

PanTau – Tau-Lepton-Identifikation mit Energiefluss in ATLAS

Sebastian Fleischmann, Christian Limbach,
Robindra Prabhu

Physikalisches Institut – Universität Bonn

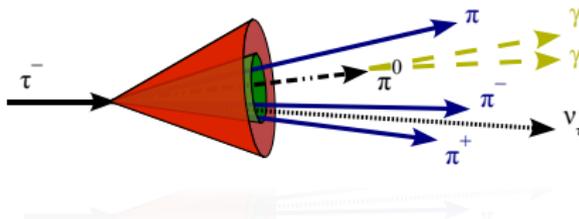
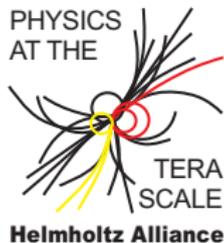
In Kollaboration mit Mark Hodgkinson (University of Sheffield)



15. März 2010

DPG-Frühjahrstagung Bonn 2010

Parallelsitzung Tau-Physik



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Übersicht

τ -ID mit
PanTau

Sebastian
Fleischmann

Übersicht

Einleitung

Rekonstruktion
von
 τ -Leptonen

Zusammen-
fassung

- 1 Einleitung
 - Tau-Leptonen
 - Tau-Leptonen im ATLAS Detektor
 - Energiefluss-Algorithmen
- 2 Rekonstruktion von τ -Leptonen
 - PanTau
 - Spurrekonstruktion
 - Kalorimeter-Cluster
 - Tau-Identifikation mit PanTau
- 3 Zusammenfassung





Allgemeine Eigenschaften von τ -Leptonen

τ -ID mit
PanTau

Sebastian
Fleischmann

Übersicht

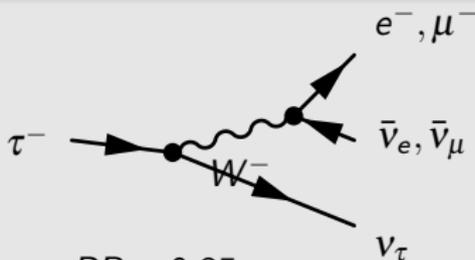
Einleitung

Rekonstruktion
von
 τ -Leptonen

Zusammen-
fassung

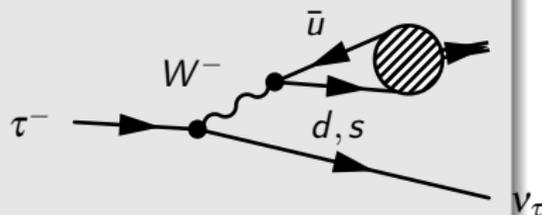
	e^\pm	μ^\pm	τ^\pm
Masse m (MeV)	0.511	105.7	1777
Lebensdauer τ (s)	stabil	$2.2 \cdot 10^{-6}$	$2.9 \cdot 10^{-13}$
$c \cdot \tau$		659m	$87.1 \mu\text{m}$

