



# Untersuchung des reduzierbaren Myon- untergrunds im Zerfallskanal $H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4l$ mit dem ATLAS-Detektor am LHC

DPG-Frühjahrstagung Hamburg 2016

Verena Walbrecht

Betreuer: Sandra Kortner

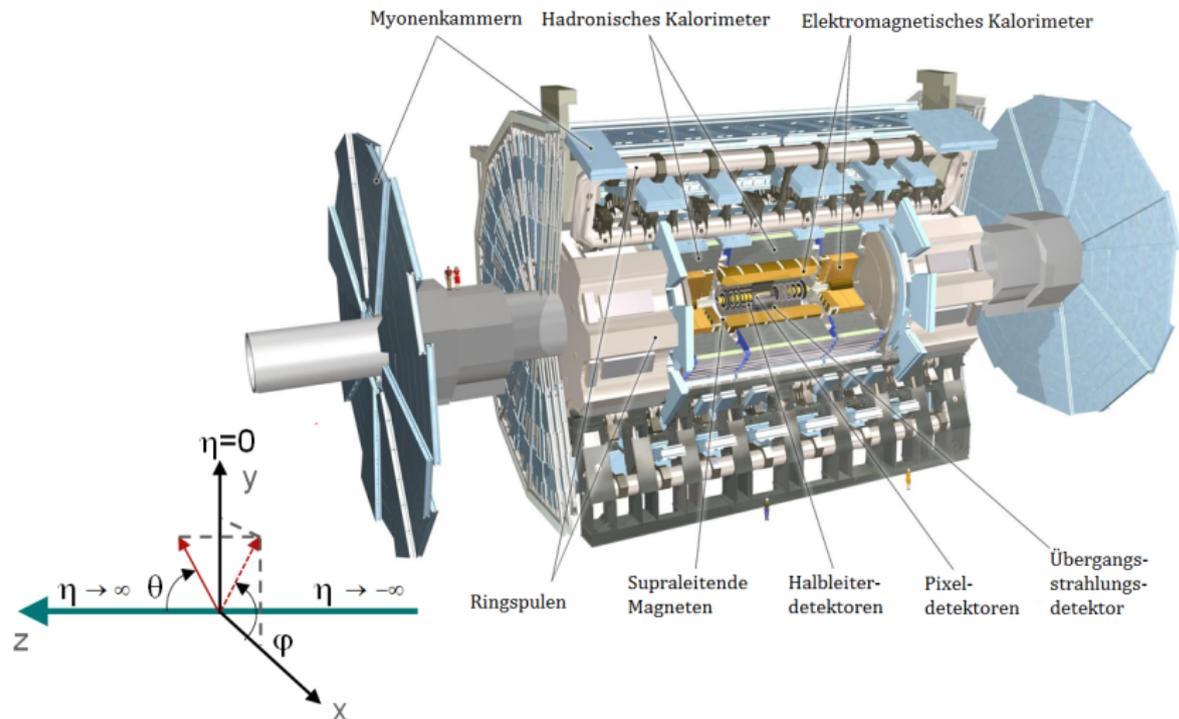
Max-Planck-Institut für Physik  
(Werner-Heisenberg-Institut)

3. März 2016



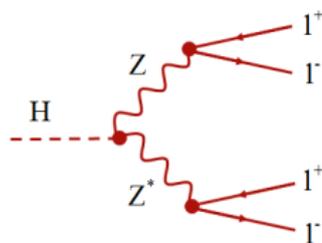
MAX-PLANCK-GESellschaft

# Der Atlas-Detektor am LHC

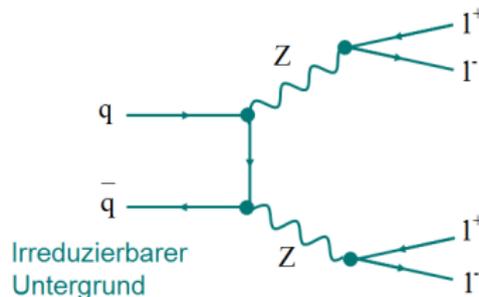


# Signal und Untergrund

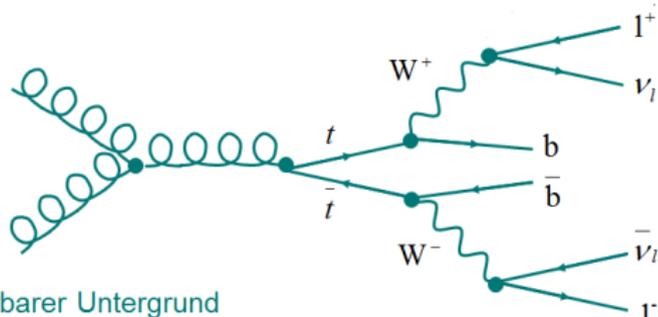
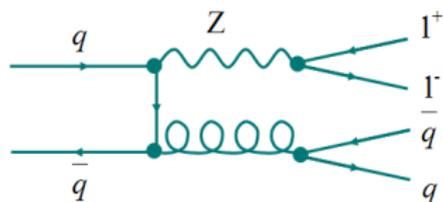
Signal:



