

Luftfahrtforschung und -technologie

"Engine 3E Programm"

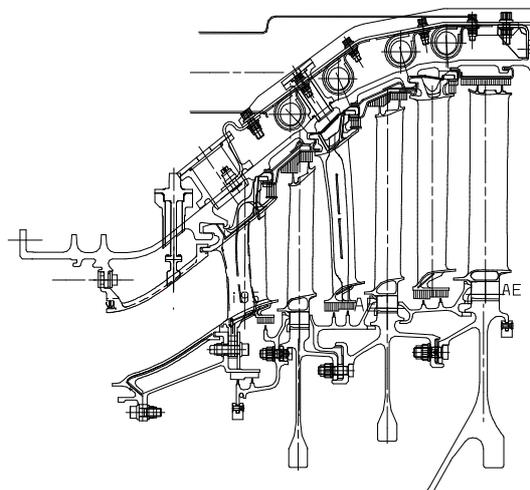
Effiziente und leichte Turbinen für Triebwerke der nächsten Generation (NextGen-T)

Abschlussbericht

Förderkennzeichen: 20T0302A

Laufzeit: 01.07.2003 bis 31.12.2007

Berichterstatter: Dr. Thomas Schröder



München, Juni 2008

1. Einleitung	3
2. Übersicht	4
2.1 Zielsetzung des Vorhabens.....	4
2.2 Projektstruktur	4
2.3 Wesentliche Ergebnisse.....	6
3. Darstellung der Arbeitspakete und der erreichten Ergebnisse.....	8
3.1 High Lift Blading (AP 2000).....	8
3.1.1 Conventional High Lift Blading (AP 2100)	9
3.1.2 Passive Boundary Layer Control High Lift Blading (AP 2200).....	41
3.2 Thin Solid Airfoils (AP 3000)	44
3.2.1 Innovative 3D-Profilierung mit Rigttest	44
3.2.2 Konzeptprüfung Aspirating Airfoils (AP 3200)	56
3.3 3D-Flow Control (AP 4000)	63
3.3.1 Konzeptbeschreibung (AP 4100).....	63
3.3.2 Kaskadenuntersuchungen (AP 4100).....	67
3.3.3 Untersuchungen in der LISA-Turbine (AP 4200)	74
3.3.4 Rigversuch (AP 4300)	92
3.3.5 Zusammenfassung und Ausblick.....	99
4. Schrifttum	101

1. Einleitung

Die Hersteller von Flugantrieben sind heute mehr denn je einem äußerst harten Wettbewerb ausgesetzt, der im Vergleich zu anderen Industrien einen deutlich höheren Aufwand für Forschung und Entwicklung erfordert, um die von den Flugzeugherstellern ständig geforderten Innovationen in der Triebwerkstechnologie auch bereitstellen zu können. Gleichzeitig weisen Flugtriebwerke aber auch ein sehr hohes Potenzial für eine Wertschöpfung auf. Vor dem Hintergrund der nach wie vor für den internationalen Luftverkehr unverändert hoch prognostizierten Wachstumsraten sichern somit die Entwicklung und die Herstellung von Flugantrieben durch die erfolgreiche Verknüpfung von Wertschöpfung mit der dazu erforderlichen Technologiebereitstellung einen für den Standort Deutschland überaus bedeutsamen Industriezweig. Darüber hinaus wird auch die Umweltverträglichkeit von Flugzeugen hauptsächlich von den Flugtriebwerken bestimmt und somit tragen innovative Triebwerkstechnologien gleichzeitig auch entscheidend zur weiteren Erhöhung der Umweltverträglichkeit von Flugzeugen bei.

In dem Verbundvorhaben "Effiziente und leichte Turbinen für Triebwerke der nächsten Generation" (NextGen-T), das im Rahmen des Programms "Luftfahrtforschung 2003 – 2007" des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie vom 1.7.2003 bis zum 31.12.2007 durchgeführt wurde, wurden innovative Technologien für künftige Turbinen ziviler Flugtriebwerke entwickelt. Hierzu wurden die zwei Themenschwerpunkte "Wirkungsgradsteigernde Technologien" und "Gewichtsreduzierende Technologien" für Niederdruckturbinen von Flugtriebwerken in einer Synthese verfolgt.

Zur weiteren Steigerung des heute bereits auf hohem Niveau liegenden Wirkungsgrads wurde eine aerodynamische Randzonenoptimierung (Umfangskonturierung des Ringraums) entwickelt und durch Maßnahmen zur Gewichtsreduzierung wurden eine Senkung des Herstelleraufwandes und der Herstellkosten erzielt. Mit dem Erreichen einer längeren Lebensdauer von Bauteilen wurde darüber hinaus eine Reduzierung von Wartungskosten ermöglicht. Alle entwickelten Einzeltechnologien weisen deutlich über den derzeitigen Stand der Technik hinaus und sind somit signifikante Innovationen für die Turbinen ziviler Flugtriebwerke aller Schubklassen und damit auch für die Flugtriebwerke als Ganzes.

