



Optimierung der Suche nach dunkler Materie mit dem ATLAS-Detektor im Mono-V-Kanal

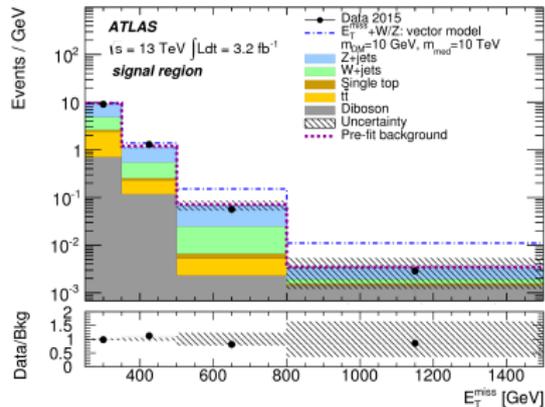
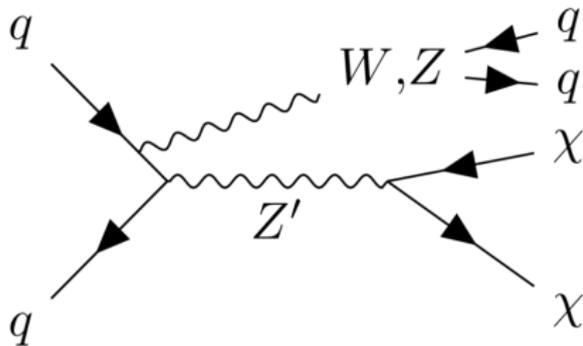
DPG-Tagung-Würzburg

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

Betreuer: Patrick Rieck

Motivation

Suche nach dunkler Materie χ im hadronisch zerfallenden Mono-W/Z-Kanal (vereinfachtes Mono-W/Z-Modell)

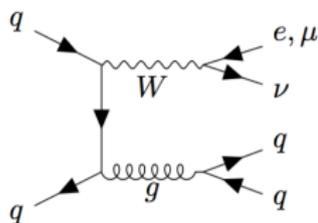


- ▶ Standardanalyse: Suche nach einem Überschuss an Daten in der E_T^{miss} -Verteilung
- ▶ Alternativ: Peak-Suche bei der Verteilung der W/Z invarianten Masse, $m_{q\bar{q}}$
→robustere Auswertung der Daten

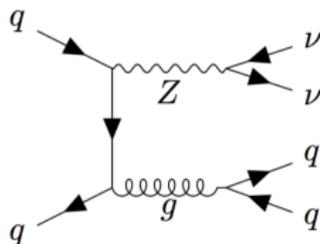
Signalmodell und Untergrundprozesse

Signalmodell:

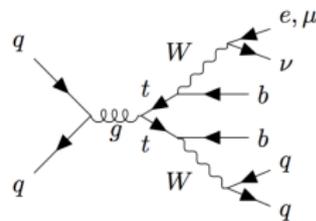
- ▶ Dunkle Materie
→ Fehlender Transversalimpuls E_T^{miss}
- ▶ ein W- oder Z-Boson im hadronischen Zerfallskanal
- ▶ verschiedene Topologie:
→ 1 Jet mit großem Radiusparameter $R=1.0$ (Merged)
→ 2 Jets mit kleinem Radiusparameter $R=0.4$ (Resolved)
- ▶ Dominante Untergrundprozesse: $W+\text{Jets}$, $Z+\text{Jets}$ und $t\bar{t}$



