

# AEROREPORT 02|18

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



## Unter Strom

*Elektrische Flugzeuge:  
erst als Hybrid, dann als Vollstromer?*

### TECHNOLOGY

Faserkeramik:  
Leicht, stabil,  
temperaturbeständig

### MARKET

Widerøe –  
Nahverkehr auf  
Norwegisch

### EXPERTISE

BDLI-Präsident  
Klaus Richter  
im Gespräch



# LIFETIME EXCELLENCE

Unsere rund 10.000 Mitarbeiter weltweit sorgen für Spitzenleistung über den gesamten Triebwerks-Lebenszyklus und sichern die führende Position der MTU Aero Engines in der Luftfahrtindustrie, sei es in Entwicklung, Serienproduktion oder Aftermarket-Services. Mit maßgeschneiderten Entwicklungs- und Weiterbildungsprogrammen, flexiblen Arbeitszeitmodellen und einem ganzheitlichen Gesundheitsmanagement bieten wir unseren Mitarbeitern eine exzellente Perspektive und schaffen die Basis für Höchstleistung. Gestalten Sie mit uns die Zukunft der Luftfahrt – und Ihre eigene!

Mehr unter: [www.mtu.de/karriere](http://www.mtu.de/karriere)



*Liebe Leserinnen und Leser,*

steht die Luftfahrt vor einer Revolution in der Antriebstechnologie? Sicher ist, dass Flugzeuge auch in der näheren Zukunft weiter mit Kerosin fliegen werden – aber mit viel weniger als noch vor einigen Jahren. Mit bis zu 20 Prozent weniger Treibstoffverbrauch im Vergleich zu den Triebwerken der frühen 2000er-Jahre leistet die Getriebefan-Familie PW1000G einen wesentlichen Beitrag zum klimaneutralen Wachstum der Boombranche Luftfahrt. Denn 20 Prozent weniger Treibstoff bedeuten auch ein Fünftel weniger Treibhausgasemissionen. In Deutschland etwa würde das nach den Berechnungen des Umweltbundesamts pro Bundesbürger gut 100 Kilogramm weniger CO<sub>2</sub> ausmachen, bei einer durchschnittlichen Flugzeit von vier Stunden pro Jahr. Und das gesamte Potenzial der Getriebefan-Technologie ist noch nicht ausgeschöpft. Deshalb arbeiten wir auch bei der MTU Aero Engines bereits an der nächsten Generation.

Will man die Emissionen des Flugverkehrs drastisch reduzieren, führt jedoch in etwa 20 Jahren kein Weg vorbei an alternativen Antriebskonzepten für die Luftfahrt. Dabei geht es vor allem um die Antriebsenergie, die statt durch Verbrennung fossiler Brennstoffe auch mit nicht-fossilen Treibstoffen oder mit Strom erzeugt werden kann. Rund um die Welt denken Technologiepioniere über geeignete Konzepte nach. Während

dabei bisher nur Kleinflugzeuge im Fokus sind, soll im Jahr 2021 ein 19-Sitzer mit hybrid-elektrischem Antrieb abheben. Das wollen die Unternehmen Siemens, RUAG Aviation und die MTU Aero Engines sowie das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) als Interessengemeinschaft mit der robusten Dornier Do 228 als Versuchsträger erproben.

Denn im Gegensatz zur Eisenbahn, die über Oberleitungen während der Fahrt mit Strom versorgt werden kann, müssen Flugzeuge die notwendige elektrische Energie gespeichert mitnehmen oder im Flug erzeugen – das ist die technische Herausforderung für alle Beteiligten. Ein weiterer Faktor spielt hier eine Rolle: der Markt. Airlines werden nur dann hybrid-elektrische Flugzeuge kaufen, wenn sie einen handfesten wirtschaftlichen Vorteil sehen.

All diese Aspekte der Revolution in der Luftfahrt diskutieren wir in der Titelgeschichte dieser **AEROREPORT**-Ausgabe. Wir stellen Ihnen ausserdem mit der norwegischen Regionalfluggesellschaft Widerøe den Erstkunden der brasilianischen Embraer E190-E2 vor, an dessen Antrieb PW1900G die MTU mit 15 Prozent beteiligt ist. Wir berichten von Textilien in der Luftfahrt, einer neuartigen Frästechnik und von 20 Jahren MTU Maintenance Canada.

Viel Freude beim Lesen wünscht Ihnen



Ihr

Michael Schreyögg  
Vorstand Programme



**COVER STORY**

**Unter Strom**

Der Elektroantrieb soll die Luftfahrt revolutionieren. Langfristig gesehen, wird er das auch – vor allem für Hybridflugzeuge stehen die Chancen gut. Vorerst werden jedoch große Passagierflugzeuge weiterhin mit Gasturbinen abheben.

Seite 8



**MARKET**

**Nahverkehr auf Norwegisch**

Es begann 1934 mit Wasserflugzeugen, die Widerøe dazu dienten, die abgelegensten Orte Norwegens mit den Zentren zu verbinden. Skandinaviens größte Regionalfluggesellschaft fliegt neuerdings als erste die verbesserten Embraer E2-Jets mit PW1900G-Triebwerken.

Seite 14



**MARKET**

**20 Jahre und 1.100 Triebwerke**

Mehr als 1.100 Triebwerke hat die MTU Maintenance Canada, hundertprozentige Tochter der MTU Aero Engines, in den vergangenen zwei Jahrzehnten in ihrem Shop überholt. „Wir blicken voller Stolz zurück auf die lange, erfolgreiche Zeit“, so Geschäftsführer Helmut Neuper.

Seite 24

**CONTENTS**

**NEWS**

- 6 **Die MTU Maintenance auf Expansionskurs** Kontinuierliches Wachstum bei der Instandsetzung
- 6 **Grundsteinlegung für den Instandhaltungsshop EME Aero** Joint Venture soll 2019 den Betrieb aufnehmen
- 7 **Ausgezeichnetes Wissen** MTU Aero Engines verleiht Wolfgang-Heilmann-Preis
- 7 **700 Kilometer für den guten Zweck** 50 Radfahrer, vier Tage, vier Etappen

**COVER STORY**

- 8 **Unter Strom** Elektro- und Hybridantriebe sollen die Luftfahrt revolutionieren

**MARKET**

- 14 **Nahverkehr auf Norwegisch** Widerøe hält Norwegen zusammen
- 20 **365 Tage. 24 Stunden. 14 Standorte. 1 Ziel.** Interessante Einblicke in die Welt der MTU Aero Engines
- 24 **20 Jahre und 1.100 Triebwerke** Der erste Auslandsstandort der MTU Maintenance hat bewegte Zeiten hinter sich und viele Erfolge vorzuweisen

**TECHNOLOGY**

- 28 **Laufend unter Beobachtung** Engine Trend Monitoring gibt wichtige Hinweise auf den Zustand eines Triebwerks
- 32 **Heiße Sache** Beim GE9X-Turbinenzwischengehäuse setzt die MTU Aero Engines die neue Fertigungstechnologie des Keramikfräsens ein
- 34 **Feuerfest und möglichst leicht** Textilien für die Luftfahrt

**TECHNOLOGY**

## Feuerfest und möglichst leicht

Stoffe für Sitzbezüge, Gurte und Teppiche im Flugzeug müssen flammhemmend sein und wenig wiegen. Künftig könnten auch explosions sichere Gepäcksäcke und selbstleuchtende Deckenverkleidungen aus Hightech-Textilien den Weg in die Passagierkabine finden.

---

Seite 34

**TECHNOLOGY**

## Faserkeramik auf der Überholspur

Faserkeramikwerkstoffe im Triebwerk haben Potenzial, Gewicht zu sparen, die Verbrennung zu optimieren und die Effizienz zu steigern – auch wenn sie noch immer aufwändig herzustellen sind.

---

Seite 38

**EXPERTISE**

## Jedes Flugzeug weltweit enthält Technologie made in Germany

Am Hochlauf in der Luftfahrtbranche sind deutsche Zulieferer massiv beteiligt, doch diese starke Position kann nur durch Innovation und Zusammenarbeit in Forschung und Produktion gehalten werden, sagt Luftfahrtindustrie-Verbandspräsident Klaus Richter im Interview.

---

Seite 42

38 **Faserkeramik auf der Überholspur** Leicht, stabil, temperaturbeständig

**EXPERTISE**

42 **Jedes Flugzeug weltweit enthält Technologie made in Germany** BDLI-Präsident Klaus Richter im Gespräch

**FACTS**

- 46 **How things work: Winglets**  
Ein kleiner Knick macht Flugzeuge leiser, sparsamer und effizienter
- 47 **“This is the start of something big”** Das Jahr 1968 war ein ereignisreiches Jahr
- 48 **Projekt „Befund 4.0“** Neuer Befundprozess bei der Triebwerksinstandsetzung
- 48 **Impressum und Bildnachweis**



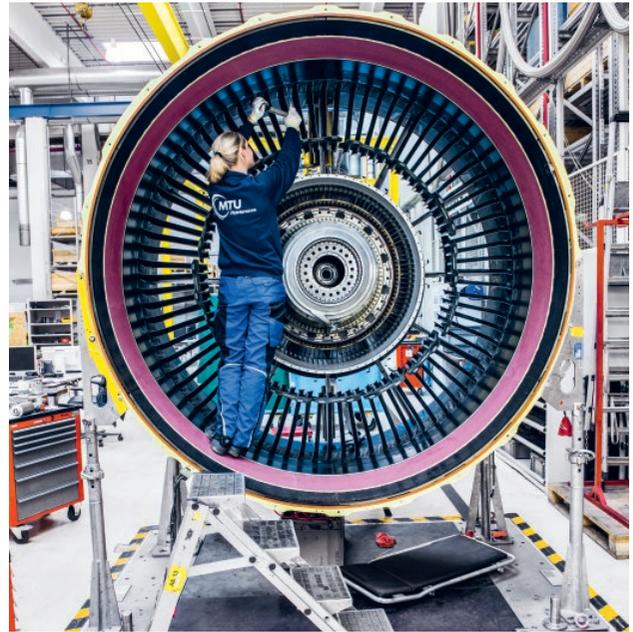
[www.aeroreport.de](http://www.aeroreport.de)

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.

## Die MTU Maintenance auf Expansionskurs

2017 konnte die MTU Maintenance ein Rekordhoch von mehr als 1.000 Shop Visits verzeichnen. Um das kontinuierliche Wachstum bei der Instandsetzung von zivilen Luftfahrtantrieben und Industriegasturbinen zu meistern, plant das Unternehmen, seine Kapazitäten bis 2027 um 50 Prozent zu erweitern. Am Standort MTU Maintenance Berlin-Brandenburg wurde deshalb im August 2018 das Fundament für ein neues Logistikzentrum gelegt. Mit 100 Metern Länge, 50 Metern Breite und bis zu 16 Metern Höhe wird es das größte Werksgebäude am Standort und soll Platz für rund 100 Mitarbeiter bieten - weitere Arbeitsplätze sind in Planung. Voraussichtlich im Juni 2019 soll das Logistikzentrum in Betrieb genommen werden und dann alle Funktionsbereiche einer modernen Supply Chain bündeln.

Auch bei der MTU Maintenance Zhuhai soll die Kapazität bis 2021 um 50 Prozent erweitert werden auf dann bis zu 450 Shop Visits pro Jahr. Am Standort Richmond bei Vancouver, Kanada, wird ebenfalls fleißig geplant. Im Juni dieses Jahres wurde der erste erfolgreiche Shop Visit des V2500 abgeschlossen; im nächsten Jahr sind sogar bis zu 40 Shop Visits geplant.



## Grundsteinlegung für den Instandhaltungsshop EME Aero



Grundsteinlegung im polnischen Aviation Valley: In der Nähe des Flughafens von Rzeszów entsteht derzeit eines der modernsten Instandhaltungsunternehmen der Luft- und Raumfahrtindustrie. EME Aero (Engine Maintenance Europe) ist ein Joint Venture der Lufthansa Technik und der MTU Aero Engines. Nachdem im Frühjahr 2018 der Kauf des Grundstücks perfekt gemacht worden ist, wurde mit der Grundsteinlegung am 28. September dieses

Jahres ein weiterer wichtiger Meilenstein erreicht. Dazu Derrick Siebert, CEO von EME Aero: „Wir freuen uns, dass wir nun bei der Instandhaltung einer ganz neuen Generation von zivilen Triebwerken hier in Europa einen großen Schritt weiter sind.“ Denn Spezialgebiet des Unternehmens ist die Instandsetzung von Getriebe- fan-Triebwerken der PW1000G-Serie, die unter anderem bei der Airbus A320neo-Familie im Einsatz ist.

EME Aero soll 2019 an seinem Standort in der Gemeinde Jasi-onka, Provinz Podkarpackie, den Betrieb aufnehmen. Bis dahin investieren beide Joint Venture-Partner insgesamt rund 150 Millionen Euro in der Region. Die Belegschaft soll bis 2026 kontinuierlich auf rund 1.000 Mitarbeiter aufgebaut werden. Geplant ist eine Kapazität von mindestens 450 Shop Visits pro Jahr. Dafür werden eine moderne Werkshalle, ein Verwaltungsgebäude und die entsprechenden Testkapazitäten errichtet. „Hier im polnischen Aviation Valley mit seiner hervorragenden Verkehrs-anbindung finden wir die optimale Infrastruktur für unser neues MRO-Unternehmen“, so Siebert.

## Ausgezeichnetes Wissen



Der von der MTU Aero Engines jährlich vergebene Wolfgang-Heilmann-Preis ging in diesem Jahr an den Studenten Martin Wirth. In seiner Masterarbeit hat der 28-Jährige ein Simulationsmodell zur Untersuchung und Optimierung der Einspritzung von Kraftstoff in Triebwerksbrennkammern weiterentwickelt. Indem

er aus einer bestehenden Simulationsmethode ein neues, hybrides Fluidmodell ableitet, zeigte Wirth, wie auch Biokraftstoffe zur Energiegewinnung in der Luft und am Boden effizient und sauber verbrannt werden können. „Die Ergebnisse sind für die weitere Erforschung der Anwendung alternativer Kraftstoffe wegweisend“, lobte der Preisübergeber und Leiter Technologiemanagement bei der MTU, Dr. Gerhard Ebenhoch, die Arbeit des Studenten.

Der Preis ist mit 1.500 Euro dotiert und wird jedes Jahr im Rahmen des Deutschen Luft- und Raumfahrtkongress (DLRK) an akademische Nachwuchskräfte vergeben, die im Bereich Luftfahrtantriebe des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) forschen. Zwischen der Hochschule und der MTU besteht eine langjährige, sehr erfolgreiche Kooperation in der Technologie-Entwicklung, deren Ergebnisse in bedeutende MTU-Zukunftsprojekte einfließen.

## 700 Kilometer für den guten Zweck

Vier Tage, vier Etappen, 700 Kilometer: 49 Radfahrer und eine Radfahrerin sind bei der von der MTU Aero Engines organisierten „Plant to Plant Challenge“ (P2P) von der MTU Maintenance Hannover bis zum Unternehmenshauptsitz in München geradelt.



Inspiziert von dem bereits mehrfach erfolgreich durchgeführten „Charity Bike Ride“ von Pratt & Whitney, wurde die P2P-Radtour dieses Jahr zum ersten Mal von der MTU in Deutschland organisiert. Alle Teilnehmer der Tour spendeten pro gefahrenem Kilometer 10 Cent an verschiedene gemeinnützige Organisationen – das sind 70 Euro pro Teilnehmer und in etwa 3.500 Euro von der ganzen Gruppe. Die MTU rundete zusätzlich

noch auf 6.000 Euro auf. Neben dem guten Zweck soll die Aktion auch die Partner der MTU zusammenbringen. Denn mit dabei waren auch Mitarbeiter von Pratt & Whitney Canada und Pratt & Whitney USA, die extra dafür über den Atlantik geflogen waren.



# Unter Strom

*Elektro- und Hybridantriebe sollen die Luftfahrt revolutionieren – doch vorerst bleibt konventionelle Triebwerkstechnik bei großen Passagierflugzeugen unverzichtbar.*

**Autor:** Dennis Dilba



**E-Fan X** — Bei dem vierstrahligen Prototyp wird zunächst nur eines von vier Triebwerken durch einen Elektroantrieb ersetzt.



**Starling Jet** — Bis zu 2.400 Kilometer soll der Prototyp des Start-Ups Samad zurücklegen können.



*„Damit öffnen wir die Tür zu einer neuen Ära der Luftfahrt“*

**Dr. Frank Anton**  
Head eAircraft  
Siemens

### Hauptbahnhof München im Jahr 2037

Während im Untergeschoss im Fünf-Minuten-Takt die neuen ultraschnellen Regionalbahnen stoppen, bedienen Elektrohybrid-Jets von der Flugebene auf dem Dach aus Distanzen bis 1.000 Kilometer innerhalb Deutschlands und der Nachbarländer. Am Flughafen im Erdinger Moos gibt es nur noch Fernverbindungen zu europäischen und transkontinentalen Zielen. Science-Fiction oder ziemlich nah an der Realität?

