

Dipl.-Ing. Thomas Steer, München

**Zur Verwendbarkeit eines
axialen Magnetlagers bei der
Ermittlung aerodynamischer
Dämpfungskoeffizienten**

Reihe **11** : Schwingungstechnik Nr. **228**

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung.....	1
2.	Zur Problematik der Flatterschwingungen in Turbomaschinen.....	2
2.1	Allgemeines.....	2
2.2	Grundlegende Beziehungen.....	4
2.3	Selbsterregte Schwingungen.....	6
2.4	Historische Entwicklung.....	7
2.5	Klassifizierung der Flatterschwingungen.....	9
2.6	Zur gegenseitigen Beeinflussung der Schaufeln.....	11
2.6.1	Der Dämpfungskoeffizient.....	11
2.6.2	Der Einflußkoeffizient.....	13
2.6.3	Der Zusammenhang zwischen Dämpfungskoeffizienten und Einflußkoeffizienten.....	13
2.7	Frequenzeinfluß.....	16
2.8	Akustische Resonanz.....	18
2.9	Exkurs: Numerische Lösungsmethoden.....	19
2.9.1	Die instationäre Lösung der Euler-Gleichung.....	19
2.9.2	Linearisierte Ansätze.....	20
2.9.2.1	Potentialtheoretische Ansätze.....	21
2.9.2.2	Potentialtheoretische Ansätze zur instationären Strömungsberechnung.....	22
2.9.2.3	Linearisierung der Euler-Gleichungen.....	23
2.9.3	Grenzen der Linearisierung.....	24
2.10	Schlußfolgerungen.....	25
3.	Beschreibung ausgeführter Versuchsstände.....	27
3.1	Charakterisierungskriterien.....	27
3.2	Ringgitter.....	29
3.2.1	EPF Lausanne.....	29
3.2.2	National Aerospace Laboratory, Tokyo.....	31
3.2.3	RWTH Aachen.....	32
3.2.4	Cambridge University.....	33
3.3	Gerade Kanäle.....	33
3.3.1	ONERA, Châtillon.....	34
3.3.2	Mitsui Engineering & Shipbuilding, Tamano.....	35
3.3.3	Toshiba Research and Development Center.....	36
3.3.4	University of Tokyo.....	36
3.3.5	United Technologies Research Center, East Hartford.....	37
3.3.6	Detroit Diesel Allison, Indianapolis.....	38
3.3.7	DLR, Göttingen.....	38

3.4	Zusammenfassende Beurteilung der Versuchsstände	39
3.5	Konzeptionelle Vorgaben für den neuen Versuchsstand	41
4.	Konzeption des Versuchsstandes	43
4.1	Auswahl der Verdichteranlage.....	43
4.2	Meßprofil und Kanalgeometrie.....	45
4.3	Die Aufhängung der schwingenden Schaufel	47
4.4	Statische und kinetische Kräfte.....	49
4.4.1	Statische und kinetische Schaufelbelastung.....	49
4.4.2	Anforderungen an das Magnetlager	51
4.4.3	Belastung der Lagerstellen	51
4.5	Dynamische Charakterisierung des Magnetlagers	52
4.5.1	Elektrische Charakterisierung des Magnetlagers.....	52
4.5.2	Mechanische Charakterisierung des Magnetlagers	56
4.5.3	Zur Ansteuerung des Magnetlagers.....	57
4.5.4	Zusammenstellung der Teilsysteme des Magnetlagers....	60
4.5.5	Sensoren zur Ermittlung des Lagerzustands	61
4.6	Eingriffsmöglichkeiten zur Stabilisierung des Magnetlagers	62
4.6.1	Grundsätzliche Überlegungen	62
4.6.2	Charakterisierung des minimalen Regelverhaltens.....	65
4.6.3	Kaskadierende Regelung zur Erhöhung der Grenzfrequenz.....	68
4.6.4	Ermittlung unbekannter Systemzustände	70
4.6.5	Übertragungsverhalten.....	71
5.	Meßtechnik und Signalverarbeitung	76
5.1	Instrumentierung des Windkanals	76
5.1.1	Druckmessungen.....	76
5.1.2	Temperaturmessungen	77
5.1.3	Massenstromermittlung und Strömungsgeschwindigkeiten.....	77
5.2	Anforderungen an die Meßtechnik	77
5.2.1	Komplexität.....	77
5.2.2	Dynamik.....	79
5.2.3	Auflösung.....	81
5.3	Realisierung des A/D-Wandlers mit integriertem Digitalspeicher	82
5.4	Zusammenstellung des meßtechnischen Aufbaus und Ablaufs	84

6.	Dynamisches Verhalten des Magnetlagers.....	87
6.1	Verhalten des Magnetlagers mit HP-Leistungsverstärkern.....	87
6.2	Verhalten des Magnetlagers mit MECOS-Leistungsverstärkern.....	89
6.3	Potentiale zur weiteren Optimierung.....	96
7.	Messung der Druckschwankungen.....	98
7.1	Amplituden der Drucksignale.....	98
7.2	Phasenlage der Drucksignale.....	99
7.3	Ermittlung von Einflußkoeffizienten.....	100
7.4	Fehlerabschätzung.....	101
7.5	Wertung der Ergebnisse.....	102
8.	Zusammenfassung und Ausblick.....	103
	Literaturverzeichnis.....	105