

**Verstärkter Neutronen-Paar Transfer
zwischen
superfluiden schweren Kernen**

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Naturwissenschaften

vorgelegt beim Fachbereich Physik
der Freien Universität Berlin

von
Ingo Peter
aus Frankfurt am Main

Berlin
November 1998

1. Gutachter: Prof. Dr. W. von Oertzen
2. Gutachter: Prof. Dr. T. Meng

Tag der Disputation: 6.1.1999

„ Die spinnen, die Neutronen! “

frei nach Obelix, unbeugsamer Gallier
und Hinkelsteinlieferant, ca. 50 v.Chr.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Theoretische Grundlagen	5
2.1	Streuprozesse	5
2.1.1	Klassische Streutrajektorien	5
2.1.2	Semiklassisches Modell	7
2.2	Kernreaktionen	8
2.2.1	Elastische Streuung und Absorption	9
2.2.2	Reaktionen durch Coulombwechselwirkung	11
2.2.2.1	Elektromagnetische Übergänge	11
2.2.2.2	Coulombanregung	12
2.2.3	Transferreaktionen	14
2.2.3.1	Meßmethoden	16
2.2.3.2	Transfer-Wahrscheinlichkeit	17
2.2.3.3	Anpassung der Streubahnen	18
2.2.3.4	Anpassung der Nukleonenorbitale	19
2.2.3.5	Paar-Transfer	20
2.2.3.6	Superfluidität in Kernen	21

3	Experiment	25
3.1	Experimentaufbau	26
3.1.1	EUROBALL-Cluster (EB)	27
3.1.2	Kristallkugel (CB)	28
3.1.3	Parallelplattenzähler (PPAC)	28
3.1.3.1	Prinzip der Ortsbestimmung	30
3.2	Experimentdurchführung	32
3.2.1	Das System ${}_{50}^{118}\text{Sn} \rightarrow {}_{82}^{206}\text{Pb}$	33
3.2.2	Wahl der Einschußenergie	34
3.2.3	Wahl der Targetdicke	34
3.2.4	Elektronische Datenaufnahme	35
4	Datenaufbereitung	39
4.1	Detektor-Eichungen	39
4.1.1	EUROBALL-Cluster (EB)	39
4.1.1.1	Energieeichung	40
4.1.1.2	Add-Back Verfahren	42
4.1.1.3	Zeitspektren	44
4.1.1.4	Effizienzzeichnung	46
4.1.2	Kristallkugel (CB)	48
4.1.2.1	Energieeichung	48
4.1.2.2	Add-Back Verfahren	48
4.1.2.3	Zeitspektren	49
4.1.3	Parallelplattenzähler (PPAC)	50

4.1.3.1	Ortsbestimmung	50
4.1.3.2	Winkelbestimmung	53
4.1.3.3	Fehlerbetrachtung	53
4.2	Dopplerkorrektur	55
5	Ergebnisse und Diskussion	61
5.1	Analyse der Meßspektren	62
5.1.1	Identifikation von Reaktionskanälen	62
5.1.2	Streuwinkelverteilung	67
5.1.3	Filtereigenschaften der Kristallkugel (CB)	68
5.1.3.1	Selektion „superkalter“ Reaktionen	70
5.2	Prinzip der Bestimmung von Reaktions-Wahrscheinlichkeiten	73
5.2.1	Berechnung von γ -Intensitäten nach multipler Coulombanregung . .	74
5.3	Inelastische Anregung von ^{118}Sn und ^{206}Pb	80
5.4	Ein- und Zwei-Neutronen Transfer	80
5.4.1	„Kalter“ Transfer	81
5.4.2	„Superkalter“ Transfer	86
5.4.3	Paar-Korrelationen	92
6	Zusammenfassung	99

Literaturverzeichnis

Danksagung

Ohne die Mithilfe vieler Personen wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen. So hatte Prof. von Oertzen die Idee zu dem Experiment, zumindest in ihren Grundzügen, wahrscheinlich schon, bevor ich überhaupt meine erste Physik-Stunde in der Schule erlebte. Der etwa einjährige aufwendige Aufbau des Experiments bei der Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI) in Darmstadt, war nur im Rahmen einer europäischen Kollaboration möglich und wurde dann auch anschließend in einer Serie von verschiedenen Experimenten genutzt. Bei dem für die vorliegende Arbeit durchgeführten achttägigen Experiment vom 10.-17. April 1996, war die Teilnahme anderer Personen essentiell, denn 8x24 Stunden ohne Schlaf, das schafft auch der widerstandsfähigste Doktorand nicht! Bei all denen, die mir direkt und indirekt geholfen haben, möchte ich mich an dieser Stelle bedanken.

Namentlich möchte ich mich an erster Stelle bei Herrn Prof. W. von Oertzen für die Themenstellung und die von Anfang an, trotz der räumlichen Entfernung zwischen Berlin und Darmstadt, ausgezeichnete Betreuung, ganz herzlich bedanken. Viele intensive, oft zeitlich unbegrenzte Diskussionen waren für mich von unschätzbarem Wert.

