

Die Messung der Tensor-Strukturfunktionen b_1^d und b_2^d des Deuterons mit dem HERMES-Experiment

Caroline Riedl

Universität Erlangen-Nürnberg

für die  hermes -Kollaboration

DPG-Frühjahrstagung in Tübingen

19.März 2003

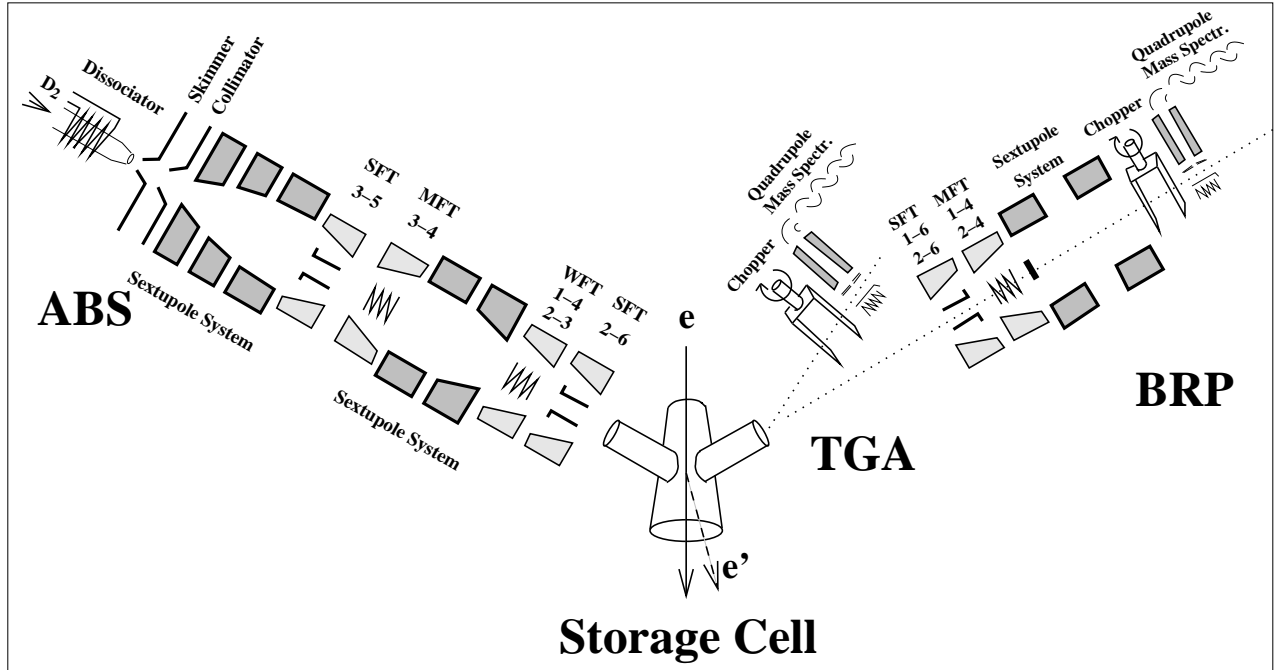


bmb+f - Förderschwerpunkt

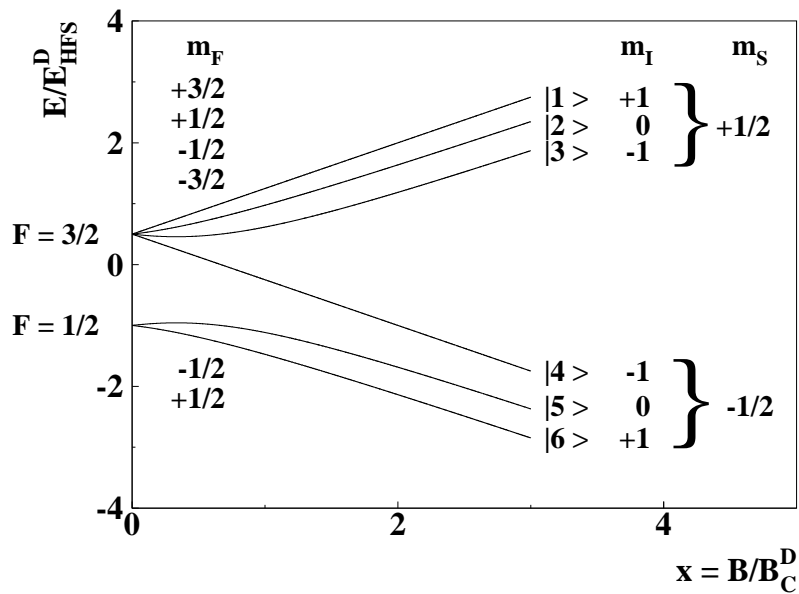
HERMES

Großgeräte der physikalischen
Grundlagenforschung

Das HERMES-Target



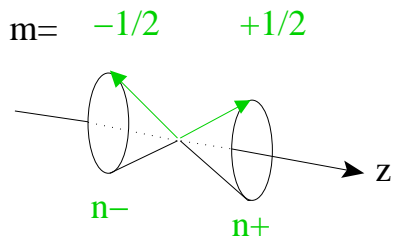
Hyperfeinaufspaltung im Magnetfeld für Deuterium:



Vektor- und Tensorpolarisation

Spin- $\frac{1}{2}$

(Proton)



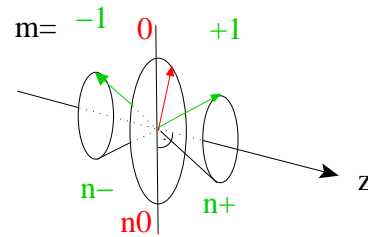
Vektor-Polarisation:

$$V = \frac{n^+ - n^-}{n^+ + n^-}$$

$$|V| \leq 1$$

(Deuteron)

Spin-1



Vektor-Polarisation:

$$V = \frac{n^+ - n^-}{n^+ + n^- + n^0}$$

$$|V| \leq 1$$

Tensor-Polarisation:

$$T = \frac{(n^+ + n^-) - 2n^0}{n^+ + n^- + n^0}$$

