

Suche nach neutralen MSSM-Higgsbosonen im Zerfallskanal $h/A/H \rightarrow \mu^+ \mu^-$ mit dem ATLAS-Detektor

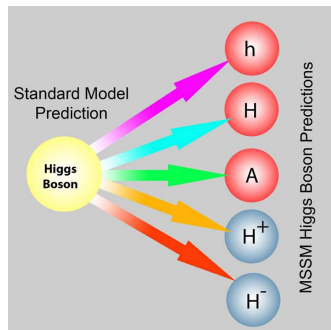
Sebastian Stern
betreut von
Sandra Kortner

Max-Planck-Institut für Physik, München

DPG Frühjahrstagung
T 46.9
05.03.2013



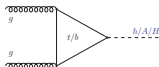
- Im minimal supersymmetrischen Standardmodell (MSSM) werden 5 Higgsbosonen vorhergesagt:
 - 3 neutrale: h , H (skalar), A (pseudoskalar),
 - 2 geladene: H^{\pm} .
- In niedrigster Ordnung bestimmen nur 2 freie Parameter deren Eigenschaften:
 - Masse des pseudoskalaren Higgsbosons, m_A .
 - Verhältnis der Vakuumerwartungswerte der Higgsfelder,
$$\tan \beta = \frac{v_u}{v_d}.$$
- Strahlungskorrekturen erzeugen Abhängigkeit von vielen MSSM-Parametern.
 - MSSM-Higgsuchen bei ATLAS konzentrieren sich auf das m_h^{\max} -Szenario
 - Alle MSSM Parameter bis auf m_A und $\tan \beta$ so festgelegt, dass m_h maximiert wird, mit $m_h \lesssim 130$ GeV



Produktion neutraler MSSM-Higgsbosonen am LHC und relevante Zerfallskanäle

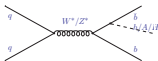
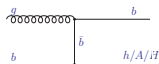
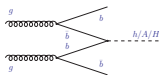
Kopplungen an down-artige Fermionen verstärkt, besonders für große $\tan\beta$.

Produktion in Gluon-Fusion

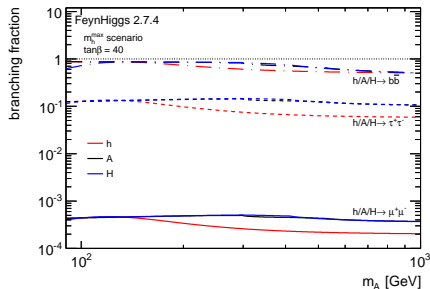


Produktion in Assoziation mit b -Quarks

(Wird dominant für große $\tan\beta$)



$h/A/H$ Verzweigungsverhältnisse



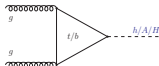
Experimentell zugängliche Zerfallskanäle:

- $h/A/H \rightarrow \tau^+\tau^-$: bietet größte Sensitivität.
→ hohes Signal-zu-Untergrundverhältnis, limitierte Massenauflösung.
- $h/A/H \rightarrow \mu^+\mu^-$: bietet beste Massenauflösung.
→ vollständige Rekonstruktion des Endzustands und präzise Myonrekonstruktion,
→ sehr kleines Signal-zu-Untergrundverhältnis.

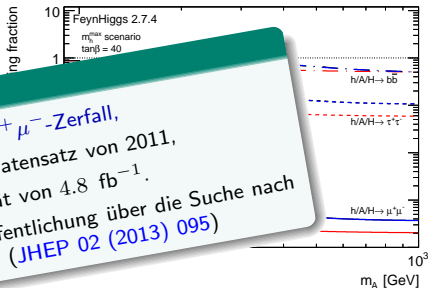
Produktion neutraler MSSM-Higgsbosonen am LHC und relevante Zerfallskanäle

Kopplungen an down-artige Fermionen verstärkt, besonders für große $\tan\beta$.

Produktion in Gluon-Fusion

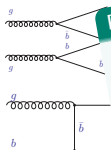


$h/A/H$ Verzweigungsverhältnisse



Produktion in Assoziation mit b -Quark

(Wird dominant für große $\tan\beta$)



Präsentiert wird im Folgenden...

