

## 7 Zusammenfassung und Ausblick

Diese Arbeit beschäftigte sich mit der Teilchen- $\gamma$ -Spektroskopie deformierter Kerne, insbesondere von  $\alpha$ -Cluster-Kernen in der Massengegend  $A = 36 - 56$ . Hier wurden aufgrund theoretischer Modellrechnungen unter Verwendung des Bloch-Brink- $\alpha$ -Cluster-Modells [Zha94b, Zha94a, Rae92] und der Nilsson-Strutinsky-Methode [Lea75] starke Deformationen bis hin zur Hyperdeformation vorausgesagt. Diese stark deformierten Kerne können besonders selektiv in binären Reaktionen gemessen werden. Aufgrund der Harvey-regeln [Har75] läßt sich zeigen, daß diese Konfigurationen besonders gut in dem inversen Streusystem  $^{32}\text{S} + ^{24}\text{Mg}$  bevölkert werden.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden in drei Experimenten zwei Streusysteme ( $^{36}\text{Ar} + ^{24}\text{Mg}$  und  $^{32}\text{S} + ^{24}\text{Mg}$ ) mit zwei unterschiedlichen Methoden untersucht. In den Experimenten mit dem Binary Reaction Spectrometer (BRS) wurden binäre Reaktionskanäle mit und ohne anschließender Emission von leichten Teilchen untersucht.

Im ersten Experiment  $^{36}\text{Ar} + ^{24}\text{Mg}$  bei  $E_L = 195$  MeV am HMI wurde das  $\gamma$ -Spektrometer OSIRIS in Verbindung mit dem Teilchenspektrometer BRS verwendet. Im Gegensatz zu Experimenten mit anderen Triggerdetektoren wie ISIS oder Parallelplattenzählern, konnten durch den simultanen Nachweis zweier schwerer Reaktionsfragmente in kinematischer Koinzidenz bei gleichzeitiger Messung der Kernladungen und Energien beider Ejektile binäre Reaktionskanäle in Verbindung mit  $\gamma$ -spektroskopischen Methoden wesentlich selektiver untersucht werden. Gemessen wurden hierbei Teilchen-Teilchen- $\gamma$ -Koinzidenzen. Es zeigte sich eine starke Korrelation der Reaktionsfragmente in der durch die Strahlachse und die Reaktionsfragmente definierten Ebene im Falle des Verlustes von vier oder sechs Kernladungen bei koinzidenter Detektion der beiden schweren Fragmente. Dies entspricht der Verdampfung von zwei oder drei  $\alpha$ -Teilchen. Der Effekt wurde nicht nur bei in der Ladung geradzahligem Fragmenten (z.B.  $Z_3 = 12$ ;  $Z_4 = 14$  ( $^{24}\text{Mg} + ^{28}\text{Si}$ ) oder  $Z_3 = 10$ ;  $Z_4 = 16$  ( $^{20}\text{Ne} + ^{32}\text{S}$ )), sondern auch in Kanälen wie  $Z_3 = 15$ ;  $Z_4 = 11$  ( $^{30}\text{P} + ^{22}\text{Na}$ ),  $Z_3 = 15$ ;  $Z_4 = 9$  ( $^{30}\text{P} + ^{18}\text{F}$ ) oder  $Z_3 = Z_4 = 13$  ( $^{26}\text{Al} + ^{26}\text{Al}$ ) beobachtet.

