

Kurzfassung

In der modernen globalisierten Welt besteht ein großer Bedarf an schnellen, flexiblen und sicheren Transportmitteln, die zugleich möglichst nachhaltig sind. Kommerzielle Überschallflugzeuge könnten die Nachfrage nach solch einem Transportmittel erfüllen, wenn sie im Vergleich zu früheren Anwendungen eine höhere Nachhaltigkeit durch einen verringerten Kraftstoffverbrauch bieten würden. Dazu könnte eine Luftwiderstandsreduktion ihrer Triebwerke durch die Verwendung variabler Pitot-Einlässe beitragen. Diese finden in der gegenwärtigen reinen Unterschallluftfahrt keine Anwendung, da deren erhöhte Masse sowie die eingeschränkte Zuverlässigkeit und Sicherheit das vorhandene aerodynamische Einsparpotenzial überwiegen.

Daher ist zu untersuchen, ob variable Pitot-Einlässe für den Überschallbetrieb bis Mach 1,6 konstruktiv umsetzbar sind, die luftfahrtspezifischen Standards für Sicherheit und Zuverlässigkeit erfüllen können und dabei eine Verbesserung der Nachhaltigkeit ermöglichen. Hierfür wird in der vorliegenden Arbeit der Stand der Technik zu variablen Pitot-Einlässen sowie zur Konstruktionsmethodik dargestellt. Zudem wird der zugrunde liegende Konstruktionsansatz zur Erarbeitung eines sicheren und zuverlässigen Konzepts sowie seine Umsetzung vorgestellt. Aus der Umsetzung dieses Ansatzes gehen Anforderungen, Funktionen und über 30 Konzepte für variable Pitot-Einlässe hervor. Nach einer Vorauswahl dieser Konzepte anhand erarbeiteter Bewertungskriterien ergeben sich drei Konzeptgruppen. Diese variieren die Geometrie des Einlasses durch Verschieben starrer Komponenten, Verformen des Oberflächenmaterials oder Grenzschichtbeeinflussung. Basierend auf Sicherheitsanalysen, Integrationsstudien sowie aerodynamischen Untersuchungen zur Ermittlung idealer und umsetzbarer Einlassgeometrien stellte sich die Konzeptgruppe verschiebbarer starrer Komponenten als am besten geeignet heraus. Aus dieser Konzeptgruppe wurde ein Konzept hergeleitet, das die Geometrie des Einlasses durch Verschieben eines Vorderkantenrings sowie von Segmenten der unterteilten Einlasshülle variiert. Das Konzept wurde strukturell dimensioniert, modelliert und in einem Prototyp realisiert.

Durch den Prototyp wurde die Funktionsfähigkeit des variablen Pitot-Einlasskonzepts nachgewiesen, wodurch Technologie-Reifegrad TRL 3 erreicht ist. Zudem ergibt sich in Abhängigkeit der finalen Konzeptmasse ein Reichweitengewinn für Überschallflugzeuge bis Mach 1,6 von 20 % bis 30 %. Dieser Reichweitengewinn würde in einer signifikanten Verbesserung der ökonomischen und ökologischen Eigenschaften dieses derzeit schnellsten Transportmittels resultieren. Somit könnten variable Pitot-Einlässe durch das erarbeitete Konzept eine Schlüsselrolle bei der Wiedereinführung eines umweltfreundlicheren kommerziellen Überschallflugs einnehmen.

Abstract

In the modern globalised world, there is a high demand for fast, flexible and safe transport that is also as environmentally sustainable as possible. With improved sustainability, commercial supersonic aircraft could meet the demand for such a means of transportation. Improved sustainability could be achieved by reducing the drag of the aircraft engines by using variable pitot inlets. This way, the required thrust and fuel consumption could be decreased. However, variable pitot inlets are not used yet, as their increased mass, as well as their limited reliability and safety outweigh their potential aerodynamic benefits in modern solely subsonic aviation.

Hence, it must be investigated whether variable pitot inlets for supersonic operation up to Mach 1.6 are feasible in terms of design, can meet the aviation-specific standards for safety and reliability and, at the same time, enable a higher level of sustainability. For this purpose, the current thesis presents the state of the art concerning variable pitot inlets and design methodology. In addition, a design approach for the development of a safe and reliable concept is introduced and implemented. The implementation of this approach results in requirements, functions and over 30 concepts for variable pitot inlets. Following a pre-selection of these concepts based on elaborated evaluation criteria, three concept groups result. These concept groups vary the inlet geometry by adjustment of rigid surface components, by elastic deformation of the surface material or by boundary layer control. Based on several safety analyses, integration studies and aerodynamic investigations to determine ideal and feasible inlet geometries, the concept group that adjusts rigid components emerged as the most suitable group. From this concept group, a concept has been derived that varies the geometry of the inlet by adjusting the position of a leading-edge ring, as well as the circumferential and axially segmented inlet cowl. This concept has been structurally dimensioned, modelled and implemented in a prototype.

By means of the prototype, the functionality of the concept has been demonstrated and technology readiness level TRL 3 has been achieved. Depending on the final mass of the concept, a resulting range benefit of 20% to 30% has been identified for the application of variable pitot inlets in supersonic aircraft up to Mach 1.6. This would significantly improve the economic and ecological properties of this fastest, currently possible means of transportation. Thus, variable pitot inlets could become a key technology for the reintroduction of commercial supersonic flight in a new, more environmentally sustainable way.