

Reduzierung der systematischen Unsicherheit bei  
der Peakeextraktion neutraler Pionen durch  
Monte Carlo Template Fits

Marvin Hemmer

14. September 2018

## Inhaltsverzeichnis

<b>0</b>	<b>Einleitung</b>	<b>3</b>
<b>1</b>	<b>Experimenteller Aufbau</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Analyse</b>	<b>3</b>
2.1	Daten . . . . .	3
2.1.1	Datensatz . . . . .	3
2.1.2	Trigger und Cuts . . . . .	3
2.2	Peak Extraktion mit der Standard Methode . . . . .	3
2.2.1	Rekonstruktion . . . . .	3
2.2.2	Abschätzung des unkorrelierten Untergrunds . . . . .	5
2.2.3	Abschätzung des korrelierten Untergrunds . . . . .	7
2.3	Peak Extraktion mit Templates . . . . .	7
2.3.1	Templates . . . . .	7
2.3.2	Fit Methode . . . . .	7
<b>3</b>	<b>Korrigierter Yield</b>	<b>7</b>
3.1	Korrekturen . . . . .	7
3.2	Variationen . . . . .	7
<b>4</b>	<b>Zusammenfassung und Aussicht</b>	<b>7</b>

## 0 Einleitung

### 1 Experimenteller Aufbau

### 2 Analyse

#### 2.1 Daten

##### 2.1.1 Datensatz

##### 2.1.2 Trigger und Cuts

#### 2.2 Peak Extraktion mit der Standard Methode

Messungen mit dem EMCal liefern Ort und Energie von u.a. Photonenkandidaten. Mit diesen Informationen ist es möglich neutrale Pionen zu rekonstruieren, da ein  $\pi^0$  zu  $(98.823 \pm 0.034) \%$  in zwei Photonen zerfällt. Der Zerfall findet statistisch Verteilt nach eine Durschnittslänge von  $c\tau = 25.5\text{nm}$  vom primären Vertex statt, wobei dieser mit Hilfe der ITS bestimmt. Mit dem Wissen, wo sich der primären Vertex befindet, sowie der Ortsauflösung des EMCals kann der Zerfallswinkel zwischen zwei Photonenkandidaten, welche durch das EMCal detektiert wurden, bestimmt werden. Die Energien der beiden Photonen  $E_{\gamma 1}$  und  $E_{\gamma 2}$ , sowie der Zerfallswinkel sind für die Berechnung der invarianten Masse erforderlich. Für diese gilt:

$$m_{inv} = \sqrt{2E_{\gamma 1}E_{\gamma 2}(1 - \cos(\theta_{\gamma\gamma}))} \quad (1)$$

Außerdem kann aus den vorangegangenen Daten die Aufteilung des Impulses der Photonenkandidaten bestimmt werden, welche wiederum notwendig ist, um den transversalen Impuls  $p_T$  des  $\pi^0$  zu Kalkulieren. Es gilt:

$$p_{T\pi^0} = \sqrt{(p_{x1} + p_{x2})^2 + (p_{y1} + p_{y2})^2} \quad (2)$$

Die Zahlen in den Indizes beziehen sich dabei auf die Nummerierung der beiden Photonen.

##### 2.2.1 Rekonstruktion

Aus dem gewählten Datensatz werden alle möglichen Kombinationen von zwei Photonenkandidaten aus der gleichen Kollision (*same event*) mit korrespondierendem  $\theta_{\gamma\gamma}$  benutzt, um  $m_{inv}$  nach 1 zu berechnen, sowie  $p_{T,\pi^0}$  nach 2 und so eine invariante Massenverteilung zu erhalten (vgl. Abbildung 1a). In dieser Verteilung ist bereits eine auffallende Struktur bei  $m_{inv} \approx 0.135\text{GeV}/c^2$  zu erkennen, welche auf richtig rekombinierte  $\pi^0$  schließen lässt. Abbildung 1b zeigt eine invariante Massenverteilung bei der Photonenkandidaten aus unterschiedlichen Kollisionen (*mixed event*) miteinander kombiniert werden, auf welche in Kapitel 2.2.2 genauer eingegangen wird.

