

Das SENECA-NaJ-Experiment zur freien und quasi-freien Comptonstreuung und π^0 -Produktion am Proton

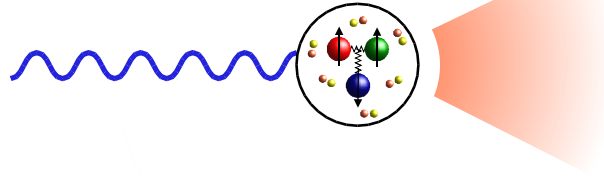
Marcus Camen
II. Physikalisches Institut
Universität Göttingen



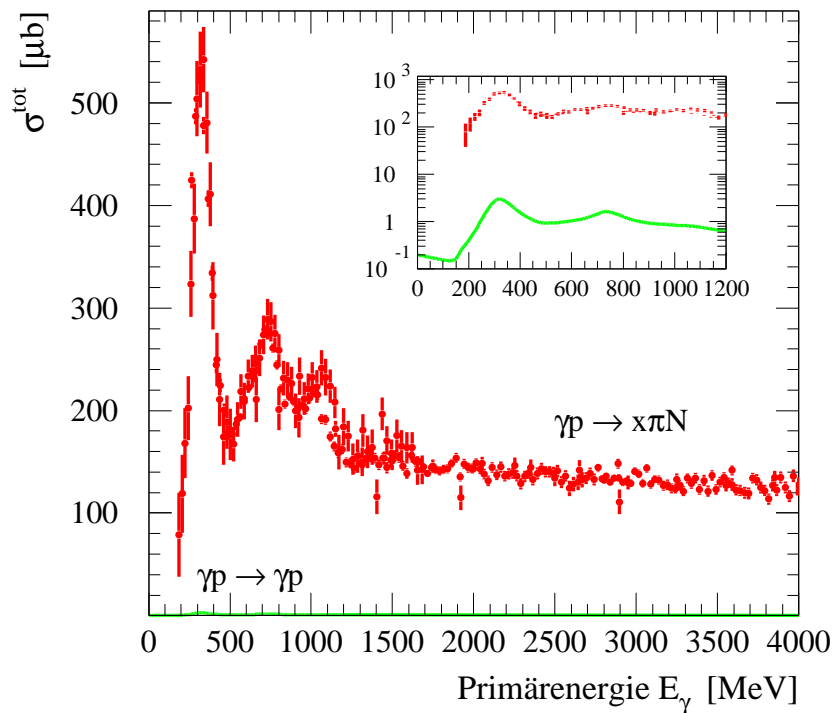
- ⇒ Innere Struktur des Protons
- ⇒ Das Deuteron als gebundenes Proton-Neutron System

Reaktionen mit reellen Photonen

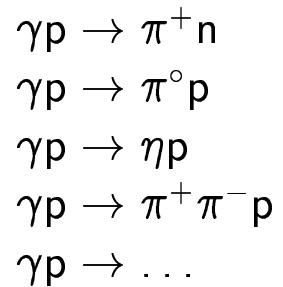
reelle
Photonen



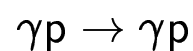
↪ für die theoretische Beschreibung
besonders attraktiv



Meson- produktion



Compton- streuung

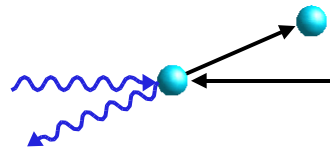


Theoretische Beschreibung

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \Phi^2 \sum_{\text{Spins}} |T_{fi}|^2$$

$$\gamma N \rightarrow \gamma N$$

Rückwärtsstreuung



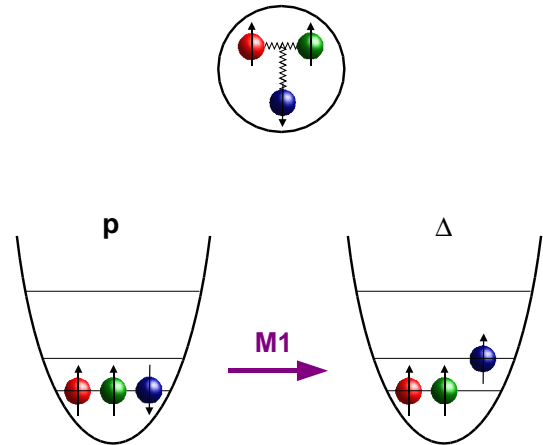
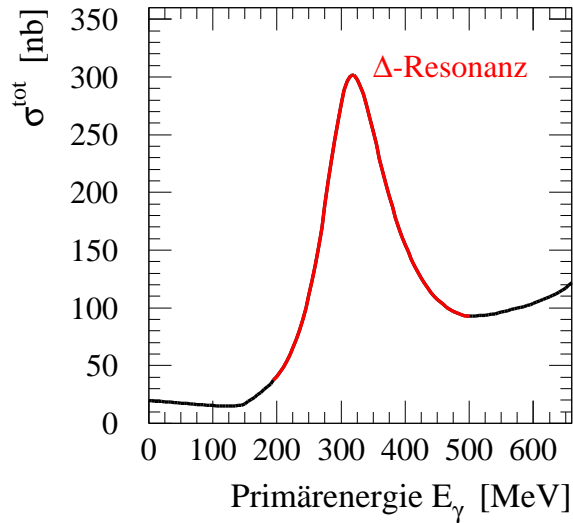
$$T = \sqrt{\frac{2m-\omega'+\omega}{2m}} \cdot \vec{\epsilon} \cdot \vec{\epsilon}'^* \cdot \left\{ T_{\text{Punkt}} + \omega\omega' (\bar{\alpha} - \bar{\beta}) + \mathcal{O}(\omega^2\omega'^2) \right\} \\ + \sqrt{\omega\omega'} \cdot i\vec{\sigma} \cdot \vec{\epsilon} \times \vec{\epsilon}'^* \cdot \left\{ T_{\text{Punkt}} + \omega\omega' (\gamma_{\pi}) + \mathcal{O}(\omega^2\omega'^2) \right\}$$

⇒ elektromagnetische Polarisierbarkeiten $\bar{\alpha}$, $\bar{\beta}$

$$\bar{\alpha} + \bar{\beta} = \int_0^{\infty} \frac{\sigma_{\text{tot}} d\nu}{2\pi \nu^2} = \begin{cases} (13,8 \pm 0,4)_p \times 10^{-4} \text{ fm}^3 \\ (15,2 \pm 0,5)_n \times 10^{-4} \text{ fm}^3 \end{cases}$$

