

Neue Identifikationsmethode für einen 2^+ gemischt-symmetrischen Zustand



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

DPG Tagung Münster, 21. März 2011

Christopher Walz¹, H. Fujita^{2,3}, A. Krugmann¹, P. von Neumann-Cosel¹,
N. Pietralla¹, V. Yu. Ponomarev¹, A. Scheikh-Obeid¹ und J. Wambach^{1,4}

¹ Institut für Kernphysik, Technische Universität Darmstadt, Germany

² Department of Physics, Osaka University, Japan

³ iThemba LABS, South Africa

⁴ GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung, Germany

SFB634





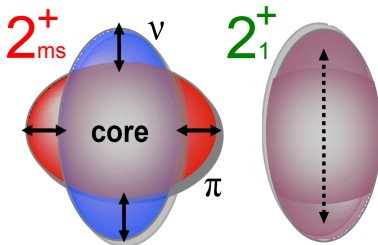
- ▶ Einleitung
- ▶ neue Signatur für gemischt-symmetrische Zustände
- ▶ experimentelle Umsetzung
 - ▶ Elektronenstreuung
 - ▶ Protonenstreuung
- ▶ Zusammenfassung & Ausblick

Was ist ein gemischt-symmetrischer Zustand?

Das Beispiel ^{92}Zr



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

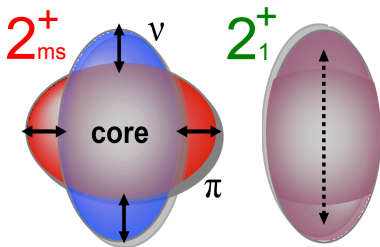
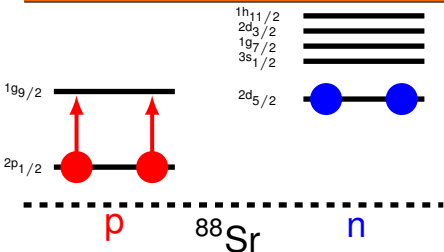


Was ist ein gemischt-symmetrischer Zustand?

Das Beispiel ^{92}Zr



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



$$|1g_{9/2}^2\rangle \text{ —————}$$

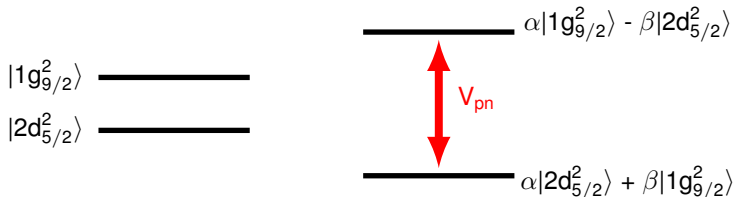
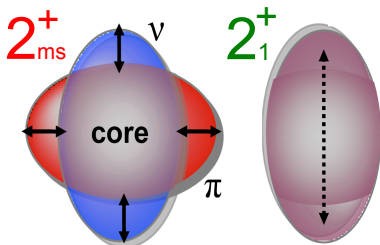
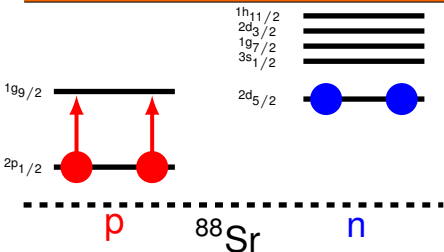
$$|2d_{5/2}^2\rangle \text{ —————}$$

Was ist ein gemischt-symmetrischer Zustand?

