

Rutherford-Streuung

▶ $m \ll M$ (Rückstoss vernachlässigbar)

▶ $E_{kin} < mc^2$ (nicht relativistisch)

▶ $\lambda \gg r_{target}$

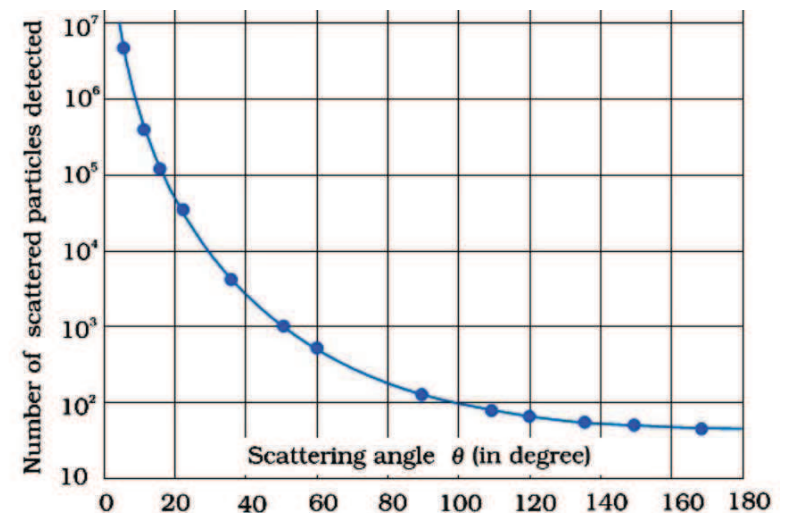
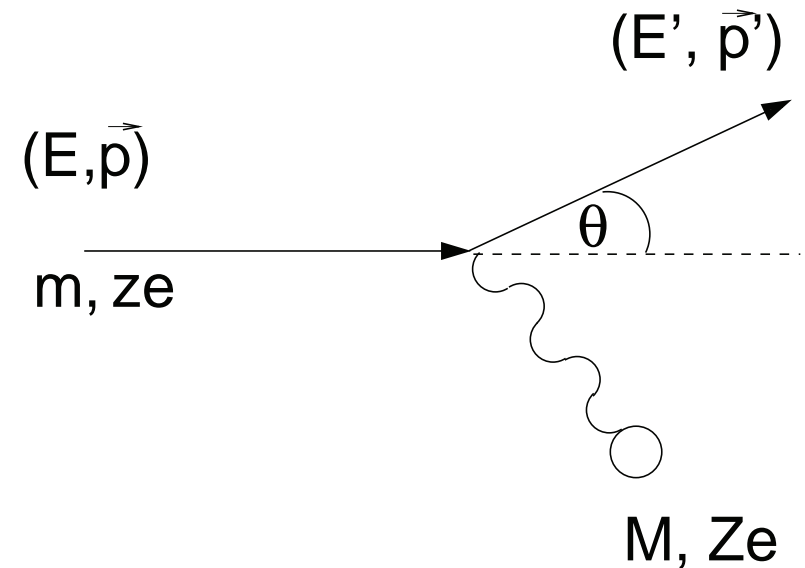
λ : de Broglie Wellenlänge des einlaufenden Teilchens

r_{target} : Ausdehnung des Target-Teilchens

▶ punktförmige spinlose Streupartner

$$\left(\frac{d\sigma}{d\Omega} \right)_{Ruth} = \frac{z^2 Z^2 \alpha^2}{16E_{kin}^2} \frac{1}{\sin^4 \theta/2} (\hbar c)^2$$

$$|q| = 2|\vec{p}| \sin \theta/2$$



Mott-Streuung

Unterschied zu Rutherford:

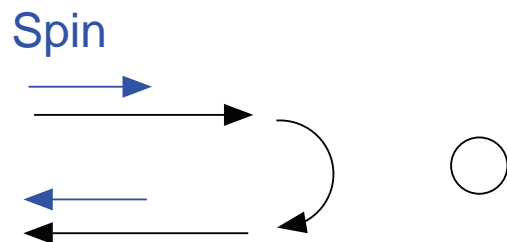
einlaufendes Teilchen hat **Spin $S=1/2$** , relativistische Energien

$$\left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_{Mott} = \left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_{Ruth} (1 - \beta^2 \sin^2 \theta/2)$$

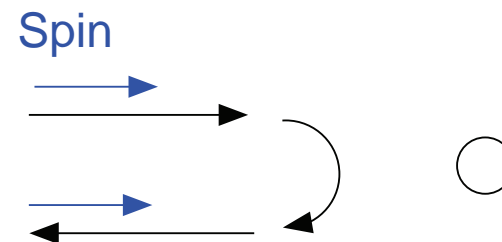
Rückwärtsstreuung ist unterdrückt

(gleichzeitig Drehimpuls und Helizitätserhaltung nicht möglich)

$\beta = v/c$ des einlaufenden Teilchens



Helizität erhalten
Drehimpuls nicht erhalten



Helizität nicht erhalten
Drehimpuls erhalten

Ausgedehnte Ladungsverteilung

$$\left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_{\text{ausgedehnt}} = \left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_{\text{punkt f}} |F(\vec{q}^2)|^2$$

$\vec{q} = (\vec{p} - \vec{p}') \quad 3\text{-er Impulsübertrag}$

Formfaktor ist die Fouriertransformierte
der Ladungsverteilung

⇒ Information über die Ladungsverteilung von Kernen

Für mittlere und grosse Atomzahlen:

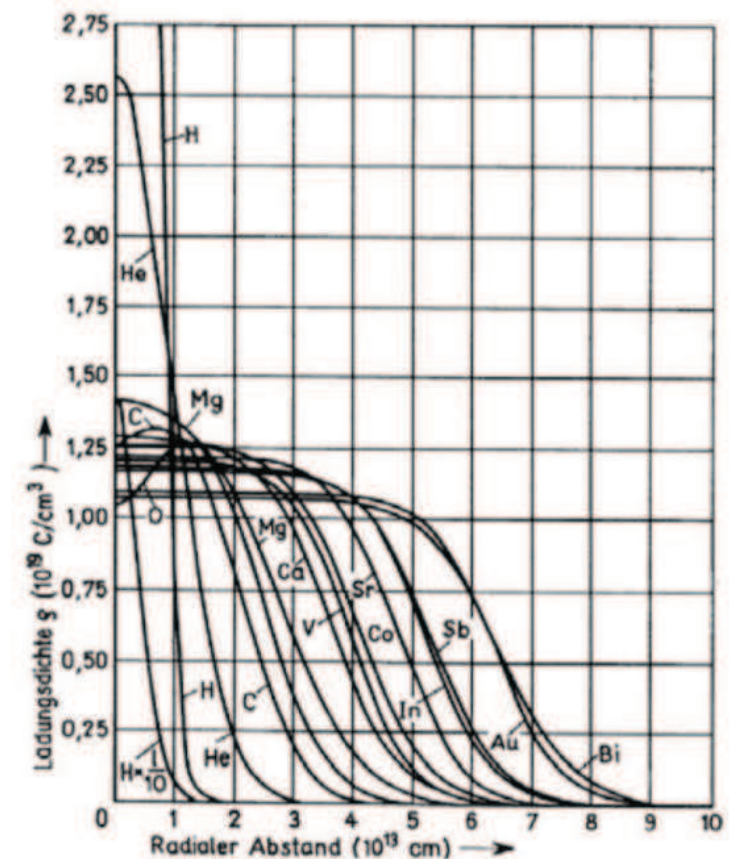
Ladungsverteilung durch Fermifunktion

(Kugel mit verscherten Rand) gut

beschrieben.

mittlerer quadratischer Radius: $\sqrt{\langle r^2 \rangle} = 0.94 A^{1/3} \text{ fm}$

Nukleonendichte in Kernen: $\rho_N = A/V \sim 0.17 \text{ Nukleonen/fm}^3$



Dirac Streuung

magnetische WW des Kernspins mit dem B-Feld des einlaufenden Elektrons
(relativistische Energien)

(Stoßpartner punktförmig, beide $S=1/2$, $\mu_K=2 \rightarrow$ kein anomales mag. Moment)

Spin-Flip des Kernspins durch magn. WW möglich!

\rightarrow Rückwärtsstreuung bevorzugt



Helizitaet erhalten

Drehimpuls erhalten

Dirac Streuung

$$\left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_{Dirac} = \left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_{Ruth} \left(\cos^2 \theta/2 + \frac{Q^2}{2M_p^2 c^2} \sin^2 \theta/2\right)$$

$$Q^2 = -q^2 \text{ (4er Impulsübertrag)}$$

el. WW: Mott Streuung für hochrelativistische Teilchen

mag. WW: hängt von Q^2 ab

$$\left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_{Dirac} = \left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_{Mott} (1 + 2\tau \tan^2 \theta/2)$$

