

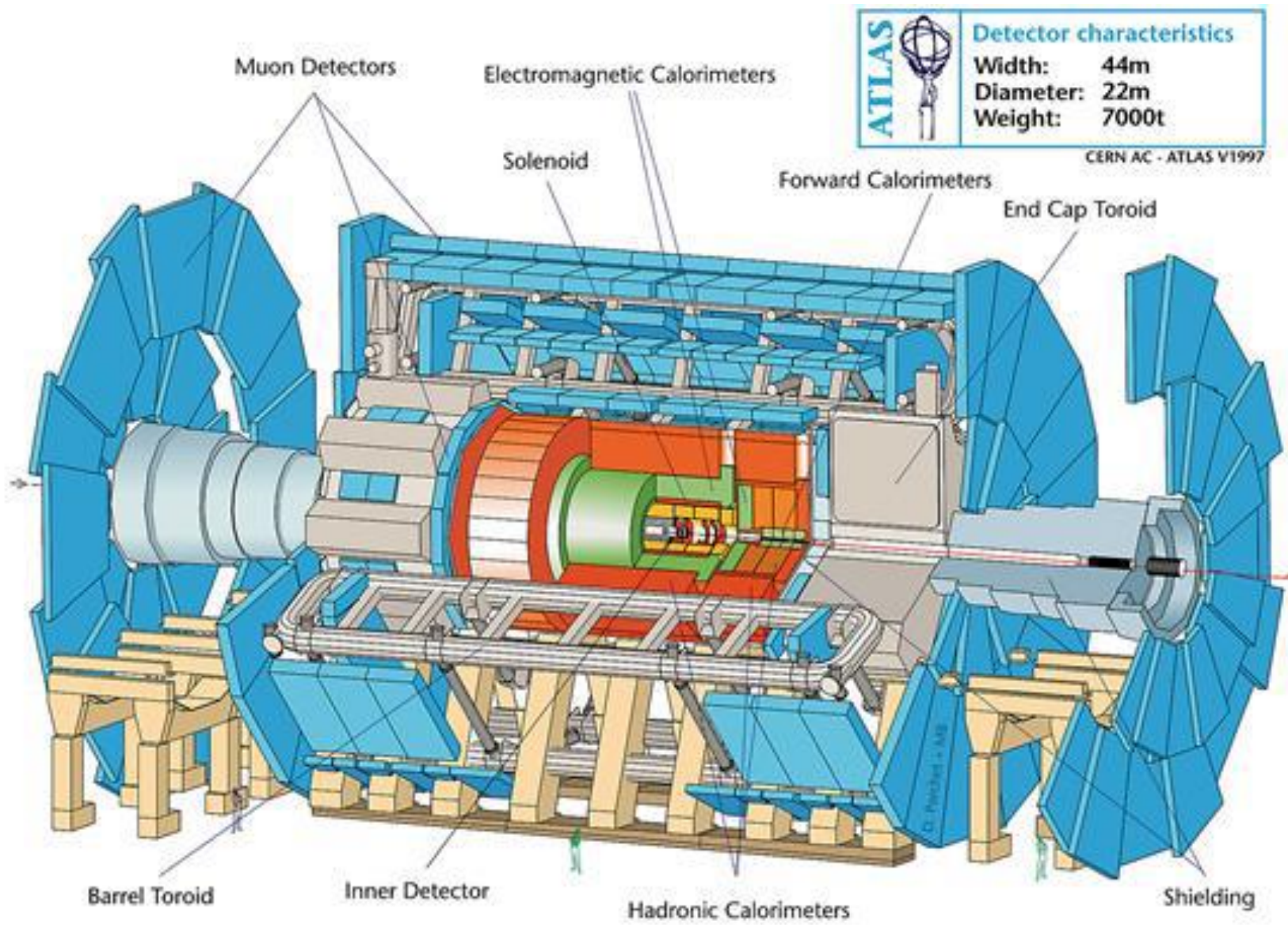
The image shows the interior of the ATLAS detector at CERN. It is a large, complex structure with a central tunnel and multiple layers of detector components. The components are arranged in a cylindrical pattern, with various pipes, cables, and structural elements visible. The lighting is somewhat dim, highlighting the metallic surfaces and the intricate design of the detector. The text is overlaid on the central part of the image.

Messung von π^0 -Mesonen aus Tau-Lepton-Zerfällen mit dem ATLAS Experiment

von Steffen Lenkewitz

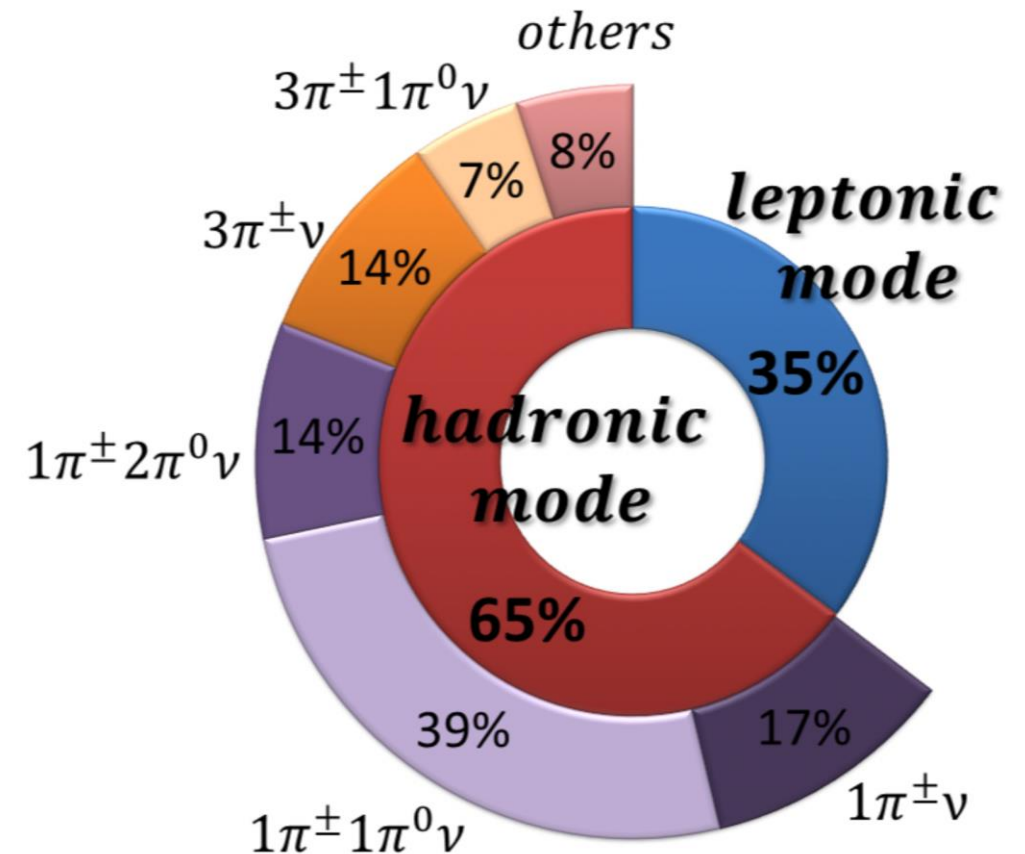
Inhaltsverzeichnis

- Hintergrundinformationen
 - ATLAS
 - Tau-Lepton
 - Betrachteter Zerfall
 - π^0 -Meson
- Messung
 - Selektion
 - Betrachtete Prozesse
 - Betrachtete Variablen
 - Fitting
- Rückblick
- Quellen

