

Optimierung der Suche nach Dunkler Materie in Mono-Jet Ereignissen mit dem ATLAS-Experiment



DPG Frühjahrstagung Aachen, 28.03.2019

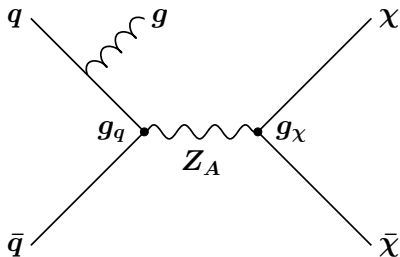
Makoto Teshima | Max-Planck-Institut für Physik, München

Betreuer: Patrick Rieck

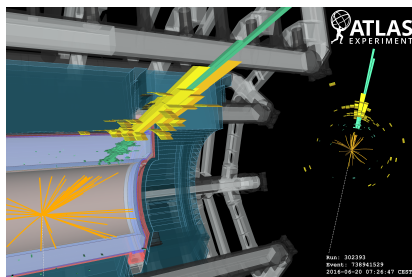
Analysestrategie

Signalregion:

- ▶ $E_T^{\text{miss}} > 250 \text{ GeV}$
- ▶ 1 Jet mit $p_T > 250 \text{ GeV}$
- ▶ Keine Leptonen;



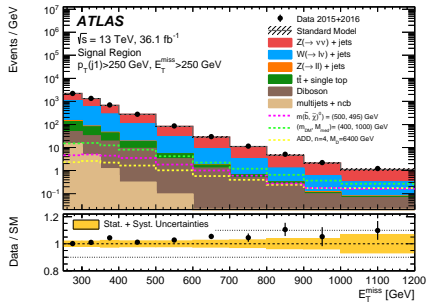
Betrachtung verschiedener Signalmodelle, insbesondere Paarproduktion Dunkler Materie durch neue, schwere Austauscheteilchen



[JHEP 01 \(2018\) 126](#)

Motivation

- ▶ Bisher: Auswertung des Datensatz von 2015-2016, d.h. 36.1fb^{-1}
→ Vervierfachung der Statistik durch Analyse des vollständigen Run 2 Datensatzes
- ▶ Optimierung durch Reduktion der Untergründe
→ Niedrigere Lepton- p_T -Schwelle
→ Vetos für Ereignisse mit hadronisch zerfallende τ -Leptonen



📄 JHEP 01 (2018) 126

Untergrundprozesse in SR

Irreduzibel:

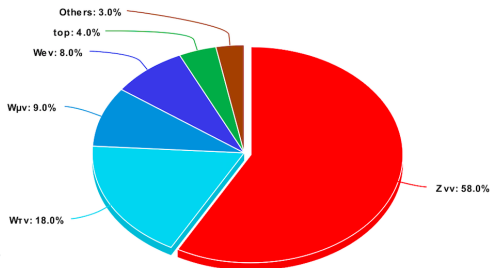
- ▶ Z+jets

Reduzierbar:

- ▶ W+jets, Diboson sowie top-Quark-Produktion: Leptonen nicht von ATLAS identifiziert

Frage:

- ▶ Welche Art von e und μ Veto ist geeignet?
- ▶ Welchen Vorteil bieten τ -Lepton Vetos?



Leptonen mit den niedrigen p_T -Schwellen

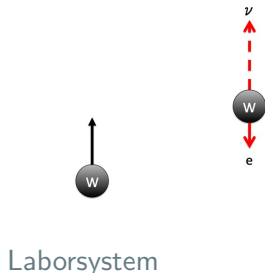
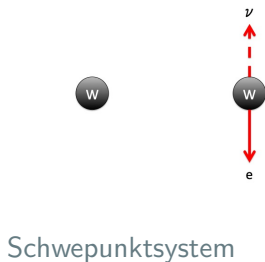
- ▶ Zerfall eines W-Bosons in $\ell + \nu$
- ▶ Selektion $E_{T,miss} > 250 \text{ GeV} \Rightarrow p_T^\nu$ groß

- ▶ Kollinearität der Tochterteilchen im Schwerpunktsystem

- ▶ W Boson boost im Laborsystem

$$\begin{pmatrix} \gamma & \gamma\beta \\ \gamma\beta & \gamma \end{pmatrix} \begin{pmatrix} M_W/2 \\ \pm M_W/2 \end{pmatrix}$$
$$\Rightarrow \mathbf{p} = \frac{M_W}{2} \gamma (1 \pm \beta)$$

