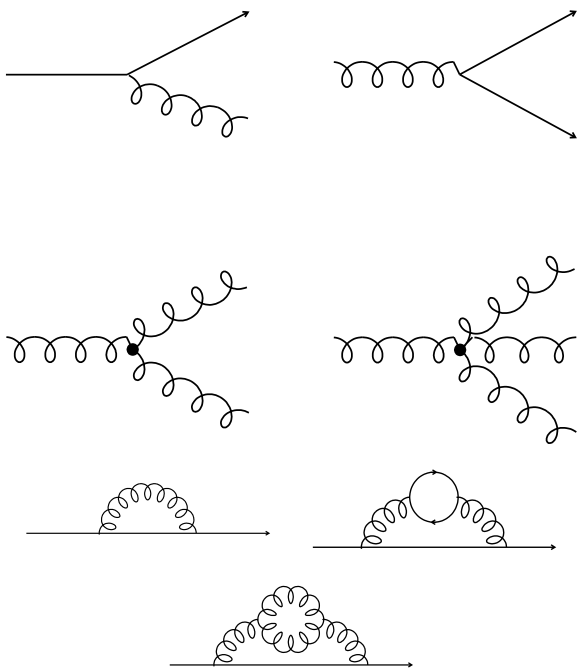
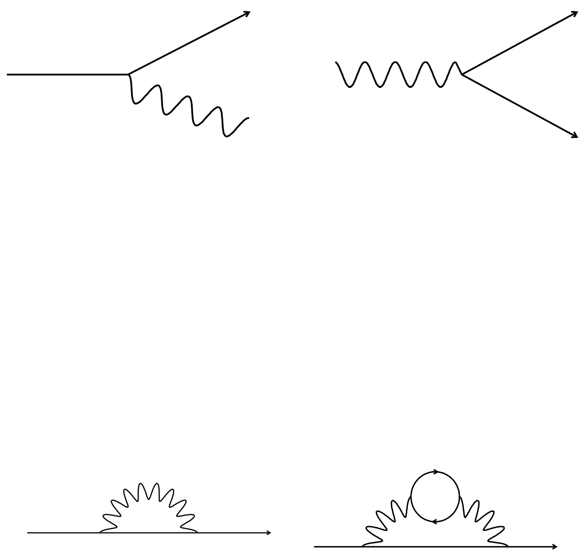
HERA Highlights

Zeuthen, 18. Juni 2001

Peter Schleper

DESY

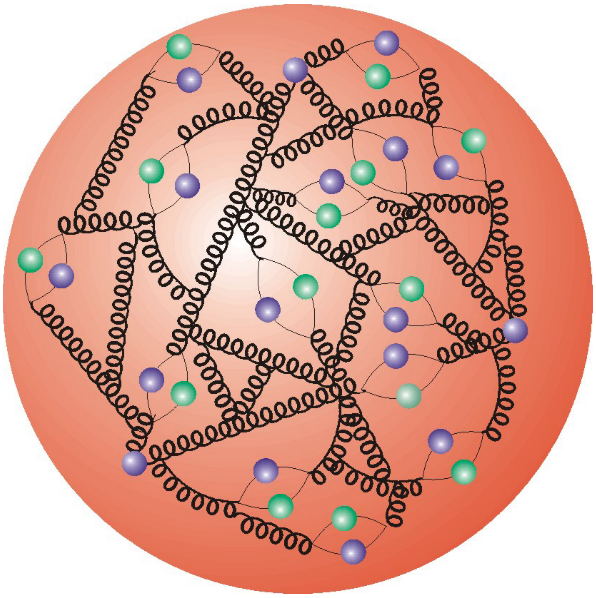
Starke Wechselwirkung

Quanten-Chromo-Dyn.	Quanten-Elektro-Dyn.
QCD	**QED**
3 Farben	1 Ladung
6 Quarks	6 Quarks, 3 Leptonen
8 Gluonen mit Farbe	1 Photon ohne Ladung
	
$\alpha_s \approx$ 0,1...1	$\alpha_{elm} \approx$ 0.01

Confinement

Quanten-Fluktuationen

$\longrightarrow$ keine freien Quarks oder Gluonen



Proton:

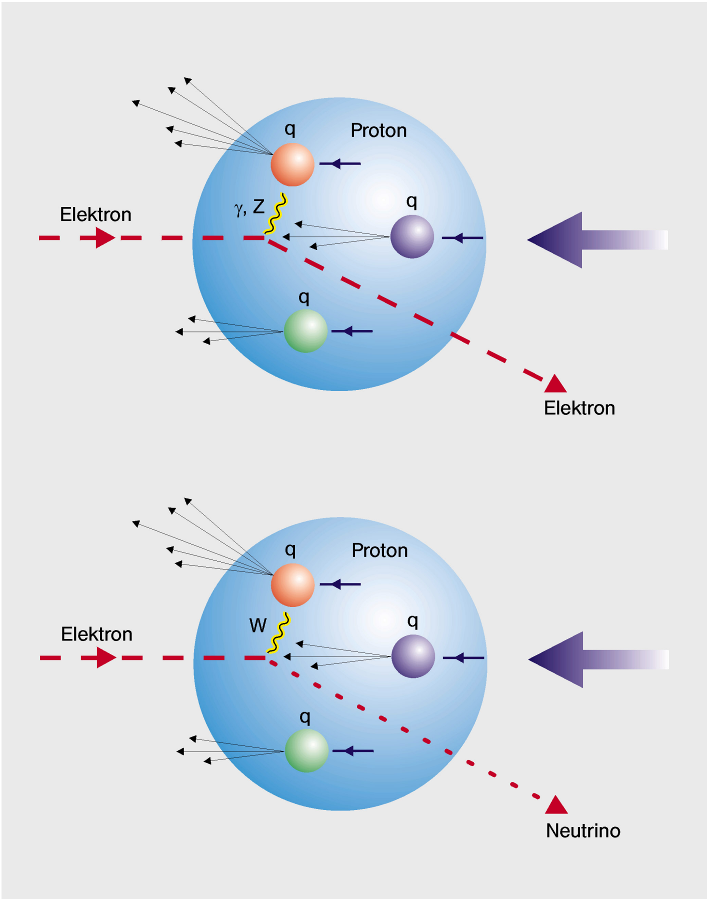
u + u + d

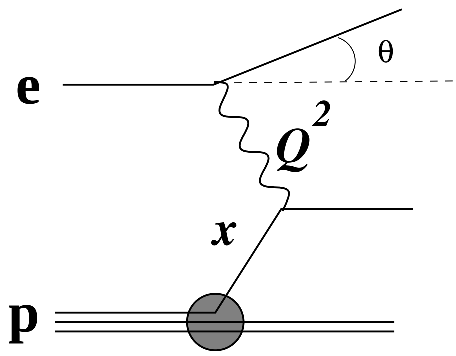
+ Quantenfluktuationen

Vielkörperproblem ! Keine Vorhersagen für:

- Masse $\longleftarrow$ Bindungsenergie
- Radius
- Quanteninhalt: Quarks, Gluonen
- Spin-Zusammensetzung
- Dynamische Vorgänge im Confinement-Bereich

