

The determination of transition probabilities from level lifetimes of excited nuclear states is of great interest for nuclear structure physics as those give an direct insight to the inner structure of the atomic nucleus. The recoil distance Doppler-shift (RDDS) method is a reliable technique to measure level lifetimes in the picoseconds range. This work addresses the measurement of reduced transition probabilities from level lifetimes of low and intermediate-spin yrast and non-yrast excitations in selenium isotopes on and around the neutron shell-closure at  $N = 50$  within a RDDS experiment.

The experiment was performed at the Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Laboratori Nazionali di Legnaro, Italy. The Cologne plunger device for deep inelastic scattering was used for the RDDS technique, coupled to the PRISMA magnetic spectrometer for an event-by-event particle identification and combined with the AGATA demonstrator array for the  $\gamma$ -ray detection and tracking.  $^{80,83,84,86}\text{Se}$  nuclei were produced via neutron-transfer reactions from a  $^{82}\text{Se}$  beam,  $^{82}\text{Se}$  nuclei were mainly excited via multiple-step Coulomb excitation. Summarized, 38 level lifetimes, effective lifetimes or lifetime limits in  $^{80,82,83,84,86}\text{Se}$  were determined, 36 for the first time. During the experiment, three target-to-degrader distances were measured. Absolute target-to-degrader distances were determined by analyzing lowest transitions with well-known level lifetimes in  $^{82}\text{Se}$ . Statistics were insufficient for an analysis using  $\gamma\gamma$ -coincidence spectra, therefore an analysis in  $\gamma$ -ray singles was performed, taking the level feeding of each excited state into account. In order to clean the  $\gamma$ -ray spectra, to improve the peak-to-background ratio, to cross-check the lifetime analysis and to better estimate effects caused by unnoticed side-feeding, different gates on the total kinetic energy loss of the recoiling nuclei were investigated. In several cases due to a lack of statistics the analysis of  $\gamma$ -ray transitions in the  $\gamma$ -ray spectra of the specific target-to-degrader distances was not possible. Therefore, a lifetime analysis of RDDS data using statistics of the summed  $\gamma$ -ray spectra of different target-to-degrader distances was introduced.

The experimental results for nuclei up to  $N = 50$  were mainly discussed based on large-scale shell-model calculations, using  $^{56}\text{Ni}$  as an inert core and the  $1f_{5/2}$ ,  $2p_{3/2}$ ,  $2p_{1/2}$ ,  $1g_{9/2}$  valence orbitals both for protons and neutrons. Further theoretical approaches were considered and compared for selected nuclei. In several cases the

investigation of the excited states wave functions yielded a deeper understanding of the nuclear structure. In particular, the importance of the  $\nu g_{9/2}$  and  $\pi p_{1/2}$  orbitals for specific transitions in  $^{80,82}\text{Se}$  and  $^{83,84}\text{Se}$ , respectively, was discussed.

The experimental results of the  $N = 52$  nucleus  $^{86}\text{Se}$  are described successfully in the framework of shell-model calculations with  $^{78}\text{Ni}$  as an inert core and the  $1f_{5/2}$ ,  $2p_{3/2}$ ,  $2p_{1/2}$ ,  $1g_{9/2}$  valence space for protons and the  $2d_{5/2}$ ,  $3s_{1/2}$ ,  $2d_{3/2}$ ,  $1g_{7/2}$ ,  $1h_{11/2}$  valence space for neutrons.

---

## Zusammenfassung

---

Die Bestimmung von Übergangswahrscheinlichkeiten aus Niveaulbensdauern angeregter Kernzustände ist von hohem Interesse für die Kernstrukturforschung, da diese einen direkten Einblick in die innere Struktur des Atomkerns bieten. Die recoil distance Doppler-shift (RDDS) Methode ist eine erprobte Messtechnik zur Bestimmung von Niveaulbensdauern im Picosekunden Bereich. Diese Arbeit befasst sich mit der Messung reduzierter Übergangsstärken aus Niveaulbensdauern von niedrig- und mittelspin yrast und nicht-yrast Zuständen von Selenisotopen auf und um den Schalenabschluss für Neutronen bei  $N = 50$  im Rahmen eines recoil distance Doppler-shift Experimentes.

