

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	I
Zusammenfassung	III
Abstract	V
Publikationsliste	VII
1 Einleitung	1
1.1 Die Bedeutung von Zement	1
1.2 Die Notwendigkeit der Verwendung und Weiterentwicklung bauchemischer Zusatzmittel	2
2 Zielsetzung	5
3 Theoretischer Hintergrund	7
3.1 Funktionsweise zementärer Bindemittel und Wirkung von Fließmitteln	7
3.1.1 Zementhydratation	7
3.1.2 Verbesserung der Viskosität mit Fließmitteln	10
3.1.3 Einschränkungen der Fließmittelwirksamkeit	14
3.2 Anionische Kammpolymere als Fließmittel für Zement	17
3.2.1 Polycarboxylate mit ester- oder etherverknüpften Seitenketten aus Polyethylenglycol	18
3.2.2 Polycarboxylate mit amid- oder imidverknüpften Seitenketten	20
3.2.3 Polycarboxylate mit Seitengruppen aus β -Cyclodextrin	21
3.2.4 Polycarboxylate mit hydrolysierenden Funktionalitäten	22
3.2.5 Phosphonat-basierte Fließmittel und small molecules	23
3.2.6 Organosilanol-basierte Kammpolymere	25
3.2.7 Zwitterionische Kammpolymere	26
3.2.8 Verzweigte Polymere	27
3.3 Synthese von phosphathaltigen Kammpolymeren	29

3.3.1	Freie radikalische Polymerisation	29
3.3.2	Phosphorylierungsmethoden	32
3.3.3	Kommerzielle phosphathaltige Fließmittel	34
3.4	Methoden zur Leistungsprüfung von Dispergiermitteln	36
3.4.1	Fließwirkung	36
3.4.2	Einfluss auf das Hydratationsverhalten	37
3.5	Mechanistische Untersuchungsmethoden	38
3.5.1	Adsorptionsverhalten	38
3.5.2	Calciumkomplexierung	39
3.5.3	Adsorbierte Schichtdicke als Schlüsselfaktor der DLVO-Theorie	41
3.5.4	Stand der Technik bei der Ermittlung der adsorbierten Schichtdicke	46
3.5.5	Dynamische Lichtstreuung zur Ermittlung der adsorbierten Schichtdicke	49
3.5.6	Synthese eines monodispersen Modellsubstrats durch Emulsionspolymerisation	50
4	Experimentalteil	53
4.1	Chemikalien und Bindemittel	53
4.2	Polymersynthesen	55
4.2.1	Zuordnung der synthetisierten Polymere zu den einzelnen Untersuchungen	55
4.2.2	Herstellung der Carboxylat- und Phosphat-modifizierten Copolymeren	55
4.2.3	Phosphat-Polymeren für Reaktivitätsuntersuchungen	58
4.3	Charakterisierung der Fließmittel-Polymeren	61
4.3.1	Gelpermeationschromatographie	61
4.3.2	Elementaranalytik	61
4.3.3	^1H - und ^{31}P -NMR-Spektroskopie	61
4.3.4	Konduktometrische Ladungstitration	62
4.3.5	Ladungstitration mittels Strömungspotential	63
4.4	Wirkung der Fließmittel in Zement und Gips	63
4.4.1	Untersuchung der Verflüssigungswirkung	63
4.4.2	Adsorption mittels TOC-Methode	64

4.4.3	Wärmeflusskalorimetrie	64
4.4.4	Festigkeitsuntersuchungen an Mörtelprismen	65
4.5	Wechselwirkung der Fließmittel mit Calcium	65
4.5.1	Zetapotentialverlauf in Gegenwart von Calcium	65
4.5.2	Bestimmung der Calciumaufnahme	65
4.6	Bestimmung der adsorbierten Schichtdicke	66
4.6.1	Synthese des Emulgators Octadecylphosphat	66
4.6.2	Synthese phosphatmodifizierter Polystyrol-Nanopartikel	67
4.6.3	Charakterisierung der Nanopartikel	68
4.6.4	Bestimmung der adsorbierten Schichtdicke der Fließmittel	68
5	Ergebnisse und Diskussion	71
5.1	Allgemeine Charakterisierung der Polymerproben	71
5.1.1	Makromolekulare Eigenschaften	71
5.1.2	Tatsächliche Zusammensetzung der phosphathaltigen Proben	75
5.1.3	Stabilität der Ankermoleküle	76
5.1.4	Konduktometrische Ladungsbestimmung	78
5.1.5	Diestergehalt der Ankermoleküle	81
5.1.6	Modifizierung von Seitenkette und Spacer	85
5.2	Wirkung in Zement	88
5.2.1	Fließwirkung in Zementpaste (Mini-Slump-Test)	88
5.2.2	Robustheit gegenüber Sulfat und Ton	89
5.2.3	Einfluss auf die Zementhydratation	92
5.3	Interaktion mit Calcium in Lösung	94
5.4	Wirkung in CaSO_4 -Bindemitteln	97
5.5	Messung der adsorbierten Schichtdicke der Kammpolymere	99
5.5.1	Charakterisierung der Polystyrol-Nanopartikel	99
5.5.2	Eigenschaften zusätzlicher PCE-Referenzproben	102
5.5.3	Verlauf der adsorbierten Schichtdicke verschiedener Polymere	105

5.5.4	ALT von MPEG-basierten Kammpolymeren	106
5.5.5	ALT von IPEG-basierten Kammpolymeren	107
5.5.6	Einfluss von Calciumionen auf die ALT	108
5.5.7	Vergleich der gemessenen ALT mit theoretischen Werten	109
6	Zusammenfassung und Ausblick	111
Literatur		115