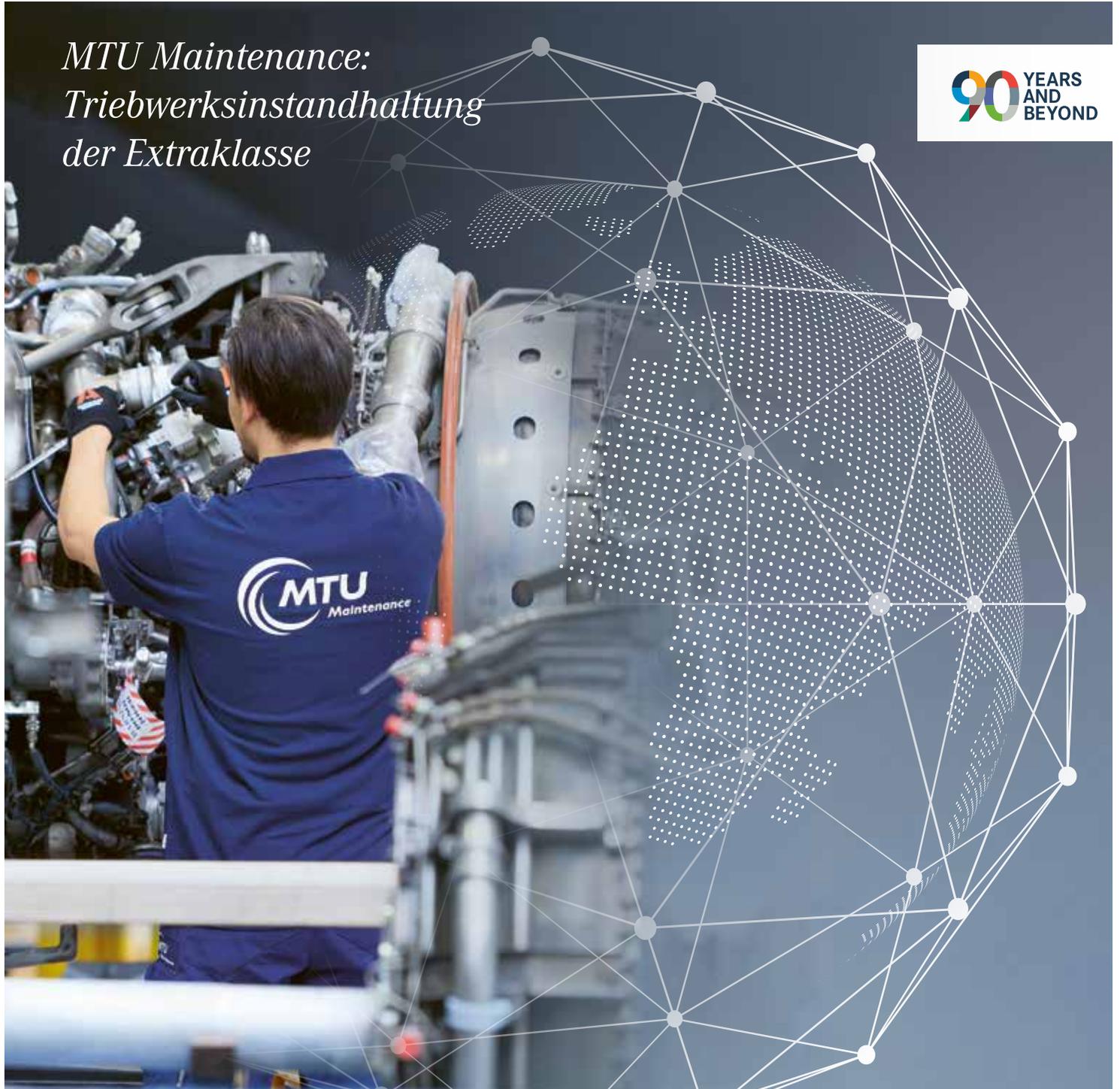


# AEROREPORT 01|24

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

90 YEARS  
AND  
BEYOND

*MTU Maintenance:  
Triebwerksinstandhaltung  
der Extraklasse*



## INNOVATION

Digitaler Zwilling für die zukünftige Triebwerksentwicklung

## AVIATION

Neuer Schub für das Eurofighter-Triebwerk EJ200

## PEOPLE

Nachhaltige Kraftstoffe: SAFs als Hebel für sauberes Fliegen



# PASSION FOR ENGINES

**90** YEARS  
AND  
BEYOND

Mehr als 12.000 Menschen  
aus 88 Nationen an 18 MTU-  
Standorten weltweit verbindet  
eine gemeinsame Leidenschaft:  
die Faszination für Triebwerke.

## **WEITERE INFORMATIONEN ZUM THEMA:**

90 years and beyond -  
Passion for engines

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



*Liebe Leserinnen und Leser,*

seit neun Jahrzehnten gehört die MTU Aero Engines zur Spitze der Triebwerksindustrie. Die Expertise und Passion unserer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter haben das Unternehmen dorthin gebracht. Gemeinsam werden sie es noch stärker und innovativer in die Zukunft tragen. Mehr als 12.000 Menschen aus 88 Nationen arbeiten heute weltweit an 18 MTU-Standorten.

Was sie alle vereint? Ihre Leidenschaft für Qualität und Perfektion, mit der sie die Sicherheit der Passagiere und der Crews an die erste Stelle setzen. Unsere Kunden können darauf vertrauen, dass wir ihnen in jeder Situation und zu jeder Zeit zur Seite stehen – etwa mit dem kurzfristigen Service vor Ort. Dies ist eine ausgewiesene Stärke der MTU Maintenance: An ihren weltweiten Standorten für ON-SITE<sup>Plus</sup> Service sind mobile MTU-Teams darauf spezialisiert, Reparaturen am Flügel oder bei der Airline durchzuführen, um einen reibungslosen und effizienten Triebwerksbetrieb sicherzustellen.

Aber das ist längst nicht alles. In den vergangenen Jahrzehnten ist unser Triebwerksportfolio rasant gewachsen. Mehr als 30 verschiedene Triebwerkstypen für über 270 Airlines betreuen wir mittlerweile bei der MTU Maintenance. Seit 45 Jahren setzen unsere Expertinnen und Experten Triebwerke instand, reparieren und überholen sie. Dafür schöpfen sie aus einem breiten Erfahrungsschatz. Über regelmäßigen Know-how-

Transfer und ein ausgefeiltes Trainingsangebot unterstützen sich die MTU-Standorte im MRO-Netzwerk (Maintenance, Repair and Overhaul) gegenseitig. So gewährleisten wir stets, dass unsere Kunden überall den bestmöglichen und maßgeschneiderten Service bekommen.

Wir nehmen Sie in dieser Ausgabe mit zu unseren MRO-Standorten auf der ganzen Welt. Erfahren Sie, wie unsere Teams immer die Extrameile für unsere Kunden gehen. Darüber hinaus erhalten Sie auch einen spannenden Einblick in unsere Fähigkeiten rund um Industriegasturbinen. In diesem Geschäftsfeld führen Einsätze schon mal auf windumtoste Ölplattformen in der Nordsee oder in den feuchtheißen Dschungel Brasiliens.

Ein weiteres Highlight im Heft: Kaum ein anderes Triebwerk hat die langjährige Geschichte der MTU so geprägt wie der Eurofighter-Antrieb EJ200. Er erlebt nun einen zweiten Frühling. Wir zeigen Ihnen, was dieses Triebwerk zur Technologieentwicklung bei der MTU beigetragen hat – und auch weiterhin beitragen wird. Natürlich darf auch der Blick auf die Zukunftstechnologien nicht fehlen: Wir haben uns mit Fabian Donus, Leiter Technologiemanagement bei der MTU, über die Potenziale und Herausforderungen von Sustainable Aviation Fuels (SAFs) unterhalten – ein Kraftstoff, in den die Luftfahrt große Hoffnungen setzt.

Viel Freude beim Lesen wünscht Ihnen



Ihr

Michael Schreyögg  
Vorstand Programme



#### COVERSTORY

### Mit den Triebwerks- experten einmal um die Welt

Mit einem globalen Netzwerk sorgt die MTU Maintenance rund um die Uhr dafür, dass Flugzeuge jederzeit mit möglichst geringen Ausfallzeiten und höchster Verfügbarkeit unterwegs sind – kosteneffizient und stets nach den höchsten Qualitätsstandards.

Seite 8



#### INNOVATION

### Das virtuelle Triebwerk

Mit Hilfe digitaler Zwillinge will die MTU in Zukunft den gesamten Lebenszyklus eines Triebwerks virtuell abbilden und weiter optimieren – von der Entwicklung bis hin zum Flugbetrieb. Dies geschieht komplett datenbasiert, jederzeit nachvollziehbar und für jeden Antrieb individuell.

Seite 26



#### AVIATION

### Die grünen Inselhüpfer von Vancouver

Harbour Air ist Kanadas größter Wasserflugzeugbetreiber, der Flug von Vancouver nach Victoria dauert nur 28 Minuten. Bis 2025 sollen hier Passagiere elektrisch fliegen, dafür erhalten die unverwüstlichen Beaver-Buschflieger einen Elektroantrieb.

Seite 36

## CONTENTS

#### FACTS

- 6 **90 years and beyond** Passion for engines
- 7 **Zahlen und Fakten** Die wahren „Arbeitstiere“ der Luftfahrt
- 7 **Zukünftiges Fliegen** Erfolgreicher Test mit SAF bei der MTU Maintenance

#### COVERSTORY

- 8 **Mit den Triebwerksexperten einmal um die Welt** Wie die MTU Maßstäbe in der Triebwerksinstandhaltung setzt.
- 20 **Die Branche im Auftrieb: Mit hohem Anspruch hoch hinaus** Michael Schreyögg, Vorstand Programme bei der MTU Aero Engines, im Gespräch.

#### INNOVATION

- 26 **Das virtuelle Triebwerk** Mit Hilfe digitaler Zwillinge will die MTU in Zukunft den gesamten Lebenszyklus eines Triebwerks virtuell abbilden und weiter optimieren.
- 32 **Innovatives Montagesystem für die PW800** Die MTU geht bei der (De-)Montage für die Instandhaltung des PW800-Triebwerks neue Wege.

#### AVIATION

- 36 **Die grünen Inselhüpfer von Vancouver** Vancouver's Wasserflugzeuge fliegen bald mit Elektroantrieb.
- 42 **Triebwerke auf Zeit** So profitieren Airlines vom Triebwerksleasing.
- 46 **Auf Knopfdruck Strom** Aeroderivate – die leichten, flexiblen Industriegasturbinen.

**AVIATION**

## Zweiter Frühling für das EJ200

Das EJ200 gehört noch lange nicht zum alten Eisen: Die Serienfertigung des Eurofighter-Antriebs nimmt wieder deutlich Fahrt auf. Auch dank neuer Regelung bleibt das moderne Kampfflugzeugtriebwerk fit für die kommenden Jahrzehnte.

---

Seite 52

---

**PEOPLE**

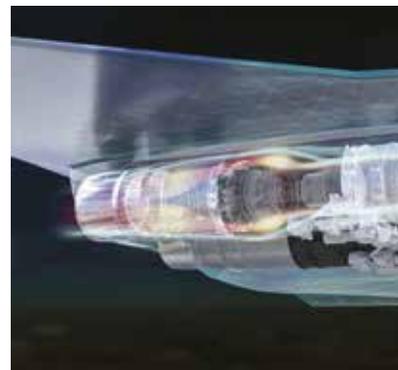
## Ohne SAF geht es nicht

Sie sind zwar knapp und teurer als fossiles Kerosin: Aber um die Klimaziele im Luftverkehr zu erreichen, sind nachhaltige Kraftstoffe unverzichtbar. Im Gespräch: Fabian Donus vom MTU-Technologie-management über das Potenzial von Sustainable Aviation Fuels.

---

Seite 58

---

**GOOD TO KNOW**

## New Generation Fighter Engine (NGFE)

Bei der New Generation Fighter Engine (NGFE) gilt: Jeder Partner bringt seine wesentlichen Stärken ein. Doch was genau macht ein komplett neues Triebwerk für ein Kampfflugzeug eigentlich aus?

---

Seite 68

---

52 **Zweiter Frühling für das EJ200** Dank neuer Aufträge nimmt die Serienfertigung des Eurofighter-Antriebs noch mal Fahrt auf.

**PEOPLE**

58 **Ohne SAF geht es nicht** Fabian Donus, Leiter Technologiemanagement bei der MTU, über Potenziale und Herausforderungen von Sustainable Aviation Fuels (SAFs).

**GOOD TO KNOW**

- 62 **Wie funktioniert ein Turbojet-Triebwerk?** Luft wird angesaugt, verdichtet, verbrannt und wieder ausgestoßen – was einfach klingt, ist hochkomplex.
- 66 **Kurz erklärt:** Das Gehirn des Triebwerks
- 68 **Kurz erklärt:** New Generation Fighter Engine (NGFE)
- 69 **Impressum und Bildnachweis**



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

Newsletter abonnieren:  
Unser Newsletter informiert Sie monatlich per Mail über Themen aus der Welt der Luftfahrt.



## MTU FEIERT JUBILÄUM

## Aus Freude am Fliegen

„90 Years and beyond – Passion for engines“ lautet das Motto, unter dem die MTU Aero Engines in diesem Jahr auf ihre Geschichte zurückblickt, aber vor allem das feiert, was sie auszeichnet: die Freude und die Kompetenz ihrer Mitarbeiter:innen für Triebwerke.



**90 YEARS AND BEYOND** **PASSION FOR ENGINES**

## HIER SIND 90 JAHRE MTU IM SCHNELLDURCHLAUF – MIT BLICK IN DIE ZUKUNFT:

- |             |  |               |   |
|-------------|--|---------------|---|
| <b>1934</b> | Gründung der BMW Flugmotorenbau GmbH.  | <b>2019</b>   | MTU steigt in den DAX auf.  |
| <b>1957</b> | Nach Kriegsende wird das Werk in München-Allach (heutiger Firmensitz) zunächst in ein Reparaturwerk für Heeresfahrzeuge und Geschütze umgewandelt. 1957 gründet BMW die BMW Triebwerksbau GmbH, womit die Triebwerksproduktion erneut anläuft. | <b>2024</b>   | Mehr als 12.000 Menschen aus 88 Nationen arbeiten an 18 Standorten weltweit – Tendenz steigend. Heute fliegt jedes dritte Verkehrsflugzeug mit MTU-Technologie. |
| <b>1969</b> | Das Unternehmen, nun unter dem Namen „MAN Turbo“, fusioniert mit Daimler-Benz zur MTU Motoren- und Turbinen-Union München GmbH. Die Entwicklung des Tornado-Antriebs RB199 beginnt.  | <b>2040er</b> | Das neue europäische Kampflugzeug soll einsatzbereit sein. Die MTU entwickelt dafür zusammen mit Partnern die New Generation Fighter Engine.                    |
| <b>1971</b> | Einstieg in die zivile Triebwerksfertigung mit dem CF6-50.   | <b>2050</b>   | Die MTU verfolgt eine klare Vision: emissionsfreies Fliegen bis 2050. Dafür entwickelt sie revolutionäre Antriebskonzepte.                                      |
| <b>1979</b> | Gründung der Instandhaltungssparte MTU Maintenance in Hannover.  |               |   |
| <b>1985</b> | Die MTU wird 100-prozentige Tochter der Daimler-Benz AG.   |               |   |
| <b>2002</b> | Mit dem Hochdruckverdichter im PW6000 ist die MTU erstmals eigenverantwortlich in einem zivilen Kerntriebwerk vertreten.   |               |   |
| <b>2005</b> | Börsengang der MTU Aero Engines Holding AG.  |               |   |
| <b>2011</b> | Die MTU übernimmt am Getriebefan von Pratt & Whitney einen Programmanteil von 18 Prozent. Es ist bis heute das ökoeffizienteste Triebwerk.   |               |   |

## WEITERE INFORMATIONEN ZUM THEMA:

90 years and beyond –  
Passion for engines

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



**ZAHLEN UND FAKTEN**

## Die wahren „Arbeitstiere“ der Luftfahrt



CFM56



V2500



PW2000



PW4000



CF6

Heute sind knapp 13.000 **CFM56-7B** und knapp 7.000 **CFM56-5B** im Einsatz, und die beiden Triebwerkstypen werden im Jahr 2024 voraussichtlich zusammen 53 Millionen Flugstunden absolvieren. Die Triebwerke von CFM International sind damit die beliebtesten aller Zeiten.

**ANWENDUNGEN:**

Boeing 737 (CFM56-7B)

Airbus A320 Familie (CFM56-5B)

Die soliden, zuverlässigen **V2500-, PW2000- und PW4000-Antriebe** stehen eher selten im Rampenlicht. Dennoch leisten sie im Hintergrund zuverlässig ihren Dienst für die Fluggesellschaften. Wussten Sie, dass sie zusammengenommen jede Woche mehr als 65.000 Mal abheben? Das entspricht einem Start alle 11 Sekunden.

Im Jahr 2022 hat die MTU fast 750.000 Teile für diese Triebwerke geliefert. Bis 2040 werden weltweit noch weit über 11.000 Shopvisits für sie erwartet.

**ANWENDUNGEN:****V2500**

Airbus A320-Familie  
Boeing MD-90  
C-390 Millennium

**PW2000**

Boeing 757  
Boeing C-17 Militärtransporter

**PW4000**

Boeing 777-200/200ER  
Boeing 777-300

Das **CF6** war das erste zivile Triebwerk der MTU. Sie ist seit 1971 Partner in diesem langjährigen Programm. Noch heute treibt das Triebwerk rund 1.300 Flugzeuge und etwa 70 Prozent der Großraumfrachtflotte weltweit an. Die MTU hat allein in den vergangenen fünf Jahren rund 17.000 Teile jährlich an GE Aerospace ausgeliefert – darunter vor allem für die Hochdruckturbinen. In den letzten mehr als 40 Jahren hat die MTU Maintenance weit über 4.000 Shop Visits für diesen Triebwerkstyp durchgeführt.

**ANWENDUNGEN:**

Boeing DC-10-10 (CF6-6)

Boeing 747 (CF6-50)

Boeing DC-10-15 (CF6-50)

Boeing DC-10-30 (CF6-50)

Airbus A300 (CF6-50)

Airbus A300 (CF6-80C2)

Airbus A310 (CF6-80C2)

Boeing 767 (CF6-80C2)

Boeing MD-11 (CF6-80C2)

Boeing 747 (CF6-80C2)

C-5M Super Galaxy (CF6-80C2)

Airbus A330 (CF6-80E)

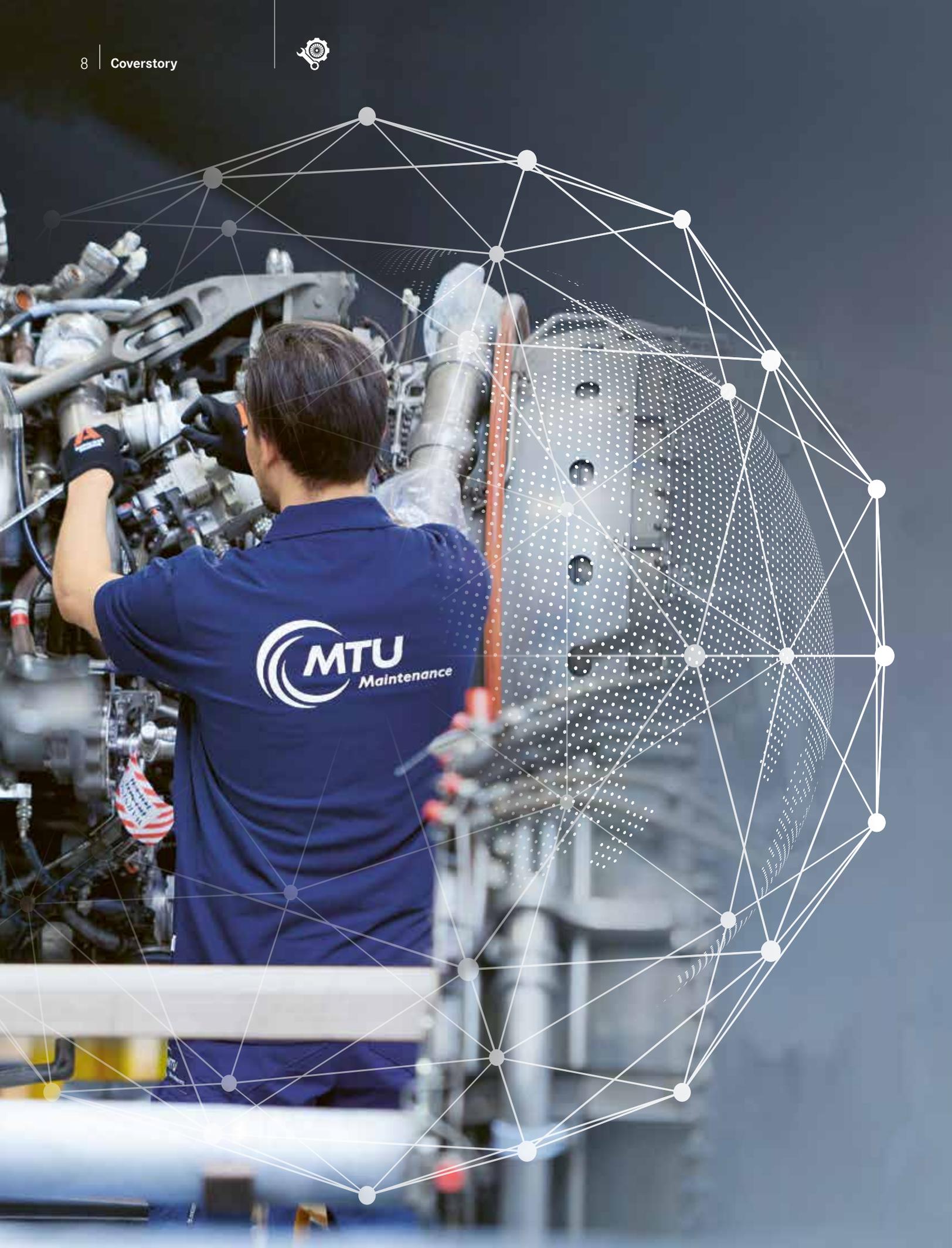
**ZUKÜNFTIGES FLIEGEN****Erfolgreicher Test  
mit SAF bei der MTU**

Das Triebwerkskonsortium IAE International Aero Engines AG (IAE) hat bei der MTU Maintenance in Hannover ein V2500-Triebwerk erfolgreich mit 100 Prozent nachhaltigem Flugkraftstoff (Sustainable Aviation Fuel, SAF) getestet.



**Wichtiger Schritt** — Mit diesem Test unterstreicht die MTU ihr Engagement für den verstärkten Einsatz von SAF in der gesamten Branche.

Der Test erfolgte zu 100 Prozent mit HEFA-SPK (Hydroprocessed Esters and Fatty Acids Synthetic Paraffinic Kerosine). Der Treibstoff HEFA-SPK wird aus erneuerbaren Rohstoffen wie Altölen oder Fetten hergestellt und ist eine ideale nachhaltige Alternative zu herkömmlichen Flugzeugtreibstoffen. Die MTU Maintenance Hannover ist der erste Instandhaltungsbetrieb weltweit, der einen V2500-Prüflauf mit 100-prozentigem SAF durchgeführt hat.



**MTU**  
Maintenance



# Mit den Triebwerksexperten einmal um die Welt

*Wie die MTU Maßstäbe in der Triebwerksinstandhaltung setzt.*

**Autoren:** Nicole Geffert / Thorsten Rienth



Instandhaltungs-, Reparatur- und Überholungsdienstleistungen (MRO) sind ähnlich essenziell wie das Öl in einem Auto, der Glühfaden in einer Glühbirne oder die Schnürsenkel in Schuhen – unauffällig, doch unverzichtbar für den reibungslosen Ablauf. Besonders die Instandhaltung von Flugzeugtriebwerken spielt eine Schlüsselrolle, da sie Fluggesellschaften und Passagieren auf der ganzen Welt sichere und zuverlässige Flüge ermöglicht.

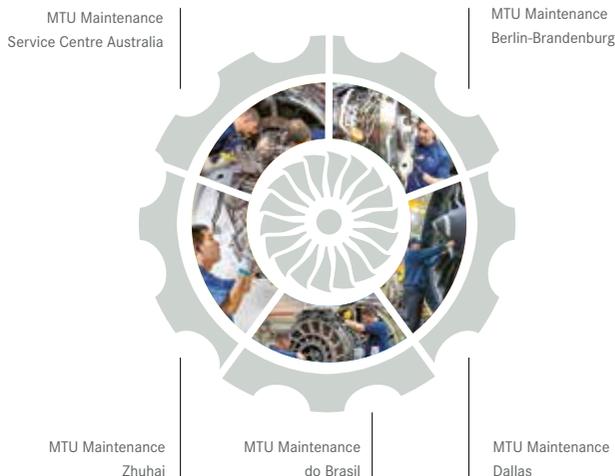
Es gibt grundlegende MRO-Dienstleistungen, die auf die unmittelbare Reparatur von Schäden oder die Einhaltung gesetzlicher Vorschriften abzielen. Und dann gibt es die MRO der MTU Maintenance: Mit einem globalen Netzwerk aus Triebwerksexpert:innen sorgt die MTU Maintenance rund um die Uhr dafür, dass Flugzeuge jederzeit mit möglichst geringen Ausfallzeiten und höchster Verfügbarkeit unterwegs sind – kosteneffizient und stets nach den höchsten Qualitätsstandards.



**Weltweit, 365 Tage, 24/7**

# Service vor Ort ist ihre Leidenschaft

*Deutschland, USA, Brasilien, Australien, China*



*„In unserem MRO-Netzwerk tauschen wir unser Know-how regelmäßig aus, lernen dabei von den Besten und überprüfen sorgfältig unsere Standards.“*

**Michael Kautzschmann**  
Qualitätsmanager bei der  
MTU Maintenance  
Berlin-Brandenburg

**Für eilige Reparaturen hat die MTU weltweit Shops aufgebaut. Die mobilen Teams sind darauf spezialisiert, Reparaturen am Flügel oder bei der Airline durchzuführen, um einen reibungslosen Triebwerksbetrieb sicherzustellen. Sie meistern komplexe Herausforderungen – von Boroskop-Inspektionen über Top-Case-Reparaturen an Hochdruckverdichtern bis hin zum Austausch ganzer Module.**

Zwei Jahrzehnte hatte Michael Kautzschmann das Ruder der Qualitätssicherung bei der MTU Maintenance Berlin-Brandenburg in Ludwigsfelde in der Hand. Bei den konzernweiten Qualitätsinitiativen der MTU ist er bis heute vorn dabei. „Qualität bedeutet Sicherheit und die spielt in der Luftfahrt eine zentrale Rolle“, sagt er.

