



Masterarbeit

Untersuchungen zur Auswirkung des umgebenden Fluides auf das Schwingungsverhalten von Strukturen

(engl.: „Studies on the effect of the surrounding fluid on structural vibration“)

Verdichter- und Turbinenlaufräder werden für einige Anwendungsbereiche oftmals integral gefertigt. Dabei wird im Gegensatz zur konventionellen Bauweise das gesamte Laufrad aus einem Stück gefräst bzw. gegossen, womit eine Montage der einzelnen Schaufeln an den Scheibenkörper vollständig entfällt. Auf Grund dieser fehlenden formschlüssigen Verbindung weisen diese sogenannten Blade Integrated Disks (Blisks) jedoch ein stark verringertes Dämpfungsniveau auf, da Reibeffekte am Schaufelfuß entfallen und die alleinwirkende Strukturdämpfung des Materials sehr gering ist. Die Systemdämpfung reduziert sich somit während des Betriebs im Wesentlichen auf die Dämpfungseffekte des umströmenden Fluides. Zudem sieht man sich während des Betriebs infolge Mistunings mit Überhöhungen der Schwingungsamplituden gegenüber der Designidee mit identischen Schaufeln konfrontiert. In Kombination mit der geringen Dämpfung können sich diese negativen Auswirkungen zusätzlich verstärken. Die damit einhergehenden überhöhten Spannungen können teilweise über der Bauteilfestigkeit liegen, sodass es zu Beschädigungen, im schlimmsten Fall jedoch auch zu einem Bauteilversagen kommen kann.

Um Überhöhungen der Schwingungsamplituden mit gezielten Maßnahmen entgegenwirken zu können, ist eine Kenntnis des Dämpfungsverhaltens erforderlich. Dies kann beispielsweise mit experimentellen Modalanalysen unter einer Variation des umgebenden Fluides erreicht werden, um somit den Einfluss der Schaufelumströmung zu berücksichtigen. Derartige Messungen, durchgeführt in Unter- bzw. Überdruckkammern, sind jedoch oftmals aufwendig und kostspielig, sodass Alternativen in Form von numerischen Simulationen eine vereinfachte Abschätzung ermöglichen könnten. Im Rahmen dieser Masterarbeit soll mittels numerischer Methoden der generelle Einfluss des umgebenden Fluides auf das Schwingungsverhalten verschiedener Strukturen untersucht werden. Es ist ein geeignetes Simulationsmodell zu entwickeln und die Ergebnisse mit denen aus experimentellen Versuchen zu vergleichen. Dabei soll der Fokus auf das Dämpfungsverhalten sowie die Eigenfrequenzen der entsprechenden Schwingungsmoden gelegt werden.

Im Einzelnen sind folgende Punkte zu bearbeiten:

1. Erstellung einer Gliederung des Vorgehens und eines Zeitplans zur Durchführung der Masterarbeit.
2. Einarbeitung und Literaturstudium zu den folgenden Themen:
 - Experimentelle Modalanalyse sowie modale Parameter im Allgemeinen
 - Experimentelle Modalanalysen unter Variation des Umgebungsfluides/ -drucks
 - Numerische Simulation mittels FEM im Allgemeinen sowie numerische Modalanalyse und erzwungene Schwingungsantwort



- Schallabstrahlung und akustische Kopplung zwischen Struktur und Umgebungsfluid
- 3. Methodenentwicklung: Entwicklung eines Simulationsmodells zur Berücksichtigung des Umgebungsfluides bei der numerischen Modalanalyse sowie der erzwungenen Schwingungsantwort von Strukturen
- 4. Numerische Studie: Untersuchung des Einflusses von Umgebungsfluid sowie -druck auf modale Parameter (Eigenfrequenz, Eigenform, Dämpfung) anhand:
 - a) eines Balkens
 - b) einer Turbinenschaufel
 - c) einer Schaufelkaskade unter Variation des Schaufelabstandes
- 5. Vergleich der numerischen Ergebnisse mit denen aus experimentellen Versuchen und Bewertung des Einflusses.
- 6. Diskussion und Dokumentation der Ergebnisse in Schriftform.

Literaturempfehlung:

- [1] Hasse, S. *Guß- und Gefügefehler. Erkennung, Deutung und Vermeidung von Guß- und Gefügefehlern bei der Erzeugung von gegossenen Komponenten*. Berlin: Schiele und Schön, 1999.
- [2] Klein, B. *FEM. Grundlagen und Anwendungen der Finite-Element-Methode im Maschinen- und Fahrzeugbau*. 10., verbesserte Auflage. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2015.
- [3] Knothe, W.; Wessels, H. *Finite Elemente. Eine Einführung für Ingenieure*. 5. Auflage. Berlin: Springer Vieweg, 2017.
- [4] Zienkiewicz, O. C.; Taylor, R. L. *The Finite Element Method. Volume 1: The Basis*. 5th Edition. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2000.
- [5] Zienkiewicz, O. C.; Taylor, R. L. *The Finite Element Method. Volume 2: Solid Mechanics*. 5th Edition. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2000.

Bearbeitungszeitraum: SoSe 2023

Betreuer: apl. Prof. Dr.-Ing. habil. Bernd Beirow / M.Sc. Alex Nakos