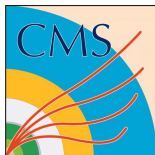


Susy-Massenbestimmung durch kinematische Fits bei CMS

Christian Autermann, Benedikt Mura, Christian Sander,
Hannes Schettler, Peter Schleper, Torben Schum

Universität Hamburg

12. März 2009



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Eine supersymmetrische Zerfallskaskade

Prinzip des ereignisweisen kinematischen Fits

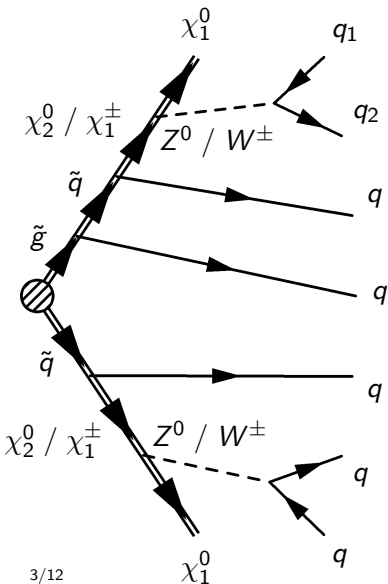
Signal-Selektion

Szenario 1: „ideale“ Bedingungen

Szenario 2: „realistische“ Bedingungen

Zusammenfassung und Ausblick

Eine supersymmetrische Zerfallskaskade



► Unbestimmte Größen:

- $2 \times 3 = 6$ Impulskomponenten der LSPs.

► Invariante Massen:

- 5 Susy Massen

z. B.: $M_{\chi_1^\pm}^2 = (P_{\chi_1^0} + P_1 + P_2)^2$

- 2 $Z^0 / W^\pm$ Massen

► p_T -Balance:

- 2 p_T Gleichungen, da das gesamte p_T des Ereignisses null sein sollte:
 $\sum p_x = 0$ und $\sum p_y = 0$



Prinzip des ereignisweisen kinematischen Fits

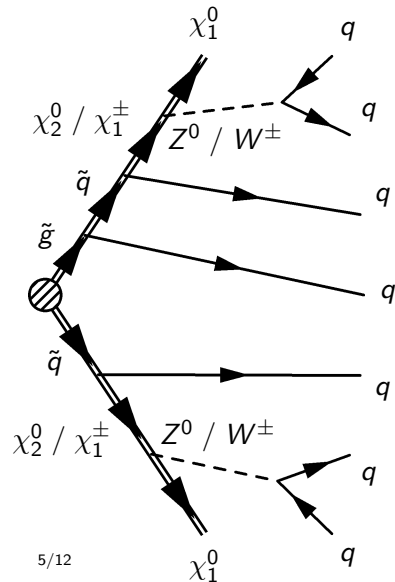
Wenn Susy-Massen als bekannt angenommen werden, ist das System überbestimmt:

▶ $6 - 5 - 2 - 2 = -3$

Parameteranpassung durch Methode der kleinsten Quadrate:

- ▶ Massenhypothese führt zu Zwangsbedingungen.
- ▶ p_T -Balance liefert zwei weitere Zwangsbedingungen.
- ▶ Die gemessenen Vierervektoren der Jets werden entsprechend der Messungenauigkeit variiert.
- ▶ Jedes Ereignis liefert ein χ^2 , welches ein Maß für die Übereinstimmung von Daten und Modell ist.

Signal-Selektion



mSUGRA-Punkt LM4:

- ▶ $m_0 = 210 \text{ GeV}$, $m_{1/2} = 285 \text{ GeV}$
- ▶ $\tan \beta = 10$, $A_0 = 0$, $\text{sgn } \mu = +$

Massen auf der elektroschwachen Skala:

- ▶ Gluino: $M(\tilde{g}) \approx 695 \text{ GeV}$
- ▶ Squark ($\tilde{u}_L, \tilde{d}_L, \tilde{s}_L, \tilde{c}_L$):
 $M(\tilde{q}) = 655 \dots 660 \text{ GeV}$
- ▶ Neutralino und Chargino:
 $M(\chi_2^0) \approx M(\chi_1^\pm) \approx 208 \text{ GeV}$
- ▶ LSP: $M(\chi_1^0) \approx 110 \text{ GeV}$