$W+\text{Jets}$



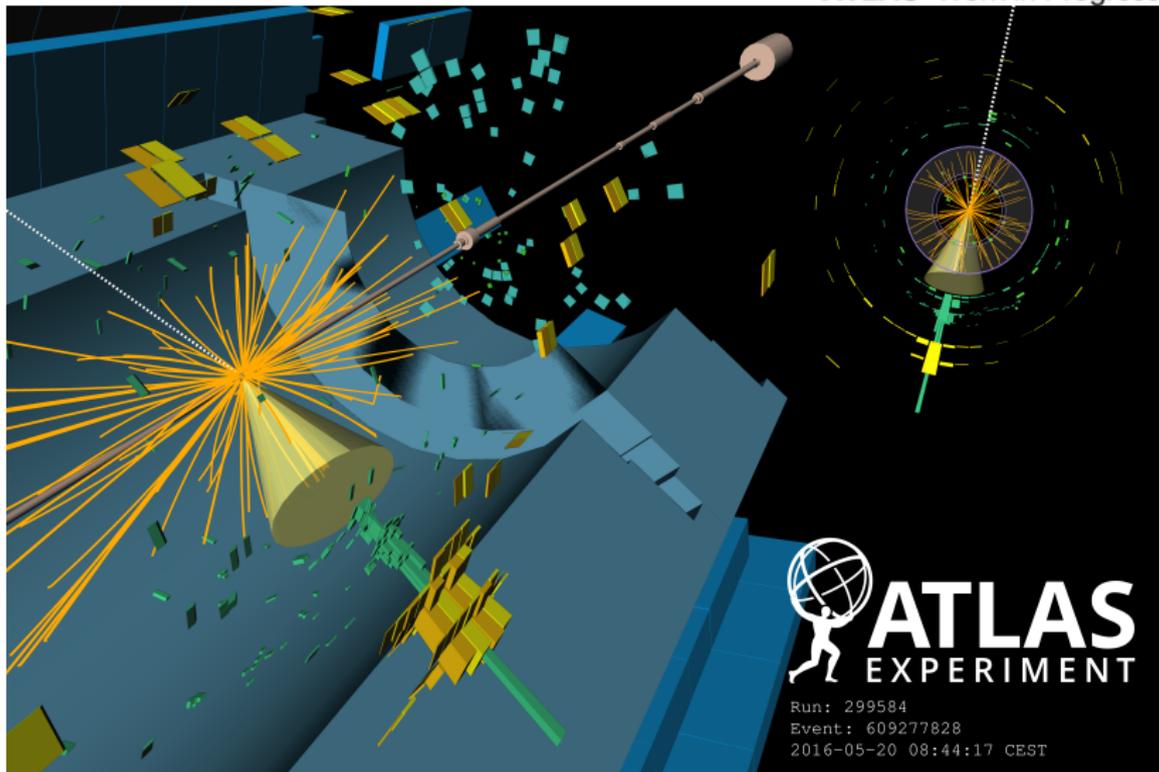
$Z+\text{Jets}$



$t\bar{t}$

Mono-W/Z in der Merged-Topologie

ATLAS Work in Progress



http://jwang.web.cern.ch/jwang/Tmp/Mono-V-RunII/20Feb2018/event_display_Merged.png

Ereignisselektion

Merged ($E_T^{\text{miss}} > 250 \text{ GeV}$)

- ▶ # Jets ≥ 1
- ▶ b-tagging vom Track-Jet
- ▶ kein b-tagged Jets außerhalb von J
- ▶ Substruktur $D_2^{\beta=1}$ (W/Z-Tagger)

Resolved ($E_T^{\text{miss}} > 150 \text{ GeV}$)

- ▶ Ereignis nicht in der Merged-Kategorie
- ▶ # Jets ≥ 2
- ▶ ≤ 2 b-tagged Jets mit dem kleinen Radiusparameter

Ereignisse mit 0 Lepton \rightarrow Signal-Region

Ereignisse mit 1 oder 2 Leptonen \rightarrow Kontroll-Regionen

Signal-Region-Strategie in 2016

- ▶ W/Z-Massenfensterschnitt(MF)
- ▶ b-tags in der Signal-Region verbessern die Signalsensitivität (Mono-Z: $Z \rightarrow b\bar{b}$ -Zerfalls)
- ▶ Bei Merged-Selektion: D_2 -Schnitte mit verschiedener Reinheit \rightarrow Low-Purity- und High-Purity-Region

ATLAS Work in Progress

	Merged			Resolved		
b-tags	0b	1b	2b	0b	1b	2b
MF	SR	SR	SR	SR	SR	SR
MF, D_2 -Seitenband	LPSR	LPSR	-	-	-	-
MF-Seitenband	SB	SB	SB	SB	SB	SB

SR: Signal-Region

SB: Seitenband

LPSR: Low-Purity-Signal-Region

Signal-Region-Strategie der alternativen Analyse

Alternativ: Massen m_{jj} (oder m_J) wird als diskriminierende Variable benutzt (Klassifizierung nach E_T^{miss})

→Umtausch der Bins

ATLAS Work in Progress

E_T^{miss} -Bereich [GeV]	Merged			Resolved		
	0b	1b	2b	0b	1b	2b
b-tags						
150-250	-	-	-	SR	SR	SR
250-350	SR	SR	SR	-	-	-
350-500	SR	SR	SR	-	-	-
500-	SR	SR	SR	-	-	-
250-350, D_2 -Seitenband	LPSR	LPSR	-	-	-	-
350-500, D_2 -Seitenband	LPSR	LPSR	-	-	-	-
500-, D_2 -Seitenband	LPSR	LPSR	-	-	-	-