HERA: Elektron - Proton Streuung





Q = 1/ Auflösungsvermögen

x = $E_{\mathrm{Quark}} \,/\, E_p$

Q groß: Momentaufnahme der Quantenfluktuationen im Proton

HERA

$E_e = 27.5$ GeV $\rightarrow\leftarrow$ $E_P = 920$ GeV

$\rightarrow$ **HERA:** $E_{cms} = 320$ GeV

vor HERA: $E_{cms} < 20$ GeV

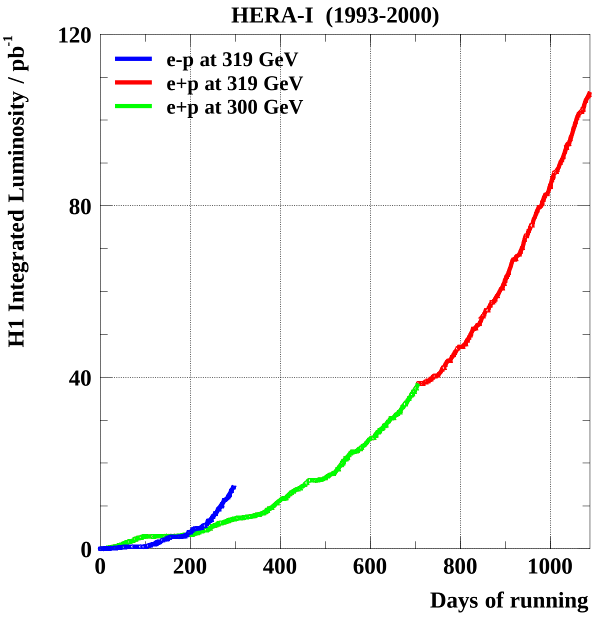
$Q = 0.2$ **GeV** $\leftrightarrow$ $r = 1$ **fm**

$$R_{proton} < 1/Q < R_{proton}/1000$$

$$10^{-6} < x < 1$$

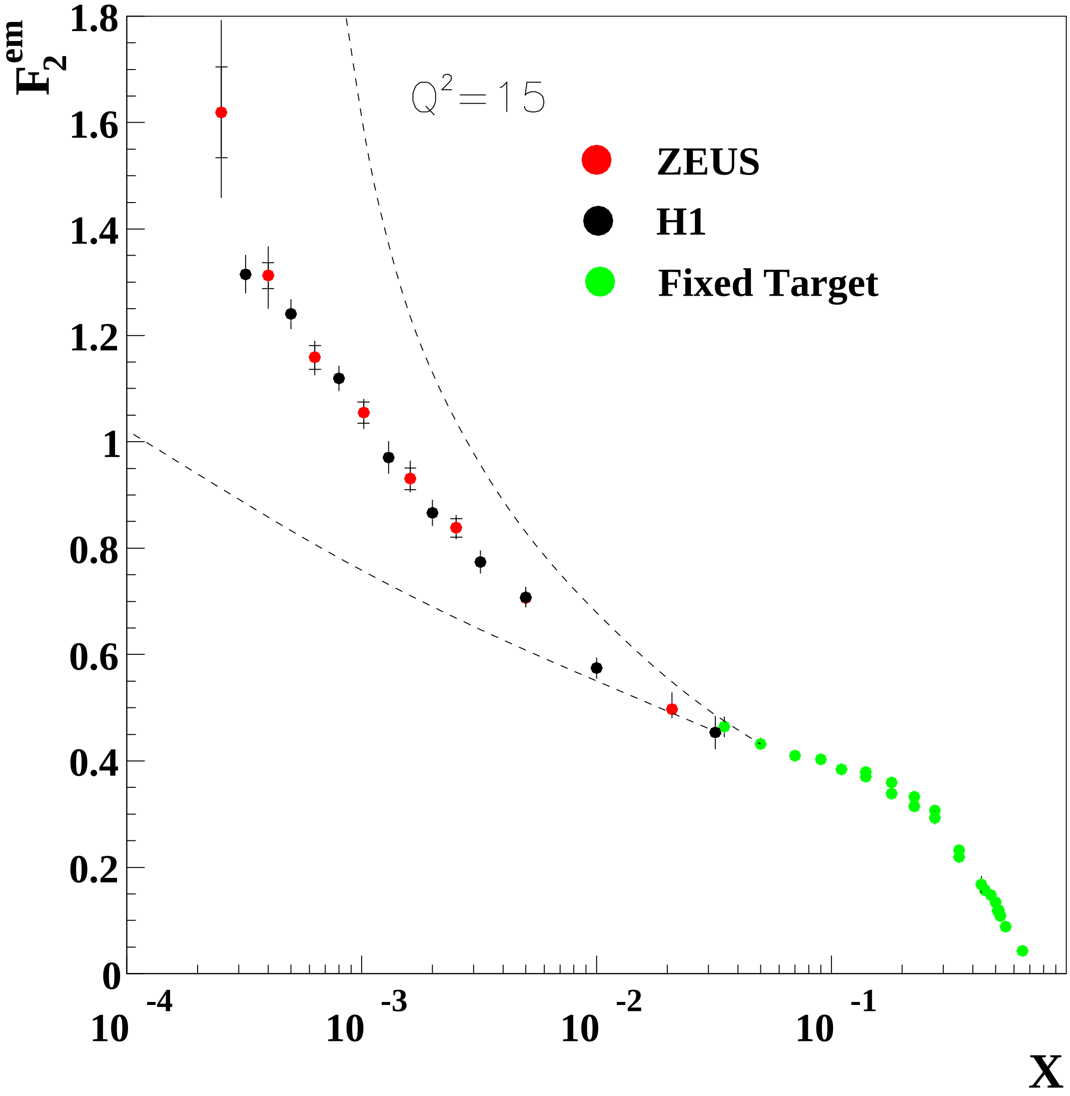
$\rightarrow$ **Faktor 100 höher in Q^2 / tiefer in x**

Anstieg der Datenmenge bei HERA



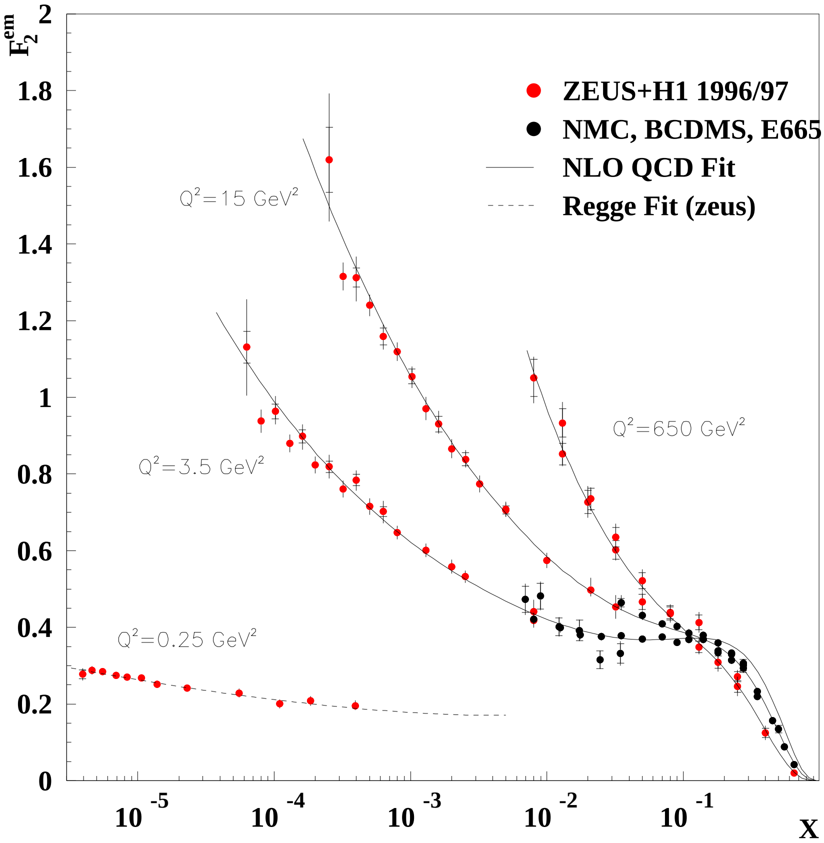
Extrem erfolgreiche Datennahme 1999-2000

