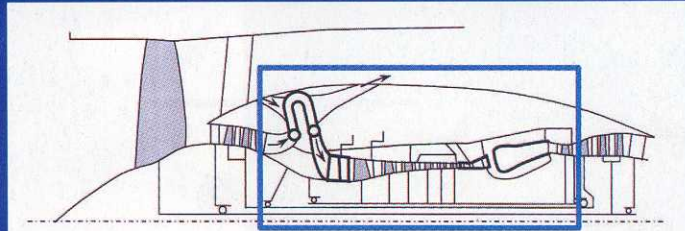


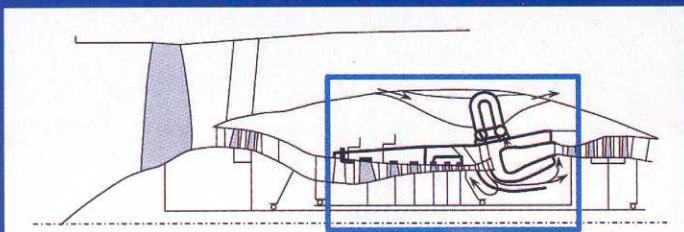
### Rekuperatives Triebwerk mit Zwischenkühlung (MTU Aero Engines)

- Zwischenkühler und Wärmetauscher
- Radialverdichter
- LPP-Brennkammer



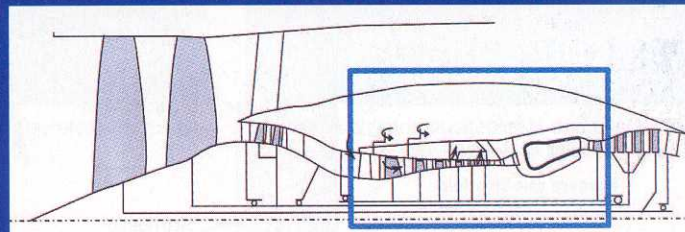
### Kern mit Zwischenkühlung (Rolls-Royce)

- einfacherer Zwischenkühler vor dem Hochdruckverdichter
- LDI-Brennkammer für magere Direkteinspritzung



### Aktiver Kern (MTU Aero Engines)

- Kühlung der Kühlluft
- Zwischenkühler hinter dem Verdichter
- aktive Steuerung des Verdichters
- PERM-Brennkammer



### Kern mit kontrolliertem Luftfluss (Snecma)

- auf doppelten Bläser aus VITAL abgestimmt
- aktive Pumpgrenzenregelung durch Luftausblasung
- verbessertes Anstreibverhalten, um die Leistung für die gesamte Lebensdauer hoch zu halten
- Brennkammer PERM oder LDI

NEWAC: Neue Konzepte für Triebwerke ab 2013

## Kern-Forschung

Bis 2010 forscht die europäische Antriebselite mit einem Budget von 71 Millionen Euro im NEWAC-Programm nach neuen Technologien für sparsamere und umweltfreundlichere Triebwerke. Einzelne Komponenten sollen ab 2009 auf Prüfständen erprobt werden.



**MEHRERE HUNDERT** Quadratmeter an Fläche umfasst der kompakte MTU-Wärmetauscher.

FOTOS: HOEVELER (D), FR-DOKUMENTATION

Die Ziele sind sicher sehr ehrgeizig, aber auch vom Markt gefordert“, sagt Dr. Günter Wilfert, Programm-Manager von NEWAC (New Aero Engine Core Concepts). Das europäische Vorhaben innerhalb des sechsten EU-Rahmenprogramms soll helfen, die Vorgaben des ACARE-Komitees (Advisory Council for Aeronautics Research in Europe) für Antriebe bis 2020 zu erfüllen, die eine Senkung des Stickoxidausstoßes um