Das Beispiel ^{92}Zr



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

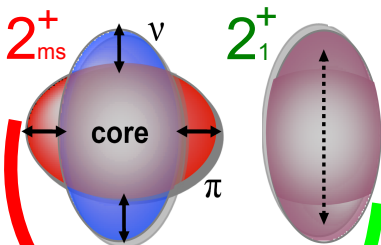
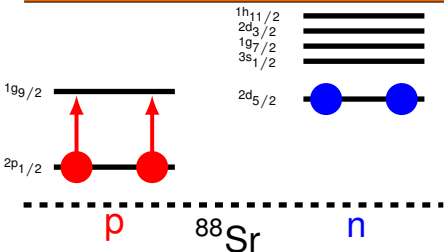


Was ist ein gemischt-symmetrischer Zustand?

Das Beispiel ^{92}Zr



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Energy level diagram showing the mixing of states:

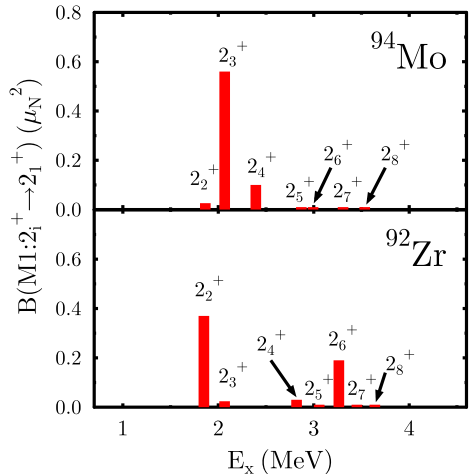
$$\alpha |1g_{9/2}^2\rangle - \beta |2d_{5/2}^2\rangle$$

$$\alpha |2d_{5/2}^2\rangle + \beta |1g_{9/2}^2\rangle$$

The energy difference between these two mixed states is labeled V_{pn} .

Experimentelle Signatur

- ▶ bisher Identifikation über großen $B(M1:2_{ms}^+ \rightarrow 2_1^+)$ -Wert $\approx 1 \mu_N^2$
- ▶ Ziel: Finde neue Observable um gemischt-symmetrischen Zustand zu identifizieren



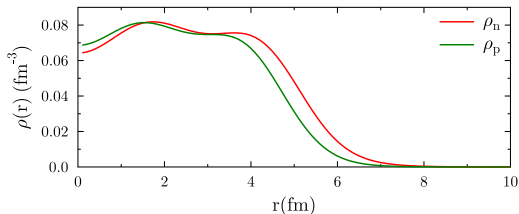
Observable: Die Übergangsdichte



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

experimentell nicht zugänglich

$$\sim \langle 2_{\text{ms}}^+ | | \hat{\rho} | | 2_{\text{ms}}^+ \rangle$$



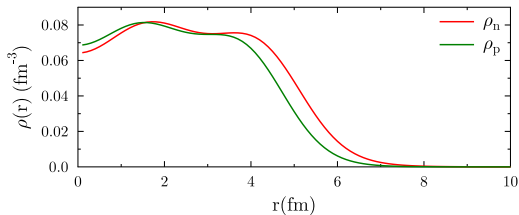
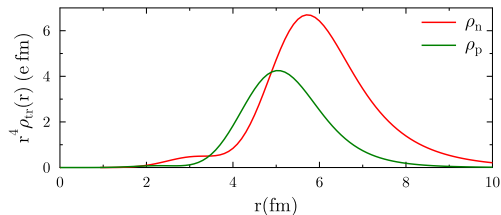
$$\sim \langle 0^+ | \hat{\rho} | 0^+ \rangle$$

Observable: Die Übergangsdichte



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

experimentell nicht zugänglich



$$\sim \langle 2_{ms}^+ | |\hat{\rho}| | 2_{ms}^+ \rangle$$

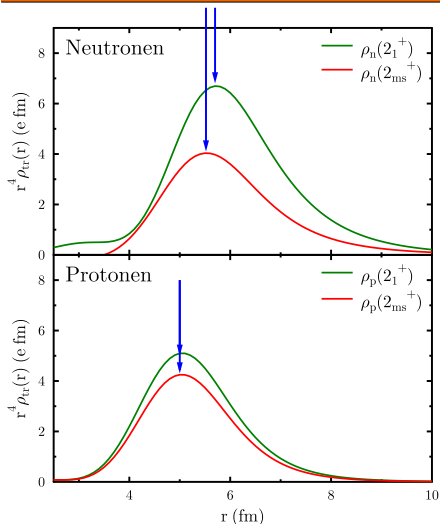
$$\sim \langle 2_{ms}^+ | |\hat{\rho}| | 0^+ \rangle$$

$$\sim \langle 0^+ | \hat{\rho} | 0^+ \rangle$$

Analyse der Übergangsdichten



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



► analysierte Observable:
Übergangsdichte (QPM)