Fliegen wird immer beliebter. Und dieser Trend wird nahezu allen Einschätzungen nach auch in den kommenden Jahrzehnten anhalten. Airbus geht beispielsweise in seinem Global Market Forecast 2018 davon aus, dass in den nächsten 20 Jahren ein Bedarf von 37.390 neuen Flugzeugen besteht. Bis Ende 2037, so prognostiziert der europäische Luftfahrtrieme, werde die weltweite Flotte von heute 21.453 auf mindestens 48.800 Maschinen anwachsen – und sich damit mehr als verdoppeln.

Bietet das rasante Wachstum auf der einen Seite beste Aussichten auf das Geschäft, ist es auf der anderen Seite eine enorme Herausforderung und Verpflichtung für die Branche: Ohne deutlich effizientere Technologien wird sich der Anteil der Luftfahrt am globalen CO<sub>2</sub>-Ausstoß von aktuell gut zwei Prozent bis Mitte dieses Jahrhunderts auf mehr als acht Prozent vervierfachen. Die Elektrifizierung von Flugzeugen ist eine der Antworten auf diese Entwicklung, sagt Dr. Frank Anton, Chef der Siemens eAircraft-Sparte.

### Prototyp mit Hybridantrieb bereits in Bau

Der 62-jährige Physiker hat dabei allerdings nicht reine E-Flugzeuge im Sinn: Zusammen mit Partnern wie Airbus will er einen seriel- len hybridelektrischen Antriebsstrang in ein

100-sitziges Regionalflugzeug einbauen und ein Testflugzeug abheben lassen. „E-Fan X“ heißt das Ganze, es ist das bisher größte Elektroprojekt für kommerzielle Flugzeuge. „Damit öffnen wir die Tür zu einer neuen Ära der Luftfahrt“, ist sich Anton sicher. In diesem „Toyota Prius der Lüfte“ soll eine mit Kerosin befeuerte Gasturbine im Rumpf einen elektrischen Generator antreiben und auf diese Weise Strom produzieren. Die Turbine kann durchgehend in ihrem optimalen Drehzahlbereich arbeiten, was Sprit spart. Der Generator-Strom treibt dann die Elektromotoren mit den Rotoren an. So lässt sich die benötigte Schubleistung auch auf mehrere kleine Elektroantriebe samt Propeller am Flügel oder Heck verteilen. Das wiederum setzt neue Formen im Flugzeugdesign voraus und soll eine bessere Aerodynamik ermöglichen.

Je nach Einsatzgebiet und Sicherheitsanforderungen bekäme ein solches Hybrid-Elektroflugzeug eine größere oder kleinere zusätzliche Batterie, sagt Siemens-Experte Anton. „Die Turbine und der Generator können beispielsweise so dimensioniert werden, dass sie gerade so viel Strom liefern, wie für den Reiseflug gebraucht wird. Während des energieintensiven Starts und Steigflugs sorgt dann elektrische Energie aus den Akkus für Extraschub.“ Mit einer nur etwas größeren Turbine könnten die auf Reiseflughöhe weitgehend entladenen Batterien auch während des Flugs wieder aufgeladen werden. Die Hybridtechnologie macht auch eine zusätzliche und elegante Lade-Variante möglich: Im Sinkflug kann der Luftstrom die Propeller und damit die Elektromotoren antreiben, die dann als Generatoren laufen und die Batterien füllen – ähnlich einem Hybridauto, das auf abschüssigen Strecken Bremsenergie rückgewinnt.



**Zunum Aero** — Das Start-up will schon in vier Jahren seinen knapp 16 Meter langen Hybridjet auf den Markt bringen.

Weltweit erstmals vorgestellt wurde das serielle Hybrid-Konzept für Flugzeuge 2011. An dem umgebauten zweiseitigen Motorsegler „DA36 E-Star“ des österreichischen Herstellers Diamond Aircraft war Frank Anton bereits beteiligt. Mit dem E-FanX soll nun genauer untersucht werden, welche Potenziale der Hybridantrieb bei größeren Flugzeugen hat. Deshalb wird in der vierstrahligen Test-Maschine vom Typ BAe 146 zu Beginn auch nur eines der vier Triebwerke durch einen zwei Megawatt starken Elektroantrieb ersetzt. Das reiche aus, um die Effizienz zu untersuchen, sagt Anton. Ein zweites Hybridtriebwerk soll nach erfolgreichem Test folgen. „Wir versprechen uns Treibstoffeinsparungen im signifikanten zweistelligen Prozentbereich und Rieseneffekte bei der Lärminderung.“ Der passionierte Pilot und Fluglehrer geht davon aus, dass es um 2035 Flugzeuge gibt, die bis zu 100 Menschen hybrid-elektrisch über Distanzen von 500 bis 1.000 Kilometer transportieren können.

### 20 Prozent und mehr Treibstoffeinsparung nötig

Ob sich bei Flugzeugen mit so einem Antrieb wirklich ein wirtschaftlich relevanter Vorteil zeigt, wird spannend zu beobachten sein, sagt Prof. Mirko Hornung. Als Vorstand Wissenschaft und Technik des Forschungsinstituts Bauhaus Luftfahrt in München beschäftigt er sich seit Jahren mit den Potenzialen von Hybridflugzeugen. Es sei ja nicht so, dass die Luftfahrtindustrie bisher tatenlos war, so Hornung: Die Branche investiere jedes Jahr Milliardenbeträge in die Entwicklung effizienterer Technologien. „Jede neue Flugzeuggeneration verbraucht im Schnitt 15 Prozent weniger Kerosin als die vorhergehende“, sagt der Forscher. „Hybridflugzeug-Konzepte müssen die Perspektive auf 20 oder besser noch mehr Prozent Einsparungen bieten.“ Von den ersten Einschätzungen

zum Effizienzgewinn gingen nach Hornungs Erfahrung immer noch mal ein paar Prozentpunkte runter. Und da liegt die Gefahr: „Packen die Hybridflugzeuge 15 Prozent nicht, wird keine Airline sie kaufen.“ Der Bauhaus-Luftfahrt-Vorstand warnt jedenfalls vor zu viel Euphorie bei den Hybridflugzeugen: Elektromotoren, Batterien und die Gasturbine mit Generator bedeuten, dass man die benötigte Leistung dreimal verbaut – und das mache solche Flugzeuge schwerer. „Kann ich diese Gewichts-Nachteile durch die aerodynamischen Vorteile von verteilten Elektroantrieben wirklich kompensieren? Dazu gibt es noch so gut wie keine belastbaren Aussagen“, so Hornung. Ein Projekt wie der E-Fan X, das die grundsätzlichen Probleme von Hybridantrieben offenlegt und mehr Gewissheit in die Diskussion bringt, sei daher der richtige Schritt.

### Hybridjet für Regionalstrecken schon 2022?

Für Zunum Aero hingegen sind alle Fragen offenbar schon weitgehend beantwortet: Bereits 2022 will das US-Start-up aus Kirkland, einem Vorort von Seattle, seinen knapp 16 Meter langen Hybridjet für zwölf Passagiere am Markt haben. Die kleine Maschine soll mit zwei 500-Kilowatt-E-Motoren Tempo 550 erreichen und 1.130 Kilometer weit kommen.

Zunum geht durch Spriteinsparungen und geringere Wartungskosten der einfacher gebauten Elektroantriebe von 40 bis 80 Prozent weniger Betriebskosten und 75 Prozent weniger Lärm aus als bei herkömmlichen Flugzeugen. „So können wir das Nachtflugverbot umgehen, was den Betrieb noch wirtschaftlicher macht“, sagt Zunums Marketing-Chefin Sandi Adam. In dem enormen Kostenvorteil liege die große Chance des Start-ups. „In den USA fliegen auf Regionalstrecken



*„Hybridflugzeug-Konzepte müssen die Perspektive auf 20 oder besser noch mehr Prozent Einsparungen bieten.“*

**Professor Dr.-Ing. Mirko Hornung**

*Vorstand Wissenschaft und Technik, Bauhaus Luftfahrt e. V. und Professor für Luftfahrtssysteme an der Technischen Universität München*

**Boomende Branche**  
Weltweit wollen junge Start-Ups mit ihren E-Flugzeug-Prototypen zukünftig die Luftfahrt erobern.



**Ampaire**

Mit zwei Versionen ihres TailWind™ Modells will die amerikanische Firma in das elektrische Fliegen einsteigen.



**Eviation**

Das israelische Unternehmen konzentriert sich auf das rein elektrische Fliegen und hat bereits zwei Prototypen entwickelt.



**Samad**

Das britische Unternehmen entwirft Prototypen für das hybridelektrische und rein elektrische Fliegen. Ihr Hybridprototyp Starling Jet soll ab 2024 in Serie ausgeliefert werden.



**Joby Aviation**

Die Ingenieure des amerikanischen Unternehmens entwickeln den ersten Prototypen eines vertikal startenden und landenden E-Flugzeugs.

noch viele Flugzeuge mit vollkommen ineffizienter Technik aus den 1960er Jahren“, sagt Adam. Die alten Flieger verbrennen bares Geld, die Airlines stünden einem Austausch ihrer Flotten daher aufgeschlossen gegenüber. Tatsächlich hat die in Kalifornien ansässige Chartergesellschaft JetSuite Ende Mai angekündigt, Zunum bis zu 100 Exemplare des kleinen Hybrid-Fliegers abzunehmen. In vielen anderen Ländern sieht die Start-up-Managerin Adam ebenfalls gute Verkaufschancen. Sie schätzt das Gesamtvolumen des weltweiten Regionalflugzeugmarktes auf eine Billion US-Dollar.

Spätestens diese Zahl hat wohl auch Boeings Risikokapital-Abteilung Horizon X überzeugt. Zusammen mit Jet Blue Technology Ventures stieg der Luftfahrtkonzern vor knapp einem Jahr in das Start-up ein. Über die investierte Summe herrscht allerdings genauso Stillschweigen wie über die verwendete Batterietechnologie. Vor allem Letzteres lässt Experten wie Hornung daran zweifeln, ob die Version, die in vier Jahren abheben soll, mehr sein kann als ein allererster Prototyp. Zunums Chef Ashish Kumar ist sehr optimistisch und sich darüber hinaus auch sicher, dass bei den Akkus künftig noch große Fortschritte zu erwarten sind. Er gehe davon aus, dass sein Hybridjet bis 2035 rund 2.400 Kilometer Reichweite haben wird. Vielleicht werde man dann sogar auf die Gasturbine und den Stromgenerator verzichten können, sagt Kumar. Dr. Jörg Sieber, Leiter Innovationsmanagement bei der MTU Aero Engines in München, ist da skeptisch: Die Speicher würden zwar schrittweise immer besser, aber ein echter Durchbruch in der Batterietechnologie sei einfach nicht zu erkennen.

**Wandel in der Branche**

„Für Fluganwendungen müssen die Batterien mindestens fünf bis zehn Mal leistungsfähiger als heute sein“, sagt der MTU-Experte Sieber. Zusammen mit Partnern wie dem Bauhaus Luftfahrt und Airbus untersucht er aktuell die Vor- und Nachteile des elektrischen und hybrid-elektrischen Fliegens. „Wir wollen natürlich wissen, wann die Technologien marktreif sind, um dann eventuell entsprechende Antriebe anbieten zu können.“ Die Elektrifizierung biete zwar neue Freiheitsgrade im Flugzeugdesign, sagt Sieber, seiner Einschätzung nach bleibe der rein elektrische Antrieb aber bis auf weiteres nur eine Option für leichte Motor-

segler, Sportflugzeuge oder Flugtaxi auf Kurzstrecken. An einen Elektro-Jet für 180 Passagiere mit einer Reichweite von 540 Kilometern, den das kalifornische Start-up Wright Electric der Billigfluglinie Easyjet für das Jahr 2027 versprochen hat, glaube er definitiv nicht, sagt der Experte. Selbst der Zeitplan des staatlichen norwegischen Flughafenbetreibers Avinor sei äußerst ambitioniert: Ab 2040 sollen dort alle Inlandsflüge rein elektrisch sein. Gleichwohl werden bereits in den kommenden Jahren auch erste E-Flugzeug-Prototypen abheben, so der MTU-Ingenieur.

Eine ganze Reihe von Start-ups hat das angekündigt. Etwa Eviation aus Israel, Ampaire und Joby Aviation aus den USA sowie Samad Aerospace aus Großbritannien. Wann ihre elektrischen Kleinflugzeuge abheben und wie weit sie dann kommen, werde sich zeigen, sagt Sieber. „Sicher ist aber jetzt schon, dass der Weg bis zu kommerziellen Anwendungen noch sehr lang ist – auch für das hybrid-elektrische Fliegen. Bei Maschinen ab einer Größe der Airbus A320 wird man auch im Jahr 2050 noch die klassische Gasturbine sehen“, sagt der Innovationsmanager. Allerdings eine deutlich effizientere: „Beim Getriebefan, den wir gerade auf den Markt gebracht haben, können wir durch Weiterentwicklung sicherlich noch einmal weitere 10 bis 15 Prozent Verbesserungen im Brennstoffverbrauch holen“, sagt Sieber. Weitere Effizienzsteigerungen bei den luftatmenden Triebwerken stellen neuartige Kreisprozesse in Aussicht, wie etwa der sogenannte Composite-Cycle. Dieses zukunftsweisende Konzept arbeitet mit Kolbenmaschinen und ermöglicht Spitzendruckverhältnisse von über 300 im Vergleich zu nur etwa 60 bei modernsten Turbofan-Triebwerken. Die Folge: 15 Prozent weniger Kraftstoffverbrauch und zehn Prozent weniger NO<sub>x</sub>-Emissionen.

In der Branche sei allen klar, dass sich die Luftfahrt in den kommenden Jahrzehnten durch die zunehmende Elektrifizierung wandeln wird, sagt Sieber. „Genau deshalb beobachten wir die Entwicklungen auch genau und stellen uns darauf ein.“ Einen Heilsbringer, der quasi über Nacht die Herausforderungen der Luftfahrt löst, dürfe man aber nicht erwarten. „Ohne zusätzliche, weitreichende Investitionen in effizientere Triebwerke und Flugzeugsysteme sowie nachhaltige Treibstoffe“, sagt Sieber, „können wir kein Klimaziel erreichen.“



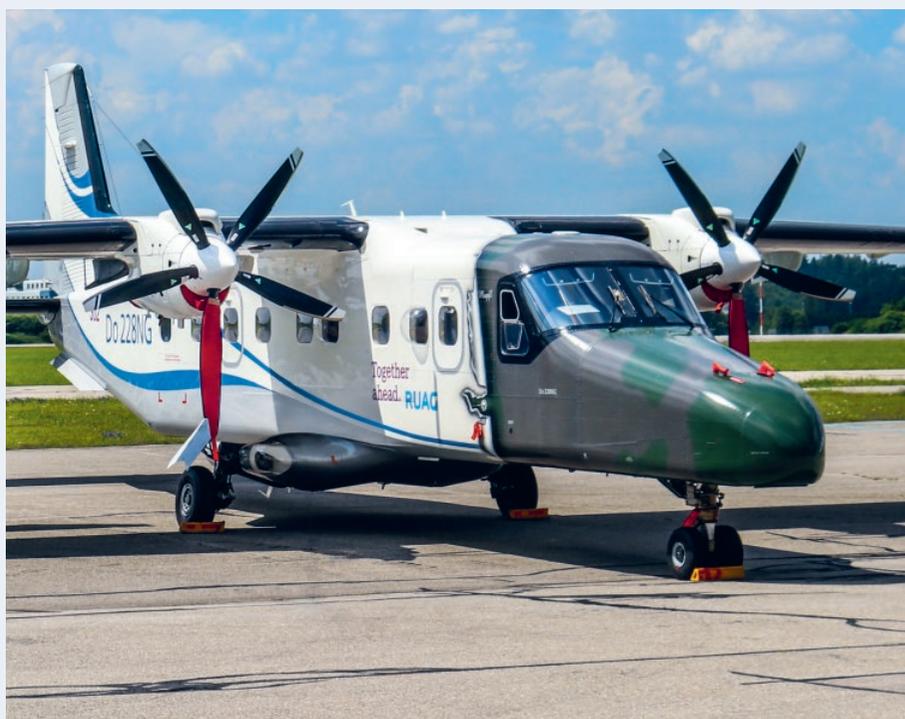
## Inside MTU — Entwicklung hybrid-elektrischer Antriebsstränge

Gemeinsam mit Siemens, dem Schweizer Flugzeughersteller RUAG und dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) will die MTU Aero Engines sich an die Entwicklung hybrid-elektrischer Antriebsstränge wagen. Als Erprobungsträger für den Nachweis der Potenziale soll eine Dornier Do 228 fungieren und im Jahr 2021 hybrid-elektrisch fliegen. Zum Test der elektrischen Antriebssysteme wird bereits 2020 ein kurzer, rein elektrischer



**Do 228 Modell** — So könnte das Modell mit hybrid-elektrischen Antriebssträngen aussehen.

Flug angestrebt. Die vier Partner bringen für dieses Vorhaben die erforderliche industrielle und wissenschaftliche Kompetenz mit.



