

## HK 9: Nukleare Astrophysik

Zeit: Montag 16:30–19:00

Raum: RW 2

## Gruppenbericht

HK 9.1 Mo 16:30 RW 2

**Protonen- und  $\alpha$ -induzierte Reaktionen für den astrophysikalischen  $p$ -Prozess** — ●ANNE SAUERWEIN, JANIS ENDRES, LARS NETTERDON, FRIEDERIKE SCHLÜTER und ANDREAS ZILGES — Institut für Kernphysik, Universität zu Köln

Das Reaktionsnetzwerk des  $p$ -Prozesses umfasst mehr als 20000 Reaktionen an 2000 Kernen. Oberhalb von Kalzium werden die meisten Reaktionsraten im Rahmen des Statistischen Modells berechnet. Die Genauigkeit dieser Rechnungen hängt von den verwendeten Kernmodellen für die optischen Potentiale,  $\gamma$ -Stärkefunktionen und Kernzustandsdichten ab.

Ein Ziel von experimentellen Untersuchungen zum  $p$ -Prozess ist daher die Verbesserung der Beschreibung von optischen Potentialen. Aus diesem Grund wurden u. a. die beiden Reaktionen  $^{141}\text{Pr}(\alpha, n)$  und  $^{74}\text{Ge}(p, \gamma)$  studiert. Es wurden zwei unterschiedliche experimentelle Methoden verwendet: Die Reaktion  $^{141}\text{Pr}(\alpha, n)$  wurde am Zyklotron der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Braunschweig mit der Aktivierungsmethode untersucht [1], während das  $^{74}\text{Ge}(p, \gamma)$ -Experiment in-beam am Tandem Beschleuniger des DEMOKRITOS-Instituts in Athen durchgeführt wurde. In diesem Beitrag werden neben den experimentellen Methoden die astrophysikalischen  $S$  Faktoren präsentiert und mit Statistischen Modell-Rechnungen verglichen.

Gefördert durch die DFG (ZI 510/5-1 und INST 216/544-1) und das BMBF (O6 KY 9136). A.S. ist Mitglied der Bonn-Cologne Graduate School of Physics and Astronomy.

[1] Anne Sauerwein *et al.*, Phys. Rev. C **84** (2011) 045808.

HK 9.2 Mo 17:00 RW 2

**$(\alpha, n)$  und  $(p, n)$  Reaktionen zur Optimierung Optischer Potentiale relevant für der  $p$  Prozess\*** — ●JAN GLORIUS für die an-pn-Kollaboration — Institut für Angewandte Physik, Goethe Universität Frankfurt am Main, Deutschland

Der astrophysikalische  $p$  Prozess umfasst ein komplexes Reaktionsnetzwerk. Zur Modellierung sind tausende von Reaktionsraten unter stellaren Bedingungen theoretisch zu berechnen. Diese Theorie stützt sich auf einen Satz von Parametern, der von experimentellen Daten abgeleitet wird. Optische Potentiale sind wichtiger Bestandteil dieses Parametersatzes. Die ungenügende Beschreibung der Potentiale in den derzeitigen Modellen gilt als hauptverantwortlich für die ungenügende Vorhersagekraft der Theorie für Reaktionen mit Protonen und  $\alpha$ -Teilchen.

Um diese Beschreibung der Wechselwirkung zwischen Kern und geladenen Teilchen zu verbessern, wurden die Reaktionen  $^{166}\text{Er}(\alpha, n)$ ,  $^{165}\text{Ho}(\alpha, n)$ ,  $^{175}\text{Lu}(p, n)$  sowie  $^{169}\text{Tm}(p, n)$  mit der Aktivierungsmethode am FN Tandem der University of Notre Dame gemessen. Bei diesen Messungen liegt eine exklusive Sensitivität auf das optische  $\alpha$ -Teilchen- bzw. Protonenpotential vor. Die Daten können folglich als weiterer Test für die Vorhersagen des Statistischen Modells sowie als Grundlage zur Verbesserung globaler optischer Potentiale dienen. Die einzelnen Messungen und vorläufige Ergebnisse werden vorgestellt.

