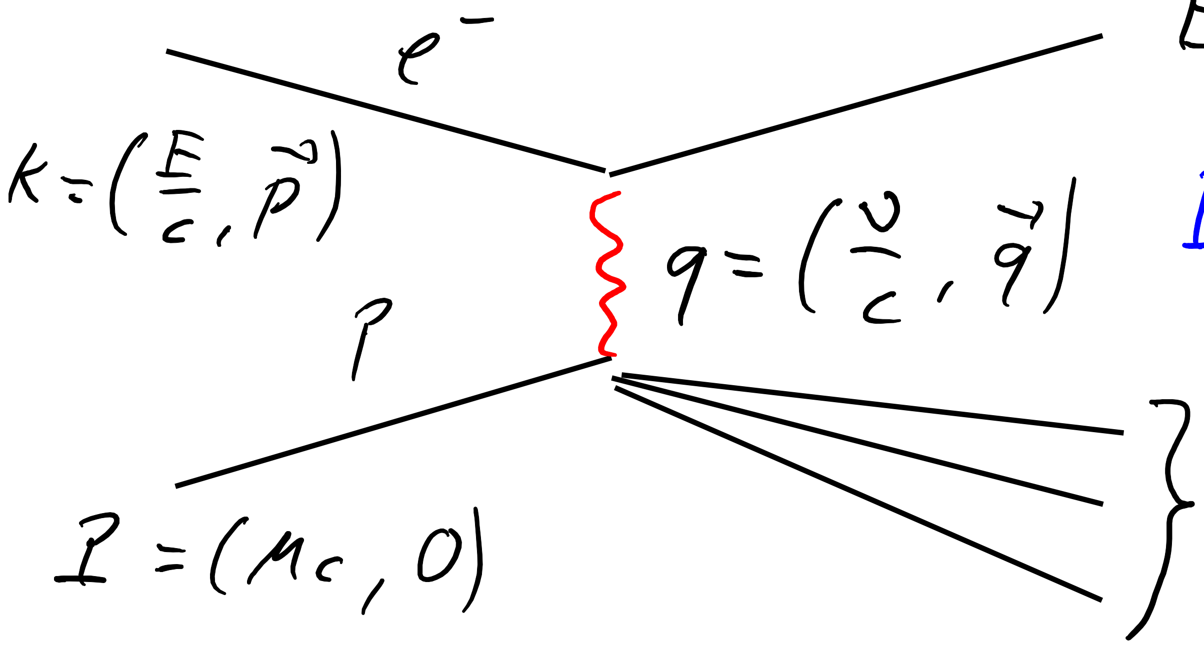
8. Tiefinelastische Streuung *

→ Streuung mit großem Viererimpulsübertrag: $Q^2 = -q^2 \gg 1\ \mathrm{GeV}^2/c^2$

• Kinematik



$E' = E - \nu$, $\vec{p}\,' = \vec{p} - \vec{q}$

$Pq = M\nu$

$E^*, \vec{p}^{\,*}$ mit $W := \frac{1}{c}\sqrt{\frac{E^{*2}}{c^2} - \vec{p}^{\,*2}}$

Masse des hadr. Endzustands

• Viererimpulserhaltung:

$$\boxed{W^2c^2 = (P+q)^2 = P^2 + 2Pq + q^2 = M^2c^2 + 2M\nu - Q^2}$$

$$Q^2 = (M^2 - W^2)c^2 + 2M\nu \leq 2M\nu$$

elastische Streuung: $W \overset{!}{=} M \Rightarrow Q^2 = 2M\nu, \quad \nu = \frac{Q^2}{2M}$

Kinematik der tiefinelastischen Streuung beschreiben durch $Q^2 = -q^2$, $\nu = (E-E')$

