

# AEROREPORT 02|17

Das Luftfahrtmagazin der MTU Aero Engines | [www.aeroreport.de](http://www.aeroreport.de)



## Technik im Test

*Die MTU verfügt über einzigartige Testkompetenzen in vielen Bereichen*

### MARKET

Accessories – die große Vielfalt der Anbaugeräte

### PARTNERS

Jahrzehntelange Zusammenarbeit für sichere Lufttransporte der Bundeswehr

### EXPERTISE

Zukunftstrends für luftatmende Triebwerke auf der ISABE-Konferenz



**Fast wie im Flugzeug-Cockpit** — Im Kontrollraum  
des Prüfstands für den A400M-Antrieb TP400-D6 bei der  
MTU Maintenance Berlin-Brandenburg.

*Liebe Leserinnen und Leser,*

selten sind wir in der Triebwerksbranche unserem Endprodukt so nahe wie bei einem Prüflauf: Wie im Cockpit eines Flugzeugs wird das Triebwerk im Leitstand mit dem Schubhebel hochgefahren. Es ist an der Decke einer beeindruckenden Halle befestigt und entfaltet nun so viel Schub, dass es einen Passagierjet in die Luft bringen könnte.

Doch auch hier hält die Digitalisierung Einzug und bringt Entwicklungen, die wir vor einigen Jahren noch nicht für möglich gehalten hätten: Der Schub am Prüfstand wird inzwischen meist digital geregelt, da keine menschliche Hand das so exakt kann. Und immer mehr Bauteilentwicklungen, die bislang aufwändig konstruiert, gebaut und getestet werden mussten, können heute schon mit Simulationen am Rechner untersucht werden. Prüfläufe kompletter Triebwerke sind dafür zu komplex – noch.

Bei den aktuell rasanten Fortschritten in der Informationstechnologie will ich jedoch nicht ausschließen, dass wir schon in der nächsten Antriebsgeneration weniger auf dem Prüfstand testen, sondern simulieren werden. Heute bereits nutzen wir Simulationen in der Entwicklung von Werkstoffen und Fertigungsverfahren, und wir haben mit dem Aufbau so genannter digitaler Zwillinge von Bauteilen begonnen – das heißt, wir sammeln und verknüpfen alle Bauteildaten aus der „realen“ Welt wie zum Beispiel Prüflaufergebnisse, um so Verhaltensweisen des Bauteils vorhersagen zu können.

Vom Testing von Entwicklungs- und Serientriebwerken berichten wir Ihnen in dieser aktuellen **AEROREPORT**-Ausgabe und werfen dabei auch einen Blick in einen Prüfstand. Außerdem haben wir bei Teilnehmern der diesjährigen ISABE-Konferenz nach Trends und Tendenzen für die Entwicklung von Luftfahrtantrieben gefragt. Wir schauen uns die Instandsetzung von Anbaugeräten an, wir stellen einen ungewöhnlichen Kunden vor und wir fragen nach der Zukunft des Überschallpassagierflugs.

An dieser Stelle möchte ich mich nach zwölf Jahren als Technikvorstand der MTU Aero Engines bei Ihnen verabschieden. Ich bin persönlich sehr froh und stolz, dass ich in dieser Zeit zur Entwicklung der Getriebefan-Technologie und vielen weiteren Innovationen beitragen konnte. Der MTU werde ich eng verbunden bleiben – sie hat eine hervorragende Zukunft.



Viel Freude bei der Lektüre wünscht Ihnen

Ihr

*R. Martens*

Dr. Rainer Martens

*Vorstand Technik*



**COVER STORY**

Technik im Test

Obwohl der Einsatz von Computersimulationen in der Luftfahrtindustrie rapide steigt, bleiben reale Triebwerks- und Komponententests unerlässlich. Über Jahrzehnte ist bei der MTU Aero Engines eine weltweite Prüfstandsinfrastruktur gewachsen, ohne die moderner Triebwerksbau und zuverlässige Instandhaltung undenkbar wären.

Seite 8-15



**MARKET**

Anlasser, Pumpe, Sensor, Ventil

Es gibt hunderte unterschiedliche Anbaugeräte für Triebwerke. Dementsprechend anspruchsvoll und komplex ist die Aufgabe, sie schnell und zuverlässig reparieren zu können. Aber es lohnt sich: Die Geschäfte mit dem Bauteile-Zoo laufen glänzend für die MTU Maintenance in Richmond bei Vancouver.

Seite 20-23



**PARTNERS**

BA CityFlyer setzt auf Effizienz

Die hundertprozentige Tochter von British Airways bietet vom London City Airport aus regionale Punkt-zu-Punkt-Verbindungen als Linien- und Ferienflüge in Großbritannien und Europa an. Natürlich müssen die Flugzeuge und ihre CF34-Triebwerke für die besonders hohe Auslastung einer Regionallinie jederzeit einwandfrei funktionieren.

Seite 24-27

**CONTENTS**

**NEWS**

- 6 **Ergebnisprognose erhöht** Die MTU-Financen nach den ersten Monaten 2017
- 6 **Pionierarbeit** MTU betreut A400M-Antrieb TP400-D6
- 6 **Exklusivvertrag für das CF34-Triebwerk** Neukunde Air Burkina für die MTU Maintenance
- 7 **Fit für das V2500-A5** Die MTU Maintenance Canada ist der Dritte MTU-Standort im IAE-Netzwerk
- 7 **Unter Experten** Die MTU Aero Engines beim 66. Deutschen Luft- und Raumfahrtkongress

**COVER STORY**

- 8 **Technik im Test** Über Jahrzehnte ist bei der MTU Aero Engines eine weltweite Prüfstandsinfrastruktur gewachsen
- 16 **Hineingeschaut** Blick in die Abläufe eines Triebwerksprüfstands

**MARKET**

- 20 **Anlasser, Pumpe, Sensor, Ventil** Anbaugeräte-Instandsetzung bei der MTU Maintenance Canada

**PARTNERS**

- 24 **BA CityFlyer setzt auf Effizienz** Die britische Fluggesellschaft wächst nicht nur am London City Airport
- 28 **Vertrauensvolle Zusammenarbeit** Seit 45 Jahren setzt die Bundeswehr auf den Transporthubschrauber Sikorsky CH-53G in Partnerschaft mit der MTU Aero Engines

**EXPERTISE**

- 30 **„The future is geared“** Interview mit Dr. Frank Grauer, Keynote Speaker auf der ISABE-Konferenz 2017
- 36 **Weltumspannend an einem Strang** Interview mit Dr. Rainer Walther, Administrative Secretary der ISABE
- 40 **Nicht gleich an die Decke gehen** MTU-Mitarbeiter entwickeln bodengeführtes Montagekonzept für PW1100G-JM

**PARTNERS**

## Vertrauensvolle Zusammenarbeit

Müssen schwere Lasten transportiert oder Truppen im unwegsamen Gelände abgesetzt werden, ist der Einsatz von leistungsstarken Hubschraubern unerlässlich. Seit nunmehr 45 Jahren setzt die Bundeswehr den Transporthubschrauber Sikorsky CH-53G ein. Für die Betreuung der Triebwerke hatte sie von Beginn an die MTU Aero Engines an ihrer Seite.

Seite 28-29

**EXPERTISE**

## „The future is geared“

Dr. Rainer Walther, Administrative Secretary der International Society of Air Breathing Engines (ISABE), und Dr. Frank Grauer, leitender MTU-Experte für Vorauslegung von Triebwerksprogrammen, berichten vom weltweiten Wissensaustausch über die Zukunft luftatmender Triebwerke auf der diesjährigen ISABE-Konferenz.

Seite 30-39

**TECHNOLOGY**

## Die nächste Über- schall-Generation

Der Überschall-Passagierjet Concorde ist Geschichte, aber wo liegt die Zukunft schneller Passagierflüge? **AEROREPORT**-Autor Andreas Spaeth, der selbst mehrfach in der Concorde geflogen ist, hat drei Programme, die sich derzeit in der Entwicklung befinden, näher unter die Lupe genommen.

Seite 42-45

**TECHNOLOGY**

42 **Die nächste Überschall-Generation** Wo liegt die Zukunft ultraschneller Passagierflüge?

**FACTS**

- 46 **Vom Automechaniker zum Luftfahrtpionier**  
Gerhard Neumann (1917-1997)
- 47 **Groß und sparsam** Bei GE Aviation steuert das GE9X auf den Erstflug zu
- 48 **Die Sinne eines Flugzeugs** Sensoren und Systeme sorgen für Sicherheit beim Fliegen
- 49 **30 Jahre V2500** Daten und Fakten rund um den erfolgreichen A320-, MD90- und KC-390-Antrieb
- 50 **Ein-Blick** GENx in Zahlen
- 50 **Impressum und Bildnachweis**



[www.aeroreport.de](http://www.aeroreport.de)

Alle Beiträge aus der Print-Ausgabe finden Sie ebenfalls online unter: [www.aeroreport.de](http://www.aeroreport.de) – auch im passenden Format für Ihr Smartphone oder Tablet. Informative Videos, Fotogalerien, zoombare Bilder und andere interaktive Specials warten dort auf Sie.

## Ergebnisprognose erhöht

Die MTU Aero Engines AG hat in den ersten neun Monaten 2017 ein Umsatzplus von 10 Prozent auf **3.745,4 Millionen Euro** erwirtschaftet. Das operative Ergebnis nahm um 14 Prozent auf 450,6 Millionen Euro zu. Damit stieg die Ergebnismarge von 11,6 auf 12 Prozent. Der Gewinn nach Steuern kletterte um 17 Prozent auf 320,4 Mio. €. „Basierend auf diesen Kennzahlen und den positiven Ergebniseffekten, die wir nun aus dem Produktmix erwarten, können wir unsere Ergebnisprognose anheben“,

so Vorstandsvorsitzender Reiner Winkler. Die MTU rechnet für das Gesamtjahr jetzt mit einem operativen Ergebnis von rund **600 Millionen Euro** und einem Gewinn von etwa **420 Millionen Euro**. Bisher war sie von rund 560 Millionen Euro Ergebnis und etwa 390 Millionen Euro Gewinn ausgegangen. Die Umsatzerwartung gleicht die MTU dollarkursbedingt an und erwartet rund 5,1 statt etwa 5,3 Milliarden Euro Umsatz.

## Pionierarbeit: MTU betreut A400M-Antrieb TP400-D6

Die MTU Aero Engines betreut in den nächsten fünf Jahren alle Antriebe der deutschen Airbus-Militärtransporter **A400M**. Der Rahmenvertrag wurde zwischen dem Bundesamt für Ausrüstung, Informationstechnik und Nutzung der Bundeswehr (BAAINBw) und der MTU geschlossen. „Damit verfügt Deutschland jetzt über ein vollumfängliches Instandsetzungskonzept für das **TP400-D6**“, sagt Michael Schreyögg, Vorstand Programme von der MTU. „Wir sind damit das erste Unternehmen mit einer an zivile MRO-Verfahren angelehnten Zulassung, das den A400M-Antrieb instand setzt.“ Die Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten am Flügel (Maintenance



Level 1 und 2) werden von der Luftwaffe geleistet. Die intensiveren Dienstleistungen mit dem **Maintenance-Level 2-OFF** und **3** übernimmt die Industrie. Beim Instandhaltungskonzept für das TP400-D6 wurden neue Wege beschriften: Das Triebwerk wird zwar in einem Mi-

litärtransporter eingesetzt, ist aber nach zivilen Maßstäben zertifiziert. Entsprechend musste die Instandhaltung aufgesetzt werden. Die erarbeiteten Regularien wurden in die neu geschaffenen European Military Airworthiness Requirements (EMAR) integriert. Ihre Umsetzung regeln die nationalen Instandsetzungsanforderungen DEMAR145.

## Exklusivvertrag für das CF34-Triebwerk

Im Sommer 2017 haben die **MTU Maintenance Berlin-Brandenburg** und ihr Neukunde **Air Burkina**, die staatliche Fluggesellschaft Burkina Faso, einen dreijährigen Exklusivvertrag über die Instandhaltung der vier **CF34-8E**-Triebwerke an den **E170**-Maschinen der Airline unterzeichnet. Zudem umfasst die Vereinbarung Services direkt beim Kunden sowie die Bereitstellung von Ersatztriebwerken auf Leasingbasis.

Air Burkina bietet Regionalflüge von der Hauptstadt Ouagadougou in andere afrikanische Länder an. Mit dem Vertrag gewinnt die MTU Maintenance zu ihren über 90 Kunden weltweit ihren ersten CF34-8-Kunden in Zentralafrika. Die MTU Maintenance setzt seit 15 Jahren an ihrem Standort Ludwigsfelde bei Berlin Triebwerke der CF34-Familie (CF34-3, -8C/E, -10E) instand, mit inzwischen jährlich mehr als 100 Shop Visits.

## Fit für das V2500-A5



Die **MTU Maintenance Canada** erweitert ihr Leistungsspektrum und übernimmt die Instandhaltung von **V2500-A5**-Triebwerken. Die kanadische Behörde Transport Canada Civil Aviation gab dafür grünes Licht. Dass der MTU-Standort in Vancouver im IAE-Netzwerk bis zum Programmende MRO-Leistungen für das V2500-A5 erbringen soll, ist das Ergebnis einer Vereinbarung der drei Partner Pratt & Whitney, International Aero Engines AG (IAE) und MTU Aero Engines. Mindestens 140 Shop Visits stehen in den ersten vier Jahren an.

Mit einem Marktanteil von rund 35 Prozent ist die MTU Maintenance aktuell beim V2500, Antrieb für Flugzeuge der A320-Familie, weltweit der **MRO-Anbieter Nummer eins**. V2500-Modelle werden bereits an den MTU-Standorten Hannover und Zhuhai betreut. „Mit dem Aufbau der V2500-Kompetenz in Vancouver stärken wir unsere Position außer in Europa und Asien jetzt in einem weiteren Kernmarkt, und zwar in Nordamerika“, sagt Helmut Neuper, Geschäftsführer der MTU Maintenance Canada.

## Unter Experten

Zukunftsthemen wie Systemfähigkeit, moderne Antriebstechnologien, unbemanntes und elektrisches Fliegen oder Robotik standen beim **66. Deutschen Luft- und Raumfahrtkongress** an der TU München in Garching im Mittelpunkt. Aber auch die Grundlagen, die Weiterentwicklungen in diesen Gebieten überhaupt erst ermöglichen. Im Rahmen eines Plenarvortrages skizzierte Dr. Gerhard Ebenhoch, Leiter des MTU-Technologiemanagements, dazu zwei für die künftige Triebwerksentwicklung ganz wesentliche Schlüsseltechnologien: Simulationen und Digitalisierung. „Die Simulation beschleunigt die Entwicklung und ermöglicht neue Ansätze wie interdisziplinäre Optimierungen und den Einsatz von Probabilistik“, erklärte er. „Um die bei der Digitalisierung von Prozessen anfallenden großen Datenmengen gewinnbringend nutzen zu können, sind neu zu entwickelnde Analyseansätze nötig.“

Der von der MTU Aero Engines jährlich an akademische Nachwuchskräfte verliehene **Wolfgang-Heilmann-Preis** ging an

Timon Jungh. In seiner Bachelorarbeit erstellte der 23-Jährige ein Finite-Elemente-Modell zur Berechnung von Filmkühlgrößen. Die möglichst einfache Integration der Daten in die Auswertungskette war dabei einer der Schwerpunkte.



