Combined Muon

Bestimmung der Myonnachweiseffizienz des ATLAS Detektors





Erwartete Myonsignatur im ATLAS-Detektor

- 1) Spur im Innendetektor mit Impulsmessung
- 2) Minimale Energieeinlagerung im Kalorimeter (\sim 3 GeV)
- 3) Spur in Myonspektrometer mit Impulsmessung



Kombination der verschiedenen Messungen für bestmögliche Präzision, Effizienz und Unterdrückung von Untergrund Wichtig für Präzisionsmessungen: Genaue Kenntnis der Nachweiseffizienz

- Messung zur Korrektur der Simulation
- ightarrow Messung von Wirkungsquerschnitten, differentieller Verteilungen
- ightarrow Besonders bedeutend in Multilepton-Endzuständen (zB H ightarrow 4 ℓ , ZZ ightarrow 4 ℓ)

Ansatz: Tag-and-Probe-Messung

- Nutze bekannte Dimyonresonanz
- ightarrow Z (auch: J/ψ)
 - Erstes Zerfallsteilchen ('Tag'): Vollständig identifiziertes Myon
 - Zweites Zerfallsteilchen ('Probe'): Indirekter Nachweis
- \rightarrow z.B. Innendetektorspur



Messung der Effizienz: Bruchteil der Probes, die als Myon identifiziert sind





Eine vollständige Bestimmung der Myoneffizienz erfordert **zwei** Messungen:

- Ziel der Analyse: absolute Nachweiswahrscheinlichkeit P(Myon)
- Eine Messung liefert: Effizienz bei vorhandenem Probe-Objekt P(Myon|Probe)

Ansatz für bei ATLAS: Nutze komplementäre Spurrekonstruktion

 $P(Myon) = P(Myon|ID-Spur) \cdot P(ID-Spur) \simeq P(Myon|ID-Spur) \cdot P(ID-Spur|MS-Spur)$



Messung 2

- Erste Messung: Innendetektorspur als Probe Wahrscheinlichkeit, diese als Myon zu identifizieren
- Zweite Messung: Spektrometerspur als Probe Wahrscheinlichkeit, eine Innendetektorspur zu rekonstruieren

Präsentierte Ergebnisse Teil von Measurement of the muon reconstruction performance of the ATLAS detector using 2011 and 2012 LHC proton-proton collision data, The ATLAS Collaboration, Eur.Phys.J. C74 (2014) 3130



Ziel: Umfangreicher Datensatz bei minimalem Untergrund

Tag-Myon: Isoliertes Myon, $p_T > 25$ GeV, hat Trigger ausgelöst

Innendetektor-Probe: Nutzung von Kalorimeterinformation

ightarrow Nutze Aktivität im Kalorimeter entlang der Spur um Untergrund zu unterdrücken

Spektrometer-Probe: Spur im Myonspektrometer

 \rightarrow Einziger Untergrund sind Myonen aus Sekundärzerfällen

Anforderungen an Probes:

- Kinematik: $p_T <$ 10 GeV, $|\eta| <$ 2.5 bestimmt Reichweite der Analyse
- Tag/Probe-Paar: $|m_{Tag+Probe} m_Z| < 10 \text{ GeV}, |\Delta \phi| > 2$ selektiert Z-Zerfälle



Untergrund: Tag/Probe-Paare, in denen das Probe-Objekt kein Myon ist

- W, Multijets: Myonen aus Sekundärzerfällen oder Fehlidentifizierungen
- ightarrow datenbasierte Abschätzung durch Selektion gleich geladener Myonpaare
 - Kleinere Untergrúnde ($t\bar{t}, Z \rightarrow \tau \tau$):Abschätzung durch MC-Simulation





Im Großteil des Parameterraums: 0.1%-Auflösung

Dominante Unsicherheiten:

- Statistik bei hohen Impulsen ($p_T \ge 80 \text{ GeV}$)
- Untergrundabschätzung bei hohen und sehr niedrigen Impulsen
- Annahme unkorrelierter Rekonstruktion in Innendetektor und Spektrometer
- Wahl der Kriterien, die ein Probe-Objekt als 'identifiziert' gelten lassen

Maximale Unsicherheit: ~ 1% in kleinen Phasenraumbereichen ($|\eta| \simeq 0, p_T < 15 \text{ GeV}$)



Ergebnisse

- Nachweiseffizienz von 99% nahezu im gesamten Detektor
- Effizienz nahezu komplett unabhängig vom Impuls
- Geringe Abhängigkeit von Pileup
- Korrekte Vorhersage durch die Simulation







Großer Datensatz ermöglicht Studium einzelner Detektorregionen

Beispiel für auflösbare Effekte:

- 1) Ausfälle einzelner Detektormodule
- 2) Nicht instrumentierte Regionen des Myonspektrometers





Behebung der Akzeptanzlücke in $|\eta| \sim 0$ durch Kalorimetermyonen

- Identifizierung von Innendetektorspuren als Myon mit den Kalorimetern
- Ergebnis: Behebung der Ineffizienzen für $p_T > 20 \text{ GeV}$
- Auch Kalorimetermyonen korrekt durch Simulation bescghrieben





Endprodukt der Analyse: Korrekturen für die Simulation

- Korrekte Beschreibung durch die Simulation in großen Teilen des Detektors
- Einzelne Detektorregionen erfordern jedoch Korrekturen
- Hauptursache: Defekt von Detektorkomponenten nach erfolgter Simulation





- Genaue Kenntnis der Myonnachweiseffizienz bedeutend für viele ATLAS-Analysen
- Analyse des 2012 aufgezeichneten Datensatzes mit einer Tag&Probe-Methode $(Z \rightarrow \mu \mu)$
- Umfangreicher Datensatz bei minimalem Untergrund erlaubt hohe Präzision
- **Ergebnis**: Hohe Nachweiseffizienz (> 99%), verlässliche Vorhersage durch die Simulation
- Start der Datennahme 2015: Effizienzmessung erneut erforderlich
- \rightarrow kurze Zeitskala: Tage bis Wochen nach Datennahme
- Weitgehende Automatisierung der Analyse zur Beschleunigung des Ablaufs
- \rightarrow Vorbereitungen weit fortgeschritten