$$\tau = \frac{Q^2}{4M_p^2 c^2}$$

Messung El. und Mag. Formfaktoren

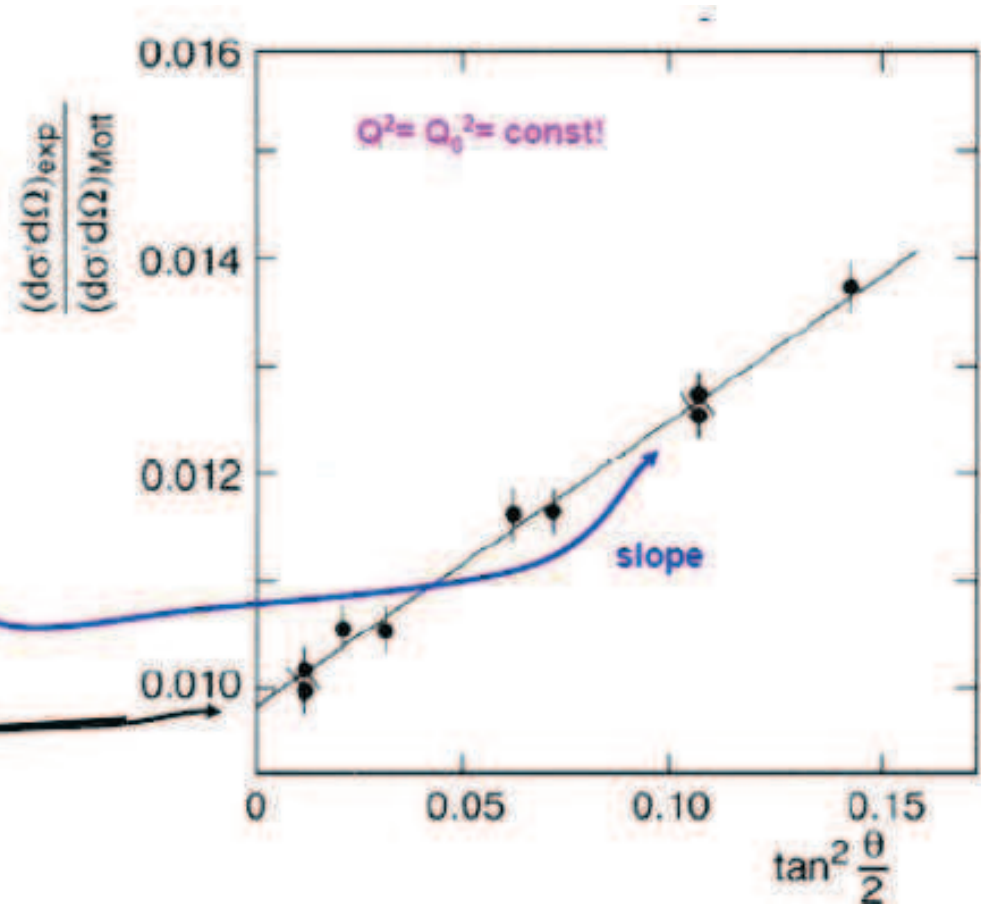
high $q^2 : \tau \gg 1$

$$\frac{\left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_{exp}}{\left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_{Mott} \frac{E_2}{E_1}} = (1 + 2\tau \tan^2 \theta / 2) * G_M^2(q^2)$$

low $q^2 : \tau \rightarrow 0$

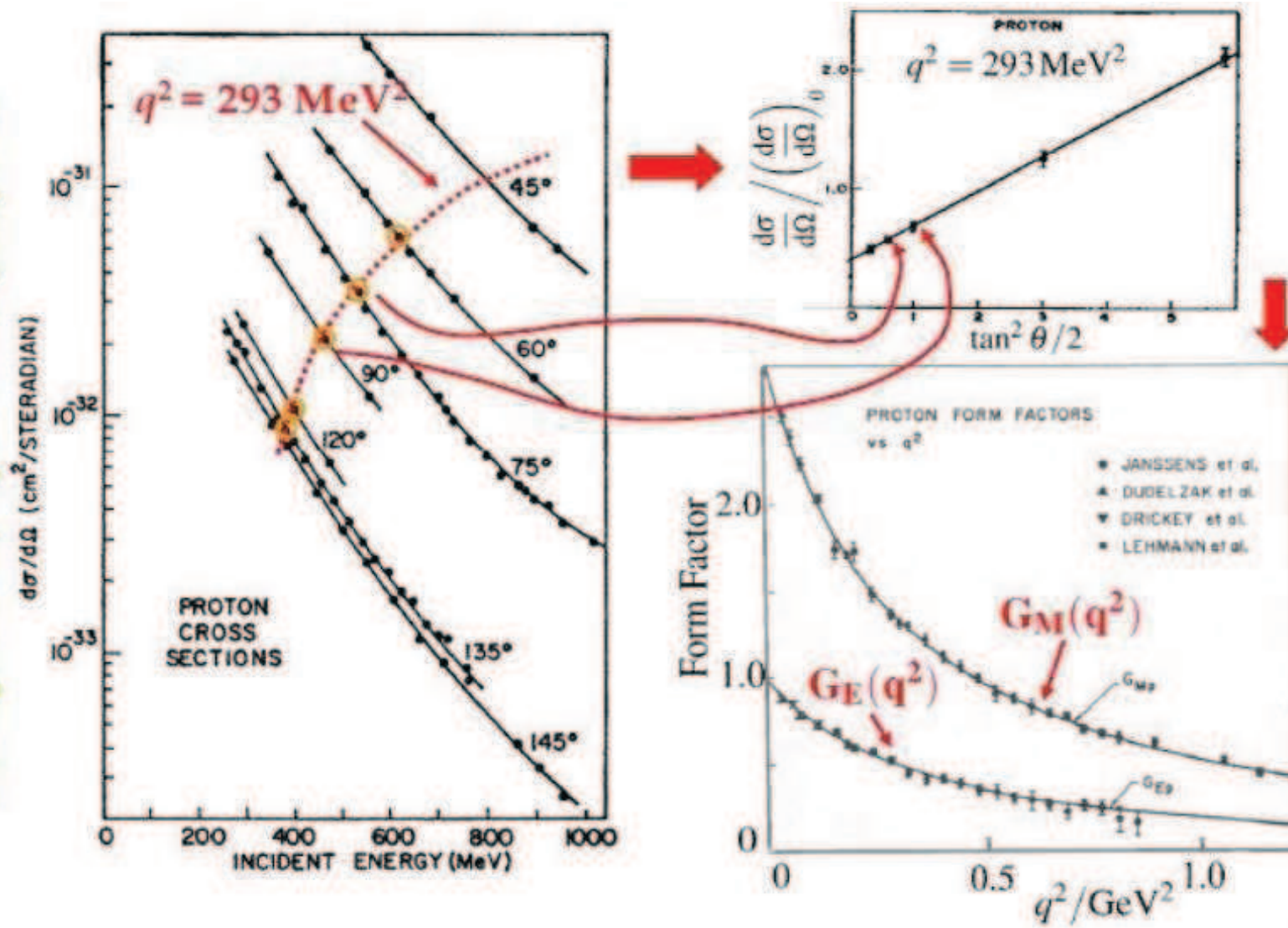
$$\frac{\left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_{exp}}{\left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_{Mott} \frac{E_2}{E_1}} = G_E^2(q^2)$$

