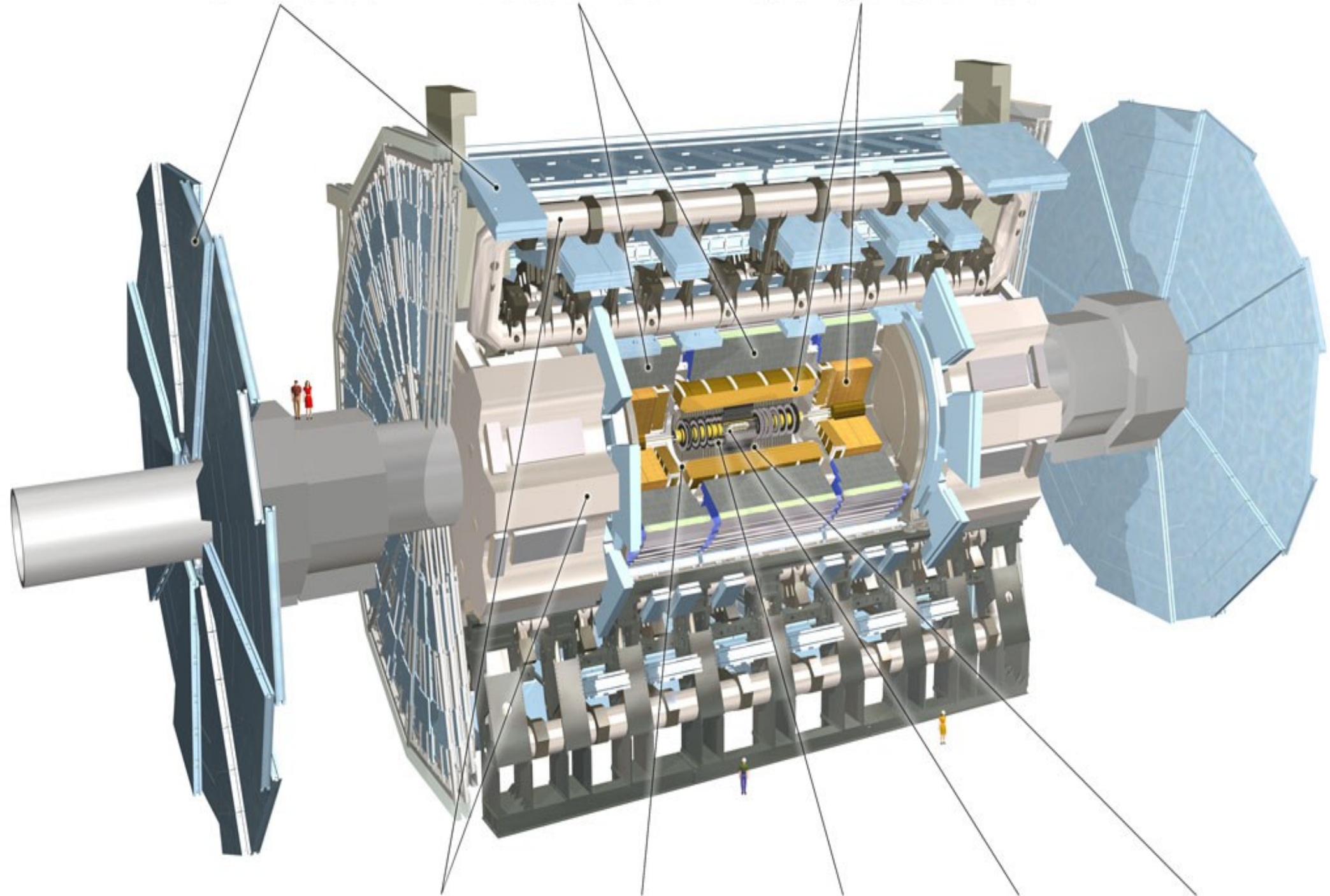
Inhalt

- Einführung
 - Der ATLAS Detektor
 - Das Tau – Lepton
- Simulationen
 - Tau
 - Ditaue
- Monte – Carlo – Daten – Vergleich

Muon Detectors

Tile Calorimeter

Liquid Argon Calorimeter



Toroid Magnets

Solenoid Magnet

SCT Tracker

Pixel Detector

TRT Tracker

Quelle: www.atlas.web.cern.ch

Tau – Lepton

- Schwerstes, kurzlebigstes geladenes Lepton
- Masse: 1,7 GeV ($3500 \times m_e$)
- Ladung: $-1 e$ ($1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$)
- Spin: $1/2$
- Mittlere Lebensdauer: $2,9 \times 10^{-13} \text{ s}$
 - legt im Detektor nur wenige μm zurück
- Rekonstruktion nur anhand der Zerfallsprodukte möglich



Tau – Zerfälle

- Leptonischer Zerfall: Myon oder Elektron + 2 Neutrinos (ca. 35 %)

$$\tau^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \nu_\tau \quad (17,83 \pm 0,04) \%$$

$$\tau^- \rightarrow \mu^- + \bar{\nu}_\mu + \nu_\tau \quad (17,41 \pm 0,04) \%$$