$$-2 \leq T < 1$$

Polarisiertes atomares Deuterium-Target

Besonderheit:

- Target gasförmig
- Spinzustände einzeln auswählbar und
- beliebig kombinierbar

Targetzustand	von ABS injizierte Hyperfeinzustände	injizierte Teilchen	V	T
Vektor +	$ 1\rangle + 6\rangle$	n^+	+1	+1
Vektor -	$ 3\rangle + 4\rangle$	n^-	-1	+1
Tensor \pm	$ 3\rangle + 6\rangle$	$n^+ + n^-$	0	+1
Tensor 0	$ 2\rangle + 5\rangle$	n^0	0	-2

(ideale Werte bei hohem B)

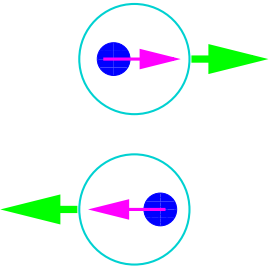
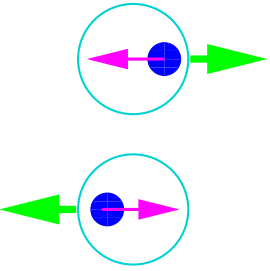
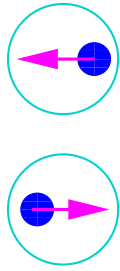
⇒ **Großes T (bei $V = 0$) erreichbar**

⇒ Datennahme im zyklischen Wechsel über diese 4 Targetzustände

⇒ 3 Millionen DIS Ereignisse für die Extraktion von b_1^d

Strukturfunktionen im Quark Parton Modell

Definiere Quarkdichten :

		
$q^+(x, Q^2)$	$q^-(x, Q^2)$	$q^0(x, Q^2)$ nur für Spin-1!