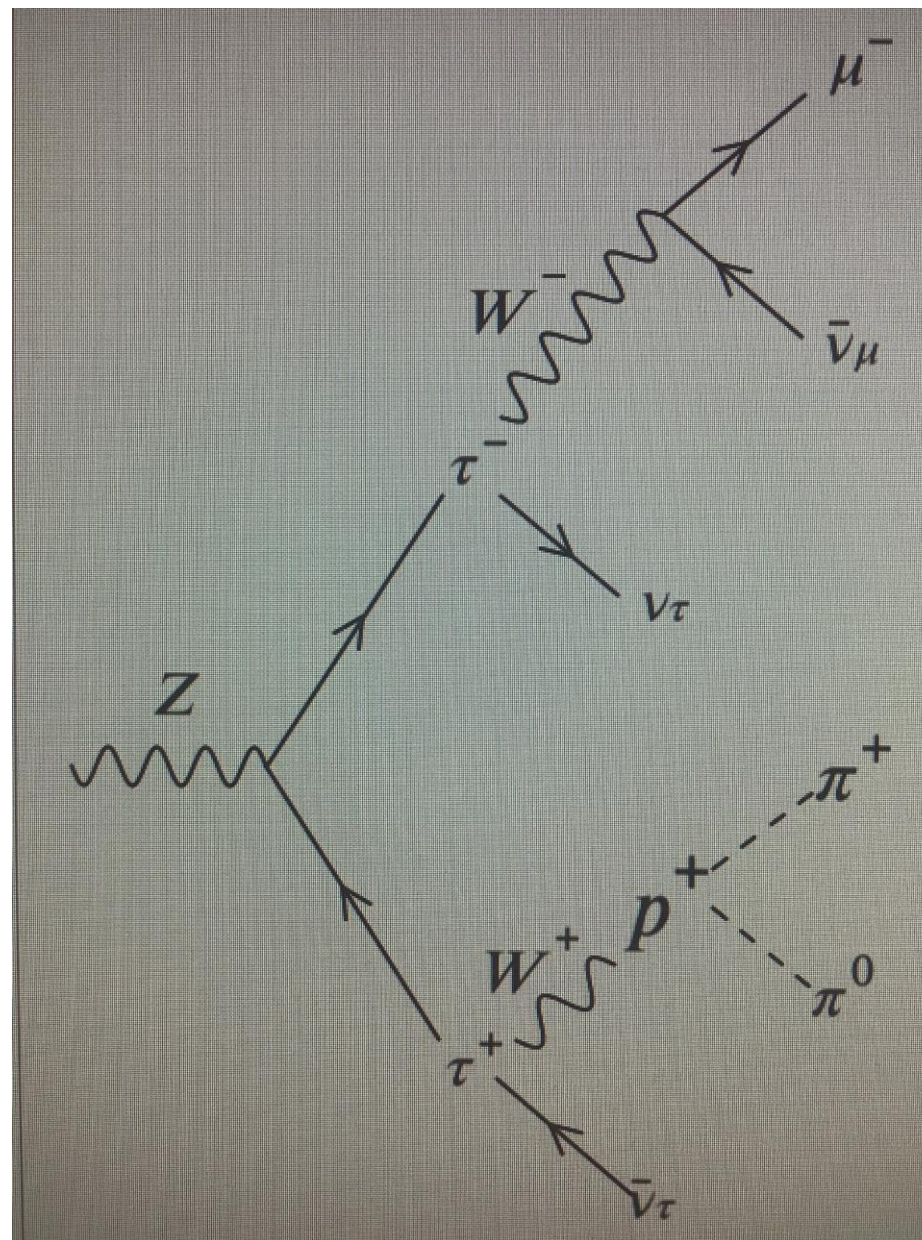


Tau-Lepton

- Schwereres Schwesterteilchen des Elektrons der 3. Generation der Leptonen
- $m_0 = 1776,86 \text{ MeV}$
- durch. Lebensdauer: $2,9 \cdot 10^{-13} \text{ s}$
 - Nicht direkt im Detektor detektierbar
 - \rightarrow Nachweis nur über Zerfallsprodukte möglich
- kann sowohl leptonisch als auch hadronisch zerfallen



Betrachteter Zerfall



π^0 -Meson

- Quantenmechanischer Überlagerungszustand zweier Quarkonia:

$$|\pi^0\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} \left[|u\bar{u}\rangle - |d\bar{d}\rangle \right]$$

- $m_0 = 134,98 \text{ MeV}$
- durch. Lebensdauer: $8,52 \cdot 10^{-17} \text{ s}$
- Neutral geladen
- Zerfällt immer in zwei Photonen
- —> direkte Messung im elektromagnetischen Kalorimeter
- —> Selektion über p-Meson-Zerfälle

Selektionen im Überblick

1. Separation von wahren $Z\tau\tau$ -Zerfällen und anderen Prozessen
 2. Separation von wahren $\tau \rightarrow \pi^\pm \pi^0$ -Zerfällen und anderen τ -Zerfällen
- Selektionsvorgang
 1. Betrachtung von wahren Daten bezüglich einer Variablen
 2. Schnitte hinzufügen, um Bereiche im Phasenraum mit hohem Untergrund zu unterdrücken

Vorselektion

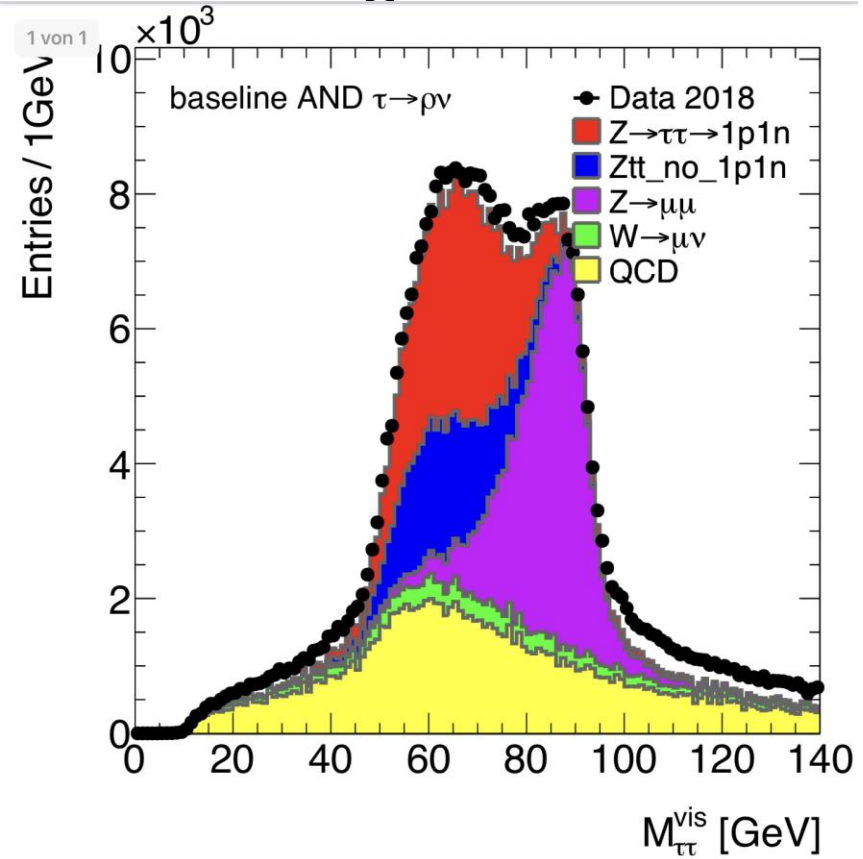
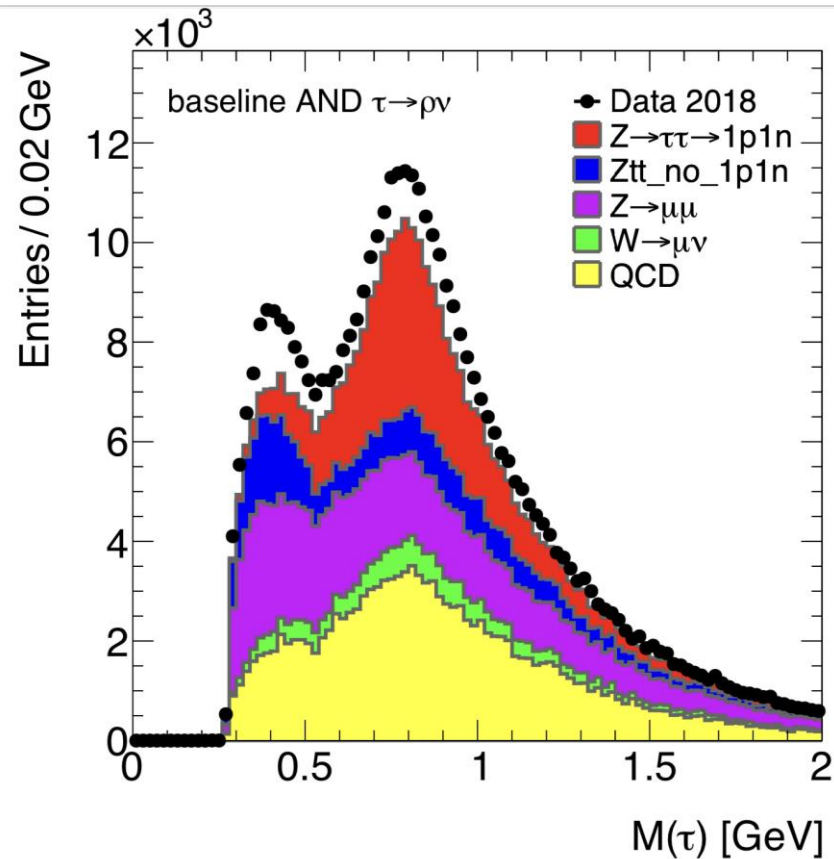
- Isoliertes, gut gemessenes Myon
- Hadronischer Tau-Kandidat
- —> Gegengesetzte Ladung dieser zueinander

