



• Tau-Lepton-Identifikation auf der Basis von Energieflussalgorithmen mit dem ATLAS-Experiment

Sebastian Fleischmann¹, Mark Hodgkinson², Christian Limbach¹,
Robindra Prabhu¹, Peter Wienemann¹

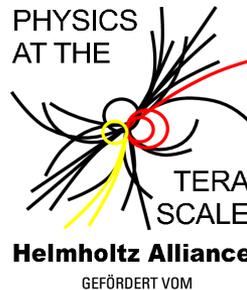
¹Physikalisches Institut der Universität Bonn

²University of Sheffield, Sheffield, UK

ATLAS
PanTau

FSP 101

ATLAS

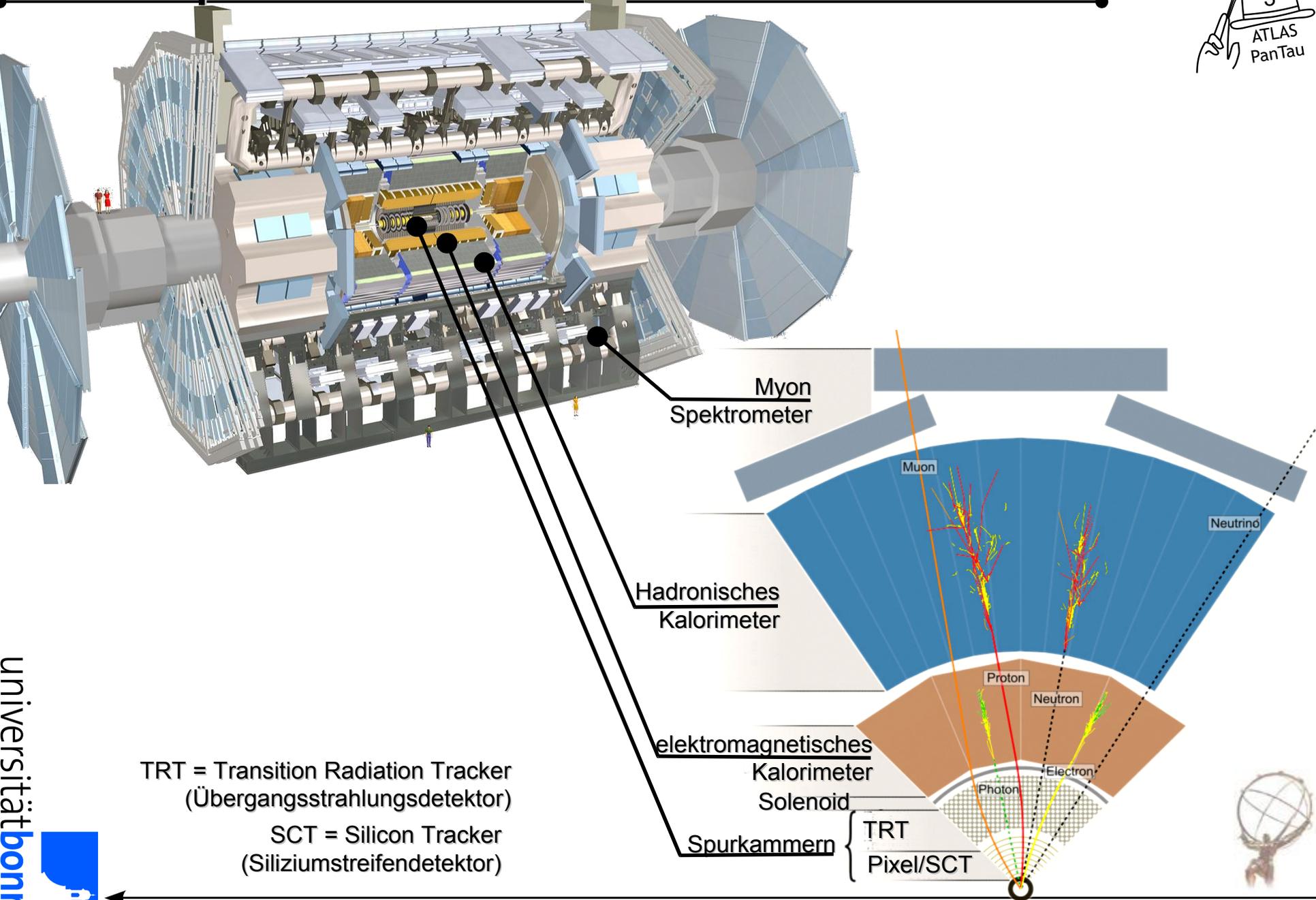
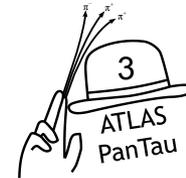


Helmholtz Alliance
GEFÖRDERT VOM

- **Tau-Leptonen** sind **wichtiges Signal für „Neue Physik“** am Large Hadron Collider (LHC): Supersymmetrie (SUSY), etc.
- Wegen **kurzer Lebensdauer** werden jedoch **nur Zerfallsprodukte** in den Detektoren registriert
- Aufgabe: Identifikation von Tau-Leptonen heisst Unterscheidung von „Jets“ aus Tau-Zerfallsprodukten von anderen (Quark-/Gluon-) Jets.
- Problematisch: Identifikation von τ in dichten Ereignistopologien (überlappende Jets) wie bei SUSY



Tau Leptonen im ATLAS-Detektor



TRT = Transition Radiation Tracker
(Übergangsstrahlungsdetektor)

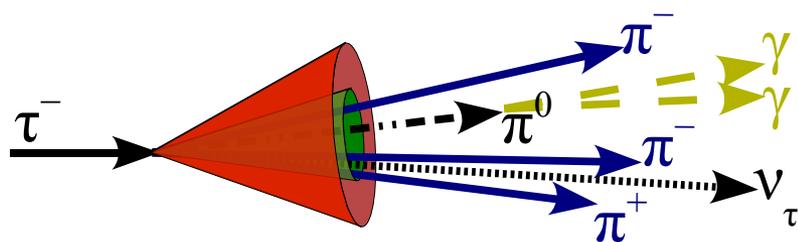
SCT = Silicon Tracker
(Siliziumstreifendetektor)