Strukturfunktionen:

Spin- $\frac{1}{2}$	Spin-1
$F_1 = \frac{1}{2} \sum_q e_q^2 (q^+ + q^-)$	$F_1 = \frac{1}{3} \sum_q e_q^2 (q^+ + q^- + q^0)$
$g_1 = \frac{1}{2} \sum_q e_q^2 (q^+ - q^-)$	$g_1 = \frac{1}{2} \sum_q e_q^2 (q^+ - q^-)$
	$b_1 = \frac{1}{2} \sum_q e_q^2 (2q^0 - (q^+ + q^-))$

Extraktion der Tensorasymmetrie A_T aus den HERMES-Daten

- Unterscheide Daten nach der Targetpolarisation:

σ^+	σ^-	σ^\pm	σ^0
Vektor +	Vektor -	Tensor \pm	Tensor 0

b_1 nicht sensitiv auf Strahlpolarisation P_B

\Rightarrow aufsummieren!

-

$$\sigma = \sigma_{\text{unpol}} \left[1 + P_B V A_{\parallel} + \frac{1}{2} T A_T \right]$$

$$(\sigma_{\text{unpol}} = \frac{\sigma^+ + \sigma^- + \sigma^0}{3})$$

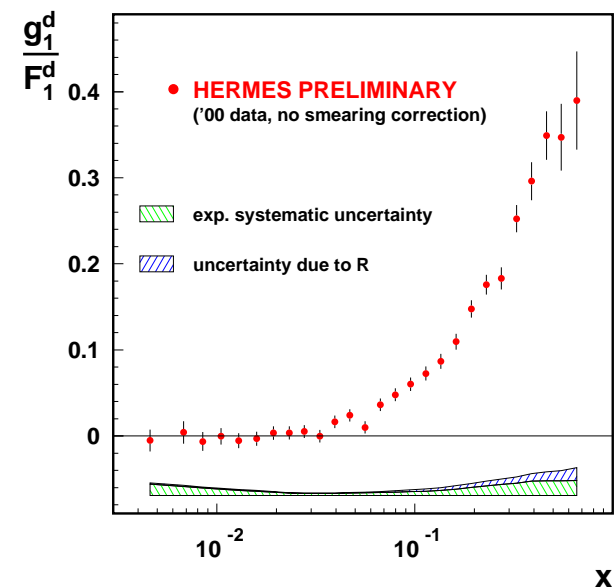
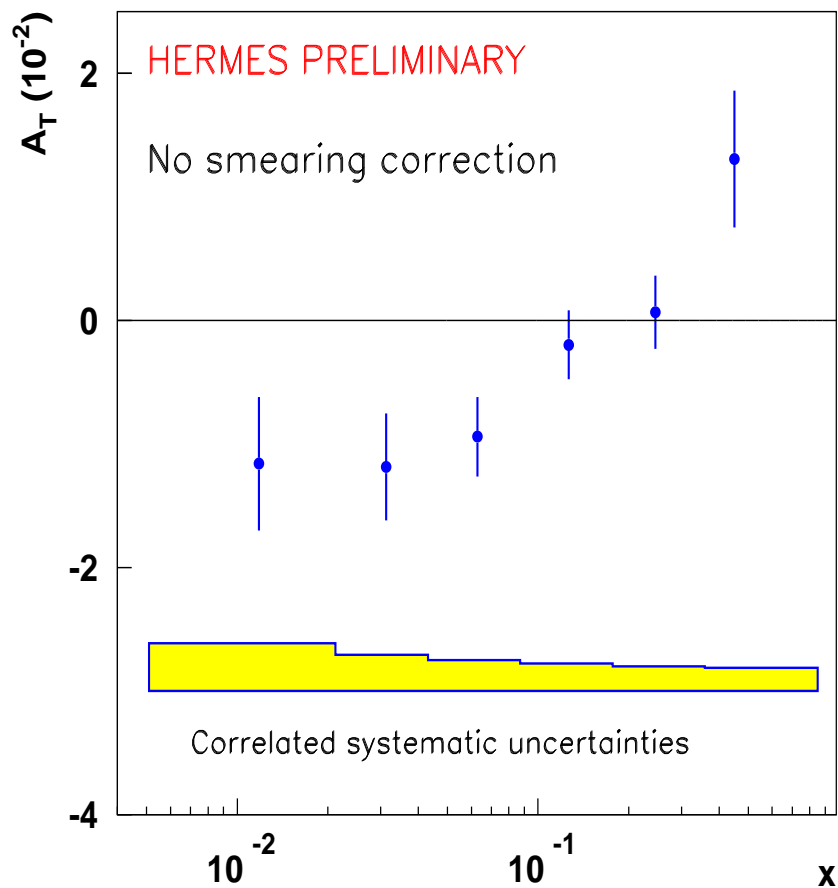
- Inklusive Tensor-Asymmetrie:

$$A_T := \frac{(\sigma^+ + \sigma^-) - 2\sigma^0}{3\sigma_{\text{unpol}}} = -\frac{2 b_1}{3 F_1}$$

- Inklusive Vektor-Asymmetrie:

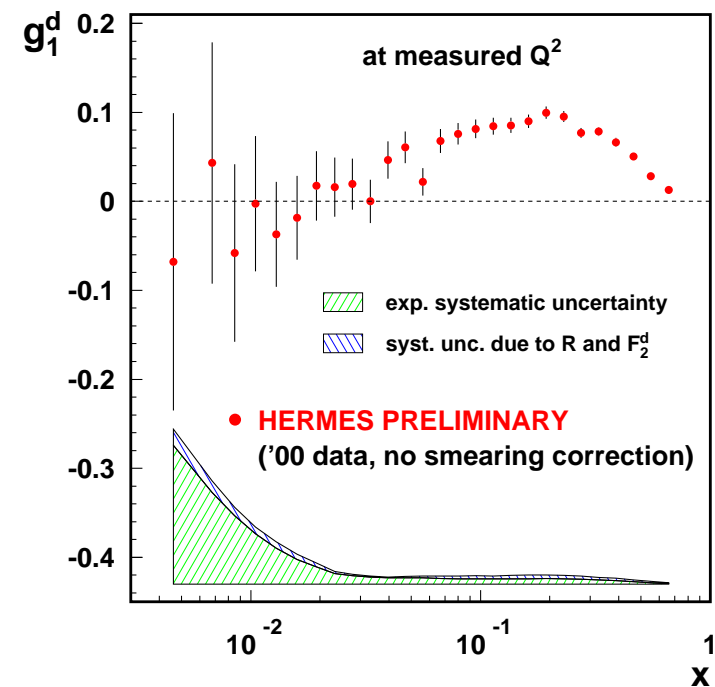
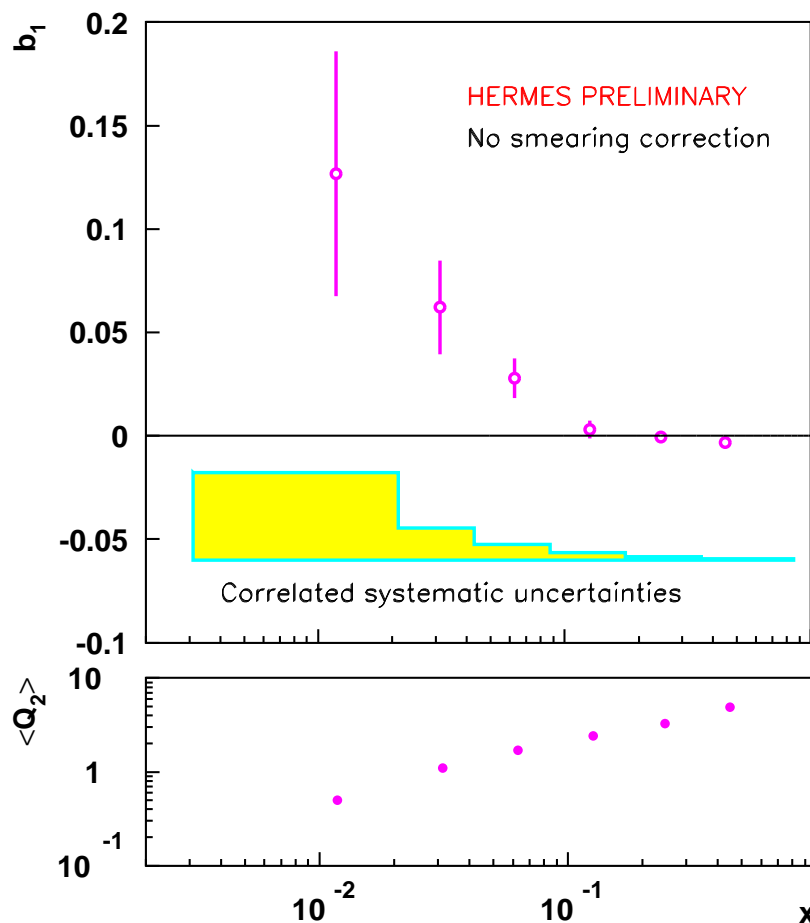
$$A_{\parallel} := \frac{\sigma^+ - \sigma^-}{2\sigma_{\text{unpol}}} = \frac{\sigma^+ - \sigma^-}{\sigma^+ + \sigma^-} \cdot \left[1 + \frac{1}{2} T A_T \right] = D \frac{g_1}{F_1}$$