⇒ Spinpolarisierbarkeit γ_{π}

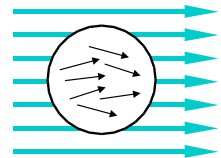
Die magnetische Polarisierbarkeit



Paramagnetismus β^{para}

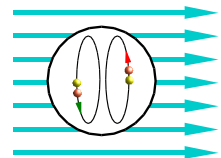
$$\underline{N \rightarrow \Delta}: \quad \beta_p^{\text{para}} \approx 9,4 \times 10^{-4} \text{ fm}^3$$

$$\beta_p^{\text{exp}} = (1,8 \pm 1,1) \times 10^{-4} \text{ fm}^3$$

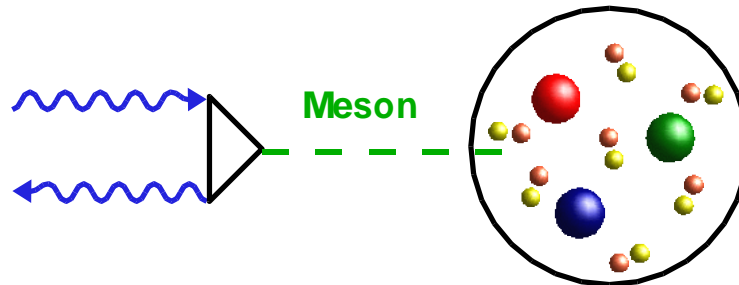


Diamagnetismus β^{dia}

$$\underline{\pi\text{-Wolke}}: \quad \beta_p^{\text{dia}} \approx -6,1 \times 10^{-4} \text{ fm}^3$$



Die Spinpolarisierbarkeit



LARA

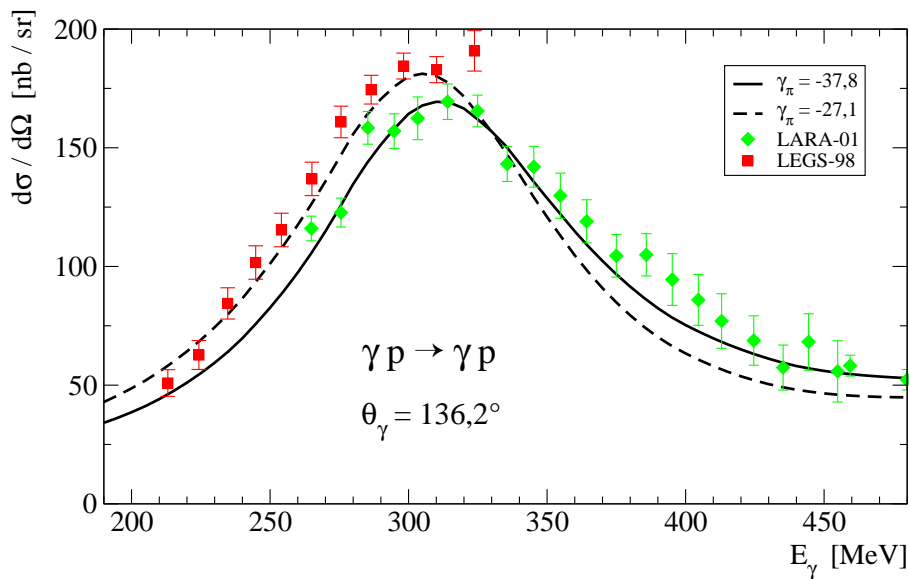
π^0, η

$$(\gamma_\pi)_p = -37 \times 10^{-4} \text{ fm}^4$$

LEGS

$\pi^0, \eta, ???$

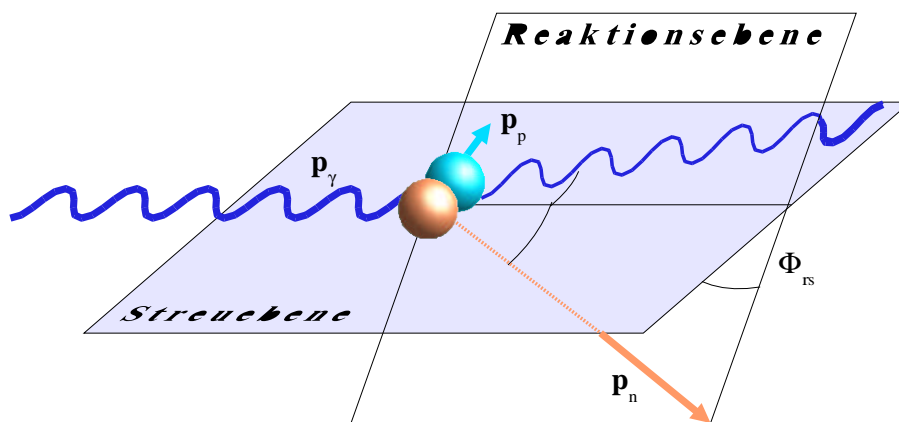
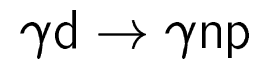
$$(\gamma_\pi)_p = -(37 - 10) \times 10^{-4} \text{ fm}^4$$



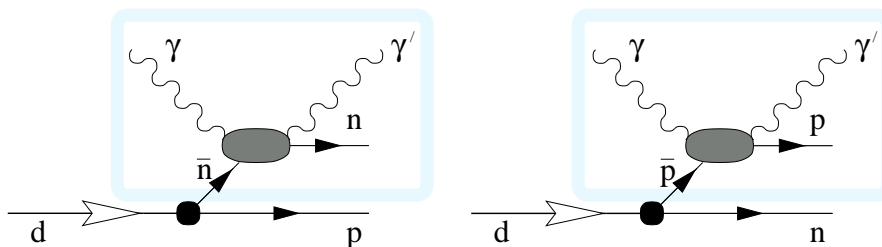
Gezielter Test der Spinpolarisierbarkeit

Die quasi-freien Reaktionen

$$\frac{d^3\sigma}{d\Omega_{\gamma'} d\Omega_p dE_p} = \Phi^2 \sum_{\text{Spins}} |T_{fi}|^2$$



Zentrum des quasi-freien Peaks

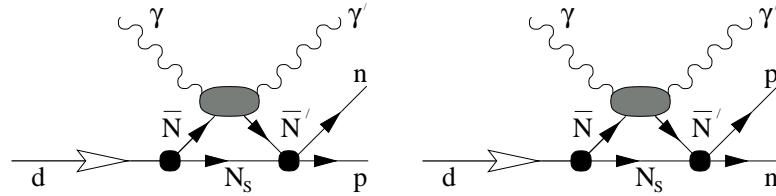


⇒ Theorie der freien Streuung überträgt sich

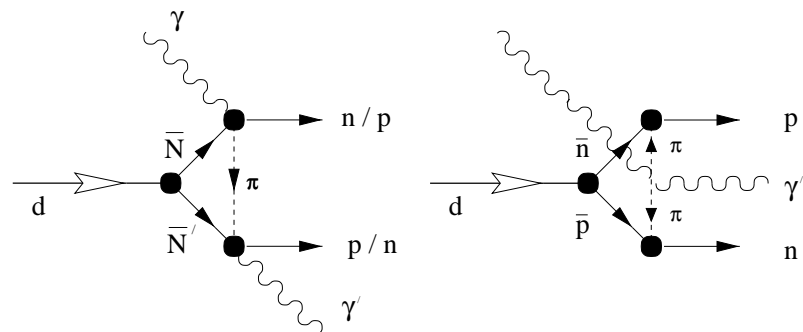
↪ Zugang zum Neutron

Wechselwirkungen im Deuteron

Endzustands-
wechsel-
wirkungen



Meson-
austausch-
ströme



Ansatz experimentell nicht hinreichend verifiziert

⇒ Nukleon-Nukleon-Potential ?