Betrachtete Prozesse

- $Z \rightarrow \tau\tau$ aufgeteilt nach Anzahl der geladenen und ungeladen Zerfallsprodukte vom hadronisch zerfallenen Tauon
 - $\pi^\pm + \pi^0$
 - Andere Tau-Zerfälle
- $Z \rightarrow \mu\mu$
- $W \rightarrow \mu\nu$
- QCD-Hintergrund

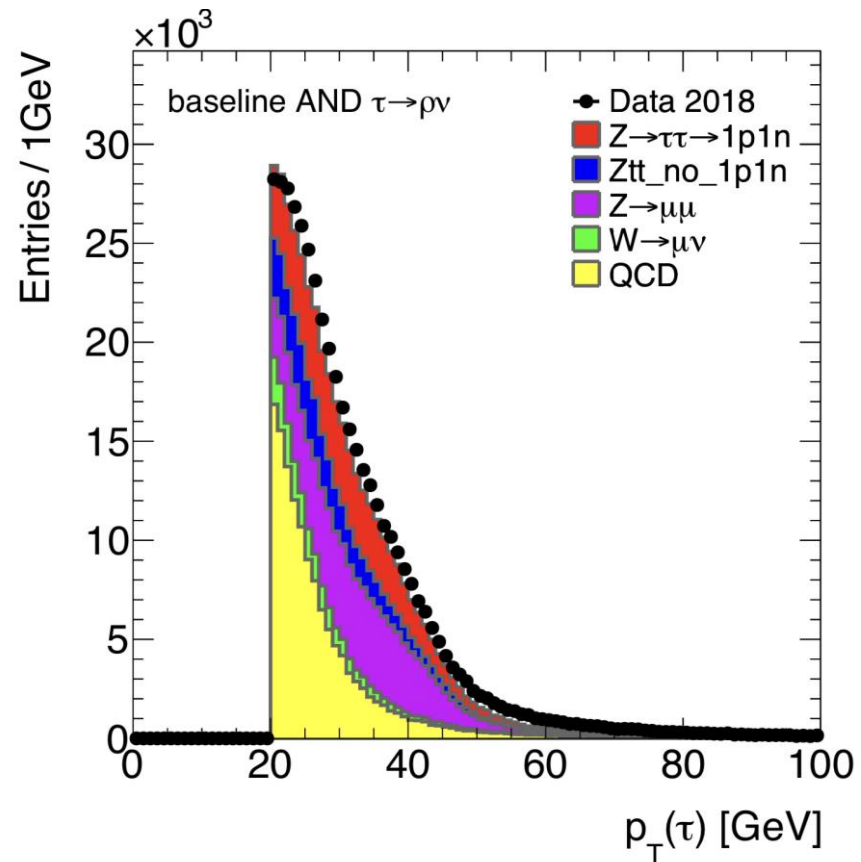
Betrachtete Variablen

- Invariante Masse m des τ -Signals und des $\tau\tau$ -Signals



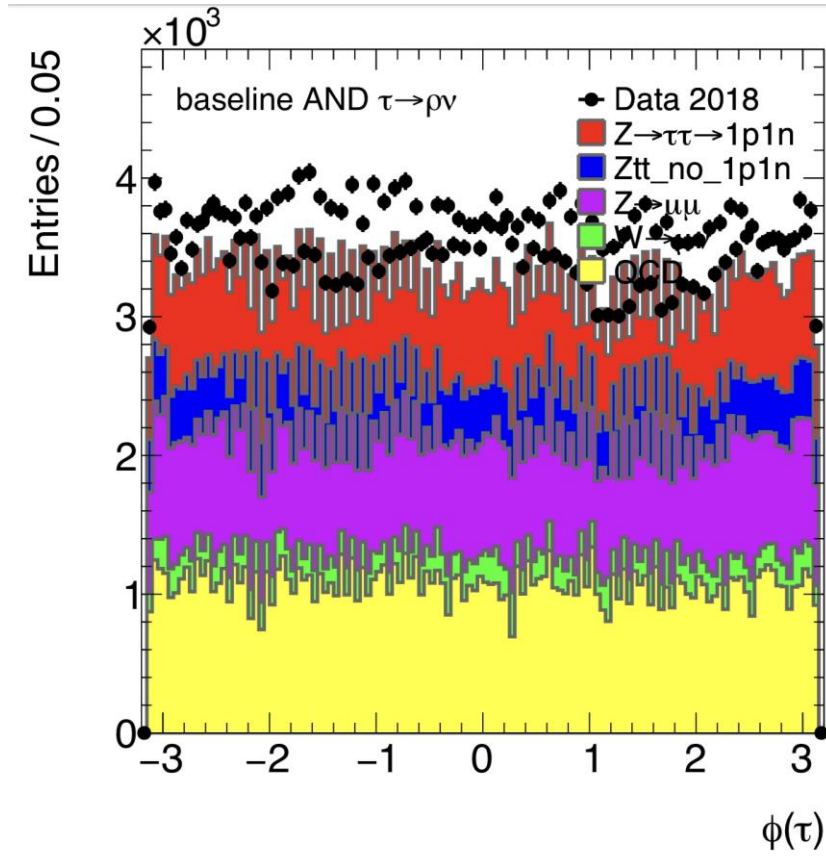
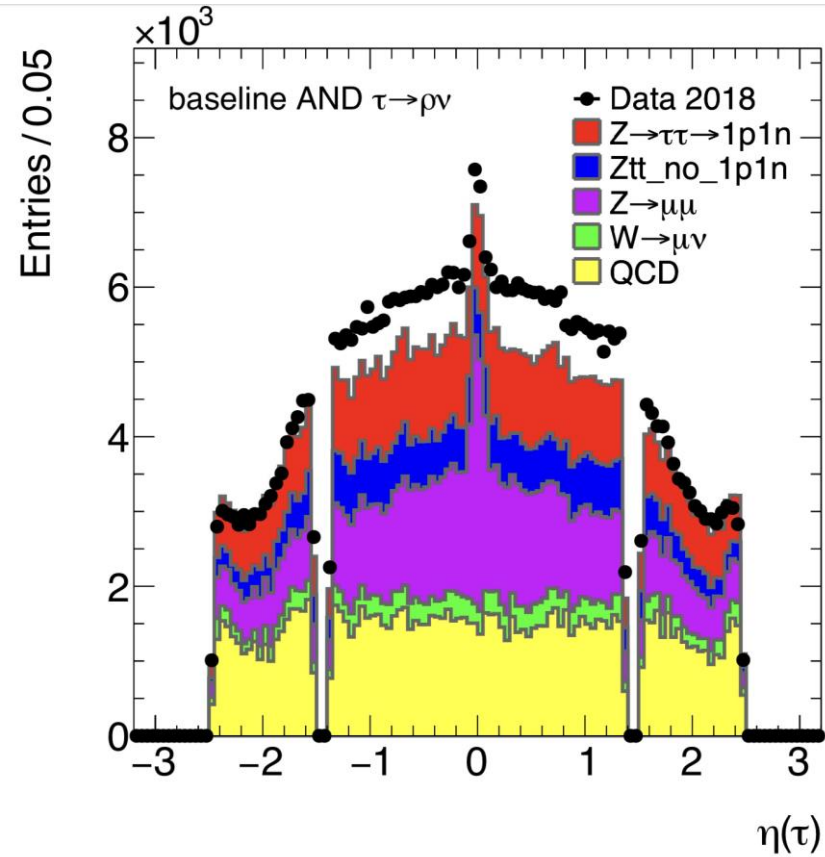
Betrachtete Variablen

