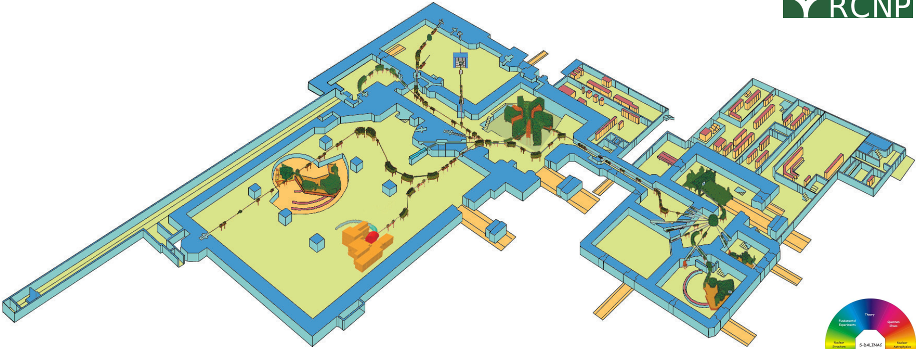
Polarisationstransferkoeffizienten aus hochauflösender Streuung polarisierter Protonen an ^{120}Sn unter 0°

Johannes Simonis - Bachelor Vortrag



Gefördert durch die DFG im Rahmen des SFB 634 and 446JAP 113/267/0-2.

Gliederung

- Motivation
- Theoretische Grundlagen
- Experimenteller Aufbau am RCNP in Osaka, Japan
- Datenanalyse
- Ergebnisse
- Zusammenfassung und Ausblick

Extraktion der kompletten E1 und Spin-M1 Stärkeverteilung in ^{120}Sn

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- E1: $^{120}\mathrm{Sn}(\gamma, \gamma')$ Experiment am S-DALINAC
  B. Özel, Ph.D. thesis, Çukurova University, Adana, Turkey (2008)
  - abweichende theoretische Vorhersagen für Zentroidenergie und summierte Stärke der PDR
  - Zusammenhang zwischen Stärkeverteilung und Dicke der Neutronenhaut
- Spin-M1: $^{120}\mathrm{Sn}(p, p')$ Experimente bei $E_p = 200\,\mathrm{MeV}$ unter 4°
  - keine Anzeichen für resonanzartige Struktur bei niedrigen Energien
    Bertrand et al., *Phys. Lett. B* 103 (1981) 326.
  - Bump nahe $8,4\,\mathrm{MeV}$ mit Spinflip M1 Charakter
    Djalali et al., *Nucl. Phys. A* 388 (1982) 1.
- Dipolstärkeverteilung nahe der Neutronenseparationsschwelle relevant für die Nukleosynthese (r-Prozess)

Experimenteller Zugang zur Untersuchung der Dipolstärkeverteilung

- Kernresonanzfluoreszenz (KRF)
  - große Sensitivität auf Dipolanregungen
  - hohe Energieauflösung (einige keV)
  - Messung öfter nur bis zur Teilchenseparationsschwelle wegen (γ, n)-Reaktion
  - Wirkungsquerschnitt $\propto \Gamma_0 \frac{\Gamma_0}{\Gamma}$
    - Annahme: $\frac{\Gamma_0}{\Gamma} = 1 \rightarrow$ unteres Limit für Wirkungsquerschnitt
    - Zugang über statistische Modellrechnung $\rightarrow$ oberes Limit
      Rusev et al., *Phys. Rev. C* 79 (2009) 061302.

Experimenteller Zugang zur Untersuchung der Dipolstärkeverteilung

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Kernresonanzfluoreszenz (KRF)
  - große Sensitivität auf Dipolanregungen
  - hohe Energieauflösung (einige keV)
  - Messung öfter nur bis zur Teilchenseparationsschwelle wegen (γ, n)-Reaktion
  - Wirkungsquerschnitt $\propto \Gamma_0 \frac{\Gamma_0}{\Gamma}$
    - Annahme: $\frac{\Gamma_0}{\Gamma} = 1 \rightarrow$ unteres Limit für Wirkungsquerschnitt
    - Zugang über statistische Modellrechnung $\rightarrow$ oberes Limit
      Rusev et al., *Phys. Rev. C* 79 (2009) 061302.
- (γ, x) Experimente messen nur oberhalb der Teilchenseparationsschwelle

Experimenteller Zugang zur Untersuchung der Dipolstärkeverteilung

- Kernresonanzfluoreszenz (KRF)
  - große Sensitivität auf Dipolanregungen
  - hohe Energieauflösung (einige keV)
  - Messung öfter nur bis zur Teilchenseparationsschwelle wegen (γ, n)-Reaktion
  - Wirkungsquerschnitt $\propto \Gamma_0 \frac{\Gamma_0}{\Gamma}$
    - Annahme: $\frac{\Gamma_0}{\Gamma} = 1 \rightarrow$ unteres Limit für Wirkungsquerschnitt
    - Zugang über statistische Modellrechnung $\rightarrow$ oberes Limit
      Rusev et al., *Phys. Rev. C* 79 (2009) 061302.
- (γ, x) Experimente messen nur oberhalb der Teilchenseparationsschwelle
- bisherige (p, p'): große experimentelle Unsicherheiten

