

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----|
| Zusammenfassung | I |
| Summary | IV |
| Inhaltsverzeichnis | VII |
| 1. Einleitung und Zielsetzung..... | 1 |
| 2. Polymeranalytische Untersuchungsmethoden | 4 |
| 2.1 Viskosimetrie | 4 |
| 2.2 Bestimmung der Molmasse und der Molmassenverteilung..... | 7 |
| 2.2.1 Lichtstreuung | 9 |
| 2.2.2 Fraktionierung mittels Größenausschlusschromatographie (SEC) | 11 |
| 2.2.3 Absolute Bestimmung der Molmassenverteilung..... | 12 |
| 2.3 Rheologie | 13 |
| 2.3.1 Rheo-Mechanik | 14 |
| 2.3.1.1 Stationäres Scherfließen | 14 |
| 2.3.1.2 Dynamische Oszillationsexperimente | 17 |
| 2.3.2 Rheo-Optik | 22 |
| 2.3.2.1 Strömungsdoppelbrechung | 23 |
| 2.3.2.2 Strömungsdichroismus | 25 |
| 2.3.2.3 Orientierungswinkel von Makromolekülen im Scherfeld..... | 26 |
| 2.3.2.4 Aufbau und Messprinzip einer rheo-optischen Anlage mit photoelastischem Modulator (PEM) | 27 |
| 3. Gele und Fracgele | 30 |
| 3.1 Zusammensetzung von Fracgelen..... | 31 |
| 3.1.1 Guar | 32 |
| 3.1.2 Guarderivate | 33 |
| 3.1.3 Crosslinker für Fracgelen auf Guarbasis | 34 |
| 4. Polymeranalytische Charakterisierung | 37 |
| 4.1 Verbrennungsanalyse | 38 |
| 4.2 ^1H - und ^{13}C -NMR-spektroskopische Charakterisierung..... | 39 |
| 4.3 Viskosimetrie | 46 |
| 4.4 Bestimmung der Molmasse und Molmassenverteilung mittels SEC-MALS-dRI..... | 49 |
| 5. Synthese und Charakterisierung von Fracgelen auf Guarbasis | 52 |
| 5.1 Synthese und Untersuchung von Fracgelen mit Crosslinkern auf Boratbasis..... | 52 |

| | |
|---|-----|
| 5.2 Synthese und Untersuchung von Fracgelen mit Crosslinkern auf Zirkoniumbasis..... | 55 |
| 5.3 Untersuchung des Einflusses ausgewählter Produktionschemikalien auf die Eigenschaften und Netzwerkparameter des CMHPGxZr-Modellfracgelen | 60 |
| 5.3.1 Einfluss des KCl-Gehaltes (Quellungsinhibitor)..... | 60 |
| 5.3.2 Einfluss von Scale-Inhibitoren..... | 63 |
| 5.3.3 Einfluss von Ameisensäure | 67 |
| 6. Stabilität und Degradation von Fracfluiden und Fracgelen | 69 |
| 6.1 Charakterisierung und Degradation unvernetzter Fracfluide..... | 70 |
| 6.1.1 Temperatur- und Zeitabhängigkeit der Viskosität und des Fließverhaltens ausgewählter Fracfluide..... | 71 |
| 6.1.2 Temperatur- und Zeitabhängigkeit der Viskosität von CMHPG-1-Fracfluiden.... | 74 |
| 6.1.2.1 Temperaturabhängigkeit der Viskosität des CMHPG-1-Fracfluides | 75 |
| 6.1.2.2 Zeitabhängigkeit der Viskosität des CMHPG-1 Fracfluides..... | 77 |
| 6.2 Temperatur- und schergeschwindigkeitsabhängige rheo-optische Untersuchung von Fracfluiden..... | 81 |
| 6.2.1 Doppelbrechung und Dichroismus von Fracfluiden auf Guarbasis | 82 |
| 6.2.2 Einfluss der Temperatur auf Doppelbrechung und Dichroismus von Fracfluiden auf Guarbasis..... | 86 |
| 6.3 Stabilität und Degradation von CMHPG-Modellfracgelen | 88 |
| 6.3.1 Rheologische Verfolgung der Fracgeldegradation mittels SAOS..... | 91 |
| 6.3.1.1 Einfluss ausgewählter Produktionschemikalien auf die Fracgeldegradation... | 94 |
| 6.3.2 Charakterisierung löslicher Fracgeldegradationsprodukte mittels SEC-MALS-dRI | 97 |
| 6.3.3 NMR-Spektroskopische Charakterisierung der löslichen Fracgeldegradationsprodukte | 103 |
| 6.3.4 Quantifizierung unlöslicher Fracgeldegradationsprodukte | 106 |
| 6.3.5 Degradation des CMHPGxZr-Feldproduktes. | 110 |
| 7. Fazit und Ausblick | 112 |
| 8. Anhang | 115 |
| 8.1 Experimenteller Teil | 115 |
| 8.2 Sicherheitshinweise | 119 |
| 8.3 Abkürzungs- und Symbolverzeichnis | 119 |
| 8.4 Literatur | 123 |