

# CLEAN AIR ENGINE

*Technologie-Agenda Claire:  
In drei Etappen zum  
emissionsfreien Fliegen*

## **INNOVATION**

Schaufelfertigung mit  
Autopilot- auf dem Weg  
zur Smart Factory

## **AVIATION**

Europaweit einmalig –  
MTU und Bundeswehr feiern  
20 Jahre EJ200-Kooperation

## **GOOD TO KNOW**

Mit dem Booster abgehen  
wie eine Rakete und andere  
geflügelte Worte



**LIEFERT EINE RECHENLEISTUNG  
VON 1.3 PETAFLIPS\* – UND SIE  
AGIEREN MITTEN IM ZENTRUM.**

\*1,3 Billionen Rechenoperationen pro Sekunde

**DER MOMENT, WENN DIE  
RECHNERKERNE GLÜHEN:  
UNVERGLEICHLICH.**

**Gesucht: IT-Experten (m/w/d)  
für die Luftfahrt 4.0.**

Dagegen ist jedes andere Rechenzentrum nur ein Abakus. Digitalisieren Sie mit uns die Luftfahrt von morgen und begleiten Sie uns auf unseren 4.0-Missionen. Bei der MTU.

Wir sind 10.000. An 16 Standorten weltweit. Jedes dritte Flugzeug fliegt mit unserer Technologie. Was wir noch brauchen? **Sie.**

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

**#UPLIFTYOURFUTURE**

## Liebe Leserinnen und Leser,

dieses Jahr hatte so verheißungsvoll begonnen: Die Corona-Situation schien sich zu entspannen und die Luftfahrtbranche zeigte zuverlässige Anzeichen der Erholung. Doch mit dem 24. Februar und dem Einmarsch russischer Truppen in die Ukraine waren die Weltwirtschaft und vor allem der Weltfrieden schlagartig wieder massiv bedroht.

Uns erfüllt dieser Konflikt mit großer Sorge. Wir sind mit unseren Gedanken bei den Ukrainern und unterstützen alle Sanktionen des Westens. Unsere Position hierbei ist klar und unmissverständlich – jetzt und in der Zukunft.

Mit ungeheurer Wucht waren zunächst die Pandemie und nun der Ukraine-Konflikt zu den bestimmenden Themen der Gegenwart geworden. Bei aller Dringlichkeit und Tragik darf aber der Kampf gegen den Klimawandel nicht aus dem Blickfeld verschwinden. Mit großem Einsatz arbeiten wir bei der MTU weiter an der Emissionsfreiheit des Fliegens.

Wir haben unsere Technologie-Agenda Claire (Clean Air Engine) aktualisiert und auf den neuesten Stand gebracht. Im Jahr 2007 hatten wir diesen ambitionierten Fahrplan für die Zukunft gemeinsam mit dem Bauhaus Luftfahrt aufgesetzt und haben ihn jetzt um aktuelle Errungen-

schaften – etwa die Erfolge des Getriebefans – und unsere neuen Ideen ergänzt. Wir beschreiben technologische Lösungsmöglichkeiten und Potenziale für die grünen Antriebe der Zukunft.

Erstmals öffentlich präsentiert wird das Ganze auf der ILA Berlin, die vom 22. bis 26. Juni stattfindet: „Pioneering Aerospace“ lautet ihr Motto – „Driven by Visions of Tomorrow“ das unsere. Ihnen stellen wir Claire in dieser Ausgabe des **AEROREPORTs** exklusiv und im Detail vor.

Einladen möchte ich Sie auch zu einem Blick in unsere Hightech-Fertigung: Mit SpeedMask® haben wir ein Verfahren entwickelt, das in der Branche seinesgleichen sucht. Und mit dem Flexiblen Fertigungssystem haben wir sogar eine komplette Fertigungslinie für Turbinenschaufeln geschaffen und in Betrieb genommen, die nicht nur smart und hochautomatisiert ist, sondern weltweit einmalig. Das sind nur zwei weitere spannende Themen, auf die ich Sie aufmerksam machen möchte.

Unabhängig davon bleibt es unsere wichtigste Aufgabe, gemeinsam für eine friedliche und solidarische Welt einzutreten und die Not der Kriegsoffer nach Kräften zu lindern.



Ihr

Lars Wagner  
Vorstand Technik

**COVERSTORY**

## Auf Kurs zum emissionsfreien Fliegen

Emissionsfreies Fliegen lautet das große Ziel der Luftfahrt und die Vision der MTU. Mit ihrer Technologie-Agenda Claire arbeitet die MTU intensiv daran, die Klimawirkung und den Kraftstoffverbrauch von Luftfahrtantrieben weitreichend zu reduzieren.

---

Seite 8

**INNOVATION**

## Schaufelfertigung mit Autopilot

Für die zukünftige Schaufelfertigung hat die MTU ein Flexibles Fertigungssystem geschaffen, das dank zahlreicher Eigenentwicklungen einen höheren Grad an Automatisierung ermöglicht als jede vergleichbare Produktionsanlage weltweit.

---

Seite 18

**AVIATION**

## Letzter Abflug

251 Exemplare wurden vom Airbus A380 gebaut, das letzte Flugzeug im Dezember 2021 ausgeliefert. Während Passagiere das Riesenflugzeug lieben, hatte es der Flieger auf dem Markt nicht leicht. Eine Reise in die Geschichte des Riesenfliegers.

---

Seite 32

## CONTENTS

**FACTS**

- 6 **Digitalisierung:** Intelligentes Flottenmanagement
- 6 **Zukünftige Luftfahrt:** Verbesserter Getriebefan
- 6 **Historie:** Old but gold: 90 Jahre Ju 52
- 7 **Triebwerke:** Neue GTF-Familienmitglieder
- 7 **Triebwerke:** Giganten am Flügel
- 7 **Schon gewusst?** Welche Aufgabe hat eigentlich ein Turbinenzwischengehäuse?

**COVERSTORY**

- 8 **Auf Kurs zum emissionsfreien Fliegen** Technologie-Agenda Claire: In drei Etappen zum emissionsfreien Fliegen.

**INNOVATION**

- 18 **Schaufelfertigung mit Autopilot** Automatisierte Schaufelfertigung auf dem Weg zur Smart Factory.

- 24 **Unter der Maske** Vollautomatisierter Maskierungsprozess für die MTU-Fertigung.

**AVIATION**

- 28 **Service ohne Zeitverzug** MTU Maintenance: On-Site-Service für besonders eilige Reparaturen.
- 32 **Letzter Abflug** Das Ende der Riesen. Der letzte Airbus A380 hat das Werk verlassen.
- 38 **Baltischer Überflieger** Innovation wird großgeschrieben bei Air Baltic – von der A220-Einheitsflotte mit effizienten PW1500G-Antrieben bis zum firmeneigenen Instandhaltungsbetrieb.
- 42 **Minimalinvasiv am Multifunktionstransporter** A400M-Antrieb: MTU-Millimeterarbeit in fünf Metern Höhe.

**AVIATION**

## Baltischer Überflieger

Bald wird Air Baltic aus Riga 50 Airbus A220-300 als einzigen Flugzeugtyp in ihrer Flotte haben. Gerade in schwierigen Zeiten wie der Corona-Pandemie verschafft ihr das einen Wettbewerbsvorteil, zu dem auch die effizienten PW1500G-Triebwerke des modernen Jets beitragen.

---

Seite 38

---

**PEOPLE**

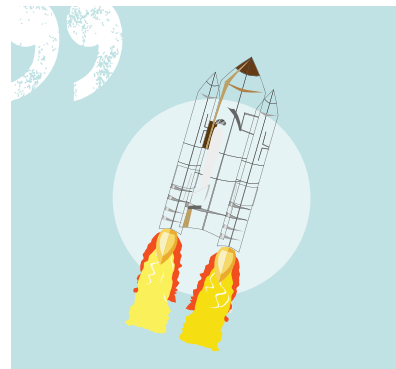
## Europaweit einmalig

Seit zwei Jahrzehnten halten die MTU und Luftwaffe die Triebwerke der Bundeswehr-Eurofighter gemeinsam in stand – und das sehr erfolgreich. Seit einigen Jahren sind auch das RB199 für den Tornado und das MTR390 für den Tiger in die Kooperation aufgenommen.

---

Seite 46

---

**INNOVATION**

## Geflügelte Worte

Der Traum vom Fliegen begleitet die Menschen seit jeher. Mit dem Flugwesen entwickelte sich auch dessen ganz eigene Sprechweise, die Fliegersprache. Diese spiegelt sich heute in Redewendungen und der Umgangssprache des Alltags wieder.

---

Seite 54

---

**PEOPLE**

46 **Europaweit Einmalig** MTU und Bundeswehr feiern 20 Jahre EJ200-Kooperation.

**GOOD TO KNOW**

50 **Before the flight** Taxiing – die hohe Kunst des Rollens.

54 **Geflügelte Worte** Mit dem Booster abgehen wie eine Rakete und andere geflügelte Worte.

58 **Die Reise ins Triebwerk** Mit der VR-Brille ins digitale Modell eines Triebwerks.

58 **Impressum und Bildnachweis**



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

Alle Beiträge aus der Printausgabe – und noch viele mehr – finden Sie online unter: [www.aeroreport.de](http://www.aeroreport.de).

Informative Videos, Fotogalerien und andere interaktive Specials warten dort auf Sie.

## DIGITALISIERUNG

## Intelligentes Flottenmanagement

**Neue Software der MTU übernimmt die Planung ganzer Triebwerksflotten.**

Die MTU Maintenance hat eine revolutionäre Software für das Triebwerks-Flottenmanagement auf den Markt gebracht. CORTEX kombiniert das technische Fachwissen des Instandhaltungsexperten mit Daten, beispielsweise aus der Triebwerksüberwachung, aus früheren Arbeitsumfängen im Shop oder aus Marktkennnissen sowie mit Algorithmen und künstlicher Intelligenz.



**Hochflexibles System** — CORTEX ist in der Lage, automatisch und in Echtzeit die optimale Instandhaltungsstrategie für die Flotten der Kunden zu erzeugen.

Der neue Service senkt Instandhaltungs- und Betriebskosten für die Fluggesellschaften und verbessert die Einsatzverfügbarkeit. Er kann vollständig an den Bedarf des Kunden angepasst werden. Ein solches Angebot ist auf dem Markt bislang einzigartig.

### WEITERE INFORMATIONEN ZUM THEMA

Planung der Triebwerks-MRO  
[www.aeroreport.de](http://www.aeroreport.de)



Die GTF-Advantage-Triebwerke sollen ab Anfang 2024 verfügbar sein.

