

6 Messung der spezifischen Ladung

Das Verhältnis zwischen Ladung und Masse stellt eine wichtige Meßgröße in unseren Experimenten dar. Damit die Quadrupolfalle ein geladenes Teilchen speichert, müssen die Spannungen an den Fallenelektroden auf die spezifische Ladung des Partikels abgestimmt sein. Eine kontinuierliche Messung dieser Größe und eine computergesteuerte Regelung ermöglichen die Speicherung auch bei einer Änderung der spezifischen Ladung. Bei dem Verdampfen bleibt die Ladung des gespeicherten Partikels erhalten, da für Ionen die Austrittsarbeit an der Oberfläche viel größer ist als für neutrale Moleküle. Daher können mit der Messung der spezifischen Ladung Gewichtsänderungen durch Verdampfung oder Kondensation ermittelt werden. Ist die Dichte der Flüssigkeit in dem gespeicherten Tropfen bekannt, kann mit der Bestimmung der Größe durch die Lichtstreuung (siehe Kap. 7.5) die Masse ermittelt werden. Dann läßt sich aus der spezifischen Ladung die Ladungsmenge auf dem Tropfen bestimmen. Diese Auswertung der Messungen wurde vorgenommen, um die Ladungs- und Masseverluste bei den Coulombexplosionen (siehe Kap. 8.6) zu ermitteln. Wie die spezifische Ladung gemessen wird, zeigt das folgende Kapitel.

6.1 Automatische Höhenkontrolle

Durch die Gewichtskraft wird der Tropfen etwas aus der zentralen Position der Quadrupolfalle nach unten gezogen. Dort kann die Falle den Tropfen nicht stabil speichern, er führt leichte Schwingungen aus. Die Gewichtskraft kann durch eine elektrische Kraft kompensiert werden. Dafür wird eine Gleichspannung zwischen Boden- und Deckelektrode angelegt. Die Spannung, die notwendig ist, um den Tropfen im Fallenzentrum zu halten, hängt von seiner spezifischen Ladung ab. Daher kann aus dieser Spannung die spezifische Ladung des Tropfens hergeleitet werden, wenn der elektrische Feldverlauf in der Quadrupolfalle bekannt ist²⁰. Die Höhenregelung regelt die Spannung an Boden- und Deckelektrode so, daß das Teilchen zu jeder Zeit im Zentrum der Falle befindet²¹. Ihre Funktionsweise zeigt die folgende Abbildung:

²⁰ Philip et al. (1983)

²¹ Vergl. auch Richardson (1990), Baum et al. (1993).