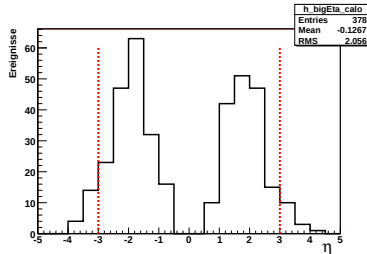
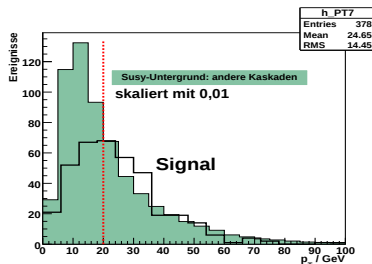
$$\sigma(\tilde{g} \tilde{q}_L) = 6.5 \text{ pb}$$

Verzweigungsverhältnis der Kaskade: 10%

Signal-Selektion



- ▶ Von 90,000 LM4 Ereignissen: 1 700 gesuchte Kaskaden.
- ▶ Für 378 Ereignisse können alle Quarks der Kaskade einem Detektorjet zugeordnet werden (ΔR -matching).
- ▶ 1. Schnitt: Alle 7 Jets: $p_T > 20 \text{ GeV}$
- ▶ 2. Schnitt: Alle 7 Jets: $\eta < 3$
- ▶ 202 Ereignisse verbleiben nach den Schnitten.
- ▶ Evtl. 8. Jet, da Abstrahlung im Anfangszustand (ISR) die p_T -Balance zerstört.



Szenario 1: „ideale“ Bedingungen



Diese Signal-Ereignisse eignen sich für einen ersten Test der Methode:

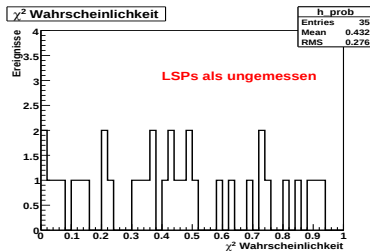
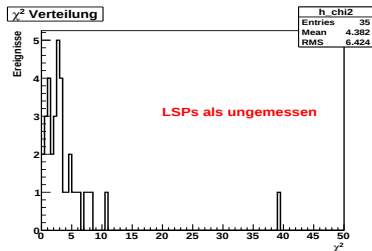
- ▶ Die Schnitte auf p_T und η dienen später der Unterdrückung von Untergrund-Ereignissen.
- ▶ Durch die Zuordnung zu den Quarks der Kaskade besteht keine kombinatorische Unsicherheit.

Hypothese

Die wahren Massen der Teilchen sind bekannt.



Szenario 1: „ideale“ Bedingungen

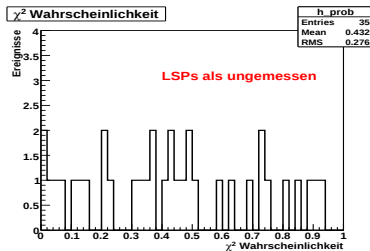
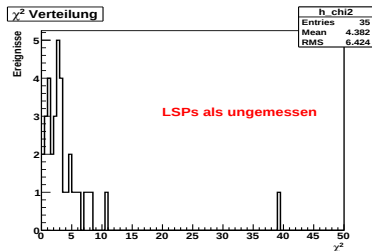


Die Verteilung der χ^2 -Wahrscheinlichkeit ist flach wie erwartet.

ABER: Nur wenige Ereignisse konvergieren.

LSPs ab jetzt: gemessene Teilchen mit großem Fehler.

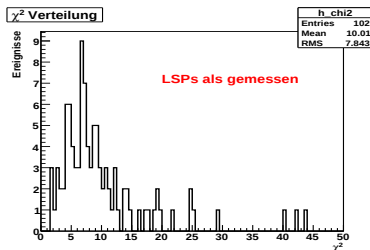
Szenario 1: „ideale“ Bedingungen



Die Verteilung der χ^2 -Wahrscheinlichkeit ist flach wie erwartet.

ABER: Nur wenige Ereignisse konvergieren.