ZZ\*:



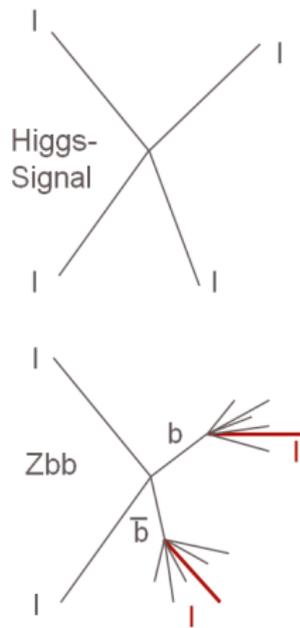
Z+jets und  $t\bar{t}$ :



Reduzierbarer Untergrund

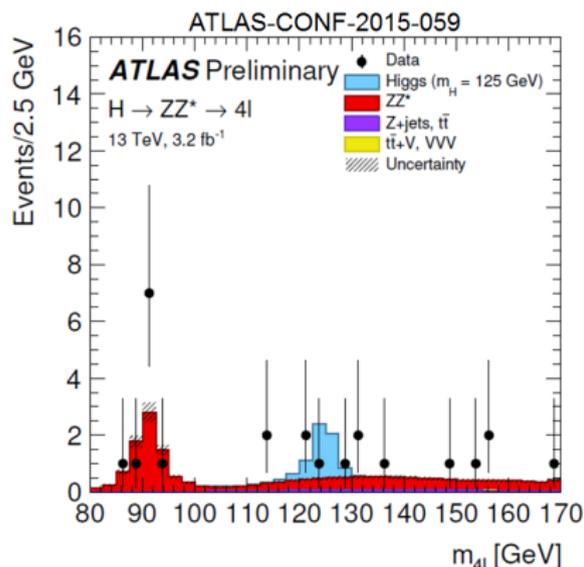
## Selektionskriterien für die $H \rightarrow 4l$ -Analyse

- 2 Paare entgegengesetzter Ladung, gleichen Flavours  
 $p_T > 20, 15, 10, 7$  GeV
- Schnitt auf invarianten Massen:
  - Führendes Leptonenpaar:  
 $50 \text{ GeV} < m_{12} < 106 \text{ GeV}$
  - Off-Shell Z:  $m_{\text{Schwelle}} < m_{34} < 115 \text{ GeV}$
- Isolierung der Myonen (Elektronen):
  - Spurisolierung:  
 $(\sum p_T^{\text{Spur}}) / p_T^{\text{Lepton}} < 0.15$  (0.15)
  - Kalorimeterisolierung:  
 $(\sum E_T^{\text{Cluster}}) / p_T^{\text{Lepton}} < 0.30$  (0.20)
- $d_0$ -Signifikanz:
  - Für Myonen:  $|d_0 / \sigma_{d_0}| < 3.0$
  - Für Elektronen:  $|d_0 / \sigma_{d_0}| < 5.0$



## Ergebnis der $H \rightarrow 4l$ -Analyse

- Massenspektrum nach der Ereignisselektion
- Gute Beschreibung der Daten mit der Simulation
- **Irreduzierbarer Untergrund ( $ZZ^*$ ):**  
Abschätzung durch Monte-Carlo-Simulation
- **Reduzierbarer Untergrund ( $Z$ +jets,  $t\bar{t}$ ):**  
Datenbasierten Abschätzung





## Datenbasierte Abschätzung des reduzierbaren Untergrunds

- Untersuchung der **Zusammensetzung** und der **Form** des Untergrunds in speziellen Daten-Kontrollbereichen mit unterdrücktem Signalbeitrag
- **Daten-Kontrollbereich:**  
Lockern oder Invertieren der Selektions-/Leptonidentifizierungskriterien
- **Extrapolation** des erwarteten Untergrundbeitrags **in die Signalregion:**  
Multiplikation mit den Effizienzen der schärferen Isolation- und  $d_0$ -Schritte
- Bestimmung der Effizienzen aus den Monte-Carlo-Simulationen  
→ **Überprüfung mit zusätzlichen Kontrolldaten**
- **Diese Studie:**  
Isolierungseffizienz für fehlidentifizierte Myonen aus den b/c- und  $\pi/K$ -Zerfällen

