

## LES der Rotor-Stator-Interaktion in Niederdruckturbinen

### Skalenauflösende Simulation zur Untersuchung des Einflusses der instationären Schaufelwechselwirkung

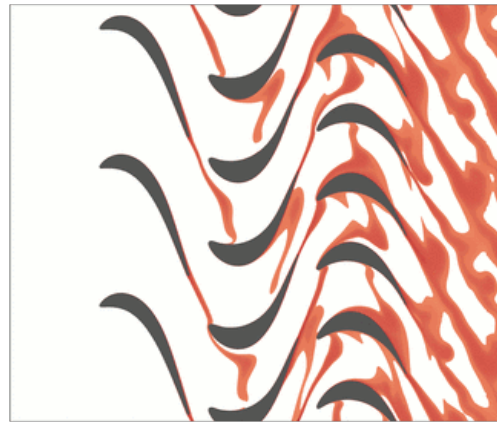
*D. Frieling, F. Herbst, J. Seume, Institut für Turbomaschinen und Fluid-Dynamik, Leibniz Universität Hannover*

#### Kurzgefasst

- Large-Eddy-Simulation
- RANS-Modellentwicklung
- Instationäre Schaufelwechselwirkung

Durch die vermehrte Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Energiewandlern steigt die Anforderung an die Flexibilität von Gasturbinen in thermischen Kraftwerken hinsichtlich höherer Effizienz im Teillastbetrieb. Diese Anforderung wird auch an Flugtriebwerke gestellt. Die Auslegung zukünftiger Turbomaschinen sieht in beiden Bereichen einen höheren Teillastwirkungsgrad sowie eine leichtere Bauform bei gleicher Leistung und damit einhergehend ein dynamischeres Verhalten vor. Eine Steigerung der Effizienz von Turbomaschinen kann durch eine Reduktion der Profilverluste erreicht werden. In Folge ungünstiger Zuströmwinkel und geringer Reynolds-Zahlen können jedoch insbesondere im Teillastbetrieb die Profilverluste durch Grenzschichtablösungen massiv steigen. Nachläufe stromaufwärts liegender Schaufelreihen sind in der Lage, diese Ablösungen und damit die Verluste zu minimieren. Abbildungen 1 verdeutlicht, wie die Nachläufe, erkennbar an den Bereichen erhöhter Entropie stromabwärts der Schaufeln, mit den weiter stromabwärts liegenden Schaufelreihen interagieren.

Für die Auslegung zukünftiger Turbomaschinen sind daher aerodynamische Auslegungswerkzeuge notwendig, die eine quantitative Vorhersage der instationären Wechselwirkung erlauben. Ein solches aerodynamisches Auslegungswerkzeug stellen RANS-basierte Strömungslöser dar. Jedoch weisen die derzeit in der Auslegung eingesetzten RANS-basierten Strömungslöser Defizite bei der korrekten Wiedergabe der periodisch-instationären Grenzschichttransition auf. Hier besteht ein grundlegender Bedarf, die für die Vorhersagequalität entscheidenden Turbulenz- und Transitionsmodelle weiterzuentwickeln. Durch die verbesserte Wiedergabe der periodisch-instationären Transition wird eine verbesserte Wiedergabe des Gitterverlusts und im Verbund mit dem Rotor des Stufenwirkungsgrads erreicht.

