

SIMULATION INSTATIONÄRER PROZESSE UND CFD IN DAMPFTURBINEN MIT HILFE EINES NEUEN SPLINE-BASIERTEN STOFFWERT-BERECHNUNGSVERFAHRENS

**UWE GAMPE^{a,1}, MATTHIAS KUNICK^b, FRANCESCA DI MARE^c,
HANS-JOACHIM KRETZSCHMAR^b,**

^a *Institut für Energietechnik, Professur für Thermische Energiemaschinen und -anlagen,
Technische Universität Dresden, 01062 Dresden.*

^b *Fachgebiet Technische Thermodynamik, Hochschule Zittau/Görlitz,
Theodor-Körner-Allee 16, 02763 Zittau.*

^c *Institut für Antriebstechnik, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
Linder Höhe, 51147 Köln.*

¹ *Tel: 0351 463 34491, Fax: 0351 463 37759, E-Mail: Uwe.Gampe@tu-dresden.de*

Zur Optimierung von Dampfturbinen und anderen Turbomaschinen kommen numerische Strömungssimulationen (CFD) zum Einsatz. Weiterhin werden bei der Auslegung und Optimierung von Kraftwerken Wärmeschaltbild-Berechnungsprogramme verwendet. Die Simulation von instationären Prozessen mit diesen Instrumentarien ist extrem rechenzeitaufwändig und erfordert deshalb sehr genaue und besonders schnelle Stoffwert-Berechnungsalgorithmen. Um diesen Anforderungen zu entsprechen, wurde ein Spline-basiertes Stoffwert-Berechnungsverfahren (STM) entwickelt. Das Verfahren und seine praktische Anwendung in der CFD-Software TRACE des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) werden vorgestellt.

Ausgehend von verfügbaren Fundamentalgleichungen zur Berechnung thermodynamischer Zustandsgrößen werden für die in der Prozessberechnung benötigten Stoffwertfunktionen Stützdatenraster zur Spline-Interpolation erzeugt und für den gewünschten Gültigkeitsbereich hinsichtlich Genauigkeit und Anwendungsrechenzeit optimiert. Erreicht wird dies durch spezielle Variablentransformationen und eine geeignete Struktur des Stützdatenrasters. Die so erstellten Spline-basierten Stoffwertfunktionen bilden die Zustandsgrößen der zugrundeliegenden Fundamentalgleichung mit extrem hoher Genauigkeit (1-10ppm) ab. Der Rechenzeitbedarf wird gleichzeitig um Faktoren von 100 bis über 1000 reduziert. Eine besondere Eigenschaft des entwickelten Verfahrens ist, dass Vorwärts- und Rückwärtsfunktionen vollständig zu einander passen.

Der Nutzen des entwickelten Verfahrens für numerische Strömungssimulationen wurde in einem gemeinsamen Projekt mit dem DLR zur Berechnung von Dampfturbinenstufen mit der CFD-Software TRACE nachgewiesen. Im Vergleich zur Anwendung der Industrie-Formulation für Wasser- und Wasserdampf IAPWS-IF97 wurde die Rechenzeit der numerischen Simulation um den Faktor 10 reduziert. Gegenüber der sonst üblichen Berechnung mit Idealgas-Modellen wird die Gesamtrechenzeit lediglich um den Faktor 1,4 erhöht, obwohl die Berechnung mit Realgas-Stoffwerten erfolgt. Das entwickelte Spline-basierte Stoffwert-Berechnungsverfahren ist somit für die numerische Simulation auch von instationären Strömungsprozessen mit realen Fluiden geeignet.

Für das vorgestellte Verfahren wurde im Auftrag der International Association for the Properties of Water and Steam (IAPWS) eine Guideline mit dem Titel "IAPWS Guideline on the Fast Calculation of Steam and Water Properties in Computational Fluid Dynamics Using the Spline-Based Table Look-Up Method (STM)" erarbeitet. Nach der Evaluierung wird diese Guideline auf dem IAPWS Annual Meeting im Juni 2014 zum internationalen Standard für die Berechnung der Eigenschaften von Wasser und Wasserdampf in CFD-Simulationen erhoben.