



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

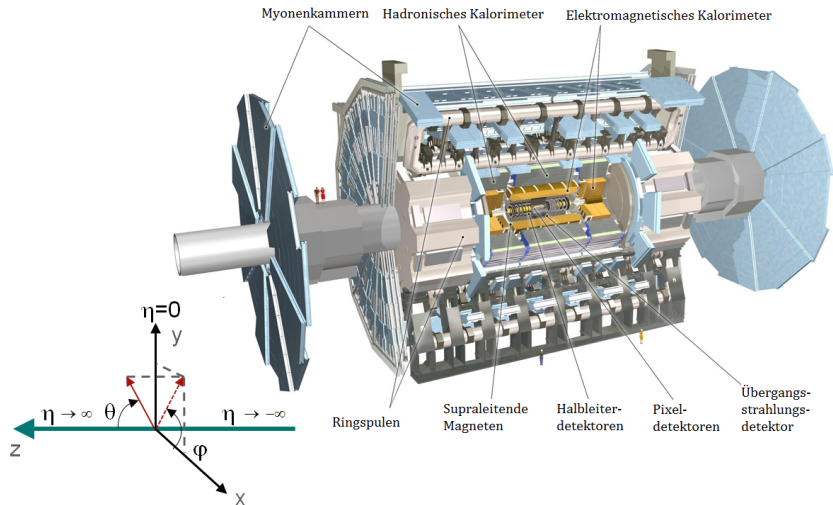
Max-Planck-Institut für Physik
(Werner-Heisenberg-Institut)

3. März 2016



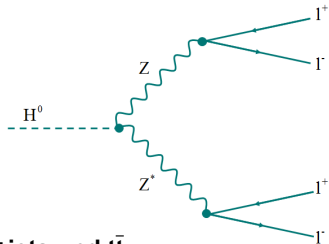
MAX-PLANCK-GESellschaft

Der Atlas-Detektor am LHC

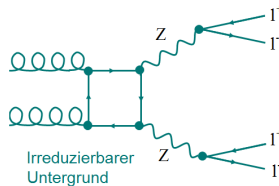


Signal und Untergrund

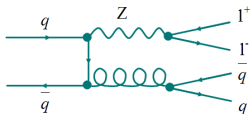
■ Signal:



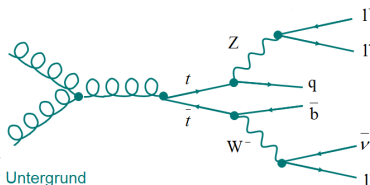
■ ZZ*:



■ Z+jets und tt̄:



Reduzierbarer Untergrund



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

■ 2 Leptonen Paare:

gleicher Flavour, unterschiedliches Vorzeichen

$$p_T > 20, 15, 10, 7 \text{ GeV}$$

■ Einschränkung der Massen:

– Führende Lepton-Paar:

$$50 \text{ GeV} < m_{12} < 106 \text{ GeV}$$

– Off-Shell Z: $m_{\text{Schwelle}} < m_{34} < 115 \text{ GeV}$

■ Isolierung der Myonen (Elektronen):

– Spurisolierung:

$$\left(\sum p_T^{\text{Spur}} \right) / p_T^{\text{Lepton}} < 0.15 \text{ (0.15)}$$

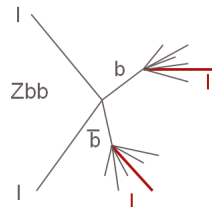
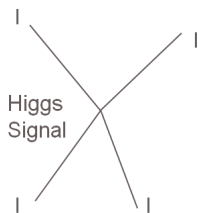
– Kalorimeter Isolierung:

$$\left(\sum E_T^{\text{Cluster}} \right) / p_T^{\text{Lepton}} < 0.30 \text{ (0.20)}$$

■ d_0 -Signifikanz:

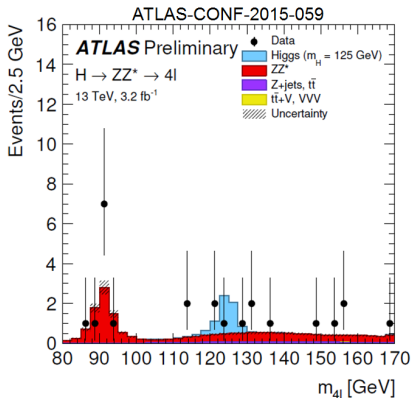
– Für Myonen: $d_0 / \sigma_{d_0} < 3.0$

