

# Inhaltsverzeichnis

<b>I Grundlagen</b>	<b>1</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>3</b>
1.1 Simulationsrechnungen für Strömung und Wärmeübergang in komplex aufgebauten Geometrien . . . . .	3
1.2 Ziel der Arbeit . . . . .	5
1.3 Aufbau und Inhalt der Arbeit . . . . .	6
1.4 Literaturübersicht . . . . .	7
<b>2 Experimentelle Untersuchung</b>	<b>13</b>
2.1 Die untersuchten Wärmeübertrager . . . . .	13
2.2 Der Versuchsaufbau . . . . .	14
<b>3 Dimensionslose Größen</b>	<b>17</b>
3.1 Berechnung des Wärmeübergangskoeffizienten . . . . .	17
3.1.1 Der Rippenwirkungsgrad . . . . .	17
3.1.2 Der $kA$ -Wert . . . . .	19
3.1.3 Dimensionslose Temperaturverläufe . . . . .	20
3.1.4 Stoffdaten . . . . .	20
3.2 Empirische Korrelationen . . . . .	21
3.2.1 Allgemeine Struktur von Wärmeübergangsbeziehungen . . . . .	21
3.2.2 Die Berechnung von Wärmeübergang und Druckverlust nach Haaf . . . . .	22
3.2.3 Korrelationen für die Messwerte . . . . .	23

<b>II</b>	<b>Methodik</b>	<b>27</b>
<b>4</b>	<b>Vermessung und Modellierung der Geometrie</b>	<b>29</b>
4.1	Vermessung der Lamelle . . . . .	29
4.2	Werkstück- und zeichnungsorientierte Modellierung . . . . .	30
4.3	Die Lamellengeometrie . . . . .	30
4.4	Variable geometrische Parameter . . . . .	34
<b>5</b>	<b>Gittererzeugung</b>	<b>35</b>
5.1	Numerische Diffusion . . . . .	35
5.2	Strukturierte und unstrukturierte Gitter . . . . .	37
5.3	Probleme bei der Erzeugung von hybriden Gittern . . . . .	39
5.3.1	Überschneidung von Grenzschichten . . . . .	39
5.3.2	Vernetzung des Lamellenvolumens . . . . .	39
5.3.3	Singuläre Punkte . . . . .	40
5.3.4	Netzstruktur im Bereich schmaler Lamellenflächen . . . . .	40
5.4	Erzeugung von hybriden Gittern . . . . .	41
5.4.1	Hintergrundnetz aus Quadern . . . . .	42
5.4.2	Oberflächennetz aus Dreiecken . . . . .	42
5.4.3	Vernetzung der Grenzschichtbereiche . . . . .	42
5.4.4	Behandlung der Lamellenstirnflächen . . . . .	47
5.4.5	Erzeugung der Tetraeder . . . . .	47
5.4.6	Vernetzung des Gebietes stromabwärts der Lamelle . . . . .	48
5.4.7	Technische Anmerkungen zur Gittergenerierung . . . . .	48
<b>6</b>	<b>Berechnung für ein einfaches Modell</b>	<b>49</b>
6.1	Grundlagen . . . . .	49
6.2	Randbedingungen . . . . .	51
6.3	Zweidimensionale Wärmeleitung . . . . .	51
6.4	Diskretisierungs-Schemata . . . . .	53
6.4.1	Einführung . . . . .	53
6.4.2	Das Aufwindschema erster Ordnung . . . . .	54

6.4.3	Das Potenzgesetz-Schema . . . . .	55
6.4.4	Das Aufwindschema zweiter Ordnung . . . . .	57
6.4.5	Auswahl des Diskretisierungsschemas . . . . .	58
6.5	Stoffdaten der Luft . . . . .	59
6.6	Iterative Berechnung . . . . .	60
6.7	Auswertung der Lösung . . . . .	61
6.7.1	Qualitative Ergebnisse . . . . .	61
6.7.2	Quantitative Ergebnisse . . . . .	63
6.7.3	Diskussion . . . . .	64
6.7.4	Einfluss des Diskretisierungsschemas auf den Druckverlust . . . . .	65
<b>7</b>	<b>Verfeinertes Modell</b>	<b>67</b>
7.1	Ursachen für den Druckverlust . . . . .	67
7.2	Eliminierung der Stirnflächen . . . . .	71
7.3	Bewertung des Verfahrens . . . . .	76
7.3.1	Referenzrechnung . . . . .	77
7.3.2	Dreidimensionale Vergleichsrechnung . . . . .	83
7.4	Anwendung des Verfahrens . . . . .	86
7.5	Periodischer Rand bei kleiner Lamellenteilung . . . . .	91
<b>III</b>	<b>Verifikation und Validierung</b>	<b>93</b>
<b>8</b>	<b>Verifikation der Ergebnisse</b>	<b>95</b>
8.1	Gitterabhängigkeit bei einfacher Modellierung . . . . .	96
8.2	Verifikation der Lösung des verfeinerten Modells . . . . .	97
8.2.1	Konvergenz der Lösung . . . . .	97
8.2.2	Einfluss des Gitters auf die Lösung . . . . .	97
8.2.3	Einfluss des Diskretisierungsschemas auf die Lösung . . . . .	100
8.3	Instationäre Berechnung . . . . .	101
8.3.1	Methode zur instationären Berechnung . . . . .	102
8.3.2	Stationäre Vergleichsrechnung . . . . .	105
8.3.3	Vergleich der stationären und der instationären Berechnung . . . . .	106

8.3.4	Das Strömungsfeld bei instationärer Berechnung . . . . .	110
8.3.5	Ursachen für die Unterschiede zwischen stationärer und instationärer Berechnung . . . . .	112
<b>9</b>	<b>Validierung der Ergebnisse</b>	<b>113</b>
9.1	Vergleichbarkeit von experimentellen und numerischen Daten . . . . .	113
9.2	Variation der Lamellenteilung . . . . .	115
9.3	Diskussion der Ergebnisse . . . . .	118
<b>IV</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>121</b>
<b>10</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>123</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>127</b>