LSPs ab jetzt: gemessene Teilchen mit großem Fehler.



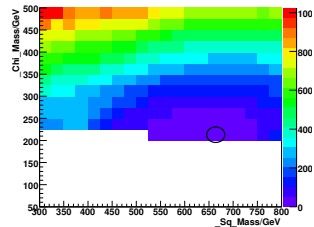
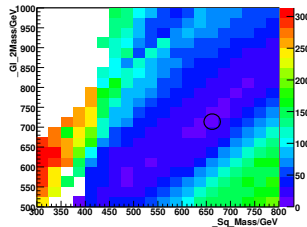
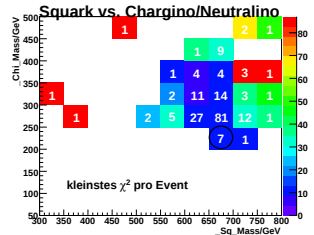
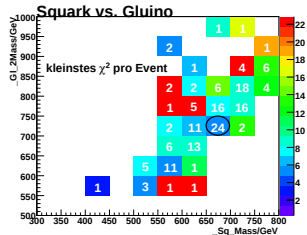
Szenario 1: „ideale“ Bedingungen



Variation von Massen

2 Massen variiert,
2 Massen auf
wahren Werten.

Sowohl das beste χ^2 pro Ereignis als auch das gemittelte χ^2 zeigen die richtigen Massen an.

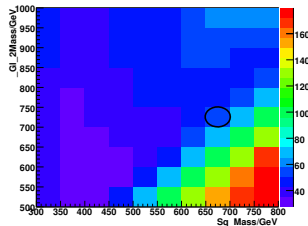
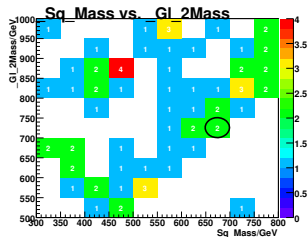


Szenario 2: „realistische“ Bedingungen



- ▶ Pro Ereignis die 7 (8) Jets mit der höchsten Energie.
- ▶ Großes kombinatorisches Problem:
 - ▶ 7 Jets: 1260 Kombinationen
 - ▶ 8 Jets: 10 080 Kombinationen!

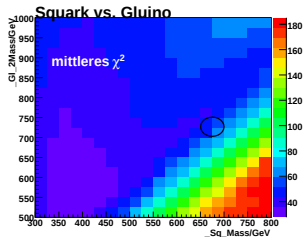
Kombinatorik lässt das klare Minimum verschwinden.



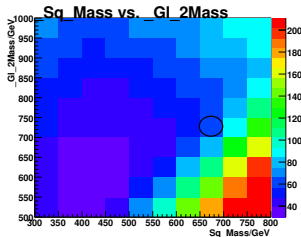
Szenario 2: „realistische“ Bedingungen



Signal:



Susy-Untergrund:

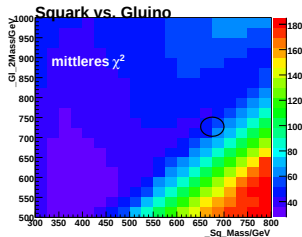


Im χ^2 unterscheidet sich Signal kaum vom Untergrund.

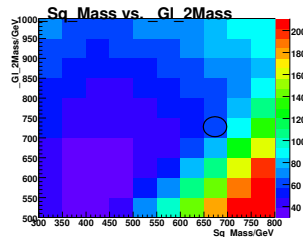
Szenario 2: „realistische“ Bedingungen



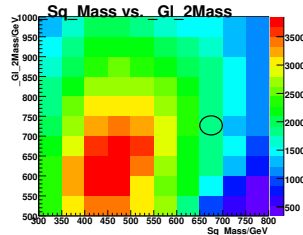
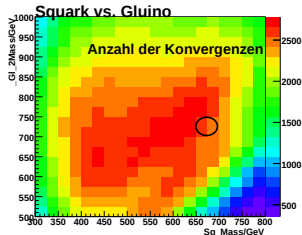
Signal:



Susy-Untergrund:



Im χ^2 unterscheidet sich Signal kaum vom Untergrund.



