

Abstract

This thesis deals with the measurement of total and partial reaction cross sections for astrophysical applications. Three charged-particle induced reactions have been investigated motivated by improving the experimental database for the astrophysical γ -process.

The γ process is believed to be responsible for the main part of the nucleosynthesis of neutron-deficient p nuclei occurring during supernova explosions. As the γ -process reaction network involves photodisintegration reactions on mainly unstable nuclei, stellar reaction rates are mostly calculated within the scope of the statistical Hauser-Feshbach model. The predictive power of these theoretical predictions can be significantly improved by providing experimental constraints for the underlying nuclear-physics models using absolute cross sections of charged-particle induced reactions.

The three reactions investigated within the scope of this thesis are $^{89}\text{Y}(p,\gamma)^{90}\text{Zr}$, $^{112}\text{Sn}(\alpha,\gamma)^{116}\text{Te}$, and $^{130}\text{Ba}(p,\gamma)^{131}\text{La}$. The first one, $^{89}\text{Y}(p,\gamma)^{90}\text{Zr}$, served as a commissioning experiment for the recently developed experimental setup in Cologne dedicated to nuclear astrophysics experiments using the in-beam technique with high-purity germanium detectors. Moreover, partial cross sections have been obtained which yield important information on the γ -ray strength function in ^{90}Zr . The $^{112}\text{Sn}(\alpha,\gamma)^{116}\text{Te}$ reaction effectively embodies the first α -particle capture reaction on a heavier nucleus investigated by means of the in-beam technique at astrophysically relevant energies. Total and partial cross sections were measured to address the α +nucleus optical model potential (OMP), as well as the γ -ray strength function in the compound nucleus ^{116}Te . Local modifications of the underlying nuclear-physics input parameters can be used to improve the theoretical predictions of cross sections for other α -induced reactions in this mass region, which hints to a more global character of the adopted model.

Finally, the $^{130}\text{Ba}(p,\gamma)^{131}\text{La}$ reaction has been investigated by means of the activation method. By comparing the total cross section to statistical-model calculations, a locally adopted model for the proton+nucleus OMP was obtained and the stellar reaction rate was put on a firm basis.

Although the present measurements were motivated by the astrophysical γ process, the results obtained for the γ -ray strength function are of relevance for neutron-capture reactions during the s and r processes of nucleosynthesis as well.

Zusammenfassung

Diese Arbeit behandelt die Messung von totalen und partiellen Wirkungsquerschnitten für Anwendungen in der Nuklearen Astrophysik. Drei durch geladene Teilchen induzierte Reaktionen wurden untersucht, um die experimentelle Datenbasis bezüglich des astrophysikalischen γ -Prozesses zu verbessern.

Der γ -Prozess, der während Supernova-Explosionen abläuft, ist nach heutigem Stand hauptsächlich für die Nukleosynthese der neutronenarmen p -Kerne verantwortlich. Da das Reaktionsnetzwerk des γ -Prozesses Photodesintegrationsreaktionen an hauptsächlich instabilen Kernen umfasst, werden stellare Reaktionsraten zu einem großen Teil im Rahmen des statistischen Hauser-Feshbach Modells berechnet. Die Genauigkeit dieser theoretischen Vorhersagen kann durch die experimentelle Bestimmung der zugrunde liegenden kernphysikalischen Modelle mit Hilfe von absoluten Wirkungsquerschnitten durch geladene Teilchen induzierter Reaktionen erheblich verbessert werden.

Insgesamt wurden drei Reaktionen mit geladenen Teilchen untersucht, und zwar $^{89}\text{Y}(p,\gamma)^{90}\text{Zr}$, $^{112}\text{Sn}(\alpha,\gamma)^{116}\text{Te}$ und $^{130}\text{Ba}(p,\gamma)^{131}\text{La}$. Die Reaktion $^{89}\text{Y}(p,\gamma)^{90}\text{Zr}$ diente als Testexperiment für den kürzlich entwickelten Aufbau für Experimente in der Nuklearen Astrophysik, die die *in-beam* Methode mit hochreinen Germaniumdetektoren verwenden. Zusätzlich wurden partielle Wirkungsquerschnitte gemessen, die wichtige Informationen über die γ -Stärke Funktion in ^{90}Zr lieferten. Die Reaktion $^{112}\text{Sn}(\alpha,\gamma)^{116}\text{Te}$ stellt die erste durch α -Teilchen induzierte Einfangreaktion an einem schweren Kern dar, die mit der *in-beam* Methode bei astrophysikalisch relevanten Energien gemessen wurde. Totale und partielle Wirkungsquerschnitte wurden gemessen, um das α -Kern optische Modell-Potential (OMP) sowie die γ -Stärke Funktion im Compoundkern ^{116}Te zu untersuchen. Eine lokale Anpassung an die experimentellen Daten führte zu einer guten Beschreibung durch Rechnungen im Rahmen des Statistischen Modells anderer α -induzierter Reaktionen in dieser Massenregion und deutet somit auf einen globalen Charakter des verwendeten Modells hin.

Zudem wurde die Reaktion $^{130}\text{Ba}(p,\gamma)^{131}\text{La}$ mit der Aktivierungsmethode untersucht. Durch den Vergleich mit Vorhersagen aus dem Statistischen Modell wurde ein lokales Modell für das Proton+Kern OMP gefunden, das die stellare Reaktionsrate auf eine sichere Grundlage stellt.

Auch wenn die vorliegenden Messungen durch astrophysikalischen γ -Prozess motiviert wurden, sind die gewonnenen Erkenntnisse über die γ -Stärke Funktion ebenfalls für Neutroneneinfangreaktionen während des s - und r -Prozesses relevant.