

Verwendung von Top-Ereignissen zur Bestimmung von Jetenergiekorrekturen mittels eines globalen Fits bei CMS

Christian Autermann, Ulla Gebbert, Robert Klanner, Lukasz Kreczko,
Sebastian Naumann-Emme, Christian Sander, Peter Schleper, Matthias Schröder,
Torben Schum, Hartmut Stadie, Georg Steinbrück, Jan Thomsen, Roger Wolf

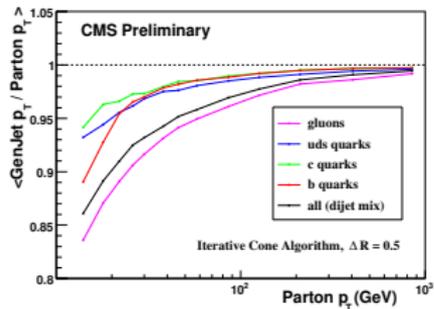
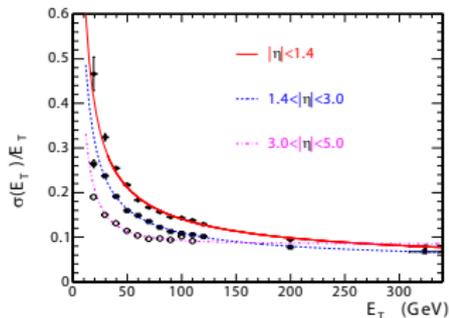
Institut für Experimentalphysik, Universität Hamburg

DPG Frühjahrstagung, München, 10. März 2009



1. Motivation
2. CMS-Kalorimeter
3. Semileptonische $t\bar{t}$ -Ereignisse
4. Der faktorisierte Ansatz
5. Der globale Fit-Ansatz
6. Zusammenfassung und Ausblick

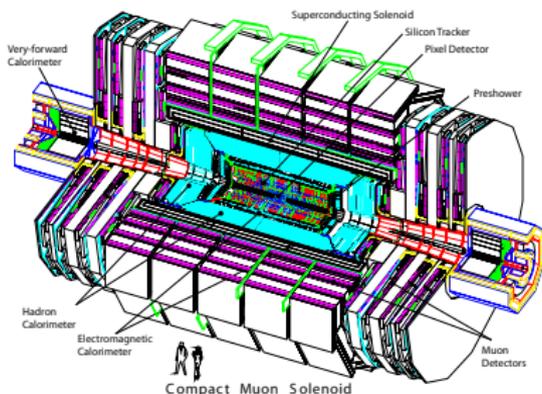
- Jetenergieskala und Energieauflösung sind wesentliche Quellen syst. Unsicherheiten in vielen Analysen der Hochenergiephysik



- Ereignisse mit Top-Quarks können zur Bestimmung von Korrekturen verwendet werden

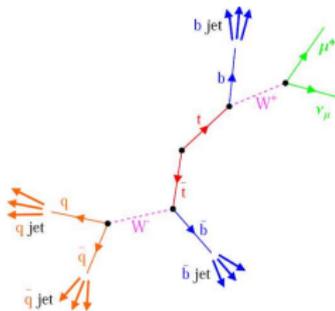
$$\delta m_W = 0.03\%$$

$$\delta m_t = 1\%$$



- der CMS-Detektor verfügt über ein elektromagn. Kalorimeter (ECAL) aus PbWO_4 -Kristallen mit exzellenter Energieauflösung sowie einem hadron. Messing/Szintillator-Kalorimeter (HCAL)

- nehme semileptonische $t\bar{t}$ -Ereignisse im myonischen Zerfallskanal
- leptonische Seite hauptsächlich zur Ereignis Selektion



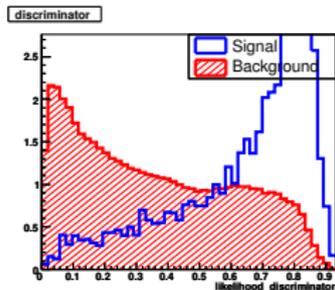
- mind. 4 Jets und ein Myon sowie \cancel{E}_T vom Neutrino
- 3 Jets vom hadron. Top:
 - ▶ 2 ununterscheidbare Jets leichter Quarks vom W
 - ▶ ein b -Jet

- Verlässlichkeit von b -Tagging und \cancel{E}_T -Messung in der Anfangsphase des Experiments unklar

