

Bestimmung der Strukturfunktion F_2^{cc}

Ein kurzer Überblick

Malte Wilfert

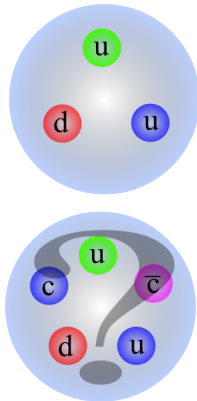
Institut für Kernphysik Johannes Gutenberg-Universität Mainz

12. July 2011

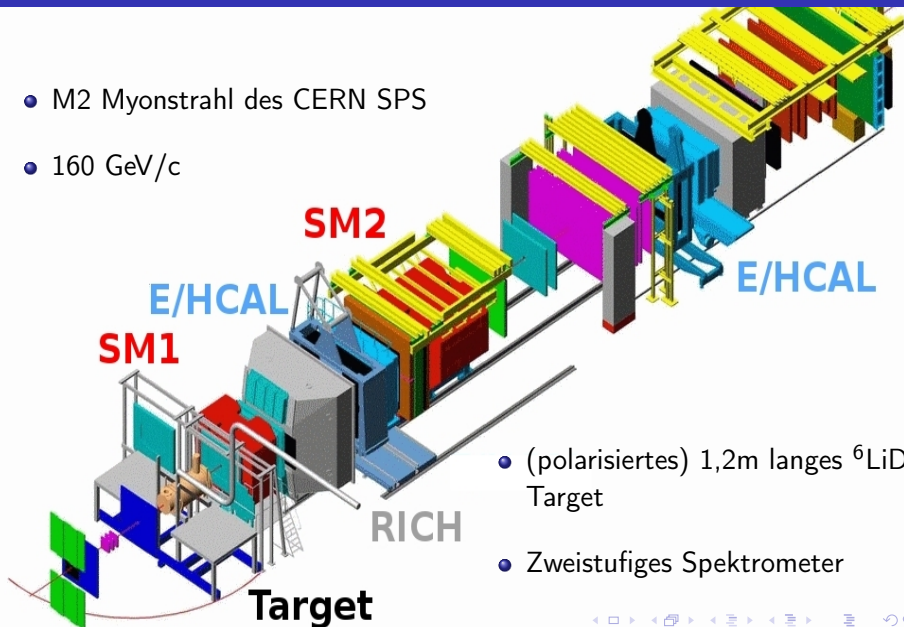
- 1 Einführung
- 2 Differenzielle Wirkungsquerschnitte
- 3 Bestimmung von F_2^{cc}
- 4 Zusammenfassung und Ausblick

Motivation

- Ist es möglich F_2^{cc} zu bestimmen?
- Reichen die Daten von 2004 aus?
- Gibt es intrinsischen Charm?
- Messung über:
 $c\bar{c} \rightarrow D^*$
 $D^* \rightarrow D^0\pi \rightarrow K\pi\pi$



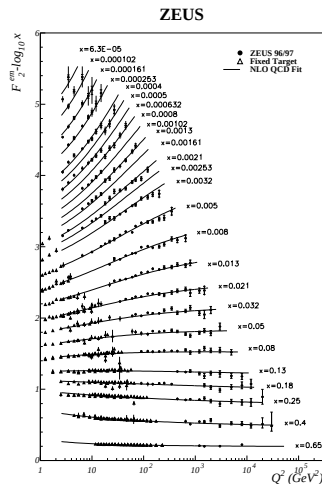
- M2 Myonstrahl des CERN SPS
- 160 GeV/c



- (polarisiertes) 1,2m langes ${}^6\text{LiD}$ Target
- Zweistufiges Spektrometer

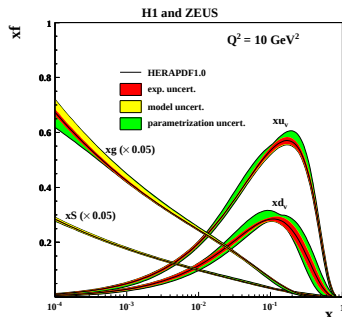
Die Strukturfunktion F_2

- $\frac{d^2\sigma}{d\Omega dE'} = \left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_{Mott}^* (W_2 + 2W_1 \tan^2 \frac{\theta}{2})$
- $F_1(x, Q^2) = Mc^2 W_1(\nu, Q^2)$
 $F_2(x, Q^2) = \nu W_2(\nu, Q^2)$
- F_2 "unabhängig" von Q^2
 → Streuung an Punktladungen
 → Substruktur
- Strukturfunktionen beschreiben innere Zusammensetzung
- $F_2(x) = x \cdot \sum_f z_f^2 (q_f(x) + \bar{q}_f(x))$
- Impulsverteilungen aus μ -, ν - und e-Streuung