**Hybrid-elektrische Antriebe** — Siemens, RUAG, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) und die MTU Aero Engines wagen sich an die Entwicklung hybrid-elektrischer Antriebsstränge. Die Dornier Do 228 dient als Erprobungsträger und soll im Jahr 2021 hybrid-elektrisch fliegen.



„Ohne zusätzliche, weitreichende Investitionen in effizientere Triebwerke und Flugzeugsysteme sowie nachhaltige Treibstoffe können wir kein Klimaziel erreichen.“

**Dr. Jörg Sieber**

Leiter Innovationsmanagement bei der MTU Aero Engines in München



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.

# Nahverkehr auf Norwegisch

*Norwegen ist das längste Land Europas,  
die Regionalfluggesellschaft Widerøe spielt die  
entscheidende Rolle für den Zusammenhalt.  
Jetzt fliegt sie mit neuen E2-Jets.*

**Autor:** Andreas Spaeth



An aerial photograph of a Norwegian fjord valley. In the foreground, a dirt road winds through a green landscape with several houses, including a prominent red one and a white one. A large, dark brown plowed field is visible. The middle ground shows a dense forest of evergreen trees. In the background, a deep blue fjord is nestled between steep, rocky mountains. The mountains are partially covered in snow and have patches of green vegetation. The sky is filled with white clouds, and the overall scene is a mix of natural beauty and human habitation.

Norwegen ist das Land der Seefahrtspioniere, Polarforscher und Fjorde, so sieht es die Welt und so sieht sich das skandinavische Land auch selbst. Dabei ist Norwegen auch eine große Luftfahrtnation, und das vor allem aus der Not heraus. Denn mit 2.500 Kilometer Länge vom Oslofjord bis zum Eismeer an der russischen Grenze ist es nicht nur das längste Land Europas, sondern, durchschnitten von Fjorden und durchsetzt von Gebirgen, auch eines der geographisch am schwierigsten zu bereisenden, zumindest am Boden. Vor allem der dünn besiedelte Norden des Lan-

des war lange ziemlich abgeschnitten von den Bevölkerungszentren im Süden und der Hauptstadt Oslo. Mehrere Tage braucht das Postschiff, lange das einzige Verkehrsmittel, von der arktischen Finnmark aus bis Bergen. Seit 1934 bereits entwickelte sich langsam die norwegische Regionalluftfahrt. Damals gründeten fünf Freunde die Fluggesellschaft Widerøe. Deren Flugzeuge waren anstatt mit Fahrwerken mit Schwimmern ausgerüstet und Jahrzehnte lang darauf angewiesen, vom reichlich vorhandenen Wasser aus zu operieren.



**Widerøe –  
Es begann mit  
einem zweisitzigen  
Doppeldecker**

**19. Februar 1934**

Gegründet von fünf Freunden nahe Oslo als Widerøes Flyveselskap AS. Einer der Gründer ist Viggo Widerøe, dessen Namen die Gesellschaft trägt. Am Anfang fliegt vor allem der zweisitzige Doppeldecker de Havilland Moth.

**1936-1939**

Widerøe fliegt vor allem mit fünfsitzigen Wasserflugzeugen des Typs Stinson Reliant.

**1946**

Nach dem Krieg werden bis 1954 zwei Messerschmitt Taifun als Viersitzer in den zivilen Passagierverkehr übernommen.

**1949**

Mit dem zehnsitzigen Wasserflugzeug Noorduyn Norseman, von dem Widerøe bis 1960 insgesamt 16 Stück betreibt, beginnt der Passagierverkehr in größerem Stil.

**1954**

Das Rückgrat der Flotte besteht aus sieben de Havilland Canada Otter. Die 13-Sitzer mit Schwimmern fliegen bis 1971.

**1956**

Widerøe setzt eine 20-sitzige Junkers Ju-52 im Linienverkehr ein.

**1962**

Mit der DC-3 und der Nord 262 betreibt Widerøe erstmals größere Verkehrsflugzeuge mit bis zu 26 Sitzen.

**Flugverkehr vom Wasser aus**

Auch nach dem Krieg gab es in Norwegen noch kaum befestigte Flugplätze. Daher fand der Flugverkehr zunächst weiter vom Wasser aus statt, vor allem mit der Noorduyn Norseman, einem einmotorigem, kanadischen Buschflugzeug für zehn Passagiere. Mit der Norseman fing die Regionalgesellschaft Widerøe 1949 ihre Nachkriegsdienste an, wechselte dann auf die modernere DHC-3 Otter. Bis 1971 flogen die Otters in Norwegen. Erst da waren genügend Flughäfen mit STOL-Pisten für Kurzstarts fertiggestellt, so dass Widerøe auf die größere und robuste DHC-6 Twin Otter umstellen konnte, die bis zu 22 Passagiere befördert, und auf Wasserflugzeuge verzichtete. Gerade einmal 800 Meter Piste benötigt die Twin Otter. Widerøe regte den Bau von 19 Kleinflughäfen dieser Dimension im ganzen Land an. Im März 1967 wurde ab Bodø die erste Route eingeführt, dort kam ab 1968 die Twin Otter mit dem Kennzeichen LN-LMN zum Einsatz. Das Flugzeug ist heute im norwegischen Luftfahrtmuseum in Bodø zu besichtigen. Die letzte von insgesamt 18 betriebenen Twin Otters wurde bei Widerøe erst 2000 ausgemustert.

In Bodø direkt am Polarkreis, wo sich der Firmensitz von Widerøe befindet, kennt man das Gefühl der Isolation: Bis 1972 durfte das lokale Fußballteam, wie alle Mannschaften aus dem Norden des Landes, nicht mitspielen in der nationalen Liga. Die logistischen Schwierigkeiten für die anderen Mannschaften, um zu den Spielen zu kommen, waren einfach zu groß. Erst Anfang der 1970er Jahre war ein Netz von regionalen Flughäfen soweit entwickelt, dass die Anreise per Flugzeug möglich wurde. Seitdem dürfen auch die Nordnorweger in der ersten Liga mitspielen, im Fußball und generell.

**Oslo und zurück am gleichen Tag für (fast) alle Norweger**

Heute verfügt Norwegen über fast 50 per Linienflug angebundene Flughäfen, die es 99 Prozent der Bevölkerung ermöglichen, von ihrem Heimatort aus Oslo zu erreichen und am gleichen Tag zurückzukehren. „Das ist weltweit einmalig“, sagt Stein Nilsen, der CEO von Widerøe, die inzwischen zu Skandinaviens größter Regionalgesellschaft avancierte. Sie fliegt mit ihrer Flotte aus 46 Flugzeugen rund 2,8 Millionen Passagiere



**Exklusiv-Antrieb** — Mit den beiden PW1900G-Triebwerken verbrauchen die E2-Jets 17,3 Prozent weniger Treibstoff als ihre Vorgänger. Damit sind sie eine schnelle und wirtschaftliche Alternative zu den langsameren Propellerflugzeugen, mit denen Widerøe bislang ausschließlich geflogen ist.



**Reichweite** — Die neuen Jets sollen Widerøe-Kunden nicht nur von einem Ende Norwegens an das andere bringen, sondern auch neue europäische Ziele anfliegen.

*„Die E190-E2 bedeutet einen großen Schritt für Widerøe. Auf längeren Routen wie von Bergen nach Tromsø oder Bodø brauchen wir mehr Kapazität.“*

**Stein Nilsen**  
CEO Widerøe

jährlich zu 46 Zielorten vor allem in Norwegen und bedient damit doppelt so viele Inlandsziele wie ihre Wettbewerber. Über 3.000 Mitarbeiter ermöglichen mehr als 450 Flüge jeden Tag. Widerøe bietet abgelegenen Kommunen gerade in Nordnorwegen die lebenswichtige Anbindung an die Außenwelt, was sich darin widerspiegelt, dass 40 Prozent des Streckennetzes der Gesellschaft Routen sind, die sie im öffentlichen Auftrag und mit Subventionen betreibt. „In 84 Jahren ist unser Streckennetz so gewachsen, dass es fast jeden Flughafen Norwegens erreicht“, so

Stein Nilsen. „Nicht weil das einfach ist, sondern weil es wichtig ist für unsere Kunden.“

### Von der Turboprop zum Jet

Seit dem 24. April 2018 ist bei Widerøe eine neue Ära angebrochen, die der Jets. Bereits Anfang 2017 hatten die Norweger drei Embraer E190-E2 bestellt und wurden nun zum weltweit ersten Betreiber dieser aus der erfolgreichen Vorgänger-Modellreihe der E-Jets weiterentwickelten Variante. Der entscheidende Unterschied liegt in den neuen Triebwerken des

**1967**

Die ersten vier Regionalflugplätze eröffnen zwischen Bodø und Trondheim, der Beginn der Verlagerung des Luftverkehrs an Land.

**1968**

Widerøe stellt die Flotte um auf die de Havilland Canada Twin Otter mit ihren guten Kurzstarteigenschaften.

Bis zum Jahr 2000 fliegen insgesamt 18 der 22-Sitzer.

**1970**

Widerøe reorganisiert sich, um sich als führende Airline zwischen den 19 neuen Regionalflughäfen zu etablieren.

**1981**

Die viermotorige de Havilland Canada Dash-7 wird zum wichtigsten Flugzeug der Widerøe-Flotte.

Bis 1994 fliegen insgesamt acht Exemplare des 52-Sitzers.

**1992**

Widerøe betreibt drei 30-sitzige Turboprops des Typs Embraer E120-Brasilia, bis 1998. Die Ära der de Havilland Canada Dash-8 beginnt mit der Dash 8-100.

Bis heute besteht die Widerøe-Flotte fast ausschließlich aus vier Versionen dieser Turboprop-Familie.

**2001**

Mit der Bombardier Q400 zieht die größte und modernste Variante der Dash 8 in die Flotte ein.

Derzeit fliegen elf Maschinen des 78-Sitzers.

**2018**

Das Jet-Zeitalter beginnt bei Widerøe mit der Indienststellung von drei Embraer E190-E2-Jets mit 114 Sitzen als weltweiter Erstbetreiber.

**Norwegen** ——— *Ein Aushängeschild  
Norwegens sind dessen Fjorde, die sich  
fast vollständig über die mehr als 25.000  
Kilometer lange Küste erstrecken.*

**54 Flughäfen**  
**385.186 Quadratkilometer Fläche**  
**2.500 Kilometer Länge**  
**5.3 Millionen Einwohner (Stand: 2018)**



Typs Pratt & Whitney PW1900G, die bei der E2 an völlig neuen Tragflächen hängen. Dies ermöglicht der E2 im Vergleich zum Vorgänger eine um mehr als 17 Prozent verbesserte Treibstoffeffizienz.

„Die E190-E2 bedeutet einen großen Schritt für Widerøe“, sagt CEO Stein Nilsen. „Auf längeren Routen wie von Bergen nach Tromsø oder Bodø brauchen wir mehr Kapazität. Bisher dauern diese längsten von der Bombardier Q400 bedienten Strecken zweieinhalb Stunden. Mit der E2 können wir das unter zwei Stunden schaffen und gleichzeitig die Kapazität von bisher 78 auf 114 Sitze erhöhen.“ Damit wagt Widerøe auch erstmals die Expansion nach Deutschland: Seit August sind die Norweger mit ihren neuen E2-Jets von Bergen aus nonstop sowohl nach Hamburg als auch nach München unterwegs. „Aber trotzdem wollen

wir unterhalb des Radars der Konkurrenz bleiben und uns aus deren Märkten heraushalten“, so Nilsen, also nicht SAS oder Norwegian in die Quere kommen.

### **Rückkehr nach Brasilien**

Für Widerøe ist es eine Rückkehr zu Embraer – bereits von 1992 bis 1998 hatten die Norweger drei 30-sitzige Embraer E-120 Brasilia-Turboprops in ihrer Flotte. „Es ist uns ein Vergnügen, wieder ein Teil der Embraer-Familie zu sein“, freute sich Stein Nilsen bei der Übernahme des ersten neuen Flugzeugs im Herstellerwerk in Sao José dos Campos bei Sao Paulo. Und nachdem die Einführung der drei E2-Jets so gut lief, kann sich Widerøe sogar einen nächsten Schritt vorstellen: „Wir könnten der Launch Customer für die neue E175-E2 werden“, ließ Nilsen seine erfreuten Gastgeber und Lieferanten in Südamerika wissen. 

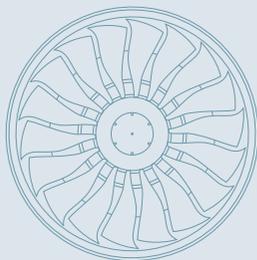
## Inside MTU — „Problemlose Einführung des PW1900G an der E190-E2“

Die **Embraer E190-E2** ist das dritte Flugzeugmuster, das mit Getriebefan-Triebwerken der **PW1000G**-Familie in den Linienbetrieb geht. Die Premiere feierte die Getriebefan-Triebwerksfamilie im Januar 2016 mit dem PW1100G-JM an der Airbus A320neo. Weitere Flugzeugtypen sind exklusiv mit diesem GTF-Antrieb im Angebot: Im Juli 2016 folgte die Bombardier C Series, jetzt umbenannt in Airbus A220, mit dem PW1500G. Die Embraer E190-E2 wird vom PW1900G angetrieben, weitgehend baugleich mit dem PW1500G. Bis 2020/21 folgt das PW1200G für

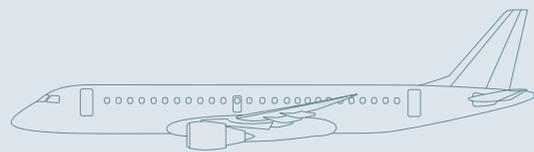
den Mitsubishi Regional Jet und schließlich das PW1700G für die kleinere Embraer 175-E2.

Die GTF-Triebwerke realisieren mit ihrem Getriebe zwischen Fan und Niederdruckturbine ein hohes Nebenstrom-Verhältnis von 9:1 bis 12,5:1. Der Anteil der MTU Aero Engines an den Programmen liegt bei 15 bis 18 Prozent. „Wir entwickeln und fertigen die Niederdruckturbine und die ersten vier Stufen des Hochdruckverdichters, montieren die Niederdruckturbine, beim PW1100G-JM auch einen Teil der Triebwerke, und

sind am sogenannten Aftermarket-Geschäft beteiligt“, sagt Martin Wiedra, Leiter für P&W-Programme bei MTU. Er gerät bei den Vorzügen des Getriebefans fast ins Schwärmen: „Deutlich geringerer Treibstoffverbrauch, weniger Lärmentwicklung und Schadstoffemissionen sowie geringere Lebenswegkosten.“ Über die Einführung des PW1900G am E190-E2 bei Widerøe kann er bisher nur Gutes sagen: „Das hat problemlos geklappt mit allen drei ausgelieferten Flugzeugen.“



**PW1000G** — Die neue Getriebefan-Triebwerksfamilie von Pratt & Whitney bietet Verbesserungen im zweistelligen Prozentbereich bei Kraftstoffverbrauch, Schadstoff- und Lärmemissionen sowie Betriebskosten.



**Embraer E190-E2** — Die zweite Generation der E-Jets ist nicht nur sparsamer und leiser, sondern schafft auch 800 Kilometer mehr Reichweite. Insgesamt haben 114 Passagiere darin Platz.



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:  
**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 Interviewpartner in Hörfunk und Fernsehen.

# 365 Tage. 24 Stunden. 14 Standorte. 1 Ziel.

*Interessante Einblicke in die Welt der MTU Aero Engines –  
ihre Standorte, Produkte und Dienstleistungen.*

**Autorin:** Eleonore Fähling

Die MTU ist mit ihren Tochter- und Beteiligungsgesellschaften an 14 Standorten in Deutschland, Polen, den Niederlanden, Spanien, China, Malaysia, den USA und Kanada weltweit im Einsatz und somit in allen wichtigen Märkten und Regionen vertreten. Geht in Asien der Arbeitstag langsam zu Ende, fängt der Tag in Europa erst an – die MTU ist so rund um die Uhr, 365 Tage im Jahr, für seine Kunden im Dienst.