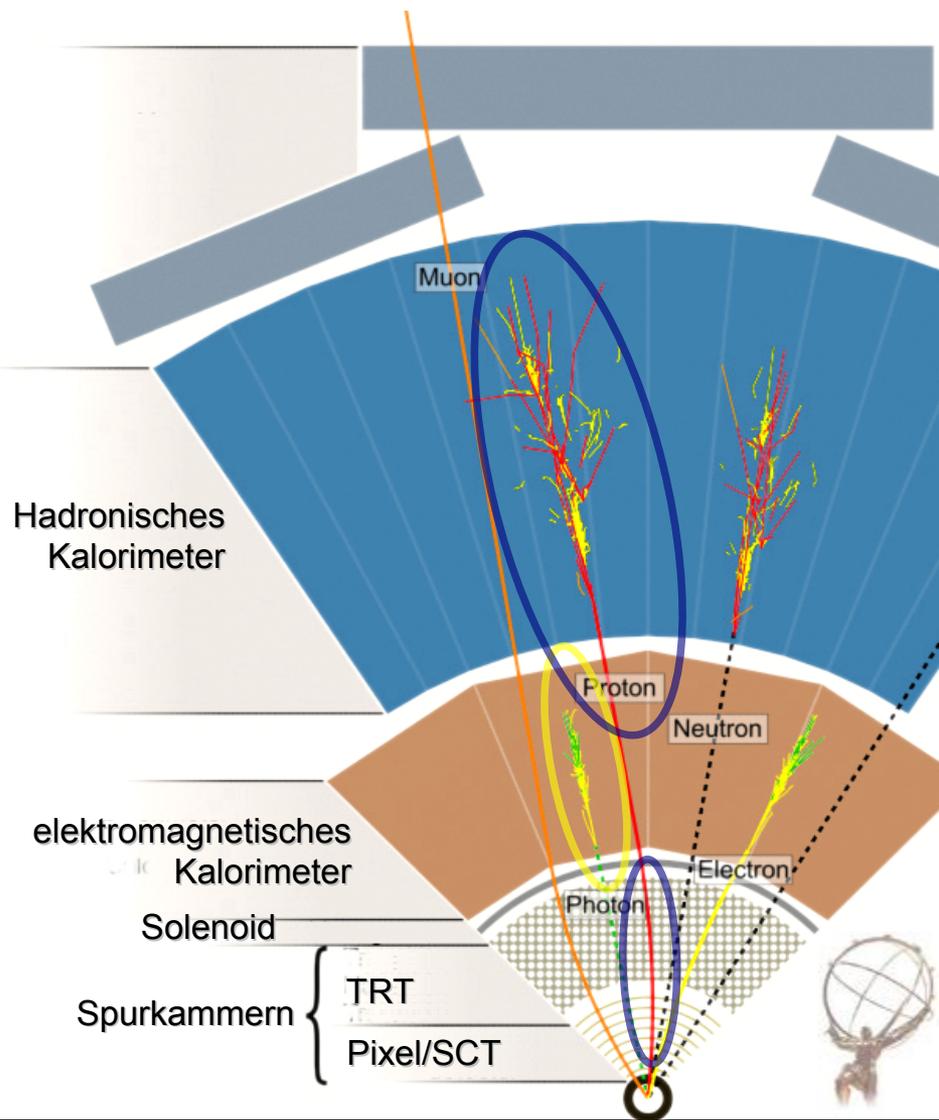
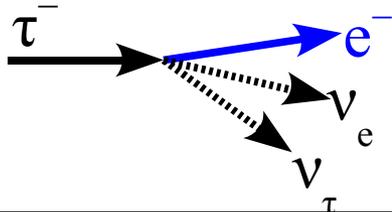
Tau Leptonen im ATLAS-Detektor



- Lebensdauer von τ -Leptonen: $c\tau = 87 \mu\text{m}$ d.h. Zerfall nahezu direkt am primären Reaktionspunkt
- 65% hadronische Zerfälle
 - „1-prong“ oder „3-prong“ (geringe Multiplizität)
 - Signal: 1 oder 3 geladene Pionen + Photonen von π^0 -Zerfällen
 - Produkte kollimiert

