

Multiparton-Wechselwirkungen in Photoproduktions-Ereignissen bei HERA

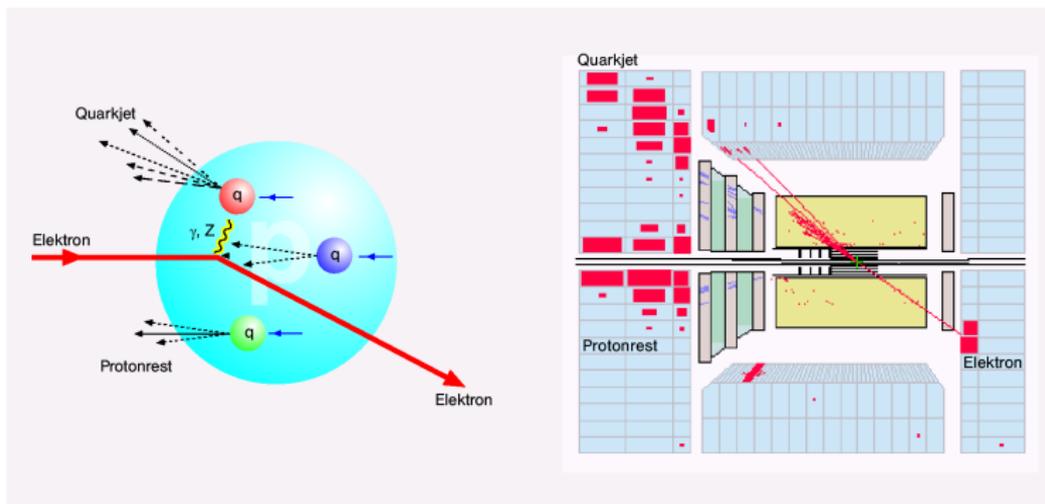
Robert Klanner, Arne Mertz, Sebastian Naumann-Emme,
Peter Schleper, Thomas Schörner-Sadenius
(UHH/DESY)

DPG-Frühjahrstagung Freiburg
März 2008

HERA

- ▶ ep -Collider, $E_p = 920 \text{ GeV}$, $E_e = 27,5 \text{ GeV}$
- ▶ 1992-2007
- ▶ Integrierte Luminosität: pb^{-1}

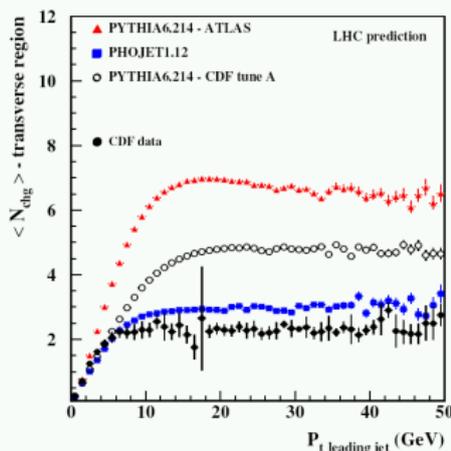
ep -Ereignisse bei ZEUS



Einführung: Multiparton-Wechselwirkungen in Photoproduktions-Ereignissen

- ▶ Kollisionen zusammengesetzter Teilchen: Mehrfach-Interaktionen möglich. (MPI)
- ▶ MPI sind Teil des sog. Underlying Event (UE)
- ▶ Viele Ergebnisse vom Tevatron ($p\bar{p}$), einige von HERA

- ▶ Theoretische Beschreibung von MPI erweist sich als schwierig, es existieren aber empirische Modelle mit einige freien Parametern
- ▶ Extrapolation von an CDF-Messungen angepassten Modellen zu LHC-Energien scheitert
- ▶ \Rightarrow Naehere Untersuchungen vonnöten

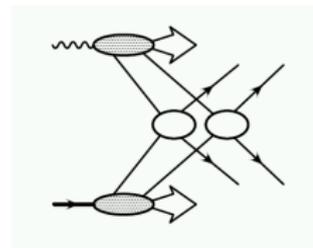
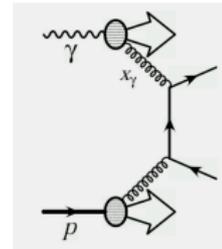
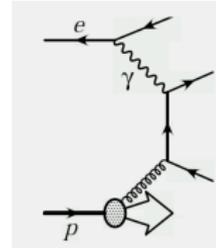


Einführung: Multiparton-Wechselwirkungen in Photoproduktions-Ereignissen

- ▶ Photoproduktion (PhP): Austausch eines quasi-reellen Photons in ep -Kollisionen
- ▶ Direkte Photoproduktion: Das Photon interagiert direkt mit einem der Partonen (QCD Compton-Streuung oder Boson-Gluon-Fusion)
- ▶ Aufgelöste ("resolved") Photoproduktion: Das Photon agiert als Quelle von Quarks und Gluonen
- ▶ Direkte und aufgelöste Photoproduktion können mittels der Observablen x_γ unterschieden werden.

