



Suche nach top-Squarks mittels Spinkorrelationsmessungen mit dem ATLAS-Detektor am LHC

Nicolas Köhler (TUM), betreut von Oliver Kortner

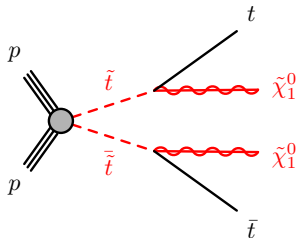
Max-Planck-Institut für Physik
(Werner-Heisenberg-Institut)

24. März 2014



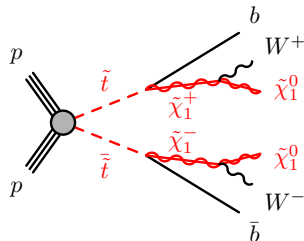
MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT

Aktueller Stand der stop-Suchen



$\tilde{t} \rightarrow t \text{ (on-shell)} + \tilde{\chi}_1^0 \text{ (dileptonisch)}$
 für $220 \text{ GeV} < m_{\tilde{t}} < 520 \text{ GeV}$
 ausgeschlossen mit 95% CL

aus ATLAS-CONF-2013-065



$\tilde{t} \rightarrow b + \tilde{\chi}_1^+ \text{ (dileptonisch) für}$
 $150 \text{ GeV} < m_{\tilde{t}} < 442 \text{ GeV},$
 $m_{\tilde{\chi}_1^+} \approx m_t \text{ und } m_{\tilde{\chi}_1^0} = 1 \text{ GeV}$
 ausgeschlossen mit 95% CL

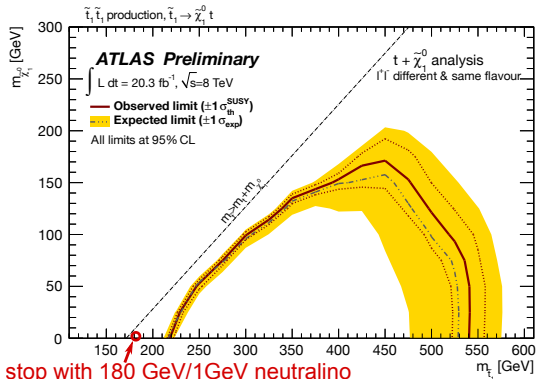
aus ATLAS-CONF-2013-048

Aber auch eine Vielzahl anderer Zerfälle möglich

Aktueller Stand der stop-Suchen

Probleme der $\tilde{t} \rightarrow t + \tilde{\chi}_1^0$ -Suche:

- kleines Verzweigungsverhältnis von $t \rightarrow b + W^+ \rightarrow b + l^+ + \nu_l$ für Zerfall in Leptonen (4/81 für $t\bar{t} \rightarrow W^+W^- \rightarrow l^+l^- \nu_l \bar{\nu}_l$ für $l^\pm = e, \mu$)
- kleiner Wirkungsquerschnitt für on-shell top-Produktion
- leichte top-Squarks nicht ausgeschlossen



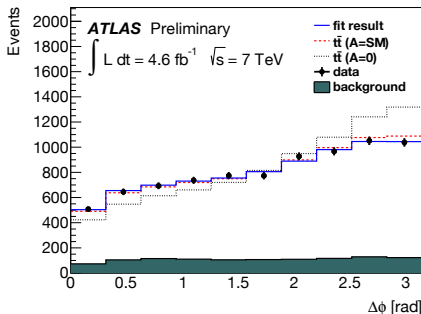
aus ATLAS-CONF-2013-065

→ Multivariate Suche für on-shell $\tilde{t} \rightarrow t + \tilde{\chi}_1^0$ Zerfall

Spinkorrelationsmessungen

- Gregory Mahlon, Stephen J. Parke: Anhand der Messung der Azimutwinkeldifferenz $\Delta\phi$ der Endzustandsleptonen kann die Spinkorrelation von $t\bar{t}$ -Paarproduktion (durch Gluon-Fusion) im LS gemessen werden (arXiv:1001.3422v2 [hep-ph])
 - Produktionskanal von $t\bar{t}$ am LHC mit $m_{t\bar{t}} < 400$ GeV: Gluon-Fusion mit Gluonen gleicher Helizität (hoher Wirkungsquerschnitt)
- Produktion von $t\bar{t}$ -Paaren gleicher Helizität (RR oder LL) dominiert
- $\Delta\phi$ ist sensitiv auf Spinkorrelation von $t\bar{t}$
 - $t\bar{t}$ -System muss nicht rekonstruiert werden