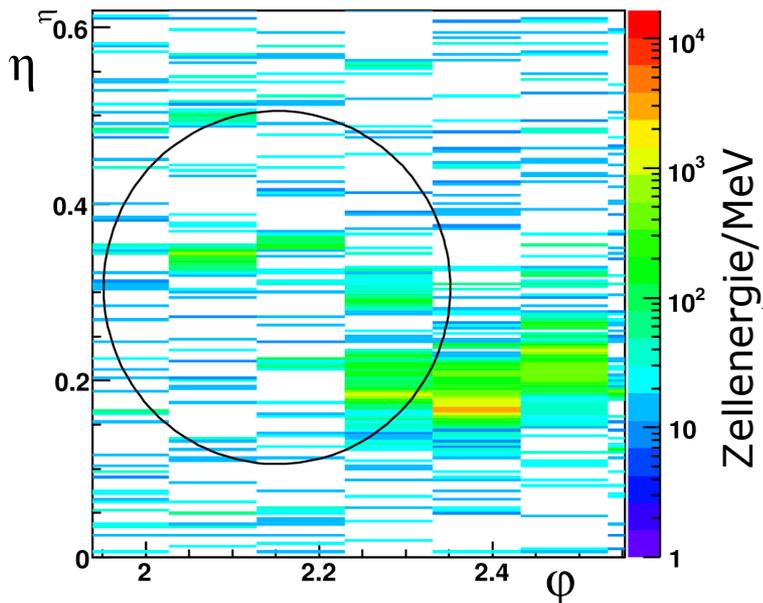


- 35% leptonische Zerfälle

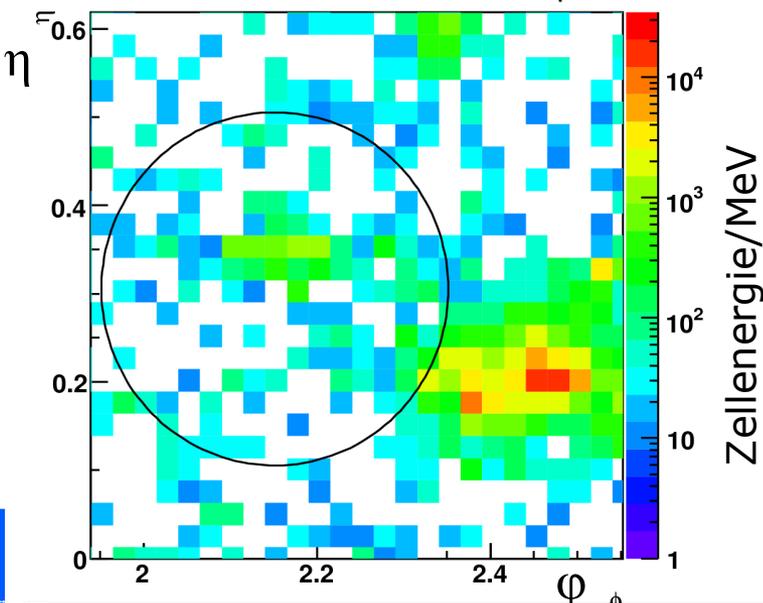


Motivation: Energiedeposition im EM-Kalorimeter

„eta-strip“ Lage

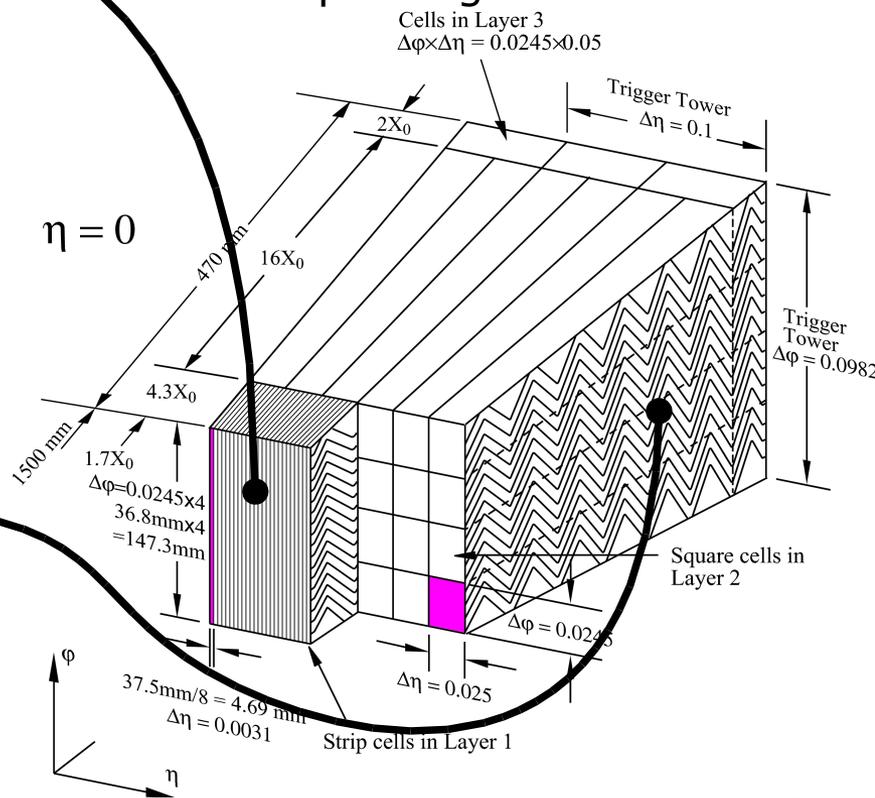


„ECAL middle“

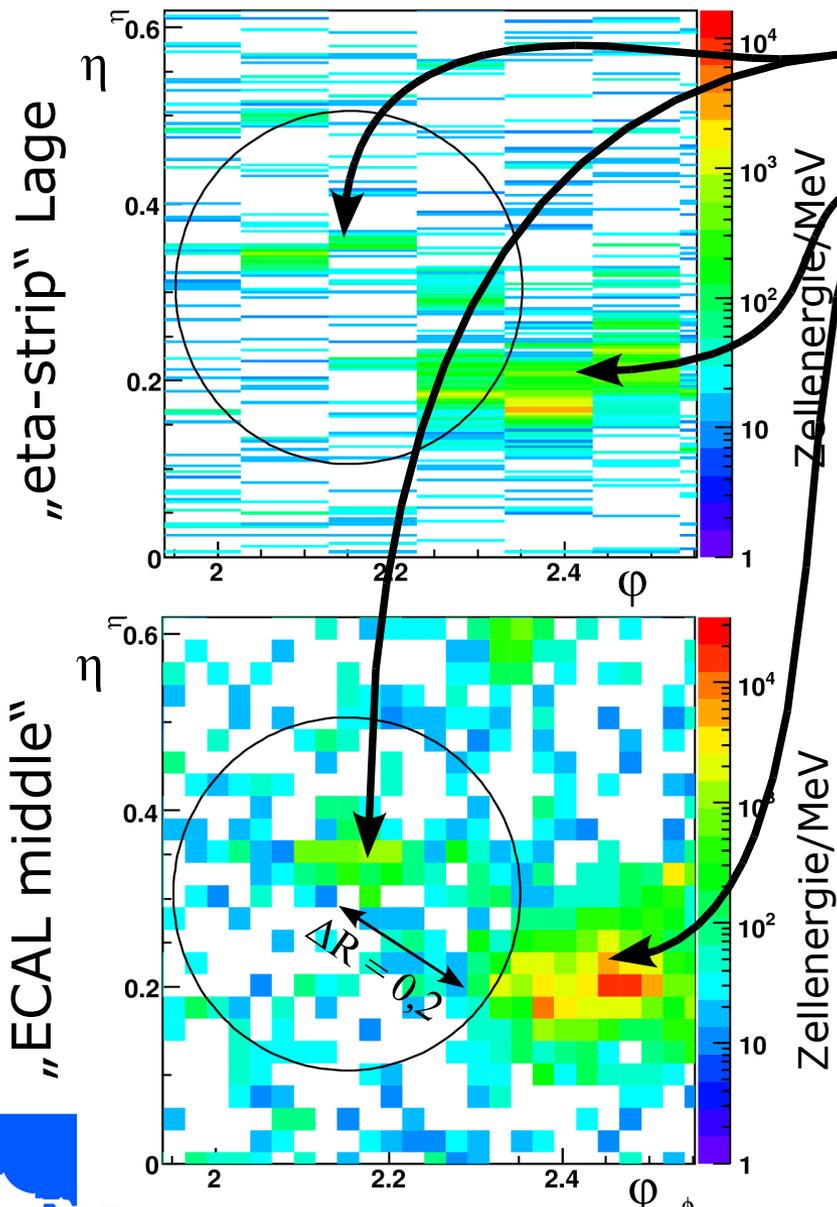


SUSY-Ereignis (mSUGRA mit R-Paritätsverletzung)

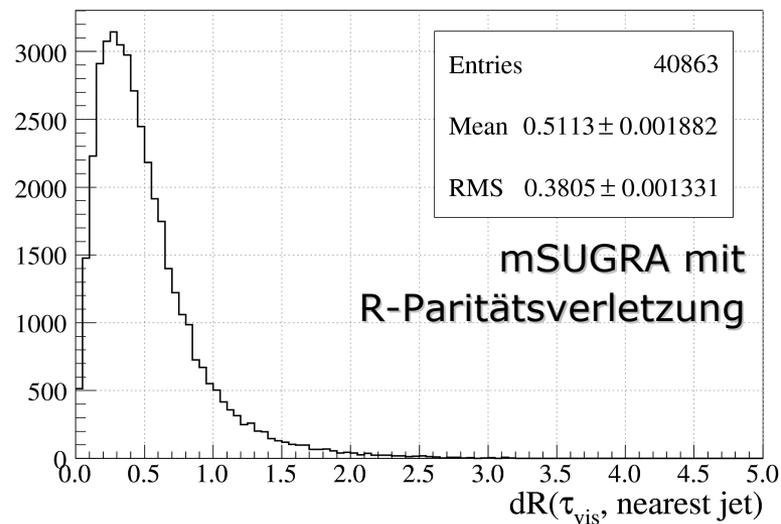
ATLAS Liquid Argon Kalorimeter



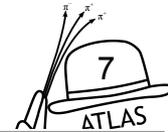
Motivation: Energiedeposition im EM-Kalorimeter



