

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Der MSF-Prozeß, Varianten und Bilanzierung	3
2.1	Prozeß- und Konstruktionsvarianten	4
2.1.1	Durchlauf- und Umwälzprinzip	4
2.1.2	Querstrom- und Gleichstromanordnung des Kondensators	5
2.2	Bilanzierung	7
2.2.1	Überschlägige Berechnung einer MSF-Anlage	7
2.2.2	Integrale Bilanzierung der Gesamtanlage	8
2.2.3	Integrale Bilanzierung der Einzelstufe	9
3	Konkurrierende Verfahren	11
3.1	Mehrfacheffekteindampfung	12
3.2	Umkehrosmose	14
4	Untersuchungen zur Hydrodynamik in Entspannungsverdampferkammern	18
4.1	Allgemeine Grundlagen offener Gerinne	18
4.1.1	Charakterisierung freier einphasiger Oberflächenströmungen	19
4.1.2	Berücksichtigung der Zweiphasen-Strömung	25
4.1.3	Soleüberschleusung durch Blenden in MSF-Anlagen	26
4.2	Die zweistufige hydrodynamische Versuchsanlage	33
4.2.1	Ziele der experimentellen Untersuchungen	33
4.2.2	Beschreibung der Versuchsanlage	34
4.2.3	Aufnahme und Aufbereitung der Meßdaten	38
4.3	Experimentelle Untersuchung und Modellierung der Rechteckblende	39
4.3.1	Existierende Modellansätze zur Auslegung von Rechteckblenden	39
4.3.2	Versuchsergebnisse der Rechteckblende	42
4.3.3	Modellierung und Parameteranpassung an Versuchsergebnisse	45
4.3.4	Vergleich der Berechnungsansätze für die Rechteckblende	54

4.4	Experimentelle Untersuchung und Modellierung der Kombination Rechteckblende/Wehr	56
4.4.1	Existierende Modellansätze zur Berechnung der Kombination Rechteckblende/Wehr	56
4.4.2	Versuchsergebnisse der Kombination Rechteckblende/Wehr	58
4.4.3	Modellierung und Parameteranpassung an Versuchsergebnisse	62
4.5	Thermosyphon	68
4.5.1	Versuchsergebnisse des Thermosyphons	68
4.5.2	Modellierung und Parameteranpassung an Versuchsergebnisse	71
4.6	Experimentelle Untersuchung des modifizierten Thermosyphons mit hydraulischer Klappe	74
4.6.1	Versuchsergebnisse des modifizierten Thermosyphons mit hydraulischer Klappe	76
5	Thermische Verluste einer MSF-Stufe	79
5.1	Nichtgleichgewichtsverluste in der Verdampferkammer	80
5.1.1	Bestimmung der Einflußgrößen	81
5.1.2	Auswahl der Meßdaten zum Nichtgleichgewichtsverlust	84
5.1.3	Modellierung und Vergleich mit Ansätzen aus der Literatur	85
5.2	Der Tropfenabscheider	89
5.3	Wärmeübertragung und Verluste am horizontalen Rohrbündelkondensator	92
5.3.1	Konvektiver Wärmeübergang bei turbulenter Rohrströmung	93
5.3.2	Wärmeübergang bei der Kondensation am horizontalen Einzelrohr und Rohrbündeln	94
5.3.3	Reale Wärmeübertragungsverluste einer MSF-Anlage in Abu Dhabi	100
5.4	Rohrbündelleckagen bei Gleichstrom-Anlagen	109
6	Auslegung und Betrieb von MSF-Anlagen	112
6.1	Das Computerprogramm	112
6.1.1	Programmierung	112
6.1.2	Programmaufbau	112
6.2	Kammerfüllstände bei unterschiedlichen Blenden und Betriebsweisen	114

6.2.1	Betrieb einer MSF-Anlage mit Rechteckblende	114
6.2.2	Betrieb mit Thermosyphon und hydraulischen Klappen	117
6.3	Optimierungspotential existierender MSF-Anlagen	119
6.3.1	Maximierung der Produktionsleistung	119
6.3.2	Reduzierung des spezifischen Heizdampfbedarfs	119
6.4	Konstruktive Aspekte bei der Auslegung zukünftiger MSF-Anlagen	121
6.4.1	Der Kondensator	122
6.4.2	Einfluß der Kammerlängenverteilung auf die GOR	125
7	Kostenrechnung für großtechnische MSF-Anlagen	128
7.1	Investitionskosten	128
7.2	Betriebskosten	132
7.2.1	Heizdampf	132
7.2.2	Sonstige Betriebskosten	136
7.3	Ermittlung der Trinkwassergestehungskosten	136
8	Zusammenfassung	139
9	Symbole und Indices	142
10	Literatur	146
11	Anhang	156