Extraktion polarisierter Partonverteilungen beim HERMES Experiment

M. Beckmann[1] für die HERMES Kollaboration

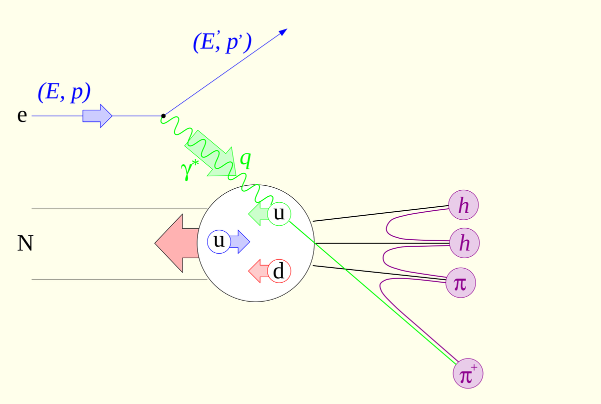
Fakultät für Physik der Universität Freiburg, D-79104 Freiburg i. Brsg.

[1] email: Marc.Beckmann@desy.de

Was wollen wir messen? — Die Methode

Polarisierte tiefinelastische Streuung

- Schematisch (Ein–Photon–Austausch):



Das virtuelle Photon $\gamma^*(q)$ kann nur an Quarks mit entgegengesetztem Spin koppeln

- Unterschiedliche Wirkungsquerschnitte für parallele und antiparallele Target– und Positronenspinkonfiguration.

Betrachte Asymmetrie
$$A_\parallel = \frac{\sigma^{\overleftarrow{\Rightarrow}} - \sigma^{\overrightarrow{\Rightarrow}}}{\sigma^{\overleftarrow{\Rightarrow}} + \sigma^{\overrightarrow{\Rightarrow}}}$$

- Unter der Annahme von Faktorisierung kann die semi-inklusive Hadronasymmetrie wie folgt ausgedrückt werden:

$$A_1^h(x,z) \simeq \frac{A_\parallel^h(x,z)}{D(x,Q^2)} \simeq \frac{\sum_f e_{q_f}^2 \Delta q_f(x) \cdot D_{q_f}^h(z)}{\sum_f e_{q_f}^2 q_f(x) \cdot D_{q_f}^h(z)}$$

- Schnitte auf $(z > z_{\min} = 0.2)$ und $(x_F > x_{F,\min} = 0.1)$ zur Auswahl der Stromfragmentationsprodukte.

"Purities" I

- Definiere Hadron–Quark "Purity" $P_{q_f}^h(x,z)$:

$$P_{q_f}^h(x,z) = \frac{e_{q_f}^2\, q_f(x)\, D_{q_f}^h(z)}{\sum_{f'} e_{q_{f'}}^2\, q_{f'}(x)\, D_{q_{f'}}^h(z)}$$

- $P_{q_f}^h(x,z)dx\,dz$ ist die Wahrscheinlichkeit, daß ein beobachtetes Hadron $h(z \dots z+dz)$ aus der Streuung an einem Quark $q_f(x \dots x+dx)$ hervorging.
- Die "Purities" $P_{q_f}^h(x,z)$ sind spinunabhängige Größen!
- Damit erhält man für die Hadronasymmetrie:

$$A_1^h(x,z) = \sum_f P_{q_f}^h(x,z) \cdot \left(\frac{\Delta q_f(x)}{q_f(x)}\right).$$

- Zur Erweiterung auf verschiedene Asymmetrien $(h_j = e^+, h^\pm, (\pi^\pm))$ an verschiedenen Targets definiert man:

$$\vec{A}(x) = \begin{pmatrix} A^{h_1}(x) \\ \vdots \\ A^{h_m}(x) \end{pmatrix}, \quad \vec{Q}(x) = \begin{pmatrix} \frac{\Delta q_1(x)}{q_1(x)} \\ \vdots \\ \frac{\Delta q_n(x)}{q_n(x)} \end{pmatrix},$$
$$\mathcal{P} = \left[P_{q_i}^{h_j}(x)\right]_{i=1\dots n,\, j=1\dots m} \qquad (m \geq n)$$

nach Integration über den gemessenen Bereich in z.