## ZUKÜNFTIGE LUFTFAHRT

## Verbesserter Getriebefan

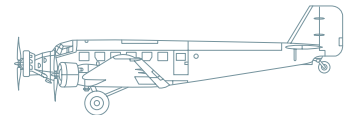
Pratt & Whitney wird mit dem Pratt & Whitney GTF Advantage™ einen technologisch verbesserten Getriebefan (GTF) für die A320neo-Familie auf den Markt bringen.

Der GTF Advantage wird den **Kraftstoffverbrauch und die CO<sub>2</sub>-Emissionen** um je ein weiteres Prozent senken – damit verbessert sich die Bilanz gegenüber Antrieben früherer Generationen um insgesamt je **17 Prozent**. Mit bis zu 34.000 Pfund Startschub wird der GTF Advantage zudem zum **leistungsfähigsten Trieb-**

**werk** für diese Flugzeugfamilie und wird Betreibern eine **größere Reichweite** und **Nutzlast** ermöglichen. Technisch verbessert werden alle wesentlichen Komponenten des GTF-Kerntriebwerks. Analog zu ihren Programmanteilen bedeutet das für die MTU Optimierungsarbeiten an Hochdruckverdichter und schnelllaufender Niederdruckturbine. Das GTF-Advantage-Triebwerk wird bei seiner Markteinführung für einen Betrieb mit **100 Prozent SAF** ausgelegt sein. Verfügbar sollen die neuen Triebwerke ab Januar 2024 sein.

## HISTORIE

## Old but gold: 90 Jahre Ju 52



Konzipiert als einmotoriger Transporter, umgebaut zum militärischen Kampfflugzeug, erfolgreich eingesetzt als dreimotoriges Passagierflugzeug: Die legendäre Junkers Ju 52 war vielfältig einsetzbar. Angetrieben wurde der Flieger entweder von drei Sternmotoren BMW 132 mit je 600 PS oder Elzalde Beta mit je 750 PS.

Für alle Airlines wurde die Ju 52 zu einem Garant für Sicherheit und Verlässlichkeit. Ihre einfache, durchdachte Konstruktion machte sie äußerst robust. Heute sind noch einige wenige Ju 52 flugfähig. Bis heute gilt die „Alte Tante“ als einer der beliebtesten und bekanntesten Flugzeugklassiker der Welt. In diesem Jahr wird sie 90 Jahre alt.

JU 52	
PASSAGIERE	15-17
LÄNGE	18,5 m
HÖHE	6,10 m
SPANNWEITE	29,25 m
LEERMASSE:	5.720 kg
HÖCHSTGESCHWINDIGKEIT	290 km/h
REICHWEITE	1.200 km

## TRIEBWERKE

## Neue GTF-Familienmitglieder bei der MTU Maintenance

Die MTU feiert ihren nächsten Milestone mit dem Getriebefan: Im März 2022 wurde der erste Shop Visit eines PW1100G-JM bei der MTU Maintenance Zhuhai abgeschlossen.



Der Standort am Perflussdelta ist damit der dritte Betrieb innerhalb des MTU-Netzwerks, der zukünftig Demontage, Montage und Tests der PW1100G-JM-Triebwerke durchführen kann. Zusätzlich bietet die MTU Maintenance nun auch MRO-Dienstleistungen für zwei weitere Modelle aus der Triebwerksfamilie an: für das PW1500G, das in der Airbus A220-Familie zum Einsatz kommt, und

für PW1900G-Triebwerke für Flugzeuge des Typs Embraer E190-E2 und E195-E2. Zukünftig werden bei EME Aero, einem MRO-Joint Venture von der MTU und Luftansa Technik mit Sitz in Rzeszów, Polen, Shop Visits für beide GTF-Modelle durchgeführt. Die ersten PW1500G-Triebwerke liefen bereits durch den Shop – nun laufen die Vorbereitungen für das PW1900G.

## TRIEBWERKE

## Giganten am Flügel



Bei der Dubai Airshow im November 2021 machte das neue Langstreckenflugzeug von Boeing, die 777X, das erste Mal ihr Debüt vor internationalem Publikum – flankiert dabei von dem aktuell größten und stärksten zivilen Triebwerk: dem GE9X.

- Nach Erstauslieferung das **größte** und **leistungsstärkste** kommerzielle Triebwerk der Welt
- Fan-Durchmesser: stolze **3,4 Meter**
- **Gesamtdruckverhältnis von 60:1** – laut GE Aviation das höchste, das jemals in der Geschichte der Luftfahrt hergestellt wurde
- Die MTU ist für die Entwicklung und Fertigung des **Turbinenzwischengehäuses** verantwortlich – ein höchst komplexes Bauteil, bei dem die MTU bereits aus den GP7000 und GENx Programmen langjährige Erfahrungen mitbringt
- **Reduktion des Kraftstoffverbrauchs um 10 Prozent** (im Vergleich zum Vorgängermodell GE90-115B)
- Erhebliche **Reduktionen von CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>- und Lärmemissionen**

## SCHON GEWUSST?

### Welche Aufgabe hat eigentlich ein Turbinenzwischengehäuse im Triebwerk?

Hohe Temperaturen, enorme Drücke, große Drehzahlen: In einem Triebwerk herrschen die herausforderndsten Bedingungen. Mittendrin befindet sich das Turbinenzwischengehäuse (kurz: TCF), dem eine Schlüsselrolle zukommt. Das TCF liegt zwischen der Hochdruckturbinen- und Niederdruckturbinen, und erfüllt dort zwei wichtige Funktionen. Es verbindet das hintere Lager der Hochdruckwelle mit dem Gehäuse und bildet aerodynamisch den Übergangskanal zwischen der Hoch- und Niederdruckturbinen.



**TCF-Expert:innen** — Die MTU entwickelt und fertigt die Schlüsselkomponente unter anderem für das GENx und das GE9X.

Das TCF leitet die bis zu 1.000 Grad Celsius heißen Gase aus der Hochdruckturbinen mit möglichst geringen aerodynamischen Verlusten an Strukturbauteilen und Leitungen vorbei zur Niederdruckturbinen und ist im Betrieb extremer mechanischer Beanspruchung und hohen Temperaturen ausgesetzt. Werkstoff und Konstruktion müssen dabei höchsten Ansprüchen genügen.

# CLEAN AIR ENGINE

**Emissionsfreiheit** — So lautet das große Ziel der Luftfahrt. In ihrer Technologie-Agenda formuliert die MTU dazu Lösungsmöglichkeiten auf Luftfahrt-Antriebsebene.



# Auf Kurs zum emissionsfreien Fliegen

*Mit ihrer Technologie-Agenda Clean Air Engine arbeitet die MTU intensiv daran, die Klimawirkung und den Kraftstoffverbrauch von Luftfahrtantrieben in mehreren Etappen weitreichend zu reduzieren.*

**Autorin:** Nicole Geffert

**Claire** — *Claire steht für Clean Air Engine und ist die Technologie-Agenda der MTU. Ihre Erstfassung stammt aus dem Jahr 2007 und wird nun fortgeschrieben.*

# CLEAN AIR ENGINE

Ferne Länder entdecken, neue Kulturen kennenlernen, Geschäftspartner treffen und Wirtschafts- und Hilfsgüter transportieren – Fliegen verbindet. Gleichzeitig spürt die Luftfahrt Gegenwind, denn das Umweltbewusstsein steigt und Fliegen rückt in der Klimadebatte auf der Agenda weiter nach oben. Die Branche hat ihre Aufgaben sehr klar erkannt: Mit Hochdruck arbeitet sie kontinuierlich an der Verbesserung der Klimaverträglichkeit ihrer Produkte und an tiefgreifenden Lösungen, die die Luftfahrt nachhaltig verbessern. Ganz vorne mit dabei ist die MTU Aero Engines, die mit ihrer Technologie-Agenda Clean Air Engine (Claire) Lösungsmöglichkeiten und Potenziale für nachhaltige zivile Antriebe aufzeigt und damit einmal mehr ihrer technologischen Schrittmacherfunktion gerecht wird.

Emissionsfreies Fliegen lautet das große Ziel und die Vision der MTU. Leitstern ist das Ziel des Pariser Klimaabkommens, die Temperaturerhöhung auf möglichst 1,5 Grad Celsius gegenüber der vorindustriellen Zeit zu begrenzen. Hatten sich die Ziele der Luftfahrt bisher auf die reinen CO<sub>2</sub>-Emissionen fokussiert, so wird zukünftig auch der Einfluss von Stickoxid-Emissionen (NO<sub>x</sub>) und Kondensstreifen auf das Klima berücksichtigt. Diese Effekte zusammen machen die Klimawirkung der Luftfahrt aus.

## **Anspruchsvolle Antriebstechnologien**

Dabei stehen die Akteure vor großen Herausforderungen: Um die Klimawirkung zu reduzieren, müssen zum einen die aktuellen Flugzeuge und Antriebe weiter verbessert werden, etwa durch weitere Effizienzsteigerung und Gewichtsreduzierung. Zum anderen arbeiten Forschung, Wissenschaft und Industrie bereits an revolutionären Konzepten, mit denen die Klimawir-

kung drastisch reduziert werden kann. Damit nicht genug: Auch klimaoptimierte Flugrouten und kraftstoffsparende Anflugverfahren haben das Potenzial, den Luftverkehr „grüner“ zu machen. Eine Schlüsselrolle spielen zudem neue Energieträger, wie nachhaltige Kraftstoffe und Wasserstoff. Insgesamt rückt der komplette Lebenszyklus eines Flugzeuges in den Fokus – von der Entwicklung über Produktion, Betrieb und Instandhaltung bis hin zur Außerdienststellung. Alle diese Aspekte fließen in eine Gesamtbewertung des Lufttransportsystems ein. „Diese ermöglicht eine ganzheitliche Analyse, wie sich die Luftfahrt mit all ihren Facetten auf die Umwelt und speziell auf das Klima auswirkt“, so das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt in seiner Strategie „Auf dem Weg zu einer emissionsfreien Luftfahrt“.