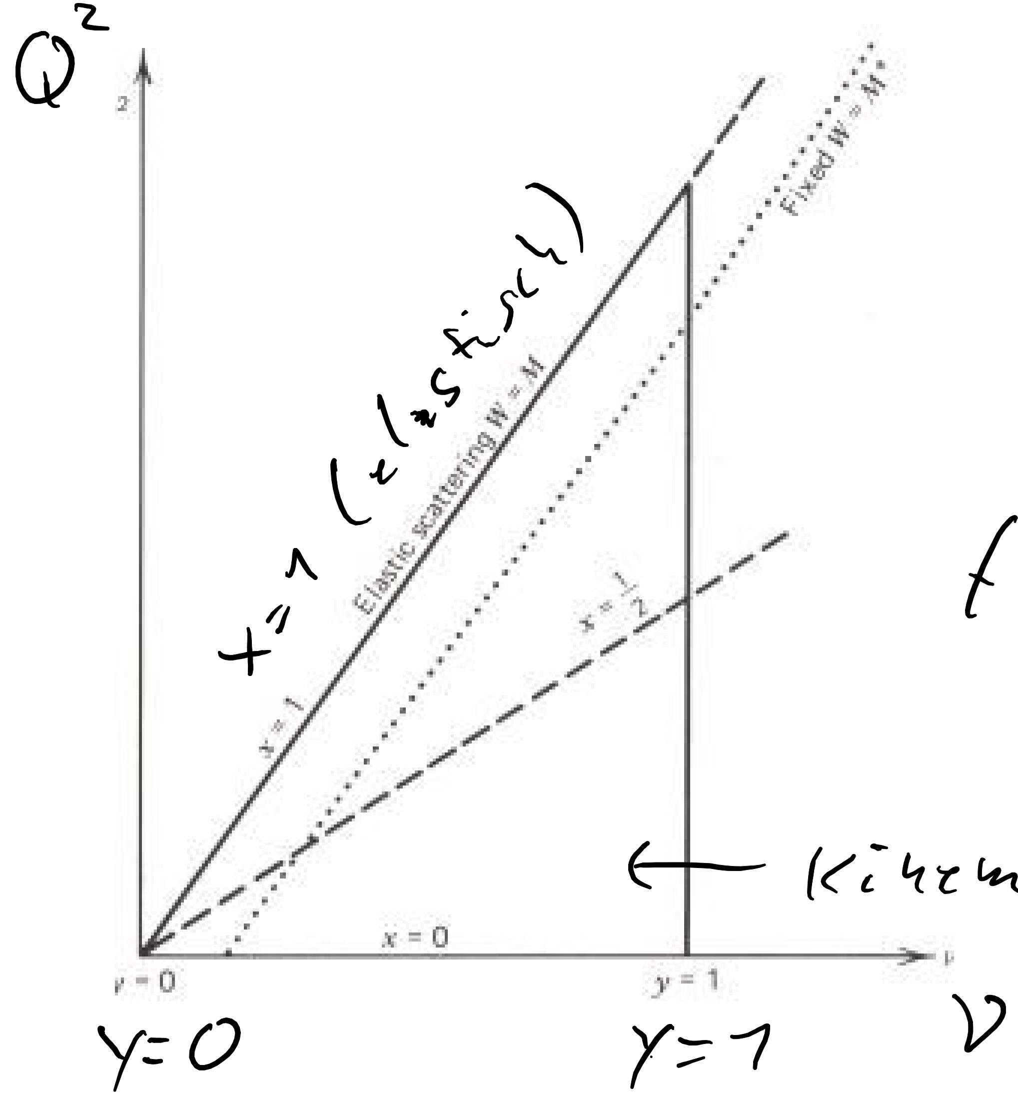
$\xrightarrow[\text{dimensionslosen Größen}]{\text{Übergang zu}}$ Björken Skalenvariable

$$\boxed{x := \frac{Q^2}{2Pq} = \frac{Q^2}{2M\nu}}$$

$$0 \le x \le 1$$

$$y := \frac{P\cdot q}{P\cdot k} = \frac{\nu}{E} = \frac{E-E'}{E}$$

$$0 \le y \le 1$$



festes $W = M^* > M$
(Resonanzanregung mit Masse M^*)