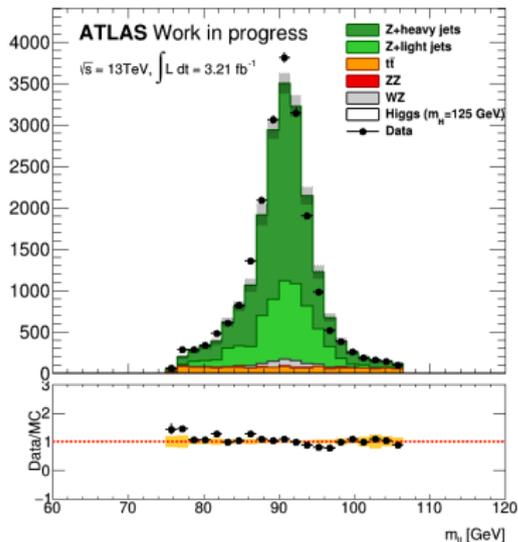
## Selektionskriterien für Z ( $\rightarrow ee, \mu\mu$ ) + $\mu$

### ■ Z-Kandidat:

- Nominelle Lepton-identifizierungskriterien, Isolation- und  $d_0$ -Schnitte
- $p_{T1} > 20$  GeV,  $p_{T2} > 15$  GeV
- $|m_{ll} - M_Z^{PDG}| < 15$  GeV

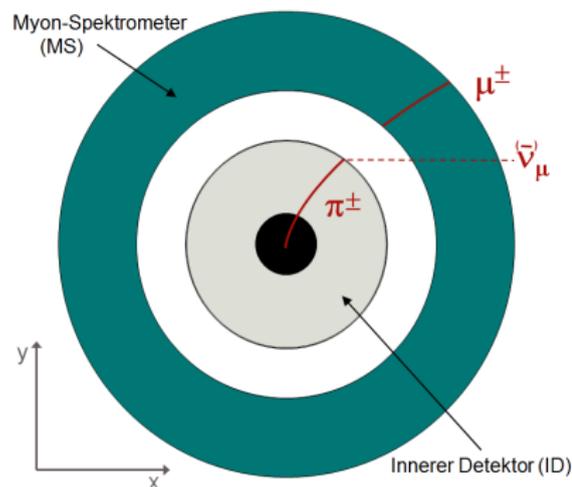
### ■ Zusätzliches Myon:

- Genau ein zusätzliches rekonstruiertes Myon mit  $p_{T1} > 6$  GeV
- kein Schnitt auf  $d_0$ -Signifikanz
- keine Isolationskriterien



# Untersuchung der zusätzlichen Myonen

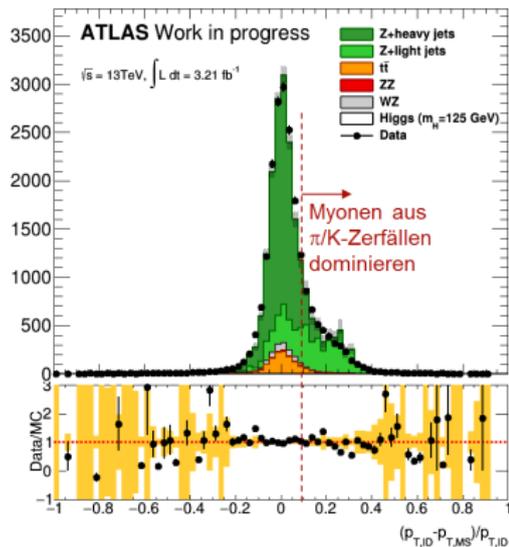
Myonen aus  $\pi/K$ -Zerfällen:



$$p_T\text{-Balance: } \frac{\Delta p_T}{p_T} = \frac{p_T^{\text{ID}} - p_T^{\text{MS}}}{p_T^{\text{ID}}} > 0.1$$