► unterschiedlich große
Neutronübergangsradien:

$$R(2_1^+)_n > R(2_{ms}^+)_n$$

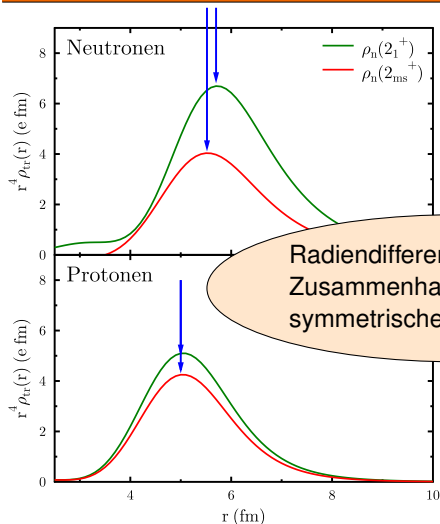
► gleich große
Protonübergangsradien:

$$R(2_1^+)_p \approx R(2_{ms}^+)_p$$

Analyse der Übergangsdichten



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



► analysierte Observable:
Übergangsdichte (QPM)

► unterschiedlich große
Übergangsradien:

Radiendifferenz:
Zusammenhang mit gemischt-
symmetrischem Charakter?

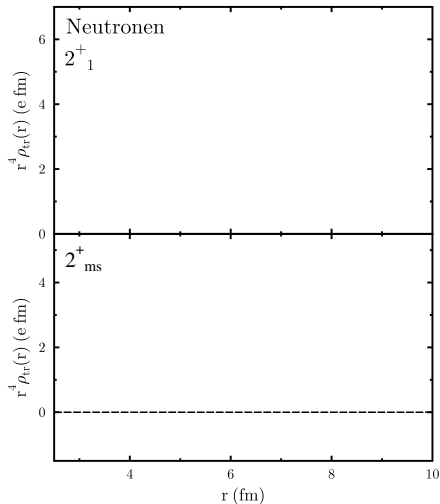
► gleich große
Protonübergangsradien:

$$R(2_1^+)_p \approx R(2_{ms}^+)_p$$

Analyse der Übergangsdichten



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



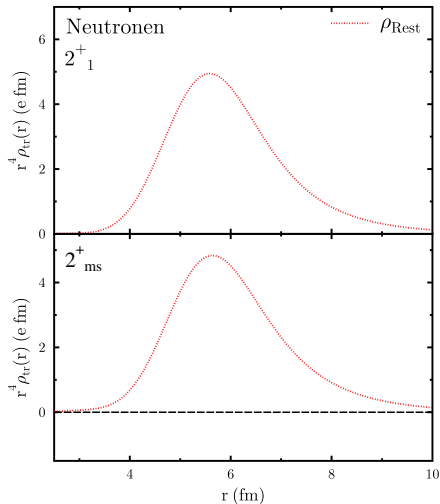
▶ $|2_1^+\rangle = 0.33 |1g_{9/2}^2\rangle_p + 0.84 |2d_{5/2}^2\rangle_n + 0.42 |\text{Rest}\rangle$

▶ $|2_{ms}^+\rangle = 0.56 |1g_{9/2}^2\rangle_p - 0.53 |2d_{5/2}^2\rangle_n + 0.64 |\text{Rest}\rangle$

