

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	III
Abstract	IV
Symbol- und Abkürzungsverzeichnis	V
1 Einleitung	1
2 Stand des Wissens	3
2.1 Kristallisation	3
2.1.1 Keimbildung	3
2.1.2 Kristallwachstum	5
2.2 Grundlagen des Foulings	8
2.3 Kristallisationsfouling und Foulingwiderstand	12
2.3.1 Induktionsphase	16
2.3.2 Schichtwachstumsphase	18
2.4 Oberflächenmodifikation durch Beschichtungen	20
2.5 Oberflächencharakterisierung	25
2.5.1 Rauheit und Topographie	25
2.5.2 Oberflächenenergie	30
2.5.3 Zetapotential	34
3 Material und Methoden	36
3.1 Verwendete Versuchsanlagen	36
3.2 Verwendete Materialien	41
3.3 Charakterisierung der Wärmeübertragerfläche	43
3.3.1 Messung der Rauheit	43
3.3.2 Messung der Grenzflächenenergie	45
3.3.3 Messung des Zetapotentials	46
3.4 Visualisierung der Kristallisation	49
4 Experimentelle Ergebnisse	52
4.1 Oberflächencharakterisierung	52
4.1.1 Oberflächenprofil	52

4.1.2	Energetische Beschreibung der Oberfläche	57
4.2	Kristallwachstum	58
4.2.1	Visualisierung mittels Rasterelektronenmikroskop	58
4.2.2	Visualisierung mittels Rasterkraftmikroskop	61
4.3	Foulinguntersuchungen ohne Strömungseinfluss	64
4.3.1	Einfluss des Materials	64
4.3.2	Einfluss der Topographie	66
4.3.3	Einfluss der Beschichtung	73
4.3.4	Einfluss des Zetapotentials	77
4.4	Foulinguntersuchungen mit Strömungseinfluss	82
4.4.1	Einfluss der Strömungsgeschwindigkeit bei unterschiedlichen Materialien	82
4.4.2	Einfluss der Strömungsgeschwindigkeit bei unterschiedlichen Beschichtungen	83
4.4.3	Einfluss der Strömungsgeschwindigkeit bei unterschiedlich topographisch und energetischen modifizierten Oberflächen	86
4.5	Energetische und strukturelle Änderungen der Beschichtungen	90
5	Modellvorstellungen des Kristallisationsfoulings	96
5.1	Modellübersicht	96
5.2	Modellierung der Induktionszeit	98
5.2.1	Bekannte Modellvorstellungen	101
5.2.2	Modellvorstellung zur Abschätzung der Induktionszeit ohne Abtrag	105
5.2.3	Modellvorstellung zur Abschätzung der Induktionszeit inklusive Abtrag	112
6	Zusammenfassung	117
7	Literaturverzeichnis	119
8	Anhang	130