Experimenteller Zugang zur Untersuchung der Dipolstärkeverteilung

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Kernresonanzfluoreszenz (KRF)
  - große Sensitivität auf Dipolanregungen
  - hohe Energieauflösung (einige keV)
  - Messung öfter nur bis zur Teilchenseparationsschwelle wegen (γ, n)-Reaktion
  - Wirkungsquerschnitt $\propto \Gamma_0 \frac{\Gamma_0}{\Gamma}$
    - Annahme: $\frac{\Gamma_0}{\Gamma} = 1 \rightarrow$ unteres Limit für Wirkungsquerschnitt
    - Zugang über statistische Modellrechnung $\rightarrow$ oberes Limit
      Rusev et al., *Phys. Rev. C* 79 (2009) 061302.
- (γ, x) Experimente messen nur oberhalb der Teilchenseparationsschwelle
- bisherige (p, p'): große experimentelle Unsicherheiten

$\Rightarrow$hochauflösende$(\vec{p}, \vec{p}')$ unter 0°

als neues experimentelles Tool

Neuer experimenteller Zugang mit $(\vec{p}, \vec{p}')$ unter 0°

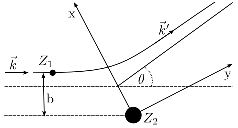
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Messung unterhalb und oberhalb der Teilchenseparationsschwelle
- hohe Energieauflösung ($\Delta E/E \approx 8 \cdot 10^{-5}$)
- unter 0° Selektivität auf Übergänge mit kleinem ΔL
  - Coulomb Anregung (E1, $\Delta L = 1$)
  - Spin-Isospin-Anteil der Proton-Kern-Ww. (Spin-M1, $\Delta L = 0$)
- zwei unabhängige Methoden zur Trennung der E1 und Spin-M1 Anteile am Wirkungsquerschnitt
  - Multipolentfaltung der Winkelverteilung
  - Polarisationstransferkoeffizienten
- Referenzfall: ^{208}Pb
  I. Poltoratska, Doctoral thesis, TU Darmstadt, (2011)

Theoretische Grundlagen - Coulomb Streuung

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- klassisch



- differentieller Wirkungsquerschnitt

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Z_1 Z_2 e^2 v_0}{2qc^2} \frac{1}{\sin\left(\frac{\theta}{2}\right)} \right)^2$$

mit Impulsübertrag $q = |\vec{k} - \vec{k'}|$

- virtuelle Photonenmethode

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \int \sigma_\gamma^{E1}(E_\gamma) \frac{dN_{E1}(E_\gamma)}{d\Omega} \frac{1}{E_\gamma} \, dE_\gamma$$

$$\propto B(E1)$$

mit Photoabsorptions-wirkungsquerschnitt $\sigma_\gamma^{E1}(E_\gamma)$

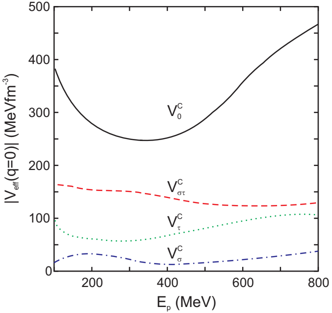
Bertulani et al., *Phys. Rep.* 163 (1988) 299.

Theoretische Grundlagen - Nukleon-Kern Wechselwirkung

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Für Impulsüberträge $q < 1\ \mathrm{fm}^{-1}$ ist der Spin-Orbit- und der Tensor-Term der eff. Ww. klein im Vergleich zum zentralen Term

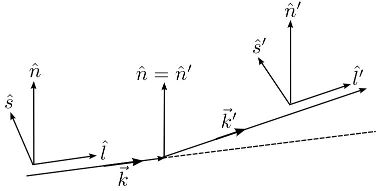
$$V_{ip}(r_{ip}) = V_0^C(r_{ip}) + V_\sigma^C(r_{ip})\,\vec{\sigma}_i \cdot \vec{\sigma}_p + V_\tau^C(r_{ip})\,\vec{\tau}_i \cdot \vec{\tau}_p + V_{\sigma\tau}^C(r_{ip})\,\vec{\sigma}_i \cdot \vec{\sigma}_p \vec{\tau}_i \cdot \vec{\tau}_p$$



Love et al., *Phys. Rev. C* 24 (1981) 1073.

- Messungen mit $E_p = 300\,\mathrm{MeV}$
- V_0^C hat Minimum; $V_{\sigma\tau}^C > V_\sigma^C, V_\tau^C$
  $\Rightarrow$ Spin-Isospin Anregungen
- Besonders: Spin-M1

Theoretische Grundlagen - Polarisationstransferkoeffizienten



Vollständiger Spintransfer

$$\Sigma = \frac{3 - (D_{NN'} + D_{SS'} + D_{LL'})}{4}$$

Unter 0°: $D_{SS} = D_{NN}$

$$\Sigma = \frac{3 - (2D_{SS} + D_{LL})}{4} = \begin{cases} 1 & \text{Spinflip} \\ 0 & \text{nicht-Spinflip} \end{cases}$$

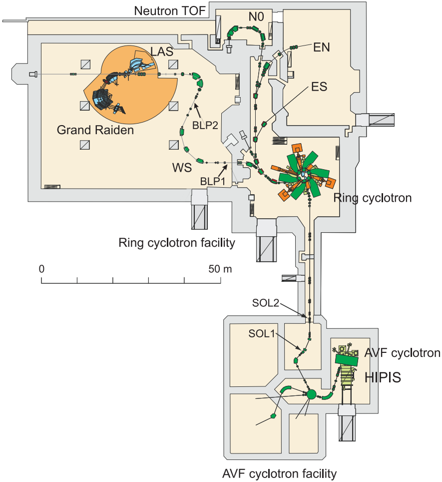
Bestimmung der Anteile am Wirkungsquerschnitt:

$$\frac{d\sigma}{d\Omega}(\Delta S = 1) \equiv \Sigma \left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right) \qquad \rightarrow \text{Spin} - \text{M1 Anregung}$$

$$\frac{d\sigma}{d\Omega}(\Delta S = 0) \equiv (1 - \Sigma) \left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right) \qquad \rightarrow \text{E1 Anregung}$$