Quarks im Proton



Viele Quarks bei kleinen x !!

Gluonen im Proton



kleine x, große Q^2 $\longrightarrow$ viele Abstrahlungen, hohe Parton-Dichten

Interesse an kleinen x

- Parton-Dynamik, Test der QCD nach vielen Abstrahlungen (Gluon-Selbst-WW)
- Grenzen der Parton-Dichten ?
  Gluon-Interferenz (Saturation)
- Confinement
- Anwendungen bei Proton-Proton Beschleunigern (LHC): Gluon-Gluon $\longrightarrow$ HIGGS
- Anwendung bei Schwer-Ionen Physik, kosmischer Strahlung
- Gravitation in extra Dimensionen

$\longrightarrow$ Boom in low-x Physik

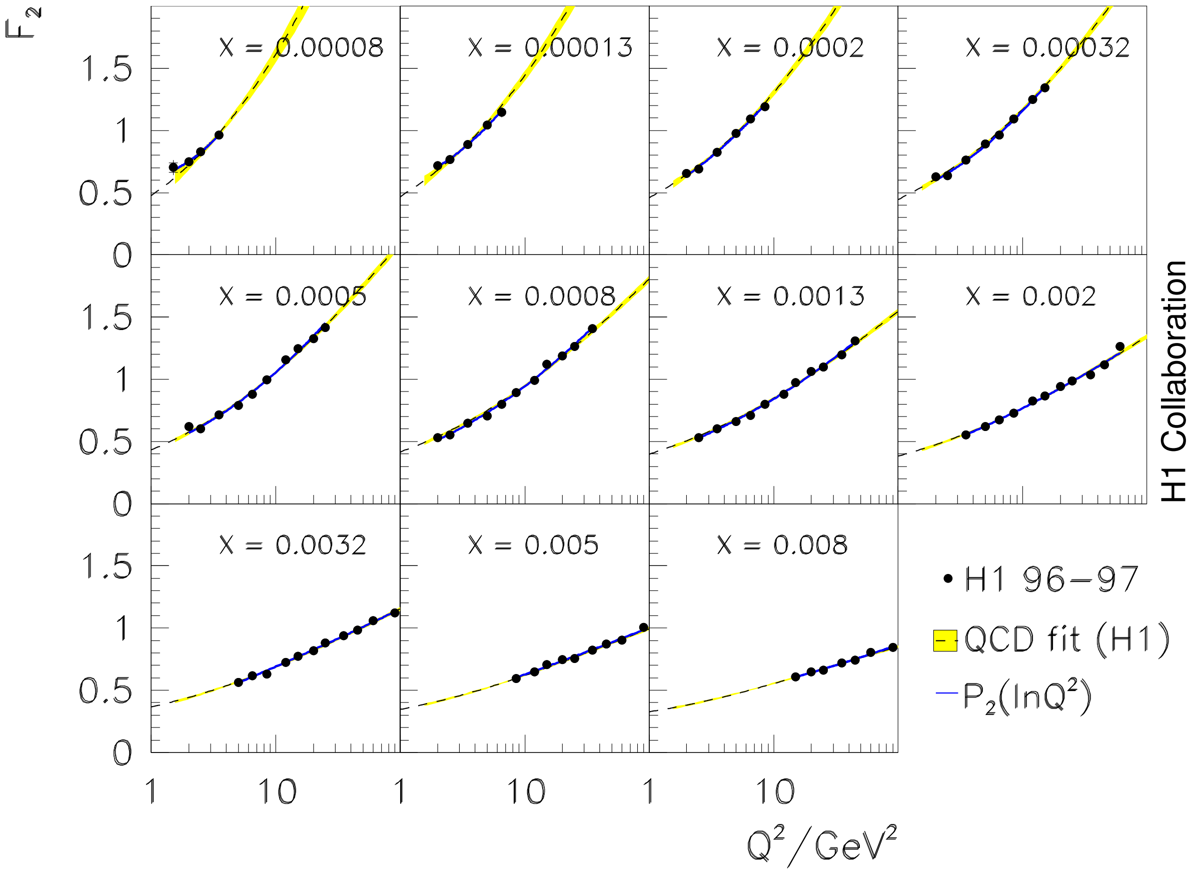
Partonen im Proton

punktförmige Partonen:

$\longrightarrow$ F_2 unabhängig von Q^2

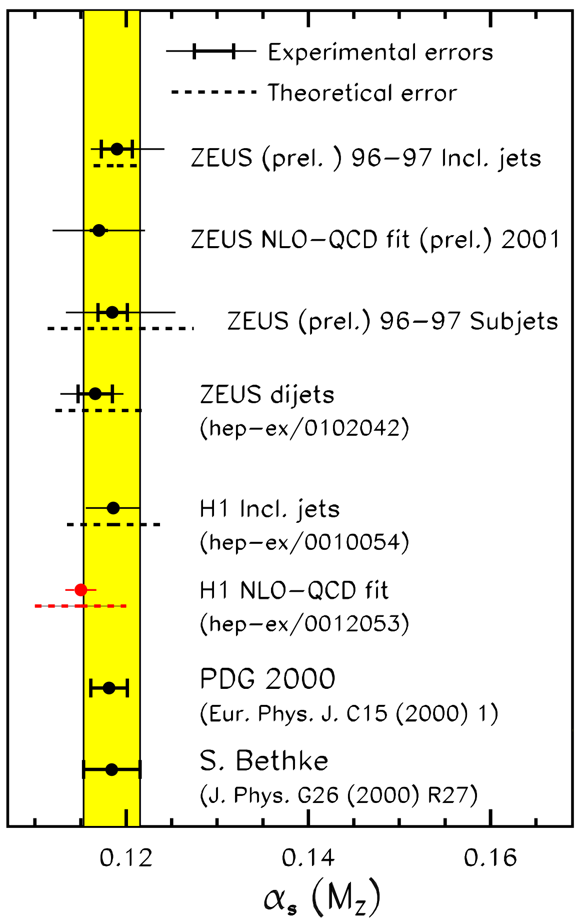
$g \longrightarrow q\bar{q}$:

$\longrightarrow$ Steigung $\approx$ $\alpha_s \times$ Gluondichte



Braucht Genauigkeit !

