

# Suche nach Dunkler Materie im Mono-Higgs-Kanal ( $h \rightarrow b\bar{b}$ ) mit dem ATLAS-Detektor am LHC

Rainer Röhrig,

Betreuer: Patrick Rieck

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

DPG Würzburg - Frühjahrstagung  
22.03.2018



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



GEFÖRDERT VOM



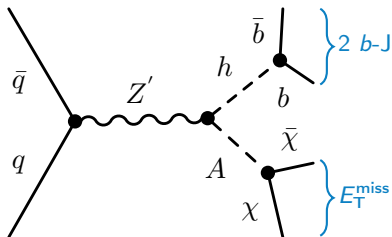
Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

- ▶ Suche nach Ereignissen mit hoher fehlender transversaler Energie ( $=E_T^{\text{miss}}$ ) in Assoziation mit dem Standardmodell-Higgs-Boson ( $h \rightarrow b\bar{b}$ )
- $\Rightarrow$  größtes Verzweigungsverhältnis ( $\mathcal{B}(h \rightarrow b\bar{b}) = 58\%$  für  $m_h = 125$  GeV)
- ▶ Signatur: 2  $b$ -Jets,  $m_{b\bar{b}} \approx 125$  GeV und hohe  $E_T^{\text{miss}}$

## Signalmodell: $Z'$ -2-Higgs-Dublett-Modell

(arXiv:1402.7074)

- ▶ Massive Mediatoren:  $Z'$  und  $A$  (pseudoskalar) mit  $\mathcal{B}(A \rightarrow \chi\bar{\chi}) \approx 100\%$
- ▶ DM-Paarproduktion,  $\chi\bar{\chi}$ , und  $S_\chi = \frac{1}{2}$



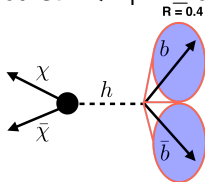
- ▶ Freie Modellparameter:  $m_A, m_{Z'}, m_\chi, \tan\beta, g_{Z'q\bar{q}}$
- $\rightarrow m_\chi = 100$  GeV,  $\tan\beta = 1$ ,  $g_{Z'q\bar{q}} = 0.8$
- $\rightarrow m_A, m_{Z'}$  werden variiert ( $m_A > 2 \cdot m_\chi$ )

- ▶ Zerfallsprodukte des Higgs-Bosons und DM zeigen back-to-back-Topologie

- ▶ Higgs-Boson geboostet ( $\rho_T^{\text{Higgs}} \approx E_T^{\text{miss}}$ )

leicht geboostete  
Topologie

$$150 \text{ GeV} < E_T^{\text{miss}} \leq 500 \text{ GeV}$$



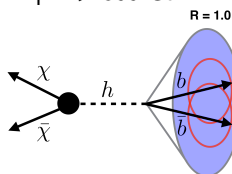
$\geq 2$  Jets

(Radiusparameter  $R=0.4$ )

$\Rightarrow$   $b$ -Jet Identifikation

stark geboostete  
Topologie

$$E_T^{\text{miss}} > 500 \text{ GeV}$$



$\geq 1$  Fat-Jet

( $R=1.0$ , trimmed,  $f_{\text{cut}} = 0.05$ ),

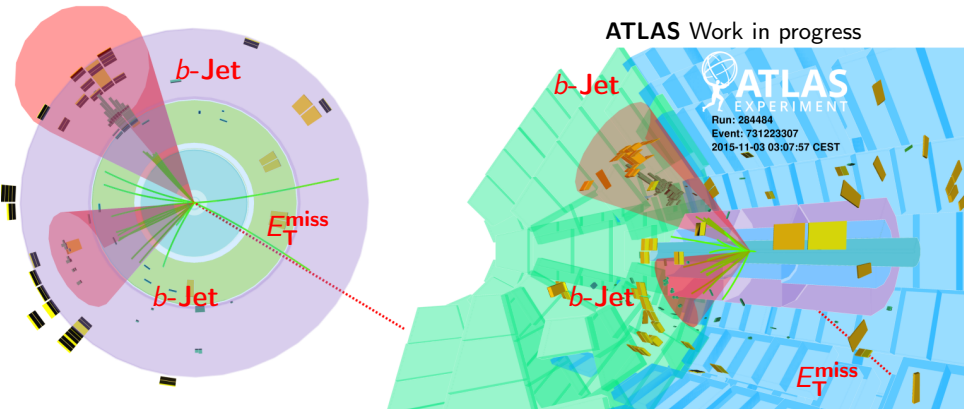
und  $\geq 1$  Sub-Jets ( $R=0.2$ )