Akutes Handeln ist das Gebot der Stunde, denn Entwicklungs- und Produktzyklen von Flugzeugen bemessen sich in Jahrzehnten: Um das Morgen gestalten zu können, müssen wesentliche Entwicklungen heute auf den Weg gebracht werden. Die Technologien sind anspruchsvoll, die Rahmenbedingungen komplex. Bevor beispielsweise Wasserstoff als Treibstoff in einer Fluggasturbine verbrannt oder in einer Brennstoffzelle elektrochemisch umgesetzt werden kann, sind viele neue Technologien nötig. Brennstoffzelle, Elektroantriebe und Tanks für flüssigen, minus 253 Grad Celsius kalten Wasserstoff müssen entwickelt und in das Flugzeug integriert werden. Darüber hinaus gilt es, ausreichend Wasserstoff für den weltweiten Luftverkehr nachhaltig und wirtschaftlich zu produzieren sowie die erforderliche Infrastruktur aufzubauen.

**Klimawirkung** —  $CO_2$ -Emissionen,  $NO_x$ -Emissionen und Kondensstreifen machen zusammen die Klimawirkung der Luftfahrt aus.



**$CO_2$**  — Kohlendioxid-Emissionen sind Treibhausgase, die durch Verbrennung verschiedener kohlenstoffhaltiger Materialien entstehen.

**$NO_x$**  — Stickoxide entstehen in Verbrennungsvorgängen aus dem gasförmigen Stickstoff ( $N_2$ ) und Sauerstoff ( $O_2$ ).

**Kondensstreifen** — Sie entstehen durch die Wasserdampfemissionen eines Flugzeugtriebwerks.

### SAF - alternative Kraftstoffe mit Potential

Kurzfristig könnte die Klimawirkung durch den Einsatz nachhaltiger Kraftstoffe erheblich verringert werden. Diese Sustainable Aviation Fuels (SAF) führen zu einem weitgehend geschlossenen Kohlenstoffkreislauf: Das während der Verbrennung freigesetzte  $CO_2$  wird zur Kraftstoffherstellung bestenfalls vollständig aus der Atmosphäre gewonnen. Weiteres Potenzial zeigen die SAF bei Kondensstreifen: Ihre Bildung kann laut ersten Studien ebenfalls deutlich reduziert werden.

SAF können aus Biomasse hergestellt werden, oder aus erneuerbarer Energie beispielsweise über das Power-to-Liquid-Verfahren (PtL). Bereits heute können sie „drop-in“, also ohne Anpassung an Flugzeug und Triebwerk, in der bestehenden Flotte in Beimischungen bis zu 50 Prozent eingesetzt werden. Das Potenzial zur Reduktion der Klimawirkung ist dabei enorm. Aber: Die Herstellverfahren sind zwar entwickelt und zugelassen, jedoch nur vereinzelte Anlagen im Industriemaßstab verfügbar. Die notwendigen Produktionskapazitäten müssen kurzfristig geschaffen werden. Eine große Herausforderung besteht darin, die Verfahren wirtschaftlicher zu gestalten. Obwohl selbst kein Kraftstoffhersteller, macht sich die MTU für den Einsatz von SAF stark: So unterstützt sie mehrere Vorhaben zum Aufbau von PtL-Produktionsanlagen. Zudem ist die MTU Maintenance weltweit das erste Instandhaltungsunternehmen, das auf seinen Prüfständen Abnahmeläufe mit SAF anbietet.

### Neue MTU-Antriebstechnologien

Mit ihrer Technologie-Agenda Claire arbeitet die MTU intensiv darauf hin, Energieverbrauch und Klimawirkung von Flugzeugantrieben in drei Etappen zu reduzieren. Claire leitet sich von den globalen Klimazielen und dem Einfluss der Luftfahrt auf diese ab. Die formulierten Lösungsmöglichkeiten, Konzepte und Technologien gehen mutig über Bestehendes hinaus und bieten so zukunftsweisende Antworten, um Potenziale zu heben.

Ein Schwerpunkt ist die evolutionäre Weiterentwicklung der Fluggasturbine auf Basis des Getriebefans (GTF) kombiniert mit revolutionären Antriebskonzepten: Hier favorisiert die MTU den Water-Enhanced Turbofan (WET Engine), der sowohl  $CO_2$ - als auch  $NO_x$ -Emissionen reduziert und auch die Bildung von Kondensstreifen signifikant senkt. Zu den revolutionären MTU-Konzepten gehört mit der Flying Fuel Cell auch ein elektrischer Antrieb: Die wasserstoffbetriebene Brennstoffzelle hat das Potenzial, langfristig nahezu emissionsfreies Fliegen zu ermöglichen.

Für die MTU steht fest: Mit Blick auf das Ziel des Pariser Klimaabkommens müssen Produkte, die klimaneutrales Fliegen ermöglichen, bereits deutlich vor 2050 in den Markt gebracht werden. Daher intensiviert sie die Entwicklung ihrer revolutionären Antriebskonzepte – zusammen mit ihren Partnern aus Industrie, Wissenschaft und Forschung. Parallel werden aktuelle Antriebe, wie der hocheffiziente Getriebefan, weiterentwickelt und mit nachhaltigen Kraftstoffen kombiniert, um so früh wie möglich die Klimawirkung der Luftfahrt deutlich zu verringern.

Die Technologie-Agenda der MTU leitet sich aus den globalen Klimazielen und dem Einfluss der Luftfahrt auf diese ab und formuliert Lösungsmöglichkeiten auf Luftfahrt-Antriebsebene. Fokussierten sich die Ziele der Luftfahrt bisher auf die reinen CO<sub>2</sub>-Emissionen, so wird zukünftig auch der Einfluss von NO<sub>x</sub>-Emissionen und Kondensstreifen auf das Klima berücksichtigt. Diese Effekte machen zusammen die Klimawirkung der Luftfahrt aus.

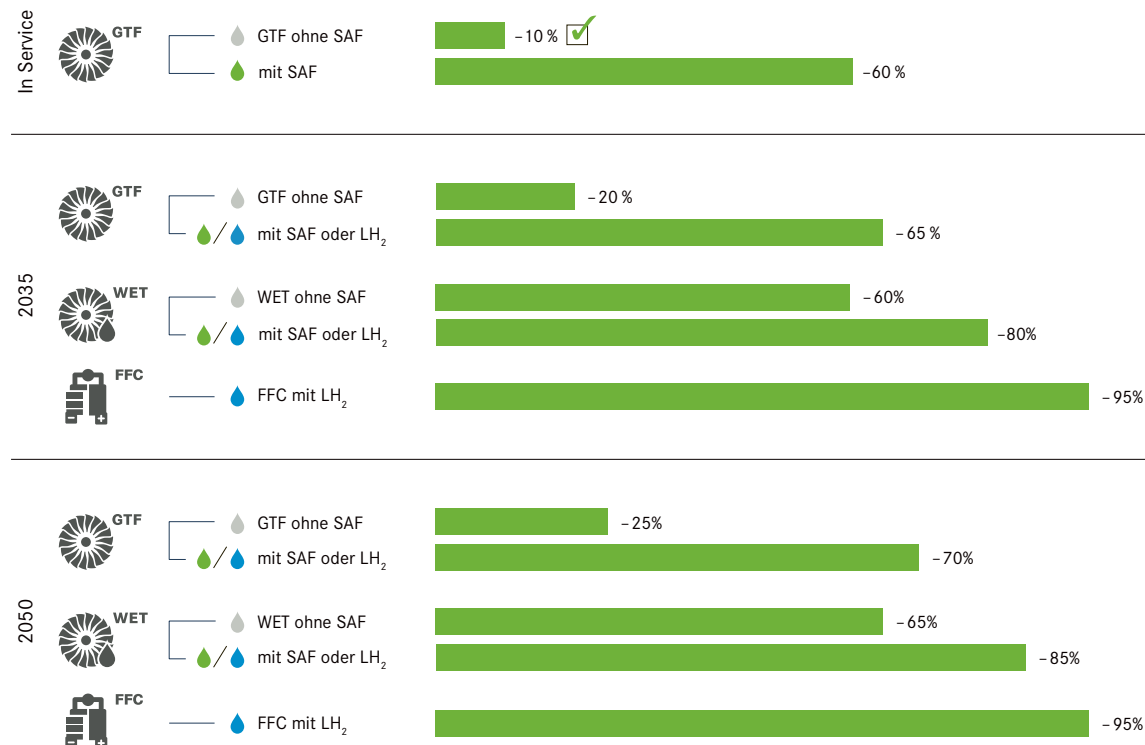
**WEITERE INFORMATIONEN ZUM THEMA**

Link zum Video  
Technologie-Agenda Claire  
[www.aeroreport.de](http://www.aeroreport.de)



**TECHNOLOGIEAGENDA DER MTU**

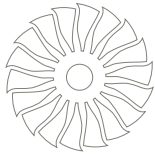
Reduktion der Klimawirkung\*



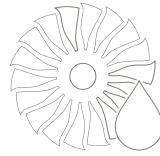
**Reduktion der Klimawirkung\* (Global Warming Potential)**  
Klimawirkung entsteht durch die Emission von CO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> sowie die Bildung von Kondensstreifen<sup>1</sup>

**Reduktion des Energieverbrauchs\***  
Energieverbrauch definiert die notwendige Energie zur Durchführung einer Standardmission<sup>1</sup>

**GTF** = Getriebefan  
**WET** = Water-Enhanced Turbofan  
**FFC** = Flying Fuel Cell  
**SAF** = Sustainable Aviation Fuel



**Getriebefan** — Durch seine hohe Effizienz ermöglicht er bereits heute klimafreundlichen Luftverkehr - und birgt noch viel Potential für die Zukunft.