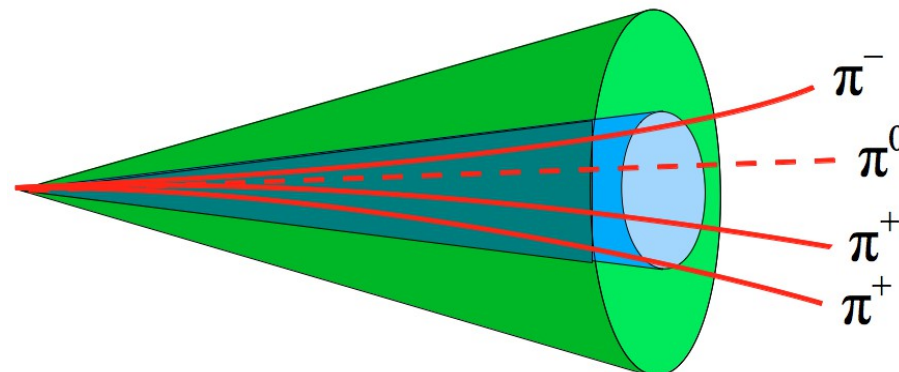
- Hadronischer Zerfall: z.B. Pionen + Tau – Neutrino (ca. 65 %)
- 'Prong' (p) = Anzahl der geladenen Teilchenspuren:

$$\tau^- \rightarrow \pi^- + \pi^0 + \nu_\tau \quad (25,52 \pm 0,09) \%$$

$$\tau^- \rightarrow \pi^- + \nu_\tau \quad (10,83 \pm 0,06) \%$$

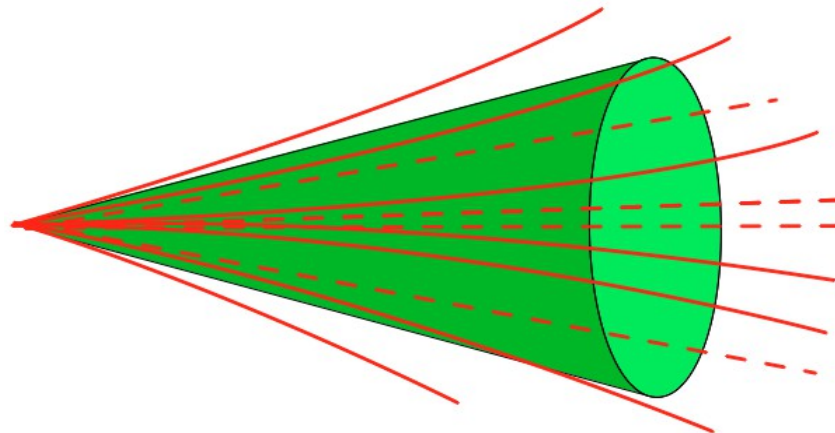
Identifikation eines hadronischen Tau – Zerfalls

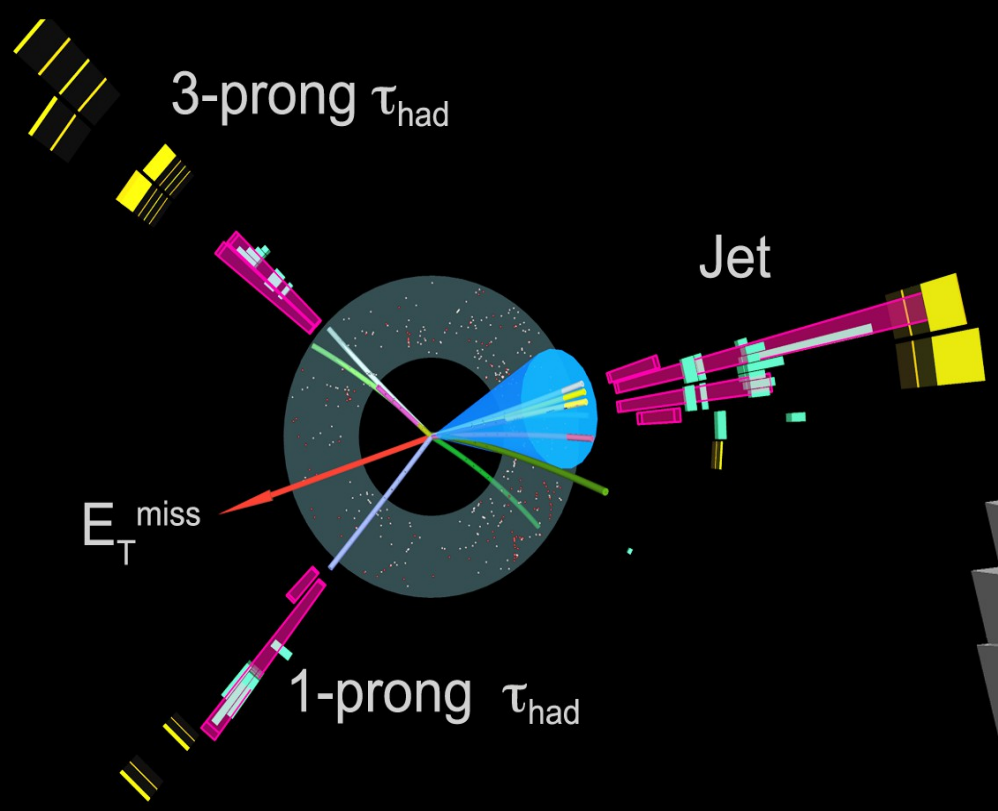
- Taus zerfallen nicht in Ruhe
- Zerfallsprodukte haben einen hohen Impuls
→ enger Radius, Winkel sehr eng
- Suche nach Objekten, die mehrere Spuren in einem engen Kegel verursachen
- Insbesondere dürfen sich im äußeren Kegel keine Spuren befinden



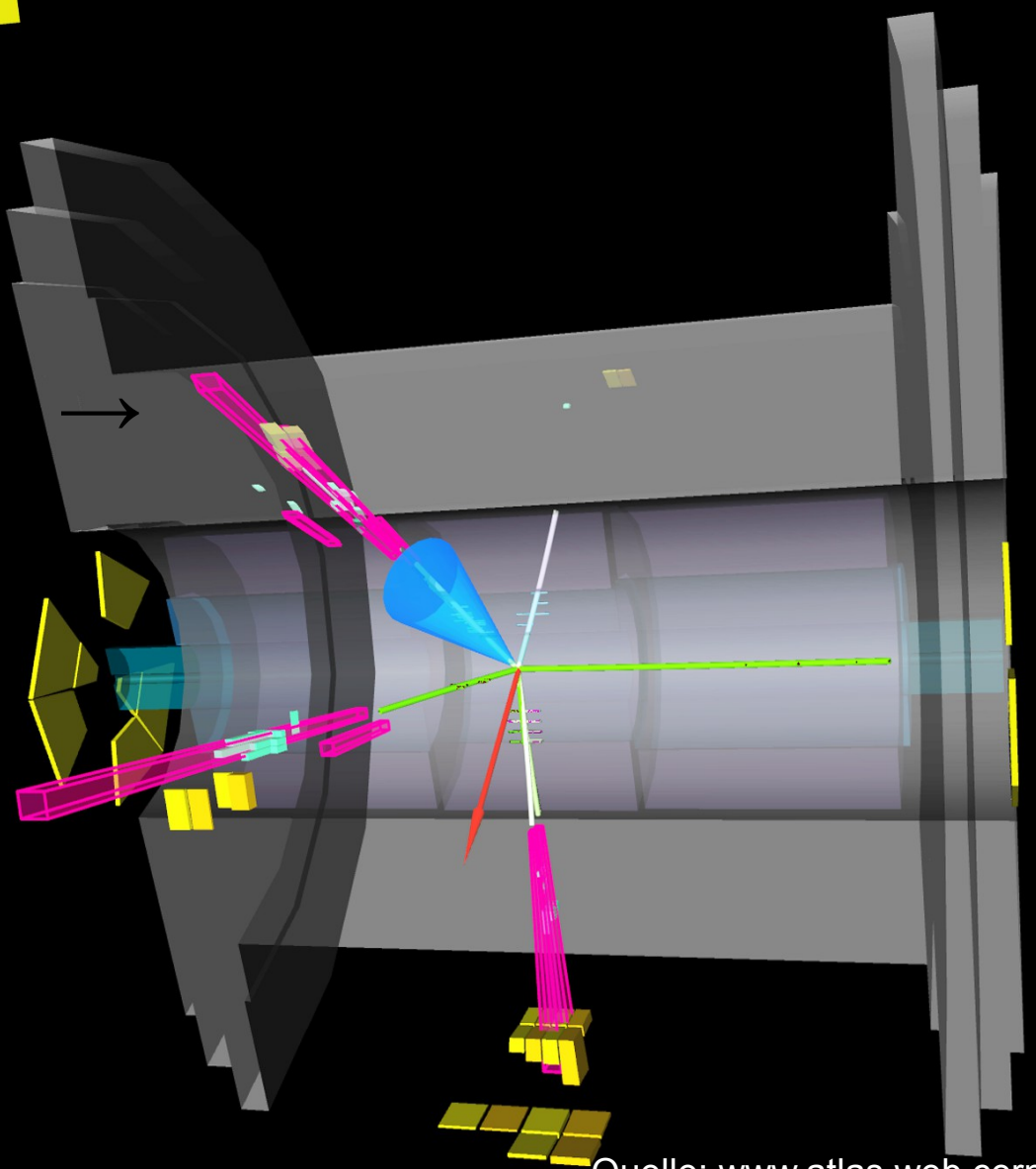
Beispiel: Hadronischer Jet

- z.B.: hadronisierendes Quark zerfällt in der Regel mit größerem Zerfallswinkel
- Auch Spuren im äußeren Kegel
 - 'Isolationskriterium' fehlt
- Unterscheidung: Anzahl & Abstand der Spuren