Zunehmend verlangen die Airlines wegen steigenden Kostendrucks kleinere und gezieltere Reparaturen statt umfangreicher Instandhaltungen. Und auch die Triebwerksarchitektur verändert sich zunehmend dorthin, dass Arbeitsumfänge am Flügel durchgeführt werden können. Kautzschmann: „Statt ein Triebwerk um die halbe Welt zu schicken, um es in einem Shop reparieren zu lassen, sollte es möglichst vor Ort wieder fit gemacht werden.“

Dieser Service ist eine Stärke der MTU Maintenance. An ihren weltweiten Standorten für ON-SITE<sup>Plus</sup> Service (OSS) sind mobile MTU-Teams darauf spezialisiert, Reparaturen am Flügel oder bei der Airline vor Ort durchzuführen, um einen reibungslosen Triebwerksbetrieb sicherzustellen.

Als die Nachfrage nach schnellem Service stieg, baute die MTU ihre Standorte in Dallas, USA, São Paulo, Brasilien und Perth, Australien zu Service-Centern für die Luftfahrt aus – mit Unterstützung von Kautzschmann und MTU-Expertenteams aus Ludwigsfelde. Dort werden nun in Hallen mit speziellen Docks für kleinere Arbeitsumfänge und eilige Reparaturen etwa das CF34, PW800 oder CFM56 wieder einsatzbereit gemacht. Für noch mehr Kundenservice wurden die Fähigkeiten um komplexe Reparaturservices ausgeweitet: angefangen bei Boroskop-Inspektionen über Top-Case-Reparaturen an Hochdruckverdichtern bis hin zum Austausch ganzer Module.

Kautzschmann: „Wenn eine Airline uns ruft, ist die MTU Maintenance in der Lage, binnen 24 Stunden weltweit ein spezialisiertes Team loszuschicken – wie unlängst bei einem Einsatz für ein GE90, das größte Triebwerk der Welt, das ein gemischtes OSS-Team aus Ludwigsfelde, Hannover und Dallas wieder startklar gemacht hat.“

Qualität ist ein dynamischer Prozess. „Kundenbedürfnisse und Markttrends ändern sich, Techno-



**Einsatz am Flügel** — Bei den OSS-Einsätzen der MTU Maintenance muss es meist schnell gehen. Wie hier beim GE90, dem größten Triebwerk der Welt, dass die Expert:innen wieder startklar gemacht haben.

logien werden weiter entwickelt. Darauf haben wir unsere Arbeit abzustimmen“, sagt Kautzschmann. Wie das gelingt? „In unserem MRO-Netzwerk tauschen wir unser Know-how regelmäßig aus, lernen dabei von den Besten und überprüfen sorgfältig unsere Standards – immer mit dem Ziel, weltweit maximale Qualität und Sicherheit zu liefern.“

Hier geht's auf die Reise zu vier Destinationen, an denen die MRO-Expertenteams der MTU ihre Fähigkeiten und ihr Können am Triebwerk unter Beweis stellen.

### Perth, Australien

Eine Weihnachtsfeier bei über 40 Grad Celsius mit Barbeque statt Plätzchen: Für Sven Zimmermann, Triebwerksmechaniker bei der MTU Maintenance Berlin-Brandenburg, war das der gelungene Abschluss eines fünfwöchigen Trainings im westaustralischen Perth. Der Experte für das Triebwerk CF34-10E arbeitet für das On-Site-Service-Team in Ludwigsfelde. Seine Einsätze führen ihn vor allem quer durch Europa.

Im November 2023 dauerte der Flug zum Einsatzort länger als sonst, denn es ging zum MTU Maintenance Service Centre Australia. Diesmal empfing nicht ein Kunde den Experten, sondern das australische MTU-Team. Auf dem Programm stand ein spezielles Training am Hochdruckverdichter (HDV) des CF34.

Der MTU-Standort in Perth ist eigentlich spezialisiert auf Services für Industriegasturbinen aus der LM™-Serie von GE Vernova. Anfang 2023 wurde er allerdings von der australischen Zivilluftfahrtbehörde CASA auch als Instandhaltungsbetrieb für das GE-Triebwerk CF34-10E zugelassen – als einziger On-Site-Serviceanbieter für Luftfahrtantriebe im Südpazifik.

„Unser Kunde in Australien hatte eine HDV-Top-Case-Reparatur seines CF34-10E-Triebwerks angefragt“, berichtet Matiu Cox, Customer Program Manager bei der MTU in Perth. „Mit dem Training haben wir gleich doppelt gepunktet: Wir konnten der Airline zeigen, wie gut das On-Site-Service-Netzwerk der MTU funktioniert, und die Chance nutzen, unsere Fähigkeiten an dem Triebwerk zu erweitern.“

Die Top-Case-Reparatur gehört zu den umfangreichsten Arbeiten, die vor Ort geleistet werden können. Um Zugang zum neunstufigen Rotor des Hochdruckverdichters zu bekommen, müssen unzählige Rohrleitungen, Pumpen und Ventile abgebaut werden. Cox: „Die Reparatur ist komplex.“ Und Zimmermann ergänzt: „Wir operieren quasi am offenen Herzen.“

„Wir sind zwar ein kleinerer Standort als Ludwigsfelde, legen aber natürlich ebenso größten Wert auf Qualität“, sagt Cox. „Dass wir unser Wissen



**Volle Konzentration** — Die Reparatur am Hochdruckverdichter ist hochkomplex. Sven Zimmermann schult seinen australischen Kollegen in dieser Disziplin an einem CF34.



*„Die mobilen Teams in Perth und Dallas führen viele Reparaturen am Flügel aus, das macht die Hälfte ihrer Einsätze aus.“*

**Michael Eng**  
Certifying Staff bei der  
MTU Maintenance  
Berlin-Brandenburg

und unsere Ressourcen innerhalb des MRO-Netzwerks teilen, ist von unschätzbarem Wert. Für unsere Kunden schafft das Vertrauen in die Zuverlässigkeit und Sicherheit der MTU-Produkte.“

### **Dallas, USA, und Perth, Australien**

Michael Eng bringt so schnell nichts aus der Ruhe. Das ist gut so, denn er braucht für seinen Job eine ruhige Hand: Seit 20 Jahren ist für den Triebwerksspezialisten der MTU in Ludwigsfelde das Boroskop das wichtigste Werkzeug. „Damit inspiziere ich das Innere eines Triebwerks, um Qualität oder Verschleiß von Bauteilen zu prüfen“, sagt Eng, der zum Certifying Staff gehört und Module nach der Montage für den Betrieb freigeben darf.

„Boroskopie ist gerade auch beim On-Site-Service gefragt“, sagt Eng. Bei diesen Einsätzen vor Ort reparieren die mobilen Teams der MTU – wenn möglich – das Triebwerk direkt am Flügel, ohne dass es auseinander gebaut werden muss. Das spart der Airline Zeit und Kosten.

Doch Boroskopieren will gelernt sein, denn nur der geschulte Blick entdeckt auch kleinste Schäden und nur mit Erfahrung kann man sie richtig beurteilen. Eng und weitere MTU-Expert:innen haben deshalb ein Ausbildungskonzept für Boroskop-Inspektionen erarbeitet, um Triebwerksprofis an den weltweiten MRO-Standorten der MTU zu qualifizieren. So reiste Eng für mehrere Wochen zum MTU Maintenance Service Centre Australia und anschließend weiter zur MTU Maintenance Dallas in die USA. Das Trainingskonzept hatte er mit im Gepäck.

„Die mobilen Teams in Perth und Dallas führen viele Reparaturen am Flügel aus, das macht die Hälfte ihrer Einsätze aus“, schildert Eng. Auf dem Programm standen daher Intensivtrainings fürs Boroskopieren der Triebwerke CF34-8, CF34-10 sowie CFM56-7. „Ein CFM56-7 sorgfältig zu boroskopieren, dauert rund zehn Stunden“, informiert der MTU-Experte. „Entscheidend ist, dass die Messergebnisse und die Schadensbeurteilung zuverlässig sind.“

Außer top ausgebildetem Personal kommt es auch auf das richtige Werkzeug an. Die MTU-Standorte in Perth und Dallas verfügen natürlich über modernes Boroskop-Equipment. „Das Spannende

an solchen Trainings ist, dass auch ich von den Erfahrungen der Anderen lerne“, berichtet Eng und resümiert: „Von dem intensiven Austausch profitieren alle.“

### **São Paulo, Brasilien**

Gol Airlines ist ein langjähriger Kunde der MTU. Die MTU war einer der ausgewählten Instandhaltungsbetriebe für ein GOL-Projekt, bei dem die Hochdruckturbinenschaufeln einiger CFM56-Triebwerke im Schnellverfahren ausgetauscht werden sollten.

Kay Annemüller, Triebwerksspezialist und Certified Engineer vom On-Site-Service der MTU in Ludwigsfelde, wurde zusammen mit zwei Triebwerksmechanikern losgeschickt – ihr Ziel: Belo Horizonte im Südosten Brasiliens, wo Gol's MRO Aerotech I seine Basis hat. Dort stand bereits ein Team der MTU Maintenance do Brasil bereit, um gemeinsam mit den Experten aus Ludwigsfelde den Wechsel der Schaufeln durchzuführen.

Der Auftrag war für das MTU-Expertenteam aus São Paulo gleichzeitig ein Training-on-the-Job, um künftig eigenhändig diese anspruchsvolle Reparatur durchführen zu können. Der MTU-Standort in São Paulo ist ein On-Site-Servicezentrum für Flugzeugtriebwerke und Industriegasturbinen. Das Team ist zugelassen für Boroskop- und End-of-Lease-Inspektionen, Top-Case-Reparaturen an Hochdruckverdichtern, tauscht Fan-Schaufeln und Getriebe aus, repariert und ersetzt Bauteile in verschiedenen Triebwerkskomponenten, etwa Hochdruckturbinenschaufeln.

„Die Hochdruckturbinen sind das am höchsten beanspruchte Modul im Triebwerk mit extrem hohen Drücken und Temperaturen“, erläutert Annemüller. Gerade die Zerlegungstiefe hat es in sich – hierfür ist die Erfahrung eines Experten unerlässlich. Seit 14 Jahren arbeitet Annemüller bei der MTU in Ludwigsfelde. Dass er sein Know-how im MRO-Expertenetzwerk weitergibt, ist für ihn selbstverständlich.

Einsatz und Training liefen erfolgreich. Das Team in Brasilien ist fit für kommende Herausforderungen. Thomas Heinhold, Leiter der MTU Maintenance do Brasil: „Wir haben nicht nur das Know-how, sondern auch die erforderlichen Zu-



**Teamarbeit** — Für den Austausch von Hochdruckturbinenschaufeln am CFM56-7 bekam das Team aus Brasilien Unterstützung aus Ludwigsfelde.



**MTU Maintenance Zhuhai** — Am Standort wird nicht nur das CFM56-5/-7 instandgesetzt, sondern auch das LEAP-1A und -1B, das PW1100G-JM und das V2500.

lassungen der Luftfahrtbehörden in Brasilien, Europa und den USA. So müssen wir die Triebwerke nicht über den Atlantik schicken, sondern können sie zuverlässig vor Ort reparieren.“

### Zhuhai, China

2023 reisten die Triebwerksmechaniker Liang Yongtong und Wei Li von der MTU Maintenance Zhuhai nach Berlin. Die beiden sind Spezialisten für die Instandhaltung von CFM56-7B-Triebwerken. Ihr Wissen ist auch bei Expertenteams der MTU Maintenance Berlin-Brandenburg gefragt, denn das CFM56-7B ist noch ein Neuling im Shop in Ludwigsfelde. In Zhuhai dagegen kennt man es bestens.

„Wir haben mehr als 18 Jahre Erfahrung in der Instandhaltung des CFM56-7B und teilen dieses Know-how im MRO-Netzwerk“, sagt Christian Ludwig, COO und Leiter Technical Operations bei der MTU Maintenance in Zhuhai. In Ludwigsfelde demonstrierten Liang und Wei die am chinesischen Standort etablierten Arbeitsabläufe und Spezialwerkzeuge, die in der Demontage und Montage zum Einsatz kommen. Zwei Monate lang arbeiteten sie mit den Teams in Ludwigsfelde Hand in Hand.

In Zhuhai wird nicht nur das CFM56-5/-7 instandgesetzt, sondern auch das LEAP-1A und

-1B, das PW1100G-JM und das V2500. Der Shop verfügt über ein umfangreiches eigenes Reparaturportfolio. Mehr als 90 Kunden zählt der Standort und bis zu 450 Shop Visits jährlich können die Teams durchführen. Gerade erst wurde ein modernes Trainingszentrum und ein zweiter Prüfstand eröffnet, um die Wachstumsstrategie der MTU Maintenance Zhuhai zu unterstützen.

Als Zhuhai noch ein junger MTU-Standort war, hat die MTU Maintenance Hannover vor Ort die chinesischen Teams trainiert. „Inzwischen haben wir auf dieser Grundlage ein eigenes Training entwickelt, das auf unseren Erfahrungen in der Produktion und unserer Kultur basiert“, sagt Li Hao, Leiter des Trainingscenters in Zhuhai.

Davon profitierte jüngst auch die MTU Maintenance Lease Services in Amsterdam, ein Spezialist für Leasing und Asset-Management. Die Leasing-Teams kennen sich in der Instandhaltung von Triebwerken sehr gut aus. Das macht sie in der Branche einzigartig. Ein Schlüssel zum Erfolg sind Trainings, wie das für das V2500-A5. „Vor dem Training haben wir uns ein klares Bild davon gemacht, was die Leasing-Expert:innen wissen möchten“, sagt Hao. Denn ein Training von der Stange gibt es nicht: Wie auch die MRO-Services der MTU, so sind auch die Trainings im MRO-Netzwerk maßgeschneidert.

**Expertenwissen** — Liang Yongtong (li.) und Wei Li (r.) sind Spezialisten, wenn es um das CFM56-7B geht.



„Wir haben mehr als 18 Jahre Erfahrung in der Instandhaltung des CFM56-7B und teilen dieses Know-how im MRO-Netzwerk.“

### Christian Ludwig

COO / Leiter Technical Operations bei der MTU Maintenance Zhuhai



**CFM56-7B** — Das stark eingesetzte Triebwerk wird nun auch bei der MTU Maintenance in Ludwigsfelde instandgesetzt.



## Vom Anfänger zum Spezialisten

# Talentschmiede zum Abheben

Deutschland, Kanada, Polen, Serbien

MTU Maintenance  
Hannover

EME Aero



MTU Maintenance  
Canada

MTU Maintenance  
Serbia



**Theorie und Praxis** — Bei der DAT-Schulung werden die Basics zur Triebwerksdemontage und -montage sowie zum Triebwerkstest vermittelt.

*„Dass das Programm attraktiv ist, hat sich bei uns in der Region herumgesprochen.“*

**Steffen Schreiber**

Technischer Trainer bei der  
MTU Maintenance Hannover

Mit ebenso kreativen wie durchdachten Wegen qualifiziert die MTU Maintenance an ihren weltweiten Standorten neue Fachkräfte: In Hannover bieten sechswöchige DAT-Kompaktschulungen eine attraktive Einstiegsmöglichkeit. In Vancouver, Kanada, und Nova Pazova bei Belgrad, Serbien, kooperiert sie im Rahmen einzigartiger Programme mit lokalen Bildungseinrichtungen und bei der EME Aero im polnischen Jasionka setzt sie zur Wissensvermittlung unter anderem auf eine außergewöhnliche Didaktik.

### Aus der Praxis für die Praxis

Wenn Steffen Schreiber über das Werksgelände der MTU Maintenance Hannover läuft, kommen ihm viele bekannte Gesichter entgegen. Nicht nur, weil der Technische Trainer früher oder später mit fast allen zu tun hat, die dort Triebwerke instandhalten. Gerade für die sogenannten Quereinsteiger:innen war Schreiber oft eines der ersten Gesichter, denen sie in Langenhagen auf Arbeitsebene begegneten.

Schreiber gehört zu den Erfindern und Machern der DAT-Kompaktschulungen bei der MTU Maintenance Hannover. Die Abkürzung steht für die englischen Begriffe Disassembly, Assembly und Testing – also Demontage, Montage, und Testing.

„Es ist ja kein Geheimnis, dass auch unsere Branche immer mehr mit dem Fachkräftemangel zu kämpfen hat“, erklärt Schreiber und wirft die Frage auf: „Wäre es da nicht eine Option, Wechselwillige mit einer schon absolvierten Ausbildung aus anderen metallverarbeitenden Berufen für die MTU Maintenance Hannover zu gewinnen?“ Dabei geht es aber nicht um ein großangelegtes Umschulungsprogramm zum Fluggerätmechaniker. Schreiber: „Es ist eher eine Art MTU-spezifische Weiterbildung, die wie ein Eintrittstor bei

uns fungiert. Die am Ende zum Beispiel einen Kfz-Mechaniker berechtigt, nach unseren internen Vorgaben an Triebwerken zu arbeiten.“

Die sechswöchigen DAT-Kompaktschulungen umfassen je einen Theorieteil mit den Fächern Englisch, Basiswissen und Einführung in Triebwerke, Audits und IT-Programme. Hinzu kommt ein realitätsnaher Praxisteil, der sich auf Arbeiten an Fanggehäusen, Hochdruckverdichtern sowie Nieder- und Hochdruckturbinenmodulen konzentriert. Aus der Praxis für die Praxis, lautet dabei die Devise.

„Dass das Programm attraktiv ist, hat sich bei uns in der Region herumgesprochen“, erzählt Schreiber. „Die Anzahl von Bewerber:innen ist hoch und die Leute sind motiviert bei der Sache.“ Auch, weil es beim DAT um viel mehr geht als nur sechs Wochen MTU-Luft zu schnuppern. „Wir wollen die neuen Kolleg:innen damit für den nächsten, eigentlich viel wichtigeren Schritt, vorbereiten: das On-the-Job-Training in den einzelnen MRO-Bereichen, etwa der Modulmontage.“

Bis zu einem Jahr dauert das On-the-Job-Training, abhängig von Vorqualifikation und Können. Den Schlusspunkt setzt die zu bestehende



**Hands-on** — Nach absolviertem DAT-Training folgt ein intensives On-the-Job-Training, bei dem die MTU-Kolleg:innen dann am Triebwerk üben können.

„Level-2“-Prüfung. „Dahinter steht eine interne MTU-Qualifizierung, mit der die Kolleg:innen schon sehr umfangreich an unseren Triebwerken eingesetzt werden können“, erläutert Schreiber. Mehrere hundert neue Kolleg:innen sind über diesen Weg seit dem DAT-Start alleine am Standort in Langenhagen zur MTU Maintenance gestoßen.

Auch das hat sich herumgesprochen, diesmal allerdings MTU-intern. Zwischenzeitlich haben auch zahlreiche andere MRO-Standorte aus dem MTU-Netzwerk das DAT-Trainingskonzept aufgenommen und auf ihre Anforderungen hin adaptiert.

### Trainings-Akademie

Die Gruppe der Auszubildenden könnte unterschiedlicher nicht sein: Einige sind erst Anfang 20, andere haben die 40 Jahre bereits überschritten. Für die einen ist der Umgang mit Werkzeugen vertrautes Terrain, andere halten vielleicht zum ersten Mal in ihrem Leben einen Schraubenschlüssel in der Hand. Während einige Teilnehmer noch nie die Gelegenheit hatten, einen Motor bzw. ein Triebwerk aus der Nähe zu betrachten, bringen andere bereits Grundkenntnisse über dessen Aufbau mit.

Diese Diversität in den Vorkenntnissen und Erfahrungen der Teilnehmer:innen ist jedoch kein Hindernis. Im Gegenteil: Das Trainingskonzept der MTU Maintenance Canada ist speziell darauf ausgerichtet, Quereinsteiger:innen einen erfolgreichen Einstieg zu ermöglichen. Denn was alle Auszubildenden verbindet, ist das gemeinsame Ziel: Triebwerke instandzusetzen.

Die ersten 26 Wochen ihrer Ausbildung verbringen die Azubis am British Columbia Institute of Technology (BCIT), aus deutscher Sicht mit einer Berufsschule vergleichbar, wo sie sich theoretisches Wissen aneignen. Diese Theoriephase bildet die Grundlage für die anschließenden 20 Wochen intensiver Praxiserfahrung im MRO-Shop der MTU in Delta, British Columbia.

„Hands-on“ lautet dort die Devise. „Vor allem lernen sie an Originalteilen, die aus den unterschiedlichsten Gründen nicht mehr fliegen“, erzählt Matthias Voss, Trainer bei der MTU Maintenance Canada. „Dadurch bekommen sie sehr schnell eine Vorstellung von den Aufgaben, die die Teile im Triebwerk übernehmen.“ Aber auch Materialkunde, Mechanik und Vorgehensweisen zur Fehlersuche werden in Grundlagen vermittelt.

„Für das Programm haben wir bei uns eine Art Company in der Company eingerichtet“, sagt Voss. „Ein eigener Bereich, in dem aber vom ersten Tag an mit MTU-Tools, -Prozessen, -IT und -Dokumentation gearbeitet wird.“ Die Ausbildungsklassen des kanadaweit einzigartigen Ausbildungsprogramms bestehen aus je 12 Schüler:innen. Drei Klassen starten übers Jahr verteilt.

Der MTU-Stallgeruch, den Voss dem Lern- und Arbeitsbereich bescheinigt, ist ausdrücklich gewünscht: „Es steckt kein Automatismus dahinter, dass Absolventen des Programms danach in ein klassisches Beschäftigungsverhältnis wechseln. Aber das ist ganz klar unser Ziel.“



### Quereinsteiger willkommen

Auf das gemeinschaftliche Programm der MTU und dem BCIT kann sich jeder bewerben. Brayden Eagles ist eigentlich Biologe – nun will er als Triebwerksmechaniker durchstarten.



**Vom Trainee zur  
Trainerin** — *Jasminka Marković*  
war eine der ersten, die als Trainee  
für die MTU Maintenance Serbia  
ausgebildet wurde. Nun gibt sie dort als  
Trainerin ihr Wissen weiter.



*„Zusammen  
mit serbischen  
Berufsschulen und  
Akademien bauen  
wir gerade eine ans  
deutsche Modell  
angelehnte duale  
Ausbildung auf.“*

**Hans Triebenbacher**  
Support Team,  
MTU Maintenance Serbia

### Schneeballprinzip des Wissens

Als im Sommer 2019 die Entscheidung für einen neuen MTU-Reparaturstandort in Nova Pazova bei Belgrad fällt, beginnt für den designierten Trainings- und Qualifizierungs-Projektleiter die Arbeit. „Serbien hat zwar einige Instandsetzungsbetriebe im metallverarbeitenden Bereich“, erinnert sich Hans Triebenbacher vom Support-Team. „Obwohl das Land eine lange Geschichte der Luftfahrt hat, musste der Markt aber unterstützt werden. Wir mussten uns – vor allem für den Betriebsstart – was einfallen lassen.“

Der Aufbau eines Trainingszentrums bei der MTU Maintenance Serbia entpuppte sich als anspruchsvolle und lohnende Aufgabe: Der erste Schritt war die Schulung und Qualifizierung der Mitarbeiter:innen. „Viele Kolleg:innen der MTU Maintenance Serbia wurden nach einem auf unsere Bedürfnisse zugeschnittenen Plan in Deutschland geschult“, beschreibt Triebenbacher. „Durch die erworbenen Fähigkeiten und Fertigkeiten konnten sie ihr Wissen mit nach Serbien nehmen und nun als Trainer und Ausbilder an die Neuankömmlinge weitergeben.“

Jasminka Marković war eine der ersten, die – mitten in der Corona-Pandemie – auf diese Weise als Trainee zur MTU Aero Engines nach München sowie zur MTU Maintenance Berlin-Brandenburg nach Ludwigsfelde kam. Dass die Wahl unter anderem auf Marković fiel, ist kein Zufall. „Durch meinen vorherigen Job kannte ich mich mit CMM-Messmaschinen schon recht gut aus“, erzählt

sie. „Die Luftfahrtanwendungen und die bei der MTU eingesetzte Messsoftware waren allerdings neu für mich.“

Zehn Monate später begann Marković zurück in ihrer Heimat das erlernte Wissen als Trainerin weiterzugeben, etwa an Jovana Bosiljković. „Obwohl Jasminka meine Trainerin und Vorgesetzte ist, arbeiten wir auf Augenhöhe zusammen“, erzählt Bosiljković. „Das finde ich sehr gut und wichtig, weil dadurch bei mir keine Hürden entstehen, wenn ich bei einem Thema zum Beispiel mal einen Zusammenhang nicht gleich beim ersten Mal verstanden habe.“

Inzwischen hat die MTU Maintenance ihr Schulungsangebot erweitert: „Zusammen mit serbischen Berufsschulen und Akademien bauen wir gerade eine ans deutsche Modell angelehnte duale Ausbildung auf“, informiert Triebenbacher. Und weiter: „Unsere langfristig benötigten Fachkräfte wollen wir selbstverständlich vor Ort qualifizieren.“ Konkret stehen die Ausbildungsberufe Fluggerät- und Industriemechaniker, CNC-Bedienter, Befunder sowie Schweißer im Mittelpunkt.

Triebenbacher: „Obwohl wir jetzt sehr unabhängig sind, tauschen wir weiterhin Erfahrungen aus und lernen voneinander. Wissen bringt nichts, wenn es nicht geteilt wird, und indem wir jeden Tag neue Maßstäbe setzen, gehen wir unseren Weg der Business Excellence weiter.“



### Spielerisch

**lernen** — Daria Witek and Natali Fudali vom Qualitätsteam bringen den neuen Mitarbeiter:innen im Escape Room das Thema Qualität durch Rätsel näher.

### Escape Room zur Qualitätskontrolle

Didaktik vermittelt nicht nur Wissen, sondern fördert Teamwork, Verantwortungsbewusstsein, Lösungsorientiertheit und gegenseitigen Respekt. Kompetenzen, die auch in der Instandhaltung von Triebwerken unerlässlich sind.

Genau das dachten sich Łukasz Zajac, bei EME Aero in Jasionka in Polen unter anderem verantwortlich für die Ausbildungsprogramme, und Trainer Dominik Weber. „Mit das Wichtigste in unserem Geschäft ist, dass die Kolleg:innen an den Linien ihr theoretisches Wissen fehlerfrei anwenden können“, sagt Zajac. „Das machen wir im Quality-Escape-Room in spielerischer Art und Weise – aber mit sehr realistischen Themen.“

Eingebettet ist er in den EME Campus, eine der größten Trainingseinrichtungen im Netzwerk der MTU. Aufgebaut im Stil einer eigenständigen Servicewerkstatt kommen auf rund 4.000 Quadratmetern sämtliche Tools und Systeme zum Einsatz, mit denen EME Aero die Triebwerke der weltweiten Flotten instand setzt.

Eingeweiht wurde er im Jahr 2023, um die stetig steigende Zahl der Shopvisits zu bewältigen und gleichzeitig die Qualifikation des EME-Aero-Teams sicherzustellen. „Auf diese Weise haben wir die wichtigsten Servicearbeiten vom Schulungsprozess getrennt und einen Raum geschaffen, der der Schulung am Arbeitsplatz gewidmet ist“, betont Łukasz Zajac.