T. Suzuki, *Prog. Theor. Phys.* 321 (2000) 859.

Experimenteller Aufbau am Research Center for Nuclear Physics in Osaka, Japan

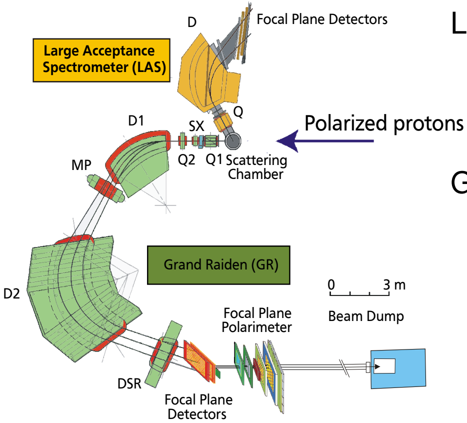


- E_p = 295 MeV
- Dispersion Matching: ΔE = 25 – 30 keV
- Strahlintensität: 1 – 5 nA
- Polarisationsgrad: 70 %
- period. Umkehrung der Spinrichtung zur Elimination der Asymmetrie des Aufbaus

Gemessene Größen:

- $d\sigma/d\Omega$ @ $0^\circ, 2.5^\circ, 4^\circ$
- D_{SS} @ 0°: seitliche Polarisationstransferobservable
- D_{LL} @ 0°: longitudinale Polarisationstransferobservable

Grand Raiden (GR) und Large Acceptance Spektrometer (LAS)



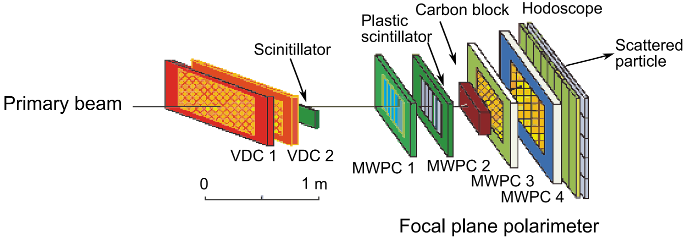
LAS

- Impulsauflösung: $p/\Delta p \approx 4980$
- Impulsakzeptanz: $\pm 15\,\%$

GR

- Impulsauflösung: $p/\Delta p \approx 37000$
- Impulsakzeptanz: $\pm 2,5\,\%$
- Dipolmagnet für Spinrotation (DSR) für D_{LL} Messung

Grand Raiden - Detektor System



- Fokalebenendetektor:

  Messung von Durchstoßpunkten x_{fp}, y_{fp} sowie Streuwinkeln θ_{fp}, ϕ_{fp}

- Fokalebenenpolarimeter:

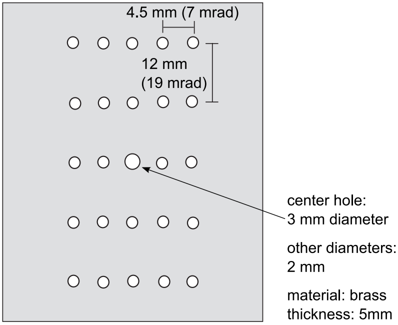
  Messung der seitlichen Polarisation p_S'' nach zweitem Streuprozess im Kohlenstoff Block

Datenanalyse

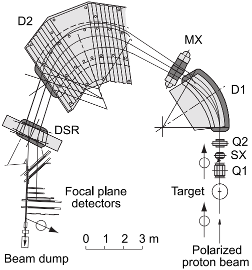
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Konversion der Driftzeiten zu Driftlängen
- Rekonstruktion der Streuwinkel am Target
- Hochauflösungskorrektur
- Energiekalibrierung
- Untergrundabzug
- Bestimmung der Strahlpolarisation

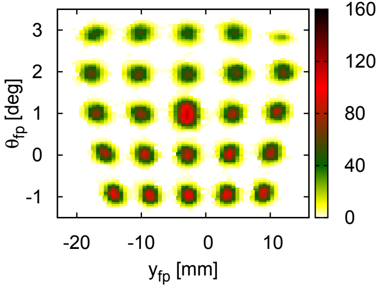
Rekonstruktion der Streuwinkel



- elastische Streuung an ^{58}Ni (100, 1 mg/cm^2)
- θ_{GR} = 15, 2°
- verschiedene Magnetfeld-einstellungen
- zentral und $\pm$1 mm (vertikal) für jede Konfiguration



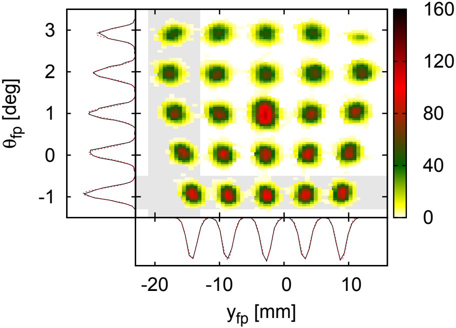
Rekonstruktion der Streuwinkel - Methode



Bestimmung der Mittelpunkte:

- Berücksichtigung von y_{LAS} und x_{fp}

Rekonstruktion der Streuwinkel - Methode



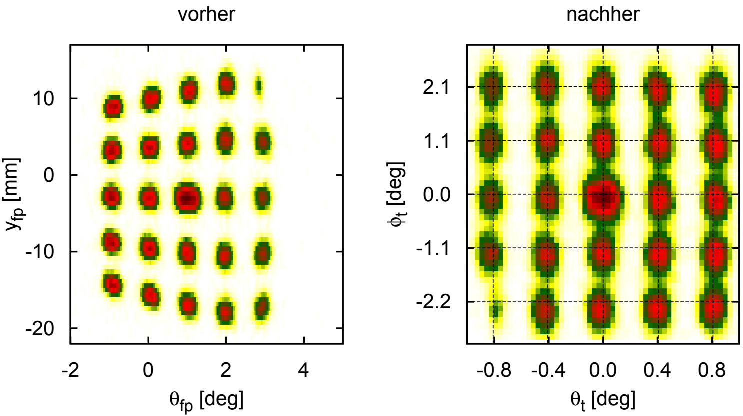
Bestimmung der Mittelpunkte:

- Berücksichtigung von y_{LAS} und x_{fp}
- Auswahl von Bereichen und Projektion
- Fit mit Gauß-Funktionen
- Gleiche Prozedur in $y_{fp} - \phi_{fp} -$Ebene

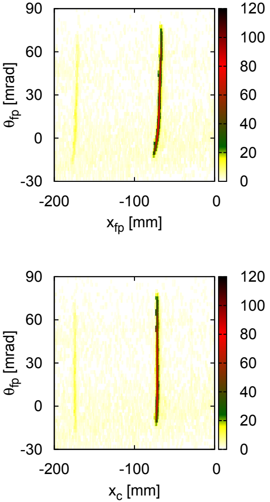
$$\theta_t(x_{fp}, \theta_{fp}) = \sum_{i=0}^{1} \sum_{j=0}^{1} a_{ij} \cdot x_{fp}^i \; \theta_{fp}^j \, ,$$

$$\phi_t(x_{fp}, \theta_{fp}, y_{fp}, \phi_{fp}, y_{LAS}) = \sum_{i=0}^{1} \sum_{j=0}^{1} \sum_{k=0}^{1} \sum_{l=0}^{1} b_{ijkl} \cdot x_{fp}^i \; \theta_{fp}^j \; y_{fp}^k \; \phi_{fp}^l + \sum_{i=0}^{1} b_{Li} \cdot x_{fp}^i \; y_{LAS}$$

Rekonstruktion der Streuwinkel - Ergebnis



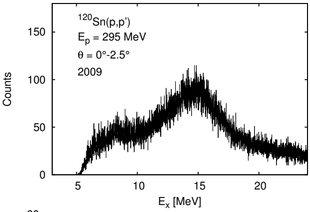
Hochauflösungskorrektur

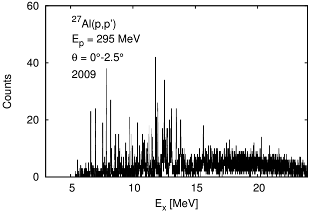


- ^{12}C: diskrete Linien
- Krümmung in der Fokalebene
- Abbildungsfehler ($\rightarrow$ Optik)
- Polynomialer Fit:

$$x_c = x_{fp} + \sum_{i=0}^{1} \sum_{j=1}^{4} d_{ij} \cdot x_{fp}^{i}\, \theta_{fp}^{j}$$

Energiekalibrierung





- Energiekalibrierung:
  Fit mit ausgewählten Peaks aus ^{27}Al Spektrum
- Energieverschiebung:
  - Korrelation von ^{120}Sn Spektren

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2}}$$

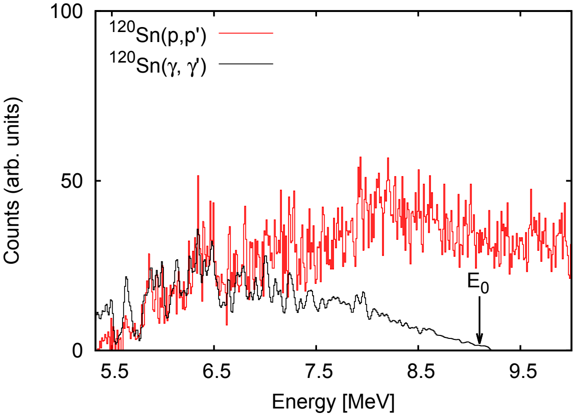
Vergleich mit (γ, γ') Experiment

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

$^{120}Sn(\gamma, \gamma')$ Reaktion:

- $E_0 = 9,1$ MeV
- $\theta = 130°$
- Gefaltet mit Gauß $\Delta E = 30\,\mathrm{keV}$

B. Özel, Ph.D. thesis, Çukurova University, Adana, Turkey (2008)



Untergrundabzug - „Erweiterte Methode“

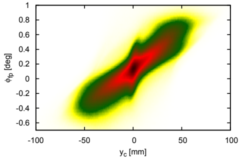
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

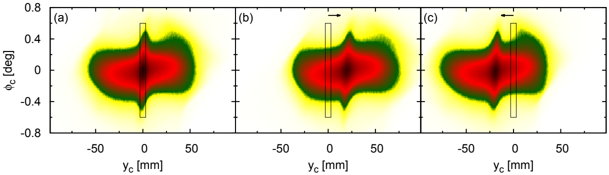
- Weitere Korrekturen:

$$y_{fp} \rightarrow y_c = y_{fp} + \sum_{i=0}^{1} \sum_{j=0}^{1} \sum_{k=0}^{1} d_{ijk} \cdot x_{fp}^i \, \theta_{fp}^j \, \phi_{fp}^k + d_L \cdot y_{LAS}$$

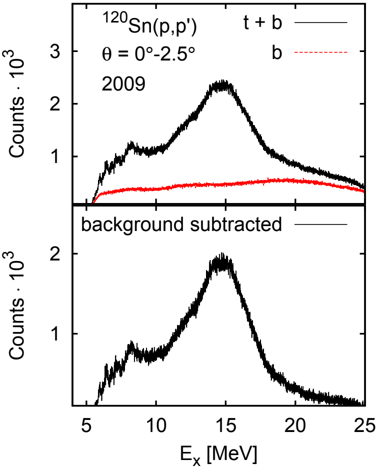
$$\phi_{fp} \rightarrow \phi_c = \phi_{fp} + \sum_{i=0}^{1} e_i \cdot y_{fp}^i$$

- Verteilung der wahren Ereignisse um $y_c = 0$
- Verschiebung um Konstante und anschließende Mittelung
- Gates bleiben unverändert $\Rightarrow$ modellunabhängig!



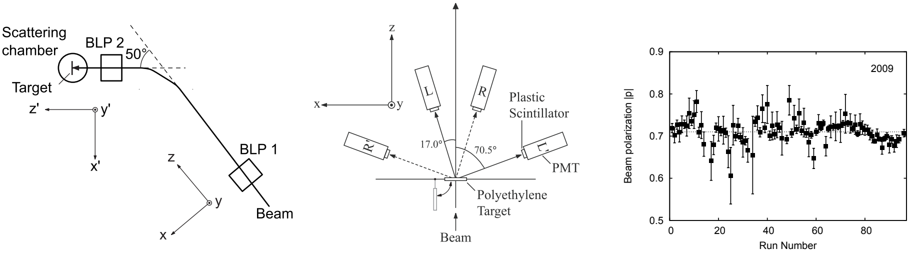


Untergrundabzug (2)



Bestimmung der Strahlpolarisation

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT



- Messung der Asymmetrie im Streuprozess am Polyethylene Target

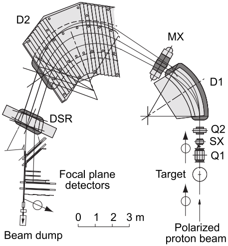
$\Rightarrow$Bestimmung der normalen(p_N), seitlichen(p_S) und longitudinalen(p_L) Komponente der Strahlpolarisation

Bestimmung der Polarisationstransfer-koeffizienten

- seitliche Polarisation nach 2. Streuprozess:

$$
\begin{aligned}
p_S''^{t} &= \cos(\theta_p) D_{SS} p_S + \sin(\theta_p) D_{LL} p_L \,, \\
p_S''^{b} &= \cos(\theta_p) p_S + \sin(\theta_p) p_L
\end{aligned}
$$

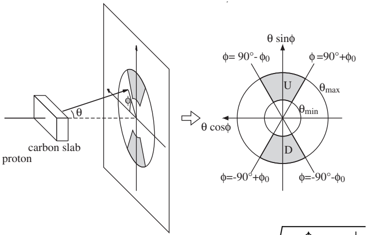
- θ_p: Präzessionswinkel im Grand Raiden Spektrometer
- p_S, p_L: seitliche, longitudinale Strahlpolarisation
- Annahme für Untergrundereignisse: kein Beitrag zur Depolarisation $D_{SS} = D_{LL} = 1$



Bestimmung der Polarisationstransfer-koeffizienten - Methodenvergleich

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Sektor Methode



$$p''_S = \frac{1}{\langle A_y \rangle^{fpp}} \frac{1-\alpha}{1+\alpha} \text{ mit } \alpha = \sqrt{\frac{N_U^{\uparrow} \cdot N_D^{\downarrow}}{N_D^{\uparrow} \cdot N_U^{\downarrow}}}$$

- Auswahl von Winkelbereichen
- Rechnung einfach
  A. Tamii, Ph.D. thesis, Kyoto University, Japan (1999)

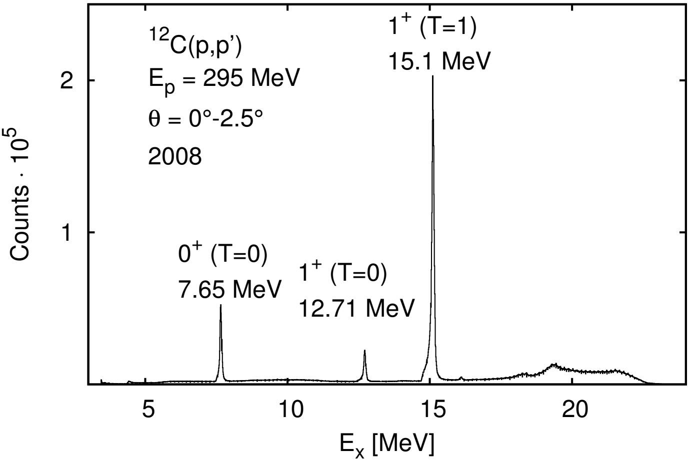
Estimator Methode

$$\frac{\varepsilon_S^t}{\varepsilon_S^b} \text{ mit } \varepsilon_S^t = -p_S''^t \langle A_y \rangle^{fpp}$$

$$\text{und } \varepsilon_S^b = -p_S''^b \langle A_y \rangle^{fpp}$$

- Berechnung statistischer Fehler mit kovarianter Matrix $V(\hat{\varepsilon})$
- Nahe an der maximalen Nutzung der Daten
- Rechnung komplizierter
  Besset et al., *Nucl. Instr. Meth.* 166 (1979) 515.

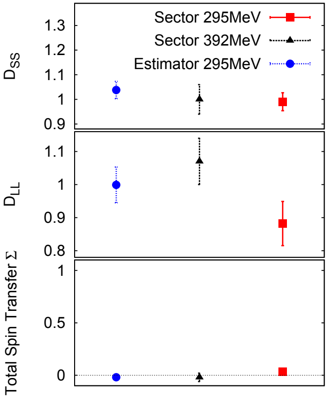
Ergebnisse - ^{12}C($\vec{p}, \vec{p}'$) Spektrum



Ergebnisse - Polarisationstransferkoeffizienten für $^{12}C(\vec{p}, \vec{p}')$ unter 0°

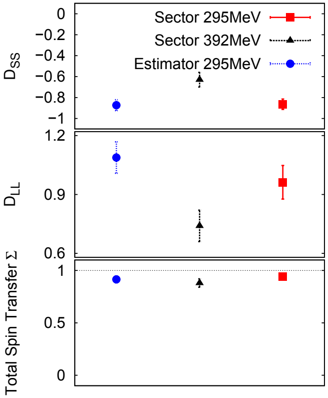
$0^+(T = 0)$

$E_x = 7,65\,\mathrm{MeV}$



$1^+(T = 0)$

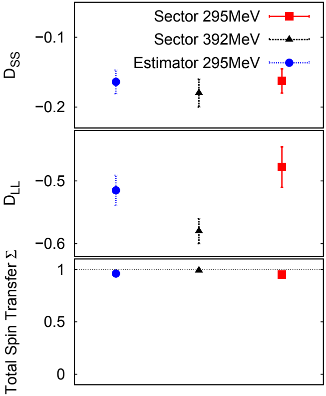
$E_x = 12,71\,\mathrm{MeV}$



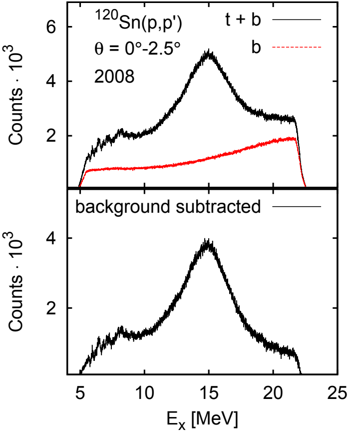
Ergebnisse - Polarisationstransferkoeffizienten für $^{12}\mathbf{C}(\vec{p},\vec{p}')$ unter 0°

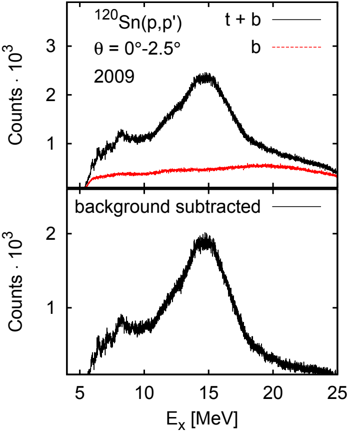
$1^+(T=1)$

$E_x = 15,1\,\mathrm{MeV}$

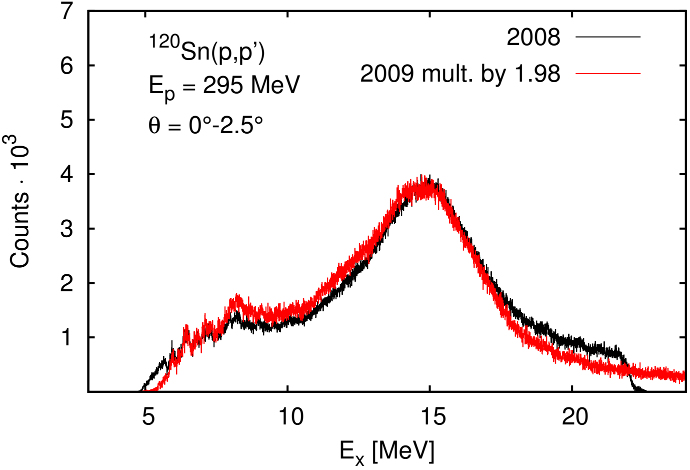


Ergebnisse - $^{120}Sn(\vec{p},\vec{p}')$ Spektren



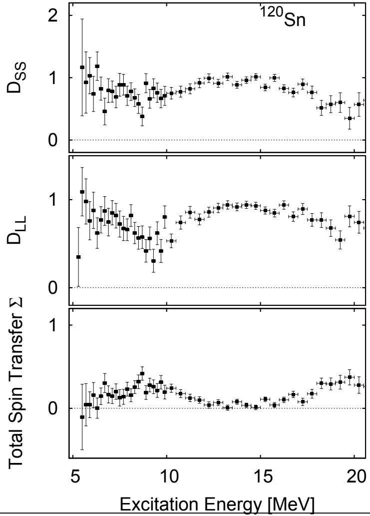


Ergebnisse - Vergleich der ^{120}Sn($\vec{p}, \vec{p}'$) Spektren



Ergebnisse - Polarisationstransferkoeffizienten für ^{120}Sn($\vec{p}, \vec{p}'$) unter 0°

