

Fortschritte beim Forschungsprogramm LEMCOTEC

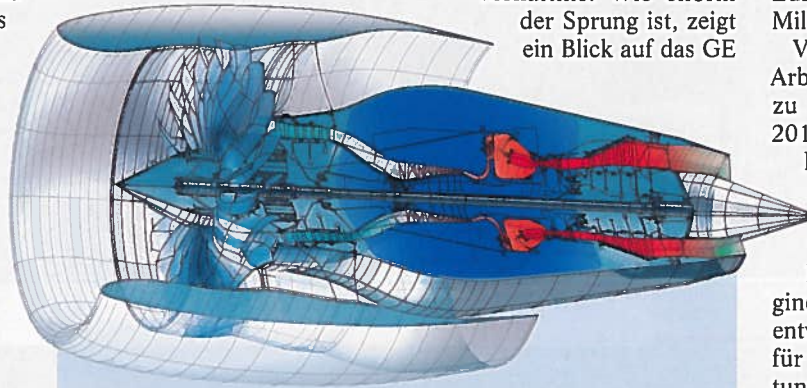
Europäischer Kraftakt

Ehrgeizige Ziele verfolgen die 35 Partner im europäischen Forschungsprogramm LEMCOTEC: Der Treibstoffverbrauch soll um bis zu 30 Prozent reduziert werden. Im Vordergrund steht die Einsatzreife der neuen Technologien.

Es klingt einfach, ist aber sehr aufwändig: Will man den Treibstoffverbrauch von Triebwerken weiter reduzieren, muss deren Wirkungsgrad verbessert werden. „Dies erfolgt unter anderem durch Steigerung der thermischen Effizienz des Kreisprozesses. Das bedeutet, dass das Gesamtdruckverhältnis und die Turbineneintrittstemperatur erhöht werden müssen. Unser Ziel liegt in der Erhöhung des Druckverhältnisses auf bis zu 70:1. So können wir helfen, den Treibstoffverbrauch der Triebwerke um 20 bis 30 Prozent zu reduzieren“, sagte Dr. Ralf von der Bank,

der Programmkoordinator von LEMCOTEC bei einem Technologie-Workshop des europäischen Forschungsprogramms Ende Oktober in Potsdam. LEMCOTEC steht für Low Emissions Core Engine Technologies. „Es ist ab-

zusehen, dass sich der Verbrauch langfristig auf zwei Liter Kerosin pro Passagier und 100 Kilometer reduzieren lässt.“ Das Projekt beschäftigt sich mit Technologien im Heißbereich für Triebwerke mit sehr hohem Gesamtdruckverhältnis. Wie enorm der Sprung ist, zeigt ein Blick auf das GE



Regional Turbofan

Ausstattung mit Getriebe

Schub: 81,9 kN

Nebenstromverhältnis: 11,9:1

Gesamtdruckverhältnis: 36,3:1

Aufbau: Niederdruckverdichter mit drei Stufen, Hochdruckverdichter mit fünf axialen Stufen und einer radialen Stufe, zweistufige Hochdruckturbine, vierstufige Niederdruckturbine

Brennkammersystem: PERM (Partially Evaporated and Rapid Mixing) von Avio

Ziel der Verbrauchsreduzierung:

31,3 Prozent (im Vergleich zum BR715-A1)



EIN NEUER VERDICHTER soll im Rahmen von LEMCOTEC bei MTU Aero Engines getestet werden.

Aviation GE90-115B: Das aktuell stärkste Triebwerk der Welt besitzt ein Verhältnis von 42:1.

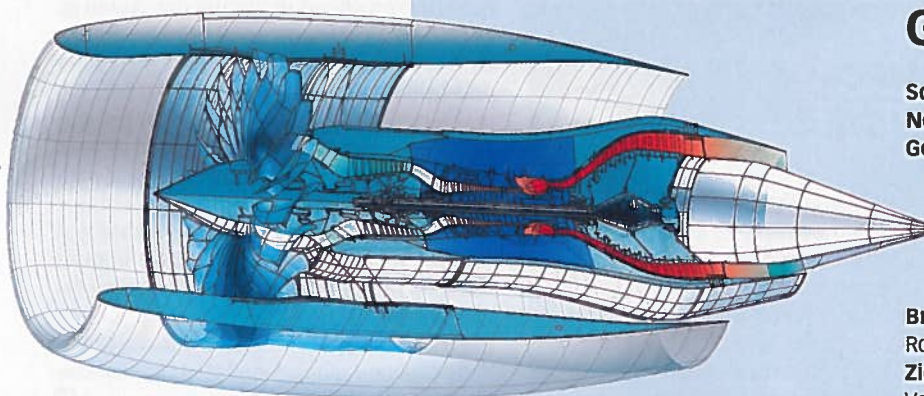
Den Stickoxidausstoß will man um 65 bis 70 Prozent verringern. Natürlich sollen auch die anderen Emissionen und das Gewicht gesenkt werden.