Ergebnisse: Tensorasymmetrie A_T



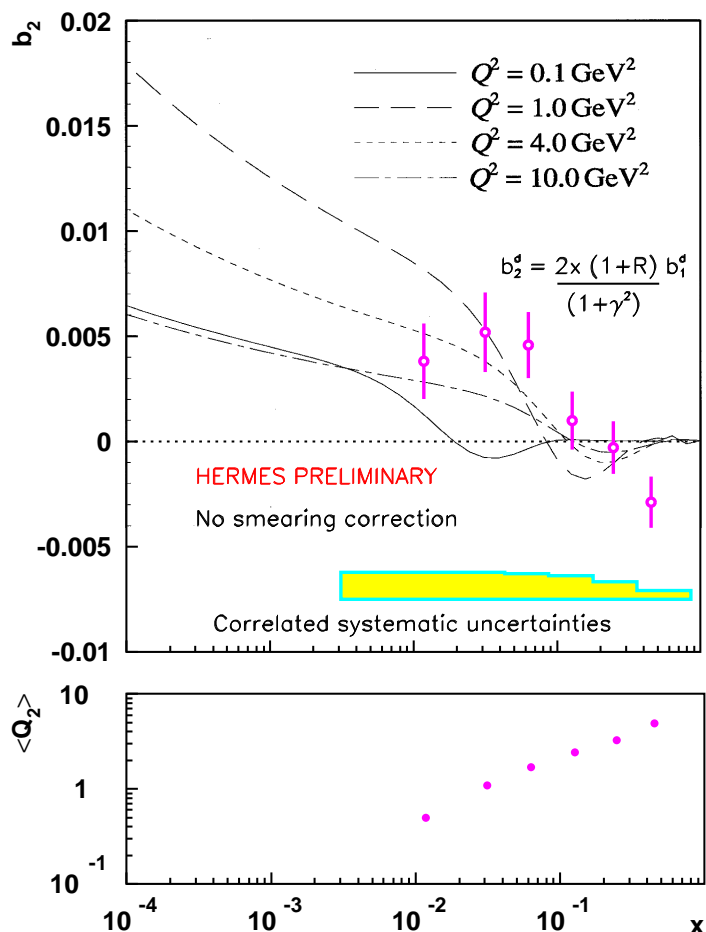
- $A_T = \mathcal{O}(1\%) \Rightarrow$ Einfluss auf g_1 gering
- $x \rightarrow 0: |A_T| > |A_{||}|$