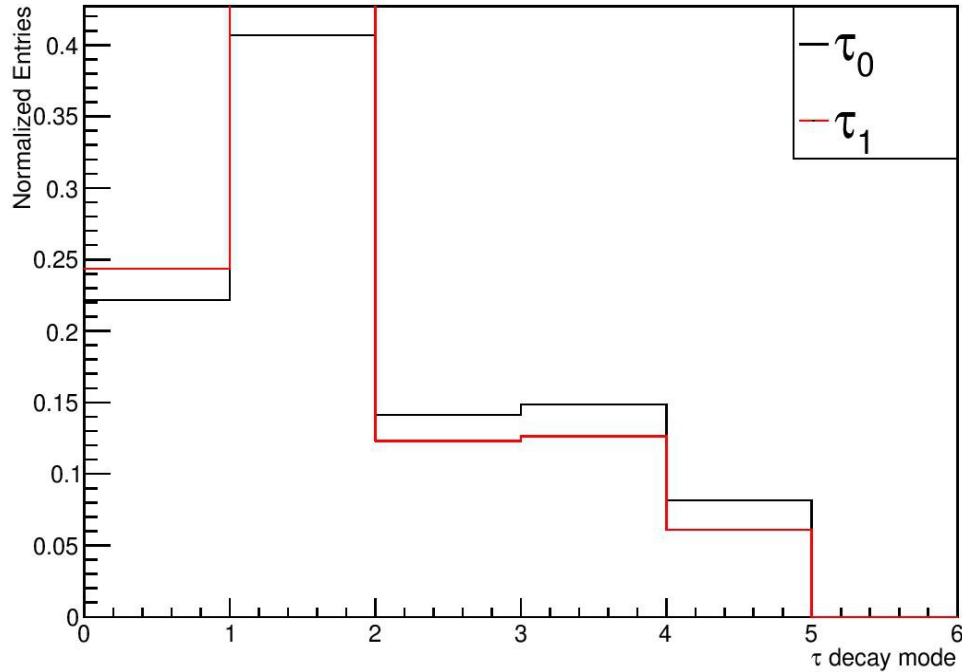
$p_{\text{T}}(\tau_{\text{had}}^{\text{3-prong}}) = 72 \text{ GeV}$
 $p_{\text{T}}(\tau_{\text{had}}^{\text{1-prong}}) = 45 \text{ GeV}$
 $E_{\text{T}}^{\text{miss}} = 28 \text{ GeV}$
 $p_{\text{T}}(\text{jet}) = 107 \text{ GeV}$
Coll. mass = 121 GeV



Zielsetzung

- Untersuchung hadronisch zerfallender Taus anhand einer Monte – Carlo – Simulation
- Sinnvolle Vorselektion
- Rekonstruktion der Z – Masse
- Selektion von Z \rightarrow $\tau\tau$ Ereignissen
- Wie gut ist die Auflösung der Monte – Carlo – Simulation im Vergleich mit den tatsächlichen Daten ?

Tau – Simulation

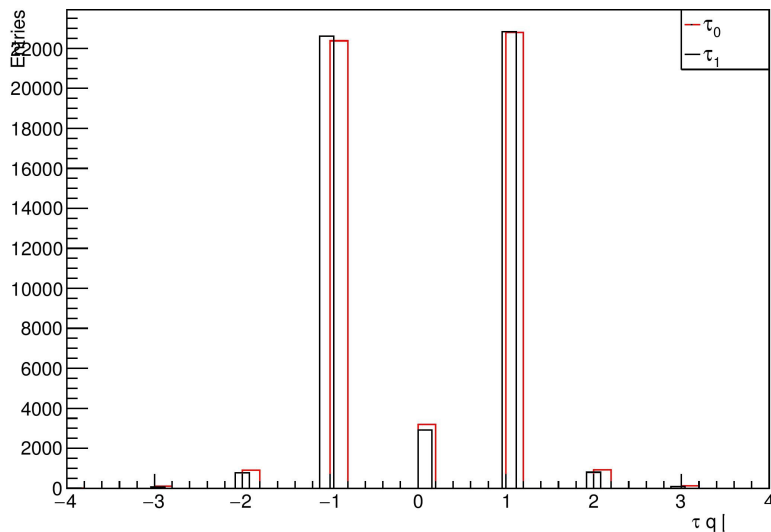


Decay mode	Erwartung	Simulation
1p0n	0.17	0.23
1p1n	0.39	0.41

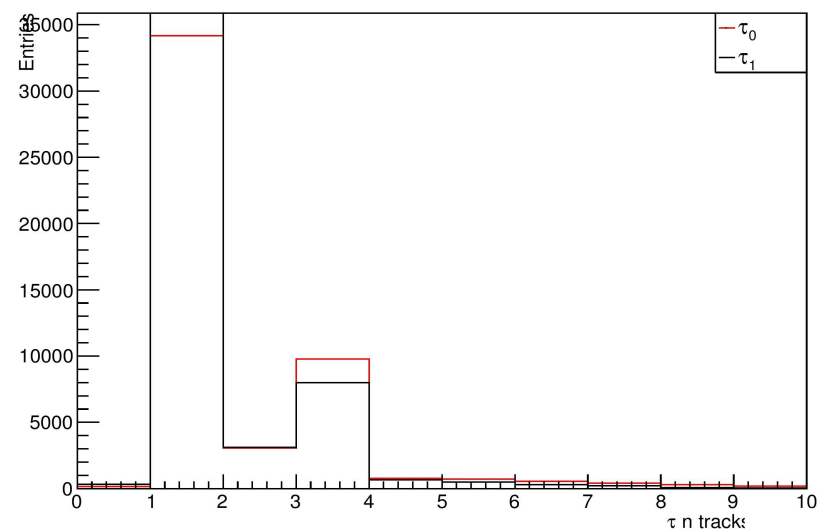
- τ_0 : leading Tau
- τ_1 : subleading Tau
- Vorselektion: Nur Ereignisse mit hadronischen Tau – Kandidaten \rightarrow 100 % \cong 65 %
- Relativ gute Übereinstimmung

