

Messung von Zweijet-Wirkungsquerschnitten in tiefunelastischer ep-Streuung am ZEUS-Experiment bei HERA

Holger Enderle, Jörg Behr, Robert Klanner, Peter Schleper,
Thomas Schörner-Sadenius, Thorben Theedt
(UHH/DESY)

4th March 2008

- Einleitung
- Motivation
 - Warum Zweijet-Ereignisse?
- Analyse
 - Daten und Theorie
 - Ereignisselektion
 - Jetselektion
 - Zweijet-Variablen
 - Wirkungsquerschnitte
- Zusammenfassung und Ausblick

Einleitung: HERA

Zweijet-Analyse
in
tiefinelastischer
ep-Streuung

Holger Enderle

Einleitung

Motivation

Analyse

Daten und Theorie

Ereignisselektion

Jetselektion

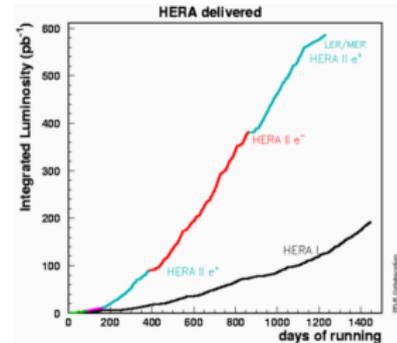
Zweijet-Variablen

Wirkungsquerschnitte

Ausblick

HERA war der weltweit einzige Lepton-Proton Beschleuniger.

- Strahlenergien: 27.5 GeV Leptonen, 920 GeV Protonen
 - ▶ Schwerpunktsenergie: $\sqrt{s} \approx 318$ GeV



In 15 Jahren Laufzeit lieferte HERA $\sim 780 \text{ pb}^{-1}$ int. Luminosität.
Ende Juni 2007 wurde HERA für immer abgeschaltet.

Einleitung: ZEUS

Zweijet-Analyse
in
tiefunelastischer
ep-Streuung

Holger Enderle

Einleitung

Motivation

Analyse

Daten und Theorie

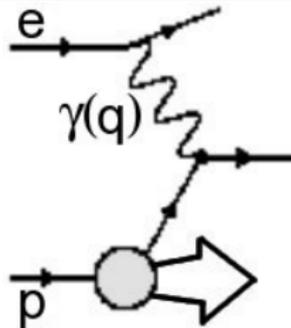
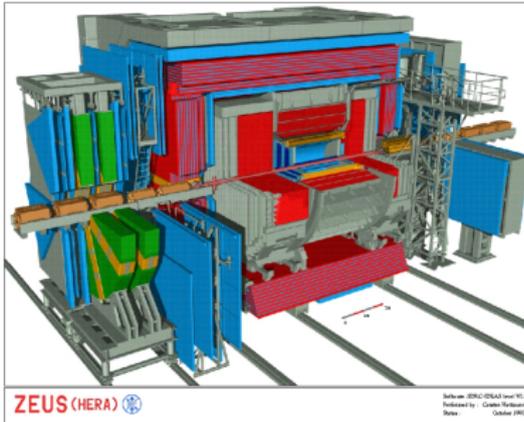
Ereignisselektion

Jetselektion

Zweijet-Variablen

Wirkungsquerschnitte

Ausblick



ZEUS

570 pb^{-1} integrierte Luminosität
aufgezeichnet

tiefunelastische ep-Streuung

Photonvirtualität Q^2 :
Maß für Auflösung ($Q^2 = -q^2$)

Bjorken-Skalenvariable x_{Bj} :
Proton-Impulsbruchteil des
wechselwirkenden Quarks

Motivation: Warum Zweijet-Ereignisse?

Zweijet-Analyse
in
tiefunelastischer
ep-Streuung

Holger Enderle

Einleitung

Motivation

Analyse

Daten und Theorie

Ereignisselektion

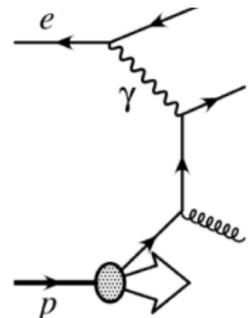
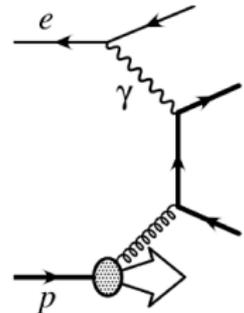
Jetselektion