Ergebnisse: Tensorstrukturfunktion b_1^d



- $b_1^d \gg \mathcal{O}(10^{-3}..10^{-4})$ (ältere Modelle)
- $x \rightarrow 0$: $b_1^d \nearrow$, hier sogar $b_1^d > g_1^d$!

b_1^d, b_2^d und Modellrechnungen



$\mathcal{O}(b_1^d) \xleftrightarrow{\checkmark}$ neuere Modellrechnungen

- Deuteron: D-Zustands-Beimischung
 \Rightarrow El. Quadrupolmoment $\neq 0$

\hookrightarrow Doppelstreu-Mechanismen mit signifikantem Beitrag zu b_1 bei kleinem x
 (z.B. Nikolaev *et al.*, *Phys. Lett. B* **398** (1997) 245)

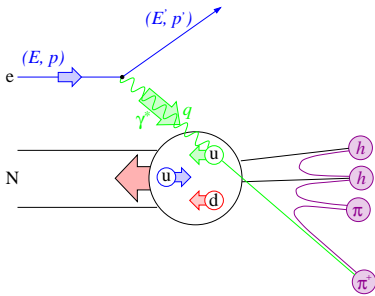
- QPM: $F_2 = 2xF_1$
 $b_2 = 2xb_1$

Theoriekurven: Bora *et al.*, *Phys. Rev. D* **57** (1998) 6906

Zusammenfassung

- **Erstmalige Messung** der Tensor-Strukturfunktion $b_1^d(x, Q^2)$ des Deuterons mit dem HERMES-Experiment dank besonderer Eigenschaften des HERMES-Gastargets
- Tensorasymmetrie $A_T = \mathcal{O}(1\%) \Rightarrow$ **geringer Einfluss auf die g_1 -Messung**
- b_1^d **groß bei kleinem x !**
- Gemessenes b_1^d in guter Übereinstimmung mit neueren Modellrechnungen
- Interpretation von b_1 :
 - Ursache für $b_1 \neq 0$: Doppelstreu-Mechanismen
 - Maß für die Abweichung eines Kerns von trivialem Verbund aus p und n

Strukturfunktionen und Wechselwirkung



WQS bei DIS:

$$\frac{d^2\sigma}{dE'd\Omega} \Big|_{\text{Born}} = \frac{\alpha^2}{2MQ^4} \frac{E'}{E} L_{\mu\nu} W^{\mu\nu}$$

Leptonischer und hadronischer Tensor je zerlegbar in

{symmetrischen}, spin-unabhängigen und

[anti-symmetrischen], spin-abhängigen Teil \Rightarrow

$$L_{\mu\nu} W^{\mu\nu} = \underbrace{L_{\{\mu\nu\}} W^{\{\mu\nu\}}(F_1, F_2, b_1, b_2, b_3, b_4)}_{\text{unpolarisierter}} + \underbrace{iL_{[\mu\nu]} W^{[\mu\nu]}(g_1, g_2)}_{\text{polarisierter inklusiver WQS}}$$

$\Rightarrow b_1$ nicht sensitiv auf die Strahlpolarisation

(aber implizit abhängig vom Targetspin)

Leptonischer und hadronischer Tensor

$$L^{\mu\nu} = L^{\{\mu\nu\}} + iL^{[\mu\nu]}(s)$$

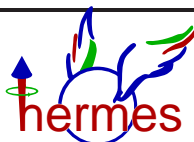
spin-*unabhängig* u.
{symmetrisch}

spin-*abhängig* u.
[anti-symmetrisch]

