

---

# Zum aerodynamischen und aeroelastischen Verhalten des Axialverdichters an der Stallgrenze

---

Daniel Möller



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

Band 12 / 2019

Forschungsberichte aus dem Institut für  
Gasturbinen, Luft- und Raumfahrtantriebe

Herausgegeben von Prof. Dr.-Ing. H.-P. Schiffer

Forschungsberichte aus dem Institut für Gasturbinen,  
Luft- und Raumfahrtantriebe

Band 12

**Daniel Möller**

**Zum aerodynamischen und aeroelastischen Verhalten  
des Axialverdichters an der Stallgrenze**

D 17 (Diss. TU Darmstadt)

Shaker Verlag  
Düren 2019

**Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: Darmstadt, Techn. Univ., Diss., 2019

Copyright Shaker Verlag 2019

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-6912-9

ISSN 2364-4761

Shaker Verlag GmbH • Am Langen Graben 15a • 52353 Düren

Telefon: 02421 / 99 0 11 - 0 • Telefax: 02421 / 99 0 11 - 9

Internet: [www.shaker.de](http://www.shaker.de) • E-Mail: [info@shaker.de](mailto:info@shaker.de)

## Zusammenfassung:

Daniel Möller

### *Zum aerodynamischen und aeroelastischen Verhalten des Axialverdichters an der Stallgrenze*

Der Verdichter spielt eine entscheidende Rolle bei der Entwicklung neuer Triebwerke. Aufgrund hoher aerodynamischer Belastung, starken Sekundärströmungen und hoher Schwingungsanfälligkeit steigt die Schwierigkeit Verdichter zu entwickeln, welche eine hohe aerodynamische Stabilität und niedrige Schaufelschwingungen aufweisen. Insbesondere für den Bereich nahe der Stallgrenze sind die wesentlichen aerodynamischen und aeroelastischen Effekte nicht ausreichend verstanden und Gegenstand aktueller Forschung.

Aus diesem Grund wird das aerodynamische und aeroelastische Verhalten eines triebwerksnahen Transonikverdichters in der vorliegenden Arbeit numerisch untersucht. Die Simulationen wurden für den Transonikverdichter der TU Darmstadt durchgeführt und zwei verschiedene, für die Triebwerksanwendung entwickelte, Strömungslöser wurden eingesetzt. Eine Validierung mittels Messdaten zeigt eine gute Übereinstimmung. Die Simulationen ermöglichen eine detaillierte Strömungsanalyse bei Stalleintritt und beim Auftreten von asynchronen Schaufelschwingungen (NSV) an Betriebspunkten nahe der Stallgrenze.

Beim Stalleintritt treten an der Rotorspitze Fluktuationen der Scherschicht zwischen der eintretenden Hauptströmung und einem, von der Spaltströmung verursachten, Blockagegebiet in der Passage auf. Durch die Scherschichtfluktuation bilden sich Wirbelstrukturen, sowie Hoch- und Tiefdruckgebiete, welche im Rotor-Relativsystem entgegen der Drehrichtung umlaufen. Die Scherschichtfluktuationen können ebenfalls bereits vor Stallbeginn, an aerodynamisch stabilen Betriebspunkten, auftreten. Die Struktur der Fluktuationen ist in diesem Fall sehr ähnlich zum Stalleintritt. Die umlaufenden Hoch- und Tiefdruckgebiete führen zu einer instationären Schaufelkraft, wodurch NSV im Rotor angeregt werden kann. Trotz des komplexen dreidimensionalen Strömungsfeldes an der Rotorspitze, können die Scherschichtfluktuationen bei Stalleintritt und NSV mit den grundlegenden, strömungsmechanischen Zusammenhängen zur Kelvin-Helmholtz-Instabilität erklärt werden.

Anhand von Parametervariationen wird in dieser Arbeit gezeigt, dass insbesondere die radiale Verteilung der aerodynamischen Belastung einen entscheidenden Einfluss auf die Art des Stalleintritts und das Auftreten von NSV vor Erreichen der Stallgrenze hat. Des Weiteren werden globale Tendenzen zur Geschwindigkeit und Anzahl der Fluktuationenzellen beim Auftreten von NSV beobachtet. Diese Erkenntnisse können in der Auslegung moderner Verdichterstufen Anwendung finden.