

Suche nach Supersymmetrie mit R-Paritätsverletzung in Endzuständen mit mindestens vier Leptonen mit dem ATLAS Detektor

Max Goblirsch, betreut durch Mike Flowerdew

Max-Planck-Institut für Physik, München

DPG-Frühjahrstagung, 7.3.2013

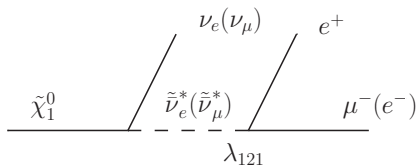


- R-Paritätsverletzende Terme im Superpotential:

$$W_{RPV} = \lambda_{ijk} L_i L_j \bar{E}_k + \lambda'_{ijk} L_i Q_j \bar{D}_k + \lambda''_{ijk} \bar{U}_i \bar{D}_j \bar{D}_k + \kappa_i L_i H_2$$

- $\lambda_{ijk} \neq 0$: Leichteste supersymmetrisches Teilchen (LSP) kann in Leptonen und Neutrinos zerfallen

→ Beispiel (Neutralino-LSP): $\lambda_{121} > 0$: $\chi_1^0 \rightarrow e^+ \mu^- \nu_e$

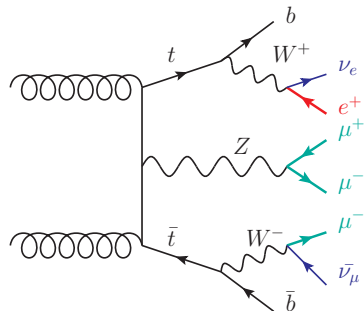


→ Bei paarweiser Produktion von SUSY-Teilchen: Mindestens 4 Leptonen!

- Umfangreiche Beschreibung: [M. Flowerdew \(T53.7\)](#)

- Wenig Standardmodelluntergrund:

- * Di- und Tribosonprozesse (ZZ, WZ, ZWW, WWW)
- * Top ($t\bar{t}$, $t\bar{t}Z$, $t\bar{t}WW$)
- * Higgs (H,ZH,WH)
- * Z+jets



Weitere Untergrundunterdrückung:

- Verwerfen von Ereignissen bei rekonstruierten $Z \rightarrow \ell\ell$ Zerfällen
- Forderung nach hoher fehlender transversaler Energie
- Forderung nach hoher **effektiver Masse**

$$\rightarrow m_{\text{eff}} = \sum_{\text{leptons}} p_T + \sum_{\text{jets}} p_T + E_T^{\text{miss}}$$

- Detaillierter Vortrag: **F.Sforza (T54.1)**

Neueste veröffentlichte Ergebnisse (HCP - 13 fb^{-1}):

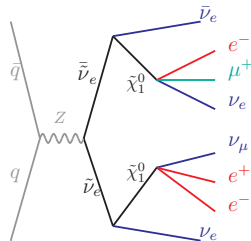
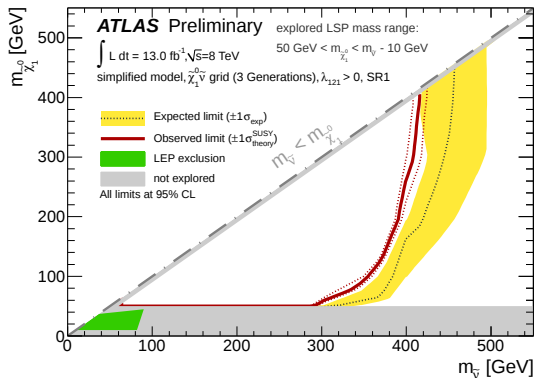
	$E_T^{\text{miss}} > 50 \text{ GeV}$	$m_{\text{eff}} > 300 \text{ GeV}$
ΣSM	$0.25^{+0.29}_{-0.25}$	$1.2^{+0.5}_{-0.4}$
Daten	1	2
$p_0 (\sigma)$	0.037 (1.8)	0.16 (1.0)

