

# Diego Semmler

Inbetriebnahme anhand von  $^{32}\text{S}$  und erste Ergebnisse über  $^{112}\text{Sn}$  des Niederenergie-Photonen-Taggers NEPTUN

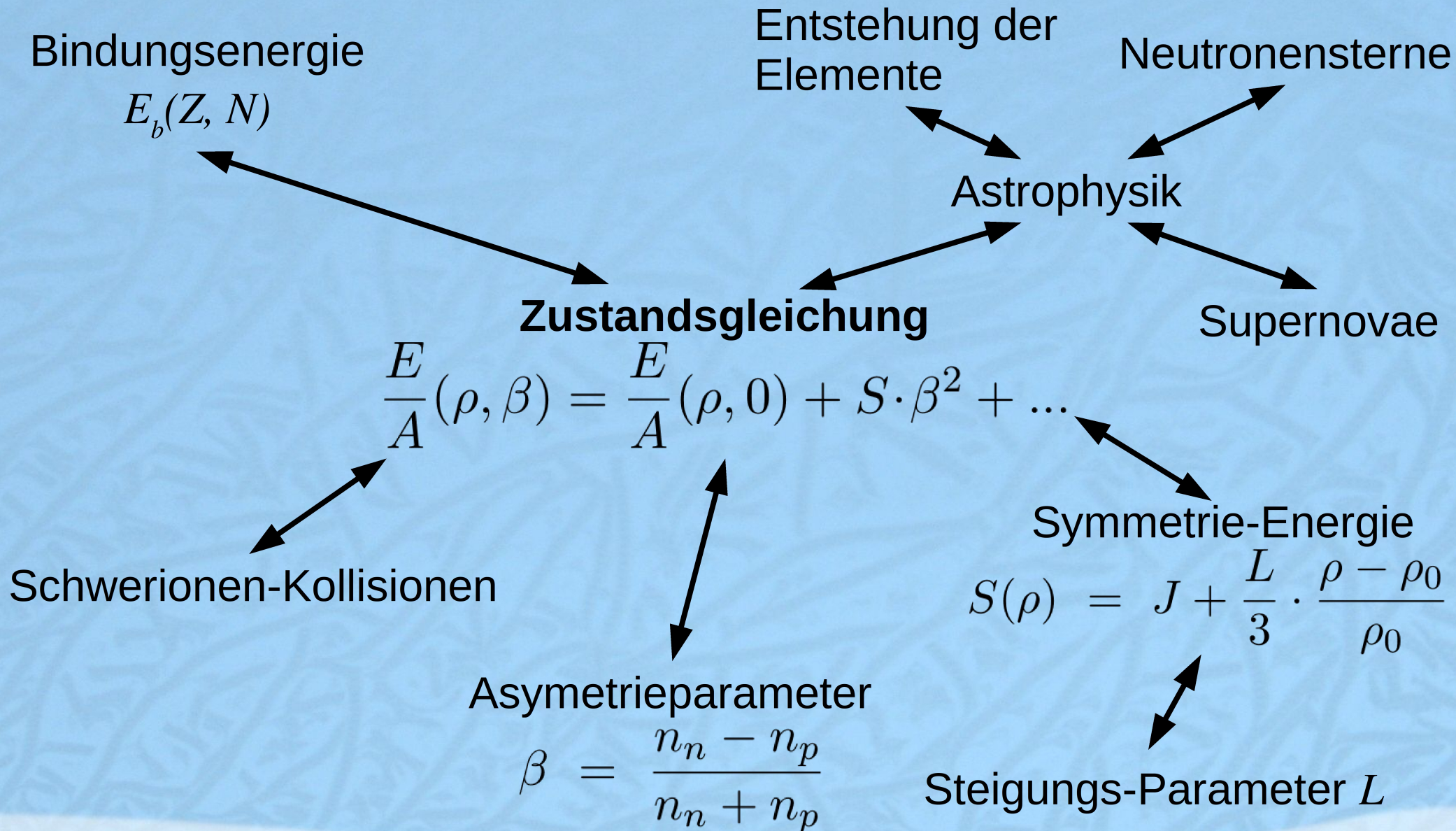


# Übersicht

- Einleitung
  - Die Zustandsgleichung nuklearer Materie
  - Dipol-Antwort
  - Das NEPTUN-Projekt
- Ergebnisse für  $^{32}\text{S}$ 
  - Elastische & inelastische Streuung
  - Protonenverdampfung
- Ergebnisse für  $^{112}\text{Sn}$
- Verbesserung des Aufbaus
- Zusammenfassung der Ergebnisse