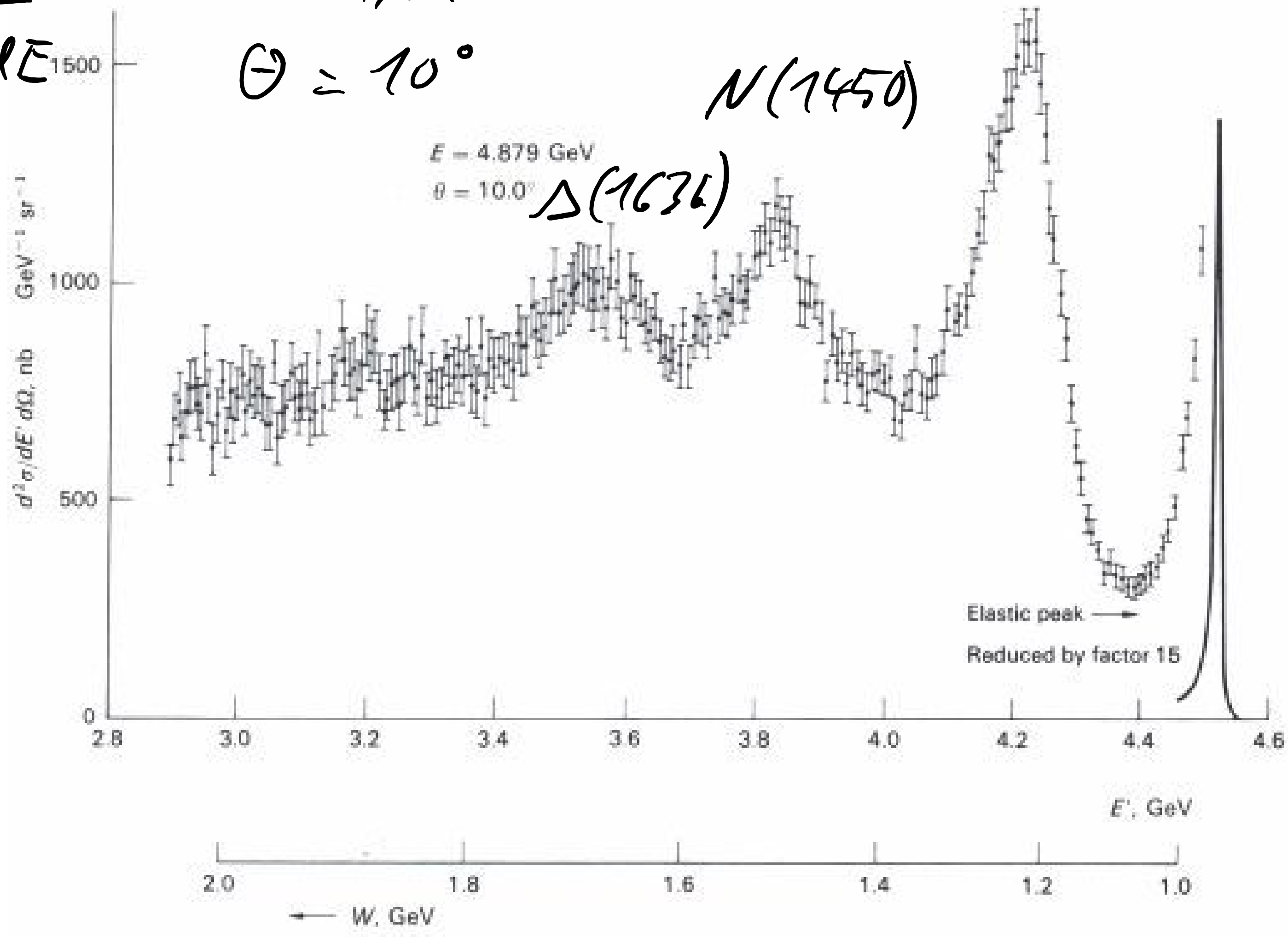
$\leftarrow$ Kinematisch erlaubter Bereich

• Beispiel für inelastische Elektron-Proton-Streuung

$\frac{d^2\sigma}{d\Omega dE}$ $\quad E = 4{,}879\ \text{GeV}$

$\Theta = 10°$

$\Delta(1232)$ $\quad N(1450)$ $\quad \Delta(1636)$



$$\nu = E - E'$$

$$Q^2 \simeq 2EE'(1-\cos\theta)$$

$$\Rightarrow x = \frac{Q^2}{2M\nu} = \frac{EE'(1-\cos\theta)}{M(E-E')}$$

elastische Streuung ($x = 1$)