Ein Teil der Qualifizierung ist das Qualitäts-Escape-Room-Spiel für alle neuen Mitarbeiter:innen. Mit Unterstützung des Qualitätsteams ist dies der letzte Schritt, bevor sie die EME Aero-Einrichtung betreten und dort mit ihrer Arbeit beginnen.

„Beim Escape Room muss eine Gruppe verschiedene Aufgaben und Rätsel lösen, um den Schlüssel zum Ausgang zu finden und den Raum in möglichst kurzer Zeit zu verlassen“, erklären Daria Witek und Natali Fudali, Qualitätsingenieurinnen und Auditorinnen bei EME Aero. Schlüsselthema ist die Qualität und damit verbundene Aspekte der täglichen Arbeit.

Hat sich die Tür zu dem sechs auf fünf Meter großen Kasten einmal hinter den Kleingruppen geschlossen, bleibt jeweils acht Minuten Zeit, um zehn Funde zu markieren. „Das kann eine abgelaufene Chemikalie sein, ein Fremdkörper auf dem Boden oder ein falsch gelagertes Werkzeug“, erläutert Weber. Wenn die Tür wieder aufgeht, sprechen Trainer und Gruppe entdeckte wie nicht entdeckte Funden durch. „Wir haben einen Pool von etwa 60 Funde aufgebaut, aus denen wir abhängig von der Gruppe wählen können.“

Seit Jahresbeginn können auch EME-Aero-Kolleg:innen, die nicht unmittelbar an den Triebwerken arbeiten, eine gewisse Anzahl an Slots für den Escape Room buchen. „Ein großes Bewusstsein für Qualitätsthemen ist ja auch in allen anderen Arbeitsplätzen bei uns nötig“, sagt der Ausbildungsverantwortliche Zajac.

*„Mit das Wichtigste in unserem Geschäft ist, dass die Kolleg:innen an den Linien ihr theoretisches Wissen fehlerfrei anwenden können.“*

### Łukasz Zajac

Leiter Ausbildungsprogramme bei EME Aero



## Crashkurs für Kunden

„Mit unserer Expertise untermauern wir das Vertrauen der Airlines.“

Deutschland



MTU Maintenance  
Hannover



### Kundeneinblicke

*Yannic Düring (r.) und Christoph Garms (l.) wollen ihren Kunden anhand der Trainings transparent aufzeigen, wann und wieso bestimmte Reparaturen durchgeführt werden.*

**Yannic Düring, Customer Service Manager, und Christoph Garms, Power Plant Engineer bei der MTU, erklären, wie die MTU Airline-Kunden per technischem Kundentraining dabei unterstützt, das Zusammenspiel einzelner Instandhaltungstätigkeiten besser nachzuvollziehen.**

**AEROREPORT:** *Herr Düring, ist es nicht etwas kontraproduktiv, Vertreter:innen von Fluggesellschaften zur Triebwerks-Schulung in Hannover willkommen zu heißen? Im nächsten Schritt überholen die ihre Triebwerke selber.*

**Yannic Düring:** ... da mache ich mir wenig Sorgen. Zum einen hätten Airlines mit dieser Ambition schon längst ihre eigenen Kompetenzen aufgebaut und zum anderen genügt ein zweitätiges Training bei weitem nicht, um selbst kleine Reparaturen mit der gebotenen Sorgfalt und Sicherheit erledigen zu können. Nur zur Einordnung: Die Ausbildung zum Fluggerätmechaniker:in dauert in Deutschland drei Jahre.

Bei unserem technischen Kundentraining geht es um etwas ganz anderes:

Die Idee dazu ist im Rahmen eines Airline-Besuchs bei der MTU Maintenance Canada in Vancouver entstanden. Dort hatten Kunden gelegentlich an internen Schulungen teilgenommen – schlicht um technische Sachverhalte besser zu verstehen. Dann kam die Frage auf, ob wir

so etwas nicht auch mal für das CF6-80 anbieten könnten. Das haben wir natürlich gerne gemacht. Wenig später standen dann bei uns acht Ingenieure von fünf Fluggesellschaften im Shop der MTU Maintenance Hannover.

**AEROREPORT:** *Worin genau liegt das Interesse an einem solchen Training?*

**Christoph Garms:** Wer im technischen Bereich einer Airline arbeitet denkt vor allem aus der Flotten- oder Flugzeug-Perspektive. Logisch, dass die Expertise kaum auf Komponentenebene in Triebwerken hinunterreicht oder sich mit deren Wechselwirkungen im spezifischen Einsatz der Airlines beschäftigt. Aber gerade diese Expertise ist wichtig, um den laufenden Betrieb und die Aufwände bei Instandhaltungen treffend einschätzen und bewerten zu können. Das dadurch entstehende gemeinsame Verständnis erleichtert die Kommunikation in beide Richtungen.

Nehmen wir als Beispiel den Reifenwechsel beim Auto: Wenn Sie einen guten Mechaniker haben, dann ruft der Sie aus der Werkstatt an und sagt:



**Komplexe MRO-Lösungen** — Airlines denken vor allem aus Flotten- oder Flugzeugperspektive. Das Training soll dabei helfen, auch die Triebwerksperspektive besser zu verstehen.

„Hören Sie, das Auto ist ohnehin gerade aufgebockt und wir sehen, dass die Bremsbacken ziemlich runtergefahren sind. Sollen wir die auch gleich wechseln?“ So spart man dem Kunden Zeit und Geld.

**AEROREPORT: Diesen Ansatz übertragen Sie auch auf Triebwerke?**

**Düring:** Genau. In Hannover wird das CF6-80 seit über 35 Jahren instandgesetzt. Deshalb wissen wir nur allzu gut, welche Reparaturen in welchen Situationen technisch und finanziell sinnvoll sind: Was lässt sich womöglich wirtschaftlicher

gleich miterledigen, weil das Triebwerk ohnehin schon bei uns im Shop steht? Oder aus welchen Verschleißspuren können wir auf mögliche erst in einigen Flugstunden auftretende Probleme schließen und präventive Lösungen anbieten? Einerseits wollen wir unseren Kunden sehr transparent aufzeigen, aus welcher Notwendigkeit heraus wir bestimmte Reparaturen durchführen, und andererseits mit dem punktuellen Teilen unserer Expertise das Vertrauen untermauern, sodass sich die Airline auch bei ihrer nächsten Flotte für unsere Instandsetzungsleistungen entscheidet.

*„In Hannover wird das CF6-80 seit über 35 Jahren instandgesetzt. Deshalb wissen wir nur allzu gut, welche Reparaturen in welchen Situationen technisch und finanziell sinnvoll sind.“*

**Yannic Düring**

Customer Service Manager bei der MTU Maintenance Hannover

#### AUTOREN:



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



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

#### WEITERE INFORMATIONEN ZUM THEMA MRO:

Instandhaltungsservices für unsere Kunden und Partner

<https://www.mtu.de/de/maintenance/>





# Die Branche im Auftrieb: Mit hohem Anspruch hoch hinaus

*Michael Schreyögg, Vorstand Programme bei der MTU Aero Engines, spricht über aktuelle Trends und Markteinflüsse in der Welt der Triebwerksinstandhaltung sowie über Flexibilität, Wachstum und Druck.*

**Autorin:** Victoria Nicholls



**Michael Schreyögg**

*Vorstand Programme bei  
der MTU Aero Engines*





*„Wir haben stets an die fundamentale Stärke unserer Industrie geglaubt“*

**Michael Schreyögg**  
Vorstand Programme  
bei der MTU Aero Engines

**AEROREPORT:** *Nach der Pandemie hat sich die Luftfahrtindustrie wieder erholt. Der Markt wächst auf breiter Front und es gibt mehr Nachfrage als Kapazitäten – die Auftragsbücher der Hersteller und die der Instandhalter sind voll. Die MTU ist beides davon. Woher kommt dieses Wachstum?*

**Michael Schreyögg:** Die Luftfahrtindustrie ist global ausgerichtet und ermöglicht grundlegend Mobilität – schnell, sicher und weltweit. Darüber hinaus verbindet sie Menschen. Das Wachstum der Branche beruht im Wesentlichen auf dem Wunsch vieler Menschen, zu reisen und Kontakte zu knüpfen.

Das haben wir in den Pandemie Jahren, in denen das Reisen nur eingeschränkt oder gar nicht möglich war, besonders bemerkt. Das haben alle erlebt, auch ich. Nach Wochen und Monaten der Isolation wollten wir unsere Freunde und Verwandten sehen und die Welt wieder erleben.

Zum Glück sind wir nun wieder auf Vor-Covid-Niveau. Vor allem aber hatte die Pandemie erhebliche wirtschaftliche Auswirkungen, von der Belegschaft bis zur Lieferkette. Die Welt kam zum Stillstand, und viele Unternehmen haben

Personal entlassen. Das lässt sich leider nicht so schnell umkehren.

**AEROREPORT:** *Wie ist die MTU mit dieser Situation umgegangen?*

**Schreyögg:** Wir haben stets an die fundamentale Stärke unserer Industrie geglaubt. Deshalb haben wir jede Möglichkeit genutzt, um in unsere talentierten Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter und unsere globalen Standorte zu investieren. Ein Beispiel hierfür ist unser neuer Reparaturstandort, MTU Maintenance Serbia: Den haben wir während der Pandemie aufgebaut und 2022 eröffnet.

Und jetzt, wo die Luftfahrtindustrie wieder voll auf Kurs ist, arbeiten wir hart daran, in allen Bereichen aufzustocken – von der Lieferung neuer Antriebe und Ersatzteile bis hin zur bestmöglichen Betreuung unserer Instandhaltungskunden.

**AEROREPORT:** *Was sind Ihre Prioritäten für das Jahr 2024, wo doch so viel zu tun ist?*

**Schreyögg:** In einem Wort: Flexibilität.



**Immer einen Schritt weiter** — Die MTU investiert kontinuierlich in das Netzwerk und erweitert ihre Kapazitäten, zum Beispiel durch die Einführung neuer Triebwerkstypen, Werkzeuge, Zertifizierungen, Zulassungen und Standorte.

**AEROREPORT: Das bedeutet?**

**Schreyögg:** Eine Nachfrage, die die Kapazitäten übersteigt, ist für ein Unternehmen grundsätzlich ein „gutes“ Problem. Aber es ist auch eine Gratwanderung, wenn es darum geht, Kunden und Partner zufrieden zu stellen. Deshalb müssen wir als Unternehmen flexibel agieren und optimale Lösungen finden, um unseren Verpflichtungen nachzukommen.

**AEROREPORT: In dieser Antwort steckt eine ganze Menge Management-Sprech. Können Sie uns ein konkretes Beispiel dafür geben, was Sie meinen?**

**Schreyögg:** Zum Beispiel ist die Lieferkette stark belastet. Das kann bedeuten, dass man bei Instandhaltung, Reparatur und Überholung, kurz MRO, auf gebrauchte Teile zurückgreifen muss. So können wir den Teilebedarf decken, wenn ein Triebwerk zur Überholung im Shop ist – ohne von Neuteilen abhängig zu sein, die aufgrund von Engpässen oft nicht in ausreichender Menge verfügbar sind.

Dies klingt einfacher, als es tatsächlich ist. Der Markt für gebrauchte Teile ist äußerst volatil

und die Nachfrage ist aktuell sehr hoch. Unsere Teams müssen daher nicht nur schnell handeln, sondern auch über fundiertes Wissen in technischen, finanziellen und marktspezifischen Bereichen verfügen.

**AEROREPORT: Sie haben gerade MRO erwähnt. Wie würden Sie die MTU Maintenance in einfachen Worten beschreiben?**

**Schreyögg:** Flexibel. (lacht)

Aber im Ernst: Die MTU Maintenance ist vielseitig. Sie ist nicht nur ein kompetenter Instandhaltungsbetrieb, der die erforderlichen Überholungen und Reparaturen an Flugzeugtriebwerken durchführt. Wir gehen noch weiter und optimieren auch deren Leistung und Lebensdauer. Unsere Teams verstehen es, Triebwerke so effizient und kostengünstig wie möglich für die Kunden zu überholen.

Zweitens: Wir verfügen über ein weltweites Netzwerk von Einrichtungen und Servicezentren. Das bedeutet, wir sind international präsent, schnell und rund um die Uhr erreichbar. Zudem bieten wir Dienstleistungen für mehr als 30 Triebwerkstypen an – das umfangreichste Portfolio aller MRO-Anbieter weltweit.

*„Die MTU Maintenance ist nicht nur ein kompetenter Instandhaltungsbetrieb, der die erforderlichen Überholungen und Reparaturen an Flugzeugtriebwerken durchführt. Wir gehen noch weiter und optimieren auch deren Leistung und Lebensdauer.“*

---

**Michael Schreyögg**  
Vorstand Programme  
bei der MTU Aero Engines

---



*„Ich habe die Erfahrung gemacht, dass unsere MRO-Kolleginnen und Kollegen immer einen Schritt weiter gehen, um den Kunden zufrieden zu stellen.“*

**Michael Schreyögg**  
Vorstand Programme  
bei der MTU Aero Engines

Und drittens: Das Unternehmen handelt unternehmerisch. Die Teams sind nah am Kunden und finden innovative Lösungen für jedes Problem – sei es im technischen Bereich, im Flottenmanagement oder auf der Asset-Seite als Leasinggeber.

**AEROREPORT: Die MTU Maintenance wird in diesem Jahr 45 Jahre alt. Was ist Ihrer Meinung nach das Geheimnis ihres Wachstums und Erfolgs?**

**Schreyögg:** Es sind die Menschen dahinter. Es ist kein Zufall, dass die Begriffe kompetent, international, schnell und unternehmerisch verwendet werden können, um Personen, Teams oder die gesamte Organisation zu beschreiben.

**AEROREPORT: Was hat Sie am meisten überrascht, als Sie 2016 den MRO-Bereich der MTU in Ihre Programmverantwortung übernommen haben?**

**Schreyögg:** Die Denkweise. Ich habe einen technischen Hintergrund und den Großteil meiner Karriere auf der OEM-Seite des Geschäfts verbracht. MRO ist etwas ganz anderes.

Das Geschäft ist schnelllebig und dringlich, da es stark kundenorientiert ist. Jeder Tag, an dem ein Triebwerk außer Betrieb ist, verursacht Kosten für den Kunden. Kann er das Triebwerk nicht nutzen, muss er entweder ein Ersatztriebwerk aus seinem Bestand nehmen oder ein Leihtriebwerk beschaffen. Jeder Kunde legt großen Wert darauf, den Zustand seines Triebwerks zu kennen und es schnellstmöglich zurückzuerhalten. Ich habe die Erfahrung gemacht, dass unsere MRO-Kolleginnen und Kollegen immer einen Schritt weiter gehen, um den Kunden zufrieden zu stellen.

**AEROREPORT: Apropos Extrameile. Die MTU setzt noch stärker auf ihr Servicenetz vor Ort, oder?**

**Schreyögg:** Ja, unser Team hat im vergangenen Jahr mehr als 1.000 Vor-Ort-Einsätze bei über 500 Kunden weltweit durchgeführt. Unser Ziel ist es, dieses Angebot in den kommenden Jahren deutlich auszubauen.

Um das zu erreichen, investieren wir kontinuierlich in das Netzwerk und erweitern unsere Kapazitäten,

zum Beispiel durch die Einführung neuer Triebwerkstypen und Werkzeuge, weiterer Zertifizierungen und Zulassungen sowie durch den Ausbau der Standorte. So ist die MTU Maintenance Dallas 2023 in ein neues, 41.000 Quadratmeter großes Werk umgezogen. So konnten wir unsere Kapazitäten zur Betreuung von Fluggesellschaften in der Region erheblich steigern. Die MTU Maintenance Berlin-Brandenburg wird im Laufe des Jahres 2024 die Fähigkeit zur Instandhaltung des PW812D-Triebwerks aufbauen. Und um ein weiteres Beispiel zu nennen: Das MTU Maintenance Service Centre Australia hat im vergangenen Jahr die Arbeit an CF34-10E-Triebwerken aufgenommen.

**AEROREPORT: Können Sie die Hintergründe dieser Wachstumspläne und -strategie erläutern?**

**Schreyögg:** Ja, natürlich. Verschiedene Faktoren beeinflussen unsere Strategie. Einer ist die Technologie. Die aktuelle Generation von Triebwerken, wie das V2500 und das CFM56, wurden so entwickelt und gebaut, um Instandhaltungsarbeiten direkt am oder in der Nähe des Flügels zu erleichtern, was den Betreibern schnellere und bessere Instandhaltungen ermöglicht. Auch effizientere Reparaturverfahren wurden entwickelt. Diese Entwicklung setzen wir mit neueren Modellen wie dem PW1100G-JM und dem LEAP fort. In dieser Generation können noch mehr Instandhaltungsarbeiten direkt am Flugzeug durchgeführt werden.

Markteinflüsse spielen ebenfalls eine Rolle. Die Pandemie hat aus Kostengründen zu einem verstärkten Fokus auf Vor-Ort-Services geführt, da Fluggesellschaften kosten- und zeitintensive Shopvisits möglichst vermeiden und Triebwerke länger im Einsatz halten wollen. Im Wesentlichen handelte es sich dabei um schnelle Lösungen, um zeit- und kostenintensivere Shopvisits hinauszuzögern.

Es bleibt ein Balanceakt. Die Teile haben eine begrenzte Lebensdauer, die nach einer festgelegten Anzahl von Flugstunden oder Zyklen erreicht wird. Shopvisits sind daher unvermeidlich. Zudem kann eine übermäßige Nutzung der Teile am Flügel zu irreparablen Schäden führen, die schlussendlich höhere Kosten verursachen.



„In unserer Branche ist Qualität niemals optional. Sie ist die Basis.“

**Michael Schreyögg**  
Vorstand Programme  
bei der MTU Aero Engines

**AEROREPORT: Wie können Airlines diesen Spagat schaffen?**

**Schreyögg:** Das Wichtigste ist der kontinuierliche Dialog zwischen dem Kunden und dem MRO-Anbieter. Je mehr Transparenz über die Anforderungen, den Zustand der Triebwerke und die Flottenplanung herrscht, desto besser. Unser Flottenmanagement-Planungstool CORTEX ermöglicht es uns, auf Knopfdruck Szenarien für MRO-Shopvisits einer ganzen Flotte zu simulieren und bis auf die Ebene der LLP-Teile zu planen. Das sind Teile, die nach einer bestimmten Anzahl von Flugzyklen ausgetauscht werden müssen. Dieses effiziente Tool unterstützt unsere Kundenbetreuer und Technikerteams in ihren Gesprächen.

**AEROREPORT: Aber auch ein Tool kann nicht helfen, wenn es auf dem Markt mehr Nachfrage als Angebot gibt...**

**Schreyögg:** Ja und nein. Die MTU hat eine unglaubliche Bandbreite an Dienstleistungen. Wir können zwar keine Wunder vollbringen, aber wir können zum Beispiel die Green Time ermitteln. Dann schlagen wir dem Kunden vor, die Triebwerke vielleicht auf andere Flugzeuge in seiner Flotte zu verlagern, um die Triebwerksnutzung zu maximieren – im Grunde also, um zusätzliche Zeit zu gewinnen. Oder wir prüfen Leasingoptionen, um dem Kunden sofort Leistung und Schub zu

geben. Möglich sind auch Instandhaltungsarbeiten am Flügel, um die Zeit außerhalb des Shops zu verlängern. Letztlich läuft es immer auf das hinaus, was ich vorhin gesagt habe: Es kommt auf die Flexibilität an.

**AEROREPORT: Wie lässt sich bei all dem Druck und Wachstum die Qualität sichern?**

**Schreyögg:** In unserer Branche ist Qualität niemals optional. Sie ist die Basis. Wir setzen bei der MTU auf etablierte Strukturen und Prozesse. Zum Beispiel haben wir kürzlich eine zentrale Organisationseinheit für den On-Site-Service eingeführt. Außerdem legen wir großen Wert auf Ausbildung, Qualifizierung und Wissensaustausch in unserem weltweiten Netzwerk.

Denn eines ist klar: Die Passagiere sehen unser Produkt nie – und wissen vielleicht noch nicht einmal, dass es uns gibt. Aber mit dem Einsteigen ins Flugzeug verlassen sie sich unwillkürlich darauf, dass wir unsere Arbeit gut machen. Ihr Leben hängt davon ab.

**AUTORIN:**



**Victoria Nicholls** ist Expertin für internationale Kommunikation. Bei der MTU hat sie sich auf Triebwerksprogramme und Markttrends spezialisiert.

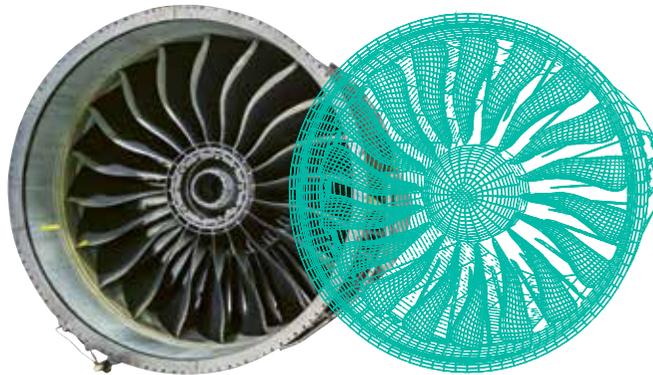




# Das virtuelle Triebwerk

*Mit Hilfe digitaler Zwillinge will die MTU  
in Zukunft den gesamten Lebenszyklus  
eines Triebwerks virtuell abbilden und  
weiter optimieren – von der Entwicklung  
bis hin zum Flugbetrieb.*

**Autor:** Tobias Weidemann



*„Ein digitaler Zwilling ist mehr als ein statisches Modell zu einem bestimmten Zeitpunkt. Es handelt sich vielmehr um die virtuelle Darstellung unserer Produkte mit ihren Veränderungen über die Zeit.“*

---

**Dr. Martin Engber**, Cheffingenieur Virtual Engine bei der MTU Aero Engines

---

Luftfahrtantriebe sind Hochtechnologie der Extraklasse. Während sich in den Anfängen der Passagierluftfahrt die Ingenieur:innen noch mühsam über Zeichentische beugten, um diese komplexen Maschinen auszulegen, hat die Einführung des Computers diese Prozesse wesentlich vereinfacht und beschleunigt. Und die Entwicklung geht weiter: „Gerade das interdisziplinäre Zusammenspiel der unterschiedlichen Fachdisziplinen, die an einer Triebwerksentwicklung beteiligt sind, kann in der virtuellen Welt besser erfolgen und mit den jeweiligen Anforderungen an das Produkt in Einklang gebracht werden“, erklärt Dr. Anna Wawrzinek, Digital Transformation Managerin in der Triebwerksentwicklung bei der MTU Aero Engines in München. Die MTU hat dabei besonders die Entwicklung der zukünftigen Triebwerke im Blick, etwa die zweite Generation des Getriebefans, den die MTU zusammen mit Pratt & Whitney realisiert oder im militärischen Bereich die New Generation Fighter Engine.

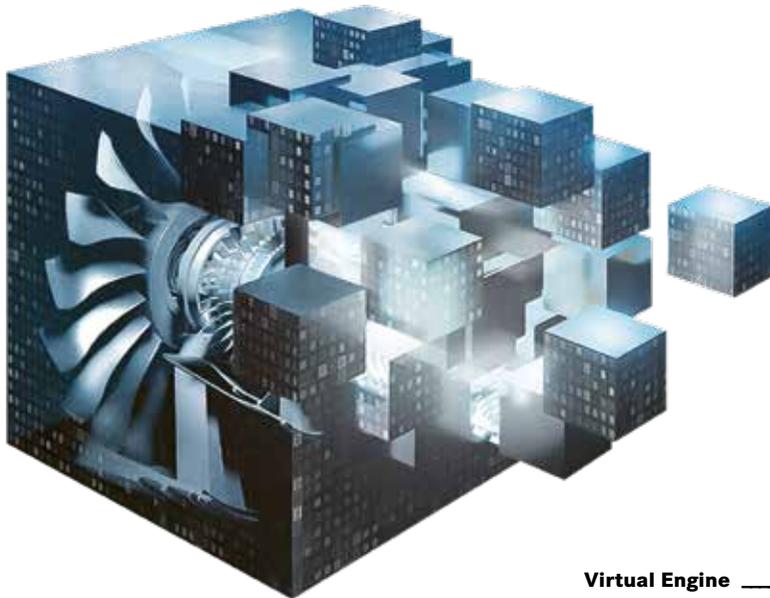
### **Digitaler Zwilling für die zukünftige Triebwerksentwicklung**

Bereits seit einiger Zeit arbeiten bei der MTU Triebwerksingenieur:innen an der „Virtual Engine“, also am virtuellen Abbild eines Triebwerks bestehend aus verschiedenen sogenannten digitalen Zwillingen. „Ein digitaler Zwilling ist mehr als ein statisches Mo-

dell zu einem bestimmten Zeitpunkt. Es handelt sich vielmehr um die virtuelle Darstellung unserer Produkte mit ihren Veränderungen über die Zeit“, beschreibt Dr. Martin Engber, MTU-Cheffingenieur Virtual Engine. Ein digitaler Zwilling erlaubt den Entwickler:innen, beliebige Szenarien zu simulieren und daraus Rückschlüsse auf Entwicklung, Herstellung, Betrieb und Erhalt des Produkts zu ziehen.

Im ersten Schritt entsteht der sogenannte Soll-Zwilling („As Designed Twin“), der beschreibt, wie das ideale Produkt aussehen soll – dementsprechend wird dann die Fertigung und Montage des realen Produkts ausgelegt. Im zweiten Schritt werden die Daten des realen Produkts zum virtuellen Fertigungszwilling („As Built Twin“) zusammengefasst. „Dieser Fertigungszwilling entspricht nicht mehr haargenau dem Soll-Zwilling, sondern weicht in einigen Punkten davon ab, da er die Abweichungen aus Fertigung und Montage enthält“, schildert Engber.

Hat man beide Zwillinge in virtueller Form vorliegen, können die Abweichungen analysiert werden. So lässt sich ableiten, ob das fertige Produkt sowohl die hohen Anforderungen an Effizienz und Qualität, als auch eine kostengünstige Fertigung und Instandhaltung erlaubt. Im nächsten Schritt geht der „As Built Twin“ in



**Virtual Engine** — Sie bildet den kompletten Lebenszyklus eines physischen Triebwerks ab. So kann ein Produkt konsequent verbessert werden – bereits in der Entwicklung.

den Abnahmeläufe und in die interne Validierung, danach in den „Flugbetrieb“: Die im Flugbetrieb auftretenden Abnutzungen und Beschädigungen stellen weitere Abweichungen dar und werden im sogenannten ‚As Used Twin‘ festgehalten.