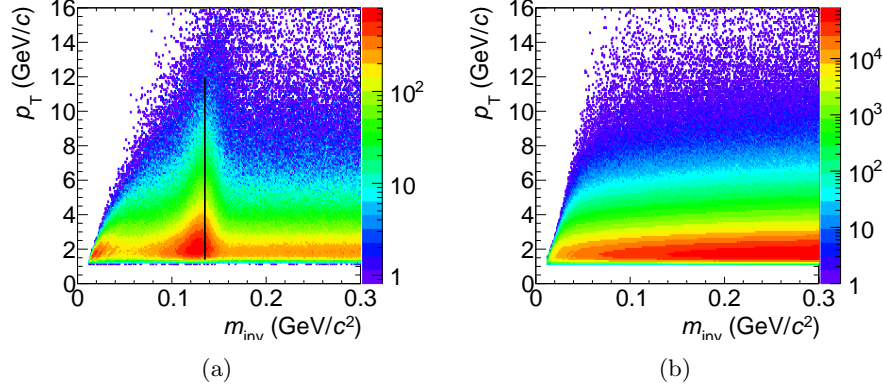


Abbildung 1:

(a): Rekombination von Cluster-Paaren aus jeweils der gleichen Kollision (*same event*). Die schwarze Linie liegt im Bereich  $m_{\text{inv}} = 0,135 \text{ GeV}/c^2$ , was ungefähr der  $\pi^0$  Masse entspricht, wo eine deutliche Peakstruktur zu Erkennen ist.

(b): Rekombination von Cluster-Paaren aus jeweils unterschiedlichen Kollision (*mixed event*).

Beides in Abhängigkeit der invarianten Masse, sowie des transversalen Impulses.

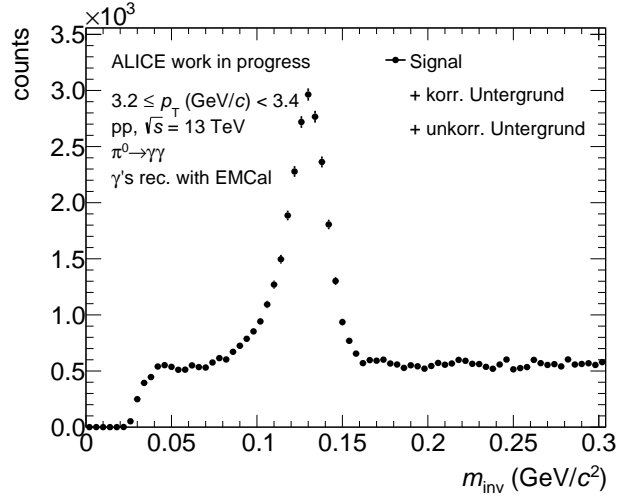


Abbildung 2: Projektion von Abbildung 1a im  $p_T$ -Intervall (3.2 - 3.4) (GeV/c). Es ist ein deutlicher Peak um  $m_{\pi^0} \approx 0.135 \text{ GeV}/c^2$  zu erkennen, aber auch Untergrund, da das Signal zu höheren Massen gaußförmig abklingen sollte. Bei  $m_{\text{inv}} < m_{\pi^0}$  kann Signal vorliegen, welches aus konvertierten Photonen besteht, weshalb eine Aussage über die Form, bzw. den Untergrund dort schwer möglich ist.

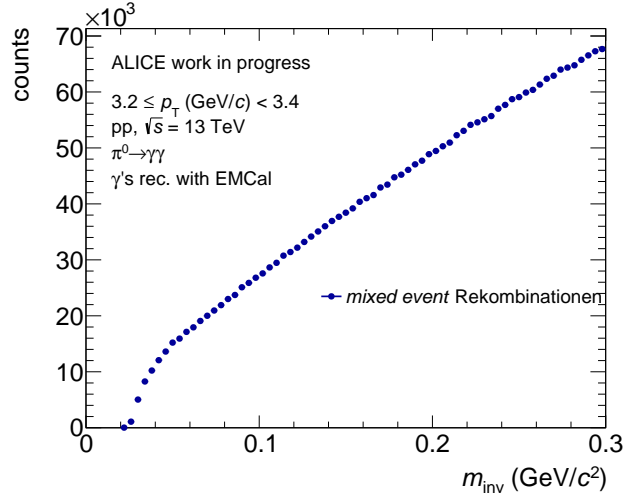


Abbildung 3: Kombinationen von Photonenkandidaten aus unterschiedlichen Kollisionen, welche keine Korrelationen zueinander haben, weshalb auch kein Peak im Bereich der  $\pi^0$ -Masse zu sehen ist. Dies dient als Grundlage zur Bestimmung des unkorrelierten Untergrunds.