- Transversalimpuls p_T



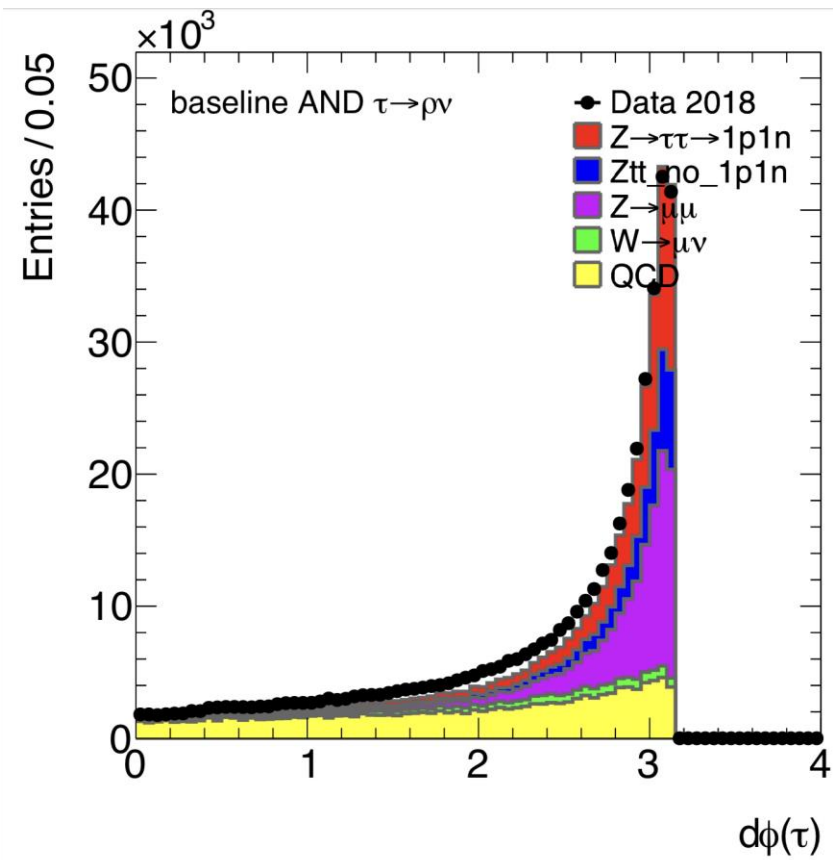
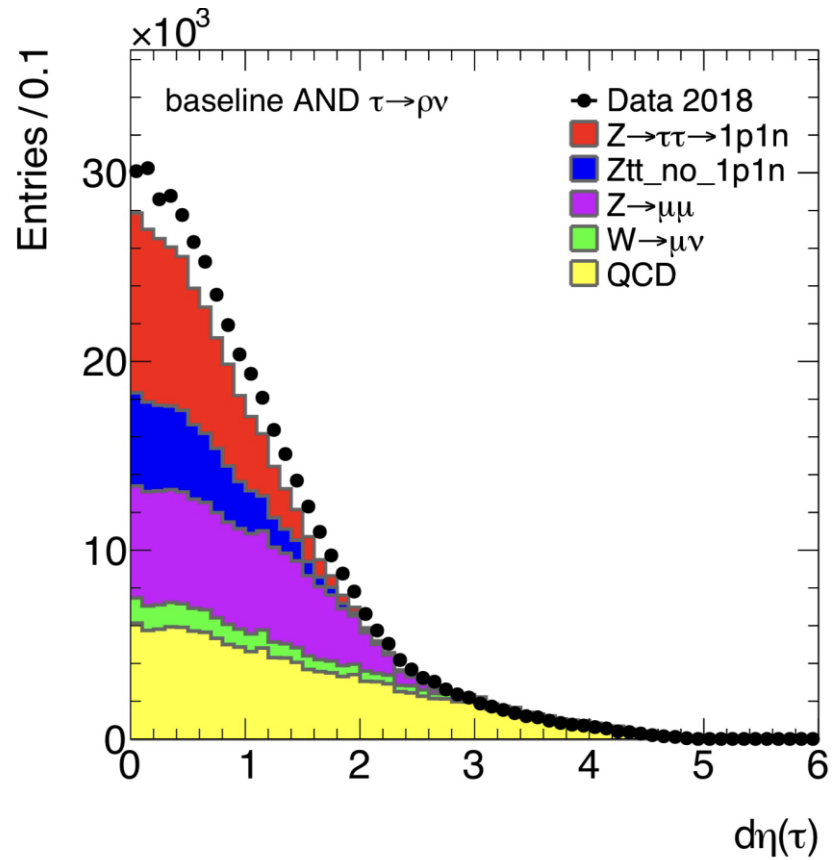
Betrachtete Variablen

- Eta η
- Phi Φ



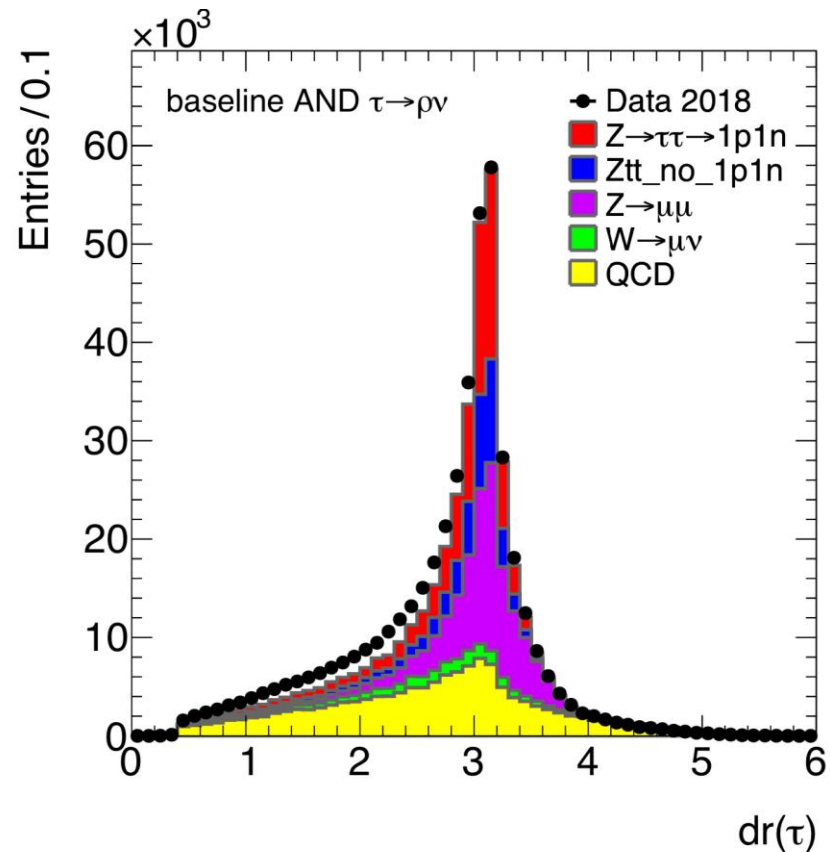
Betrachtete Variablen zwischen hadronisch zerfallener Tau-Kandidat und den Myon-Kandidat

