

# 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 Münster - Frühjahrstagung  
27.03.2017



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



GEFÖRDERT VOM



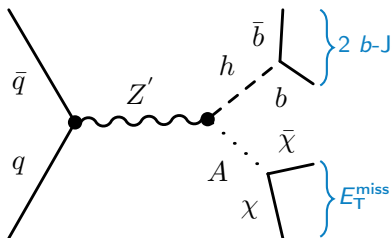
Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

- ▶ Suche nach Ereignissen mit hoher fehlender transversaler Energie ( $=E_T^{\text{miss}}$ ) in Assoziation mit dem Standardmodell-Higgs-Boson ( $h \rightarrow b\bar{b}$ )
- ⇒ größtes Verzweigungsverhältnis ( $h \rightarrow b\bar{b} : 57\%$ )
- ▶ 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)
- ▶ DM-Paarproduktion ,  $\chi\bar{\chi}$ , und  $S_\chi = \frac{1}{2}$



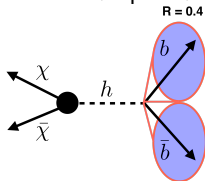
- ▶ Freie Modellparameter:  $m_A, m_{Z'}, m_\chi, \tan \beta, g_{Z'q\bar{q}}$
- $m_\chi = 100$  GeV,  $\tan \beta = 1$ ,  $g_{Z'q\bar{q}} = 0.8$
- $m_A, m_{Z'}$  werden variiert ( $m_A > 2 \cdot m_\chi$ )

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

- ▶ Higgs-Boson geboostet ( $\rho_{\text{T}}^{\text{Higgs}} \approx E_{\text{T}}^{\text{miss}}$ )

leicht geboostete  
Topologie

$$150 \text{ GeV} < E_{\text{T}}^{\text{miss}} < 500 \text{ GeV}$$



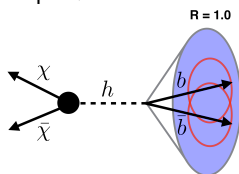
$\geq 2$  Jets

(Radiusparameter  $R=0.4$ )

$\Rightarrow$  *b*-Jet Identifikation

stark geboostete  
Topologie

$$E_{\text{T}}^{\text{miss}} > 500 \text{ GeV}$$



$\geq 1$  Fat-Jet

(Radiusparameter  $R=1.0$ , trimmed,

$f_{\text{cut}} = 0.05$ ),

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

$\Rightarrow$  führenden 2 zur *b*-Jet Identifikation

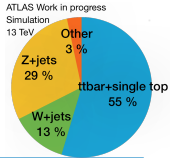
Variable zur Identifizierung des Higgs-Bosons:

Invariante Di-Jet-Masse

Masse des Fat-Jets

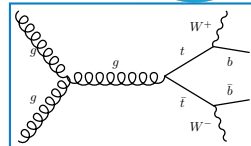
Die größten Untergründe:

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



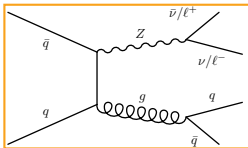
$t\bar{t}$ -Produktion:

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



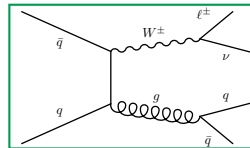
$Z(\rightarrow \nu\nu/\tau\tau)+\text{Jets}$ :

- ▶ hohe  $E_T^{\text{miss}}$  durch Neutrinos
- ▶ Jets aus leichten und schweren Quarks

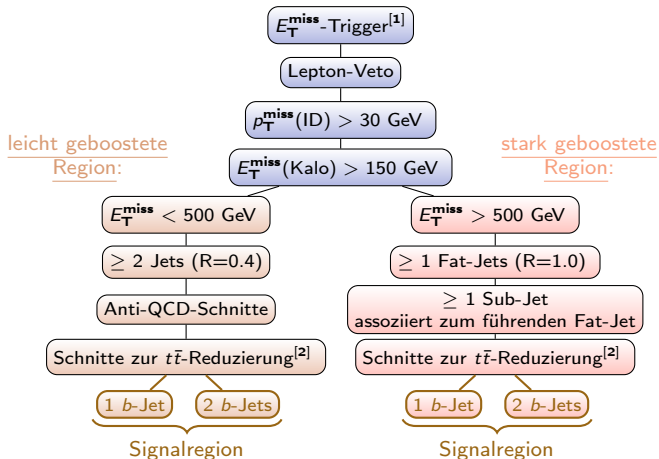


$W(\rightarrow \ell\nu)+\text{Jets}$ :