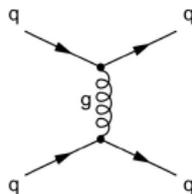
$$x_\gamma = \frac{E_{T,1}e^{-\eta_1} + E_{T,2}e^{-\eta_2}}{2yE_e} \quad (1)$$

- ▶ \Rightarrow MPI zwischen Protonen und aufgelösten Photonen möglich.
- ▶ Bei HERA kann durch Selektion von x_γ und Q^2 der Anteil der MPI selektiert werden (anders als bei pp - und $p\bar{p}$ -Ereignissen)



Modelle für Multiparton-Wechselwirkungen

Bei gegebenem Wirkungsquerschnitt $\sigma_{2 \rightarrow 2}$ für $2 \rightarrow 2$ QCD-Prozesse berechnet sich der Wirkungsquerschnitt für Parton-Parton-Wechselwirkungen oberhalb eines minimalen Transversalimpulses $p_{T,\min}$ durch



$$\sigma_{\text{hard}}(p_{T,\min}) = \int_{p_{T,\min}^2}^{s/4} \frac{d\sigma_{2 \rightarrow 2}}{dp_T^2} dp_T^2 \quad (2)$$

Bei kleinen $p_{T,\min}$ übersteigt σ_{hard} den Wirkungsquerschnitt σ_{nd} für Hadron-Hadron (bzw. Photon-Hadron) Wechselwirkungen. Es ergibt sich eine mittlere Zahl von Parton-Parton-Wechselwirkungen pro Ereignis:

$$\langle n \rangle = \frac{\sigma_{\text{hard}}(p_{T,\min})}{\sigma_{\text{nd}}(s)} \quad (3)$$

(σ_{nd} wird aus der Literatur übernommen.)

- ▶ PYTHIA generiert MPI geordnet nach p_T angefangen mit der härtesten Parton-Parton-Wechselwirkung
- ▶ $p_{T,\min}^{\text{MPI}}(s) = (\text{PARP}(81)) \left(\frac{s}{\text{PARP}(89)} \right)^{\text{PARP}(90)}$
- ▶ Wir benutzen das einfachste Modell in PYTHIA 6.4:
 - ▶ Keine Abhängigkeit vom Stoßparameter der Hadronen
 - ▶ Parton-Parton-Wechselwirkungen unabhängig voneinander (\Rightarrow Anzahl der Wechselwirkungen Poisson-verteilt um $\langle n \rangle$)
 - ▶ Strahlungskorrekturen nur für die härteste Wechselwirkung
 - ▶ Nur Gluon-Gluon-Wechselwirkungen

PYTHIA 6.4 Monte Carlo Datensätze

- ▶ Verschiedene Monte Carlo Datensätze mit aufgelöster Photoproduktion (jeweils 10^6 Ereignisse), bei verschiedenen PYTHIA-Parametern
- ▶ 1 Datensatz mit aufgelöster Photoproduktion ohne MPI zum Vergleich (11.8 Mio Ereignisse)
- ▶ 1 Datensatz mit direkter Photoproduktion (3.1 Mio Ereignisse)
- ▶ Zusammen ca. 180 Mio Ereignisse

PYTHIA-Parameter

Parameter	Bedeutung	Verwendeter Bereich
PARP81	$p_{T,\min}^{\text{MPI}}$ Faktor	1.1-2.5 GeV
PARP90	$p_{T,\min}^{\text{MPI}}$ Exponent	0.00-0.19
PARP89	$p_{T,\min}^{\text{MPI}}$ Referenz-Skala	1.0 TeV
CKIN3	$p_{T,\min}$ für härteste gg -WW	2.0 GeV