E'/GeV

⇒ Proton hat innere Struktur

Resonanzen $\hat{=}$ Anregungen des Protons

- Beschreibung durch dimensionslose Strukturfunktionen F_1, F_2

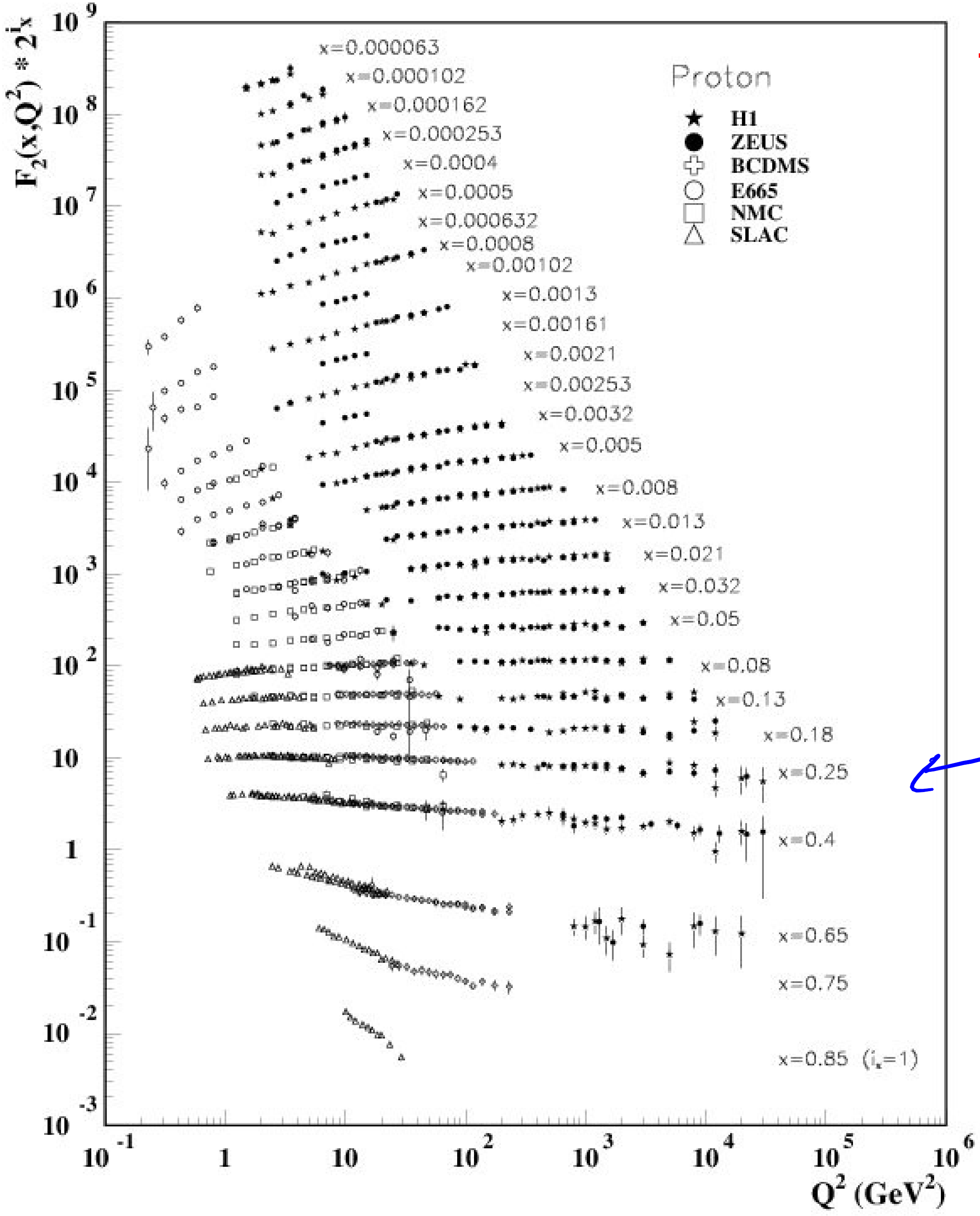
$$\left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_{\substack{\text{punktf.}\\ \text{Spin } 1/2}} = \left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_{\text{Mott}} \left[1 + 2\tau \tan^2\frac{\theta}{2}\right]$$

