

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Einleitung | 1 |
| 2 | Polyurethane | 5 |
| 2.1 | Allgemeines | 5 |
| 2.2 | Isocyanate | 7 |
| 2.3 | Polyole | 8 |
| 2.4 | Katalysatoren | 9 |
| 2.4.1 | Nukleophile Aktivierung durch tertiäre Amine | 9 |
| 2.4.2 | Elektrophile Aktivierung durch organometallische Verbindungen | 11 |
| 2.5 | Ausgewählte Nebenreaktionen bei der Polyurethansynthese | 11 |
| 2.5.1 | Carbonsäureamide | 11 |
| 2.5.2 | Allophanate | 12 |
| 2.5.3 | Urea | 12 |
| 2.5.4 | Isocyanurat | 13 |
| 3 | Recycling von Polyurethanen | 15 |
| 3.1 | Werkstoffliche Verfahren | 15 |
| 3.2 | Thermische Verfahren | 15 |
| 3.3 | Rohstoffliche Verfahren | 16 |
| 3.3.1 | Glykolytischer Abbau polyurethanbasierter Polymere | 17 |
| 4 | Aerogele | 21 |
| 4.1 | Herstellung von Aerogelen | 21 |
| 4.1.1 | Gelbildung | 21 |
| 4.1.2 | Trocknungstechnik | 24 |
| 4.2 | Eigenschaften | 30 |
| 4.2.1 | Knudsen-Transport durch poröse Strukturen | 31 |
| 4.2.2 | Wärmeleitfähigkeit | 32 |
| 4.3 | Synthese polyurethanbasierter Aerogele | 34 |
| 5 | Experimentelles Vorgehen und Methoden | 37 |
| 5.1 | Synthese der Aerogele | 37 |
| 5.2 | Analytische Methoden | 39 |
| 5.2.1 | Chemische Charakterisierung | 39 |
| 5.2.2 | Strukturelle Charakterisierung | 41 |
| 5.2.3 | Thermische Charakterisierung | 44 |
| 5.2.4 | Mechanische Charakterisierung | 45 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 6 | Ergebnisse und Diskussion | 49 |
| 6.1 | Synthese polyurethanbasierter Gele | 49 |
| 6.1.1 | Gelbildung | 49 |
| 6.1.2 | Untersuchung des Gelpunkts | 54 |
| 6.1.3 | Schrumpfungsverhalten | 56 |
| 6.2 | Chemische Charakterisierung | 60 |
| 6.2.1 | FTIR-Analyse | 60 |
| 6.3 | Strukturelle Eigenschaften | 67 |
| 6.3.1 | Skelettale Dichte | 67 |
| 6.3.2 | Einhüllende Dichte | 69 |
| 6.3.3 | Porosität | 73 |
| 6.3.4 | Rasterelektronenmikroskopische Untersuchung | 74 |
| 6.3.5 | Spezifische innere Oberfläche | 81 |
| 6.3.6 | Mittlere Partikelgröße und mittlerer Porendurchmesser | 86 |
| 6.4 | Technische Eigenschaften | 90 |
| 6.4.1 | Wärmeleitfähigkeit | 90 |
| 6.4.2 | Kompressionsverhalten | 94 |
| 6.4.3 | Dynamischer Elastizitätsmodul | 103 |
| 7 | Anwendung der polyurethanbasierten Aerogele in der Vakuumdämmung | 109 |
| 7.1 | Grundlagen | 109 |
| 7.1.1 | Thermische Eigenschaften | 109 |
| 7.1.2 | Fließfähigkeit, Korngrößenverteilung und Packungsdichte | 111 |
| 7.1.3 | Kostenseitige Einordnung etablierter Kernmaterialien | 116 |
| 7.2 | Einschätzung zur Performance der entwickelten Aerogele | 118 |
| 7.3 | Herstellung partikulärer Aerogele | 121 |
| 7.4 | Fazit | 122 |
| 8 | Zusammenfassung und Ausblick | 123 |
| | Literatur | 125 |