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

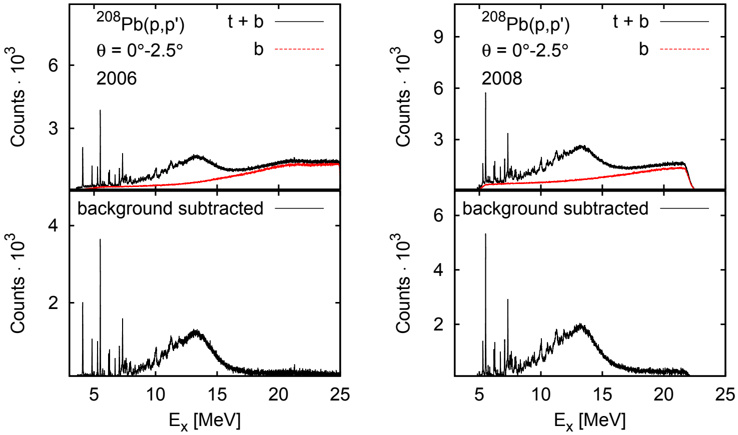


$\Sigma = 1 \rightarrow$ Spinflip

$\Sigma = 0 \rightarrow$ nicht-Spinflip

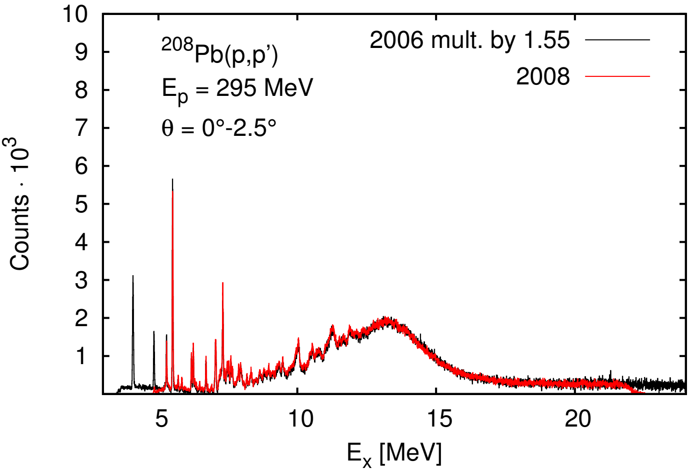
Ergebnisse - ^{208}Pb($\vec{p}$, $\vec{p}'$) Spektren

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

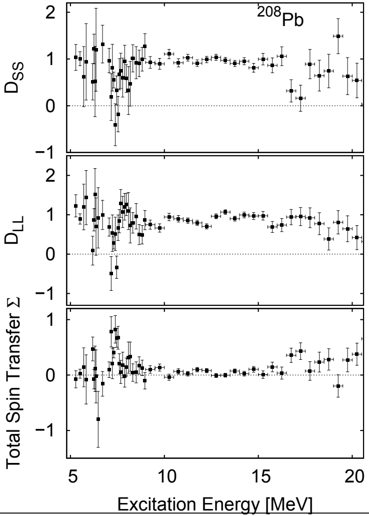


Ergebnisse - Vergleich der ^{208}Pb($\vec{p}, \vec{p}'$) Spektren

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT



Ergebnisse - Polarisationstransferkoeffizienten für ^{208}Pb($\vec{p}, \vec{p}'$) unter 0°



$\Sigma = 1 \rightarrow$ Spinflip

$\Sigma = 0 \rightarrow$ nicht-Spinflip

Zusammenfassung und Ausblick

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Anregungsspektrum von ^{120}Sn in $(\vec{p}, \vec{p}')$
- Energieauflösung: $\Delta E = 25 - 30$ keV
- Vergleich mit (γ, γ') Spektrum
- Polarisationstransferkoeffizienten

Zusammenfassung und Ausblick

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Anregungsspektrum von ^{120}Sn in $(\vec{p}, \vec{p}')$
- Energieauflösung: $\Delta E = 25 - 30$ keV
- Vergleich mit (γ, γ') Spektrum
- Polarisationstransferkoeffizienten

- ▷ Reanalyse des Untergrunds
- ▷ Bestimmung der Wirkungsquerschnitte
- ▷ Multipolentfaltung der Winkelverteilung
- ▷ Vergleich der B(E1) Stärkeverteilung mit theoretischen Vorhersagen (QPM, RQTBA, ...)
- ▷ Bestimmung der B_σ(M1) Stärke
- ▷ ^{144}Sm, ^{154}Sm: Einfluss der Deformation auf Eigenschaften der PDR, Ursache für Doppel-Peak Struktur in Spin M1 Resonanz

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

EPPS0 Collaborators:

Osaka University
Y. Fujita

University of Tokyo
Y. Sasamoto

IFIC-CSIC, Valencia
B. Rubio

iThembaLABs
R. Neveling, F.D. Smit

Univ. of Witwatersrand
J. Carter

Kyoto University
H. Sakaguchi, J. Zenihiro

Texas A&M University, Commerce, USA
C. Bertulani

RCNP, Osaka University
T. Adachi, H. Fujita, K. Hatanaka, M. Kato, H. Matsubara, M. Okamura, Y. Sakemi, Y. Shimizu, Y. Tameshige, A. Tamii, M. Yosoi

IKP, TU Darmstadt
P. von Neumann-Cosel, A. Richter, N. Pietralla, V. Ponomarev, I. Poltoratska, A. M. Krumbholz, A. Krugmann, B. Bozorgian, D. Martin, J. Simonis

Theoretische Grundlagen - Polarisationstransferkoeffizienten (1)

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

In der PWIA ist die T-Matrix für Nukleon-Kern Streuung gegeben durch

$$T = \left\langle f \middle| M(q) e^{-i\vec{q}\cdot\vec{r}} \middle| i \right\rangle$$

mit der Streuamplitude

$$M(q) = A + \frac{1}{3}(B+E+F)\vec{\sigma}_1\cdot\vec{\sigma}_2 + C(\sigma_1+\sigma_2)\cdot\hat{n} + \frac{1}{3}(E-B)S_{12}(\hat{q}) + \frac{1}{3}(F-B)S_{12}(\hat{p})$$

Jeder komplexwertige Amplitudenkoeffizient $A - F$ besteht aus einem isoskalaren und isovektoriellen Anteil.