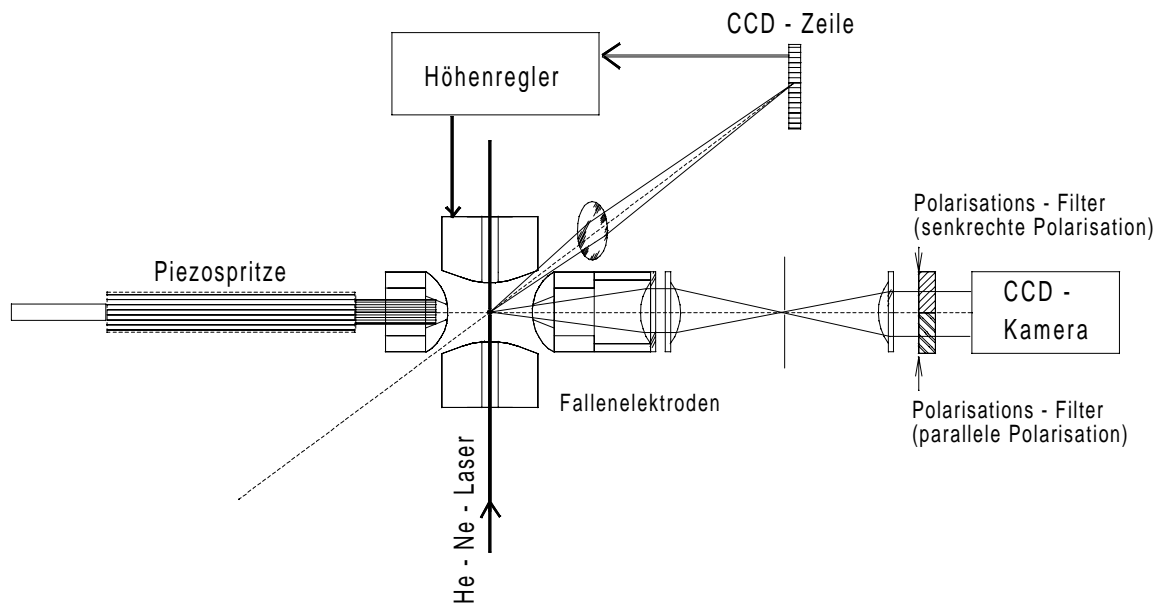


Abbildung 16: Funktionsweise der automatischen Höhenregelung.

Eine Linse bildet das Streulicht des Tropfens mit einem Abbildungsmaßstab von 1:10 auf eine CCD- Zeile ab, die vertikal angeordnet ist. Eine von dem Elektroniklabor des Fachbereichs Physik entwickelte Elektronik mißt den Ort der Abbildung auf der Zeile. Bei einer kontinuierlichen Veränderung der Größe des Tropfens treten Resonanzen im Streulicht auf. Dabei erhöht sich die abgestrahlte Intensität sehr stark. Die Höhenmessung wurde so ausgelegt, daß sie unempfindlich gegenüber den Intensitätsschwankungen des Streulichtes ist. Eine Regelelektronik verändert die Spannungen an den Boden- und Deckelektroden so lange, bis sich der Tropfen an einem vorgegebenen Ort befindet. Die Spannungen an den zwei Elektroden haben die gleiche Höhe, jedoch eine entgegengesetzte Polarität. Um die zentrale Position in der Falle zu finden, wird kurzzeitig die Wechselspannung abgeschaltet. Bewegt sich der Tropfen dabei nicht, ist das Zentrum der Falle gefunden, da dort die Kräfte auf das Teilchen sehr gering sind. Die an den Elektroden anliegende Spannungen werden mit einem Voltmeter gemessen und aufgezeichnet. Die angelegte Spannung ist proportional zu der reziproken spezifischen Ladung, dem Verhältnis der Masse des Tropfens zu seiner Ladung. Sie wird in den Computer eingelesen und protokolliert²². Gleichzeitig regelt der Computer die Frequenz der Wechselspannung an der Mittelelektrode der Falle, damit der Tropfen auch während des Verdampfens im Stabilitätsbereich der Falle verbleibt. Aus dem Durchmesser, der Dichte der Flüssigkeit und der Gleichspannung

²² Die Programme zur Experimentsteuerung sind in der Programmiersprache von *Labview*, *National Instruments* geschrieben.

U zwischen Boden und Deckelektrode ergibt sich die Gesamtladung Q des Tropfens. Es gilt:

$$Q = \frac{4 / 3\pi \cdot r^3 \cdot \rho \cdot g \cdot d}{0,789 \cdot U} \quad \text{Gl. 6.29}$$

Dabei ist $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ die Gravitationsbeschleunigung und d der Abstand zwischen Boden- und Deckelektrode ($d = 7.07 \text{ mm}$). Der Faktor 0,789 ergibt sich als Korrekturfaktor für die Kraft auf eine Ladung in einer Quadrupolfalle, die von der Boden- und Deckelektrode erzeugt wird, gegenüber der Kraft in einem Plattenkondensator. Der Wert wurde durch eine Simulation des elektrischen Feldes der Ionenfalle mit dem Programm *Simion*²³ berechnet. Er ist in guter Übereinstimmung mit experimentell ermittelten Werten²⁴.

²³ D.A.Dahl und J.E.Delmore, in "SIMION PC/PS2", Idaho National Engineering Company, Idaho Falls (1988)

²⁴ Taflin et al. (1989)