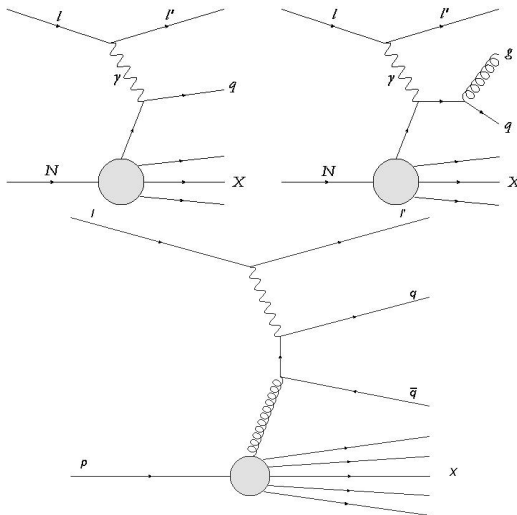


Die Strukturfunktion F_2

- $\frac{d^2\sigma}{d\Omega dE'} = \left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_{Mott}^* (W_2 + 2W_1 \tan^2 \frac{\theta}{2})$
- $F_1(x, Q^2) = Mc^2 W_1(\nu, Q^2)$
 $F_2(x, Q^2) = \nu W_2(\nu, Q^2)$
- F_2 "unabhängig" von Q^2
→ Streuung an Punktladungen
→ Substruktur
- Strukturfunktionen beschreiben innere Zusammensetzung
- $F_2(x) = x \cdot \sum_f z_f^2 (q_f(x) + \bar{q}_f(x))$
- Impulsverteilungen aus μ -, ν - und e-Streuung



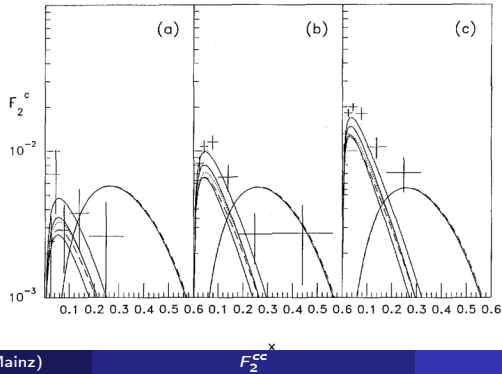
Entstehung von Charmquarks



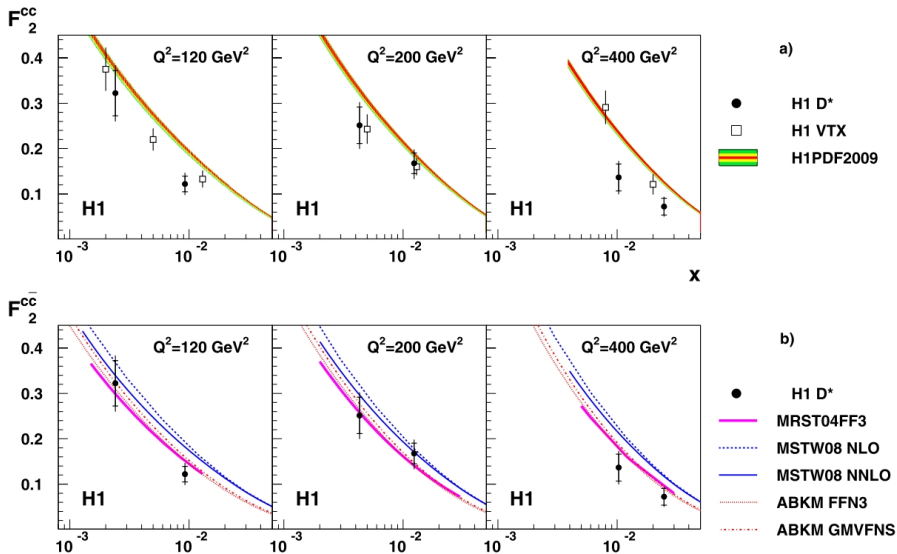
Ergebnisse von EMC

- $F_2^{cc}(x, Q^2) = \alpha F_2^{cc,EC}(x, Q^2) + \beta F_2^{cc,IC}(x, Q^2)$
- Annahme: 1% Intrinscher Charm
- α, β : Bruchteile der ursprünglichen Vermutung

PDF	$\bar{p} = 53 \text{ GeV}$		$\bar{p} = 95 \text{ GeV}$		$\bar{p} = 168 \text{ GeV}$	
	α	β	α	β	α	β
CTEQ3	0.95 ± 0.64	0.36 ± 0.58	1.20 ± 0.13	0.39 ± 0.31	1.27 ± 0.06	0.92 ± 0.53
MRS(G)	1.02 ± 0.69	0.34 ± 0.58	1.38 ± 0.15	0.32 ± 0.32	1.47 ± 0.07	0.79 ± 0.53
GRV(94)	1.15 ± 0.77	0.33 ± 0.58	1.45 ± 0.16	0.34 ± 0.31	1.48 ± 0.08	0.88 ± 0.53



