

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 Fracgele auf Guarbasis	34
4. Polymeranalytische Charakterisierung	37
4.1 Verbrennungsanalyse	38
4.2 ¹ H- 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-Modellfracgeles	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