$$\frac{d^2\sigma}{d\Omega\, d\nu} = \left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_{\text{Mott}} \left[\frac{F_2(\nu,Q^2)}{\nu} + 2\tau \frac{2F_1(\nu,Q^2)}{\nu} \tan^2\frac{\theta}{2}\right]$$

mit $\tau = \dfrac{Q^2}{4M^2c^2}$

$x = \dfrac{Q^2}{2M\nu}$, $y = \dfrac{\nu}{E}$

$$\boxed{\frac{d^2\sigma}{dx\, dQ^2} = \pi \left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_{\text{Rutherford}} \cdot \frac{c^2}{E'^2}\left[\left(1 - y - \frac{Mc^2xy}{2E}\right)\frac{F_2(x,Q^2)}{x} + y^2 F_1(x,Q^2)\right]}$$



8.1 Struktur des Protons

Messung von $\frac{d^2\sigma}{dx\,dQ^2}$

$\rightarrow F_{1,2}(x, Q^2)$

$F_2 \approx$ const für $x \approx 0,2$

Skalenverhalten

$\Rightarrow$ entspricht Streuung an punktförmigen Konstituenten des Protons

$\rightarrow$ Partonen, Quarks

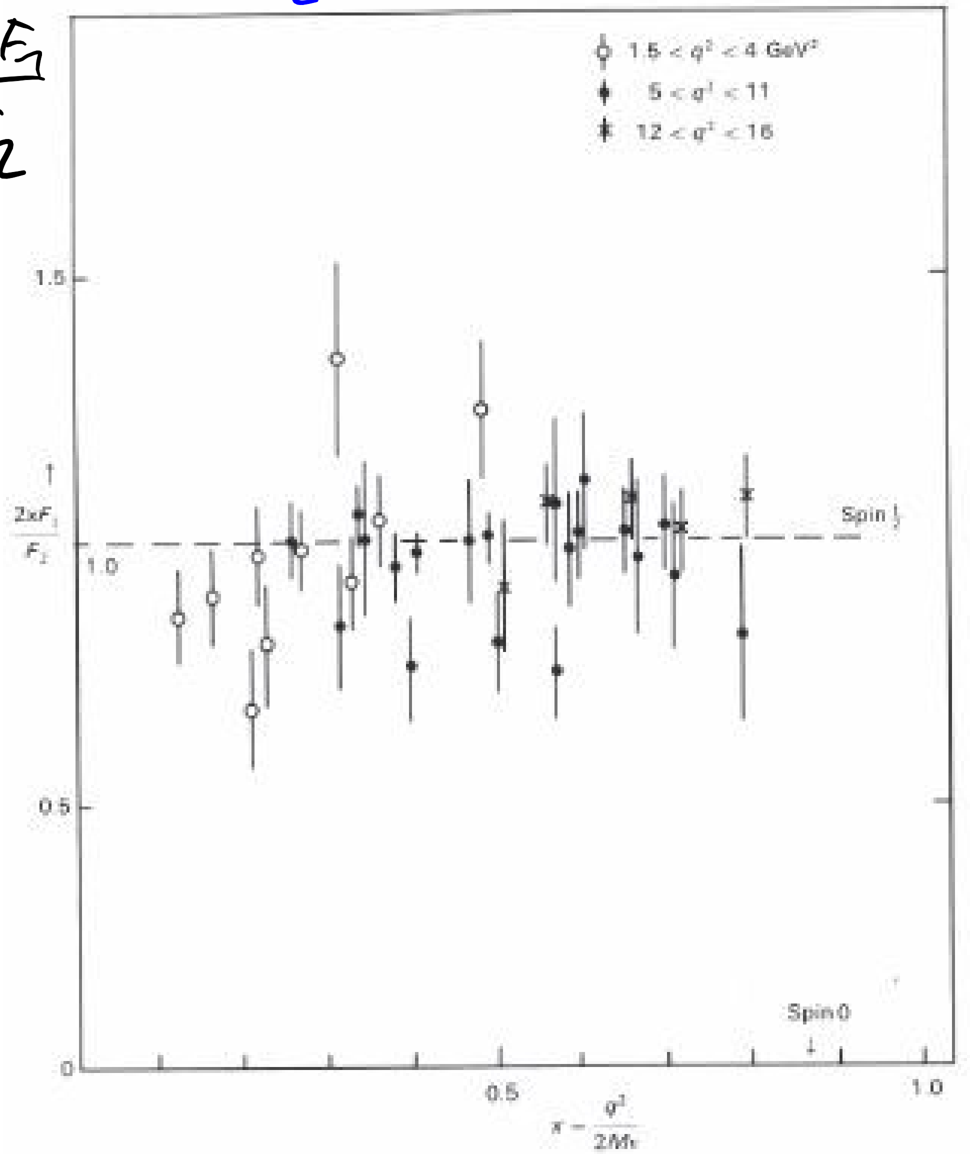
- F_1 beschreibt magn. Wechselwirkung

spinlose Partonen $\rightarrow$ $F_1 = 0$

Spin $\frac{1}{2}$ Partonen $\rightarrow$ $\boxed{2x F_1(x,Q^2) = F_2(x,Q^2)}$

Callan-Gross-Relation

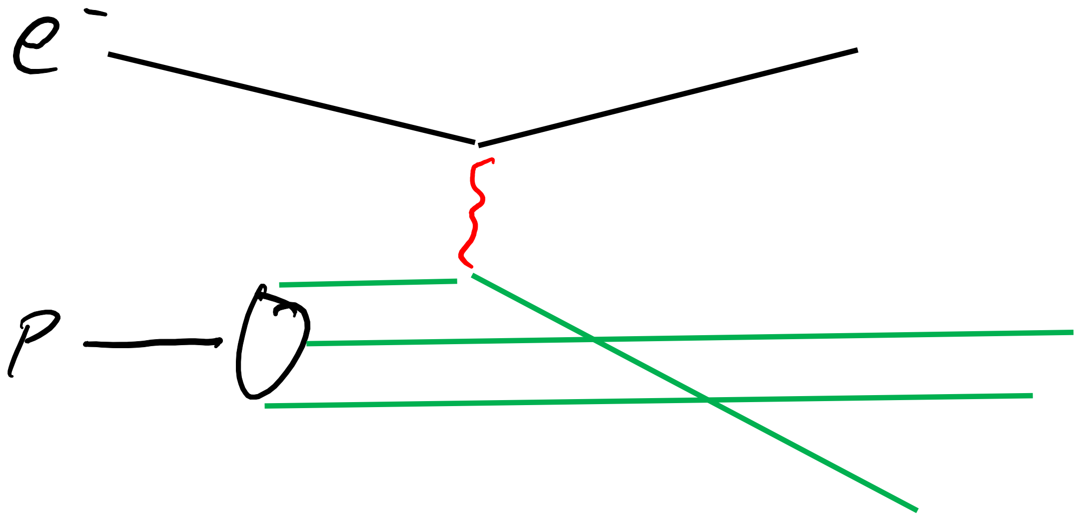
$\frac{2xF_1}{F_2}$



$\Rightarrow$ Quarks haben Spin $\frac{1}{2}\hbar$

- Proton ist aus punktförmigen Konstituenten mit Spin $\frac{1}{2}\hbar$ aufgebaut $\boxed{\text{Quarks}}$

