

Dipl.-Ing. Thomas Kaiser, Düsseldorf

# **Optische Untersuchung von Oberflächeneffekten an Mikropartikeln**

Reihe **3**: Verfahrenstechnik

Nr. **452**

# Inhaltsverzeichnis

|   |             |
|---|-------------|
| <b>Vorwort</b>  | <b>III</b>  |
| <b>Liste der verwendeten Formelzeichen</b>                          | <b>VIII</b> |
| <b>1 Einleitung</b>   | <b>1</b>    |
| <b>2 Elastische Lichtstreuung</b>                                   | <b>4</b>    |
| 2.1 Maxwellsche Gleichungen . . . . .                               | 5           |
| 2.2 Elastische Lichtstreuung: Lorenz-Mie-Theorie . . . . .          | 8           |
| 2.2.1 Lösung der Wellengleichung in Polarkoordinaten . . . . .      | 10          |
| 2.2.2 Streuung und Absorption an homogenen Kugeln . . . . .         | 14          |
| 2.2.3 Streuung und Absorption an geschichteten Kugeln . . . . .     | 17          |
| 2.2.4 Streuquerschnitte . . . . .                                   | 21          |
| <b>3 Numerische Methoden</b>  | <b>28</b>   |
| 3.1 Mie-Koeffizienten einer homogenen Kugel . . . . .               | 29          |
| 3.2 Berechnungen an einer geschichteten Kugel . . . . .             | 31          |
| 3.3 Berechnung der sphärischen Besselfunktionen . . . . .           | 35          |
| 3.4 Streuwinkelabhängige Kugelfunktionen . . . . .                  | 39          |
| <b>4 Strukturresonanzen</b>   | <b>40</b>   |
| 4.1 Grundlagen und Begriffe . . . . .                               | 42          |
| 4.1.1 Winkelgemittelte elektrische Energiedichte . . . . .          | 50          |
| 4.1.2 Gütefaktor eines sphärischen Resonators . . . . .             | 52          |
| 4.1.3 Näherungsformeln zur Resonanzcharakterisierung . . . . .      | 54          |
| 4.2 Strukturresonanzen in geschichteten Kugeln . . . . .            | 57          |
| 4.2.1 Berechnung der mittleren elektrischen Energiedichte . . . . . | 58          |

|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| 4.2.2     | Resonanzpositionen . . . . .                             | 61         |
| 4.2.3     | TE- und TM-Moden in geschichteten Kugeln . . . . .       | 71         |
| <b>5</b>  | <b>Inelastische Lichtstreuung</b>                        | <b>76</b>  |
| 5.1       | Einführung in die Ramanspektroskopie . . . . .           | 77         |
| 5.2       | Ramanstreuung an Mikropartikeln . . . . .                | 85         |
| <b>6</b>  | <b>Strahlungsdruck und optische Levitation</b>           | <b>90</b>  |
| 6.1       | Kräfte durch elektromagnetische Strahlung . . . . .      | 91         |
| 6.2       | Optische Levitation . . . . .                            | 93         |
| <b>7</b>  | <b>Verdunstung von Aerosolpartikeln</b>                  | <b>100</b> |
| 7.1       | Verdunstung homogener Partikel . . . . .                 | 101        |
| 7.2       | Verdunstung geschichteter Partikel . . . . .             | 102        |
| <b>8</b>  | <b>Beschreibung des Experiments</b>                      | <b>106</b> |
| 8.1       | Der experimentelle Aufbau . . . . .                      | 107        |
| 8.1.1     | Optomechanischer Aufbau . . . . .                        | 107        |
| 8.1.2     | Aerosolerzeugung und Einfangen eines Partikels . . . . . | 110        |
| 8.1.3     | Meßdatenerfassung . . . . .                              | 112        |
| 8.2       | Durchführung der Messungen . . . . .                     | 114        |
| 8.2.1     | Messung des elastischen Streulichts . . . . .            | 114        |
| 8.2.2     | Messung der Ramanstreuung . . . . .                      | 118        |
| <b>9</b>  | <b>Messungen an inhomogenen Partikeln</b>                | <b>120</b> |
| 9.1       | Experimente an geschichteten Partikeln . . . . .         | 121        |
| 9.1.1     | Ramanspektroskopie an geschichteten Partikeln . . . . .  | 122        |
| 9.1.2     | Verdunstungsverhalten geschichteter Partikel . . . . .   | 127        |
| 9.2       | Adsorption dielektrischer Nanopartikel . . . . .         | 141        |
| <b>10</b> | <b>Zusammenfassung und Ausblick</b>                      | <b>152</b> |
| <b>A</b>  | <b>Anhang zur Elektrodynamik</b>                         | <b>155</b> |
| A.1       | Beziehungen aus der Vektoranalysis . . . . .             | 155        |
| A.2       | Fundamentalkonstanten . . . . .                          | 156        |
| <b>B</b>  | <b>Besselfunktionen</b>                                  | <b>157</b> |

|  |            |
|--|------------|
| <b>C Experimentelle Parameter</b>                        | <b>159</b> |
| C.1 Wichtige Kenngrößen der verwendeten Geräte . . . . . | 159        |
| C.2 Ramanspektren der verwendeten Substanzen . . . . .   | 160        |
| C.3 Brechungsindizes von DOP und Glyzerin . . . . .      | 165        |
| <b>Literaturverzeichnis</b>                              | <b>168</b> |