Leptonische Zerfälle



► $BR \approx 0.35$

Hadronische Zerfälle



► Zerfall über Resonanzen
(ρ , a_1 , K , ...) in π^\pm und
 π^0

► $BR \approx 0.65$





Der ATLAS Detektor

τ -ID mit
PanTau

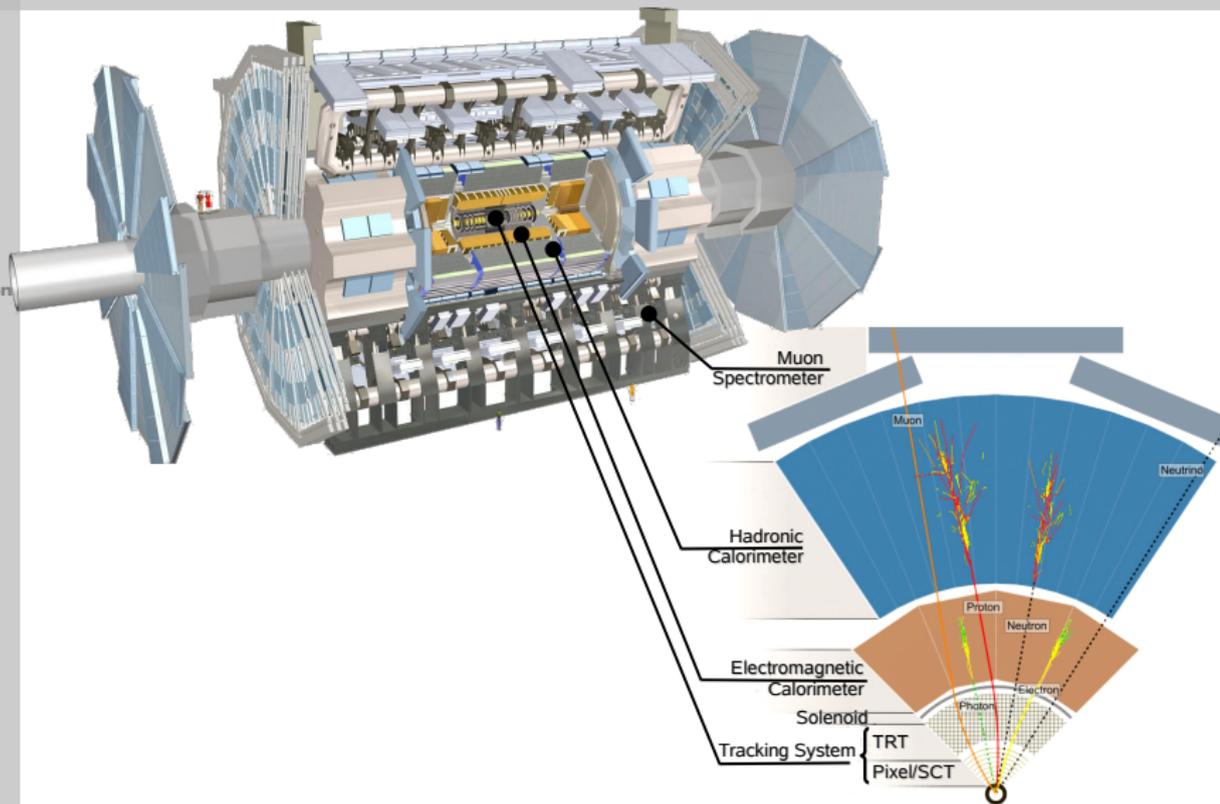
Sebastian
Fleischmann

Übersicht

Einleitung

Rekonstruktion
von
 τ -Leptonen

Zusammen-
fassung





τ -Leptonen im ATLAS-Kalorimeter

τ -ID mit
PanTau

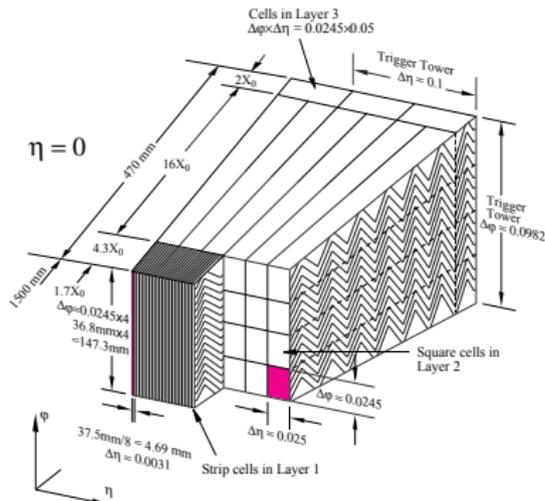
Sebastian
Fleischmann

Übersicht

Einleitung

Rekonstruktion
von
 τ -Leptonen

Zusammen-
fassung



► Das ATLAS Liquid Argon Calorimeter

- Hohe Granularität erlaubt es viele Eigenschaften von τ -Jets zu bestimmen





τ -Leptonen im ATLAS-Kalorimeter

τ -ID mit PanTau

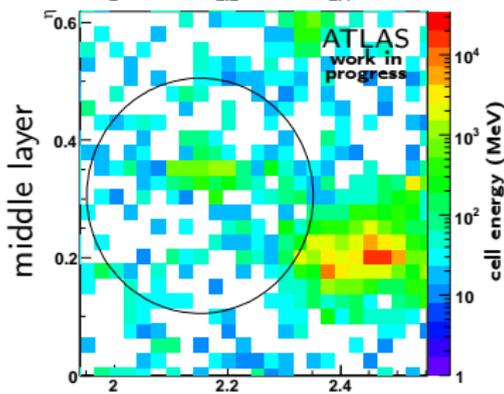
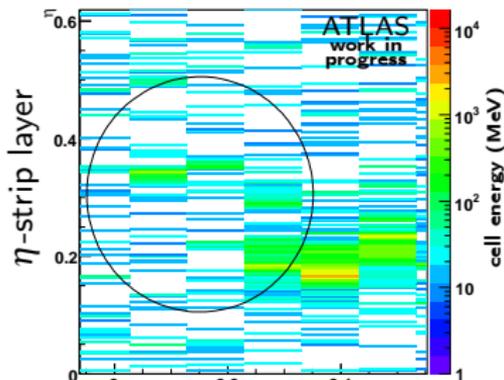