Die Kombination des BRS-Spektrometers mit dem z.Z. leistungsfähigsten Ge-Detektor-Array, Euroball III, wurde zur Untersuchung des Streusystems  $^{32}\text{S} + ^{24}\text{Mg}$  bei  $E_L = 163.5$  MeV genutzt. Das Experiment fand am LNL, Legnaro (Italien) statt. Hierbei wurde unter Verwendung eines der beiden BRS-Detektoren Spektroskopie von binären Reaktionskanälen betrieben. Insbesondere wurde der binäre Ausgangskanal mit zusätzlicher 2-Protonen-Emission  $^{24}\text{Mg}(^{32}\text{S}, ^{46}\text{Ti} + 2p)^8\text{Be}$  untersucht. Dieses Experiment war der Test des gesamten Setups für ein geplantes Experiment an Euroball IV, mit dem hyperdeformierte Zustände in  $\alpha$ -Cluster-Kernen nachgewiesen werden sollen. Der minimal beobachtbare Wirkungsquerschnitt wurde zu  $\sigma = 21 \mu\text{b}$  aus den Daten ermittelt. Bei der Verwendung beider BRS-Detektoren wird von einer Erniedrigung dieses Wertes um mindestens eine Größenordnung aufgrund der wesentlich höheren Selektivität des Aufbaus bei der Messung zweier schwerer Reaktionsfragmente in kinematischer Koinzidenz ausgegangen. Damit wird dann der bislang beste bekannte Wert von  $\sigma = 5 - 10 \mu\text{b}$  deutlich unterschritten.

Das dritte hier besprochene Experiment,  $^{32}\text{S} + ^{24}\text{Mg}$  bei  $E_L = 130$  MeV, wurde durchgeführt am LNL, Legnaro, unter Verwendung des  $\gamma$ -Spektrometers GASP und des Si-Balls ISIS zum Nachweis leichter geladener Teilchen. Es diente zur Spektroskopie von f7/2-Kernen aus Fusions-Verdampfungs-Reaktionen und lieferte Daten zur Untersuchung der  $^8\text{Be}$ -Emissionen aus dem  $^{56}\text{Ni}$ -Compoundkern. Si-Bälle wie der ISIS-Ball werden üblicherweise zum Nachweis von leichten geladenen Teilchen (p,d und  $\alpha$ ), nicht aber zur Detektion schwererer Teilchen verwendet. So ist die Identifizierung von  $^8\text{Be}$  als Pile-Up-Signal zweier  $\alpha$ -Teilchen eine sehr ungewöhnliche Art der Spektroskopie, auch wenn ein solches Verfahren schon 1972 von Wozniak et al. verwendet wurde [Woz72]. Im Rahmen dieser Arbeit wurde festgestellt, daß im Falle von deformierten Seitenbanden in  $^{48}\text{Cr}$  und  $^{47}\text{V}$  die Emission von  $^8\text{Be}$ , d.h. die binäre Spaltung des Compoundkerns  $^{56}\text{Ni}$  in  $^{48}\text{Cr} + ^8\text{Be}$ , bevorzugt wird gegenüber der Emission von zwei unkorrelierten  $\alpha$ -Teilchen. Eine unterschiedliche Population der Grundzustands- und Seitenbande wurde auch in  $^{44}\text{Ti}$  beobachtet, diese aber aufgrund der eingeschränkten Statistik nicht eindeutig als Verstärkung des binären Spaltkanals identifiziert.

Zu letzterer Fragestellung wurden Rechnungen, basierend auf der von Matsuse et al. [Mat97] entwickelten *Extended-Hauser-Feshbach*-Methode (EHFM), durchgeführt. Dazu wurde das Verhältnis der Wirkungsquerschnitte für die Emission von  $^8\text{Be}$ - bzw. zwei  $\alpha$ -Teilchen in Abhängigkeit von der Deformation sowohl des Mutter- als auch des Tochterkerns untersucht. In Übereinstimmung mit den Voraussagen aus Arbeiten von Bann und Komoto [Bla80, Bla81] wurde festgestellt, daß eine Verstärkung des  $^8\text{Be}$ -Emissionskanals bei höheren Drehimpulsen des Compoundkerns, als im durchgeführten Experiment erreicht, verbunden mit einer größeren Kerndeformation zu erwarten ist.

Die nächsten experimentellen Schritte dieser Untersuchungen sind zum einen die Durchführung des in Abschnitt 5 beschriebenen Experiments zum Nachweis der hyperdeformierten Zustände in  $\alpha$ -Cluster-Kernen an Euroball IV mit dem BRS und einem zusätzlicher Teilchenzähler zum Nachweis leichter geladener Teilchen und zum anderen weiterführende Untersuchungen der  $^8\text{Be}$ -, aber auch  $^{12}\text{C}$ -Emission in Abhängigkeit von der Kerndeformation.