

Vortrag anlässlich des Statusseminars „Umweltschonende Antriebe“ in Bonn Bad-Godesberg am 2.6.1997

Thema: „NOx-Reduzierung durch Homogenisierung des Gemisches in der Brennkammer“

Luftverkehr: Statusseminar widmete sich dem Umweltschutz

Ökonomischer Schub sorgt für saubere Luft

VDI nachrichten 25. 7. 97 -
Startende und landende
Strahltriebflugzeuge nerven nicht
nur lärmgeplagte Anwohner, sie
tragen auch zur
Luftverunreinigung bei. Eine
Tagung in Bonn zeigte:
Triebwerkkonstruktoren suchen
neue Wege bei der Optimierung
des Treibstoffverbrauchs.

Neben der Verringerung der Lärmbelastigung durch Flugzeuge wird auch die Reinhaltung der Luft in zunehmendem Maße ein Thema für das Flugwesen. Wie auf dem jetzt in Bonn vom Bundesministerium Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie und dem Bundeswirtschaftsministerium veranstalteten Statusseminar „Umweltschonende Antriebe“ festzustellen war, zielen die Bemühungen zur Abgasverringerung auf die Senkung des Treibstoffverbrauchs der Flugzeuge. Eine Ausnahme sind die Stickoxide (NOx), deren Verringerung andere Maßnahmen erfordert. Doch auch dem Lärm haben die Konstrukteure den Kampf angesagt.

Mit der für die kommenden Jahre erwarteten Zunahme des Luftverkehrs um jährlich 5 % ist auch ein Anstieg der Umweltbelastungen durch den Flugverkehr verbunden. Dem gegenüber steht die auf der Weltklimakonferenz in Rio de Janeiro vereinbarte Senkung der CO₂-Emissionen. Wie das Statusseminar jetzt zeigte, ist dieser Konflikt für die Ingenieure in der Flugzeugindustrie eine große Herausforderung. Neue Technologien und Werkstoffe müssten entwickelt werden, um die Umweltbelastungen zu minimieren, war in Bonn zu hören. Im Mittelpunkt stehe aber die Verringerung des Treibstoffverbrauches, betonte Dr.-Ing. Klaus Steffens, Leiter der Technik der MTU Motoren- und Turbi-

nen Union München. Immer noch ließen sich wesentliche Einsparungen durch die Optimierung der Triebwerke erreichen.

Unterstützung bekommt der Flugzeugbau durch die Bundesregierung, die mit dem Technologieprogramm „Engine 3E“ die Forschung und Entwicklung umweltschonender Antriebe fördert. Das Ziel der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten ist ein Triebwerk, das - bezogen auf die Grenzwerte von 1995 - 20 % weniger Energie verbraucht, 10 dB(A) leiser ist, 85 % weniger NOx emittiert und zudem noch um 3 % geringere Betriebskosten als heutige Triebwerke verursacht.

Die NOx-Emissionen sind wesentlich vom Verhältnis Luft zu Brennstoff und von der Homogenität dieses Gemisches abhängig. Geringe NOx-Emissionen können bei fetter Verbrennung, also bei Treibstoffüberschuß, oder bei magerer Verbrennung erreicht werden. Die Verbrennung mit Treibstoffüberschuß ist unwirtschaftlich und mit Emissionen unverbrannter Kohlenwasserstoffe verbunden. Die magerer Verbrennung setzt die Mischung von Luft und Treibstoff vor der Verbrennung voraus und ist bisher technologisch noch nicht zu realisieren.

Vermeidung von Temperaturspitzen

Bei der Konzeption NOx-armer Brennkammern verfolgen die beiden deutschen Triebwerkhersteller MTU und BMW Rolls Royce unterschiedliche Ansätze. Die aktuellen Entwicklungen und der Stand der Forschungsarbeiten im Programm „Engine 3E“ wurden auf dem Statusseminar anschaulich präsentiert. MTU-Sprecher Dr.-Ing. Nikolaus Zarzalis: „Die Methode, die wir zur Reduzierung der NOx-Emissionen gewählt haben, zielt darauf ab, Temperaturspitzen in der Brennkammer durch Homogenisierung des Gemisches zu vermeiden.“ In der primären Stufe des