# Untersuchung der zusätzlichen Myonen

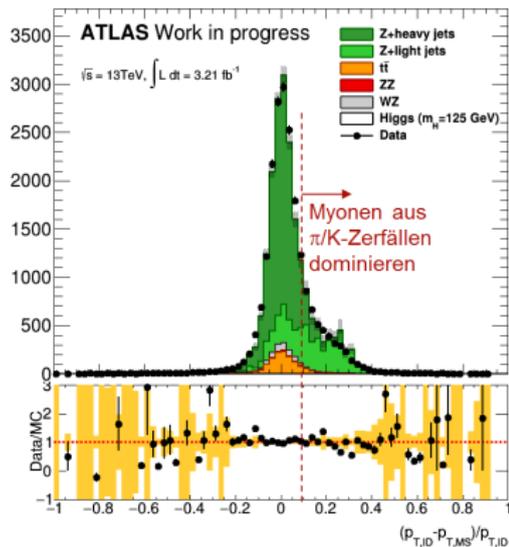
Myonen aus  $\pi/K$ -Zerfällen:



$$p_T\text{-Balance: } \frac{\Delta p_T}{p_T} = \frac{p_T^{\text{ID}} - p_T^{\text{MS}}}{p_T^{\text{ID}}} > 0.1$$

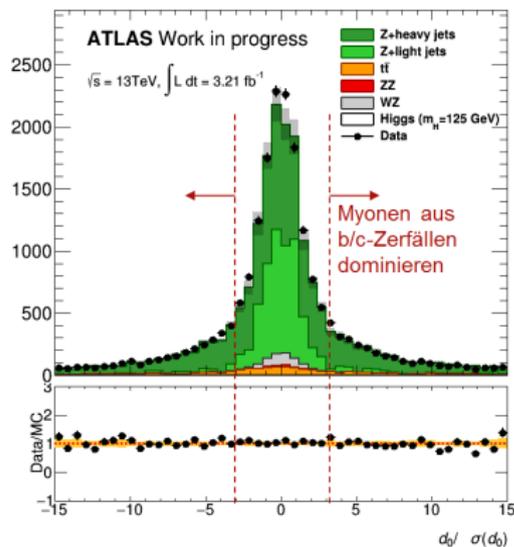
# Untersuchung der zusätzlichen Myonen

Myonen aus  $\pi/K$ -Zerfällen:



$$p_T\text{-Balance: } \frac{\Delta p_T}{p_T} = \frac{p_T^{\text{ID}} - p_T^{\text{MS}}}{p_T^{\text{ID}}} > 0.1$$

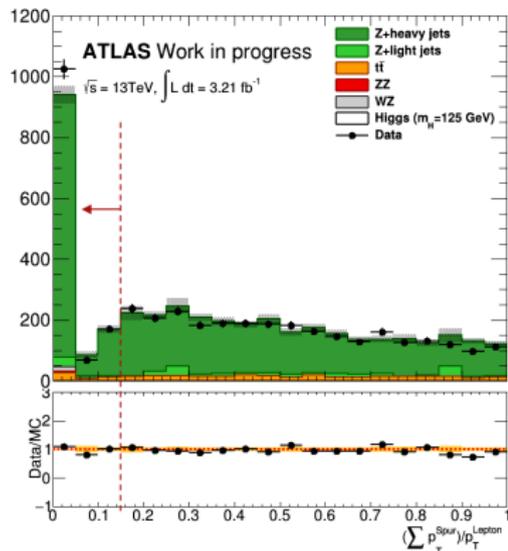
Myonen aus b/c-Zerfällen:



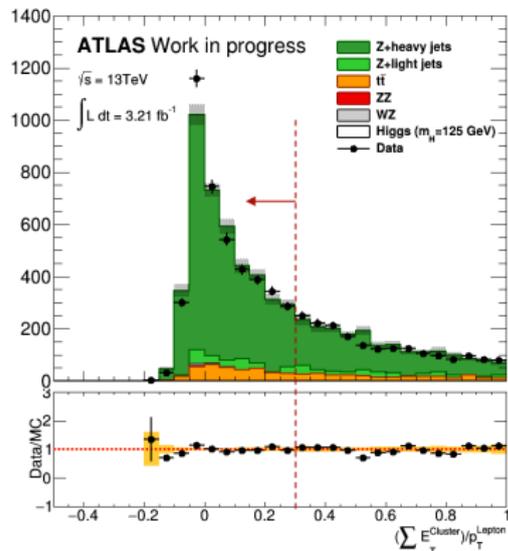
$$d_0\text{-Signifikanz: } |d_0 / \sigma_{d_0}| > 3.0$$

# Myonen aus b/c-Zerfällen: $|d_0/\sigma_{d_0}| > 3.0$

Spurisolierung  $(\sum p_T^{\text{Spur}})/p_T^{\text{Lepton}}$  :



Kalorimeterisolierung  $(\sum E_T^{\text{Cluster}})/p_T^{\text{Lepton}}$  :