Theoretische Grundlagen - Polarisationstransferkoeffizienten (2)

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Die Polarisationstransferkoeffizienten D_{ij} lassen sich mit Hilfe der T-Matrix darstellen:

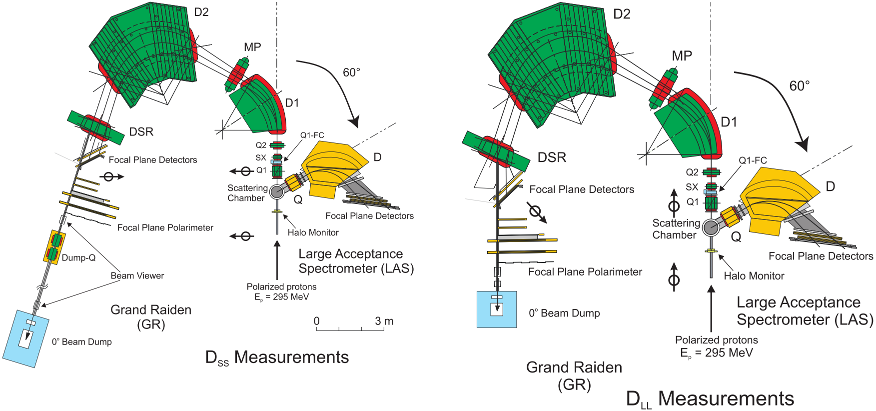
$$D_{ij} = \frac{\mathrm{Tr}(T\sigma_j T^\dagger \sigma_i)}{\mathrm{Tr}(TT^\dagger)}$$

Für Messungen unter 0° gilt:

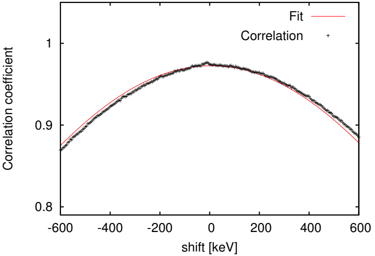
$$\begin{aligned} D_{SL} &= D_{LS} = 0\,, \\ D_{SS} &= D_{NN} = \frac{\left(|B_i|^2 - |F_i|^2\right) X_T^2 - |B_i|^2 X_L^2}{\left(|B_i|^2 + |F_i|^2\right) X_T^2 + |B_i|^2 X_L^2}\,, \\ D_{LL} &= \frac{\left(-3|B_i|^2 + |F_i|^2\right) X_T^2 + |B_i|^2 X_L^2}{\left(|B_i|^2 + |F_i|^2\right) X_T^2 + |B_i|^2 X_L^2} \end{aligned}$$

X_T, X_L: Spin-transversaler und Spin-longitudinaler Formfaktor

Grand Raiden (GR) und Large Acceptance Spektrometer (LAS) Konfiguration für die 0° Messung



Pearson Korrelationskoeffizient



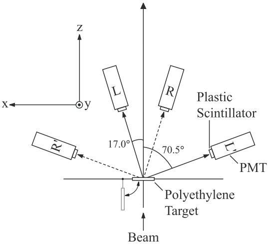
- Energieverschiebung, z.B. durch Drift der Strahlenergie:
  - Korrelation von ^{120}Sn Spektren

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2}}$$

  - Fit an berechnete Koeffizienten

$$C = a \cdot e^{-b\cdot(x-x_0)^2}$$

Bestimmung der Strahlpolarisation - Details



$$p_{N(S)} = \frac{1}{A_y^{BLP}} \frac{1 - X_{N(S)}}{1 + X_{N(S)}}$$

$$X_{N(S)} = \sqrt{\frac{N^{\uparrow}_{L(D)} N^{\downarrow}_{R(U)}}{N^{\downarrow}_{L(D)} N^{\uparrow}_{R(U)}}}$$

$$\begin{aligned} p_N &= p_N^{(1)} = p_N^{(2)}\,, \\ p_S &= p_S^{(1)}\,, \\ p_L &= \frac{p_S^{(1)} \cos\theta - p_S^{(2)}}{\sin\theta} \end{aligned}$$

- Präzessionswinkel im Ablenkungsmagnet mit Lorentzfaktor γ und Lande'schem g-Faktor:

$$\theta = \gamma \cdot \left(\frac{g}{2} - 1\right) \cdot \theta_{BLP}$$

Bestimmung der Polarisationstransfer-koeffizienten - Estimator Methode

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

$$\text{Effektiver Schätzer } \hat{\varepsilon} = \begin{pmatrix} \hat{\varepsilon}_n \\ \hat{\varepsilon}_s \end{pmatrix} = \mathbf{F}^{-1}\mathbf{B} \text{ mit}$$

$$\mathbf{B} = \begin{pmatrix} \sum_N \cos\phi_{fpp} \\ \sum_N \sin\phi_{fpp} \end{pmatrix},$$

$$\mathbf{F} = \begin{pmatrix} \sum_N \cos^2\phi_{fpp} & \sum_N \sin\phi_{fpp}\cos\phi_{fpp} \\ \sum_N \sin\phi_{fpp}\cos\phi_{fpp} & \sum_N \sin^2\phi_{fpp} \end{pmatrix}$$

- $\sum_N$: Summation über alle Events
- Berechnung statistischer Fehler mit kovarianter Matrix $V(\hat{\varepsilon}) = \mathbf{F}^{-1}$