Ergebnisse von Hera



Zerfallskanäle D^*

$$D^{*+} \longrightarrow D^0 \pi^+ \quad (\text{BR: } 67,7\%)$$

$$D^{*+} \longrightarrow D^+ \pi^0 \quad (\text{BR: } 30,7\%)$$

$$D^{*+} \longrightarrow D^+ \gamma \quad (\text{BR: } 1,6\%)$$

Zerfallskanäle D^0

$$D^0 \longrightarrow K^- \pi^+ \pi^0 \quad (\text{BR: } 13,9\%)$$

$$D^0 \longrightarrow K^- \pi^+ \pi^+ \pi^- \quad (\text{BR: } 8,1\%)$$

$$D^0 \longrightarrow K^- \pi^+ \quad (\text{BR: } 3,89\%)$$

Zerfallskanäle D^*

$$D^{*+} \longrightarrow D^0 \pi^+ \quad (\text{BR: } 67,7\%)$$

$$D^{*+} \longrightarrow D^+ \pi^0 \quad (\text{BR: } 30,7\%)$$

$$D^{*+} \longrightarrow D^+ \gamma \quad (\text{BR: } 1,6\%)$$

Zerfallskanäle D^0

$$D^0 \longrightarrow K^- \pi^+ \pi^0 \quad (\text{BR: } 13,9\%)$$

$$D^0 \longrightarrow K^- \pi^+ \pi^+ \pi^- \quad (\text{BR: } 8,1\%)$$

$$D^0 \longrightarrow K^- \pi^+ \quad (\text{BR: } 3,89\%)$$

Zerfallskanäle D^*

$$D^{*+} \longrightarrow D^0 \pi^+ \quad (\text{BR: } 67,7\%)$$

$$D^{*+} \longrightarrow D^+ \pi^0 \quad (\text{BR: } 30,7\%)$$

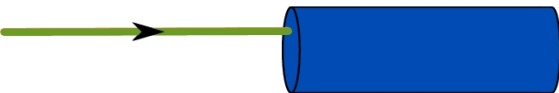
$$D^{*+} \longrightarrow D^+ \gamma \quad (\text{BR: } 1,6\%)$$

Zerfallskanäle D^0

$$D^0 \longrightarrow K^- \pi^+ \pi^0 \quad (\text{BR: } 13,9\%)$$

$$D^0 \longrightarrow K^- \pi^+ \pi^+ \pi^- \quad (\text{BR: } 8,1\%)$$

$$D^0 \longrightarrow K^- \pi^+ \quad (\text{BR: } 3,89\%)$$



- einlaufendes Myon



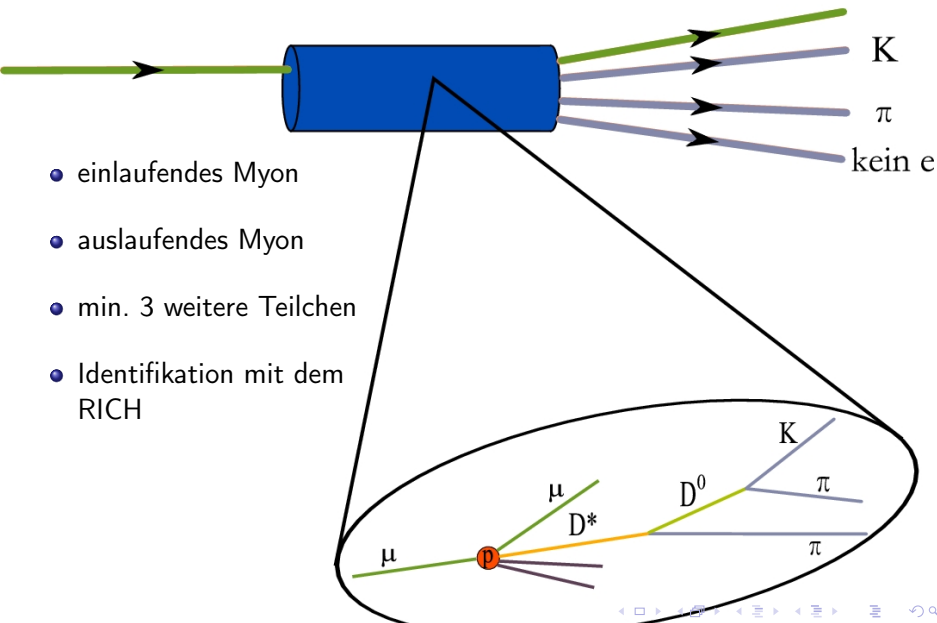
- einlaufendes Myon
- auslaufendes Myon



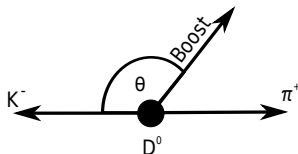
- einlaufendes Myon
- auslaufendes Myon
- min. 3 weitere Teilchen



