

# Verteidigung der Bachelor-Arbeit

## Diskriminierung von Top-Ereignissen aus dem W+Jets-Untergrund mittels Shape-Variablen bei ATLAS

Robert Riemann

DESY Zeuthen

11. Oktober 2010



1 Vorbetrachtung

2 Durchführung

3 Ergebnisse

4 Backup

# Zielsetzung

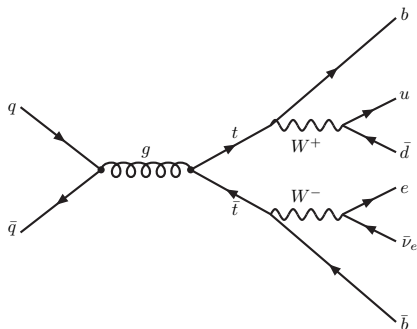
## Titel der Arbeit

Diskriminierung von Top-Ereignissen aus dem  $W+J$ ets-Untergrund mittels Shape-Variablen bei ATLAS

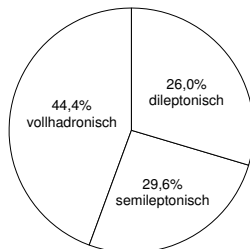
## Ziel

Berechnung des Wirkungsquerschnitts der Produktion von Top-Anti-Top-Quark-Paaren aus Daten von ATLAS

# Top-Quark-Zerfall



- beide  $W^{\pm}$ -Bosonen in Quarks: vollhadronisch
- beide  $W^{\pm}$ -Bosonen in Leptonen: dieleptonisch
- sonst: semileptonisch



# Grundlage der Berechnung

- Produktions-Wirkungsquerschnitt  $\sigma$  ist Propoportionalitätsfaktor
$$N - N_{\text{Untergrund}} = \varepsilon \cdot L_{\text{int.}} \cdot \sigma$$
  - N Anzahl der Ereignisse
  - $\varepsilon$  Effizienz (enthält Korrekturfaktor Akzeptanz)
  - $L_{\text{int.}}$  ist vom Beschleuniger LHC vorgegeben
  - $\sigma$  Produktions-Wirkungsquerschnitt der gezählten Ereignisse
- Herausforderung
  - Zuverlässige Trennung der Top-Ereignisse von Untergrund-Ereignissen
- Mögliche Untergrund-Ereignisse
  - W+Jet-Untergrund
  - QCD-Untergrund

# Vergleich der Ereignisse

## Top-Ereignis

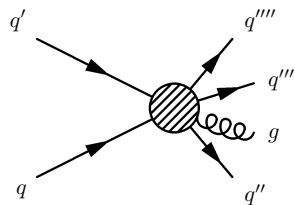
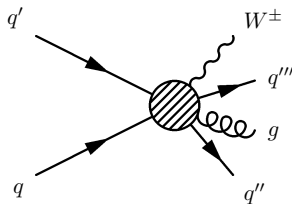
- 0 – 2 Leptonen
- hadronische Jets

## W+Jet-Ereignis

- 1 Lepton
- hadr. Jets
- ähnlicher Endzustand

## QCD-Ereignis

- keine Leptonen
- viele hadr. Jets
- dominiert Ereignisse

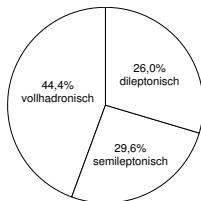


# Verwendete Daten

- Analyse basiert auf simulierten Daten
- 2 Datensätze
  - semi- und dileptonischen Top-Ereignissen
  - W+Jet-Ereignissen mit den Top-Ereignissen ähnlichen Endzuständen
- Software
  - versch. Monte-Carlo-Generatoren
  - Detektorsimulation

# Selektion

- Selektionskriterien
  - fordern genau 1 Elektron oder ein 1 Myon
  - weitere Forderungen an Energien und Richtungen der Jets und Leptonen
- Ergebnis
  - QCD-Untergrund kann vernachlässigt werden
  - Trennung von Top- und W+Jet-Ereignissen nach wie vor durch Selektion auf Basis einzelner Ereignisse nicht möglich



- Effizienz:  $\epsilon = 29\%$
- Reinheit vor Selektion:  $\nu = 0,04$
- Reinheit nach Selektion:  $\nu = 0,4$

