

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Motivation	1
1.2	Fragestellung dieser Arbeit	4
2	Theoretische Grundlagen	7
2.1	Strömungsmechanik	7
2.1.1	Erhaltungsgleichungen	7
2.1.2	Zusätzliche Gleichungen	8
2.1.3	Turbulenz	9
2.1.4	Geschwindigkeiten in der Turbinenstufe	13
2.1.5	Numerische Strömungsmechanik	15
2.2	Wärmeübertragung	16
2.2.1	Wärmeleitung	17
2.2.2	Konvektion	18
2.2.3	Wärmestrahlung	23
2.2.4	Kontaktwärmeübertragung	25
2.2.5	Diskretisierungsverfahren für die Wärmeüber- tragungsmodellierung	27
2.3	Strukturmechanik	28
2.3.1	Linear-Elastisches Werkstoffverhalten	29
2.3.2	Festigkeithypothesen	30
2.3.3	Numerische Strukturmechanik	32

3	Stand der Technik	33
3.1	Maßnahmen des Vorwärmens	33
3.2	Modellierung des Vorwärmens	36
4	Modellierung des transienten Vorwämbetriebs	39
4.1	Thermische Randbedingungen	40
4.1.1	Strömungskanal	42
4.1.2	Rotor	51
4.1.3	Gehäuse	53
4.2	Kalibrierung	55
4.2.1	Experimentelle Daten	55
4.2.2	Anpassung der Randbedingungen	57
4.2.3	Energiebilanz am Ende des Kalibrierungszeit- raumes	70
4.3	Überprüfung der Korrelation im Strömungskanal . . .	71
4.3.1	Transientes Aufheizen im dreistufigen Dampf- turbinenmodell	74
4.3.2	Strömungssimulationen mit aufgeprägter Tem- peraturverteilung	77
4.3.3	Fazit zur Nutzung der vorhandenen Korrelation	82
4.4	Strukturmechanische Modellierung	83
4.4.1	Annahmen	83
4.4.2	Randbedingungen	87
5	Parameterstudie	89
5.1	Variationen	89
5.1.1	Betriebsparameter	90
5.1.2	Initiale Temperaturverteilung	91

5.2	Ergebnisse	92
5.2.1	Thermische Modellierung	93
5.2.2	Analyse der strukturelle mechanische Modellierung	105
6	Zusammenfassung und Ausblick	111
	Literaturverzeichnis	115
	Anhang	121
	Weitere Untersuchung zur Nusselt-Korrelation	121