High-Tech Produkte höchster Qualität und maßgeschneiderte Services, egal ob in der Entwicklung, Produktion oder Instandhaltung, sind der Schlüssel für den Erfolg der MTU. Durch innovative Fertigungs- und Reparaturverfahren sowie dem Know-how der Mitarbeiter können die Standorte weltweit wachsen und sich stetig verbessern. Präzision bei jedem Schritt hat dabei oberste Priorität, um die Lebensdauer und Laufleistung eines Triebwerks zu garantieren.

Das Ziel der MTU ist die Zukunft der Luftfahrt zu gestalten. Antriebe sollen noch schadstoffärmer, sparsamer und leiser werden. Eine gute Zusammenarbeit mit ihren Partnern ist dabei unter anderem ein wichtiger Teil. Um sich diesem Ziel jeden Tag ein Stück zu nähern, arbeiten alle Standorte weltweit rund um die Uhr zusammen.



01



5:15 MEZ  
München



#### Endmontage des A320neo-Antriebs

Die Frühschicht beginnt. Weltweit einmalig ist die bei der MTU Aero Engines selbst entwickelte Fertigungsstraße, auf der der A320neo-Antrieb PW1100G-JM seit 2016 endmontiert wird.



02



9:00 MEZ  
Norwegen



#### Industriegasturbinen-Experten im Einsatz

Industriegasturbinen von GE Power, die von der MTU Maintenance Berlin-Brandenburg betreut werden, sind weltweit im Einsatz und versorgen hier eine Ölbohrinsel auf hoher See mit Elektrizität. Die Experten aus Ludwigsfelde erledigen kleinere Arbeiten wie hier vor Ort; für aufwändigere Reparaturen und Komplettüberholungen muss die Gasturbine in den Shop.

Die Verfahren für die Instandhaltung der LM-Modellreihen werden stetig verbessert und weiterentwickelt.



03



10:00 MEZ  
Amsterdam



#### Triebwerksleasing und Asset-Management in den Niederlanden

Die Leasingexperten der MTU Maintenance Lease Services B.V. (MLS) besprechen in ihrem Amsterdamer Büro die letzten Details eines Leasinggeschäfts. Immer mehr Fluggesellschaften leasen Flugzeuge samt Triebwerken, um von höherer Flexibilität und geringeren Kapitalkosten zu profitieren. Beinahe 40 Prozent aller Flugzeuge werden heutzutage geleast.



# Weltweit. 24/7.

*Entwicklung, Produktion, Instandhaltung.*

*Die MTU ist weltweit im Einsatz. Rund um die Uhr.*



04



11:00 MEZ  
Sevilla



**Ein Militärtransporter entsteht**

Unter der andalusischen Sonne findet die Endmontage des Militärtransporters A400M statt. Rund 100 Tage dauert es bis eine A400M-Maschine fertig zusammengebaut ist. Allein acht Tage davon sind für die Montage der beiden TP400-D6-Triebwerke und Propeller vorgesehen. Erst nach umfangreichen Testflügen und Überprüfungen kommt das Flugzeug zur Abnahme durch den Kunden.



05



12:00 MEZ  
Hannover



**Gigant auf dem Prüfstand:  
Testlauf des Boeing 777-Antriebs**

Etwa zehn Kilometer nördlich von Hannover in Langenhagen wird ein GE90-115B, das größte und schubstärkste Triebwerk der Welt, nach einer Überholung auf den Prüfstand gehoben. Der Antrieb wird für etwa zehn Stunden unter Volllast gesetzt. Währenddessen zeigen Monitore alle relevanten Informationen in Echtzeit.



06



14:00 MEZ  
Rzeszów



**Erfolgsgeschichte im  
polnischen Aviation Valley**

Die letzten Vorbereitungen für den Versand des fertig montierten GEnx-Turbinenzwischengehäuses an den Partner GE Aviation finden im Südosten Polens statt.

Seit der Ansiedelung 2009 ist der Standort stark gewachsen. Der Sprung von 200 auf mehr als 700 Mitarbeiter ist der guten deutsch-polnischen Zusammenarbeit zu verdanken und dem hochmotivierten Team.



07



16:00 MEZ  
Ludwigsfelde



**Größter CF34-Instandhalter  
der Welt**

Die Monteure sind mitten in der Instandhaltung des 1,7 Tonnen-schweren CF34-Triebwerks. Jedes Teil des weltweit verbreitetsten und meistverkauften Triebwerks seiner Klasse wird auf Herz und Nieren geprüft und wenn nötig repariert oder ersetzt. Die MTU Maintenance Berlin-Brandenburg ist Experte für alle Typen der CF34-Triebwerksmodelle.

**Standorte weltweit**  
Die MTU ist mit ihren Tochter- und Beteiligungsgesellschaften weltweit in allen wichtigen Märkten und Regionen vertreten. Standorte hat die MTU in Deutschland, Polen, den Niederlanden, Frankreich, China, Malaysia, den USA und Kanada.





08



19:00 MEZ  
Rocky Hill



#### Echte Netzwerker im weltweiten MTU-Verbund

Auf der anderen Seite der Erde im US-Bundesstaat Connecticut werden Innovationen entwickelt, designt und modelliert: ganz gleich, ob es sich um Einzelteile, das Management eines umfassenden Projekts oder komplexe Systeme handelt. Durch die geographische Nähe zu Pratt & Whitney, einem der wichtigsten Partner der MTU, begleitet die stark wachsende MTU Aero Engines North America Projekte, die die MTU gemeinsam mit ihrem Partner realisiert.



09



23:00 MEZ  
Richmond



#### Accessories-Spezialisten beherrschen die Instandhaltung

Um 14 Uhr Ortszeit des Standorts im kanadischen British Columbia werden im Accessories Repair Center der MTU Triebwerksanbauteile zerlegt, gereinigt, geprüft und vermessen. Denn mit defekten Anbaugeräten droht dem Triebwerk so etwas wie ein Infarkt und das Flugzeug kann im schlimmsten Fall nicht fliegen. Durch rund 450 unterschiedliche Reparaturverfahren können auch komplexe Herausforderungen innerhalb von 24 Stunden bewältigt werden.



10



02:00 MEZ  
Kuala Lumpur



#### Schaufelreparatur aus Asien

Als Joint Venture „Airfoil Services“ zwischen der MTU und Lufthansa Technik werden in Malaysias Hauptstadt Triebwerksschaufeln erneuert. Die Reparaturfähigkeit wurde in den vergangenen Jahren deutlich erhöht und das Geschäft wurde enorm ausgebaut. Als weltweit erster Shop konnte Airfoil Services den vollen Reparaturumfang abdecken und ist damit sehr erfolgreich.



11



04:00 MEZ  
Zhuhai



#### Die Nummer eins in China

Die Instandhaltung eines V2500-A5-Triebwerks, die im Airbus A320 zum Einsatz kommen, wird erfolgreich abgeschlossen. Alle 15.000 bis 30.000 Flugstunden wird ein V2500 aufwändig untersucht und repariert, damit die strengen Sicherheitsbestimmungen für Flugantriebe jederzeit gewährleistet werden können. Kein Problem für die MTU Maintenance Zhuhai, die seit ihrer Gründung 2001 auf die Erfahrung aus mehr als 1.000 V2500 Shop Visits zurückgreifen kann.



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 mehr als 15 Jahren verantwortlich für die MTU-Mitarbeiterzeitung. Davor war sie PR-Journalistin für technische Themen und im Lektorat eines Sachbuchverlags tätig.

# 20 Jahre und 1.100 Triebwerke

*Der erste Auslandsstandort der  
MTU Maintenance hat bewegte Zeiten  
hinter sich und viele Erfolge vorzuweisen.*

**Autorinnen:** Nicole Geffert & Victoria Nicholls





**Know-How** — Die Fachkräfte sind auf die Reparaturen von Anbaugeräten spezialisiert. Das macht die MTU Maintenance Canada zu einem gesuchten Experten auf diesem Gebiet.

Ihr 20-jähriges Bestehen feierte die MTU Maintenance Canada gemeinsam mit Kunden, Geschäftspartnern und Mitarbeitern auf ihrem Firmengelände nahe des Flughafens von Vancouver, verbunden mit einem Besuch der Abbotsford Airshow.

Seit 1998 ist die MTU Maintenance Canada Teil des MTU Maintenance-Netzwerks. Das Unternehmen ist spezialisiert auf die Instandhaltung der Triebwerksmuster CF6, CFM56 und V2500 sowie auf umfassende Leistungen für Anbaugeräte und Line Replaceable Units (LRUs) für eine Reihe von Triebwerken – vom CF34 bis hin zum GE90.

Mehr als 1.100 Triebwerke hat die inzwischen hundertprozentige Tochter der MTU Aero Engines in den vergangenen zwei Jahrzehnten in ihrem Shop überholt. 2011 wurde das Accessory Repair Center aufgebaut, ein Kompetenzzentrum für die Reparatur von Anbaugeräten, das jährlich mehr als 11.000 solcher Bauteile instand setzt. Mit fast 400 hochqualifizierten Fachkräften ist sie ein geschätzter Arbeitgeber im Bereich Luft- und Raumfahrt in der Region.



**Gute Lage** — In unmittelbarer Nähe zum internationalen Flughafen Vancouver unterhält die MTU-Tochter ihren Shop zur Reparatur von Triebwerken und Anbaugeräten sowie für Triebwerkstests.



**Spezielle Leistungen** — Der Fokus der Instandhaltung liegt auf den Triebwerksmustern CF6, CFM56 und V2500 sowie auf umfassenden Leistungen für Anbaugeräte und Line Replaceable Units (LRUs).

„Wir blicken voller Stolz zurück auf die lange Zeit, in der wir nun schon erfolgreich in der Betreuung von zivilen und militärischen Kunden in Nord- und Südamerika tätig sind“, so Helmut Neuper, Geschäftsführer der MTU Maintenance Canada. „Und ich freue mich, diese Erfolgsgeschichte mit Instandhaltungsleistungen für V2500-Triebwerke fortzusetzen, die wir im Dezember 2017 eingeführt haben.“

Der erste Shopvisit eines V2500 wurde in diesem Sommer erfolgreich abgeschlossen. Die Überholung erfolgte im Rahmen einer im vergangenen Jahr geschlossenen Vereinbarung zwischen IAE und der MTU, nach der die MTU Maintenance Canada MRO-Leistungen für V2500-Antriebe innerhalb des IAE-Kundendienstnetzes erbringen wird.

Und die Zeichen stehen weiter auf Wachstum: „Die MTU hat in den Aufbau der neuen Instandhaltungslinie am Standort Richmond in British Columbia 17 Millionen kanadische Dollar investiert“, sagt Neuper. „Für dieses Jahr sind rund 25 V2500-Triebwerksüberholungen bei der MTU Maintenance Canada geplant, nächstes Jahr sollen es bis zu 40 Shop Visits werden.“





- 01** — Seit Sommer 2018 ist die MTU Maintenance Canada der dritte MTU-Standort neben Hannover und Zhuhai für V2500-Instandsetzung.
- 02** — Bei der Reparatur von Anbaugeräten sind hochqualifizierte Fachkräfte am Werk.
- 03** — Junge Fachkräfte arbeiten bei der MTU Maintenance Canada Seite an Seite mit erfahrenen Mitarbeitern. Die Belegschaft stammt aus über sechzig Nationen.
- 04** — Im 2011 eröffneten Accessory Repair Center werden jährlich mehr als 11.000 Bauteile instand gesetzt.
- 05** — Arbeiten an einem V2500-Kerntriebwerk. 2019 sollen bis zu 40 V2500-Shop Visits durchgeführt werden.



## Inside MTU — Vier Mitarbeiter der MTU Maintenance Canada erzählen ihre „20er-Geschichte“



**Helmut Neuper**

*„Mit 20 Jahren lebte ich in Berlin. Die Mauer war kurz zuvor gefallen und Berlin damals einer der aufregendsten Orte auf der ganzen Welt. Ich studierte Luftfahrttechnik an der TU Berlin, unser*

*Jahrgang war der erste mit Studenten aus Ost und West.“*

**Helmut Neuper ist seit 2016 Geschäftsführer der MTU Maintenance Canada, von 2007 bis 2013 leitete er in Vancouver das Anbaugerätegeschäft. Seine Zukunftsvision für die MTU Maintenance Canada? Der gefragteste Anbieter von V2500-MRO in Nordamerika zu werden, aufbauend auf der weltweiten Führungsposition der MTU Maintenance bei diesem Triebwerkstyp. Daneben will Neuper die Position des Unternehmens als starker und verlässlicher Partner für das Militär stärken und ausbauen.**



**Tracy Osadchuk**

*„Mit 20 hatte ich drei Jobs und studierte Produktions-Management am British Columbia Institute of Technology. Ursprünglich wollte ich Militärpilotin werden, aber meine Sehkraft war nicht*

*ausreichend. Für meine Abschlussarbeit habe ich dann ein Luftfahrtthema gewählt – etwas anderes kam nicht in Frage. Später habe ich in Vancouver einen Produktionsstandort für Boeing aufgebaut. Ich habe nichts davon je bereut!“*

**Tracy Osadchuk ist Vice President MRO Programs and Chief Commercial Officer der MTU Maintenance Canada. Nach vier Jahren bei der MTU zu Beginn der 2000er Jahre wechselte sie das Unternehmen, kehrte 2017 jedoch zurück. Ihre Erwartungen für die Zukunft? Wachstum und Erfolg!**



**Nestor Rubia**

*„Wir haben eine vielversprechende Zukunft vor uns“, sagt Nestor Rubia, Line Inspector für CFM56, CF6- und V2500-Triebwerksmodule, mit Blick auf die Einführung der V2500-Linie bei*

*der MTU Maintenance Canada. Seine Karriere begann bei Canadian Airlines in Vancouver, denen die Einrichtungen bis zum Einstieg der MTU Maintenance im Jahr 1998 gehörten. „Vor Kurzem habe ich 20 Jahre Betriebszugehörigkeit gefeiert. Und jetzt feiern wir alle zusammen das 20. Jubiläum des Unternehmens.“*



**Ivan Valdivia**

*Wenn Ivan Valdivia mit Blick auf die letzten 20 Jahre die Belegschaft in einem Wort beschreiben müsste, wäre es wohl „Beständigkeit“. Als Systemanalyst unterstützt er vor Ort verschiedene*

*Softwaresysteme. Richtig stolz macht ihn zum Beispiel, „dass ich mit meiner Arbeit jeden Tag zu unserem Anspruch beitrage, Flugreisen sicher und zuverlässig zu machen.“*



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)



Autorinnen:

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

**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.



**Unter Beobachtung** \_\_\_\_\_ *Mit dem Engine Trend Monitoring können schon während des Fluges Auffälligkeiten am Triebwerk erkannt werden. Die frühe Fehlererkennung macht die Instandhaltung günstiger und effizienter.*

# Laufend unter Beobachtung

*Engine Trend Monitoring gibt wichtige Hinweise auf den Zustand eines Triebwerks. Frühe Diagnosen verhindern teure Folgeschäden und ermöglichen eine vorausschauende Instandhaltungsplanung.*

**Autorin:** Nicole Geffert



Mit versiertem Blick auf die Daten registriert Ivaylo Krastev, Triebwerksingenieur bei der MTU Maintenance Hannover, einen Effizienzverlust eines Triebwerks während des Reiseflugs. Die Austrittstemperatur ist gestiegen, die Drehzahl der Hochdruckwelle nimmt zu, ebenso der Kraftstoffverbrauch. Die Airline, die ihre gesamte Triebwerksflotte von der MTU Maintenance betreuen lässt, wird sofort gewarnt. Beim nächsten Stopp des Flugzeugs wird das Triebwerk noch am Flügel von zwei Fluggerätmechanikern der Airline boroskopiert.