- zwei Schritte müssen der Kalibration mit den $t\bar{t}$ -Ereignissen vorausgehen:
 1. strenge Ereignisselektion
(zur Unterdrückung von W/Z+Jets- und QCD-Ereignissen)
 2. gute Jet-Parton-Zuordnung
(zur Unterdrückung von kombinatorischem Untergrund)

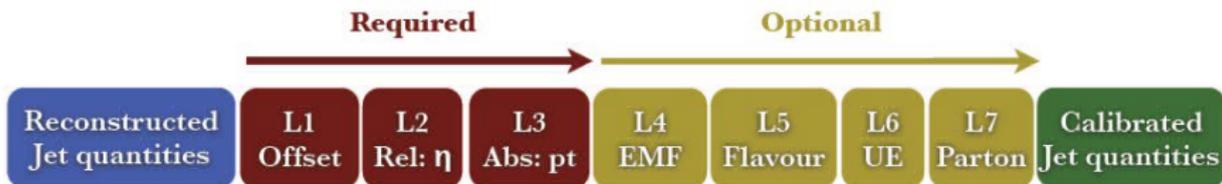
- typische Selektionskriterien:
 - ▶ mind. 4 nicht überlappende Jets mit $p_T > 40 \text{ GeV}$, $|\eta| < 2.4$
 - ▶ ein isoliertes Myon mit $p_T > 30 \text{ GeV}$, $|\eta| < 2.1$

- es existieren diverse Algorithmen für die Jet-Parton-Zuordnung
- hier wünschenswert eine geringe Energieskalenabhängigkeit
- Beispiel für einen einfachen geometrischen Algorithmus:
Zuordnungskriterium ist $\min \Delta R(\eta, \phi)$ zwischen...
 1. die beiden Jets für das W_{had}
 2. dem Jet für das b_{had} und dem W_{had}
 3. dem Jet für das b_{lep} und dem Myon



- im Rahmen einer multivariaten Analyse kann z.B. ein Likelihood-Ansatz verwendet werden
 - ▶ kombiniere kinematischen Größen der Jets in einen Diskriminator
 - ▶ suche Zuordnung mit maximaler Likelihood
 - ▶ trainiert mit Monte Carlo

- CMS entwickelt eine faktorisierte Jetkorrektur mit 7 Schritten:



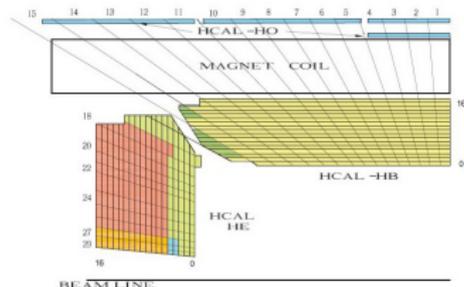
Level 1: Korrektur auf Pile-up, elektronisches Rauschen, Verluste durch Energieschwellen

Level 2: relative Korrektur als Funktion der Pseudorapidität

Level 3: absolute Korrektur als Funktion von p_T

- Korrekturfaktoren meist zunächst aus Monte Carlo, später aus p_T -Balance in Dijet- und γ/Z +Jet-Ereignissen in Kollisionsdaten
- auch $t\bar{t}$ -Ereignisse sollen verwendet werden, sowohl für die absolute p_T -Korrektur als auch für flavour-abhängige Korrekturen

- Motivation:
 - ▶ studiere die gleichen Effekte von einem anderen Standpunkt aus
 - ▶ berücksichtige alle Korrelationen (vernachlässigt bei Faktorisierung)
 - ▶ beziehe möglichst viele Informationen mit ein
- Beispiel: Verwendung der vollen Granularität des Kalorimeters (2048 HCAL-Tower)



- ▶ Verbesserung der Auflösung
- ▶ Berücksichtigung mancher flavour-abhängiger Effekte durch unterschiedliche Gestalt verschiedener Jet-Flavour auf Tower-Level

- Prinzip:

- ▶ bestimme Korrekturfaktoren für die Jets sowie für HCAL-Tower
- ▶ minimiere eine globale χ^2 -Funktion, die Beiträge aus jedem Ereignis enthält:

$$\chi^2 \approx \sum_{\text{evt}} \frac{(w_i - f(m_i))^2}{[\delta(w_i - f(m_i))]^2} \quad \begin{array}{l} w : \text{„wahr“} \\ m : \text{gemessen} \end{array}$$