**Wolfgang-Heilmann-Preis** ——— Dr. Gerhard Ebenhoch (vorne links) überreichte in Garching den von der MTU verliehenen Preis an Timon Jungh (vorne rechts).





# Technik im Test

*Obwohl der Einsatz von Computersimulationen in der Luftfahrtindustrie rapide steigt, bleiben reale Triebwerks- und Komponententests unerlässlich. Über Jahrzehnte ist bei der MTU Aero Engines eine weltweite Prüfstandsinfrastruktur gewachsen, ohne die moderner Triebwerksbau und zuverlässige Instandhaltung undenkbar wären.*

**Autor:** Thorsten Rienth

**Ready for testing** — Ein PW1100G-JM, Antrieb für die A320neo, in der Testzelle bei der MTU Maintenance Hannover.



**Vorbereitung für den Prüflauf**

*Lufteinlass und Bellmouth montiert auf einem PW1500G bei der MTU in München.*

*„Abnahmeläufe sind für jedes Serientriebwerk zwingend vorgeschrieben.“*

**Kurt Scheidt**

*Leiter des Testbetriebs bei der MTU Aero Engines in München*

Diese Handgriffe müssen sitzen wie die Übergabe eines Stafelstabs: Den Portalhubwagen mit dem Triebwerk anheben. Die Bolzen der Triebwerksaufhängung durch die Öffnungen in der Schubmessbrücke pressen. Die Multikupplung anschließen, die mit einem Klick Triebwerks-Messstellen und Prüfstands-Messsystem verbindet, sowie sämtliche Steuerungs- und Versorgungsleitungen. Nur den Luftereinlass müssen die Techniker jetzt noch montieren. Mit dem neuen Schnellverschluss ist das eine Sache von Minuten. Dann rastet die „Bellmouth“ ein wie ein Objektiv auf der Kamera. Während drinnen der Test startet, rüsten die Techniker im Vorraum schon das nächste Triebwerk auf. Daneben verpacken sie die eben abgenommene Engine.

Die Prozesse sind auf Geschwindigkeit getrimmt. Prüfstandskapazitäten sind kostbar. Dazu kommt bei der MTU Aero Engines

in München ein großes Programmvolumen: Ist die PW1100G-JM-Montage an dem Standort im Jahresverlauf 2018 hochgefahren, geht am Prüfstand 3 fast jeden Tag ein A320neo-Triebwerk in die Abnahme.

„Abnahmeläufe sind für jedes Serientriebwerk zwingend vorgeschrieben“, erklärt Kurt Scheidt, der den Testbetrieb der MTU in München leitet: Ohne den Nachweis der Leistungsparameter erhält kein Triebwerk seine Betriebserlaubnis. Und die hängt von den Messdaten eines Abnahmelaufs ab.

**Computersteuerung statt menschlicher Haptik**

Der Leitstand sieht aus wie ein Raumfahrt-Kontrollzentrum aus einem Blockbuster: Meterhohe Schaltschränke mit surrenden Lüftungen, in Tische und Konsolen eingelassene Knöpfe, Regler,



**Alles im Blick** — Kontrollraum eines Prüfstands bei der MTU in München. Kollege Computer übernimmt inzwischen das „Fahren“ des Triebwerks mit dem Schubhebel, denn er steuert exakter als die menschliche Hand.

Schubhebel. Dazu Dutzende Monitore, die alle relevanten Informationen in Echtzeit gebündelt und grafisch aufbereitet darstellen. Abgastemperatur, Luftdurchsatz, erzeugter Schub, Kraftstoffverbrauch. Auf anderen Schirmen zeigen Kameras jeden Quadratzentimeter der Testzelle. Den direkten Blick vom Leitstand auf das Testtriebwerk gibt es aus Sicherheitsgründen nur noch selten, und wenn, dann nur durch zentimeterdickes Panzerglas.

Auch der Schubhebel zum „Fahren“ des Triebwerks wird inzwischen zur Rarität, denn die präzise Steuerung eines Computers kann keine menschliche Hand toppen. Und erst wenn die Eingaben absolut identisch sind, gelten die Testergebnisse als wirklich reproduzierbar.

### **Bis ein neuer Prüfstand betriebsfertig ist, können Jahre vergehen**

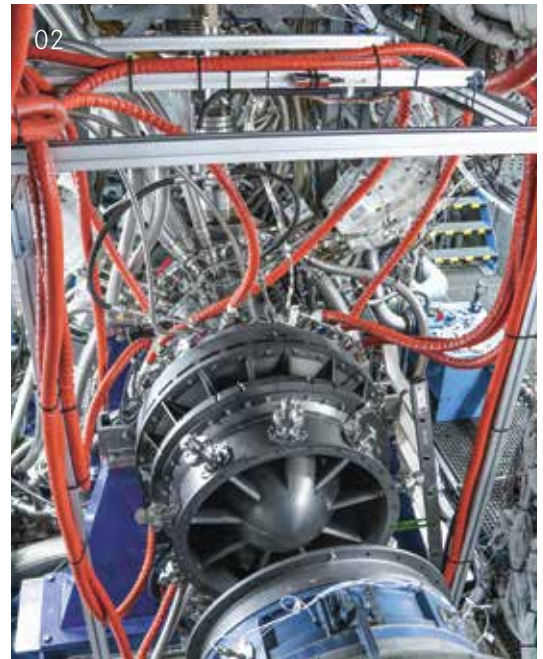
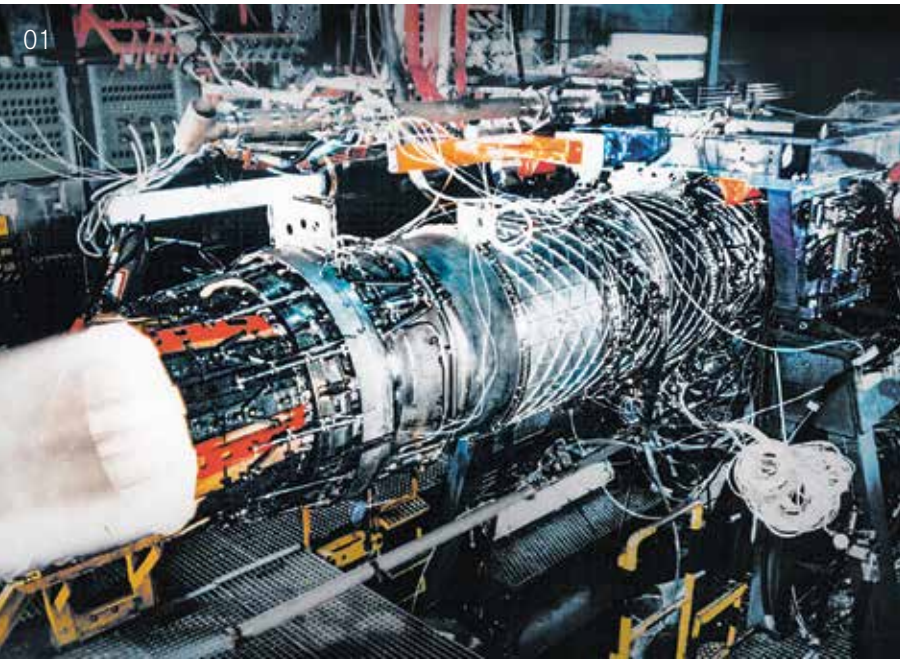
Planung, Bau und die Kalibrierung von Prüfständen sind aufwendige Angelegenheiten. „Ein Neubau summiert sich schnell auf einige Jahre“, erklärt Thomas Michaelis, Prüfstandverantwortlicher bei der MTU Maintenance Hannover. „Umso wichtiger ist es, mit Weitsicht heranzugehen.“ Als vor gut zehn Jahren in Hannover die Planung eines Prüfstands für Großtriebwerke begann, stand das GE90-115B mit seinen 115.000 Pfund Schub im Vordergrund.

Die Planer legten die Testzelle trotzdem auf 150.000 Pfund Schubkraft aus – um wortwörtlich Luft nach oben zu haben. „Das wird sich auszahlen, wenn in einigen Jahren in der Maintenance das Thema GE9X aktuell wird.“

Allerdings sei bei Prüfständen nicht nur die Schubklasse relevant. Die Aufhängung in der Testzelle ließe sich vergleichsweise einfach gegen ein stärkeres Exemplar tauschen, sagt Michaelis. „Knackpunkt ist der maximale Luftdurchsatz.“ Bei über drei Tonnen liegt er bei einem auf Vollast laufenden GE90-115B in der Sekunde. „Die muss ich erst einmal in den Prüfstand bekommen – und auf der anderen Seite auch wieder ’raus.“

### **Mit bis zu 500 Metern in der Sekunde rasen Schaufelspitzen an Sensoren vorbei**

Während sich OEM (Original Equipment Manufacturer)-Serienabnahmeläufe und die Prüfläufe von instandgesetzten Triebwerken ähneln, ist der Fokus bei Entwicklungstests ein ganz anderer: Sie sollen neue Technologien oder ganze Triebwerksmodule für den künftigen Einsatz validieren. In solchen Fällen gleichen Prüfstände einer Feinmechanikerwerkstatt: Gebündelt wie ein riesiger Strauß langer, dünner Gräser schlängeln sich hunderte Drähte aus Verdichter oder Turbine. Ihre Enden sind auf



- 01** \_\_\_\_ Ein EJ200, Antrieb für den Eurofighter, mit gezündetem Nachbrenner auf dem Prüfstand.  
**02** \_\_\_\_ Auch Komponenten und Entwicklungsaufbauten werden getestet, hier ein Verdichterring, mit dem bei der MTU in München Weiterentwicklungen für das PW1100G-JM überprüft wurden.  
**03** \_\_\_\_ Nach der Instandsetzung muss jedes Triebwerk auf dem Prüfstand beweisen, dass es die geforderten Leistungsparameter wieder erbringt; hier ein V2500 bei der MTU Maintenance Hannover.  
**04** \_\_\_\_ Bei der MTU Maintenance Berlin-Brandenburg steht der einzige deutsche Teststand für den A400M-Antrieb TP400-D6.

zwei, drei Umdrehungen eingerollt. Kleine Aufkleber zeigen, von welchem Sensor das Kabel kommt. Die Messstellen setzen sich aus klassischer Sensorik, Schwingungsaufnehmern und Dehnmessstreifen zusammen. Letztere sind winzig kleine Metallplättchen, die beim Test unter Strom stehen. Dehnt sich das Bauteil durch Hitze und Fliehkräfte aus, dehnen sich die Metallplättchen mit. Nur minimal verändern sie dadurch ihren Widerstand – aber

genug, um das Bauteilverhalten per Computer zurückrechnen zu können. Gleichzeitig wird eine extrem akkurate Zeitmessung installiert. Mit Geschwindigkeiten bis zu 500 Metern in der Sekunde fliegen die Schaufelspitzen an den Sensoren vorbei.

Sorgfältig, geradezu penibel muss die Verkabelung geschehen. Über 1.000 Messstellen sind bei Entwicklungstests keine Selten-

heit. Viele von ihnen liegen zudem auf rotierenden Bauteilen. Sie alle müssen mühsam von Hand verkabelt werden. Ohne genauen Überblick ist der gesamte Aufbau wertlos. Je nach Komplexität kann alleine für den Aufbau ein ganzes Jahr vergehen.

### Triebwerksleben im Zeitraffer

Weil kein Entwicklungstest die gleichen Ziele verfolgt, wird aus jedem Aufbau ein Unikat. Beim Dauerlaufstest des PW1500G im vergangenen Jahr fuhren die Ingenieure den C Series-Antrieb zum Beispiel im Zeitraffer durchs Triebwerksleben. Den 13-minütigen Testzyklus – bestehend aus Start, Reiseflug und Landung – konzipierten sie so, dass nach 10.000 Zyklen 70 Prozent der projektierten Hochdruckturbinen-Lebensdauer verbraucht waren. Zudem ging es um die Validierung von Triebwerksanbauteilen bei maximal zulässiger Belastung – sie liegt beim Zweifachen der bei einem Neutriebwerk zulässigen Belastung. Um sie überhaupt generieren zu können, bedienen sich die Ingenieure eines Tricks: Sie montieren Wuchtgewichte. Über ein halbes Jahr lief der Test im Zwei- und Dreischichtbetrieb, lediglich alle 500 Zyklen unterbrochen von Boroskop-Inspektionen.

*„Die Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Triebwerkssystemen und Modulen werden selbst bei simplen Tests extrem komplex.“*

**Kurt Scheidt**

Leiter Testbetrieb bei der MTU in München

Warum aber finden Tests angesichts der rasanten Entwicklung von Simulationssoftware nicht virtuell statt? „Natürlich lassen sich einzelne Tests inzwischen virtuell darstellen“, sagt Scheidt. Komplette Triebwerkstests sind Scheidt zufolge jedoch viel zu diffizil, um sie in absehbarer Zeit am Computer ablaufen zu lassen. „Die Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Triebwerkssystemen und Modulen werden selbst bei simplen Tests extrem komplex.“ Wie soll die Software einen zusätzlich nachzuweisenden Beschuss mit Hagelkörnern abbilden? „Ich bezweifle außerdem, dass Behörden einer lediglich virtuell getesteten Engine die Betriebserlaubnis erteilen.“ Und selbst wenn: Würden Passagiere überhaupt in ein Flugzeug mit derartigen Triebwerken einsteigen?

### Prüfstände für Jahrzehnte


Es spricht also vieles dafür, dass Testzellen auch weiterhin fest zu den MTU-Standorten gehören. Mal werden sie gänzlich neu



**Grundstein gelegt** — Bei der MTU in München entsteht derzeit ein Testzentrum für Triebwerkskomponenten.

### Neues Komponententestzentrum

Es ist die nächste große Investition der MTU in der Konzernzentrale in München: Im nächsten Jahr soll der neue Bauteilprüfstand fertig sein. Etwa 70 Methoden werden die Entwickler in dem Komponententestzentrum dort anwenden und sogar untereinander kombinieren können. Herzstück ist ein Tandem-Schleuderprüfstand in einer doppelschaligen Stahlbetonkonstruktion, was nicht ohne Grund so ist: Zerbersten bei Schleudertests Teile, können Kräfte entstehen, als würde ein VW Golf mit 60 km/h gegen eine Mauer fahren. Ein Rüttelprüfstand ermöglicht umfangreiche Tests zur Vibrationsfähigkeit; mit Beschusseinrichtungen lassen sich Turbinenschaufeln mit Stahlkugeln beschießen und mit hydraulischen Kolben können die Entwickler Strukturen von Teilen physisch belasten.

gebaut, ein andermal umgerüstet. Der Münchner Prüfstand 1 wurde etwa zunächst als Nachbrennerprüfstand für militärische Programme gebaut, später liefen unter anderem PW6000-, CF34- und PW1200G-Triebwerke darauf. Der Prüfstand 12, aktuell vorgesehen für den Sikorsky CH-53K-Antrieb T408, beheimatete einst ein Entwicklungsprogramm mit umfangreichen Tests wie Vogelschlag und Sandeinblasung. Und der Prüfstand 3, in dem heute die Serienabnahme des PW1100G-JM läuft, diente schon als Entwicklungsprüfstand für Großtriebwerke, wie zum Beispiel den Airbus A380-Antrieb GP7000. 



**Eindrucksvoll** Ein PW1100G-JM am Prüfstand bei der MTU Maintenance Hannover. Ein Drittel aller PW1100G-JM weltweit werden bei der MTU montiert und anschließend auf den Prüfständen in München und Hannover getestet.