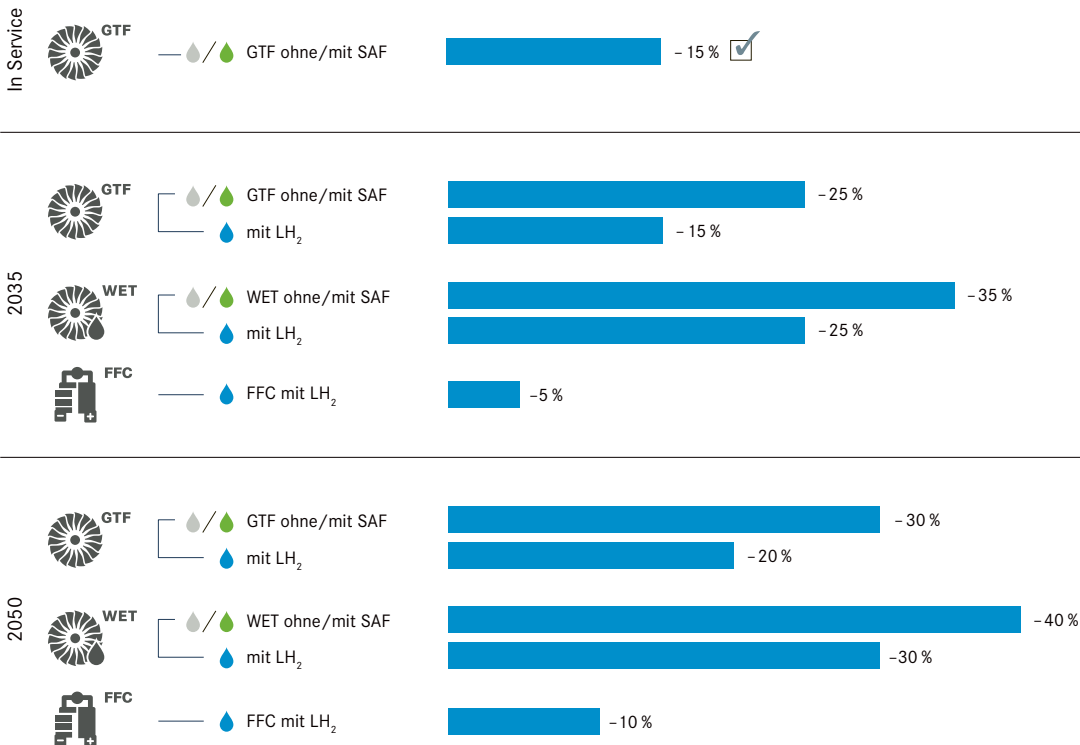


**Water-Enhanced Turbofan** — das Gasturbinen-basierte Konzept erreicht nahezu Klimaneutralität bei gleichzeitig verminderten Energieverbrauch.



**Flying Fuel Cell** — Weder CO<sub>2</sub>- und NO<sub>x</sub>-Emissionen noch Partikel werden erzeugt. Lediglich Wasser bleibt als Emission übrig.

### Reduktion des Energieverbrauchs\*



**Kraftstoff**

- ⬤ = Kerosin ohne SAF
- ⬤ = 100% SAF
- ⬤ = LH<sub>2</sub> = Flüssigwasserstoff



**Lärmreduktion**

Alle Konzepte erreichen die zukünftigen Lärmgrenzwerte

<sup>1</sup> im Vergleich zu einer mit Kerosin betriebenen Fluggasturbine aus dem Jahr 2000

**Leiser, sparsamer,  
emissionsärmer**

*Mit der Pratt & Whitney GTF™  
Triebwerksfamilie sind aktuell die  
ökoeffizientesten Antriebe im Einsatz.*



### In drei Schritten zum emissionsfreien Fliegen

Die erste Etappe von Claire wurde mit den hocheffizienten Triebwerken aus der Pratt & Whitney GTF™ Triebwerksfamilie erreicht. Die MTU hat die Antriebe gemeinsam mit dem US-amerikanischen Partner realisiert. Sie kommen in modernen Kurz- und Mittelstreckenflugzeugen zum Einsatz, wie in der A320neo und A220 von Airbus sowie in der Embraer E-Jet E2-Familie. Bereits diese erste Generation des Getriebefans gilt als technische Meisterleistung: Der GTF reduziert Kraftstoffverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen im Vergleich zur Vorgänger-Triebwerksgeneration um je 16 Prozent – ein Prozent mehr als anvisiert.

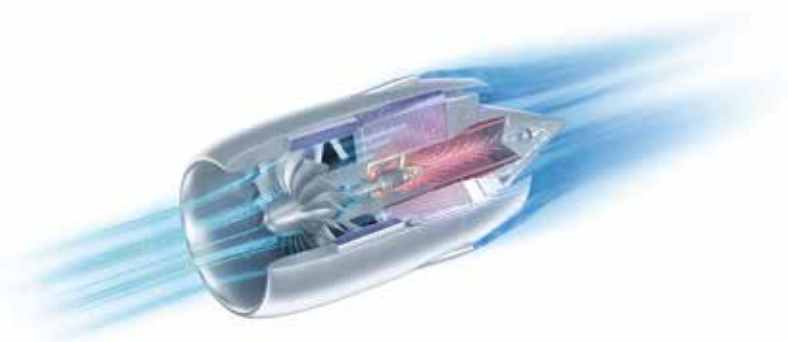
Und die GTF-Erfolgsgeschichte schreibt schon das nächste Kapitel: Mit dem Pratt & Whitney GTF Advantage™ kommt ab Januar 2024 eine technologisch verbesserte Version für die A320neo-Familie auf den Markt. Der GTF Advantage wird den Kraftstoffverbrauch und die CO<sub>2</sub>-Emissionen um je ein weiteres Prozent senken. Damit verbessert sich die Bilanz gegenüber Antrieben früherer Generationen um insgesamt je 17 Prozent.

Wesentliche Optimierungen kommen dabei von der MTU, die für den GTF die schnelllaufende Niederdruckturbinen- und die ersten vier Stufen des Hochdruckverdichters beisteuert. Zudem fertigt sie mit Bürstendichtungen und Nickel-Blisks für den Hochdruckverdichter auch Bauteile, die nicht in ihrer Design-Verantwortung liegen. Eine verbesserte Kraftstoffeffizienz verringert sowohl den Ressourcenverbrauch als auch die Klimawirkung. Darauf nimmt die MTU mit ihren neuen Komponententechnologien direkten Einfluss.

### 2. GTF-Generation wird noch besser

Seit der Getriebefan Anfang 2016 in Serie ging, haben diese Antriebe den Flugbetreibern mehr als zwei Milliarden Liter Treibstoff eingespart und dazu beigetragen, mehr als sechs Millionen Tonnen Kohlenstoffemissionen zu vermeiden. Bereits heute sind GTF-betriebene Flugzeuge für den Betrieb mit einem 50-Prozent-Anteil an Sustainable Aviation Fuel (SAF) zugelassen und können so den CO<sub>2</sub>-Ausstoß noch weiter verringern. Das GTF-Advantage-Triebwerk wird bei seiner Markteinführung sogar für einen Betrieb mit 100 Prozent SAF zugelassen sein.

Um das volle Potenzial des GTF auszuschöpfen, arbeitet die MTU bereits an der zweiten Generation des Getriebefans. Das Fan-Druckverhältnis soll weiter reduziert und damit das Nebenstrom-Verhältnis nochmals erhöht werden. Zudem lässt sich der thermische Wirkungsgrad des Kerntriebwerks unter anderem durch höhere Druckverhältnisse, die integrierte Auslegung von Verdichter- und Turbinenkomponenten, die weitere aerodynamische Optimierung sowie den Einsatz neuer Werkstoffe verbessern. Leicht, extrem hitzeresistent und robust gegenüber Umwelteinflüssen müssen diese neuen Materialien sein. Dabei stehen die besten Werkstoffklassen im Fokus, etwa Einkristalle der 6. Generation oder Pulvermetalle für die Turbinen. Angetrieben mit nachhaltigen Kraftstoffen oder Flüssigwasserstoff könnte die zweite GTF-Generation die Klimawirkung bereits bis zu 65 Prozent verringern.



### **Nahezu Klimaneutralität** —

*Bei der WET Engine wird massiv der Ausstoß von Stickoxiden vermindert. Auch Kraftstoffverbrauch, CO<sub>2</sub>-Emissionen und die Bildung von Kondensstreifen werden stark reduziert.*

### **WET Engine punktet durch nasse Verbrennung**

Die MTU-Expert:innen wissen: Diese evolutionäre Weiterentwicklung der Gasturbine wird allein nicht ausreichen, um die Ziele aus dem Pariser Klimaabkommen zu erreichen. Revolutionäre Antriebskonzepte auf Basis des Getriebefans sind gefragt, die den Weg in eine klimaneutrale Luftfahrt eröffnen. Das geht nur über innovative Technologien. Zusammen mit Industriepartnern, Universitäten und Forschungseinrichtungen treibt die MTU die Entwicklung von Lösungen voran, die eine Verringerung der Klimawirkung um 80 Prozent ermöglichen sollen. Das soll bis zum Jahr 2035 erfolgen und ist Inhalt der zweiten Etappe von Claire.

Das favorisierte MTU-Konzept ist der Water-Enhanced Turboprop (WET Engine), angetrieben mit SAF oder Wasserstoff. Die WET Engine nutzt die Energie aus dem Abgasstrahl des Triebwerks. Hierzu wird mittels eines Dampferzeugers Wasser verdampft und in die Brennkammer eingespritzt. Das notwendige Wasser wird in einem Kondensator aus dem Abgas gewonnen. Eine solche nasse Verbrennung mindert massiv den Ausstoß von Stickoxiden. Kraftstoffverbrauch, CO<sub>2</sub>-Emissionen und die Bildung von Kondensstreifen lassen sich bei diesem Konzept ebenfalls stark reduzieren. Mit Reduktion der Klimawirkung um etwa 80 Prozent erreicht dieses Konzept bereits 2035 nahezu Klimaneutralität.

Die WET Engine greift als gasturbinen-basiertes Konzept voll auf das Know-how der MTU zurück. Es kann von der Kurz- über die Mittel- bis zur Langstrecke angewendet werden. So deckt die WET Engine den Bereich ab, in dem nahezu die gesamte Klimawirkung der Luftfahrt erzeugt wird. Zudem werden durch die hohe Effizienz Kosten und wertvolle Ressourcen gespart.

### **Flying Fuel Cell: nahezu emissionsfrei**

Ein weiteres revolutionäres Antriebskonzept, das die MTU im Rahmen der zweiten Claire-Etappe bis 2035 vorantreibt, ist eine möglichst vollständige Elektrifizierung des Antriebsstrangs. Hier hat die Wandlung von flüssigem Wasserstoff in Strom mit Hilfe einer Brennstoffzelle das größte Potenzial. Flying Fuel Cell (FFC) heißt das MTU-Konzept und soll zunächst auf kürzeren Strecken im regionalen Flugverkehr zum Einsatz kommen. Mit diesem Antriebssystem werden weder CO<sub>2</sub>- und NO<sub>x</sub>-Emissionen noch Partikel erzeugt. Lediglich Wasser bleibt als Emission übrig. Mit bis zu 95 Prozent reduziert die FFC die Klimawirkung nahezu auf null.