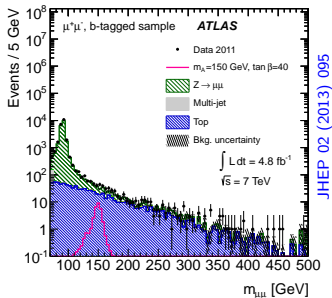
- die Suche nach dem $h/A/H \rightarrow \mu^+ \mu^-$ -Zerfall,
- im $\sqrt{s} = 7$ TeV Proton-Proton-Datensatz von 2011,
- mit einer integrierten Luminosität von 4.8 fb^{-1} .
- Teil der aktuellen ATLAS-Veröffentlichung über die Suche nach neutralen MSSM-Higgsbosonen (JHEP 02 (2013) 095)

experimentell zugängliche Zerfallskanäle:

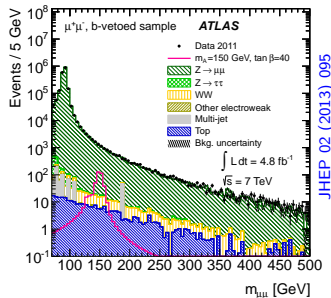
- $h/A/H \rightarrow \tau^+ \tau^-$: bietet größte Sensitivität.
→ hohes Signal-zu-Untergrundverhältnis, limitierte Massenauflösung.
- $h/A/H \rightarrow \mu^+ \mu^-$: bietet beste Massenauflösung.
→ vollständige Rekonstruktion des Endzustands und präzise Myonrekonstruktion,
→ sehr kleines Signal-zu-Untergrundverhältnis.

- **Signalsignatur:**
 - Zwei unterschiedlich geladene, isolierte Myonen vom Primärvertex.
 - Kleiner fehlender Transversalimpuls.
- **Untergrundprozesse:**
 - Dominanter Untergrund: Z/γ^* -Produktion mit Jets.
 - Kann stark unterdrückt werden durch Selektion eines b -Jets.
 - $t\bar{t}$ - und W^+W^- -Produktion mit zwei Myonen im Endzustand.
 - Falsch identifizierte Ereignisse aus $b\bar{b}$ und $W + \text{Jet}$ -Produktion.
- **Ereignisselektion:** in zwei komplementären Endzuständen.
 - $\mu^+ \mu^-$ -Paare mit mindestens einem b -Jet: **b -tagged Sample**
 - $\mu^+ \mu^-$ -Paare mit keinem b -Jet: **b -vetoed Sample**

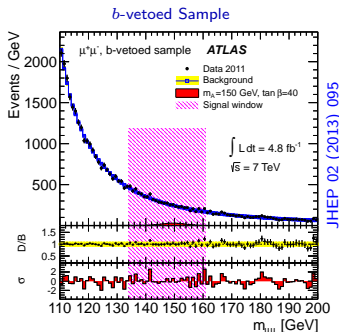
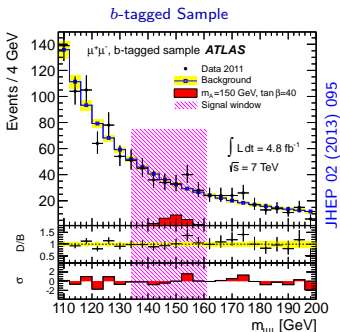
b -tagged Sample



