

# Inhaltsverzeichnis

Symbolverzeichnis	ix
Abbildungsverzeichnis	xv
Tabellenverzeichnis	xvii
<b>1 Einleitung und Zielstellung</b>	<b>1</b>
<b>2 Maschinen nach dem Stirling-Prinzip</b>	<b>3</b>
2.1 Technische Realisierung . . . . .	4
2.2 Gemeinsame Wirkungsweise . . . . .	5
2.3 Prozesskonfigurationen und Leistungsabschätzung . . . . .	9
2.4 Stationäre Betriebsweise der thermischen Verdichterkomponenten . . . . .	15
<b>3 Berechnung und Bewertung der Rekuperatoren</b>	<b>21</b>
3.1 Energiebilanz . . . . .	22
3.2 Kennzahlen und Charakteristik . . . . .	24
3.3 Darstellung des Temperaturprofils . . . . .	28
<b>4 Einflussgrößen und numerische Untersuchungen zum Druckverlust oszillierender Strömungen</b>	<b>31</b>
4.1 Grundlagen und dimensionslose Kennzahlen . . . . .	32
4.2 Auswirkungen der turbulenten oszillierenden Strömung . . . . .	37
4.3 Darstellung der Strömungsdruckverluste . . . . .	41
<b>5 Wärmewiderstände und instationäre Wärmeübergangs-Korrelationen</b>	<b>45</b>
5.1 Wärmeübergang bei oszillierender Strömung . . . . .	46
5.2 Wärmewiderstand bei Rohrbündelwärmeübertrager . . . . .	47
5.3 Wärmeleitung bei Apparaten aus Aluminiumlegierung . . . . .	50
<b>6 Detail-Optimierung der Rekuperatoren</b>	<b>53</b>
6.1 Konzeptionelle Vorüberlegungen zur Geometrie . . . . .	53
6.2 Bewertung von Wärmeübertragungs- und Strömungsprozessen . . . . .	60
6.3 Optimierung der Geometrie eines Rohrbündels . . . . .	61
6.4 Einfluss der oszillierenden Strömung . . . . .	65
<b>7 Konzeptionierung und Charakteristik der Regeneratormatrix</b>	<b>67</b>
7.1 Allgemeine Anforderungen . . . . .	68
7.2 Konstruktive Ausführungen . . . . .	69
7.3 Empirische Beschreibung von Regeneratoren mit Fasermatrix . . . . .	72

<b>8</b>	<b>Einflussgrößen und dynamische Simulation der Regeneratoren</b>	<b>77</b>
8.1	Charakteristische Größen . . . . .	79
8.2	Allgemeines Matrix-Berechnungsmodell (KTI-Modell) . . . . .	81
8.3	Temperaturverlauf in Regeneratoren . . . . .	84
<b>9</b>	<b>Optimierung von Fasermaterial-Regeneratoren</b>	<b>91</b>
9.1	Lokale Optimierungsgrößen . . . . .	91
9.2	Bewertung der Durchströmung . . . . .	95
9.3	Optimaler Drahtdurchmesser . . . . .	96
9.4	Anströmfläche und Wärmeleitungsverluste . . . . .	98
9.5	Porosität und Temperaturschwingungsverluste . . . . .	100
<b>10</b>	<b>Modellierung und Simulation des thermischen Verdichters</b>	<b>105</b>
10.1	KTU-Modell für den unmittelbaren periodisch-stationären Zustand . . . . .	106
10.2	Bestimmung der Energie- und Masseströme . . . . .	110
10.3	Schwachstellen- und Sensitivitätsanalyse des Modells . . . . .	118
<b>11</b>	<b>Parameterstudie zum Einfluss der dimensionslosen Kenngrößen</b>	<b>123</b>
11.1	Dynamik des eingeschwungenen Temperaturprofils . . . . .	123
11.2	Durchflutung der Wärmeübertrager . . . . .	125
11.3	Längswärmeleitungs- und Temperaturschwingungsverluste . . . . .	127
11.4	Wärmeverluste und Druckeinflüsse auf die Zylinderräume . . . . .	129
<b>12</b>	<b>Optimierung der Wärmeübertrager-Baugrößen</b>	<b>131</b>
12.1	Vorauswahl von Drehzahl, mittlerem Prozessdruck und Arbeitsmedium . . . . .	131
12.2	Thermische- und mechanische Verdichterleistung . . . . .	137
12.3	Optimale Baugröße des Regenerators . . . . .	142
12.4	Volumenaufteilung für die Rekuperatoren . . . . .	144
<b>13</b>	<b>Fazit</b>	<b>149</b>
13.1	Zusammenfassung . . . . .	149
13.2	Ausblick . . . . .	151
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>153</b>
<b>Anhang</b>		<b>159</b>
A.1	Lösung linearer DGL-Systeme erster Ordnung . . . . .	159
A.1.1	Fall konstante Koeffizientenmatrix . . . . .	159
A.1.2	Allgemeine Lösung . . . . .	160
A.2	Berechnung des Matrixexponentials . . . . .	164
A.2.1	Taylor-Entwicklung . . . . .	164
A.2.2	Matrix-Zerlegungsmethoden . . . . .	165
A.2.3	Explizite Formeln . . . . .	165
A.3	Ähnlichkeitstransformationen von Matrizen . . . . .	168
A.3.1	Hessenberg-Verfahren . . . . .	168
A.3.2	QR-Zerlegung . . . . .	169
A.4	Druckverlust der oszillierenden Spaltströmung . . . . .	170

---

A.5	Nußelt-Zahl für die stationäre Ringspaltströmung . . . . .	171
A.6	Herleitung der dimensionslosen Drehzahl . . . . .	172
A.7	Funktionen der mathematischen Physik . . . . .	173
A.7.1	Modifizierte Besselfunktion erster Art . . . . .	173
A.7.2	Gaußsche hypergeometrische Funktion . . . . .	173
A.7.3	Gamma Funktion . . . . .	174
A.7.4	Hesse-Matrix . . . . .	174