Vorselektionen

Ladung



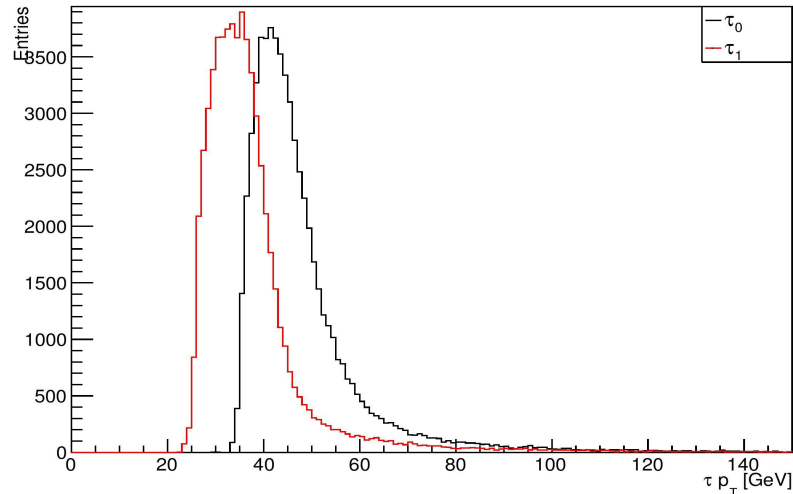
Anzahl der gela. Spuren



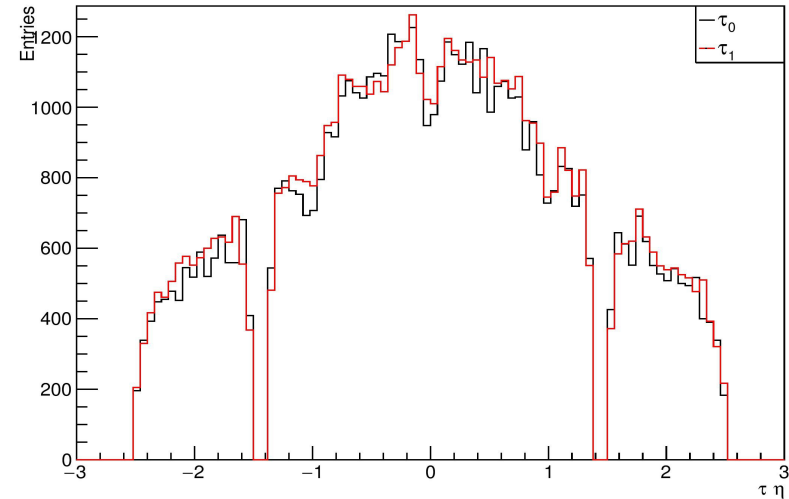
- Suche nach Ereignissen mit echten Tau-Kandidaten:
 - $q = |1|$, da das Tau, bzw. Antitau eine Ladung von -1 e, bzw. 1 e hat
 - $n \text{ tracks} = 1$ oder 3, da das Tau entweder einen 1 - oder 3 Prong Zerfall durchführt

Tau - Eigenschaften

Transversal Impuls



Pseudorapidität



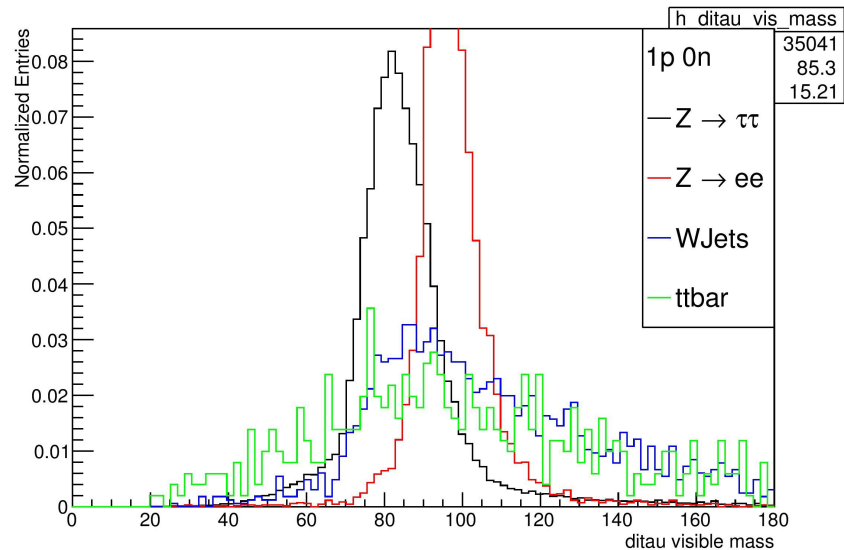
- τp_T , Transversal Impuls:
 - Peak bei 45 und 30 GeV
 - Fokus auf die Impulsreichsten Taus \rightarrow cut bei $\tau_{0_pt} > 40$ GeV und $\tau_{1_pt} > 30$ GeV
- $\tau \eta$, Pseudorapidität:
 - Maß für den Polarwinkel in η
 - Abfälle erkennbar: schlechte und unsichere Effizienz des Detektors (Übergang von Barrel zu Endkappen)