Langfristig ist Wasserstoff die Grundlage für den klimaneutralen Antrieb der Zukunft. Die MTU sieht drei Einsatzmöglichkeiten: Direktverbrennung in der Fluggasturbine, Umwandlung in SAF sowie Wandlung in elektrische Energie mittels einer Brennstoffzelle. Der große Vorteil: Der Einsatz von Wasserstoff als Treibstoff macht einen Luftfahrtantrieb kohlenstofffrei. Der Energiegehalt von Wasserstoff pro Kilogramm Treibstoff ist circa dreimal so hoch wie der von Kerosin, auch das macht diesen Energieträger für die Luftfahrt spannend. Flüssiger Wasserstoff hat im Vergleich zu Kerosin allerdings ein höheres Volumen. In der Auslegung von Flugzeugen mit Wasserstoffantrieb besteht eine zentrale Herausforderung darin, große Tanks zu integrieren. Aber nur wenn Wasserstoff aus regenerativen Energien hergestellt wird, kann seine Verwendung auch klimafreundlich sein. Die Bereitstellung ausreichender Mengen regenerativer Energie ist – neben der Einführung nachhaltiger Energieträger in der Luftfahrt – die große Herausforderung der nächsten Jahrzehnte.

**Wasserstoff** — Die MTU sieht drei Einsatzmöglichkeiten: Direktverbrennung in der Fluggasturbine, Umwandlung in SAF sowie Wandlung in elektrische Energie mittels einer Brennstoffzelle.



### Emissionsfreiheit in greifbarer Nähe

2050 markiert die dritte Claire-Etappe. Dieses Jahr scheint noch in weiter Ferne – nicht so für die MTU, die sich das Ziel gesteckt hat, die Gesamteffizienz sowohl für den Getriebefan als auch für die WET Engine weiter zu verbessern. Mit dem Einsatz von near drop-in Kraftstoffen, also SAF, die chemisch angepasst werden, ließe sich die Klimawirkung maximal reduzieren. Hierfür müssen aber geringe Anpassungen an Flugzeug und Triebwerk in Kauf genommen werden. Wird die WET Engine mit Wasserstoff angetrieben, hätte das nicht nur weitere Vorteile hinsichtlich CO<sub>2</sub>-Emissionen, sondern zusätzlich das Potenzial, Gewicht und den Luftwiderstand des Antriebs durch kompaktere Bauweisen zu reduzieren.

Mit verbesserter Effizienz soll die Flying Fuel Cell ab 2050 auf der Kurz- und Mittelstrecke zum Einsatz kommen und damit die Klimawirkung weiter verringern. Die MTU-Expert:innen wollen hierzu die Effizienzen der einzelnen Komponenten weiter steigern, um damit auch den Energiebedarf im Flug zu reduzieren und die Emissionsfreiheit in greifbare Nähe zu rücken. 

#### AUTORIN:



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

#### Weitere Informationen zum Thema „Emissionsfreies Fliegen“ unter [www.aeroreport.de](http://www.aeroreport.de)

##### WEITERE INFORMATIONEN ZUM THEMA „CLAIRE“

Technologie-Agenda Claire: In drei Etappen zum emissionsfreien Fliegen  
[www.aeroreport.de](http://www.aeroreport.de)



##### WEITERE INFORMATIONEN ZUM THEMA „WASSERSTOFF“

Wie Wasserstoff die Luftfahrt revolutioniert  
[www.aeroreport.de](http://www.aeroreport.de)



##### WEITERE INFORMATIONEN ZUM THEMA „SAF“

Alternative Kraftstoffe: Kerosin aus erneuerbarer Energie  
[www.aeroreport.de](http://www.aeroreport.de)





# SAF im Prüfstand

*Die MTU hat als erster Instandhalter auf dem Prüfstand Abnahmeläufe mit Sustainable Aviation Fuels (SAF) durchgeführt. Getestet wurde mit V2500-Triebwerken.*

**Autorin:** Isabel Henrich



## **V2500 im Prüfstand** —

Ende 2021 führte die MTU Abnahmeläufe an einem Triebwerk des Kunden JetBlue durch - mit zehnpromtiger Beimischung von SAF.

Ende 2021 führte die MTU Maintenance mit Erstkunde JetBlue Airways erstmals Testläufe mit Sustainable Aviation Fuel (SAF) an V2500-Triebwerken durch. Im März 2022 ließ auch der Kunde LATAM ein Triebwerk mit SAF bei der MTU auf dem Prüfstand testen. Dabei verwendeten die Partner anfänglich ein Kraftstoffgemisch mit einem Anteil von bis zu 10 Prozent SAF. Der verwendete Kraftstoff wird nachhaltig aus recycelten Speiseölen und -abfällen gewonnen und verursacht über den gesamten Lebenszyklus hinweg bis zu 80 Prozent weniger Treibhausgasemissionen als das durch ihn ersetzte herkömmliche Kerosin. Die MTU Maintenance ist damit weltweit der erste MRO-Dienstleister, der Testläufe mit SAF angeboten hat.


Thorsten Kleine Sextro, Systemingenieur V2500 von der MTU Maintenance Hannover, arbeitet seit vier Jahren auf den nachhaltigen Einsatz alternativer Kraftstoffe auf den MTU-Prüfständen hin.

**Herr Kleine Sextro, was war im Voraus nötig, um den Einsatz von SAF bei den Prüfständen zu ermöglichen?**

Wir haben im Vorfeld Verhandlungen mit verschiedenen Kraftstofflieferanten geführt, um die technischen Spezifikationen und die Verfügbarkeit von SAF zu klären. Aus technischer Sicht erfüllen die eingesetzten SAF alle Anforderungen der Spezifikation von klassischem Kerosin und können so problemlos an unseren

Prüfständen eingesetzt werden. Außerdem haben wir die internen Voraussetzungen geschaffen, um den Standort „SAF-ready“ zu machen und den Kraftstoff zu verwenden.

**Als erster Instandhalter, der solche Abnahmeläufe durchgeführt hat, setzt die MTU damit auch Maßstäbe.**

Absolut. Unsere Kunden haben ein großes Interesse daran, einen Beitrag zur Reduktion der Klimawirkung zu leisten. Wir freuen uns sehr darüber, sie dabei unterstützen zu können, indem wir SAF innerhalb der Abnahmeläufe einsetzen. Wir konnten dabei rund 0,6 Tonnen CO<sub>2</sub> einsparen wodurch wir den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck deutlich verkleinern. Wir haben die SAF-Beimischung für die Abnahmeläufe aktuell mit 10 Prozent begonnen. Zukünftig können wir sie auf bis zu 50 Prozent anheben, dies ist die derzeit zulässige Höchstgrenze. 

## **AUTORIN:**



**Isabel Henrich** ist studierte Politologin und Kommunikationswissenschaftlerin. Bei der MTU steuert sie den redaktionellen Prozess des AEROREPORTS und ist zuständig für die Konzeption und Entwicklung der Inhalte.

# Schaufelfertigung mit Autopilot

*Die MTU hat eine automatisierte Schaufelfertigung entwickelt, die bis zu 66 Stunden autonom arbeitet und nun zur Grundlage für größere Smart-Factory-Projekte wird.*

**Autor:** Tobias Weidemann





Der Roboter positioniert ein Rohteil in der Spannvorrichtung, fixiert es mit zahlreichen Schrauben und belädt eine der fünf Werkzeugmaschinen. Diese bohren und fräsen, schleifen und vermessen – alles vollautomatisch, ein Wertschöpfungsprozess wie von Geisterhand. Und effizient – denn nebenbei kümmert sich der Roboter um die Vor- und Nachbereitung der nächsten Teile und Werkzeuge. „Wir haben mit der neuen Anlage den Beweis angetreten, dass Industrie 4.0 auch für die sehr spezielle Hochtechnologiefertigung von Triebwerksteilen funktioniert“, fasst Christiane Müller, Leiterin Hochdruckturbinen-Leitschaufeln bei der MTU Aero Engines, das neue Flexible Fertigungssystem (FFS) zusammen. Für die vernetzte Produktion von Laufschaufeln, Leitschaufeln und Strukturbauteilen bedeute das einen gewaltigen Sprung in Richtung Smart Factory. Flexibel und vor allem autonom und über Tage ohne menschliches Zutun fertigen die fünf Werkzeugmaschinen der Anlage mit Hilfe eines Leitsystems parallel Bauteile – „und das alles auf einem Drittel der Fläche, die zuvor für die konventionelle Fertigung erforderlich war“, so Müller.

#### **Komplett autonome Produktion übers Wochenende**

Sechs mögliche Arbeitssystemvarianten standen zur Wahl – doch anstatt die Produktion in der bestehenden Form zu erneuern, entschied man sich dafür, die Fertigung auf ein moderneres, von fortschreitender Automatisierung getriebenes Level zu heben. Die Wahl fiel deshalb auf eine Produktionseinheit, die möglichst lange autonom arbeiten kann. „66 Stunden – das ist genau die Zeit, um ein komplettes Wochenende gut überbrücken zu können“, sagt Marc Weiß, Projektleiter des FFS. So lange sollte das Flexible Fertigungssystem ohne menschliche Eingriffe auskommen. Für die nötige Prozessstabilität sorgt dabei eine autonome Korrektur innerhalb der Maschine sowie eine umfassend geplante vorbeugende Instandhaltung. Dies soll in Zukunft weiteren Effizienzgewinn erbringen.

Die Schleifscheiben oder andere Werkzeuge – bei 95 Prozent der für die Turbinenschaufelfertigung erforderlichen Arbeitsschritte handelt es sich um Schleifbearbeitung – werden zwar manuell



**Flexibel und automatisiert** — Das FFS ist eine weltweit einmalige Fertigungslinie für Turbinenschaufeln.

von Mitarbeiter:innen aufgezogen und auch wieder entfernt. Doch gerade die Bohrer und Fräser werden durch die Roboterzelle automatisch gewechselt und automatisiert vermessen.

### 15 Minuten statt 7 Stunden: Stillstandzeiten reduziert

Viel gewonnen hat die Produktion auch in Hinblick auf Effizienz und Flexibilität in der Auftragsabwicklung. Denn der allgemeine Trend der vergangenen Jahre, immer kleinere Stückzahlen zu fertigen und weitreichende Individualisierung bei den Kundenaufträgen zu ermöglichen, hat auch vor der Turbinenschaufelfertigung nicht Halt gemacht. Die fertigt in der Praxis zwar nicht direkt nach Losgröße 1, übliche Auftragsvolumina liegen meist bei Stückzahlen zwischen 70 und 120 Werkstücken. Mit der neuen Anlage lassen sich aber kleinere Stückzahlen fertigen, ohne dass hohe Umrüstaufwände entstehen.