abzissa

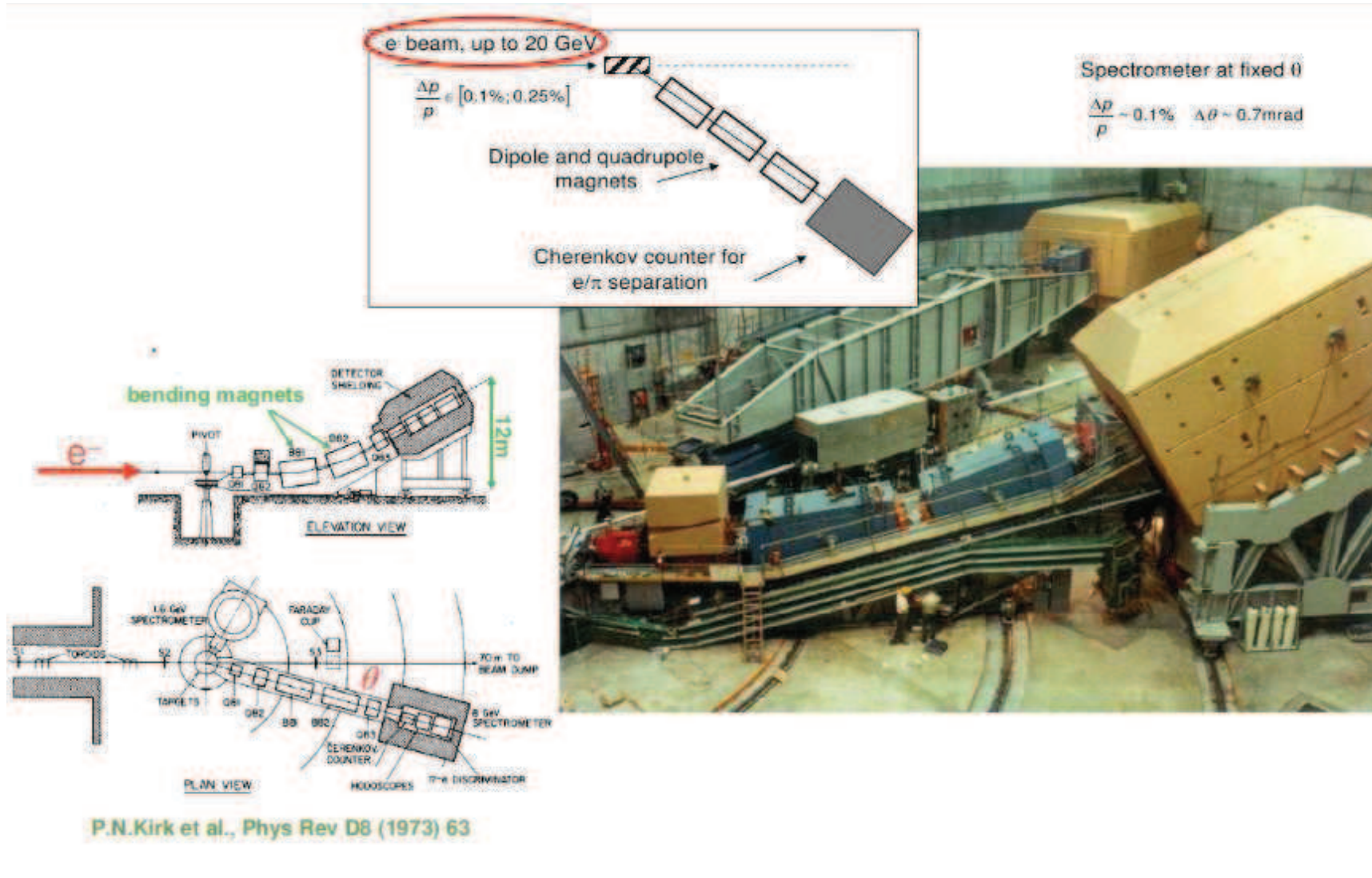


Messung El. und Mag. Formfaktoren

E.B. Hughes et al., Phys. Rev. 139 (1965) B458

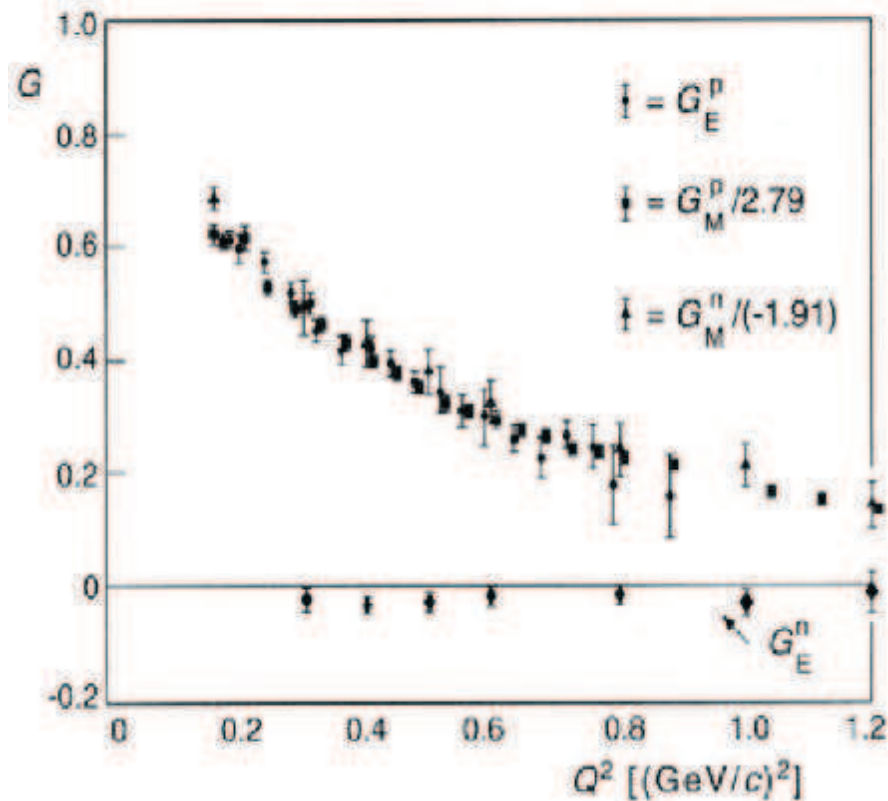


SLAC Experiment



Messung el. und mag. Formfaktoren

$$G_E^p(Q^2) = \frac{G_M^p}{2.79} = \frac{G_M^n}{-1.91} = G^{Dipole}(Q^2)$$