Auf diese Weise ergibt sich im Laufe des Lebenszyklus‘ eines jeden Triebwerks eine Virtual Engine mit dem dazugehörigen digitalen Faden (Digital Thread): Das ist der Datenfluss über den gesamten Lebenszyklus eines Produkts. „Jedes Triebwerk hat seine eigene, nachvollziehbare Lebensgeschichte, die sich im Laufe der Zeit immer individueller vom ursprünglichen Soll-Zwilling unterscheidet“, erklärt Engber. Die Summe aller Abweichungen und die damit verbundenen Daten erlauben schließlich Rückschlüsse darauf, wie sich ein Produkt in Zukunft verhalten wird. Die Triebwerksexpert:innen können dann sehen, wann eine Instandhaltung angebracht ist und wann ein Austausch von Teilen oder die Außerbetriebnahme ratsam wäre.

#### **Immense Datenbestände zu verarbeiten**

Solche Voraussagen basieren auf einer immensen Fülle an Daten und benötigen umfangreiche Modelle zu deren Auswertung. Das ist laut Engber eine große Herausforderung, „denn die Analytik, Konstruktion und Fertigung sowie der Betrieb haben jeweils ei-

gene Datensysteme, die miteinander in Einklang gebracht werden müssen, damit man jederzeit Zugriff auf alle relevante Daten hat.“ Hier spielt der digitale Faden eine wichtige Rolle als Summe aller Daten, der die einzelnen Phasen und Disziplinen miteinander verknüpft.

Dr. Anna Wawrzinek sieht drei entscheidende Faktoren, die hier in den kommenden Jahren zum Erfolg beitragen: „Das sind ein hoher Grad an Automatisierung bei der Aufnahme, Bereitstellung und Verarbeitung von Daten, ein hoher Grad an Vernetzung sowie interdisziplinäre Prozesse im Unternehmen und nicht zuletzt auch Künstliche Intelligenz. Sie kann helfen, dass die Prognosen und Analysen treffsicherer werden.“ Künstliche-Intelligenz-Anwendungen kommen derzeit in der Triebwerksentwicklung erst in Ansätzen vor, etwa bei der Strukturmechanik, wenn Eigenschwingungen von Bauteilen bewertet werden. Man erhoffe sich davon aber nach und nach mehr Erkenntnisgewinn und die Fähigkeit, komplexe Triebwerke zu analysieren und zu optimieren.

#### **Maßgeschneidertes Triebwerk dank Virtualisierung**

Ein erstes MTU-Leuchtturmprojekt ist der digitale Zwilling für die Beschauelung eines Verdichters. „Aerodynamik und Strukturmechanik sind antagonistisch – und müssen stets in Einklang ge-



bracht werden“, informiert Engber. „Während etwa die Schaufeln im Interesse der Aerodynamik besonders scharfe, dünne Kanten aufweisen sollten, fordert die Strukturmechanik aus Gründen der Robustheit eher runde und dicke Bauelemente“, beschreibt er den Spagat, den die Entwickler:innen leisten müssen.

Deshalb habe man sich in der Verdichterbeschaukelung die Aerodynamik und Strukturmechanik als Schlüsselprozesse vorgenommen. Mittelfristig will die MTU damit die Produktauslegung beschleunigen und verbessern sowie Kosten sparen. Engber: „Wir werden schon bald in der Lage sein, automatisiert auf beliebige Zielgrößen hin zu optimieren und das für jeden Einsatzbereich geeignete Produkt zu entwickeln.“ Das Spannungsfeld der Optimierung besteht dabei immer wieder aus den technischen Anforderungen, wie zum Beispiel Wirkungsgrad und Gewicht, sowie den Herstell- und Instandhaltungskosten. Und natürlich muss das Produkt ausreichend robust sein.

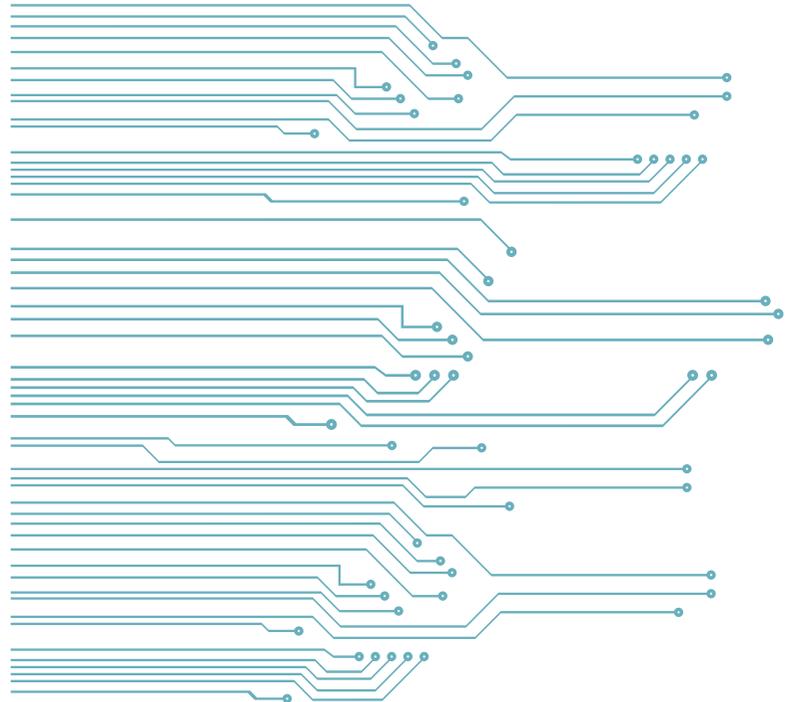
### **Digitalen Faden nachvollziehen**

Noch konzentriert man sich bei der MTU vor allem auf den Soll-Zwilling, also die Entwicklungsprozesse im Engineering und die Datentransparenz zwischen den Fachabteilungen. Mittelfristig soll der Schwerpunkt eher auf den Bereichen Fertigung und

Betrieb liegen, also den Ist-Zwillingen. „Wir wollen ein Bild über den gesamten digitalen Faden erhalten – von der Entwicklung über die Fertigung und den Betrieb bis hin zur Außerbetriebnahme“, erklärt Engber. Dafür wurde Anfang 2024 ein eigenes Expertenteam bei der MTU gegründet, das in Zusammenarbeit mit den Fachabteilungen die Belange der Virtual Engine koordiniert und vorantreibt.

Tatkräftige Unterstützung erhält die MTU von Forschungseinrichtungen, wie dem Institut ‚Test und Simulation in der Gasturbine‘ des Deutschen Luft- und Raumfahrtzentrums (DLR). Hier werden Neuerungen zunächst im Labormaßstab entwickelt und getestet, bevor sie in der Industrie zur Anwendung kommen.

Solche End-to-end-Digitalisierungsanwendungen in der Entwicklung, Fertigung und Instandhaltung sind eine der größten Chancen für Unternehmen – und zugleich eine Herausforderung für die MTU-Triebwerksexpert:innen der verschiedenen Fachdisziplinen und Unternehmensbereiche, da sie ein Umdenken in der Arbeitsweise erfordern. „Wir müssen die Mitarbeiter:innen für das Potenzial der Digitalisierungsmethoden sensibilisieren, ihr digitales Mindset und datengetriebenes Denken stärken – kurzum: sie auf die digitale Reise mitnehmen,“ betont Wawrzinek. „Unterm



Strich ist die Virtualisierung eines so komplexen Produkts, wie es ein Triebwerk darstellt, ohnehin eher eine Marathonaufgabe, bei der man sich in vielen kleinen Schritten an Verbesserungen herantastet.“ Bis zur Vision, das komplette Triebwerk und seine Funktionalitäten im Ganzen zu erfassen und in der virtuellen Welt abzubilden, ist es noch ein weiter Weg. „Aber wir sind unterwegs“, so Engber.

#### AUTOR:



**Tobias Weidemann** ist seit mehr als 20 Jahren als Journalist und Content-Berater tätig. Er berichtet über Technik- und Wirtschaftsthemen, oft mit Schwerpunkt auf Business-IT, Digitalisierung und Zukunftstechnologien.

## GLOSSAR

**Virtual Engine:** Eine Virtual Engine ist das virtuelle Abbild eines physischen Triebwerks bestehend aus dem ‚As Designed Twin‘, ‚As Built Twin‘ und ‚As Used Twin‘ sowie dem digitalen Faden über den Lebenszyklus des Gegenstands hinweg. Für die Erstellung und Bewertung der Virtual Engine werden spezielle Fähigkeiten, Tools, Prozesse und Daten benötigt.

**As Designed Twin:** Das ist der Soll-Zwilling, der Geometrie und Verhalten eines Produkts auf Basis von Soll-Daten aus Analytik und Design beschreibt.

**As Built Twin:** Dieser Ist-Zwilling beschreibt Geometrie und Verhalten eines individuellen und realen Produkts und enthält alle Abweichungen aus Fertigung und Montage des Produkts.

**As Used Twin:** Darunter versteht man einen Ist-Zwilling, der Geometrie und Verhalten eines Produktes im Betrieb darstellt. Er enthält Abweichungen durch Schädigung und Alterung im Betrieb.

**Digitaler Faden (Digital Thread):** Das ist der Datenfluss über den gesamten Lebenszyklus eines Produkts.



Innovatives Montage-  
system für die PW800

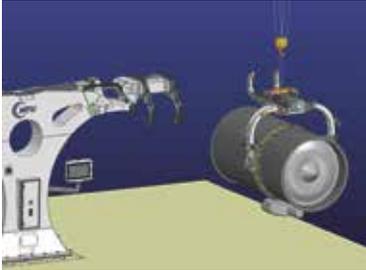
**Edles Transportgut** —

*Die beiden Mechaniker steuern den Deckenkran mit dem PW800-Triebwerk, sodass es passgenau im FOSng eingegangen werden kann.*

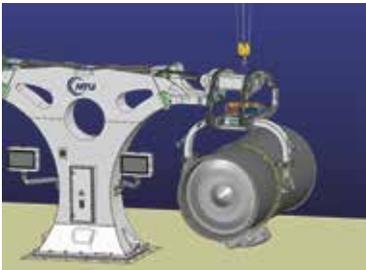


*Die MTU geht bei der (De-)Montage für die Instandhaltung des PW800-Triebwerks neue Wege.*

**Autor:** Tobias Weidemann



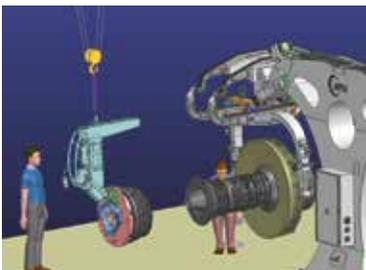
**Erster Schritt** — Damit das Triebwerk zum FOSng kommt, muss es in den Deckenkran eingehängt werden.



**Zweiter Schritt** — Der Deckenkran hängt das Triebwerk an seiner Aufhängung im FOSng ein.



**Dritter Schritt** — Mechaniker:innen können durch die Höhenverstellbarkeit nun ergonomisch am Triebwerk arbeiten.



**Vierter Schritt** — Das Triebwerk kann mit Hilfe des Smartlifters in seine einzelnen Module zerlegt werden.

Wenn ein Triebwerk in die Instandsetzung muss, ist das nicht nur ein Vorgang, der bis ins kleinste Detail geplant wird, sondern es ist auch eine buchstäblich schwere Angelegenheit, bei der keines der Teile beim Zerlegen, Drehen, Begutachten und gegebenenfalls Reparieren beschädigt werden darf. Mehrere Tonnen wiegt ein Triebwerk, immerhin mehrere hundert Kilogramm schwer sind die einzelnen Module. Um an ihnen arbeiten zu können, muss jedes Modul aus der Horizontalachse, in der das Triebwerk liegt, in die Vertikalachse gedreht werden – und das ohne Beschädigungen zu riskieren.

Abläufe für die Instandsetzung – sogenannte Shop-Floor-Konzepte – gibt es viele und die Entscheidung für eine bestimmte Lösung wird abhängig von der Fallzahl und dem Umfang der möglichen Instandhaltungsschritte getroffen. Mal wird das Triebwerk dazu auf einem zentralen Triebwerksdock positioniert und dort Schritt für Schritt bearbeitet, mal durchläuft es eine Montagelinie mit mehreren Stationen.

Auch für die Antriebe der Business Jets Gulfstream G500 und G600, die PW814GA und PW815GA von Pratt & Whitney Canada, musste ein solches Konzept her. Denn im Laufe 2024 erfolgt erstmals die Instandsetzung des ganzen Triebwerks bei der MTU Maintenance Berlin-Brandenburg, die Niederdruckturbine des Antriebs wird dort bereits seit einigen Jahren instandgesetzt. Die Entscheidung fiel auf ein stationäres System mit einer weltweit einzigartigen Form – und das hat mit einer Besonderheit des Triebwerks zu tun. Denn das PW800 verfügt über die gleiche Kerntechnologie wie die Pratt & Whitney GTF™ Triebwerksfamilie. Gerade einmal zwei Standorte weltweit setzen das PW800 instand – einer der beiden wird die MTU Maintenance Berlin-Brandenburg in Ludwigsfelde sein.

### Standortübergreifend zur individuellen Lösung

Das FOSng (Fixed-Overhaul-System next generation), so der Name des ausgewählten Montage- und Demontage-Systems, ist eine standortübergreifende Teamleistung, die von der MTU Maintenance Berlin-Brandenburg über zwei Jahre intensiv mit den Kolleg:innen der Konstruktion aus der MTU Aero Engines in München entwickelt wurde. Die Entscheidung fiel auf eine Weiterent-

wicklung des FOS-Montagekonzepts, das bereits vor einigen Jahren für EME Aero im polnischen Jasionka, ein Joint-Venture der MTU mit Lufthansa Technik, entwickelt wurde. Das Konzept gewährleistet dort die Instandhaltung der Pratt & Whitney GTF-Triebwerke und kommt in gleicher Form auch bei der MTU Maintenance Zhuhai zum Einsatz.

„Die Alternative wäre die Anschaffung einer Montage-Bay-Lösung von Pratt & Whitney Canada (P&WC) gewesen“, berichtet Dr. Nico Koppold, Leiter Process Engineering Operations am Standort in Ludwigsfelde. Doch das System, das die MTU-Expert:innen bei P&WC in West Virginia in Augenschein genommen hatten, hätte eine ungefähr doppelt so große Fläche belegt und auch von der Höhe nicht mit den vorhandenen Kransystemen der Halle zusammenges passt.

„Wir haben uns daraufhin die komplette Zerlegung des PW800-Triebwerks angeschaut und festgestellt, dass es sinnvoll ist, ein neues Montage- und Demontagekonzept zu entwickeln“, erklärt Benedikt Lechner, Prozessingenieur für die Montagesysteme bei der MTU in München. Dabei stellte sich schnell heraus, dass sich eine Lösung anbietet, bei der das Triebwerk an einem zentralen Ort aufgehängt wird, komplett von oben mit dem Kran zugänglich ist und umfassend instandgesetzt werden kann.

### Gute Anpassbarkeit durch universelle Schnittstelle

Beim FOSng handelt es sich um ein T-förmiges Dock, an dessen beiden Seiten jeweils ein Triebwerk eingehängt werden kann, sodass sich beide gleichzeitig bearbeiten lassen. Es ist für Gewichte bis 5,5 Tonnen pro Seite ausgelegt – ausreichend für zwei PW800-Triebwerke. Dabei fällt das FOSng im Vergleich zum Vorgänger höher und breiter aus, sodass auch größere Triebwerke bearbeitet werden könnten. Positiver Nebeneffekt ist der gewonnene Platz zwischen Triebwerk und FOSng-Ständer, der ein ergonomisches Arbeiten ermöglicht.

Auch ein Mehr an Flexibilität war gewünscht: „Während die bisherigen FOS-Systeme für die GTF™ Triebwerksfamilie ausgelegt sind, wollten wir mit dem FOSng ein System für unterschiedliche Narrowbody-Triebwerkstypen schaffen, das sich damit auch für verschiedene MRO-Standorte



**Intelligenter Greifarm** — Der Smartlifter macht seinem Namen alle Ehre. Er erkennt automatisch, welches Modul er gerade greift und welches Tooling dafür verwendet wird.

der MTU eignet und dort jeweils an das vorhandene Triebwerksportfolio anzupassen ist“, erklärt Stefan Hofner, Konstrukteur für Montagesysteme bei der MTU in München. Triebwerksspezifisch ist hier lediglich das Shuttle, also die Verbindung zwischen Triebwerk und FOSng.

Aus diesem Grund hat das FOSng eine universale Schnittstelle, an der sich verschiedene individuell angepasste Adapterplatten anbringen lassen, „eine mechanisch sehr simple, aber dafür instandhaltungsarme und wenig empfindliche Lösung“, erklärt Hofner. Wenn die Platte angebracht ist, kann der Kran mit dem Shuttle-Prinzip arbeiten, das sich bereits bei der ersten FOS-Generation bewährt hat. Dabei fährt der Transportwagen das Triebwerk in die Instandhaltungshalle und positioniert es unter dem Deckenkran. Am Kran ist bereits das passende Adapter-Shuttle angebracht, das am Triebwerksgehäuse befestigt wird. Er hebt das 1,5 Meter hohe Triebwerk vorsichtig aus dem Wagen und hängt es an einen der Träger des FOSng. Beide Triebwerksseiten können unabhängig voneinander nach oben und unten in die optimale Position bewegt werden, um den Mechaniker:innen die Möglichkeit zu geben, in einer ergonomischen Haltung am Triebwerk zu arbeiten. Dabei können sie das Triebwerk nicht nur in den gewünschten Winkel, sondern auch auf die gewünschte Arbeitshöhe fahren.

### Smartlifter als stimmige Ergänzung zum System

Ein zentrales Element, das für eine intelligente Arbeitsunterstützung sorgt, ist der am Kran angebrachte Smartlifter – ein „intelligenter Kranhaken“, der an einzelne Module des Triebwerks andockt und Lasten bis zu 750 Kilogramm heben und drehen kann. „Der smarte Greifarm lässt sich auf jede Vorrichtung für jede Triebwerksvariante spezifisch adaptieren und erkennt dabei automatisch, welches Tooling gerade angebaut ist und welches Modul dementsprechend am Haken hängt“, erklärt Hofner.

Sobald der Smartlifter mit einer Vorrichtung verbunden wird, nimmt er die dazu passenden Einstellungen vor und kann so die Kranöse programmorientiert positionieren. Zudem erkennen Sensoren die Gewichte und Schwerpunktlagen der leeren beziehungsweise beladenen Vorrichtung. „Primäres Ziel ist, dass die Mechaniker:innen bestmöglich im Montage- und Demontageprozess unterstützt werden, Fehler vermieden werden, das

Triebwerk nicht ungünstig belastet wird und keines der Bauteile beschädigt wird“, erklärt Koppold. „Der Smartlifter ist für uns ein wichtiges Element neben den ganzen Tools, um den Montage- und Demontageprozess möglichst schnell, einfach, fehlerfrei und effizient durchzuführen.“

### FOSng als Modell für andere MTU-Standorte

Ende 2023 wurde das FOSng-System nach einer Probephase in Ludwigsfelde installiert und nach und nach mit einem Trainingstriebwerk in Betrieb genommen. Parallel dazu absolvieren Teams von Befundern, Monteuren und Zertifizierern bei Pratt & Whitney Engine Services in Savannah, Georgia und Dallas, Texas, die erforderlichen Schulungen, um anschließend in Bridgeport, West Virginia, Arbeiten am PW800-Triebwerk durchzuführen. Sie kennen sämtliche Bauteile und die Reihenfolge des Auf- und Abbaus, haben tiefe Einblicke in die Besonderheiten des Triebwerks und die damit verbundenen Instandhaltungsprozesse. „Durch das leichtere Handling und die Höhenverstellbarkeit lässt sich die Vorbereitungszeit auf eine halbe Stunde reduzieren“, so Koppold.

Schon heute plant der Standort Ludwigsfelde ein zweites FOSng. Mittlerweile sind 18 FOS-Systeme insgesamt bei der MTU im Einsatz, weitere geplant. Geschaffen hat die MTU mit der neuen innovativen Instandhaltungslösung aber auch reichlich Know-how, das man anderweitig nutzen und an die jeweiligen Erfordernisse anpassen kann.

Eine Blaupause für andere MRO-Standorte und eine Erfolgsgeschichte ist das FOSng also in jedem Fall – aber vor allem eine, bei der das Wissensmanagement innerhalb des Unternehmens zwischen Instandhaltung und Betriebsmittelkonstruktion entscheidend für den Erfolg war.

#### AUTOR:



**Tobias Weidemann** ist seit mehr als 20 Jahren als Journalist und Content-Berater tätig. Er berichtet über Technik- und Wirtschaftsthemen, oft mit Schwerpunkt auf Business-IT, Digitalisierung und Zukunftstechnologien.

An aerial photograph of the Vancouver skyline, showing a dense cluster of skyscrapers and residential buildings along the waterfront. The water is a deep blue, and a small sailboat is visible in the middle ground. In the background, there are mountains with some snow patches under a clear blue sky.

# Die grünen Inselhüpfer von Vancouver

*Wasserflugzeuge sind in Westkanada ein normales Verkehrsmittel. Schon ab 2025 will der größte Betreiber Harbour Air mit der eBeaver elektrisch und damit nachhaltig fliegen.*

**Autor:** Andreas Spaeth



**Pionier im elektrischen Fliegen** — Mit einer umgerüsteten de Havilland DHC-2 Beaver hat Harbour Air 2019 den ersten Elektroflug eines Passagierflugzeugs durchgeführt. Die Vision: Weltweit die erste Airline werden, die schon in weniger als zwei Jahren kommerzielle Tickets auf Linienflügen mit Elektroflugzeugen anbietet.



**Streckennetz** — Vancouver Harbour nach Victoria Harbour ist die wichtigste Strecke mit täglich bis zu 28 Flügen je Richtung. Von Vancouver nach Seattle Lake Union sowie nach Tofino verlaufen die längsten Routen, die Flugzeit beträgt jeweils 50 Minuten. Die touristischen Ziele Tofino, Comox sowie Whistler werden nur im Sommer saisonal angefliegen. Zudem umfasst das Streckennetz noch fünf weitere Ziele in der Region, darunter Richmond, gelegen unmittelbar am internationalen Flughafen von Vancouver mit Elektrobus-Shuttle zum Hauptterminal.

Das Wasser schimmert ebenso blau wie der Himmel in der Morgensonne vor der imposanten Bergkulisse im Hafen von Vancouver. Ein perfekter Zeitpunkt, um ein typisches Verkehrsmittel für die meistbeflogene Strecke an der kanadischen Westküste zu nutzen: Ein Wasserflugzeug des größten Anbieters Harbour Air. So entspannt ist das Fliegen sonst nirgends – das gemütliche Terminal am Vancouver Harbour Flight Centre ist zu Fuß von der Innenstadt zu erreichen, niemand muss lange warten. Kurz vor dem Start holt der Pilot seine Passagiere persönlich ab und bringt sie auf den Anleger zum Flugzeug. „Fünf bis zehn Minuten vor Abflug ist Boarding, es reicht also kurz vorher da zu sein“, sagt Bert van der Stege.

Der 45-Jährige Niederländer ist seit September 2022 Firmenchef von Harbour Air und lebt mit seiner Familie in Victoria auf Vancouver Island, der schmucken Hauptstadt der Provinz British Columbia. Die Zweieinhalb-Millionen-Metropole Vancouver liegt gerade 95 Kilometer Luftlinie oder 26 Flugminuten entfernt, und van der Stege pendelt wie viele seiner Passagiere zwischen beiden Städten. Das Wasserflugzeug bietet wie so oft in Kanada die schnellste Verbindung, Wasser gibt es fast überall, Flughäfen hingegen nicht. In Vancouver und Victoria steigen die Passagiere jeweils mitten in der Stadt ein und aus.

### Aus dem Fenster sieht man Wale

„Die häufigsten unserer Vielflieger fliegen zwei- oder dreimal die Woche hin und her. Von denen liest keiner Zeitung oder schaut aufs Handy, die blicken immer wieder aus dem Fenster. Mir hat gerade ein Stammkunde an Bord vorgeschwärmt, dass er eben Wale gesehen hat. Es ist eine andere Art zu reisen – und einzigartig für Kanadier, wenn sie so zur Arbeit erscheinen“, erklärt der Harbour Air-Chef. Geflogen wird auf Sicht, daher sind die Flüge im Sommer bei gutem Wetter fast immer pünktlich. Innerhalb der angeflogenen Häfen sind die nassen Pisten durch Bojen markiert, zur Verbesserung von Pünktlichkeit und Sicherheit bei schlechterer Sicht nutzen die ersten Zielorte wie Victoria neuerdings auch einen Instrumentenanflug. Die größeren Landeplätze verfügen über einen eigenen Kontrollturm für Wasserflugzeuge.

Mehr als die Hälfte der 2023 rund 440.000 Passagiere von Harbour Air fliegen zwischen Vancouver und Victoria. Bis zu 28 Mal täglich pro Richtung pendeln die Flugzeuge mit ihren zwischen sechs und 18 Sitzen auf dieser Strecke, wo Harbour Air 55 Prozent ihrer gesamten Flugkapazität einsetzt. Die private kanadische Airline ist mit 45 Maschinen auf Schwimmern der zweitgrößte Betreiber von Linienflügen mit Wasserflugzeugen auf der Welt, nach Maldivian Air Taxi im Indischen Ozean.

**HARBOUR AIR IN ZAHLEN:**

Harbour Air wurde 1982 mit zwei kleinen de Havilland Beaver Wasserflugzeugen in British Columbia gegründet. Mit wachsendem Erfolg und zunehmender Nachfrage nach Pendler- und Reiseflügen expandierte das Unternehmen im Laufe der Jahre schnell und nahm tägliche Linienflüge zwischen Vancouver und dem Lower Mainland, Vancouver Island, den Gulf Islands, der Sunshine Coast und Whistler auf.



440.000

**Beförderte Passagiere im Jahr 2023**



280 - 300

**Tägliche Flüge im Sommer**

**Flotte 2024:**

**1x Cessna 208B  
Grand Caravan EX**  
(9 Sitze)

**14x DHC-2 Beaver**  
(6 Sitze)

**23x DHC-3T Otter**  
(14 Sitze)

**4x DHC-6 Twin Otter**  
(18 Sitze)

**Flotte aus Wasserflugzeugen** — Die private kanadische Airline Harbour Air ist mit 45 Maschinen auf Schwimmern der zweitgrößte Betreiber von Linienflügen mit Wasserflugzeugen auf der Welt.





**Nasse Start- und Landebahn** — Das Wasserflugzeug bietet wie so oft in Kanada die schnellste Verbindung, Wasser gibt es fast überall, Flughäfen hingegen nicht. In Vancouver und Victoria steigen die Passagiere jeweils mitten in der Stadt ein und aus.