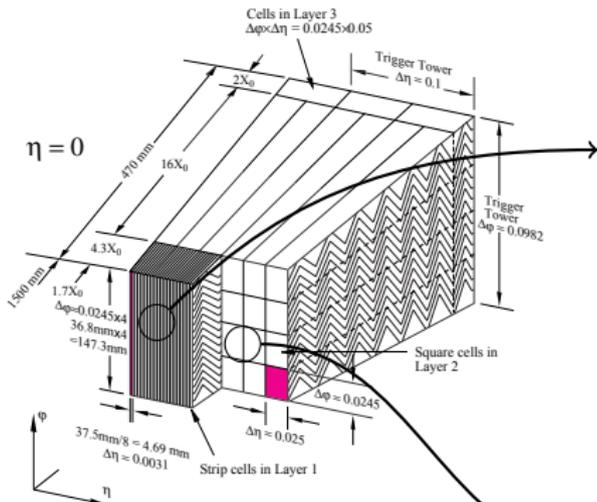
Sebastian Fleischmann

Übersicht

Einleitung

Rekonstruktion von τ -Leptonen

Zusammenfassung





τ -Leptonen im ATLAS-Kalorimeter

τ -ID mit
PanTau

Sebastian
Fleischmann

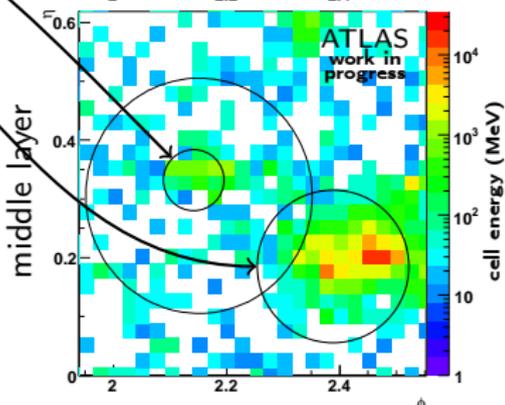
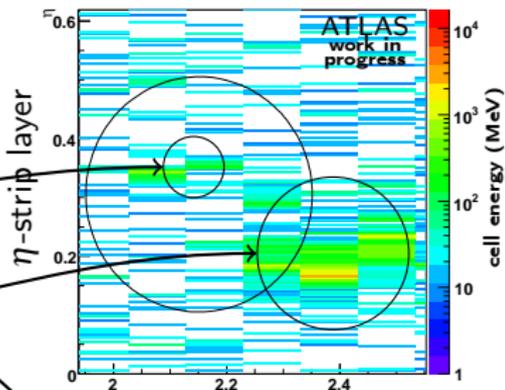
Übersicht

Einleitung

Rekonstruktion
von
 τ -Leptonen

Zusammen-
fassung

- ▶ τ -Jet
 - ▶ kollimiert
- ▶ Quark-Jet
 - ▶ breiteres Profil bereits
in der „ η -Strip“ Lage





Wozu Energiefluss-Algorithmen?

τ -ID mit
PanTau

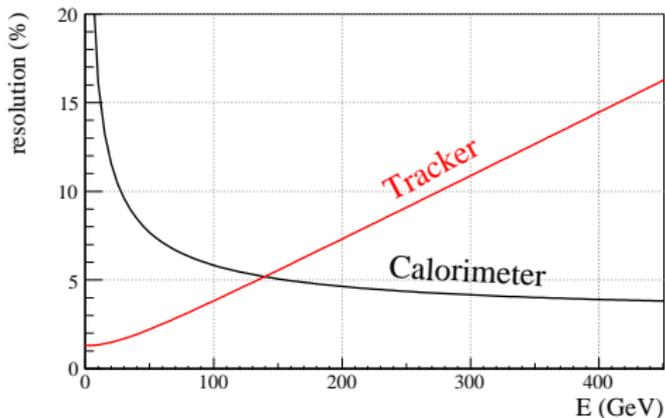
Sebastian
Fleischmann

Übersicht

Einleitung

Rekonstruktion
von
 τ -Leptonen

Zusammen-
fassung



- ▶ Bis hin zu mittleren π^\pm Impulsen ist die Energieauflösung der Spurmessung besser als die (HAD) Kalorimetrie
- ▶ Versuche beide Messungen zu kombinieren