Wohl aber in der Anzahl der Fittings, die das Konvergenzkriterium erfüllen.

Zusammenfassung und Ausblick

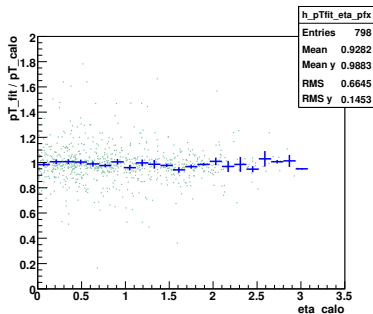
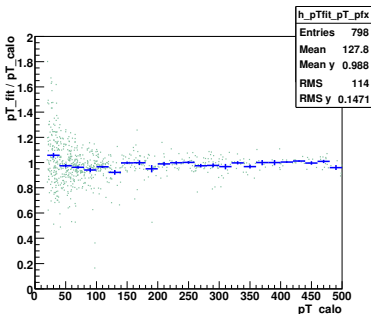


- ▶ Unter idealen Bedingungen funktioniert die Methode.
- ▶ Im Bereich der tatsächlichen Teilchenmassen ergeben sich deutlich kleinere χ^2 .
- ▶ Das realistischere Szenario zeigt die Probleme der Methode:
 - ▶ Die wahre Jet-Kombination liefert häufig nicht das beste χ^2 .
 - ▶ Auch andere Susy-Ereignisse liefern χ^2 in der selben Größenordnung.
- ▶ Betrachtung des Standard-Modell-Untergrundes.
- ▶ Erweiterung auf andere Susy-Kaskaden.

backup

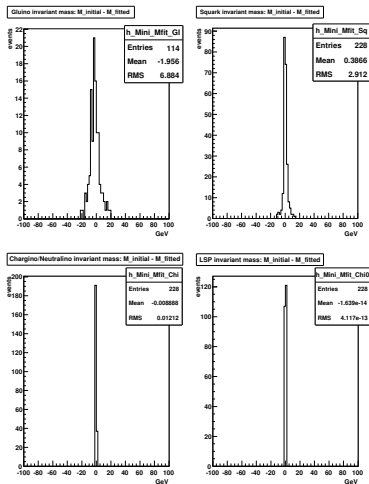


- ▶ As initial values for the measured jets, their 4-vectors are used.
- ▶ With any arbitrary initial values for the unmeasured LSP momenta the fit mostly doesn't converge.
- ▶ At LM4: $M_{\chi_2^0/\chi_1^\pm} - M_{\chi_1^0} - M_{Z^0/W^\pm} \approx 13 \text{ GeV}$.
- ▶ Small relative momentum between χ_1^0 and $Z^0/W^\pm$.
- ▶ Initial LSP:
 - ▶ Direction of $Z^0/W^\pm$
 - ▶ Magnitude chosen that the first mass constraint is fulfilled.

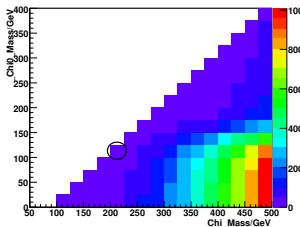
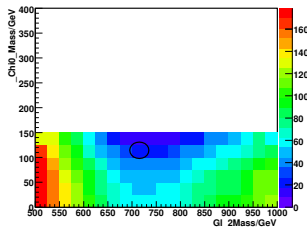
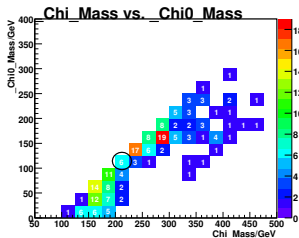
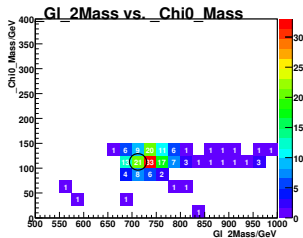


$$\frac{p_T \text{ of the fitted jets}}{p_T \text{ of the calo jets}}$$

The fitting doesn't change the energy scale of the jets.



All mass constraints are fulfilled.



As expected the masses are correlated. The dependencies differ for different mass pairs.