$\Rightarrow$  führenden 2 Sub-Jets  
zur  $b$ -Jet Identifikation

Variable zur Identifizierung des Higgs-Bosons:

Invariante Di-Jet-Masse ( $m_{jj}$ )

Masse des Fat-Jets ( $m_J$ )

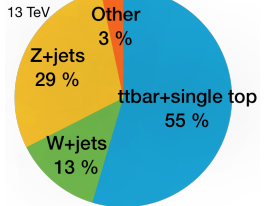


$$E_T^{\text{miss}} = 213 \text{ GeV}, m_{bb} = 120 \text{ GeV}$$

Die größten Untergründe:

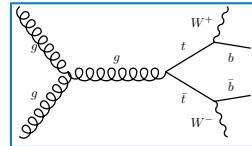
$t\bar{t}$ ,  $Z(\rightarrow \nu\nu/\tau\tau)+\text{Jets}$  und  $W(\rightarrow l\nu)+\text{Jets}$

ATLAS Work in progress  
Simulation  
13 TeV



$t\bar{t}$ -Produktion:

- ▶  $E_{\text{T}}^{\text{miss}}$  aus leptonischem  $W$ -Bosonzerfall ( $l$  nicht rekonstruiert)
- ▶ mind. 2  $b$ -Jets

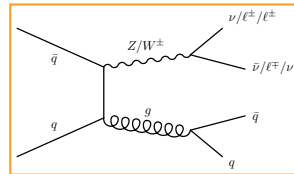


$Z(\rightarrow \nu\nu/\tau\tau)+\text{Jets}$ :

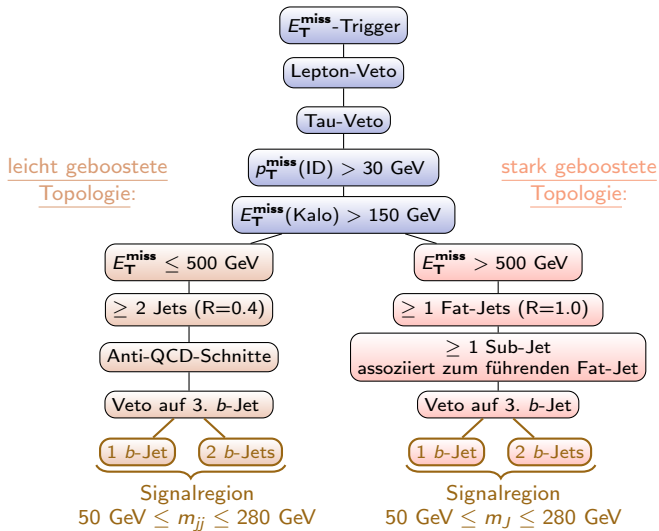
- ▶ hohe  $E_{\text{T}}^{\text{miss}}$  durch Neutrinos

$W(\rightarrow l\nu)+\text{Jets}$ :

- ▶  $E_{\text{T}}^{\text{miss}}$  aus leptonischem  $W$ -Bosonzerfall ( $l$  nicht rekonstruiert)