- einlaufendes Myon
- auslaufendes Myon
- min. 3 weitere Teilchen
- Identifikation mit dem RICH



- Schnitt auf Kaonwinkel im Ruhesystem des D^0
 $|\cos \theta| < 0,9$

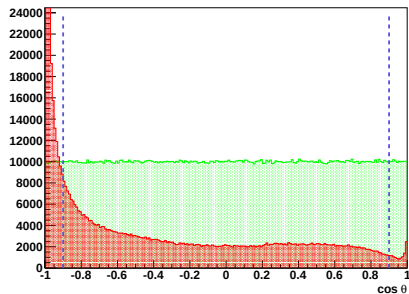


- Schnitt auf $z_D = \frac{E_D}{\nu} > 0,2$

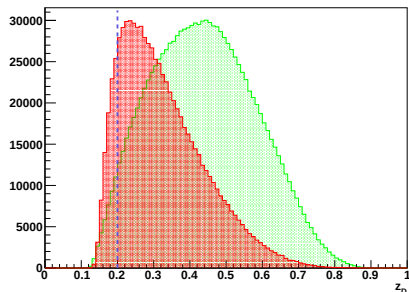
- Schnitt auf
 $3,2 < \Delta m < 8,9 \text{ MeV}/c^2$

$$\Delta m = M(D^*) - M(D^0) - M(\pi)$$

- Schnitt auf Kaonwinkel im Ruhesystem des D^0
 $|\cos \theta| < 0,9$
- Schnitt auf $z_D = \frac{E_D}{\nu} > 0,2$
- Schnitt auf
 $3,2 < \Delta m < 8,9 \text{ MeV}/c^2$
 $\Delta m = M(D^*) - M(D^0) - M(\pi)$



- Schnitt auf Kaonwinkel im Ruhesystem des D^0
 $|\cos \theta| < 0,9$
- Schnitt auf $z_D = \frac{E_D}{\nu} > 0,2$
- Schnitt auf
 $3,2 < \Delta m < 8,9 \text{ MeV}/c^2$
 $\Delta m = M(D^*) - M(D^0) - M(\pi)$

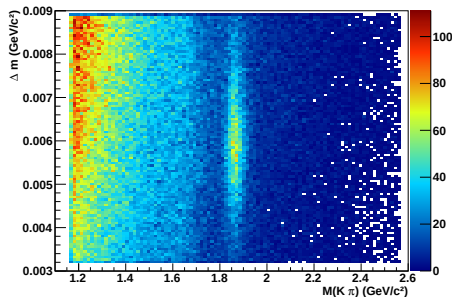


- Schnitt auf Kaonwinkel im Ruhesystem des D^0
 $|\cos \theta| < 0,9$

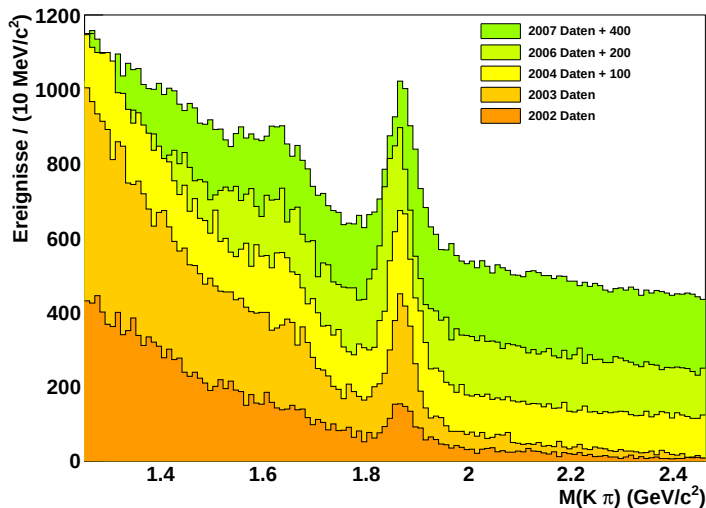
- Schnitt auf $z_D = \frac{E_D}{\nu} > 0,2$

