

# Inhaltsverzeichnis

<b>Symbolverzeichnis.....</b>	<b>V</b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1 Entwicklung der Metallpreise und ihre Bedeutung für die thermische Meerwasserentsalzung .....	2
1.2 Ziel der Arbeit und Lösungsweg.....	4
<b>2 Stand der Technik .....</b>	<b>7</b>
2.1 Mehreffekt-Verdampfung zur Meerwasserentsalzung (MED) .....	7
2.1.1 Prozessbeschreibung .....	7
2.1.2 Gängige Werkstoffe und Rohrbündelgeometrien .....	9
2.2 Belagbildung auf Verdampferrohren in MED-Anlagen.....	11
2.2.1 Zeitlicher Verlauf des Foulingwiderstands .....	12
2.2.2 Hauptbestandteile der Beläge.....	14
2.2.3 Maßnahmen zur Verminderung der Belagbildung.....	14
2.3 Polymer-Komposite erhöhter Wärmeleitfähigkeit .....	16
2.4 Wärmeübertrager aus Polymer- und Polymer-Komposit-Werkstoffen .....	24
2.4.1 Polymer-Wärmeübertrager .....	24
2.4.2 Polymer-Wärmeübertrager in Anwendungen mit Verdampfung und Kondensation.....	26
2.4.3 Wärmeübertrager aus Komposit-Werkstoffen .....	28
<b>3 Wärme- und strömungstechnische Auslegung von Horizontalrohr-Rieselfilmverdampfern .....</b>	<b>30</b>
3.1 Fluidodynamik.....	30
3.2 Wärmeübertragung.....	34
3.2.1 Wärmeübergang auf den Rohraußenseiten .....	35
3.2.2 Wärmeübergang auf den Rohrrinnenseiten.....	36
3.3 Druckverluste.....	44

3.3.1	Rohrinnenseiten.....	44
3.3.2	Rohrbündel .....	46
3.3.3	Tropfenabscheider .....	48
<b>4</b>	<b>Modellierung von MED-Anlagen.....</b>	<b>52</b>
4.1	Modellierung einer 10-stufigen MED-Anlage.....	52
4.2	Geometrie der Rohrbündel.....	54
4.3	Wärmeübertragung.....	55
4.4	Druckverluste.....	59
<b>5</b>	<b>Experimentelle Untersuchungen.....</b>	<b>63</b>
5.1	Werkstoffauswahl.....	63
5.1.1	Auswahl der Matrixwerkstoffe.....	63
5.1.2	Auswahl der Füllstoffe.....	68
5.2	Messung der Wärmeleitfähigkeit.....	70
5.3	Untersuchungen in der Technikumsanlage .....	71
5.3.1	Untersuchungen zur Fluidodynamik .....	74
5.3.2	Untersuchungen zum Wärmedurchgang .....	75
5.3.3	Untersuchungen zur Belagbildung .....	78
5.4	Charakterisierung der Beläge .....	80
5.4.1	Rasterelektronenmikroskopie und energiedispersive Röntgenspektroskopie	80
5.4.2	Atomabsorptionsspektrometrie .....	82
<b>6</b>	<b>Ergebnisse der experimentellen Untersuchungen.....</b>	<b>83</b>
6.1	Wärmeleitfähigkeit.....	83
6.2	Fluidodynamik.....	89
6.3	Wärmedurchgang.....	96
6.4	Belagbildung .....	102
6.4.1	Rauheit der Versuchsrohre.....	102

6.4.2	Belagbildung auf Rohren aus Kupfer-Nickel 90/10.....	102
6.4.3	Belagbildung auf Rohren aus ungefülltem Polyethylen hoher Dichte.....	104
6.4.4	Belagbildung auf Rohren aus Polymer-Komposit-Werkstoffen .....	105
6.4.5	Calcium- und Magnesiumgehalt der Beläge .....	108
<b>7</b>	<b>Auslegung großtechnischer MED-Anlagen .....</b>	<b>112</b>
<b>7.1</b>	<b>Technische Gestaltung von MED-Anlagen .....</b>	<b>112</b>
7.1.1	Auslegung einer 10-stufigen metallischen Referenzanlage .....	112
7.1.2	Auslegung einer MED-Anlage mit polymerbasierten Verdampferrohren...	116
7.1.3	Vergleich von Referenz- und Kompositanlage .....	120
<b>7.2</b>	<b>Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen .....</b>	<b>125</b>
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick.....</b>	<b>132</b>
<b>9</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>137</b>
<b>10</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>141</b>