– 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
- **Irreduzierbare Untergrund (ZZ^*):**
Abschätzung durch Monte-Carlo-Simulation
- **Reduzierbarer Untergrund (Z +jets, $t\bar{t}$):**
Daten-basierende Abschätzung





Daten-basierende 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 Selektion und/oder Lepton Identifizierungskriterien (z.B. lose Isolierung und orthogonaler/kleiner d_0 -Schnitt)
- **Extrapolation** des erwarteten Untergrundbeitrags **in die Signalregion:**
Multiplikation mit den Effizienzen der schärferen Isolation- und d_0 -Schnitte, basierend auf Monte-Carlo-Vorhersagen
- Bestimmung der Effizienzen aus den Monte-Carlo-Simulationen
→ **Überprüfung mit zusätzlichen Kontrolldaten**
- **Diese Studie:** Isolierungseffizienz für fehl-identifizierte Myonen aus den b-Jets und Pion/Kaon-Zerfällen

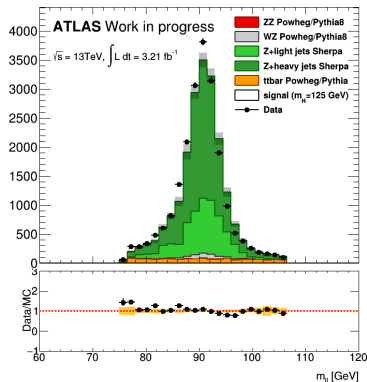
Selektionskriterien für Z ($\rightarrow ee, \mu\mu$) + μ

■ Z-Kandidat:

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

■ Zusätzliches Myon:

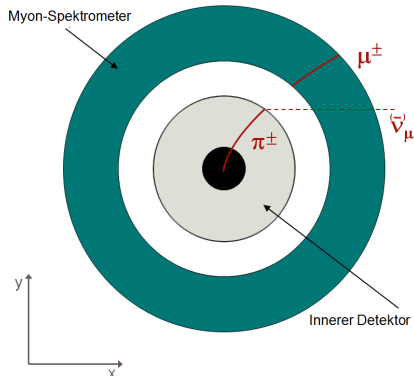
- Genau ein zusätzliches kombiniertes Myon mit $p_{T1} > 6$ GeV
- kein Schnitt auf d_0 -Signifikanz
- keine Isolationskriterien



Z-Kandidat: Gute Übereinstimmung zwischen Simulation und Daten

Untersuchung der zusätzlichen Myonen

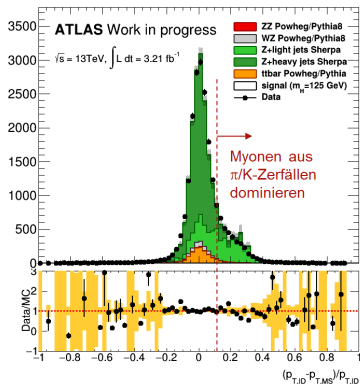
Myonen aus π/K -Zerfällen:



Schnitt auf p_T -Balance: $\frac{\Delta p_T}{p_T} = \frac{p_T^{\text{ID}} - p_T^{\text{MS}}}{p_T^{\text{ID}}}$

Untersuchung der zusätzlichen Myonen

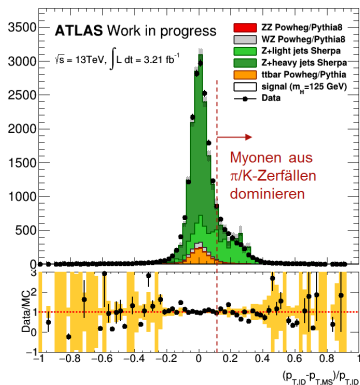
Myonen aus π/K -Zerfällen:



Schnitt auf p_T -Balance: $\frac{\Delta p_T}{p_T} = \frac{p_T^{ID} - p_T^{MS}}{p_T^{ID}}$

