Kurzfassung

Heutzutage wird bereits mit Beginn der Konzeptphase neuer Bauteile auf die Verfahren der Strukturoptimierung, wie Topologie-, Gestalt- oder Parameteroptimierung, zurückgegriffen. Deren Einsatz ermöglicht es, das vorhandene Leichtbaupotenzial eines Bauteils optimal zu nutzen, Entwicklungszeiten zu verkürzen und eine schnelle Reaktion auf sich ändernde Randbedingungen zu gewährleisten.

Insbesondere bei Herstellern von Flugzeugantrieben besteht großes Interesse an solch modernen Entwicklungsprozessen, um die mehrjährige Auslegungsphase zukünftiger Triebwerke zu verkürzen und dabei die Wirtschaftlichkeit weiter zu steigern bei gleichzeitiger Reduzierung der Schadstoff- und Lärmemission. Ein möglicher Ansatz zur Erreichung der letztgenannten Ziele stellt die Integration eines Getriebes in das bestehende Turbo-Fan-Konzept dar. Dies bedingt jedoch einen konstruktiven Eingriff in das ursprüngliche Konzept, was eine Vielzahl neuer Fragestellungen mit sich bringt. Vor allem die damit verbundene Forderung nach einer gewissen mechanischen Flexibilität einzelner Getriebekomponenten bringt klassische Topologieoptimierungsansätze bei der Grobauslegung an ihre Grenzen. Die Flexibilität ist notwendig, um einen Abfall des Antriebsmomentes durch Flugmanöver induzierte Verschiebungen zu verhindern.

Der Kern der vorliegenden Arbeit ist die Einführung, Herleitung und Umsetzung eines innovativen, spannungsbasierten Ansatzes, welcher die Entwicklung flexibler Designkonzepte mithilfe der Topologieoptimierung ermöglichen kann. Die Demonstration der Funktionsweise erfolgt anhand einer Vielzahl akademischer Beispiele. Zudem wird eine detaillierte Untersuchung der Robustheit des implementierten Algorithmus sowie eine Analyse des potenziellen Anwendungsspektrums durchgeführt. In Bezug auf die Anwendbarkeit gängiger Fragestellungen in der Industrie wird der zunächst für zweidimensionale Problemstellungen entwickelte Ansatz in den dreidimensionalen Raum übertragen. Die abschließende Optimierung eines praxisnahen Triebwerkbauteils, der Antriebswelle eines Planetengetriebes, verdeutlicht, dass der spannungsbasierte Ansatz ein nützliches Werkzeug zur Entwicklung flexibler Designkonzepte ist und das Potenzial besitzt, die Effektivität der Auslegungsphase solcher Bauteile maßgeblich zu verbessern.

Abstract

Nowadays, structural optimization methods such as topology, shape or parameter optimization are used right from the start of the concept phase of new components. Their use helps to fully exploit the lightweight potential of a component, shorten development times and ensure a rapid response to changing boundary conditions.

Especially aircraft engine manufacturers are very interested in such modern development processes in order to accelerate the multi-year design phase of future engines. At the same time, a further increase in economic efficiency is intended while reducing pollutant and noise emissions. One possible approach to achieving these goals is to integrate a gear into the existing turbo fan concept. However, this requires a significant design modification of the original concept, which leads to a number of new challenges. In particular, certain gearbox components require a specific degree of mechanical flexibility to avoid torque loss caused by displacements induced by flight maneuvers. This necessity challenges the conventional limits of classical topology optimization approaches during the conceptual design phase.

Core of this work is the introduction, derivation, and implementation of an innovative stress-based approach that enables the development of flexible design concepts using topology optimization. The functionality is demonstrated using a variety of academic examples. In addition, a detailed investigation regarding the robustness of the implemented algorithm and an analysis of the potential range of applications are carried out. With respect to the applicability to common industrial problems, the approach developed for two-dimensional problems is transferred to three-dimensional space. The final optimization of a practical engine component, the transmission shaft of a planetary gear, illustrates that the stress-based approach is a useful tool for developing flexible design concepts. Furthermore, it reveals the potential to significantly improve the efficiency of the design phase of such components.