Energiefluss-Algorithmen

τ -ID mit
PanTau

Sebastian
Fleischmann

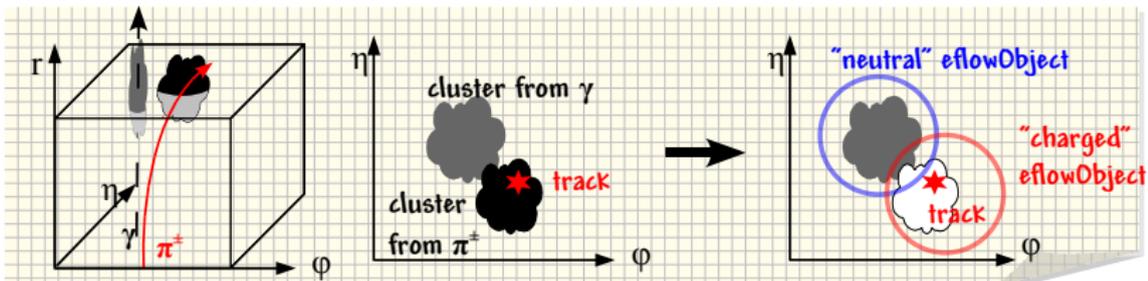
Übersicht

Einleitung

Rekonstruktion
von
 τ -Leptonen

Zusammen-
fassung

- ▶ Physik-motivierter Ansatz zur Kombination von Spurmessung und Kalorimetrie
- ▶ Benutze Spurinformaton für geladene Teilchen und Kalorimeter nur für neutrale
- ▶ Daher: Subtrahiere Energiedeposition geladener Teilchen von Kalorimeter-Clustern
- ▶ Hauptfehlerquelle: „Double counting“ von Energieeinträgen durch falsche Zuordnungen
- ▶ Allgemeine Implementation in ATLAS: „eflowRec“ (M. Hodgkinson, D. Tovey, R. Duxfield)





Rekonstruktion von τ -Leptonen

τ -ID mit
PanTau

Sebastian
Fleischmann

Übersicht

Einleitung

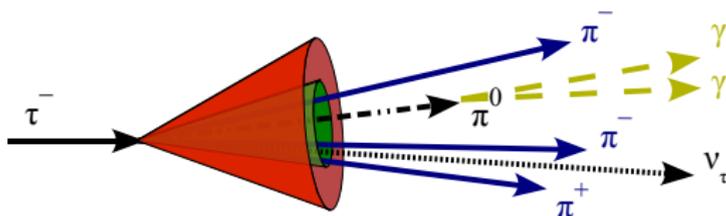
Rekonstruktion
von
 τ -Leptonen

Zusammen-
fassung

- ▶ Nur hadronische τ Zerfälle werden hier betrachtet
- ▶ Zu leptonischen Zerfällen ($\tau \rightarrow \mu \nu_\mu \nu_\tau$): Siehe Vortrag von Christian Limbach

(Inner Detector) Tracking

- ▶ Spuren von π^\pm
 - ▶ Geringe Anzahl (1 oder 3)
 - ▶ Kollimiert
 - ▶ Isolation von anderen Spuren
- ▶ Sekundärer Vertex





Rekonstruktion von τ -Leptonen

τ -ID mit
PanTau

Sebastian
Fleischmann

Übersicht

Einleitung

Rekonstruktion
von
 τ -Leptonen

Zusammen-
fassung

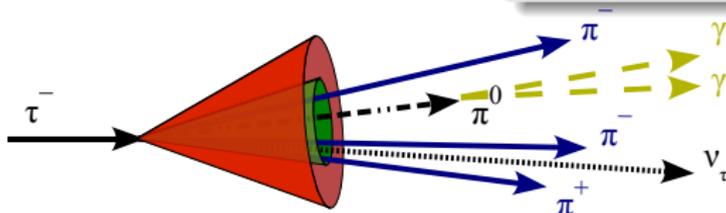
- ▶ Nur hadronische τ Zerfälle werden hier betrachtet
- ▶ Zu leptonischen Zerfällen ($\tau \rightarrow \mu \nu_\mu \nu_\tau$): Siehe Vortrag von Christian Limbach

(Inner Detector) Tracking

- ▶ Spuren von π^\pm
 - ▶ Geringe Anzahl (1 oder 3)
 - ▶ Kollimiert
 - ▶ Isolation von anderen Spuren
- ▶ Sekundärer Vertex

Kalorimetrie

- ▶ Kollimierte Energiedeposition
- ▶ EM und HAD Komponente
 - ▶ Starke EM Komponente für 1-prong
 - ▶ Identifiziere π^0 Sub-Cluster
- ▶ Isolation





