

Kurzfassung

Triebwerkskomponentenprozesse und Entwurfsstrategien für die holistische aerodynamische Auslegung eines Kerntriebwerks

Schlüsselwörter: holistische Kerntriebwerksauslegung, Multikriterielle Optimierung, Multidisziplinäre Design-Optimierung, Prozessintegration, Prozessautomatisierung, Parametrisierung, Kopplungsstrategien, Beschleunigungsstrategien, Aerodynamik

Die hohe Komplexität im Aufbau und Entwurf eines Flugtriebwerks erfordert in der industriellen Praxis eine modulare Entwurfsstrategie, bei der jede Triebwerkskomponente individuell ausgelegt wird. Um dabei die finale Funktionstüchtigkeit des Triebwerks zu gewährleisten, werden vorab aerodynamische und thermodynamische Schnittstellen im Rahmen einer vereinfachten Leistungsrechnung definiert. Die Detailauslegung der einzelnen Komponenten erfolgt anschließend auf Basis eines kaskadierten Entwurfsansatzes, in dem mehrere Entwurfsschritte mit steigendem Detaillierungsgrad sequenziell ausgeführt werden. Währenddessen bleiben die zuvor definierten Schnittstellen unverändert und dürfen nicht adaptiert werden. Die individuelle, optimale Auslegung der einzelnen Triebwerksmodule garantiert am Ende noch keinen effizienten Betrieb des Gesamtsystems. Damit eine gute Balance zwischen allen Komponenten gefunden und somit das beste Triebwerk für ein gegebenes Einsatzszenarium entwickelt werden kann, müssen holistische Entwurfsansätze mit höherwertigen Designtools zur Anwendung kommen.

Die vorliegende Arbeit widmet sich der Entwicklung und Erprobung eines ganzheitlichen aerodynamischen Auslegungsansatzes für Kerntriebwerke auf höherer Detaillierungsebene. Zu diesem Zweck werden zunächst die automatisierten Entwurfsprozesse für die jeweiligen Kerntriebwerksmodule Verdichter, Brennkammer und Turbine aufgebaut, wobei sowohl auf deren eigenständige Nutzbarkeit als auch auf eine Anwendung im Verbund geachtet wird. Die erstellten Prozesse werden in unterschiedlichen multidisziplinären Kopplungsansätzen miteinander verknüpft und die Resultate sowie die Einsatzcharakteristiken einander gegenübergestellt. Ermöglicht wird der Aufbau einer holistischen Prozessstruktur erst durch die Freigabe der bis dato fixen Schnittstellenparameter zur Anpassung durch höherwertige Designwerkzeuge und dem damit einhergehenden komponentenübergreifenden Informationsaustausch. Um dem Potenzial variabler Schnittstellen und eines erweiterten Entwurfsraums gerecht zu werden, werden moderne Parametrisierungs- und Optimierungsstrategien in die Entwurfsprozesse eingebunden. Als wesentliches Auslegungsziel verfolgen die Prozesse eine Verbesserung des Wirkungsgrads sowie eine Emissionsreduktion. Um die umfangreichen Designprozesse für eine industrielle Anwendung attraktiv zu gestalten, werden zusätzlich zwei Beschleunigungsansätze vorgestellt. Diese ermöglichen die Identifikation vergleichbarer Triebwerkskonfigurationen mit stark reduziertem Rechen- und Zeitaufwand.

Abstract

Aero Engine Component Processes and Design Strategies for the Holistic Aerodynamic Design of a Core Engine

Keywords: holistic core engine design, multi-criteria optimization, multi-disciplinary design optimization, process integration, process automation, parameterization, coupling strategies, acceleration strategies, aerodynamics

In industrial practice, the high level of complexity in the structure and design of aircraft engines calls for a modular design strategy where each engine component is designed individually. In order to ensure the final functionality of the engine, aerodynamic and thermodynamic interfaces are defined in advance as part of a simplified performance calculation. The detailed design of the individual components is then carried out on the basis of a cascaded design approach where several design steps are performed sequentially with increasing levels of detail. During this process, the previously defined interfaces remain constant and must not be adapted. However, in the end the individual, optimum design of the individual engine modules does not guarantee efficient operation of the overall system. In order to obtain a good balance between all components, and thus the best engine for a given operational scenario, holistic design approaches with higher-fidelity design tools must be applied.

This work is dedicated to the development and testing of a holistic aerodynamic design approach for core engines at a higher level of detail. To this end, automated design processes for the core engine modules compressor, combustor, and turbine are built respectively, where attention is paid to both stand-alone usability and their joint application. The created processes will be linked in different multi-disciplinary coupling approaches and the results as well as the application characteristics will be compared. The creation of a holistic process structure is enabled by releasing the previously fixed interface parameters for adaptation by higher-quality design tools and cross-component information exchange. In order to exploit the potential of variable interfaces and an expanded design space, modern parameterization and optimization strategies are integrated into the design processes. As a key design goal, the processes pursue an improvement of efficiency as well as a reduction of emissions. In order to make the extensive design processes attractive for industrial application, two acceleration approaches are additionally presented. They enable the identification of comparable engine configurations with greatly reduced computational and time requirements.