

Inhaltsverzeichnis

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

8 Einflussgrößen und dynamische Simulation der Regeneratoren	77
8.1 Charakteristische Größen	79
8.2 Allgemeines Matrix-Berechnungsmodell (KTI-Modell)	81
8.3 Temperaturverlauf in Regeneratoren	84
9 Optimierung von Fasermaterial-Regeneratoren	91
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
10 Modellierung und Simulation des thermischen Verdichters	105
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
11 Parameterstudie zum Einfluss der dimensionslosen Kenngrößen	123
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
12 Optimierung der Wärmeübertrager-Baugrößen	131
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
13 Fazit	149
13.1 Zusammenfassung	149
13.2 Ausblick	151
Literaturverzeichnis	153
Anhang	159
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