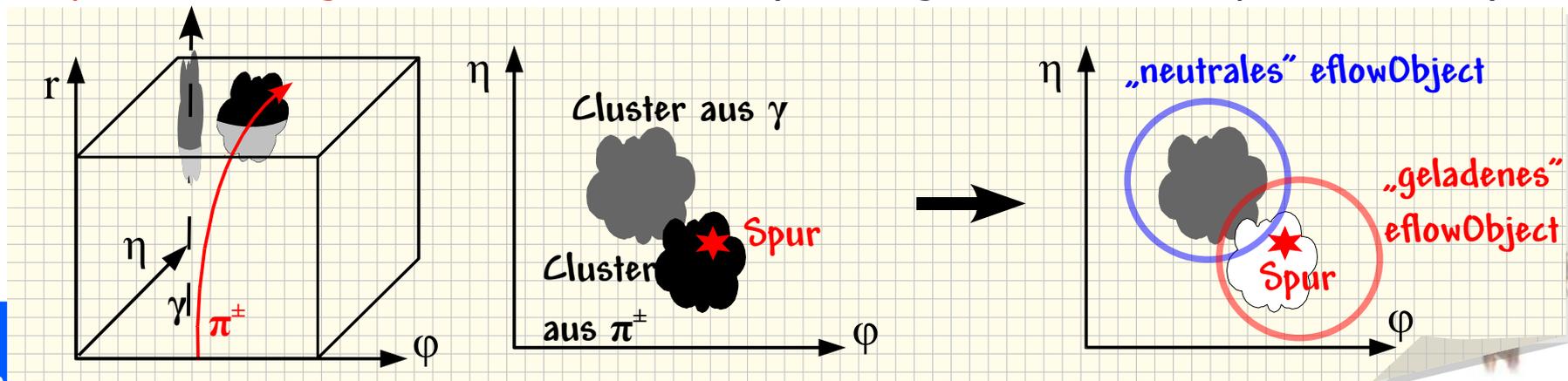
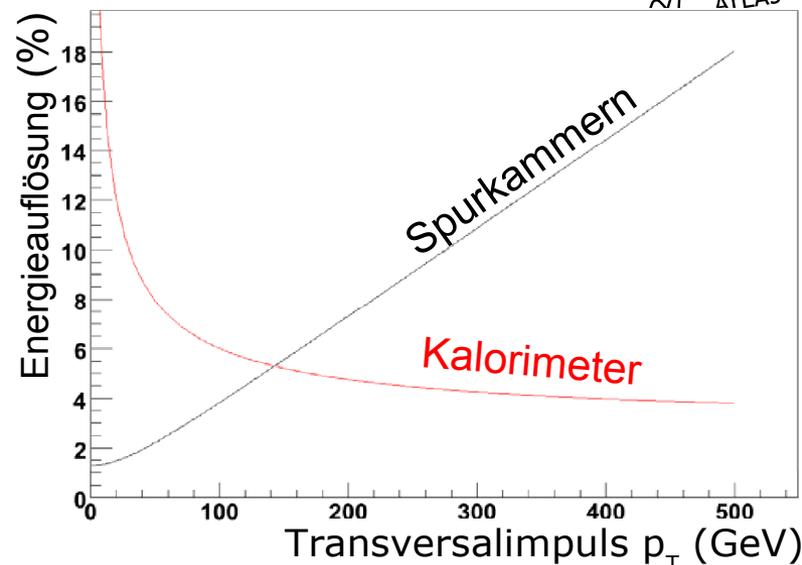
- „Tau-Jet“
- „Quark-Jet“ aus SUSY-Zerfallskaskade
- Tau-Jet bei bisherigen Tau-ID- Algorithmen von anderem Jet „verdeckt“
- Granularität des ATLAS-Kalorimeters noch nicht vollständig ausgenutzt



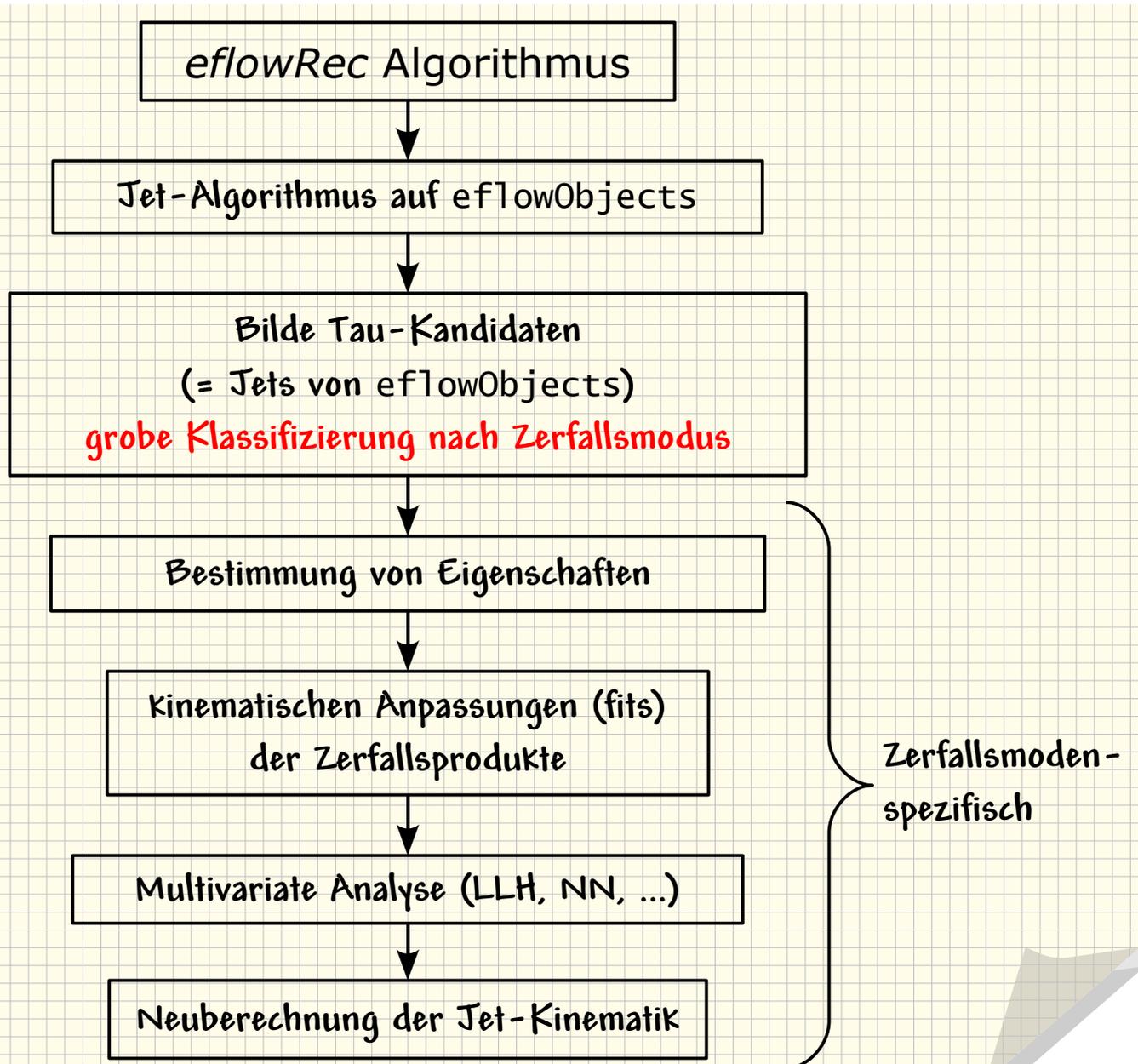
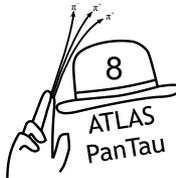
Energieflussalgorithmen: EflowRec in ATLAS



