

# Inhaltsverzeichnis

|          |                                                     |           |
|----------|-----------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Einleitung</b>                                   | <b>1</b>  |
| 1.1      | Aufladen makroskopischer Körper . . . . .           | 1         |
| 1.2      | Übergang zu Nanostrukturen . . . . .                | 1         |
| 1.3      | Mehrfach negativ geladene Moleküle . . . . .        | 2         |
| 1.4      | Ziel dieser Arbeit . . . . .                        | 4         |
| <b>2</b> | <b>Theoretische Grundlagen</b>                      | <b>5</b>  |
| 2.1      | Metallcluster . . . . .                             | 5         |
| 2.1.1    | Tröpfchenmodell . . . . .                           | 5         |
| 2.1.2    | Jellium-Modell . . . . .                            | 7         |
| 2.1.3    | Geometrische Schalen . . . . .                      | 12        |
| 2.1.4    | Fragmentation als statistischer Prozeß . . . . .    | 13        |
| 2.2      | Mehrfach negativ geladene Metallcluster . . . . .   | 17        |
| 2.2.1    | Beschreibung im Tröpfchenmodell . . . . .           | 17        |
| 2.2.2    | Einfluß der Coulombbarriere . . . . .               | 21        |
| 2.2.3    | Stoßwirkungsquerschnitt . . . . .                   | 24        |
| 2.2.4    | Elektronenemission . . . . .                        | 27        |
| 2.3      | Die Penningfalle . . . . .                          | 30        |
| 2.3.1    | Ionenbewegung in der idealen Penningfalle . . . . . | 30        |
| 2.3.2    | Instabilitäten der Ionenbewegung . . . . .          | 33        |
| 2.3.3    | Einfluß einer Raumladung . . . . .                  | 35        |
| 2.3.4    | Dipol- und Quadrupolanregung . . . . .              | 36        |
| <b>3</b> | <b>Experimenteller Aufbau</b>                       | <b>39</b> |
| 3.1      | Experimenteller Aufbau im Überblick . . . . .       | 39        |
| 3.2      | Clusterquelle und Transfer . . . . .                | 40        |
| 3.3      | Clustereinfang und Penningfalle . . . . .           | 40        |
| 3.3.1    | Dipol- und Quadrupolanregung . . . . .              | 41        |
| 3.3.2    | Akkumulation . . . . .                              | 42        |
| 3.3.3    | Selektion . . . . .                                 | 42        |
| 3.4      | Elektronenkanone . . . . .                          | 42        |
| 3.5      | Gaseinlaßsystem . . . . .                           | 43        |
| 3.6      | Lasersystem . . . . .                               | 43        |
| 3.7      | Ionennachweis . . . . .                             | 44        |
| 3.8      | Datenaufnahme und Experimentsteuerung . . . . .     | 45        |