Zweijet-Variablen

Wirkungsquerschnitte

Ausblick

- Direkter Zugriff auf starke Kopplung (α_s) erst bei mindestens zwei Jets
- Bestimmung der Partondichten (PDFs) des Protons möglich
 - Insbesondere: sensitiv auf Gluondichte durch Boson-Gluon-Fusion
- Test der Universalität der PDFs durch Vergleich mit anderen Experimenten
- Gute Kenntnis von α_s und den PDFs ist Voraussetzung für ein genaues Verständnis von Prozessen in Hadron-Hadron-Kollisionen (LHC)



Analyse: Daten und Theorie

Zweijet-Analyse
in
tiefunelastischer
ep-Streuung

Holger Enderle

Einleitung

Motivation

Analyse

Daten und Theorie

Ereignisselektion

Jetselektion

Zweijet-Variablen

Wirkungsquerschnitte

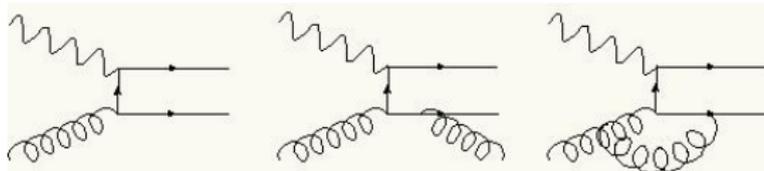
Ausblick

Daten für diese Analyse:

Zeitraum	Leptonen	Luminosität
1998/1999	Elektronen	16.7 pb^{-1}
1999/2000	Positronen	65.0 pb^{-1}
2004	Positronen	21.7 pb^{-1}
2004-2006	Elektronen	180.7 pb^{-1}
2006/2007	Positronen	135.9 pb^{-1}
		$\Sigma \mathbf{420.0 \text{ pb}^{-1}}$

Monte Carlo-Simulationen in führender Ordnung ($O(\alpha_s^1)$) für die Korrektur der Daten (Detektor-Effekte, Trigger-Effizienz)

QCD-Rechnungen in nächstführender Ordnung ($O(\alpha_s^2)$) zum Vergleich mit den gemessenen Wirkungsquerschnitten



Analyse: Ereignisselektion

Zweijet-Analyse
in
tiefunelastischer
ep-Streuung

Holger Enderle

Einleitung

Motivation

Analyse

Daten und Theorie

Ereignisselektion

Jetselektion

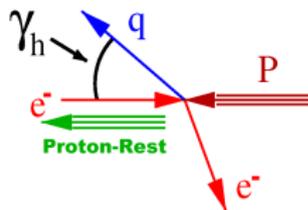
Zweijet-Variablen

Wirkungsquerschnitte

Ausblick

Phasenraumschnitte:

- $125 \text{ GeV}^2 < Q^2 < 5000 \text{ GeV}^2$
 - ▶ Unsicherheiten auf den theo. Vorhersagen klein
- $-0.65 < \cos \gamma_h < 0.65$
 - ▶ hadronisches System gut messbar im Detektor



Säuberungsschnitte:

- Elektron mit $E_{el} > 10 \text{ GeV}$ (Auflösung $\sim \frac{1}{\sqrt{E}}$)
- $|Z_{Vtx}| \lesssim 30 \text{ cm}$ (Restgas-Untergrund)
- $45 \text{ GeV} < E - p_z < 62 \text{ GeV}$ (Photoproduktions-Untergrund)
- $\frac{p_T}{\sqrt{E_T}} < 2.5 \sqrt{\text{GeV}}$ (CC-Untergrund, kosmische Myonen)
- und weitere Schnitte