## Standbein in Asien



**Flexibel** \_\_\_\_\_ Der Prüfstand der MTU Maintenance Zhuhai ist für das V2500 sowie für drei CFM56-Varianten kalibriert.

270 Triebwerke gehen im Jahr durch den Shop der MTU Maintenance Zhuhai, dem Maintenance-Standbein der MTU in Asien – und damit auch durch die dortige Testzelle. Aktuell ist sie kalibriert für das V2500 sowie die CFM56-Varianten -3, -5 und -7. „Das macht flexible Abläufe möglich“, erzählt Geschäftsführer Frank Bodenhage. „Während im Aufrüstraum an einer ‚-5‘ gearbeitet wird, läuft in der Testzelle eine ‚V‘ und beim Abrüsten steht eine ‚-3‘.“ Die große Varianz mache die Planung einerseits herausfordernd. „Wir müssen die Testzelle permanent für alle Triebwerke kalibriert halten.“ Andererseits kommen den Planern die Abläufe in der Maintenance entgegen: „Wenn ich ein Triebwerk im Shop habe, kann ich vergleichsweise genau sagen, wann die Testzelle frei und entsprechend kalibriert sein muss.“

## Prüfstandspool bei der MTU Maintenance Canada

Triebwerke bestehen nicht nur aus Verdichtern und Turbinen, sondern auch aus einer Vielzahl von Anbaugeräten wie Startern, Treibstoffpumpen und -messgeräten sowie hydromechanischen Komponenten. Die MTU Maintenance Canada ist auf deren Reparatur spezialisiert (siehe auch Beitrag „Anlasser, Pumpe, Sensor, Ventil“ auf Seite 20). Bevor die Geräte zurück an den Kunden gehen, müssen sie ebenfalls auf Prüfständen abgenommen werden. Der Prüfstandspool in Vancouver ist daher besonders diversifiziert: Je einen Prüfstand für Stellmotoren, Treibstoffpumpen und Treibstoffmessgeräte gibt es. Das jüngste Familienmitglied ist seit Jahresbeginn 2017 der Starterprüfstand. Die ebenfalls vorhandene MRO-Triebwerkstestzelle ist aktuell für CFM56-3 und CF6-50 kalibriert. Parallel läuft die Kalibrierung für das V2500, um das der Standort sein Portfolio bald erweitern wird.



**Vielfalt** \_\_\_\_\_ Neben einem Triebwerksprüfstand verfügt die MTU Maintenance Canada über Teststände für Anbaugeräte wie Stellmotoren, Treibstoffpumpen oder Starter.



Fragen, Wünsche, Anregungen? Hier erreichen Sie die Redaktion:  
[aeroreport@mtu.de](mailto:aeroreport@mtu.de)



Mehr zum Thema: [www.aeroreport.de](http://www.aeroreport.de)



Autor:

**Thorsten Rienth** schreibt als freier Journalist für den **AEROREPORT**. Seine technikjournalistischen Schwerpunkte liegen neben der Luft- und Raumfahrtbranche im Bahnverkehr und dem Transportwesen.

# Hineingeschaut

*Blick in die Abläufe eines Triebwerksprüfstands.*

**Autor:** Thorsten Rienth

**Grafik:** Peter Diehl

Prüfläufe von Triebwerken sind choreografierte Abläufe, die einerseits gut planbar sind, andererseits aber je nach Zweck des Tests eine enorme Bandbreite an unterschiedlichen Tätigkeiten erfordern.

Ein Entwicklungsprüflauf soll vor allem theoretische Annahmen in der Praxis validieren. Manchmal werden Bauteile dabei ganz bewusst einer Belastung ausgesetzt, die im herkömmlichen Flugbetrieb gar nicht auftritt. Wegen der individuellen

Instrumentierung und zahlreicher Messstellen ist die Aufrüstung meist eine zeitaufwendige Angelegenheit.

Serienabnahmeläufe bei neuen oder gerade frisch überholten Triebwerken sichern dagegen klar definierte Leistungsparameter ab. Sie lassen sich deutlich schneller abwickeln, weil Triebwerk und Prüfstand durch schnell kuppelbare Schnittstellen verbunden werden. Ein Drittel der PW1100G-JM-Abnahmeläufe

mit Neubau-Triebwerken findet bei der MTU Aero Engines in München statt. Die MTU Maintenance Berlin-Brandenburg verantwortet in Ludwigsfelde die Abnahmeläufe aller für deutsche A400M-Transporter bestimmten TP400-D6-Triebwerke.

Welcher Test aber auch immer gerade ansteht – durch den Prüfstand gibt es nur einen Weg.



06

10

08

09

10

*Abrüstung*

Sobald Triebwerk und Testzelle nach dem Lauf entkoppelt sind, beginnen die Techniker mit dem Abrüsten. So wird die Testzelle umgehend frei für das nächste Triebwerk.

*Auslieferung*

Nach Schlusskontrolle, Verpackung und abgeschlossenen Formalitäten geht ein geprüftes Triebwerk sofort wieder auf Reisen – entweder zurück zur Airline oder direkt an die Endmontagelinie des Flugzeugherstellers.

*Treibstoffversorgung*

Wo Triebwerke getestet werden, ist Kerosin nötig, konkret: Jet A-1-Fuel. 100.000 Liter fasst der Tank, der die Prüfstände bei der MTU in München versorgt.



Mehr zum Thema: [www.aeroreport.de](http://www.aeroreport.de)



Fragen, Wünsche, Anregungen? Hier erreichen Sie die Redaktion:  
[aeroreport@mtu.de](mailto:aeroreport@mtu.de)



Autor:  
**Thorsten Rienth** schreibt als freier Journalist für den **AEROREPORT**. Seine technikkjournalistischen Schwerpunkte liegen neben der Luft- und Raumfahrtbranche im Bahnverkehr und dem Transportwesen.

**01** *Anlieferung*  
Bis ein Triebwerk vom Flügel oder einer Endmontagelinie an einem Prüfstand ankommt, vergeht einiges an Zeit. Gänzlich überraschend steht deshalb kein Lkw mit Triebwerks-Fracht vor dem Prüfstand. Das erleichtert die Planung von Personal und Prüfstandzeiten oder die Bereitstellung der für die jeweils anstehenden Tests nötigen Gerätschaften.

**02** *Vorrüstraum*  
Damit die Ingenieure im Prüfstand auch möglichst viel prüfen und testen können, minimieren sie die Aufrüstung in der Testzelle auf ein Minimum. Für alle Arbeiten am Triebwerk, die nicht direkt in der Testzelle stattfinden müssen, nutzen sie den Vorrüstraum. Er ist in der Regel groß genug, um bis zu drei Triebwerke gleichzeitig vorbereiten zu können.

**03** *Lufteinlass*  
Hinter den riesigen Schiebetoren des Lufteinlasses befinden sich Vogelschutzgitter sowie Abscheider gegen Foreign Object Damage (FOD) und Schalldämmkulissen.

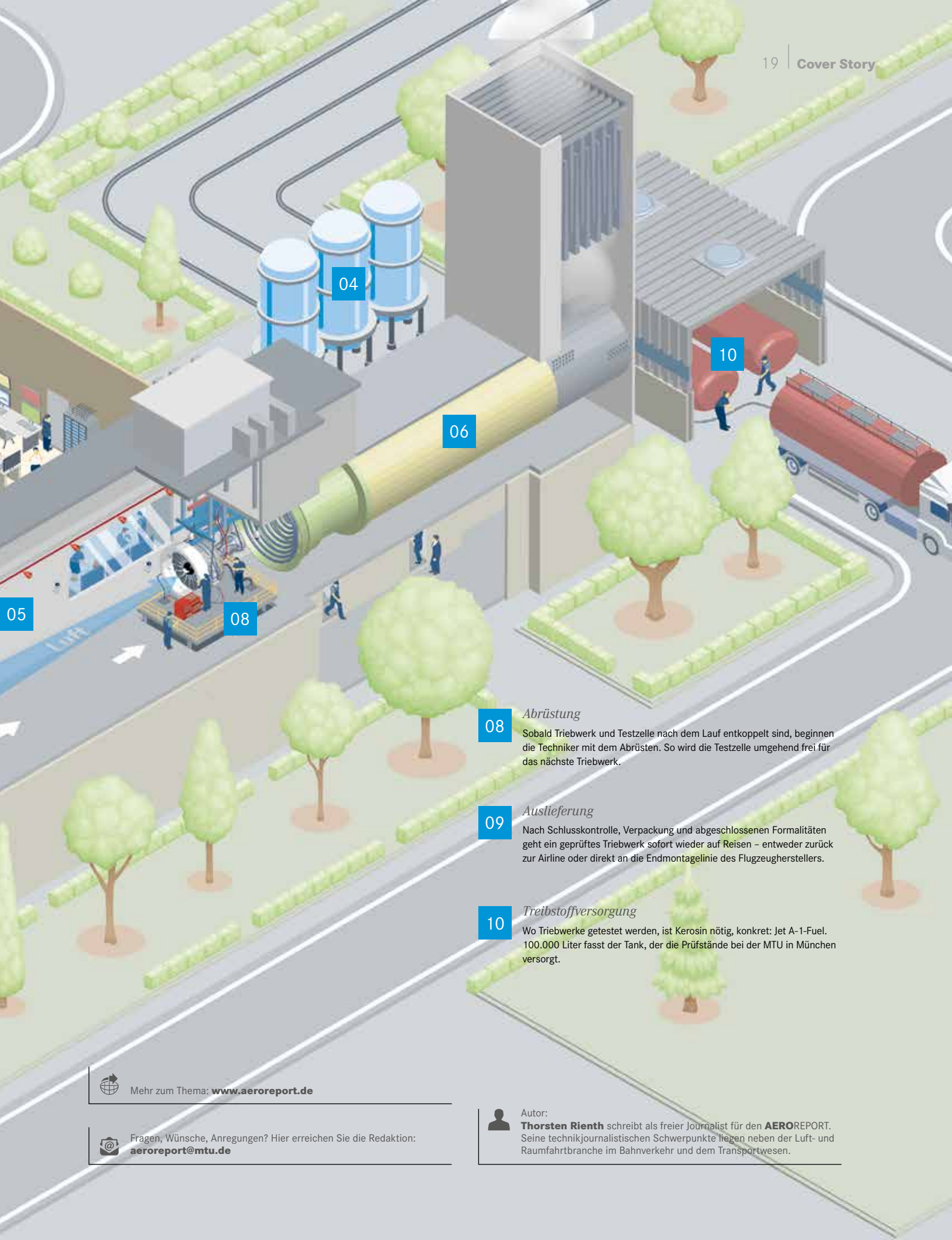
**04** *Startlufttanks*  
Im Prüfstand lassen sich Triebwerke nicht über den Startprozess selbst zünden. Die Anlaufphase wird deshalb mit Hilfe von Druckluft gestartet, die aus Startlufttanks bereitgestellt wird.

**05** *Testzelle*  
Die Testzelle ist das Herzstück jedes Prüfstands. Physisch mit der Schubmessbrücke und digital mit der Prüfstandssoftware verbunden, findet hier der eigentliche Prüflauf statt. Der Abnahmelaufr eines neu montierten oder gerade überholten Triebwerks besteht in der Regel aus der Simulation von Start, Reiseflug und Landung. Die Testzelle ist groß genug, um die bei Entwicklungsläufen nötige zusätzliche Infrastruktur wie Beschussanlagen für Hagelkörner oder Düsen für künstlichen Starkregen unterzubringen.

**06** *Luftausstoß*  
Bevor die Abluft in die Umgebung geht, muss sie ein ausgeklügeltes System an Abgasfiltern und Schalldämmkulissen passieren.

**07** *Leitstand*  
Er ist digitales Zuhause und Schaltzentrale der Testingenieure. Von hier aus steuern und überwachen sie die Tests. Derzeit ermöglicht eine großflächige Scheibe aus Panzerglas den direkten Blick auf das Triebwerk. Zukünftig geschieht dies allerdings nur noch digital mit Hilfe von Kameras und ohne zusätzliches Fenster.





### 08 *Abrüstung*

Sobald Triebwerk und Testzelle nach dem Lauf entkoppelt sind, beginnen die Techniker mit dem Abrüsten. So wird die Testzelle umgehend frei für das nächste Triebwerk.

### 09 *Auslieferung*

Nach Schlusskontrolle, Verpackung und abgeschlossenen Formalitäten geht ein geprüftes Triebwerk sofort wieder auf Reisen – entweder zurück zur Airline oder direkt an die Endmontagelinie des Flugzeugherstellers.

### 10 *Treibstoffversorgung*

Wo Triebwerke getestet werden, ist Kerosin nötig, konkret: Jet A-1-Fuel. 100.000 Liter fasst der Tank, der die Prüfstände bei der MTU in München versorgt.



Mehr zum Thema: [www.aeroreport.de](http://www.aeroreport.de)



Fragen, Wünsche, Anregungen? Hier erreichen Sie die Redaktion:  
[aeroreport@mtu.de](mailto:aeroreport@mtu.de)



Autor:  
**Thorsten Rienth** schreibt als freier Journalist für den **AEROREPORT**. Seine technikkjournalistischen Schwerpunkte liegen neben der Luft- und Raumfahrtbranche im Bahnverkehr und dem Transportwesen.

# Anlasser, Pumpe, Sensor, Ventil

*Es gibt hunderte unterschiedliche Anbaugeräte für Triebwerke. Dementsprechend anspruchsvoll und komplex ist die Aufgabe, sie schnell und zuverlässig reparieren zu können.*

**Autor:** Denis Dilba



**Selten solo in Szene gesetzt** — Der kraftstoffgekühlte Ölkühler ist eins der durchschnittlich 80 verschiedenen Anbaugeräte an einem V2500.

Wenn man sich ein Flugtriebwerk mit seinen Verdichtern, Turbinen und der Brennkammer als menschliches Herz vorstellt, entsprechen die sogenannten Accessories ziemlich gut den Kranzgefäßen. Ähnlich wie das Arteriengeflecht, das den Herzmuskel umschließt, sind die auf Deutsch auch als Anbaugeräte bekannten Bauteile rund um das eigentliche Triebwerk angeordnet. Und genau wie beim Herzen auch übernehmen die sich in zahlreiche Untergruppen auffächernden Accessories lebenswichtige Funktionen. Sind sie defekt, droht dem Triebwerk demnach so etwas wie ein Infarkt: Das Triebwerk kann nicht sicher betrieben werden, das Flugzeug muss außerplanmäßig landen oder gleich am Boden bleiben. Dann steigen mit jeder Minute die Betriebskosten.

Christian Ludwig und sein Team sorgen dafür, dass dieser Fall möglichst gar nicht erst eintritt. „Und falls doch, sind wir diejenigen, die das Flugzeug am schnellsten wieder in die Luft bringen können“, sagt der Director Accessories Operations bei der MTU Maintenance Canada in Richmond. Hier, unmittelbar vor den Toren Vancouvers und seinem internationalen Flughafen, hat die MTU ihr Accessories Repair Center of Excellence (ARC) aufgebaut. Wollte man zu Anfang einfach nur die Accessories-Aktivitäten innerhalb der MTU bündeln – wofür man die Fähigkeiten bei der Reparatur der Anbaugeräte kontinuierlich durch Investitionen in Personal und Infrastruktur ausbaute – erkannte man schnell die Möglichkeiten, daraus ein gut laufendes, eigenes Geschäft zu machen.