- Schnitt auf
 $3,2 < \Delta m < 8,9 \text{ MeV}/c^2$

$$\Delta m = M(D^*) - M(D^0) - M(\pi)$$

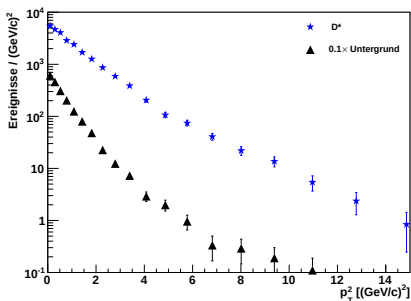


Ergebnis der Selektion

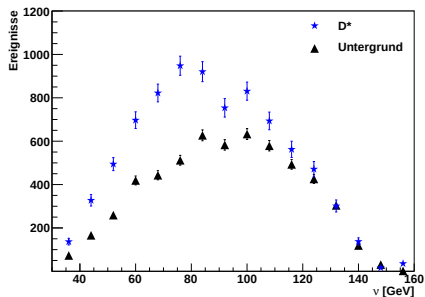


Kinematische Verteilung

- Alle Daten von 2002-2006 verwendet
- Keine Akzeptanzkorrektur



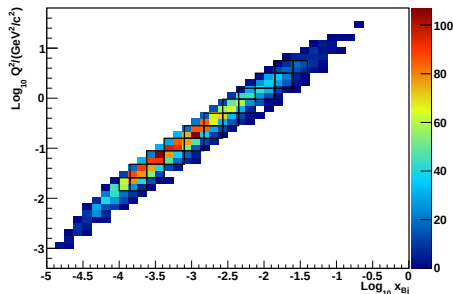
- Unterschiedliche Produktionsmechanismen



$$\frac{d\sigma}{dQ^2 dx_{Bj}} = \frac{N_D}{\mathcal{L} \cdot BR \cdot \mathcal{A} \cdot \Delta Q^2 \cdot \Delta x_{Bj}}$$

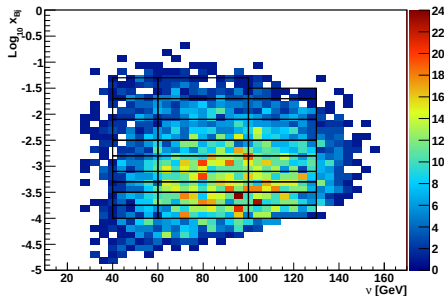
- Wie kann man die Größen bestimmen?
- Luminosität $\mathcal{L}$
- Verzweigungsverhältnis BR
- Die Bins in Q^2 und x_{Bj}
- N_D Anzahl an D^* -Ereignissen
- Akzeptanz $\mathcal{A}$

Kinematische Verteilung in x_{Bj} und Q^2



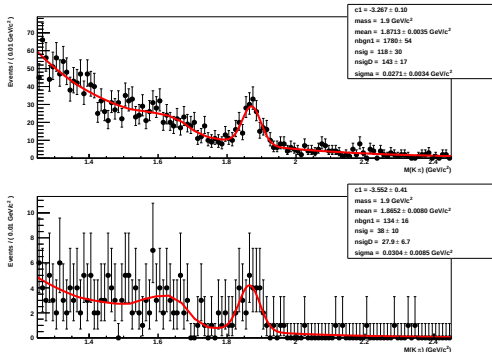
- 2004 Daten
- D^* Ereignisse innerhalb von $m(D^*) \pm 70 \text{ MeV}/c^2$
- Möglichst alle Daten sollen abgedeckt sein
- Bin soll vollständig gefüllt sein
- Zwei Datenpunkte
- ν -Bereiche angepasst an EMC

Kinematische Verteilung in x_{Bj} und Q^2



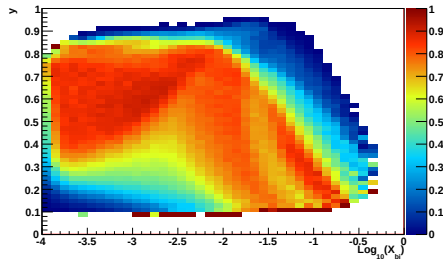
- 2004 Daten
- D^* Ereignisse innerhalb von $m(D^*) \pm 70 \text{ MeV}/c^2$
- Möglichst alle Daten sollen abgedeckt sein
- Bin soll vollständig gefüllt sein
- Zwei Datenpunkte
- ν -Bereiche angepasst an EMC

Bestimmung von N_D

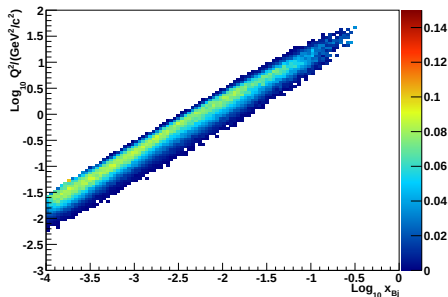


- Fit an das invariante Massenspektrum im Bereich von $\pm 700 \text{ MeV}$
- Exponentieller Untergrund
- Gaußfunktion für den Peak von $D^0 \rightarrow K\pi$
- Spezielle Form für den Peak des Dreikörperzerfalls des D^0