Für auf ein Minimum reduzierte Stillstandzeiten sorgt hier jeweils eine Doppelstruktur. So befindet sich etwa ein Fräser bereits in der Bearbeitungsmaschine, während ein weiterer schon für den nächsten Schritt vorbereitet wird. Und auch bei den Roboterzellen gibt es eine Vorrichtung, auf die das Bauteil gespannt ist und eine, in der das bearbeitete Bauteil entfernt und ein neues Rohteil aufgezogen wird. „Das ermöglicht uns eine flexiblere Auftragsplanung und erfordert weniger Rücksichtnahme auf Umrüstzeiten – unterm Strich fertigen wir so gleich in mehreren Punkten effizienter“, beschreibt Christiane Müller. Denn während die kon-

ventionellen Produktionslinien bislang sieben bis acht Stunden für die Umrüstung benötigten, ist das neue System innerhalb von gerade einmal 15 Minuten umgerüstet.

Der Weg hin zu dieser flexiblen Fertigung war durchaus aufwendig und zeitintensiv – „umgekehrt aber auch mit einer steilen erfolgreichen Lernkurve verbunden“, wie Marc Weiß beschreibt. Eine

besondere logistische Herausforderung dabei war der parallele Weiterbetrieb der alten Anlage. In den Endausbau konnte das FFS mit fünf Werkzeugmaschinen und der kompletten Automation sämtlicher Prozesse dann im Juli 2021 gehen. „Derzeit werden weitere Bauteile für die Fertigung per FFS orchestriert, sodass Ende 2022 der finale Ausbau und komplette Betrieb gewährleistet sein wird“, erklärt Müller.

**15 Minuten**

statt 7 Stunden:

Stillstandzeiten deutlich reduziert

**66 Stunden**

autonomes Arbeiten:

ganzes Wochenende überbrückbar

### Pionierarbeit in der Triebwerkteileproduktion

„Das Projekt hat für die MTU und darüber hinaus einen Leuchtturmcharakter. Gerade für diese Art Bauteile und für diese extrem empfindliche Fertigungssituation gibt es bislang keine weltweit vergleichbare automatisierte Fertigungsanlage“, sagt Marc Weiß. Ein Novum ist insbesondere der hohe Grad an eigenem Know-how, der hier zum Einsatz kommt. Denn zum einen stammt die Werkzeugmaschinenprogrammierung von der MTU selbst, zum anderen ist auch die Spannstation mit ihrer per Roboter durchgeführten Verschraubung ein Element, das speziell von der MTU entwickelt wurde. Auch bei der Werkzeugwechselzelle

*„Das Projekt hat für die MTU und darüber hinaus einen Leuchtturmkarakter. Gerade für diese Art Bauteile und für diese extrem empfindliche Fertigungssituation gibt es bislang keine vergleichbare automatisierte Fertigungsanlage.“*



**Das FFS-Team** — Christiane Müller, Leiterin Hochdruckturbinen-Leitschaufeln und Marc Weiß, Projektleiter des FFS bei der MTU.

**Marc Weiß**

Projektleiter des FFS bei der MTU

hat das Unternehmen Pioniararbeit geleistet und zusammen mit den Partnern Lösungen erfunden und entwickelt, die selbst in anderen Branchen so noch nicht vorkommen. Wichtig, so betont Christiane Müller, sei aber auch das Know-how der Mitarbeiter:innen gewesen, die ihre Erfahrung aus der konventionellen Anlage eingebracht haben. „Dieses Wissen fließt auch in der neuen Anlage in ein ausgewogenes Miteinander von Mensch und Maschine ein.“

### **FFS als Blaupause für größere Digitalisierungsprojekte**

Mit der Herstellung des Regelbetriebs der Anlage ist das Kapitel „Flexibles Fertigungssystem“ aber bei Weitem nicht abgeschlossen. So soll am MTU-Standort in München in Zukunft eine weitere, deutlich umfangreichere Produktion gebaut werden – im Wesentlichen nach demselben Konzept und Produktionsanlagen der

gleichen Hersteller. „All das ist die Blaupause für weitere Anlagen, die in den nächsten Jahren in deutlich größerer Ausführung in einer gesamten Halle entstehen werden“, erklärt Marc Weiß.

In einer im vergangenen Jahr gegründeten Querschnittsabteilung „Improvement & Digitalisierung“ werden Ideen und Themen rund um Smart Factory gebündelt. Fabian Lindermer, zuständig für den Bereich Digitalisierung, ist davon überzeugt, dass das Flexible Fertigungssystem mit seinem hohen Grad an Automatisierung ein wertvolles Element auf dem Weg zur Digitalisierung der MTU-Produktion ist. „Wir werden als MTU in Zukunft die zahlreichen Einzelinitiativen, die wir an smarten Systemen in der Montage oder in der Produktion haben, vernetzen und zu einem digitalen Gesamtsystem verknüpfen – damit aus Insellösungen eine wirklich smarte Factory wird.“



#### **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.

#### **WEITERE INFORMATIONEN ZUM THEMA "DIGITALISIERUNG"**

Auf digitaler Mission  
[www.aeroreport.de](http://www.aeroreport.de)



**FLEXIBLES FERTIGUNGSSYSTEM (FFS)**

# Autonome Produktion Schritt für Schritt

*Im Flexiblen Fertigungssystem läuft die Fertigung von Bauteilen vollautomatisch ab - von der Werkzeugvorbereitung über die Bauteilbearbeitung bis hin zur Einlagerung der fertigen Bauteile. Bis zu 66 Stunden kann das System dabei ohne menschliches Zutun arbeiten. Und so funktioniert's:*



**01 Werkzeugvorbereitung**  
In der Voreinstellzelle erfolgt die Vorbereitung der Werkzeuge. Der Rüstprozess lässt sich auf rund 15 Minuten verkürzen. Eine Werkzeugtrageeinheit ist dabei im Einsatz, während die andere vorbereitet wird.



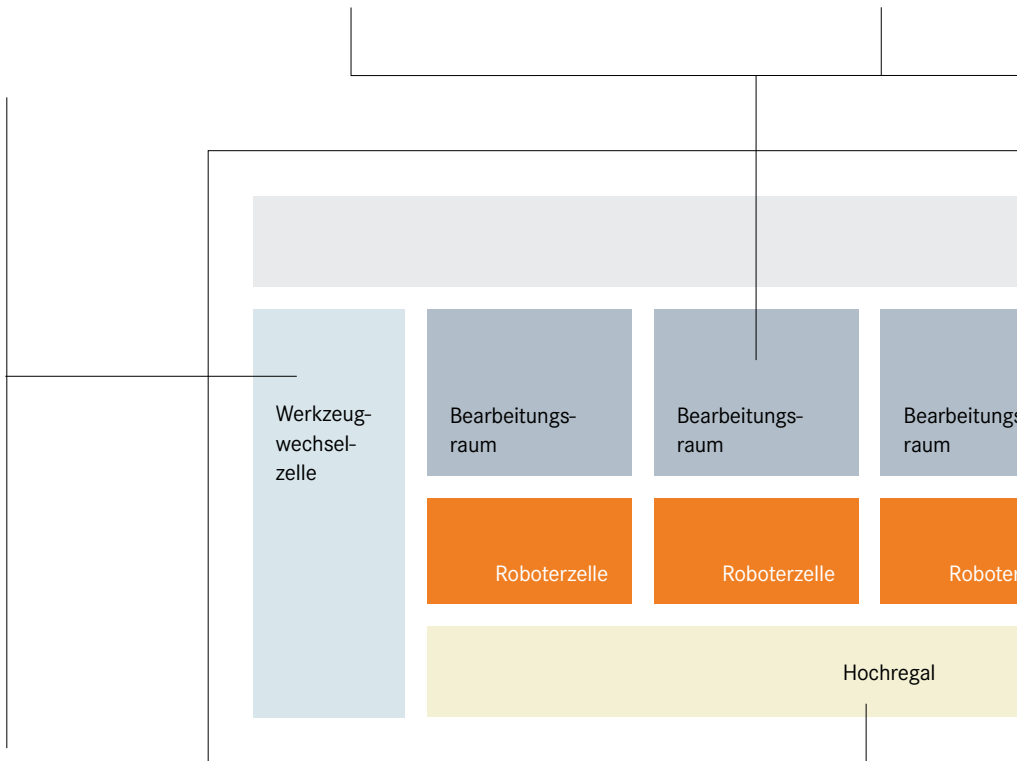
**02 Befüllung der Rohteile in Körbe**  
Der Mitarbeiter befüllt die Drahtgitterkörbe mit den Rohteilen. Diese werden in ein Hochregal eingeführt und wandern von dort in die Maschine.



**05 Überführung in Bearbeitungsraum**  
Das zu bearbeitende Bauteil wird daraufhin im Nullpunktspannsystem in den Bearbeitungsraum der Maschine geführt.



**07 Werk**  
**in Be**  
Ansch  
zeugtr  
magaz

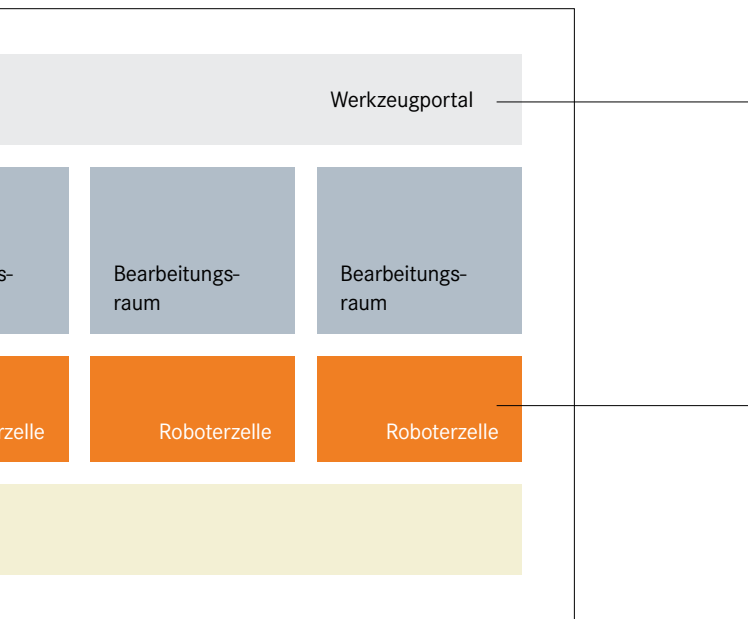


**09 Bauteileinla**  
Danach wird da  
in ein Hochreg  
wird es dann fü  
verarbeitung ei  
auch die Weiter  
erfolgen.



**Werkzeugtransport  
in den Bearbeitungsraum**

Am Ende des Kettenmagazins erfolgt der Werkzeugtransport aus dem Kettenmagazin in den Bearbeitungsraum.