- ▶ Niedriges p_T des geladenen Leptons



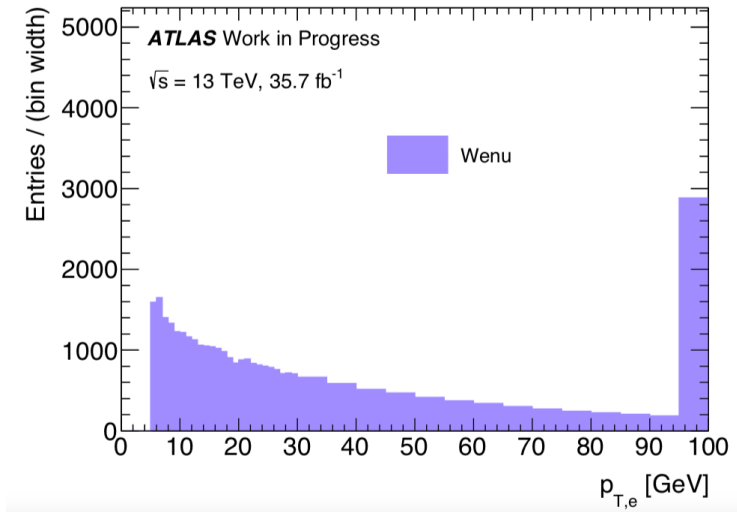
Leptonen mit den niedrigen p_T -Schwellen

Neue p_T -Schwellen für Lepton-Vetos:

- ▶ Elektron: $p_T = 20 \text{ GeV} \rightarrow p_T = 7 \text{ GeV}$
- ▶ Muon: $p_T = 10 \text{ GeV} \rightarrow p_T = 7 \text{ GeV}$

Erwartung: Reduktion der reduzierbaren Untergründe

Truth-Elektron- p_T -Verteilung



Schnitte: $E_{T,\text{miss}} > 250 \text{ GeV}$, $|\eta_e| < 2.5$, $N_{\text{jet,max}} \leq 4$

Ereignistabelle

ATLAS Work in Progress

	Alte Grenzwerte	Neue Grenzwerte	Verhältnis
Znu ν	132528.38 \pm 722.23	131758.18 \pm 722.05	0.99
Wtaunu	50074.86 \pm 603.41	45857.46 \pm 599.94	0.92
Wmunu	19037.21 \pm 164.42	16590.26 \pm 154.46	0.87
Wenu	18103.15 \pm 150.15	10621.54 \pm 120.53	0.59
top	8335.69 \pm 48.89	6779.09 \pm 44.12	0.81
Diboson	3888.38 \pm 21.33	3587.00 \pm 20.43	0.92
Ztautau	707.27 \pm 24.76	586.47 \pm 24.13	0.83
Zmumu	500.30 \pm 13.27	475.23 \pm 12.83	0.95
photon	26.74 \pm 26.72	25.44 \pm 26.81	0.95
Zee	0.03 \pm 0.01	0.03 \pm 0.01	1.00
Gesamt MC	233202.01 \pm 969.36	216280.69 \pm 960.99	0.93

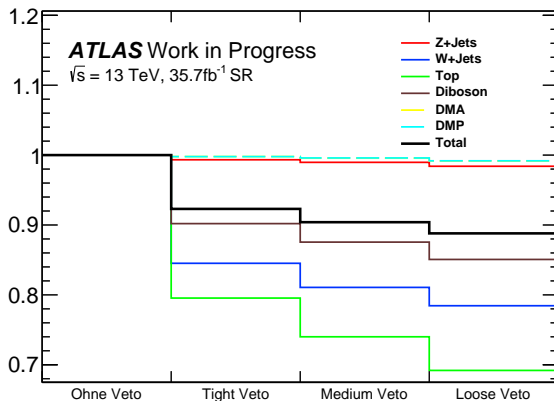
Starke Reduktion von $W \rightarrow e\nu$ Untergrund

Moderate Reduktion von $W \rightarrow \mu\nu$ Untergrund (relativ geringe p_T -Schwelle schon in bisheriger Analyse)