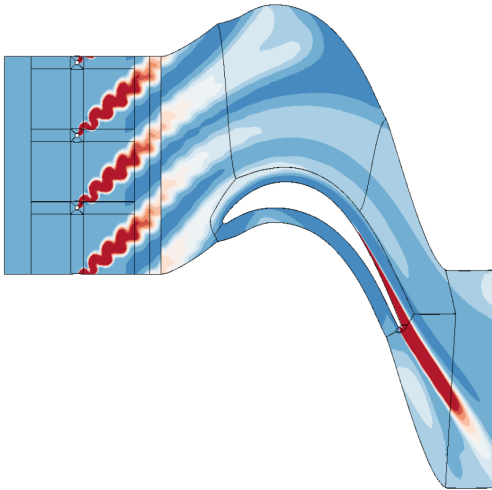


**Abbildung 1:** Rotor-Stator-Interaktion; Bereiche erhöhter Entropie in den Nachläufen der Turbinenprofile [1]

Um die bestehende Modellierung analysieren zu können, soll neben experimentellen Daten auch auf Daten von skalenauflösenden Simulationen zurückgegriffen werden. Durch den Vergleich von experimentellen Daten mit Ergebnissen von skalenauflösenden und RANS-basierten Simulationen soll ein tiefergehendes Verständnis der physikalischen Effekte erlangt und die Ursachen für die Defizite der RANS-basierten Strömungslöser identifiziert werden. Dies ist Voraussetzung für die anschließend durchzuführende Neu- und Weiterentwicklung der Modellierung.

Zur Untersuchung des Einfluss der Nachläufe stromaufwärts liegender Schaufeln auf die Profilgrenzschicht dient ein im Bereich der Flugzeugtriebwerke genutztes Turbinenprofil [3]. Um die durch die Relativbewegung von Rotor und Stator verursachte instationäre Schaufelwechselwirkung nachzubilden, wurde der Turbinenkaskade im Experiment ein sogenannter Erzeuger-Instationärer-Zuströmung (EIZ) vorgeschaltet. Bei dem EIZ handelt es sich um zylindrische Stäbe mit einem Durchmesser von 2 mm, die vor der Turbinenkaskade translatorisch bewegt werden und somit schaufelprofil-ähnliche Nachläufe erzeugen. Abbildungen 2 verdeutlicht die sich stromab des EIZ ausbildenden schaufelprofil-ähnliche Nachläufe und deren Interaktion mit dem Turbinenprofil.

Für die Untersuchung des Einfluss des Potentialfelds stromabwärts liegender Schaufeln auf die Profilgrenzschicht wird auf eine experimentell vermessene, ebene Platte mit Gegenkontur und periodisch oszillierenden Außenströmung zurückgegriffen [2]. Die oszillierende Außenströmung wurde



- [3] P. Stadtmüller, and L. Fottner, A Test Case for the Numerical Investigation of Wake Passing Effects on a Highly Loaded LP Turbine Cascade Blade, *ASME Turbo Expo Land, Sea Air 2001*, (2001)

#### Projektpartner

AG: Multiphysik turbulenter Strömungen (TFD)

**Abbildung 2:** RANS-basierte Strömungssimulation einer Turbinenkaskade mit stromaufwärts liegendem Erzeuger-Instationärer-Zuströmung (EIZ)

dabei erzeugt, indem eine Klappe stromabwärts der ebenen Platte rotiert wurde. Hierdurch stellt sich ein sich periodisch ändernder Gegendruck, ähnlich dem Potentialfeld stromabwärts liegender Schaufeln, und mit ihm eine periodisch oszillierende Außenströmung ein.

In dem vorliegenden Vorhaben soll die Großstruktursimulation (engl. Large-Eddy-Simulation (LES)) eingesetzt werden, um beide zuvor beschriebenen Testfälle zu simulieren und somit ein besseres Verständnis des Einflusses der Nachläufe stromaufwärts liegender Schaufelreihen und des Potentialfelds stromabwärts liegender Schaufelreihen auf die Grenzschichttransition zu erhalten. Auf Basis dieses Verständnisses können anschließend neue, geeignete Modellierungsansätze für die ressourcenschonenden RANS-Verfahren erarbeitet werden.

#### WWW

<http://www.tfd.uni-hannover.de>

#### Weitere Informationen

- [1] M. H. Biester, Y. Guendogdu, and J. Seume, Clocking Effects on Surface-Pressure Fluctuations for Variable Axial-Gaps, *21st AIAA Computational Fluid Dynamics Conference, Fluid Dynamics and Co-located Conferences, AIAA 2013-2955*, (2013)
- [2] W. Lou, and J. Hourmouziadis, Separation Bubbles under Steady and Periodic-Unsteady Main Flow Conditions, *ASME TURBO EXPO 2000 Land, Sea Air*, (2000)