*„Die große Herausforderung  
im Umgang mit den Accessories  
ist die enorme Komplexität.“*

### Enorme Komplexität

„Die große Herausforderung im Umgang mit den Accessories ist die enorme Komplexität“, sagt Ludwig. Und das beherrschen nur wenige auf dem Markt. Ein einziges Triebwerk hat durchschnittlich rund 80 verschiedene Anbaugeräte, die von 15 bis 20 verschiedenen Herstellern gefertigt werden. Die Palette reicht vom Anlasser über Treibstoff- und Hydraulikpumpen, Aktuatoren, Sensoren, Ventilen bis hin zu Kabelsträngen und Rohrleitungen. „Betreut man, wie wir, die unterschiedlichsten Triebwerkstypen, kommt man auf einen Zoo von mehreren hundert unterschiedlichen Accessories, die es zu managen gilt“, sagt der MTU-Mann. Allein der logistische Aufwand, um die Einzelteile für die Reparatur der unterschiedlichen Anbaugerätetypen zusammenzustellen, ist gewaltig.

Dazu kommen die stark variierenden Orts- und Zeitanforderungen für die anfälligen Reparaturen und die Expertise, diese auch sauber ausführen zu können. „Wenn eine Airline nach Hawaii fliegt und eine Treibstoffpumpe leckt, braucht sie funktionsfähigen Ersatz – möglichst sofort“, sagt Ludwig. „Gleichzeitig müssen wir Kapazitäten vorhalten, um die Instandhaltung und Reparatur aller Anbaugeräte eines Triebwerks während eines standardmäßig vorgeschriebenen Engine-Shop-Visits durchführen zu können.“ Und dann kämen zwischendurch noch Accessories rein, die nach

---

**Christian Ludwig**  
Director Accessories Operations  
bei der MTU Maintenance Canada in Richmond

---

einer bestimmten Stundenzahl in Dienst durchgecheckt werden müssen. „Das muss man alles gleichzeitig können, sonst ist man für Kunden nicht attraktiv genug“, erklärt Ludwig.

### 450 Reparaturverfahren

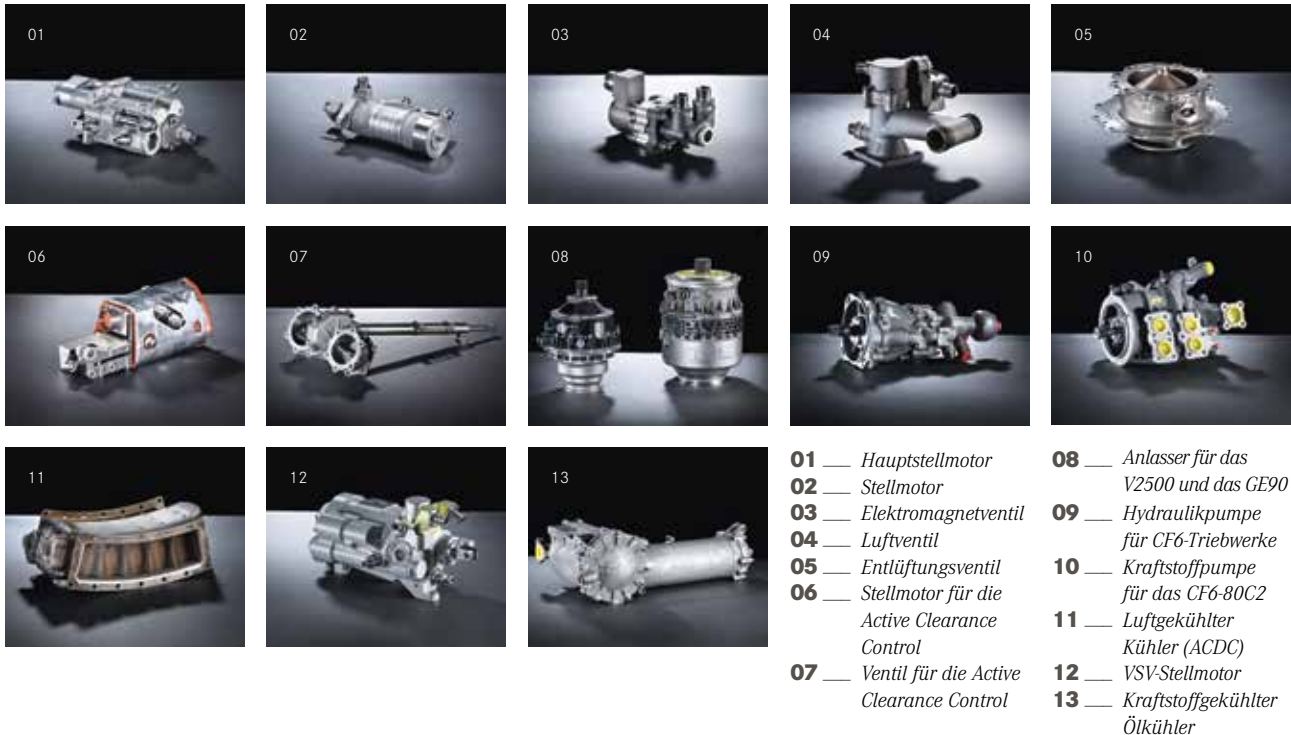
Der Ablauf der Accessory-Reparaturen muss daher wie ein gut geöltes Uhrwerk laufen. „Nach der Ankunft des Anbaugerätes zeigt uns ein Incoming-Test, was nicht funktioniert. Dann zerlegen wir die Einheit, reinigen sie und führen die Sichtprüfung und Vermessung der Bauteile durch“, erklärt Ryan James, der für das Engineering im ARC verantwortliche MTU-Ingenieur. Es folgen die nötigen Reparaturen, der Zusammenbau und der Abschlusstest, bevor das Anbaugerät wieder zurück zum Kunden geschickt wird. Rund 450 unterschiedliche Reparaturverfahren kommen dabei zum Einsatz. Und falls die Arbeiten an den Anbaugeräten zu lange dauern sollten, schicken James' Kollegen einfach ein zuvor fertig montiertes und funktionstüchtiges Anbaugerät aus dem Lager zurück.

So können defekte Accessories in einem Zeitfenster zwischen vier und 24 Stunden gegen funktionstüchtige ausgetauscht werden. „Mit einigen Airlines haben wir Vereinbarungen, solche Austauschereinheiten für ihre Flotten in zentralen Lagern vorzu-

## Inside MTU — Accessory-Kompetenz und Rundum-Service



Als Accessories werden alle Anbaugeräte bezeichnet, die rund um das eigentliche Flugtriebwerk montiert werden. Die mehreren hundert verschiedenen Bauteile werden je nach Funktion in verschiedene Unterklassen eingeteilt. So gehören die Treibstoffpumpen der Kategorie „Treibstoff“ an. Kabelbäume wiederum fallen genau wie der elektronische Haupttriebsregler (Main Engine Controller, kurz MEC) unter „Elektrik“. Weitere Unterklassen sind „Pneumatik“, „Mechanik“ und „Öl“. Für die verschiedenen Accessory-Subsysteme hat MTU Maintenance Canada in Eigenregie mehrere Prüfstände aufgebaut. So können die Anbaugeräte schnell und unabhängig überprüft werden. Die große Kompetenz und Flexibilität der MTU auf dem Feld der Accessories hat sich weit herumgesprochen. Besonders beliebt bei Kunden wie beispielsweise der mexikanischen Fluglinie Volaris ist das Rundum-Sorglos-Paket für Accessories. Dabei kümmert sich die MTU kurzerhand um sämtliche Anbaugeräte einer ganzen Airline – unabhängig vom Triebwerkstyp. Mehr Service geht in Bezug auf Accessories nicht.




halten. Von dort aus gehen sie in die nächste Maschine, die den Flughafen anfliegt, wo der Austausch stattfinden soll“, sagt James. „Da erreichen wir die vier Stunden.“ Aber auch die 24 Stunden „Turnaround Time“ sind oft schneller als der Wettbewerb, der neben Firmen wie Lufthansa Technik, Allen Aircraft, AJ Walter und Triumph vor allem aus den Herstellern der Accessories selbst besteht. Da aber insbesondere letztere oft nur auf einige wenige Anbaugeräte spezialisiert und wegen ihrer Unternehmensgröße langsamer in ihren Entscheidungsprozessen sind, können sie mit dem Service des ARC der MTU meist nicht mithalten.

### Rundum-Sorglos-Paket für Anbaugeräte

Die Kanadier sind dazu extrem flexibel: Von den Accessories für Businessjet-Triebwerke wie dem CF34-3 bis zu denen des gewaltigen GE90 der Boeing 777 kann alles repariert werden. „Insbesondere unser Rundum-Sorglos-Paket für die Accessories

ist sehr gefragt“ sagt Ludwig. Damit meint der MTU-Ingenieur einen Service, bei dem die MTU sich um alle Anbaugeräte einer ganzen Airline kümmert. Dazu gehört auch das Management der sogenannten Line Replaceable Units (LRU), das sind bestimmte Teile von Anbaugeräten, die während des täglichen Flugbetriebes vor Ort ausgetauscht werden können. „Dieses anspruchsvolle Angebot wird erst dadurch möglich, dass rund die Hälfte der Kollegen in diesem Segment bei den Kunden vor Ort arbeitet“, sagt Ludwig.

Die Zeichen stehen auf Wachstum: Im letzten Jahr reparierte das ARC bereits 11.000 Accessories, ein Geschäft mit einem Volumen von 60 Millionen Kanadischen Dollar. Die 98 Mitarbeiter im ARC-Team betreuen dafür derzeit 114 Kunden, neben Airlines und Triebwerkherstellern auch die U.S. Air Force. „Für 2020 peilen wir an, den Umsatz nahezu zu verdoppeln“, sagt Ludwig. Man könnte auch sagen: Der Laden brummt. 



Fragen, Wünsche, Anregungen? Hier erreichen Sie die Redaktion:  
[aeroreport@mtu.de](mailto:aeroreport@mtu.de)



Mehr zum Thema: [www.aeroreport.de](http://www.aeroreport.de)



Autor:  
**Denis Dilba** studierte Mechatronik, besuchte die Deutsche Journalistenschule und gründete das digitale Wissenschaftsmagazin Substanz. Er schreibt über verschiedenste Themen aus Technik und Wissenschaft.

**London Skies** — BA CityFlyer, Regionalflugtochter von British Airways, hat ihren Sitz am London City Airport direkt im Herzen der Metropole.





# BA CityFlyer setzt auf Effizienz

*Die britische Regionalfluggesellschaft BA CityFlyer  
wächst nicht nur am London City Airport.*

**Autorin:** Victoria Nicholls





Mark Leather sitzt lieber am Fenster als am Gang, ganz vorne im Flugzeug. Seinen Sitz stellt er nie zurück. Leather tritt professionell und besonnen auf – genau wie die Fluggesellschaft BA CityFlyer, bei der er für die Flotte und deren Flugtüchtigkeit verantwortlich ist. BA CityFlyer ist eine Premium-Airline. „Unsere Kunden vertrauen auf unseren hochwertigen Service, pünktliche Flüge und Beständigkeit“, erklärt Leather. „Wir versuchen, diese Kriterien stets zu erfüllen.“ Die hundertprozentige Tochter von British Airways bietet regionale Punkt-zu-Punkt-Verbindungen als Linien- und Ferienflüge in Großbritannien und Europa an. Als Teil der IAG übertraf sie 2016 mit knapp 2,2 Millionen die Passagierzahl von 2015 um 13,4 Prozent – ein Rekord.

BA CityFlyer ist seit 2010 unter Leathers wachsamer Leitung von RJ100 auf derzeit 20 Embraer 170 sowie 190 umgestiegen. „Unsere gesamte Flotte ist noch keine zehn Jahre alt“, betont er. Das Unternehmen sei zudem stolz auf das makellose Erscheinungsbild seiner Maschinen. Beide Embraer-Modelle haben einen Mittelgang und vier Sitze pro Reihe.

### **Pünktlichkeit und Service zählen mehr als günstige Tickets**

„Wir zeichnen uns durch geräumige Sitzabstände und gut ausgebildetes, zuvorkommendes Personal aus. Kundenzufriedenheit steht an oberster Stelle“, so Leather weiter. Sogar in einem Markt, wo Passagiere auch einmal zugunsten niedriger Preise Abstriche beim Service machen? „Gerade dann. Das Feedback unserer Kunden fällt meist sehr positiv aus, da sie unsere Pünktlichkeit und unseren Service schätzen, vom Check-in im Terminal über die Gate-Bereiche bis zur Versorgung an Bord.“ In den beiden Kategorien des Regionalbetreibers, der Business Class „Club Europe“ und der Economy Class „Euro Traveller“, gibt es keine Zusatzkosten für aufgegebenes Gepäck und den Passagieren wird auf dem Flug ein Essen beziehungsweise ein kleiner Snack serviert.

### **Herausforderung London City Airport**

Der London City Airport ist als Hauptsitz ideal, um Geschäftsleute und Touristen gleichermaßen anzusprechen. „Er liegt im Zentrum von London in der Nähe des Geschäftsviertels Canary Wharf und ist leicht erreichbar und benutzerfreundlich. Auch der Check-in dauert nicht lang“, erzählt Leather. Natürlich bringt der Sitz in London City auch einige Herausforderungen mit sich: Es fehlt an Platz und Hangars. Und aufgrund umstehender Gebäude und anderer Hindernisse liegt der steile Landewinkel von 5 Grad deutlich über dem internationalen Standard von 3 Grad, weshalb nur der Kapitän selbst, und nicht wie sonst auch der Erste Offizier, landen darf. Zum Vergleich: In Heathrow testet man derzeit einen Landewinkel von 3,2 Grad, um den Winkel später auf 3,5 Grad zu steigern.

Zudem ist London City am Wochenende 24 Stunden lang geschlossen. Nachdem BA CityFlyer früher in dieser Zeit Charterflüge von anderen britischen Flughäfen aus anbot, um die Flotte besser zu nutzen, hat das Unternehmen seine Strategie mittlerweile geändert. Nun wirbt die Airline an Sommerwochenenden mit Ferienflügen von London Stansted aus, und auch Birmingham, Bristol und Manchester kamen kürzlich als Wochenendstandorte hinzu. „Wir sind diesen Sommer viel aktiver geflogen“, sagt Leather dazu. Die Airline achtet sehr auf die Auslastung ihrer Kapazitäten. „Als Regionalbetreiber zu bestehen, ist nicht einfach. Unsere Kostengrundlage ist anders als in anderen Marktsegmenten, weshalb wir ein Maximum aus unserer Flotte herausholen müssen.“ Derzeit fliegt BA CityFlyer unter anderem Amsterdam, Berlin, Faro, Florenz, Mykonos und Palma an.

