

# Inhaltsverzeichnis

<b>Symbolverzeichnis</b>	<b>v</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Grundlagen, wissenschaftlicher Kenntnisstand und Zielsetzung</b>	<b>3</b>
2.1 Rauigkeiten in Gasturbinen . . . . .	4
2.1.1 Definition von Rauigkeiten . . . . .	4
2.1.2 Entstehung rauer Oberflächen . . . . .	6
2.2 Grundlagen von Strömung und Wärmeübergang in einer Turbine . . . . .	8
2.2.1 Übersicht über Strömungsbedingungen in einer Turbine und Schaufelumströmung . . . . .	9
2.2.2 Laminare Grenzschicht . . . . .	10
2.2.3 Transition, dreidimensionale Ablösung und dreidimensionale Grenzschicht . . . . .	11
2.2.4 Turbulente Grenzschicht . . . . .	17
2.2.5 Grenzschicht an Turbinenschaufeln unter dem Einfluss rauer Oberflächen	21
2.2.6 Strömung im Bereich der Seitenwand . . . . .	21
2.3 Übersicht existierender Untersuchungen des Wärmeüberganges an Turbinenseitenwänden . . . . .	27
2.4 Zielsetzung . . . . .	34
<b>3 Versuchsaufbau und Messtechnik</b>	<b>37</b>
3.1 Kaskadenprüfstand . . . . .	37
3.2 Auswahl und Definition der Rauigkeiten . . . . .	40
3.3 Instrumentierung . . . . .	45
3.3.1 Instrumentierung für Druck- und Temperaturmessungen in der Anströmung . . . . .	45
3.3.2 Hitzdraht-Anemometrie . . . . .	45
3.3.3 Instrumentierung für statische Druckmessungen . . . . .	46
3.3.4 Instrumentierung für thermische Messungen . . . . .	47
3.3.5 Druck- und Temperaturaufnehmer . . . . .	47
3.4 Bestimmung des Wärmeübergangskoeffizienten . . . . .	48

3.5	Erfassung des Temperaturfeldes mittels thermosensitiver Farbe . . . . .	50
3.5.1	Physikalische Grundlagen . . . . .	51
3.5.2	Messprinzip . . . . .	53
3.5.3	Bildverarbeitung . . . . .	56
3.5.4	Kalibrierung . . . . .	60
3.6	Photogrammetrie . . . . .	62
3.7	Unsicherheitsbetrachtung . . . . .	64
<b>4</b>	<b>Charakterisierung der Anströmung</b>	<b>67</b>
4.1	Geschwindigkeits- und Temperaturverteilung . . . . .	67
4.2	Turbulente Größen . . . . .	69
<b>5</b>	<b>Aerodynamische Charakterisierung des Strömungsfeldes</b>	<b>73</b>
5.1	Ergebnisse der statischen Druckmessungen . . . . .	73
5.2	Visualisierung des Strömungsfeldes mittels Ölanstrich . . . . .	77
5.3	Potentialstromlinien zur detaillierten Auswertung . . . . .	79
<b>6</b>	<b>Ergebnisse der thermischen Untersuchung</b>	<b>83</b>
6.1	Validierung der eingesetzten Messtechnik . . . . .	83
6.2	Thermische Untersuchungen mit glatter Oberfläche . . . . .	86
6.2.1	Charakterisierung des Wärmeüberganges an der ebenen glatten Seitenwand (Vergleichsfall) . . . . .	86
6.2.2	Einfluss des Turbulenzgrades auf den Wärmeübergang bei glatter Seitenwand . . . . .	90
6.2.3	Wärmeübergang bei glatter Seitenwand und gestörter Seitenwandgrenzschicht . . . . .	92
6.2.4	Einfluss der Kontur auf den Wärmeübergang bei glatter Seitenwand . . . . .	95
6.3	Thermische Untersuchungen mit rauher Oberfläche . . . . .	98
6.3.1	Charakterisierung des Wärmeüberganges an der ebenen Seitenwand mit rauher Oberfläche . . . . .	98
6.3.2	Einfluss des Turbulenzgrades auf den Wärmeübergang bei rauher Seitenwand . . . . .	105
6.3.3	Einfluss der Kontur auf den Wärmeübergang bei rauher Oberfläche . . . . .	108
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>111</b>

<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>115</b>
<b>Verzeichnis studentischer Arbeiten</b>	<b>133</b>
<b>Anhang</b>	<b>135</b>
A.1 Instrumentierung für statische Druckmessungen . . . . .	135
A.2 Instrumentierung für thermische Messungen . . . . .	138
A.3 Turbulente Spektren in der Anströmung . . . . .	139
A.4 Ergebnisse der statischen Druckmessung beim niedrigen Betriebspunkt . . . .	140
A.5 Detailansichten der Ölanstrich-Untersuchung . . . . .	141
A.6 Nußeltzahlverteilungen bei glatter Seitenwand . . . . .	142
A.7 Einfluss des Turbulenzgrades auf den Wärmeübergang bei glatter Seitenwand .	143
A.8 Wärmeübergang bei glatter Oberfläche und nicht-achsensymmetrischer Kontur	145
A.9 Einfluss rauher Oberfläche auf den Wärmeübergang an der ebenen Seitenwand .	147
A.10 Einfluss des Turbulenzgrades an den Wärmeübergang bei rauher Oberfläche . . .	148
A.11 Einfluss der Kontur auf den Wärmeübergang bei rauher Oberfläche . . . . .	151