Brenners werde ein homogenes, fettes Gemisch verbrannt. Anschließend führe man durch ein Zuzugsmodul sehr schnell Luft zu und setze die Verbrennung im mageren Bereich mit geringen NOx-Emissionen fort. Dieses Konzept wurde in einer Rechteckkammer mit vier Brennstoffdüsen getestet. Zarzalis: „Bei Brennkammereintrittsbedingungen bis 20 bar und 795 K konnte die thermische Stabilität bei allen Betriebszuständen gewährleistet werden.“ Das Ausbrandverhalten entspreche dem Stand der Technik. Die NOx-Emissionen konnten um 57 % reduziert werden, jedoch waren die Rußemissionen erheblich höher als derzeit üblich. Durch eine Modifikation des ersten Aufbaus habe man sie schon im nächsten Schritt erheblich zurückgedrängt, erläuterte Zarzalis auf dem Statusseminar. Eine weitere Verminderung versprechen sich die Ingenieure nun durch eine optimierte Brennstoffaufbereitung.

Bei BMW Rolls Royce setzt man auf das Prinzip der schadstoffarmen, gestuften Brennkammer. In der gestuften Brennkammer gibt es zwei unabhängige Zonen, die jeweils einzeln hinsichtlich Gemischzusammensetzung und Verweilzeit optimiert werden. Bei Teillast bis 30 % Schub brennt nur der Pilotbrenner, bei Vollast wird der Hauptbrenner zugeschaltet. Dieses wirkt sich günstig auf die NOx-Entstehung aus. Im Rahmen des Engine 3E Programms wird ein Regelsystem entwickelt, mit dem der richtige Stufungspunkt (Zuschalten des zweiten Brennstoffkreises) erreicht werden kann und die Brennstoffaufteilung auf beide Kreise zu steuern ist. Der