|          |                                                             |            |
|----------|-------------------------------------------------------------|------------|
| <b>4</b> | <b>Produktion von Dianionen</b>                             | <b>47</b>  |
| 4.1      | Präparation der Clustermonoanionen . . . . .                | 47         |
| 4.1.1    | Akkumulation der Monoanionen . . . . .                      | 48         |
| 4.1.2    | Größenselektion . . . . .                                   | 52         |
| 4.2      | Elektronenanlagerung in der Penningfalle . . . . .          | 55         |
| 4.3      | Abhängigkeit von experimentellen Parametern . . . . .       | 57         |
| 4.3.1    | Einfluß der Monoanionen . . . . .                           | 58         |
| 4.3.2    | Erzeugung des Elektronenbads . . . . .                      | 61         |
| 4.3.3    | Zeitlicher Verlauf der Anlagerung . . . . .                 | 64         |
| 4.3.4    | Einfluß des Speicherpotentials . . . . .                    | 69         |
| 4.4      | Anwendung der Methode bei einem FT-ICR-Experiment . . . . . | 75         |
| <b>5</b> | <b>Mehrfach negativ geladene Edelmetallcluster</b>          | <b>79</b>  |
| 5.1      | Metallclusterdianionen . . . . .                            | 79         |
| 5.1.1    | Goldclusterdianionen . . . . .                              | 81         |
| 5.1.2    | Silber- und Kupferclusterdianionen . . . . .                | 82         |
| 5.2      | Dreifach negativ geladene Metallcluster . . . . .           | 84         |
| 5.2.1    | Goldclustertrianionen . . . . .                             | 85         |
| 5.2.2    | Silber- und Kupferclustertrianionen . . . . .               | 86         |
| 5.3      | Vergleich mit dem Tröpfchenmodell . . . . .                 | 87         |
| <b>6</b> | <b>Stoßinduzierte Elektronenemission</b>                    | <b>95</b>  |
| 6.1      | Stoßaktivierung von Metallclusterdianionen . . . . .        | 95         |
| 6.1.1    | Methode . . . . .                                           | 95         |
| 6.1.2    | Messungen an Goldclusterdianionen . . . . .                 | 96         |
| 6.1.3    | Messungen an Silber- und Kupferclusterdianionen . . . . .   | 98         |
| 6.2      | Einfluß der Ladungsänderung auf die Ionenbewegung . . . . . | 100        |
| 6.3      | Bestimmung der Elektronenablöseenergie . . . . .            | 104        |
| <b>7</b> | <b>Photoanregung</b>                                        | <b>113</b> |
| 7.1      | Experimenteller Ablauf . . . . .                            | 113        |
| 7.2      | Photoabsorption . . . . .                                   | 114        |
| 7.3      | Zeitaufgelöste Photoanregung . . . . .                      | 116        |
| 7.4      | Zerfallswegentartung bei Dianionen . . . . .                | 123        |
| 7.4.1    | Monomerevaporation . . . . .                                | 123        |
| 7.4.2    | Spaltung . . . . .                                          | 127        |
| 7.4.3    | Anzahl absorbierten Photonen . . . . .                      | 130        |
| 7.5      | Ionenverlust nach Photoanregung von Dianionen . . . . .     | 134        |
| 7.5.1    | Messungen an Dianionen . . . . .                            | 134        |
| 7.5.2    | Vergleich zur Photoanregung von Monoanionen . . . . .       | 140        |
| 7.5.3    | Doppelte Elektronenabgabe . . . . .                         | 144        |
| 7.6      | Photoanregung mit dem cw-Laser . . . . .                    | 145        |
| 7.6.1    | Messungen an Dianionen . . . . .                            | 145        |
| 7.6.2    | Vergleich zu Monoanionen . . . . .                          | 150        |
| 7.6.3    | Doppelte Elektronenabgabe . . . . .                         | 151        |

**8 Zusammenfassung und Ausblick** **153**

8.1 Zusammenfassung . . . . . 153

8.2 Ausblick . . . . . 155

**A Einzelteilchen-Nachweis negativ geladener Ionen** **157**

A.1 Signale einzelner Ionen . . . . . 157

A.1.1 Einzelsignale . . . . . 157

A.1.2 Doppel- und Mehrfachsignale . . . . . 158

A.2 Sättigung des Detektors . . . . . 162

A.2.1 Totzeiteffekte . . . . . 162

A.2.2 Korrekturmethode . . . . . 162

A.2.3 Bestimmung der Unsicherheit . . . . . 164

A.2.4 Simulation der Korrektur . . . . . 166

**B Materialeigenschaften** **169**

**C Frequenzabhängigkeit des Anregungsverstärkers** **171**

**D Identifikation von Dianionen bei FT-ICR Messungen** **173**

D.1 FT-ICR Nachweis . . . . . 173

D.2 Identifikation des Dianionsignals . . . . . 173

**E Transfer der Elektronen in die Penningfalle** **177**

**F Drift der Minima bei Dianionenproduktion** **181**