Analyse: Kontrollverteilungen

Zweijet-Analyse
in
tiefunelastischer
ep-Streuung

Holger Enderle

Einleitung

Motivation

Analyse

Daten und Theorie

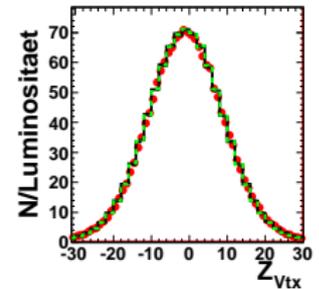
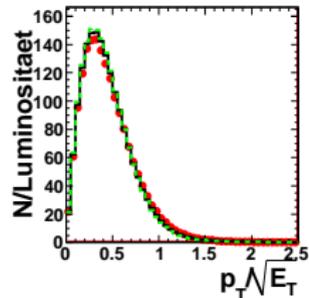
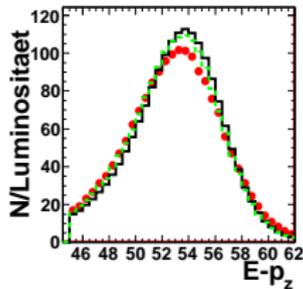
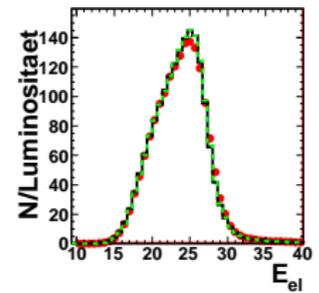
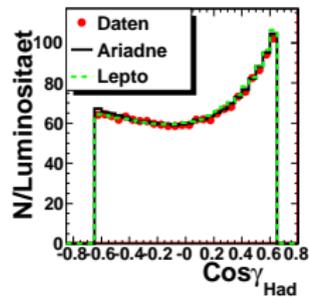
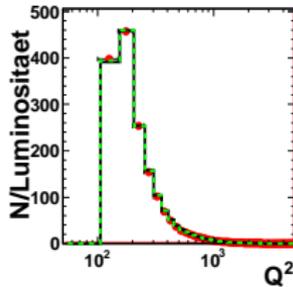
Ereignisselektion

Jetselektion

Zweijet-Variablen

Wirkungsquerschnitte

Ausblick



Gute Beschreibung der Daten durch die beiden verwendeten
Monte Carlo-Modelle Ariadne und Lepto

Analyse: Jet-Rekonstruktion

Zweijet-Analyse
in
tiefinelastischer
ep-Streuung

Holger Enderle

Einleitung

Motivation

Analyse

Daten und Theorie

Ereignisselektion

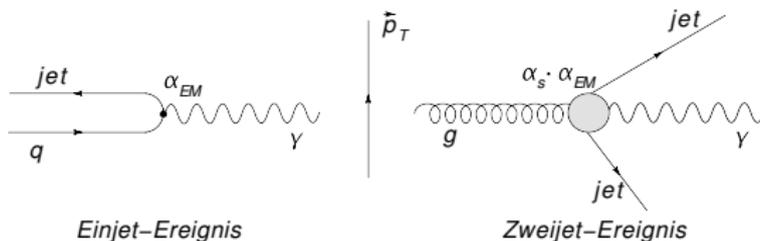
Jetselektion

Zweijet-Variablen

Wirkungsquerschnitte

Ausblick

- **Breit-Bezugssystem ($2x_{Bj}\vec{P} + \vec{q} = 0$):** ausgetauschtes Photon und Parton aus dem Proton kollidieren "frontal"
 - ▶ hohe Transversalenergie im hadronischen Endzustand weist auf harten QCD-Prozess hin



- Jet-Rekonstruktion mit dem longitudinal invarianten k_{\perp} -Algorithmus im inklusiven Modus im Breit-System

Analyse: Zweijetselektion

Zweijet-Analyse
in
tiefunelastischer
ep-Streuung

Holger Enderle

Einleitung

Motivation

Analyse

Daten und Theorie

Ereignisselektion

Jetselektion

Zweijet-Variablen

Wirkungsquerschnitte

Ausblick

Phasenraumschnitte:

Mindestens zwei Jets im Bereich:

- $-2.0 < \eta_{\text{Breit}} < 1.5$ (Pseudorapidität $\eta = -\ln(\tan \frac{\theta}{2})$)

(Detektorregion mit guter Akzeptanz)

Asymmetrischer Schnitt auf die Transversalenergie der Jets:

- $E_{T,\text{Breit}}^{\text{Jet1}} > 12 \text{ GeV}$
- $E_{T,\text{Breit}}^{\text{Jet2}} > 8 \text{ GeV}$

Analyse: Zweijet-Variablen

Zweijet-Analyse
in
tiefunelastischer
ep-Streuung

Holger Enderle

Einleitung

Motivation

Analyse

Daten und Theorie

Ereignisselektion

Jetselektion

Zweijet-Variablen

Wirkungsquerschnitte

Ausblick

Wirkungsquerschnitte differentiell in:

- Photonvirtualität Q^2 ,
- Bjorken-Skalenvariable x_{Bj} ,
- mittlere Transversalenergie $\bar{E}_{T,Breit}$,
- invariante Zweijet-Masse $M_{jj} = \sqrt{(\mathbf{p}_{Jet1} + \mathbf{p}_{Jet2})^2}$,
- Differenz der Rapiditäten $\eta' = \frac{1}{2} |\eta_{Breit}^{Jet1} - \eta_{Breit}^{Jet2}|$ (lorentzinvariant),
- Impulsbruchteil des Partons aus dem Proton bei Zweijet-Ereignissen $\xi = x_{Bj} \left(1 + \frac{M_{jj}^2}{Q^2} \right)$

Analyse: Wirkungsquerschnitte

Zweijet-Analyse
in
tiefinelastischer
ep-Streuung

Holger Enderle

Einleitung

Motivation

Analyse

Daten und Theorie

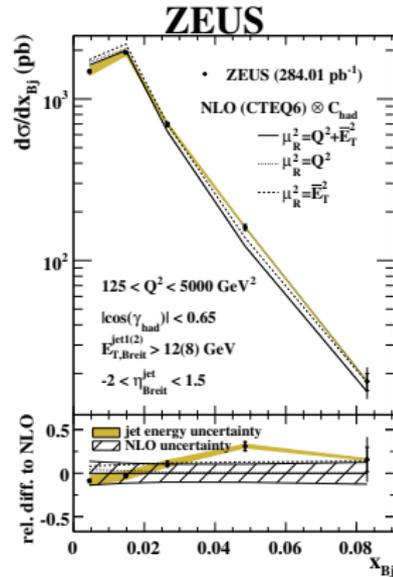
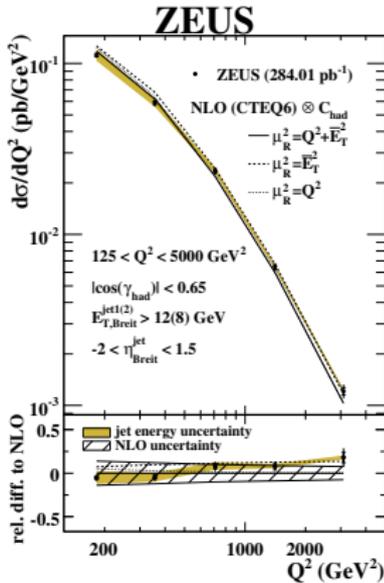
Ereignisselektion

Jetselektion

Zweijet-Variablen

Wirkungsquerschnitte

Ausblick



Fazit:
 Gute
 Beschreibung
 der Daten
 durch die
 QCD-
 Rechnungen

- Fehlerbalken: innerer - statistischer Fehler, äußerer - quadratische Summe von statistischem und systematischem Fehler
- gelbes Band - systematische Unsicherheit auf der Jet-Energieskala
- Unsicherheiten auf den QCD-Rechnungen: Variation von Renormierungs- und Faktorisierungsskala, Variation von α_s , verschiedene PDFs

Analyse: Wirkungsquerschnitte

Zweijet-Analyse
in
tiefunelastischer
ep-Streuung

Holger Enderle

Einleitung

Motivation

Analyse

Daten und Theorie

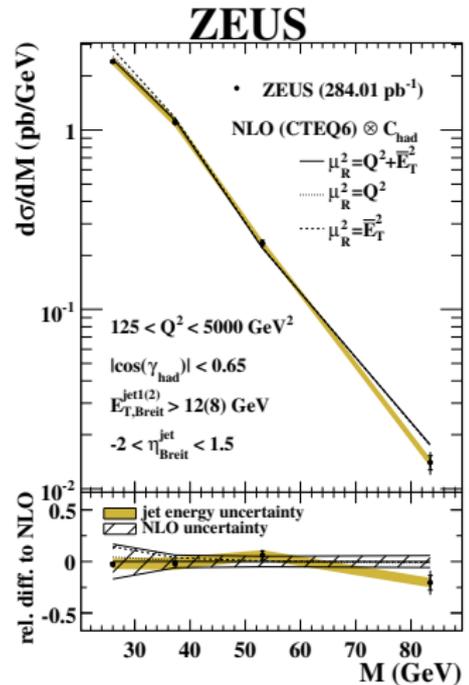
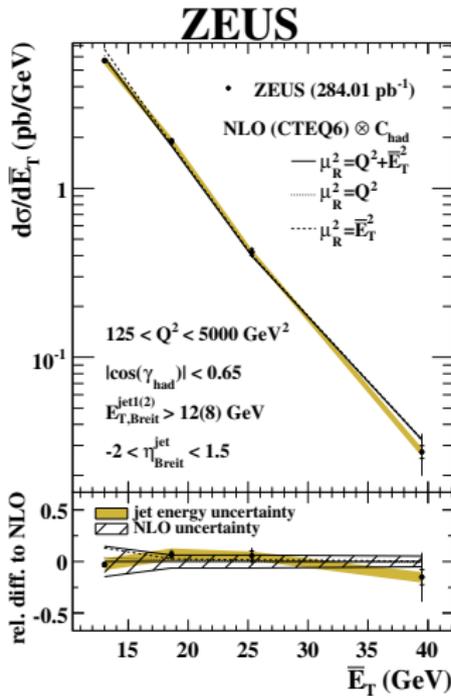
Ereignisselektion

