

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Stand des Wissens	3
2.1	Kristallisation	3
2.1.1	Keimbildung	3
2.1.2	Kristallwachstum	4
2.2	Stoffeigenschaften von Salzen mit inverser Löslichkeit	4
2.2.1	Calciumsulfat	4
2.2.2	Calciumcarbonat	6
2.2.3	Magnesiumhydroxid	8
2.3	Fouling	9
2.3.1	Kristallisationsfoulingprozess	9
2.3.2	Foulingwiderstand	11
3	Versuchsanlagen und Versuchsdurchführung	14
3.1	Versuchsanlagen	14
3.1.1	Diskontinuierlicher Kristallisor	14
3.1.2	Strömungskanal	16
3.1.3	Kontinuierlicher Kristallisor	18
3.2	Foulingversuche	22
3.2.1	Konzentrationsbestimmung durch Titration	22
3.2.2	Versuchsdurchführung	25
3.3	Schichtstruktur und Schichtzusammensetzung	27
3.3.1	Rasterelektronenmikroskopie (SEM)	27
3.3.2	Röntgendiffraktometrie	27
3.3.3	Porosimetrie	28
3.4	Festigkeitsuntersuchungen	30
3.4.1	Abrieb	30
3.4.2	Druckfestigkeit	31
3.4.3	Korrelation von Druckfestigkeit und Abrieb	34
3.5	Zetapotenzial	35
3.5.1	Theorie des Zetapotenzials	35
3.5.2	Experimentelle Bestimmung	38
4	Einfluss des pH-Wertes auf die Sättigung	39
4.1	Berechnung der Sättigungsindizes	39
4.2	Sättigungsverhalten von CaCO ₃ -Lösungen	40
4.3	Sättigungsverhalten von CaSO ₄ -Lösungen	41
4.4	Sättigungsverhalten von CaSO ₄ /CaCO ₃ -Lösungen	42

5	Einfluss der Lösungszusammensetzung auf das Foulingverhalten	45
5.1	Diskontinuierliche Versuche im Kristallisator	45
5.2	Diskontinuierliche Versuche im Strömungskanal	48
5.3	Kontinuierliche Versuche im Kristallisator	50
5.3.1	Foulingversuche	50
5.3.2	Schichtstruktur und Schichtzusammensetzung	54
5.3.3	Festigkeit	56
5.4	Zusammenfassende Bewertung	58
6	Einfluss des pH-Wertes auf das Foulingverhalten	60
6.1	Diskontinuierliche Versuche im Kristallisator mit $\text{CaSO}_4/\text{CaCO}_3$	60
6.1.1	Foulingwiderstand	61
6.1.2	Schichtstruktur und Schichtzusammensetzung	64
6.2	Diskontinuierliche Versuche im Strömungskanal mit $\text{CaSO}_4/\text{CaCO}_3$	68
6.3	Kontinuierliche Versuche im Kristallisator mit $\text{CaSO}_4/\text{CaCO}_3$	70
6.3.1	Foulingwiderstand	70
6.3.2	Schichtstruktur und Schichtzusammensetzung	71
6.3.3	Festigkeit	73
6.4	Diskontinuierliche Versuche im Kristallisator mit CaSO_4	74
6.4.1	Foulingwiderstand	75
6.4.2	Zetapotenzial	76
6.5	Zusammenfassende Bewertung	78
7	Einfluss der Betriebsbedingungen auf das Foulingverhalten	81
7.1	Strömungsgeschwindigkeit	81
7.1.1	Foulingwiderstand	81
7.1.2	Schichtstruktur	83
7.2	Oberflächentemperatur	84
7.2.1	Diskontinuierliche Versuche im Kristallisator	84
7.2.2	Kontinuierliche Versuche im Kristallisator	85
7.3	Oberflächenmaterial	93
7.3.1	Untersuchung beschichteter Oberflächen	94
7.3.2	Untersuchung verschiedener metallischer Oberflächen	97
7.4	Versuchszeit	101
7.4	Zusammenfassende Bewertung	103

8	Untersuchungen mit den Stoffsystemen $\text{Mg(OH)}_2/\text{CaSO}_4$ und $\text{Mg(OH)}_2/\text{CaCO}_3$	105
8.1	Stoffsystem $\text{Mg(OH)}_2/\text{CaSO}_4$	105
8.2	Stoffsystem $\text{Mg(OH)}_2/\text{CaCO}_3$	107
9	Zusammenfassung	109
10	Literatur	113