**Werkzeuglagerung im Hochregal**

Das fertig bearbeitete Bauteil wird in das Hochregal transportiert – von hier wird es für die (manuelle) Weiterverarbeitung angelagert. Mittelfristig soll die Weiterverarbeitung automatisiert werden.



08

**Bauteilbearbeitung**

Innerhalb der Maschine wird nun die exakte Position des Rohteils bestimmt, das Bauteil exakt eingemessen. Danach erfolgt die eigentliche Bauteilbearbeitung, in diesem Fall das Schleifen. Die Werkzeugmaschinenprogrammierung, das NC-Programm, stammt ebenfalls von der MTU selbst.



06

**Werkzeugtransport  
ins Kettenmagazin**

Das Werkzeugportal transportiert die benötigten Bearbeitungswerkzeuge ins Kettenmagazin des Bearbeitungsraumes.



03

**Vorrichtung auf  
Spannstation**

Innerhalb der Roboterzelle erfolgt die Vorrichtung auf die Spannstation. Aus den bereitgestellten Werkzeugen und Spannvorrichtungen greift sich der Roboter das benötigte Equipment.

04

**Einspannung des Bauteils**

Die Einspannung des Bauteils erfolgt ebenfalls automatisiert, das zu bearbeitende Bauteil wird durch den Roboter gegriffen und in die Spannstation eingeführt. Der Spannprozess und die Spannvorrichtung sind eigens hierfür entwickeltes MTU-Know-how.

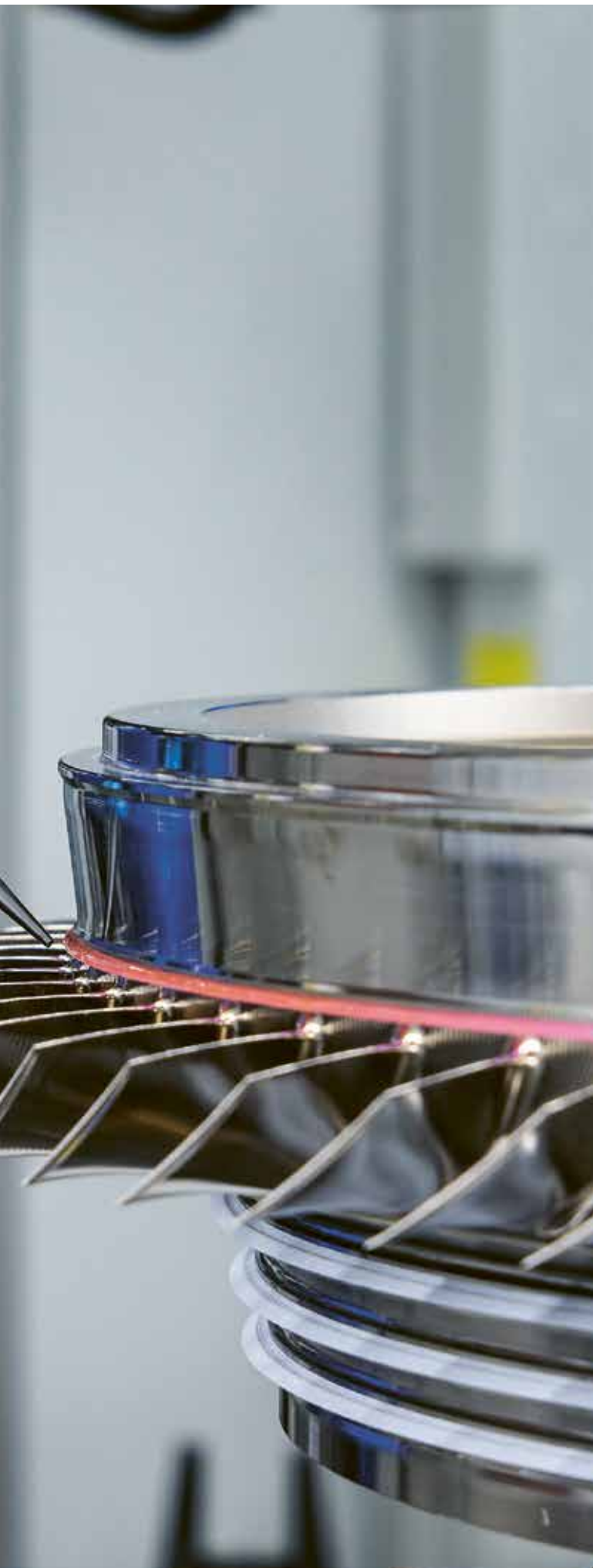


# Unter der Maske

*Wie die MTU mit einem Elastomer ihre Oberflächenbearbeitung revolutioniert.*

**Autor:** Thorsten Rienth





**Aufwendige Vorbereitung** — Thomas Kaltenecker hat mit seinem Team viel Zeit und Herzblut in die Entwicklung des Verfahrens und den Aufbau der Hightech-Maschine gesteckt. Nach 1,5 Jahren war die Maschine fertig – sie gibt es so nur bei der MTU.

Wenn Thomas Kaltenecker, Fertigungsplaner bei der MTU Aero Engines, Sinn und Zweck der futuristischen Dispenser erklären will, legt er zwei Fotos nebeneinander. Das linke Bild zeigt einen großen Lagerraum. Darin hängen in mehreren Etagen Silikonringe in dutzenden Farben, Formen und Größen über-, unter-, nebeneinander. Im rechten Bild liegen ein paar Kartuschen gefüllt mit einem gelförmigen Elastomer auf einem Tisch. „Unterm Strich erfüllt beides die gleiche Aufgabe“, erklärt Kaltenecker. „Stellen von Triebwerksbauteilen mit Maskierungsmaterial abzudecken, während andere, besonders beanspruchte Bereiche etwa mit einer thermischen Spritzschicht versehen werden. Die Maskierung sorgt dafür, dass die Spritzschicht nicht auf Stellen gerät, die davon freibleiben sollen.“

Die Klebebänder, Silikonringe, Masken oder Metallabdeckungen kleben, ziehen, stülpen und klemmen Kalteneckers Kolleg:innen in Millimeterbruchteilarbeit manuell an diese Stellen. Das Elastomer hingegen tragen die Dispenser vollautomatisch auf die jeweiligen Stellen am Bauteil auf. Die UV-Lampe des Maskier-Vollautomaten härtet das Material in Sekunden. Nachdem die Maskierung den jeweiligen Fertigungsprozess durchlaufen hat, wie etwa das Thermische Beschichten, Kugelstrahlen oder die Galvanik, lässt es sich rückstandsfrei vom Bauteil abziehen.

### **Kürzere Durchlaufzeiten, verbesserte Qualität und gesenkte Kosten**

SpeedMask® von der DYMAX GmbH lautet der Markenname und der Hersteller des dickflüssigen Gels, deren UV-härtende Klebstoffe primär im Bereich der Medizintechnik verwendet werden. Durch Zufall hört Kaltenecker davon. „Sowas müsste uns doch beim Beschichten echt weiterbringen“, habe er gedacht.

Schritt für Schritt beginnt Kaltenecker sich an SpeedMask® zu versuchen. Kaltenecker erprobt Materialmischungen und, noch manuell, Maskiervorgänge. Die ersten Tests laufen vielversprechend. Die Tage, in denen Kaltenecker nicht mehr nur die Produktion plant, sondern auch ein neues Maskierverfahren entwickelt, werden mehr. Parallel laufen Studienarbeiten zum Elastomer-3D-Druck auf Triebwerksteilen. Sie attestieren der Idee technische Machbarkeit und breite Einsatzmöglichkeiten in der MTU-Produktion. Kürzere Durchlaufzeiten, verbesserte Qualität und gesenkte Kosten bringen einen erstklassigen Mehrwert.

Seit gut drei Jahren dreht sich schließlich das Allermeiste in Kalteneckers Arbeitsalltag um SpeedMask® – und, wie er das so erzählt, dreht sich hinter ihm in der Roboterzelle eine Blik. Die Optik der Maschine hat erkannt, dass es sich um die vierte Stufe eines bestimmten Hochdruckverdichters handelt. Die Steuerung lädt das entsprechende Programm, setzt den richtigen Dispenser auf und fährt ihn in Position. Während der Drehtisch das Bauteil in Rotation versetzt, schwenkt, hebt und senkt, fördert die Dispensereinheit kontinuierlich das Elastomer aus der Kartusche. Hochpräzise wird Material exakt entlang von Kanten aufgetragen, wie es etwa beim Maskieren auf dünnen Blik-Schaufelspitzen von Nöten ist. Aber auch Bohrungen können aufgefüllt oder Bereiche großflächig maskiert werden. Den Einsatzmöglichkeiten und Variationen sind dank dem Verfahren und dem Vollautomaten kaum Grenzen gesetzt. „Die genaue Form der jeweiligen Abdeckung definieren die jeweiligen Verfahrensparameter, wie etwa die Art des Dispenseraufsatzes, die Entfernung und Winkel des Dispensers zum Bauteil und die Durchflussmenge“, erklärt Kaltenecker. Dann summt das UV-Licht vorbei und härtet das Elastomer aus.

Schließlich kommt ein weiteres Mal die Maschinenoptik ins Spiel: „Sie erkennt zum Beispiel, ob unerwünschte kleine Luftbläschen oder Fehlstellen in der Maskierung sind.“ Die Qualitätskontrolle ist also inklusive – und zahlt nebenbei auf die Nachhaltigkeit ein: „Bislang weisen wir jedes Jahr rund 14.000 Silikonringe noch im Wareneingang aufgrund von Abweichungen zurück. Die landen dann in der Entsorgung.“

### **Beinahe auf Null-Toleranz maskierte Bearbeitungsbereiche**

Im vergangenen Sommer wurde eine wohl weltweit einmalige Prototypenanlage angeliefert, mit der nun das innovative Material zum


Maskieren von Turbinenbauteilen vollautomatisiert und effektiv genutzt werden kann. Sie durchlief zunächst die Erprobung, dann wurde die Industrialisierung angestoßen, sprich: Die Maskier- und Aushärteprogramme der ersten Bauteile eingerichtet. So liest sich der noch kurze Auszug aus dem bisherigen Lebenslauf der Maschine, der eigentlich doch ein verhältnismäßig langer ist: „Der Prototyp war sicherlich eines unserer bislang anspruchsvollsten Projekte“, erklärt Pascal Malischek, Mechatronik- und Robotikingenieur beim österreichischen Hersteller Robooptic Systems. „Die gesamte Maschinensteuerung ist in einer Art Modulbauweise mit freien Parametern aufgebaut, damit die MTU die Maskierprogramme selbständig anpassen kann.“

Die Programmierfähigkeit ist aus MTU-Perspektive entscheidend. Mehrere hundert Bauteile aus dem Portfolio durchlaufen während ihrer Produktion oftmals verschiedene Stationen in der Beschichterei. Bisweilen ändern sich im Zuge von Designverbesserungen Bauteilgeometrien. „Da müssen wir einfach schnell und unkompliziert die jeweiligen SpeedMask®-Maskierprogramme anpassen können“, sagt Kaltenecker.