Analyse der Übergangsdichten



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



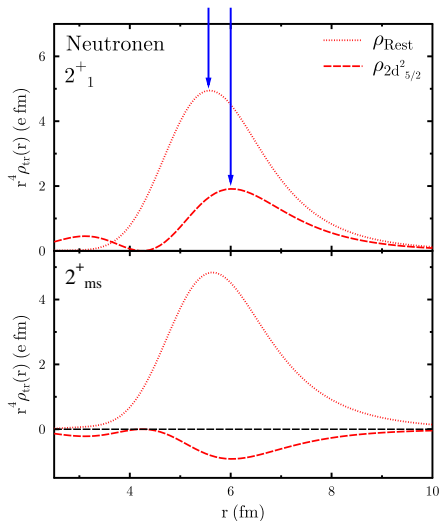
$$\begin{aligned} \triangleright |2_1^+\rangle &= 0.33 |1g_{9/2}^2\rangle_p + \\ &0.84 |2d_{5/2}^2\rangle_n + 0.42 |\text{Rest}\rangle \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \triangleright |2_{ms}^+\rangle &= 0.56 |1g_{9/2}^2\rangle_p - \\ &0.53 |2d_{5/2}^2\rangle_n + 0.64 |\text{Rest}\rangle \end{aligned}$$

Analyse der Übergangsdichten



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



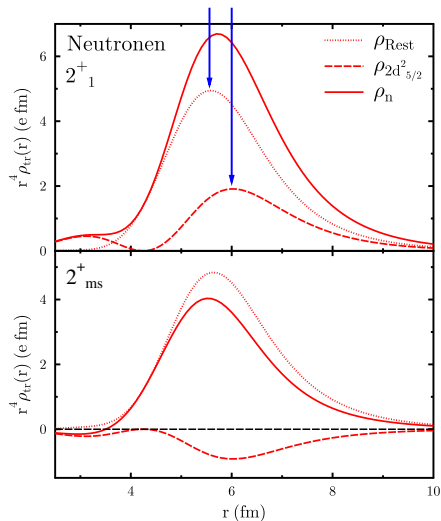
► $|2_1^+\rangle = 0.33 |1g_{9/2}^2\rangle_p +$
 $0.84 |2d_{5/2}^2\rangle_n + 0.42 |\text{Rest}\rangle$

► $|2_{ms}^+\rangle = 0.56 |1g_{9/2}^2\rangle_p -$
 $0.53 |2d_{5/2}^2\rangle_n + 0.64 |\text{Rest}\rangle$

Analyse der Übergangsdichten



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



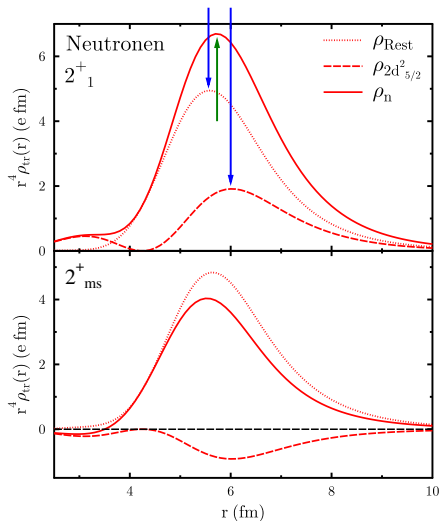
► $|2^+_1\rangle = 0.33 |1g^2_{9/2}\rangle_p + 0.84 |2d^2_{5/2}\rangle_n + 0.42 |Rest\rangle$

► $|2^+_{ms}\rangle = 0.56 |1g^2_{9/2}\rangle_p - 0.53 |2d^2_{5/2}\rangle_n + 0.64 |Rest\rangle$