### **Effiziente Flottenplanung**

Natürlich müssen die Flugzeuge und insbesondere ihre CF34-Triebwerke für eine solch hohe Auslastung jederzeit einwandfrei funktionieren. In einer Branche, in der Sicherheit oberste Priorität hat, unterliegen die Instandhaltung und maximale



Lebensdauer einzelner Teile strengen Auflagen. Gleichzeitig legt Leather viel Wert auf effiziente Triebwerke. „Die größte Herausforderung ist es, bei der Instandsetzung sowohl die Durchlaufzeiten im Shop als auch die Flottenplanung möglichst kosteneffizient und zeitlich optimal zu gestalten“, betont er. „Das macht die MTU Maintenance ganz hervorragend: Sie hilft uns, die Maschinen länger im Einsatz zu halten, und entwickelt flexible, kostensparende Strategien.“

Ende Juni setzte die MTU Maintenance mit einem Triebwerk von BA CityFlyer das tausendste CF34 in stand – ein wahrer Grund zum Feiern. In einem Festakt übergaben Mitarbeiter der MTU Maintenance Berlin-Brandenburg Leather und seinem Team das Jubiläumsstück. „Es war uns eine große Ehre, dass ausgerechnet unser Triebwerk Nummer 1.000 war und wir dazu eingeladen waren“, freut sich Leather. Doch beeindruckte ihn nicht nur das Event, sondern auch das Wetter: „Ich habe noch nie in meinem Leben so viel Regen erlebt – und ich komme aus Manchester!“, schmunzelt er. Bei seinem Besuch goss der Himmel innerhalb von 24 Stunden rund 150 Liter pro Quadratmeter über Berlin und damit mehr als ein Viertel der durchschnittlichen Jahresniederschlagsmenge von 580 Litern. Doch der Regen störte weder die feierliche Stimmung noch die gute Zusammenarbeit der Unternehmen. „Die MTU Maintenance scheut keine Mühen für uns, daher konnte uns das bisschen Wasser nicht von unserem Besuch abhalten“, bekräftigt Leather. 🌧️

## Inside MTU — CF34-Familie



**Queuing** — CF34-Triebwerke in der Prüfstands-Aufrüsthalle bei der MTU Maintenance Berlin-Brandenburg.

Die MTU Maintenance setzt seit 15 Jahren Triebwerke der CF34-Familie (CF34-3, -8C/E, -10E) in stand und bedient über 90 Kunden weltweit mit MRO-Services. Der von GE zugelassene Maintenance-Betrieb erbringt seine Dienstleistungen über die MTU Maintenance Berlin-Brandenburg. Zusätzlich zum umfassenden MRO-Support im Shop haben die On-site-Teams ihren Kunden seit 2003 durch Services direkt vor Ort über 650 Shop Visits erspart. Seit 2016 bieten MTU Maintenance Lease Services und Embraer Aviation International SAS gemeinsam mit umfassendem Ersatztriebwerkssupport für CF34-10E-Modelle weitere Services an. Jährlich führt die MTU Maintenance über 100 CF34-Shop Visits off-wing durch.



Fragen, Wünsche, Anregungen? Hier erreichen Sie die Redaktion:  
[aeroreport@mtu.de](mailto:aeroreport@mtu.de)



Mehr zum Thema: [www.aeroreport.de](http://www.aeroreport.de)



Autorin:

**Victoria Nicholls** berichtet innerhalb der MTU-Unternehmenskommunikation über Themen wie Triebwerks-MRO, Leasing und Asset Management sowie internationale Markttrends. Die gebürtige Britin wohnt in Berlin und arbeitet an den MTU-Standorten in Hannover und Ludwigsfelde.

# Vertrauensvolle Zusammenarbeit



*Müssen schwere Lasten transportiert oder Truppen im unwegsamen Gelände abgesetzt werden, ist der Einsatz von leistungsstarken Hubschraubern unerlässlich. Seit nunmehr 45 Jahren setzt die Bundeswehr den Transporthubschrauber Sikorsky CH-53G ein. Für die Betreuung der Triebwerke hatte sie von Beginn an die MTU Aero Engines und ihre Vorgängergesellschaften als kompetenten Partner an ihrer Seite. Eine erfolgreiche Kooperation über Jahrzehnte hinweg.*

**Autorin:** Nicole Geffert



**T64** \_\_\_\_ Das Wellenleistungstriebwerk mit einer maximalen Leistung von 3.229 kW für den Einsatz in mittel-schweren Transporthubschraubern wie dem Sikorsky CH-53 wurde zwischen 1968 und 1975 gebaut. Bei der MTU in München wurden für dieses in Kooperation mit GE und Klöckner-Humboldt-Deutz (KHD) produzierte Triebwerk Montage und Abnahmeläufe durchgeführt. Heute konzentriert sich die MTU beim T64 auf die Instandhaltung. 2014 wurde das Programm zur Hochrüstung der T64-7-Triebwerke auf den leistungsgesteigerten T64-100-Standard abgeschlossen. Die Bundeswehr holte das letzte T64 bei der MTU selbstverständlich in einem CH-53G ab (Bild links).



Entwickelt wurde die CH-53 Anfang der 1960er-Jahre von dem Helikopterhersteller Sikorsky für das U. S. Marine Corps. Der erste Prototyp hob am 14. Oktober 1964 ab. Zu dieser Zeit hatten sich die Transportleistungen bei der Bundeswehr erhöht. Die damalige Hubschrauber-Flotte wurde den Anforderungen nicht mehr gerecht. Neues Gerät musste beschafft werden, und die Wahl fiel auf die CH-53, angetrieben von zwei General Electric (GE Aviation) T64. Am 26. Juli 1972 war es soweit: Die ersten „mittleren Transporthubschrauber“ (MTH) CH-53G wurden offiziell an das Heer übergeben. Insgesamt wurden 112 Helikopter für die Bundeswehr beschafft. Ursprünglich an die Heeresflieger geliefert, gehören die Hubschrauber seit der Neuausrichtung der Bundeswehr 2010 zur Luftwaffe.

Die MTU sorgte von Anfang an für den sicheren Einsatz der T64-Antriebe, die zwischen 1970 und 1975 gebaut wurden. Für dieses in Kooperation mit GE Aviation und Klöckner-Humboldt-Deutz produzierte Triebwerk übernahm sie in München hauptsächlich die Montage und Abnahmeläufe. Insgesamt wurden 247 T64 ausgeliefert. „Heute konzentrieren wir uns beim T64 auf die Instandhaltung. Wir bekommen durchschnittlich 20 Triebwerke im Jahr zur technischen Überprüfung, Bedarfsinstandsetzung oder Generalüberholung“, sagt Florian Pulfer, Leiter Programmmanagement Hubschraubertriebwerke – Services & Instandsetzung bei der MTU.

### Anpassung an sich ändernde Einsatzbedingungen

Im Laufe der inzwischen 45 Einsatzjahre änderten sich Missionen und Anforderungen. Die CH-53G und ihre T64-Antriebe mussten angepasst und weiterentwickelt werden, um sie für extreme klimatische und geografische Bedingungen fit zu machen. In enger Zusammenarbeit mit der Bundeswehr wurde daher ein Programm zur Hochrüstung für die CH-53G gestartet. Bis 2014 wurden insgesamt 166 Triebwerke in Kooperation mit der Bundeswehr auf den neuesten Stand gebracht.


Fast ein Dutzend Bauteile waren von der Umrüstung betroffen: von der Kraftstoffpumpe über Kraftstoffregler, Brennkammerein-

satz bis zur Gasgeneratorturbine. Aus dem T64-7 wurde nach der Leistungssteigerung das T64-100 mit einer maximalen Leistung von 3.229 kW – 300 kW mehr als sein Vorgänger. Die Steigerung kam durch eine erhöhte Verbrennungstemperatur unter Einsatz neu entwickelter Turbinenschaufeln. Um den Verschleiß durch angesaugten Sand zu verringern, wurden die Hubschrauber zusätzlich mit Sandfiltern ausgerüstet. Die Bundeswehr ließ es sich nicht nehmen, das letzte der 166 hochgerüsteten Triebwerke im November 2014 direkt bei der MTU in München abzuholen – selbstverständlich mit einer CH-53G.

### 100.000 Flugstunden

Die Planungen der Luftwaffe sehen vor, dass die CH-53-Flotte noch bis 2030 im Einsatz bleibt: „Die MTU-Mitarbeiter haben dafür gesorgt, dass die Triebwerke auch künftig ihre Aufgaben effizient und zuverlässig erledigen können“, sagt Wolfgang Gärtner, Leiter Hubschrauber-Triebwerksprogramme bei der MTU. Bester Beweis: Am 18. Juni dieses Jahres hat das T64-100 die 100.000-Flugstunden-Marke geknackt.

Die vertrauensvolle Zusammenarbeit über Jahrzehnte hinweg beweisen beide Partner auch in weiteren militärischen Programmen: Bei der Kooperation mit der Bundeswehr arbeiten MTU-Mitarbeiter und Soldaten Hand in Hand und setzen die Triebwerke gemeinsam instand. Die Idee dazu hat die MTU – seinerzeit als erstes Industrieunternehmen – zusammen mit der Bundeswehr entwickelt und umgesetzt. Da sich das Modell beim Eurofighter-Triebwerk EJ200 bestens bewährt hatte, wurde es auf weitere militärische Luftfahrtantriebe ausgeweitet: auf den Tornado-Antrieb RB199 und auf das MTR390 für den Kampfhubschrauber Tiger. Das Modell bringt Kosten- und Zeitersparnis durch die Bündelung von Ressourcen und sorgt für eine optimale Versorgung der Truppe mit einsatzbereiten Antrieben.

„Zu jeder Zeit“, so Klaus Günther, Leiter Militärische Programme bei der MTU, „kann sich die Bundeswehr darauf verlassen, dass die MTU sie mit innovativen Instandhaltungs- und Reparaturkonzepten sowie individuellem Kundenservice versorgt.“ 



Fragen, Wünsche, Anregungen? Hier erreichen Sie die Redaktion:  
[aeroreport@mtu.de](mailto:aeroreport@mtu.de)



Mehr zum Thema: [www.aeroreport.de](http://www.aeroreport.de)



Autorin:  
**Nicole Geffert** arbeitet seit 1999 als freie Journalistin mit den Themen Forschung und Wissenschaft, Geld und Steuern, Ausbildung und Beruf.



# „The future is geared“

*Dr. Frank Grauer, leitender MTU-Experte für Vorauslegung von Triebwerksprogrammen, über Gesprächsstoff und Perspektiven auf der diesjährigen Konferenz der International Society of Air Breathing Engines (ISABE), die für den weltweiten Wissensaustausch über luftatmende Triebwerke sorgt.*

**Autorin:** Eleonore Fähling



Dr.-Ing. Frank Grauer leitet seit 2015 bei der MTU Aero Engines die Vorauslegung künftiger ziviler und militärischer Luftfahrtantriebe. Er kam 1999 zur MTU und war an verschiedenen Technologie- und Entwicklungsprojekten unter anderem für den A400M-Antrieb TP400-D6 beteiligt. 1998 promovierte er mit einer Arbeit über aktive Stabilitätskontrolle in Axialverdichtern an der Ruhr-Universität Bochum.

**Herr Dr. Grauer, Sie waren als Vertreter der MTU Aero Engines Keynote Speaker bei der 23. ISABE-Konferenz im September in Manchester. Wüber haben Sie gesprochen?**

**Dr. Frank Grauer:** In meinem Beitrag ging es um die grundsätzlichen Herausforderungen in der Luftfahrt mit Blick auf die anspruchsvollen Ziele für 2050 und um die MTU-Strategie zur Unterstützung dieser Ziele. Damit ist unsere Claire-Roadmap gemeint; Claire steht für Clean Air Engine. Ich habe den Schwerpunkt auf die Phase nach 2030 gelegt, weil es mir wichtig war darauf hinzuweisen, dass bereits heute erste technologische Weichenstellungen erfolgen müssen.

Es gibt derzeit sehr viel Diskussion rund um das elektrische Fliegen. Wenn man sich aber etwas intensiver mit der Thematik auseinandersetzt, dann kommt man schnell zu dem Schluss, dass der Beitrag elektrischer Antriebe zur Erreichung der Klimaziele 2050 sehr überschaubar sein wird. Und dann geht es darum, Alternativen aufzuzeigen. Es gibt im nationalen und europäischen Umfeld viele Ideen, wie Gasturbinenantriebe verbessert werden können, um die Klimaziele zu erreichen. Diese Ideen werden allerdings nicht so offensiv in die Öffentlichkeit

*„Sehr gefreut hat mich, dass das Konzept des Getriebefans in vielen Vorträgen als sehr innovativ und überlegen dargestellt wurde. Der Satz ‚the future is geared‘ war häufig zu hören.“*

getragen wie das elektrische Fliegen. Auch langfristig werden die größeren Passagierflugzeuge auf eine Fluggasturbine angewiesen sein. Entweder wie heute zur Schuberzeugung oder, wenn es denn Vorteile bringen sollte, in hybriden Antrieben zur Stromerzeugung. Das heißt, wir werden auch 2050 noch luftatmende Triebwerke brauchen und müssen weiter an Verbesserungen arbeiten.

**Die geballte weltweite Luftfahrtantriebskompetenz in Forschung und Industrie eine Woche lang an einem Ort: Was waren die fachlichen Gesprächsthemen bei den Veranstaltungen?**

**Grauer:** Das war natürlich ein bunter Strauß aus ganz verschiedenen Themen. Neben dem elektrischen Fliegen waren die auch in der MTU stark im Fokus stehenden Fragen rund um Digitalisierung, Simulation in Fertigung und Entwicklung sowie additive Fertigung häufige Gesprächsthemen auf den Fluren. Auch die Potenziale von keramischen Verbundwerkstoffen, sogenannten CMCs, wurden immer wieder diskutiert. Sehr gefreut hat mich, dass das Konzept des Getriebefans in vielen Vorträgen als sehr innovativ und überlegen dargestellt wurde. Der Satz „the future is geared“ war häufig zu hören.





**Welche Vorträge und Thesen Ihrer Kollegen waren aus Ihrer Sicht am spannendsten?**

**Grauer:** Persönlich war ich natürlich sehr gespannt darauf, wie die Vorträge meiner Kollegen ankommen. Die MTU war mit drei Beiträgen vertreten. In einem Vortrag ging es um das Thema „Variable Cycle Engine“ mit dem Schwerpunkt auf den erforderlichen Überlegungen in der Vorauslegungsphase. Ein weiterer Vortrag stellte ein Verfahren zur Berücksichtigung der Erosion in Fan und Verdichter bereits in einem frühen Auslegungsstadium vor. Ein wichtiger Aspekt, wenn man sich frühzeitig auch über Instandhaltungskosten Gedanken machen will. Die dritte Präsentation gab einen guten Überblick über den Stand der Dinge in dem von der MTU koordinierten EU-Projekt ENOVAL. Bei allen drei Vorträgen waren die Räume voll und es schlossen sich intensive fachliche Diskussionen an. Ich würde sagen, gut gemacht und gut angekommen.

Ansonsten waren viele der Keynotes interessant und gaben einen Überblick über die Aktivitäten der Wettbewerber. Auffallend war aus meiner Sicht tatsächlich, dass sich die Euphorie um das Thema elektrisches Fliegen doch etwas gelegt hat. Es tritt so langsam Ernüchterung beziehungsweise eine Versach-

lichung ein, was mögliche Anwendungen und den Zeithorizont angeht.

Was war aus meiner Sicht noch interessant? Die Tatsache, dass additive Fertigung in aller Munde ist und dass die Potenziale von Simulation in der Fertigung von vielen gesehen werden. Die sehr innovativen Ideen von Airbus bezüglich urbaner Mobilität, die viel Phantasie anregen. Die Ankündigung, dass Safran jetzt doch auf den angekündigten Flugtest des Open Rotor im Rahmen von Clean Sky verzichtet.

Sehr spannend fand ich den Beitrag von Easyjet, der den Auswahlprozess der Airline für die Nachfolge der A320ceo beschrieben hat. Zunächst die flugzeugseitige Abwägung zwischen Boeing und Airbus und dann, nach der Entscheidung für die A320-Familie, noch die Triebwerksauswahl, die auf das LEAP fiel.