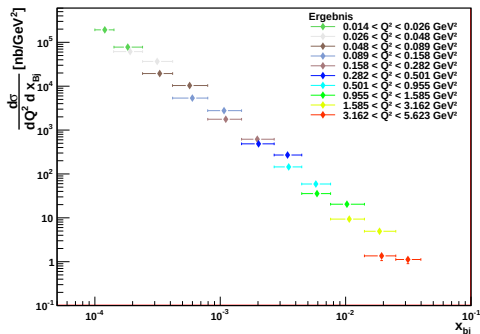
- Nur für D^* Ereignisse für 2004
- Monte Carlo Simulation (AROMA)
- Gleiche Schnitte wie für reale Daten
- Bestimmt wurden:
 - Inklusive Myon-Akzeptanz
 - Akzeptanz für D^* -Mesonen
- Akzeptanz $\approx 7 - 9\%$



- Nur für D^* Ereignisse für 2004
- Monte Carlo Simulation (AROMA)
- Gleiche Schnitte wie für reale Daten
- Bestimmt wurden:
 - Inklusive Myon-Akzeptanz
 - Akzeptanz für D^* -Mesonen
- Akzeptanz $\approx 7 - 9\%$

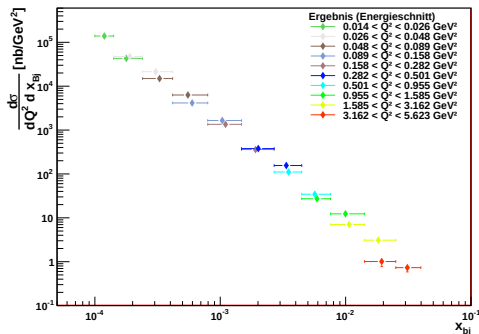


Differenzieller Wirkungsquerschnitt

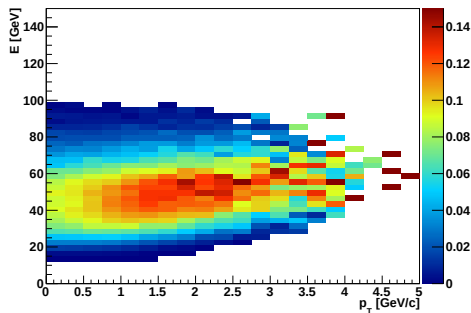


- Energieschnitt:
 $20 \text{ GeV} < E_D < 80 \text{ GeV}$
- Mit anderem Binning:
 - $\sigma = (1,8 \pm 0,6) \text{ nb}$
 - $\sigma_S = (1,8 \pm 0,4) \text{ nb}$

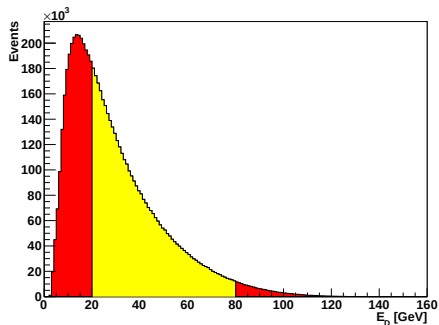
Differenzieller Wirkungsquerschnitt



- Energieschnitt:
 $20 \text{ GeV} < E_D < 80 \text{ GeV}$
- Mit anderem Binning:
 - $\sigma = (1,8 \pm 0,6) \text{ nb}$
 - $\sigma_S = (1,8 \pm 0,4) \text{ nb}$



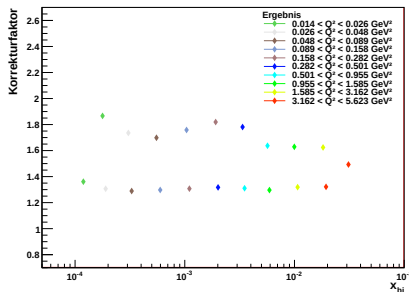
- Schlechte Akzeptanz
- $20 \text{ GeV} < E_D < 80 \text{ GeV}$
- 59% aller MC Ereignisse



- Schlechte Akzeptanz
- $20 \text{ GeV} < E_D < 80 \text{ GeV}$
- 59% aller MC Ereignisse

Korrektur des Energieschnitts

- Korrekturfaktor = $\frac{N(D^*)_{\text{Ohne E. Schnitt}}}{N(D^*)_{\text{Mit E. Schnitt}}}$
- Für jeden Bin bestimmt
- Alternative: Kein Schnitt auf die Energie
→ Benutze Bereich mit schlechter Akzeptanz



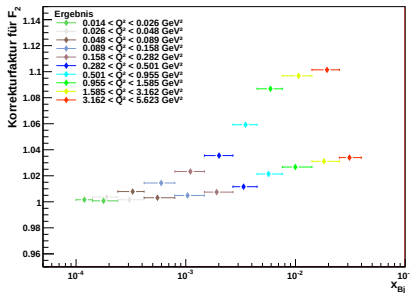
$$\frac{d^2\sigma}{dx dQ^2} = \frac{2\pi\alpha^2}{Q^4 x} ((1 + (1 - y)^2) F_2^{cc}(x, Q^2) - y^2 F_L^{cc}(x, Q^2))$$