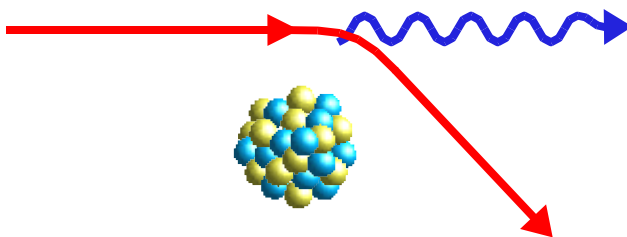
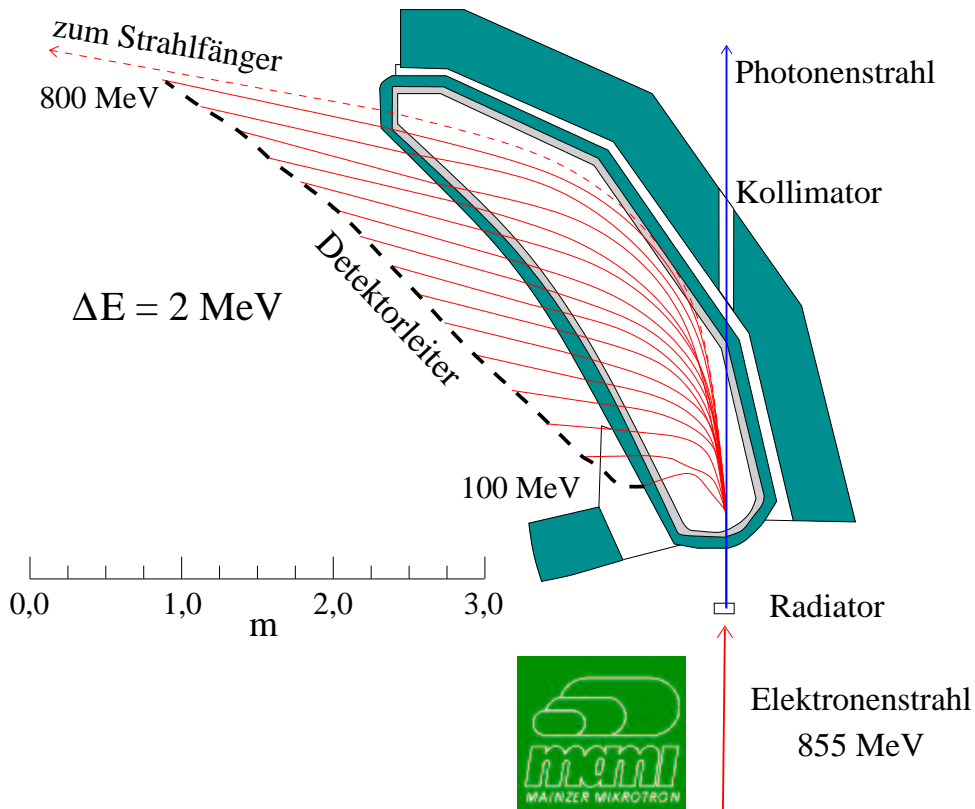
⇒ Mesonströme zwischen beiden Nukleonen ?

Test der Deuteronrechnungen

$\gamma p \rightarrow \gamma p \quad \leftrightarrow \quad \gamma d \rightarrow \gamma p n_s$