\*gefördert durch DFG (SFB 634), DAAD (50141757), JINA (NSF, USA), HIC for FAIR und die Helmholtz Nachwuchsgruppe VH-NG-327

HK 9.3 Mo 17:15 RW 2

**Untersuchung der  $^{40}\text{Ca}(\alpha, \gamma)^{44}\text{Ti}$ -Reaktion bei  $E_\alpha \sim 3.5$  MeV** — ●KONRAD SCHMIDT<sup>1,2</sup>, CHAVKAT AKHMADALIEV<sup>1</sup>, MICHAEL ANDERS<sup>1</sup>, DANIEL BEMMERER<sup>1</sup>, KONSTANZE BORETZKY<sup>3</sup>, ANTONIO CACIOLLI<sup>4</sup>, ZOLTÁN ELEKES<sup>1</sup>, ZSOLT FÜLÖP<sup>5</sup>, STEFAN GOHL<sup>1</sup>, GYÖRGY GYÜRKY<sup>5</sup>, ROLAND HANNASKE<sup>1</sup>, ARND JUNGHANS<sup>1</sup>, MICHELE MARTA<sup>1,3</sup>, RONALD SCHWENGER<sup>1</sup>, TAMAS SZÜCS<sup>5</sup>, ANDREAS WAGNER<sup>1</sup>, DMITRY YAKOREV<sup>1</sup> und KAI ZUBER<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR), Dresden — <sup>2</sup>TU Dresden — <sup>3</sup>GSI, Darmstadt — <sup>4</sup>INFN Padua, Italien — <sup>5</sup>ATOMKI, Debrecen, Ungarn

Das radioaktive Nuklid  $^{44}\text{Ti}$  wird Modellrechnungen zufolge in Kernkollaps-Supernovae erzeugt. Die  $\gamma$ -Strahlung aus seinem Zerfall kann als Werkzeug zum Test von Supernova-Modellen genutzt werden, weil sie zumindest für einen Supernova-Überrest durch satellitengestützte Gamma-Teleskope nachweisbar ist. Zur Interpretation dieser Messungen ist eine genaue Kenntnis der Kernreaktionsraten für die Erzeugung und Zerstörung von  $^{44}\text{Ti}$  erforderlich. Die  $^{40}\text{Ca}(\alpha, \gamma)^{44}\text{Ti}$ -

Reaktion dominiert die Erzeugung von  $^{44}\text{Ti}$ . Ihre Rate wird je nach Temperatur von mehreren Resonanzen dominiert. Die Stärken der Resonanzen bei 3.5-3.7 MeV  $\alpha$ -Energie werden am Dresdner 3 MV Tandemtrion sowohl mittels in-beam  $\gamma$ -Spektrometrie als auch durch eine Aktivierungsmessung im Felsenkeller-Niederniveaumesslabor bestimmt. – Gefördert von der EU (FP7-SPIRIT 227012) und der DFG (BE 4100/2-1).

HK 9.4 Mo 17:30 RW 2

**Measurements of proton-induced reactions on ruthenium-96 in the ESR at GSI** — ●GANNA RASTREPINA for the E062-Collaboration — Goethe-Universität, Frankfurt am Main, D-64291, Germany