Spinkorrelationsmessungen



aus ATLAS-CONF-2013-101

- $f_{\text{SM}} = N_{\text{A=SM}} / (N_{\text{A=SM}} + N_{\text{A=0}})$
 → $f_{\text{SM}} = 1.19 \pm 0.09 \pm 0.15$
 (aus ATLAS-CONF-2013-101)
- top-Squarks haben keinen Spin
 → keine Korrelation

→ Messe Verteilung der Azimutwinkeldifferenz $\Delta\phi$ zwischen Leptonen (e^+e^- , $\mu^+\mu^-$, $e^\pm\mu^\mp$) im Endzustand und vergleiche mit Annahme ausschließlicher Spin-1/2 $t\bar{t}$ -Paarproduktion

Ereignisselektion

	$e^+e^-/\mu^+\mu^-$ - Endzustand	$e^\pm\mu^\mp$ - Endzustand
Leptonen	genau 2 entgegengesetzt geladene Leptonen $e^\pm e^\mp$ oder $\mu^\pm \mu^\mp$ $e^\pm \mu^\mp$ $p_T > 15$ GeV (eines $p_T > 25$ GeV) $e^\pm: \eta < 2.47$ (medium), $\mu^\pm: \eta < 2.4$	
Jets	mind. 2 mit $p_T > 25$ GeV mind. 1 b-Jet (70% Effizienz)	
Overlap	Jet innerhalb $\Delta R = 0.2$ von $e^\pm$ entfernt Leptonen innerhalb $\Delta R = 0.4$ von Jets entfernt	
Inv. Masse	$ m_{ } - m_z > 10$ GeV, $m_{ } > 15$ GeV	
Transv. Energie	$E_T^{\text{miss}} > 30$ GeV	
$H_T = \sum_{\text{lept}} p_T + \sum_{\text{jets}} p_T$		$H_T > 130$ GeV

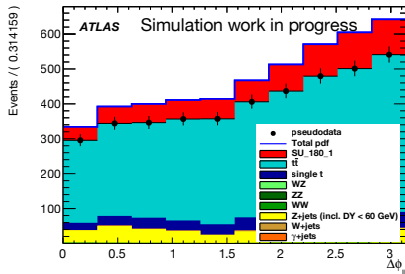
vergleiche ATLAS-CONF-2013-101



Erste Ergebnisse (simulierte Daten, ohne Systematik)

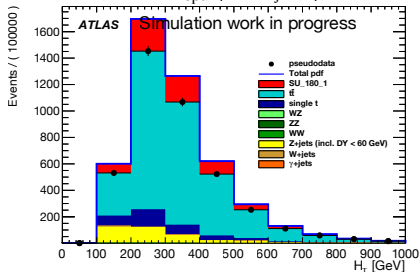
Signal Datensatz: $m_{\tilde{t}} = 180 \text{ GeV}$, $m_{\tilde{\chi}_1^0} = 1 \text{ GeV}$ (177928)

Alle Zerfallskanäle



H_T -Verteilung

$$(H_T = \sum_{\text{lept}} p_T + \sum_{\text{jets}} p_T)$$



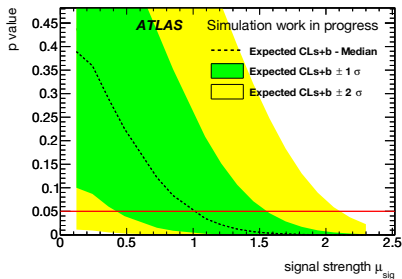
→ Untergrund hat ähnliche Form der Verteilung wie Signal

→ H_T -Schnitt reduziert Untergrund

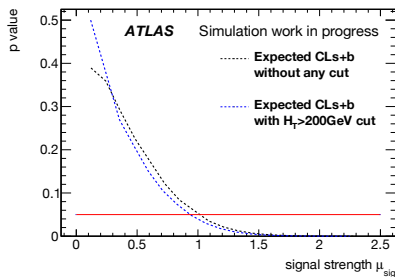
Berechnung von erwarteten Ausschlussgrenzen (ohne Systematik)

Signal Datensatz: $m_{\tilde{t}} = 180 \text{ GeV}$, $m_{\tilde{\chi}_1^0} = 1 \text{ GeV}$ (177928)