→ ATLAS-CONF-2012-153

- Bereits vorgestellt (F.Sforza): Interpretation bei Wino-NLSP
- Nun: Weitere Modelle, Optimierungsstudien

Interpretation für Sneutrino-NLSP:

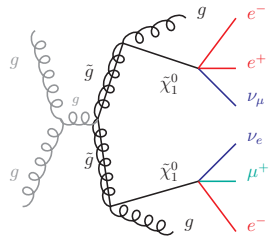
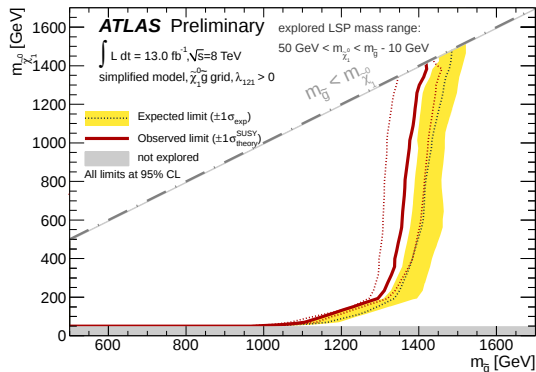
- Paarproduktion von Sneutrinos
- exakt 4 Leptonen, zusätzliche fehlende transversale Energie



- Abnahme der Sensitivität mit sinkenden Neutralino-Massen

Interpretation für Gluino-NLSP:

- Paarproduktion von Gluinos
- exakt 4 Leptonen, hohe Querschnitte (QCD-Produktion)



- Auch hier: Keine Empfindlichkeit bei niedrigen Neutralino-Massen

Problematik:

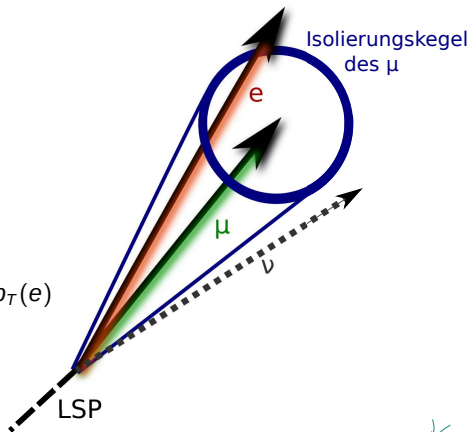
- Betrachte leichtes Neutralino-LSP
- RPV-Zerfall: Leptonen stark geboostet, dicht beieinander
- Isolierungsschnitt verwirft beide Leptonen

Korrektur:

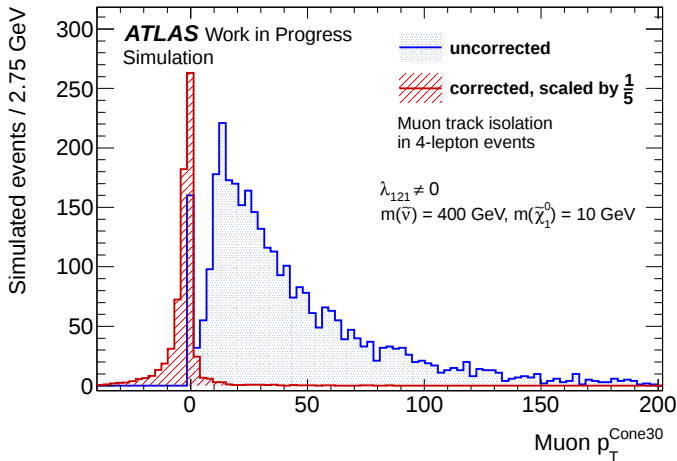
- Subtraktion der Aktivität benachbarter Leptonen:

$$p_T^{\text{cone,corr}} = p_T^{\text{cone30}} - \sum_{\text{Muons}}^{\text{in cone}} p_T(\mu) - \sum_{\text{Electrons}}^{\text{in cone}} p_T(e)$$