Tatsächlich, ein Fremdteil ist in den Verdichter geraten. Das Triebwerk wird umgehend vom Flügel genommen und zur Instandsetzung in den Shop der MTU Maintenance geschickt. Dort bestätigt

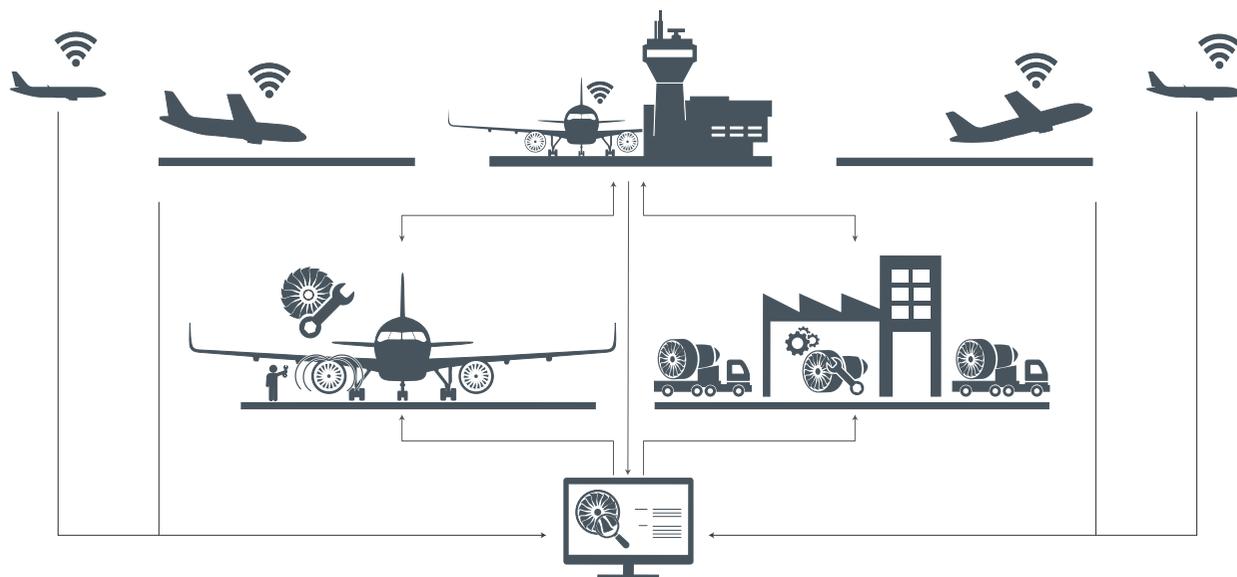
sich der Verdacht. Der Fremdkörper hat einige Schaufeln beschädigt. Wäre dieser vergleichsweise geringe Schaden unentdeckt geblieben, hätte dies einen schwerwiegenden Folgeschaden im Triebwerk verursachen und kostspielige Reparaturen nach sich ziehen können. Beides bleibt der Airline erspart.

Dass Auffälligkeiten frühzeitig entdeckt und analysiert werden, ist dem Engine Trend Monitoring (ETM) der MTU Maintenance zu verdanken – einer umfassenden Überwachung der Triebwerksparameter durch eine MTU-eigenentwickelte Monitoringsoftware. „Während des Fluges zeichnet der Flugzeugcomputer die wichtigsten Triebwerksparameter wie Drehzahlen, Drücke, Temperaturen und Vibrationen auf“, erklärt Norman Schwarz

vom Performance Engineering der MTU Maintenance Hannover. Das ETM-System wertet diese Parameter zu bestimmten Zeitpunkten eines Flugzyklus – meist während des Starts und des Reisefluges – aus, indem es die Daten mit Erwartungswerten aus einem entsprechenden Triebwerksmodell vergleicht. „Dadurch werden auffällige Veränderungen – etwa hinsichtlich des thermodynamischen Verhaltens eines Triebwerks – entdeckt und bereits kleinste Abweichungen schnell identifiziert.“

Experten der MTU analysieren die Daten und können dank des Früherkennungssystems ersten Hinweisen auf mögliche Unregelmäßigkeiten nachgehen. Stellen sie eine Abweichung fest, geben sie klare Handlungsempfehlungen für die erforderlichen Maintenance-Aktionen.

## ENGINE TREND MONITORING



**Frühwarnsystem für Triebwerke** \_\_\_\_\_ Die zuvor vom Flugzeugcomputer aufgezeichneten Daten werden vom ETM-System noch während des Fluges ausgewertet. Das System ist rund um die Uhr aktiv. So können die MTU-Spezialisten bei Fehlermeldungen sofort handeln und die Triebwerke in den Shop der MTU Maintenance schicken. Mit ETM lassen sich auch Prognosen erstellen und damit Triebwerksüberholungen besser planen.

### Flotte im Griff

ETM ist ein wichtiger Baustein des Flottenmanagements, das die MTU Maintenance ihren Kunden anbietet. Der Service sorgt dafür, dass die Triebwerke der gesamten Flotte mit größtmöglicher Verfügbarkeit und Effizienz sowie möglichst niedrigen Kosten betrieben werden. Performance Engineer Schwarz: „ETM bietet auch eine Prognosefunktion, mit der die Anzahl der restlichen Zyklen vorhergesagt werden kann. Damit trägt es dazu bei, umfangreichere Triebwerksüberholungen besser zu planen und die Intervalle der Shop Visits ökonomisch und technisch zu optimieren.“

Zwei weitere Vorteile für Flottenkunden: Alle Triebwerkstypen können mit einem einzigen Tool überwacht werden. Und die MTU Maintenance ist in der Lage, ihre Erfahrung mit individuellen Kundenwünschen zu kombinieren. So lassen sich etwa neue Alarmregeln einführen,

um bestimmte Parameter besonders im Fokus zu behalten.

### 24/7 am Triebwerk

Das ETM und seine vollautomatische Alarmierung im Falle von Abweichungen sind sieben Tage in der Woche rund um die Uhr aktiv. Schwarz: „Bei vielen Triebwerken und Flugzeugen neuerer Bauart kann die Auswertung der Daten noch während des Fluges beginnen. Trendanalysen lassen sich rund um die Uhr und nahezu in Echtzeit online abrufen. Die Auswertung übernehmen dann Spezialisten an den MTU-Standorten Hannover, Zhuhai und Vancouver.“

Seit 2006 ist das von MTU-Experten selbst entwickelte und flexible System im Einsatz und wird seitdem kontinuierlich erweitert und optimiert. Und die Kunden profitieren künftig von weiteren Innovationen.

### Mobil und übersichtlich

„Wir bereiten zur Zeit einen Plattformwechsel und den Einsatz einer neuen Software vor, damit die Daten nicht nur am PC, sondern künftig auch auf dem Tablet und mit einer Smartphone-App verfolgt werden können“, sagt Christian Preuss, zuständig für Testsysteme und Bodendienstgeräte bei der MTU Aero Engines. Die Programmierung übernehmen die IT-Spezialisten in München und Rzeszów. Die neue Oberfläche wird moderner, aufgeräumter und übersichtlicher sein – ein sichtbarer Mehrwert für den Kunden.

Zudem steht eine weitere Optimierung an. „Mit dem aktuellen System lässt sich der Effizienzverlust des gesamten Triebwerks feststellen. Wir entwickeln ETM dahingehend weiter, dass es künftig anzeigt, welche Module des Triebwerks zum registrierten Effizienzverlust beitragen“,

*„Die Analyse auf modularer Ebene hat den Vorteil, dass die Instandsetzung noch gezielter geplant werden kann, weil unsere Maintenance-Spezialisten dann wissen, auf welche Komponenten sie sich während des Shop Visits konzentrieren müssen.“*

**Jürgen Mathes**

MRO Performance Support der MTU Aero Engines

sagt Jürgen Mathes vom MRO Performance Support der MTU Aero Engines. „Die Analyse auf modularer Ebene hat den Vorteil, dass die Instandsetzung noch gezielter geplant werden kann, weil unsere Maintenance-Spezialisten dann wissen, auf welche Komponenten sie sich während des Shop Visits konzentrieren müssen.“

### Ein Datensatz pro Sekunde

In Zukunft sollen während des gesamten Fluges kontinuierlich Triebwerksdaten gemessen, gesendet und gespeichert werden – also ein Datensatz pro Sekunde. „So können Trendabweichungen noch

früher entdeckt werden, als es mit bisher zwei bis drei Snapshots pro Flug möglich ist“, sagt Mathes. Entsprechend werden die Maintenance-Experten noch schneller auf Trendabweichungen reagieren können. „Predictive Maintenance“ lautet das Stichwort – also eine vorausschauende Instandhaltungsplanung nach der Devise: Effizienz durch Wissensvorsprung.

„Neue Avionik kann kontinuierliche Daten aufzeichnen und übertragen. Eine entsprechende Hardware ist in neueren Flugzeugen bereits eingebaut“, sagt Mathes. Für ältere Muster wäre eine

Nachrüstung möglich. Allerdings stellt das künftige ETM-System die IT-Experten vor Herausforderungen: Denn die immensen Datenmengen, die kontinuierlich empfangen werden, müssen nicht nur gespeichert, sondern auch analysiert und bewertet werden. Neben ausreichend Speicherplatz ist die effiziente Analysemethode der Schlüssel zum Erfolg für eine gezielte und vorausschauende Instandhaltung. Preuss: „Wir prüfen verschiedene Konzepte im Bereich Datenanalyse wie etwa Machine Learning, um unseren Kunden in Zukunft ein optimales Früherkennungssystem zur Verfügung zu stellen.“

## Inside MTU — Rundum sorglos



Für einen reibungslosen Flugbetrieb bietet die MTU Maintenance ihren Kunden Rundum-Sorglos-Pakete. Die modularen Servicelösungen lassen sich flexibel kombinieren oder zu einem Komplettangebot bündeln. Dieses umfasst zusätzlich zur Triebwerksinstandhaltung je nach Bedarf einen weltweiten On-site Service, ein effektives Flottenmanagement inklusive des Früherkennungssystems Engine Trend Monitoring sowie eine zuverlässige Versorgung mit Ersatztriebwerken während des Shop Visits.

Weitere Servicebausteine sind logistische Dienstleistungen bis hin zur Versorgung und dem Management von Anbaugeräten und Line Replaceable Units (LRU). Darüber hinaus stellt die MTU Maintenance auch Dienstleistungen im Bereich Material- und Asset-Management bereit. MTU-Kunden können sich auf das für sie Wichtigste konzentrieren: das Fliegen.



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.

# Heiße Sache

*Beim GE9X-Turbinenzwischengehäuse setzt die MTU die neue Fertigungstechnologie des Keramikfräsens ein. Die Reibungshitze fliegt dabei mit den Spänen einfach weg.*

**Autor:** Thorsten Rienth

Wenn Alexander Steurer sehen will, wie sich der jüngste Spross aus der MTU-Technologiefamilie so macht, muss er nicht weit gehen: Raus aus dem Büro, den Mittelgang der nächsten Fertigungshalle hinunter, rechts in den Seitengang, vier Stufen rauf. Dann steht er vor ihr, der MCM Clock 1800, jener neuen Maschine für die ebenso neue Technologie, die da heißt: Keramikfräsen. Deren Fräsköpfe bestehen aus Keramik statt aus Hartmetall.

Steurer, der bei der MTU Aero Engines die NC-Programmierung in der Gehäusefertigung leitet, also die Softwareerstellung der Fertigungsmaschinen, deutet auf den hellorangenen Punkt zwischen Fräskopf und GE9X-Turbinenzwischengehäuse (Turbine Center Frame, TCF). „Fast 1200° Celsius sind das“, sagt er. „Das ist schon verdammt heiß.“

Bei konventionellen Fertigungsverfahren wollen die Ingenieure genau das tunlichst vermeiden. Beim Keramikfräsen steckt pure Absicht dahinter. Erst wenn das Inconel 718, eine Nickel-Chrom-basierte Superlegierung, so richtig heiß wird, ändert es seinen Aggregatzustand. Dann ist es nicht mehr superhart, sondern weich und teigig. „Jetzt kann der Fräskopf das Material buchstäblich herausreißen.“

## Kühlung inbegriffen

Sinn und Zweck des brutalen Prozederes: Mit den teigigen Spänen fliegt die Hitze regelrecht vom Bauteil weg. Auch das ist dringend nötig: „Kühlschmierstoffe wären hier kontraproduktiv und würden zu einem Thermoschock führen“, sagt Steurer. Die

Bauteiltemperatur wird lediglich durch die luftgekühlte Spindel etwas gesenkt – von jenem Ende des Bauteils aus, an dem gerade nicht gefräst wird.

Seit dem Jahr 2013 forscht Steurers Mannschaft an der Methode. Doch erst seit dem vergangenen Jahr steht mit der MCM Clock 1800 jene Maschine zur Verfügung, die nun den Durchbruch brachte. Bis zu 14.000 Umdrehungen erreicht ihre Spindel in der Minute. Keramik plus Inconel 718 plus Geschwindigkeit lautet die Rechnung für die nötige Hitze. Mit der Vorgängermaschine waren gerade einmal etwas über 4.000 Umdrehungen möglich.

In dutzenden Versuchsreihen haben die Programmierer zusätzlich spezielle Abfolgen aus An- und Abfahrbewegungen entwickelt. Dabei die optimale Kombination aus Vorschub, Einfahrweg, Drehzahl und Schnitttiefe ausgetüfelt. „Ich glaube nicht, dass es irgendwo auf der Welt jemanden gibt, der einen so umfangreichen Test durchgeführt hat.“

## Veränderter Fräsablauf

Die Reibungshitze macht auch einen anderen Ablauf der einzelnen Frässchritte nötig. „Normalerweise bearbeitet man Gehäuse in einem Zug rundherum“, erklärt Stefan Gremminger, NC-Programmierer in Steurers Team. „Das funktioniert beim Keramikfräsen aber nicht.“ Würde Gremminger direkt nebeneinander liegende Sektionen unmittelbar nacheinander fräsen, würde sich das Material zu stark ausdehnen. Das kreisrunde Zwischengehäuse würde, wenngleich fürs Auge nicht sichtbar, zu einer Art Ei. Das brächte

## Inside MTU — TCF-Auslieferungen für GE9X-Compliance-Programm gestartet

Seit Sommer 2018 schickt die MTU Aero Engines zusätzlich zu den GE9X-Testbed-Turbine Center Frames (TCFs) jetzt auch weiterentwickelte GE9X-Compliance-TCFs zu GE Aviation nach Cincinnati. Mit den MTU-Modulen werden die Compliance-Triebwerke der Boeing 777X durchs Flugtestprogramm fliegen. Aufgabe der TCFs ist, die aus der Hochdruckturbinen mit einer Temperatur von

mehr als 1.000 Grad Celsius kommenden Gase mit möglichst geringen aerodynamischen Verlusten an Strukturbauteilen und Leitungen vorbei in Richtung Niederdruckturbinen zu leiten.

„Insgesamt liefern wir in diesem Jahr zehn Compliance-TCFs“, erläutert MTU-Programmleiter Dieter-Eduard Wolf. Acht davon sind für die vier 777X-Test-

flugzeuge vorgesehen. Zwei weitere liefert die MTU als Spare-TCFs. Die Compliance-TCFs enthalten bereits die ersten Verbesserungen, die nach den Erkenntnissen aus den bisherigen Triebwerkstests umgesetzt worden waren. Der 777X-Erstflug wird aktuell für das erste Quartal 2019 erwartet, in den Passagierdienst soll der neue Flieger im Folgejahr gehen.

die peniblen Genauigkeiten in Gefahr. Die Toleranzen liegen, obwohl die MTU das Verfahren lediglich bei der Vorkonturbearbeitung einsetzt, bei einem zehntel Millimeter. „Wir drehen das Bauteil deshalb nach jedem Fräsabschnitt um 60 Grad weiter“, erklärt Gremminger. „Das kostet zwar Zeit – aber die sparen wir durch das schnellere Fräsen mehr als wieder ein.“

Etwas über zehn GE9X-Turbinenzwischengehäuse sind mittlerweile mit der neuen Technologie gefertigt, zuletzt auch schon die ersten fliegenden Teile für die Boeing 777X. Deren Erstflug ist für das Jahr 2019 vorgesehen. Ein Jahr später sollen die ersten Maschinen zu den Kunden gehen. 



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 technikkjournalistischen Schwerpunkte liegen neben der Luft- und Raumfahrtbranche im Bahnverkehr und dem Transportwesen.

# Feuerfest und möglichst leicht

*Sitzbezüge, Gurte und Teppiche im Flugzeug müssen flammhemmend sein und wenig wiegen. Ihre Vielseitigkeit macht Fasermaterialien auch für andere Anwendungen in der Kabine interessant.*

**Autor:** Denis Dilba



**Komfort und Sicherheit** — Die Sicherheitsanforderungen in der Luftfahrt sind besonders hoch, das gilt auch für alle Textilien an Bord, vom Teppich über die Kabinentrennung und Wandverkleidung bis zu den Sitzen und Sitzgurten. Flugzeugsitze etwa sollen zudem gut aussehen, bequem und möglichst leicht sein. Polsterungen aus Luft statt Schaumstoff (Bildmitte) sparen bis zu fünf Kilogramm Gewicht pro Sitz – heute schon Realität in der Business Class einiger Airlines.



**Look and feel** ——— Sitzbezüge für Flugzeuge können aus den verschiedensten Materialien bestehen, von Mischgeweben aus Kunstfasern und Wolle bis zu Leder. Aussehen und Haptik entscheiden bei der Auswahl.