# Zustandsgleichung nuklearer Materie

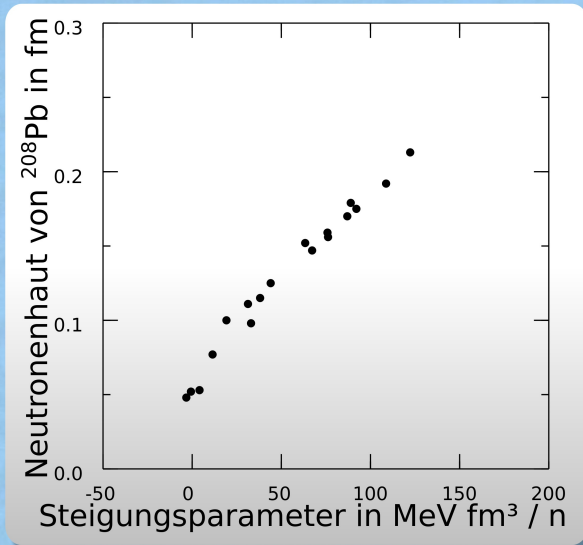




# Zustandsgleichung nuklearer Materie

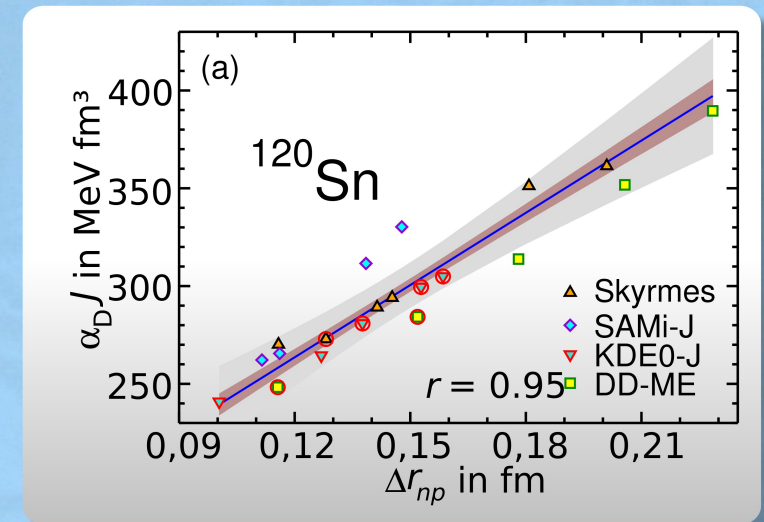
Neutronenhaut-Dicke

Steigungs-Parameter



B. Alex Brown "Neutron Radii in Nuclei and the Neutron Equation of State"  
Phys. Rev. Lett. 85 (25 Dec. 2000)

Polarisierbarkeit



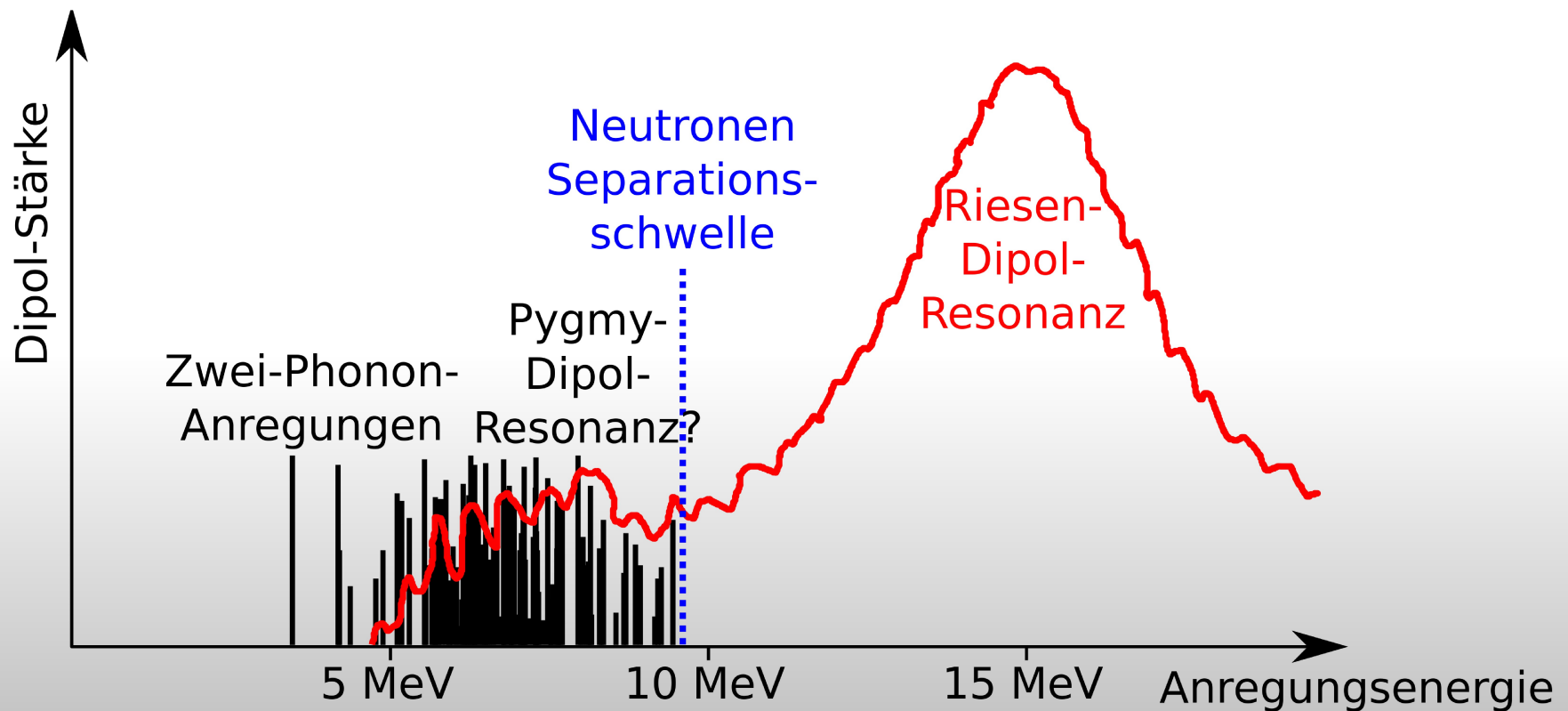
Dipol-Stärke

X. Roca-Maza und Andere  
"Neutron skin thickness ..."  
Phys. Rev. C 92 (8 Dec 2015)

$$\alpha_D = \frac{2}{\pi} \varepsilon_0 \hbar c \int_{E=0}^{\infty} \frac{\sigma_\gamma(E)}{E^2} dE$$



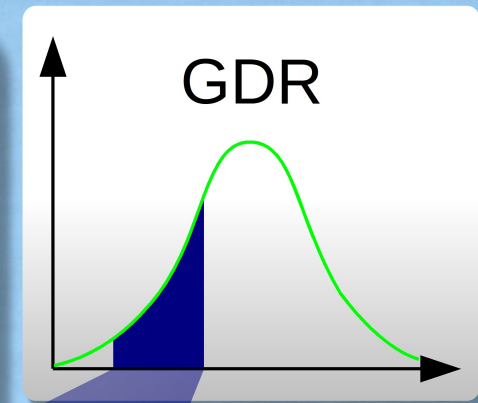
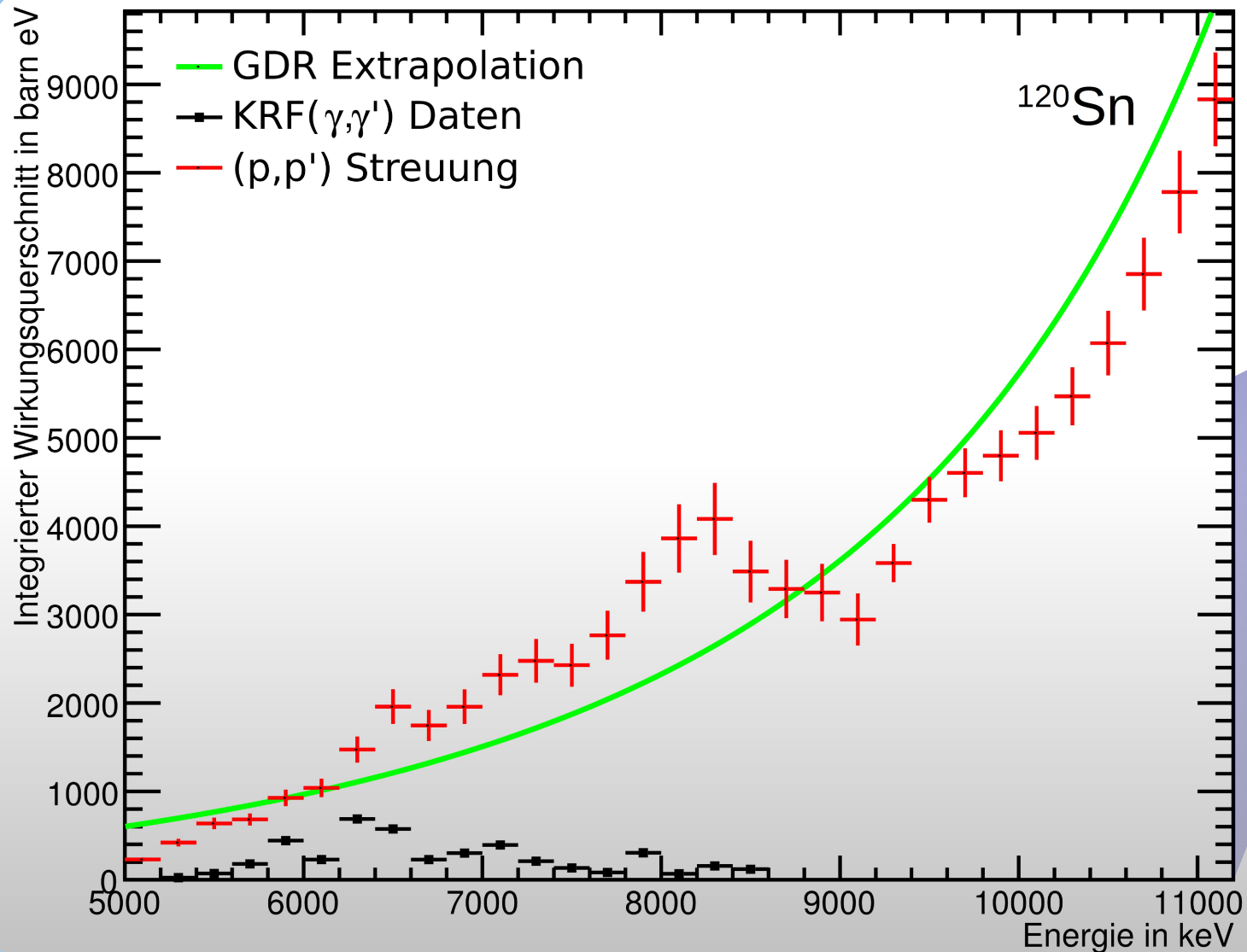
# Dipol-Stärke