2. Übersicht

2.1 Zielsetzung des Vorhabens

Die übergeordnete Zielsetzung des Vorhabens war es, innovative Technologien zu erarbeiten, die die MTU in die Lage versetzen, wettbewerbsfähige Niederdruckturbinen der nächsten Generation auf den Markt bringen zu können. Diese Technologien sollten insbesondere zu einer weiteren Steigerung des bereits auf hohem Niveau liegenden Wirkungsgrads, einer Reduzierung des Komponentengewichts und zur weiteren Reduzierung von Herstell- und Wartungskosten beitragen. Hierzu wurden drei Ansätze verfolgt:

- **High Lift Blading**

Mit innovativen Beschauelungskonzepten auch in Kombination mit aktiver Grenzschichtkontrolle sollte die Anzahl der Schaufeln in den einzelnen Gitterreihen und damit das Turbinengewicht sowie daraus folgend der Brennstoffverbrauch der Triebwerke deutlich reduziert werden.

- **Thin Solid Airfoils**

Mit der Entwicklung dünner Vollschaufeln sollten die Herstellkosten gegenüber den aufwändiger herzustellenden Hohl-schaufeln deutlich gesenkt sowie durch die damit auch verbundene Vermeidung der Korrosionsanfälligkeit von Hohl-schaufeln die Lebensdauer der Schaufeln deutlich gesteigert werden. Dabei sollte das bestehende bereits hohe Niveau des Wirkungsgrads erhalten werden.

- **3D-Flow Control**

Mit der dreidimensionalen Gestaltung der Ringräume von Niederdruckturbinen, d.h. einer Umfangskonturierung dieser Ringräume, sollte eine Optimierung der aerodynamischen Randzonen durchgeführt und damit eine signifikante Steigerung des Wirkungsgrads der Niederdruckturbinen erreicht werden.

2.2 Projektstruktur

In Abbildung 1 ist der Strukturplan des Projekts dargestellt. Das Projekt gliederte sich entsprechend diesen thematischen Ansätzen in die drei Hauptarbeitspakete:

- High Lift Blading (AP 2000)
- Thin Solid Airfoils (AP 3000)
- 3D-Flow Control (AP 4000)

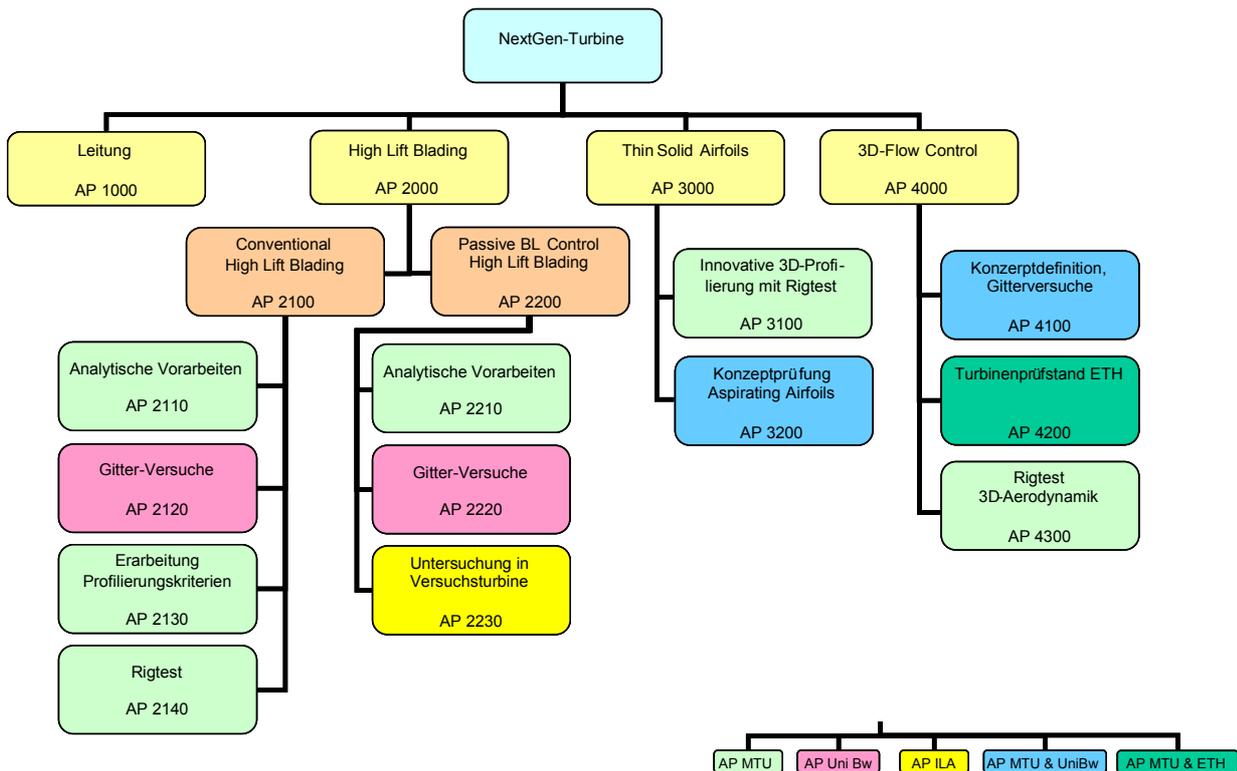


Abbildung 1: Projektstrukturplan

Die Projektpartner waren:

- MTU Aero Engines GmbH MTU
- Institut für Strahlantriebe der Universität der Bundeswehr München (im Unterauftrag) UniBw
- Institut für Energietechnik der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (im Unterauftrag) ETH
- Institut für Luftfahrtantriebe der Universität Stuttgart ILA

In dem Projektstrukturplan Abbildung 1 sind die von den Projektpartnern bearbeiteten Arbeitspakete farblich gekennzeichnet. Es sind dies: