

Projekt-Kurzbeschreibung

In Axialverdichtern moderner Turbomaschinen können im transienten Betrieb strömungsmechanische Instabilitäten auftreten, solche sind zum Beispiel die rotierende Strömungsablösung oder die rotierende Instabilität. Beim Auftreten derartiger hoch instationärer Strömungsphänomene werden die einzelnen Schaufeln eines Verdichters starken Vibrationen ausgesetzt, die diese Komponenten der Turbomaschine empfindlich beschädigen können. Zusätzlich verschlechtert sich die Effizienz des Verdichters und es wird neben den strukturellen Belastungen ein hohes Maß an Strömungslärm erzeugt.

Forschungsgegenstand des DFG Projekts "Strömungsinduzierter Schall in Turbomaschinen" ist das aeroakustisch gekoppelte Phänomen in Turbomaschinengittern, welches als Rotierende-Instabilität (RI) bezeichnet wird. Im Rahmen des Forschungsprojekts soll untersucht werden, unter welchen Umständen das Phänomen auftritt und wie die Kopplung zwischen Strömung und Akustik zur Entstehung der Instabilität beiträgt. Dieses Phänomen wurde 1994 zuerst experimentell von Kameier und Neise in einem Ventilator anhand von charakteristischen Frequenzen in Spektren von Druck- und Schallmessungen nachgewiesen. Aufgrund der klaren Abgrenzung des angeregten Frequenzbereichs zu der Blattfolgefrequenz des Rotors konnte die periodische Rotor-Stator-Interaktion als Quelle dieser Störungen ausgeschlossen werden. Messungen im Relativsystem des Rotors zeigten, dass das beobachtete Phänomen mit der Hälfte der Rotordrehzahl umläuft.

Um die Messungen von Strömungsinstabilitäten in Verdichterringgittern zu erleichtern, wurde am Fachgebiet für Luftfahrtantriebe des Institut für Luft- und Raumfahrt (ILR) der Technischen Universität Berlin ein Ringgitterprüfstand ausgelegt und aufgebaut, der das charakteristische Verhalten von axialen Hochdruckverdichtern nahe der Stabilitätsgrenze zeigt und daher als Prüfstand zur Untersuchung der RI geeignet ist. Da im Ringgitterkanal am ILR nur eine Umfangsmode in dem betreffenden Frequenzbereich ausbreitungsfähig ist, muss sich zur Anregung dieser Mode eine Störung mit hoher Geschwindigkeit in Umfangsrichtung in dem Ringgitter fortpflanzen. Neben der Anregung einer akustischen Mode entsteht durch die Interaktion turbulenter Strukturen mit Oberflächen Breitbandlärm, welcher auch maßgeblich zu dem hohen Niveau an Schallemissionen im Falle der auftretenden Strömungsinstabilitäten beiträgt.

Zur Simulation dieser Strömungsinstabilität müssen die kompressiblen Navier-Stokes-Gleichungen gelöst werden, die sowohl die strömungsmechanische als auch die akustische Ausbreitung von Störungen abbilden. Um die Breitbandlärmquellen identifizieren und den Kopplungsmechanismus der RI vollständig verstehen zu können, muss zur Lösung der mathematischen Gleichungen ein Verfahren verwendet werden, welches mindestens den Großteil des Spektrums der turbulenten Schwankungen auflöst.

Im Rahmen dieses Projekts sollen hochauflösende Strömungssimulationen von zunächst einer Schaufelpassage und zuletzt des vollen Ringgitters durchgeführt werden, um Daten des Kopplungsmechanismus der RI zu erhalten und damit das grundlegende Verständnis dieser Strömungsinstabilität zu schaffen.

Erste Simulationen haben das zeitlich gemittelte Strömungsfeld mit guter Übereinstimmung zu Messungen am Ringgitterprüfstand wiedergegeben. Zudem konnten charakteristische Muster in Spektren von Druckschwankungen mit der Simulation wiedergegeben werden, die auf die RI hindeuten.