

Suche nach $\tilde{\tau}$ -Produktion bei HERA mit dem ZEUS-Detektor

Christian Blohm



DESY / Universität Hamburg



38. Herbstschule für Hochenergiephysik, Maria Laach
06. September 2006



Gliederung

- 1 HERA und ZEUS
 - HERA
 - ZEUS
- 2 Supersymmetrie
 - Supersymmetrie
 - GMSB
 - GMSB-Phänomenologie
 - RPV
- 3 $\tilde{\tau}$ -Produktion in Photoproduktion
 - Prozess
 - Zerfall
 - Standard-Modell-Untergrund
 - Berechnung der Observablen mit CalcHEP
- 4 Ausblick
 - Weiteres Vorgehen



Der HERA-Beschleuniger

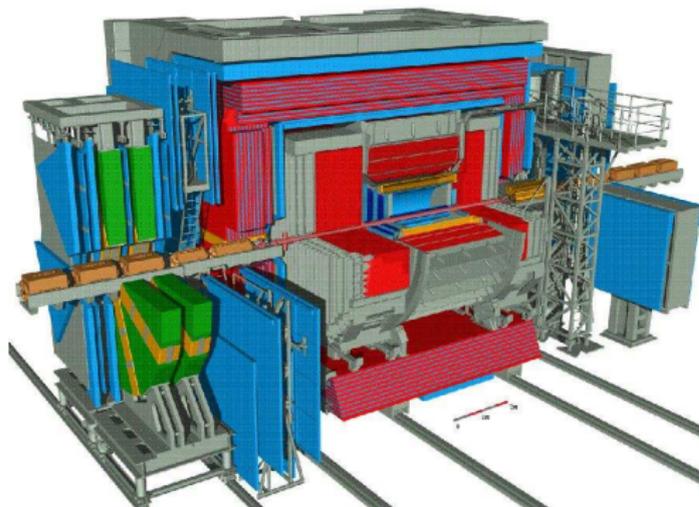


- Standort: DESY in Hamburg.
- Weltweit einziger Elektron-Proton-Beschleuniger.
- Umfang: 6,3 km.
- 27,5 GeV-Elektronen (e^-/e^+), 920 GeV-Protonen
 $\Rightarrow \sqrt{s} = 318 \text{ GeV}$.

- Totale integrierte Luminosität bis heute: $\mathcal{L} = 400 \text{ pb}^{-1}$.
- Experimente: ZEUS (ep), H1 (ep), Hermes (e auf festes Target).
- „alte“ Physik: Proton-Struktur, QCD, schwere Quarks.
- Suche nach neuer Physik (z.B. Supersymmetrie).



Der ZEUS-Detektor



- $e^{\pm} \rightarrow \leftarrow p$.
- Asymmetrischer Detektor.
- 12 m × 10 m × 19 m.
- Gewicht: 3600 t.
- $2,5^{\circ} < \theta < 178,4^{\circ}$ für Kalorimeter.
- Exzellentes Uran-Szintillator-Kalorimeter (hadronische Auflösung: $\Delta E/E = 0,35/\sqrt{E[\text{GeV}]}$, elektromagnetische Auflösung: $\Delta E/E = 0,18/\sqrt{E[\text{GeV}]}$).