Alle Zerfallskanäle



mit $H_T > 200 \text{ GeV}$ Schnitt (blau)



erwartete Ausschlussgrenze:
 $1.01558^{+0.54009}_{-0.59345}$ (bei 95% CL)

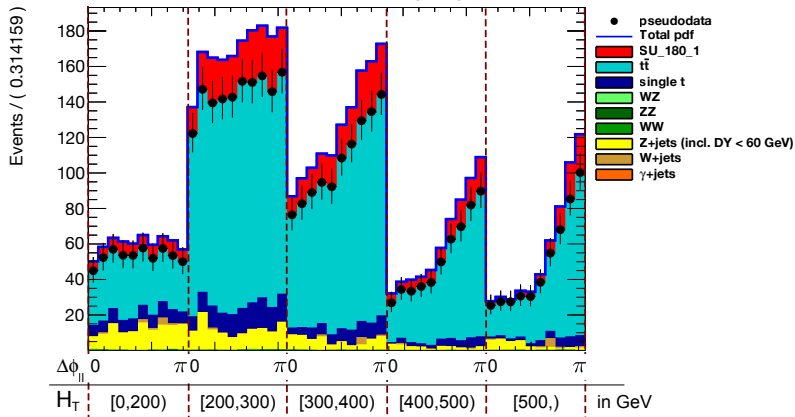
erwartete Ausschlussgrenze:
 $0.936959^{+0.545781}_{-0.560667}$ (bei 95% CL)

→ Leichte Verbesserung der Ausschlussgrenzen bei Verwendung eines Schnittes auf H_T

Unterteilung in disjunkte H_T -Bereiche (2D Fit) (ohne Systematik)

Signal Datensatz: $m_{\tilde{t}} = 180 \text{ GeV}$, $m_{\tilde{\chi}_1^0} = 1 \text{ GeV}$ (177928)

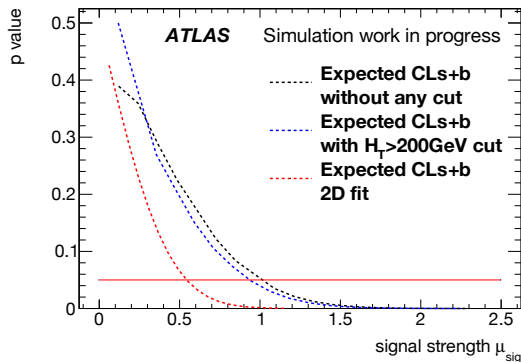
ATLAS Simulation work in progress



→ Untergrund dominiert für kleine H_T

Unterteilung in disjunkte H_T -Bereiche (2D Fit) (ohne Systematik)

Signal Datensatz: $m_{\tilde{t}} = 180 \text{ GeV}$, $m_{\tilde{\chi}_1^0} = 1 \text{ GeV}$ (177928)



erwartete Ausschlussgrenze:
 $0.544841^{+0.33450}_{-0.32977}$ (bei 95% CL)

→ Verbesserung der Ausschlussgrenzen für Unterteilung in disjunkte H_T -Bereiche (2D Fit)



Geplantes Vorgehen

- Integration von systematischen Unsicherheiten
 - Abhängigkeit von theoretischen Unsicherheiten (pdfs, MC Generatoren)
 - Abhängigkeit von experimentellen Unsicherheiten
- Schnitte auf H_T und m_{eff} ?
- evtl. multivariate Analyse mit $\Delta\phi$, H_T und m_{eff}

Zusammenfassung

- Leichte top-Squarks in $\tilde{t} \rightarrow t + \tilde{\chi}_1^0$ -Suche schwer auszuschließen
- Spinkorrelationsmessungen sensitiv auf leichte top-Squarks
- Schnitt auf H_T reduziert Untergrund und verändert Form der Untergrundverteilung
- 2D-Fit (mit H_T) verbessert Ausschlussgrenzen
- weitere Studien der Systematiken notwendig
- womöglich multivariate Analyse notwendig

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

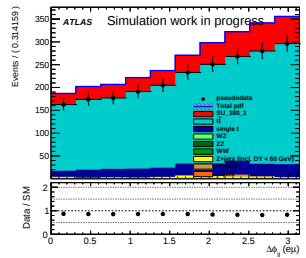
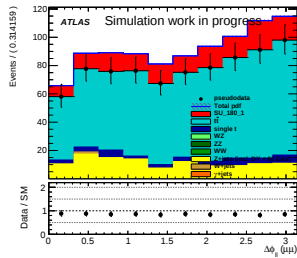
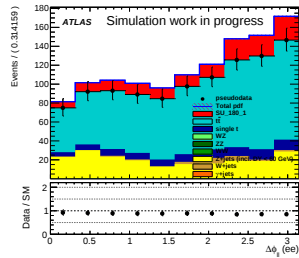
Anhang

