

Abstract

This thesis describes the experimental investigation of four charged-particle induced reactions relevant for the astrophysical γ process, which is part of the p process.

To a large extent, the so-called p nuclei are believed to be produced by sequences of photodisintegration reactions in the γ process during supernova explosions. Astrophysical network calculations of this process have to account for a huge number of photodisintegration rates including unstable nuclei. Hence, most reaction rates are adopted from theoretical predictions within the scope of the Hauser-Feshbach statistical model. While this model is well established, major uncertainties stem from the various nuclear physics models entering the calculations. In order to improve the predictive power of stellar rate calculations, it is mandatory to provide experimental cross sections which either allow the direct calculation of the stellar rate, or constrain the nuclear physics models entering the rate calculations.

Within the scope of this thesis, both strategies were used. In total, four charged-particle induced reactions were performed, namely $^{74}\text{Ge}(p,\gamma)^{75}\text{As}$, $^{141}\text{Pr}(\alpha,n)^{144}\text{Pm}$, $^{168}\text{Yb}(\alpha,\gamma)^{172}\text{Hf}$, and $^{168}\text{Yb}(\alpha,n)^{171}\text{Hf}$. For these reactions, the cross sections were obtained within or close to the astrophysically relevant energy range and compared to statistical model calculations. In this way, it was possible to improve the nuclear physics models and to calculate the stellar rates of the investigated reactions as well.

Two different experimental techniques were used to investigate these reactions, namely the activation method and the in-beam technique with high-purity germanium (HPGe) detectors. Both experimental techniques are from now on available at the Institute for Nuclear Physics in Cologne. The in-beam technique with HPGe detectors has been established at the HORUS spectrometer within the scope of this work.

Zusammenfassung

Diese Arbeit beschreibt experimentelle Untersuchungen von vier für den astrophysikalischen γ Prozess relevanten Reaktionen. Der γ Prozess ist eine Komponente des p Prozesses.

Man geht davon aus, dass eine große Anzahl sogenannter p Kerne durch Sequenzen von Photodesintegrationsreaktionen während Supernova-Explosionen im γ Prozess gebildet werden. Astrophysikalische Netzwerkrechnungen für diesen Prozess berücksichtigen eine große Anzahl von Photodesintegrationsraten an hauptsächlich instabilen Kernen. Daher werden die meisten Reaktionsraten mit dem Hauser-Feshbach-Modell theoretisch vorher gesagt. Während sich dieses Modell bewährt hat, ergeben sich Unsicherheiten in den Vorhersagen durch die zahlreichen kernphysikalischen Modelle, die für die Rechnungen notwendig sind. Um die Vorhersagekraft der Ratenberechnung zu verbessern, ist es erforderlich, experimentelle Wirkungsquerschnitte zu bestimmen, aus denen entweder die stellaren Raten direkt berechnet werden können oder die eine Beschränkung der in die Ratenberechnungen eingehenden kernphysikalischen Modelle erlauben.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden beide Strategien verwendet. Insgesamt wurden die vier Reaktionen $^{74}\text{Ge}(p,\gamma)^{75}\text{As}$, $^{141}\text{Pr}(\alpha,n)^{144}\text{Pm}$, $^{168}\text{Yb}(\alpha,\gamma)^{172}\text{Hf}$ und $^{168}\text{Yb}(\alpha,n)^{171}\text{Hf}$ experimentell untersucht. Für diese Reaktionen wurden die Wirkungsquerschnitte innerhalb oder in der Nähe des astrophysikalisch relevanten Energiebereichs bestimmt und mit Vorhersagen aus dem Statistischen Modell verglichen. Dadurch war es möglich, die kernphysikalischen Modelle zu verbessern und die stellare Rate für die untersuchten Reaktionen zu berechnen.

Zwei experimentelle Methoden wurden zur Untersuchung dieser Reaktionen verwendet: Die Aktivierungsmethode und die *in-beam* Technik mit hochreinen Germaniumdetektoren. In Zukunft stehen beide Methoden am Institut für Kernphysik der Universität zu Köln zur Verfügung. Im Rahmen dieser Arbeit wurde die *in-beam* Methode mit hochreinen Germaniumdetektoren am HORUS Spektrometer etabliert.