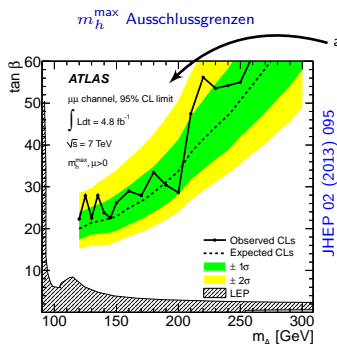
b -vetoed Sample



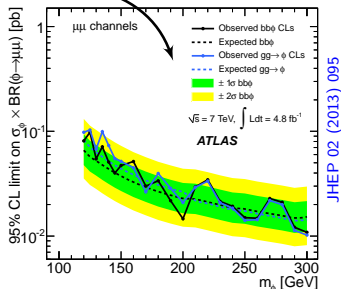
- Erwartetes $h/A/H \rightarrow \mu^+\mu^-$ Signal besteht aus drei Resonanzen: h , A und H .**
 - 2 - 3 Resonanzen entartet (gleiche Massen): Signalbeiträge addieren sich.
 - Wegen guter Massenauflösung können nicht-entartete Resonanzen getrennt beobachtet werden.
 - h , A und H Resonanzen werden analytisch parametrisiert.
- Datenbasierte Untergrundbestimmung zur Reduzierung systematischer Unsicherheiten:**
 - Sideband-Fits an die $\mu^+\mu^-$ invariante Massenverteilung.
 - Suche nach kleinen Peaks in der kontinuierlich-fallenden Untergrundverteilung.
- Kein signifikanter Überschuss an Ereignissen in den Daten sichtbar.**



- Ausschlussgrenzen auf dem 95 % Vertrauensniveau (CL) wurden berechnet.
- Berücksichtigte systematische Unsicherheiten:
 - Luminositäts-, Theorie- und Detektorunsicherheiten betreffen Signalerwartung.
 - Unsicherheiten von Form und Normierung der Signal- und Untergrundparametrisierung.
- Ausschlussgrenzen wurden auf zwei Arten interpretiert:
 - in der m_A - $\tan \beta$ Ebene für die $h/A/H$ Signalvorhersage im m_h^{\max} -Szenario.
 - auf $\sigma_\phi \times \mathcal{B}(\phi \rightarrow \mu^+ \mu^-)$ eines allgemeinen Skalars ϕ als einzelne Resonanz.



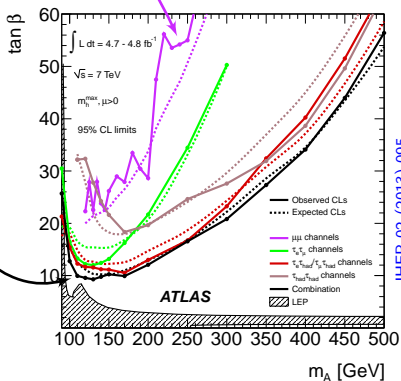
ausgeschlossener Bereich $\sigma_\phi \times \mathcal{B}(\phi \rightarrow \mu^+ \mu^-)$ Ausschlussgrenzen



Kombination der $h/A/H \rightarrow \mu^+\mu^-$ -Ergebnisse mit $h/A/H \rightarrow \tau^+\tau^-$ -Zerfallskanälen:

- $h/A/H \rightarrow \mu^+\mu^-$
- $h/A/H \rightarrow \tau_e\tau_\mu$
- $h/A/H \rightarrow \tau_e\tau_{had}/\tau_\mu\tau_{had}$
- $h/A/H \rightarrow \tau_{had}\tau_{had}$

$h/A/H \rightarrow \tau^+\tau^-$ und
 $h/A/H \rightarrow \mu^+\mu^-$ Kombination



- Gezeigt wurde die Suche nach neutralen MSSM-Higgsbosonen im Zerfallskanal $h/A/H \rightarrow \mu^+ \mu^-$.
 - Analyseergebnisse mit Proton-Proton-Kollisionsdaten von 2011 mit 4.8 fb^{-1} .
 - Signal- und Untergrundverteilungen wurden mit analytischen Funktion parametrisiert.
- Kein signifikanter Überschuss an Daten im Vergleich zu erwarteten Standardmodell-Prozessen.
- Ausschlussgrenzen wurden ermittelt für:
 - m_h^{max} -Szenario in der m_A - $\tan \beta$ Ebene
 - und für $\sigma \times \mathcal{B}(\phi \rightarrow \mu^+ \mu^-)$ eines skalaren Bosons.
- Ergebnisse in diesem Kanal wurden kombiniert mit dem $h/A/H \rightarrow \tau^+ \tau^-$ Kanal.

Backup Slides

- $h/A/H \rightarrow \mu^+ \mu^-$ signal is composed of three single resonances: h , A and H .