Erzeugung reeller Photonen

Photonenmarkierung

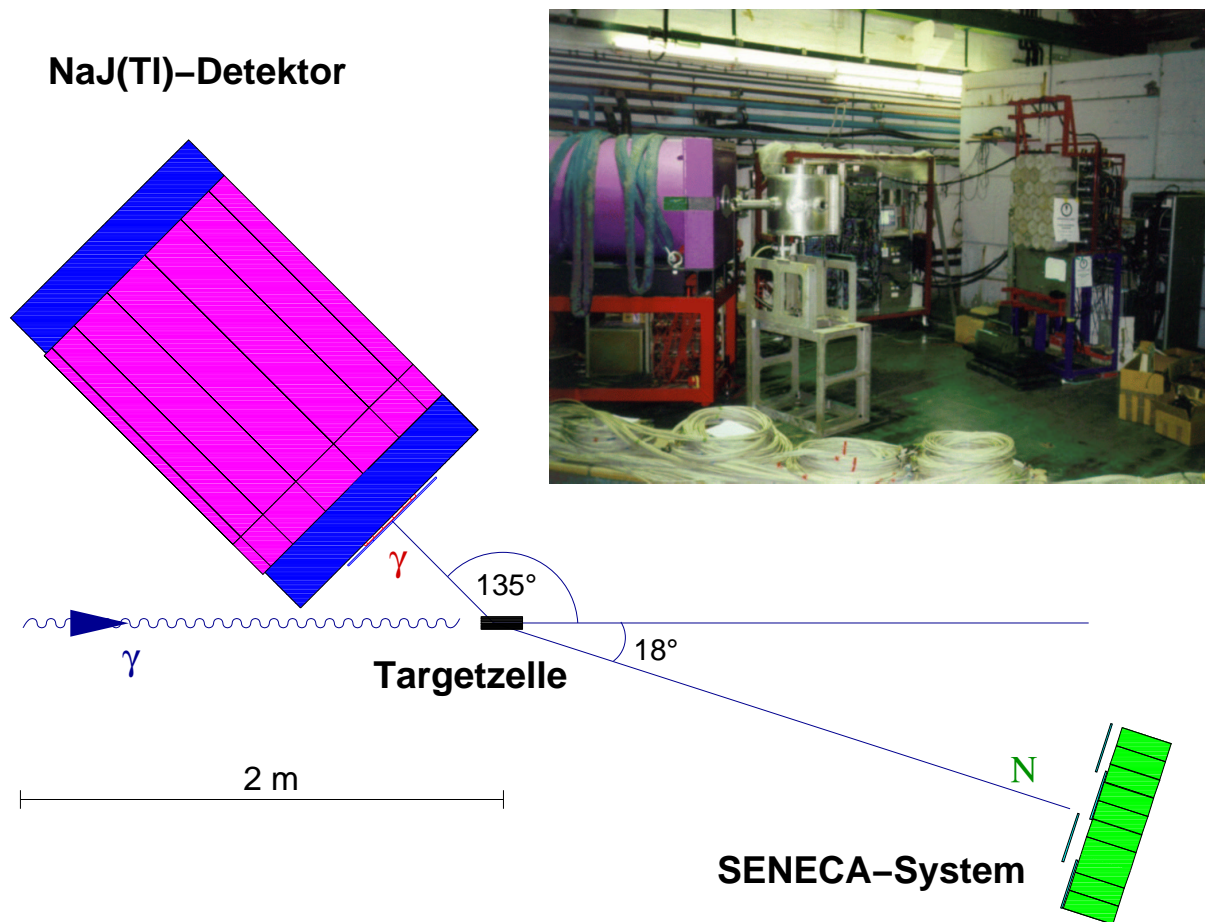


Bremsstrahlung

$$E_{\gamma} = E_e - E_{e'}$$

Der Experimentaufbau

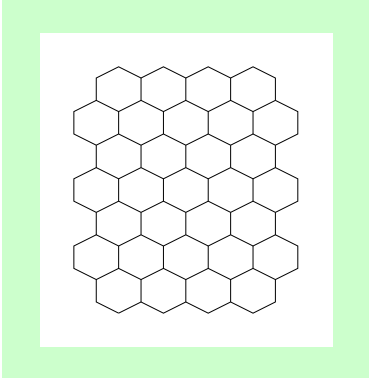
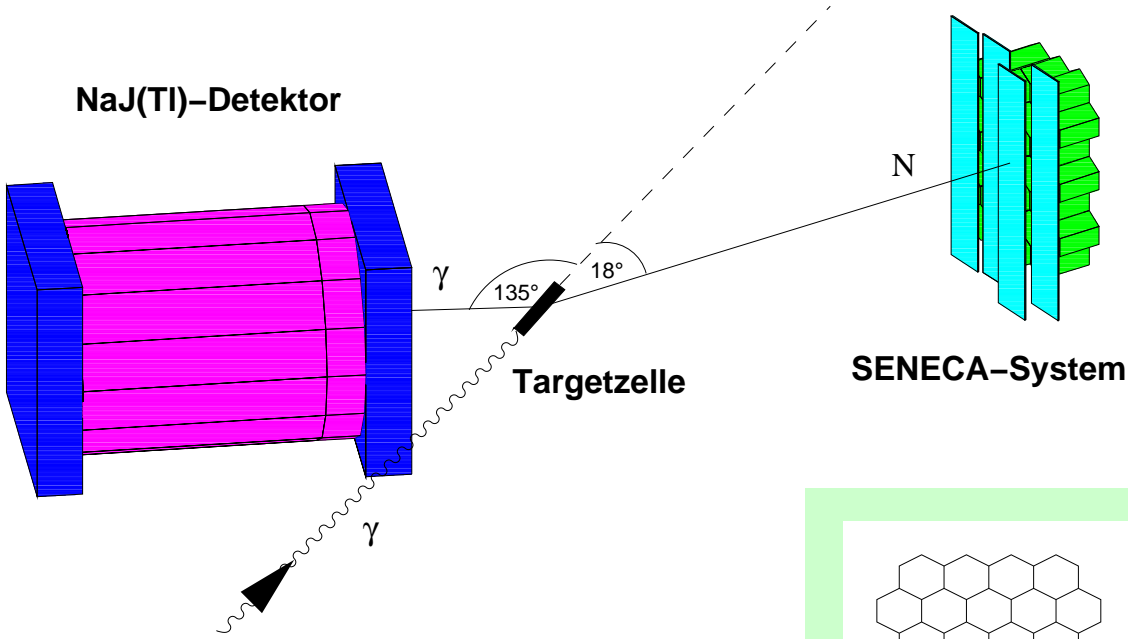
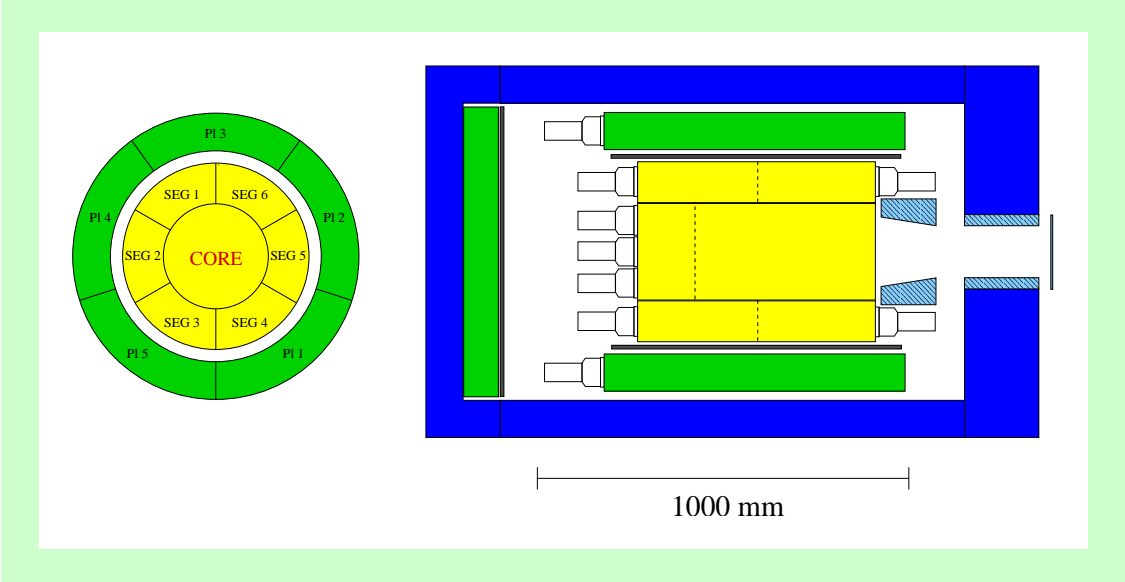
Tagged Photon-Beam @ MAMI



lq. H₂: 40 Stunden

lq. D₂: 238 Stunden

Die Detektoren



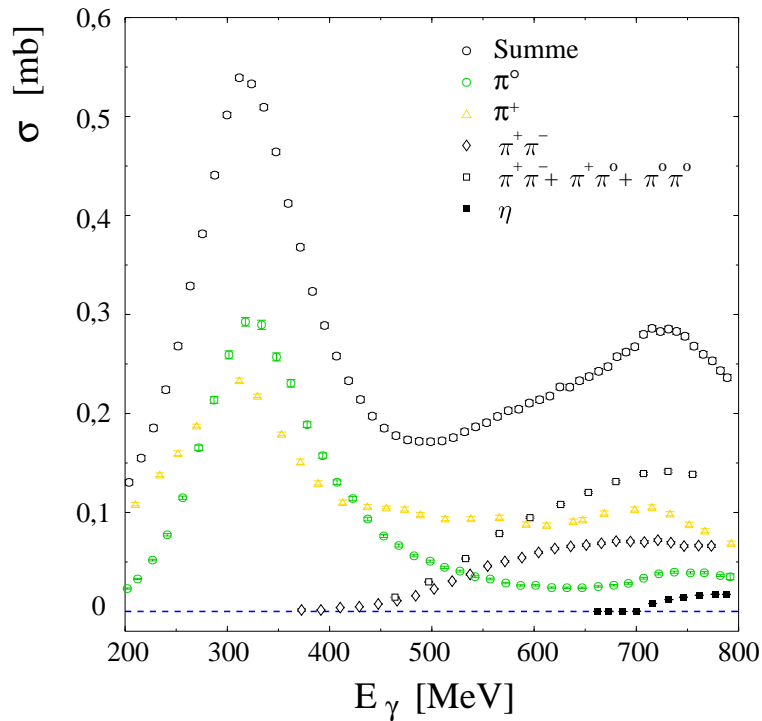
$\hookrightarrow E_0, \theta_\gamma, E_\gamma, \theta_N, E_N$