"Purities" II

- Lösung des linearen Gleichungssystems

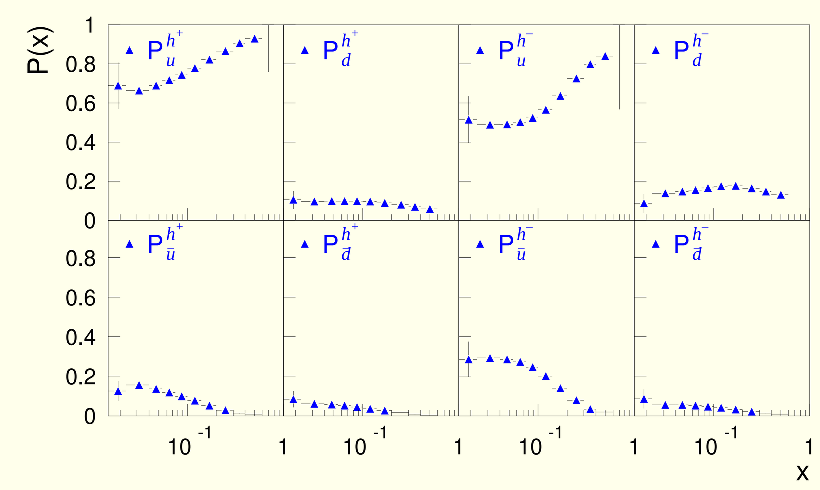
$$\vec{A}(x) = \mathcal{P} \cdot \vec{Q}(x)$$

durch Minimierung von

$$\chi^2 = \left(\vec{A} - \mathcal{P} \cdot \vec{Q}\right)^{\mathrm{T}} \mathrm{Cov}_{A_{ij}}^{-1} \left(\vec{A} - \mathcal{P} \cdot \vec{Q}\right)$$

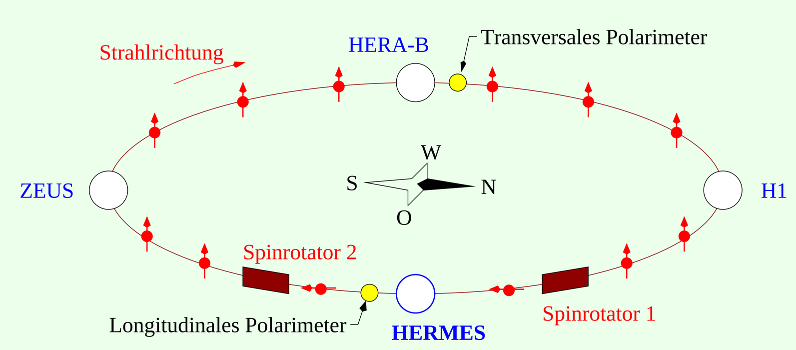
$\Rightarrow$ Extraktion der $\Delta q(x)$ aus den gemessenen $A^h(x)$.

- Beispiele für Monte Carlo generierte Hadron–Quark Purities an einem Protontarget, nach Integration über den gemessenen Bereich in z:

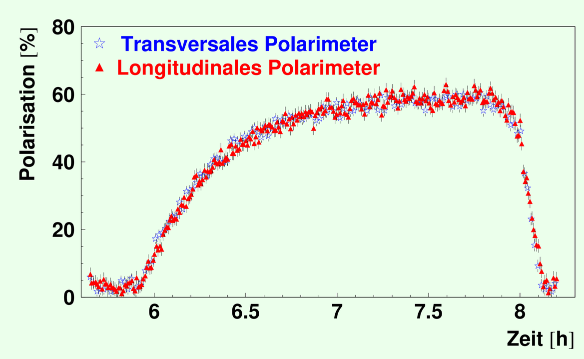


Wie messen wir? — Das HERMES Experiment bei DESY

Der polarisierte Strahl in HERA-e

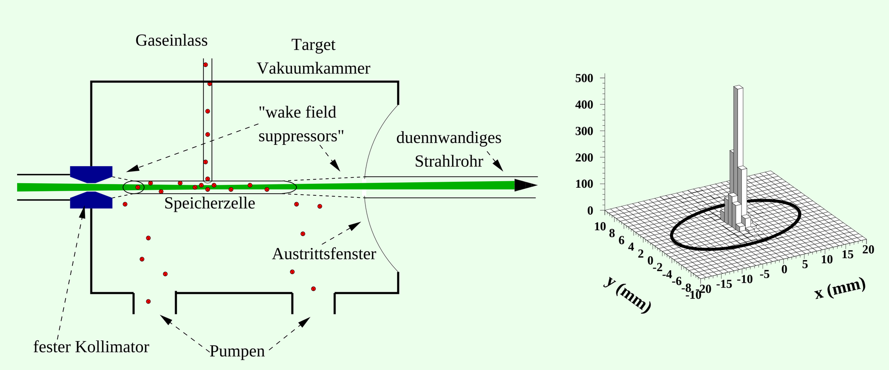


- Selbstpolarisation der Positronen durch die Emission von Synchrotronstrahlung ("Sokolov–Ternov Effekt")
- Longitudinale Polarisation bei HERMES durch ein Paar von Spinrotatoren erzeugt
- Mittlere Strahlpolarisation: $\langle P \rangle_{\mathrm{Strahl}} \cong 55\%$