Weiter gilt mein Dank allen derzeitigen und ehemaligen Mitgliedern der Euroball-Gruppe bei der GSI-Darmstadt, wo ich meine hauptsächliche Zeit verbracht habe. Herrn Dr. J. Gerl danke ich für die schon während meiner Diplomarbeit bewährte Betreuung meiner Arbeit „vor Ort“ und für die erfolgreiche Leitung der gesamten Euroball-Meßkampagne. Herrn Dr. H. J. Wollersheim danke ich ebenfalls für die Betreuung meiner Arbeit und besonders für die maßgebliche Mithilfe beim Aufbau der Teilchenzähler, die sich vorher in einem bemitleidenswerten Zustand befanden. Meinem Zimmerkollegen und „Mitleidensgenossen“ Herrn M. Kaspar kann ich gar nicht genug danken, deswegen sei hier stellvertretend nur die Hilfe bei der Bewältigung von Alltagsproblemen genannt, die wie gesagt alltäglich auftreten, über die zu reden, aber vielleicht schon Minuten später nicht mehr lohnt. Den anderen Mitgliedern, Frau S. Wan und die Herren Dr. C. Schlegel, M. Rejmund, H. Schaffner und A. Kleinböhl, und den „Ehemaligen“, die Herren Dr. T. Kröll und Dr. K. Vetter, möchte ich für Hilfestellungen aller Art und die gute Arbeitsatmosphäre bei der GSI danken. Herrn Prof. Th. W. Elze danke ich, daß nach der Betreuung meiner Diplomarbeit sein Interesse an meiner weiteren Arbeit bestehen blieb und er weiterhin für hilfreiche Diskussionen zur Verfügung stand.

Aus der Arbeitsgruppe am Hahn-Meitner-Institut Berlin möchte ich den Herren Dr. H. G. Bohlen, Dr. B. Gebauer und S. Thummerer für ihren unverzichtbaren Einsatz

bei der Durchführung des Experiments, für das Interesse an meiner Arbeit und die immerwährende Bereitschaft, sie durch Diskussionen weiter voran zu bringen, danken. Herrn C. Schulz danke ich für die Opferung eines Wochenendes zum Durchlesen der kompletten Arbeit.

Der allergrößte Dank allerdings gilt, ungeachtet der vielfältigen Hilfe anderer Personen, meinen Eltern. Sie geben mir immer das Gefühl, mich bedingungslos zu unterstützen. Dafür bin ich unendlich dankbar, denn nur das gab mir die eigentliche Kraft für diese Arbeit.

Neben dem Dank an alle, die direkt zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben, möchte ich mich auch bei denjenigen bedanken, denen es während dieser Zeit gelungen ist, mich davon abzulenken.

Auch an dieser Stelle möchte ich nochmals Herrn Prof. von Oertzen und dazu seiner Frau ausdrücklich danken, die mir durch anregende „nicht physikalische“ Gespräche und kulturelle Unternehmungen ganz neue Gedankengänge vermittelt und somit mein Leben bereichert haben. Unvergessen werden mir so bleiben: Rilke („Wirf aus deinen Armen die Leere...“), Edith Piaf („Mon dieu, encore un peu...“) und 25 lange Kilometer durch Berlin. E securamente, non dimenticherò mai quella settimana in aprile di quest'anno che ho passato da loro a Padova. Che piacere! Tante grazie!

Dann möchte ich meinem Freund Stefan Stohl danken, der mir durch seine „Laienfragen“ (der Begriff Laie ist hier maßlos untertrieben) ganz neue Blickwinkel auf die Naturwissenschaft verschafft und der mir wiederum, durch die Beantwortung meiner Laienfragen (in diesem Fall ist der Begriff Laie voll und ganz gerechtfertigt), immer wieder die Begeisterung für andere Gebiete weckt. Denn, wer kann angesichts von „La Rotonda“ noch allen Ernstes an Atomkerne denken? Oder in Santa Maria sopra Minerva...

Enfin j'aimerais remercier Thierry Moune qui fut mon correspondant scolaire il y a 17 ans et qui est en suite devenu un vrai ami. Même si on ne peut pas se voir très souvent, cette amitié reste!

Zu guter Letzt danke ich den Wellen im Atlantik, den Bergen der Pyrenäen, Sibelius, den roten Trauben aus den colli euganei, den weißen von Jurançon, den gelben Bällen auf rotem Sand, dem Schinken aus Parma, dem weißen Marmor von Carrara und natürlich den Herren Uderzo und Gosciny...

Vielen Dank, beim Teutates!

Lebenslauf

Name: PETER
Vorname: Ingo
Wohnort: 65824 Schwalbach
Straße: Fasanenweg 35
Geburtsdatum: 06.03.1969
Geburtsort: Frankfurt am Main
Staatsangehörigkeit: deutsch
Familienstand: ledig

Schulbildung: 1975-1979 Grundschule
Geschwister-Scholl-Schule, Schwalbach

1979-1988 Gymnasialzweig
Altkönigschule, Kronberg

Abschluß: Abitur

Grundwehrdienst: 1988-1989 Panzeraufklärungsbataillon 5, Sontra

Studium: 1989-1995 Physik
Johann Wolfgang Goethe-Universität,
Frankfurt am Main

Titel der Diplomarbeit: „Analyse von digitalisierten Germanium-Detektorsignalen“

Abschluß: Diplom

seit 1995 Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Freie Universität Berlin, Fachbereich Physik
und Gesellschaft für Schwerionenforschung Darmstadt