Ereignisselektion der $\tilde{t} \rightarrow t + \tilde{\chi}_1^0$ -Analyse

	Schnitte
Leptonen	genau 2 entgegengesetzt geladene Leptonen ($e^\pm$ mit $p_T > 20$ GeV, $ \eta < 2.47$ (tight), $p_{T\text{cone}20}/p_T < 0.1$; $\mu^\mp$ mit $p_T > 10$ GeV, $ \eta < 2.4$)
Jets	$p_T > 20$ GeV, $ \eta < 2.5$, mind. 2 b-Jets (70% Effizienz), leading Jet $p_T > 50$ GeV
Overlap	Jet innerhalb $\Delta R = 0.2$ von $e^\pm$, Leptonen innerhalb $\Delta R = 0.4$ von Jets
Invariante Masse	$m_{ll} > 20$ GeV
Transv. Energie	$E_T^{\text{miss}} > 50$ GeV
effektive Masse	$m_{\text{eff}} > 130$ GeV ($m_{\text{eff}} = E_T^{\text{miss}} + \sum_{\text{lept}} p_T + \sum_{\text{jet}1,2} p_T$)

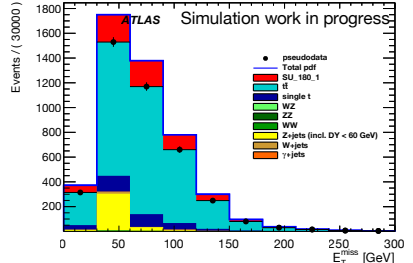
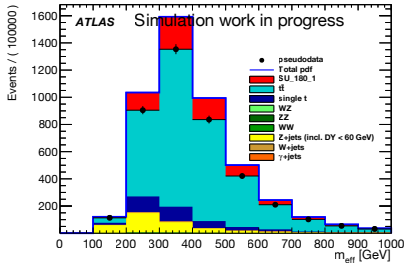
Anhang

Einzelne Endzustände ohne H_T Schnitte



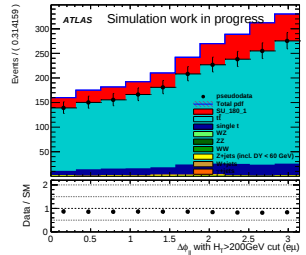
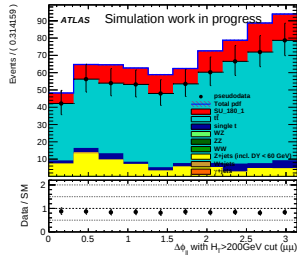
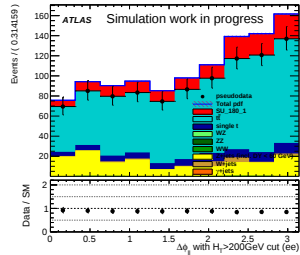
Anhang

weitere Verteilungen



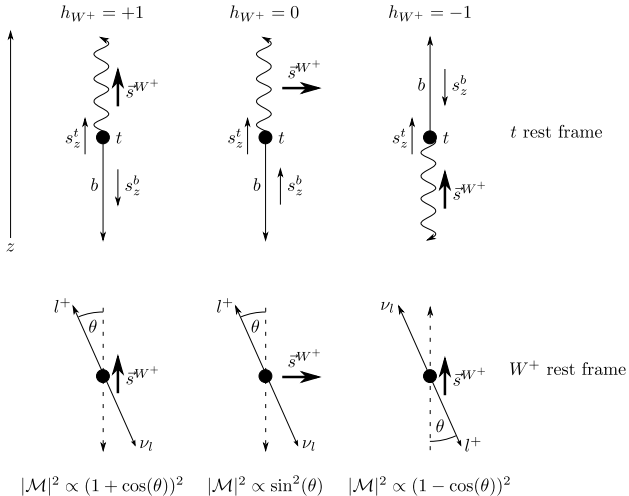
Anhang

Einzelne Endzustände mit $H_T > 200$ GeV Schnitt



Anhang

Helizität des W-Bosons im $t\bar{t}$ -Zerfall



Anhang

Helizität des W-Bosons im $t\bar{t}$ -Zerfall

