

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>I</b>
<b>Nomenklatur</b>	<b>III</b>
<b>1. Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1. Motivation	1
1.2. Stand der Forschung	2
1.2.1. <i>Coandaeffekt</i>	2
1.2.2. Konventionelle Hochauftriebssysteme	3
1.2.3. Dimensionsloser Impulsbeiwert	5
1.2.4. Hochauftriebssysteme mit aktiver Strömungskontrolle	6
1.2.5. Einfluss der Stromlinienkrümmung auf die Turbulenz	18
1.3. Zielsetzung	22
<b>2. Numerische Strömungssimulation</b>	<b>25</b>
2.1. Strömungslöser	25
2.1.1. <i>Navier-Stokes</i> -Gleichungen	25
2.1.2. <i>Favre</i> - und <i>Reynoldsgemittelte Navier-Stokes</i> -Gleichungen	27
2.1.3. Wirbelviskositätsmodelle	29
2.1.3.1. <i>Spalart-Allmaras</i> -Turbulenzmodell	30
2.1.3.2. <i>Spalart-Allmaras</i> -Turbulenzmodell mit Krümmungskorrektur	30
2.1.3.3. <i>Menter SST</i> -Turbulenzmodell	31
2.1.4. <i>Reynoldsspannungsmodelle</i>	32
2.1.4.1. <i>SSG/LRR-<math>\omega</math></i> -Turbulenzmodell	33
2.1.5. Diskretisierung	34
2.1.5.1. Raumdiskretisierung	34
2.1.5.2. Flusdiskretisierung	34
2.1.5.3. Zeitdiskretisierung	35
2.1.6. Beschleunigungsverfahren	36
2.2. Bestimmung des Impulsbeiwerts in den Simulationen	37
<b>3. Aerodynamischer Entwurf des Windkanalmodells</b>	<b>39</b>
3.1. Entwurf von Profilen mit Zirkulationskontrolle	39
3.2. Numerische Sensitivitätsuntersuchung zur Profilgeometrie	41
3.2.1. Klappengeometrie	42
3.2.2. Spalthöhe	44
3.2.3. Profiltiefe	45
3.2.4. Ergebnisse der numerischen Sensitivitätsuntersuchung	46

3.3. Dreidimensionale Simulation des ausgewählten Hochauftriebssystems . . . . .	46
<b>4. Ergebnisse der experimentellen Untersuchungen</b>	<b>51</b>
4.1. Versuchsaufbau . . . . .	51
4.1.1. Windkanal . . . . .	51
4.1.2. Tragflügelmodell . . . . .	51
4.1.3. Leitungssystem zur Zuführung von Druckluft . . . . .	53
4.2. Vermessung der Strahlqualität . . . . .	54
4.3. Bestimmung des Impulsbeiwerts im Experiment . . . . .	55
4.4. Druckmessungen . . . . .	57
4.4.1. Fixierung der Transition . . . . .	58
4.4.2. Profilmessungen . . . . .	58
4.4.3. Nachlaufmessungen . . . . .	60
4.4.4. Genauigkeit der Druckmessungen . . . . .	63
4.5. Particle Image Velocimetry . . . . .	64
4.5.1. Ausblasespalt . . . . .	66
4.5.2. <i>Coanda</i> fläche . . . . .	67
4.5.3. Hinterkante . . . . .	68
4.5.4. Bestimmung der Turbulenz aus den experimentellen Daten . . . . .	69
4.5.5. Genauigkeit der Messungen mit der Particle Image Velocimetry . . . . .	71
<b>5. Ergebnisse der numerischen Strömungssimulationen</b>	<b>73</b>
5.1. Räumliche Diskretisierung des Strömungsfelds . . . . .	73
5.2. Zweidimensionale Simulation der Profilumströmung . . . . .	75
5.2.1. Ergebnisse der zweidimensionalen Simulationen . . . . .	76
5.2.2. Vergleich mit dem Experiment . . . . .	77
5.2.2.1. Anstellwinkelkorrektur . . . . .	77
5.2.2.2. Druckverteilungen . . . . .	78
5.2.2.3. Geschwindigkeitsprofile und <i>Reynoldsspannungen</i> . . . . .	79
5.3. Dreidimensionale Simulation der Modellumströmung . . . . .	84
5.3.1. Ergebnisse der dreidimensionalen Simulationen . . . . .	85
5.3.2. Vergleich mit dem Experiment . . . . .	87
5.3.2.1. Wandstromlinien . . . . .	87
5.3.2.2. Druckverteilungen . . . . .	88
5.3.2.3. Integrale Kraftbeiwerte . . . . .	89
5.3.2.4. Geschwindigkeitsprofile und <i>Reynoldsspannungen</i> . . . . .	90
<b>6. Zusammenfassung</b>	<b>95</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>97</b>
<b>A. Tabellen</b>	<b>111</b>
<b>B. Abbildungen</b>	<b>115</b>