Ditau – Simulation

- Z - Boson wird erzeugt
 - $m_Z = 91 \text{ GeV}$
 - elektrisch neutral
- Eines der Austauscheteilchen der schwachen Wechselwirkung
- Zerfall u.a. in Lepton-Antilepton-Paar: $Z \rightarrow \tau \tau^+$
- Selektion von 2 Tau – Kandidaten, die zusammen ein Z rekonstruieren könnten



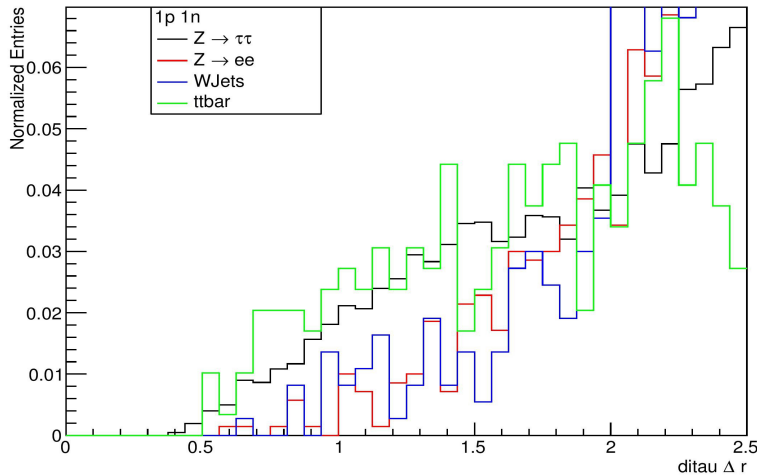
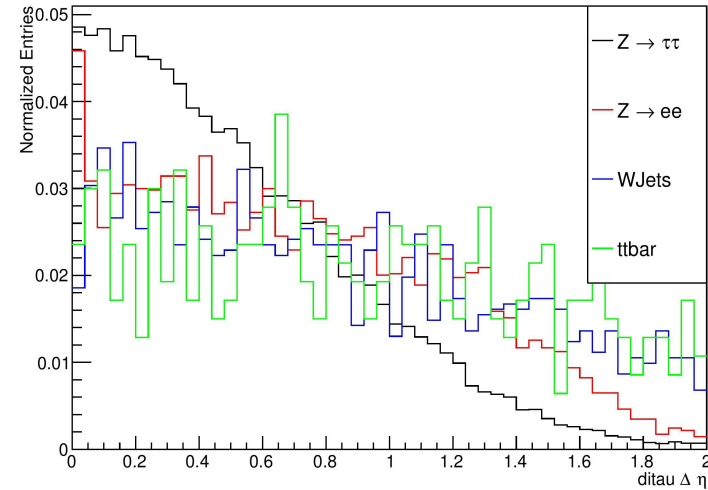
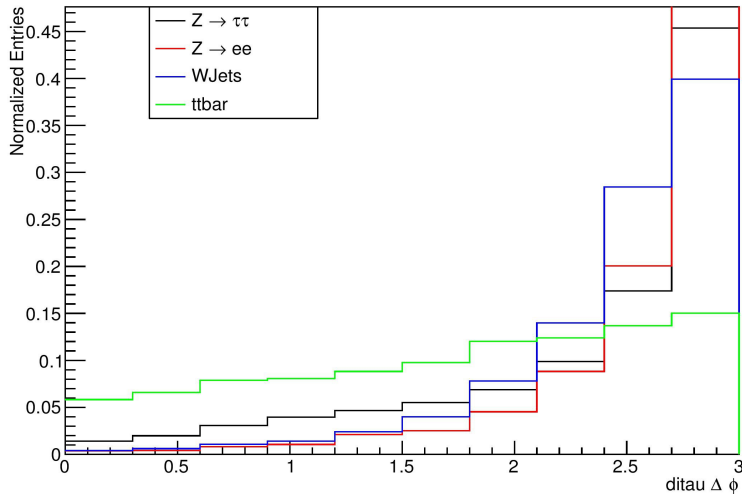
Die invariante Masse



- Masse des zerfallenen Teilchens kann aus der invarianten Masse Zerfallprodukte berechnet werden

- Ruhemasse \leftrightarrow relativistische Masse
- Masse Z – Boson: 91 GeV (erwartete Masse)
- Neutrinos können nicht detektiert werden \rightarrow 81 GeV, sichtbare Energie geringer als Gesamtenergie
- Elektronen liefern zusätzliche Energie \rightarrow 95 – 100 GeV