Tau-Identifikation mit PanTau

τ -ID mit
PanTau

Sebastian
Fleischmann

Übersicht

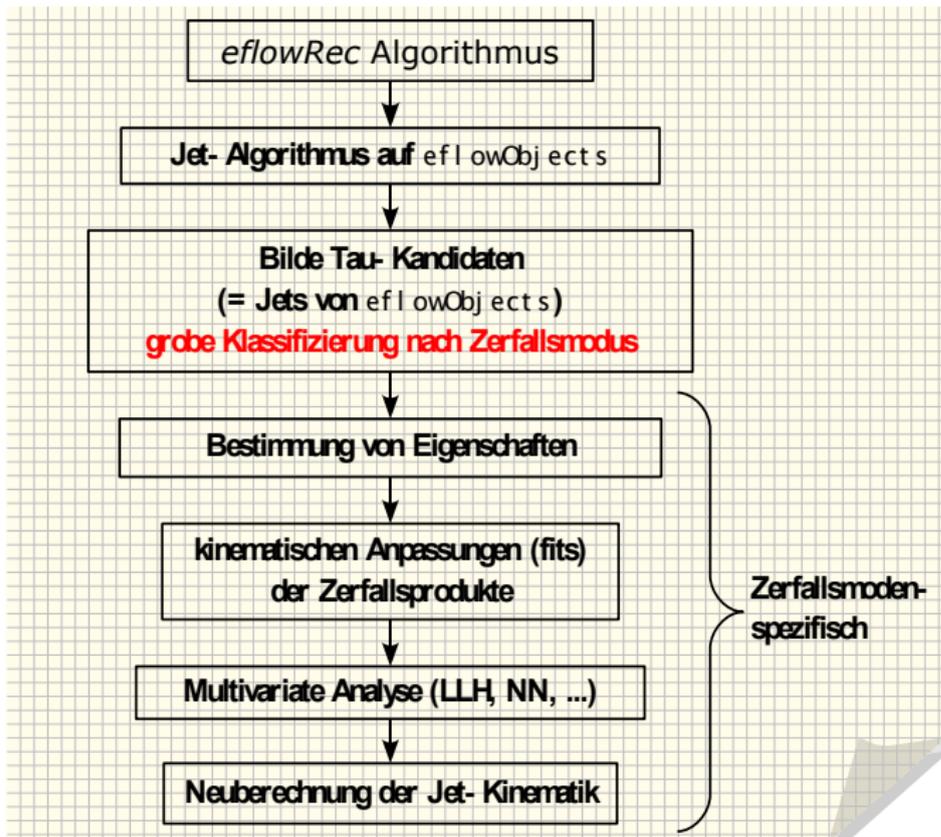
Einleitung

Rekonstruktion
von
 τ -Leptonen

Zusammen-
fassung



9





Spurrekonstruktionseffizienz

τ -ID mit PanTau

Sebastian Fleischmann

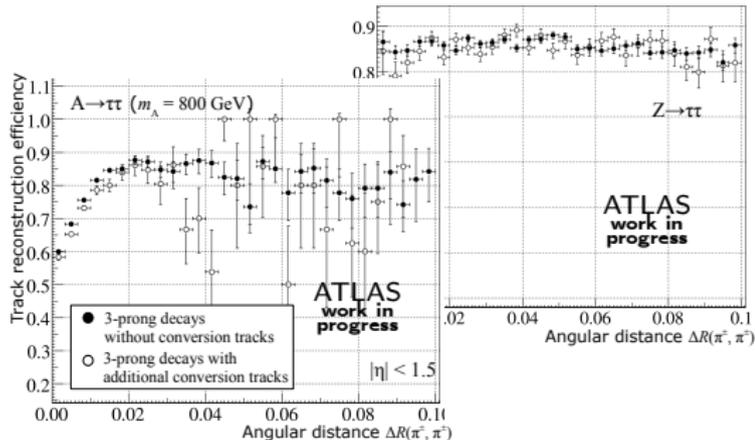
Übersicht

Einleitung

Rekonstruktion von τ -Leptonen

Zusammenfassung

- ▶ Hohe Spureffizienz für π^\pm aus τ -Zerfällen wichtig für
 - ▶ verlässliche Ladungsrekonstruktion
 - ▶ Identifikation von τ -Zerfallsmoden



- ▶ Fehlende Spuren hauptsächlich durch hadronische Wechselwirkung im Inner Detector
- ▶ Problem: Zusätzliche Spuren von γ -Konversionen aus $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$: Spurselektion ist wichtig!