Abbildung: Verhältnis der Top-Ereignisse



# Vorlagen-Methode

- erlaubt die Bestimmung des Verhältnisses Signal zu Untergrund von einer Gesamtmenge
- basiert auf der für Signal bzw. Untergrund spezifischen Verteilung eines Ereignismerkmals
- Verteilung des Merkmals muss für die einzelnen Komponenten bekannt sein
- denkbare Ereignismerkmale
  - Anzahl der Jets (Jet-Multiplizität)
  - Betrag des maximalen Jet-Impulses
  - räumliche Impulsverteilung der Jets (Shape-Variablen)

# Impulsverteilungen im Raum

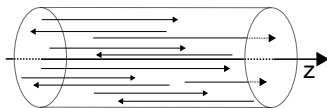


Abbildung: Kolinear

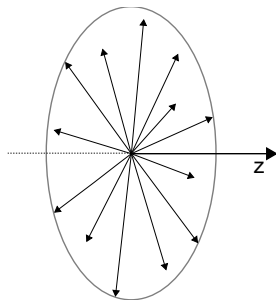
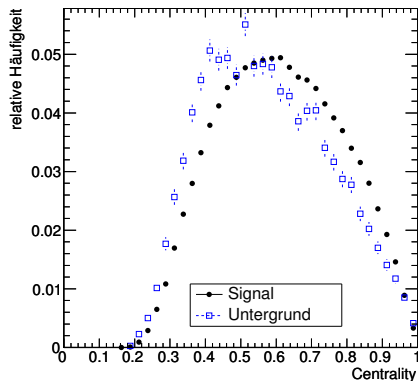


Abbildung: Koplanar

# Centrality $C$

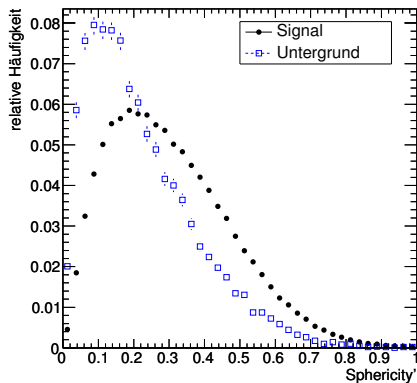


## Centrality $C$ einer Menge Jets $M$

$$C_M = \frac{\sum_{i \in M} p_i^t}{\sum_{i \in M} |\vec{p}_i|}$$

- normierte Summe der Transversalimpulse
- beschreibt Übergang von kollinear (  $C_M = 0$  ) zu koplanarer (  $C_M = 1$  ) Verteilung

# Sphericity $S'$



## Sphericity $S'$ einer Menge Jets $M$

$$S'_M = \min_{\vec{e}_n} \left[ \frac{4}{\pi} \frac{\sum_{i \in M} (E_i \cdot |\sin \varphi_{\vec{p}_i, \vec{e}_n}|)}{\sum_{j \in M} E_j} \right]^2$$

- kleinstes mit Jet-Energien  $E_i$  gewichtetes Mittel von  $|\sin \varphi_{\vec{p}_i, \vec{e}_n}|$
- beschreibt Übergang von kollinear (  $S'_M = 0$  ) zu sphärischer (  $S'_M = \frac{16}{\pi^2}$  ) Verteilung

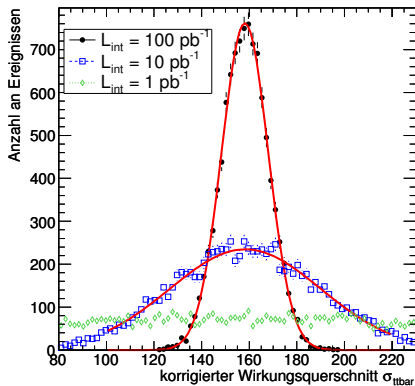
# Likelihood-Minimierung

- Bestimmung der Anteile der Vorlagen-Histogramme von Top-und Untergrund-Ereignissen durch 2-parametrigem Fit
- Ergebnis des Fits maximiert die Wahrscheinlichkeit das gemessene Ergebnis zu erhalten
- aus absolutem Anteil der Top-Ereignisse kann der Wirkungsquerschnitt berechnet werden
- für beide Shape-Variablen Centrality  $C$  und Sphericity  $S'$  wurden die Ergebnisse separat berechnet