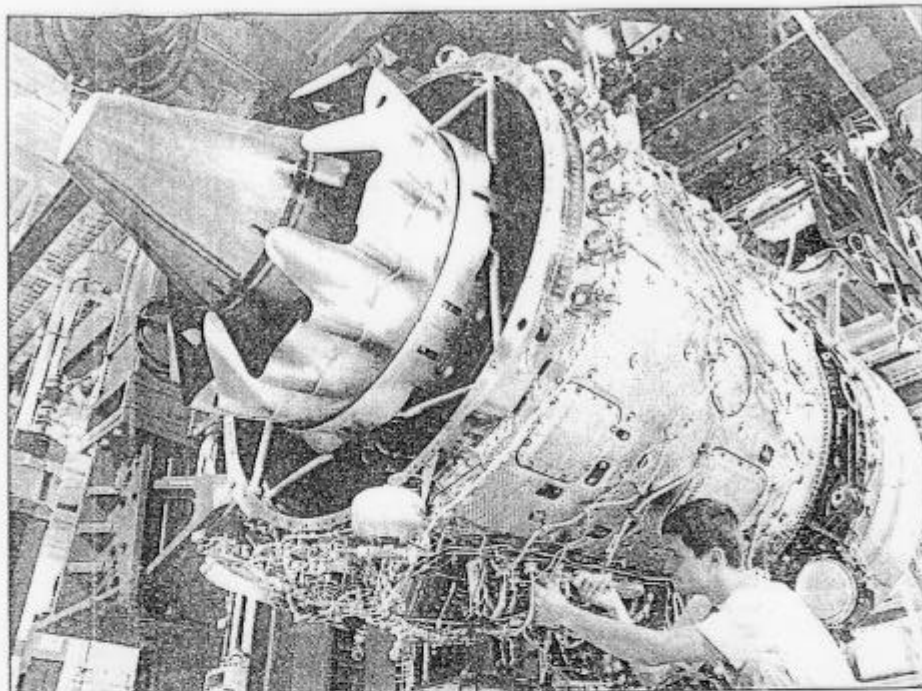


Triebwerksmodell bei der Entw

hub Luft

Brenners werde ein homogenes, fettes Gemisch verbrannt. Anschließend führe man durch ein Zuzugsmodul sehr schnell Luft zu und setze die Verbrennung im mageren Bereich mit geringen NOx-Emissionen fort. Dieses Konzept wurde in einer Rechteckkammer mit vier Brennstoffdüsen getestet. Zarzalis: „Bei Brennkammereintritsbedingungen bis 20 bar und 795 K konnte die thermische Stabilität bei allen Betriebszuständen gewährleistet werden.“ Das Ausbrandverhalten entspreche dem Stand der Technik. Die NOx-Emissionen konnten um 57 % reduziert werden, jedoch waren die Rußemissionen erheblich höher als derzeit üblich. Durch eine Modifikation des ersten Aufbaus habe man sie schon im nächsten Schritt erheblich zurückgedrängt, erläuterte Zarzalis auf dem Statusseminar. Eine weitere Verminderung versprechen sich die Ingenieure nun durch eine optimierte Brennstoffaufbereitung.

Bei BMW Rolls Royce setzt man auf das Prinzip der schadstoffarmen, gestuften Brennkammer. In der gestuften Brennkammer gibt es zwei unabhängige Zonen, die jeweils einzeln hinsichtlich Gemischzusammensetzung und Verweilzeit optimiert werden. Bei Teillast bis 30 % Schub brennt nur der Pilotbrenner, bei Vollast wird der Hauptbrenner zugeschaltet. Dies wirkt sich günstig auf die NOx-Entstehung aus. Im Rahmen des Engine 3E Programms wird ein Regelsystem entwickelt, mit dem der richtige Stufungspunkt (Zuschalten des zweiten Brennstoffkreises) erreicht werden kann und die Brennstoffaufteilung auf beide Kreise zu steuern ist. Der



Triebwerksmontage bei BMW-Rolls-Royce: Lärminderung und Reinhaltung der Luft nehmen bei der Entwicklung heutiger Flugzeugantriebe einen hohen Stellenwert ein. Foto: BMW-Rolls-Royce

erste Probelauf eines Kerntriebwerks mit gestufter Kammer auf dem Höhenprüfstand der Universität Stuttgart ist – so wurde in Bonn erklärt – für die zweite Jahreshälfte vorgesehen.

Einstufige Hochdruckturbinen

Zur Verringerung des Treibstoffverbrauchs kann neben der Brennkammer auch maßgeblich das Gewicht beitragen. Gewichtseinsparungen ließen sich durch leichte Werkstoffe und neue Bauweisen erreichen, erläuterte Dr.-Ing. Andreas Fischersworing-Bunk, BMW Rolls Royce, und zwar zum Beispiel durch integrale Schaufel/Scheiben-Verbunde im Verdichter, genannt „Blade-integrated-Disk“ (BLISK). Der Referent: „Die Motivation für BLISK liegt in der Gewichtsreduzierung von 30 % und einer Kostenreduktion von 10 % bei günstigen Fertigungsverfahren.“ Zur Zeit würden Baumuster mit unterschiedlicher Geometrie aus verschiedenen Fertigungsverfahren hinsichtlich Funktio-

nalität und Wirtschaftlichkeit untersucht. Neben der Hochgeschwindigkeitsfräsbearbeitung werde das EMC-Verfahren (Elektrochemical Machining) zur Bearbeitung der Schaufelblätter optimiert.

Gewichtseinsparungen bei den Turbinen könnten durch den Einsatz einstufiger statt zweistufiger Hochdruckturbinen erreicht werden, weiß Dr.-Ing. Wilfried Smarsly, MTU. Aber auch durch neue Werkstoffe, wie hochfeste Pulvermetallwerkstoffe, Einkristalle, faserverstärkte Keramik und leichte intermetallische Phasen wie TiAl. „TiAl ist ein aussichtsreiches, aber noch nicht serienreifes Material“, beschreibt Smarsly diesen neuen Werkstoff. „Durch die Dichte dieser intermetallischen Phasen können Einsparungen bis zu 40 kg an der Niederdruckturbinen erzielt werden.“ TiAl ist nicht so steif wie GFK und es gibt mit ihm keine Korrosionsprobleme. Durch eine werkstoffgerechte Gestaltung können leichte, hochsteife, ausreichend schadenstolerante Schaufeln und Scheiben gewährleistet werden. Verfahren zur Produktion sind bisher jedoch nur in den USA verfügbar. ALMUTH JANDEL/EW