Fast 1.000 Grad Celsius heiß und rund 30 Zentimeter lang schießen die orange-gelben Flammen aus dem Ölbrenner. Seit fast zwei Minuten schon grillen sie den Flugzeugsitz unbarmherzig von der linken Seite. Dann, nach exakt 120 Sekunden, stoppt der Brenner. Augenblicklich erlöschen letzte Glutnester, ein leichter Rauchsleier füllt die Testkabine. Der Blick auf den Schaden wird frei. Wie viel jetzt noch übrig ist von Sitzfläche, Lehne und Bezug entscheidet darüber, ob die Materialkombination in einem Flugzeug mitfliegen darf – oder nicht: Weiter als 43,2 Zentimeter von der Seite der Flammen aus gesehen darf sich der Testbrand nicht ausbreiten, fordert die in Europa und den USA gültige Flammtest-Vorschrift FAR/CS 25.853. Genau so breit ist der schmalste Sitz in einem Flugzeug.

„Alle Textilien, die in der Kabine eines Flugzeugs eingesetzt werden, müssen flammhemmend sein“, sagt Daniela Grunder, Director Brand Communication & Product Management beim Textilunternehmen Lantal aus Langenthal in der Schweiz. Die Eidgenossen sind auf Stoffe für die Luftfahrt spezialisiert und produzieren unter anderem Sitzbezüge, Teppiche, Vorhänge und Wandverkleidungen. Dem Know-how der Firma aus dem Kanton Bern vertrauen alle großen Flugzeughersteller sowie über 300 Fluggesellschaften, darunter die Swiss, Lufthansa, Delta und China Airlines. Lantal gehört damit zu den Weltmarktführern der Branche.

### Jedes Zehntelgramm zählt

Die flammhemmende Eigenschaft der Stoffe sei letztendlich nur die Grundvoraussetzung, um in die Flugzeugkabine zu kom-

men, sagt Grunder. „Luftfahrttextilien sollten darüber hinaus auch abriebfest, schmutzabweisend, nicht toxisch – und dabei vor allem auch möglichst leicht sein“, so die Produktmanagerin. Denn weniger Gewicht an Bord hilft den Airlines Kerosin und damit wiederum CO<sub>2</sub>-Emissionen einzusparen. Hochgerechnet auf eine Flugzeugflotte mit hundert oder mehr Maschinen kommen selbst bei vermeintlich kleinen Einsparungen von einigen Zehntel Gramm pro Sitzbezug schnell Summen im sechsstelligen Bereich zusammen. Nur leider haben leichtere Textilien auch Nachteile: Ein gewichtsreduzierter Flugzeugteppich ist dünner und im direkten Vergleich zu schwererer Ware oft weniger strapazierfähig. Darüber hinaus neigen die Leichtgewichte dazu, schneller zu verschmutzen.

### Look and feel

„Bei Sitzbezügen ist außerdem wichtig, dass sich ein Stoff möglichst angenehm auf der Haut anfühlt. Wolle erfülle das am besten, was unter anderem daran liegt, dass der Stoff Feuchtigkeit aufnimmt und sich damit nicht „schwitzig“ anfühlt, erklärt Grunder. Im Vergleich zu künstlichen Fasern wie Polyamid oder Polyester können Stoffe aus der Naturfaser schwerer sein. „Wegen der vielen, zum Teil unterschiedlichen Anforderungen an Luftfahrttextilien, gebe es daher auch nicht den einen, besten Stoff oder Teppich für alles“, sagt Grunder. „Welches Material oder welcher Materialmix wo verbaut wird, entscheiden die individuellen Anforderungen des Kunden.“ Während der eine mehr Wert auf Komfort legt, steht bei dem anderen der reduzierte Kerosinverbrauch im Fokus – und wieder andere wollen beide Anforderungen erfüllt haben.

INTELLIGENTE TEXTILIEN



Bis zu 5 kg

*Gewicht pro Flugzeugsitz kann durch das Pneumatische Komfortsystem (PCS) des Sitzbezugherstellers Lantal eingespart werden. Dabei ersetzen Luftkissen die Schaumstoffpolsterung.*



1 kg Gewichtsreduktion

*spart jährlich rund 80 Euro pro Flugzeugsitz eines Flugzeugs.*



LOI

*(Limited-Oxygen Index)  
Der Wert gibt den prozentualen Sauerstoffgehalt in der Luft an, ab dem eine Faser zu brennen beginnt.*



Wolle LOI 25

*In normaler Atemluft mit einem Sauerstoffgehalt von 21 Prozent glimmt ein Wollstoff nicht einmal.*

Teilweise entscheidet aber auch einfach der Geschmack: Während europäische Airlines bei Teppichen fast ausschließlich auf Ware mit einem sehr hohem Wolle-Anteil setzen, bevorzugen amerikanische Airlines genauso rigoros das synthetische Material Polyamid. „Dort gefällt der technischere Look einfach besser“, sagt Grunder. Für Sitzbezüge ist ein Mix aus Wolle und Polyamid der Standard. Den Löwenanteil des Stoffes macht hier die Wollfaser mit 89 bis 95 Prozent aus. Polyester käme für Sitzbezüge auch in Frage, so Grunder, allerdings nur in Kombination mit einem sogenannten feuerblockenden Material. Dabei kann es sich zum Beispiel um Kynol handeln, eine Spezial-Faser, die extrem hitze- und flammfest ist und unter anderem auch für elektrische Isolationen in der Hochleistungselektronik verwendet wird.

**Fest gegen Flammen**

Das Hochleistungstextil zeichnet sich durch einen besonders hohen Limiting-Oxygen-Index aus, kurz LOI. Dieser Wert beschreibt den prozentualen Sauerstoffgehalt der Luft, ab dem die Fasern beginnen zu brennen. Für Kynol liegt er bei 30. In normaler Atemluft mit rund 21 Prozent Sauerstoff glimmt die Spezialfaser nicht einmal. Wolle hat einen LOI von 25. Deshalb werden Polyamid und Polyester mit LOI von 20 mit hohem Wolle-Anteilen gemischt: Der Naturstoff macht das Mischmaterial flammfest. „Wie gut Textilien brennen, kann aber auch durch die Webtechnik beeinflusst werden“, sagt Wilko Reinck, Leitender Ingenieur Luftfahrt beim Sicherheitsgurtersteller Schroth aus Neheim im Sauerland. „Eng gewebte Stoffe lassen wenig Luftsauerstoff an die Oberfläche der Fasern. Das bremst Brände.“ Zusätzlich können technische Gewebe mit einem Flammhemmer beschichtet werden. Unter anderem auf diese Weise macht Schroth seine Sicherheitsgurte aus Polyester feuerbeständig – und mechanisch extrem widerstandsfähig: Die Gurte halten Belastungen von mindestens 2,2 Tonnen aus.

**Sicherheit mit dem Fly-Bag**

Noch stärker beansprucht würden im Fall der Fälle die vier Lagen Aramid des Fly-Bags. Der flexible Gepäck-Container aus der besser unter dem Dupont-Markennamen Kevlar bekannten Faser soll vor Explosionen schützen. Die Grund-

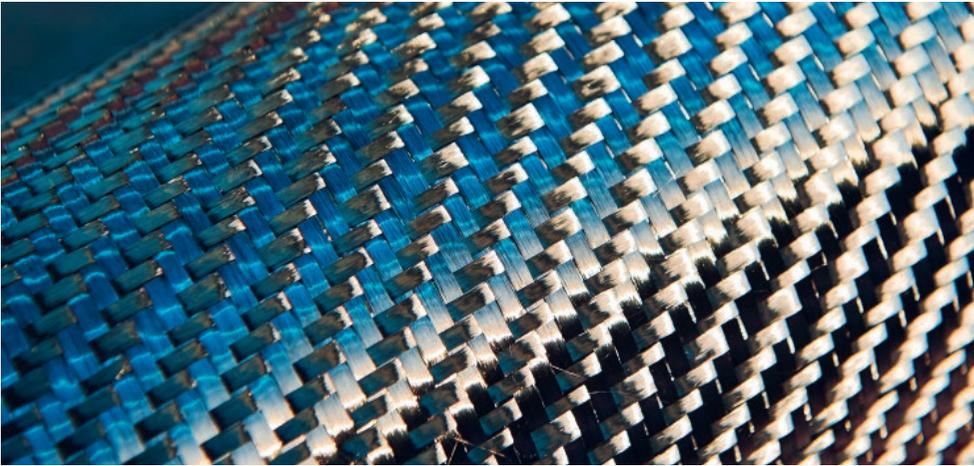
idee: Gepäckstücke oder verdächtige Gegenstände werden in den Fly-Bag gelegt. Sollte ein versteckter Sprengsatz detonieren, halten die hochfesten und hitzebeständigen Aramidlagen Druckwelle, Hitze und Splitter sicher im Inneren des Sacks. „Der Fly-Bag baut die Explosionsenergie ab und verhindert folgenschwere Schä-



**Robust und edel** — Mit hauchdünnen Beschichtungen ausgestattet, ist echtes Leder wegen seines hochwertigen Aussehens weiterhin beliebt als Sitzbezugsmaterial im Flugzeug.



**High-Tech-Band** — Sicherheitsgurte im Flugzeug müssen nicht nur hohe Zugkraft haben, sondern auch lichtbeständig, säureresistent, schwer flammbar und formstabil sein. Dazu tragen neben dem Fasermaterial spezielle Web- und Nähtechniken bei.



**Sicherheit geht vor** — Eine Eigenschaft aller Textilien an Bord eines Flugzeugs ist nicht verhandelbar: Sie müssen bei einem normalen Atemluft-Sauerstoffgehalt schwer entflammbar sein. Hightech-Fasern wie Aramid, besser bekannt unter dem Markennamen Kevlar, halten sogar Explosionen stand.

den des Flugzeugs, wie etwa ein Loch im Rumpf – das beim Lockerbie-Unglück von 1988 zum Absturz führte“, sagt Heike Illing-Günther, Forschungsleiterin am Sächsischen Textilforschungsinstitut (STFI) an der TU Chemnitz. Die Wissenschaftlerin, die maßgeblich an der Fly-Bag-Entwicklung beteiligt war, schätzt, dass insbesondere eine kleine Variante für die Passagierkabine gute Marktchancen haben könnte.

„Ein kleiner Fly-Bag ist leichter als ein großer und verändert vor allem nicht die Abläufe beim Beladen“, sagt Illing-Günther. Die größeren Sicherheitssäcke für den Frachtraum erfordern mindestens einen zusätzlichen Handgriff: Das Gepäck muss in den Sack, der muss geschlossen werden. Das kostet Zeit. Fluggesellschaften reagieren daher abwartend. Ein kleiner Fly-Bag müsste nicht beladen werden, er wäre ein unkompliziertes Sicherheitsplus: „Wird heutzutage nach dem Start ein herrenloser Gegenstand gefunden, etwa ein Handy, muss das

Flugzeug aus Sicherheitsgründen umgehend landen“, so Illing-Günther. Steckt man das verdächtige Objekt in einen kleinen Fly-Bag, könnte die Fluglinie auch entscheiden, planmäßig weiterzufliegen.

### Intelligente Textilien

Ob der Fly-Bag kommt oder nicht: In Zukunft sei von Textilien in der Luftfahrt noch viel zu erwarten, sagt Thomas Stegmaier, Forschungschef für Technische Textilien an den Instituten für Textil- und Faserforschung im schwäbischen Denkendorf. „Interessant werden vor allem intelligente Textilien mit Zusatzfunktionen“, sagt der Forscher. So werde gerade an selbstleuchtenden Textilien mit eingearbeiteten Metallfäden gearbeitet, die angeregt von Strom Licht emittieren können. „Eine Flugzeugkabinen-Decke aus einem solchen Stoff würde viel Gewicht sparen“, sagt Stegmaier. „Und darauf“, sagt der Wissenschaftler, „zielen letztendlich alle Entwicklungen in der Textiltechnik ab.“

## ARAMID



### Fünfmal so fest wie Stahl

Aramidfaser („aromatisches Polyamid“) ist das Material, das bei gleichem Gewicht fünfmal so fest ist wie Stahl und unter dem Markennamen Kevlar bekannt.



### Erst bei 400° C

beginnen Aramid-Textilien langsam ohne Flamme zu verkohlen.



### Aus 4 Lagen Aramid

besteht die „Haut“ des Fly-Bags. Der flexible Fluggepäck-Container hält die Explosionsenergie einer im Gepäck versteckten Sprengladung aus.



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.



**Genau hingeschaut** Die 50-fache Vergrößerung zeigt die Bruchfläche eines Siliziumcarbid-Composites. Die Keramikfasern sind in eine Keramikmatrix eingebettet und bilden damit einen Verbundwerkstoff, der hohen Belastungen standhalten kann.

# Faserkeramik auf der Überholspur

*Leicht, stabil, temperaturbeständig – keramische Faserverbundwerkstoffe sind ein ideales Material für den Triebwerksbau. Der neue Werkstoff hat Potenzial, Gewicht zu sparen, die Verbrennung zu optimieren und die Effizienz zu steigern.*

**Autorin:** Monika Weiner



**Keramischer Faserverbundwerkstoff** — Ein Faserverbundwerkstoff besteht aus zwei Hauptkomponenten: einem bettenden Material („Matrix“) sowie darin eingelegten Fasern. Durch Wechselwirkungen an der Grenzfläche zwischen den beiden Komponenten hat der Verbundwerkstoff eine deutlich höhere Schadenstoleranz als die Einzelkomponenten. Die Fasern lassen sich je nach Beanspruchung ausrichten und im Volumenanteil anpassen. Dadurch sind maßgeschneiderte Bauteileigenschaften einstellbar.

Der Porsche 911 GT2 hat sie, der Ferrari 488 GTB ebenfalls und auch der Lamborghini Aventador: leichte Bremsscheiben aus faserverstärkter Keramik. Die Scheiben rosten nicht, verschleißten nicht und beginnen selbst dann nicht zu glühen, wenn der Fahrer bei 300 Stundenkilometern eine Vollbremsung macht.

Was sich im Automobilbau bewährt hat, soll jetzt auch die Luftfahrt voranbringen. „Faserverstärkte Keramik erlaubt deutliche Gewichtseinsparungen. Allein das geringe Gewicht macht das Material enorm attraktiv für den Triebwerksbau“, sagt Dr. Bertram Kopperger, Leiter Faserverbundwerkstoffe bei der MTU Aero Engines. „Ein weiterer Pluspunkt ist die hohe Temperaturbeständigkeit. Diese ermöglicht uns die Entwicklung neuer, leistungsfähiger und effizienter Antriebe mit Materialtemperaturen bis zu 1.400 Grad.“ Faserverstärkte Keramiken – Englisch Ceramic Matrix Composites, kurz CMCs – brauchen weniger Kühlung als Metalle, wodurch Luft, die bisher komprimiert und durch Kühlkanäle geleitet wurde, für den Vortrieb zur Verfügung steht, was den Wirkungsgrad eines Triebwerks steigert. Kopperger sieht in dem neuen Material einen Beitrag zum Erreichen der Flightpath 2050-Ziele der Europäischen Kommission, die die

MTU in ihrer Claire-Initiative abbildet. Die Abkürzung steht für Clean Air Engine. Mit Claire strebt die MTU bis 2050 eine Reduktion des Kraftstoffverbrauchs um 40 Prozent verglichen mit dem V2500-Triebwerk an.

## **Achtmal dünner als ein menschliches Haar**

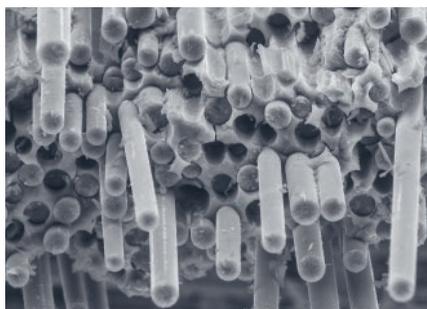
Um den Stoff, aus dem die Träume der Triebwerksentwickler sind, einsetzen zu können, wird er durch Keramikfasern verstärkt, die ihm zudem eine ausreichende Robustheit verschaffen. Diese Fasern sind achtmal dünner als ein menschliches Haar und zeichnen sich durch extrem hohe Bruchfestigkeit aus. Auch die Keramik-Matrix, in die sie eingebettet werden, ist fest und kaum verformbar. Erstaunlicherweise entsteht durch die Kombination von zwei keramischen Komponenten ein Material, das Belastungen gut standhält. Zwar entstehen im Werkstoff kleine Risse. Diese können sich jedoch nicht ausbreiten, weil sie an den vielen dünnen Fasern umgelenkt werden und dadurch ihre Energie zum Wachsen verlieren. Der Schlüssel zu diesem Verhalten liegt im Übergang von Fasern zu Matrix, der sogenannten Grenzfläche, wo es zu Wechselwirkungen kommt, die richtig „eingestellt“ sein müssen, wie die Werkstofffachleute sagen.