Das Projekt des siebten EU-Rahmenprogramms begann am 1. Oktober 2011 als Fortsetzung von NEWAC (New Aero Engine Core Concepts) und soll bis zum 30. September 2015 laufen. Beteiligt sind 35 Partner aus zehn EU-Ländern und das ZIAM-Institut aus Russland. Das Budget liegt bei 68,4 Millionen Euro, von denen die EU 39,9 Millionen Euro beisteuert.

Vor den Forschern liegt viel Arbeit: 140 Zwischenziele sind zu erreichen. Ende Oktober 2013 waren davon schon 17 Prozent geschafft.

Das Programm ist in vier Subprojekte (SP) unterteilt. Das erste unter der

Leitung von MTU Aero Engines betrachtet den Gesamtdesign der Triebwerke und ist für die Integration und Bewertung der einzelnen Technologien verantwortlich. „Die Entwicklung fortschrittlicher Technologien für komplexe Systeme wie Flugtriebwerke benötigt eine Überwachung, um bei allen Arbeiten die Folgerichtigkeit zu erreichen“, erklärte Dr. Stefan Donnerhack von der MTU in Potsdam. Sein Bereich gibt die Eckdaten der drei sogenannten Studententriebwerke vor, für die LEMCOTEC Technologien entwickeln: Im Mittelpunkt stehen ein großer, konventioneller Turbofan, ein Getriebefan für Re-



Großer Turbofan

Schub: 373,6 kN

Nebenstromverhältnis: 14,8:1

Gesamtdruckverhältnis: 67:1

Aufbau (konventionell ohne Getriebe): Bläser (ohne zusätzl. Booster), Mitteldruckverdichter (fünf Stufen), Hochdruckverdichter (elf Stufen), zweistufige Hochdruckturbine, einstufige Mitteldruckturbine, achtstufige Niederdruckturbine

Brennkammersystem: Lean Direct Injection (LDI) von Rolls-Royce

Ziel der Verbrauchsreduzierung: 33,7 Prozent (im Vergleich zum Trent 772)

LEMCOTEC: Ziele im Strukturbereich

Zwischengehäuse:
10 % höhere Steifigkeit
und weniger Gewicht

Gehäuseverkleidung: 15 % weniger
Gewicht, 35 % weniger Leckagen

Luftkanal:
10 % weniger
Druck

Turbine: +0,5 %
 η HDT, 5 % we-
niger Kühlung

Luftführung:
10 % weniger
Druck

TiAl-
Leitschaufeln,
+0,5 % η HDV

Turbinenkon-
struktion: +1 % η
Mitteldruckturbine

Sekundärluftfluss,
+0,5 % η HDV

Brennkammergehäuse:
5 % weniger Gewicht,
plus 50 K Temperatur

5 = Einsatzreifegrad (TRL)
 η = Wirkungsgrad

gionaljets und ein Open Rotor (siehe Kästen). Außerdem untersuchen die Ingenieure neue Ansätze für Kerntriebwerke mit Einsatzdatum 2030 bis 2050.

Das Unterprojekt 2, unter der Leitung von Rolls-Royce, konzentriert sich auf Verdichter. „Die Gesamtdruckverhältnisse werden höher und höher. Dieser Trend wird anhalten. Das ist eine Herausforderung für das Verdichtersystem. Wir wollen nicht bei zu vielen Stufen enden“, erklärte Anthony Rae von Rolls-Royce. Daher bleiben auch Themen wie Integration und Gewicht nicht außen vor. Die Verdichter sollen im Schnitt um zehn Prozent leichter werden.

Eine ungewöhnliche Lösung weist der Hochdruckverdichter des Turbofans für Regionaljets auf. Er besitzt einen kombinierten Aufbau aus fünf Axialstufen (Druckverhältnis 20:1) und eine Radialstufe mit einem Druckverhältnis von 3,2:1. So will man trotz geringer werdenden Querschnitts einen hohen Wirkungsgrad erzielen. Die Länge der Schaufeln nimmt in den hinteren Stufen immer weiter ab, bis zu einem Wert von rund 15 Millimeter. Bei solchen Größenordnungen wird es schwer, Schaufeln mit ausgefeilter Geometrie zu fertigen. Ein Radialverdichter kann hier Abhilfe schaffen, er wurde bereits

im NEWAC-Programm erprobt. Seine Nachteile liegen im höheren Gewicht und dem nicht ganz so hochtemperaturfesten Material des Impellers. Die Schaufeln der Radialstufe müssten daher mit zweifach gekühlter Luft angeblasen werden. Die Auslegung wird derzeit optimiert, da der Treibstoffverbrauch laut einer Zwischenbewertung nur um 17 statt der geplanten 20 Prozent sinkt.

