

# Inhaltsverzeichnis

<b>Symbolverzeichnis</b>	v
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Einflüsse auf Wärmetransport und Filmkühlung an Turbinenseitenwänden</b>	<b>5</b>
2.1 Strömungsfeld, Wärmeübergang und Verluste . . . . .	5
2.1.1 Grenzschicht und Wärmeübergang der Seitenwand . . . . .	7
2.1.2 Verluste an der Seitenwand . . . . .	10
2.2 Formoptimierung der Seitenwand . . . . .	11
2.3 Grundlagen der Filmkühlung . . . . .	15
2.3.1 Thermisches Verhalten der Filmkühlung . . . . .	17
2.3.2 Anwendung des Superpositionsprinzips als Messverfahren . . . . .	20
2.3.3 Interaktion mit der Hauptströmung . . . . .	23
2.3.4 Geschlossener Kühlfilm und Superposition . . . . .	25
2.4 Übersicht existierender Untersuchungen zum Wärmeübergang und zur Filmkühlung von konturierten Seitenwänden . . . . .	27
2.5 Zielsetzung . . . . .	38
<b>3 Versuchsanlage und Messtechnik</b>	<b>41</b>
3.1 Versuchsaufbau . . . . .	41
3.1.1 Versuchsanlage für Filmkühluntersuchungen . . . . .	41
3.1.2 Lineare Schaufelkaskadenmessstrecke . . . . .	43
3.1.3 Geometrie der Seitenwand . . . . .	45
3.1.4 Filmkühlung der Seitenwand . . . . .	46
3.2 Messwerterfassung, Messtechnik und Instrumentierung . . . . .	47
3.2.1 Messwerterfassung . . . . .	47
3.2.2 Infrarotthermografie . . . . .	48
3.3 Bestimmung der Druckverteilung auf der Seitenwand . . . . .	50
3.4 Bestimmung der Ausblaserate . . . . .	52
3.5 Charakterisierung der Schaufelkaskade und des Prüfstandes . . . . .	54

<b>4 Bestimmung von Wärmeübergang und Filmkühlgrößen</b>	<b>59</b>
4.1 Messträger . . . . .	60
4.1.1 Filmkühlmodul . . . . .	61
4.1.2 Messgenauigkeit der Methode . . . . .	62
4.2 Bestimmung der Temperatur an der Seitenwand . . . . .	64
4.2.1 Kalibrierung der Infrarotdaten . . . . .	64
4.2.2 Projektion der Infrarotaufnahmen . . . . .	65
4.2.3 Zusammensetzen zur Temperaturkarte und Filterung . . . . .	69
4.3 Bestimmung der konvektiven Wärmestromdichte . . . . .	69
4.3.1 Konduktive Wärmestromdichte . . . . .	70
4.3.2 Radiative Wärmestromdichte . . . . .	72
4.4 Berechnung des Wärmeübergangs und der Filmkühlgrößen . . . . .	74
4.5 Einfluss der Modultaschen . . . . .	75
4.6 Bewertung des Messverfahrens . . . . .	78
4.7 Zusammenfassung und Versuchsprogramm . . . . .	80
<b>5 Ergebnisse der Untersuchung</b>	<b>83</b>
5.1 Wärmeübergang und Filmkühleffektivität . . . . .	83
5.1.1 Einfluss der Konturierung auf den Wärmeübergang . . . . .	83
5.1.2 Einfluss der Konturierung auf die Spaltfilmkühlung . . . . .	85
5.1.3 Lokale Filmkühlung . . . . .	88
5.2 Vorgehen zur Analyse der Einflüsse auf die Filmkühlung . . . . .	90
5.2.1 Transformation und Datenreduktion . . . . .	91
5.2.2 Vergleichsdaten für die Filmkühleffektivität . . . . .	93
5.2.3 Normierung des Wärmeübergangskoeffizienten . . . . .	94
5.3 Analyse der lokalen Filmkühlung . . . . .	95
5.3.1 Interaktion des Sekundärwirbelsystems und der Filmkühlung . . . . .	97
5.3.2 Ausblasestelle, Einfluss der Bohrungsgeometrie und Ausblaserate . . . . .	103
5.3.3 Wärmeübergangserhöhung an der Ausblasestelle . . . . .	107
5.3.4 Interaktion von Heißgas und Kühlluft stromab der Ausblasestelle . . . . .	110
5.4 Zusammenfassung der Ergebnisse . . . . .	118
<b>6 Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>121</b>

<b>Literatur</b>	<b>125</b>
<b>A Anhang</b>	<b>147</b>
A.1 Geometrie und Charakterisierung des Prüfstandes . . . . .	147
A.2 Einfluss der Umgebungsbedingungen auf den statischen Druck an der Seitenwand	152
A.3 Durchflussbeiwert . . . . .	153
A.4 Filmkühlmodul – Modellbildung und Korrektur . . . . .	155
A.5 Abschätzung des Einflusses der Kühllufttemperatur auf die adiabate Filmkühleffektivität . . . . .	157
A.6 Darstellung der Daten . . . . .	159
A.7 Konturplots: Filmkühlgrößen und Stromlinien . . . . .	161
A.8 Vergleichsplots: Filmkühlgrößen . . . . .	167