

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Grundlagen	6
2.1. Hochbelastete Verdichter	6
2.1.1. Verdichterkennfeld und Stallgrenze	9
2.1.2. Globale Instabilität und Verdichterpumpen	11
2.1.3. Integration eines Vorleitrads	13
2.2. Strömungsmechanische Grundlagen	14
2.2.1. Wand und Profilhrenzschichten	14
2.2.2. Verdichtungsstöße	16
2.2.3. Stoßsysteme in Verdichtergittern	18
2.2.4. Sekundärströmungen im Verdichterroter	21
2.3. Aerodynamische Betriebsgrenze des Verdichters	22
2.3.1. Rotierender Strömungsabriss	22
2.3.2. Spitzenkritische Rotoren	23
2.4. Maßnahmen zur aerodynamischen Stabilisierung	27
2.4.1. Rotorschaukelpeilung	27
2.4.2. Gehäusestrukturen über dem Rotor	28
2.5. Messaufgabe und Zielsetzung der Arbeit	34
3. Versuchsträger und Methoden zur Auswertung	36
3.1. Verdichterstufe	36
3.1.1. Siebe in Zulaufkanal	38
3.1.2. Stationäre Instrumentierung und Kennfeldvermessung	39
3.1.3. Traversierbare Sonden	41
3.1.4. Rotorschwingungsmesstechnik	42
3.1.5. Instationäre Wanddruckmessung als Methode zur Stoßlagenbestimmung	43
3.1.6. Gehäusestrukturen	44
3.2. Geschwindigkeitsmessung durch Particle Image Velocimetry	47
3.2.1. Rohdatenaufnahme	48
3.2.2. Auswertung	54
3.3. Zusammenfassung der Messbereiche	63
3.4. Numerische Simulationen der Verdichterstufe	64

4. Untersuchung der Referenzkonfiguration	66
4.1. Stationäre Stufenvermessung	66
4.1.1. Eintrittsbedingungen	66
4.1.2. Austrittsbedingungen und Stufenkennlinien	67
4.2. Untersuchungen im Rotorsystem	69
4.2.1. Vermessung von stationären Rotoraustrittsprofilen	69
4.2.2. Wanddruckvermessung zur Stoßlagenbestimmung an stationären Betriebspunkten	70
4.2.3. <i>PIV</i> Messungen in der Referenzkonfiguration	73
4.2.4. Instationäre Totaldruckmessungen in der Rotorabströmung	76
4.3. Untersuchung der Referenzkonfiguration an transienten Betriebspunkten nahe der Betriebsgrenze	79
4.3.1. Transiente Wanddruckvermessung	79
4.3.2. Transiente <i>Stereo-PIV</i> Vermessung	82
5. Untersuchung der Gehäusestrukturen	89
5.1. Stationäre Stufenvermessung	89
5.1.1. Sensitivität der Spitzeninjektion	90
5.2. Untersuchungen im Rotorsystem	91
5.2.1. Vermessung der stationären Rotorabströmung	91
5.2.2. Wanddruckvermessung zur Stoßlagenbestimmung an stationären Betriebspunkten mit Gehäusestruktur	96
5.2.3. Phasengemittelte <i>PIV</i> Messungen in den Gehäusestrukturen	101
5.2.4. Gehäusestruktur-periodisches Betriebsverhalten der Axialnutkonfiguration <i>AS</i>	103
5.2.5. Hitzdrahtmessungen in Axialnutkavität	108
5.2.6. Instationäre Totaldruckmessungen in der Rotorabströmung mit Gehäusestrukturen	111
5.2.7. Vergleich mit Numerischer Simulation	114
5.3. Transientes Betriebsverhalten an der Stabilitätsgrenze	116
5.3.1. Versagen der Spitzeninjektionskonfiguration	116
5.3.2. Versagen der Axialnutkonfiguration	118
6. Vergleichende Ergebnisdiskussion	125
7. Zusammenfassung und Ausblick	131
A. Anhang	146
A.1. Grundlagen	146
A.1.1. Grenzschichten	146
A.1.2. Sekundärströmungen	148
A.1.3. Stabilitätsgrenze	149
A.2. Versuchsträger und Methoden	150
A.2.1. Rotoren	150
A.2.2. Sonden	151

A.2.3. Hitzdrahtmessung in Kavität	154
A.2.4. Particle Image Velocimetry	156
A.2.5. Numerische Simulation	163
A.3. Bestimmung der Referenzgrößen	163
A.4. Vergleich der Spitzeninjektionskonfigurationen	166
A.5. Ergänzende Daten	170
A.5.1. Wanddruckfeld bei rotierendem Strömungsabriß	170
A.5.2. Hitzdrahtmessung in Axialnutkavität	174
A.5.3. Ergebnisse numerischer Simulationen	175