Spurrekonstruktionseffizienz

Anzahl von rekonstruierten Spuren je Tau-Jet-Kandidat nach Ursprung (Monte Carlo Truth)

τ -ID mit PanTau

Sebastian Fleischmann

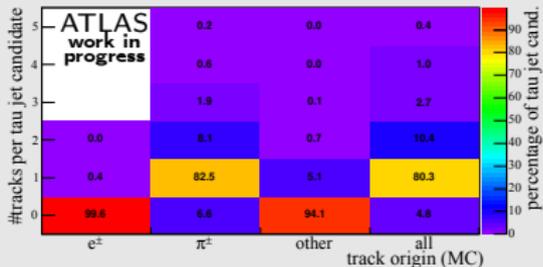
Übersicht

Einleitung

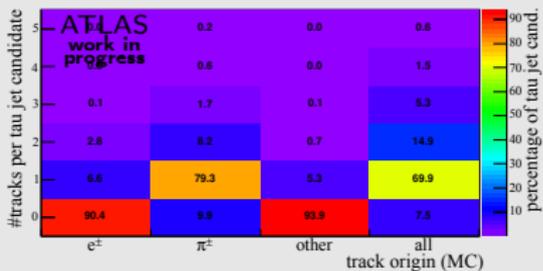
Rekonstruktion von τ -Leptonen

Zusammenfassung

1-prong Zerfälle

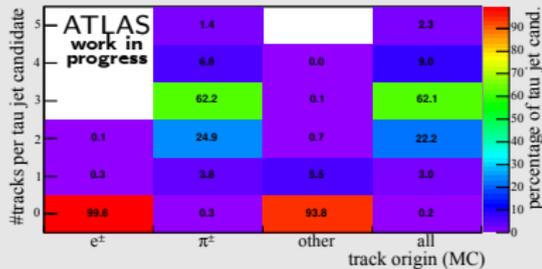


$$\tau^\pm \rightarrow \pi^\pm \nu$$

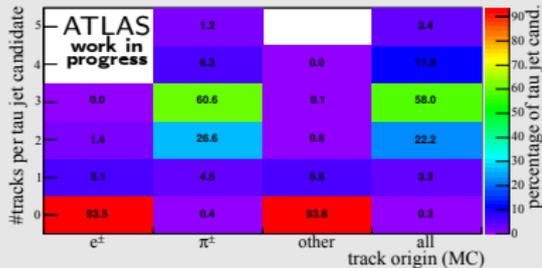


$$\tau^\pm \rightarrow \pi^\pm \nu + n\pi^0$$

3-prong Zerfälle



$$\tau^\pm \rightarrow 3\pi^\pm \nu$$



$$\tau^\pm \rightarrow 3\pi^\pm \nu + n\pi^0$$





Aufspaltung von Kalorimeter-Clustern von π^\pm

τ -ID mit PanTau

Sebastian Fleischmann

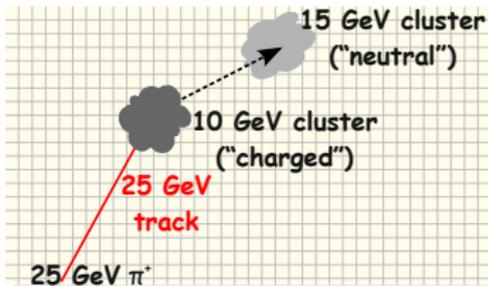
Übersicht

Einleitung

Rekonstruktion von τ -Leptonen

Zusammenfassung

- ▶ Hadronische Shower unregelmäßig: Geladene Pionen können mehr als einen Cluster erzeugen
- ▶ Stört jede Art von Tau-Rekonstruktion



rekonstruierter Modus	$2\pi^\pm + n\pi^0$	4	19	3	6
	$2\pi^\pm$	18	5	7	3
	$3\pi^\pm + n\pi^0$	3	14	16	41
	$3\pi^\pm$	10	4	51	24
	$1\pi^\pm + n\pi^0$	8	36		
	$1\pi^\pm$	44	10	\emptyset	
		$1\pi^\pm + n\pi^0$	$3\pi^\pm$	$3\pi^\pm + n\pi^0$	

ATLAS work in progress

wahrer Zerfallsmodus

- ▶ falsche „neutrale“ Cluster
- ▶ falsche Zuordnung des Zerfallskanals und schlechte Energiemessung





