

TU DRESDEN

FORTGESCHRITTENENPRAKTIKUM

PRAKTIKUMSBERICHT

Elektronenstrahlionenquelle

Autoren:

Toni EHMCKE
Christian SIEGEL

Betreuer:

Dr. G. ZSCHORNACK

Dresden, 3. März 2016

Durchführungstag, 22. Januar 2016

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung und Grundlagen	2
1.1	Elektrisch geladene Teilchen in einem homogenen Magnetfeld	2
2	Versuchsdurchführung und Auswertung	2
2.1	Einstellen der Betriebsparameter	2
2.2	Aufnahme und Analyse eines Übersichtsspektrums	3
3	Auswertung	4
4	Diskussion und Zusammenfassung	4

1 Einführung und Grundlagen

1.1 Elektrisch geladene Teilchen in einem homogenen Magnetfeld

Um später die verschiedenen elektrisch geladenen Argonionen voneinander trennen zu können, ist im Niederenergiestrahlnkanal ein 90° -Dipol-Magnet verbaut, der ein homogenes Magnetfeld erzeugt und die Ionen auf eine Kreisbahn zwingt. Im Folgenden soll die Dynamik dieser Bewegung erörtert werden.

Betrachte dafür ein elektrisch geladenes Teilchen mit Ladung $Q = q \cdot e$ und Masse m . Es wurde vorher von einem elektrischen Feld mit einer Spannung U_B auf die Geschwindigkeit $\vec{v}(t=0) = v\vec{e}_x$ beschleunigt und befinde sich anschließend in einem homogenen Magnetfeld $\vec{B} = B\vec{e}_z$. In diesem erfährt es die *Lorentzkraft*:

$$\vec{F}_L(t) = Q \cdot \vec{v}(t) \times \vec{B} = QB(-v_x(t)\vec{e}_x + v_y(t)\vec{e}_y) = m \cdot \dot{\vec{v}}(t) \perp \vec{v}(t). \quad (1)$$

Die z-Komponente ändert sich dabei nicht, somit findet die Bewegung o.B.d.A. in der x-y-Ebene statt. Da die Kraft zusätzlich zu jedem Zeitpunkt t senkrecht zu der Geschwindigkeit ist, entsteht eine Bewegung auf einer Kreisbahn, deren Radius R durch das Kräftegleichgewicht zwischen Lorentzkraft (1) und der Zentrifugalkraft(2) bestimmt wird:

$$\vec{F}_Z = -\frac{m \cdot v^2}{R} \cdot \frac{\vec{F}_L}{|\vec{F}_L|} \stackrel{!}{=} -\vec{F}_L \quad (2)$$

$$\Rightarrow R = \frac{mv}{QB} = \sqrt{\frac{2U_B m}{QB^2}} \quad (3)$$

Wobei (3) aus der Ersetzung der Geschwindigkeit durch die Beschleunigungsspannung $U_B Q = mv^2/2$ erfolgte. Im Experiment ist der Radius $R = 461$ mm des Dipolmagneten vorgegeben, somit können durch Variation der Magnetflussdichte B Teilchen einer bestimmten spezifischen Ladung Q/m ausgefiltert werden. Dies wird später außerdem dazu genutzt, um Fremdionen im Übersichtsspektrum bei niedrigen Drücken identifizieren zu können, wobei die Zuordnung durch die Verhältnisbildung Masse zu Ladung nicht unbedingt eindeutig ist.

2 Versuchsdurchführung und Auswertung

2.1 Einstellen der Betriebsparameter

Um die folgenden Messungen unter möglichst günstigen Bedingungen durchführen zu können, wurden zunächst unter Anweisung des Betreuers die Betriebsparameter der Ionenfalle Überprüfung und gegebenenfalls optimiert:

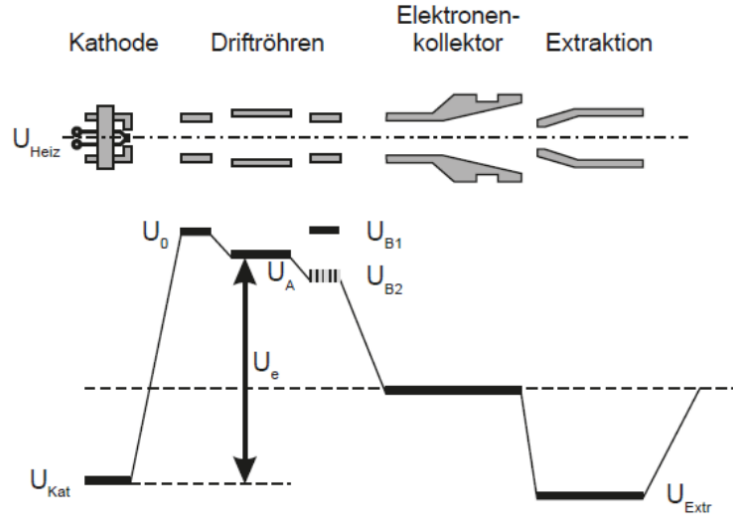


Abbildung 1: Elektrodenanordnung (oben) mit zugehörigem Potentialverlauf in der Ionenfalle.[01]

- linke Potentialwand $U_0 = 11,857 \text{ kV}$
- Potentialtopf ($\hat{=}$ Beschleunigungsspannung) $U_A = 11,707 \text{ kV} = U_B$
- rechte Potentialwand $U_{B1} = 12,007 \text{ kV}$
- Extraktionszeit $t_{ext} = 20 \text{ ms}$

Da die Abhängigkeit der Argonionisationen von Arbeitsdruck und Ionisationszeit innerhalb des Strahlrohrs untersucht werden soll, werden diese in den folgenden Abschnitten genauer spezifiziert. Abbildung 1 skizziert nochmals die Potentialverhältnisse entlang der Strahlachse.

2.2 Aufnahme und Analyse eines Übersichtsspektrums

Um die einzelnen Ionisationszustände des Argons sauber voneinander trennen zu können, ist es notwendig zu wissen, wie man den Strom des 90° -Dipol-Magneten wählen muss. Im Experiment sollen die Ionen Ar^{8+} bis Ar^{18+} untersucht werden. Mit Hilfe von Formel (3) wird das Magnetfeld abgeschätzt, um die gewünschten Ionen auszufiltern. Es ergibt sich ein Messintervall von $B = 50,4 \dots 75,6 \text{ mT}$, wobei die untere Grenze den höchsten Ionisationszustand Ar^{18+} und die untere Grenze den niedrigsten Zustand Ar^{8+} herausfiltert. Die Einstellung dieser Magnetflussdichten erfolgt über die Variation des Spulenstroms von $17,3 \text{ A}$ bis $27,2 \text{ A}$. Bei der ersten Messung wurde die Ionisationszeit mit $t_{ion} = 380 \text{ ms}$ zu hoch gewählt, um damit niedrigere Ladungszustände als Ar^{13} zu erzeugen. Dies hat sich allerdings erst im zweiten Versuchsteil herausgestellt. Der Vollständigkeit halber zeigt Abbildung