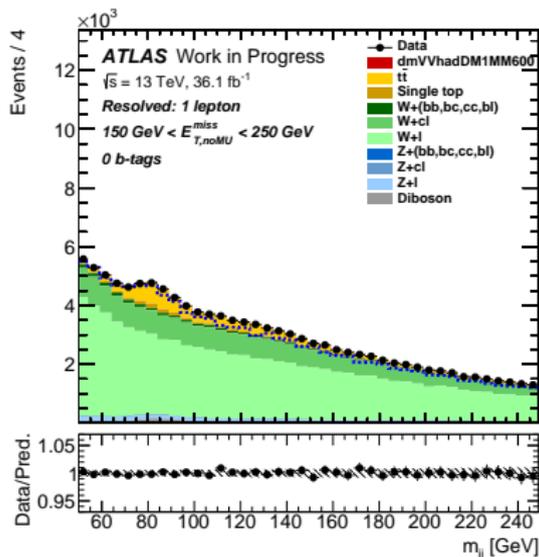
Statistische Analyse

- ▶ Interpretation der Daten mit dem Profile-Likelihood-Fit
- ▶ Dabei verwendete Likelihoodfunktion ist:

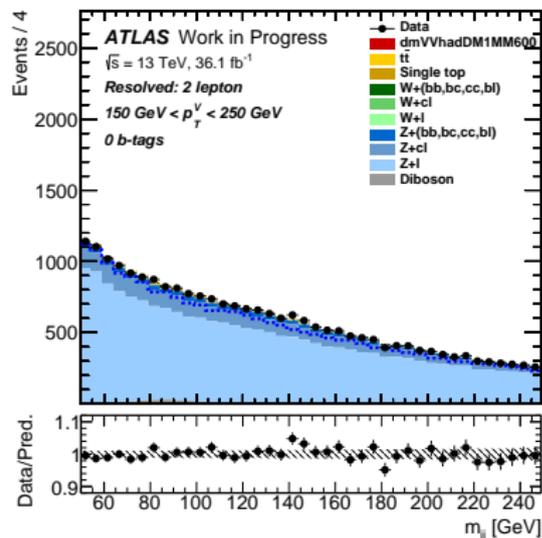
$$\mathcal{L}(\mu, \theta) = \prod_{\text{SR bins: } i} \text{Pois}(n_i | \mu S_i + B_i) \prod_{\text{CR bins: } j} \text{Pois}(n_j | B_j) \prod_k \text{Gaus}(0 | \text{mean} = \theta_k, \sigma = 1)$$

- ▶ Likelihood-Funktion abhängig von Signal-Stärke μ und Vektor von Nuisance Parameters θ

Auswertung



- ▶ Massen-Verteilung
 (Resolved, 1 Lepton,
 0 b-tag) → Peak bei
 $m \approx 80 \text{ GeV}$, wie erwartet
 ($t \rightarrow Wb \rightarrow q\bar{q}b$, $m_{qq} \approx m_W$)



- ▶ Massen-Verteilung
 (Resolved, 2 Leptonen,
 0 b-tag)

Erwartete Signalsignifikanz

ATLAS Work in Progress

Erwartete Signalsignifikanz bei 13 TeV und 36.1fb^{-1}

Mediator-Masse mit $m_\chi=1$ GeV	Signifikanz (E_T^{miss} -Diskriminante)	Signifikanz (m_J/m_{jj} -Diskriminante)
$m_{Z'}=300$ GeV	6.55	5.53
$m_{Z'}=500$ GeV	3.60	4.03
$m_{Z'}=600$ GeV	2.26	2.88
$m_{Z'}=700$ GeV	1.99	1.53

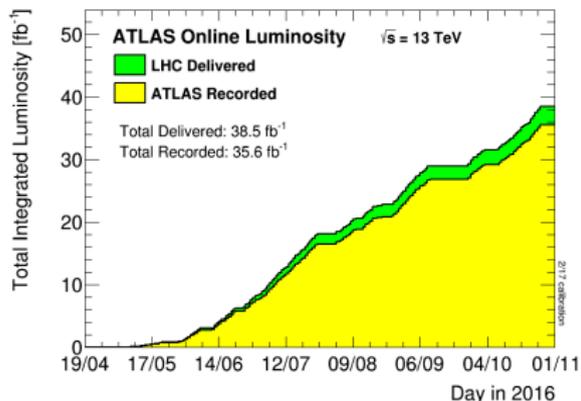
- ▶ Erwartete Signifikanz für das Simplified-Model mit unterschiedlichen Mediator-Massen
- ▶ E_T^{miss} -binning bisher nicht optimiert
→ weitere Verbesserungen möglich