$f(m_i)$: Parametrisierung aller notwendiger Korrekturen

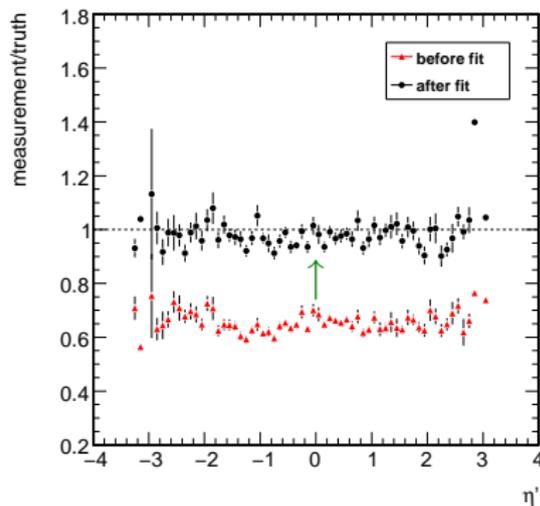
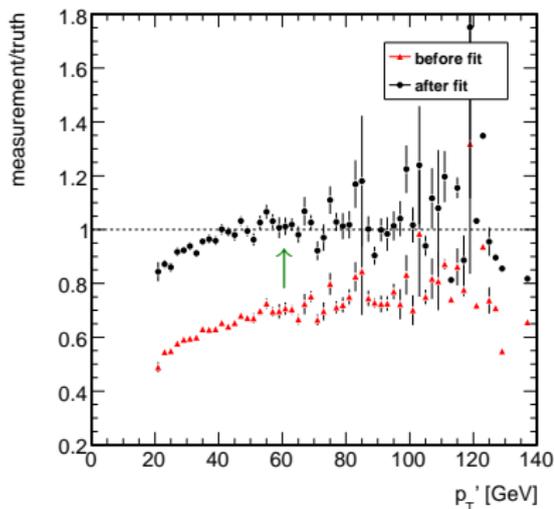
- ▶ unterschiedliche Klassen von Zwangsbedingungen für verschiedene Datensätze (Spurimpulse, γ -Energien, invariante Massen)
- ▶ Kombination orthogonaler Datensätze:

$$\chi_{\text{global}}^2 = \chi_{\gamma/Z+\text{jet}}^2 + \chi_{\text{dijet}}^2 + \chi_{\text{track-tower}}^2 + \chi_{\text{top}}^2 + \dots$$

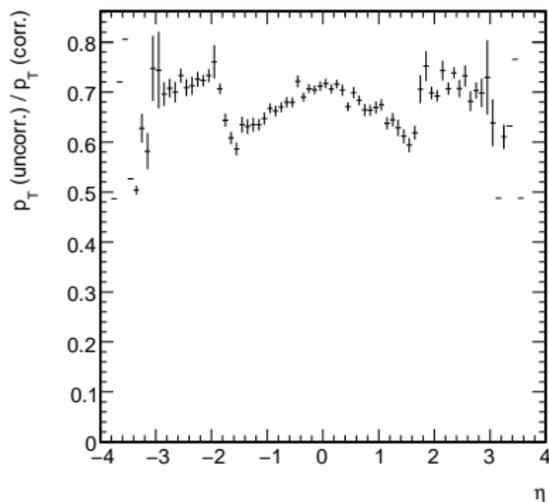
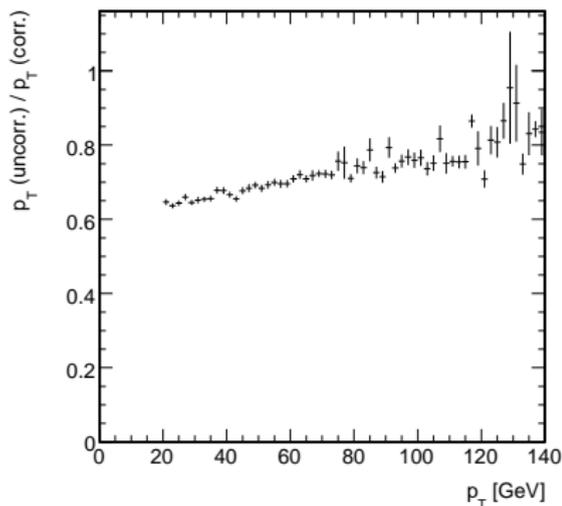
- semileptonische Top-Ereignisse könnten im Fit auf unterschiedliche Weise verwendet werden:
 - ▶ nur unter Verwendung der beiden Jets leichter Quarks und einer Zwangsbedingung auf m_W
 - ☹ kein Zugriff auf die Energieskala anderer Jet-Flavour
 - ▶ unter Hinzunahme des hadronischen b -Jets und einer Zwangsbedingung auf m_t
 - ☹ abhängig von vorherigen Messungen von m_t
 - ▶ unter Verwendung von hadronischer und leptonischer Seite
 - ☹ \cancel{E}_T vom Neutrino: neuer („lokaler“) Parameter in jedem Ereignis
 - ☺ Zwangsbedingung $m_{t,\text{had}} = m_{t,\text{lep}}$ erlaubt Zugriff auf die Energieskala für b -Jets ohne vorherige Kenntnis von m_t