Jetselektion

Zweijet-Variablen

Wirkungsquerschnitte

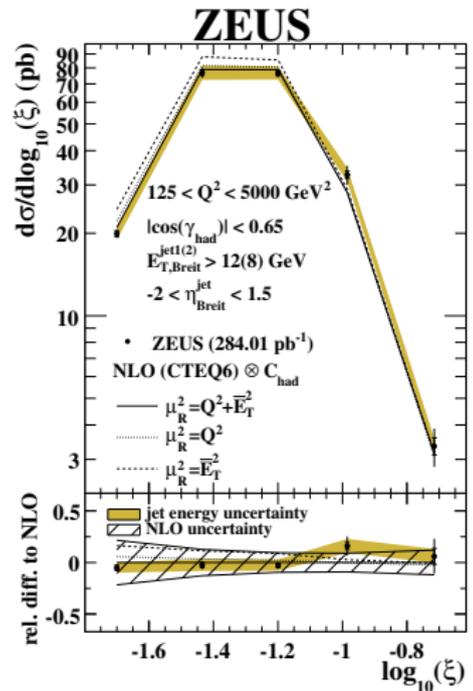
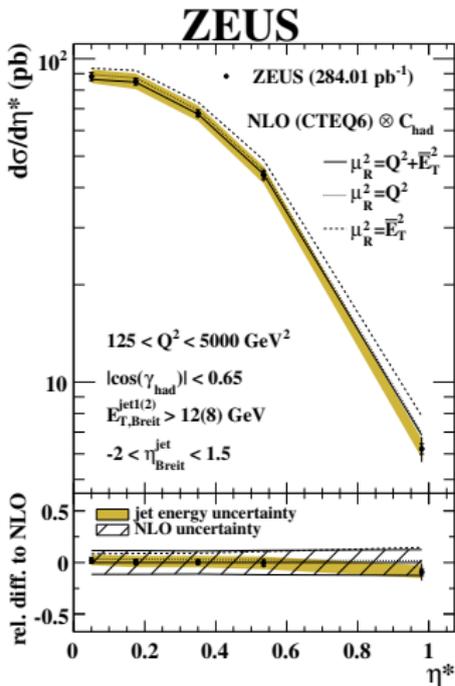
Ausblick



Fazit: Gute Beschreibung der Daten durch die QCD-Rechnungen

Analyse: Wirkungsquerschnitte

- Zweijet-Analyse in tiefunelastischer ep-Streuung
- Holger Enderle
- Einleitung
- Motivation
- Analyse
- Daten und Theorie
- Ereignisselektion
- Jetselektion
- Zweijet-Variablen
- Wirkungsquerschnitte
- Ausblick



Fazit: Gute Beschreibung der Daten durch die QCD-Rechnungen

Zusammenfassung und Ausblick

Zweijet-Analyse
in
tiefunelastischer
ep-Streuung

Holger Enderle

Einleitung

Motivation

Analyse

Daten und Theorie

Ereignisselektion

Jetselektion

Zweijet-Variablen

Wirkungsquerschnitte

Ausblick

Zusammenfassung:

- Analyse von Zweijet-Ereignissen
- Kombination der Daten 1998-2006 (284 pb^{-1})
- Gute Beschreibung der Wirkungsquerschnitte durch die QCD-Rechnungen

Ausblick:

- Einbeziehen der 2006/2007 Positron Daten (dann: 420 pb^{-1})
- "grand reprocessing" der gesamten Daten
 - ▶ Kalibrationen, Spurrekonstruktion, ...
- finale Wirkungsquerschnitte