Charge and magnetic moment have give the same size for the proton. Both quantities are equally distributed in the proton.

$$G(Q^2) = \frac{1}{(1+Q^2/0.71 \text{ GeV}^2)^2}$$

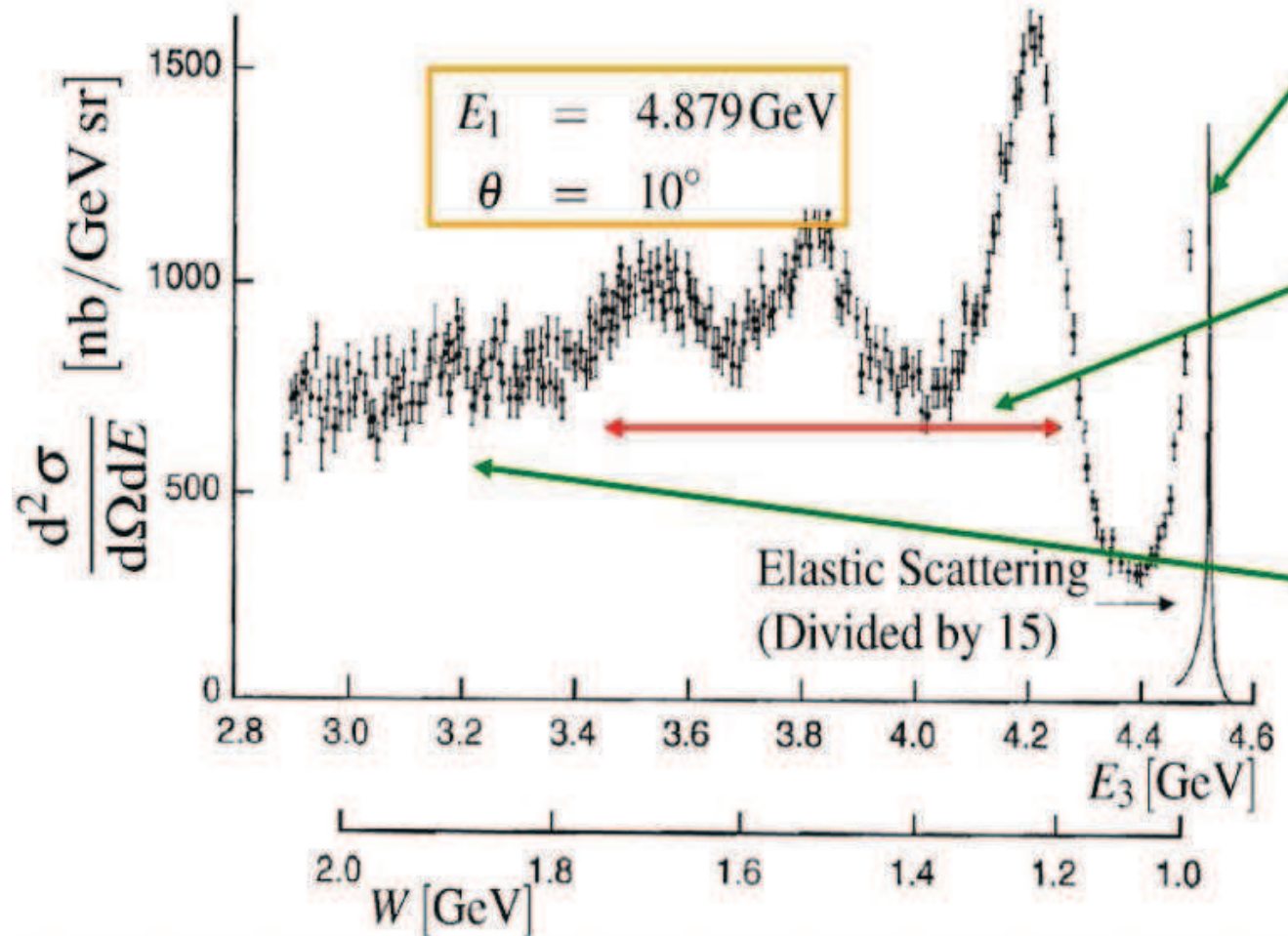
$$\langle r^2 \rangle = -6 \frac{dF(Q^2)}{dQ^2} \Big|_{Q^2=0}$$