- Werte für y, Q^2, x_{Bj} aus Monte-Carlo-Simulation
- Einfluss F_L ?
- Berücksichtigung des Energieschnitts

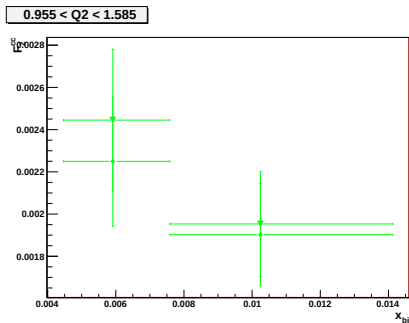
Einfluss von F_L

- $F_L = \frac{R}{R+1} F_2$
- $R = \sigma_L / \sigma_T$
- Annahme: Gleiches Verhalten wie F_L
- Korrekturfaktor für F_2^{cc} :

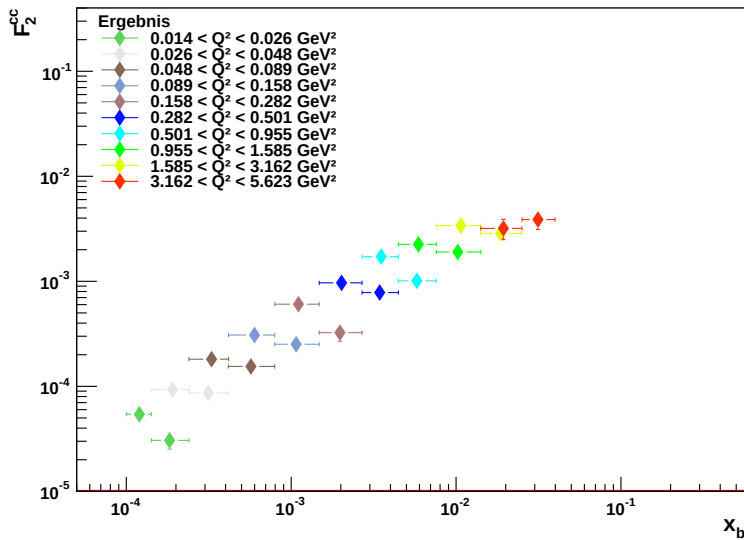
$$C = 1 / \left(1 - \frac{R}{R+1} \cdot \frac{y^2}{1 + (1-y)^2} \right)$$



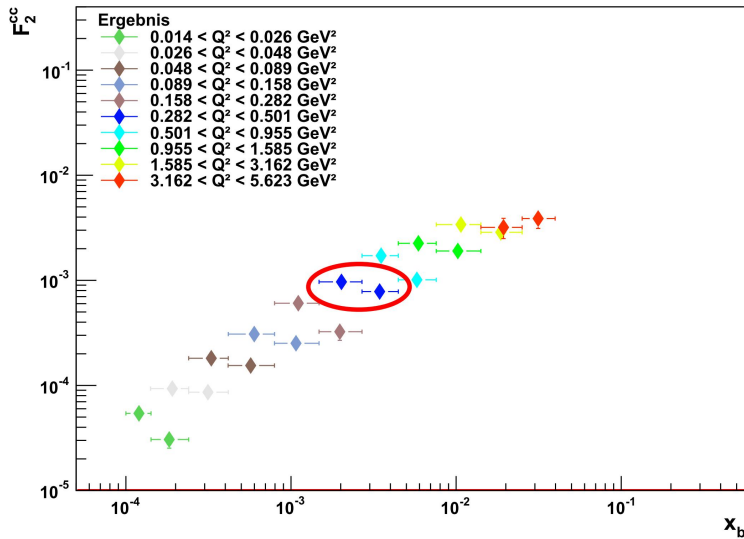
- Korrekturfaktor zwischen 0% und 10%
- Fehler auf $F_2^{cc} \approx 15\%$
- F_L^{cc} unbekannt in diesem Bereich
 $\Rightarrow F_L^{cc}$ kann vernachlässigt werden