- $\Delta\eta$
- $\Delta\Phi$



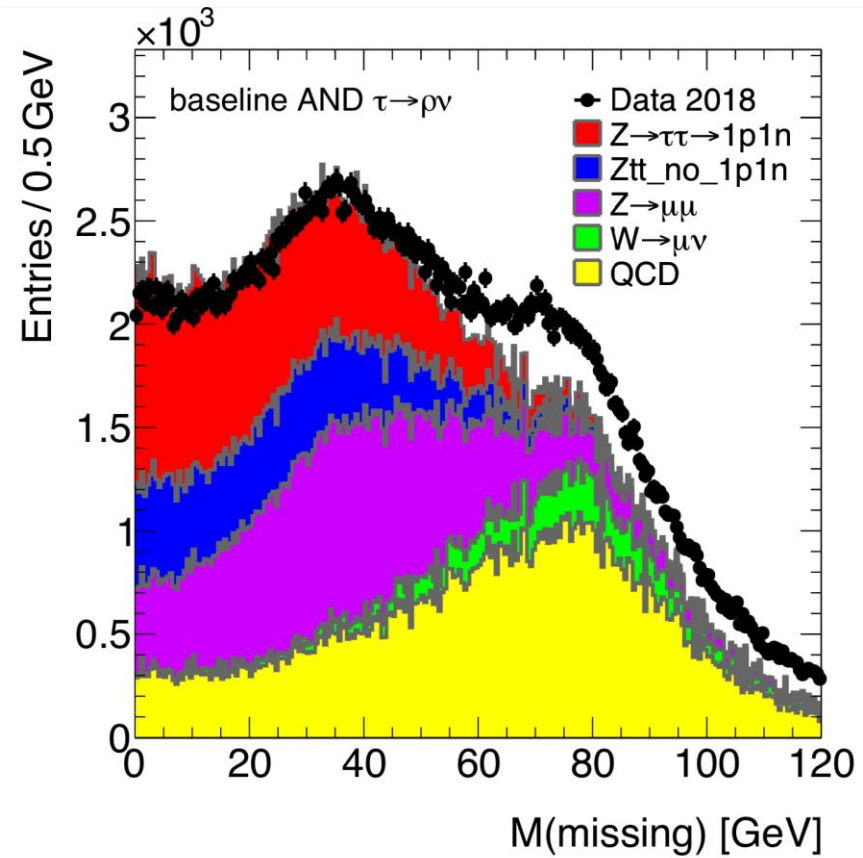
Betrachtete Variablen zwischen hadronisch zerfallener Tau-Kandidat und den Myon-Kandidat

