Untersuchung von inhomogenen Umfangverschleißmustern

Im Rahmen der Bestrebungen zu einer nachhaltigen Luftfahrt und Energieproduktion werden Gasturbinen und im Besonderen der Verdichter immer weiterentwickelt. Dazu gehören neben der aufwendigen Auslegung neuer Designs und Ausreizung von aerodynamischen und Festigkeitsgrenzen auf die effiziente und bedarfsgerechte Wartung der Gasturbine zur Erhaltung ihrer Leistung im Laufe der Zeit. Dabei macht die Wartung von Flugtriebwerken etwa 30-40 % der Betreiberkosten aus und übersteigt innerhalb der Lebenszeit die Anschaffungskosten.

Im Überholungsprozess werden einzelne Bauteile und Schaufeln gegen Neuteile ausgetauscht, während andere als „serviceable“ eingestuft oder repariert werden. Im Reihen- und Stufenverbund entstehen demnach Kombinationen aus Neu- und Altteilen mit unterschiedlichen Verschleißzuständen und Mustern. Die Interaktion von benachbarten Schaufeln kann zu zusätzlichen Verlusten führen, die über die Verluste der isolierten Schaufeln hinausgehen. Entsprechend existiert jedoch auch eine Anordnung, die einen möglichst geringen negativen Einfluss und daraus folgend einen hohen Wirkungsgrad besitzt.

Beim Zusammenbau müssen zunächst höher geordnete Vorschriften wie das statische Wuchten des Rotors oder unterschiedliche Statorschaufeln bzw. deren Füße zur Erstellung von Segmenten befolgt werden. Die Reihen können also nicht vollkommen frei zusammengestellt werden. Unter Einhaltung dieser festen Vorgaben gibt es jedoch weiterhin Möglichkeiten dieselben Schaufeln unterschiedlich innerhalb einer Reihe unterschiedlich anzuordnen.

Zur Untersuchung des Effekts werden Experimente und numerische Simulationen durchgeführt. In den Experimenten wurde lediglich der Einfluss der Oberflächenrauheit untersucht, während in den Simulationen eine Vielzahl von Verschleißgrößen und -stärken variiert werden kann. Mithilfe der Ergebnisse können Handlungsempfehlungen abgeleitet werden, die beim Zusammenbau eines Verdichters ohne zusätzlichen Maintenanceaufwand zu einem höheren Wirkungsgrad führen.

Die experimentellen Ergebnisse zeigen, dass am Übergang zwischen neuen und verschlissenen Schaufeln eine Umverteilung der Strömung in saugseitiger Richtung über 2 Passagen auftritt. Dadurch werden die glatten Schaufeln überproportional negativ beeinflusst. Je häufiger dieser Wechsel zwischen glatten und rauen Schaufeln auftritt, desto stärker ist der Einfluss auf den Wirkungsgrad. Entsprechend ist eine Anordnung in Clustern aus gleich verschlissenen oder nicht verschlissenen Schaufeln vorteilhaft für die integralen Größen des Verdichters. Bei der gleichen Anzahl von verschlissenen Schaufeln innerhalb einer Schaufelreihe konnte eine Reduktion der Wirkungsgradverlust gegenüber einer vollständig glatten Referenzreihe um etwa 1/3 gezeigt werden.