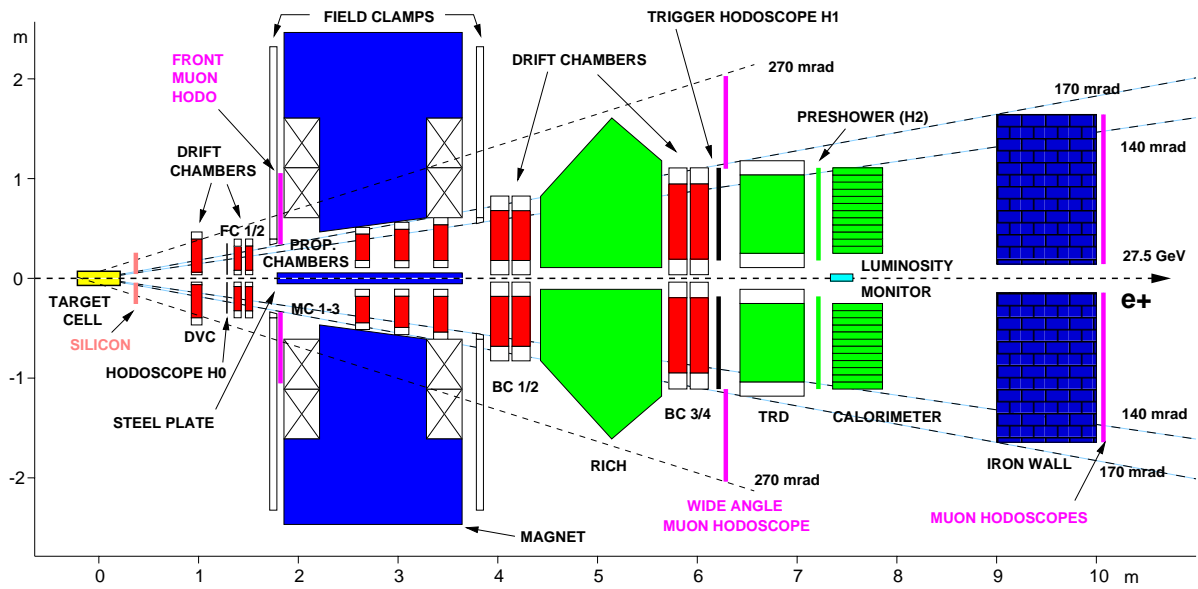
$$W^{\mu\nu} = W^{\{\mu\nu\}}(F_1, F_2) + iW^{[\mu\nu]}(g_1, g_2) +$$

$$+ W^{\{\mu\nu\}}(b_1, b_2, b_3, b_4)$$

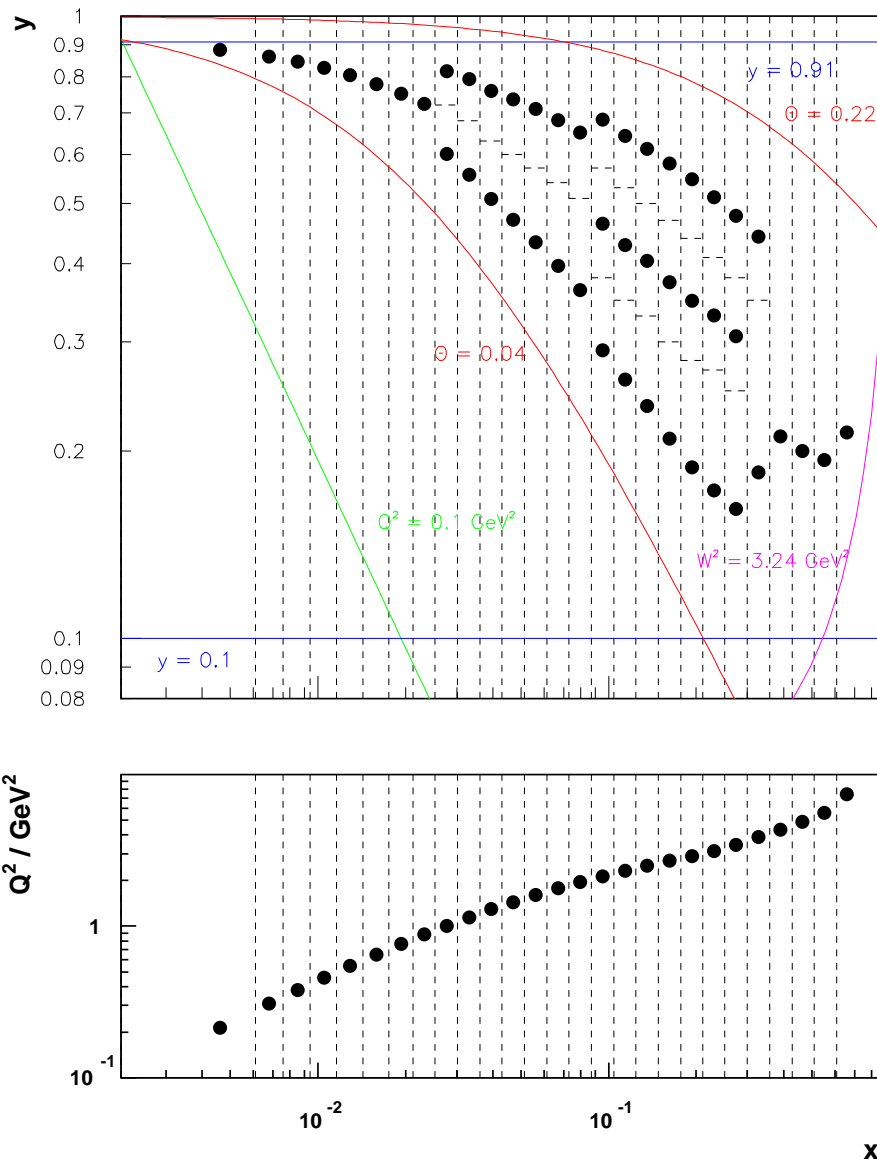
implizit vom Target-Spin abhängig
(zusätzlich und nur für Spin-1)