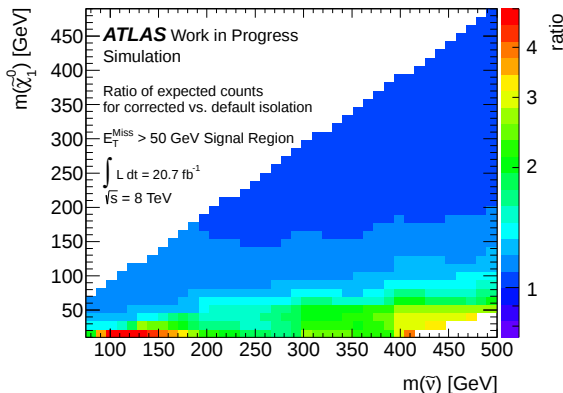
$$E_T^{\text{cone,corr}} = E_T^{\text{cone}} - \sum_{\text{Electrons}}^{\text{in cone}} E_T(e)$$



Effekt auf die Isolierung:



Auswirkung der Korrektur:



- Signifikante Verbesserung der Empfindlichkeit im Bereich niedriger Neutralino-Massen
- Einfluss auf Standardmodelluntergrund sehr gering (0.5%)
- Korrektur wird Standard in der kommenden Analyserunde

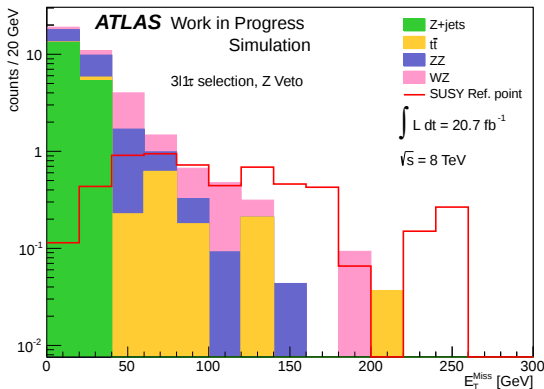
Mögliche RPV-Parameter und Endzustände:

RPV-Zerfälle eines $\tilde{\chi}_1^0$ LSP abhängig von λ_{ijk} .

	$ij = 12$	$ij = 13$	$ij = 23$
$k = 1$	$ee\nu/e\mu\nu$	$ee\nu/e\tau\nu$	$e\mu\nu/e\tau\nu$
$k = 2$	$e\mu\nu/\mu\mu\nu$	$e\mu\nu/\mu\tau\nu$	$\mu\mu\nu/\mu\tau\nu$
$k = 3$	$e\tau\nu/\mu\tau\nu$	$e\tau\nu/\tau\tau\nu$	$\mu\tau\nu/\tau\tau\nu$

- Bisher: Betrachtung von Elektronen und Myonen
- nur λ_{121} und λ_{122} mit hoher Effizienz erfassbar
- alle anderen Parameter: τ -Leptonen
- Erweiterung der Analyse um hadronische τ -Zerfälle ermöglicht Untersuchung des vollen Parameterraums

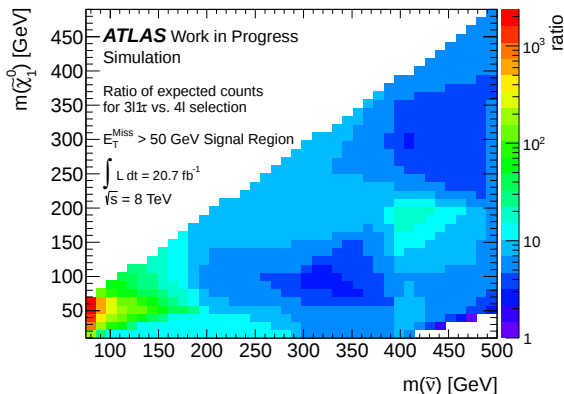
Frühe Studie: $3\ell 1\tau$ -Signalregion ($\ell = e, \mu$)



- Schnitt auf fehlende transversale Energie auch bei hadronischen τ -Zerfällen wirkungsvoll
- hier noch keine Optimierung - Übernahme die bekannte Signalregion 1 ($E_T^{\text{miss}} > 50 \text{ GeV}$).