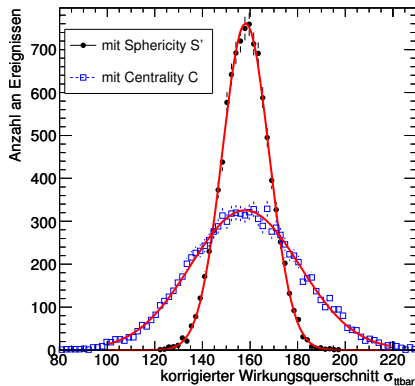
# Pseudoexperiment

- da ATLAS bisher kaum Top-Quarks gemessen hat, wurde Analyse mittels Pseudoexperimenten getestet
- Aufbau des Pseudoexperiments
  - Vorlagen-Histogramme der simulierten Top- und Untergrund-Ereignisse wurden unter Wahrung ihres Verhältnisses zueinander auf versch. Luminositäten skaliert und nach Poisson-Verschmierung addiert
  - Wiederholung des Pseudoexperiments je 10 000 mal
  - Darstellung der Fit-Ergebnisse (Parameter) in Form von Histogrammen

# Ergebnis-Histogramme der Pseudoexperimente



**Abbildung:** korrigierter Wirkungsquerschnitt  $\sigma$  unter Verwendung von Sphericity  $S'$



**Abbildung:** korrigierter Wirkungsquerschnitt  $\sigma$  bei integr. Luminosität von  $100 \text{ pb}^{-1}$

# Unsicherheiten des Produktions-Wirkungsquerschnitts $\sigma$

Beschreibung	Typ	$\Delta\sigma$ [pb]
häufige Durchführung des Pseudo-Experiments <i>oder</i>	statistisch	10,1
alternative Methode bei einfacher Durchführung	statistisch	14,5
Wahl des Algorithmus (nach Gauß oder Poisson)	systematisch	1,5
Korrekturfaktor $K$	systematisch	1,0
gesamte systematische Unsicherheit	systematisch	1,8

- Systematiken darüber hinaus wurden nicht untersucht.



# Resultat

## Resultat für den Wirkungsquerschnitt der Top-Ereignisse

$$\sigma = (156,8 \pm 10,1_{\text{stat.}} \pm 1,8_{\text{syst.}}) \text{ pb}$$

## Referenzwert (verwendet für Daten-Simulation)

$$\sigma = 160,79^{+7,85}_{-0,83} \text{ pb}$$

- Werte stimmen im Rahmen der Unsicherheit überein
- Abweichung der Zentralwerte ca. 3%

# Fazit und Ausblick

- Vorlagen-Methode zur Bestimmung des Produktions-Wirkungsquerschnitts  $\sigma$  geeignet
- Genauigkeit stark abhängig von Wahl des Unterscheidungsmerkmals
- Ausblick
  - Analyse mit Daten von ATLAS
  - Untersuchung der Annahmen zum QCD-Untergrund
  - Untersuchung weiterer Systematiken (z. B. bei Selektion)
  - Untersuchung der Eignung von bisher nicht betrachteten Unterscheidungsmerkmalen
  - Verwendung der multivariablen Likelihood-Minimierung unter Einbezug mehrerer Unterscheidungsmerkmale

# 2D-Likelihood-Histogramm

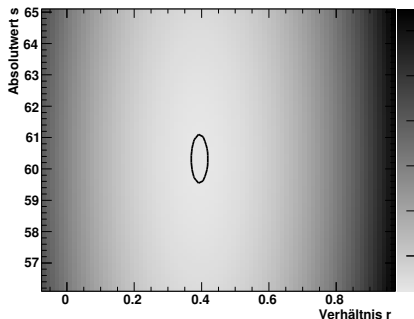


Abbildung: integr. Luminosität  $100 \text{ pb}^{-1}$ , mit Sphericity  $S'$

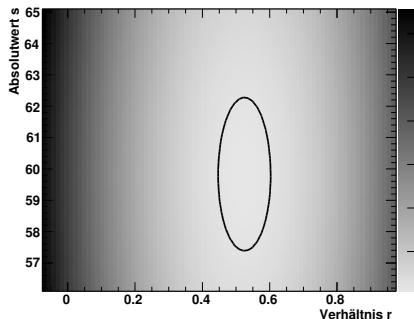


Abbildung: integr. Luminosität  $10 \text{ pb}^{-1}$ , mit Sphericity  $S'$

# Software

- MC@NLO (Top-Zerfall)
- ALPGEN (W+Jet)
- HERWIG
- Jimmy
- GEANT4 (Simulation Detektor-Wechselwirkung)