Die Starke Kopplungskonstante α_s



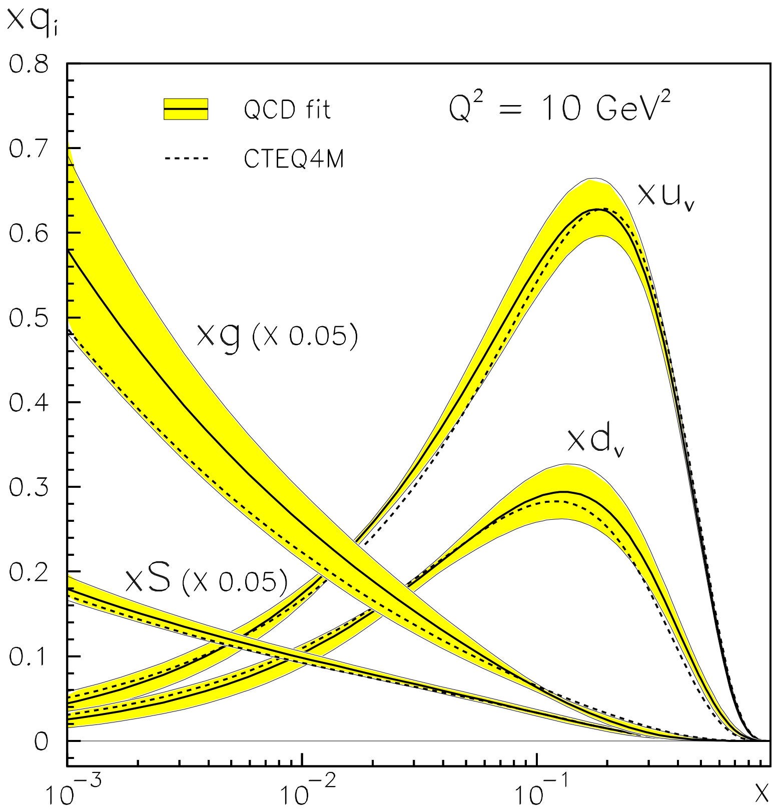
Neue theoretische Entwicklung:

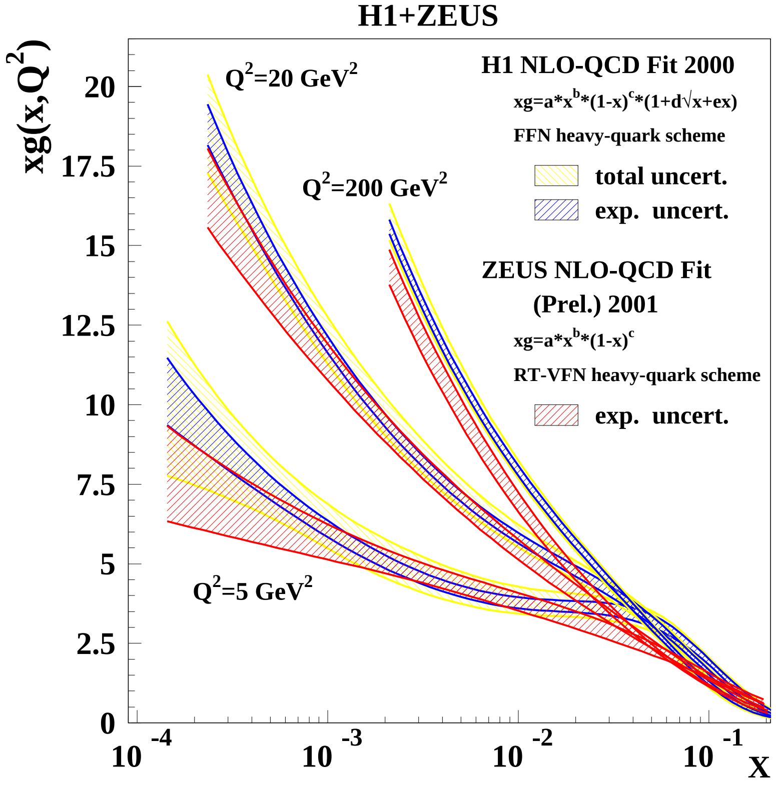
next-to-next-to-leading order Rechnungen

$\longrightarrow$ **Fehler reduziert um Faktor 2-3 !!**

Herausforderung: weltbestes α_s ($\pm$ 1%)

Quark/Gluon Verteilungen im Proton



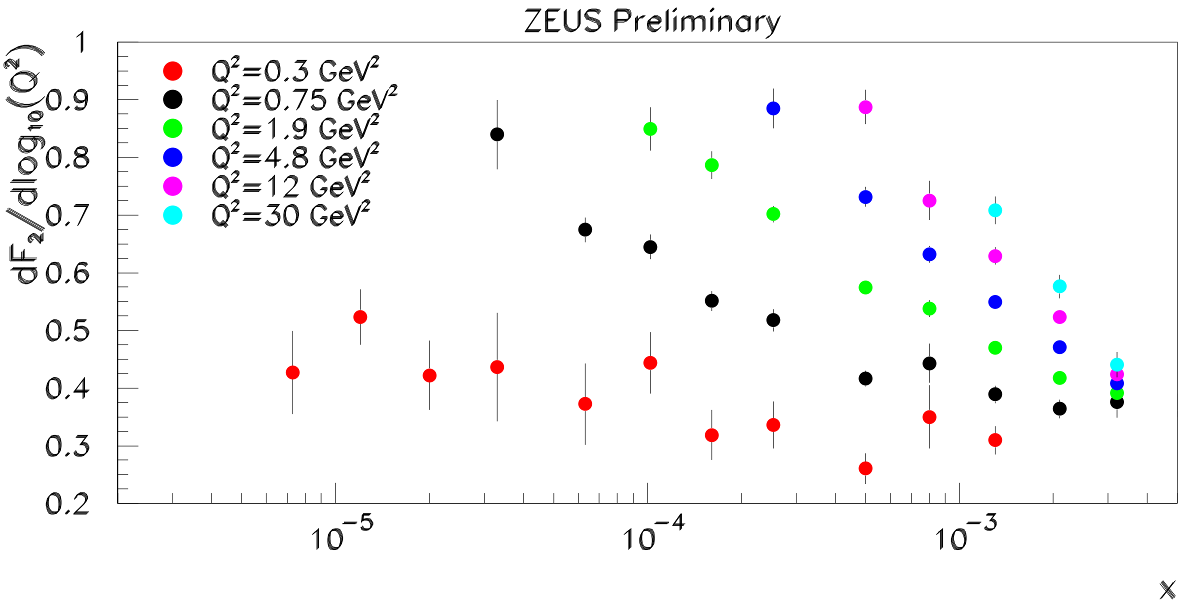


Saturation der Gluon-Dichten

extrem kleine x (hohe Gluon Dichten)