Frühe Studie: Möglicher Signalzuwachs

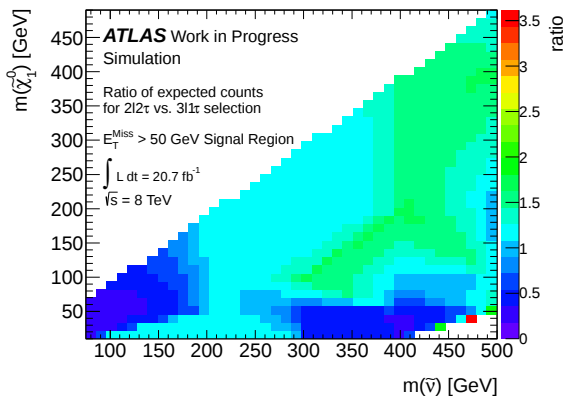
Test für Sneutrino-Modell, $\lambda_{133}! = 0$. $3\ell 1\tau$ -Selektion ($\ell = e, \mu$)



- Deutliche Steigerung der Signalerwartung durch $3\ell 1\tau$ -Selektion
- **Herausforderung:** Untergrund nimmt ebenfalls zu!
- Fehlidentifizierung von Jets als hadronische τ -Zerfälle (WZ, Z+jets)
- Balance zwischen Untergrundunterdrückung und Signalakzeptanz

Frühe Studie: Möglicher Signalzuwachs

Test für Sneutrino-Modell, $\lambda_{133}! = 0$. $2/2\tau$ -Selektion ($\ell = e, \mu$)



- Signalerwartung in $2/2\tau$ -Ereignissen vergleichbar mit $3l1\tau$
- Aber: Deutlich mehr Untergrund (primär Z+jets) durch Fehlidentifizierungen
- Weniger attraktiv als $3l1\tau$ -Selektion. Zukünftige Ergänzung.

- Der 4-Lepton-Endzustand bietet hohe Empfindlichkeit auf R-Paritätsverletzende Supersymmetrie
- Ergebnis mit 13fb^{-1} : Interpretation im Rahmen von RPV-Modellen mit Neutralino-LSP und Gluino/Wino/Slepton/Sneutrino-NLSP