Datenanalyse

$$\frac{d\sigma}{d\Omega_\gamma}(E_\gamma, \theta_\gamma) = \frac{N_\gamma^{\text{Str}}}{N_\gamma \cdot N_T \cdot \Omega_{\text{eff}}} \Bigg|_{\text{frei}}$$
$$\frac{d^3\sigma}{d\Omega_\gamma d\Omega_p dE_p}(E_\gamma, \theta_\gamma) = \frac{N_\gamma^{\text{Str}}}{N_\gamma \cdot N_T \cdot \Omega_{\text{eff}}} \Bigg|_{\text{quasi-frei}}$$

- ⇒ Primärphotonenzahl N_γ
 - ↪ Bremsstrahlelektronen, Markierungseffizienz
- ⇒ Flächenbelegung des Targets N_T
 - ↪ Targetabmessungen, Dichte (H_2 , D_2)
- ⇒ effektiver Raumwinkel Ω_{eff}
 - ↪ Monte-Carlo-Simulation
- ⇒ gestreute Photonenzahl N_γ^{Str}

Konkurrenzreaktionen



Unkorrelierte
Ereignisse

Meson-
Produktion



Reaktionsidentifikation

- ⇒ zeitliche Korrelation, elektrische Ladung
- ⇒ überbestimmte Kinematik

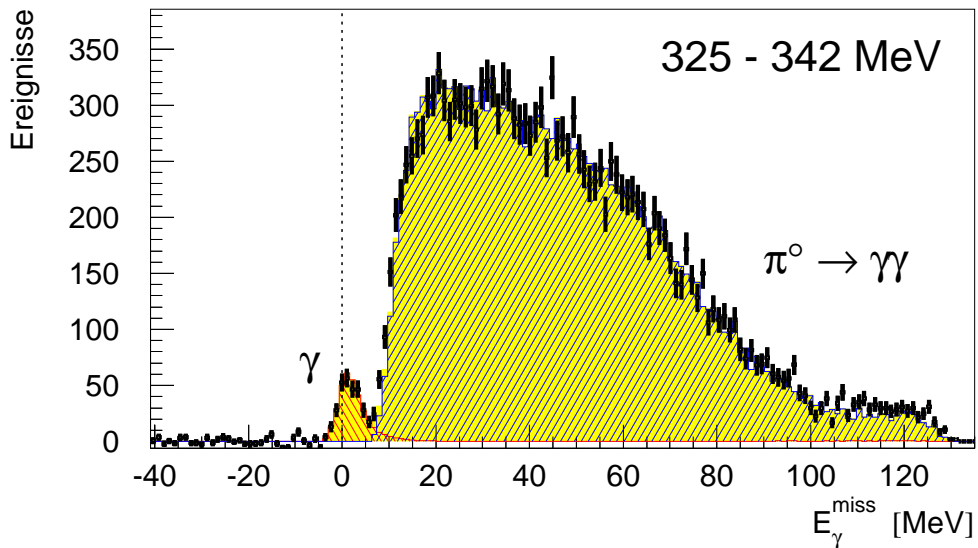
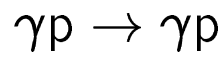
↪

$$E_{\gamma}^{\text{miss}} := \underbrace{E_{\gamma}^{\text{theo}}(E_0, \theta_{\gamma})}_{E_0} - E_{\gamma}^{\text{exp}}$$

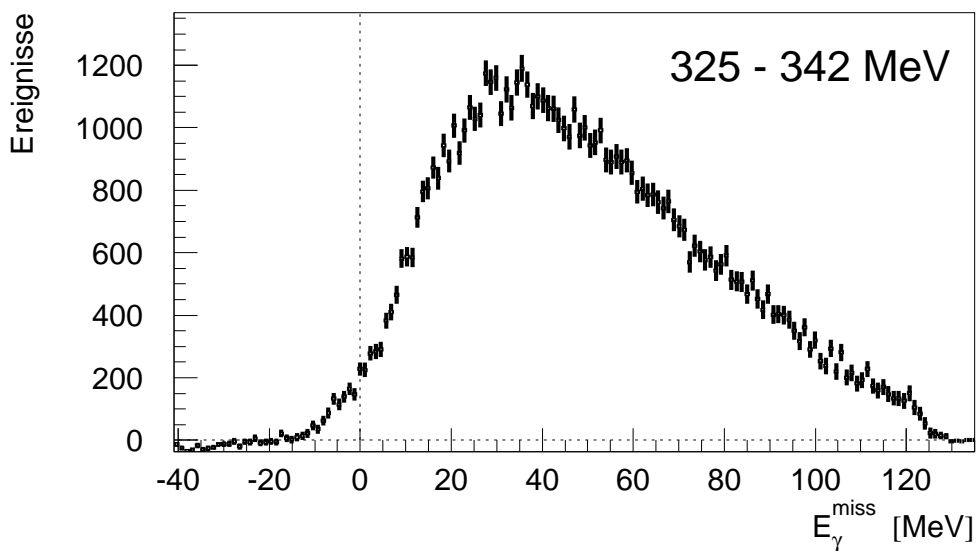
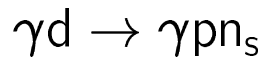
$$\frac{E_0}{1 + \frac{E_0}{m_p}(1 - \cos(\theta_{\gamma}))}$$