The Experimental Storage Ring at GSI provides the possibility to investigate radioactive isotopes, which are relevant for the astrophysical nucleosynthesis  $p$ -process. Measurements of proton-induced and alpha-induced reactions in inverse kinematics allow to determine the cross-sections for these reactions. The reaction products are identified by their mass-over-charge ratio. A pioneering experiment has been performed at the Experimental Storage Ring (ESR) at GSI using a stable  $^{96}\text{Ru}$  beam at 9-11 A MeV and a hydrogen target. The different background components accompanying the  $^{96}\text{Ru}(p, \gamma)^{97}\text{Rh}$  reaction were simulated with Geant4 code. Such background reactions are  $^{96}\text{Ru}(p, \alpha)^{93}\text{Tc}$ ,  $^{96}\text{Ru}(p, n)^{96}\text{Rh}$  and  $^{96}\text{Ru}^{44+}(p, p)^{96}\text{Ru}^{43+}$ . In these simulations, the experimental setup was described in detail from the target to the detector position. A comparison of simulated predictions with the experimental results shows a good agreement and allows the extraction of the cross section. The reaction cross-section was calculated relative to the cross section of the electron capture for the  $^{96}\text{Ru}^{44+}(p, p)^{96}\text{Ru}^{43+}$  reaction. This project was supported by the Helmholtz International Center for FAIR and the Helmholtz Young Investigator Group VH-NG-327.

HK 9.5 Mo 17:45 RW 2

**$^{94}\text{Mo}(\gamma, n)^{93}\text{Mo}$  measured by Coulomb Dissociation** — ●KATHRIN GÖBEL for the s295-Collaboration — Goethe-Universität Frankfurt a. M.

Most of the  $p$ -nuclei between  $^{74}\text{Se}$  and  $^{196}\text{Hg}$  are produced in explosive conditions by sequences of photo dissociations and  $\beta$ -decays. The region of  $A \approx 100$  marks the end of the  $rp$ -process. In order to study the production of  $p$ -nuclei in this region, the experimental validation of the involved reaction rates predicted by statistical model calculations has to be performed.

Most nuclei involved in photo dissociation reactions in stellar nucleosynthesis networks are unstable and cannot be prepared as a target for experiments using real photons. Therefore, the  $(\gamma, n)$  reaction has to be studied in inverse kinematics using a beam of the radioactive nuclei in the Coulomb field of a high- $Z$  target nucleus.

The  $^{94}\text{Mo}(\gamma, n)^{93}\text{Mo}$  cross section has been measured using Coulomb Dissociation at the SIS/FRS/LAND setup at GSI in Darmstadt in 2005. First results will be presented.

This project was supported by the Helmholtz International Center for FAIR and the Helmholtz Young Investigator Group VH-NG-327.

HK 9.6 Mo 18:00 RW 2

**Untersuchung der Reaktion  $^{168}\text{Yb}(\alpha, n)^{171}\text{Hf}$  für den astrophysikalischen  $p$ -Prozess** — ●LARS NETTERDON<sup>1</sup>, MICHAEL ELVERS<sup>1</sup>, JANIS ENDRES<sup>1</sup>, ULRICH GIESEN<sup>2</sup>, ANDREAS HENNIG<sup>1</sup>, ANNE SAUERWEIN<sup>1</sup>, FRIEDERIKE SCHLÜTER<sup>1</sup> und ANDREAS ZILGES<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Institut für Kernphysik, Universität zu Köln — <sup>2</sup>Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Bundesallee 100, 38116 Braunschweig

Experimentell bestimmte kernphysikalische Eingangsparameter dienen als wichtige Grundlage für die theoretischen Vorhersagen des Statistischen Modells, auf dem die Modellierung des  $p$ -Prozesses, einem Prozess für die Nukleosynthese von  $\approx 35$  protonenreichen Kernen im Massenbereich  $74 < A < 196$ , basiert. Dazu wurde der Wirkungsquerschnitt der Reaktion  $^{168}\text{Yb}(\alpha, n)^{171}\text{Hf}$  bei sechs verschiedenen  $\alpha$ -Energien kurz oberhalb des Gamowfensters gemessen. Die Aktivierungen fanden an der PTB in Braunschweig statt, während die Spektroskopie der aktivierten Targets am Auszählbau am Institut für

Kernphysik in Köln vorgenommen wurde, der aus zwei HPGe-Clover Detektoren besteht. In diesem Beitrag werden die Ergebnisse dieser Messung präsentiert. Des Weiteren wird das hocheffiziente  $\gamma$ -Detektor-Array HORUS vorgestellt, das hervorragende Möglichkeiten bietet, um für den  $p$ -Prozess relevante Reaktionen mit der *in-beam*-Methode zu vermessen.

