

Inhaltsverzeichnis

| | |
|----------------------------------------------------------------------------|------------|
| Abkürzungsverzeichnis | IX |
| Abbildungsverzeichnis | X |
| Tabellenverzeichnis | XIV |
| | |
| I. Einleitung | 1 |
| 1. Motivation | 2 |
| 2. Zielstellung | 3 |
| 3. Kenntnisstand | 6 |
| 3.1. Sensitive Hydrogele | 6 |
| 3.1.1. Allgemeine Grundlagen | 6 |
| 3.1.2. Beispiele für die Anwendung von Hydrogelen | 15 |
| 3.2. Nanopartikel als Füllstoffe für sensitive Hydrogele | 17 |
| 3.2.1. Allgemeine Grundlagen | 17 |
| 3.2.2. Gefüllte thermosensitive Hydrogele - Polymernanokomposite | 19 |
| | |
| II. Theoretische Grundlagen | 24 |
| | |
| 4. Verwendete Materialien | 25 |
| 4.1. Polymere | 25 |
| 4.1.1. Hydroxypropylcellulose | 25 |
| 4.1.2. Poly(4-vinylpyridin) | 26 |
| 4.1.3. Poly(N-Isopropylacrylamid) | 27 |
| 4.1.4. Poly(vinylalkohol) | 28 |
| 4.1.5. Poly(acrylsäure) | 28 |
| 4.1.6. Poly(vinylalkohol)/Poly(acrylsäure)-Blend | 29 |
| 4.2. Füllstoffe | 30 |
| 4.2.1. Magnetit | 30 |
| 4.2.2. Chromdioxid | 31 |
| 4.2.3. Neodym-Eisen-Bor | 32 |