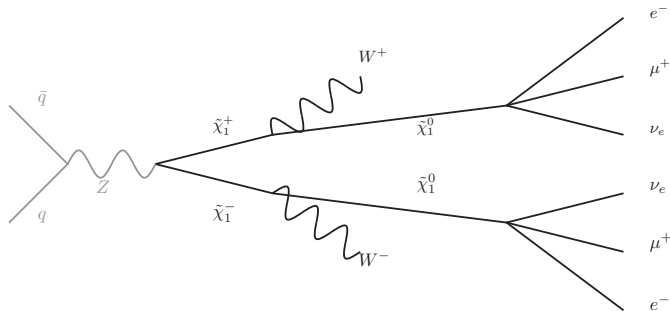
→ **ATLAS-CONF-2012-153**

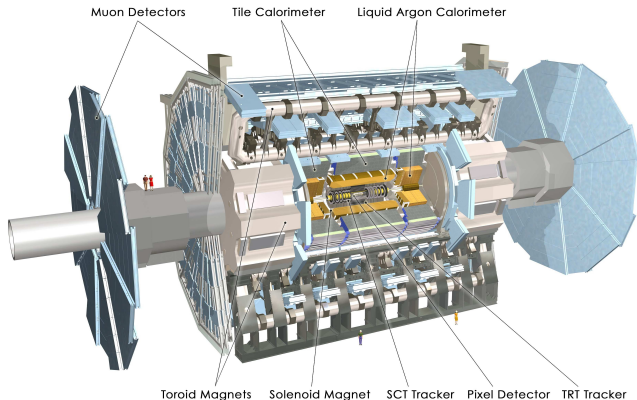
- Optimierungsansätze für die nahe Zukunft:
 - * Anpassung der Leptonisolierung erhöht Empfindlichkeit bei niedrigen Neutralinomassen
 - * Die Einbeziehung hadronischer τ -Leptonen ermöglicht das Untersuchen des vollen Satzes leptonischer RPV-Parameter
 - * Die Selektion von $3\ell 1\tau$ -Ereignissen erscheint kurzfristig lohnender als der Fall $2/2\tau$ - langfristig kommen beide zum Einsatz
- Neue Ergebnisse in Kürze

Backup

Verwendung von vereinfachten Modellen

- Bino-artiges **Neutralino**($\tilde{\chi}_1^0$) als **leichtestes supersymmetrisches Teilchen (LSP)**
- mehrere Möglichkeiten für das nächstleichteste Teilchen (NLSP) - Winos, Gluinos, Sleptonen, Sneutrinos
- Alle anderen SUSY-Teilchen zu sehr hohen Skalen (4.5 TeV) entkoppelt
- Absuchen des $m_{\tilde{\chi}_1^0} - m_{NLSP}$ Parameterraums
- Erwarte mindestens 4 Leptonen

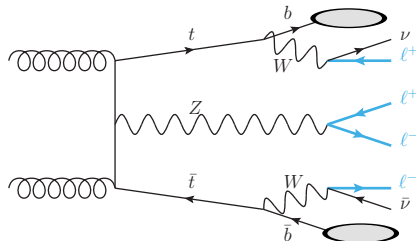
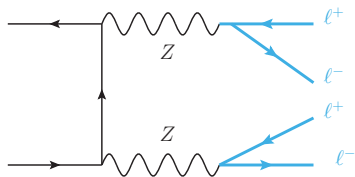




- Mehrzweckdetektor am LHC in Genf
- Aufzeichnung von p-p-Kollisionen bei $\sqrt{s} = 7(2011)/8(2012)$ TeV

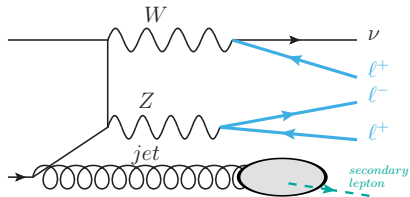
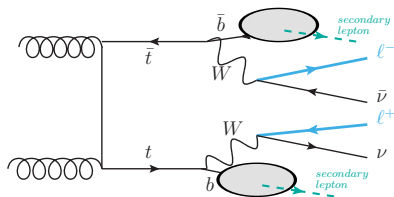
Welche **Standardmodelluntergründe** können 4 Leptonen im Endzustand erzeugen?

- **Irreduzible** Untergründe - 4 signalartige Leptonen
- ZZ-Dibosonproduktion (und $H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4\ell$)
- Top-Paare in Verbindung mit Vektorbosonen ($t\bar{t} + WW/Z$)
- ZWW Tribosonproduktion
- niedrige Wirkungsquerschnitte aber schwerer zu unterdrücken



- **Reduzible** Untergründe, mit Leptonen aus Sekundärzerfällen oder Fehlidentifizierungen

- $Z \rightarrow \ell\ell$
- WZ, WW, WWW Di/Tribosonprozesse
- Top-Paare ($t\bar{t}/t\bar{t}+W$)
- $Z+\gamma$
- Leichter zu unterdrücken, aber hohe Wirkungsquerschnitte



Interpretation der HCP-Ergebnisse - Linkshändige Sleptonen