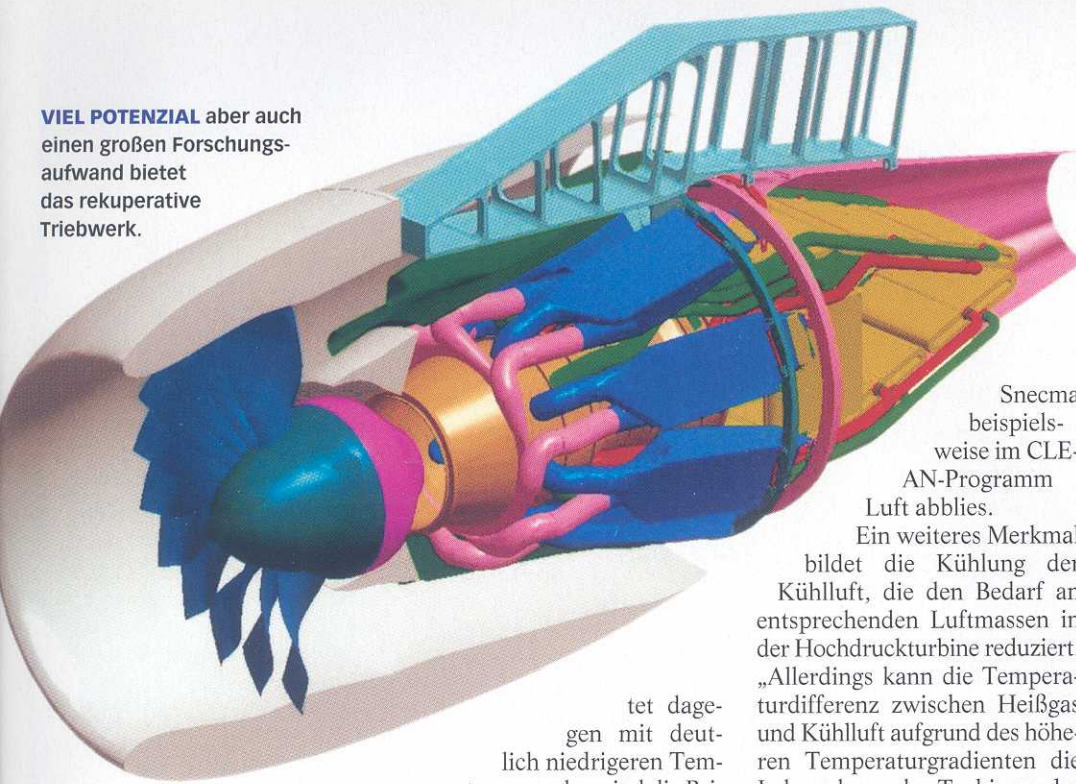
80 und des Treibstoffverbrauchs um 20 Prozent postulieren. Allerdings lassen sich solch enorme Fortschritte nicht mehr ohne neue Konzepte realisieren. „Daher erforschen wir in NEWAC verschiedene Ansätze für neue Kerntriebwerke.“ Das von MTU Aero Engines koordinierte Programm soll den Kohlendioxid-ausstoß um sechs und die Stickoxide um 17 Prozent reduzieren. Es läuft parallel zum auf den Niederdruckbereich konzentrier-

ten VITAL (Environmentally Friendly Aero Engine, siehe FR 7/2005).

In NEWAC konzentrieren sich die 40 Partner (europäische Triebwerksfirmen, Forschungseinrichtungen und Universitäten) auf vier Architekturen, von denen die vielversprechendsten zur Einsatzreife gebracht werden sollen. „Das rekuperative Triebwerk mit Zwischenkühlung ist davon das komplizierteste Konzept, verspricht aber auch die

größten Ersparnisse“, erklärt Dr. Wilfert. „Es handelt sich hier um die logische Fortführung von CLEAN.“ So wird in verbesserter Form der in diesem EU-Programm bereits erprobte Lanzetten-Wärmetauscher (siehe FR 10/2004) zum Einsatz kommen, der die Energie des Abgasstrahls wieder in das Triebwerk zurückführt. Da die Temperaturen am Ende des Verdichters nicht zu hoch sein dürfen, weil ansonsten keine ausreichende Temperatur-

**VIEL POTENZIAL** aber auch einen großen Forschungsaufwand bietet das rekuperative Triebwerk.



Snecma beispielsweise im CLEAN-Programm Luft abblies.