Fazit

- ▶ Suche nach dunkler Materie in Assoziation mit hadronisch-zerfallendem W/Z-Boson mit dem ATLAS Detektor
- ▶ Peak-Suche bei der Verteilung der invarianten Masse des Vektorbosons, $m_{q\bar{q}}$
→robustere Auswertung der Daten
- ▶ Neue Analyse Methode liefert vergleichbare Ergebnisse wie die bisherige Methode und ist vielversprechend

Backup

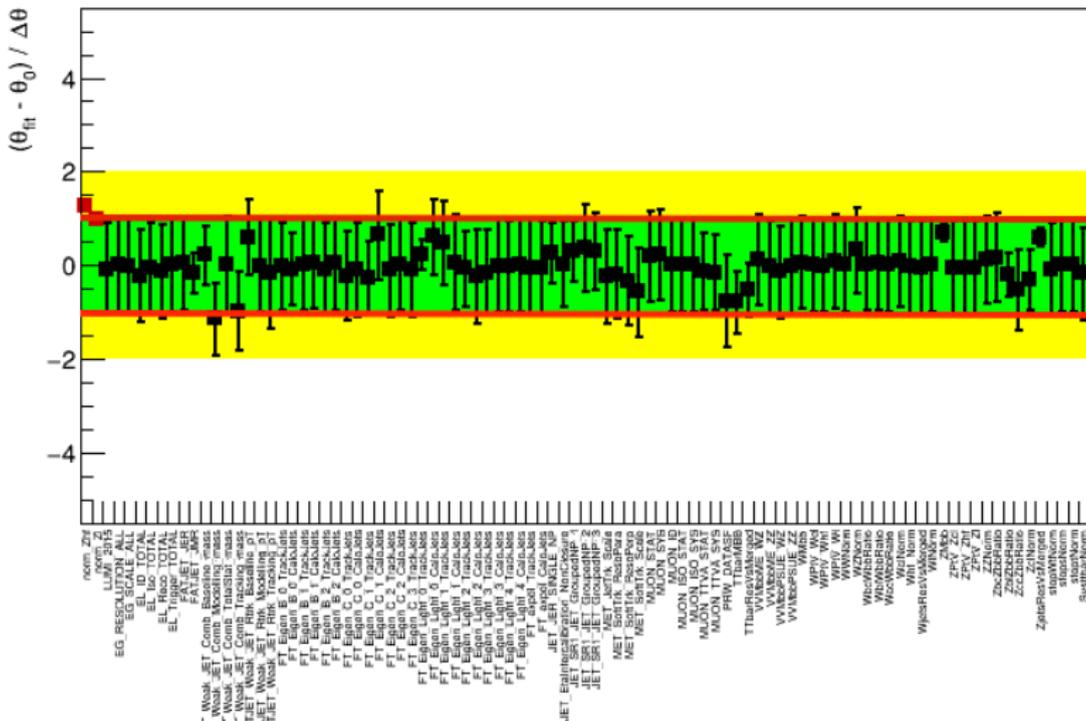
Datensatz



- ▶ pp-Kollisionsdaten, die mit dem ATLAS-Detektor am LHC in 2015 und 2016 aufgenommen wurden ($\sqrt{s}=13 \text{ TeV}$, $L=36.1 \text{ fb}^{-1}$)
- ▶ MC-Simulation der Signal- und Untergrundprozesse
- ▶ Bestimmung des Multijet-Untergrunds mit den Daten

Auswertung (2 Leptonen Kontrollregion)

ATLAS Work in Progress



Ausschlussgrenzen für die Mono-V-Suche

ATLAS Work in Progress

m_{Med} [GeV]	m_χ [GeV]	Expected point	+1 σ limit on μ	-1 σ limit on μ
E_T^{miss}-Diskriminante				
300	1	0.53	0.73	0.38
500	1	0.56	0.78	0.40
600	1	0.87	1.21	0.63
700	1	1.00	1.39	0.72
m_J/m_{jj}-Diskriminante				
300	1	0.34	0.47	0.25
500	1	0.47	0.66	0.34
600	1	0.67	0.94	0.48
700	1	1.28	1.79	0.93