Selektion von Zweijet-Ereignissen in PhP

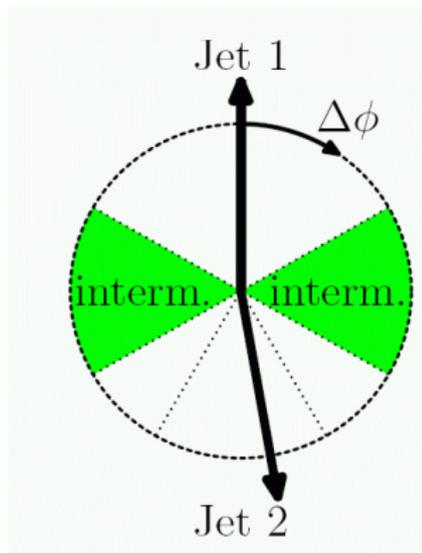
- ▶ Daten: Photoproduktions-Ereignisse in ZEUS-Daten von 1998-2000 (81.7 pb^{-1}).
- ▶ Transversal-Energie in Regionen zwischen Jets ist sensitiv auf MPI, \Rightarrow Observable $E_{T,\text{int}} = \sum E_{T,\text{zufo}}$ in dieser Region wird für die Analyse eingesetzt

PhP-Selektion

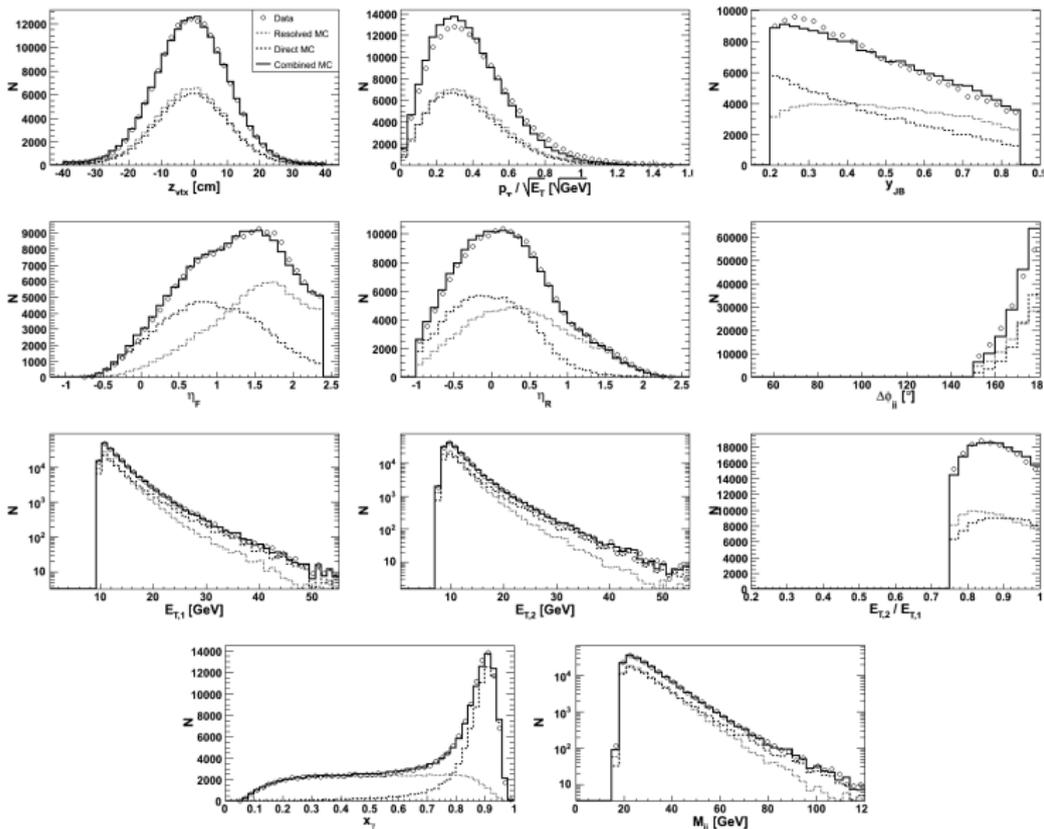
- ▶ $Q^2 < 1 \text{ GeV}^2$
- ▶ $0.2 < y < 0.85$
- ▶ $-1.0 < \eta_{\text{jet}} < 2.4$
- ▶ $E_{T,1} > 10 \text{ GeV}, E_{T,2} > 8 \text{ GeV}$