HERMES-Spektrometer



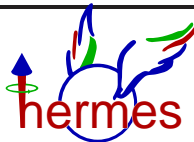
Kinematischer Bereich bei HERMES



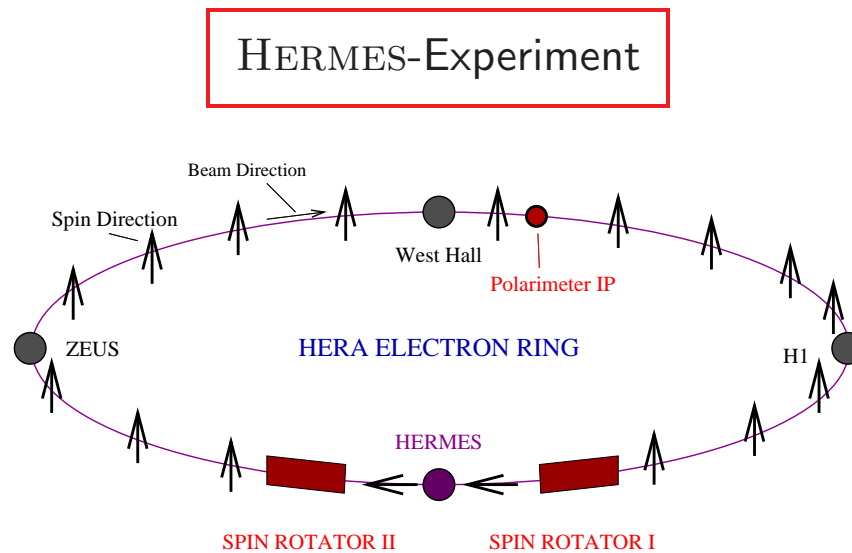
Für die inklusive g_1 - und b_1 -Analyse:

$$0.002 < x < 0.85, 0.1 \text{ GeV}^2 < Q^2 < 20 \text{ GeV}^2$$

b_1 : 6-er binning-Schema



DIS am Spin-1 Target bei HERMES



Longitudinal polarisierter e-Strahl (27.6 GeV) trifft auf
polarisierbares internes Gastarget



Messung der Spinstrukturfunktion $g_1^{(p,d)}$ am vektorpolarisierten Target
Erstmalig: Messung der Tensor-Strukturfunktion b_1^d am tensorpolarisierten Target