

# Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis .....	IX
Tabellenverzeichnis .....	XII
Nomenklatur .....	XIII
1 Einleitung .....	1
1.1 Prinzip der Aufladung .....	1
1.2 Ausgangssituation und Zielsetzung .....	4
1.3 Vorgehensweise .....	5
2 Stand der Forschung .....	7
2.1 Messprinzip .....	7
2.2 Anwendungsgebiete und Entwurfsziele .....	9
2.2.1 Entstehungsgeschichte und Grundlagenuntersuchungen .....	9
2.2.2 Anwendungen in der Luftfahrttechnik .....	10
2.2.3 Anwendungen in der Brennkammertechnologie .....	14
2.2.4 Untersuchungen zur Signalzusammensetzung .....	17
3 Sondenauslegung .....	20
3.1 Wärmeübergang und -leitung .....	20
3.2 Theoretisches Übertragungsverhalten .....	23
4 Sondenkalibrierung .....	26
4.1 Prinzip des Stoßrohres .....	27
4.2 Kalibrieraufbau .....	29
4.3 Auswertung instationärer Daten .....	30
4.3.1 Fast-Fourier-Transformation .....	30
4.3.2 Kohärenzanalyse und Messfehler .....	33
4.3.3 Filterung des Signals/Aliasing .....	36
4.4 Ergebnisse der Stoßrohr-Kalibrierung .....	37
4.4.1 Einsatzbereich der Sonden .....	37
4.4.2 Reproduzierbarkeit der Kalibrierung .....	45
4.4.3 Übertragungsverhalten der Sonden 1 bis 4 .....	48
5 ITT-Kalibrierung am Turbolader .....	51
5.1 Strömungsinstationaritäten im Turbolader .....	52
5.1.1 Kenntnisstand Schaufelschwingungen .....	52
5.1.2 Schwingungsformen von Radialturbinen .....	53
5.2 Ergebnisse des Kaltabgleichs .....	57
5.2.1 Betrachtung des gesamten Drehzahlbereichs - Wasserfalldiagramme .....	59
5.2.2 Vergleich der angewandten Kalibrierverfahren für $n=160.000 \text{ min}^{-1}$ .....	61
5.2.3 Vergleich über den gesamten Drehzahlbereich .....	63

5.2.4	Diskussion der beobachteten Diskrepanzen .....	66
5.2.5	Folgerung.....	69
5.3	Charakteristik aus dem Kaltabgleich (indirektes Verfahren).....	70
5.4	Charakteristik aus dem Kennfeld (direktes Verfahren).....	74
5.4.1	Hydrodynamisches Verhältnis als Funktion von $c_{ax}$ , $p$ und $n$ .....	74
5.4.2	Hydrodynamisches Verhältnis als Funktion der Frequenz $f$ .....	76
6	Heiß-Messungen .....	78
6.1	Heißgasprüfstand .....	78
6.2	Instrumentierung und Kennfelder .....	80
6.3	Zuordnung der Peaks im Spektrum .....	83
6.4	Stationäre Betriebspunkte .....	84
6.4.1	Messpunkt 1 für sämtliche Drehzahlen .....	84
6.4.2	Verhalten entlang Drehzahlinie ( $167.000 \text{ min}^{-1}$ ) .....	89
6.4.3	Zusammenfassung .....	91
6.5	Transiente Betriebsbedingungen.....	92
6.5.1	Drehzahlvariation bei konstanter VTG – Stellung.....	92
6.5.2	Drehzahlvariation durch VTG-Verstellung .....	98
7	Zusammenfassung .....	109
8	Schlussfolgerung und Ausblick.....	112
9	Literaturverzeichnis .....	115
10	Anhang .....	120