**An welchen Antriebstechnologien der Zukunft tüfteln denn die Wissenschaftler?**

**Grauer:** Mit Blick auf die kommende Generation von Flugzeugen, also zum Beispiel einer Nachfolge für die A320 im

*„Für uns bedeutet das, dass wir weiter gemeinsam mit unserem Partner Pratt & Whitney an Verbesserungen des Getriebefans arbeiten und zusammen mit den Flugzeugbauern zu noch größeren Nebenstromverhältnissen kommen wollen, um die konzeptionellen Vorteile des GTF-Konzepts noch weiter nutzen zu können.“*

---

**Dr.-Ing. Frank Grauer,**

*Leiter Vorauslegung ziviler und militärischer Luftfahrtantriebe bei der MTU Aero Engines*

---

Zeitrahen um 2030, werden vor allem evolutionäre Weiterentwicklungen der heutigen Konzepte verfolgt. Für uns bedeutet das, dass wir weiter gemeinsam mit unserem Partner Pratt & Whitney an Verbesserungen des Getriebefans arbeiten und zusammen mit den Flugzeugbauern zu noch größeren Nebenstromverhältnissen kommen wollen, um die konzeptionellen Vorteile des GTF-Konzepts noch weiter nutzen zu können. Da spielt dann die Integration des Triebwerks in das Flugzeug eine große Rolle.

Für die Wettbewerber dürfte es ganz im Sinne von „the future is geared“ bedeuten, sich auch in Richtung GTF zu bewegen und dort Erfahrung aufzubauen.

### **Was ist mit dem Zeithorizont bis 2050?**

**Grauer:** Hier wird derzeit ein sehr weites Feld beackert. Die Überlegungen gehen eindeutig in Richtung disruptiver Konzepte zur weiteren Verbesserung des thermischen Wirkungsgrades der Triebwerke. Dazu werden in den verschiedensten Projekten sowohl im nationalen als auch europäischen Rahmen Erweiterungen der Kreisprozesse angeschaut und bewertet. Eines der häufig aufgegriffenen Konzepte ist die sogenannte „Composite Cycle Engine“, bei der der thermodynamische Kreisprozess durch einen zusätzlichen Kolbenmaschinen-Anteil deutlich verbessert werden kann.

Die Idee dazu geht übrigens auf ein MTU-Patent zurück und wird mittlerweile von vielen Hochschulen und Forschungsinstituten näher beleuchtet.

Bei all diesen Ideen stellt sich die Frage, ob die Potenziale, die eindeutig da sind, auch tatsächlich gehoben werden können. Gewicht und Zuverlässigkeit spielen dabei in der Luftfahrt immer eine wesentliche Rolle. Hier sind wir erst am Anfang und müssen noch einiges an guten Ideen entwickeln. Wir sind bei den wichtigen Studien unmittelbar beteiligt, um unserer Rolle als Innovationstreiber in der Luftfahrt gerecht zu werden und um gleichzeitig Entwicklungstrends und Technologiebedarfe für die Zukunft zu erkennen.

### **Und was gibt es Neues bei elektrischen Antriebskonzepten?**

**Grauer:** Dabei zeichnet sich ab, dass rein elektrische Antriebe, also nur mit Batterie betriebene Fans, auf absehbare Zeit bestenfalls für kleine Anwendungen und geringe Reichweiten eine Option sind. Genau auf solche Anwendungen zielen zum Beispiel die Airbus-Ideen rund um „urban mobility“.

Wenn es um großvolumigen Passagierverkehr geht, dann konzentriert sich die Community auf sogenannte turboelektrische Systeme, bei denen eine Gasturbine Strom erzeugt, der dann

**Dr.-Ing. Frank Grauer**

*Luftfahrtantriebe, die die Klimaziele 2050 erfüllen sollen, brauchen revolutionäre Konzepte, sagt er.*




über ein intelligentes Bordnetz mehrere am Flugzeug verteilte Fans antreibt. Die entscheidende Frage wird auch hier sein, wie die Gesamtbilanz aussieht. Auf der Habenseite erwartet man sich Vorteile durch Grenzschichteinsaugung, Verbesserung der Flügelaerodynamik oder sogar den Wegfall von Steuerflächen am Flugzeug. Auf der anderen Seite bringen solche Systeme zunächst mal zusätzliche Komplexität und Gewicht mit. Das wird man in seriösen Studien genau anschauen müssen. Wir beteiligen uns gemeinsam mit verschiedenen Partnern wie Airbus, Siemens und dem Bauhaus Luftfahrt an solchen Studien, zum Beispiel im EU-Projekt CENTRELINE, um auch hier Verständnis aufzubauen und Trends frühzeitig zu erkennen.

**Was braucht die Industrie?**

**Grauer:** Innovative und kreative Köpfe, die klassischen Schlüsseltechnologien wie hochwarmfeste, leichtgewichtige Werk-

stoffe entwickeln oder neue Produktionsverfahren wie additive Fertigung industrialisieren. Auch der Ausbau von Simulationsverfahren gehört dazu.

**Zeit für die nächste Generation in der Triebwerksbranche?**

**Grauer:** Auf jeden Fall, wir haben viele spannende Themen für junge Ingenieurinnen und Ingenieure. Ihre große Chance in den kommenden Jahren ist, dass wir für Luftfahrtantriebe, die die Klimaziele 2050 erfüllen sollen, nicht nur evolutionär wie bisher entwickeln können, sondern ganz neue, revolutionäre Konzepte brauchen. 



Fragen, Wünsche, Anregungen? Hier erreichen Sie die Redaktion:  
[aeroreport@mtu.de](mailto:aeroreport@mtu.de)



Mehr zum Thema: [www.aeroreport.de](http://www.aeroreport.de)



Autorin:  
**Eleonore Fähling** ist Chefredakteurin des **AEROREPORT** und seit 1999 verantwortlich für die Mitarbeiterzeitung der MTU Aero Engines.

# Weltumspannend an einem Strang

*Dr. Rainer Walther, seit 2013 Administrative Secretary  
der International Society of Air Breathing Engines (ISABE),  
über deren Aufgaben und Themen.*

**Autorin:** Eleonore Fähling





**Dr. Rainer Walther** ——— Seit 2013 Administrative Secretary der International Society of Air-Breathing Engines (ISABE).

Dr. Rainer Walther war bis vor kurzem in der Technologieentwicklung bei der MTU Aero Engines als Koordinator von Technologie-Netzwerken mit Forschungseinrichtungen und Hochschulen tätig. Seit 1985 arbeitete er in verschiedenen Entwicklungsbereichen der MTU. 1985 promovierte er in Luft- und Raumfahrttechnik an der Universität Stuttgart, wo er nach seinem Studium wissenschaftlicher Mitarbeiter war. Seit 1993 ist er dort Lehrbeauftragter und seit 2001 Honorarprofessor.

2003 wurde Walther zum Vice President der International Society of Air Breathing Engines (ISABE) gewählt. 2006 wurde er zum zweiten Nationalen Repräsentanten Deutschlands im aus internationalen Vertretern zusammengesetzten Board der ISABE ernannt und ist seit 2013 Administrative Secretary der Vereinigung.

**Herr Dr. Walther, was machen Sie eigentlich als Administrative Secretary der ISABE und wie sind Sie dazu gekommen?**

**Dr. Rainer Walther:** Die Aufgaben des Administrative Secretary, auf Deutsch in etwa übersetzbar mit „Verwaltungschef“, sind recht vielfältig. Dazu gehören beispielsweise die Auswahl attraktiver Veranstaltungsorte für die alle zwei Jahre stattfindenden ISABE-Konferenzen sowie deren Planung und Vorbereitung gemeinsam mit dem Board der internationalen Vertreter der ISABE. So haben wir vor kurzem als Veranstaltungsort für die nächste Konferenz in 2019 Canberra in Australien ausgewählt. Darüber hinaus unterstütze ich die lokalen Organisationskomitees bei der Auswahl von Referenten sowie bei der Spezifikation von Themenschwerpunkten für die Konferenzen.

Ich persönlich war stets ein leidenschaftlicher Besucher der ISABE-Konferenzen, an denen ich seit mehr als zwei Jahrzehnten regelmäßig und aktiv teilnehme. Im Jahr 2003 wurde ich zum Vice President der ISABE gewählt. Verbunden damit war die Organisation und erfolgreiche Durchführung der 17. ISABE-Konferenz 2005 in München. Sie wurde dank großer Unterstützung durch die MTU und vieler meiner Kolleginnen und Kollegen ein bis heute unvergessener Erfolg.

**Die ISABE wurde vor mehr als 40 Jahren gegründet, als die Industriemächte noch im Kalten Krieg erstarrt und die Concorde und Tupolew Tu-144 die Luftfahrttechnologien Aushängeschilder der Blöcke waren. Wie konnte da weltumspannend über Technologieentwicklung diskutiert werden?**

**Walther:** Die erste ISABE-Konferenz fand 1972 in Marseille statt. Sicherlich war ein internationaler Austausch auf dem Gebiet der luftatmenden Triebwerkstechnologie zu dieser Zeit nicht einfach. Bereits damals fand jedoch der Austausch von Forschungs- und Entwicklungsergebnissen nicht nur zwischen Industrieunternehmen, sondern auch zwischen international anerkannten Großforschungseinrichtungen wie der amerikanischen NASA, dem kanadischen NRC, dem russischen CIAM, der französischen ONERA sowie dem deutschen DLR statt. Auch war in den Anfangsjahren die Anzahl der Konferenzteilnehmer mit etwa 100 deutlich geringer als heute.

*„Ich glaube, dass in Zukunft auf den ISABE-Konferenzen zunehmend auch Aspekte der Triebwerks-Zellenintegration präsentiert und mit Vertretern der Flugzeugzellenentwicklung diskutiert werden.“*



Auf der diesjährigen 23. ISABE-Konferenz in Manchester kamen im September um die 400 Experten zusammen, 2005 in München waren es rund 500.


### **An welchen Antriebstechnologien der Zukunft tüfteln denn heute die Wissenschaftler und Unternehmen der Triebwerksindustrie?**

**Walther:** Die Schwerpunkte heutiger Präsentationen auf der ISABE-Konferenz beinhalten wirtschaftliche, verbrauchsarme und umweltfreundliche Triebwerke und deren Komponenten. Beispiele dafür sind Getriebefans, Open-Rotor-Antriebe und, als langfristige Perspektiven, elektrische und hybride Antriebskonzepte. Aber auch neueste Entwicklungen und Anwendungen fortschrittlicher Fertigungsverfahren, beispielsweise Additive Manufacturing, werden ausführlich vorgetragen und diskutiert.

Erstaunlich fand ich diesmal, mit welcher großer Begeisterung und unermüdlicher Ausdauer über umfassende Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zu Staustrahlantrieben für Hyperschall-Flugsysteme, insbesondere aus mehreren asiatischen Ländern, berichtet wurde.

### **Wie wird eine ISABE-Konferenz in zehn Jahren aussehen?**

**Walther:** Ich glaube, dass in Zukunft auf den ISABE-Konferenzen zunehmend auch Aspekte der Triebwerks-Zellenintegration präsentiert und mit Vertretern der Flugzeugzellenentwicklung diskutiert werden. Hintergrund dafür ist, dass mit der möglichen Anwendung künftiger Open-Rotor- und Hybrid-Antriebe deren Integration in die Flugzeugzelle eine große Bedeutung zukommt, um die potentiellen Synergieeffekte zwischen Triebwerk und Zelle optimal zu nutzen.

Darüber hinaus glaube ich, dass die Konferenzbeiträge in Menge und Vielfalt, insbesondere aus den asiatischen Ländern, weiterhin anwachsen werden. Auch wird die Konferenz in bisher nicht oder nur wenig vertretenen Ländern zunehmend an Interesse gewinnen: So wurde beispielsweise dieses Jahr Kenia als 29. Nation in die ISABE-Gesellschaft aufgenommen. 



Fragen, Wünsche, Anregungen? Hier erreichen Sie die Redaktion:  
[aeroreport@mtu.de](mailto:aeroreport@mtu.de)



Mehr zum Thema: [www.aeroreport.de](http://www.aeroreport.de)



Autorin:  
**Eleonore Fähling** ist Chefredakteurin des **AEROREPORT** und seit 1999 verantwortlich für die Mitarbeiterzeitung der MTU Aero Engines.

# Nicht gleich an die Decke gehen

*Von der Idee zur industriellen Reife:  
Die einzigartige Endmontage des A320neo-Antriebs  
PW1100G-JM bei der MTU Aero Engines.*

**Autorin:** *Silke Hansen*

Klar, die MTU Aero Engines ist ein unverzichtbarer Player der Triebwerksbranche, ihre Produkte sind Schlüsseltechnologien von Luftfahrtantrieben. Bestes Beispiel: die schnelllaufende Niederdruckturbine für den Getriebefan, doppelt ausgezeichnet für ihre innovativen Technologien. Die Expertise der MTU ist aber viel umfassender, wie das selbst entwickelte System für die Endmontage des A320neo-Antriebs PW1100G-JM beweist – eine ausgefeilte und weltweit einmalige Fertigungstechnologie. Und wie so oft und hier ganz besonders sind es die Mitarbeiter mit ihren Ideen, ihrer Energie, ihrem Know-how und einer Portion Mut zum Risiko, die neue Lösungen vorantreiben.

## **Am Boden statt an der Decke**

Im Falle der Endmontage des A320neo-Antriebs war es Elmar Stichlmair, Projekt-

leiter Industrialisierung PW1100G-JM. Im September 2011 erhielt die MTU den Zuschlag vom US-Kooperationspartner und OEM Pratt & Whitney, 30 Prozent aller Antriebe zu montieren. Das war durchaus eine Herausforderung, noch nie hatte die MTU die Endmontage eines zivilen Triebwerks mit so hohen Stückzahlen realisiert. Die Montage musste komplett neu aufgebaut werden, sollte möglichst wenig Fläche beanspruchen und vor allem sehr flexibel sein. Üblicherweise erfolgt der Zusammenbau eines Triebwerks an festen Stationen mit Hilfe von Kränen, die an Deckenschienen laufen. „Mir kam die Idee, die Montage mit einem bodengeführten System zu organisieren“, erzählt Stichlmair. Er hatte vorher die hochautomatisierte Linie für das GENx-Turbine Center Frame hauptverantwortlich mit aufgebaut und sah darin ein Vorbild.

Schnell war klar, dass das Triebwerk während der Montage in einem Wagen transportiert werden sollte. „Der hätte allerdings so groß sein müssen, dass der Mitarbeiter nicht an das Triebwerk herangekommen wäre.“ Das Konzept aus mehreren Wagen war geboren. Nach und nach feilte der MTUler daran weiter. „Die Idee ist langsam gewachsen.“ Es entstand ein System aus bis zu 16 Wagen, die sich, je nach Montagefortschritt passend gekoppelt, fließbandähnlich entlang der Linie bewegen.

In acht Schritten bauen die Mitarbeiter das Triebwerk zusammen, teils vertikal, teils horizontal, prüfen, verpacken und versenden es. Die Vormontage der Module, die von den Seiten zur Hauptmontagelinie stoßen, läuft parallel. Daher ist das System besonders effizient. Mehrere Triebwerke in



*„Es passte einfach alles auf Anhieb.  
Jedes Maß saß.“*

---

**Elmar Stichlmair,**  
Projektleiter Industrialisierung PW1100G-JM

---

unterschiedlichen Bauphasen lassen sich gleichzeitig montieren – ab 2019 mit der Kapazität von einem Triebwerk pro Tag.