### Weltpremiere bei Harbour Air: der erste Elektroflug

Im Dezember 2019 machte die kleine Gesellschaft weltweit Schlagzeilen: „Erster Elektroflug eines Passagierflugzeugs“. Der Star des Tages war kurioserweise ein bereits 1957 gebautes Flugzeug, das seit 1967 nicht mehr produziert wird: Der legendäre kanadische Buschflieger de Havilland DHC-2 Beaver. Harbour Air betreibt 14 Stück der Sechssitzer und versichert, technisch seien die intensiv gepflegten Arbeitspferde wie neu. Der Elektro-Erstflug über Vancouver dauerte nur 15 Minuten, dafür war der bisher vorn angebrachte Pratt & Whitney P-985 Wasp Junior-Kolbenmotor gegen einen Magni500-Elektromotor des US-Herstellers MagniX ausgetauscht worden, der 559 kW (750 PS) leistet.

Die erste Batterie lieferte ein US-Hersteller. Im August 2022 folgte dann nach der Pandemie der weltweit erste rein elektrische Punkt-zu-Punkt-Flug eines „ePlanes“, er dauerte 24 Minuten und legte 72 Kilometer zurück. „Wir haben bis Herbst 2023 mit der ersten elektrischen Beaver 78 Starts und Landungen und etwa 50 Flugstunden absolviert, merken aber, dass die Batterie von 2019 mit der Zeit nachlässt“, sagt Bert van der Stege. „Jetzt wechseln wir sie aus gegen eine neue, leichtere Version der Schweizer Firma H55, die für den Prototyp des zweiten Flugzeugs, das wir zertifizieren lassen wollen, die Batterie liefert.“

### Eine neue Batterie vom Solarflug-Pionier

Mitgründer von H55 mit heute 120 Mitarbeiter:innen ist André Borschberg, der mit seinem Pilotenkollegen Bertrand Piccard 2015/2016 auf dem Rekordflug im Solar-Flugzeug „Solar Impulse“ ausschließlich mit Sonnenenergie einmal die Welt umrundet hatte. „Harbour Air ist als Pionier ein sehr interessantes Beispiel, sie haben eigenständig entschieden, die Elektrifizierung voranzutreiben, und wir brauchen Partner, die wirklich den ersten Schritt machen wollen“, betont André Borschberg. Den Antrieb liefert wieder MagniX aus Seattle, diesmal den stärkeren Magni650-Elektromotor mit 640 kW (850 PS).

*„Vielleicht schaffen wir es, weltweit die erste Airline zu werden, die schon in weniger als zwei Jahren kommerzielle Tickets auf Linienflügen von A nach B mit Elektroflugzeugen verkauft.“*

**Bert van der Stege,**  
Firmenchef von Harbour Air

Derzeit läuft die Zulassung der neuen „eBeaver“ bei der FAA in den USA sowie in Kanada. „Wir arbeiten daran, dass wir bis 2025 ein zertifiziertes Flugzeug bekommen. Wenn wir das schaffen, hat es eine Reichweite von 30 bis 35 Minuten plus 25 Reserveminuten, das reicht für die meisten unserer Strecken“, sagt der Harbour Air-Chef. „Die Hoffnung ist, dass wir ab Ende 2025 auf diesen Flügen drei, vielleicht sogar vier Passagiere mitnehmen können“, so Bert van der Stege.

### In zehn Jahren könnte die ganze Flotte emissionsfrei fliegen

Inklusive einer möglicherweise künftig mit Wasserstoff hybrid-getriebenen Twin Otter, dem größten Flugzeug mit 18 Sitzen, könnte es etwa zehn Jahre dauern, bis die gesamte Flotte umweltfreundlich angetrieben ist. „Vielleicht schaffen wir es, weltweit die erste Airline zu werden, die schon in weniger als zwei Jahren kommerzielle Tickets auf Linienflügen von A nach B mit Elektroflugzeugen verkauft“, mutmaßt van der Stege. Bisher lief das Testflugprogramm der „eBeaver“ erstaunlich reibungslos: „Wir sind fast enttäuscht, dass nicht viel passiert und alles nach Plan läuft, es gibt sehr wenige Überraschungen.“ Manche Erkenntnis ist trotzdem neu: „Die Batterieleistung und die Ladedauer hängen auch von der Wassertemperatur ab. Je länger die Maschine im kalten Wasser parkt, desto länger dauert das auch. Aber unser Vorteil ist, dass wir in sehr niedriger Höhe fliegen und daher beim Start sehr viel weniger Energie brauchen als andere.“

### Viel Geld, Schweiß und immer neue Hürden

Harbour Air ist dabei mit ihren Erfahrungen ein wichtiger Wegbereiter und lässt sich das Projekt fünf Millionen kanadische Dollar kosten, viel Geld für eine kleine Firma. Eine Vorreiterrolle in Sachen Nachhaltigkeit spielt sie aber schon lange. Bereits seit 2007 operiert die Gesellschaft als erste in Nordamerika durch Ausgleichszahlungen komplett CO<sub>2</sub>-neutral.

Nun will sie alles versuchen, um wiederum Pionier darin zu sein, überhaupt keine Emissionen mehr zu verursachen, auch wenn das Ziel ehrgeizig ist. „Innovation ist nicht einfach, da sind viele Hürden zu überwinden“, weiß van der Stege – und es stehen ihm vermutlich noch viele bevor auf dem Weg zum grünen Fliegen.



**Flug per Auge** — Die Pilot:innen fliegen mit ihren Wasserflugzeugen recht niedrig und auf Sicht. Innerhalb der angeflogenen Häfen sind die nassen Pisten durch Bojen markiert, zur Verbesserung von Pünktlichkeit und Sicherheit bei schlechterer Sicht nutzen die ersten Zielorte wie Victoria neuerdings auch einen Instrumentenanflug.

## Pilotenkarriere bei Harbour Air

Die perfekte Pilotenkarriere bei Harbour Air beginnt damit, dass junge Leute als „Dock Hands“ anfangen, also quasi Hafentarbeiter, die beim An- und Ablegen der Flugzeuge und beim Gepäckverladen helfen. So sind sie schon mal ganz nah dran am Traumjob und lernen zunächst die Grundlagen. So wie ihr Chef Bert van der Stege – dessen erste Station war ein Praktikum bei der Lufthansa-Gepäckermittlung. Heute sagt er: „Die meisten Interessenten kommen schon mit einer Pilotenlizenz zu uns und wollen selbst fliegen. Aber es ist schwierig für junge Pilot:innen, den allerersten Job zu finden“, so van der Stege. „Sie arbeiten dann zunächst ein oder zwei Jahre in der Bodenabfertigung und können dann ins Cockpit wechseln, jeder neue First Officer in der Twin Otter hat diesen Weg gemacht.“

Derzeit fliegen bei Harbour Air 80 Pilot:innen, die Firma akquiriert Cockpit-Nachwuchs gezielt aus dem eigenen Personal. „Die meisten Pilot:innen lieben das Fliegen hier und schießen gar nicht auf eine Karriere im Cockpit einer Boeing 787“, berichtet van der Stege. „Hier sind sie jeden Abend zu Hause und wir bieten ihnen ein tolles Arbeitsumfeld.“ Manche wechseln allerdings zu großen Airlines und fliegen Jets. „Viele Pilot:innen, die mal woanders hin gewechselt sind, kommen aber irgendwann zurück und sagen: Das habe ich alles vermisst, ich will wieder Wasserflugzeuge fliegen“, so der Firmenchef.



**Eine Pilotenkarriere der besonderen Art** — Wer bei Harbour Air als Pilot ins Cockpit will, muss zuvor einige Zeit als „Dock Hand“ absolviert haben. Dabei arbeiten die Anwärter in der Bodenabfertigung. Jeder neue First Officer der Twin Otter hat diese Ausbildung durchlaufen.

### 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.



**Leasinggeber und MRO-Experte** — Die MTU Maintenance vereint das Know-how aus dem langjährigen MRO-Geschäft mit der Expertise aus dem kurzfristigen Triebwerksleasing und Asset-Management. So werden Airlines optimal unterstützt.

# Triebwerke auf Zeit

*Leasing ist die smarte Art, ein Triebwerk zu betreiben. Es spart den Airlines die Kosten für den Kauf, erhöht ihre Flexibilität und kann eine Alternative zur Instandhaltung sein.*

**Autorin:** Nicole Geffert

Im Jahr 2023 waren mehr als 50 Prozent der Flugzeuge in der weltweiten Passagier- und Frachtflotte geleast. Zum Vergleich: Im Jahr 2000 waren es noch knapp 25 Prozent. Auch die Tendenz zum Triebwerksleasing steigt – und damit die Nachfrage nach flexiblen Lösungen.

„Mit Triebwerksleasing können Airlines ihre Flotten nicht nur während der Shop-Visits mit Ersatztriebwerken weiter betreiben“, sagt Patrick Biebel, Geschäftsführer der MTU Maintenance Lease Services. „Es verschafft ihnen auch den Vorteil, dass sie kein Kapital in den Kauf von Triebwerken investieren müssen.“ Die Fluggesellschaften können so flexibel auf die Nachfrage am Markt reagieren und das Risiko von Wertverlust und Überkapazität minimieren.

„Wir setzen auf flexible Lösungen im Triebwerksleasing, um den Airlines genau das zu bieten, was sie wollen, ohne für Leistungen zu bezahlen, die sie nicht benötigen“, sagt Alistair Forbes, Senior Market Analyst bei der MTU Maintenance Lease Services. Das Unternehmen mit Sitz in Amsterdam ist die Leasing- und Asset-Management-Sparte der MTU Maintenance. Seit zehn Jahren unterstützt sie Airlines und Triebwerkseigentümer mit individuellen Dienstleistungen. So bietet sie den Fluggesellschaften an, ihre derzeit nicht genutzten Triebwerke in den Leasingpool aufzunehmen, um sie kurzfristig an andere Airlines zu vermarkten. „Wir können das Triebwerk entweder kaufen oder leasen. Je nachdem, was die Fluggesellschaft langfristig mit dem Triebwerk vorhat. Das verschafft den Fluggesellschaften Liquidität und uns die Möglichkeit, unseren Pool von derzeit über 100 Triebwerken weiter auszubauen“, so Forbes.

## Leasinggeber und MRO-Experte

Das Triebwerk als Vermögenswert ist attraktiv und zieht Investoren an: Längst sind Finanzunternehmen selbst ins Leasinggeschäft eingestiegen. Die MTU Maintenance hat jedoch einen entscheidenden Vorteil: Als Spezialist für Maintenance, Repair und Overhaul (MRO) verfügt sie über langjährige Erfahrung und Know-how in der Instandhaltung. Die MTU-Expert:innen können den technischen Zustand eines Triebwerks und seiner Teile zuverlässig beurteilen. Sie wissen, wann sich eine Reparatur lohnt und wann ein geleastes Triebwerk die wirtschaftlichere Alternative ist. Und sie können einschätzen, ob sich ein weiteres Leasing für den Kunden rechnet oder wann der optimale Zeitpunkt für einen Teardown gekommen ist, also die Zerlegung in Einzelteile oder Module, die anschließend recycelt werden. Forbes: „Mit unserer MRO-Kompetenz sind wir also in der Lage, Vermögenswerte zu erwerben, mit denen andere Leasinggeber, insbesondere Banken, nur wenig anfangen können.“

Die MTU Maintenance Lease Services fokussiert sich auf das kurzfristige Leasing mit Laufzeiten von drei Monaten bis zu zwei Jahren. „Kurzfristiges Leasing wird immer stärker nachgefragt, da viele Fluggesellschaften und Leasinggeber mit einem starken Anstieg konfrontiert sind, seit sich die Luftfahrtindustrie nach der Pandemie erholt hat und die Kapazitäten in den MRO-Shops noch immer stark begrenzt sind“, sagt Biebel. Es kann auch eine Alternative zur Instandhaltung sein, insbesondere dann, wenn es für die Airline günstiger ist, ein Triebwerk zu leasen, statt ihr altes Triebwerk reparieren zu lassen. Denn der größte Kostentreiber bei einem Shop Visit ist das Material, das auch bei Triebwerken der älteren Generation noch deutlich zu Buche schlägt. „Die

## MTU Maintenance Lease Services B.V.



Die MTU Maintenance Lease Services B.V. mit Sitz in Amsterdam ist die Leasing- und Asset-Management-Sparte der MTU Maintenance. Das Team verfügt über langjährige Erfahrung im MRO-Geschäft und bietet Fluggesellschaften und Leasinggebern umfassende Lösungen über den gesamten Lebenszyklus eines Triebwerks an. Zum Kerngeschäft zählen das kurzfristige Triebwerksleasing sowie das kosteneffiziente Asset-Management einschließlich technischer Beratung.

Im Rahmen der Technical Asset Management Services (TAMS) bietet die MTU Maintenance Lease Services Beratungsleistungen an. Zudem übernimmt sie das Management ganzer Triebwerksflotten, die Vorausplanung von Shopvisits sowie die Unterstützung der Triebwerks-Eigentümer bei logistischen Lösungen, wie Transport und Lagerung ihrer Vermögenswerte.

Mehr als 70 Expert:innen in Amsterdam, Dublin und Singapur bilden das Rückgrat der MTU-Asset-Management-Services – unterstützt von hochmodernen und selbst entwickelten digitalen Tools.

MRO-Aktivitäten nehmen tendenziell ab, wenn die Ausmusterung der Triebwerke bevorsteht“, sagt Forbes. Airlines mit älteren Flotten kommen nicht selten zu dem Schluss, dass sich eine umfangreiche Instandsetzung ihrer Triebwerke nicht mehr lohnt.

### Optimale Restlaufzeit

Welche Lösung wirtschaftlich ist, hängt nicht nur vom Zustand des Triebwerks ab, sondern auch von der noch verbleibenden Einsatzzeit. Soll es noch mehrere Jahre zuverlässig fliegen, kann eine Reparatur die beste Lösung sein. Hier kommt die MTU Maintenance ins Spiel. Sie beherrscht effiziente Reparaturen für ältere Triebwerke, bei der auch geprüfte Gebrauchtteile mit einer auf die Kundenerfordernisse optimierten Restlebensdauer zum Einsatz kommen. „Rechnet sich die Reparatur nicht mehr für den Betreiber, können wir als Option ein so genanntes "Green-Time"-Triebwerk bereitstellen, dessen Restlaufzeit exakt auf den Bedarf zugeschnitten ist und kosteneffizient gekauft oder geleast

werden kann“, informiert Forbes. Und weiter: „Gerade am Ende der Lebensdauer von Triebwerken wollen Eigentümer ihre Vermögenswerte möglichst gewinnbringend verwerten.“

Hier setzt das Asset-Management der MTU Maintenance Lease Services an, um den Wert eines Triebwerks für den Eigentümer zu optimieren. Das kann im Einzelfall so aussehen: Eine Airline besitzt mehrere ältere Triebwerke, die sie in den Shop der MTU Maintenance schickt. Dort beurteilt ein Expertenteam, welche Triebwerke für eine Reparatur in Frage kommen und welche zerlegt werden. Die Bauteile der zerlegten Triebwerke werden repariert und beim Zusammenbau des zu reparierenden Antriebs wiederverwendet. In einem solchen Fall ist die Fluggesellschaft ihr eigener Materiallieferant – eine Lösung, die deutlich Kosten spart.

„Beim Asset-Management geht es vor allem darum, individuelle Services für die unterschiedlichen Bedürfnisse der Kunden



**Triebwerksleasing** ist eine Form der Finanzierung, bei der ein Triebwerkeigentümer einem Flugzeugbetreiber, zum Beispiel einer Airline, ein Triebwerk für einen bestimmten Zeitraum und zu einem vereinbarten Preis zur Verfügung stellt. Die Airline spart sich die Kosten für den Kauf, minimiert Ausfallzeiten und bleibt flexibel.



**Lease-Triebwerke** sind Triebwerke, die nicht gekauft, sondern für einen bestimmten Zeitraum zu einem vereinbarten Preis gemietet werden.



**Kurzzeit-Leasing** von Triebwerken umfasst in der Regel einen Zeitraum von wenigen Monaten bis maximal drei Jahren. Kurzzeit-Leasing bietet sich an, wenn für die Dauer eines Shopvisits ein Ersatztriebwerk benötigt wird.



**Ersatztriebwerke** werden dem Kunden – sofern vertraglich vereinbart – zur Verfügung gestellt, wenn seine eigenen Triebwerke ausfallen oder zur Instandhaltung in den Shop kommen. Der Kunde kann mit dem Ersatztriebwerk sein Flugzeug weiter betreiben und Standzeiten minimieren.

zu finden“, erläutert Forbes. Für Bauteile, die bei der Zerlegung gewonnen, aber beim Aufbau des Triebwerks nicht verwendet werden, gibt es auch Lösungen: Die MTU Maintenance Lease Services verkauft die Gebrauchtteile im Auftrag des Eigentümers weiter. Als Ersatzteihändler kauft und handelt sie auch mit Material und Einzelteilen, die in das weltweite MRO-Netzwerk der MTU eingespeist werden. „Mittlerweile macht das Asset-Management mehr als die Hälfte des Geschäfts der MTU Maintenance Lease Services aus“, resümiert Forbes. Darüber hinaus sind auch Technische Asset-Management-Services (TAMS) gefragt.

Das TAMS-Team berät Airlines beispielsweise bei der Flottenplanung. Forbes: „Unsere Expert:innen können auch Empfehlungen aussprechen, was an einem Triebwerk getan werden muss, bevor es zum Leasinggeber zurückkehrt.“ Flugzeugleasingverträge enthalten in der Regel Klauseln über die Mindestlebensdauer des Antriebs – zum Beispiel 2.000 Zyklen (Starts und Landungen). Ein mögliches Szenario ist, dass aufgrund der von der Fluggesellschaft geplanten Flüge das Triebwerk bei Rückgabe des Flugzeugs keine ausreichende Lebensdauer mehr aufweist und die Fluggesellschaft Strafzahlungen an den Leasinggeber leisten muss. In diesem Fall kann ein geleastes Ersatztriebwerk helfen: Es kann ab dem Zeitpunkt, an dem das Flugzeugtriebwerk seine Mindestlebensdauer erreicht hat, bis zum Ende des Leasingvertrages eingesetzt werden und wird dann durch das Originaltriebwerk ersetzt. Obwohl dies mit den Kosten für zwei Triebwerkswechsel und ein geleastes Ersatztriebwerk verbunden ist, werden die Kosten für teure Shopvisits oder Strafzahlungen vermieden. Ein solches Fachwissen ist besonders für Airlines hilfreich, die selbst nicht alle erforderlichen Expert:innen in ihren Reihen haben.

### Ersatzteile heiß begehrt

Um an gebrauchte Einzelteile für die Instandhaltung oder den Bau von „Green-Time“-Triebwerken zu kommen, sind ausgemusterte Triebwerke eine wahre Fundgrube. „Während der Pandemie waren die Ausmusterungsquoten der Flugzeuge überraschend niedrig“, erklärt Marko Niffka, Experte für MRO Business De-

velopment bei der MTU Aero Engines. „Fluggesellschaften haben – anders als erwartet – ihre Flotten weiter betrieben, da sich die Auslieferung neuer Flugzeuge verzögerte. Dadurch blieben ältere Triebwerke länger im Einsatz und fielen als Quelle für Ersatzteile aus.“ Wurden vor der Pandemie jährlich rund 160 Großraumflugzeuge ausgemustert, sank diese Zahl im Jahr 2021 auf 104 und 2022 auf 97. Obwohl die Ausmusterungsraten inzwischen wieder ansteigen, spürt die gesamte Branche noch die Auswirkungen. Insbesondere für beliebte ältere Triebwerksmodelle, wie das GE90-115, das die Boeing 777 antreibt, oder das CF6-80C2, das unter anderem die Boeing 767 in die Luft bringt, fehlt es an Ersatzteilen und Gebrauchtmaterial.

Dennoch ist es der MTU Maintenance gelungen, Triebwerke für die Zerlegung zu erwerben. Sie ging eine Partnerschaft mit dem niederländischen Unternehmen Aircraft End-of-Life Solutions (AELS) ein, das ausgemusterte Flugzeuge zerlegt: Gemeinsam wurde ein ausrangiertes Flugzeug mit Triebwerken von Virgin Australia gekauft. Während sich AELS um die Flugzeugzelle kümmerte, zerlegten die MTU-Expertenteams die Triebwerke, um an wertvolle Einzelteile zu kommen. Biebel: „Solche Partnerschaften eröffnen der MTU Maintenance neue Märkte, denn Fluggesellschaften wollen oft nicht nur die Triebwerke, sondern auch ihre ausgemusterten Flugzeuge verkaufen.“ Und die MTU-Kunden profitieren so von der Versorgung mit heiß begehrten Ersatzteilen.

#### WEITERE INFORMATIONEN ZUM THEMA:

Die Triebwerksleasing- und Asset-Management-Spezialisten der MTU  
[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.



**Green-Time-Triebwerke** sind Antriebe, die eine bestimmte Restlaufzeit haben, bevor sie zur Instandhaltung in den Shop müssen. Mit dem Leasen von Green-Time-Triebwerken können Airlines und Leasinggeber umfangreiche Reparaturen ihrer eigenen, oft älteren Antriebe vermeiden oder verschieben und so Kosten sparen.



**Asset-Management** ist ein Service, der darauf zielt, den Wert eines Triebwerks zugunsten des Eigentümers zu maximieren. Die Leistungen reichen von der Triebwerksbewertung und Analyse dessen Restwerts, dem Kauf oder Weiter-Verleasen des gesamten Triebwerks bis zum umfassenden Teile-Management.



**Technisches Asset-Management (TAMS)** umfasst die Festlegung des Serviceumfangs, die Planung und Steuerung von Shopvisits, den Austausch von Triebwerken sowie Unterstützung bei der Rückgabe von Leasingtriebwerken und der Überprüfung von Triebwerksunterlagen.



**Teardown** bedeutet, dass ein Triebwerk in seine Einzelteile zerlegt wird, um es zu inspizieren und zu bewerten. Die Zerlegung kann während der Instandhaltung, nach einer bestimmten Anzahl von Flugstunden oder am Ende der Lebensdauer eines Triebwerks erfolgen.

# Auf Knopfdruck Strom

*Aeroderivate sind eine Klasse für sich: Die Industriegasturbinen sind kompakt, leicht und überzeugen mit Schnellstarter-Eigenschaften in der Energieerzeugung.*

**Autorin:** Nicole Geffert



**Vielfältiges Anwendungsspektrum** — Stationäre Gasturbinen werden eingesetzt zur Energieversorgung, als Schiffsantrieb, für Pumpen und Kompressoren auf Ölplattformen sowie für Pipelines.





**Unter Kontrolle** — Nach rund 50.000 Betriebsstunden kommt eine Industriegasturbine zur Grundinstandhaltung in den sogenannten Shop. Hinzu kommen regelmäßige Inspektionen, Fernüberwachung, technische Beratung und Kundens Schulungen.

Für ihren Job brauchen Matthias Witt und sein Team starke Nerven und eine solide Fitness. Denn wenn die MTU-Expert:innen für Industriegasturbinen (IGT) gerufen werden, kann die Reise auf windumtoste Ölplattformen in der Nordsee oder in den feuchtheißen Dschungel Brasiliens führen. Keine Frage, es gibt gemütlichere Arbeitsplätze auf der Welt, aber selten spannendere.

Witt leitet die Bereiche Field Service und Package bei MTU Power, die Marke der MTU Aero Engines für Services und Leistungen im Bereich Industriegasturbinen. Ihr Herz schlägt in Ludwigsfelde, Standort der MTU Maintenance Berlin-Brandenburg. Dort ist seit 1995 die MTU-Expertise für Industriegasturbinen gebündelt. Betreut werden die Modelle der LM™-Baureihe des Herstellers GE Vernova (GE). Bis heute haben die MTU-Spezialist:innen mehr als 1.400 Shopvisits für die Industriegasturbinen vom Typ LM2500™ und LM6000™ geleistet – inklusive Vor-Ort-Services bei den Betreibern.

Ihre internationalen Kunden sind so vielfältig wie das Anwendungsspektrum: Stationäre Gasturbinen werden eingesetzt zur Energieversorgung, als Schiffsantrieb, für Pumpen und Kompressoren auf Ölplattformen sowie für Pipelines. „Die Nachfrage ist stabil hoch“, sagt Henrik Harksen, der bei der MTU für den Verkauf von IGT-Services zuständig ist. Der Bau neuer Terminals für Flüssigerdgas (LNG) und der Umstieg auf erneuerbare Energien wirken sich positiv auf das Geschäft aus. Auf den Meeren sind Fregatten, Kreuzfahrtschiffe und moderne Schnellfähren mit Turbinenpower unterwegs.

### Einsatz auf allen Kontinenten

„Wir haben Kunden auf allen Kontinenten“, sagt Harksen. Deshalb betreibt die MTU weltweit IGT-Service-Center. Zum Netzwerk gehören Standorte in Australien, Brasilien, Thailand, Norwegen,

Deutschland und den USA. Die Field-Service-Teams sind binnen 24 Stunden an jedem Ort auf der Welt. Das ist vor allem dann entscheidend, wenn eine ungeplante Reparatur schnelles Handeln erfordert. Stillstand kostet Geld, von daher ist zuverlässiger Service wichtig.

Doch nicht jeder Einsatz ist ein Notfall: „Wir bieten auch planmäßige Instandhaltungsservices an“, sagt Harksen. Nach rund 50.000 Betriebsstunden kommt eine Industriegasturbine zur Grundinstandhaltung in die Werkstatt, auch Shop genannt. Die IGT-Spezialist:innen der MTU verstehen ihren Job: von der Demontage über Reparaturen bis zur Montage, Installation und Inbetriebnahme. Hinzu kommen regelmäßige Inspektionen, Fernüberwachung und Schwingungsanalysen, technische Beratung und Kundens Schulungen.