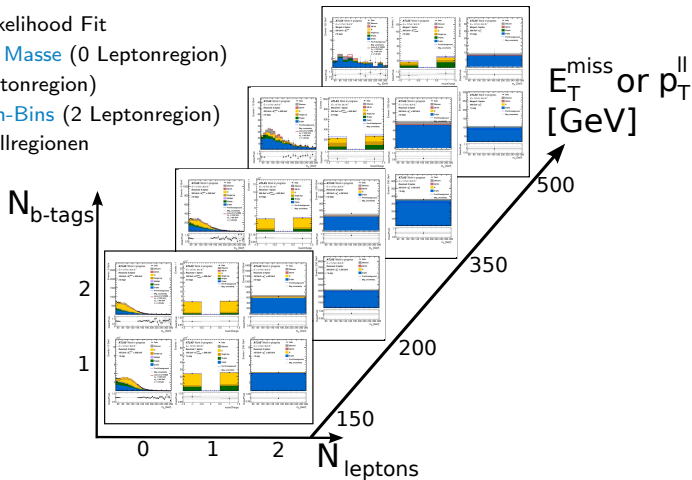


- ▶ Weitere: SM  $V_h$ , Diboson-, Single-Top-Quark- und Multijet-Produktion

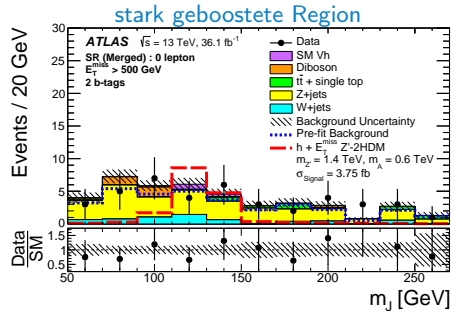
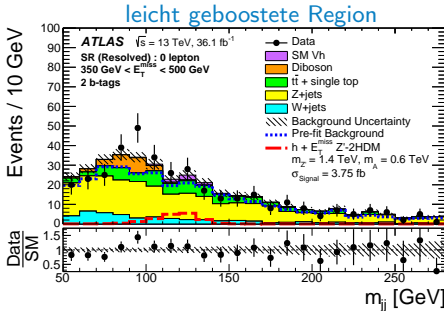


Kombinierter Profile-Likelihood Fit

- ▶ der invarianten  $m_{jj}/m_J$  Masse (0 Leptonregion)
  - ▶ der Myonladung (1 Leptonregion)
  - ▶ und des  $m_{jj}/m_J$  Massen-Bins (2 Leptonregion)
- von Signal- und Kontrollregionen



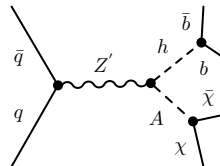
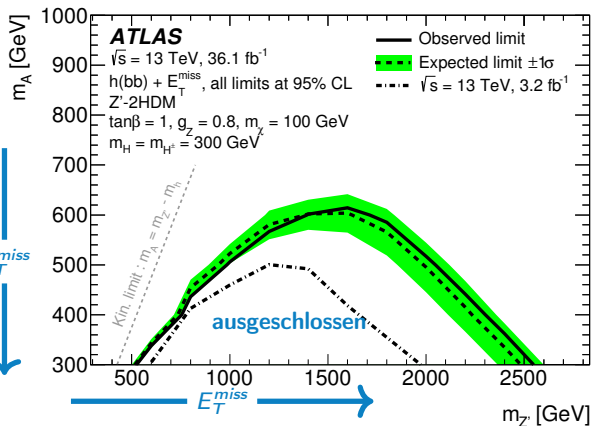
- ▶ Freie Parameter:
  - ▶ 3 Untergrundnormierungen:
    - $t\bar{t}$ ,  $W$ +Jets und  $Z$ +Jets aus 1 und 2 Lepton-Kontrollregionen
    - ▶ und die Signalstärke  $\mu$
- ▶ Systematiken werden als nuisance Parameter berücksichtigt



- ▶ Signalregion wie erwartet dominiert durch Z+Jets, W+Jets und  $t\bar{t}$  Ereignisse
  - ▶ Gute Daten / MC Übereinstimmung (Post-Fit)
  - ▶ Keine Abweichung von der Standardmodell-Vorhersage
- ⇒ Ausschlussgrenzen

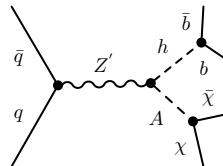
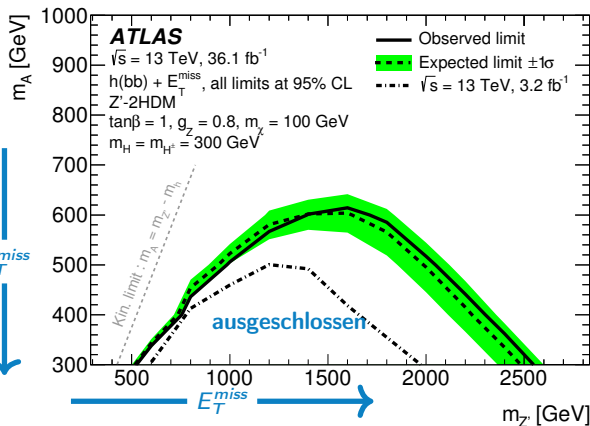