Gefördert durch die DFG (ZI 510/5-1, INST 216/544-1). A.H. und A.S. sind Mitglieder der Bonn-Cologne Graduate School of Physics and Astronomy.

HK 9.7 Mo 18:15 RW 2

**Lifetime measurement of the first excited state in  $^{31}\text{S}$  with the Doppler Shift Attenuation Method (DSAM)** — ●CLEMENS HERLITZIUS, SHAWN BISHOP, and ALBERTO VESENTINI — Physik Department E12, TU München, Germany

Measuring lifetimes of excited states of nuclei is important to constrain or estimate resonant ( $p, \gamma$ ) capture reaction rates that cannot be determined in a direct measurement, yet are relevant for the production of intermediate mass elements in classical nova events. A new facility has been built and commissioned at the Maier-Leibnitz-Laboratorium (LMU/TUM) that allows to measure lifetimes of states in excited nuclei using the Doppler Shift Attenuation Method. This talk will describe the experimental technique and show data of the beamtime, where the first state in  $^{31}\text{S}$  has been populated via  $^{32}\text{S}(^3\text{He}, ^4\text{He})$  in inverse kinematics. The analysis is in process and the status will be presented.

HK 9.8 Mo 18:30 RW 2

**Neutron-Capture Reactions with the R<sup>3</sup>B-CaveC Setup** — ●MARCEL HEINE for the R3B-Collaboration — IKP, TU Darmstadt, Germany

Recent research has shown that the ( $n, \gamma$ ) transition-rates on light nuclei can have an influence on the neutron-balance during the  $r$ -process.

Especially neutron rich carbon isotopes play an important role in  $r$ -process nucleosynthesis network calculations which included light nuclei since these nuclei are aligned along major flow-paths. In particular  $^{18}\text{C}$  is of interest, because it can be interpreted as a waiting point. The  $^{17}\text{C}(n, \gamma)^{18}\text{C}$  rate could so far only be estimated theoretically and has an uncertainty of a factor of ten [1]. At the R<sup>3</sup>B-CaveC setup at GSI we have measured the ( $n, \gamma$ ) time reversed reaction, i.e.  $^{18}\text{C}(\gamma, n)^{17}\text{C}$  for the above mentioned nucleus, via the Coulomb-breakup of  $^{18}\text{C}$  beam. The kinematically complete measurement allows extracting the differential cross section with respect to the excitation energy by using the invariant-mass method. First results and the strategy for further analysis will be presented.

This work is supported by the HIC for FAIR project.

[1] T. Sasaqui et al., APJ 634 (2005) 1173

HK 9.9 Mo 18:45 RW 2

**Half-life measurements for neutral and highly-charged  $\alpha$ -emitters** — ●FABIO FARINON for the E073-Collaboration — GSI, Darmstadt, Germany — Justus-Liebig Universität, Giessen, Germany

The influence of the bound electron cloud on the  $\alpha$ -decay constant  $\lambda$  has been discussed theoretically since the late 50s. Tiny changes in  $Q$ -values and  $\alpha$ -decay half-lives of fully stripped ions are expected and can provide information on the electron screening energy, thereby deducing reliable reaction rates in stellar environments. Recently, the measurements of  $\alpha$ -decay half-lives are feasible also for highly-charged radioactive nuclides. Using a  $^{238}\text{U}$  beam at relativistic energies at the present FRS-ESR facility at GSI it is possible to produce, efficiently separate and store highly charged  $\alpha$ -emitters.  $^{213}\text{Fr}^{86+}$  have been investigated by using the Schottky Mass Spectrometry technique. In order to establish a solid reference data set, lifetime measurements of the corresponding neutral atoms have been performed directly at the FRS by implanting the separated ions into an active silicon stopper. These results will be reported.