- ▶  $E_T^{\text{miss}}$  aus leptonischem  $W$ -Bosonzerfall ( $\ell$  nicht rekonstruiert)
- ▶ Jets aus leichten und schweren Quarks



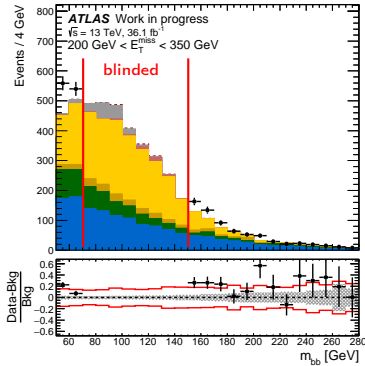
- ▶ Weitere: SM  $V_h$ , Diboson-, Single-Top-Quark- und Multijet-Produktion



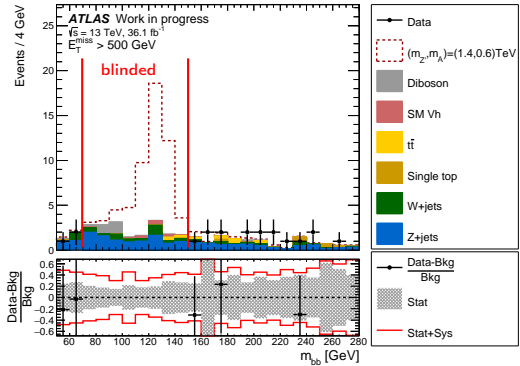
[1] Details zum Trigger: Stanislav Suchek, T 10.4

[2] Details zur Selektion: Daniel Isaac Narrias Villar, T 10.3

## leicht geboostete Region



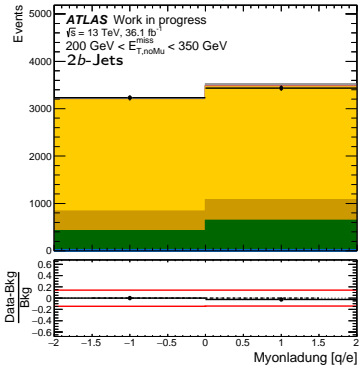
## stark geboostete Region



- ▶ Gute Daten / MC Übereinstimmung (Pre-Fit)
  - ▶ Signalregion dominiert durch Z+Jets, W+Jets und  $t\bar{t}$  Ereignisse
  - ▶ Für noch bessere Untergrundabschätzung:
- ⇒ Normierung der wichtigsten Untergründe aus dem simultanen Fit in allen Signal- und Kontrollregionen

## 1 Lepton-Kontrollregion:

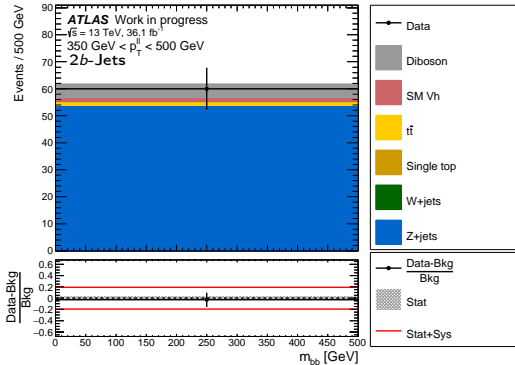
$t\bar{t}$  und  $W+Jets$



- ▶ 1 isoliertes Myon
- ▶ 2  $b$ -Jet Region: hauptsächlich  $t\bar{t}$
- ▶ 1  $b$ -Jet Region:  $t\bar{t}$  und  $W+Jets$
- ▶ Myonladung unterscheidet zwischen  $t\bar{t}$  und  $W+Jets$  (zwei Bins)

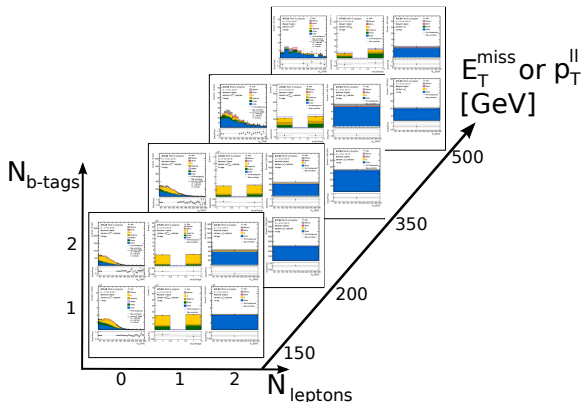
## 2 Lepton-Kontrollregion:

$Z+Jets$



- ▶  $\ell\ell$  Paare aus  $Z$ -Zerfall
- ▶ Hauptsächlich  $Z+Jets$
- ⇒ Nur ein Bin

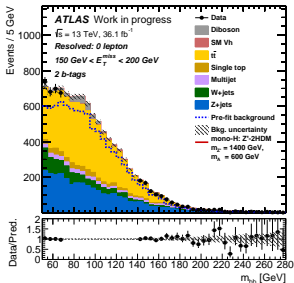
Kombinierter Profile-Likelihood Fit der invarianten  $m_{jj}/m_J$  Masse und Myonladung in Signal- und Kontrollregionen



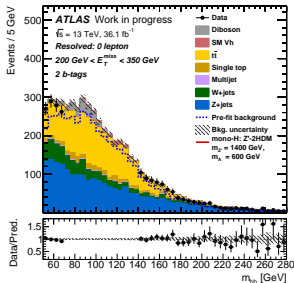
- ▶ Freie Parameter:
  - ▶ 3 Untergrundnormierungen:  $W+Jets$ ,  $Z+Jets$  und  $t\bar{t}$
  - ▶ und die Signalstärke  $\mu$
- ▶ Systematiken werden als nuisance Parameter berücksichtigt



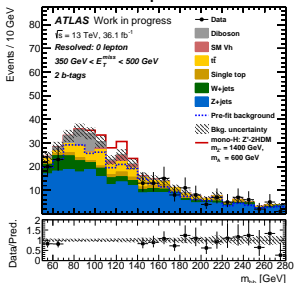
150 GeV <  $E_T^{\text{miss}}$  < 200 GeV



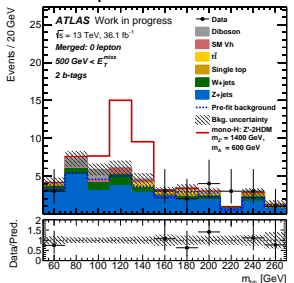
200 GeV <  $E_T^{\text{miss}}$  < 350 GeV



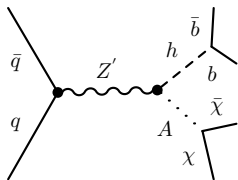
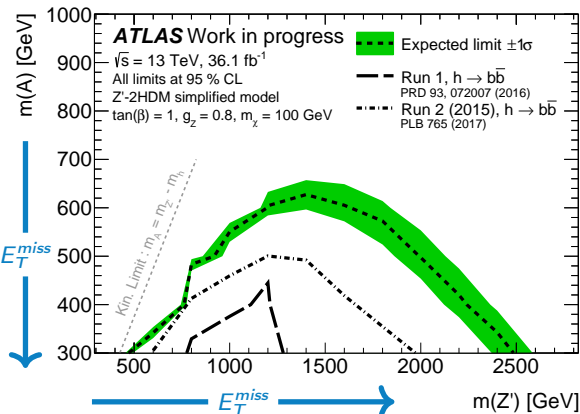
350 GeV <  $E_T^{\text{miss}}$  < 500 GeV



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



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



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

- ▶ 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.
- ▶ Mit Hilfe des **Mono-Higgs-Kanals** lässt sich der DM-Produktionsmechanismus direkt untersuchen.
- ▶ Die ATLAS **Mono-Higgs** Resultate sind besonders für leichte DM-Teilchen interessant und wir erwarten Mediatormassen von bis zu 2.5 TeV ausschließen zu können.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

# Backup

## ATLAS Work in progress

Untergrund	Normierung
$W + HF$	$1.0 \pm 0.2$
$Z + HF$	$1.13 \pm 0.07$
$t\bar{t}$	$0.98 \pm 0.02$

- ▶  $Vl$ : 10%
- ▶  $Vcl$ : 30%
- ▶  $V$  + Heavy Flavour 0 vs. 2 Leptonkanal: 20%
- ▶  $Wbc/Whf$ ,  $Wbl/Whf$  und  $Wcc/Whf$  Verhältnis: 20% jeweils
- ▶  $Zbc/Zhf$ ,  $Zbl/Zhf$  und  $Zcc/Zhf$  Verhältnis: 20% jeweils, individuell für 0 and 2 Leptonkanal
- ▶ Single Top-Quark Produktion:  $t$ -Kanal 4.4%
- ▶ Single Top-Quark Produktion:  $s$ -Kanal 4.6%
- ▶ Single Top-Quark Produktion:  $Wt$  assoziierte Produktion 6.2%
- ▶  $WW$  Diboson Produktion: 25%
- ▶  $WZ$  Diboson Produktion: 26%
- ▶  $ZZ$  Diboson Produktion: 20%
- ▶  $VH$  Produktion: kombiniert  $WH$  und  $ZH$  Normierung 50%

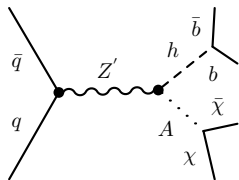
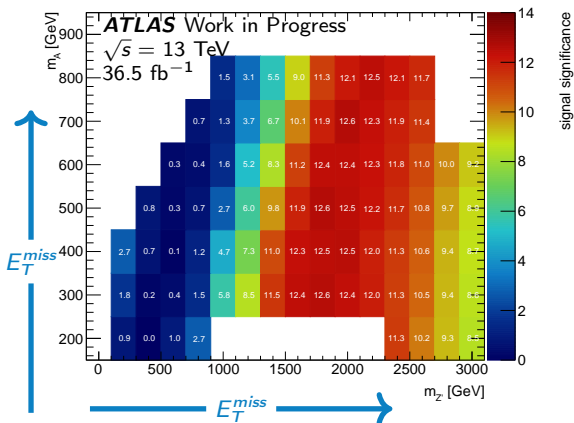
## ATLAS Work in progress

Unsicherheiten	$\sigma_\mu / \hat{\mu}$ [%]		
	(a)	(b)	(c)
Total	11	53	71
Statistical error	5.5	46	61
Systematical error	9.8	25	36
MC statistic	4.6	14	22
Flavour tagging, track jets	1.3	13	17
SM VH norm.	2.0	8.6	6.9
Luminosity	3.2	4.8	5.4
Z+jets Modelling	4.1	4.9	6.5
Jets R=0.4	1.6	4.3	2.1
Flavour tagging, calo jets	4.8	3.9	4.6
$t\bar{t}$ Modelling	3.1	3.5	3.8
Signal theory uncertainties	3.8	3.1	2.1
W+jets Modelling	3.6	2.7	3.7
Leptons	0.58	1.9	3.7
Jets R=1.0	0.033	1.34	4.7
Diboson norm.	1.1	0.87	2.1
Single-top modelling	0.45	0.45	0.61

- ▶ Analyse ist statistisch limitiert
- ▶ Grösste experimentelle Unsicherheiten:
  - $b$ -Jet Identifizierung und Effizienz
  - SM Vh (50% Unsicherheit im Flt)
  - Fehler auf Luminosität