Missing-Energy Photon

frei

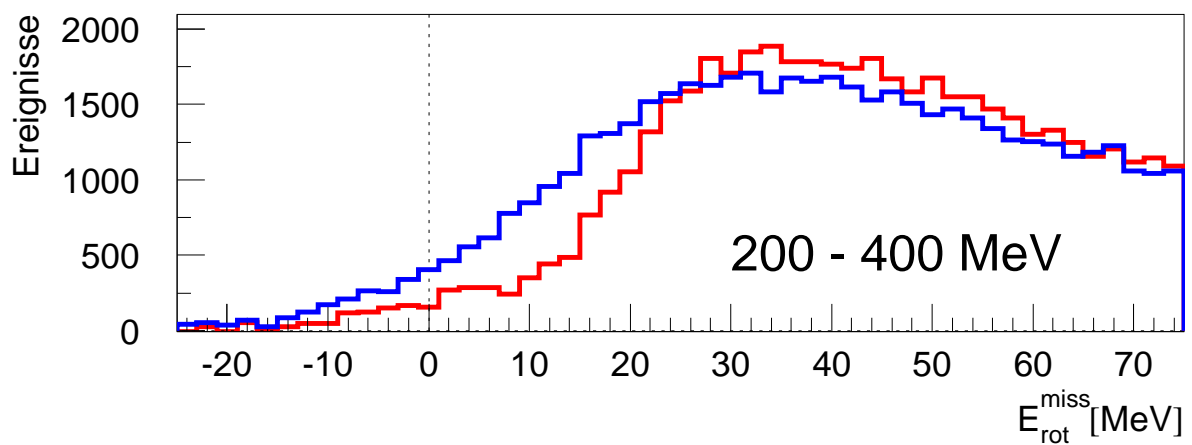
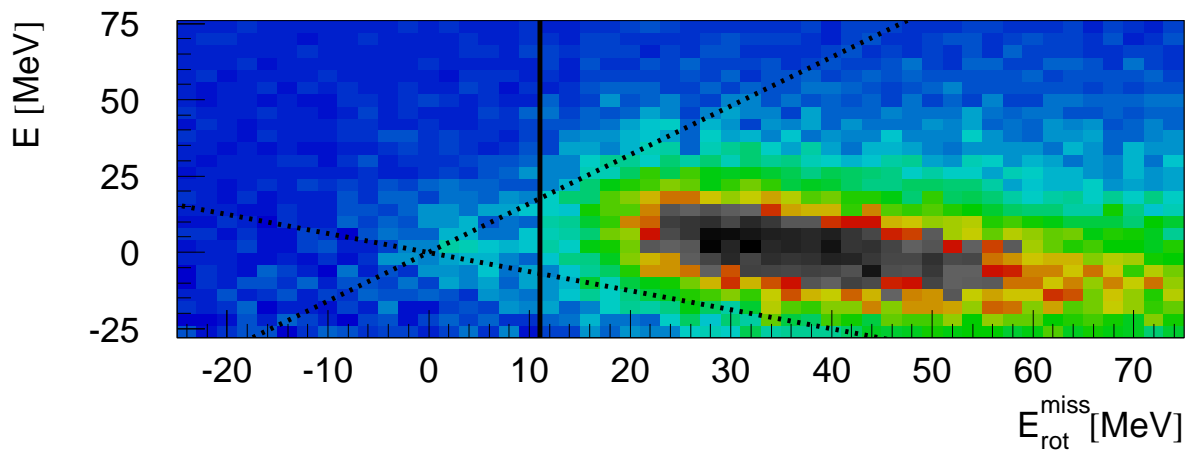
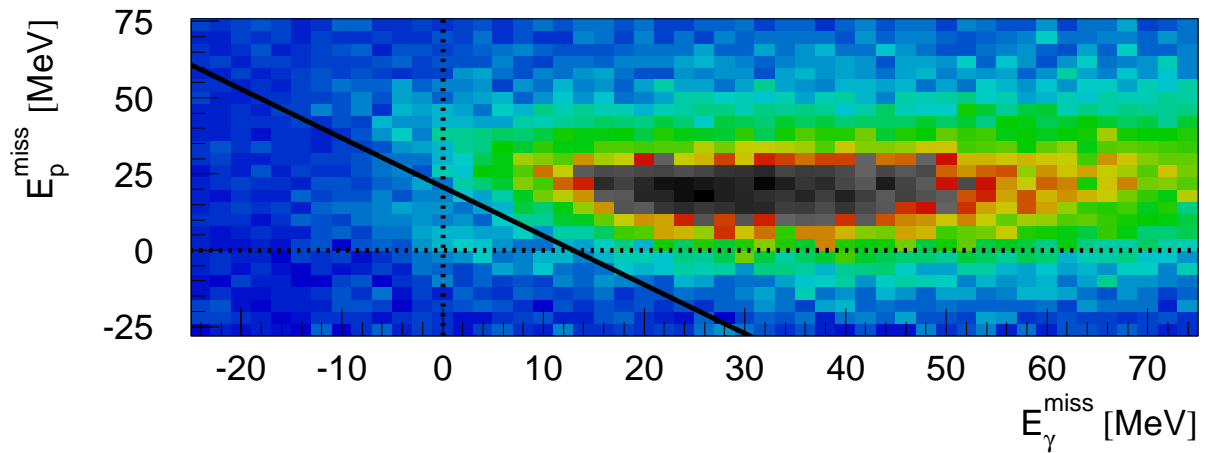


quasi-frei

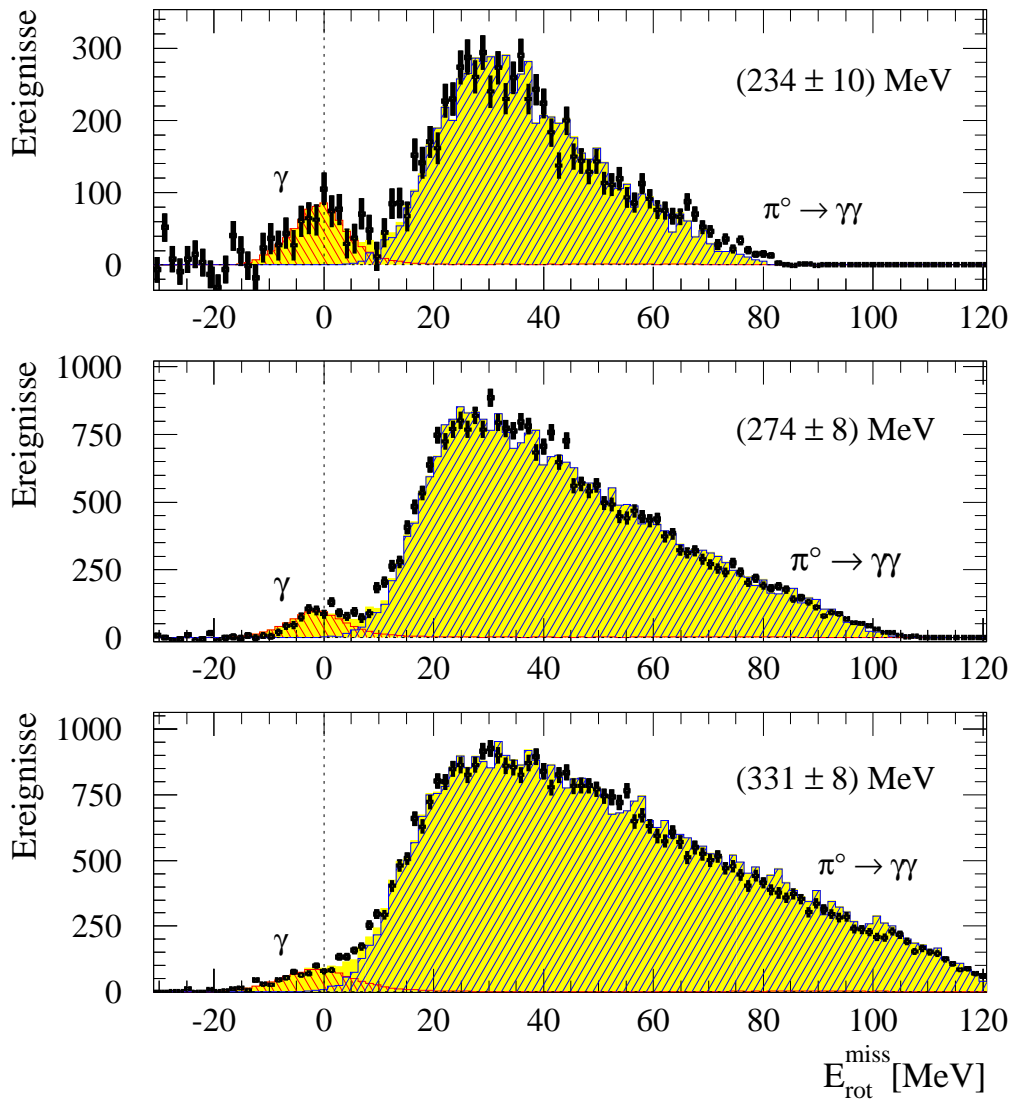
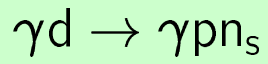