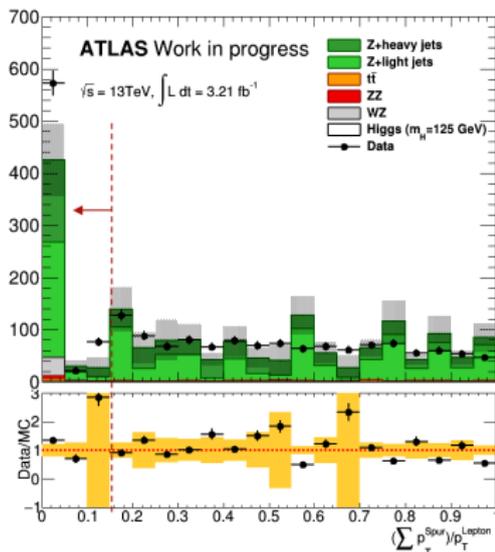
⇒ **Übereinstimmung zwischen Monte-Carlo-Simulation und Daten**

Verwendung der Isolierungseffizienz für die Extrapolation in den Signalbereich

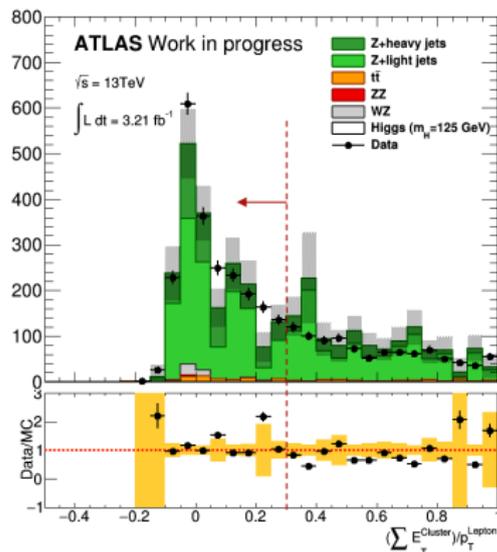
**Annahme:** Myonen aus  $\pi/K$ - und b/c-Zerfällen haben dieselbe Effizienz

# Myonen aus $\pi/K$ -Zerfällen: $\frac{\Delta p_T^{ID,MS}}{p_T^{ID}} > 0.1$

Spurisolierung ( $\sum p_T^{Spur}$ )/ $p_T^{Lepton}$  :



Kalorimeterisolierung ( $\sum E_T^{Cluster}$ )/ $p_T^{Lepton}$  :



⇒ **Niedrige Monte-Carlo-Statistik, Übereinstimmung mit den Daten für die Kalorimeterisolierung**



## Isolierungseffizienz

$$\text{Effizienz} = \frac{N_{\mu}(\text{nach Isolierungsschnitt})}{N_{\mu}(\text{vor Isolierungsschnitt})}$$

$$N_{\mu} = N_{\mu, (\text{Alle Prozesse})} - N_{\mu, (\text{WZ, ZZ})}$$

### ■ Myonen aus b/c-Zerfällen:

Simulation:	(13.6 ± 0.7) %	} gute Übereinstimmung der Simulation mit den Daten
Daten	(14.6 ± 0.5) %	

### ■ Myonen aus $\pi/K$ -Zerfällen:

Simulation:	(8.7 ± 1.9) %	⇒ niedrige Monte-Carlo-Statistik
Daten:	(13.3 ± 0.7) %	

- Gemessene Isolationseffizienzen in den **Daten stimmen** für die Myonen aus den b/c- und aus den  $\pi/K$ -Zerfällen **gut überein**

⇒ Extrapolation des Z+jet-Beitrags in den Signalbereich basierend auf der Z+b/c-jet-Simulation ist gerechtfertigt und kann auch für Myonen aus  $\pi/K$ -Zerfällen angewendet werden



## Zusammenfassung

- Abschätzung des reduzierbaren Untergrundbeitrags mittels Daten
- Extrapolation des Untergrundbeitrags in den Signalbereich durch Multiplikation mit den Isolierungseffizienzen aus Monte-Carlo-Simulation
- **Überprüfung** für fehlidentifizierte Myonen aus b/c- und  $\pi/K$ -Zerfällen anhand von  $Z \rightarrow (ee, \mu\mu) + \mu$ -Daten
- **Gute Beschreibung** des reduzierbaren Untergrundbeitrags mit fehlidentifizierten Myonen **möglich**
- **Systematische Unsicherheit** der Extrapolation aus den Kontrollbereich in den Signalbereich **< 10%**