- für einen „Proof-of-Principle“ und erste Studien...
 - ▶ reiner Signal-Datensatz (semileptonischer Kanal mit Myonen)
 - ▶ Generatorinformation für die Jet-Parton-Zuordnung
 - ▶ mind. 4 Jets mit p_T (unkalib.) > 20 GeV (entspricht 30-35 GeV)
 - ▶ 2677 Ereignisse
 - ▶ einfache Stufenfunktion mit 12 Parametern zur Beschreibung der Messwerte in p_T
 - ▶ Symmetrie in η und ϕ für Jet und Tower
 - ▶ 5 Bins in η , 1 Bin in ϕ
 - ▶ 80.4 GeV als Zwangsbedingung auf m_W
 - ▶ keine Zwangsbedingung auf m_t

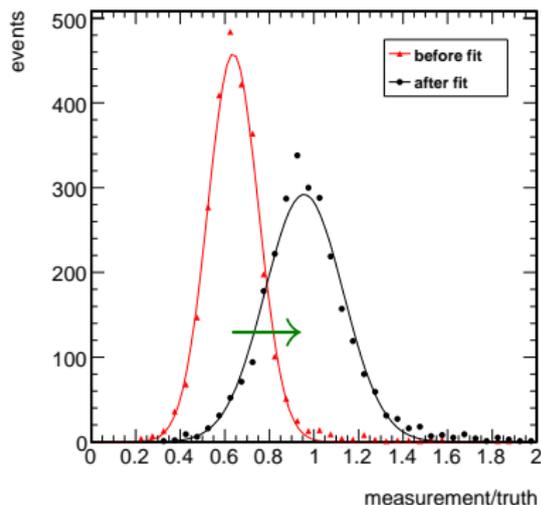
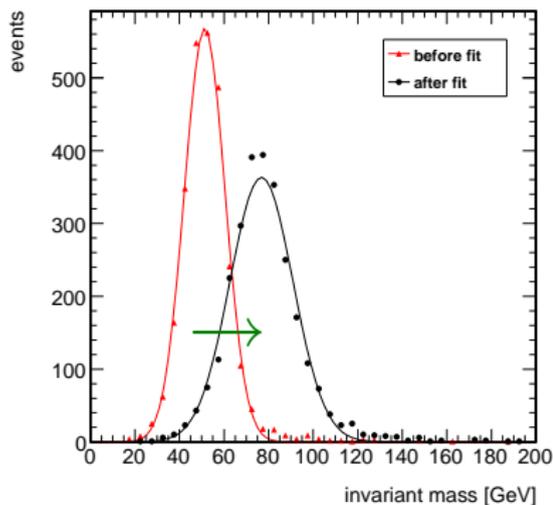
- Messwert: invariante Masse der beiden W -Jets
- „wahrer“ Wert: 80.4 GeV



- Ansprechverhalten: $\frac{p_T(\text{uncorr.})}{p_T(\text{corr.})} = \frac{1}{\text{Korrekturfaktor}}$



- Messwert: invariante Masse der beiden W -Jets
- „wahrer“ Wert: 80.4 GeV



- Top-Ereignisse können zur Bestimmung von Energiekorrekturen für Jets leichter Quarks sowie b -Jets verwendet werden
- gute Ereignisselektion und Jet-Parton-Zuordnung sind notwendig
- es ist erstrebenswert, nicht auf eine vorherige Messung der Top-Masse zurückgreifen zu müssen
- semileptonische Top-Ereignisse wurden erfolgreich in einen globalen Fit-Ansatz zur Jet- und Kalorimeterkalibration integriert
- nächste Schritte:
 - ▶ realistische Ereignisselektion und Jet-Parton-Zuordnung
 - ▶ Studie von Effizienz, Reinheit und Energieskalenabhängigkeit
 - ▶ verbesserte Parametrisierungen im globalen Fit
 - ▶ Einbeziehung der leptonischen Seite des $t\bar{t}$ -Systems in den Fit

*mehr zur Kalibration unter Verwendung des globalen Fits
in der QCD-Sitzung am Donnerstag (T 29.3, 29.4)*