## Signalmodell: $Z'$ -2-Higgs-Dublett-Modell



- ▶ Ausschlussgrenzen in der  $m_A - m_{Z'}$ -Ebene für Daten 2015 + 2016
- ▶  $m_{Z'} = 500 - 2500 \text{ GeV}$  ausgeschlossen für  $m_A$  von bis zu 600 GeV

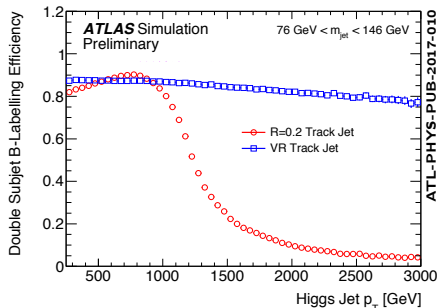
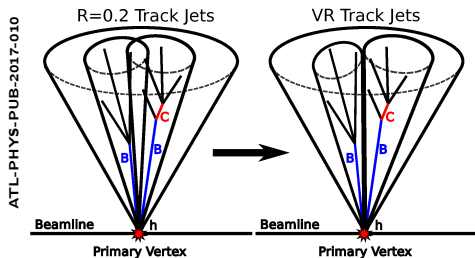
## Signalmodell: $Z'$ -2-Higgs-Dublett-Modell



- ▶ Ausschlussgrenzen in der  $m_A - m_{Z'}$ -Ebene für Daten 2015 + 2016
- ▶  $m_{Z'} = 500 - 2500 \text{ GeV}$  ausgeschlossen für  $m_A$  von bis zu 600 GeV

- ▶ Datenstatistik begrenzt die Sensitivität für hohe  $m_{Z'}$
- ▶ Limitierung der Analyse durch 1  $b$ -Jet Region, nötig für hohe  $m_{Z'}$
- Hohe Systematische Unsicherheiten durch  $b$ -Sub-Jet Identifizierung

1  $b$ -Jet Region für Sensitivität auf Signale mit hoher  $E_T^{\text{miss}}$   
 $\Rightarrow$  Sub-Jets können nicht mehr einzeln rekonstruiert werden



- ▶ Sub-Jets mit VR können auch in stark geboosteten Topologien separat rekonstruiert werden
- ▶  $R = \max(0.02, \min(0.4, 30 \frac{\text{GeV}}{p_{T,J}}))$

- ▶ Verbesserte und flache Effizienz ab  $p_T^{\text{Higgs}} > 1 \text{ TeV}$
- $\Rightarrow$  Keine Migration von 2  $b$ -Jet zu 1  $b$ -Jet Events
- $\Rightarrow$  Steigerung der Signifikanz um bis zu 30% für mono- $H(b\bar{b})$  Signale
- ▶ Eigene  $b$ -Jet Kalibrierung und Effizienzmessung nötig!

- ▶ Die Suche nach **Dunkler Materie** ist ein wichtiger Teil des Physikprogramms des ATLAS-Experiments am LHC.
- ▶ Nach der Entdeckung des Higgs-Bosons (2012), kann nach **Dunkler Materie** in Assoziation mit  $h \rightarrow b\bar{b}$ -Zerfällen gesucht werden.
- ▶ Im **Mono-Higgs-Kanal** lässt sich der DM-Produktionsmechanismus direkt untersuchen im Gegensatz zu mono-X (ISR) DM-Suchen.
- ▶ Die ATLAS **Mono-Higgs-Resultate** sind besonders für leichte DM-Teilchen interessant und es können Mediatormassen von bis zu 2.5 TeV ausgeschlossen werden, durch die erhöhte Datenstatistik.
- ▶ Sogenannte **VR Sub-Jets** erlauben eine noch effizientere Higgs-Boson-Identifizierung in stark geboosteten Topologien.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

# Backup

