

## Kurzfassung

Integral gefertigte Verdichterlaufräder repräsentieren eine fortschrittliche Baugruppe moderner Turbomaschinen. Eine dauerfeste Auslegung derartiger Komponenten kann sich mitunter als schwierig erweisen. Ursache hierfür ist, dass bereits kleinste Variationen der Bauteilkontur beziehungsweise der Materialeigenschaften eine drastische Veränderung des mechanischen Verhaltens bewirken können. Aus diesem Grund besteht ein übergeordnetes Interesse diese sogenannte Laufradverstimmung bereits im Auslegungsprozess einer Maschine zu berücksichtigen.

Die vorliegende Arbeit unterstützt dieses Anliegen, indem Möglichkeiten dargestellt werden, die fertigungsbedingten Variationen der Bauteilkontur messtechnisch zu erfassen und diese im Modellierungsprozess mit einzubeziehen. Ziel ist es darüber hinaus nachzuweisen, dass eine Modellanpassung auf Grundlage der realen Bauteilgeometrie die Aussagekraft der Simulation deutlich erhöhen kann. Sämtliche zum Einsatz kommenden Verfahren zur Modellierung und Modellanpassung sowie die benötigten experimentellen Aufbauten werden ausführlich beschrieben.

Auf Grundlage der generierten Messdaten, Modelle und Simulationsergebnisse gelingt es schließlich Gestaltungshinweise für eine effiziente Modellierung des betrachteten Laufradbeispiels zu formulieren. Im Anschluss stellt der Abgleich berechneter und experimentell identifizierter Eigenfrequenzen und Eigenformen die Validität der verwendeten Modelle unter Beweis. Weiterhin wird gezeigt, inwiefern sich der unvermeidbare zufällige Messfehler im Rahmen der optischen Geometrievermessung auf die numerischen Berechnungsergebnisse auswirken kann. Den Abschluss bildet eine Gegenüberstellung zweier verschiedener Modellanpassungsmethoden. Der Vergleich stützt sich auf die Ergebnisse eines geometrisch modifizierten beziehungsweise eines steifigkeitsproportional angepassten Modells.

Die Arbeit kommt zu dem Schluss, dass eine Modellanpassung auf der Grundlage einer dreidimensionalen Oberflächenvermessung die Aussagekraft einer Simulation erheblich verbessern kann. Dabei ermöglichte es die vorgestellte Vorgehensweise, das verstimmungsbedingt modifizierte mechanische Eigenschaftsprofil eines realen Verdichterlaufrades richtig wiederzugeben.

## Abstract

Blade integrated disks (blisk) represent a state of the art technology in modern turbo machinery design. Nevertheless, there are several difficulties with respect to a robust design of such parts. Especially the manufacturing process causes small geometric deviations as well as a scattering of material properties. Those uncertainties are called mistuning. They lead to a major modification of the dynamical behavior of a blisk and have to be considered within engine design process.

The present work deals with the effects of geometric blisk-mistuning. Therefore, manufacturing driven variations of blisk geometry are experimentally quantified using a blue light fringe projector. Further on, the corresponding finite element model of the investigated compressor blisk is modified in order to match the digitization results. All essential pre- and post-processing steps of the model update procedure are described and illustrated.

The modified model is used to calculate blade alone frequencies as well as natural frequencies and mode shapes of the whole blisk. Subsequently, the numerical results are compared with the outcome of a comprehensive vibration measurement campaign. At this point a very good match between experimentally identified and numerically predicted modal parameters can be proven across several mode families. Next, within a repeatability study the object of research is digitized ten times. The aim of the investigation is to show the sensitivity of numerical results with respect to the unavoidable measurement errors. Finally, the presented geometric model update procedure is compared against a stiffness proportional model update approach that is commonly used to predict mistuning effects.

In conclusion, it can be said that a geometrically updated finite element model is able to sufficiently predict the mistuned modal parameters of a blisk. Basing on optical measurement results the simulation validity can be significantly improved in this context.