- Winkelabstand Δr



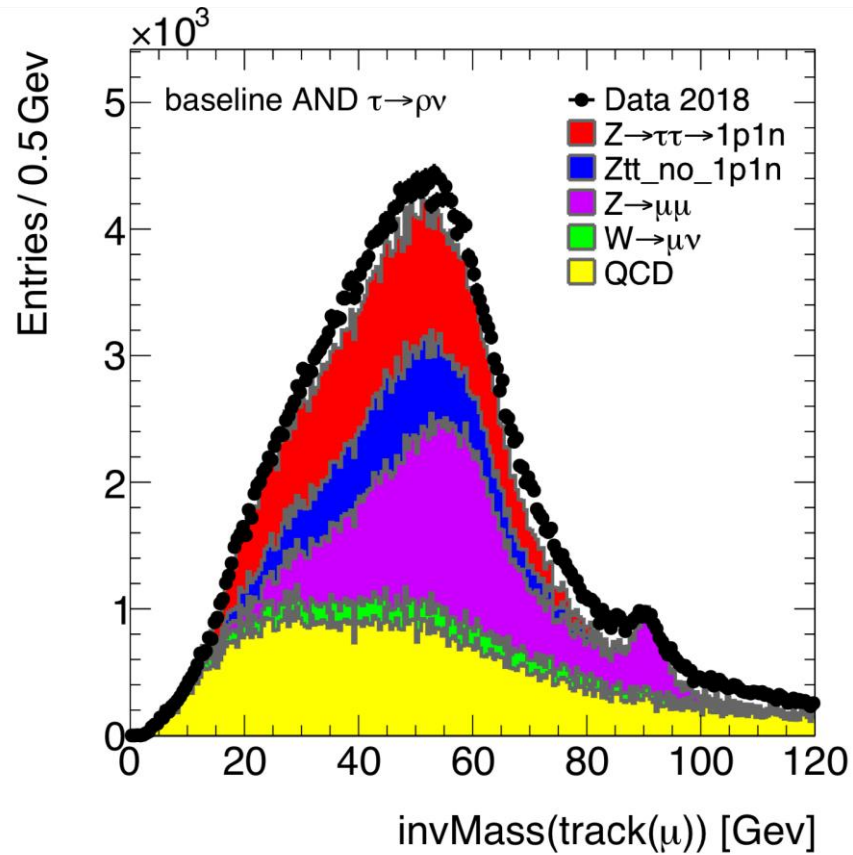
Betrachtete Variablen

- Fehlende transversale Masse

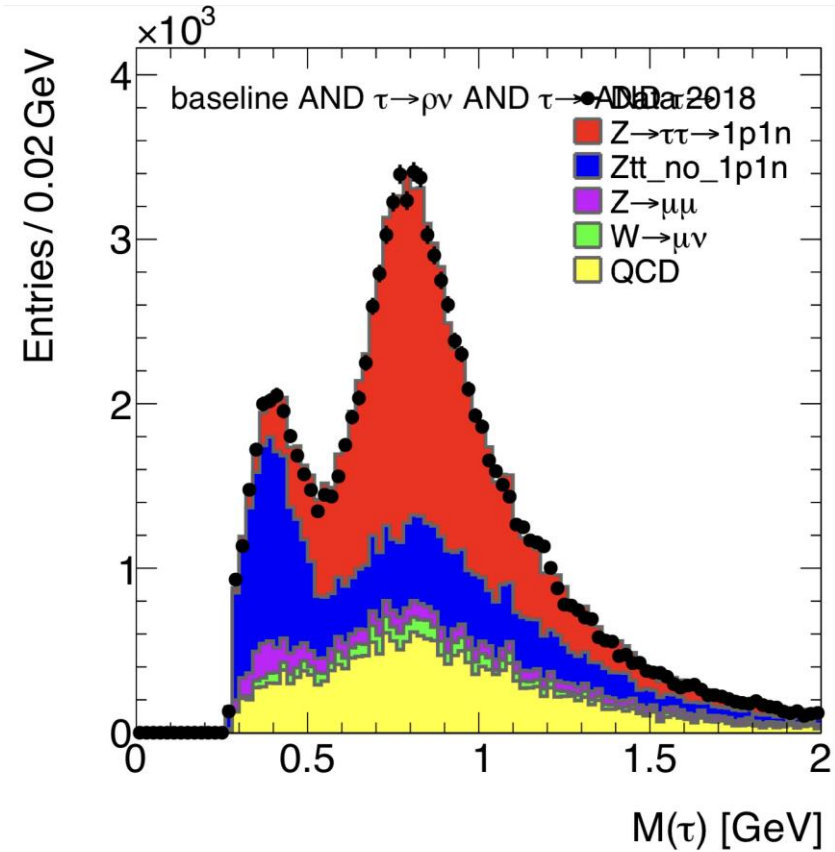


Betrachtete Variablen

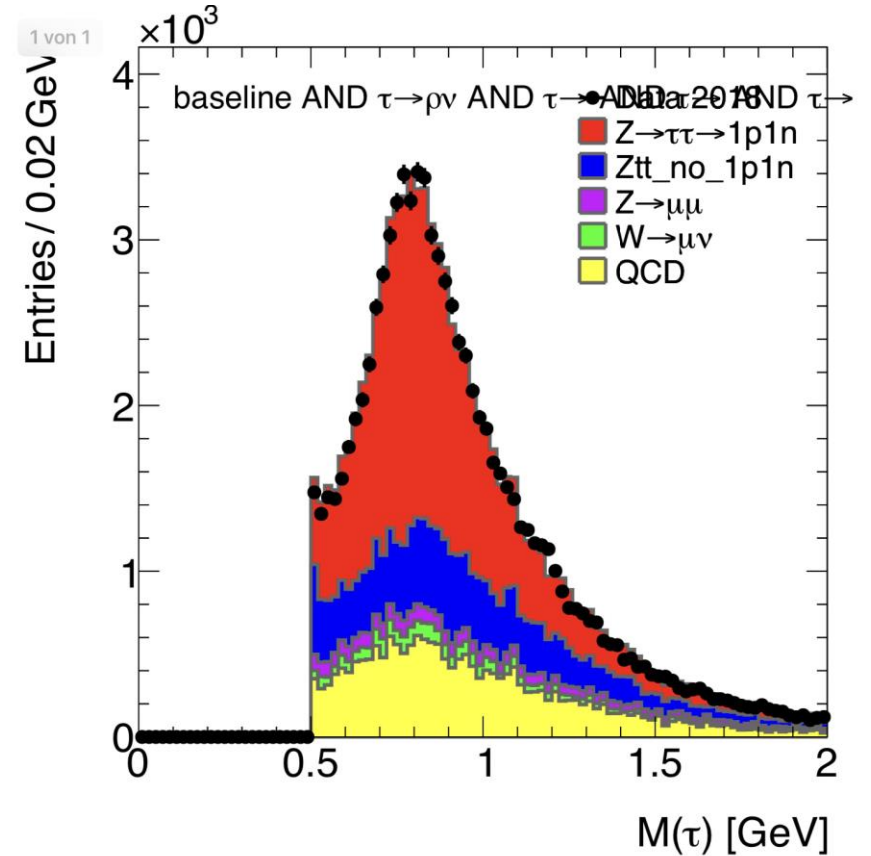
- Masse des Myon+Tau-Spursystems



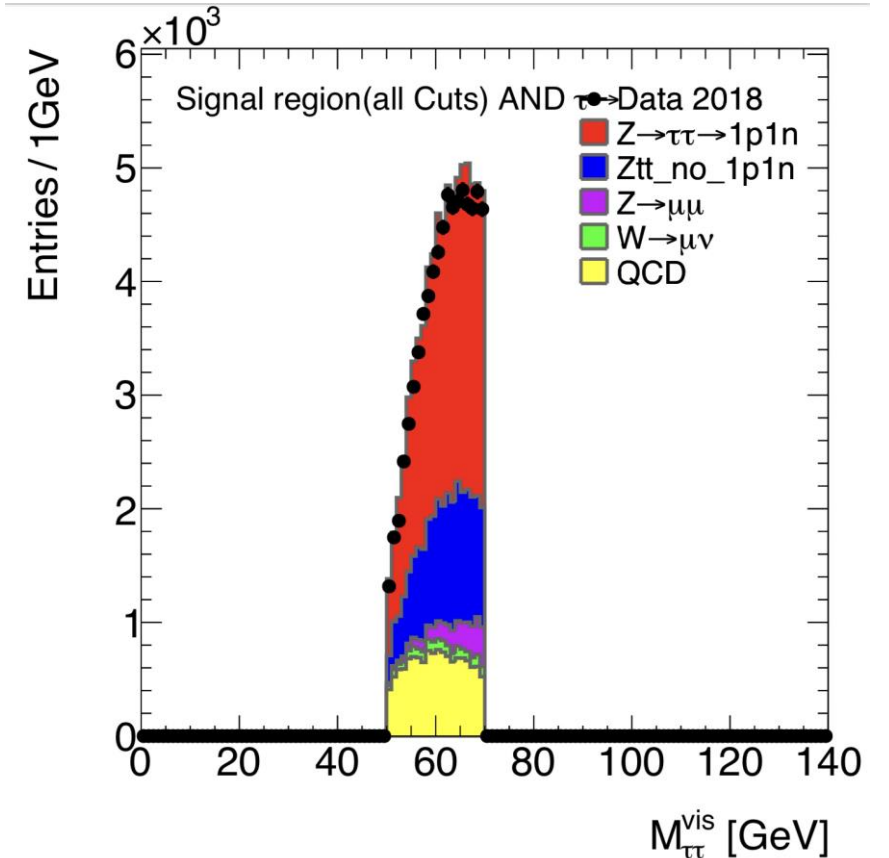
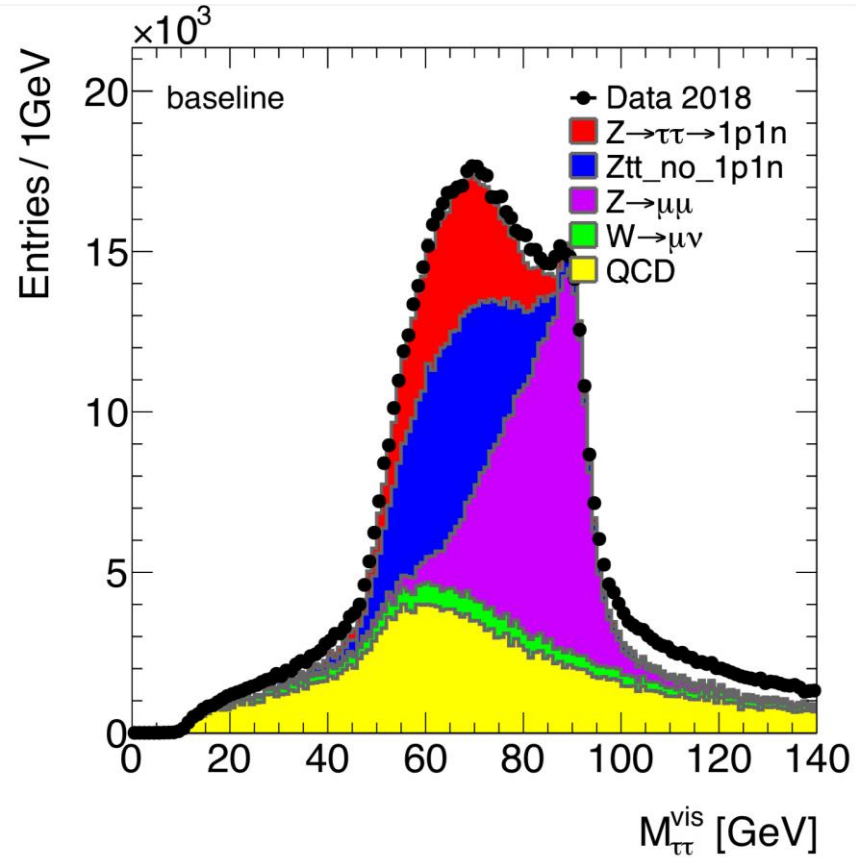
Selektionsvorgang Beispiel



$M(\tau) > 0.5$ GeV



Selektionsvorgang komplett Beispiel

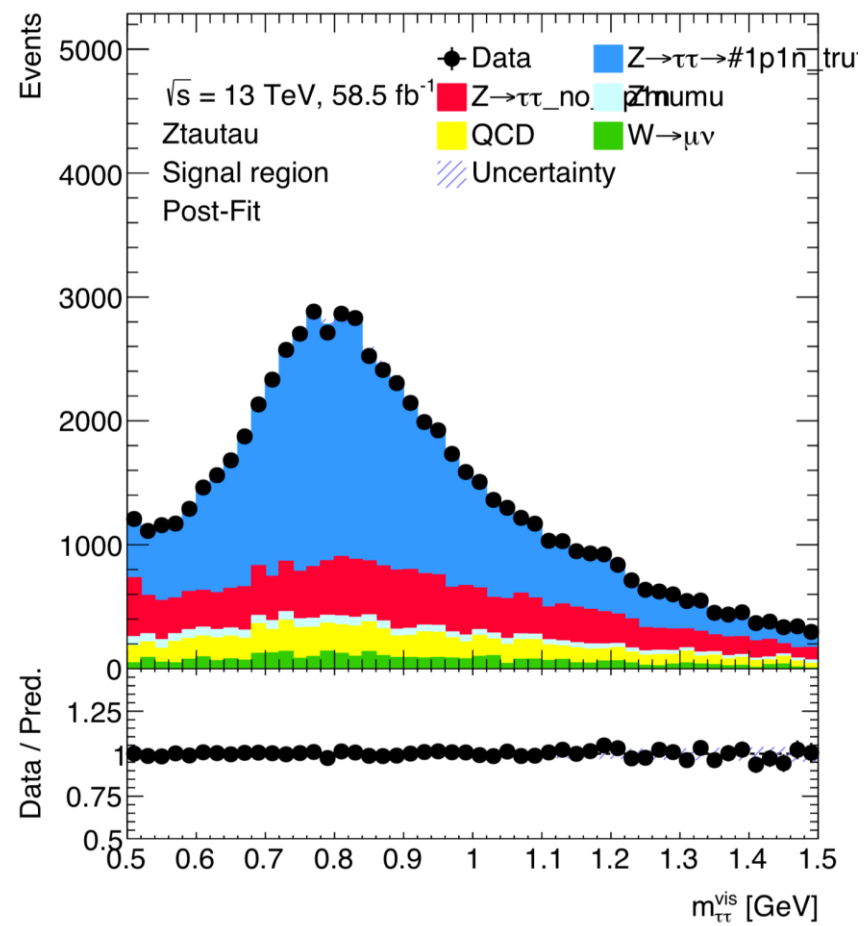
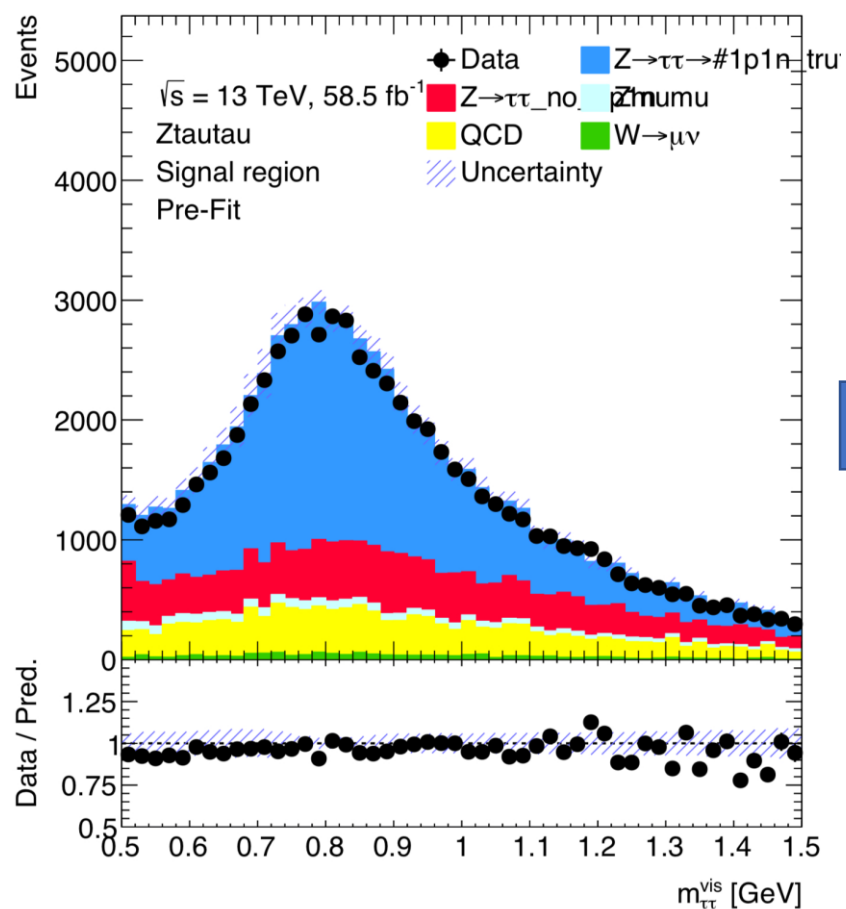


| Schnitte bei (die vorherigen immer dazu) | $Z \rightarrow \tau\tau \rightarrow \pi^\pm\pi^0$ | $Z \rightarrow \tau\tau \rightarrow \text{kein } \pi^\pm\pi^0$ | Anderer Untergrund |
|---|---|--|--------------------|
| Kein | 100% | 100% | 100% |
| Vorselektion | 62,2% | 55,5% | 16,6% |
| Nur ein geladenes und ein ungeladenes Zerfallsprodukt bei dem hadronisch zerfallenden Tauon | 51,0% | 16,6% | 8,3% |
| $2 < \Delta\Phi$ | 45,5% | 15,0% | 5,0% |
| $50 \text{ GeV} < \tau\tau \text{ Masse} < 70 \text{ GeV}$ | 26,9% | 9,9% | 1,3% |
| $\eta < -0,1$ oder $0,1 < \eta$ | 25,5% | 9,4% | 1,2% |
| $0,5 \text{ GeV} < \tau \text{ Masse}$ | 24,1% | 6,0% | 1,1% |
| Fehlende transversale Masse $< 60 \text{ GeV}$ | 22,41% | 5,57% | 0,53% |
| Invariante Masse des Myons $< 80 \text{ GeV}$ | 22,39% | 5,56% | 0,52% |

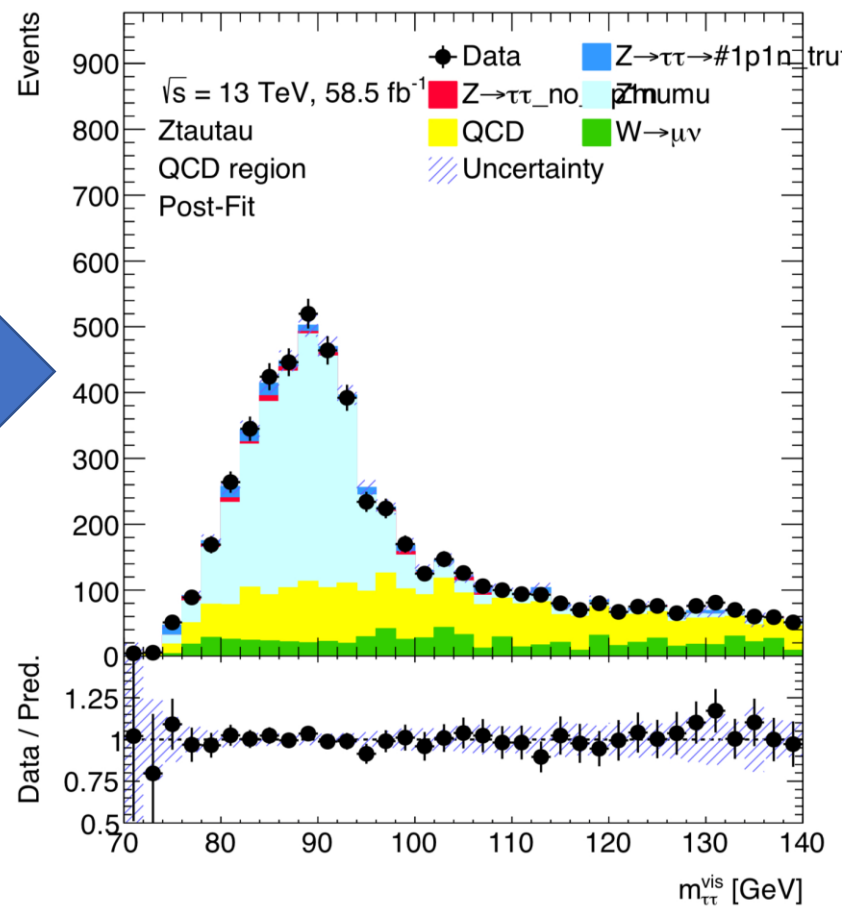
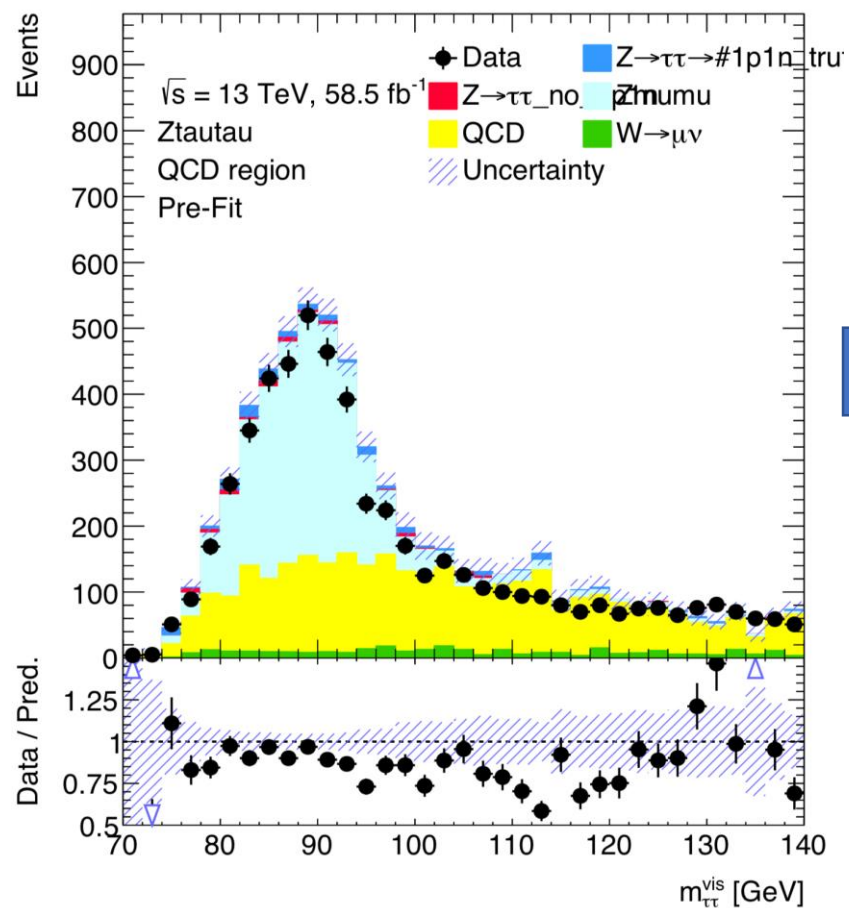
Fitting