Aufspaltung von Kalorimeter-Clustern von π^\pm

Algorithmus zur Zusammenführung von gespaltenen Clustern

τ -ID mit PanTau

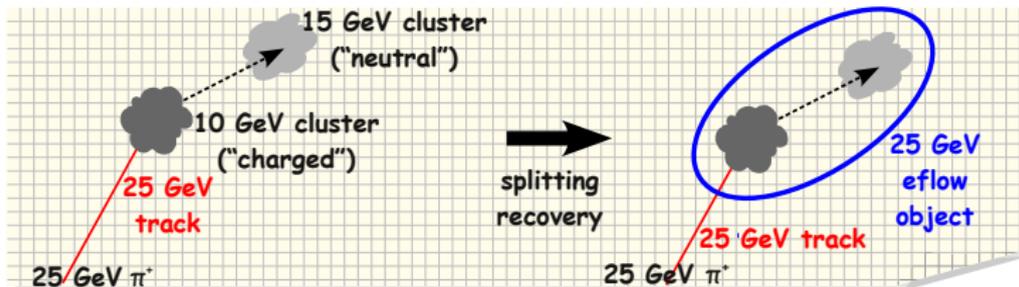
Sebastian Fleischmann

Übersicht

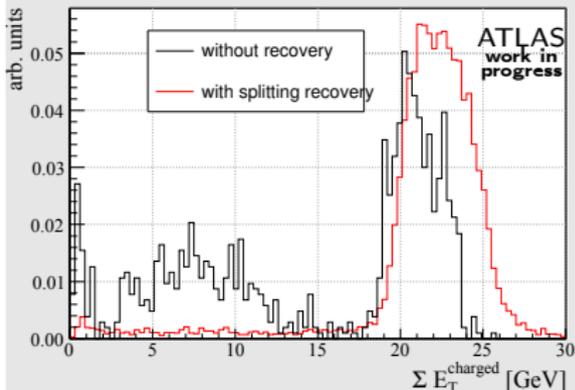
Einleitung

Rekonstruktion von τ -Leptonen

Zusammenfassung



Vor und nach Zusammenführung



Rekonstruierte geladene Komponenten von 1-prong τ -Zerfällen ohne neutrale Komponente ($\tau^\pm \rightarrow \pi^\pm \nu_\tau$) mit sichtbarer transversaler Energie $20 \text{ GeV} < E_T^{\text{vis}} < 25 \text{ GeV}$





Identifikationsvariablen

τ -ID mit
PanTau

Sebastian
Fleischmann

Übersicht

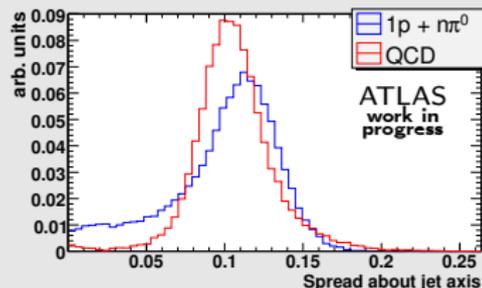
Einleitung

Rekonstruktion
von
 τ -Leptonen

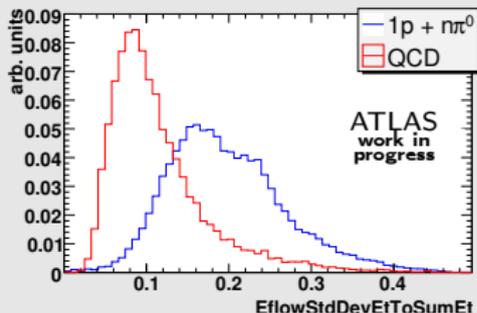
Zusammen-
fassung

- Durch Energieflussrekonstruktion können Variablen zur Identifikation benutzt werden, welche in herkömmlichen Algorithmen nicht zur Verfügung stehen