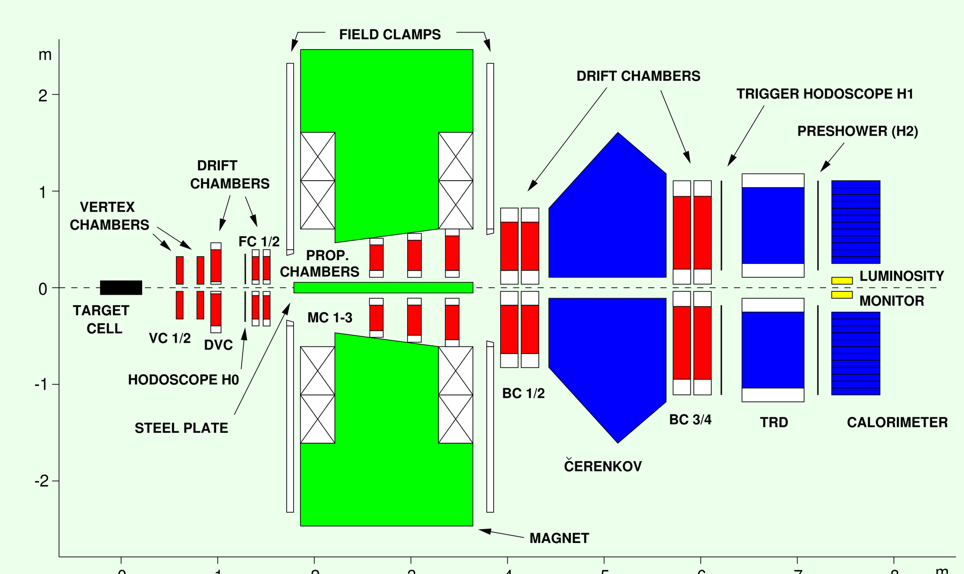
Das polarisierte interne Gastarget

- Internes Speicherzellentarget mit hoher Dichte:
  - ▷ polarisiert: $10^{14} \dots 10^{15}$ Nukleonen/cm^2
  - ▷ unpolarisiert: $10^{15} \dots 10^{17}$ Nukleonen/cm^2
- Kein Untergrung durch Wandstreuereignisse, keine Ein- und Austrittsfenster an der Targetzelle
- Geringe externe Strahlungskorrekturen



- Lasergepumptes polarisiertes ^{3}He Target: $P_{\mathrm{Target}} \approx 50\%$
- Atomstrahlquelle für polarisiertes H/D Target: $P_{\mathrm{Target}} \approx 80 \dots 90\%$
- Unpolarisierte Gase vielfältiger Spezies (H, D, ^{3}He, N, Kr, …)