- Vergleich der Vorhersage nach der Selektion mit wahren Daten, um die Effizienz und die Energiekalibration der π^0 -Rekonstruktion zu bestimmen
- Freie Parameter für das Fitting
 - Nominierungsfaktoren für alle Prozesse
 - Unsicherheit der Luminosität
 - $\pm 5\%$ bei der Energie von π^0
- Durchgeführt mit TREx-Fitter
- Fitten einer Signalregion und einer Kontrollregion für die Untergründe

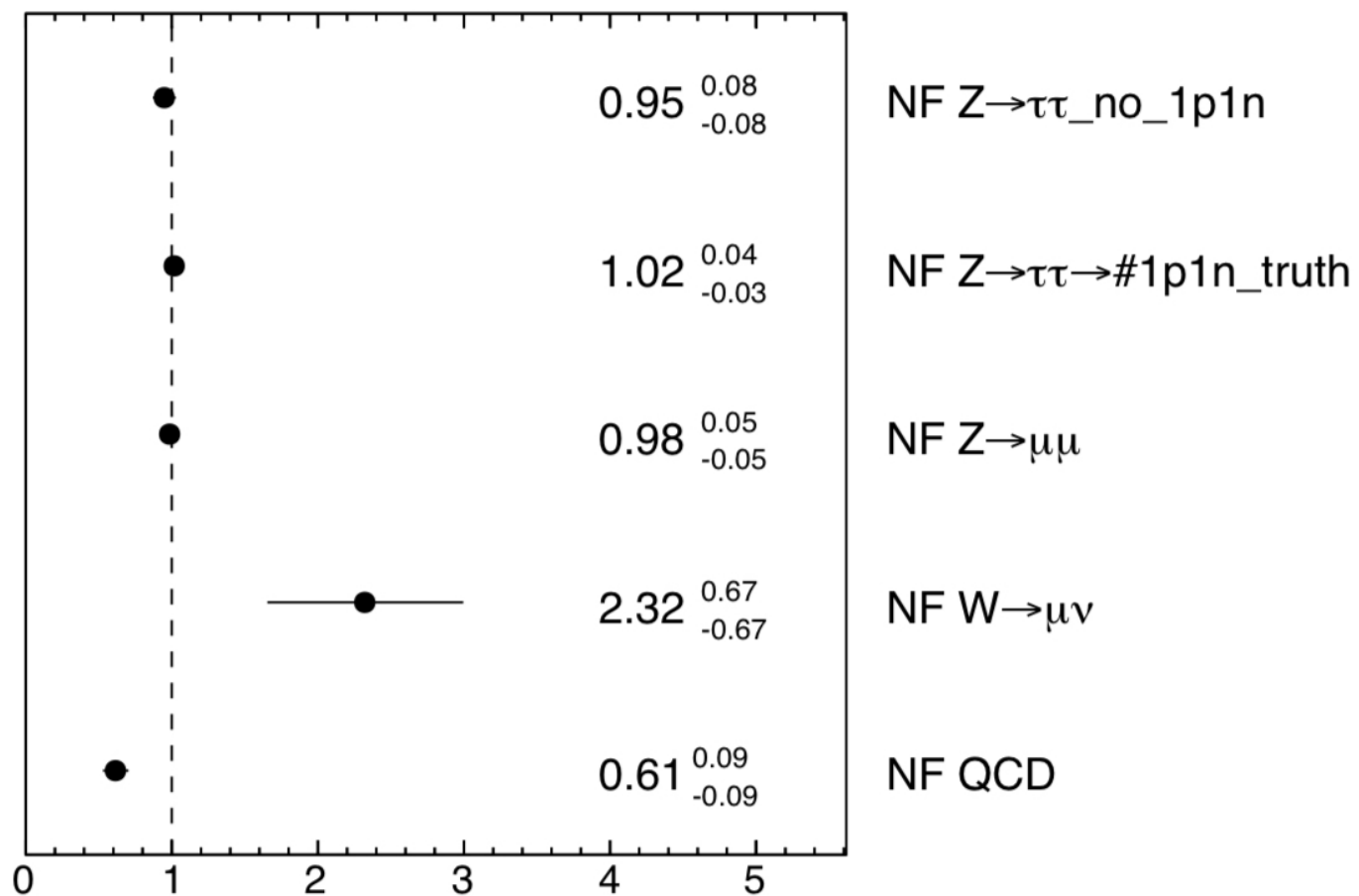
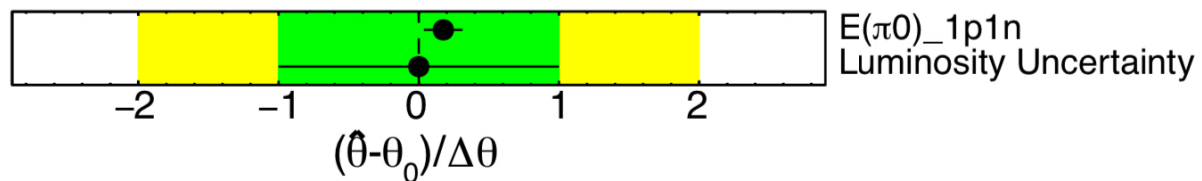
Fitting



Fitting



Fitting



Rückblick

- Erster Einblick in das Programmieren
- Interessanter tiefergehender Einblick in die Datenverarbeitung bei ATLAS
- Neues Wissen über Tau-Lepton-Zerfälle und Mesonen
- Erster Eindruck wissenschaftlichen Arbeitens

Quellen

- https://www.weltmaschine.de/service_material/mediathek/lhc_experimente/atlas_experiment/ 9 Uhr, 01.11.22
- <https://cds.cern.ch/record/39038> 12 Uhr, 01.11.22