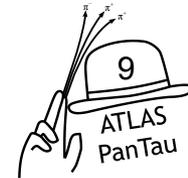
- Kombiniere Messungen von Spurrkammern und Kalorimetern
- Nutze Spurinformaton für geladene Teilchen und Kalorimeter nur für neutrale Teilchen
- Also: Subtrahiere Energiedeposition der geladenen Teilchen von der Kalorimetermessung
- (Haupt-)Fehlerquelle: „Doppelzählung“ von Energieeinträgen durch falsche Zuordnungen
- **Implementierung in ATLAS: „eflowRec“** (M. Hodgkinson, D. Tovey, R. Duxfield)



Ablauf der Tau-ID mit Energieflussinformationen



Was ist neu an diesem Ansatz?



Existierende τ -Rekonstruktions- Algorithmen in ATLAS (\Rightarrow T74.1)

- Energieflussmethoden intern benutzt

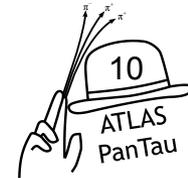
Neuer Ansatz „PanTau“

- benutze „eflowRec“ als vollständig getrenntes Paket
 - stärkere Modularisierung (eflow nicht τ -spezifisch, auch für Jets, E_t^{miss} , ...)
 - Trennung von Physik des Zerfalls und Detektoreffekten (Photonkonversionen, Clusteranalyse, ...)
- Tau-Kandidaten sind Jets von eflowObjects (Energieflussobjekten)
- Zerfallsmodenspezifische Rekonstruktion und ID
 - Zerfallsmodus hilfreich für Physikanalysen, bsp. Spin-Bestimmung in SUSY-Ereignissen (\Rightarrow T49.7)

- Keimsuche auf Spuren, bzw. Kalorimeterclustern



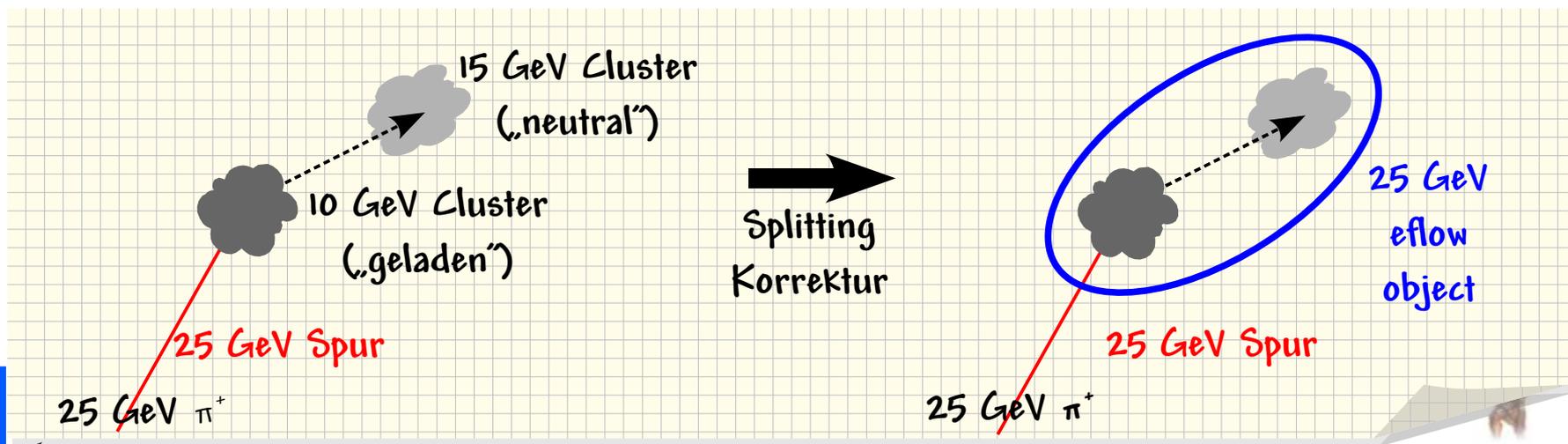
Problem: „Splitting“ von Kalorimeter-Clustern



- Hadronische Schauer sehr unregelmäßig:
Geladene Pionen können mehr als einen Cluster im Kalorimeter produzieren
⇒ falsche „neutrale“ Cluster
⇒ falsche Zuordnung des Zerfallskanals und schlechte Energiemessung
 - Stört jede Art von Tau-Rekonstruktion
- Algorithmus zum Zusammenführen von gesplitteten Clustern wird getestet

