

Digitale Transformation in der Luftfahrt: Nutzung eines digitalen Zwillings zur Evaluierung von Geometriedefekten auf die Turbinenperformance

Clemens Grunwitz (DLR AT-TUR), Stanislaus Reitenbach (DLR AT-TWK)

Die fortschreitende Entwicklung und Integration von digitalen Zwillingen markiert einen fundamentalen Wandel im Bereich der Luftfahrtantriebe. Ziel dieser innovativen Technologien ist es, ein reales, physisches Produkt mit all seinen Komponenten möglichst präzise in der digitalen Welt abzubilden und über den gesamten Lebenszyklus synchron zu halten. Anhand dieser digitalen Abbildungen können Ingenieure und Techniker den aktuellen Zustand eines Triebwerks oder eines spezifischen Bauteils im Detail analysieren und den Wartungsbedarf vorhersagen, indem sie ihn mit früheren oder erwarteten Zuständen vergleichen. Die Wirtschaftlichkeit dieser Verfahren, insbesondere beim Einsatz von 3D-Scantechnologien zur Erzeugung der digitalen Zwillinge und ihrer Analyse, hängt in hohem Maße vom Automatisierungsgrad und der Robustheit des Gesamtprozesses ab. Die vorliegende Studie beschreibt einen durchgängigen Prozess zur Erstellung und Analyse eines geometrischen digitalen Zwillings einer axialen Turbinenschaufel.

Als Demonstrationsmodell wurde eine Turbinenschaufel ausgewählt, die im Rahmen eines vorausgehenden Forschungsprojektes multidisziplinär optimiert und anschließend für aerodynamische Tests in einem Turbinenprüfstand gefertigt wurden. Aufgrund des vorgegebenen Materials und der Fertigungsstrategie konnte die Sollgeometrie jedoch nicht vollständig erreicht werden. Exemplarisch und stellvertretend für beliebige Fertigungsabweichungen und Degradationserscheinungen wird anhand der gefertigten Turbinenschaufel der Bewertungsprozess vorgestellt.

Die Digitalisierung der Ist-Geometrie sowie die Abweichungen von der Soll-Geometrie wird im Vortrag „Von der realen Turbinenschaufel zum digitalen Komponentenzwilling – Methodenvergleich und Herausforderungen“ vorgestellt. Die Visualisierung und Projektion der numerischen Daten auf die Rotorschaufel im Kontext einer Augmented-Reality Umgebung wird anschließend im Vortrag „Augmented Reality zur Unterstützung des Digitalen Zwillings am Beispiel einer Turbinenschaufel“ präsentiert. In diesem Vortrag wird auf die Modellierung und Diskretisierungsstrategie für High-Fidelity Strömungssimulationen näher eingegangen. Anschließend werden stationäre 3D CFD Simulationen der Soll- und der Ist-geometrie der vollständigen Turbine durchgeführt und die Strömungsergebnisse miteinander verglichen. Insbesondere werden die Herausforderungen in der Modellierung angesprochen, aus denen sich zukünftige Arbeiten ableiten. Schließlich wird der Prozess skizziert, um die Auswirkungen auf das Gesamttriebwerk zu bestimmen.