*„Keramische Fasern, die in eine keramische Matrix eingebettet sind – sogenannte CMC – beseitigen die Sprödigkeit herkömmlicher Keramiken und können damit in hochbelasteten Konstruktionen wie Fluggasturbinen eingesetzt werden. Im Vergleich zu metallischen Werkstoffen vertragen sie jedoch wesentlich höhere Temperaturen, so dass der Wirkungsgrad der Turbinen erhöht werden kann.“*

**Dr. Friedrich Raether**

Leiter des Fraunhofer-Zentrums für Hochtemperatur-Leichtbau HTL in Bayreuth

„Weil keramische Fasern, die in eine Matrix eingebettet sind, nicht die Sprödigkeit herkömmlicher Keramiken haben, können sie in hochbelasteten Konstruktionen wie Fluggasturbinen eingesetzt werden“, resümiert Dr. Friedrich Raether, Leiter des Fraunhofer-Zentrums für Hochtemperatur-Leichtbau HTL in Bayreuth.



**Hauchdünn** — Die Keramikfasern – hier in 1.000-facher Vergrößerung – sind achtmal dünner als menschliches Haar. Durch die Verstärkung der Matrix mit den Fasern erhöht sich die Bruchfestigkeit, sodass das Material im Triebwerksbau eingesetzt werden kann.

„Die Herstellung der CMCs ist allerdings noch immer eine große Herausforderung“, erklärt Katrin Schönfeld, die am Fraunhofer-Institut für Keramische Systeme und Technologien und Systeme IKTS in Dresden neue faserverstärkte Keramiken auch für die Luftfahrt entwickelt. „Mit Metallen hat der Mensch jahrtausendelange Erfahrung, die Bearbeitung ist in allen Details ausgetüftelt. Bei CMCs stehen wir noch ganz am Anfang: Neue Produktionsverfahren müssen erarbeitet und optimiert werden; es gilt herauszufinden, welchen Belastungen die Werkstoffe standhalten und sie dann in die Praxis zu überführen.“

### Herausforderung Herstellung

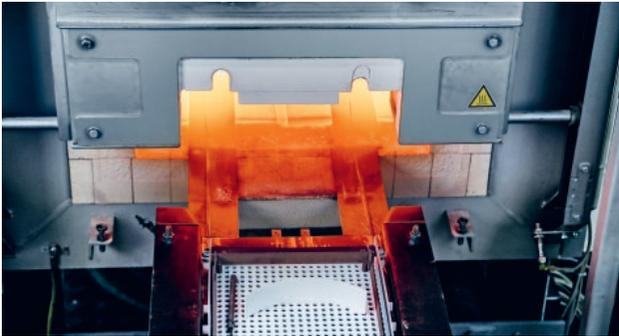
Schon die Einbettung der Fasern in eine keramische Matrix ist eine Kunst. Dafür wird etwa ein Grundgerüst aus Fasern mit einer zunächst flüssigen Schmelze ummantelt, die dann fest wird. Das kann man sich ähnlich wie beim Eingießen von Stahlträgern in Beton vorstellen. Diese Methode heißt Flüssigphasen-Infiltration. Für einen Verbundwerkstoff, der gut genug für einen Einsatz in einem Triebwerk ist, muss dieser Vorgang mehrfach wiederholt werden. Oder das Fasergerüst wird in einem Reaktor durch eine Infiltration aus der Gasphase mit der Matrix umhüllt (Chemical Vapor Infiltration). Bei diesem Verfahren wächst die Keramikmatrix Atomlage für Atomlage um die Fasern herum. Das dauert allerdings: Die Herstellung eines Bauteils kann Monate in Anspruch nehmen.

Entscheidend für die Eigenschaften des fertigen Werkstücks ist die Chemie der Zutaten: Ummantelt man Aluminiumoxid-Fasern mit einer Aluminiumoxid-Matrix, entsteht oxidische Faserkeramik, von den Entwicklern auch als Ox/Ox bezeichnet. Sie ist äußerst stabil, weil ihr weder Sauerstoff noch aggressive Chemikalien etwas anhaben können. Dieses „Weiße CMC“ lässt sich vergleichsweise kostengünstig herstellen, hält jedoch nur Temperaturen von 1.200 Grad stand. Hitzeresistenter – bis 1.400 Grad – und fester ist nichtoxidisches, „Schwarzes CMC“. Es besteht aus Siliziumcarbid-Fasern in einer Siliziumcarbid-Matrix, kurz SiC/SiC. Da diese Kombination nicht ausreichend korrosionsbeständig ist, wenn Sauerstoff durch die Oberfläche eindringt, müssen die Bauteile zusätzlich mit einer Schutzschicht, dem Environmental Barrier Coating, versehen werden. Die Herstellung ist daher aufwändiger und teurer.

„Für den Bau von Turbinen ist sowohl Weißes als auch Schwarzes CMC geeignet. Welches Material eingesetzt wird, hängt ab von den Umgebungsbedingungen“, erläutert Kopperger. „Besonders temperaturresistente und gegenüber mechanischen Belastungen widerstandsfähigere, nicht-oxidische SiC/SiC-Materialien benötigt man beispielsweise für Schaufeln. Gasführende Gehäuseteile hingegen können auch aus oxidischem CMC gefertigt werden.“

### Einsatz im Antrieb

Die ersten CMC-Bauteile haben sich im Triebwerksbau schon bewährt. CFM International setzt Dichtungsringe aus SiC/SiC ein. Das GE9X-Triebwerk von GE Aviation wird ebenfalls mit Bauteilen aus faserverstärkter Keramik ausgestattet. Und Boeing hat am Trent 1000 von Rolls-Royce eine Acoustic Exhaust Nozzle aus CMC getestet, die die Lärmentwicklung reduzieren soll.



**Hitzetest** \_\_\_\_\_ Hier wird ein Entwicklungsteil aus oxidischem CMC bei bis zu 1.100 Grad Celsius im Ofen getestet, um die Einsatzmöglichkeiten des Materials unter extremen Bedingungen zu untersuchen.



**Forschung für die Luftfahrt** \_\_\_\_\_ Die Teile werden nach Tests genau geprüft, um zu verstehen wie die Herstellungsprozesse weiter optimiert werden können.



**Besondere Eigenschaften** \_\_\_\_\_ Weißes CMC kann zwar nicht bei derart hohen Temperaturen eingesetzt werden wie schwarzes, (SiC/SiC) CMC, es muss jedoch auch bei hohen Temperaturen nicht gegen Sauerstoff geschützt werden..

Die MTU will die neuen Werkstoffe erstmals bei der Weiterentwicklung der heutigen Getriebefan-Antriebe nutzen. Bewegliche und statische Turbinenschaufeln sowie Gehäuseteile sollen aus faserverstärkter Keramik gefertigt werden. „Die Werkstoffe dafür gibt es nicht von der Stange. Wir erarbeiten daher zusammen mit unseren Kooperationspartnern in Industrie und Forschung neue Materialien“, berichtet Kopperger. Mit von der Partie sind unter anderem die Unternehmen BJS Ceramics in Gersthofen und die Schunk Group in Heuchelheim bei Gießen, das DLR in Stuttgart, das Fraunhofer-Zentrum für Hochtemperatur-Leichtbau HTL in Bayreuth sowie das Fraunhofer-Institut für Keramische Systeme und Technologien und Systeme IKTS in Dresden.

„Unser Ziel ist es, die Kompetenz zur Auslegung von geeigneten Triebwerkskomponenten bei der MTU aufzubauen und eine zugängliche Lieferkette zur Herstellung der Komponenten zu etablieren“, erklärt Kopperger.

### Entwicklung im EU-Projekt

Wichtige Erfahrungen konnten die MTU-Ingenieure bereits im EU-Technologieprojekt Clean Sky sammeln. In der ersten Phase wurden Schutzschichtsegmente für die Innenauskleidung von Gehäusen gefertigt und getestet. Derzeit arbeiten die Projektpartner an den Bauteilen für die Flowpath-Hardware. Besonders interessant seien Design und Herstellung für das Demonstrator-Triebwerk sowie der Testlauf, da man hier die Bereitstellung der Hardware nach Luftfahrtregeln und die Wechselwirkung zwischen keramischen und metallischen Bauteilen untersuchen könne, berichtet Kopperger: „Metalle dehnen sich, wenn sie erhitzt werden, erheblich stärker aus als Keramik. Dies kann konstruktive Lösungen erfordern, auf die wir vorbereitet sein müssen, wenn wir immer mehr Metallbauteile durch Faserkeramik ersetzen wollen.“

Ein beachtlicher Anteil der Turbinenkomponenten könnten in Zukunft aus CMCs gefertigt werden. Ist das wirtschaftlich? Noch kosten Bauteile aus faserverstärkter Keramik deutlich mehr als solche aus Metall. „Doch der Preis wird sinken, wenn die Materialien und die Bauteilfertigung in Großserie gehen“, davon ist Kopperger überzeugt. Und: „Der reduzierte Treibstoffverbrauch durch den besseren Wirkungsgrad wird die Mehrkosten für die faserverstärkten Keramikbauteile rechtfertigen.“ 



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:

**Monika Weiner** arbeitet seit 1985 als Wissenschaftsjournalistin. Die Diplomgeologin interessiert sich vor allem für neue Entwicklungen in Forschung und Technik sowie deren gesellschaftliche Auswirkungen.



# „Jedes Flugzeug weltweit enthält Technologie made in Germany“

*Deutsche LuftfahrtHersteller haben technologisch und wirtschaftlich eine Schlüsselposition, sagt BDLI-Präsident Klaus Richter im Interview.*



**Herr Dr. Richter, die deutsche Luft- und Raumfahrtindustrie beschäftigt aktuell rund 110.000 Mitarbeiter. In der deutschen Automobilindustrie arbeiten hingegen 820.000 Menschen. Warum ist die Luftfahrtindustrie Ihrer Ansicht nach dennoch eine Schlüsselindustrie für Deutschland und Europa?**

**Dr. Klaus Richter:** Wir kennen Deutschland als Autoland, aber kaum als Flugzeugland. Dabei kommen sieben Prozent aller Autos weltweit aus Deutschland, aber 17 Prozent aller Flugzeuge. Der Grund für diesen Erfolg liegt in der Innovationskraft: Die Luft- und Raumfahrtindustrie investiert ein Zehntel ihres Umsatzes in Forschung und Entwicklung – nahezu doppelt so viel wie andere Branchen. Die Abstrahleffekte der Industrie sind erheblich. Sei es der „Autopilot“ oder der Leichtbau in der Automobilindustrie oder aber das Anti-Blockier-System oder die Haifischhaut für Windenergieanlagen – zahlreiche technologische Innovationen kommen aus der Luft- und Raumfahrt. Andere Industrien und der gesamte Standort Deutschland profitieren somit von den Pionierleistungen unserer Branche.

**Wie beurteilen Sie die Position der deutschen Luftfahrtindustrie auf dem Weltmarkt, in der weltweiten Wertschöpfungskette des Flugzeugbaus?**

**Richter:** Jedes weltweit ausgelieferte Flugzeug enthält Technologie made in Germany. Heute wird jedes sechste weltweit hergestellte Passagierflugzeug in Deutschland ausgeliefert, also etwa 300 pro Jahr! Am derzeitigen Hochlauf ist die deutsche Zulieferindustrie stark beteiligt. Mich freut besonders, dass unsere mittelständisch geprägte Zulieferindustrie – die „hidden champions“ unserer Branche – zunehmend Programmbeiträgen auf dem Weltmarkt gewinnt. Die Luftfahrt ist ein internationaler Wachstumsmarkt. Ihre Wachstumsperspektiven mit fünf Prozent pro Jahr sind glänzend: Aufträge für über 30.000 Großraumflugzeuge erwarten uns in den kommenden beiden Jahrzehnten. Dies entspricht einem beeindruckenden Wert von fünf Billionen Dollar. Wir müssen heute alles daran setzen, dass unsere Flugzeuge auch in fünf, zehn oder zwanzig Jahren die besten, sparsamsten und effizientesten der Welt sind, denn nur dann haben wir am Weltmarkt Erfolg.

**Neben den Big Playern Airbus, MTU Aero Engines, Lufthansa Technik und Rolls-Royce Deutschland gehören eine ganze Reihe mittelständischer Zulieferbetriebe zur deutschen Luftfahrtindustrie. Welche Herausforderungen bestehen für diese nationale Supply Chain?**

**Richter:** Die Zulieferbranche wächst stark und profitiert vom Hochlauf der Produktion und von dem Wachstum des

globalen Luftverkehrs. Natürlich gibt es Herausforderungen. Die Zulieferer sollten stärker zusammenarbeiten, sich internationalisieren und ihre operative Leistungsfähigkeit durch neue Technologien und Digitalisierung steigern. Um diese Industrie optimal zu unterstützen, haben BDLI, Regionalverbände und die industrielle Organisation SPACE Germany gemeinsam die „Supply Chain Excellence Initiative“ ins Leben gerufen. Ziel der Initiative ist es, die Zulieferer fit für die Zukunft zu machen.

**Technologischer Fortschritt ist das eine, eine stabile, verlässliche Produktion von Flugzeugen das andere. Hier gibt es vielfältige Beziehungen und Abhängigkeiten zwischen Herstellern und Lieferanten. Wie belastbar ist dieses Netz?**

**Richter:** Alle fünfzehn Jahre verdoppelt sich der weltweite Luftverkehr. Die damit verbundene Nachfrage ist ohne Zweifel eine Herausforderung für die Produktionskapazitäten in der gesamten Industrie. Die vollen Auftragsbücher der Hersteller geben den Zulieferern aber auch eine jahrelange Planungssicherheit, und gleichzeitig wird das Netz von Herstellern und Lieferanten stärker. Zudem bietet die Internationalisierung vielen mittelständischen Zulieferern die Möglichkeit, ihre Kapazitäten auf eine breitere Basis zu stellen und so wettbewerbsfähiger zu werden.

**Was ist wichtig, damit die Supply Chain im Flugzeugbau auch künftig funktioniert?**

**Richter:** Damit wir unsere Wettbewerbsfähigkeit nicht aufs Spiel setzen, sollte Deutschland als Hochlohnland unbedingt von weiteren Belastungen für die Industrie absehen. Da wir vor allem für den Export produzieren – die Exportquote liegt in unserer Branche bei über 70 Prozent – treffen uns diese Belastungen mehr als andere Branchen, die in Deutschland einen großen Heimatmarkt haben. Und natürlich müssen gutes Fachpersonal und wettbewerbsfähige Arbeitsbedingungen gewährleistet sein.

**Jede Wertschöpfungskette beginnt mit guten Ideen. Wer treibt heute deren Entwicklung voran? Die Hersteller? Die Kunden? Start-ups? Forschungseinrichtungen?**

**Richter:** Wir alle zusammen, unser Motto lautet: „Nonstop Innovation“! Vor allem das Luftfahrtforschungsprogramm übernimmt hier eine wichtige Rolle und bringt Wirtschaft und Wissenschaft zusammen. Die Flugzeugbauer sind heute nicht mehr Flugzeughersteller im klassischen Sinne, sondern vielmehr Systemarchitekt und -integrator innerhalb der Wertschöpfungskette. Doch das ist nur ein Teil des innovativen Wandels. Airbus

holt beispielsweise Start-ups ins Haus, arbeitet aber auch selbst an revolutionären Konzepten, so zum Beispiel im Zentrum für angewandte Luftfahrtforschung (ZAL) in Hamburg. Vor allem das Thema Industrie 4.0 ist für die Luftfahrt interessant. Für unsere komplexen Produkte haben digitale Lösungen, die den gesamten Lebenszyklus von der Entwicklung bis zum Betrieb abdecken, enormes Potential. Deutschland muss deshalb bei der Digitalisierung Treiber und nicht Beobachter sein.

**Sie waren selbst in der Automobilindustrie tätig. Was können die Flugzeugbauer von den Autobauern lernen?**

**Richter:** Wir können viel voneinander lernen. Ein Flugzeug ist deutlich komplexer als ein Auto. Ein Automobil besteht aus bis zu 15.000 Einzelteilen – ein Großraumflugzeug aus mehreren Millionen. Andererseits sind die Stückzahlen in der Autoindustrie viel größer. Deshalb gibt es vor allem im Bereich der industriellen Serienfertigung viel von der Automobilindustrie zu lernen. Das moderne Automobil ist geprägt durch komplexe Software und vernetzte Systeme – genau wie ein Verkehrsflugzeug. Gemeinsam ist beiden Branchen, dass sie äußerst komplexe Produkte mit einem enorm hohen Elektronikanteil sowie einem Höchstmaß an Anforderungen bezüglich funktionaler Sicherheit herstellen. Elektrik und Elektronik sind die wichtigsten Treiber für bis zu 70 Prozent aller Innovationen.