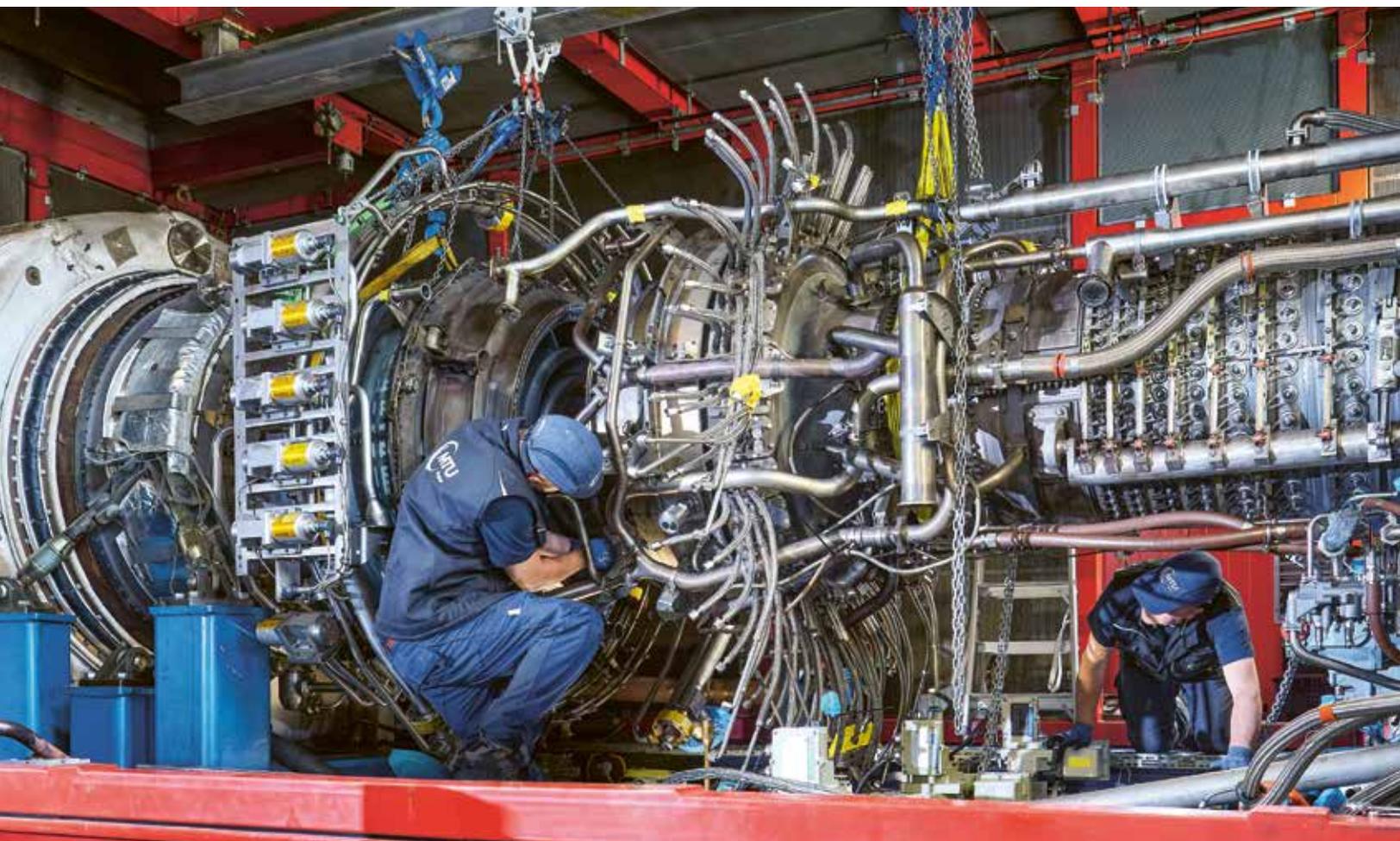
Bei der MTU in Ludwigsfelde steht auch einer der modernsten und größten IGT-Prüfstände der Welt. „Wenn der Betreiber während des Shopvisits eine Ersatzgasturbine benötigt, um einen reibungslosen Betrieb sicherzustellen, können wir mit einer Leasing-IGT weiterhelfen“, sagt Harksen.

Das Know-how der MTU-Expert:innen ist auch gefragt, wenn es um Services für „Packages“ geht. So wird das Gesamtsystem einer Gasturbine genannt, das sämtliche Komponenten umfasst, wie elektrische Generatoren, Regel-, Luft-, Öl- und Feuerlöschsysteme, die Kraftstoffversorgung, eventuell eine Wassereinspritzung zur Stickoxid-Reduzierung sowie andere Komponenten. Witt und sein Team haben beispielsweise ein Gaskraftwerk eines Energieversorgers im Urwald von Manaus in Brasilien komplett umgerüstet – bei 40 Grad Celsius, 95 Prozent Luftfeuchtigkeit und sintflutartigen Regengüssen. Das Resultat: ein zufriedener Kunde und ein erfolgreiches Upgrade einer LM6000.

## IGT-Services auf der ganzen Welt



**Immer verfügbar** — Egal ob Amerika, Asien oder Europa: Die IGT-Expert:innen der MTU Maintenance können ihren Kunden schnell und flexibel zur Seite stehen. Möglich machen dies Service Center in Deutschland (Ludwigsfelde), Brasilien (São Paulo), Australien (Perth), USA (Dallas), Thailand (Ayutthaya) und Norwegen (Mongstad).



**Einsätze der besonderen Art** — Das Field-Service Team der MTU Maintenance ist Extreme gewohnt. Ob sintflutartige Regenfälle, feuchte Hitze im Dschungel oder Stürme auf See – auch unter schwierigsten Bedingungen sind sie für ihre Kunden einsatzbereit.



### Von Flugtriebwerken abgeleitet

Industriegasturbinen werden in Leistungsklassen unterteilt. Die LM-Baureihe ist von verschiedenen Versionen der CF6-Flugtriebwerke abgeleitet, die etwa an der Boeing 747 zum Einsatz kommen. Aeroderivate werden diese Gasturbinen genannt, die zur leichten Bauart der Industriegasturbinen gehören. Sie funktionieren nach dem gleichen Prinzip wie ihre fliegenden Verwandten. Im Vergleich zum Flugtriebwerk haben sie aber keine Fans, genutzt wird die Rotationsenergie, die dann in elektrische Energie oder mechanischen Antrieb umgewandelt wird.

Grundverschieden zur Luftfahrtbranche sind die Kundenstrukturen. „Der IGT-Markt ist stark fragmentiert“, sagt Daniel Giesecke, Experte für Strategie- und Marktanalysen bei der MTU Aero Engines. „Während Fluggesellschaften oft Dutzende baugleicher Triebwerke ordern, kaufen IGT-Kunden meist nur ein Exemplar oder wenige Gasturbinen.“

Seit 1981 wird die LM2500 bei der MTU instand gehalten. Sie ist die am weitesten verbreitete Gasturbine in der Leistungsklasse von 20 bis 25 Megawatt. Die leistungsgesteigerten Versionen erzielen bis nahezu 37 Megawatt. Mehr als die Hälfte dieser Kraftpakete kommt in der Öl- und Gasindustrie zum Einsatz.

Die „große Schwester“, die LM6000, wird mit einer Leistung von bis zu 54 Megawatt zu rund 90 Prozent in der Stromerzeugung verwendet. Beide Aeroderivate zeichnen sich durch einen hohen Wirkungsgrad von mehr als 40 Prozent aus. Sie sind leicht, kompakt und effizient. Im Vergleich dazu werden Heavy-Duty-Turbinen der schweren Bauart zugeordnet. Diese Turbinen sind speziell für den stationären Dauerbetrieb in großen Kraftwerken konzipiert und erzielen eine Leistung von bis zu 340 Megawatt.

### Schnellstarter-Eigenschaften

Allerdings sind Heavy-Duty-Turbinen nicht so flexibel wie Aeroderivate, die in der Energieerzeugung nicht mehr wegzudenken sind. „Aeroderivate können schnell hoch- und runtergefahren werden, um so auf Schwankungen in der Stromnachfrage zu reagieren“, sagt Giesecke. „Damit spielen sie gerade in Zeiten, in denen der Anteil erneuerbarer Energien wächst, eine wichtige Rolle.“

Da mal mehr, mal weniger Wind weht und die Sonne auch nicht immer scheint, müssen Stromnetze mit Erzeugungsmengen umgehen können, die nie einer konstanten Last entsprechen. Besonders kritisch sind sogenannte Dunkelflauten, wenn es weder windig noch sonnig ist. „Um eine sichere Stromversorgung zu

gewährleisten, werden Peaker-Kraftwerke benötigt“, sagt Giesecke. „Peaker werden bei hohem Strombedarf, dem sogenannten Spitzenbedarf, eingeschaltet. Hierfür sind Aeroderivate mit ihren Schnellstarter-Eigenschaften bestens geeignet.“ In nur wenigen Minuten lassen sich die LM2500 und die LM6000 auf Maximalleistung hochfahren und liefern Strom quasi auf Knopfdruck.

Das zeigt ihre Verwandtschaft zu Flugtriebwerken, die beim Start maximale Schubkraft erreichen müssen. „Peaker-Kraftwerke werden als Ergänzung zu Grundlastkraftwerken eingesetzt, die Strom und auch Fernwärme konstant liefern, aber weniger flexibel sind“, sagt Giesecke. Da sie nicht im Dauereinsatz sind, kommen „Peaker“ auf maximal 1.000 Betriebsstunden im Jahr. Bis zu 30 Jahre können diese Industriegasturbinen im Einsatz sein.

### Wasserstofffähige Gaskraftwerke

Auch die Zukunft der Industriegasturbinen ist eng gekoppelt mit dem Ziel der Dekarbonisierung. Um CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Energieversorgung zu reduzieren, soll zunehmend Wasserstoff als alternativer Brennstoff eingesetzt werden. Wasserstofffähige Gaskraftwerke sind im Kommen – teils werden sie neu gebaut, teils umgerüstet. Sie sollen immer dann eine sichere Stromversorgung gewährleisten, wenn Wind und Sonne gerade pausieren. Giesecke: „Solange wir einen Engpass bei der Wasserstoffversorgung haben, soll Wasserstoff zukünftig mit Erdgas gemischt und verbrannt werden, um Industriegasturbinen anzutreiben.“

Ob die Umstellung auf hundert Prozent Wasserstoff gelingt, hängt auch davon ab, ob künftig ausreichend klimaneutraler Wasserstoff zur Verfügung steht. Diese Herausforderung teilt die IGT-Branche mit der Luftfahrt, die auf dem Weg zum emissionsfreien Fliegen auf nachhaltige Kraftstoffe und ebenfalls „grünen“ Wasserstoff setzt.

#### WEITERE INFORMATIONEN ZUM THEMA:

MTU Power ist die Marke der MTU Aero Engines für Services und Leistungen im Bereich Gasturbinen.

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



#### AUTORIN:



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



## Ein Einsatz der besonderen Art

Myanmar ist seit einem Militärputsch im Februar 2021 ein Land im erklärten Ausnahmezustand. Gelegen in Südostasien, grenzt der Staat an Thailand, Laos, China, Indien und Bangladesch. Unter strengen Sicherheitsauflagen hat dort im vergangenen Jahr ein Team aus Field-Service-Technikern des thailändischen MTU Maintenance Service Centre Ayutthaya, des MTU Maintenance Service Centre Australia sowie der MTU Maintenance Berlin-Brandenburg gemeinsam einen Einsatz durchgeführt.

Arbeitsplatz war ein Kraftwerk in Yangon (ehemals Rangun). Fünfzig Prozent der gesamten Energieversorgung der Stadt laufen darüber – dementsprechend war der Druck hoch. Möglich sind diese Einsätze nur, wenn es eine interne Reisefreigabe der MTU – basierend auf der Sicherheitslage – gibt und sich Freiwillige finden. Denn die Sicherheit der Mitarbeiter:innen steht immer im Vordergrund.

Während der Regenzeit, bei extremer Hitze und hoher Luftfeuchtigkeit meisterte das Team in fünfzehn Tagen so manche Widrigkeit, um den Strom nach Yangon zurückzubringen. „Durch einen Erdbeben in Myanmar auf dem Weg zur Anlage musste alles Material vom großen Laster auf kleine Pick-ups verladen und durch den Dschungel gefahren werden. Unseren ersten Tag haben wir damit verbracht, das verschmutzte und teils beschädigte Werkzeug zu säubern, zu sortieren und wieder funktionsfähig zu bekommen“, erzählt Marvin Kuhlbrodt, Field Service Mechaniker bei der MTU Maintenance Berlin-Brandenburg.

Es folgte der Ausbau der IGT, die über Umwege auf Grund eines kreuzenden Flusses, zum Workshop auf der Anlage gefahren wurde. Trotz der Umstände gelang dem Team an der Niederdruckturbinen „eine der größtmöglichen Reparaturen, die außerhalb des Shops durchführbar sind“, so Kuhlbrodt. Dazu waren auch weitere Ersatzteile aus Deutschland nötig, die innerhalb von fünf Tagen zunächst per Luftfracht nach Bangkok versendet und dann per Kurier in den Workshop geliefert wurden.

# Zweiter Frühling für das EJ200

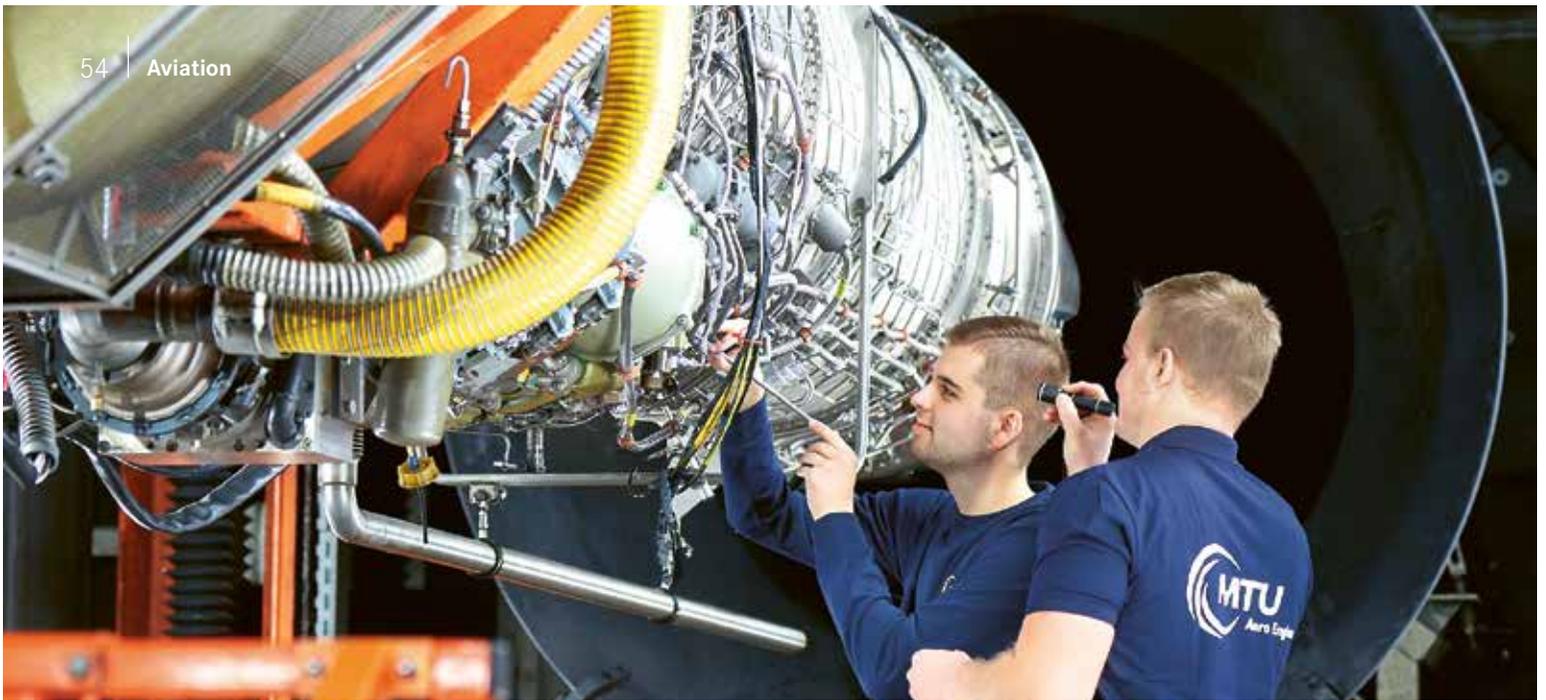
*Dank neuer Aufträge nimmt die Serienfertigung des Eurofighter-Antriebs noch mal Fahrt auf.*

**Autor:** Patrick Hoeverler





**Weit entfernt vom Ende** — Fast 1.500 EJ200-Antriebe haben die vier Partnernationen bisher gebaut und die Serienfertigung ist noch längst nicht am Ende. Auch dank neuer Regelung bleibt das moderne Kampfflugzeugtriebwerk fit für die kommenden Jahrzehnte.



**Breite MTU-Beteiligung** — Im Rahmen ihres Programmanteils von 30 Prozent fertigt die MTU ihre Komponenten Hoch- und Niederdruckverdichter sowie die Regelung für alle Antriebe, und besitzt wie jede Partnernation eine eigene Endmontagelinie.

Was ist besser als viel Leistung? Normalerweise noch mehr Leistung, aber beim Triebwerk des Eurofighters scheint dieser Grundsatz überflüssig. Von Anfang an erfüllte das EJ200 seine Schubvorgaben und lässt bis heute selbst bei den anspruchsvollsten Pilot:innen keine Wünsche offen – und das schon seit mehr als 20 Jahren. Mit seiner Indienstellung im Jahr 2003 begann eine neue Ära im Bau von Kampfflugzeugtriebwerken. Zum ersten Mal taten sich mit MTU Aero Engines, Rolls-Royce, Avio Aero und ITP Aero gleich vier europäische Partner zusammen, um mit dem Antrieb des neuen Jägers einen Schublieferanten zu entwickeln, der bis heute state-of-the-art ist. Im Vergleich zum Vorgänger RB199 des Tornados bringt das in der ähnlichen Schubklasse angesiedelte EJ200 ein deutlich besseres Schub-Gewicht-Verhältnis aufs Parkett. Möglich machte das ein wahrer Technologiesprung, von dem auch die MTU bis heute profitiert.

### Durchbruch im Verdichterbereich

Zum Zeitpunkt der Entwicklung des EJ200 in den 1990er-Jahren war die MTU im zivilen Bereich vor allem als Produzent für

Niederdruckturbinen bekannt, doch dies sollte sich bald ändern. Im Eurofighter-Antrieb war man erstmals auch für den Niederdruckverdichter verantwortlich. Aufgrund der gemachten Erfahrungen tüftelten die MTU-Ingenieur:innen dann an einem Technologie-Demonstrator für den zivilen Hochdruckverdichter und bekamen die Chance, ihn im PW6000-Triebwerksprogramm des strategischen Partners Pratt & Whitney einzusetzen. „Der Hochdruckverdichter ist eigentlich ein Kernmodul, das ein Hersteller nur ungern an andere übergibt. Der Hochdruckverdichter des PW6000 war für uns die Eintrittskarte in diesen wichtigen Bereich“, sagt Christian Koehler, Chefingenieur des EJ200 bei der MTU. „Unser heutiger Anteil an zivilen Triebwerken gründet sich damit auch auf dem Knowhow, das wir uns ursprünglich im EJ200 erarbeitet haben.“

Pionierarbeit leisteten die Ingenieur:innen beim Verdichter auch mit der Einführung der sogenannten Blinks. Diese fixe Schaufel-Scheiben-Kombination sorgt für höhere Leistung bei geringerem Gewicht – und gehört heute zum Standard in modernen

## EJ200

Das EJ200 ist das Ergebnis der Zusammenarbeit eines internationalen europäischen Konsortiums (EUROJET Turbo GmbH), bestehend aus MTU, Rolls-Royce, Avio Aero und ITP Aero. Als eines der fortschrittlichsten Triebwerke seiner Klasse wird es als Antrieb im Eurofighter und dessen Exportversion Typhoon eingesetzt. Mit einem Produktionsanteil von etwa 30 Prozent trägt die MTU einen wesentlichen Teil zum Eurofighter-Triebwerk bei.



20.000 lbf

Max. Schub  
mit Nachbrenner

ca. 4 m  
Länge

13.500 lbf

Max. Schub  
ohne Nachbrenner

ca. 1.000 kg  
Gewicht

0,4:1

Nebenstrom-  
verhältnis

26:1

Druckverhältnis

Verdichtern. Im EJ200 fanden sich erstmals solche „Blade Integrated Disks“ in ganzen sechs Verdichterstufen.

### Fast 1.500 Antriebe im Dienst

Inzwischen haben die vier Partner nahezu 1.500 Triebwerke gebaut und an die Kernnationen Deutschland, Großbritannien, Italien und Spanien sowie Exportkunden ausgeliefert. Im Rahmen ihres Programmanteils von rund 30 Prozent fertigt die MTU ihre Komponenten Hoch- und Niederdruckverdichter sowie die Regelung für alle Antriebe und besitzt wie jede Partnernation eine eigene Endmontagelinie für die Triebwerke.

Fragt man einen Piloten, egal aus welchem Land, womit er beim Eurofighter besonders zufrieden ist, so wird oft der Antrieb hervorgehoben. MTU-Experte Norbert Schmette von der EJ200-Flugerprobung in Manching weiß, warum: „Die Pilot:innen müssen sich nämlich nicht um das Triebwerk kümmern und können sich ganz auf ihre Mission konzentrieren. Sie loben außerdem die hohe Leistung und die guten Beschleunigungsraten des Triebwerks.“ Die einfache Handhabung war eines der klaren Entwicklungsziele: Der Flugzeugführer gibt nur noch den Schub über seinen Hebel vor, alles andere übernimmt die ausgeklügelte Regelung. Dieses Prinzip ist geblieben, auch wenn im Laufe der Zeit viele Modifikationen ihren Weg ins Flugzeug gefunden haben. Anfangs als reiner Luftüberlegenheitsjäger ausgelegt, bekam der Eurofighter immer mehr Fähigkeiten. „Trotzdem erfüllt das Triebwerk von seiner Grundauslegung her auch heute noch die Anforderungen an die erweiterten Missionspro-

file des Waffensystems“, meint Thomas Lippert, Senior Service Engineer bei der MTU.

### Leistung immer noch top

So können die Betreiber aufgrund der vorhandenen, hohen Leistung das Flugzeug mit mehreren Tonnen Außenlasten bestücken: Selbst wenn es mehr als 23 Tonnen statt den normalen elf Tonnen auf die Waage bringt, fliegt es sich immer noch wie ein Jäger. Aber auch der Einbau neuer Geräte mit höherem Energiebedarf, wie einem Radar mit elektronischer Strahlschwenkung, stellt Herausforderungen dar. Vom Triebwerk wird über das Getriebe mehr Leistung abgefordert. Eine Flugtestkampagne über der Nordsee im Tiefflug mit Überschall hat indes gezeigt, dass das EJ200 in dieser Hinsicht immer noch genug Reserven aufweist.

Genauso positiv sind die Erfahrungen im Bereich der Instandsetzung. Aktuell liegt die Ausfallrate bei knapp einem Vorfall pro 1.000 Flugstunden – ein ausgesprochen guter Wert für ein Muster in dieser Leistungsklasse. Der beim Design ursprünglich angestrebte Spezifikationswert wird damit deutlich übertroffen. Das EJ200 hat insgesamt sehr lange Instandhaltungsintervalle und kommt oft erst beim Überschreiten der spezifizierten Lebensdauer einzelner Komponenten oder bestimmter Grenzwerte in den Shop. „Manche Triebwerke erreichen Zuverlässigkeitswerte, an die selbst zivile Antriebe kaum herankommen. Einige nähern sich den 2.000 Flugstunden – und haben noch keine grundlegende Überholung erfahren“, sagt Lippert.



**Teamwork** — Die Instandhaltung des EJ200 erfolgt bei der MTU Aero Engines in ihrem Betriebsteil Erding.



**Als sich Schaufel und Scheibe fanden** — Die MTU-Ingenieur:innen leisteten mit der Einführung sogenannter „Blade Integrated Disks“ (Blisks) Pionierarbeit. Im EJ200 fanden sich erstmals solche in ganzen sechs Verdichterstufen.

Diese Schaufeln und Scheiben aus einem Stück sind längst nicht mehr aus Flugtriebwerken wegzudenken. Die Hochtechnologie-Bauteile sind zum einen platzsparender und wiegen weniger als konventionelle Rotoren mit Einzelschaufeln, zum anderen ermöglichen sie bessere Schaufel-Aerodynamiken und verringern obendrein auch noch den Montageaufwand. Die Folge: Triebwerke werden insgesamt kompakter, leichter, und verbrauchen weniger Kraftstoff.

### Einzigartiges Modell bei der Instandsetzung

Derzeit betreut die MTU neben den über 300 Triebwerken der deutschen Luftwaffe auch die Triebwerke des Österreichischen Bundesheeres und – im Export – die MTU-Module der Exportnationen. Bei den Triebwerken der deutschen Luftwaffe macht sie das nicht alleine, sondern mit der Bundeswehr zusammen. Das EJ200 hat mit der „Instandsetzungskooperation Triebwerk“ eine weitere neue Ära eingeleitet. Früher hielten Industrie und Streitkräfte jeweils eigene Instandhaltungsfähigkeiten vor. Aufgrund der im Vergleich zu früher geringeren Flottengröße beim Eurofighter ließen sich parallele Kapazitäten allerdings nicht wirtschaftlich darstellen. Also gingen die Bundeswehr und die MTU 2002 als erste eine wegweisende Partnerschaft ein.

Die Instandsetzung erfolgt seither unter der Führung der Industrie, wobei immer Soldat:innen in die verschiedenen Arbeitsbereiche und Schlüsselstellen bei der MTU integriert sind. Auf diese Weise entsteht ein direkter Draht zu den Einsatzverbänden sowie ein Austausch über die Prozesse. „So konnten wir einen optimalen Instandsetzungsprozess aufsetzen, der die Erfahrungen von beiden Seiten berücksichtigt“, erläutert Stefan Burger, Leiter der MTU-Auftragsteuerung Instandsetzung EJ200/RB199. Das Modell war so erfolgreich, dass später weitere Programme, etwa der Hubschrauberantrieb MTR390, folgten.

### Fertigung nimmt noch mal Fahrt auf

Nach der Auslieferung der letzten Serientriebwerke an die Kernnationen im Jahr 2019 lag der Fokus deutlich auf der Instandsetzung. Vor nicht mal zwei Jahren schien es, als ob die Serienfertigung kompletter EJ200-Antriebe langsam auslaufen würde und nur noch Ersatzteile für die Instandsetzung der vorhandenen Flotte hergestellt werden müssten. Nun aber hat sich die Situation gedreht und das Eurofighter-Triebwerk erlebt einen neuen Frühling – auch dank der jüngsten Aufträge aus Deutschland und Spanien sowie weiterer Absichtserklärungen für künftige Käufe aus dem Ausland. Ent-

sprechend wichtig ist das Programm für die MTU: „Das EJ200 trägt immer noch einen erheblichen Anteil am jährlichen militärischen Umsatz der MTU und steckt noch mitten im Lebenszyklus“, erklärt Martin Majewski, MTU-Programmlieferer für das EJ200 und RB199. „Wir haben noch neue Serienlieferungen vor uns und gleichzeitig eine inzwischen relativ große Flotte, die fliegt und mit Ersatzteilen und Services unterstützt werden muss.“

Das Gleiche gilt natürlich für den Eurofighter als eine Säule der europäischen Luftverteidigung. Die Luftwaffe plant den Betrieb bis ins Jahr 2060 hinein und das Muster wird weiterhin gekauft. So hat sich Spanien gerade für ein zweites Los entschieden. Und auch die Luftwaffe hat im Quadriga-Programm nachbestellt, eventuell mit Potenzial für eine weitere Aufstockung: „Die F-35 Lightning II kann nicht alle Rollen des Tornados übernehmen, so dass hier noch Möglichkeiten für weitere Eurofighter liegen“, meint Majewski. Denkbar wäre auch eine Mischung aus bemannten und unbemannten Fluggeräten. „Hier könnte eventuell die Tranche 5 des Eurofighters ins Spiel kommen, die als Bindeglied die Steuerung der unbemannten Waffensysteme übernimmt“, ergänzt Wolfgang Sterr, Senior Manager EJ200/RB199 Programme & Export. Zudem laufen im Exportbereich mehrere Kampagnen, wie etwa in Saudi-Arabien: „Der Eurofighter ist noch lange nicht am Ende seiner Serienproduktion. Diese geht noch mindestens bis 2029, eventuell noch länger“, ist sich der MTU-Experte sicher.