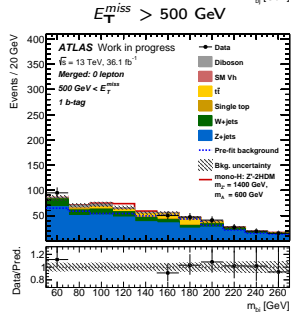
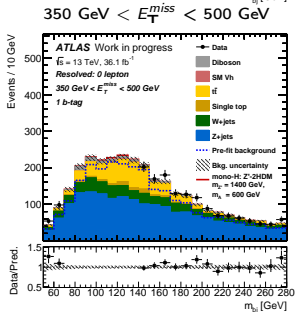
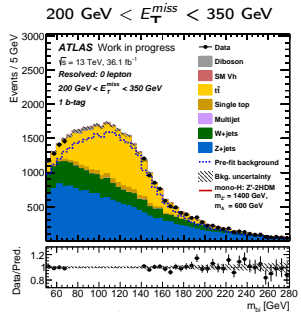
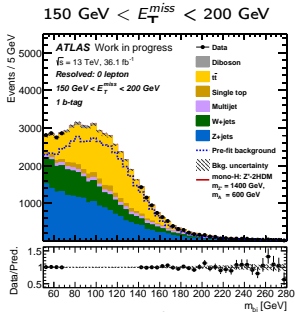
**Tabelle:**  $(m_{Z'}, m_A) =$  (a) (600 GeV, 300 GeV), (b) (1400 GeV, 600 GeV) and (c) (2600 GeV, 300 GeV).

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

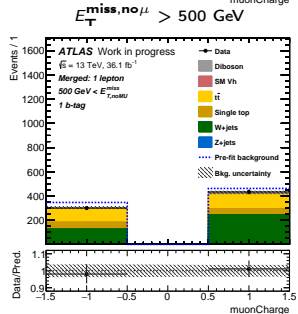
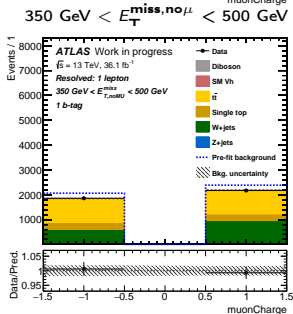
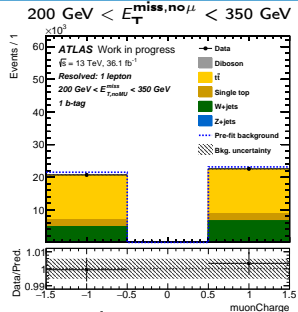
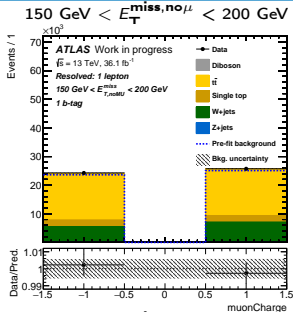


- ▶ Fit an Asimov Daten mit  $\mu = 1$
- ▶ Signalwirkungsquerschnitt von 10 fb verwendet
- ▶ Erwartete Signifikanz in der  $m_A - m_{Z'}$  Ebene  
 Weitere Modellparameter sind fixiert

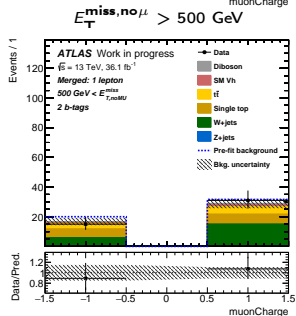
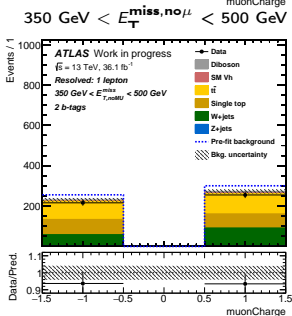
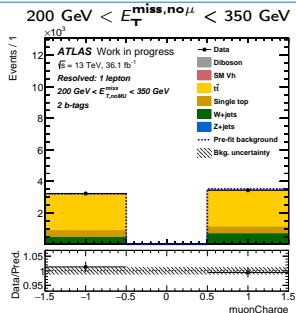
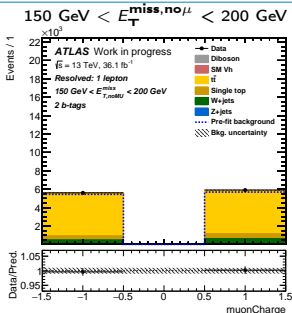