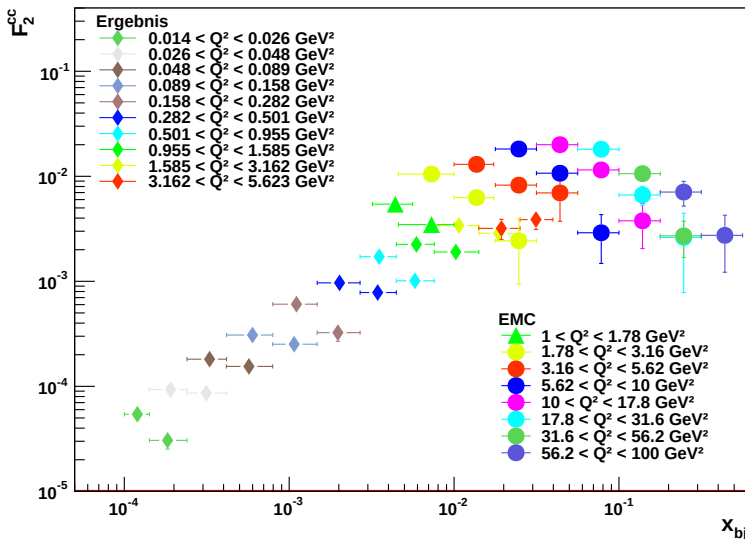
Ergebnis für F_2^{cc}



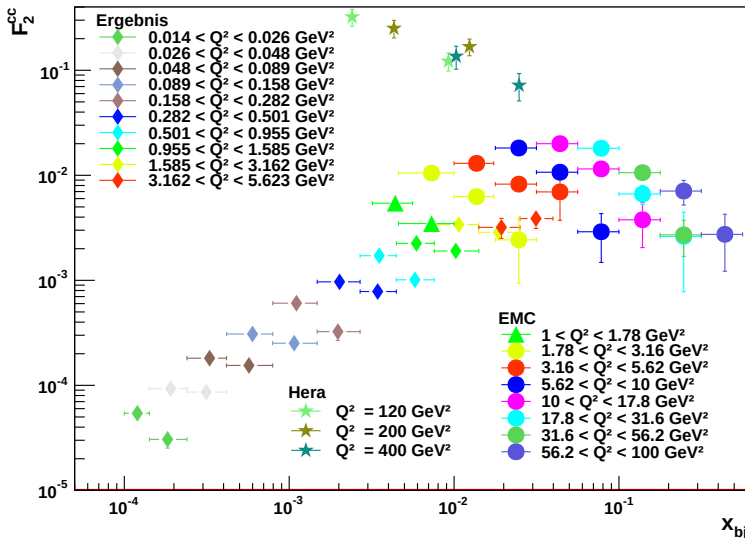
Ergebnis für F_2^{cc}



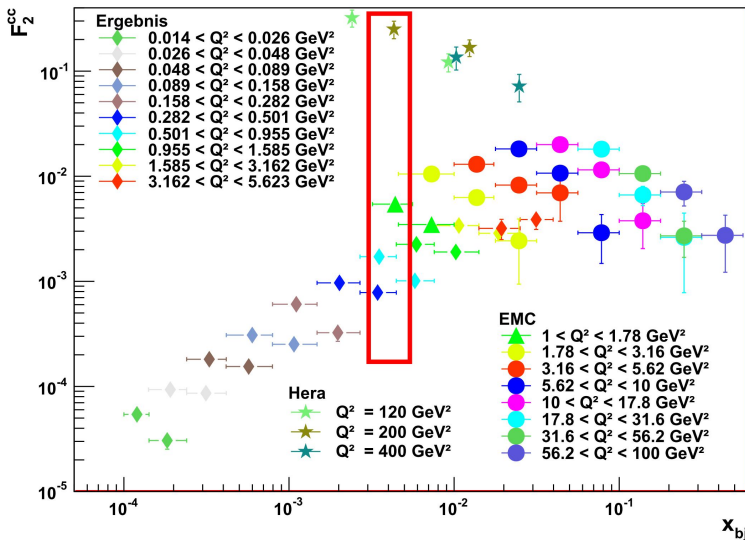
Ergebnis für F_2^{cc}



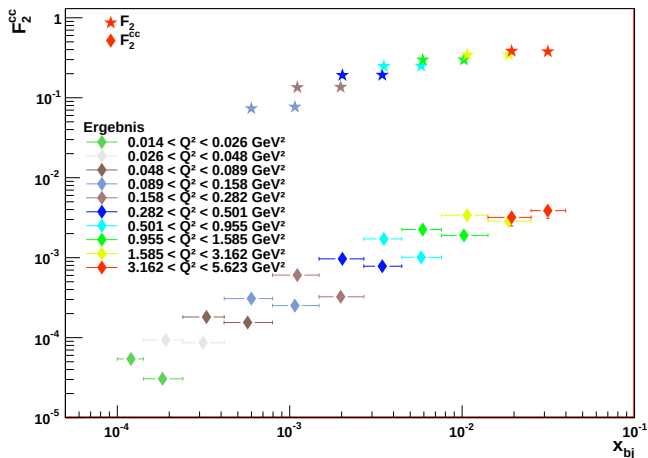
Ergebnis für F_2^{cc}



Ergebnis für F_2^{cc}



Vergleich mit F_2



Anteil an $F_2 \approx 0,6\%$

- Es ist möglich F_2^{cc} zu bestimmen
- F_L^{cc} kann vernachlässigt werden
- Kein Rückschluss auf intrinsischen Charm möglich
- Bestimmung der Korrektur für andere Charmquellen
- Berücksichtigung der Daten von 2006