

Schlussbericht

zu IGF-Vorhaben Nr. 19198 N

Thema

Entwicklung einer Berechnungsstrategie zur Verbesserung von Dichtsystemen für Radseitenräume in Turbomaschinen

Berichtszeitraum

01.10.2016 - 31.03.2019

Forschungsvereinigung

Forschungsvereinigung Verbrennungskraftmaschinen e.V.

Forschungsstelle(n)

Lehrstuhl für Strömungslehre und Aerodynamisches Institut der RWTH Aachen University

30.07.2019

Ort, Datum

Univ.- Prof. Dr.-Ing Wolfgang Schröder

Name und Unterschrift aller Projektleiter der Forschungsstelle(n)

Gefördert durch:

Radseitenraumabdichtung

Vorhaben Nr. 1240(IGF-Nr. 19198N)

Optimierung von Dichtsystemen für Radseitenräume von Turbinen

Abschlussbericht

Kurzfassung:

Das Strömungsfeld in einer einstufigen Axialturbine mit 30 Stator- und 62 Rotorscheaufeln wird anhand von Grobstruktursimulationen (LES) untersucht. Zur Lösung der kompressiblen Navier-Stokes Gleichungen wird ein parallelisiertes Finite-Volumen Verfahren verwendet. Der Löser basiert auf einem effizienten Cut-Cell/Level-Set Ansatz, der die strikte Erhaltung der Masse, des Impulses und der Energie sicherstellt. Die numerische Methode beinhaltet zwei adaptive kartesische Gitter. Dabei wird ein Gitter dazu verwendet, die bewegten Oberflächen abzubilden, und auf dem zweiten Gitter wird das Strömungsfeld bestimmt. Dieser Ansatz ermöglicht hochaufgelöste Simulationen von Turbomaschinen mit mehreren bewegten Oberflächen in einem einzelnen Referenzsystem. Die relative Bewegung der Oberflächen wird durch eine kinematische Level-Set-Interface-Methode vorgegeben. Der Fokus der numerischen Analyse liegt auf der Strömung im Radseitenraum zwischen Rotor und Stator. Es werden 360° Berechnungen der Turbinenstufe für zwei Dichtgeometrien durchgeführt. Zuerst wird der Einfluss der Gitterauflösung auf die Simulationsergebnisse für eine Dichtkonfiguration mit einer einzelnen Dichtlippe untersucht. Danach werden die Ergebnisse mit experimentellen Daten verglichen und anschließend wird das instantane instationäre Strömungsfeld analysiert. Für die Konfiguration mit der einzelnen Dichtlippe werden zwei Moden im Radseitenraum zwischen Rotor und Stator identifiziert, die nicht auf die Rotorfrequenz oder eine ihrer Harmonischen zurückzuführen sind. Die erste dieser Moden zeigt einen massiven Einfluss auf den Einzug von Heißgas in den Radseitenraum auf. Die zweite Mode entsteht durch Interaktion der ersten Mode mit der Strömung stromab der Statorschaufeln und dreht entgegengesetzt zur Rotation des Rotors. Abschließend wird der Einfluss der Geometrie der Dichtlippe untersucht. Dazu werden die Ergebnisse aus der Simulation für die Konfiguration mit einzelner Dichtlippe mit denen aus der Simulation mit doppelter Dichtlippe verglichen. Die zusätzliche Dichtlippe dämpft die oben genannten Moden und reduziert den Heißgaseinzug in den Radseitenraum zwischen Rotor und Stator, wodurch die Kühleffektivität erhöht wird. Dieses Ergebnis stimmt mit den experimentellen Daten überein. Der Vergleich der LES Ergebnisse mit den Resultaten der von der KMU durchgeführten RANS (Reynolds-Averaged Navier-Stokes)-Rechnungen zeigt, dass die RANS-Rechnungen die experimentellen Ergebnisse des Heißgaseinzuges der in diesem Vorhaben untersuchten geometrischen Konfigurationen und Parameterbereiche nicht korrekt vorhersagen. Der Grund für diese Abweichung wird auf die Schließungsbedingungen in den Turbulenzmodellen der RANS-Gleichungen zurückgeführt, da diese die Erfassung der Fluktuationen der radialen Geschwindigkeit im Dichtspalt, die einen bedeutenden Einfluss auf den Heißgaseinzug haben, unterbindet.

Das Ziel des Forschungsvorhabens ist erreicht worden.

Berichtsumfang: 92 S., 78 Abb., 4 Tab., 38 Lit.

Laufzeit: 01.10.2016 - 31.03.2019

Zuschussgeber: BMWi / IGF-Nr. 19198N und FVV-Eigenmittel

Forschungsstelle: Lehrstuhl für Strömungslehre und Aerodynamisches
Institut (AIA), RWTH Aachen University
Leiter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Schröder

Bearbeiter und Verfasser: Thomas Hösgen (AIA)
Alexej Pogorelov (AIA)

Vorsitzende(r) projekt-
begleitender Ausschuss: Dr.-Ing. Karsten Kusterer (B&B AGEMA GmbH)

Vorsitzender Beirat: Dr. T. Lösche-ter Horst, Volkswagen AG

Weitere Berichte zum
Forschungsvorhaben: R 585 (2018)

[Leerseite für doppelseitigen Druck]