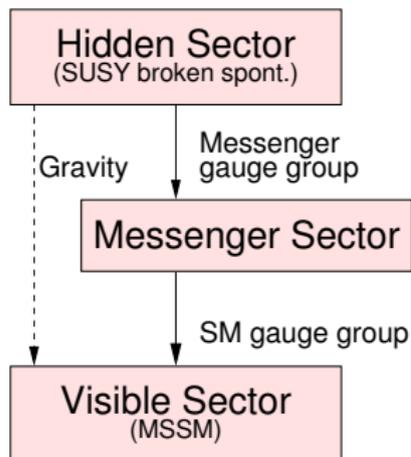


Supersymmetrie

- Supersymmetrie (**SUSY**) ist die wohl einzige mögliche Erweiterung der Poincaré-Algebra im Rahmen der QFT.
- Mathematischer Rahmen: graduierte Lie-Algebra.
- **Symmetrie zwischen Bosonen und Fermionen**, fordert Partnerboson („Bosino“) zu jedem Fermion und umgekehrt („sFermion“).
- **Perfekte SUSY**: Masse und alle Quantenzahlen (bis auf Spin) der Partnerteilchen identisch.
- **Beobachtung**: Keine Partnerteilchen gleicher Masse.
- Daher kann SUSY nicht exakt gelten \rightarrow **SUSY-Brechung**.
- Spontane Brechung in der minimalen supersymmetrischen Erweiterung des Standardmodells scheidet aus.
- Überzeugendste Lösung: SUSY ist **spontan in einem verborgenen Sektor gebrochen**, der nur indirekt mit SM wechselwirkt und somit dort SUSY weich (ohne quadratische Divergenzen) bricht.



Gauge Mediated Supersymmetry Breaking



- SUSY im versteckten Sektor spontan gebrochen.
- Dieser wechselwirkt mit Botenfeldern über eigene Eichgruppe.
- Botenfelder: auch SM-Eichwechselwirkungen.
- SUSY weich brechende Terme im MSSM durch Boten-Teilchen in Schleifen.
- 6 GMSB-Parameter:

\sqrt{F}	M_{mess}	N	Λ	$\tan \beta$	$\text{sign}(\mu)$
Spontaner SUSY-Brechungs-Term	Massenskala der Boten-Teilchen	Zahl der Boten-Multipletts	weiche SUSY-Brechungs-Skala	Verhältnis der VEWs der Higgs-Doublets	Vorzeichen des bi-linearen Higgs-Terms im Superpotential



GMSB-Phänomenologie

LSP praktisch stets Gravitino
 \tilde{G} , verschiedene Szenarien
 für NLSP:

Neutralino-NLSP

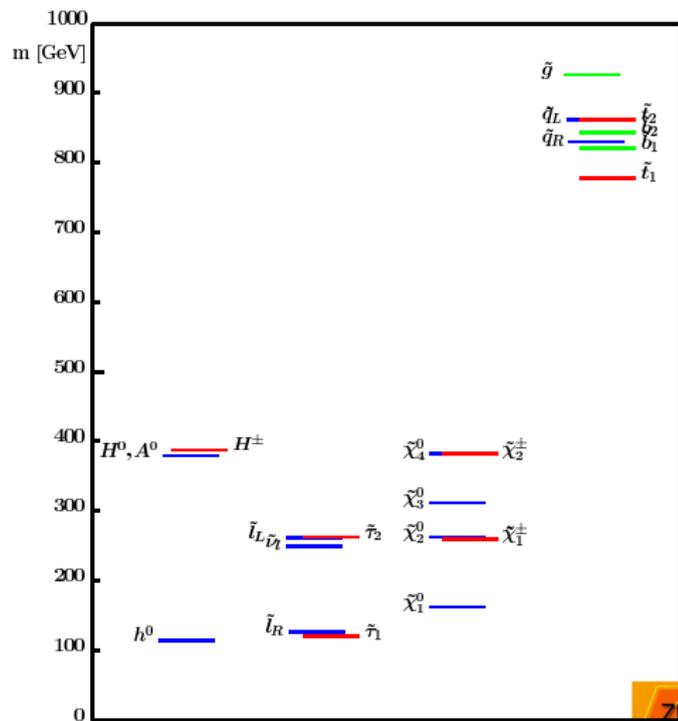
M_{mess} groß
 N , $\tan\beta$ klein

Slepton-Co-NLSP

mittlere M_{mess}, N
 $\tan\beta$ klein

$\tilde{\tau}$ -NLSP

M_{mess} klein
 $\tan\beta$, N groß.