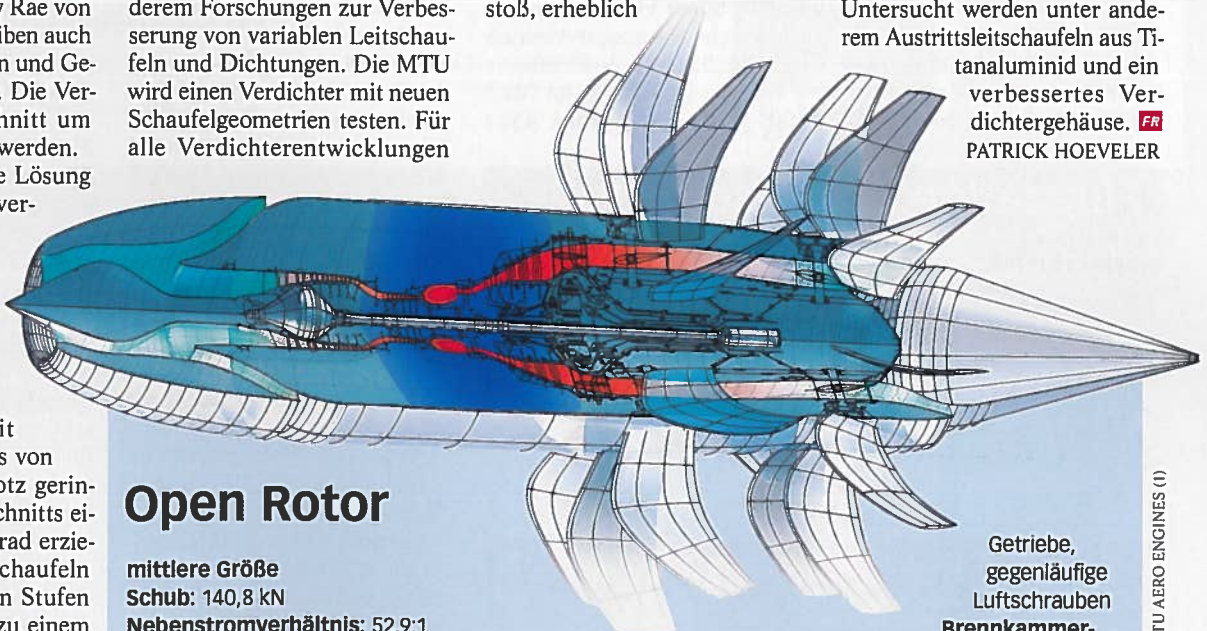
Gleichzeitig laufen unter anderem Forschungen zur Verbesserung von variablen Leitschaufeln und Dichtungen. Die MTU wird einen Verdichter mit neuen Schaufelgeometrien testen. Für alle Verdichtererentwicklungen

sind sieben Komponenten-Versuchsreihen mit hoher Geschwindigkeit, sechs mit niedriger Geschwindigkeit und drei mechanische Versuchsanordnungen geplant.

Die dritte Gruppe, SP3, arbeitet unter der Führung von Snecma an Brennkammern. Aufgrund der nötigen höheren Temperaturen würden ohne entsprechende Gegenmaßnahmen die Schadstoffemissionen, insbesondere der Stickoxidaustritt, erheblich

steigen. Größere Fortschritte bei den Emissionswerten sind nur mit Hilfe des Prinzips der Magerverbrennung möglich. Mit LEMCOTEC wollen die Techniker die Herausforderungen besser in den Griff bekommen: Magerverbrennung gilt als sehr anfällig für Verbrennungsinstabilitäten. Zudem muss der Kühlluftbedarf für Brennkammer und Hochdruckturbine reduziert werden, und die Steuerung der Einspritzung und des Kraftstoffflusses hat über den gesamten Betriebsbereich zu funktionieren. Für die drei fiktiven Studientriebwerke laufen konkrete Entwicklungen bei den jeweiligen Firmen und Instituten.

Die extrem hohen Druckverhältnisse und Temperaturen erfordern die Verwendung entsprechend geeigneter und widerstandsfähiger Materialien im Kerntriebwerk. In den Verdichtern ist beispielsweise eine hohe Steifigkeit nötig – gerade bei kleinen Schaufellängen –, um Verluste zu minimieren. Die Turbinen müssen ein höheres Drehmoment leisten und entsprechend ausgelegt sein. Gleichzeitig soll aber das Gewicht weiter sinken. Für diese Strukturen ist das von GKN (ehemals Volvo) geleitete Subprojekt 4 verantwortlich. Untersucht werden unter anderem Austrittsleitschaufeln aus Titanaluminid und ein verbessertes Verdichtergehäuse. **FR** PATRICK HOEVELER



Open Rotor

mittlere Größe

Schub: 140,8 kN

Nebenstromverhältnis: 52,9:1

Gesamtdruckverhältnis: 40,8:1

Aufbau: Mitteldruckverdichter mit sieben Stufen, Hochdruckverdichter mit fünf Stufen, einstufige Hochdruckturbine, zweistufige Mitteldruckturbine, dreistufige Arbeitsturbine,

Getriebe,
gegenläufige
Luftschauben

**Brennkammer-
system:** Multi-Stage Fuel

Injection System (MSFI) von Snecma
Ziel der Verbrauchsreduzierung: 48,2 Prozent
(im Vergleich zum CFM56-5A; spezifischer Verbrauch bei Bodertests in Meereshöhe)

FOTOS: LEMCOTEC, MTU AERO ENGINES (1)