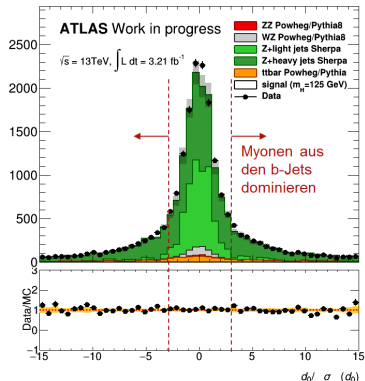
Untersuchung der zusätzlichen Myonen

Myonen aus π/K -Zerfällen:



Schnitt auf p_T -Balance: $\frac{\Delta p_T}{p_T} = \frac{p_T^{ID} - p_T^{MS}}{p_T^{ID}}$

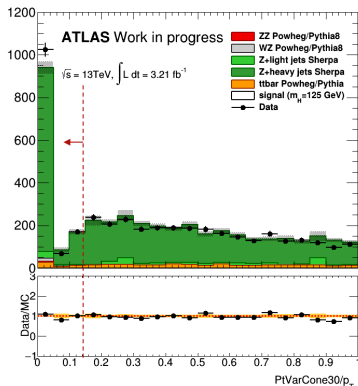
Myonen aus b-Hadron Zerfällen:



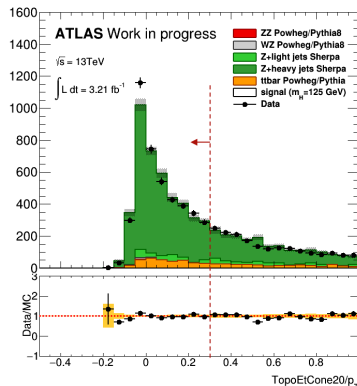
Schnitt auf $|d_0 / \sigma_{d_0}| > 3.0$

Myonen aus b-Hadron-Zerfällen: ($|d_0/\sigma_{d_0}| > 3.0$)

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



Kalorimeter-Isolierung ($\sum E_T^{\text{Cluster}}/p_T^{\text{Lepton}}$):



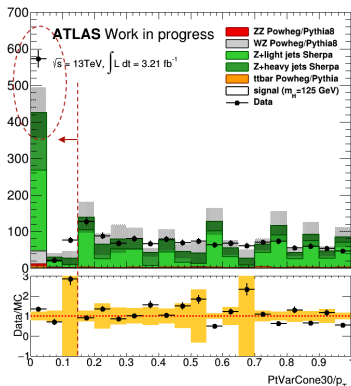
⇒ Gute Übereinstimmung zwischen Monte-Carlo-Simulation und Daten

Verwendung der Isolierungseffizienz für die Extrapolation in den Signalbereich

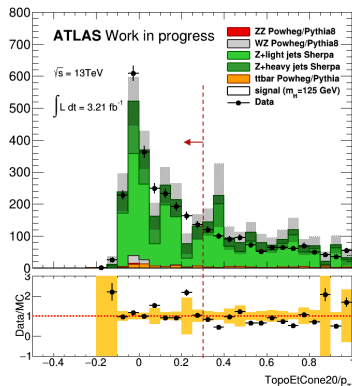
Annahme: Myonen aus π/K -Zerfällen haben die selbe Effizienz wie die aus den b-Jets

Myonen aus π/K -Zerfällen: $\left(\frac{\Delta p_T^{ID,MS}}{p_T^{ID}} > 0.1\right)$

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



Kalorimeter-Isolierung $(\sum E_T^{Cluster})/p_T^{Lepton}$:



⇒ **Niedrige Monte-Carlo-Statistik, gute Übereinstimmung mit den Daten für die Kalorimeter-Isolierung**



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-Hadron-Zerfällen:

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

■ Myonen aus π /K-Zerfällen:

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

- Gemessene Isolations-Effizienzen in den **Daten stimmen** für die Myonen aus den b-Jets und aus den π /K-Zerfällen **gut überein**

⇒ Extrapolation des Z+jet-Beitrags in den Signalbereich basierend auf der Z+b-jet-Simulation ist gerechtfertigt und kann auch für Myonen aus π /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 fehl-identifizierte Myonen aus b-Jets und Pion-Zerfällen anhand von $Z \rightarrow (ee, \mu\mu) + \mu$ -Daten
- **Gute Beschreibung** des reduzierbaren Untergrundbeitrags mit fehl-identifizierten Myonen **möglich**
- **Systematische Unsicherheit** der Extrapolation von weniger als **10%**