$$\sqrt{\langle r^2 \rangle \text{ Dipole}} = 0.81 \text{ fm}$$

Charge/magnetic moment distribution

$$\rho(r) = \rho(0) e^{-ar} \quad a = 4.27 \text{ fm}^{-1}$$

Inelastische Streuung

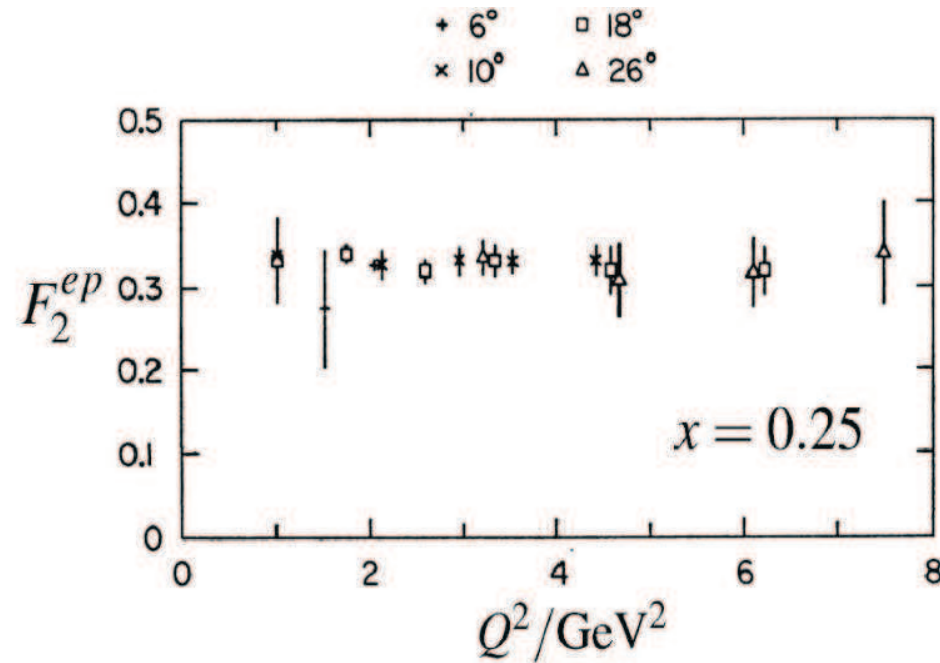
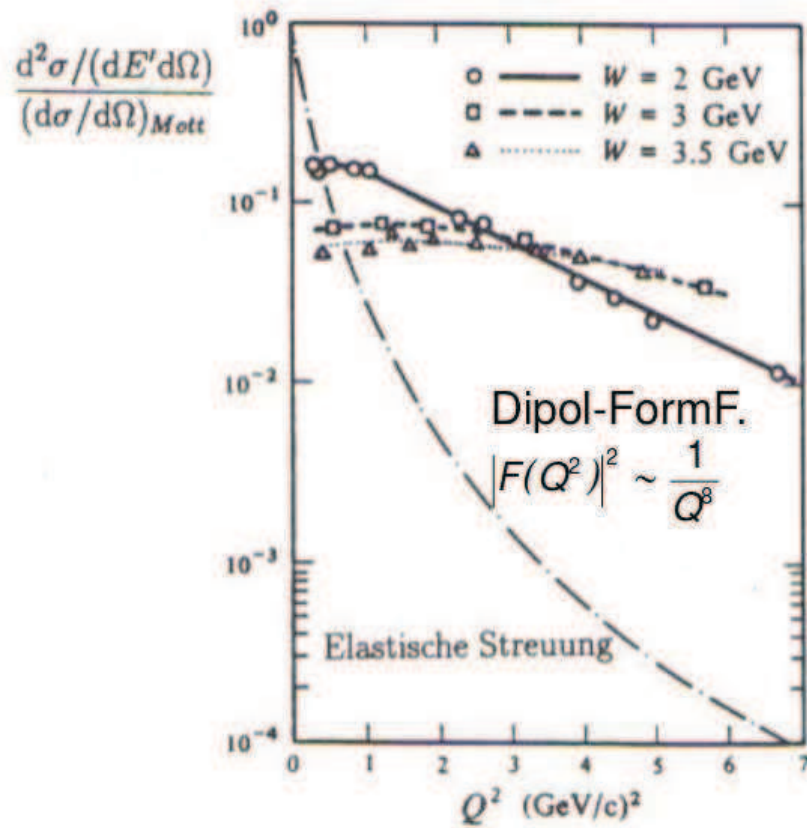


