

## **Optimierungs- und Kopplungsstrategien für Verfahren mit unterschiedlichem Detaillierungsgrad zur Automatisierung eines aerodynamischen Verdichterauslegungsprozesses**

Fiete Pöhlmann

Schlüsselwörter: Multikriterielle Optimierung, Verdichterauslegung, Prozessintegration, Parametrisierung, Bézierkurven, Kopplungsstrategien, Aerodynamik, gemischt ganzzahlige Optimierung

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit dem aerodynamischen Verdichterauslegungsprozess. Dieser Entwurfsprozess unterteilt sich im Allgemeinen in vier verschiedene Phasen. Dabei kommen Verfahren mit steigendem Detaillierungsgrad zum Einsatz, um ausgehend von bloßen Leistungsdaten schrittweise einen Verdichter zu entwerfen. Zu Beginn werden mit einem 1D *Meanline* Programm der Ringraum sowie aerodynamische Größen entlang der Mittellinie ausgelegt. Danach kommt ein *Throughflow* Programm zum Einsatz, das mit Hilfe von Stromlinienkrümmungsverfahren die Lage der Stromlinien bestimmt. Ein Schaufelentwurfsprogramm definiert die detaillierte Schaufelgeometrie, bevor der Entwurf abschließend mittels numerischer Strömungssimulation validiert werden kann. Diese Programme werden in dieser Arbeit innerhalb automatisierter Prozesse verwendet. Sie bilden die Grundlage für die Automatisierung des gesamten Verdichterauslegungsprozesses.

Für jede der Entwurfsphasen werden Optimierungsprobleme vorgestellt und untersucht. Die vorliegende Arbeit basiert auf Forschungsergebnissen zu den einzelnen Entwurfsphasen, die detailliert vorgestellt werden. Ausgehend von den gewonnenen Erkenntnissen werden Veränderungen und Erweiterungen der Optimierungsprobleme schrittweise hinzugefügt und die erzielten Verbesserungen der Ergebnisse werden aufgezeigt.

Ein Kernpunkt der Arbeit liegt auf der Kopplung der beteiligten Auslegungsprogramme und Phasen. In jedem Auslegungsschritt werden automatisierte Prozesse verwendet, um mehrkriterielle Optimierungen durchzuführen. Da das Ergebnis einer solchen Optimierung eine Paretofront bestehend aus mehreren Entwürfen ist, wird die Frage aufgeworfen, wie diese Entwürfe von einem Auslegungsschritt zum nächsten übergeben werden sollen. Die Antwort auf diese Frage führt zu immer neuen Problemen, an deren Ende als Lösung eine neu entwickelte alternative Problemformulierung mit Namen Contradictory Objective Approach (COA) steht. Die Entwicklung dieses Ansatzes wird schrittweise vorgestellt und Vorteile werden demonstriert.

Abschließend werden mit dem automatisierten Auslegungsprozess unterschiedliche Verdichter entworfen und mit Hilfe der 3D CFD verglichen. Dadurch kann eine Empfehlung abgegeben werden, wie die Auslegungsprogramme bestmöglich genutzt werden sollten.

Abstract

## **Optimization and Coupling Strategies for Codes of Different Fidelity to Automate an Aerodynamic Compressor Design Process**

Fiete Pöhlmann

Keywords: multi-objective optimization, compressor design, process integration, parametrization, Bézier-curves, coupling strategies, aerodynamics, mixed variable optimization

The presented work deals with the aerodynamic compressor design process. This design process generally consists of four phases in which tools with increasing fidelity are applied to design step by step a complete compressor from mere performance data. The process starts with a 1D *Meanline* code where the annulus geometry and flow values along the midline are defined. Secondly, a *Throughflow* code is applied to define streamlines based upon a streamline curvature method. A subsequent blading process determines the actual blade shape. Finally, a 3D CFD code is typically employed to validate the designed compressor. In the underlying thesis, these four tools are used within automated workflows in order to conduct the aerodynamic compressor design process in an automated manner.

For each design phase optimization problems are outlined and investigated. Starting from previous research that investigated the different design phases and is presented in detail in this thesis, modifications and enhancements are gradually applied to the original optimization problems. The performance of the updated optimization problems is compared to the former results and the continuous improvements are documented.

This work specifically focuses on the development of coupling strategies for the participating design codes and phases. At each design step of the process, the automated workflows are used to solve multi-objective optimization problems. Since the result of such an optimization problem is not a single design but a Pareto-front consisting of several designs, the challenging question arises of how to transfer complete Pareto-fronts from one design phase to the next. The answer leads to a sequence of new problems which are solved with a newly developed alternative problem formulation called Contradictory Objective Approach (*COA*). The thesis discusses the development of this approach in detail. Test problems as well as the design transfer within the aerodynamic compressor design process are tackled with *COA* in order to demonstrate the advantages of this new approach.

Finally, the structure of the automated design process is determined and several created compressor configurations are compared using 3D CFD analysis. From this last assessment recommendations concerning the role and importance of the different design codes, participating in the aerodynamic compressor design process, are drawn.