Das Experiment fand am Instituto Nazionale di Fisica Nucleare, Laboratori Nazionali in Legnaro, Italien statt. Es kombinierte den Plunger für tief-inelastische Streuung mit dem PRISMA Spektrometer für eine Teilchenidentifikation sowie dem AGATA Demonstrator für die  $\gamma$ -Teilchen Detektion und Rückverfolgung.  $^{80,83,84,86}\text{Se}$  Kerne wurden mittels entsprechender neutronentransfer-Kanäle von einem  $^{82}\text{Se}$  Strahl populierte,  $^{82}\text{Se}$  wurde mittels multiple-step Coulombanregung angeregt. In Summe konnten 38 Lebensdauern, effektive Lebensdauern oder Lebensdauergerenzen in  $^{80,82,83,84,86}\text{Se}$  bestimmt werden, davon 36 zum ersten Mal.

Während des Experiments wurden drei verschiedene Target-zu-Degrader-Abstände gemessen. Absolutabstände zwischen Target- und Degraderfolien konnten über die genaue Analyse von Übergängen mit bekannter Lebensdauer im Coulombanregungskanal  $^{82}\text{Se}$  bestimmt werden. Die erzielte Statistik reichte für eine Analyse in  $\gamma\gamma$ -Koinzidenz nicht aus, daher wurde eine Analyse in  $\gamma$ -Singles unter Berücksichtigung der Fütterung eines jeden Niveaus durchgeführt. Bedingungen auf den totalen kinetischen Energieverlust (TKEL) der Rückstoßkerne erlaubten es, die  $\gamma$ -Spektren zu bereinigen, das Peak-zu-Untergrund-Verhältnis zu verbessern und die Lebensdaueranalyse in einigen Fällen anhand variierender Fütterungsverhältnisse zu überprüfen.

Partiell konnte aufgrund der sehr geringen erzielten Statistik der Multineutronen-Transferkanäle keine Analyse von Übergängen in den zugehörigen  $\gamma$ -Spektren für die einzelnen Target-zu-Degrader Abstände erfolgen. Hier wurde eine Methodik eingeführt welche es erlaubt, Lebensdauern aus RDDS Daten aufsummierter Target-

zu-Degrader Abstände zu extrahieren.

Die experimentellen Ergebnisse bis  $N = 50$  wurden im Rahmen von Schalenmodellrechnungen mit  $^{56}\text{Ni}$  als geschlossenem Kern und dem gemeinsamen  $1f_{5/2}$ ,  $2p_{3/2}$ ,  $2p_{1/2}$ ,  $1g_{9/2}$  Protonen- und Neutronenvalenzraum diskutiert. Weitere theoretische Ansätze wurden für einzelne Kerne zum Vergleich herangezogen. In einigen Fällen trug die Analyse der Wellenfunktionen der angeregten Kernniveaus zum tieferen Verständnis der inhärenten Kernstruktur bei. Die Rolle des  $\nu g_{9/2}$  Valenzorbitals für  $^{80,82}\text{Se}$  und des  $\pi p_{1/2}$  Valenzorbitals für  $^{83,84}\text{Se}$  wurde herausgearbeitet.

Experimentelle Ergebnisse für den  $N = 52$  Kern  $^{86}\text{Se}$  konnten mittels Schalenmodellrechnungen mit  $^{78}\text{Ni}$  als geschlossenem Kern sowie einem  $1f_{5/2}$ ,  $2p_{3/2}$ ,  $2p_{1/2}$ ,  $1g_{9/2}$  Protonenvalenzraum und einem  $2d_{5/2}$ ,  $3s_{1/2}$ ,  $2d_{3/2}$ ,  $1g_{7/2}$ ,  $1h_{11/2}$  Neutronenvalenzraum sehr gut beschrieben werden.