### Interne Lösung setzt sich durch


Als Herausforderung erwies sich in der Planung, dass der MTU zu dem Zeitpunkt noch keine Unterlagen zum Gesamttriebwerk und seinen Abmessungen vorlagen. Der Antrieb befand sich in der Entwicklung; die MTU ist als spezialisierter Anbieter nur für einzelne Module zuständig. Am Ende hatte Stichlmair aber eine erste Spezifikation auf dem Papier. Jetzt musste das Konzept mit Leben gefüllt werden. In der Ausschreibung für die Konstruktion und den Bau der Wagen und Vorrichtungen setzte sich die MTU-interne Abteilung für Betriebsmittel und Anlagenservice durch. „Es passte einfach alles auf Anhieb. Jedes Maß saß“, ist Stichlmair noch heute von der Arbeit der Kollegen begeistert. Inzwischen war mit der Detail-

planung der Startschuss für das Projekt zur Industrialisierung der A320neo-Triebwerksmontage gefallen. Stichlmair hatte die Leitung des Teams mit insgesamt 100 Mitarbeitern übernommen und koordinierte die Zusammenarbeit der unterschiedlichen Fachabteilungen sowie die Abstimmungen mit Pratt & Whitney.

### Erfolg ohne Plan B

Im Mai vergangenen Jahres kam das erste Triebwerk aus den USA nach München, mit dem die Prozesse überprüft werden konnten. Das System funktionierte auf Anhieb fehlerfrei. Einen Plan B hätte es auch nicht gegeben. Anfang August standen schon die Prüfer der amerikanischen Luftfahrtbehörde FAA (Federal Aviation Administration) vor der Tür. Sie gaben dem neuen Montagekonzept der MTU grünes Licht. Eine wichtige Hürde war genommen. Dann ging es weiter Schlag auf Schlag. Ende August 2016 lieferte

die MTU das erste montierte Serientriebwerk an Airbus nach Toulouse. Zwei Monate später weihte die MTU ihre Montagelinie feierlich ein – ein Meilenstein in der Unternehmensgeschichte. Auch für Stichlmair war dies ein Highlight. Er sei stolz gewesen, sagt er. Das Vertrauen in die MTU hatte sich ausgezahlt. Sie verantwortet jetzt eine von weltweit drei Montagelinien für das PW1100G-JM, das wichtigste Triebwerk für die Zukunft des Unternehmens, dessen Auftragsbücher prall gefüllt sind.

Das System ist inzwischen patentiert und Stichlmair sowie sechs weitere Kollegen haben für ihre Leistungen eine Auszeichnung der MTU gewonnen. „Es war eine arbeitsintensive Zeit mit vielen interessanten, aber auch komplexen Themen, einigen Reibereien. Aber es hat sich gelohnt. Es ist ein super Produkt dabei herausgekommen.“ Mal wieder. 



Fragen, Wünsche, Anregungen? Hier erreichen Sie die Redaktion:  
[aeroreport@mtu.de](mailto:aeroreport@mtu.de)



Mehr zum Thema: [www.aeroreport.de](http://www.aeroreport.de)



Autorin:  
**Silke Hansen** schreibt als freie Journalistin für den **AEROREPORT**. Seit über zehn Jahren berichtet sie aus der Welt der Luftfahrt, ihre Themenschwerpunkte sind Technik, Innovation und Markt. Ein weiteres Spezialgebiet der Autorin ist das Corporate Responsibility Reporting.



**Lässt auch heute noch Ingenieursherzen  
höher schlagen** \_\_\_\_ *Das Concorde-Programm  
wurde 1962 gestartet.*

# Die nächste Überschall-Generation

*Die Concorde ist Geschichte, aber wo liegt die Zukunft schneller Passagierflüge? Eine Firma aus Denver will bereits 2023 damit starten.*

**Autor:** *Andreas Spaeth*



**MEILENSTEINE DES ÜBERSCHALLFLUGS**

- **14. Oktober 1947**  
Captain Chuck Yeager durchbricht in der Bell X-1 als erster Mensch die Schallmauer, erreicht Mach 1,06
- **November 1962**  
Das Concorde-Programm wird gestartet
- **5. Juni 1963**  
US-Präsident John F. Kennedy kündigt ein amerikanisches Überschallprogramm an, das spätere Modell Boeing 2707
- **26. Juli 1963**  
Die Sowjetunion startet die Entwicklung des Überschall-Passagierjets Tupolew Tu-144
- **3. Oktober 1967**  
Das Raketenflugzeug X-15 erreicht in 31.120 Metern Höhe Mach 6,72 (7.224 km/h), ein bis heute gültiger Weltrekord für ein bemanntes Flugzeug
- **31. Dezember 1968**  
Erstflug der Tupolew Tu-144
- **2. März 1969**  
Erstflug der Concorde
- **20. Mai 1971**  
Das Boeing-Überschallprogramm wird eingestellt
- **21. Januar 1976**  
Concorde-Liniendienst beginnt bei Air France und British Airways
- **1. November 1977**  
Aeroflot beginnt Liniendienst mit der Tu-144
- **1. Juni 1978**  
55. und letzter Liniendienst der Tupolew Tu-144
- **26. November 2003**  
letzter Flug einer Concorde, von London-Heathrow ins Museum nach Bristol

Im Musée de l'Air am Pariser Flughafen Le Bourget treffen sich Vergangenheit und Zukunft des Überschallflugs – 70 Jahre, nachdem Chuck Yeager im Oktober 1947 als erster Mensch überhaupt die Schallmauer durchbrach, und gut 48 Jahre nach dem Erstflug der Concorde. Von der stehen hier ein Prototyp und gleich daneben eine Serienmaschine, in der von 1976 bis 2003 zahlende Passagiere mit Mach 2,02 am Rande des Weltalls über den Atlantik geflogen sind. Stauend geht Blake Scholl durch die Kabine der ausgestellten Air France-Concorde. Der kräftige 36-jährige Amerikaner aus Denver/Colorado will mit seinem Startup „Boom“ schon bald eine neue Ära des Überschall-Passagierflugs einläuten. „Leider bin ich selbst nie mit der Concorde geflogen, ich war erst 23 Jahre alt, als sie den Betrieb einstellte“, bedauert Scholl.

Er hält seine Hand gegen eines der Fenster, er kann es allein mit der Handfläche fast abdecken. Damals, mit einem aus Aluminium gebauten Rumpf, mussten die Fenster aus Festigkeitsgründen eher als Gucklöcher ausgeführt sein, im Flug wurden sie durch die Reibungshitze auch von innen so heiß wie Kochplatten. „Unglaublich, wie klein die sind, bei uns werden wir dank neuer Verbundwerkstoffe an Stelle von Aluminium viel größere Fenster einbauen“, erklärt der Unternehmer. Sein Blick fällt auf die Sitze in der engen Air France-Kabine: „Das ist heute bestenfalls Premium Economy-Standard, wir werden die Einrichtung an Bord stark verbessern“, verspricht Blake Scholl. 55 Business Class-Sitze, bei denen sich die Liegefläche neigen lässt, werden im Boom Passenger Airliner Platz finden, oder sogar 15 in

First auf Bettsitzen plus 30 in Business. Wahrer Luxus im Vergleich zur Concorde.

**Technische und wirtschaftliche Herausforderungen**

Kühne Pläne für neue Überschallkonzepte hat es stets viele gegeben, doch niemand konnte die extremen Herausforderungen überwinden. Den Überschallknall minimieren, den Triebwerkslärm begrenzen und gleichzeitig wirtschaftlich im Betrieb sein – die technischen und finanziellen Herausforderungen sind riesig. Die besten Chancen, sowohl technologisch als auch wirtschaftlich, wurden bisher kleineren Überschall-Geschäftsreisejets eingeräumt. Deren zierlicher Rumpf dämpft den Überschallknall, und eilige Top-Manager und Stars müssen nicht so aufs Geld achten. Schon 2014 wurde das Überschall-Privatjet-Projekt Aerion für einen Zwölf-sitzer vorgestellt, sogar Airbus hat sich beteiligt, doch es geht nur langsam voran. Wie Boom will ein Start-Up aus Boston bereits 2023 mit seiner 18-sitzigen Spike S-512 an den Start gehen. Die Nasa hat Lockheed Martin beauftragt, bis 2021 ein Demonstrationsflugzeug zu bauen, nicht einmal halb so groß wie die Concorde; Endziel ist es, einen leisen 80-Sitzer zu bauen, der mit Mach 1,7 auch etwas langsamer fliegt als diese.

Boom nimmt als einziges Projekt die Herausforderung an, zeitnah einen größeren Passagierjet zu bauen. Etappenziel ist es, bis Ende 2018 das zweisitzige Testflugzeug XB-1 in die Luft zu bringen, Spitzname Baby Boom. Das schnellste Zivilflugzeug der Welt soll Mach 2,2 (2.235 km/h) erreichen, mehr als doppelt so schnell fliegen wie der Schall,

**DIE CONCORDE UND IHRE MÖGLICHEN NACHFOLGER**

	<b>Concorde</b>	<b>Boom</b>	<b>Aerion</b>	<b>Spike</b>
Länge	62,13m	51,80m	52m	37m
Spannweite	25,56m	18,20m	19m	17,70m
Triebwerke	4	3	3	2
Passagiere	100	55	8-12	18
Reichweite	6.230 km	8.334 km	8.797 km	10.334 km
Geschwindigkeit	Mach 2,02	Mach 2,2	Mach 1,5	Mach 1,6
Erstflug	2. März 1969	2023	2018-2021	nach 2020

## Wie schnell ist Überschall?

Geschwindigkeiten schneller als der Schall werden in Mach angegeben – nach dem österreichischen Physiker Ernst Mach (1838-1916). Die Mach-Zahl (Ma) drückt dabei das Verhältnis von Geschwindigkeit (v) zu Schallgeschwindigkeit (c) aus:  $Ma = v/c$ . Die Schallgeschwindigkeit hängt von Temperatur und Luftdruck ab. Bei einer Temperatur von  $-50^{\circ}\text{C}$  und einem Luftdruck von 26 Kilopascal in 10.000 Metern Flughöhe beträgt die Schallgeschwindigkeit rund 300 Meter pro Sekunde. Ein Flugzeug, das Mach 1 fliegt, ist damit 1.080 Stundenkilometer schnell.

genau wie das spätere Serienflugzeug. Doch unabhängige Wissenschaftler hegen Zweifel: „Ich halte das Vorhaben von Boom für äußerst ambitioniert“, warnt Ingenieur Bernd Liebhardt von der Einrichtung für Lufttransportsysteme des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Hamburg. „Die angestrebte Geschwindigkeit von Mach 2,2 ist sehr hoch angesetzt, Mach 1,4 oder 1,6 wie bei den anderen Projekten erscheinen realistischer. Für Mach 2,2 ausgelegte Triebwerke werden beim Start so laut sein, dass ihre Zulassung unwahrscheinlich ist. Außerdem ist der Boom-Jet mit 55 Sitzen relativ groß konzipiert, es gibt dafür kaum genügend Flugziele mit ausreichend zahlungskräftigen Passagieren.“

## Skepsis bei den Fachleuten

Auch bei der MTU herrscht Skepsis: „Das Ziel von Boom, bereits 2023 zu fliegen, halte ich für unrealistisch, allein die Adaption und Integration selbst eines bestehenden Turbofan-Triebwerks in ein solches Flugzeug dauert mindestens sechs Jahre“, weiß Bernhard Köppel, Leiter Flugphysik und Betriebskostenanalyse für Neue Programme bei der MTU in München. „Und wenn man statt Mach 1,5 mit Mach 2,2 fliegen will, bietet das keine großen Vorteile, schafft aber große Schwierigkeiten etwa bei Verbrauch und Lärm“, so Köppel. DLR-Ingenieur Bernd Liebhardt schätzt die Chance, dass es in zehn Jahren wieder Überschall-Passagierflüge gibt, auf weniger als 50 Prozent, da seit der Concorde niemand den entscheidenden Schritt gewagt habe, ein industrielles Entwicklungsprogramm zu starten. Aber, so Liebhardt, „ein solches Flugzeug zu konstruieren ist eine riesige Inspiration für Generationen von Ingenieuren, das ist die formidabelste Aufgabe in der ganzen Luftfahrt.“

## DIE ÜBERSCHALLFLUGZEUGE VON MORGEN



**Boom Supersonic** \_\_\_\_\_ Das Start-up des früheren Amazon-Managers Blake Scholl will schon 2018 den Zweisitzer „Baby Boom“ (im Bild oben) in die Luft bringen; der Boom Passenger Airliner (unten) soll später 55 Business Class-Sitze bieten.



**Aerion** \_\_\_\_\_ Der Erstflug des zwölfstzigen Überschall-Privatjets mit Airbus-Beteiligung ist zwischen 2018 und 2021 geplant.



**Spike** \_\_\_\_\_ Der 18-Sitzer eines Start-ups aus Boston soll 2023 starten.



Fragen, Wünsche, Anregungen? Hier erreichen Sie die Redaktion:  
[aeroreport@mtu.de](mailto:aeroreport@mtu.de)



Ein ausführliches Interview mit Blake Scholl, CEO von Boom Supersonic, finden Sie unter: [www.aeroreport.de](http://www.aeroreport.de)



Autor:

**Andreas Spaeth** ist seit über 25 Jahren als freier Luftfahrtjournalist in aller Welt unterwegs, um Airlines und Flughäfen zu besuchen und über sie zu berichten. Bei aktuellen Anlässen ist er ein gefragter Interpartner in Hörfunk und Fernsehen.

# Vom Automechaniker zum Luftfahrtpionier



**100. Geburtstag und 20. Todestag des „Elder Statesman of Aviation“  
Gerhard Neumann (1917-1997)**



**Legendär** \_\_\_\_\_ Gerhard Neumann (links) und sein Kollege  
Neil Burgess, die Entwickler des J79 (im Hintergrund).

Flugzeuge faszinieren den am **8. Oktober 1917** in Frankfurt/Oder geborenen Gerhard Neumann früh: Gerade einmal 15 Jahre alt, baut er sich einen Gleitflieger – und fliegt ihn auch.

Nach einer Automechaniker-Lehre, dem Studium der Ingenieurwissenschaften und einer Station beim US-Freiwilligenkorps „Flying Tigers“ in China wandert er nach Lynn/Massachusetts aus. Bei General Electric erhält er im Jahr **1948** eine Anstellung auf dem Prüfstand für Triebwerke axialer Bauart.

Er experimentiert damit, Leitschaufeln im Verdichter variabel an die Strömungsrichtung anzupassen. Die Idee erhöht den Wirkungsgrad über den gesamten Betriebsbereich und ist heute Standard in nahezu allen Triebwerken. Das erteilte Patent zur

Bauausführung trägt Neumanns Namen. Sieben weitere Patente folgen im Laufe seiner Karriere.

Ab **1955** gehen die verstellbaren Leitschaufeln an sieben von 17 Verdichterstufen im **J79** (unter anderem eingesetzt in **F-4 Phantom II** und **F-104 Starfighter**) in Serie. Mit über **19.000** Exemplaren ist das J79 Neumanns erfolgreichstes Triebwerksprogramm.