→ 2 - 3 resonances degenerated \Rightarrow Same masses, signal contributions are summed.

→ Due to good experimental mass resolution non-degenerated resonances can be separated.

- Properties of h , A and H depend on m_A and $\tan \beta$

→ Scanned m_A points shouldn't be separated by more than $\mu^+ \mu^-$ mass resolution.

→ $\mu^+ \mu^-$ mass resolution sensitive to natural width of A and H which is increasing with $\tan \beta$

\Rightarrow Complex signal model and high mass resolution:

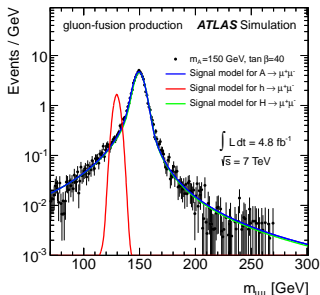
→ Require tests of many signal points in m_A - $\tan \beta$ plane.

- Separate h , A and H mass distributions parametrized.

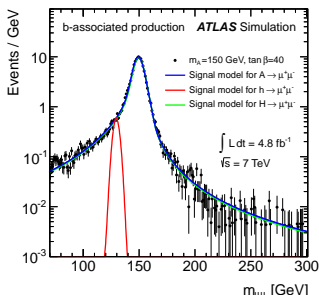
$$f_{\text{Signal}}(x|N_S, m, \Gamma, \sigma, c, \varsigma) = N_S [\mathcal{F}_{\text{Breit-Wigner}}(x|m, \Gamma) \otimes \mathcal{F}_{\text{Gauss}}(x|\sigma) + c \cdot \mathcal{F}_{\text{Landau}}(-x|m, \varsigma)]$$

→ Dependence of fit parameters on m_A and $\tan \beta$ evaluated with few simulated $A \rightarrow \mu^+ \mu^-$ samples.

Glucou fusion



b-quark associated production



$$f_{\text{Signal}}(x|N_S, m, \Gamma, \sigma, c, \varsigma) = N_S \left[\frac{1}{[x^2 - m^2]^2 + m^2 \Gamma^2} \otimes \mathcal{F}_G(x|0, \sigma) + c \cdot \mathcal{F}_L(-x|m, \varsigma) \right]$$

$$f_{\text{Background}}(x|N_B, A, B, m_Z, \Gamma_Z, \sigma) = N_B \cdot [f_Z(x|A, B, m_Z, \Gamma_Z) \otimes \mathcal{F}_G(x|0, \sigma)]$$

$$f_Z(x, A, B, m_Z, \Gamma_Z) = A \frac{1}{x^2} + B \frac{x^2 - m_Z^2}{(x^2 - m_Z^2)^2 + m_Z^2 \Gamma_Z^2} + \frac{x^2}{(x^2 - m_Z^2)^2 + m_Z^2 \Gamma_Z^2}$$

- $\mathcal{F}_G(x|0, \sigma)$: Gaussian distribution of variable x with mean 0 and variance σ^2 .
- $\mathcal{F}_L(-x|m, \varsigma)$: Landau distribution with left-hand side tail of variable x with mean m and scale parameter ς .

	<i>b</i> -tagged sample	<i>b</i> -vetoed sample
Mass Point	$m_A = 150$ GeV	
Fit Range	110–200 GeV	
Background	980 ± 50	35900 ± 600
Signal $m_A = 150$ GeV, $\tan \beta = 40$		
$b(b)(h/A/H \rightarrow \mu^+ \mu^-)$	$28 \pm 2 \quad \begin{smallmatrix} +3 \\ -4 \end{smallmatrix}$	$271 \pm 22 \quad \begin{smallmatrix} +31 \\ -40 \end{smallmatrix}$
$gg \rightarrow h/A/H \rightarrow \mu^+ \mu^-$	$2.3 \pm 0.3 \pm 0.4$	$141 \pm 10 \quad \begin{smallmatrix} +22 \\ -20 \end{smallmatrix}$
Data	985	36044

[JHEP 02 \(2013\) 095](#)