

Inhaltsverzeichnis

Nomenklatur	v
1 Einleitung	1
2 Behaglichkeit und Luftentfeuchtung	3
2.1 Thermische Behaglichkeitsskala und Behaglichkeitsbereich	3
2.2 Einfluss der Feuchtigkeit auf die Luftqualität	6
2.3 Notwendigkeit der Luftentfeuchtung	7
3 Stand der Technik	11
3.1 Konventionelle Klimatisierung	11
3.2 Sorptionsgestützte Klimatisierung	12
3.2.1 DEC (Desiccant Evaporative Cooling)-Systeme	14
3.2.2 Hybrid-Systeme	18
4 Modellierung sorptionsgestützter Klimaanlage	21
4.1 Vorangegangene Arbeiten zur Simulation von rotierenden Sorptionstrocknern .	21
4.2 Grundlagen der Modellierung mit Dymola/Modelica	23
4.2.1 Die Modellierungssprache Modelica	23
4.2.2 Vorgehensweise bei der Modellbildung	24
4.3 Feuchte Luft	24
4.3.1 Energiebilanz	26
4.3.2 Massenbilanz	27
4.3.3 Zustandsgleichung	27
4.4 Der Sorptionsrotor	27
4.4.1 Der Sorptionsvorgang	28
4.4.1.1 Sorptionsgleichgewicht	28
4.4.1.2 Sorptionswärme	30
4.4.2 Physikalisches Modell	30

4.4.2.1	Massenbilanz	32
4.4.2.2	Energiebilanz	32
4.4.2.3	Zustandsgleichung	32
4.4.2.4	Wärme- und Stoffübergang	33
4.4.3	Parameterbestimmung	34
4.4.3.1	Geometrie und Materialparameter	34
4.4.3.2	Wärmeübergangskoeffizient	36
4.4.3.3	Stoffübergangskoeffizient	39
4.4.3.4	Sorptionsgleichgewicht für Lithiumchlorid	40
4.4.3.5	Sorptionsgleichgewicht für Silica-gel	44
4.4.4	Sensitivitätsanalyse	44
4.4.4.1	Diskretisierungsgrad	44
4.4.4.2	Wärme- und Stoffübergangskoeffizient	46
4.4.4.3	Wärmekapazität	46
4.5	Umsetzung in Dymola/Modelica	49
4.6	Simulation des Sorptionsrotors	55
4.6.1	Dynamisches Verhalten	55
4.6.2	Stationäres Verhalten	57
4.6.2.1	Einfluss des Luft Eintrittszustands	57
4.6.2.2	Einfluss der Betriebsdrehzahl	61
4.6.3	Vergleich mit Messdaten	63
4.6.4	Vergleich mit Herstellerangaben	65
5	Experimentelle Untersuchung zur sorptionsgestützten Klimatisierung	67
5.1	Systembeschreibung	68
5.2	Messtechnik	74
5.2.1	Sensoren und Messgeräte	74
5.2.2	Fehlerfortpflanzung und Fehlerabschätzung	75
5.2.2.1	Absolute Feuchte	75
5.2.2.2	Enthalpie	76
5.2.2.3	Spezifisches Volumen	77
5.2.2.4	Wärmeströme	78
5.2.3	Fehler durch Leckageströme	78
5.2.3.1	Leckage durch Undichtigkeiten an den Rotoren	78
5.2.3.2	Leckage durch Mitrotation	80
5.2.4	Weitere Fehlerquellen	81

5.2.5	Visualisierung der Messdaten	82
5.3	Steuerung und Regelung	85
5.3.1	Sommerbetrieb	85
5.3.2	Winterbetrieb	85
5.4	Auswertung der Messergebnisse	87
5.4.1	Lüftung	87
5.4.2	Fußbodenkühlung	90
5.4.2.1	Einfluss auf die Raumtemperatur	90
5.4.2.2	Spezifische Kühlleistung	91
5.4.2.3	Vertikales Temperaturprofil	93
5.4.3	Erdkältesonden	95
5.5	Energiebedarf der sorptionsgestützten Lüftung	95
5.6	Wirtschaftliche und energetische Bewertung	99
5.6.1	Investitionskosten	99
5.6.2	Betriebskosten	101
5.6.3	Primärenergetische Ganzjahresbewertung	103
6	Anwendungs- und Simulationsbeispiele	107
6.1	Kombination mit Kraft-Wärme-Kopplung	107
6.1.1	Einsatz von motorischen Blockheizkraftwerken	107
6.1.2	Einsatz von Brennstoffzellen	110
6.2	Einsatz indirekter Verdunstungskühlung	115
6.3	Einfluss des Sorptionsmittels auf die Entfeuchtung	118
6.4	Sorptionsgestützte Anlage für extreme Klimazustände	120
7	Kriterien für den Einsatz sorptionsgestützter Klimaanlage	125
8	Zusammenfassung und Ausblick	131
	Normen und Vorschriften	135
	Literaturverzeichnis	137
	Abbildungsverzeichnis	143
	Tabellenverzeichnis	147

A	Verwendete Gleichungen, Approximationen und Korrelationen	149
A.1	Sättigungsdruck	149
A.2	Gleichgewichtsgleichungen für das System Lithiumchlorid / Wasser	149
A.2.1	Gleichung für die Sorptionsisotherme nach Gazinski	149
A.2.2	Gleichung für die Sorptionsisotherme nach Guthermuth	150
A.2.3	Bindungsenthalpie nach Guthermuth	150
A.3	Gleichgewichtsgleichungen für das System Wasser / Silica-gel	150
A.3.1	Sorptionsisotherme nach Perasan	150
A.3.2	Sorptionsenthalpie nach San	150
A.3.3	Sorptionsenthalpie nach Perasan	150
B	Messstellenplan und Messstellenliste	151