

# Hochauflösende Schichtanalytik mit hochenergetischen schweren Ionen

Im Fachbereich Physik  
der Freien Universität Berlin  
eingereichte Dissertation  
zur Erlangung der Doktorwürde

von  
Abel Blažević

23. Oktober 1998

1. Gutachter: Prof. Dr. W. von Oertzen

2. Gutachter: Prof. Dr. W. Brewer

Tag der Promotion: 9. 12. 1998

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Elastische Rückstoßteilchen-Analyse ERDA . . . . .	2
1.2	ERDA am Q3D . . . . .	4
1.3	Energieverlust von Ionen in Materie . . . . .	6
<b>2</b>	<b>Schichtanalytik mit schweren Ionen</b>	<b>9</b>
2.1	Verschiedene Meßmethoden . . . . .	10
2.2	Energieverlust schwerer Ionen in Materie . . . . .	12
2.2.1	Der nukleare Energieverlust $S_n$ . . . . .	14
2.2.2	Der elektronische Energieverlust $S_e$ . . . . .	17
2.2.3	Grenzen der Anwendbarkeit . . . . .	19
<b>3</b>	<b>Experimenteller Aufbau</b>	<b>21</b>
3.1	Der Beschleuniger . . . . .	21
3.2	Die Streukammer . . . . .	23
3.2.1	Die Kammer . . . . .	23
3.2.2	Manipulator und Proben transfer . . . . .	25
3.2.3	Strahlstrommessung . . . . .	25
3.3	Der Q3D-Magnetspektrograph . . . . .	26
3.4	Der Fokalebenendetektor . . . . .	28
3.5	Der Stöchiometriezähler . . . . .	33
<b>4</b>	<b>ERDA-Messungen am Q3D</b>	<b>37</b>
4.1	Meßbedingungen . . . . .	37
4.2	Erzeugung der Energiespektren für jedes Isotop . . . . .	40
4.3	Das Tiefenprofil einer Probe . . . . .	41
4.4	Diskussion der Tiefenauflösung . . . . .	44
4.4.1	Beitrag des Strahls . . . . .	45
4.4.2	Beitrag der Probe . . . . .	46
4.4.3	Beitrag durch die Geometrie . . . . .	49
4.4.4	Beitrag des Detektorsystems . . . . .	51
4.4.5	Die Tiefenauflösung . . . . .	52
4.4.6	Optimierung der Tiefenauflösung . . . . .	52

4.5	Grenzen der Isotopentrennung . . . . .	55
<b>5</b>	<b>Energieverlust im Nichtgleichgewicht</b>	<b>57</b>
5.1	Eine neue Meßmethode . . . . .	58
5.2	Das Experiment: Ne in C . . . . .	61
5.2.1	Durchführung des Experiments . . . . .	63
5.3	Theoretische Analyse der Ladungsverteilung . . . . .	67
5.3.1	Die Ratengleichung . . . . .	67
5.3.2	Die Wirkungsquerschnitte . . . . .	68
5.3.3	Das Programm ETACHA . . . . .	74
5.3.4	Analyse der gemessenen Ladungsverteilungen . . . . .	75
5.4	Analyse der Energieverluste . . . . .	82
5.4.1	$\Delta E(q_i = q_f)$ . . . . .	82
5.4.2	$\Delta E(q_i, q_f)$ . . . . .	94
5.5	Energiestreuung durch Umladungsprozesse . . . . .	97
5.6	Ausblick . . . . .	99
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>101</b>
<b>7</b>	<b>Anhang</b>	<b>103</b>
	Literaturverzeichnis . . . . .	109

# Lebenslauf

## Personalien

Name Abel Blažević  
Anschrift Prinz-Friedrich-Leopold-Str. 3  
14129 Berlin  
Geburtsdatum 9. 9. 1965  
Geburtsort Banja Luka (Jug.)  
Staatsangehörigkeit deutsch  
Familienstand ledig

## Schulbildung

1972 – 1974 Rade Končar Grundschule, Banja Luka  
1974 – 1977 Kuppelnau-Grundschule, Ravensburg  
1977 – 1986 Welfengymnasium, Ravensburg  
Juni 1986 Abitur

## Wehrdienst

9/86 – 9/87 Koprivnica (Jug.)

## Studium

1987 – 1994 Physik an der Eberhard-Karls-Universität  
zu Tübingen  
9/93 – 9/94 Diplomarbeit:  
"Vermessung und Auswertung der Streu-  
systeme  $^{16}\text{O} + ^{16}\text{O}$  und  $^{16}\text{O} + ^{40}\text{Ca}$  bei  
 $E_{\text{Lab}} = 704 \text{ MeV}$ "

## Tätigkeiten

10/92 – 9/94 Studentische Hilfskraft an der  
Eberhard-Karls-Universität zu Tübingen  
seit 11/94 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am  
Hahn-Meitner- Institut in Berlin

Berlin, den 23. Oktober 1998



# Danksagung

Solch eine experimentelle Arbeit ist ohne die Unterstützung anderer nicht machbar. Aus diesem Grunde möchte ich mich bei allen, die mittelbar oder unmittelbar zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben, herzlich bedanken.

Inbesondere danke ich Herrn Prof. W. von Oertzen für die freundliche Aufnahme in seine Arbeitsgruppe und die vielen fruchtbaren Diskussionen, die die Arbeit stets ein Stück weiter brachten, sowie für die fürsorgliche Unterstützung bei administrativen Angelegenheiten.

Herrn Dr. H. G. Bohlen danke ich herzlich für die unermüdliche und intensive Betreuung, sowie sein persönliches Engagement, das viel zum Gelingen der Arbeit beigetragen hat. Die unendlich vielen Diskussionen über technische und physikalische Probleme waren stets konstruktiv und äußerst hilfreich. Zuletzt ein großes Danke für die Hilfe bei der Verfassung und Korrektur der Arbeit.

Den Mitarbeitern in der Arbeitsgruppe, Dr. Martin Wilpert, Dr. Thomas Wilpert, Dr. Thomas Stolla, Christian Schulz und Severin Thummerer sei herzlichst gedankt für die Unterstützung beim Aufbau und Durchführung der Experimente sowie bei der Lösung der zahlreichen EDV-Probleme. Besonders hilfreich waren die vielen kleinen Diskussionen während der Teepausen.

Einen herzlichen Dank gebührt den Kollegen der Technik, insbesondere aus der Bereichswerkstatt. Ohne ihre stets freundliche Hilfe in Rat und Tat wäre diese Arbeit nicht zu diesem Abschluß gekommen.

Danke schön an die Herren Peter Szimkokowiak, Peter Völz, Björn Pietzak und Dieter Nagengast für die vielen Mühen bei der Probenherstellung, sowie Dr. Markus Weber und Dr. Michael Giersig für die Hilfestellung bei der Analyse der Proben.

Zuletzt danke an all meine Freunde, die ich hier kennen und lieben gelernt habe und die mir den Aufenthalt in Berlin so wertvoll und schön gestaltet haben, daß mir der Abschied sicherlich schwer fallen wird. Merci.