

## Abstract

Descriptions of nuclear reaction cross sections are one of the main ingredients for the understanding of the nucleosynthesis in stars for two reasons: the extrapolation of measurements down to astrophysical relevant energy regions and the prediction of reaction rates on very exotic nuclei. Most of these reaction rates are calculated in the scope of the Hauser-Feshbach statistical model based on input-parameters like nuclear level densities,  $\gamma$ -strength functions and optical-model potentials. This thesis deals with investigations of two of these statistical properties: the  $\gamma$ -strength function and the  $\alpha$ +nucleus optical-model potential.

Radiative proton-capture reactions on stable copper isotopes have been investigated at the HORUS  $\gamma$ -ray spectrometer to study the  $\gamma$ -strength in  $^{64}\text{Zn}$  and  $^{66}\text{Zn}$ . A formalism has been worked out to deduce  $\gamma$ -strength information from the ratios of primary  $\gamma$ -ray intensities in a model-independent way. For the first time, these intensities have been measured by utilizing  $\gamma\gamma$ -coincidences and two-step  $\gamma$ -ray cascades for  $(p,\gamma)$  reactions. Latter technique has been also applied to the previously measured  $^{92}\text{Mo}(p,\gamma)$  reaction to obtain more sensitive data on the  $\gamma$ -strength in the unstable  $N = 50$  isotone  $^{93}\text{Tc}$ . In both cases, the results obtained extend the available experimental data and allows the comparison to other experimental techniques. This will be of utmost importance for the evaluation of the generalized Brink-Axel hypothesis which is widely utilized in nuclear astrophysics.

For the investigations of the  $\alpha$  optical-model potential for heavy nuclei at sub-Coulomb energies, cross sections of  $\alpha$ -induced reactions on the  $p$  nucleus  $^{108}\text{Cd}$  have been measured. The complementary measurement of  $(\alpha,n)$  and  $(\alpha,\gamma)$  cross sections via the activation method and the in-beam technique, respectively, increases the sensitivity onto the  $\alpha$  optical-model potential. Comparison to statistical model calculations support previous modification of the Demetriou  $\alpha$  optical-model potential. A systematic investigation of  $(\alpha,n)$  reaction cross sections on heavy nuclei below the Coulomb barrier via the statistical model shows that the Demetriou potential is applicable for the mass region from  $A \sim 100$  to  $A \sim 190$ . On the basis of this modified potential,  $(\alpha,\gamma)$  reaction rates have been calculated for almost 2000 isotopes between  $Z = 30$  and  $Z = 83$  for typical temperatures of the  $\gamma$  process. The results show large deviations from reaction rates based on the commonly used optical-model potential by McFadden&Satchler.

## Zusammenfassung

Beschreibungen der Wirkungsquerschnitte von Kernreaktionen sind aus zweierlei Gründen eine der wichtigsten Bausteine für das Verständnis der Nukleosynthese in Sternen: Die Extrapolation von Messungen zu Energien im astrophysikalisch relevanten Energiebereich und die Vorhersage von Reaktionsraten an sehr exotischen Kernen. Ein Großteil dieser Reaktionsraten werden mit Hilfe des Hauser-Feshbach statistischen Modell berechnet und basieren auf kernphysikalische Parameter wie Kernzustandsdichten,  $\gamma$ -Stärkefunktionen und optische Modell-Potentiale. Diese Arbeit behandelt Untersuchungen zweier dieser statistischen Eigenschaften: Die  $\gamma$ -Stärkefunktion und das  $\alpha$ -Kern optische Modell Potential.

Protoneneinfangsreaktionen an stabilen Kupferisotopen wurden am HORUS  $\gamma$ -Spektrometer untersucht um die  $\gamma$ -Stärkefunktionen in  $^{64}\text{Zn}$  und  $^{66}\text{Zn}$  zu studieren. Ein Formalismus wurde ausgearbeitet um  $\gamma$ -Stärkeinformationen modellunabhängig aus den Verhältnissen der Intensitäten von primären  $\gamma$ -Übergängen zu erhalten. Zum ersten Mal wurden diese Intensitäten mit Hilfe von  $\gamma\gamma$ -Koinzidenzen und zweistufigen  $\gamma$ -Übergangskaskaden nach  $(p,\gamma)$  Reaktionen bestimmt. Letzteres wurde zudem auf eine frühere Messung der Reaktion  $^{92}\text{Mo}(p,\gamma)$  angewandt um sensitivere Daten für die  $\gamma$ -Stärke im instabilen  $N = 50$  Isoton  $^{93}\text{Tc}$  zu gewinnen. In beiden Fällen erweitern die Resultate die experimentellen Daten und erlauben den Vergleich zu anderen experimentellen Techniken. Dies ist besonders wichtig für die weitere Bewertung der generalisierten Brink-Axel Hypothese, welche häufig innerhalb der Nuklearen Astrophysik angewandt wird.

Für die Untersuchung des  $\alpha$  optischen Modell-Potentials schwerer Kerne unterhalb der Coloumbbarriere, wurden Wirkungsquerschnitte von  $\alpha$ -induzierten Reaktionen an dem  $p$ -Kern  $^{108}\text{Cd}$  gemessen. Die komplementären Messungen von  $(\alpha,n)$  und  $(\alpha,\gamma)$  Wirkungsquerschnitten mittels Aktivierungsmethode und In-Beam Technik erhöht die Sensitivität auf das  $\alpha$  optische Modell-Potential. Vergleiche zu Statistische Modell Rechnungen unterstützen frühere Ergebnisse zu einem modifizierten  $\alpha$  optischen Modell Potential von Demetriou. Eine systematische Studie von  $(\alpha,n)$  Wirkungsquerschnitten an schweren Kernen unterhalb der Coulombbarriere im Statistischen Modell zeigt, dass das Demetriou-Potential für den Massenbereich zwischen  $A \sim 100$  und  $A \sim 190$  anwendbar ist. Auf Basis des modifizierten Potentials wurden Reaktionsraten für fast 2000 Kerne zwischen  $Z = 30$  und  $Z = 83$  für typische Temperaturen des  $\gamma$ -Prozesses gerechnet. Die Ergebnisse zeigen zum Teil große Abweichungen von Reaktionsraten zu jenen welche mit dem Potential von McFadden&Satchler gerechnet wurden.