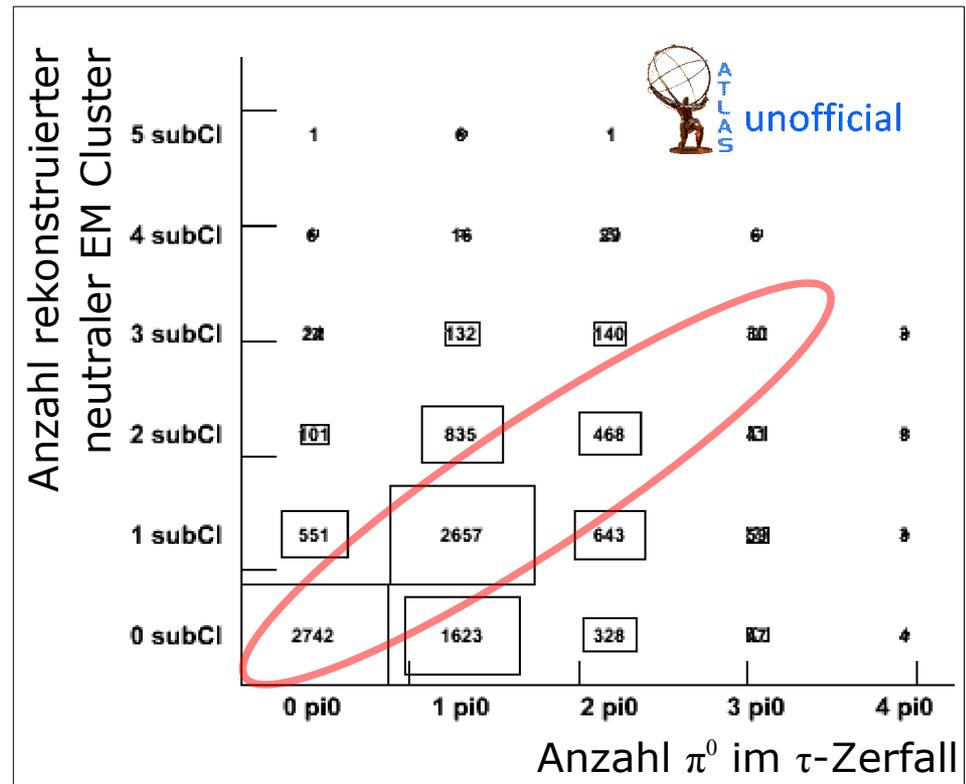
rekonstruierter Modus	$2\pi^\pm + n\pi^0$	4	19	3	6
	$2\pi^\pm$	18	5	7	3
	$3\pi^\pm + n\pi^0$	3	14	16	41
	$3\pi^\pm$	10	4	51	24
	$1\pi^\pm + n\pi^0$	8	36		
	$1\pi^\pm$	44	10	0	
		$1\pi^\pm$	$1\pi^\pm + n\pi^0$	$3\pi^\pm$	$3\pi^\pm + n\pi^0$


unofficial
wahrer Zerfallsmodus
 vor Splitting-Korrektur

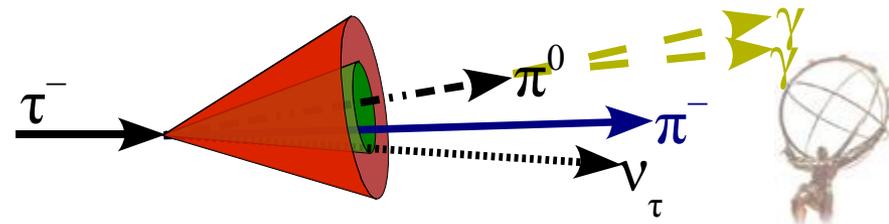


Analyse der Substruktur des Zerfalls: Neutrale Pionen

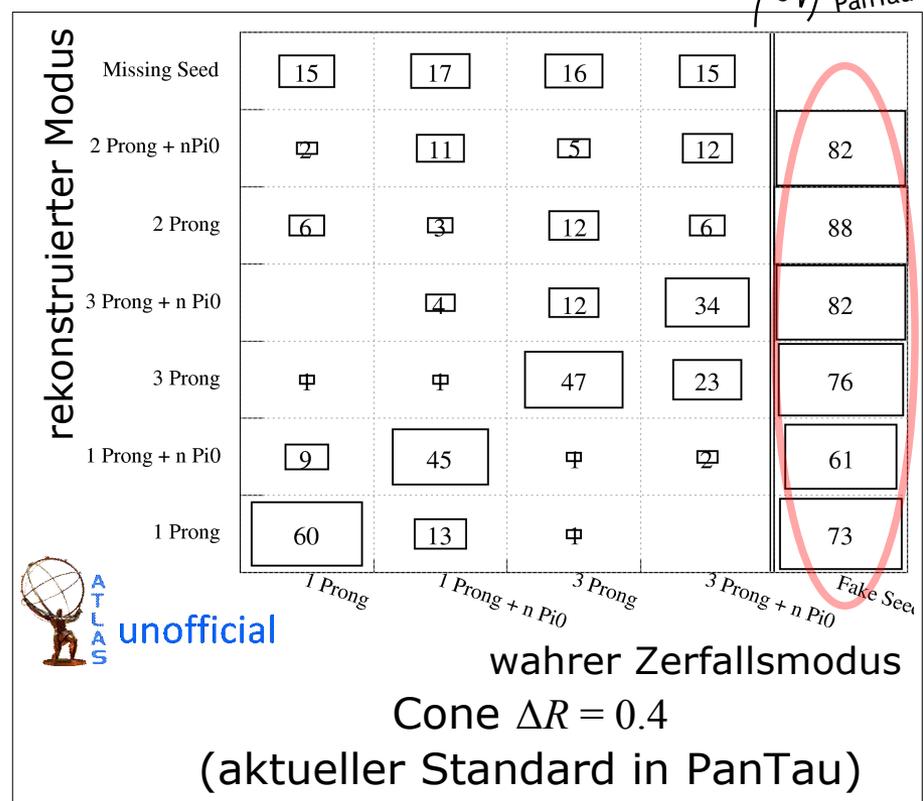
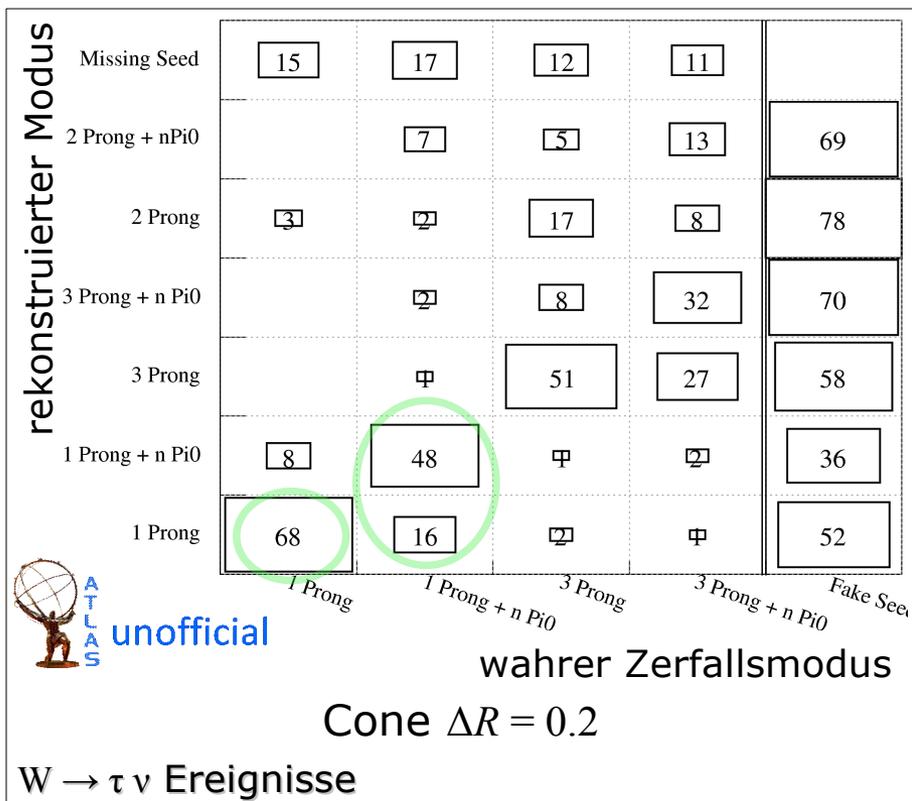
- Idealfall: Anzahl der neutralen Pionen im Zerfall kann exakt rekonstruiert werden
- π^0 zerfällt sofort: $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$
- Photonen können meistens nicht aufgelöst werden, d.h. erwarte 1 neutralen, elektromagnetischen Cluster pro π^0
- Hilfsmittel zur Identifikation der Cluster von neutralen Pionen:



- „Clustermomente“ = Momente der Energieverteilung im Cluster
- erlaubt Identifikation von elektromagnetischen Clustern
- unterdrückt falsche „Überreste“ des Energy Flow Algorithmus



Einfluss von Jet-Algorithmen



- Bildung der Tau-Kandidaten startet von Jets, daher starker Einfluss des Jet-Algorithmus auf die Kandidaten-Effizienz abhängig von der Ereignistopologie
- verschiedene Jet-Algorithmen und Parameter werden untersucht



Erste Ergebnisse: Effizienz der Identifikation

- Definition von Signaleffizienz

$$\epsilon_{\text{sig}} = \frac{n(\text{tau tag} \wedge \text{truth match})}{n(\text{true tau})}$$

und Unterdrückung

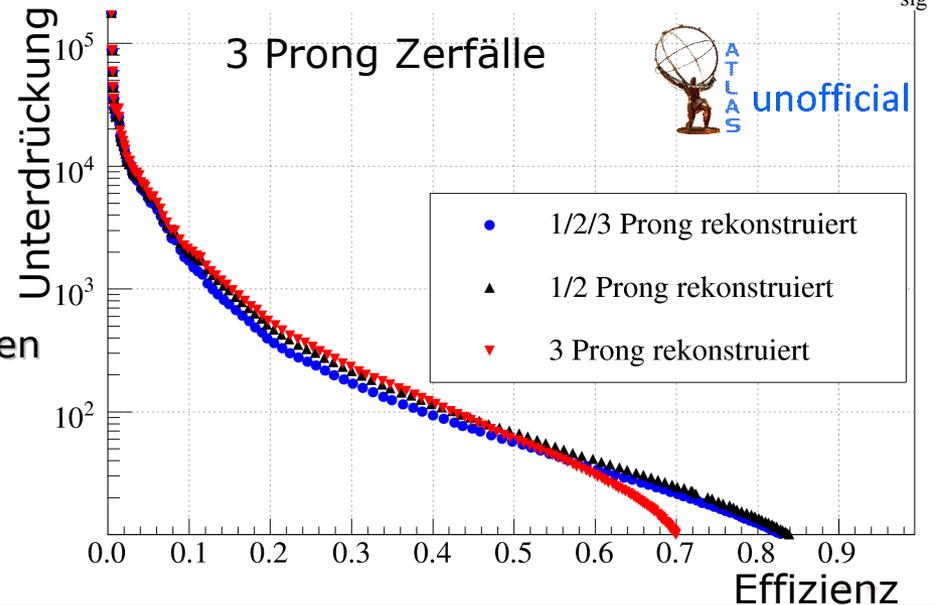
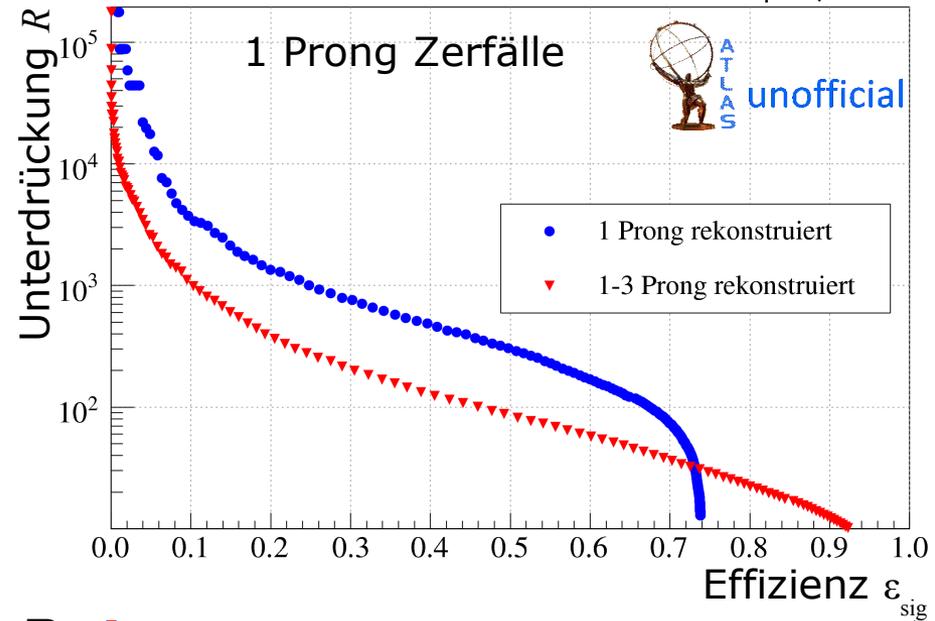
$$R = \frac{1 - \epsilon_{\text{backgr}}}{\epsilon_{\text{backgr}}}$$

$$\epsilon_{\text{backgr}} = \frac{n(\text{tau tag} \wedge (\neg \text{truth match}))}{n(\text{reconstructed jets})}$$

- bessere Unterdrückung kann bei 1-Prong-Zerfällen erreicht werden durch Forderung von Rekonstruktion als 1-Prong

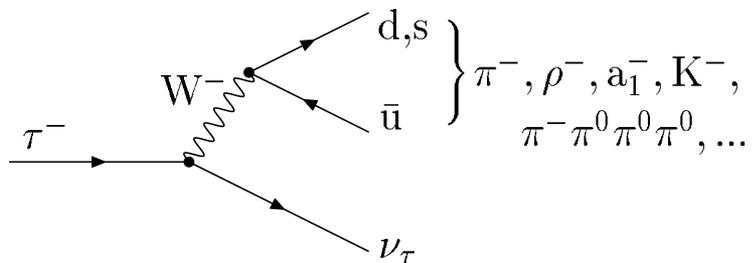
Mischung von QCD di-Jet und $W \rightarrow \tau \nu$ Ereignissen

$$20 \text{ GeV} < p_T^{\text{vis}}(\tau) < 40 \text{ GeV}, \text{abs}(\eta) < 2.0$$