| | | |
|-------------|----------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.2.4. | Bariumtitanat | 33 |
| 4.2.5. | Goldnanopartikel | 35 |
| 5. | Vernetzung sensitiver Polymere | 38 |
| 5.1. | Chemische Vernetzung | 38 |
| 5.1.1. | Hydroxypropylcellulose | 38 |
| 5.1.2. | Poly(N-Isopropylacrylamid) | 39 |
| 5.1.3. | Poly(vinylalkohol)/Poly(acrylsäure) | 41 |
| 5.2. | Photochemische Vernetzung - Poly(N-Isopropylacrylamid) | 41 |
| 5.3. | Strahlenchemische Vernetzung | 42 |
| 5.3.1. | Allgemeine Grundlagen | 43 |
| 5.3.2. | Elektronenstrahlvernetzung zur Erzeugung flächiger Hydrogele | 46 |
| 5.3.3. | Strahlenchemische Erzeugung von Hydrogelstrukturen im nm-Bereich | 47 |
| 6. | Sensorik | 49 |
| 6.1. | Allgemeine Grundlagen | 49 |
| 6.2. | Hydrogelbasierte Sensoren | 50 |
| 6.3. | Messprinzip eines Magnetfeldsensors | 53 |
| 6.3.1. | Physikalische Grundlagen | 53 |
| 6.3.2. | Hall-Effekt | 54 |
| 6.3.3. | Giant Magnetoresistance-Effekt | 56 |
| 6.4. | Demonstratorentwurf | 58 |
| 6.4.1. | Hall-Sensoren | 58 |
| 6.4.2. | GMR-Sensoren | 59 |
| III. | Experimentelle Grundlagen | 61 |
| 7. | Darstellung der magnetischen Nanopartikel | 62 |
| 7.1. | Synthese der anorganischen Nanopartikel | 62 |
| 7.1.1. | Magnetit | 62 |
| 7.1.2. | Goldnanopartikel | 62 |
| 7.2. | Gekaufte anorganische Nanopartikel | 63 |
| 8. | Darstellung der sensorischen Schichten | 65 |
| 8.1. | Zylinder | 66 |
| 8.1.1. | Hydroxypropylcellulose | 66 |
| 8.1.2. | Poly(N-Isopropylacrylamid) | 67 |
| 8.2. | Sphärische Hydrogele - Poly(N-Isopropylacrylamid) | 67 |
| 8.3. | Freitragende Filme | 68 |
| 8.3.1. | Hydroxypropylcellulose | 69 |
| 8.3.2. | Poly(N-Isopropylacrylamid) | 69 |
| 8.3.3. | Poly(vinylalkohol)/ Poly(acrylsäure) | 70 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------|-----------|
| 8.4. Angebundene Schichten | 71 |
| 8.4.1. Spray Coating | 71 |
| 8.4.2. Spin Coating | 72 |
| 8.5. Angebundene Strukturen | 74 |
| 9. Darstellung der elektronischen Schicht | 78 |
| 9.1. Hall-Kreuz | 78 |
| 9.2. GMR-Sensor | 79 |
| 10. Charakterisierung der chemischen Schicht | 81 |
| 10.1. Quantitative Analyseverfahren - Sol-Gel-Analyse | 81 |
| 10.2. Thermische Analyseverfahren | 81 |
| 10.2.1. Thermogravimetrische Analyse | 81 |
| 10.2.2. Differential Scanning Calorimetry | 83 |
| 10.3. Mikroskopische Analyseverfahren | 84 |
| 10.3.1. Optische Mikroskopie | 84 |
| 10.3.2. Atomic Force Microscopy | 84 |
| 10.4. Spektroskopische Analyseverfahren | 85 |
| 10.4.1. Reflektometrische Interferenzspektroskopie | 85 |
| 10.4.2. Ellipsometric | 86 |
| 11. Charakterisierung der elektronischen Schicht | 88 |
| 11.1. Hall-Kreuz | 88 |
| 11.2. GMR-Sensor | 88 |
| IV. Ergebnisse und Diskussion | 89 |
| 12. Voruntersuchungen magnetische Nanopartikel | 90 |
| 13. Voruntersuchungen sensorische Schicht | 92 |
| 13.1. Zylinder | 92 |
| 13.1.1. Hydroxypropylcellulose | 92 |
| 13.1.2. Poly(N-Isopropylacrylamid) | 102 |
| 13.2. Sphärische Hydrogele - Poly(N-Isopropylacrylamid) | 104 |
| 13.3. Freitragende Filme | 113 |
| 13.3.1. Hydroxypropylcellulose | 113 |
| 13.3.2. Poly(N-Isopropylacrylamid) | 118 |
| 13.3.3. Poly(vinylalkohol)/Poly(acrylsäure)-Blend | 121 |
| 13.4. Angebundene Schichten | 123 |
| 13.4.1. Bestrahlung trockener, freitragender Filme | 123 |
| 13.4.2. Bestrahlung angebundener Schichten | 124 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------|------------|
| 13.5. Angebundene Strukturen | 126 |
| 13.5.1. Strukturierung von Hydrogel-Monoschichten | 126 |
| 13.5.2. Strukturierung von Hydrogel-Multischichten | 128 |
| 13.5.3. Strukturierung von gefüllten Hydrogel-Monoschichten | 129 |
| 14. Voruntersuchungen elektronische Schicht | 130 |
| 14.1. Hall-Kreuz | 130 |
| 14.2. GMR-Struktur | 136 |
| 15. Aufbau und Test der Sensordemonstratoren | 140 |
| 15.1. Hall-Sensor | 140 |
| 15.1.1. Testen des Quellsensors ohne Hydrogelschicht | 140 |
| 15.1.2. Testen des Quellsensors mit Hydrogelschicht | 143 |
| 15.2. GMR-Sensor | 145 |
| 15.2.1. Testen des Quellsensors ohne Hydrogelschicht | 145 |
| 15.2.2. Testen des Quellsensors mit Hydrogelschicht | 146 |
| 16. Zusammenfassung und Ausblick | 148 |
| V. Anhang | 153 |
| A. Einleitung | 154 |
| A.1. Nanopartikel als Füllstoffe für sensitive Hydrogele | 154 |
| B. Theoretische Grundlagen | 155 |
| B.1. Verwendete Materialien - Goldnanopartikel | 155 |
| C. Experimentelle Grundlagen | 156 |
| C.1. Synthese anorganische Nanopartikel | 156 |
| C.2. Synthese sensorische Schicht | 157 |
| C.3. Synthese elektronische Schicht | 161 |
| D. Ergebnisse und Diskussion | 162 |
| D.1. Voruntersuchung | 162 |
| D.1.1. Sensorische Schicht | 162 |
| D.1.2. Elektronische Schicht | 165 |
| D.2. Aufbau und Test der Sensordemonstratoren | 166 |
| E. Danksagung | 167 |
| F. Erklärung | 168 |
| Literaturverzeichnis | 169 |