Selektion für MPI-Analyse

- ▶ $n_{\text{jet}} = 2$
- ▶ $E_{T,2}/E_{T,1} > 0.75$
- ▶ $\Delta\phi_{ij} > 150^\circ$



Kontroll-Plots



Multiparton-
Wechselwirkungen in
Photoproduktions-
Ereignissen bei
HERA

Arne Mertz

HERA/ZEUS

MPI in PhP

MPI Modelle

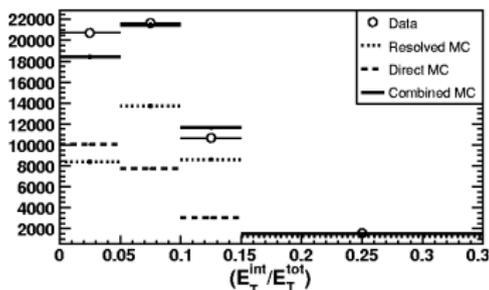
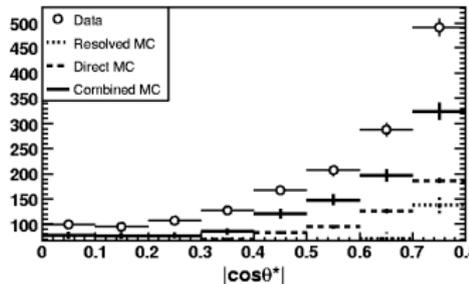
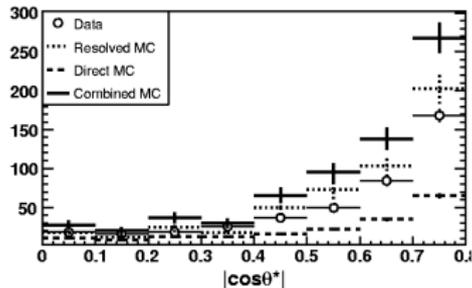
Monte Carlo

Selektion

Analyse

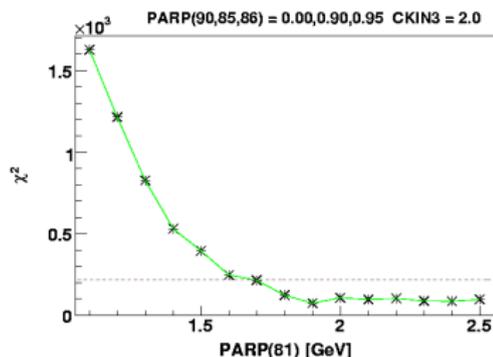
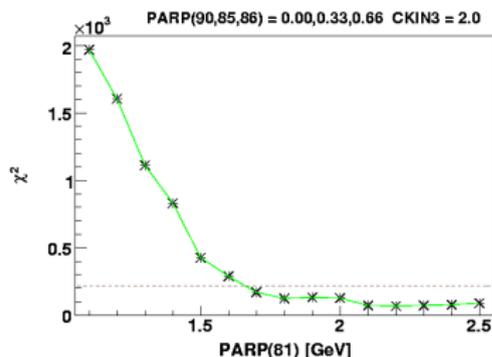
Fazit

Wirkungsquerschnitte



Wirkungsquerschnitt $d\sigma/d|\cos\theta^*|$ für $x_\gamma < 0,75$ (links oben) und $x_\gamma > 0,75$ (rechts oben) sowie $d\sigma/d(E_T^{\text{int}}/E_T^{\text{tot}})$ für $M_{jj} < 42 \text{ GeV}$ (unten)

- ▶ Kombination von direktem und aufgelöstem MC
- ▶ χ^2 -fit der Modelle an die Daten, mittels $E_T^{\text{int}} / E_T^{\text{tot}}$ -Wirkungsquerschnitt



Bisherige Ergebnisse

- ▶ Tuning der PYTHIA Parameter an ZEUS Photoproduktionsdaten
- ▶ Bisher keinen herausragenden Parametersatz gefunden
- ▶ Es gibt Hinweise darauf, dass PYTHIA 6.4 den Anteil an aufgelöster Photoproduktion überschätzt

Weiteres Vorgehen

- ▶ Tuning des Verhältnis von direkter zu aufgelöster Photoproduktion in PYTHIA
- ▶ HERWIG/JIMMY:
 - ▶ Anderes MPI-Modell als PYTHIA
 - ▶ HERWIG bietet weniger Parameter für das Tuning des MPI-Modelles als PYTHIA