

0 Inhaltsverzeichnis

0	Inhaltsverzeichnis	5
1	Einleitung	7
2	Aufgabenstellung und Zielsetzung	11
3	Membrantechnik	12
3.1	Grundlagen der Membranverfahren	12
3.2	Technische Membranen	15
3.2.1	Polymermembranen	16
3.2.2	Anorganische Membranen	17
3.3	Technische Membranmodule	19
3.3.1	Rohrmodul	20
3.3.2	Kapillarmodul	21
3.3.3	Hohlfasermodul	23
3.3.4	Plattenmodul	25
3.3.5	Kassettenmodul	27
3.3.6	Wickelmodul	28
3.4	Umkehrosmose	29
3.5	Nanofiltration	35
3.6	Leistungsmindernde Faktoren	38
3.6.1	Druckverluste	38
3.6.2	Konzentrationspolarisation	39
3.6.3	Deckschichtbildung	42
4	Fouling und Gegenmaßnahmen	43
4.1	Fouling	43
4.1.1	Scaling	45
4.1.2	Biofouling	47
4.1.3	Organisches Fouling	50
4.1.4	Kolloidales Fouling	52
4.2	Maßnahmen zur Reduzierung von Fouling	53
4.2.1	Entwicklung neuer Membranen	53
4.2.2	Feedvorbehandlung	54
4.2.3	Verfahrenstechnische Parameter	59
4.2.4	Reinigung und Desinfektion	60
5	Verfahrensentwicklung	63
6	Stand der Technik	66
6.1	Auslegungsstrategie von Membranexperten	66

6.2	Umgesetzte Programmsysteme	68
6.3	Vorhandene Simulationsprogramme	69
7	Beratungssystem MEMPERT	71
7.1	Bearbeitungsphasen	73
7.2	Feedanalyse	74
7.3	Verfahrensauswahl	76
7.4	Modulauswahl	77
7.4.1	Moduldatenbank	79
7.4.2	Wissensbasis	81
7.4.2.1	Modultyp	82
7.4.2.2	Membranmaterial	84
7.4.2.3	Fouling, Scaling und Reinigung	85
7.4.2.4	Bewertung	88
7.5	Simulation	89
7.6	Trennbeispiele	91
7.6.1	Aufkonzentrierung von Essigsäure	91
7.6.2	Recycling von Waschwasser aus der Dosenproduktion	97
8	Zusammenfassung – Ausblick	104
9	Anhang	106
9.1	Chemische Stabilität der Membranmaterialien	106
9.2	Regeln zur wissensbasierten Membran- und Modulauswahl	113
9.3	Theorie der Elektrolyte	116
9.3.1	Löslichkeitsprodukt	116
9.3.2	Säure-Base-Reaktion	117
9.4	Löslichkeitsprodukte einiger schwerlöslicher Salze	118
9.5	pK _s -Werte einiger Säure-Base-Paare	121
10	Literaturverzeichnis	122
11	Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	133
11.1	Abbildungsverzeichnis	133
11.2	Tabellenverzeichnis	134
12	Symbolverzeichnis	135