- Erforschung der Natur der Pygmy-Dipol-Resonanz  
→ Wie kollektiv ist diese?
- Messung der Polarisierbarkeit  $\alpha_D$   
→ Rückschlüsse auf die Zustandsgleichung nuklearer Materie



# Dipol-Stärke



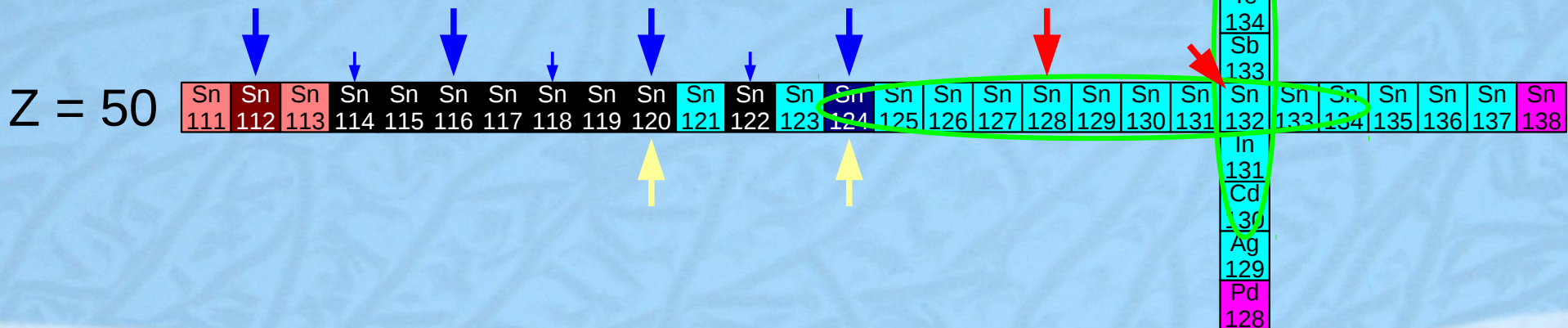


# Messung der Dipol-Stärke von Zinn

- ↘  $\gamma^3$  @ Hi $\gamma$ S in Duke
- CoulEx (R<sup>3</sup>B @ GSI)
- ↘ ( $\alpha, \alpha'$ ) @ RIKEN
- ↘ NEPTUN @ S-DALINAC
- ↘ Zukünftige Messungen?

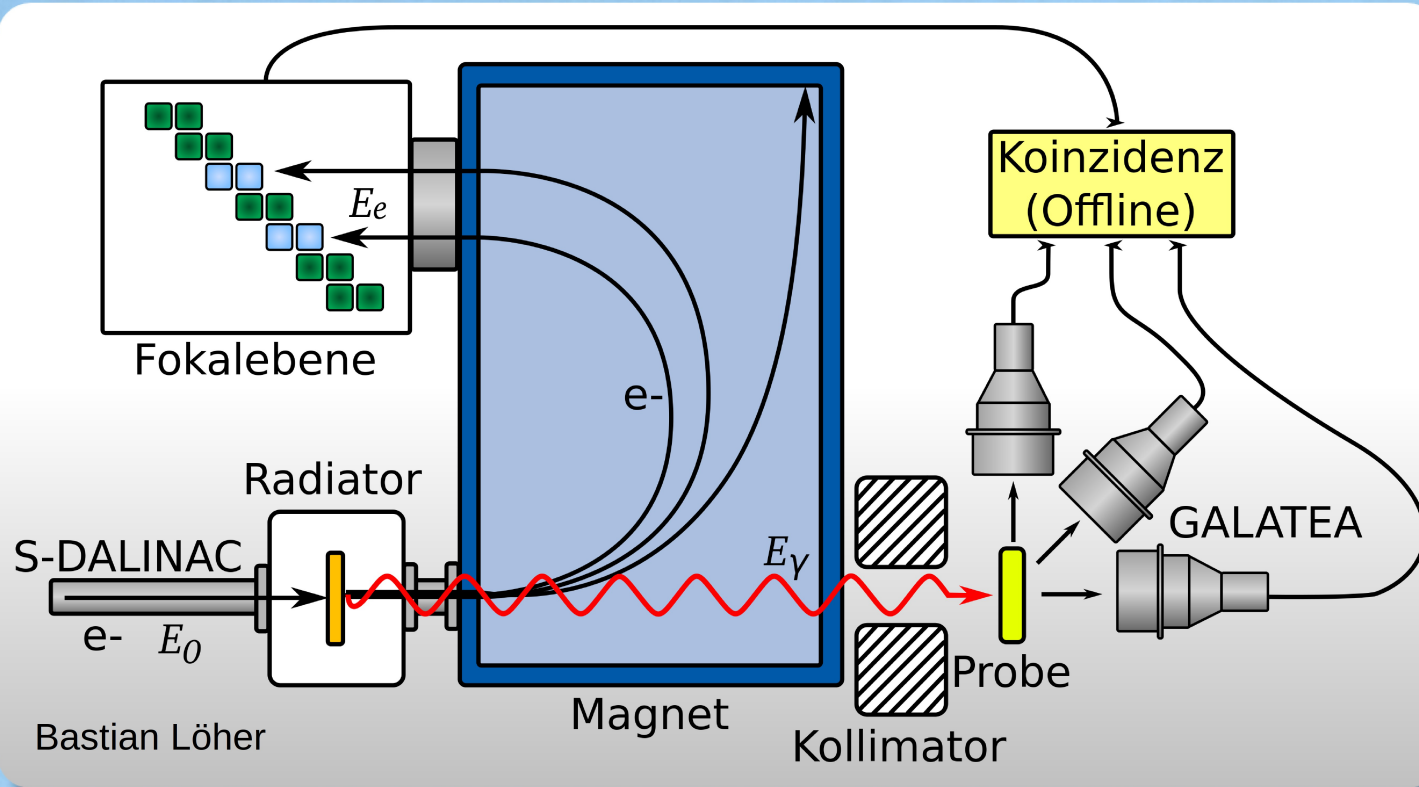
Sn <sub>114</sub>	Stabiles Isotop
Sn <sub>113</sub>	$\beta^+$ Zerfall
Sn <sub>123</sub>	$\beta^-$ Zerfall
Sn <sub>112</sub>	Doppelter $\beta^+$ Zerfall
Sn <sub>124</sub>	Doppelter $\beta^-$ Zerfall
Sn <sub>138</sub>	$\beta^-$ , n Zerfall