Analyse der Übergangsdichten



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



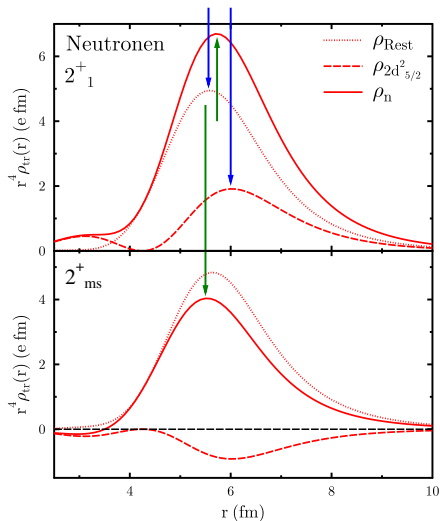
► $|2^+_1\rangle = 0.33 |1g^2_{9/2}\rangle_p + 0.84 |2d^2_{5/2}\rangle_n + 0.42 |Rest\rangle$

► $|2^+_{ms}\rangle = 0.56 |1g^2_{9/2}\rangle_p - 0.53 |2d^2_{5/2}\rangle_n + 0.64 |Rest\rangle$

Analyse der Übergangsdichten



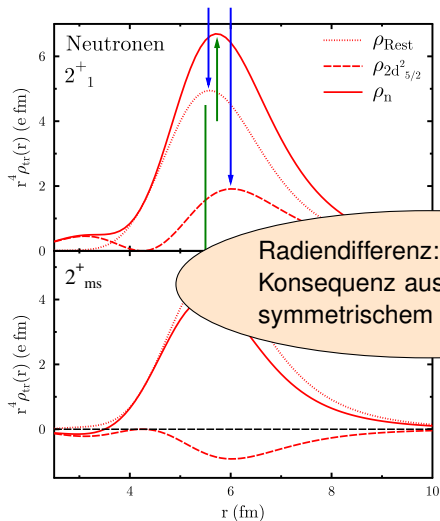
TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



► $|2^+_1\rangle = 0.33 |1g^2_{9/2}\rangle_p + 0.84 |2d^2_{5/2}\rangle_n + 0.42 |Rest\rangle$

► $|2^+_{ms}\rangle = 0.56 |1g^2_{9/2}\rangle_p - 0.53 |2d^2_{5/2}\rangle_n + 0.64 |Rest\rangle$

Analyse der Übergangsdichten



► $|2^+_{1}\rangle = 0.33 |1g^2_{9/2}\rangle_p + 0.84 |2d^2_{5/2}\rangle_n + 0.42 |Rest\rangle$

Radiendifferenz:
Konsequenz aus gemischt-symmetrischem Charakter

$|2^+_{ms}\rangle = 0.56 |1g^2_{9/2}\rangle_p - 0.53 |2d^2_{5/2}\rangle_n + 0.64 |Rest\rangle$



Überprüfe experimentell: $R(2_1^+)_{\text{n}} > R(2_{\text{ms}}^+)_{\text{n}}$

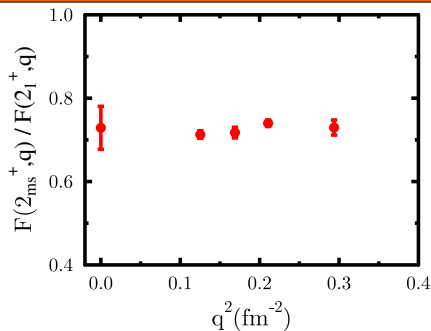
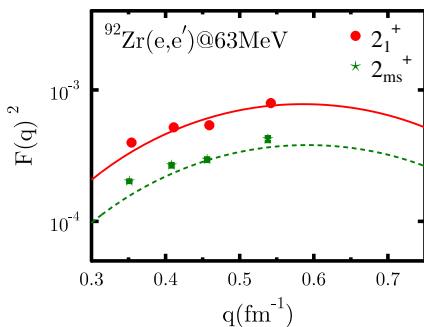
- ▶ Informationen über Neutronendichte nicht direkt zugänglich
- ▶ messe Masseradien ($\rho_{\text{Masse}} = \rho_{\text{n}} + \rho_{\text{p}}$): $R(2_1^+)_{\text{Masse}} > R(2_{\text{ms}}^+)_{\text{Masse}}$