Veto auf τ -Jets

- ▶ Möglichkeit für die Optimierung
- ▶ $W \rightarrow \tau \nu$ -Untergrund: 18% der Untergrundereignisse in der Signalregion
- ▶ 3 verschiedene τ -Identifikationen getestet
 - ▶ Tight, Medium und Loose
 - ▶ Loose höchste Effizienz, geringste Reinheit
 - ▶ Ebenfalls Betrachtung des Effekts auf Signalereignisse
- ▶ Evaluation anhand des Signalanteils mit 2 unterschiedlichen Modellen:
 - ▶ Axial-Vector Mediator mit $m_\chi = 1$ GeV, $m_{Med} = 1000$ GeV
 - ▶ Pseudo-Skalar Mediator mit $m_\chi = 1$ GeV, $m_{Med} = 300$ GeV

Verhältnis von Ereignisanzahl



Loose τ -Veto: Reduktion des Untergrunds um 11% bei nahe zu gleich bleibender Signaleffizienz

Gesamte Verbesserung der Sensitivität

Kombination von τ -Lepton Veto und niedrigeren Lepton- p_T -Schwellen (Details: siehe Backup)

Betrachtung der statistischen Signifikanz im Bin mit höchstem $E_{T,miss}$

Annahmen:

- ▶ Unabhängigkeit der beiden Verbesserungen
- ▶ Signaleffizienz unverändert
- ▶ $\frac{\sigma_{sys}}{N_{Bkg}} = 6\%$ wie in JHEP01(2018)126 (MET+JET 2015+2016)
- ▶ Voller Run2-Datensatz: $N_{Bkg} \rightarrow 4 \cdot N_{Bkg}$

Verbesserung der Sensitivität von:

$$\frac{(S/\sigma_B)_{\tau-Veto, low p_T}}{(S/\sigma_B)} = 1.27$$

Fazit

- ▶ Suche nach Dunkler Materie in Mono-Jet-Ereignissen
- ▶ Optimierung der Analyse durch Reduktion der Untergründe mit Leptonen
- ▶ Niedrigere Lepton- p_T -Schwellen: starke Reduktion der $W \rightarrow e\nu$ Untergrunds(40%), insgesamt Reduktion um 7%
- ▶ Loose- τ -Lepton Veto: Reduktion des Untergrunds um 11%
- ▶ Kombination beider Verbesserungen: Erhöhung der Sensitivität um höchsten $E_{T,miss}$ -Bereich um 27%

Backup

Berechnung der Verbesserungsrate

$$N = N_{e,\mu} + N_\tau$$

$$R_\tau = \frac{(N_{e,\mu} + N_\tau)^{\tau\text{-veto}}}{N_{e,\mu} + N_\tau} = \frac{N_{e,\mu} + N_\tau^{\tau\text{-veto}}}{N_{e,\mu} + N_\tau}$$

$$R_{e,\mu} = \frac{N_{e,\mu}^{\text{lowpT}} + N_\tau}{N_{e,\mu} + N_\tau}$$

$$R = \frac{N_{e,\mu}^{\text{lowpT}} + N_\tau^{\tau\text{-veto}}}{N_{e,\mu} + N_\tau}$$

$$R = \frac{N_{e,\mu}^{\text{lowpT}} + N_\tau + N_\tau^{\tau\text{-veto}} + N_{e,\mu} - (N_{e,\mu} + N_\tau)}{N_{e,\mu} + N_\tau}$$

$$R = R_{e,\mu} + R_\tau - 1$$

$$R_{e\mu} = 0.89$$

$$R_\tau = 0.87$$

$$R = 0.76$$

Sensitivitätsrechnung

$$\frac{\sigma_{sys}}{N_{Bkg}} = 6\%$$

$$\sigma_{Bkg} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_{sys}}{N_{Bkg}} \cdot N_{Bkg}\right)^2 + \left(\sqrt{N_{Bkg}}\right)^2}$$

$$N_{Bkg}^{\tau-Veto, lowp_T} = R \cdot N_{Bkg}$$

$$\frac{(S/\sigma_B)_{\tau-Veto, lowp_T}}{(S/\sigma_B)} = \frac{\sigma_{Bkg}}{\sigma_{Bkg}^{\tau-Veto, lowp_T}}$$