elastic scattering

inelastic scattering
Produce excited states
e.g. $\Delta^+(1232)$

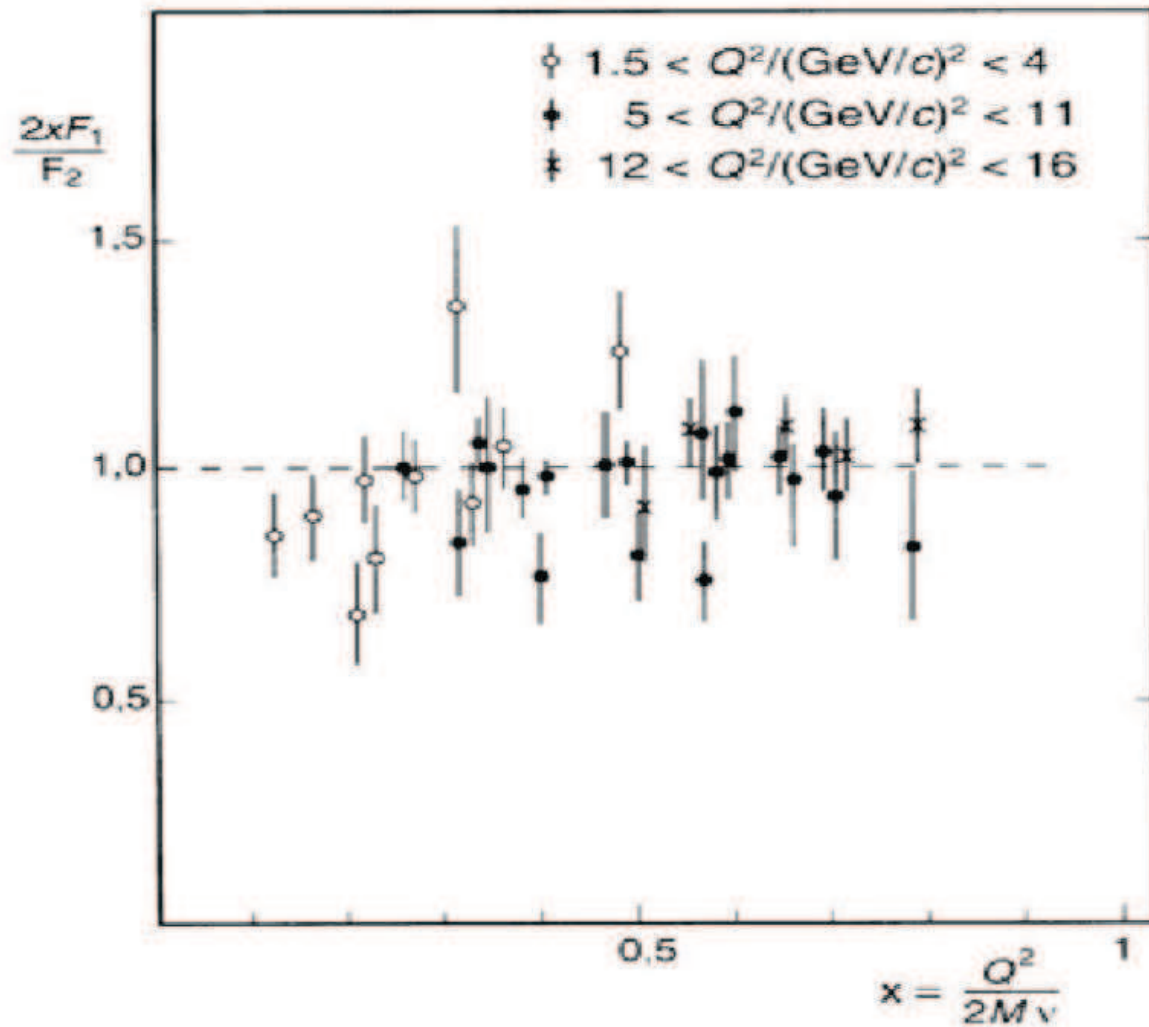
deep inelastic scattering (DIS); proton splits up in many final state particles

Inelastische Streuung



J.T.Friedman + H.W.Kendall,
 Ann. Rev. Nucl. Sci. 22 (1972) 203

Gallen-Cross-Beziehung



Partons have Spin=1/2!