(SPS 7: $\Lambda = 40$ TeV, $M_{\text{mess}} = 80$, TeV, $N = 3$,
 $\tan\beta = 15$, $\text{sign}(\mu) = +1$)



R-Paritäts-Verletzung

Definition

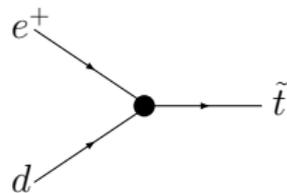
- $R_P = (-1)^{3(B-L)+2S}$.
- $R_P = 1$ für alle SM-Teilchen.
- $R_P = -1$ für SUSY-Partner.

R_P -Erhaltung

- Symmetrie des SM \rightarrow zufällig?
- SUSY-Teilchen nur paarweise erzeugt.
 \Rightarrow LSP stabil.
- Hinreichend (aber nicht notwendig) für stabiles Proton.

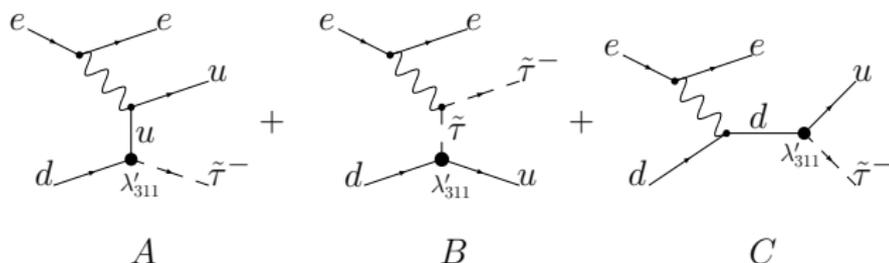
R_P -Verletzung

- Superpotentialterm in Lagrangedichte:
 $W = \lambda_{ijk} L_i L_j \bar{E}_k + \lambda'_{ijk} L_i Q_j \bar{D}_k + \lambda''_{ijk} \bar{U}_i \bar{D}_j \bar{D}_k$
- Beispiel für λ'_{131} : Produktion einzelner \tilde{t}
 \rightarrow bisher noch nicht gefunden.



Produktions-Prozess

Neuer Prozess:
 $ep \rightarrow e d \tilde{\tau} X$

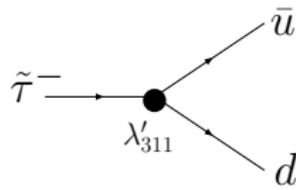
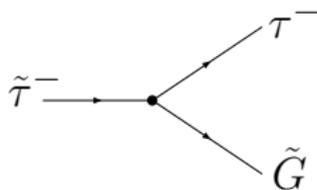


- e und Quarks in der Regel außerhalb der Detektor-Akzeptanz
 → nur Zerfallsprodukte des $\tilde{\tau}$ detektiert.
- Prozess existiert auch mit anderen Kopplungen als λ'_{311}
 → Produktion anderer Sleptonen.
- Wirkungsquerschnitt:
 - Starke Abhängigkeit von Masse des produzierten $\tilde{\tau}$
 (LEP: $M_{\tilde{\tau}} > 82 \text{ GeV}$).
 - Unabhängig von allen anderen SUSY-Massen.
 - Vertexfaktoren: $\sigma \propto \alpha_{em} (\cos \theta_{\tilde{\tau}} \lambda'_{311})^2$.
 - Diagramm A dominiert → Divergenz bei naiver Rechnung.



$\tilde{\tau}$ -Zerfall

Wenn $\tilde{\tau}$ NLSP zwei Möglichkeiten:



Interessante experimentelle Signatur:
 $\tau + \text{fehlendes } E_T$

Schwierige experimentelle Signatur:
2 Jets \rightarrow Untergrund!