N = 82

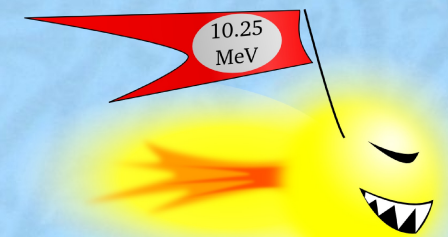


# Aufbau von NEPTUN

- Erzeugung  $\gamma$ -Photonen durch Elektronen-Bremsstrahlung
- Bestimmung der Energie des Photons durch die Restenergie des Elektrons



- Energieerhaltung  
↳  $E_{\gamma} = E_0 - E_e$
- Dünner Radiator
- Zuordnung über Koinzidenz

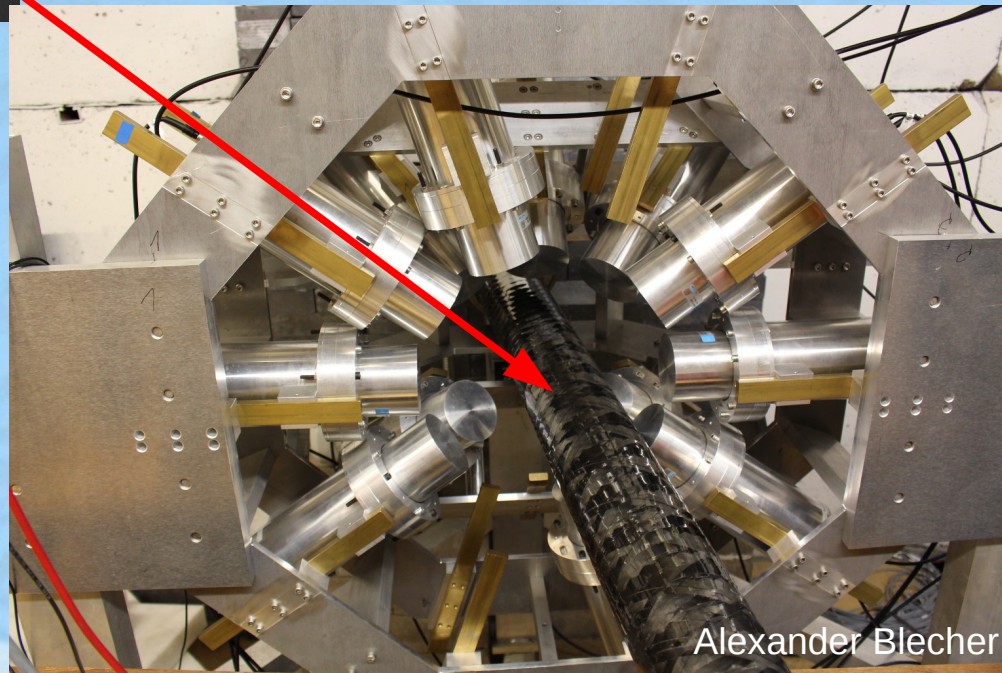




# Aufbau von GALATEA

- GAMMA Lanthanum bromide Top Efficiency Array
- 18 LaBr:Ce-Detektoren
  - Zeitauflösung  $\approx 1$  ns
  - Energieauflösung  $\approx 35$  keV bei 8 MeV
- Kalibrierung mit Germanium-Detektor
  - Bessere Linearität

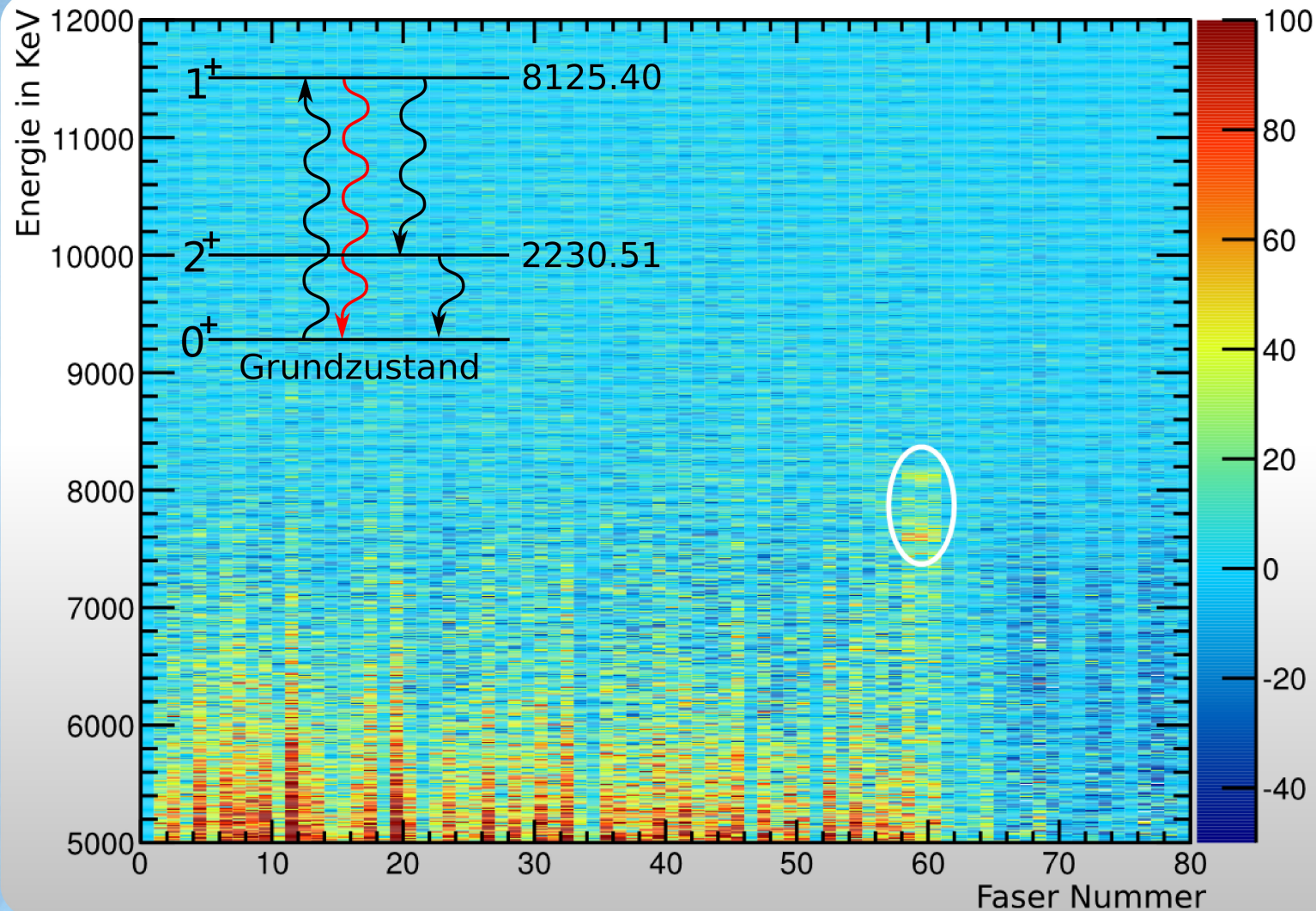
Bild des  $\gamma$ -Strahls  
mit  $^{112}\text{Sn}$ -Probe