### Neue Regelung im Anflug

Dabei verhält sich das Triebwerk laut Sterr weiterhin sehr stabil im Eurofighter: „Wir haben nur minimale Modifikationen eingeführt, weil es einfach extrem gut funktioniert.“ Aktuell steht nur eine größere Änderung an – nicht aufgrund fehlender Leistungen, sondern schlicht wegen der mangelnden Verfügbarkeit elektronischer Bauteile, die die weitere Herstellung und die Instandsetzung des existierenden Triebwerksreglers zunehmend schwierig macht. Daher setzt die MTU die Regelung derzeit komplett neu



## Eurofighter

Wie das EJ200-Programm ist auch das Eurofighter-Programm ein Konsortium, das sich auf die Stärke derselben vier Nationen stützt: Großbritannien, Deutschland, Italien und Spanien – und entsprechend deren führenden Luftfahrt- und Verteidigungsunternehmen: BAE Systems, Airbus und Leonardo. Diese drei Unternehmen sind Anteilseigner einer gemeinsamen Holdinggesellschaft für das Projektmanagement, der Eurofighter Jagdflugzeug GmbH (Eurofighter).

auf, um auch in Zukunft entsprechende Systeme liefern und in-standsetzen zu können.

Für die New Generation Fighter Engine (NGFE), das Triebwerk für das europäische Kampfflugzeug der nächsten Generation, das im Rahmen des Future Combat Air System (FCAS) entsteht, liefert diese neue Digital Engine Control and Monitoring Unit (DECMU-NG) zwar technologische Grundlagen, aber hier wird in Zusammenarbeit mit Safran Aircraft Engines ein komplett neues Regler-System entstehen.

Der neue Antrieb soll in einer deutlich höheren Schubklasse angesiedelt sein, ein besseres Schub-Gewicht-Verhältnis haben und Stealth-Eigenschaften aufweisen. Dazu ist ein weiterer Technologiesprung nötig. Hier profitiert die MTU von der technologischen Basis, die man sich beim Eurofighter-Antrieb und in den folgenden Programmen erarbeitet hat – auch im Bereich der digitalen Steuerung. „Wir hätten heute keine Regler-Technologie in der MTU, wenn es kein EJ200 gegeben hätte“, konstatiert Majewski. Und weiter: „Wir sind damit erst gewachsen. Diese Fähigkeiten werden wir, zumindest anteilig, auch bei NGFE nutzen.“ Möglicherweise werden sich die Fortschritte, die mit dem neuen militärischen Antrieb gemacht werden, dann auch irgendwann in künftigen zivilen Programmen wiederfinden – genauso wie die Blisks, die beim EJ200 das erste Mal zum Einsatz kamen und heute auch aus zivilen Antrieben nicht mehr wegzudenken sind. Majewski: „Da war das EJ200 ein Vorreiter mit entsprechendem Spin-off in die zivile Flugzeugwelt.“ Somit schließt sich ein Kreis, während ein neuer beginnt.

#### AUTOR:



**Patrick Hoeveler** ist freiberuflicher Luftfahrtjournalist und unter anderem für die FLUG REVUE tätig.



**Europaweit einmalig** — MTU-Mitarbeiter:innen und Soldat:innen der Bundeswehr arbeiten bereits seit über zwei Jahrzehnten bei der EJ200-Instandsetzung zusammen.



5,28 m

Höhe

15,96 m

Länge

10,95 m

Spannweite

Mach 2,0

Max. Geschwindigkeit

> 55.000 Fuß

Flughöhe

#### Schneller als der Schall – ohne Nachbrenner

Der Eurofighter ist ein einsitziges und allwetterfähiges Mehrzweckkampfflugzeug. Er kann im Einsatz in der Luftverteidigungs- (Luft/Luft) und in der Luftangriffs-Rolle (Luft/Boden) genutzt werden. Der Mehrzweckkampffjet wird von zwei EJ200-Triebwerken des Konsortiums Eurojet angetrieben. Im Gegensatz zum Tornado startet der Eurofighter im normalen Flugbetrieb ohne Nachbrenner. Dies senkt die Lärmbelastigung an den Flugplätzen der Luftwaffe. Der Eurofighter kann auch ohne Nachbrenner in den Überschallbereich beschleunigen und über längere Zeit mit Überschall fliegen. Über diese Möglichkeit, die mit „Supercruise“ bezeichnet wird, verfügen zurzeit nur wenige Kampfflugzeuge auf der Welt.

**Im Gespräch** — *Fabian Donus vom MTU-Technologiemanagement über das Potenzial von Sustainable Aviation Fuels.*



# Ohne SAF geht es nicht

*Wenn es um eine klimaneutrale Luftfahrt geht, führt kein Weg an Sustainable Aviation Fuels vorbei. Fabian Donus vom MTU-Technologiemanagement erklärt warum.*

**Autorin:** Nicole Geffert



**AEROREPORT: Herr Donus, nachhaltige Kraftstoffe, auch bekannt als Sustainable Aviation Fuels (SAFs), sind ein zentrales Thema in der Luftfahrt. Was sind ihre Merkmale?**

**Fabian Donus:** Auch SAFs können schon heute im Luftverkehr eingesetzt werden, denn sie erfüllen die gleichen Standards. Allerdings haben sie eine deutlich geringere Klimawirkung als Kerosin aus fossilen Quellen. Die Logik hinter SAF ist, dass das im Flug emittierte CO<sub>2</sub> bei der Herstellung des Kraftstoffs wieder zurückgeführt wird und so ein möglichst geschlossener CO<sub>2</sub>-Kreislauf entsteht. Hierfür muss das CO<sub>2</sub> der Atmosphäre vorher bestmöglich entnommen worden sein. Ein weiterer positiver Effekt ergibt sich dadurch, dass bei der Verbrennung von SAFs weniger Rußpartikel entstehen. Diese sind mitverantwortlich für die Entstehung von Kondensstreifen, die wiederum neben CO<sub>2</sub> und Stickoxiden zur Erderwärmung beitragen. Heutige SAF-Herstellverfahren basieren entweder auf Biomasse oder erneuerbaren Energien und CO<sub>2</sub>. Die tatsächlich eingesetzte Menge ist derzeit jedoch noch viel zu gering.

*„Eine Erhöhung des SAF-Anteils im Kraftstoff hat großes Potenzial, die Klimawirkung zu reduzieren.“*

**Fabian Donus,**

*Leiter Technologiemanagement der MTU Aero Engines*

**AEROREPORT: Wie viel SAFs benötigt die Luftfahrt?**

**Donus:** Grundvoraussetzung für eine klimaneutrale Luftfahrt bis 2050 ist die flächendeckende Einführung von SAF in der Bestandsflotte. Flugzeuge, die heute und in den nächsten Jahren in Dienst gestellt werden, nutzen weiterhin kerosinbetriebene Gasturbinen. Nur mit SAF kann die Klimawirkung dieser Flugzeuge signifikant reduziert werden. Heutige Prognosen gehen von einem Bedarf von etwa 600 Millionen Tonnen pro Jahr aus. Derzeit können allerdings nur etwa 0,1 Prozent des weltweiten Treibstoffbedarfs der Branche durch nachhaltige Kraftstoffe gedeckt werden. Aus diesem Grund

hat die Europäische Union (EU) die Gesetzesinitiative ReFuelEU Aviation verabschiedet. Sie sieht einen Mindestanteil von SAFs für alle Flüge von EU-Flughäfen vor. Laut ReFuelEU Aviation müssen Kraftstoffanbieter sicherstellen, dass der Anteil von SAFs ab 2025 bei zwei Prozent, 2030 bei sechs Prozent und 2050 bei 70 Prozent liegt. Für synthetische Kraftstoffe gilt ab 2030 eine Quote von 1,2 Prozent, die bis 2050 auf 35 Prozent erhöht wird. Auch in anderen Ländern gibt es Bestrebungen, den SAF-Anteil zu erhöhen. In den USA setzt man vor allem auf Anreize mit dem Inflation Reduction Act. Hier erhalten Kraftstoffanbieter Steuervergünstigungen, wenn sie SAF vertreiben. Ziel aller Maßnahmen ist es, einen verbindlichen Rahmen zu schaffen, der die Nachfrage ankurbeln soll. SAFs sind auch deshalb noch keine echte Alternative am Markt, weil sie deutlich teurer sind als fossiles Kerosin.

**AEROREPORT: Wie können diese Quoten erreicht werden?**

**Donus:** Die Branche muss sehr schnell die erforderlichen Produktionsmengen erreichen. Interessant sind vor allem synthetische Kraftstoffe, sogenannte E-Fuels, die aber

noch gar nicht auf dem Markt erhältlich sind. Die Herstellverfahren sind zwar entwickelt und zugelassen, aber es gibt weltweit nur sehr wenige Demonstrationsanlagen. Nach einer Analyse des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung sind bis 2035 rund 60 neue E-Fuel-Projekte geplant, von denen etwa nur ein Prozent mit einer finalen Investitionsentscheidung gesichert ist. Ein einzelnes Vorhaben im industriellen Maßstab erfordert jedoch die Investition mehrerer Milliarden Euro. Kein Produzent wird eine solche Anlage bauen, ohne sicher zu sein, dass der Kraftstoff auch langfristig nachgefragt wird. Dann ist natürlich auch die Erfüllung der Quote in Gefahr.

**AEROREPORT: Welche SAF-Herstellverfahren sind bereits zugelassen?**

**Donus:** SAFs werden derzeit überwiegend aus biogenen Reststoffen hergestellt. Es gibt verschiedene zertifizierte Herstellverfahren, die auf unterschiedlichen Rohstoffen und Prozessen basieren. Ein bekanntes Verfahren, über das heute nahezu das gesamte Volumen erzeugt wird, ist die Hydrierung pflanzlicher oder tierischer Fette und Öle zu Paraffinen, auch bekannt als Hydroprocessed Esters and Fatty Acids (HEFA). Durch die Nutzung anderer zugelassener Verfahren, die wiederum andere Biomassen verarbeiten, kann die SAF-Menge maximiert werden. Natürlich immer unter der Prämisse, nicht in Konkurrenz zur Nahrungsmittelherstellung zu stehen. Eine nachhaltige Versorgung der globalen Flugzeugflotte ist unter Einhaltung dieser Randbedingungen damit aber nicht möglich.

**AEROREPORT: Als sehr vielversprechendes Verfahren gilt Power-to-Liquid (PtL). Warum?**

**Donus:** Beim PtL-Verfahren wird Wasserstoff mit Strom aus erneuerbaren Energien, wie Wind-, Wasser oder Solarkraft, erzeugt, mit CO<sub>2</sub> zu Kohlenwasserstoffen synthetisiert und zu Flüssigkraftstoff aufbereitet. Um einen CO<sub>2</sub>-neutralen Kreislauf erreichen zu können, muss das CO<sub>2</sub> vorab der Atmosphäre entnommen werden. Die Herstellung großer Mengen synthetischer Kraftstoffe ist also vor allem in Regionen mit viel Wind und Sonne

sinnvoll. Einer Abschätzung des Think Tanks Bauhaus Luftfahrt zufolge würde weniger als ein Prozent der globalen Wüstenfläche ausreichen, um den weltweiten Bedarf der Luftfahrt an grüner Energie zur Herstellung synthetischer Kraftstoffe zu decken. Um PtL-Verfahren im industriellen Maßstab wirtschaftlich anbieten zu können, werden kurzfristig große geförderte Demonstrationsanlagen benötigt, mit deren Hilfe Erfahrungen über das optimale Zusammenspiel der einzelnen Verfahrensschritte gesammelt werden können. Für den Markthochlauf müssen auch ausreichend „grüner“ Strom und CO<sub>2</sub> verfügbar sein, bestmöglich aus nachhaltiger Quelle.

**AEROREPORT: Flugzeuge dürfen bereits mit SAF fliegen, aber nicht zu hundert Prozent. Warum nicht?**

**Donus:** Wir müssen hier zwischen sogenannten „Drop-in“- und „Non-drop-in“-Kraftstoffen unterscheiden. „Drop-in“-Kraftstoffe können bereits heute ohne technische Anpassungen an Triebwerk, Flugzeug und Flughafeninfrastruktur getankt werden. Sie werden mit mindestens 50 Prozent herkömmlichem Kerosin gemischt, da dieses Stoffe enthält, die heute noch für einen sicheren Betrieb benötigt werden. Hierzu zählen Aromaten. Das sind organische Verbindungen, die die Schmierfähigkeit, Dichte und Materialverträglichkeit des Flugkraftstoffs verbessern. Notwendig werden sie bei speziellen Dichtungen in Triebwerken, damit diese aufschwellen. Die meisten SAFs sind aromatenfrei und in einer reinen hundert Prozent Variante aktuell „non-drop-in“.



### **AEROREPORT: Welchen Nachteil haben Aromaten?**

**Donus:** Aromaten führen infolge des Verbrennungsprozesses im Triebwerk zur vermehrten Bildung von Rußpartikeln. Diese wiederum dienen als Kondensationskeime für Wasser, das dann zu Eiskristallen gefriert. Unter bestimmten Bedingungen bilden sich langlebige Kondensstreifen. Deren signifikante Klimawirkung ist ja bekannt.

### **AEROREPORT: Erste Untersuchungen zeigen, dass SAFs die Bildung von Kondensstreifen deutlich reduzieren.**

**Donus:** Und damit kann auch die Wirkung der sogenannten Nicht-CO<sub>2</sub>-Effekte reduziert werden. Dies ist gerade auf den bereits erwähnten geringeren Aromatengehalt im Vergleich zu fossilem Kerosin zurückzuführen. Flugtests des DLR haben gezeigt, dass eine Reduktion der Partikelanzahl auch die Eiskristallzahl reduziert. Eine Erhöhung des SAF-Anteils im Kraftstoff hat daher großes Potenzial, die Klimawirkung zu reduzieren. Die nächste Triebwerksgeneration wird schon, wie von allen Herstellern prognostiziert, ohne Aromaten auskommen.

### **AEROREPORT: Doch auch wenn künftige Triebwerke ohne Aromaten auskommen, werden noch ältere Flugzeuge im Einsatz sein, die auf Kraftstoff mit Aromaten angewiesen sind.**

**Donus:** Genau, denn Flugzeuge haben eine Lebensdauer von 25 Jahren und mehr. Ein Flugzeug, das heute in Betrieb genommen wird, fliegt also noch im Jahr 2050 und darüber hinaus. In den kommenden Jahrzehnten werden wir somit einen Mix aus älteren und neuen Maschinen am Himmel sehen. Deshalb ist meine Einschätzung: Das erste hundertprozentige SAF wird nicht frei von Aromaten sein.

### **AEROREPORT: Welche Technologien könnten zusätzlich zur Reduzierung der Klimawirkung beitragen?**

**Donus:** Um synthetische Kraftstoffe nachhaltig zu produzieren, muss das für ihre Herstellung benötigte CO<sub>2</sub> der Atmosphäre entzogen werden. Hier kommt die Carbon-Capture-Technologie ins Spiel, die der Atmosphäre CO<sub>2</sub> entnimmt. Dieses CO<sub>2</sub> wird dann im Falle von SAF bei der Herstellung des Kraftstoffs zurückgeführt. Da bereits heute die absolute Menge an CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre zu hoch ist, wird allgemein auch über die langfristige Speicherung in Lagerstätten nachgedacht.

### **AEROREPORT: Das soll aber nicht die Entwicklung technologischer Innovationen in der Luftfahrt ausbremsen?**

**Donus:** Nein, auf keinen Fall. Es muss auch zukünftig weiter an der Reduzierung des Energieverbrauchs sowie der Klimawirkung

## **Kurzvita**

Fabian Donus



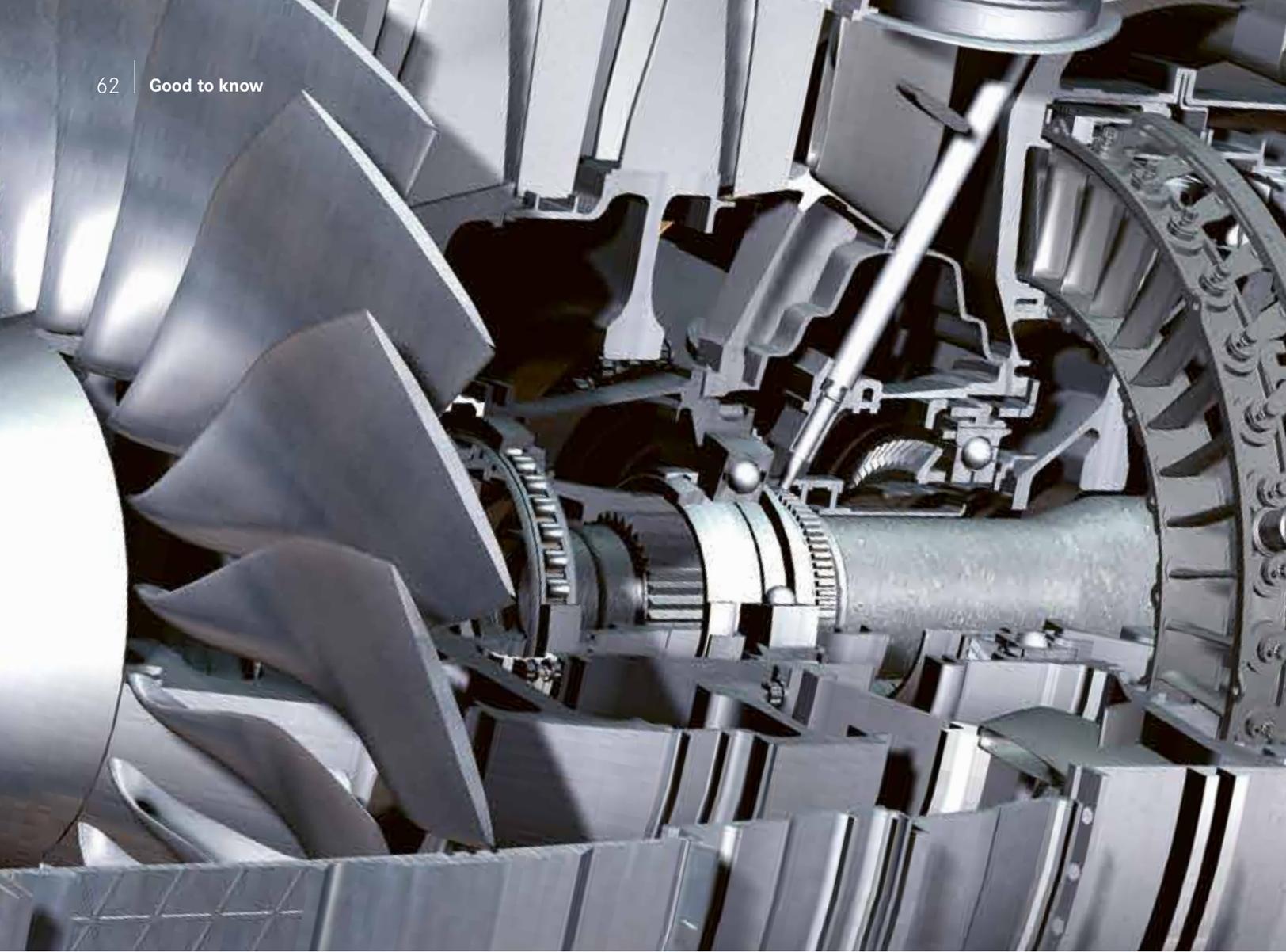
*Bevor Fabian Donus 2008 zur MTU Aero Engines kam, studierte er Luft- und Raumfahrttechnik an der Universität Stuttgart. 2019 wechselte er ins Innovationsmanagement und setzte sich intensiv mit den Themen Klimawirkung und nachhaltige Luftfahrt auseinander. Seit Anfang 2024 leitet er das Technologiemanagement der MTU.*

von Luftfahrtantrieben gearbeitet werden. Vor allem in Zeiten, in denen die Menge an verfügbarer grüner Energie begrenzt ist, ist es wichtig, möglichst wenig davon einsetzen zu müssen. Weiterhin wird der Energieverbrauch immer einen signifikanten Einfluss auf den Preis haben. Wir sind also auf technologische Innovationen in der Luftfahrt angewiesen, wenn wir zukünftig klimaneutral fliegen wollen. Dennoch halte ich die Carbon-Capture-Technologie für einen wichtigen Baustein, um die ambitionierten Klimaziele über alle Sektoren zu erreichen.

### **AUTORIN:**



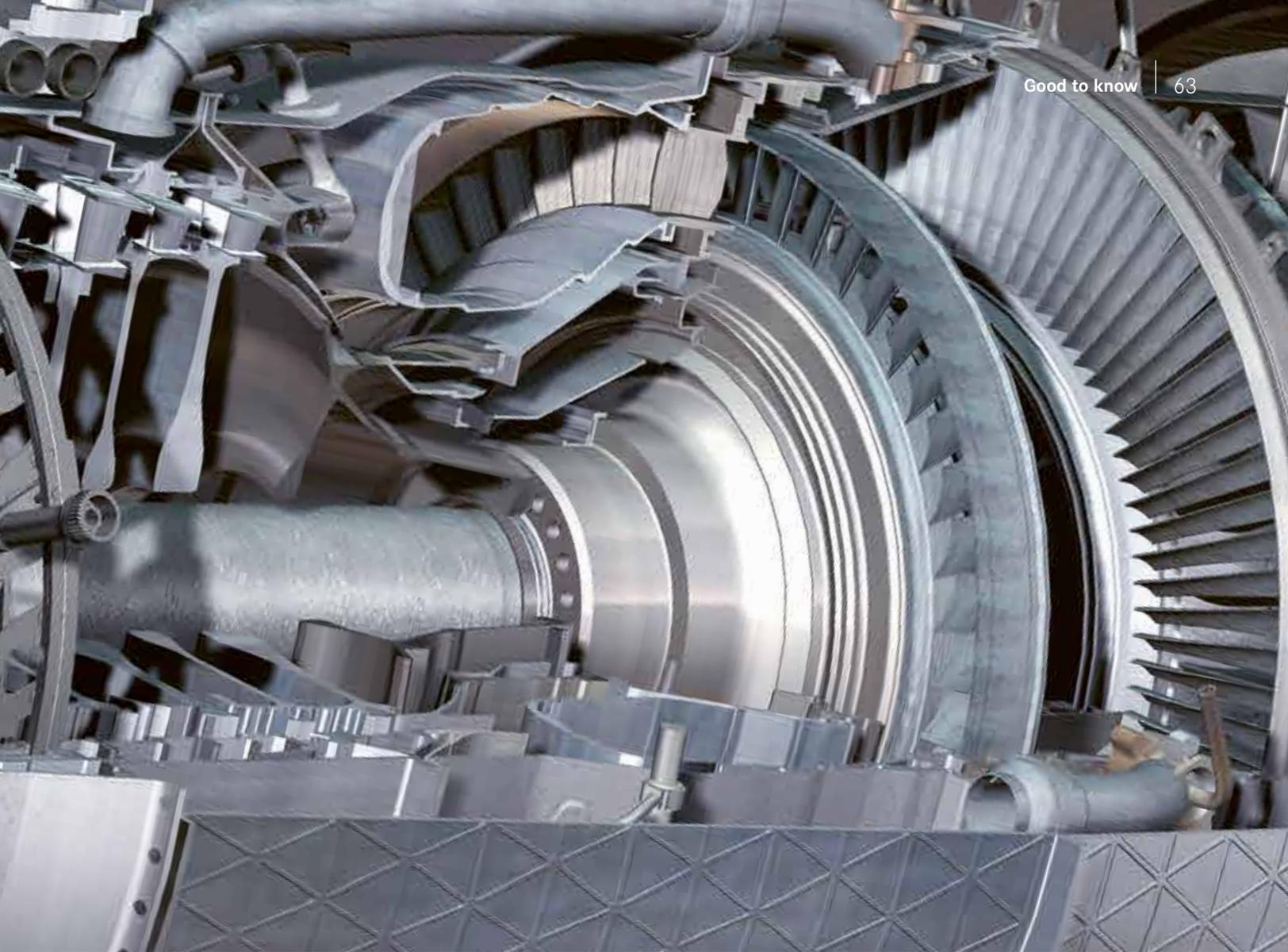
**Nicole Geffert** arbeitet seit 1999 als freie Journalistin mit den Themen Forschung und Wissenschaft, Geld und Steuern, Ausbildung und Beruf.