Ein weiteres Merkmal bildet die Kühlung der Kühlluft, die den Bedarf an entsprechenden Luftmassen in der Hochdruckturbinen reduziert. „Allerdings kann die Temperaturdifferenz zwischen Heißgas und Kühlluft aufgrund des höheren Temperaturgradienten die Lebensdauer der Turbinen reduzieren.“ Daher soll eine Steuerung der Kühlung (Durchsatz und Temperatur) nach den jeweiligen Bedürfnissen erfolgen. Als Kühler bietet sich der Wärmetauscher aus CLEAN an. Bei

tet dagegen mit deutlich niedrigeren Temperaturen, und so sind die Briten in der Lage, nach einfacheren und günstigeren Varianten wie über Kreuz liegende, gerippte Segmente zu forschen.

Die MTU betrachtet im dritten Vorhaben ein aktives Kerntriebwerk, das den Antrieb so steuert, dass er in allen Bereichen optimal funktioniert. Mittels einer aktiven Regelung der Spaltkontrolle im Verdichter ließ sich das Gehäuse entsprechend thermisch einstellen oder der Radius mechanisch verändern. „Das heißt: nachjustieren im Mikrobereich, um die Robustheit und das Leistungsvermögen über die gesamte Lebensdauer des Verdichters zu erhalten“, meint Dr. Wilfert.

### Intelligente Verdichter regeln den Luftfluss

Außerdem könnte die Pumpengrenze des Hochdruckverdichters beeinflusst werden (siehe FR 7/2006). „Auch dies spielt sich im Millisekundenbereich ab“, erklärt der MTU-Ingenieur. „Eine Strömungsablösung kündigt sich an einzelnen Stellen der Schaufel an. Ein intelligentes System erkennt dies und reagiert entsprechend.“ Ansonsten dreht sich die Schaufel noch zwei bis drei Mal, bis die Strömung komplett abreißt und der Verdichter ins gefährdete Pumpen gerät. Die MTU setzt hier auf das Einblasen von Luft zur Regelung, während

der zu verwendenden Brennkammer wird es sich um das PERM-Modell (partial evaporation, rapid mixing) von Avio handeln, das sich für Druckverhältnisse von 20:1 bis 35:1 eignet. Hier erfolgt die magere Einspritzung mittels Drallgeneratoren, die den Brennstoff teilweise verdampfen und schnell mit der Luft vermischen. In der letzten Variante untersucht Snecma einen Kern mit kontrolliertem Luftfluss als Fortführung der Versuche mit dem CLEAN-Verdichter.

Schon ab 2009 bis Mitte 2010 könnten die Ergebnisse von NEWAC zur Verfügung stehen, wie Dr. Wilfert bestätigt. „Die Technologien sollten dann so weit nachgewiesen sein, um sie in Entwicklungsprogramme einzubinden.“ Damit wären sie frühestens ab 2013 in Serie verfügbar. Diese Integration dürfte wohl Teil des siebten Rahmenprogramms werden, in dem es dann wieder einen kompletten Demonstrator geben könnte. **FR**

PATRICK HOEVELER

differenz für den Wärmetauscher vorhanden ist, wird die MTU einen Zwischenkühler integrieren. Durch diesen Kreisprozess reicht ein relativ niedriges Gesamtdruckverhältnis von 20:1 bis 25:1 aus. „Das ist ein Riesenvorteil, da ein größeres Verhältnis höhere Temperaturen und damit mehr Stickoxid nach sich zöge“, erklärt der Technologiestrategie.

„Aufgrund des niedrigen Druckverhältnisses ergibt in einem Wärmetauschertriebwerk auch ein Radialverdichter Sinn.“ Daher könnte Turbomeca ab 2009 einen entsprechenden, aus mehreren Radialstufen bestehenden oder mit Axialstufen kombinierten Verdichter testen. Er wird Druck für die so genannte LPP-Brennkammer (lean pre-mixed, pre-vapourized) liefern, die eine stabile Magerverbrennung durch verschiedene Luftflüsse gewährleistet. Ein Strom zerstäubt den Brennstoff vor der Verbrennung, während ein weiterer für eine Mischung mit der Luft sorgt.

Die zweite, von Rolls-Royce geleitete Triebwerkskonfiguration besitzt einen Zwischenkühler vor dem Hochdruckverdichter und eine LDI-Brennkammer (lean direct injection). Damit eignet sie sich für große Gesamtdruckverhältnisse von 30:1 bis über 50:1. Der Kühler arbei-