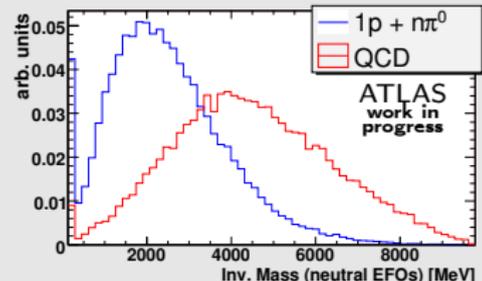
Streuung des Abstands zur Jet-Achse



Streuung der eflowObject-Energie



Invariante Masse neutraler Objekte





Multivariate Analyse in PanTau

τ -ID mit
PanTau

Sebastian
Fleischmann

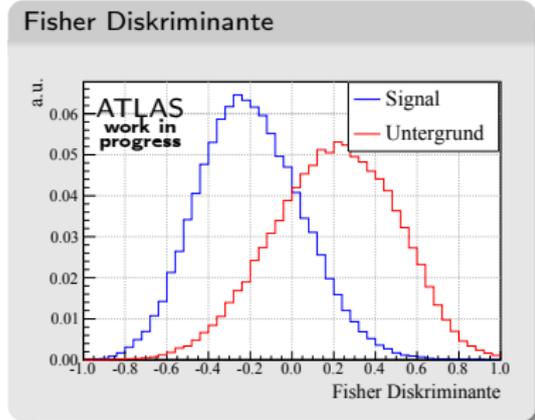
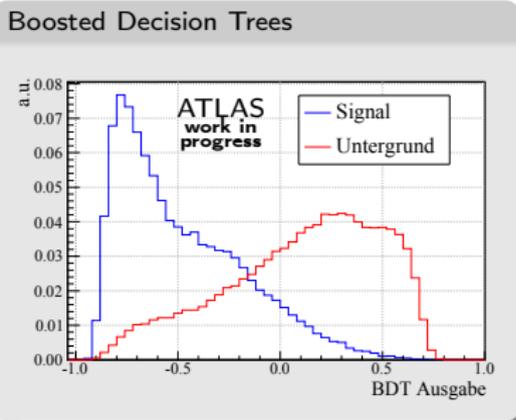
- ▶ TMVA vollständig integriert in PanTau: Erlaubt es verschiedene Multivariate Analyse Methoden parallel zu nutzen

Übersicht

Einleitung

Rekonstruktion
von
 τ -Leptonen

Zusammen-
fassung



Invariante Massen der Resonanzen

τ -ID mit
PanTau

Sebastian
Fleischmann

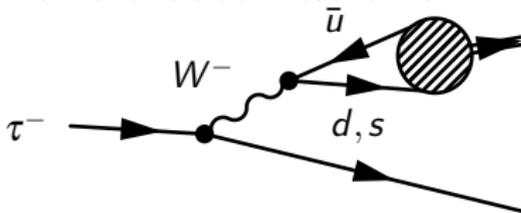
Übersicht

Einleitung

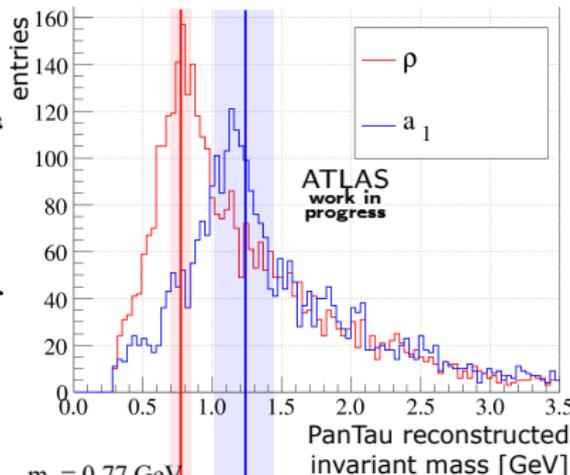
Rekonstruktion
von
 τ -Leptonen

Zusammen-
fassung

- ▶ Erinnerung: Hadronische τ -Zerfälle über Resonanzen



- ▶ Deren invariante Massen können (begrenzt) rekonstruiert werden

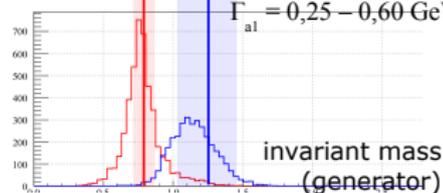


$m_\rho = 0,77 \text{ GeV}$

$\Gamma_\rho = 0,15 \text{ GeV}$

$m_{a_1} \approx 1,23 \text{ GeV}$

$\Gamma_{a_1} = 0,25 - 0,60 \text{ GeV}$





Zusammenfassung

τ -ID mit
PanTau

Sebastian
Fleischmann

Übersicht

Einleitung

Rekonstruktion
von
 τ -Leptonen

Zusammen-
fassung

- ▶ PanTau ist ein neuer Ansatz zur Tau-Identifikation in ATLAS
 - ▶ Basiert vollständig auf Energieflussalgorithmus „eflowRec“
 - ▶ Erlaubt zerfallsmodenspezifische Rekonstruktion
- ▶ Diverse Verbesserungen am Energieflussalgorithmus „eflowRec“ wurden vorgenommen
- ▶ Aufspaltung von Kalorimeter-Clustern und Spurselektion wurden als besonders wesentliche Punkte identifiziert
- ▶ Zur Identifikation von leptonischen Zerfällen siehe nächster Vortrag