# Wie funktioniert ein Turbojet-Triebwerk?

*Antriebe für die anspruchsvollsten Bedingungen: Turbojet-Triebwerke sind für den militärischen Einsatzbereich hochspezialisiert. Doch wie funktionieren sie eigentlich?*

**Autor:** Patrick Hoeveler



**Maximale Leistung** — *Militärische Triebwerke ähneln in ihrer Grundfunktion zivilen Triebwerken, sind allerdings für anspruchsvollste Bedingungen ausgelegt. Das EJ200 erreicht mit Nachbrenner einen maximalen Schub von 20.000 lbf.*

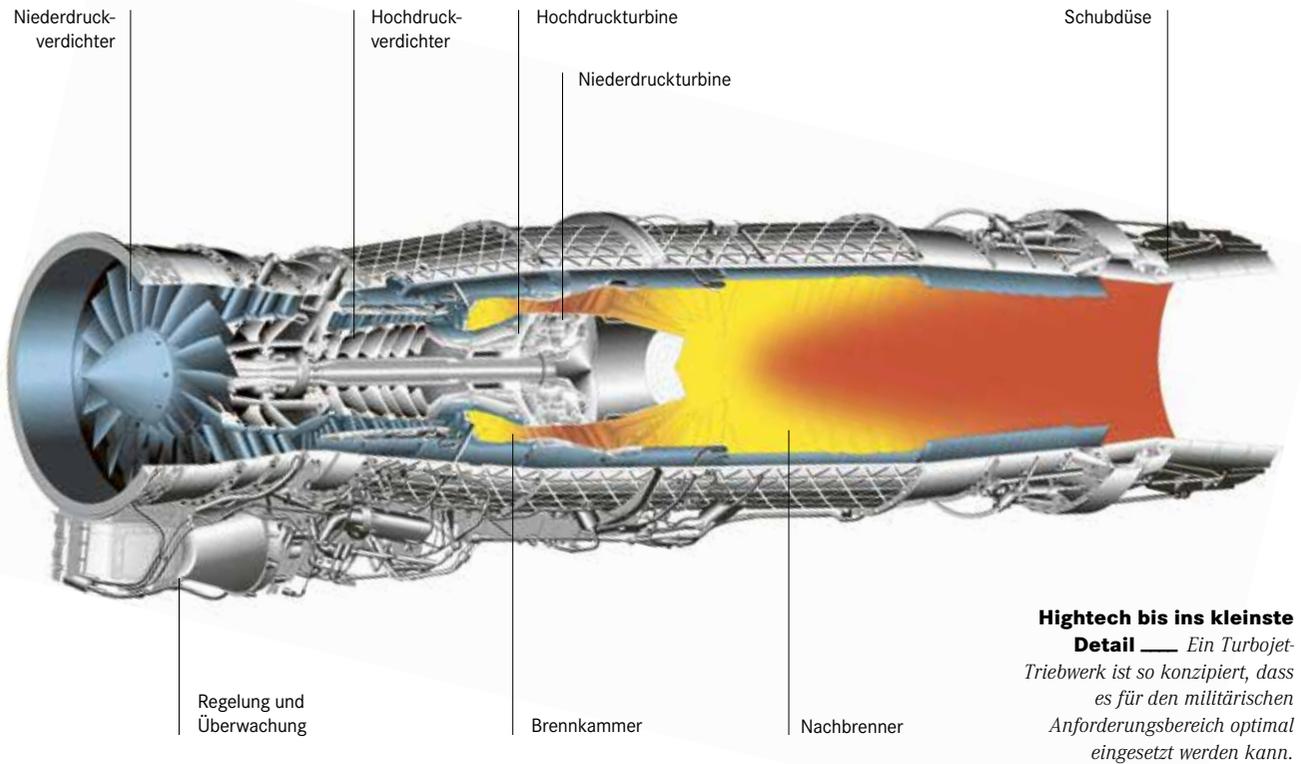
Neben einem zivilen Turbofan mit seinem großen Bläser wirkt ein schlanker militärischer Turbojet fast schon etwas verloren. Dennoch sind die Grundlagen ihrer Funktion die gleichen: Luft wird komprimiert, mit Kraftstoff vermischt und entzündet. Dabei entsteht eine enorme Energie, welche sowohl die Turbinen antreibt als auch Vorwärtsschub liefert. Die Anforderungen an die jeweiligen Triebwerke könnten jedoch unterschiedlicher nicht sein.

Zivile Triebwerke sind naturgemäß auf den Reiseflug optimiert, da sich Flugzeuge die meiste Zeit in diesem Flugbereich bewegen. Der Fokus liegt auf möglichst geringen Verbrauchs- und Lärmwerten. Militärische Antriebe müssen relativ wenig Masse

sehr hoch beschleunigen und auch noch im Überschallbereich Schub liefern. Im Gegensatz zu den zivilen Turbofans, die einen großen Fan für einen hohen Vortriebswirkungsgrad nutzen, besitzen Turbojets einen viel kleineren Fan um eine hohe Austrittsgeschwindigkeit sicherzustellen. So fließt weniger Luft durch das Triebwerk, die aber höher beschleunigt wird.

Turbojets sind hochspezialisierte Antriebe, die für maximale Leistung unter den anspruchsvollsten Bedingungen ausgelegt sind. Obwohl sie in ihrer Grundfunktion zivilen Triebwerken ähneln, liegt ihr Fokus eindeutig auf den spezifischen Anforderungen militärischer Einsatzbereiche.

## AUFBAU UND FUNKTION EINES TURBOJET-TRIEBWERKS:



**01 Ansaugen** Die Luft wird durch die vordere Öffnung des Triebwerks – den Einlass – angesaugt. Bei hohen Geschwindigkeiten, insbesondere im Überschallflug, spielt das Design des Einlasses eine kritische Rolle, da er so konstruiert sein muss, dass er den Luftstrom effizient zum Verdichter leitet und dabei Schockwellen und Luftwiderstand minimiert.

**02 Verdichten** Nachdem die Luft angesaugt wurde, fließt sie zunächst durch den Niederdruckverdichter, dann durch den Hochdruckverdichter. Mit jeder Stufe wird die Luft weiter komprimiert, wodurch ihr Druck und ihre Temperatur steigen. Diese Verdichtung ist essenziell, um die Effizienz der nachfolgenden Verbrennung zu maximieren und somit einen höheren Schub zu erzeugen.

**03 Verbrennen** Nach der Verdichtung strömt die Luft in die Brennkammer. Dort sorgen Kraftstoff-Einspritzdüsen für die Bildung eines Brennstoff-Luft-Gemisches, welches dann bei einer Temperatur von über 2.000 Grad Celsius verbrennt. Durch die Erhitzung dehnt sich das Gas auf ein vielfaches Volumen aus und entweicht mit hoher Energie aus der Brennkammer, wo es für den Antrieb der Turbinen sorgt, die auch die Verdichter antreiben.

**04 Ausstoßen (mit Nachbrenner)** Nachdem die Gase die Turbine durchströmt haben, treten sie in den Nachbrenner ein. Dort wird zusätzlicher Kraftstoff direkt in den heißen Abgasstrom eingespritzt und entzündet. Diese weitere Verbrennung erhöht die Temperatur und damit die Austrittsgeschwindigkeit deutlich. Da die Gase nun mit noch höherer Geschwindigkeit ausgestoßen werden, erzeugt dies einen erheblich verstärkten Schub.

## DIE KOMPONENTEN IM ÜBERBLICK



Niederdruckverdichter

In den Verdichtern wird die Luft komprimiert. Der Niederdruckverdichter (NDV) ist deutlich kleiner als bei zivilen Triebwerken. Bei reinen Turbojets gibt es keinen Nebenstrom wie bei zivilen Triebwerken, die gesamte Luft fließt durch das Kerntriebwerk.

### Schon gewusst?

Im NDV des EJ200 kamen zum ersten Mal überhaupt integral hergestellte Schaufel-Scheiben-Kombinationen, die so genannten Blisks (Blade Integrated Disks) zum Einsatz.



Hochdruckverdichter

Die vom Niederdruckverdichter schon vorverdichtete Luft wird im Hochdruckverdichter weiter komprimiert. Auch hier kommen heutzutage Blisks zum Einsatz, die eine höhere Leistungsdichte pro Stufe ermöglichen.

### Schon gewusst?

Das Druckverhältnis ist hier in der Regel nicht so hoch wie in zivilen Ausführungen, da bei Kampfflugzeugen aufgrund ihrer hohen Geschwindigkeit die Luft aufgestaut wird.



Brennkammer

Hier wird in die verdichtete Luft, die bereits eine hohe Temperatur aufweist, Kraftstoff eingespritzt, und das Gemisch entzündet. Dadurch entsteht eine enorme Energie, die von den Turbinen genutzt wird.

### Schon gewusst?

Da die Flammtemperatur mit über 2.000 Grad Celsius über dem Schmelzpunkt der verwendeten Legierungen liegt, muss Luft aus dem Verdichter zur Kühlung eingeleitet werden.



Hochdruckturbinen

Der Abgasstrahl treibt beschauelte Laufräder an. Dabei sitzt die Hochdruckturbinen auf derselben Welle wie der Hochdruckverdichter und sorgt so für den nötigen Schwung des Kompressors.

### Schon gewusst?

Die Temperatur am Eintritt der Turbinen im EJ200 beträgt mehr als 1.500 Grad Celsius, deshalb werden auch die Turbinenschaufeln mit Abzapfluft aus den Verdichtern abgekühlt.



Niederdruckturbinen

Analog zur Hochdruckturbinen sorgt die Niederdruckturbinen für den Antrieb der Niederdruckwelle. Anschließend treten die Verbrennungsgase aus dem Triebwerk aus und sorgen mit ihrem verbliebenen Potenzial für Schub.

### Schon gewusst?

Das EJ200 verfügt jeweils über eine einstufige Turbinen, die aus einer Einkristall-Nickellegierung besteht und mit einer keramischen Wärmedämmschicht versehen ist.



Nachbrenner

Als Spezialität bei den militärischen Triebwerken lässt sich nach den Turbinen nochmal Kraftstoff in die verbleibende Luft einspritzen und dann nachverbrennen. Er ermöglicht kurzfristig eine erhebliche Steigerung der Leistung und Geschwindigkeit.

### Schon gewusst?

Einen Nachbrenner gibt es nur bei Kampfflugzeugtriebwerken. Beim EJ200 lässt sich mit Hilfe des Nachbrenners eine Schubsteigerung von 30 Prozent generieren.



Schubdüse

Damit das Triebwerk optimal funktioniert und die Austrittsgeschwindigkeit möglichst hoch ist, muss die Schubdüse am hinteren Ende des Triebwerks variabel sein. Je höher die Temperatur und damit der Druck im Abgasrohr, desto weiter fährt die Düse auf.

### Schon gewusst?

Im Gegensatz zu zivilen Antrieben ist die Schubdüse bei militärischen Triebwerken mit einem Verstellmechanismus ausgestattet, um den Auslassdurchmesser zu ändern.



Regelung und Überwachung

Sämtliche Vorgänge im Triebwerk werden vollautomatisch im Triebwerksregler überwacht und geregelt. Aufgrund des breiteren Aufgabenspektrums kommen auf die Steuerung eines militärischen Triebwerks mehr Funktionen zu, als auf einen Regler im zivilen Triebwerk.

### Schon gewusst?

Beim Abfeuern von Lenkflugkörpern können heiße Abgase ins Triebwerk eingesaugt werden. Dann fährt die Regelung die Leit-schaufeln leicht zu und die Düse etwas auf.

### WEITERE INFORMATIONEN ZUM THEMA:

Wie funktioniert ein Turbojet-Triebwerk?  
[www.aeroreport.de](http://www.aeroreport.de)



Wie funktioniert ein Turbofan-Triebwerk? – Aufbau eines Triebwerks  
[www.aeroreport.de](http://www.aeroreport.de)



### AUTOR:



Patrick Hoehler ist freiberuflicher Luftfahrtjournalist und unter anderem für die FLUG REVUE tätig.

**KURZ ERKLÄRT:**

# Das Gehirn des Triebwerks

*Die voll digitale Regelung und Überwachung ist für die Steuerung eines Triebwerks zuständig und sorgt für den sicheren Betrieb. Beim EJ200 leistet sie noch mehr.*



**Die Digital Engine Control and Monitoring Unit (DECMU)** — Sämtliche Vorgänge im Triebwerk werden im Triebwerksregler geregelt und überwacht. Aufgrund des breiteren Aufgabenspektrums kommen auf die Steuerung des Triebwerks mehr Funktionen hinzu, etwa die Regelung von Nachbrenner und Schubdüse. Die Pilot:innen geben lediglich ihre Schubanforderungen über den Schubhebel vor, alles weitere macht das Steuergerät.

Hier laufen alle Fäden zusammen: Nicht umsonst gilt die Regelung als das Gehirn eines Triebwerks. Wie Nervenbahnen führen zahlreiche Leitungen dem System Informationen zu, die in einer Box, nicht größer als ein Schuhkarton, verarbeitet werden. Egal ob Druckwerte, Temperaturen oder Positionssignale, mit Hilfe ausgeklügelter Algorithmen verarbeitet die spezielle Software die Daten und erstellt entsprechende Ausgabebefehle an Stellmotoren und andere Untereinheiten. Mit anderen Worten: Alles, was die Steuerung des Antriebs betrifft, läuft über den voll digitalen Regler.

## **DECMU: Digitaler Regler für das EJ200**

Die Digital Engine Control and Monitoring Unit (DECMU) ist für die Regelung des Eurofighter-Antriebs zuständig und übernimmt alle Detailinstellungen am Triebwerk. Die Pilot:innen geben lediglich ihre Schubanforderungen über den Schubhebel vor, alles Weitere macht das Steuergerät am vorderen Ende des Triebwerks für

sie. Egal welche Einstellung gewählt werden, die Computer halten die Eingaben immer im jeweiligen Limit. Das entlastet die Flugzeugführer:innen enorm, sie können sich damit ganz auf ihre Mission konzentrieren.

Aus Sicherheitsgründen verfügt die Regelung über zwei parallele Kanäle, die sich gegenseitig überwachen. Bei Problemen wechselt das System automatisch den Kanal. Die Pilot:innen im Cockpit bekommen davon in der Regel nichts mit. Nur bei gravierenden Schwierigkeiten gibt es eine Fehlermeldung. Ansonsten speichert das System den Vorgang, so dass die Bodenmannschaft nach der Landung die Daten auslesen kann.

## **Regelung und Überwachung in einem**

Wie der Name schon sagt, kombiniert die DECMU die Regelung des Triebwerks mit der Überwachung und dem Erfassen von Daten, die für die Instandhaltung wichtig sind. Höchsten Stellenwert hat natürlich

die Betriebssicherheit im Flug. So erfassen die Sensoren im Schnitt alle zehn Millisekunden die Signale neu, um das Triebwerk laufend auf die aktuellen Bedingungen einzustellen. So kann bei einem sich ankündigenden Problem möglichst schnell reagiert werden und im Extremfall das Triebwerk abgestellt werden, bevor es zu gravierenden Schäden kommt. Aber das Gerät hält auch zahlreiche Betriebsdaten fest, die nach dem Flug ausgewertet werden können und wichtige Informationen für die Instandhaltung der Triebwerke liefern.

Interessanterweise erfordert die Aufgabenstellung der aktuellen Regelung weniger Rechenleistung als in einem aktuellen Mobiltelefon. Dafür müssen aber alle Berechnungen schnell und mit sehr hoher Präzision und Sicherheit erfolgen.

## **Fit für die Zukunft**

Trotz der unbestrittenen Leistungsfähigkeit des bestehenden Reglers arbeitet die MTU Aero Engines derzeit an einer

neuen Ausführung. Grund für die Entwicklung der DECMU-NG (NG steht für „next generation“) ist dabei schlicht das Alter der elektronischen Bauteile. Viele Komponenten sind einfach nicht mehr zu beschaffen, was angesichts des rasenden Entwicklungstempos in der Elektronikbranche kein Wunder ist. Schließlich ist der Entwurf der ursprünglichen DECMU bald 20 Jahre alt. Die neue Generation der DECMU soll diese „Obsoleszenz-Problematik“ beheben.

„Die alte DECMU ist vorwiegend mit militärischen elektronischen Komponenten bestückt, die weltweit immer mehr an Bedeutung verlieren. Die ganze Militärindustrie geht zunehmend auf Industriekomponenten zurück, wie man sie auch in Automobilen verbaut“, erklärt Werner Oberndorfer, Leiter Projekt- und Auftragssteuerung Reglerentwicklung bei der MTU. „Die Lebenszyklen von Luftfahrtgerät und Elektronik sind diesbezüglich maximal inkompatibel. Gerade bei einem militärischen Fluggerät reden wir von Einsatzzeiten von bis zu 60 Jahren, während sich die Entwicklungszyklen am Elektronikmarkt kontinuierlich verkürzen und sich alle paar Jahre grundlegende Veränderungen ergeben.“

Alle sechs Monate überprüfen deshalb die Triebwerksexpert:innen der MTU jede Komponente und teilen diese in Risikoklassen ein: Je höher die Risikoklasse, desto näher rückt das Ende der Lebensdauer und damit auch das der Verfügbarkeit. So sollen Probleme möglichst früh erkannt werden, um eventuell schon vorsorglich Ersatzkomponenten zu identifizieren, bevor diese nicht mehr beschaffbar sind. Die Aufgabe ist nicht ganz ohne, schließlich besteht die DECMU aus bis zu 20.000 elektronischen Bauteilen.

Die neue DECMU bekommt nun ein komplett neues Innenleben, das zudem auch mehr Rechenleistung, Speicher und verbesserte Schnittstellen aufweist. Damit lassen sich in Zukunft auch weitere Instandhaltungsfunktionen in die Software einbauen. „Hier wird es Verbesserungen geben, die helfen können, die Instandhaltungskosten des Triebwerks noch weiter zu reduzieren“, sagt Stephan Lang, DECMU-Chefingenieur bei der MTU. Trotzdem bleibt die DECMU-NG voll rückwärtskompatibel. Das bedeutet: In einem Eurofighter sollen künftig sowohl Triebwerke mit alter, als auch Triebwerke mit neuer Regelung gleichzeitig verbaut werden können. Erste Tests der neuen Vari-

ante in einem EJ200 sind für kommendes Jahr auf dem Prüfstand der MTU vorgesehen.

### Die nächste „nächste Generation“

Für die New Generation Fighter Engine (NGFE), das Triebwerk für das europäische Kampfflugzeug der nächsten Generation, das im Rahmen des Future Combat Air System (FCAS) entsteht, liefert die DECMU-NG des EJ200 zwar wieder einige technologische Grundlagen, doch in Zusammenarbeit mit Safran Aircraft Engines wird hier ein komplett neues System entstehen. Dabei untersuchen die Ingenieur:innen auch Konzepte mit verteilter Intelligenz, bei denen die Rechenoperationen nicht mehr in einer Box zusammenlaufen, sondern näher an den Sensoren oder in smarten Aktuatoren erfolgen. Dies hätte den Vorteil kürzerer Regelstrecken und damit noch schnellerer Reaktionszeiten.

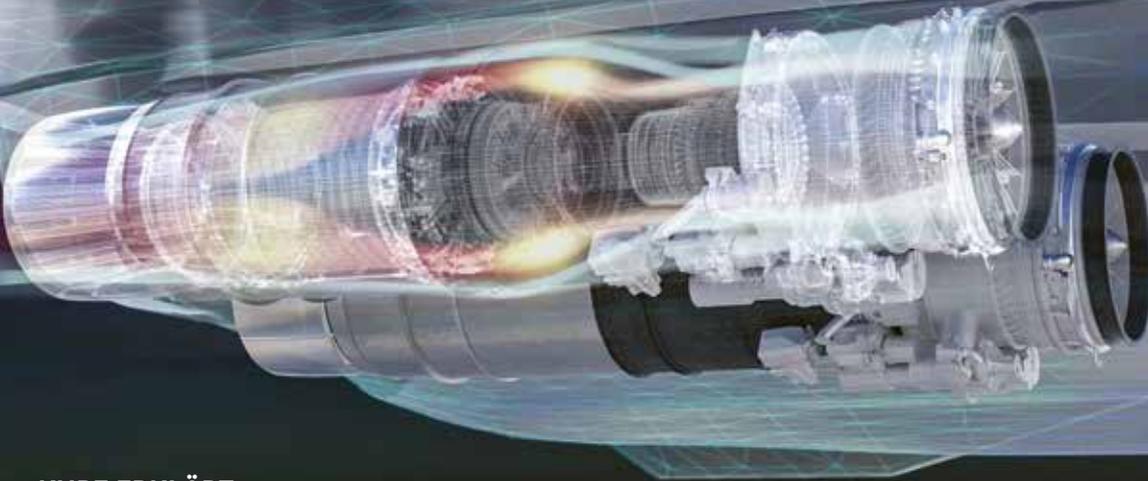
#### AUTOR:



**Patrick Hoeweler** ist freiberuflicher Luftfahrtjournalist und unter anderem für die FLUG REVUE tätig.



**Gehirn des Triebwerks** — Die DECMU ist am vorderen Ende des Triebwerks befestigt. Dort führen zahlreiche Leitungen dem System Informationen zu, die in einer Box, nicht größer als ein Schuhkarton, verarbeitet werden. Alles, was die Steuerung des Antriebs betrifft, läuft über den voll digitalen Regler.



**KURZ ERKLÄRT:**

## New Generation Fighter Engine (NGFE)

*NGFE ist das Herzstück des Kampfflugzeugs der nächsten Generation, das im Zentrum des europäischen FCAS steht. Wir geben Einblicke in die Schlüsseltechnologien dahinter.*

Das Future Combat Air System (FCAS) ist das europäische Luftabwehrsystem, das ab 2040 zur Verfügung stehen soll. Deutschland, Frankreich und Spanien arbeiten daran gemeinsam. Das Herzstück ist der New Generation Fighter, ein bemannter Jet neuester Generation.

Die Triebwerksspezialisten MTU Aero Engines, Safran Aircraft Engines und ITP Aero entwickeln das Triebwerk für den New Generation Fighter unter der Leitung von EUMET (European Military Engine Team), einem Gemeinschaftsunternehmen von MTU und Safran. Die MTU übernimmt Verantwortung in ihren Kernkompetenzen Hoch- und Niederdruckverdichter, Verdichterzwischengehäuse sowie

für Teile der Regelungssysteme und ist federführend bei Aspekten der Triebwerksinstandhaltung. Safran leitet die Triebwerksauslegung und -integration, ITP Aero ist für die Niederdruckturbine und die Schubdüse zuständig.

### **Was sind die Kernelemente bei der Entwicklung eines komplett neuen Triebwerks für einen Kampffjet?**

Kampfflugzeuge wie der New Generation Fighter werden normalerweise auf ein breites Missionsspektrum ausgelegt, das gleichermaßen Zuverlässigkeit, Vielseitigkeit und Wirtschaftlichkeit erfordert. Damit rücken die zentralen Einsatzfaktoren wie große Reichweite, hohe Geschwindigkeit (meist im Überschallbereich), Manö-

vrierfähigkeit und reduzierte Sichtbarkeit in den Fokus. Aufgrund der Wechselwirkung von Flugzeug und Triebwerk können diese zu Schneeballeffekten in der Auslegung des Systems führen: Denn ein größeres Flugzeug – mit mehreren oder größeren Waffen oder mehr Treibstoff an Bord – benötigt ein größeres bzw. schwereres Triebwerk – was wiederum ein größeres Flugzeug erfordert. Auf Triebwerksebene bringt dies besondere Herausforderungen mit sich: Ziel ist ein möglichst großer Schub in einem kompakten und leichten Gehäuse bei gleichzeitig optimiertem Treibstoffverbrauch sowie Wärme- und Energiemanagement.



**Joint Venture** — EUMET GmbH steht für **EU**ropean **MILITARY** Engine Team. Das Gemeinschaftsunternehmen ist für das Design, die Entwicklung, die Herstellung und die Unterstützung von NGFE im Rahmen von FCAS verantwortlich.

Um diesen Herausforderungen gerecht zu werden, sind für das zukünftige Triebwerk zahlreiche innovative Technologien angedacht:

- Ein hochbelasteter und störungstoleranter Verdichter sorgt für stabile und optimale Leistung auch unter schwierigen Einsatzbedingungen. Diese Technologie im „Herzen“ des Flugzeugs gewährleistet eine kontinuierliche Versorgung der Brennkammer mit komprimierter Luft.
- Durch den Einsatz moderner Werkstoffe wie fortschrittliche Legierungen und Verbundmaterialien wird die Leistung des Triebwerks auch in völlig neuen Temperaturbereichen gesteigert, während gleichzeitig die Lebensdauer unter anspruchsvollen Betriebsbedingungen verlängert wird.
- Ein hohes Schub-Masse-Verhältnis ist entscheidend für Kampfflugzeuge, da es ermöglicht, bei minimalem Gewicht hohe Leistung zu erbringen. Dies führt zu einem kompakteren und weniger sichtbaren Flugzeug mit überlegenen Kampffähigkeiten wie kurzen Reaktionszeiten und schnellen Hochgeschwindigkeitsmanövern.
- Das Triebwerk wird über ein modernes Wärme- und Energiemanagement mit Hybridtechnologien für Kernkomponenten verfügen. Es wird zudem für die Grenzwerte im Flugzeugbetrieb optimiert sein.
- Die Architektur mit variablem Kreisprozess (Variable Cycle Engines, VCE) ermöglicht eine flexible Anpassung an Betriebsanforderungen, was zu hohem spezifischen Schub und niedrigem Treibstoffverbrauch führt. Die VCE-Architektur unterscheidet sich von konventionellen Antriebssystemen vorrangig durch einen Verstellmechanismus und einen zusätzlichen Strömungskanal. Mithilfe des Verstellmechanismus regelt die Triebwerkssteuerung, wie viel angesaugte Luft durch die jeweiligen Strömungskanäle und das Kerntriebwerk strömt. Dank dieser variablen Verteilung kann der thermodynamische Zyklus des Triebwerks optimal an die gängigsten Betriebsanforderungen angepasst werden und gewährleistet damit einen hohen spezifischen Schub und niedrigen Treibstoffverbrauch.
- Eine Schubvektordüse verleiht dem Kampfflugzeug außergewöhnliche Manövrier- und Steuerfähigkeit, was insbesondere in Luftkämpfen von Vorteil ist. Die Triebwerksdüse kann den Schub in verschiedene Richtungen lenken, wodurch das Flugzeug schnell und präzise die Flugrichtung wechseln kann.



**New Generation Fighter** — Ein Kampfflugzeug der sechsten Generation, das die Vernetzung des Kampfflugzeugs mit unbemannten Komponenten ermöglicht und weiterentwickelte Schlüsseltechnologien nutzt – insbesondere im Bereich Elektronik und Sensoren.

#### WEITERE INFORMATIONEN ZUM THEMA:

Kurz erklärt:  
Das Future Combat Air System  
[www.aeroreport.de](http://www.aeroreport.de)



#### IMPRESSUM

### AEROREPORT 01|24

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

#### Herausgeber

MTU Aero Engines AG  
Marc Sauber  
Leiter Unternehmenskommunikation  
und Public Affairs

#### Redaktionsleitung

Dongyun Yang

#### Redaktion

Patricia Hebbing  
Isabel Henrich

#### Anschrift

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

#### Autoren

Nicole Geffert, Isabel Henrich,  
Patrick Hoeveler, Victoria Nicholls,  
Thorsten Rienth, Andreas Spaeth,  
Tobias Weidemann, Monika Weiner

#### Layout

SPARKS CONSULTING GmbH, München

#### Bildnachweis

Titel	MTU Aero Engines, Shutterstock
3	MTU Aero Engines
6_7	MTU Aero Engines
8_25	MTU Aero Engines, Shutterstock
26_31	MTU Aero Engines, Shutterstock
32_35	MTU Aero Engines
36_41	Andreas Spaeth, Harbour Air
42_45	MTU Aero Engines, Shutterstock
46_51	MTU Aero Engines, Shutterstock, Equinor
52_57	Bundeswehr, MTU Aero Engines
58_61	MTU Aero Engines, Shutterstock
62_65	MTU Aero Engines, Eurojet
66_67	MTU Aero Engines, Shutterstock
68_69	MTU Aero Engines, EUMET

#### Druck

Schleunigungsdruck GmbH, Marktheidenfeld

#### Online

ADVERMA  
Advertising und Marketing GmbH, Rohrbach

Texte mit Autorenvermerk geben nicht unbedingt die Meinung der Redaktion wieder. Für unverlangtes Material wird keine Haftung übernommen.

Der Nachdruck von Beiträgen ist nach Rücksprache mit der Redaktion erlaubt.



Druckprodukt  
CO<sub>2</sub> kompensiert

klima-druck.de  
ID-Nr. 24172237

VDM+



**AEROREPORT**

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