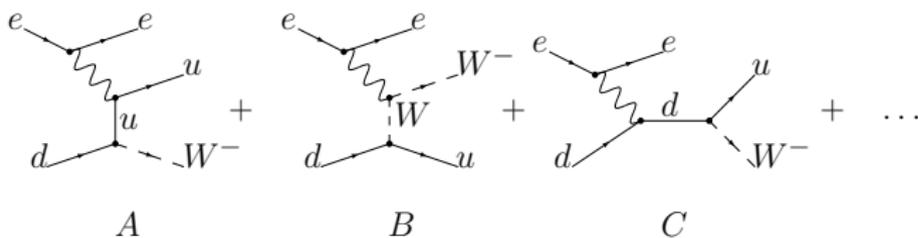
- Verzweigungsverhältnis abhängig von \sqrt{F} und λ'_{311} .
- Ungünstiges Verzweigungsverhältnis wegen
 - 1 Experimentelle Limits für \sqrt{F} .
 - 2 Erforderlichkeit eines großen Produktionswirkungsquerschnitts \rightarrow große λ'_{311} nötig.



Relevanter Standard-Modell-Untergrund

- W -Produktion

- Ähnlich $\tilde{\tau}$.
- Wirkungsquerschnitt: $\sigma \sim 1$ pb.



- QCD-Jet Produktion

- Relevant für große λ' .

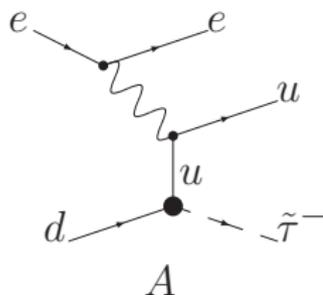


Berechnung der Observablen mit CalcHEP

Nur ein Generator verfügbar, der diesen Prozess beherrscht:

CalcHEP / CompHEP

- CalcHEP (Autor A. Pukhov): Weiterentwicklung von CompHEP.
- Programm zur Berechnung von Wirkungsquerschnitten und zur Event-Generierung.
- Beliebig konfigurierbare Modelle.
- GMSB-Modell mit R -Paritätsverletzung selbst erstellt.



- Wirkungsquerschnittsberechnung für Diagramm A divergiert für kleine Q_u^2 .
- Grund: Photon-Struktur nicht implementiert.
- Workaround notwendig.



Weiteres Vorgehen

Wirkungsquerschnitt berechnen und Monte Carlo generieren

- Harter Prozess in CalcHEP, eventuell Stückelung für verschiedene Phasenraum-Bereiche.
- Pythia für ISR, FSR, Fragmentierung, Zerfälle.

Cuts für SUSY-Signal entwickeln

- Trennung von W -Produktions-Untergrund.
- Trennung von QCD-Untergrund

Ziel

- SUSY-Entdeckung.
- Sonst Limits setzen.

Gliederung Backup Folien

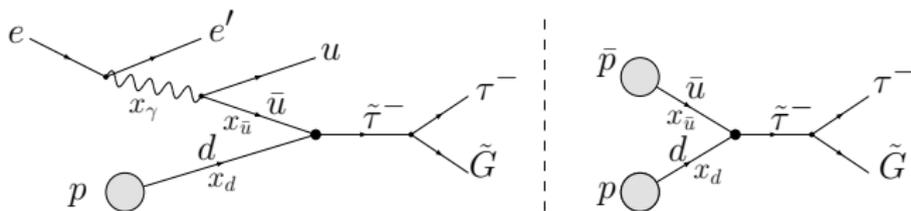
Zurück zum Hauptteil

5 Behandlung kleiner Q_u^2



Behandlung kleiner Q_u^2

Idee: Berechnung des Prozesses $p\bar{p} \rightarrow \tilde{\tau} \rightarrow \tau\tilde{G}$,
dann Korrektur des Flussfaktors.



- Divergenz für kleine Q_u^2 : Flussfaktor für q im γ und für γ -Fluss.
- Vergleich mit $p\bar{p}$ -Prozess (kann mit CalcHEP berechnet werden).
- Matricelement für harten Prozess identisch, lediglich Flussfaktoren müssen geändert werden, um aus dem rechten Prozess den linken zu berechnen.
→ Numerische Integration.