Missing-Energy Proton

E_p^{miss} vs. E_γ^{miss}

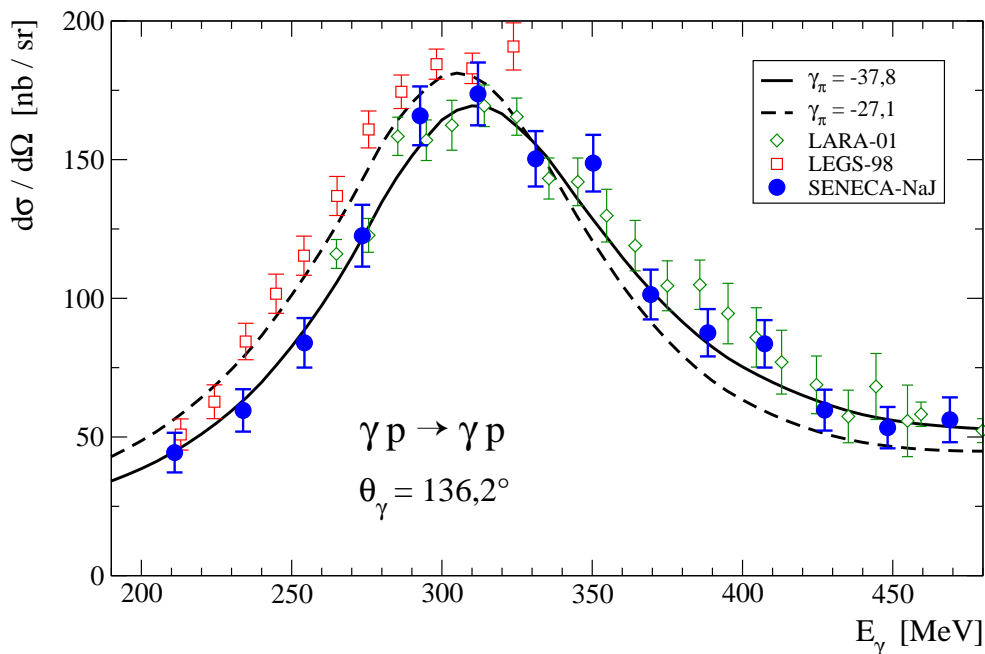


Separation der Reaktionskanäle



$$\longrightarrow \frac{d^3\sigma}{d\Omega_\gamma d\Omega_p dE_p}$$

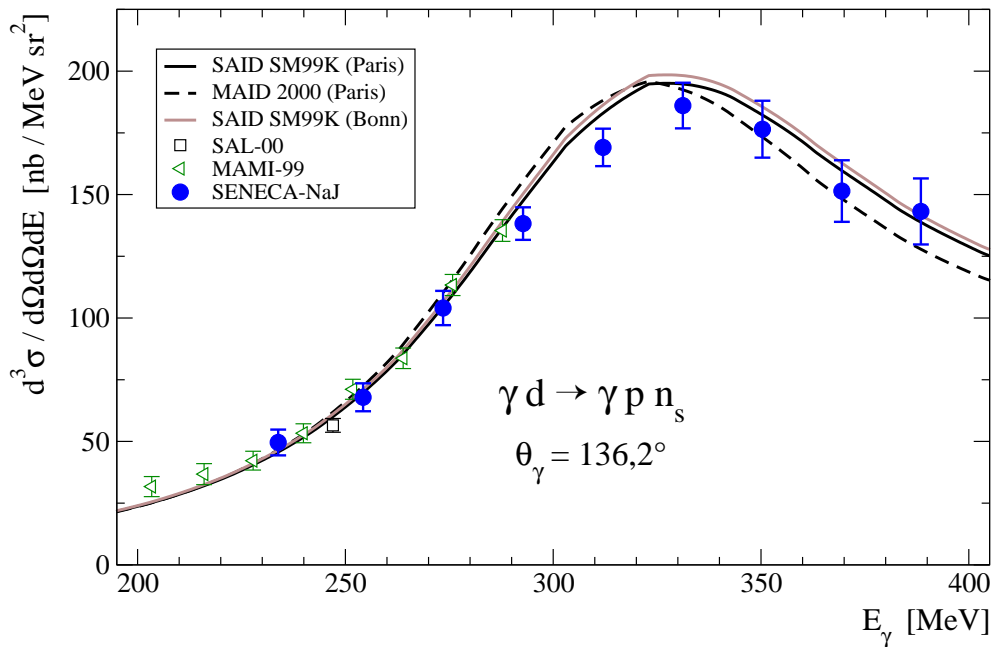
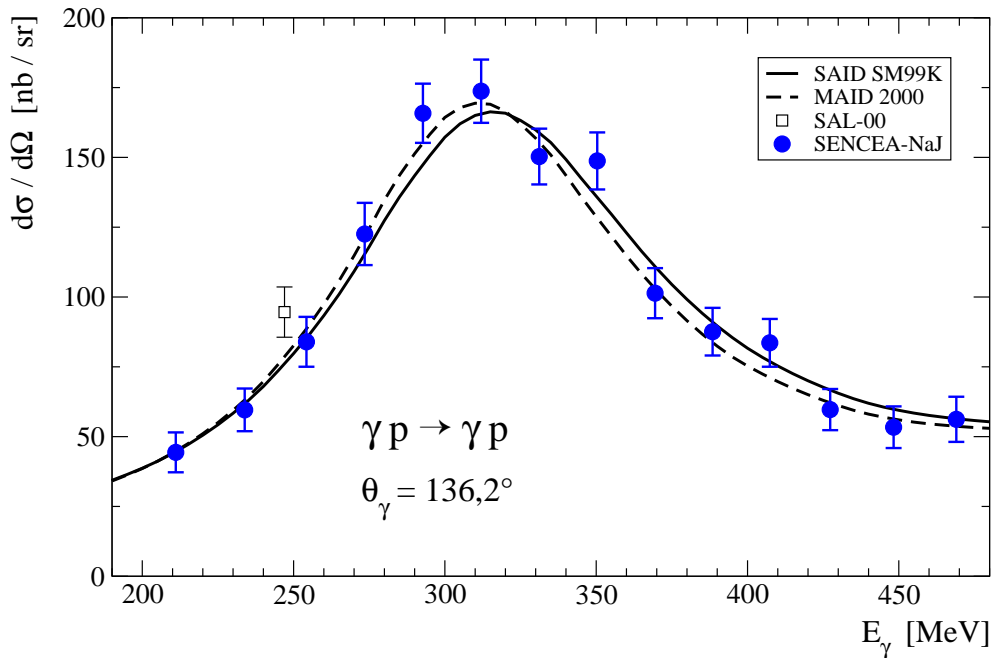
Zusatzbeiträge zur Spinstruktur



