

Inhaltsverzeichnis

Symbole	iii
Abbildungen	xi
Tabellen	xix
1 Einleitung	1
2 Grundlagen und wissenschaftlicher Kenntnisstand	5
2.1 Rauheit an Turbinenschaufeln	5
2.1.1 Beschreibung rauer Oberflächen	5
2.1.2 Entstehung rauer Oberflächen an Turbinenschaufeln	8
2.2 Umströmung von Turbinenschaufelprofilen	12
2.2.1 Staupunktumströmung	15
2.2.2 Laminare Grenzschicht	17
2.2.3 Transitionale Grenzschicht	20
2.2.4 Turbulente Grenzschicht	24
3 Zielsetzung	33
4 Versuchsaufbau und Messtechnik	35
4.1 Versuchsaufbau	35
4.1.1 Turbulenzerzeuger	35
4.1.2 Messstrecke mit ebener Platte	39
4.2 Messtechnik	40
4.2.1 Messung der Freistromturbulenz	41
4.2.2 Messung der Geschwindigkeitsverteilung	45
4.2.3 Messung der Wärmeübergangsverteilung	45
4.2.4 Messung der Turbulenzfleckenzkinematik	48
4.3 Definition und Herstellung der rauen Oberflächen	52
5 Untersuchung der An- und Umströmbedingungen der Messplatte	59
5.1 Charakterisierung des Turbulenzerzeugers	59
5.1.1 Homogenität und Isotropie	59
5.1.2 Abklingverhalten der turbulenten kinetischen Energie	62
5.1.3 Turbulenzspektren	66
5.1.4 Mikrolängenmaße	69
5.1.5 Integrale Längenmaße	70
5.1.6 Betriebsbereich	73
5.2 Definition der Betriebspunkte	76
5.3 Druckverteilung im Mittelschnitt	78
6 Einfluss der Oberflächenrauheit auf den Wärmeübergang im Staupunkt	81

7 Einfluss der Oberflächenrauheit auf den Wärmeübergang in der transitionalen Grenzschicht	83
7.1 Einfluss der Rauheit und des Turbulenzgrads	84
7.2 Einfluss der Rauheit und der Turbulenzreynoldszahl	86
7.3 Einfluss der Rauheitshöhe	87
7.4 Einfluss der Exzentrizität der Rauheitselemente	89
8 Entwicklung einer neuen Startstellenkorrelation	91
8.1 Bestimmung der Startstelle und Länge der Transition aus Wärmeübergangsverteilungen	92
8.2 Entwicklung einer Korrelation für glatte Oberflächen	94
8.3 Entwicklung einer Korrelation für raue Oberflächen	97
8.4 Genauigkeit der neuen Startstellenkorrelation	101
8.5 Einfluss der Rauheit auf die Transitionslänge	104
9 Kinematik natürlich entstandener Turbulenzflecken	107
9.1 Form natürlich entstandener Turbulenzflecken	108
9.2 Geschwindigkeit natürlich entstandener Turbulenzflecken	111
9.3 Laterale Ausbreitung natürlich entstandener Turbulenzflecken	115
10 Einfluss der Oberflächenrauheit auf die turbulente Grenzschicht	119
10.1 Bestimmung des turbulenten Wärmeübergangs	120
10.2 Einfluss der Rauheitshöhe, -dichte und Elementwärmeleitfähigkeit	122
10.3 Überlagerter Einfluss von Rauheit und Freistromturbulenz	125
10.4 Überlagerter Einfluss der Elementwärmeleitfähigkeit und des Turbulenzgrads	127
10.5 Einfluss der Exzentrizität der Rauheitselemente	128
11 Zusammenfassung	131
Literatur	134
Betreute studentische Arbeiten	154
Anhang	157
A.1 Geometrien und Koordinaten der Messstellen	157
A.1.1 Konturierte Wände	157
A.1.2 Druckmessstellen	163
A.1.3 Temperaturmessstellen	164
A.2 Fehlerrechnung zur Messung der Wärmeübergangsverteilung	165
A.3 Nußeltzahlverläufe bei saugseitiger Druckverteilung und verschieden strukturierten Oberflächen	168
A.4 Nußeltzahlverläufe bei druckseitiger Druckverteilung und verschieden strukturierten Oberflächen	196