

# Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	v
Abbildungsverzeichnis	vi
Nomenklatur	xi
Kurzfassung	xvii
Abstract	xx
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Hintergrund . . . . .	1
1.2 Zielsetzung und Vorgehensweise . . . . .	2
<b>2 Stand der Forschung</b>	<b>5</b>
2.1 Sekundärströmungen in Turbomaschinen . . . . .	5
2.1.1 Modellbetrachtung und Klassifikation von Sekundärströmungen . . . . .	5
2.1.2 Hufeisenwirbel . . . . .	5
2.1.3 Kanalwirbel und Rohrkrümmeranalogie . . . . .	7
2.1.4 Von Kármán'sche Wirbelstraße und Profilnachlauf . . . . .	8
2.1.5 Eckenwirbel und Hinterkantenwirbel . . . . .	9
2.1.6 Mathematische Abgrenzung von Sekundärströmungen . . . . .	9
2.2 Wirbelinstabilitäten und Wirbelzusammenbruch . . . . .	10
2.3 Auslegungsaspekte mit Einfluss auf Sekundärströmungen . . . . .	12
2.3.1 Seitenwandkonturen . . . . .	12
2.3.2 Schaufelfuß . . . . .	13
2.3.3 Variation der Auffädelungslinien und integrale 3D Passagengestaltung .	14
2.4 Verluste und Verlustmodelle . . . . .	14
<b>3 Experimentelle Einrichtung und Methodik</b>	<b>17</b>
3.1 Experimentelle Einrichtungen . . . . .	17

3.1.1	Flachbett-Wasserkaskade . . . . .	17
3.1.2	Ringgitterwasserkanal . . . . .	19
3.2	Numerische Simulation . . . . .	22
3.3	Visualisierungsmethoden . . . . .	23
3.3.1	Farbstoffeinspritzung . . . . .	23
3.3.2	Partikel und Wasserstoffbläschen . . . . .	24
3.4	Messmethoden . . . . .	26
3.4.1	Quantifizierung der Streichlinien aus Farbstoffvisualisierung . . . . .	26
3.4.2	Particle Tracking Velocimetry . . . . .	29
3.4.3	Methode zur Nachbearbeitung der PTV-Daten . . . . .	33
3.5	Qualität der PTV-Ergebnisse . . . . .	36
3.5.1	Genauigkeit der Bestimmung der Partikelpositionen . . . . .	36
3.5.2	Genauigkeit der zeitlichen und räumlichen Ableitungen im Nachbearbeitungsverfahren . . . . .	37
3.5.3	Gegenüberstellung quantitativer Ergebnisse . . . . .	38
3.6	Modelltheorie . . . . .	41
3.6.1	Reynoldsähnlichkeit . . . . .	41
<b>4</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>43</b>
4.1	Ermitteltes Strömungsfeld der untersuchten Turbinenstufe . . . . .	43
4.1.1	Zuströmbedingung und Einlaufgrenzschicht . . . . .	43
4.1.2	Stationäre Leitgitterdurchströmung . . . . .	45
4.1.3	Periodisches Druckfeld im Axialspalt . . . . .	50
4.1.4	Laufgitterdurchströmung . . . . .	51
4.2	Instationäres Verhalten der Sekundärwirbel im Rotoreintritt . . . . .	58
4.2.1	Wirbelinstabilitäten in der stationären Kaskadenströmung . . . . .	58
4.2.2	Wirbelinstabilitäten innerhalb der Rotorumgebung . . . . .	63
4.2.3	Zusätzliche Störungen durch Sonden . . . . .	67
4.3	Untersuchung von mit Sekundärwirbeln assoziierten Verlusten . . . . .	70
4.3.1	Einfluss der Referenzwertbildung auf die Bezifferung der Verluste . . . . .	70
4.3.2	Euler'sche Arbeit entlang der Partikelpfade . . . . .	77
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung und Diskussion</b>	<b>83</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>		<b>87</b>
<b>Lebenslauf</b>		<b>95</b>