Spinpolarisierbarkeit γ_π [10^{-4} fm^4]	
LARA	$-37,9 \pm 0,6$
LEGS	$-27,1 \pm 2,2$
SENECA-NaJ	$-37,8 \pm 1,4$
phänomenologische Rechnungen	$-36 \dots -39$
chirale Störungstheorien	$-38 \dots -36$

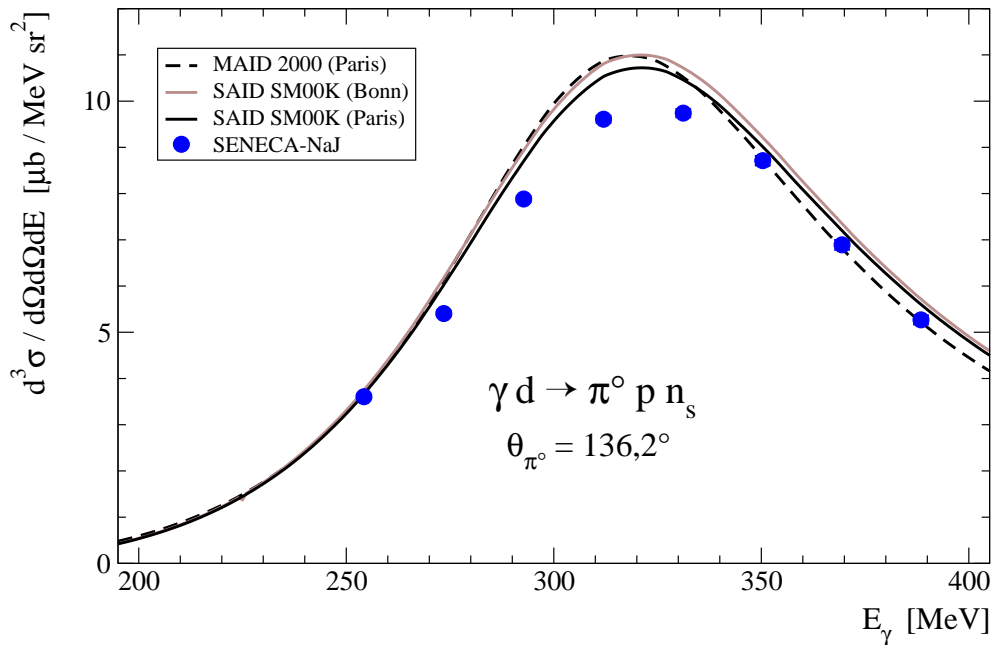
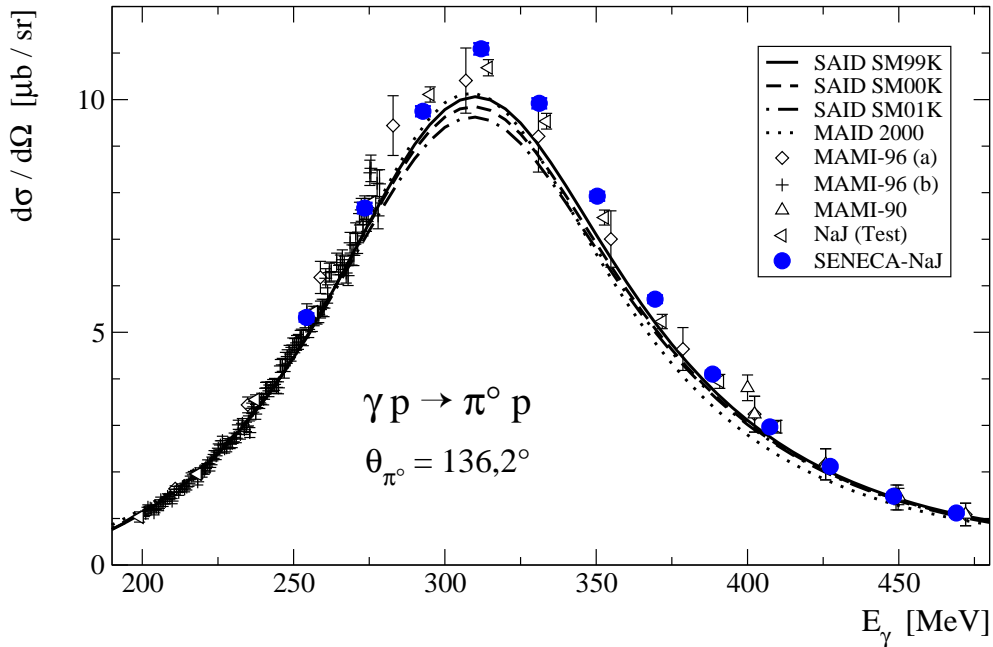
SENECA-NaJ: Bestätigung bestehender Modelle

Das gebundenen Proton



Abweichungen zu den Deuteronrechnungen

Pionproduktion



π^0 -Produktion: Deutliche Diskrepanz

Erklärungsansätze

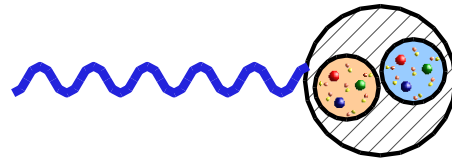
Zutaten der quasi-freien Theorie

⇒ Nukleon-Nukleon-Potential

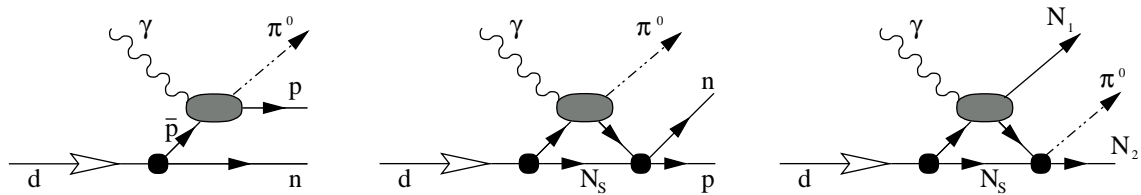
CSB (m_p vs. m_n), CIB (m_{π^0} vs. m_{π^\pm})

π NN-, Mehr-Pion-Wechselwirkungen

⇒ Abschattungseffekte



⇒ π^0 -Produktion: Mesonrückstreuung



Detaillierte Untersuchungen jetzt möglich

Zusammenfassung

Vermessung der freien Comptonstreuung und π^0 -Produktion unter $\theta^{\text{lab}} = 136^\circ$ im Bereich der Δ -Resonanz

- ⇒ Gezielter Test der Proton-Spinstruktur
 - ↪ Bestätigung der theoretischen Vorhersagen
 - ↪ Widerspruch zur Interpretation der LEGS-Kollaboration

Erstmalige Vermessung der quasi-freien Comptonstreuung und π^0 -Produktion

- ⇒ Direkter Vergleich mit der freien Streuung
 - ↪ Wechselwirkungen im Deuteron sind nicht hinreichend verstanden
 - ↪ Erhebliche Diskrepanz der π^0 -Daten

- ⇒ Gezielte Verbesserungen der Deuteronrechnungen