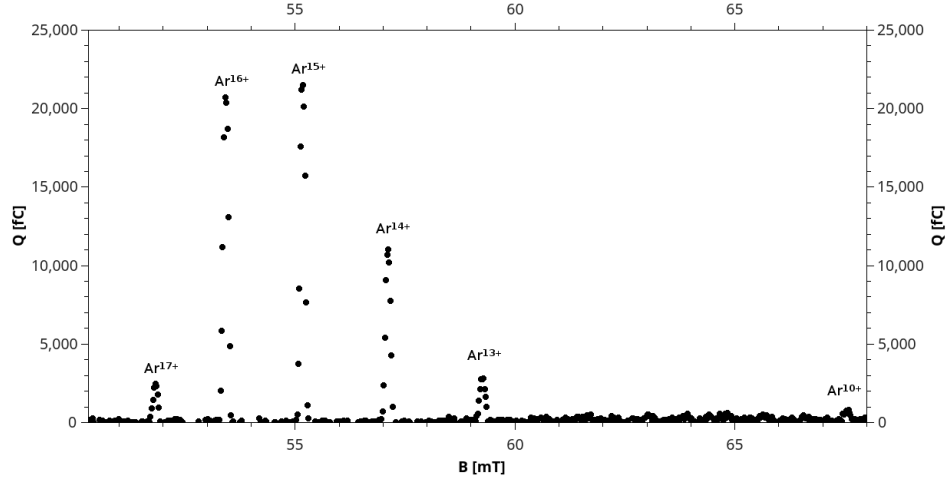


Abbildung 2: Übersichtsspektrum bei $p = 7 \cdot 10^{-9}$ mbar und $t_{ion} = 380$ ms. Die Peaks niedriger Ladungszustände verschwinden aufgrund der zu hohen Ionisationszeit.

2 das dabei entstandene Übersichtsspektrum bei einem Arbeitsdruck von $p = 7 \cdot 10^{-9}$ mbar. Die Ladung Q wurde dabei über 5 Zyklen integriert.

Die Messung wurde mit einer niedrigeren Ionisationszeit $t_{ion} = 80$ ms und einem erhöhten Arbeitsdruck $p = 2 \cdot 10^{-8}$ mbar wiederholt. Diese Wahl maximiert die Häufigkeit von mittleren Ionisationszuständen um Ar^{12} und ermöglicht die Messung aller möglicher Peaks. Zugleich soll diese Einstellung den Einfluss des Drucks untersuchen. Abbildung 3 zeigt das zugehörige Übersichtsspektrum, bei dem ebenfalls über 5 Zyklen integriert wurde.

3 Auswertung

4 Diskussion und Zusammenfassung

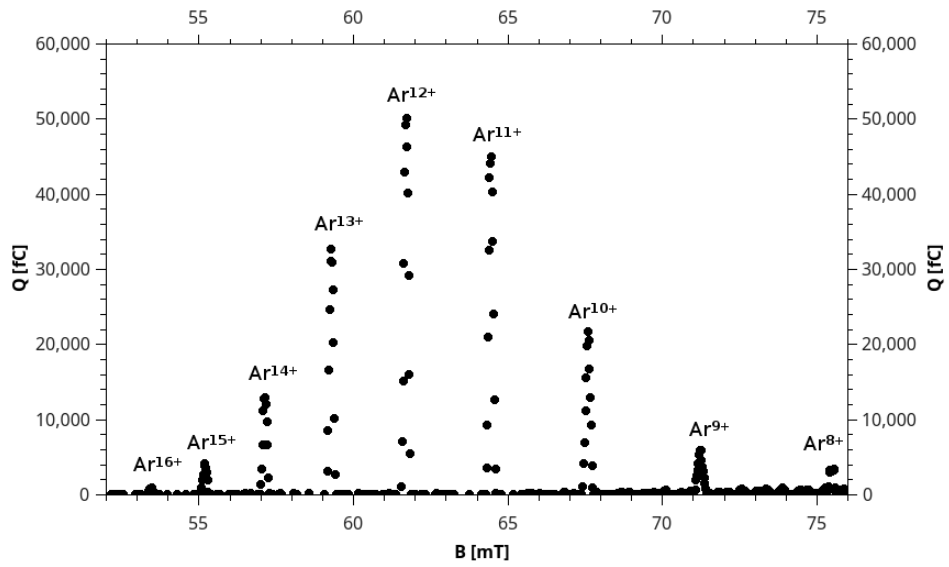


Abbildung 3: Übersichtsspektrum bei mittlerem Arbeitsdruck $p = 2 \cdot 10^{-8}$ mbar und $t_{ion} = 80$ ms. Alle gewünschten Peaks sind erkennbar, da nun mittlere Ladungszustände am häufigsten auftreten

Literatur

- [01] Dr. Günter Zschornack. *Elektronenstrahlquelle EBIS-A*. Großröhrsdorf,
zuletzt geöffnet: 03.03.2016