Um  $\pi^0$ s in einzelnen  $p_T$ -Intervallen zählen zu können wird die Verteilung in entsprechende Abständen auf die Y-Achse projiziert. Die Intervalle werden so gewählt, dass sie möglichst klein sind, während die statistischen Unsicherheiten nicht zu groß werden. Man erhält Verteilungen der invarianten Masse, welche aus Signal, sowie korreliertem und unkorreliertem Untergrund bestehen (vgl. Abbildung 2). Dennoch ist ein deutlicher Peak im Bereich der Pionenmasse von ca.  $135\text{MeV}/c^2$  zu erkennen. Um das Signal zu extrahieren werden im Folgende die beiden Komponenten des Untergrunds präsumiert.

### 2.2.2 Abschätzung des unkorrelierten Untergrunds

Durch das kombinieren aller Photonenkandidaten ist ein großer Anteil der rekonstruierten Massen aus nicht korreliert Paaren, da die beiden Photonenkandidaten nicht zusammenhängen über beispielsweise einen Zerfall. Um diesen unkorrelierten Untergrund abzuwägen kombiniert man im sogenannten Eventmixing Photonenkandidaten aus unterschiedlichen Events zusammen, da so sicher keine Verbindung zwischen den beiden Photonenkandidaten besteht. Abbildung 3 stellt das Ergebnis des Eventmixings für einen gewählten Bereich dar.

Die Verteilung aus den *mixed events* weist keinen Peak auf und hat eine größere Anzahl Einträge, als die Verteilung aus dem selben Events (vgl. Abbildung 2 und 3), weshalb die mixed Event Verteilung an die der same Events skaliert werden muss. Die Skalierung erfolgt im rechten Bereich außerhalb des

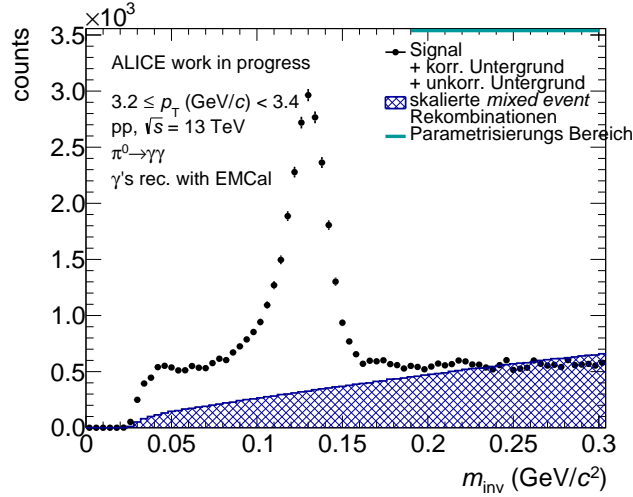


Abbildung 4: Nach Gleichung 3 skalierte *mixed event* Rekombinationen aus Abbildung 3 als Abschätzung des unkorrelierten Untergrunds zusammen aufgetragen mit Signal zuzüglich beiden Untergrundkomponenten (Abbildung 2).

$\pi^0$ -Peaks und es ergibt sich für den Skalierungsfaktor:

$$\alpha = \frac{\sum_{i \neq j} \sum_n m_{inv} \left( \gamma_i^{(n)}, \gamma_j^{(n)} \right)}{\sum_{i,j} \sum_{n \neq m} m_{inv} \left( \gamma_i^{(n)}, \gamma_j^{(m)} \right)} \quad (3)$$

Die oberen Indizes stehen hierbei für das Event, aus welchem ein Photon kommt.

Das Resultat der Skalierung ist in Abbildung 4 zu sehen, wo zusätzlich noch das Signal inklusiver beider Untergründe eingezeichnet ist, um besser erkennen zu können, wie sich der abgeschätzte korrelierte Untergrund relativ zum gesamten Signal verhält. Da es sich hierbei nur um eine Abschätzung handelt kann daran ausmachen werden, dass um  $m_{inv} = 0.3(\text{GeV}/c)$  der unkorrelierte Untergrund größer ist, als das Signal mit beiden Untergrundkomponenten, was bedeutet, dass nach Abzug des unkorrelierten Untergrunds das Signal mit korreliertem Untergrund dort negativ wäre, was physikalisch nicht sinnvoll ist.

**2.2.3 Abschätzung des korrelierten Untergrunds**

**2.3 Peak Extraktion mit Templates**

**2.3.1 Templates**

**2.3.2 Fit Methode**

**3 Korrigierter Yield**

**3.1 Korrekturen**

**3.2 Variationen**

**4 Zusammenfassung und Aussicht**