Das HERMES Spektrometer

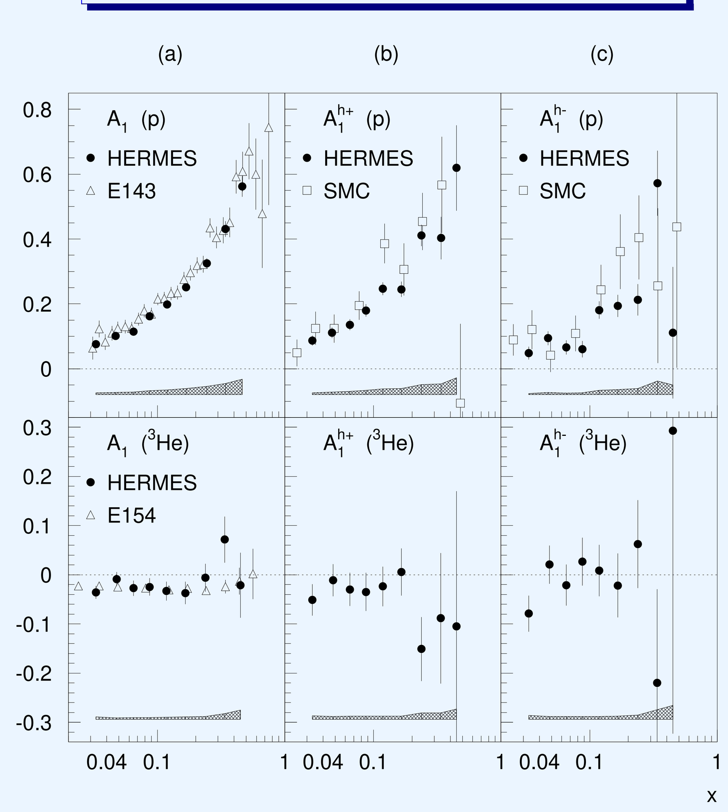


Tracking: 57 Spurkammerebenen (6 MSGC–, 9 Proportionalkammer– und 42 Driftkammerebenen) je Detektorhälfte
$\delta p/p = 0.7 \dots 1.3\,\%, \quad \delta\theta \leq 0.6$ mrad

Teilchenidentifikation: Čerenkov, TRD, Preshower, Kalorimeter

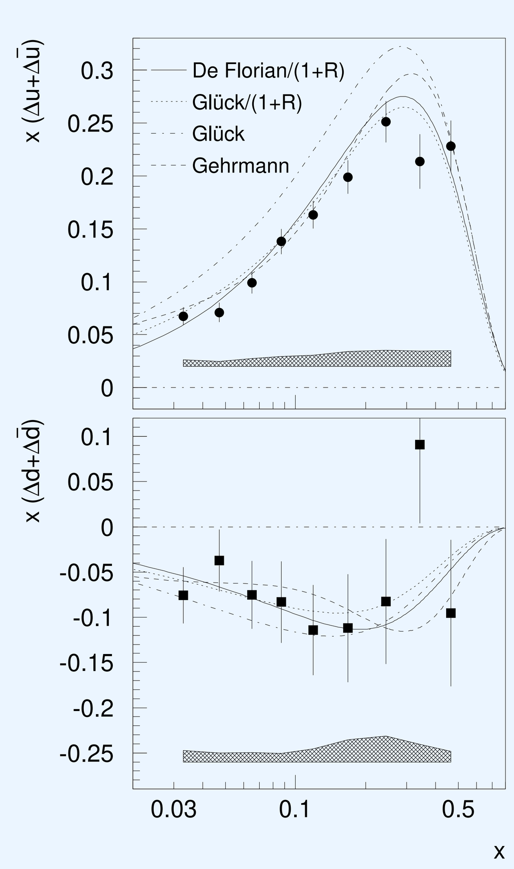
Was haben wir gemessen? — Ergebnisse

Gemessene Asymmetrien



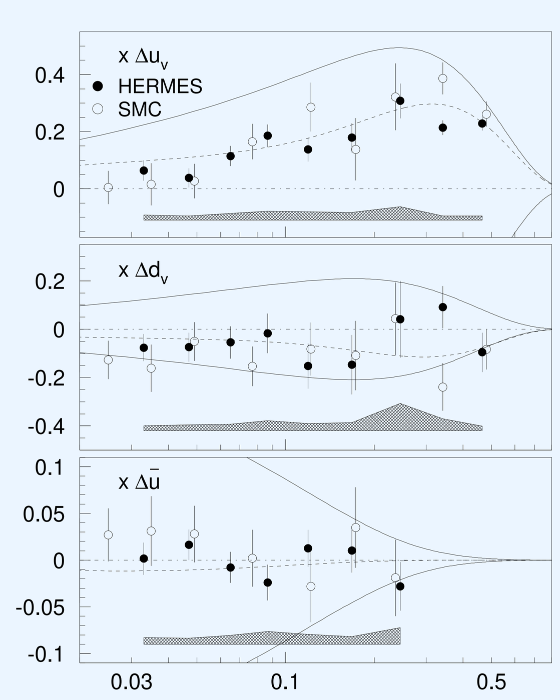
- Inklusive (a) und semi-inklusive Asymmetrien A_1 für positiv (b) und negativ (c) geladene Hadronen am Proton– und ^{3}He–Target
- Die Fehlerbalken geben den stat. Fehler an, die schraffierten Bänder geben den syst. Fehler für HERMES an.

Polarisierte Partonverteilungen I



Alle Datenpunkte für $Q^2 = 2.5$ GeV^2 entwickelt.

Polarisierte Partonverteilungen II



- Alle Datenpunkte für $Q^2 = 2.5$ GeV^2 entwickelt
- Fehlerbalken für SMC geben den kombinierten Fehler an
- Durchgezogene Linien stellen das Positivitätslimit dar
- Gestrichelte Linien: Parametrisierung nach Gehrmann und Stirling ('Gluon A', LO)