

Numerische Untersuchung des Einflusses unterschiedlicher Strömungsrandbedingungen auf Messungen mit Fünflochsonden

Vortragender: Konstantin Speck, Lehrstuhl für Turbomaschinen und Flugantriebe, Technische Universität München

Kurzfassung:

Durch die stetige Verbesserung numerischer Methoden in der Turbomaschinenforschung steigen die Anforderungen an die Messgenauigkeit und Zuverlässigkeit experimenteller Verfahren. Die am weitesten verbreitete Messmethode im Fachgebiet der Turbomaschinen ist die Strömungsfeldmessung mit der Fünflochsonde. Fünflochsonden werden sowohl in Verdichter-, Turbinen- als auch in Kaskadenprüfständen eingesetzt, um Geschwindigkeits- und Druckprofile zu erfassen. Um verlässliche Messdaten mit einer Fünflochsonde zu erhalten, ist eine Kalibrierung der Sonde erforderlich. Diese erfolgt an speziell dafür ausgelegten Prüfständen, die eine ideale, das heißt stationäre und homogene Anströmung mit geringer Turbulenz erzeugen.

Die Strömungsbedingungen in realen Turbomaschinen unterscheiden sich jedoch deutlich von diesem Idealzustand. Für bestimmte Strömungsvorgänge existieren Methoden, mit denen Messdaten auf Basis bekannter Strömungsfelder im Nachgang korrigiert werden können (z. B. bei Geschwindigkeitsgradienten). Diese Korrekturen beruhen meist auf sogenannten Korrekturfaktoren, die für spezifische Sondengeometrien ermittelt wurden.

In der vorliegenden Präsentation wird ein numerisches Modell vorgestellt, mit dem sich der Einfluss von bei einer Kalibrierung schwierig oder nicht einstellbaren Strömungszuständen auf die Messergebnisse untersuchen lässt. Nach der Erläuterung des grundlegenden Modells wird die Bedeutung einer präzisen Abbildung der Sondengeometrie herausgearbeitet. Anschließend wird eine numerische Kalibrierung in einer idealen Strömung durchgeführt. Es zeigt sich, dass die entwickelte Methode höchsten Anforderungen an die Genauigkeit der Bohrungsdruckbestimmung gerecht wird. Die Genauigkeit der numerischen Kalibrierung liegt weitgehend im Bereich der Wiederholgenauigkeit einer experimentellen Kalibrierung.

Darauf aufbauend wird dargestellt, wie das entwickelte Modell auf reale Anwendungsfälle übertragen werden kann. Zunächst wird die Sondenkopfgeometrie – basierend auf Alterung realer Sonden – geringfügig modifiziert, um auch Alterungseffekte zu untersuchen. Dies liefert Hinweise auf die Sensitivität von Fünflochsonden gegenüber geometrischen Veränderungen, etwa durch das Abrunden scharfer Kanten. Darüber hinaus wird das numerische Modell eingesetzt, um den Einfluss von Geschwindigkeitsgradienten (Downwash- und Displacement-Effekten) in Kombination mit verschiedenen Sondenkopfgeometrien zu analysieren.

Die vorgestellte Methodik stellt ein innovatives Werkzeug dar, mit dem die Strömungsvorgänge und die Strömungsvorgänge um Fünflochsonden besser verstanden werden können, da nicht nur Informationen über den Druck in fünf individuellen Messbohrungen, sondern über das gesamte Strömungsfeld um den Sondenkopf vorliegen.