Selektionen für die Winkelverteilungen



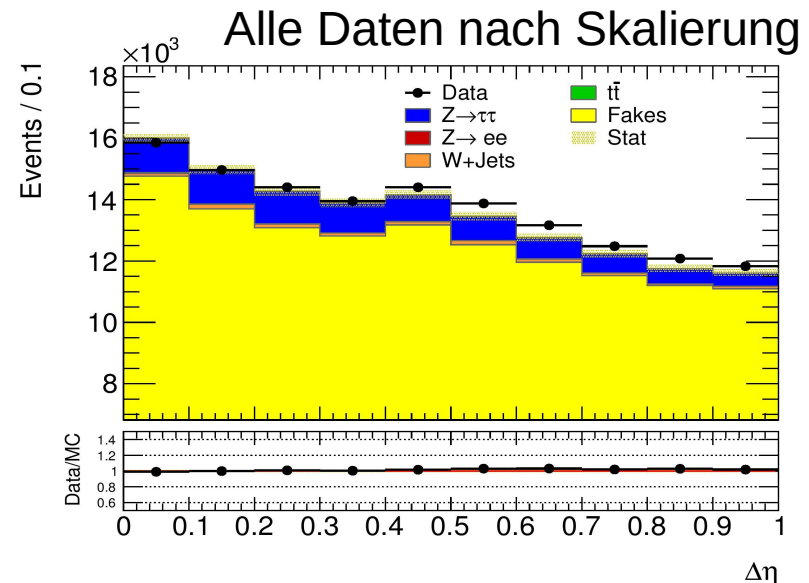
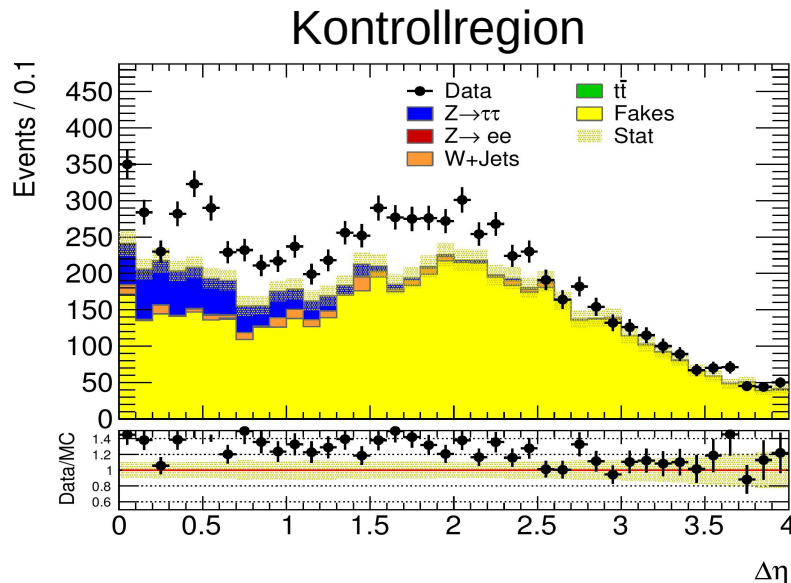
- Folgende cuts werden durchgeführt um den Untergrund (für uns nicht interessante Ereignisse) zu minimieren:

$$\Delta\eta < 1.5$$

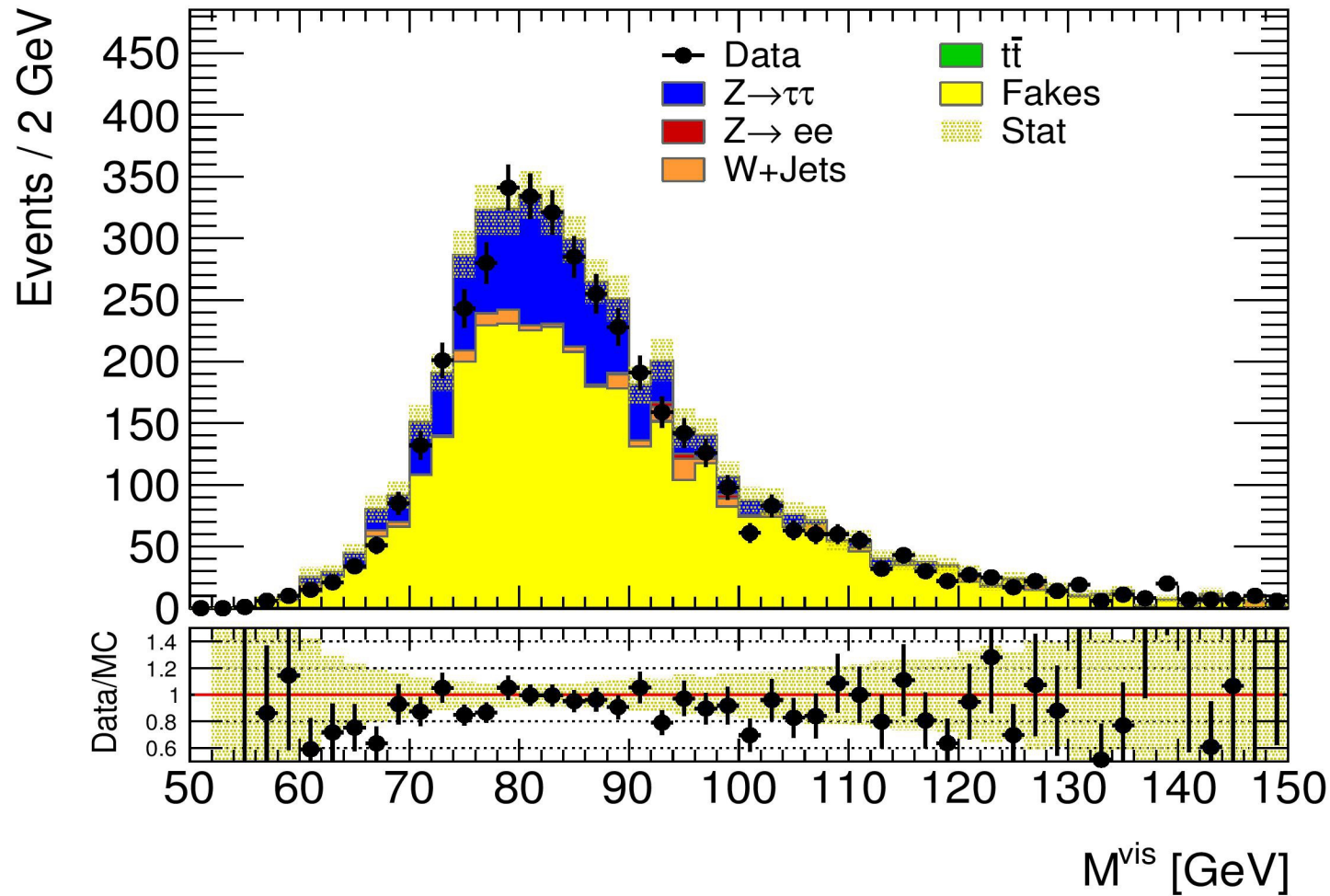
$$\Delta\phi > 2$$

$$\Delta r > 2$$

Monte – Carlo – Daten – Vergleich



- Vorselektion:
 - Exakt 2 Taus
 - 'missing transverse energie' > 20 GeV (nicht sichtbare Energie der Neutrinos)
- Kontrollregion:
 - Bestimmung der Anzahl der Fakes aus Daten
 - Bereich 70 – 100 GeV der invarianten Masse entfernt
 - Skalierungsfaktor = 1.31



- Gute Übereinstimmung der $Z \rightarrow \tau\tau$ Ereignisse zwischen Simulation und Daten
- Peak ziemlich genau bei 81 GeV
- Abgesehen von 'Fakes' fast nur $Z \rightarrow \tau\tau$ Ereignisse

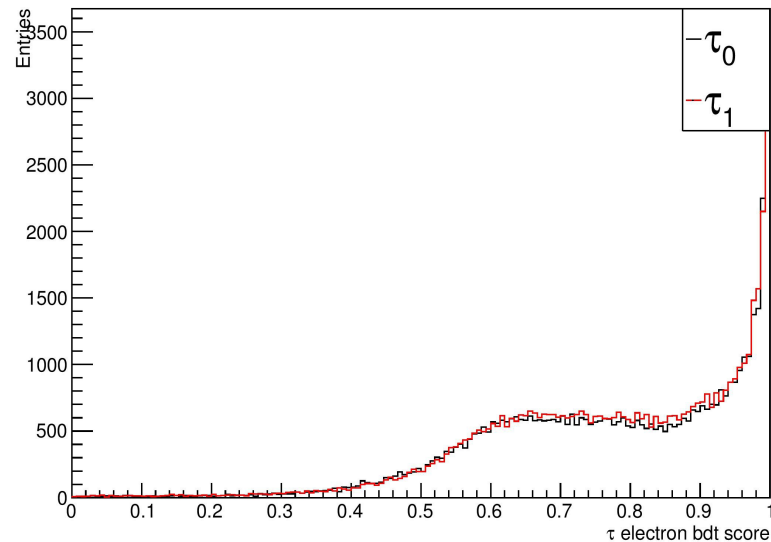
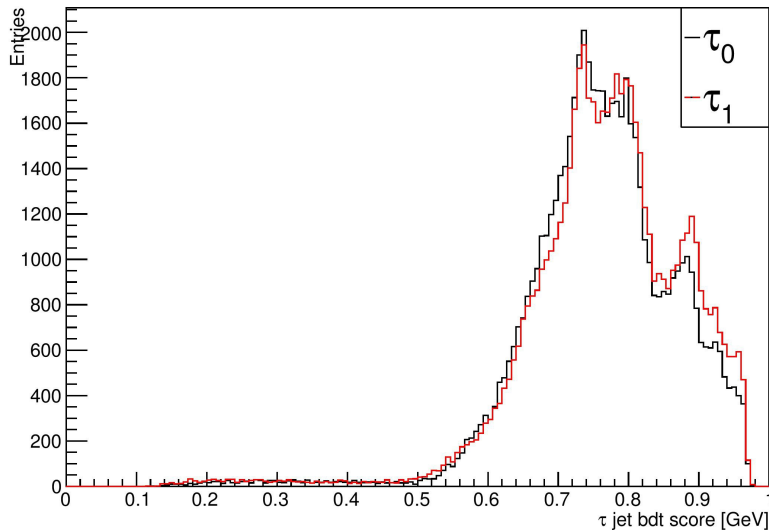
Quellen

- www.pdg.lbl.gov/2009/listings/rpp2009-list-tau.pdf
- www.wikipedia.org/wiki/%CE%A4-Lepton
- www.particlezoo.net

Danke für Ihre Aufmerksamkeit !

Und vielen Dank an die Organisatoren von Netzwerk Teilchenwelt,
sowie meine Betreuer Christian Grefe und Philip Bechtle.

Boosted Decision Tree (bdt)



- Wahrscheinlichkeitsrechnungen
- Handelt es sich um ein echtes Tau oder ein Myon oder Elektron?
- Tau Kandidaten, die in Jets oder Elektronen zerfallen
- Score: $x > 0.5$ eher ein Tau ($x < 0.5$ eher kein Tau)