- Streuung an Proton $p \longrightarrow$ Streuung an Quark q



mit $E_q = x \cdot E_{Proton}$

$P_{L,q} = x \cdot P_{L,Proton}$ (long. Impuls

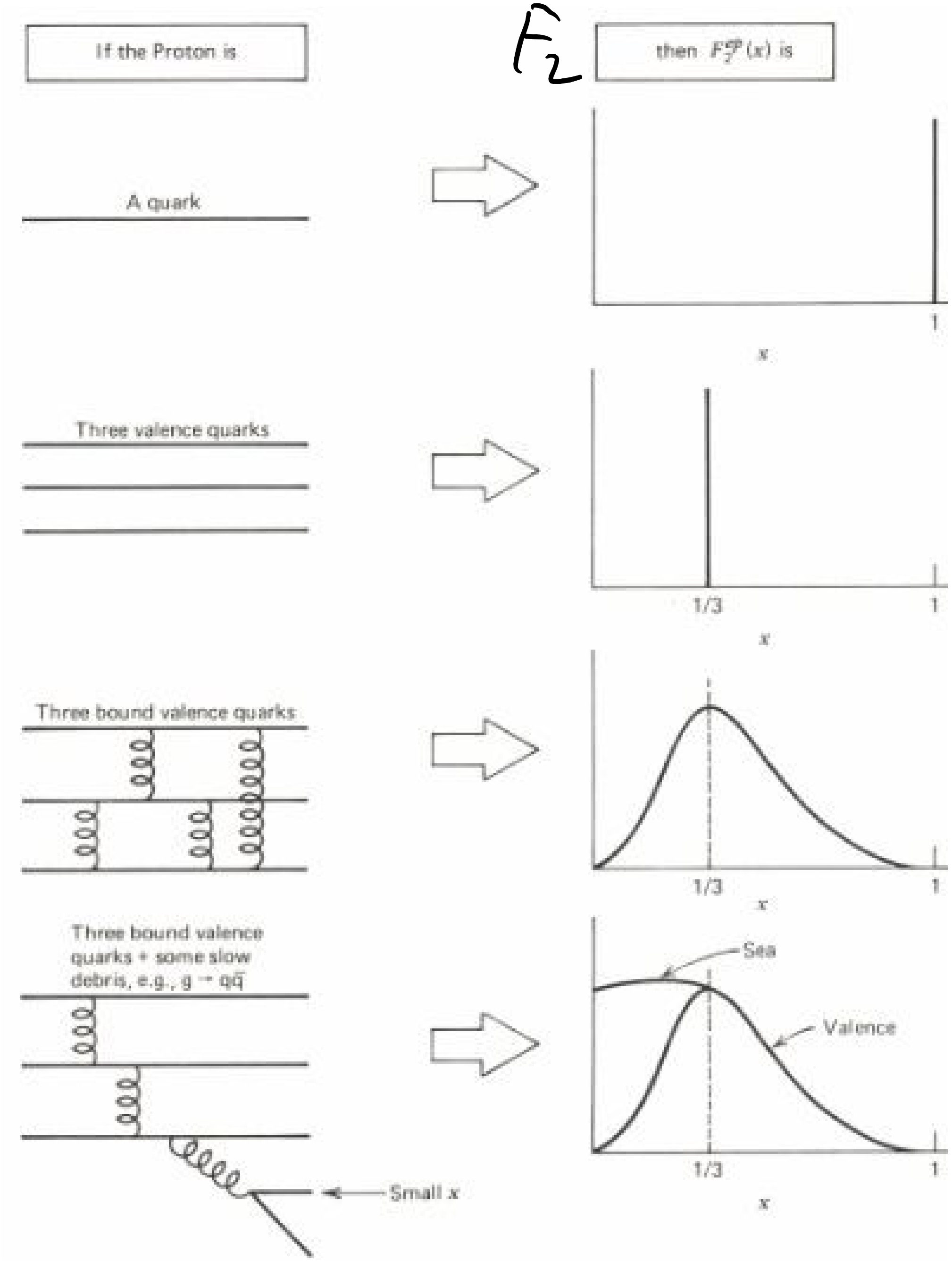
$\vec{P}_{T,q} = 0$ trans. Impuls

(für großes P_{Proton})

x ist Bruchteil des Protonimpulses

8.2 Bedeutung der Strukturfunktion

F_2



x

Messung der Protonstruktur

Beitrag von Seequarks aus Quanten-fluktuationen