Inzwischen Gesamtverantwortlicher für das GE-Strahltriebwerks-geschäft, treibt Neumann ab **1961** ein neuartiges Zwei-strom-Triebwerk voran: Nur ein kleiner Teil des durch den Fan angesaugten Luftstroms fließt durch Verdichter, Brennkammer und Turbine. Der große Rest gelangt seitlich am Kerntriebwerk vorbei – das **hohe Bypass-Verhältnis** war geboren, das Treibstoffverbrauch und Lärm enorm senkt. Aus dem Konzept entsteht das **CF6**. Für die Luftfahrtindustrie bedeutet es den Eintritt ins Zeitalter der Großraumflugzeuge. Natürlich sind auch die beweglichen Leitschaufeln dabei.

Hinter Neumanns Schreibtisch, so erzählen es Weggefährten, soll stets ein Schild mit den Worten „Fühle dich unsicher“ gehangen haben. Nur dann sei man offen für Wandel und Innovation. Bis zur Pensionierung steigt er auch gern selbst in die Pilotenkanzel, um die GE-Produkte zu testen.

„Je härter ich arbeite, desto glücklicher bin ich“, lautete Neumanns Lebensmotto. Diese Einstellung schlägt sich jedoch auf seine Gesundheit nieder. Er muss sich mehreren Herzoperationen unterziehen. Als 63-Jähriger zieht er sich im Jahr **1980** aus dem Berufsleben zurück. 17 Jahre später stirbt er am 2. November 1997 kurz nach seinem 80. Geburtstag.

# Groß und sparsam

Bei GE Aviation steuert das GE9X für die Boeing 777X auf den Erstflug zu

## 3,4 Meter

**134 Inches – oder 340,36 Zentimeter** – misst das Fancase im Durchmesser.

## 16 Schaufeln

Der Kohlefaserverbundwerkstoff-Fan besteht aus **16 Schaufeln** – kein aktuell verfügbares Triebwerk für Großraumjets kommt mit weniger aus.



## Druckverhältnis 27:1

Mit einem **11-stufigen Hochdruckverdichter** erzeugt der Kompressor ein Druckverhältnis von 27:1 – nach GE Aviation „das höchste in der gesamten Luftfahrtgeschichte“. Das Gesamtdruckverhältnis des Triebwerks liegt bei 60:1.

## leicht & belastbar

Die **Niederdruckturbinenschaufeln aus Titanaluminid** sind leicht und extrem belastbar.

## TCF zur Weiterleitung von bis zu 1.000°C heißen Gasen

Die MTU Aero Engines entwickelt und fertigt das GE9X-Turbinenzwischengehäuse (**Turbine Center Frame, TCF**). Das Bauteil leitet die bis zu 1.000 Grad Celsius heißen Gase aus der Hochdruckturbinen mit möglichst geringen aerodynamischen Verlusten an Strukturbauteilen und Leitungen vorbei zur Niederdruckturbinen.

## Programmstart: 2017

Den Start des **GE9X-Flugtestprogramms** plant GE für das Jahresende 2017.

## 10% weniger Treibstoff

Um **zehn Prozent** soll das GE9X den **Kerosinverbrauch** im Vergleich zu seinem Vorgänger, dem GE90-115B, senken.

### ANSPRUCHSVOLLE KOMPONENTE VON MTU / 4 PROZENT MTU ANTEIL AM GE9X

Die MTU Aero Engines ist mit einem Anteil von **vier Prozent** am **GE9X-Programm** beteiligt und für die Entwicklung und Fertigung des Turbinenzwischengehäuses verantwortlich – einer äußerst anspruchsvollen Komponente. Das erste Entwicklungsmodul wurde im Januar 2016 an GE geliefert. Die MTU verfügt über langjährige Erfahrung für das Modul und steuert das Bauteil bereits zu den Triebwerksprogrammen GP7000 (Airbus A380) und GEnx (Boeing 787 Dreamliner, 747-8) bei.

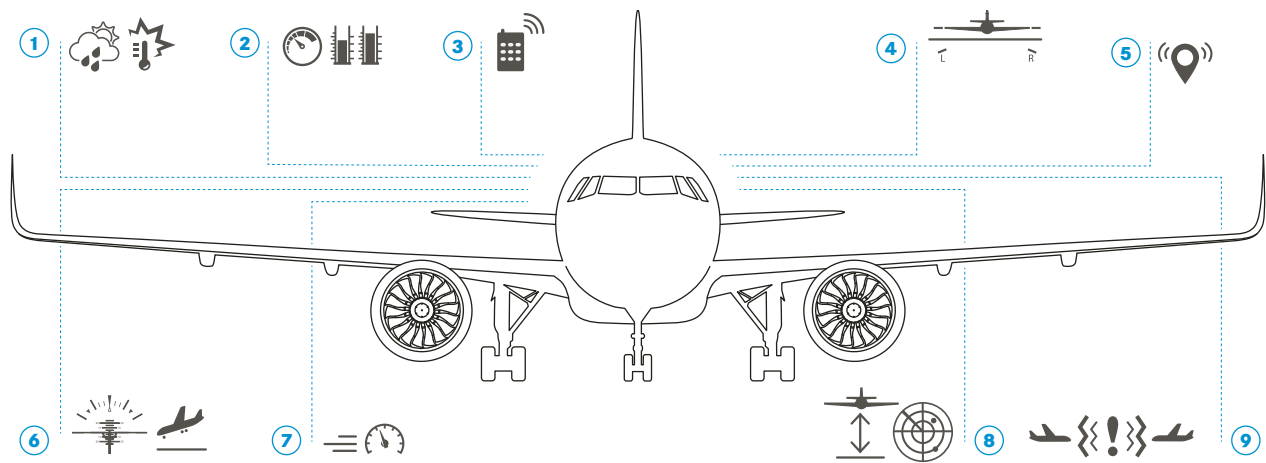
### BOEING 777X



Das Langstreckenflugzeug Boeing 777X wird ab 2020 mit dem **GE9X-Triebwerk** abheben.

# Die Sinne eines Flugzeugs

## Sensoren und Systeme sorgen für Sicherheit beim Fliegen



**1 Airborne Weather Radar** — Das Wetterradar ist meist im Bug hinter einem Radom, einer geschlossenen Schutzhülle (radar nose), eingebaut. Es ermittelt das Wetter in der Umgebung und warnt den Piloten frühzeitig vor gefährlichen Wetterphänomenen.

**2 ECAM (Electronic Centralized Aircraft Monitoring)** — Das elektronische System zeigt in einem Airbus die wichtigsten Triebwerksparameter an und überprüft sämtliche Flugzeugsysteme, etwa für Kraftstoff und Hydraulik. Es meldet Fehler und gibt Hinweise, wie das Problem zu beheben ist. Bei Boeing heißt ein ähnliches System EICAS (Engine Indication and Crew Alerting System).

**3 Flugfunk** — Piloten und Lotsen kommunizieren über Sprechfunk auf definierten Frequenzbereichen nach festen Regeln und mit bestimmten Formulierungen. Die hohe Standardisierung dient der Sicherheit, damit die Informationen frei von Irrtümern übermittelt werden.

**4 Fluglageanzeiger und Wendezeiger** — Der Fluglageanzeiger, auch künstlicher Horizont genannt, zeigt die Lage des Flugzeugs in Relation zur Erdoberfläche. Der Wendezeiger gibt Drehrichtung und Drehgeschwindigkeit des Flugzeugs um seine Hochachse an.

**5 GPS (Global Positioning System)-Empfänger** — Flugzeuge ermitteln ihre Position mit GPS-Empfängern. Diese empfangen Daten von GPS-Satelliten, die in bestimmten Zeitintervallen Signale mit ihrer jeweiligen Position und der exakten Uhrzeit senden.

**6 ILS (Instrument Landing System)-Empfänger** — Das Instrumentenlandesystem am Boden unterstützt den Piloten im Landeanflug. Ein ILS-Empfänger an Bord verarbeitet zwei Leitstrahlen, die Kurs (Richtung) und Gleitpfad (Höhe über Grund) für die Landung festlegen. So kann der Pilot auch bei schlechten Sichtverhältnissen präzise landen.

**7 Pitot-Rohr** — Mit Hilfe eines Pitotrohres lässt sich die Geschwindigkeit eines Flugzeugs berechnen. In einem Pitotrohr wird die Luft aufgestaut, um den Staudruck zu ermitteln. Zieht man vom Staudruck den statischen Druck ab, bleibt der dynamische Druck übrig. Aus dem dynamischen Druck kann dann mit Hilfe der Luftdichte die Strömungsgeschwindigkeit beziehungsweise die Geschwindigkeit des Flugzeugs berechnet werden.

**8 Radarhöhenmesser** — Der Radarhöhenmesser (Radar-Altimeter) misst die exakte Flughöhe eines Flugzeuges über Grund mittels kurzer elektromagnetischer Wellen.

**9 TCAS (Traffic Alert and Collision Avoidance System)** — Das TCAS ist ein bordeigenes Frühwarnsystem zur Vermeidung von Flugzeugkollisionen in der Luft. Sind zwei Flugzeuge auf Kollisionskurs, empfiehlt es den beiden Piloten ein geeignetes Ausweichmanöver, um einen drohenden Zusammenstoß abzuwenden.



# 30 Jahre V2500

*Daten und Fakten rund um den erfolgreichen A320-,  
MD90- und KC390-Antrieb*



**100 Millionen** Flugzyklen haben V2500-Triebwerke seit dem Erstlauf 1987 bis zum Sommer 2017 absolviert. Ein Flugzyklus umfasst Start, Steigflug, Reiseflug, Sinkflug und Landung.

**500.000** Flugstunden hatten V2500-Triebwerke im Jahr 1992 absolviert. 1995 waren es bereits fünf Millionen. Die 100-Millionen-Flugstunden-Marke hat die V2500-Flotte 2011 geknackt.

**25.000** Pfund Schub lieferte die erste Variante des V2500, die Baureihe -A1. Das entspricht 110 Kilonewton. Die neueste und schubstärkste Version, das V2500-E5 für den brasilianischen Militärtransporter Embraer KC-390, liefert 32.000 Pfund oder 139 Kilonewton Schub.

**Mehr als 7.300** Triebwerke sind seit der Indienststellung der ersten V2500 ausgeliefert worden. Sie sind weltweit bei 160 Fluggesellschaften in 80 Ländern im Einsatz.

**5** Gründungsmitglieder hatte die International Aero Engines Corporation, kurz IAE, ursprünglich. 1983 schlossen sich Pratt & Whitney, Rolls-Royce, Fiat Avio, die Japanese Aero Engines Corporation und die MTU zu diesem Triebwerkskonsortium für die Entwicklung eines Antriebs für Single Aisle-Flugzeuge zusammen. Fiat und Rolls-Royce sind inzwischen ausgestiegen; der MTU-Anteil an dem Gemeinschaftsunternehmen wurde auf 16 Prozent erhöht.

**Mehr als 4.300** V2500-Shop Visits hat die MTU Maintenance seit 1989 durchgeführt. Der Großteil der derzeit weltweit aktiven V2500-Flotte ist noch nicht älter als neun Jahre und hat damit die erste Instandsetzung noch vor sich. V2500-Triebwerke werden in den MTU-Shops in Hannover, Zhuhai und neuerdings auch in Vancouver instand gesetzt.

# Ein-Blick

## GEnx in Zahlen

**3.000 Einzelteile** sind im Turbinenzwischengehäuse, kurz TCF, des Antriebs GEnx verbaut. Die MTU Aero Engines ist mit einem Anteil von 6,65 Prozent an diesem Programm beteiligt und für die Entwicklung, Fertigung, Montage und Instandhaltung der wichtigen Komponente verantwortlich. Das Triebwerk kommt im Boeing 787-Dreamliner und in der Boeing 747 zum Einsatz.

**1.000.000 Flugstunden** hat das GEnx für die Luftfrachtgesellschaft Cargolux hinter sich gebracht: Damit hält die luxemburgische Airline weltweit den Rekord. Als Erstkunde hatte sie vor über fünf Jahren eine Boeing 747 mit dem innovativen Antrieb in Dienst gestellt. „Das beweist, wie herausragend die Technologie und Leistung des Triebwerks sind“, so Tom Levin, General Manager für das GEnx-Programm bei GE Aviation.

**Über 1.300 Triebwerke** sind aktuell bei 51 Kunden im Einsatz, das geplante Verkaufsvolumen bis zum Ende des GEnx-Programms beträgt rund 3.600. Seit März 2017 wird das Turbinenzwischengehäuse



se am MTU-Standort in Polen gefertigt und montiert. Am MTU-Standort Hannover wird der TCF seit 2015 exklusiv instandgesetzt – die MTU deckt also den kompletten Lebenszyklus des Bauteils ab.

## Kostenloser Newsletter

**AEROREPORT als Newsletter!** Wir liefern Ihnen die Reportagen, Hintergrundberichte und News des AEROREPORTS immer aktuell und frei Haus auf Ihren Desktop oder Ihr mobiles Endgerät – kostenlos und jederzeit kündbar. Einfach auf der AEROREPORT-Website registrieren – und nie mehr eine Geschichte verpassen.

Kostenlose Newsletter-Anmeldung unter:

<https://www.aeroreport.de/de/newsletter>

### AEROREPORT 02|17

#### Herausgeber

MTU Aero Engines AG  
Eckhard Zanger  
Leiter Unternehmenskommunikation  
und Public Affairs

#### Redaktionsleitung

Dongyun Yang

#### Chefredaktion

Eleonore Fähling

#### Printumsetzung

Antje Endter

#### Onlineumsetzung

Patricia Hebbing

#### Anschrift

MTU Aero Engines AG  
Dachauer Straße 665  
80995 München, Deutschland  
aeroreport@mtu.de  
www.aeroreport.de

#### Autoren

Denis Dilba, Eleonore Fähling, Nicole Geffert,  
Silke Hansen, Victoria Nicholls,  
Thorsten Rienth, Andreas Spaeth

#### Layout

SPARKS CONSULTING GmbH

#### Bildnachweis

*Titel* MTU Aero Engines  
*2\_3* MTU Aero Engines  
*6\_7* MTU Aero Engines, Tina Rieger-Gudehus  
*8\_15* MTU Aero Engines  
*16\_19* Peter Diehl  
*20\_23* MTU Aero Engines  
*24\_27* Nick Morish, British Airways, MTU Aero Engines  
*28\_29* MTU Aero Engines  
*30\_35* MTU Aero Engines  
*36\_39* MTU Aero Engines  
*42\_45* plainpicture/Aviation/Mark Wagner,  
Aerion Corporation, Spike Aerospace,  
Boom Technology  
*46\_52* GE Aviation, Josef Voggenreiter, MTU Aero Engines,  
JetBlue Airways

#### Druck

EBERL PRINT GmbH, Immenstadt

#### Online

ADVERMA  
Advertising und Marketing GmbH, Rohrbach

*Texte mit Autorenvermerk geben nicht unbedingt die Meinung der Redaktion wieder. Für unverlangtes Material wird keine Haftung übernommen. Der Nachdruck von Beiträgen ist nach Rücksprache mit der Redaktion erlaubt.*



# LIFETIME EXCELLENCE

Eine neue Ära der zivilen Luftfahrt hebt ab: Das Getriebefan-Triebwerk ist leiser, ökologischer und effizienter. Das Geheimnis? Die einzigartige schnelllaufende Niederdruckturbinen der MTU Aero Engines. Innovative Technologien, höchste Qualität bei Entwicklung, Serienproduktion und Aftermarket-Services machen die MTU zu einem starken Partner der Luftfahrtindustrie.

[www.mtu.de](http://www.mtu.de)



**AEROREPORT**

MTU Aero Engines AG, Dachauer Straße 665, 80995 München, Deutschland  
aeroreport@mtu.de, [www.aeroreport.de](http://www.aeroreport.de)