Alexander Blecher



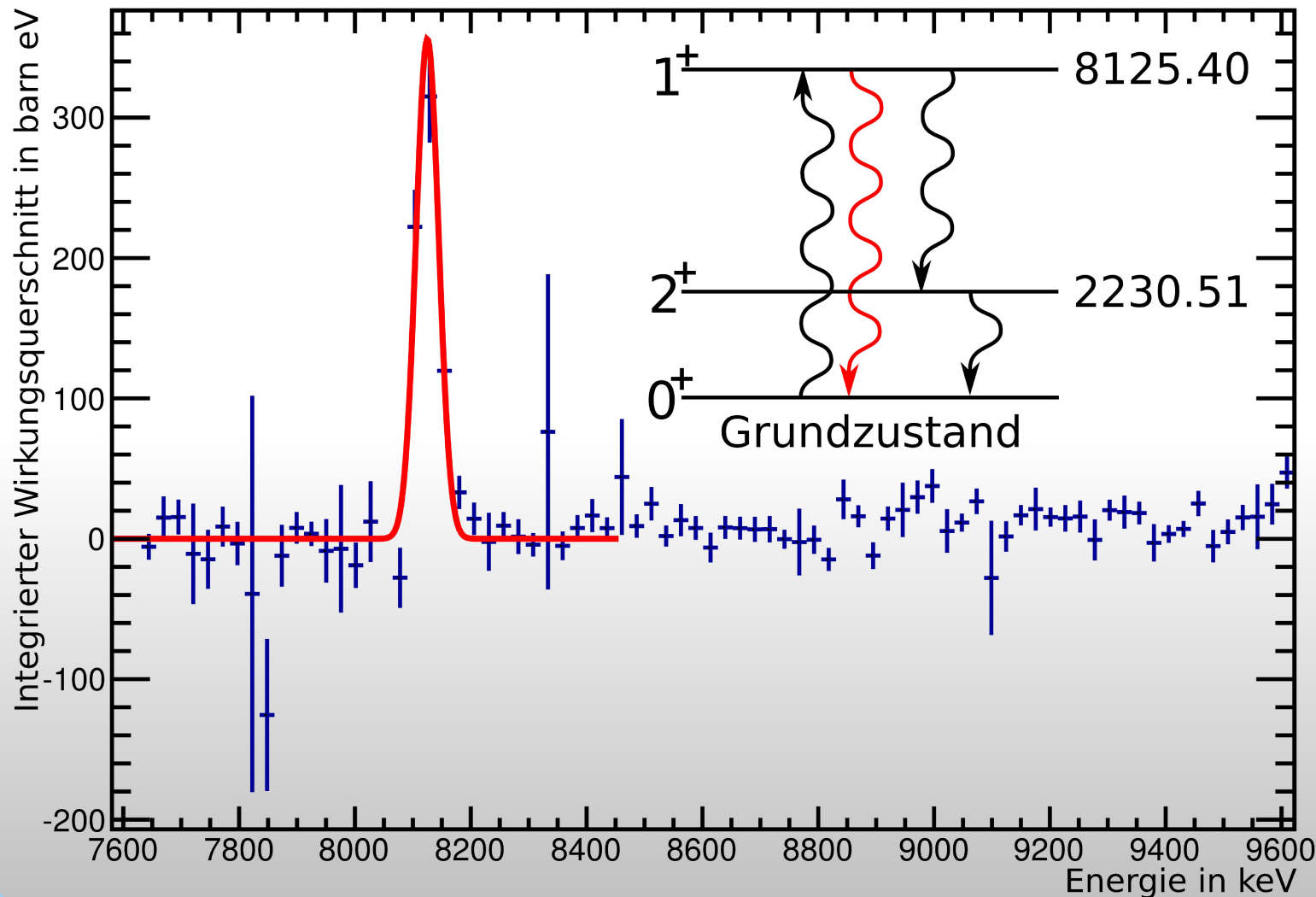
# Streuung an $^{32}\text{S}$



- Testfall für NEPTUN
- Isolierte Resonanz bei 8125 keV
- Gut identifizierbar
- Elastische Streuung