$\longrightarrow$ kinematisch auch Übergang zur

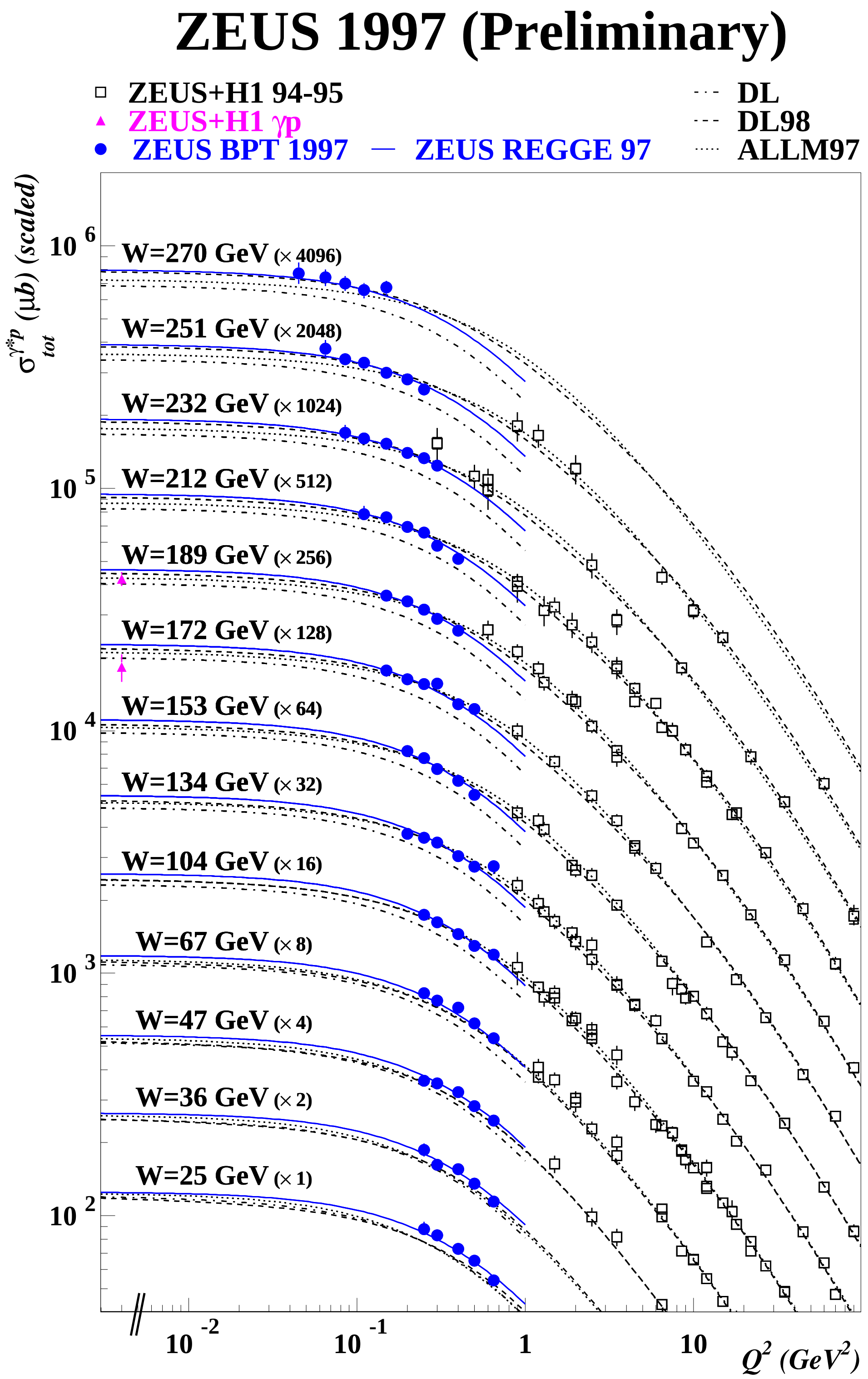
Photoproduction $Q^2 \rightarrow 0$



kein Effekt sichbar bei festem $Q2$

$Q^2 \rightarrow 0$: keine Auflösung mehr, keine Struktur ($F_2 \rightarrow 0$) $Q^2 < 1$GeV^2: schwierig Effekte bei kleinen x von Effekten bei kleinen Q^2 auseinander zu halten

Saturation der Gluon-Dichten

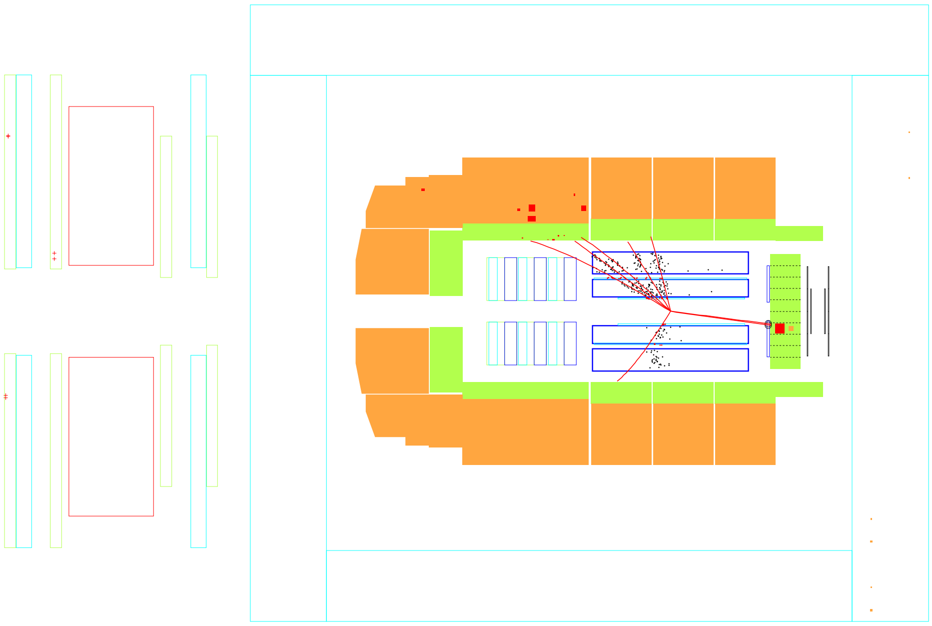


Parton Korrelationen

keine

Proton

Fragmente



10% aller Ereignisse

elastische Streuung: $\gamma^* p \to X p$

γ^* trifft Quark aber p überlebt

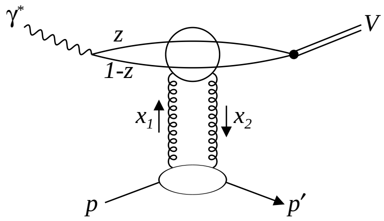
Diffraktion:

gleichzeitige Streuung an mehreren

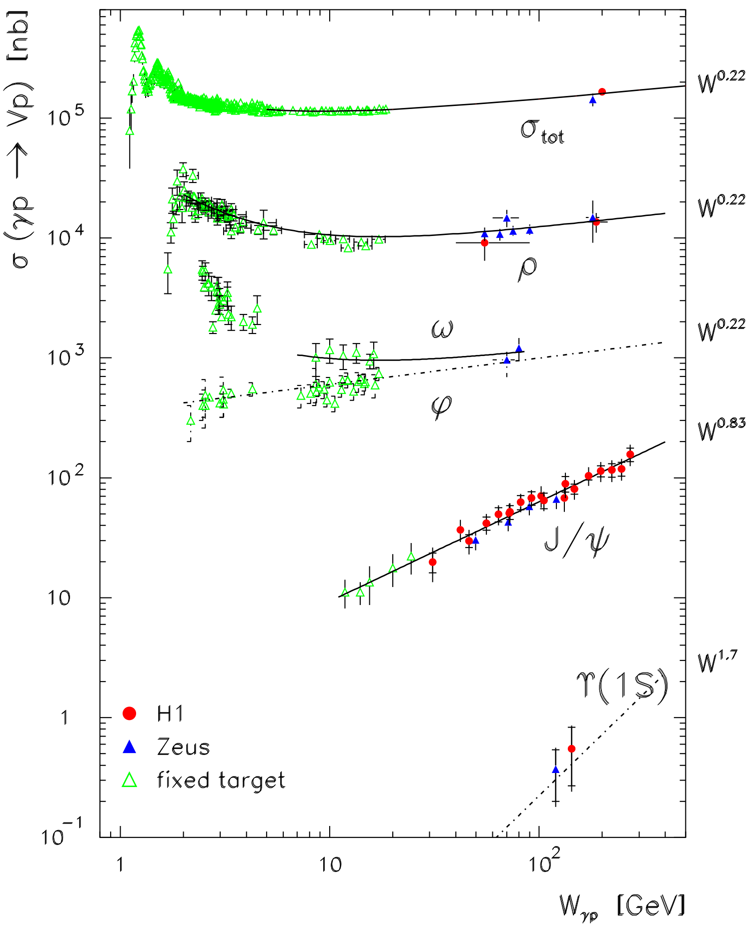
Quarks/Gluonen

Korrelationen in den Quantenfluktuationen

Elastische Meson Produktion

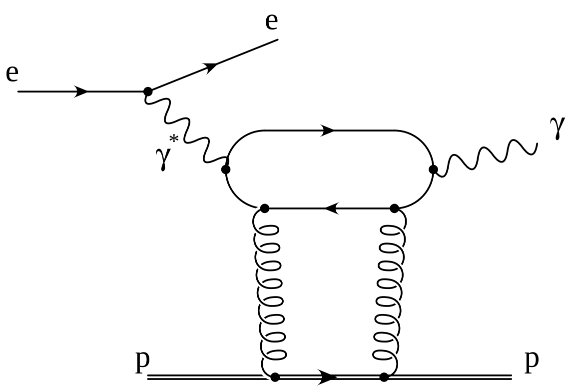


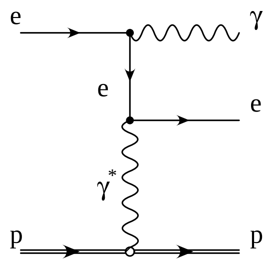
“Skewed Parton Distributions $f(x_1, x_2, Q^2)$ “

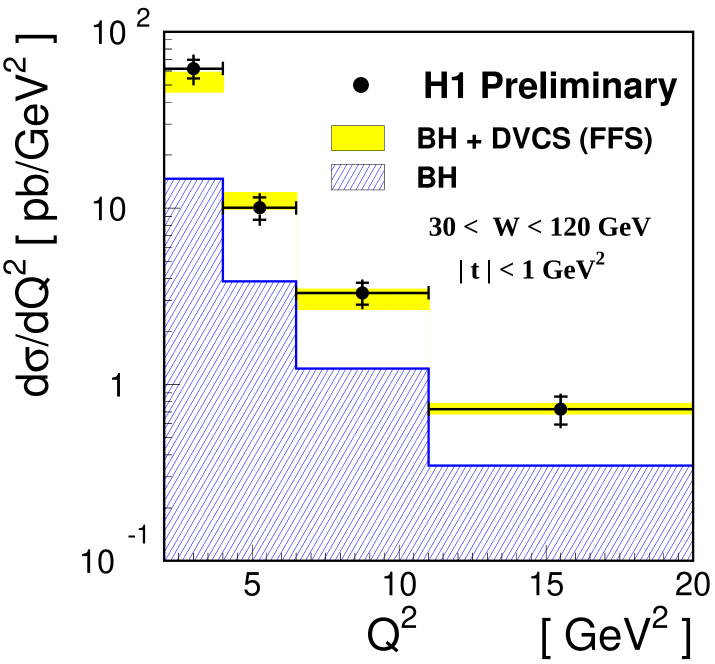


Anstieg der Gluondichte muss aufhören !

Deeply Virtual Compton Scattering

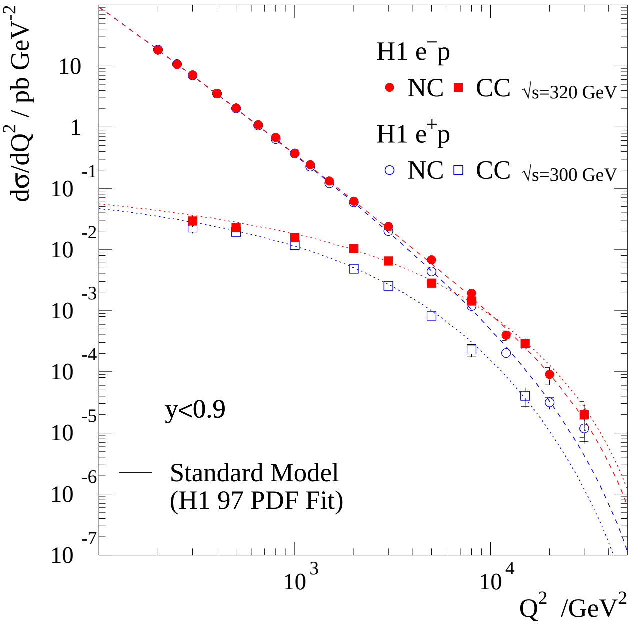






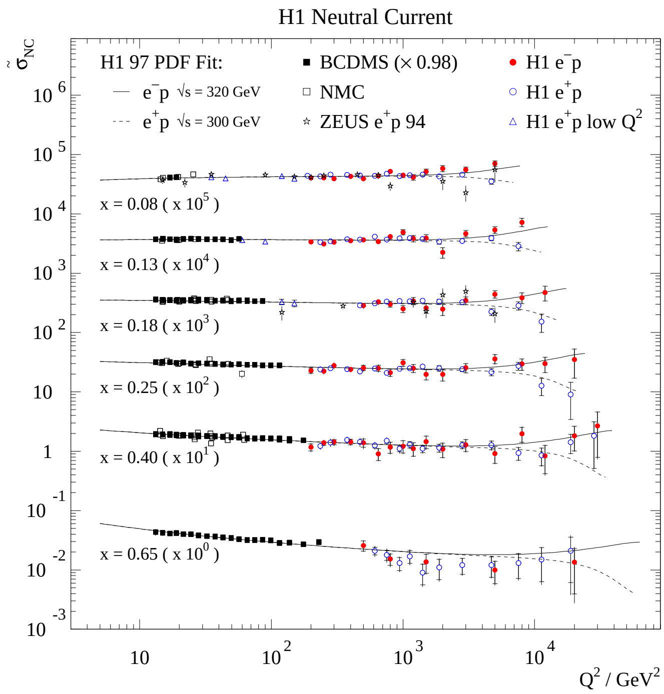
γ- $\times$ Gluon-Paar beschreibt Daten !