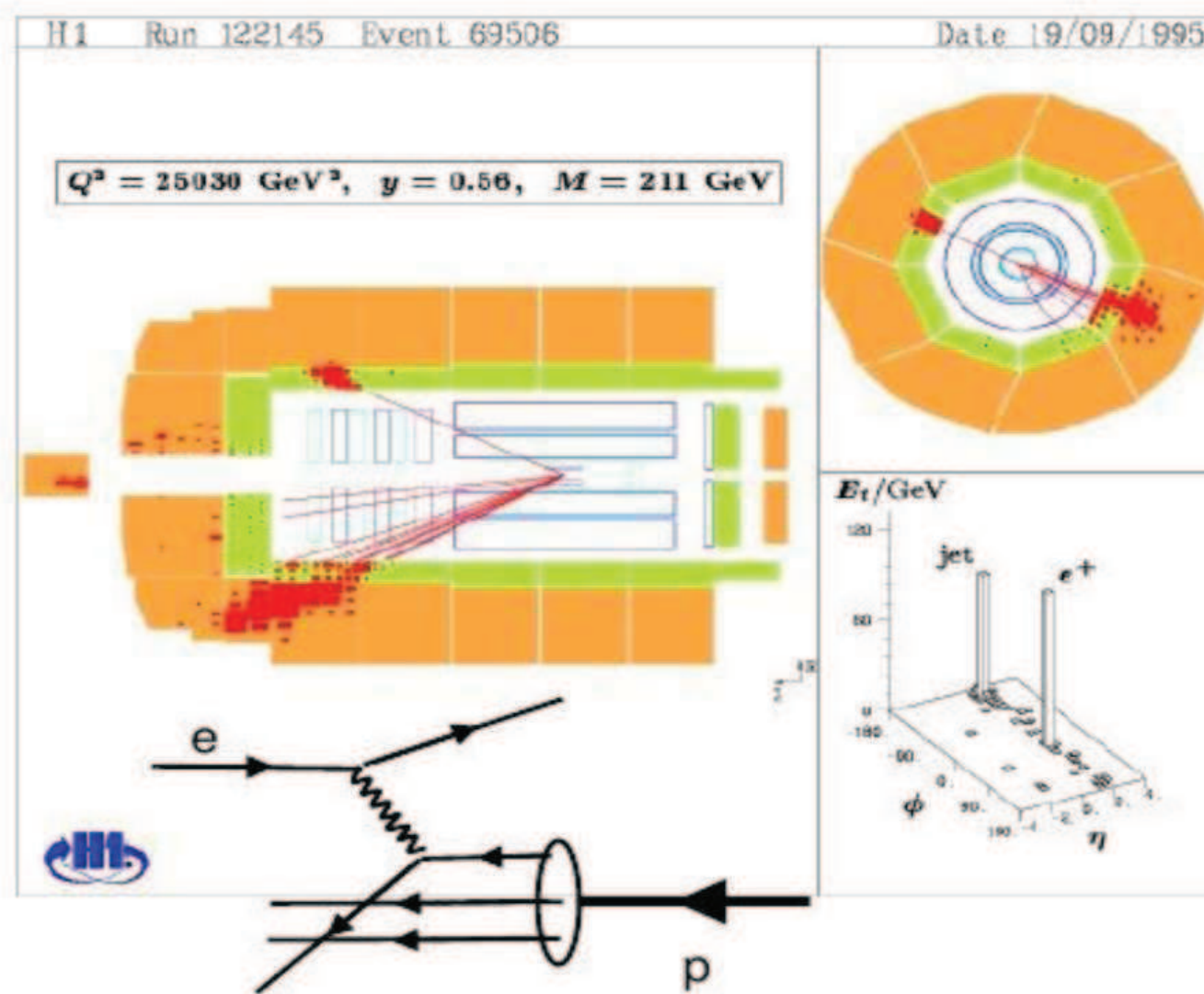
HERA at DESY



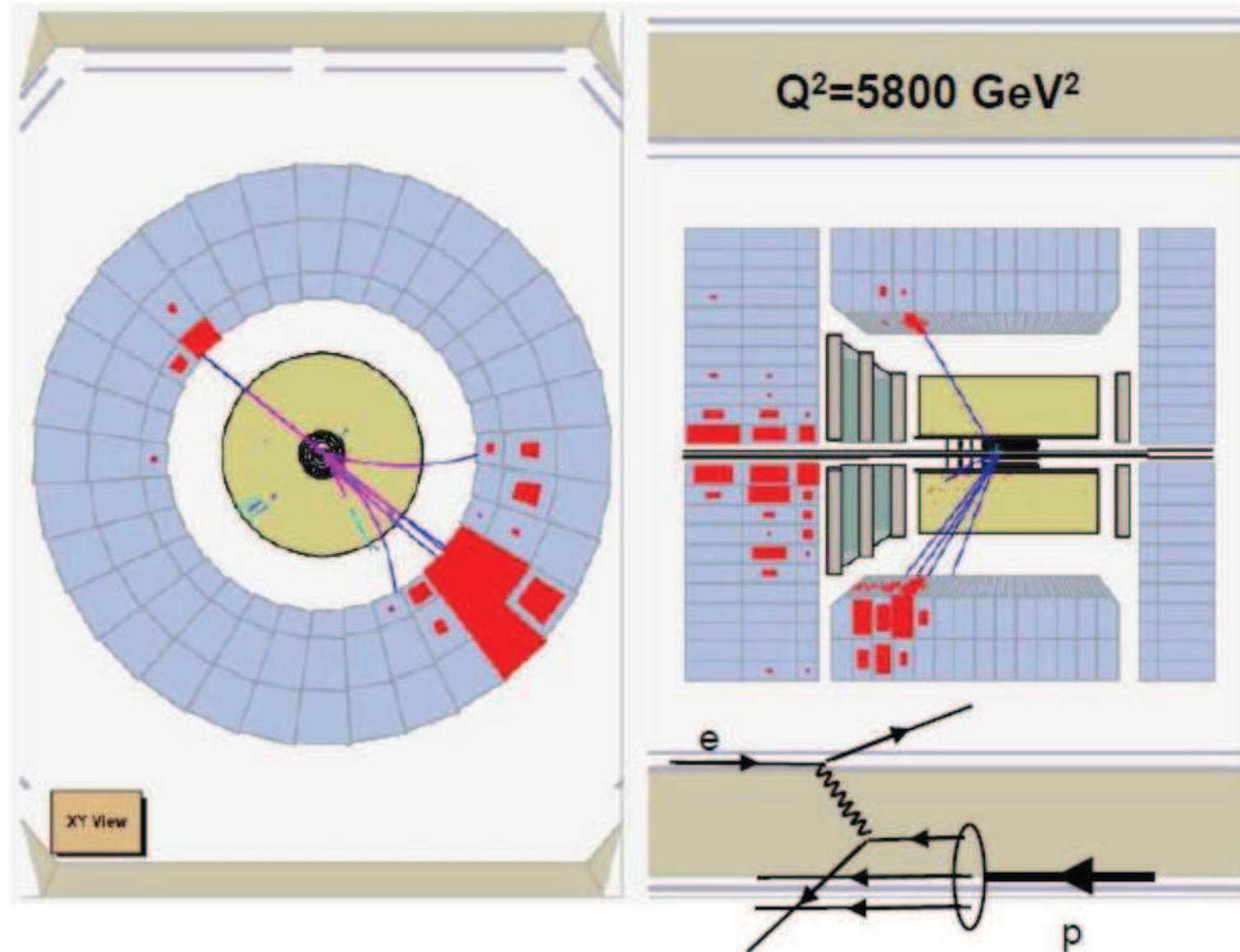
stopped data taking in 2006, experiments: ZEUS, H1

Elektron-Position Kollisionen: $E(\text{Elektron}) = 27.5 \text{ GeV}$ $E(\text{Protonen}) = 920 \text{ GeV}$

Ereignis im H1 Experiment



Ereignis im Zeus Experiment



Parton-Dichte-Verteilungen

