

# Inhaltsverzeichnis

|   |            |
|---|------------|
| <b>Kurzfassung</b>  | <b>iii</b> |
| <b>Abstract</b>   | <b>v</b>   |
| <b>1 Überblick</b>  | <b>1</b>   |
| <b>2 Grundlagen der Rasterkraftmikroskopie</b>                    | <b>5</b>   |
| 2.1 Kräfte in der Rasterkraftmikroskopie                          | 6          |
| 2.2 Frequenzmodulierte Rasterkraftmikroskopie                     | 9          |
| 2.2.1 Zusammenhang von Frequenzverschiebung und wirkenden Kräften | 10         |
| 2.2.2 Dissipation   | 13         |
| <b>3 Konzept des Gesamtsystems</b>                                | <b>15</b>  |
| 3.1 Laborraum   | 15         |
| 3.2 Schwingungsdämpfung und Tischgestell                          | 17         |
| 3.3 Das UHV-System  | 20         |
| 3.3.1 Schleuse  | 21         |
| 3.3.2 Präparationskammer  | 22         |
| 3.3.3 Analysechamber  | 24         |
| 3.3.4 Kryostatkammer  | 24         |
| 3.3.5 Transfer und Pumpenausstattung                              | 26         |
| <b>4 <math>^3\text{He}</math>-Verdampfungskryostat</b>            | <b>27</b>  |
| 4.1 Erzeugung tiefer Temperaturen                                 | 28         |
| 4.1.1 $^4\text{He}$ -Badkryostat                                  | 28         |
| 4.1.2 Joule-Thomson-Prozess                                       | 28         |
| 4.1.3 Verdampfungskryostat  | 29         |
| 4.1.4 $^3\text{He}$ - $^4\text{He}$ -Mischungskryostat            | 31         |
| 4.2 Aufbau und Bedienung  | 32         |
| 4.2.1 Ausheizen des UHV-Bereichs                                  | 34         |
| 4.2.2 Einkühlen und Aufwärmen                                     | 36         |
| 4.2.3 Erzeugung von Temperaturen um 300 mK mit dem UHV-Einsatz    | 38         |
| 4.3 Modifikationen  | 41         |
| <b>5 Das Mikroskop</b>  | <b>45</b>  |
| 5.1 Mikroskopkörper   | 45         |
| 5.2 Thermische Ankopplung   | 56         |
| 5.3 Verkabelung   | 58         |
| 5.3.1 Übersprechen von Signalen zwischen Kabeln                   | 59         |

|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| 5.3.2     | Thermische Ankopplung der Kabel . . . . .                        | 60         |
| 5.4       | Haltbarkeit von Klebungen . . . . .                              | 64         |
| 5.5       | Interferometrische Detektion . . . . .                           | 67         |
| 5.6       | Abgrenzung zu anderen Systemen . . . . .                         | 70         |
| 5.6.1     | Quarzstimmgabel und Siliziumfederbalken . . . . .                | 70         |
| 5.6.2     | Messapparaturen bei tiefen Temperaturen . . . . .                | 72         |
| 5.6.3     | Unterschied zu MRFM . . . . .                                    | 72         |
| <b>6</b>  | <b>Eigenschaften des Systems</b>                                 | <b>75</b>  |
| 6.1       | Spezifikationen Kryostat . . . . .                               | 75         |
| 6.2       | Basistemperatur und Standzeiten . . . . .                        | 76         |
| 6.3       | Bestimmung der $^3\text{He}$ -Menge . . . . .                    | 80         |
| 6.4       | Wärmeeintrag in das Mikroskop . . . . .                          | 83         |
| 6.5       | Störschwingung und Bestimmung von Eigenfrequenzen . . . . .      | 85         |
| 6.5.1     | Kapillare zum 1 K-Topf . . . . .                                 | 86         |
| 6.5.2     | UHV-Einsatz . . . . .  | 87         |
| 6.5.3     | $^4\text{He}$ -Gassäule . . . . .                                | 88         |
| 6.5.4     | $^3\text{He}$ -Balg . . . . .                                    | 88         |
| 6.5.5     | 1 K-Schild . . . . .   | 90         |
| 6.5.6     | Doppelwand zum Ausheizen . . . . .                               | 91         |
| 6.5.7     | Diskussion . . . . .   | 91         |
| <b>7</b>  | <b>Testmessungen mit dem Mikroskop</b>                           | <b>95</b>  |
| 7.1       | $\text{NaCl}(001)$ . . . . .                                     | 95         |
| 7.2       | Co-Einzelatome auf $\text{Mn}/\text{W}(110)$ . . . . .           | 100        |
| <b>8</b>  | <b>Co-Salen auf <math>\text{Fe}/\text{W}(001)</math> bei 8 K</b> | <b>105</b> |
| 8.1       | Das Probensystem . . . . .                                       | 105        |
| 8.2       | Einzelmoleküle Co-Salen auf $\text{Fe}/\text{W}(001)$ . . . . .  | 107        |
| <b>9</b>  | <b>Kraft-Distanz-Kurven zur Spitzenkonstruktion</b>              | <b>113</b> |
| 9.1       | Theorie des Kontakts zwischen Körpern . . . . .                  | 116        |
| 9.2       | Einfluss des Anpressdrucks . . . . .                             | 120        |
| 9.3       | Besonderheiten in Kraft-Distanz-Kurven . . . . .                 | 123        |
| 9.4       | Anwendung von Spannungspulsen . . . . .                          | 130        |
| 9.5       | Qualität der erzeugten Spitzen . . . . .                         | 132        |
| <b>10</b> | <b>Zusammenfassung und Ausblick</b>                              | <b>137</b> |
|           | <b>Literaturverzeichnis</b>                                      | <b>141</b> |
|           | <b>Veröffentlichung</b>  | <b>155</b> |
|           | <b>Konferenzbeiträge</b>   | <b>157</b> |
|           | <b>Danksagung</b>  | <b>159</b> |