Schwache Wechselwirkung



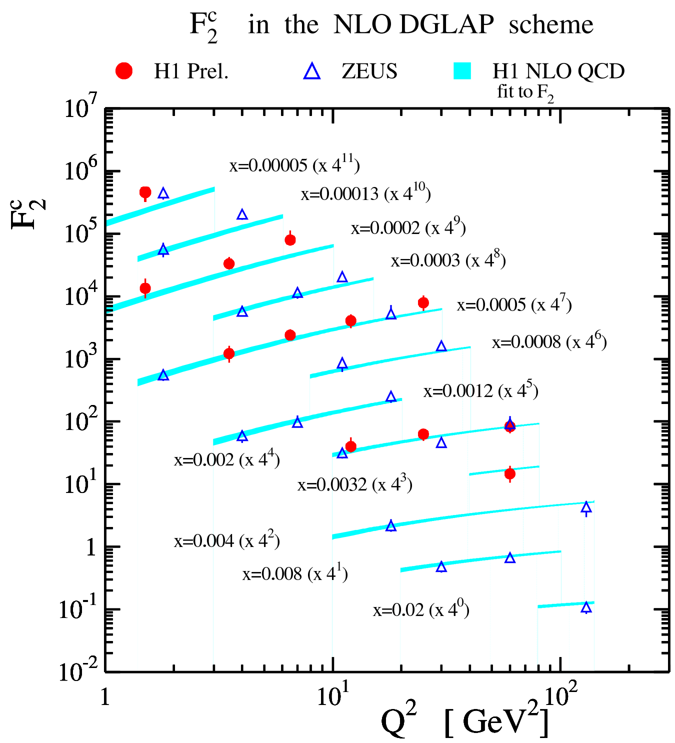
$\gamma/Z \approx W$

Vereinheitlichung



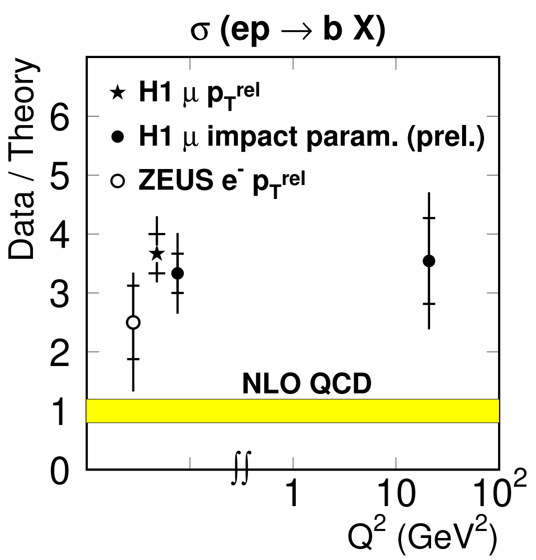
Mehr Daten bei großen x, Q^2 !

Schwere Quarks



Gluon induziert:

$$\gamma g \rightarrow c\bar{c}$$



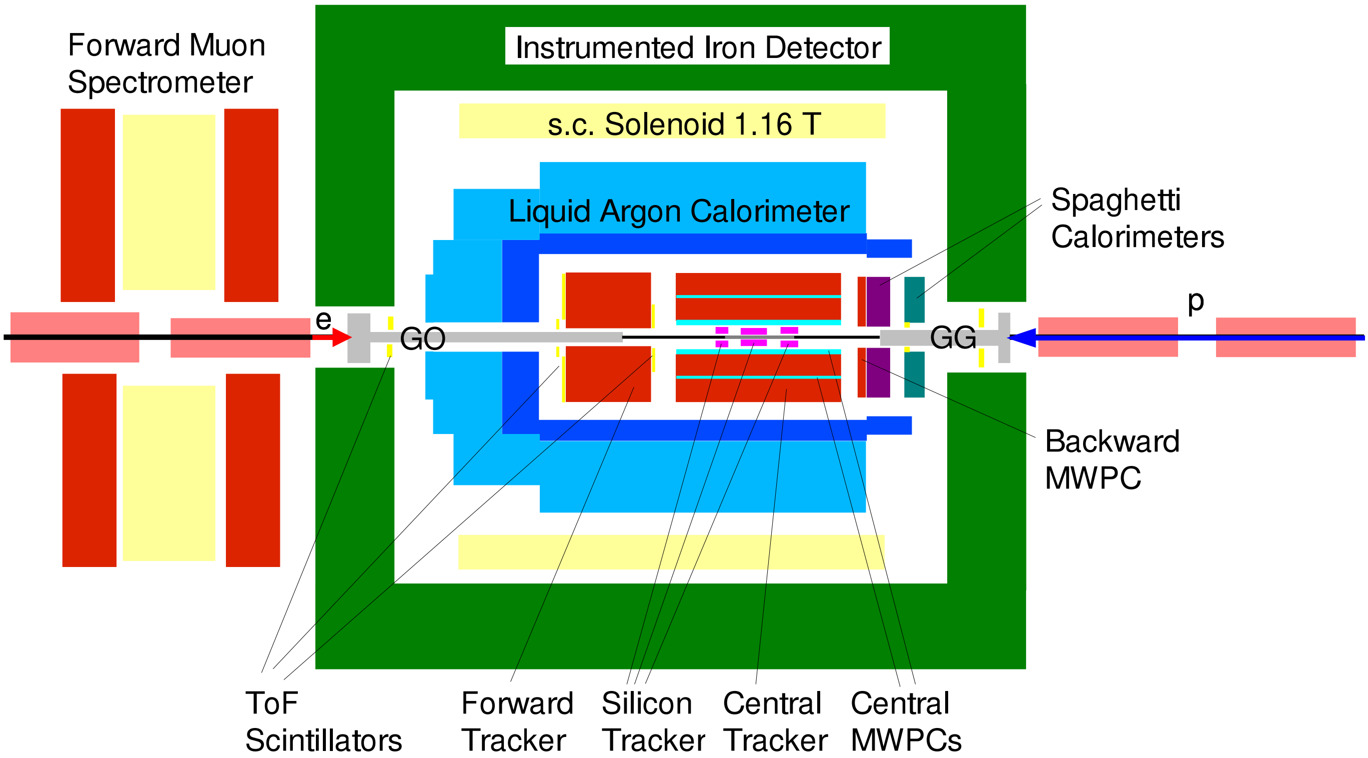
Gluon induziert:

$$\gamma g \rightarrow b\bar{b}$$

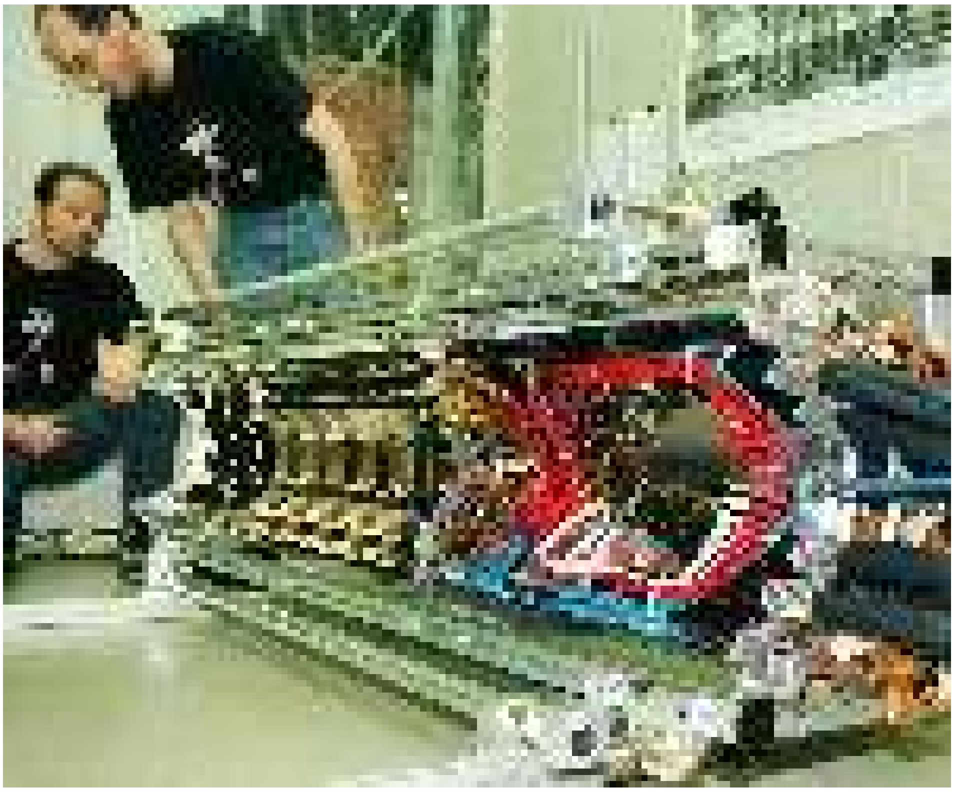
unklar ! siehe auch Tevatron

Der HERA Upgrade

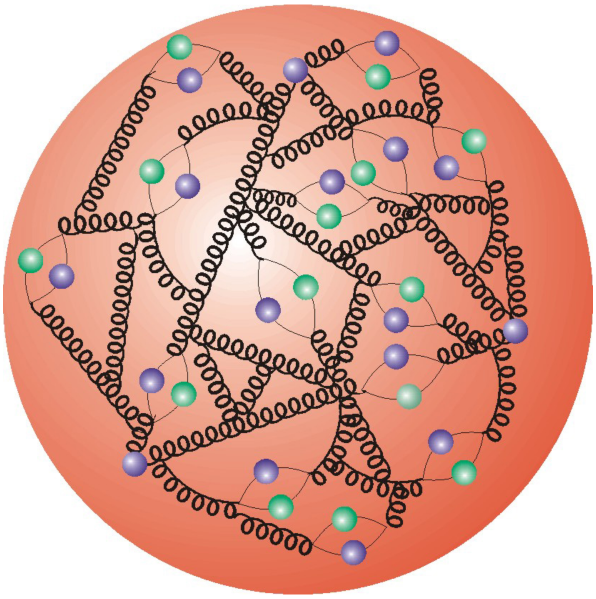
- Faktor 10 mehr $e - p$ Kollisionen durch bessere Fokussierung
- Polarisierte Elektronen
- Ausbau der Experimente



Der HERA Upgrade



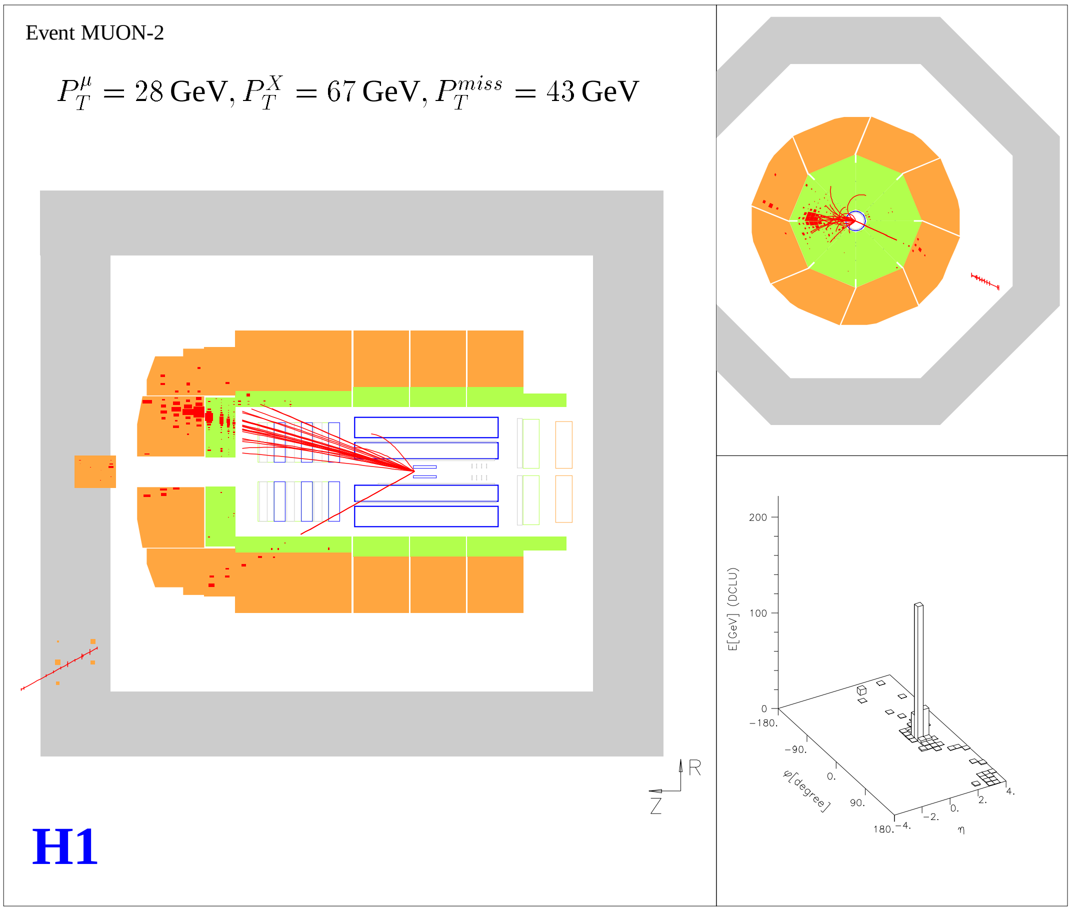
Zusammenfassung



- Quark - Gluon Bild des Protons
  präzise gemessen, $\lesssim$ 10% Fehler
- neuer Bereich der QCD:
  theoretisch schwierig
  hohe q / g Dichten bei kleinen x
- Diffraktion: Korrelationen von Partonen, Confinement
- HERA II: Faktor 10 mehr Daten
  ab 11/2000 – 2005/6
  $\rightarrow$ große x und Q^2

Das Unerwartete

$$e^+p \to \mu^+ X$$



bisher unerklärt !

anomale W Produktion, $e \to \mu$,

Supersymmetrie ?