**Geben Sie uns einen Ausblick: Was können wir von der Luftfahrt in den nächsten Jahrzehnten Neues erwarten?**

**Richter:** Die Luftfahrtbranche forscht so intensiv wie kein anderer Industriezweig. Wir arbeiten am nahezu emissionsfreien Fliegen. Bei kleineren Flugzeugen funktionieren elektrische Antriebe schon, und wir arbeiten daran, dass ab 2030 Hybride mit bis zu 100 Sitzen abheben. Der zweite große Durchbruch ist das autonome Fliegen, sei es durch Lastdrohnen oder Lufttaxis. Die Luft- und Raumfahrtindustrie ist Technologietreiber. Denn nirgendwo sind die Anforderungen so hoch wie in der Luft und im All.



**Dr. Klaus Richter** \_\_\_\_\_  
Präsident des Bundesverbands  
der Deutschen Luft- und Raum-  
fahrtindustrie (BDLI)

Dr.-Ing. Klaus Richter hat 2017 das Amt des BDLI-Präsidenten übernommen. Er ist seit Januar 2015 Chief Procurement Officer und Mitglied des Konzernvorstands der Airbus Group S.E. Zudem ist er Vorsitzender der Geschäftsführung von Airbus in Deutschland sowie des Aufsichtsrats der Premium AEROTEC.

Richters Zuständigkeiten erstrecken sich auf das gesamte Einkaufs- und Beschaffungswesen von Airbus Commercial Aircraft sowie konzernweite strategische Einkaufsthemen. Vor seinem Wechsel zu Airbus im Jahr 2007 war Klaus Richter Senior Vice President Materials Purchasing bei BMW.

Der gebürtige Münchner, Jahrgang 1964, begann seine berufliche Laufbahn 1993 bei McKinsey & Company als Managementberater für das Kfz-, Elektronik- und Luftfahrtgeschäft und die Produktentwicklung. Er promovierte 1991 an der Technischen Universität München im Fach Maschinenbau und war danach zwei Jahre als Forscher und Lehrer an der University of California in Berkeley tätig.



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)

# How things work: Winglets

**Ein kleiner Knick macht Flugzeuge leiser, sparsamer und effizienter: Winglets – nach oben oder unten gebogene Fortsätze an den Tragflügelenden – verbessern die Ökobilanz, indem sie den Luftwiderstand verringern und den Auftrieb erhöhen.**

**Vorbild Natur:** Greifvögel haben lange Schwungfedern, die sie fächerförmig spreizen können. Auf diese Weise reduzieren sie den Luftwiderstand und erhöhen Auftrieb sowie Geschwindigkeit. Richard T. Whitcomb, ein Spezialist für Aerodynamik bei der NASA, übertrug dieses Prinzip in den 1970er Jahren, als die Ölkrise die Preise für Flugbenzin in die Höhe trieb, auf die Luftfahrt. Den Berechnungen Whitcombs zu Folge spart ein zusätzlicher, vertikaler Flügel Treibstoff, weil er die Gleitzahl – das Verhältnis von Auftrieb und Luftwiderstand – erhöht.



**Die Evolution:** Das Design kann sehr unterschiedlich sein. Airbus stattete Verkehrsmaschinen zunächst mit kleinen Tragflächenendscheiben, den „Wingtip Fences“ aus. Boeing entwickelte „Blended Winglets“ mit einem fließenden Übergang zur Tragfläche. Moderne Airbus-Modelle haben nach oben und nach hinten gebogene „Sharklets“.



**Mehr als mannshoch:** Winglets können je nach Ausführung ziemliche Ausmaße haben. Die mit 3,45 Metern größten befinden sich an den Tragflächen der Boeing 767-300ER.

**5 % Kraftstoffreduktion**

**Positive Bilanz:** Winglets erhöhen das Gewicht eines Flugzeugs – zum einen durch ihr Eigengewicht, zum anderen durch notwendige Strukturverstärkungen der Tragflächen. Der negative Effekt wird jedoch, vor allem auf Langstreckenflügen, kompensiert durch den verringerten Spritverbrauch. In der Nettobilanz reduzieren Winglets den Kraftstoffverbrauch um bis zu fünf Prozent.

**Der Trick:** Winglets zerlegen die Randwirbel an den Flügelenden in kleine Verwirbelungen, die sich teilweise gegenseitig auslöschen. So wird der Strömungswiderstand reduziert und der Auftrieb verbessert – das Flugzeug steigt schneller und erzeugt daher bei Start weniger Lärm. Während des Fluges braucht es weniger Energie, die Reichweite wird so erhöht.



**Das Prinzip:** Der Auftrieb eines Flugzeugs entsteht durch Unterdruck auf der Flügeloberseite und Überdruck auf der Unterseite der Tragfläche. Die Folge: Luft strömt um die Tragfläche herum nach oben, um den Unterdruck auszugleichen. Die Luftbewegung führt, vor allem an den Flügelspitzen, zu Wirbeln, die dem Auftrieb entgegenwirken und den Kerosinverbrauch erhöhen. Mit Winglets lassen sich diese Wirbel reduzieren.

# „This is the start of something big“

*Das Jahr 1968 war ein ereignisreiches Jahr: Neue Flugzeuge, Senkrechtstarter, Überschallpassagierflug und das erste High-Bypass-Triebwerk beherrschten die Schlagzeilen.*



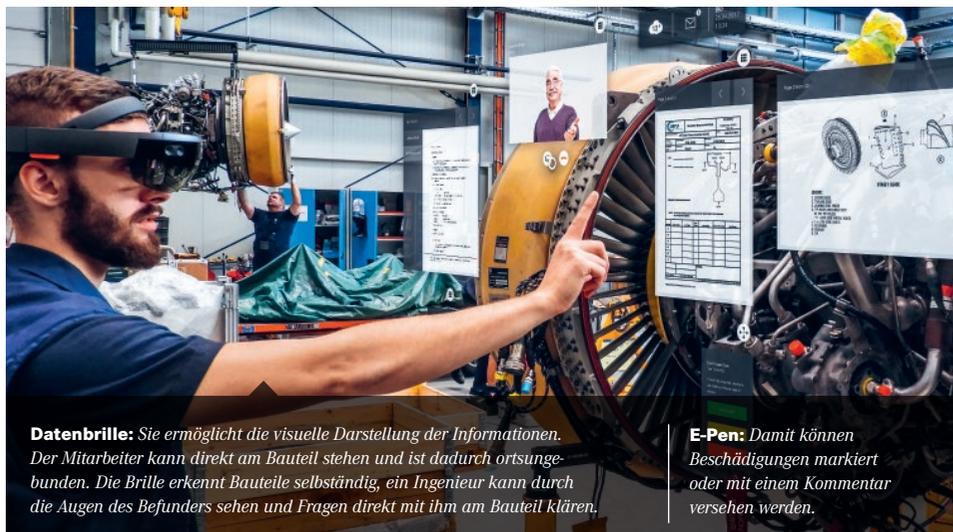
## EINE AUSWAHL DER WICHTIGSTEN EREIGNISSE DER LUFTFAHRTINDUSTRIE DES JAHRES 1968:

- FEB.** Die **Boeing 737-100** beginnt mit JT8D-Triebwerken den Liniendienst bei der Lufthansa. Mehr als 14.750 Exemplare werden von diesem Triebwerksmuster insgesamt gebaut, das in der leistungsstärkeren Version JT8D-200 auch auf der MD-80 zum Einsatz kommt. An dieser Version wird sich die MTU 1984 mit 12,5 Prozent beteiligen.
- MÄRZ** Schon vor 50 Jahren war Digitalisierung ein Thema der Luftfahrt: „Aviation Week & Space Technology“, das weltweit führende Fachblatt, berichtet über den Einsatz von **„Computern“ im Flugtraining**.
- APRIL** Mit der siebten Internationalen Luftfahrtausstellung (ILA) in Hannover, international bekannt als „Hanover Air Show“, beginnt das Luftfahrt-Messejahr. Highlights sind europäische Senkrechtstarter-Entwicklungen und bereits die **A300** des neuen Herstellers Airbus, der erst 1970 offiziell gegründet werden wird. In der „Aviation Week“ erscheint eine doppelseitige Anzeige, die „den Beginn von etwas Großem“ ankündigt. Tatsächlich wird die A300 am 28. Oktober 1972 zu ihrem Erstflug abheben.
- MAI** Eine Grumman **Gulfstream II** ist der erste Business Jet, der den Atlantik überquert.
- JUNI** Der Militärtransporter **Lockheed C-5 Galaxy** absolviert seinen Erstflug.
- AUG.** Baubeginn für einen neuen Flughafen im Pariser Norden. Eröffnet wurde **Paris-Charles-de-Gaulle** im März 1974. CDG ist heute nach London-Heathrow der zweitgrößte Passagierflughafen Europas.
- SEPT.** Der Plan für die Flugerprobung des westeuropäischen Überschallpassagierjets **Concorde** wird festgelegt. Sie wird ihren Erstflug im März 1969 absolvieren – zwei Monate nach der russischen Konkurrentin **Tupolew Tu-144**, die am 31. Dezember 1968 abhebt. Bei der Farnborough Airshow im Herbst 1968 ist das elegante Flugzeug auf dem Rollfeld zu bewundern.
- OKT.** Die **Tupolew Tu-154**, ein dreistrahliges Mittelstreckenflugzeug und bis Mitte der 2000er Jahre das russische Standard-Verkehrsflugzeug, startet zum Erstflug.
- NOV.** General Electric stellt das **CF6** vor, das erste Triebwerk mit hohem Nebenstromverhältnis. Der geplante europäische Kampffjet **Tornado**, für dessen deutschen Triebwerksanteil 1969 die MTU gegründet werden wird, nimmt Gestalt an. Auf der Tagung der International Air Transport Association (IATA) wird über **Kurz- und Senkrechtstartflugzeuge** gesprochen, die an den bereits überlasteten Flughäfen Abhilfe schaffen sollen.

# Projekt „Befund 4.0“

## Neuer Befundprozess bei der Triebwerksinstandsetzung

Das Projekt der MTU Maintenance Berlin-Brandenburg soll den Befundprozess bei der Triebwerksinstandsetzung effizienter, sicherer und ergonomischer machen. Die Testphase ist bis Juli 2019 geplant und soll in einem Demonstrator enden.



**Datenbrille:** Sie ermöglicht die visuelle Darstellung der Informationen. Der Mitarbeiter kann direkt am Bauteil stehen und ist dadurch ortsungebunden. Die Brille erkennt Bauteile selbständig, ein Ingenieur kann durch die Augen des Befunders sehen und Fragen direkt mit ihm am Bauteil klären.

**E-Pen:** Damit können Beschädigungen markiert oder mit einem Kommentar versehen werden.

**Befundmanagement** — In einem System werden alle relevanten Daten zu den verschiedenen Triebwerkstypen zentral gesammelt und zugänglich gemacht. Die Mitarbeiter sehen daraus die für das Bauteil relevanten Informationen.

**Technology Enhanced Maintenance** — Die Mitarbeiter werden bei der Befundung durch innovative Technologien unterstützt. Dadurch werden die Arbeitsprozesse vereinfacht und effizienter.

**Befundung** — Das Bauteil wird auf seine Beschädigungen untersucht und kategorisiert. Dabei wird entschieden, ob das Bauteil verschrottet oder repariert wird, oder ob es betriebsbereit ist. Die Entscheidungen des Befundmitarbeiters kann dann im System nachvollzogen werden.

## 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|18

### 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,  
Isabel Henrich, Victoria Nicholls, Thorsten Rienth,  
Andreas Spaeth, Monika Weiner

### Layout

SPARKS CONSULTING GmbH

### Bildnachweis

*Titel* Shutterstock  
3 MTU Aero Engines  
6\_7 MTU Aero Engines  
8\_13 Shutterstock, Airbus, Samad Aerospace,  
Zunum Aero, Siemens, Bauhaus Luftfahrt,  
Ampaire, Eviation, Joby Aviation  
14\_19 Shutterstock, Widerøe, MTU Aero Engines  
20\_23 Shutterstock, iStockphoto, MTU Aero Engines  
24\_27 MTU Aero Engines, Shutterstock  
28\_31 MTU Aero Engines, Shutterstock  
32\_33 MTU Aero Engines  
34\_37 Lantal, Schroth, Shutterstock  
38\_41 MTU Aero Engines  
42\_45 Airbus  
46\_48 Shutterstock, MTU Aero Engines,  
Alejandro Hernández, Adrian Munro

### Druck

EBERL PRINT GmbH, Immenstadt

### Online

ADVERMA  
Advertising und Marketing GmbH, Rohrbach

*Texte mit Autorenervermerk 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.*



# DIGITAL TRANSFORMATION PROGRAM

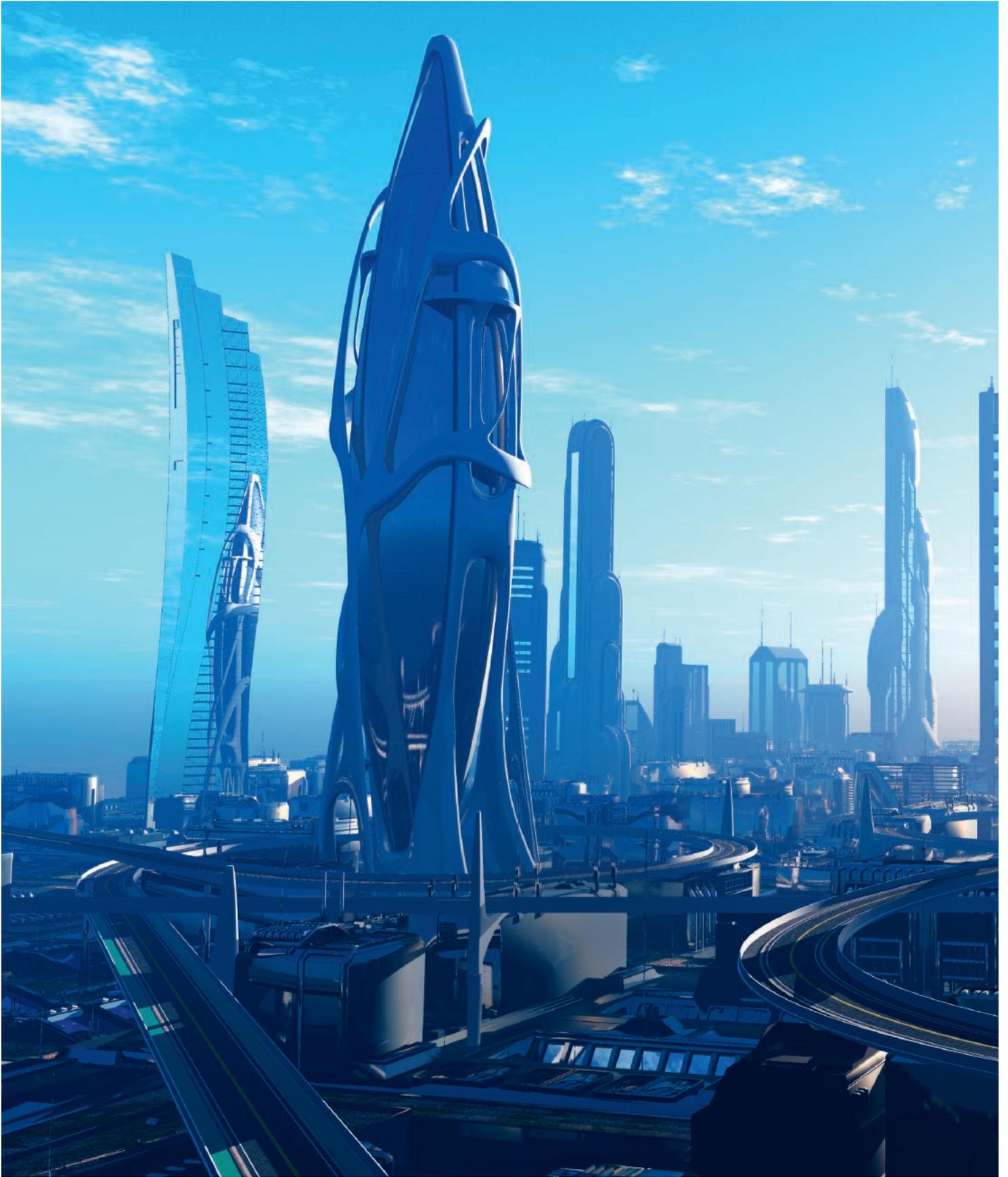
## MISSIONEN

- Business 4.0
- MRO 4.0
- Manufacturing 4.0
- Supply Chain 4.0
- Technology 4.0



Die MTU sucht Digital Transformation Manager (m/w), die Lust haben, die Zukunft der Luftfahrt zu gestalten. Sind Sie ein erfahrener Macher mit Prozess-Knowhow und Freude an Innovation? Möchten Sie bei einem attraktiven Arbeitgeber Verantwortung übernehmen? Begeistern Sie sich für eine unserer Missionen? Dann freuen wir uns auf Ihre Bewerbung!

[digitalexperts.mtu.de](https://digitalexperts.mtu.de)



**AEROREPORT**

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