

Kurzfassung

Ein Beitrag zur automatisierten Triebwerksvorauslegung

Philipp Kupijai

Stichworte: Triebwerksvorauslegung, Automatisierung, Prozessintegration, Mehrkriterienoptimierung, Antwortflächenverfahren

Der Beginn einer Triebwerksentwicklung wird in den meisten Fällen durch die Anfrage eines Flugzeugherstellers angestoßen, der ein Antriebssystem für ein neues Flugzeug sucht. Wegen der Komplexität von Flugtriebwerken definieren die vom Flugzeughersteller formulierten Anforderungen nur einen Bruchteil der für die Auslegung benötigten Systemvariablen. Damit bleibt Spielraum und die Aufgabe der Ingenieure, ein Konzept zu entwickeln, welches den Anforderungen in möglichst effizienter, sicherer und zuverlässiger Weise genügt.

Die hier betrachtete Triebwerksvorauslegung folgt dem verbreiteten Ansatz, die Auslegung mit der Leistungsrechnung zu beginnen, um die thermodynamischen Zustandsgrößen an den verschiedenen Triebwerkspositionen für verschiedene Betriebspunkte zu bestimmen. Für eine verbesserte Abbildung des Verhaltens einzelner Triebwerkskomponenten wird auf Charakteristiken vermessener Systeme zurückgegriffen, wobei deren wesentliche Parameter mit empirischen Skalierungsverfahren an das aktuelle System adaptiert werden. Damit können Wirkungsgrade und spezifische Parameter einzelner Triebwerkskomponenten sowie deren geometrische Eckpunkte zur Darstellung erster Triebwerksquerschnitte genauer vorausgesagt werden.

Die vorliegende Arbeit präsentiert einen Ansatz, wie die für die Triebwerksvorauslegung verwendeten Prozesskomponenten in einen automatisierten Prozess integriert werden können, um eine Vielzahl an Entwürfen in kurzer Zeit auszuwerten. Dafür werden die Vorteile von Programmiersprachen wie *Java* gegenüber von *Excel* erläutert und ein Ansatz für die Überführung von *Excel*-Tabellen in *Java*-Programme vorgestellt. Die Automatisierung ermöglicht die Unterstützung der Auslegung durch numerische Mehrkriterienoptimierungsverfahren. Deren industrielle Anwendbarkeit wird anhand von Beispielen demonstriert, bei denen gleichzeitig die Triebwerksmasse und der spezifische Treibstoffverbrauch minimiert werden. Es wird außerdem dargelegt, wie gut sich Antwortflächenverfahren für die Triebwerksvorauslegung eignen und diese zu einer hohen Prozessbeschleunigung beitragen. Eine mögliche Verknüpfung der Gesamtvorauslegung und Komponentenvorauslegung wird am Beispiel des Hochdruckverdichters demonstriert. Hier wird die Mehrkriterienoptimierung als Werkzeug verwendet, um initiale Datensätze für weiterführende Auslegungsverfahren mit erhöhtem Detailierungsgrad zu generieren.

Abstract

A Contribution to Automated Preliminary Aero-Engine Design

Philipp Kupijai

keywords: preliminary aero-engine design, process automation, process integration, multi-criteria optimisation, surrogate modelling techniques

The first step in the development a new aero-engine is the preliminary engine design phase. The main challenge here is that only a small amount of knowledge about the engine is available, but decisions with huge impact on product life cycle costs have to be made. Due to the complexity of aero-engines, the aircraft manufacture's requirements define only a small number of system variables. Thus, it is the engineer's task to develop an engine concept which fulfils all requirements in an efficient, safe and reliable manner.

Basically, the preliminary engine design process considered in this thesis follows the common approach to start the design with performance calculation in order to determine the thermodynamic properties at different engine positions for several operating points. Characteristics of measured engine components are used to improve the prediction accuracy where the scaling parameters are adapted with knowledge-based engineering methods. This enables to predict efficiencies, specific parameters of several engine components and geometrical corner points for drawing first general arrangements of the engine.

This thesis presents a valid and universal approach to integrate the process components into an automated design process allowing evaluation of a large number of designs in a short time. Advantages of programming languages like *Java* over *Excel* are illustrated and an approach to transfer *Excel* sheets to *Java* programmes is presented. Multi-criteria optimisation methods are applied to the design process. To proof industrial applicability, real world examples are discussed where specific fuel consumption and engine weight are minimised. It is shown that surrogate modelling techniques are suitable for preliminary engine design and that their application allows significant run time reduction even for preliminary design tools which are characterised by a moderate computational effort. In addition, the potential of coupling preliminary design with the first phase of detailed component design is investigated for aerodynamic design of an axial high pressure compressor. Here it is shown that multi-criteria optimisation can be used to find initial solutions for compressor meanline calculation which requires a higher level of detail input compared to the output of compressor scaling tools which are used by the preliminary engine design phase.