

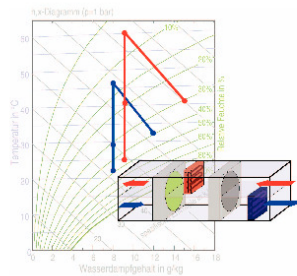


Wilson Casas (Autor)

# Untersuchung und Optimierung sorptionsgestützter Klimatisierungsprozesse

Wilson Casas

## Untersuchung und Optimierung sorptionsgestützter Klimatisierungsprozesse



Cuvillier Verlag Göttingen

<https://cuvillier.de/de/shop/publications/2282>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen, Germany

Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: [info@cuvillier.de](mailto:info@cuvillier.de), Website: <https://cuvillier.de>

# Inhaltsverzeichnis

<b>Nomenklatur</b>	<b>v</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Behaglichkeit und Luftentfeuchtung</b>	<b>3</b>
2.1 Thermische Behaglichkeitsskala und Behaglichkeitsbereich . . . . .	3
2.2 Einfluss der Feuchtigkeit auf die Luftqualität . . . . .	6
2.3 Notwendigkeit der Luftentfeuchtung . . . . .	7
<b>3 Stand der Technik</b>	<b>11</b>
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
<b>4 Modellierung sorptionsgestützter Klimaanlage</b>	<b>21</b>
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
<b>5</b>	<b>Experimentelle Untersuchung zur sorptionsgestützten Klimatisierung</b>	<b>67</b>
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
<b>6</b>	<b>Anwendungs- und Simulationsbeispiele</b>	<b>107</b>
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
<b>7</b>	<b>Kriterien für den Einsatz sorptionsgestützter Klimaanlage</b>	<b>125</b>
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>131</b>
	<b>Normen und Vorschriften</b>	<b>135</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>137</b>
	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>143</b>
	<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>147</b>

<b>A</b>	<b>Verwendete Gleichungen, Approximationen und Korrelationen</b>	<b>149</b>
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>B</b>	<b>Messstellenplan und Messstellenliste</b>	<b>151</b>