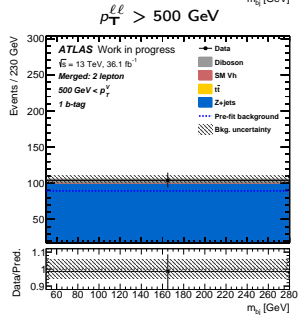
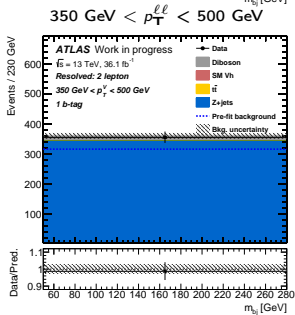
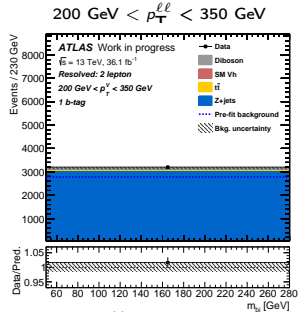
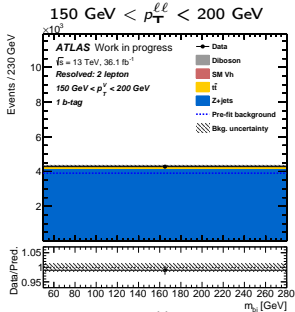


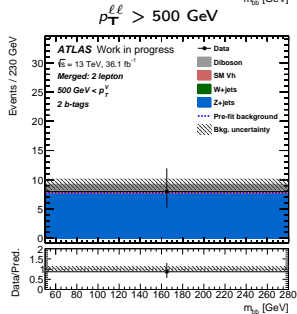
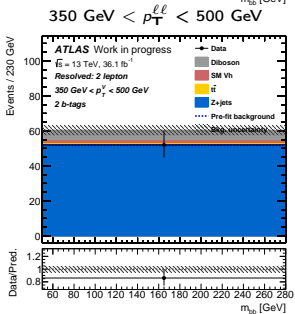
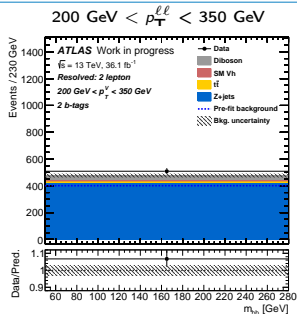
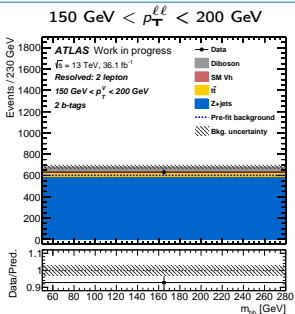
# Ergebnisse der 1 Leptonkontrollregion - 1 $b$ -Jetregion

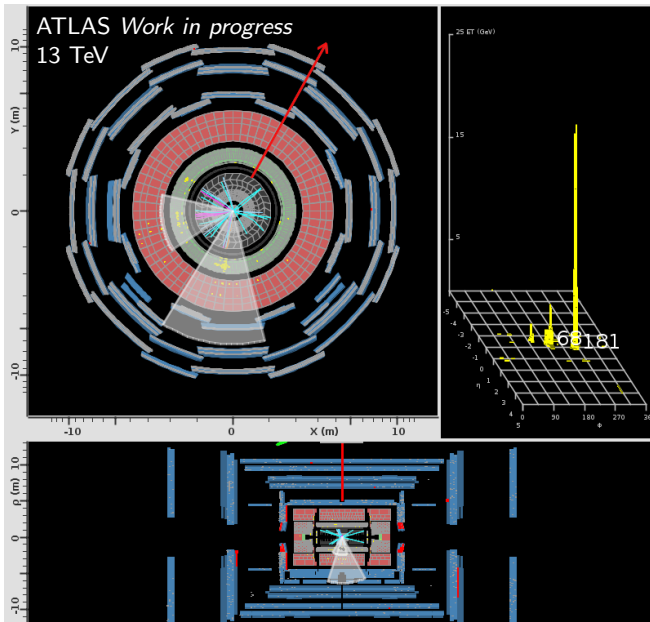


# Ergebnisse der 1 Leptonkontrollregion - 2 $b$ -Jetregion









$Z' - 2 \text{ HDM}$ 