

Inhaltsverzeichnis

Symbolverzeichnis	V
1 Einleitung	1
1.1 Entwicklung der Metallpreise und ihre Bedeutung für die thermische Meerwasserentsalzung	2
1.2 Ziel der Arbeit und Lösungsweg.....	4
2 Stand der Technik	7
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
3 Wärme- und strömungstechnische Auslegung von Horizontalrohr-Rieselfilmverdampfern	30
3.1 Fluidodynamik.....	30
3.2 Wärmeübertragung.....	34
3.2.1 Wärmeübergang auf den Rohraußenseiten	35
3.2.2 Wärmeübergang auf den Rohrinnenseiten	36
3.3 Druckverluste.....	44

3.3.1 Rohrinnenseiten.....	44
3.3.2 Rohrbündel	46
3.3.3 Tropfenabscheider	48
4 Modellierung von MED-Anlagen.....	52
4.1 Modellierung einer 10-stufigen MED-Anlage.....	52
4.2 Geometrie der Rohrbündel.....	54
4.3 Wärmeübertragung.....	55
4.4 Druckverluste.....	59
5 Experimentelle Untersuchungen.....	63
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
6 Ergebnisse der experimentellen Untersuchungen.....	83
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
7 Auslegung großtechnischer MED-Anlagen	112
7.1 Technische Gestaltung von MED-Anlagen	112
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
7.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen	125
8 Zusammenfassung und Ausblick	132
9 Anhang.....	137
10 Literaturverzeichnis	141