Protonenstreuung@iTHEMBA

- ▶ messe Protonenradien: $R(2_1^+)_{\text{p}} \approx R(2_{\text{ms}}^+)_{\text{p}}$

Elektronenstreuung@S-DALINAC

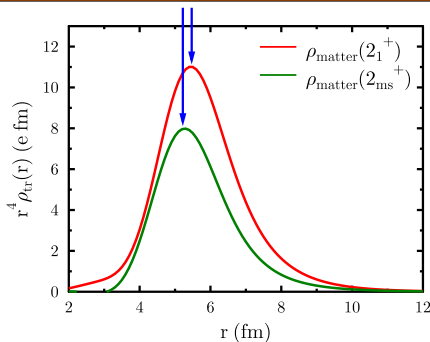
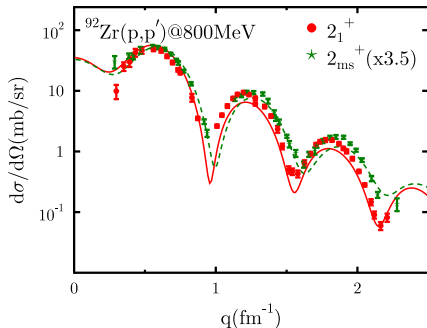
Differenz der Protonenradien



$$\frac{F(2_{ms}^+, q)}{F(2_1^+, q)} = \frac{\cancel{f_c(2_{ms}^+)} \cdot \sqrt{B(E2_{ms}^+)} \cdot (1 - (q^2/14) \cdot R_{ms}^2 + \dots)}{\cancel{f_c(2_1^+)} \cdot \sqrt{B(E2_1^+)} \cdot (1 - (q^2/14) \cdot R_1^2 + \dots)}$$

- ▶ Radien gleich wenn Verhältnis der Formfaktoren konstant
- ▶ gut erfüllt für die fünf Messpunkte: $R_{ms} \approx R_1$

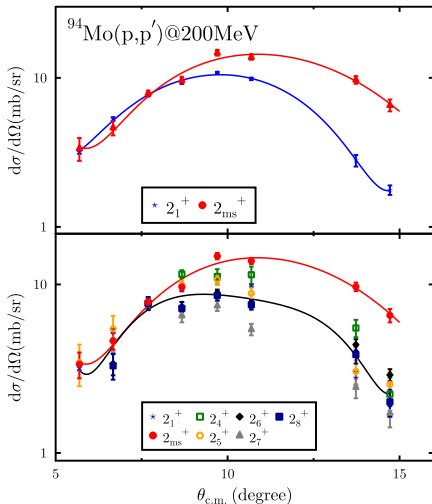
Differenz der Masseradien



$$\rho_{matter} \xrightarrow{\text{effektive Wechselwirkung}} (d\sigma/d\Omega)_{\text{theo}} \iff (d\sigma/d\Omega)_{\text{exp}}$$

- ▶ Winkelverteilung der Wirkungsquerschnitte sensitiv auf Masseradien
- ▶ **Verschiebung beweist unterschiedliche Masseradien**

Masseradien in ^{94}Mo



▶ gemischt-symmetrischer Zustand besitzt kleinsten Masseradius von allen gemessenen 2^+ Zuständen

▶ eindeutige Identifikation des gemischt-symmetrischen Zustandes über Protonenstreuung möglich



- ▶ neue Observable zur Identifikation eines gemischt-symmetrischen Zustandes
→ messe Übergangsradien

- ▶ Fall von ^{92}Zr und ^{94}Mo : $R_n(2_{ms}^+) < R_n(2_1^+)$
→ Verifikation in Kombination aus (e,e') und (p,p') Experimenten

- ▶ geplante (e,e') und (p,p') Experimente
→ ^{96}Ru und ^{70}Zn