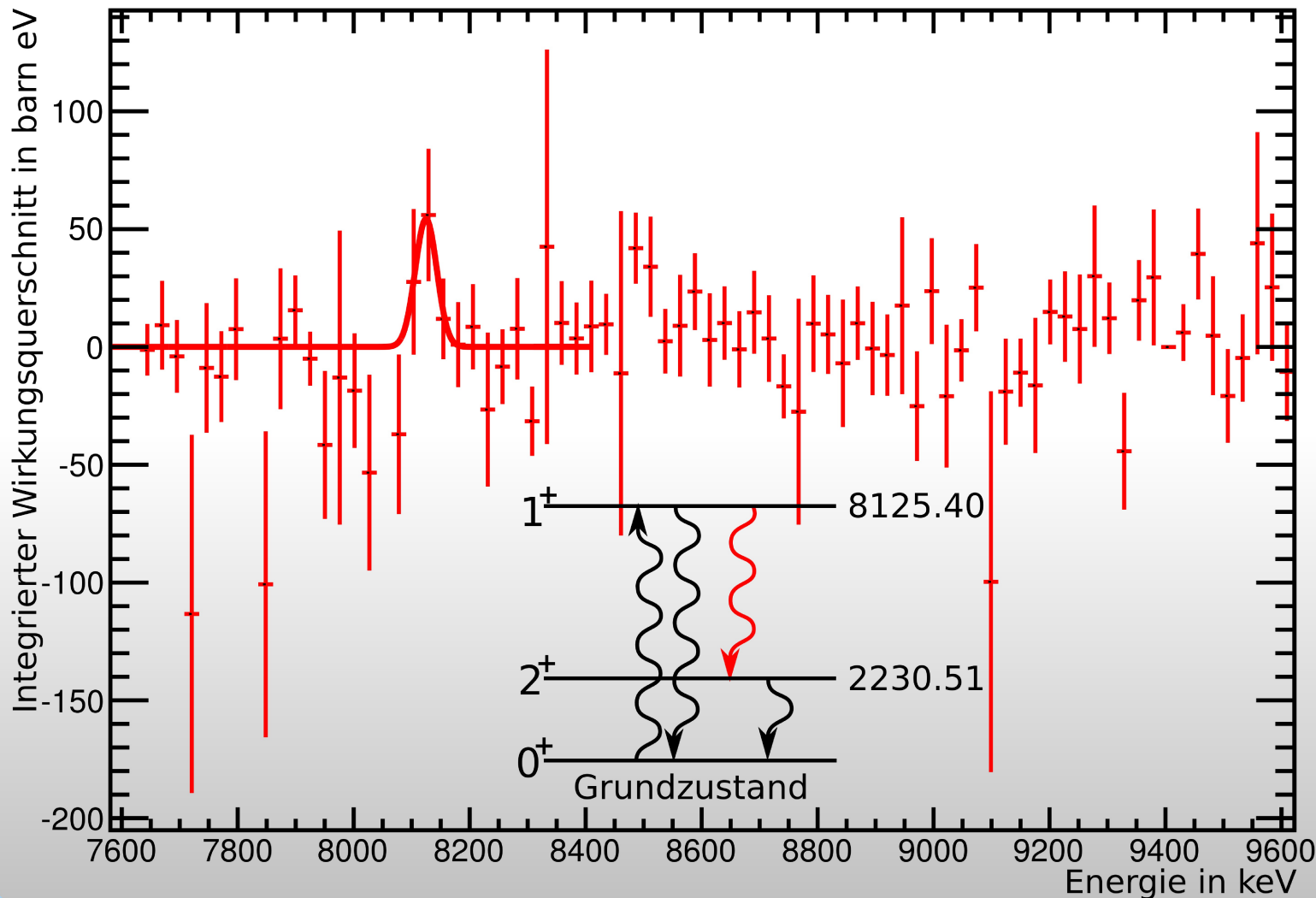


# Elastische Streuung an $^{32}\text{S}$



- 8125 keV Zustand erfolgreich identifiziert
- Fit für jede Faser
- $E_{\text{Faser}} = E_{\text{Gala}}$

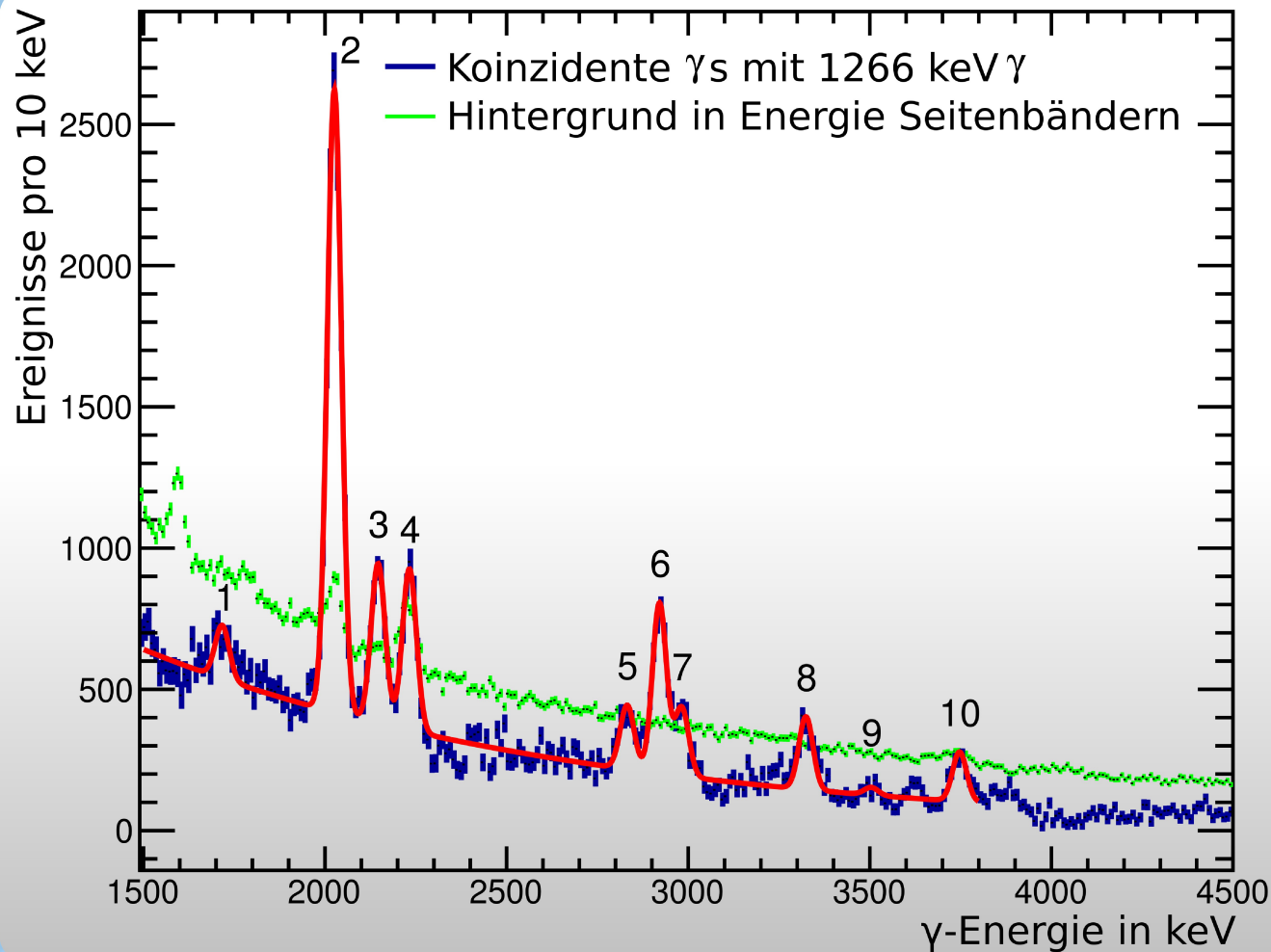
# Inelastische Streuung an $^{32}\text{S}$



- 8125 keV Zustand sichtbar
- Messung gestört durch Streuung an der Atomhülle
- $E_{\text{Faser}} = E(2^+) + E_{\text{Gala}}$

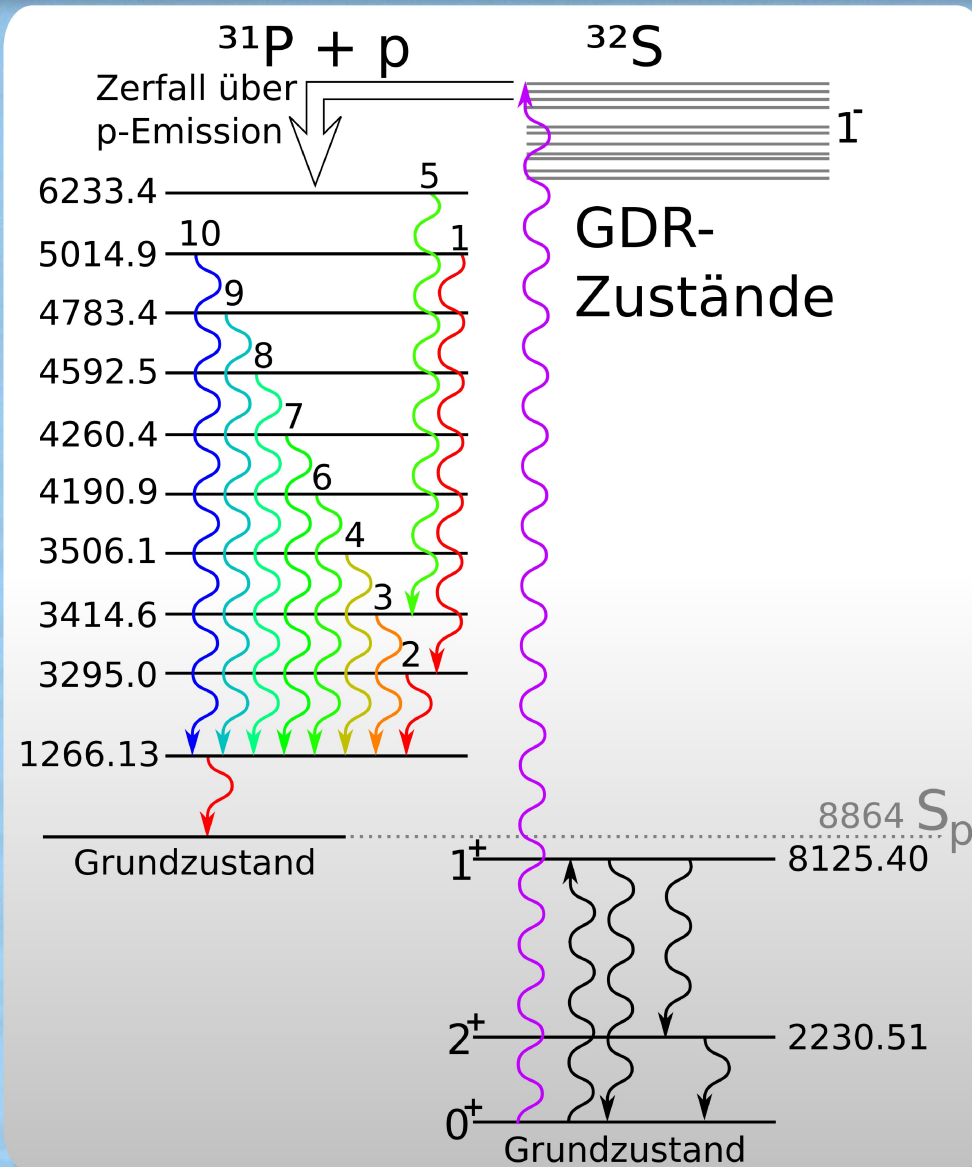


# Protonenverdampfung



- $\gamma$ - $\gamma$ -Koinzidenzen mit 1266 keV Linie von  $^{31}\text{P}$
- $^{32}\text{S}(\gamma, p)^{31}\text{P}^*$ -Reaktion
- 10 Kaskaden von  $^{31}\text{P}$  erfolgreich identifiziert
  - Reaktion verifiziert
  - Kalibrierung verifiziert

# Gemessenes Spektrum



- $\gamma$ - $\gamma$ -Koinzidenzen mit 1266 keV Linie von  $^{31}\text{P}$
- $^{32}\text{S}(\gamma, p)^{31}\text{P}^*$ -Reaktion
- 10 Kaskaden von  $^{31}\text{P}$  erfolgreich identifiziert
  - Reaktion verifiziert
  - Kalibrierung verifiziert



# Ergebnisse für $^{32}\text{S}$

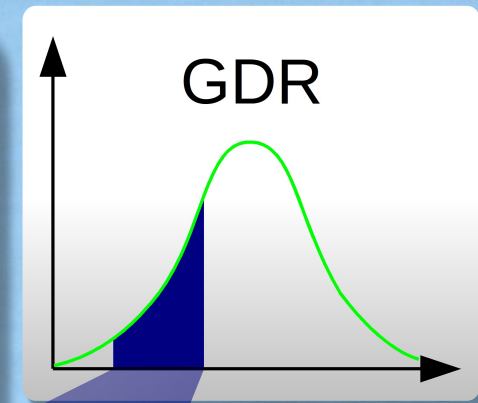
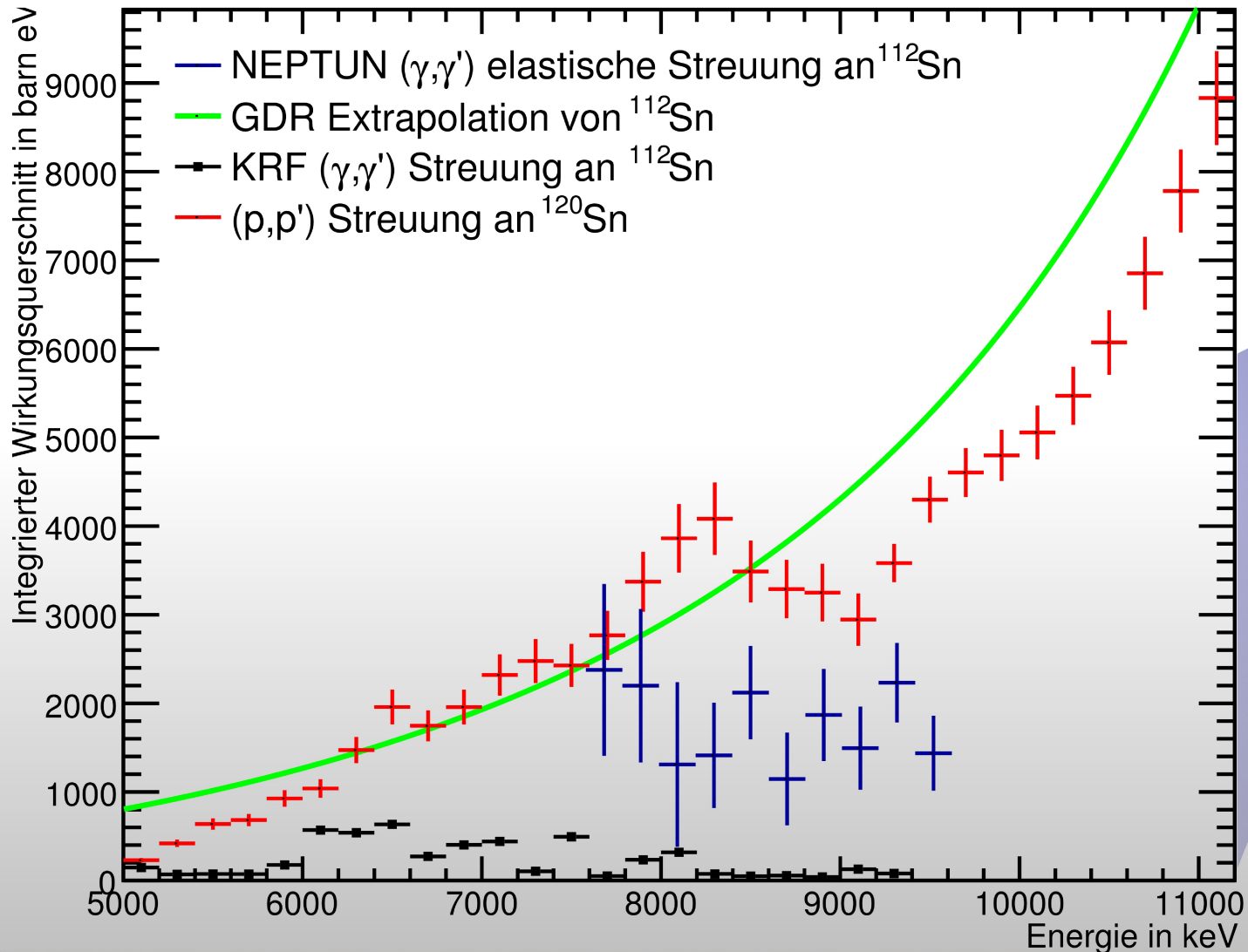
Größe	Gemessen	Literatur	Einheit
Energie		$8125,40 \pm 0,20$	keV
$\sigma_{\text{Int}}$ zum Grundzustand	$868 \pm 59 \pm 49$	$573 \pm 84$	barn eV
$\sigma_{\text{Int}}$ zum ersten $2^+$ -Zustand	$125 \pm 59 \pm 8$	$103 \pm 37$	barn eV
Signifikanz	$11,7 \sigma$		

Vergleich mit: Christian Ouellet and Balraj Singh. "Nuclear Data Sheets for A = 32".

- Test-Reaktionen
  - Elastische Streuung
  - Inelastische Streuung
  - Protonenverdampfung
- NEPTUN funktioniert



# Elastische Streuung an $^{112}\text{Sn}$





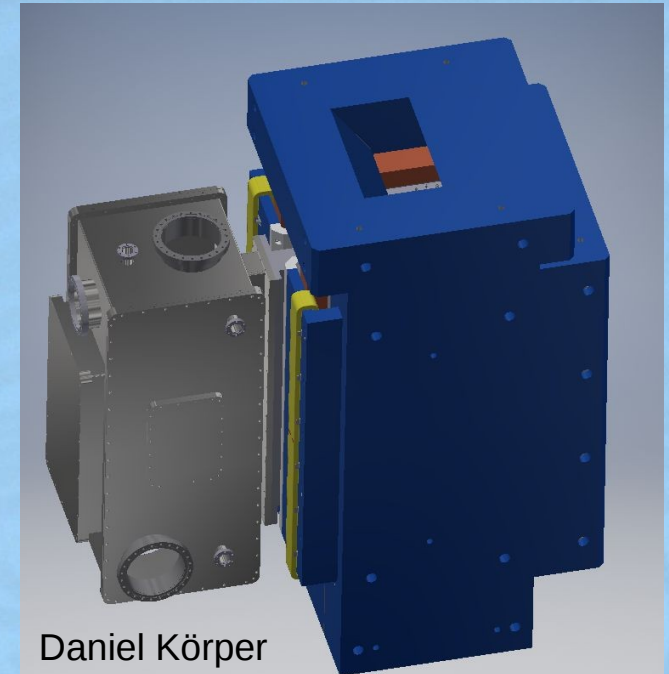
# Ergebnisse für $^{112}\text{Sn}$

Größe	NEPTUN	Literatur		Einheit
Integrierte E1 Stärke zum Grundzustand	$0,307 \pm 0,053 \pm 0,120$	KRF	$0,0323 \pm 0,0013$	$\text{e}^2 \text{fm}^2$
		GDR	$0,528 \pm 0,067$	
		(p,p')	$0,495 \pm 0,014$	
Integrierter Wirkungsquerschnitt zum Grundzustand	$16,1 \pm 2,7 \pm 7,1$	KRF	$1,074 \pm 0,046$	kbarn eV
		GDR	$37 \pm 10$	
		(p,p')	$34,2 \pm 1,0$	
Integrierter Wirkungsquerschnitt zum ersten $2^+$ -Zustand	$< 56$			kbarn eV

- Deutlich bessere Übereinstimmung mit (p,p') und Extrapolation der Riesenresonanz (GDR) als mit KRF

# Verbesserung des Aufbaus

- Verbesserter Magnet
  - Doppeltes Feld
  - Doppelte Energie
  - Drei bis Vierfaches Tagging-Verhältnis
- Neuer Beamdump
  - Bis  $1 \mu\text{A}$  bei 70 MeV
  - Weniger Untergrund
- Neue Fokalebene
  - $\gamma$ -Energie von 5 MeV bis 35 MeV
  - Dreifache Zeitauflösung dank Silizium-Photomultipliern
- Neue Vakuumkammer
- Neuer Heavymetal-Kollimator
- Verbesserung der Datenqualität um zweieinhalb Größenordnungen bei vergleichbarer Messzeit





# Zusammenfassung der Ergebnisse

- Erfolgreiche Analyse der NEPTUN-Daten
  - Zuverlässige Ergebnisse und quantitatives Verständnis
- Erfolgreiche Tests mit  $^{32}\text{S}$
- Erste NEPTUN Messung der Dipol-Stärke von  $^{112}\text{Sn}$ 
  - Eine Größenordnung mehr als klassische KRF-Methode
    - Größter Teil der Stärke in kleinen Zuständen
    - Erklärt Unterschied zwischen KRF und (p,p')
    - Experimente mit bekannter Photonenenergie notwendig
  - Zerfall über ersten  $2^+$ -Zustand (noch) nicht messbar
- Verbesserungen des Aufbaus zur Zeit im Bau

# Finale Zusammenfassung:



ist (fast) startklar!