Erste Ergebnisse: Rekonstruktion invarianter Massen

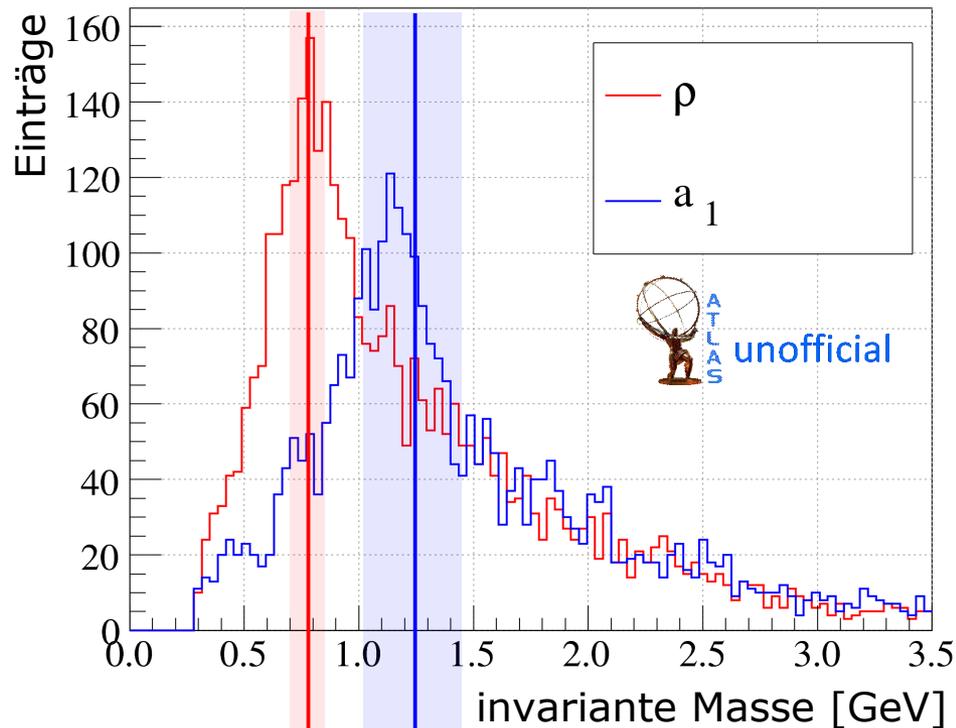
- τ -Zerfall über Resonanzen:



- $\rho^- \rightarrow \pi^0 \pi^-$
- $a_1^- \rightarrow \pi^0 \pi^0 \pi^-$
- $a_1^- \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^-$

- Invariante Masse der Resonanzen kann rekonstruiert werden

- Raum für Verbesserungen

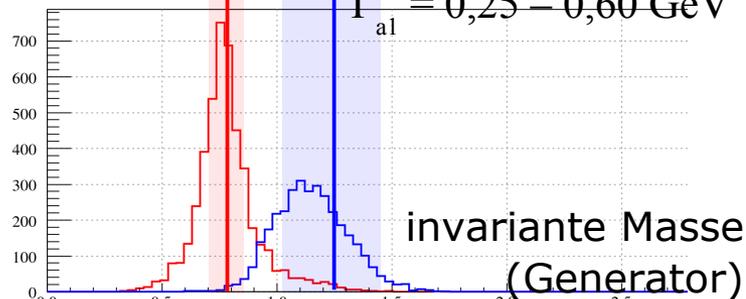


$$m_\rho = 0,77 \text{ GeV}$$

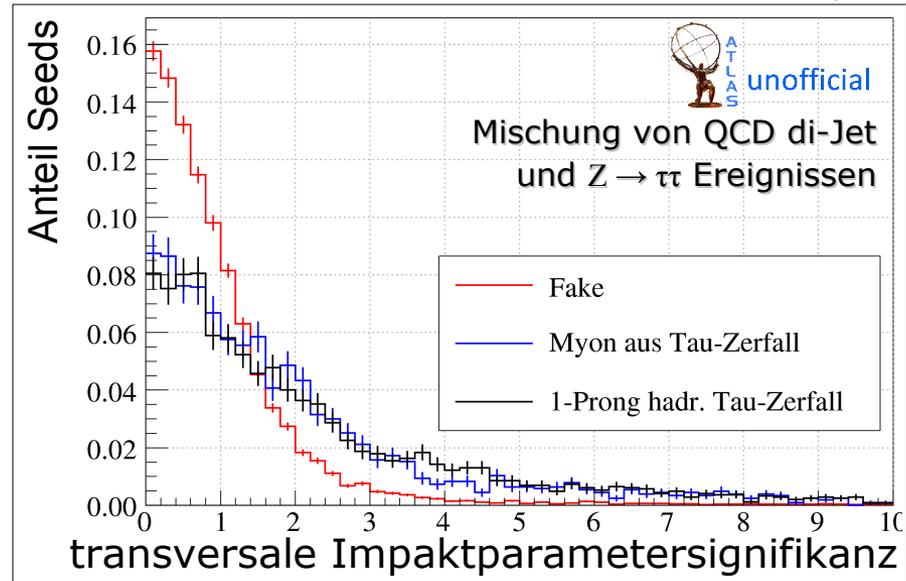
$$\Gamma_\rho = 0,15 \text{ GeV}$$

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

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



- Leptonische τ -Zerfälle meist nicht berücksichtigt, da kaum Unterscheidungsmerkmale von prompten Leptonen
- Studie begonnen in wie weit Impaktparameter genutzt werden kann
- Leptonische Zerfälle könnten auch mit schlechterer Unterdrückung in Analysen hilfreich sein:
 - z.B. bei Messung von invarianter Masse $m_{\tau\tau}$ aus zwei τ -Leptonen durch Kombination mit hadronischem τ -Zerfall (vgl z.B. \Rightarrow T48.9)



- Neuer Ansatz zur Tau-Lepton-Identifikation auf der Basis von Energieflussalgorithmen wird entwickelt
 - Mögliche Vorteile gegenüber herkömmlicher Tau-ID in ATLAS durch stärkere Modularisierung und Trennung von Detektoreffekten und physikalischen Eigenschaften des Tau-Zerfalls
 - Energieflussalgorithmus „eflowRec“ stärker in ATLAS etablieren
 - Zerfallsmoden-spezifische Rekonstruktion und Identifikation
- Erste Ergebnisse bereits vielversprechend
- Leistungseinschränkungen im Energieflussalgorithmus konnten identifiziert werden und werden bearbeitet
 - Splitting von hadronischen Kalorimeterclustern
 - Photon-Konversionen
- Möglichkeit der Identifikation von leptonischen Tau-Zerfällen wird untersucht
- Kinematische Anpassung („fits“) der Tau-Zerfallsprodukte wird implementiert