Der Fertigungsplaner verweist auf den Effizienzaspekt hinter der neuen Anlage, im OEM- wie MRO-Geschäft: „Die abzuklebenden Zonen sind mittlerweile derart filigran, dass das händisch nur noch mit enormer Konzentration und Zeit machbar ist.“ Was von Hand bisweilen eine gefühlte Ewigkeit dauere, erledige der SpeedMask®-Roboter in einem Bruchteil davon. „Gerade jetzt mit dem starken Produktionsanstieg der neuen Programme ist das für die Kolleg:innen eine echte Erleichterung.“ Zudem ist das Material mechanisch bearbeitbar. Dadurch lassen sich Bearbeitungsbereiche beinahe auf Null-Toleranz maskieren und auch nahezu beliebige Konturen erzeugen.

Der innovative Maskierprozess hat noch weitere Vorteile: So wird in einigen Fällen die Maskierung nur ein einziges Mal aufgetragen und gleich für mehrere Fertigungsschritte hintereinander eingesetzt. Dies spart ebenfalls erheblich Zeit und Kosten ein. Und im MRO-Sektor könnte die Maschine helfen, maßgeschneiderte Maskierungen für die Reparatur abgenutzter Triebwerksteile zu erstellen.

### **Das neue Maskierungsverfahren erschließt neue Potentiale in der Triebwerksentwicklung**

Schließlich ist da noch ein Aspekt, der sich ganz generell auf die Effizienz von Triebwerken auswirken dürfte. „Es gibt Stellen im Triebwerk, die die Entwickler gerne verbessern würden“, erklärt Kaltenecker. „So manch pfiffiger Gedanke lässt sich aber nicht umsetzen, weil wir die Maskierungen mit den bisherigen Klebebändern, Silikonringen, Masken oder Metallabdeckungen nicht präzise genug hinbekommen.“ Den Einzelfall müsse man natürlich validieren. Aber das passende Verfahren und die passende Maschine, die stünden jetzt zumindest bereit. 

- 01 — Prüfender Blick:** Bevor das Maskieren des Bauteils beginnt, erkennt die Kamera von oben das jeweilige Bauteil und spezifische Merkmale, wie Durchmesser, Kanten oder Bohrungen. Dies ist die Voraussetzung für ein präzises Abdecken mit SpeedMask®.
- 02 — Schritt 1:** Das SpeedMask®-Verfahren ermöglicht ein präzises Auftragen der Maskierung. Die Dispensiereinheit am Roboterarm lässt keine Ecke oder Spalte aus und sorgt so für einen hundertprozentigen Schutz des Bauteils, dort wo konventionelle Abdeckverfahren an ihre Grenzen stoßen.
- 03 — Schritt 2:** Ein zweiter Roboterarm fährt nach Auftragen der Maskierung zum Bauteil und härtet das SpeedMask® mit UV-Licht aus.



- 04 — Filigrane und zeitintensive Arbeit:** Bisher mussten zur Vorbereitung, etwa für das Thermische Beschichten, die sensiblen Stellen oft mit einem klassischen Klebeband abgeklebt werden.
- 05 — „Speed“ im wahrsten Sinne des Wortes:** Bei diesem komplexen Bauteil dauerte das Maskieren bisher schon mal mehr als 4 Stunden. Mit SpeedMask® sind es nur noch 14 Minuten.

---

**AUTOR:**


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

---



**Am Boden** — Aircraft on Ground können für Betreiber kritisch und teuer sein. Weltweit stehen deshalb MTU-Teams rund um die Uhr bereit um die Triebwerke schnell wieder einsatzfähig zu machen und die Flieger wieder in die Luft zu bringen.

# Service ohne Zeitverzug

*Mit On-Site-Services sorgt die MTU für einen reibungslosen Triebwerksbetrieb. Für kleinere, sehr eilige Aufträge gibt es am MTU-Standort in Ludwigsfelde eine neue Halle und ein spezialisiertes Team.*

**Autorin:** Nicole Geffert

Manche Jobs werden nie zur Routine. Keiner weiß das besser als die mobilen Teams vom On-Site-Service (OSS) der MTU Maintenance. Jeder Einsatz ist eine Herausforderung, allein schon wegen des enormen Zeitdrucks. Keine Zeit galt es beispielsweise zu verlieren, als das Flugzeug eines MTU-Kunden wegen eines Vogelschlags im Triebwerk einen ungeplanten Stopp einlegen musste und nicht mehr weiter fliegen konnte. Für den Betreiber kann ein solcher AOG (Aircraft On Ground) kritisch und teuer sein.

Das OSS-Team der MTU Maintenance reagierte schnell und flexibel, um die Zeit des Flugzeugs am Boden so kurz wie möglich zu halten. Wegen der Corona-Pandemie gab es allerdings keinen regulären Flug zu dem Flughafen, an dem der Flieger mit dem defekten Triebwerk stillstand. „Wir haben nach Rücksprache mit dem Kunden kurzerhand ein Flugzeug gechartert, um unser Team samt Spezialwerkzeug und Ersatzteilen auf schnellstem Wege zum Triebwerk zu bringen“, sagt Arne Straatmann, Director On-Site-Services bei der MTU.

Das Team hat den Schaden behoben, das Flugzeug konnte wieder starten und der Kunde aufatmen. Damit MTU-Kunden weltweit von diesem Service ohne Zeitverzug profitieren, hat die MTU an Standorten in Brasilien, Kanada, USA, Deutschland und China hochqualifizierte Teams für On-Site-Services im Einsatz. Eine Rufbereitschaft rund um die Uhr stellt sicher, dass die Teams sofort aufbrechen können, sobald der Kunde einen Triebwerksschaden meldet und eine Reparatur ansteht. Der MTU-Kundenservice organisiert die Einsätze,

einschließlich aller technischen, logistischen und zollrechtlichen Abwicklungen.

„Wir bedienen Kunden bei der ersten Anfrage, auch die, die noch keinen Vertrag mit der MTU Maintenance haben. Wir sind bei jedem Anruf mit spezialisierten Teams schnell und zuverlässig zur Stelle“, so Straatmann. Das Leistungsspektrum des On-Site-Service umfasst sowohl Boroskop-Inspektionen, kleinere Reparaturen wie Boroblending an Hochdruckverdichtern als auch Top-Case-Reparaturen oder sogar den Austausch ganzer Module.

Falls ein Upgrade erforderlich ist, kümmert sich die MTU innerhalb ihres Netzwerks an weltweiten MRO-Shops um alle zusätzlichen Serviceleistungen. Ein Ersatztriebwerk ist erforderlich? Kein Problem, die MTU Maintenance Lease Services B.V. in Amsterdam kann zeitnah eines bereitstellen, ebenso umfassende Materiallösungen.

## **Vorbeugende Instandhaltung**

Nicht jeder On-Site-Einsatz ist ein AOG. Das OSS-Team leistet auch geplante Triebwerksinstandsetzungen an Flughäfen, Kundenstandorten oder im Shop. Straatmann: „Mit den geplanten Reparaturen wollen wir die Shop Visits so kostengünstig wie möglich für den Kunden gestalten. Der Kunde profitiert dabei von einer vorbeugenden Instandhaltung, indem unsere Spezialist:innen beispielsweise ein Bauteil austauschen oder wichtige Modifikationen durchführen. Größere Schäden und damit umfangreichere Shop Visits können somit vermieden werden.“ Zum Einsatz kommt hierbei auch das Engine Trend Monitoring, das eine vorausschauende Instand-

*„Wir haben nach Rücksprache mit dem Kunden kurzerhand ein Flugzeug gechartert, um unser Team samt Spezialwerkzeug und Ersatzteilen auf schnellstem Wege zum Triebwerk zu bringen.“*

---

**Arne Straatmann**  
Director On-Site-Services  
bei der MTU

---

*„Oberstes Ziel ist, dass wir unseren Kunden einen reibungslosen Triebwerksbetrieb sichern, indem wir die beste Lösung vor Ort oder auch in einem der weltweiten Shops der MTU umsetzen.“*

**Arne Straatmann**, Director On-Site-Services bei der MTU



**Mehr Platz für eilige Aufträge** — In Ludwigsfelde steht seit Ende 2021 eine neue Halle, in der kleinere Arbeitsumfänge schnell abgewickelt werden können.

haltungsplanung und zustandsorientierte Wartung der Triebwerke ermöglicht. Zudem hat die MTU Maintenance mit CORTEX ein auf dem Markt einzigartiges Tool zur Reduzierung der Betriebs- und Instandhaltungskosten ihrer Kunden entwickelt. CORTEX ist in der Lage, automatisch und in Echtzeit die optimalen Wartungsstrategien für die Flotten der Kunden zu erzeugen. „Damit leisten wir einen Beitrag zur Aufrechterhaltung der Wettbewerbsfähigkeit unserer Kunden,“ so Straatmann.

Wann immer möglich, führen die OSS-Teams der MTU Maintenance die Reparaturen On-Wing aus. On-Wing ist eine Form des On-Site-Service, bei der das Triebwerk am Flügel repariert wird und nicht abgenommen werden muss. Das spart Zeit und ist daher besonders attraktiv für den Kunden. Allerdings können nicht alle Reparaturen auf diese Weise durchgeführt werden – zum Beispiel bei einer Top-Case-Reparatur, bei der die obere Hälfte des Gehäuses des Hochdruckverdichters abge-

nommen wird, um die Lauf- oder Leitschaufeln des Verdichters austauschen zu können. In einem solchen Fall wird das Triebwerk vom Flügel genommen, repariert und wieder an den Flügel montiert.

### **Neue Halle, eigenständiges Team**

Straatmann: „Oberstes Ziel ist, dass wir unseren Kunden einen reibungslosen Triebwerksbetrieb sichern, indem wir die beste Lösung vor Ort oder auch in einem der weltweiten Shops der MTU umsetzen.“ Zum Beispiel bei der MTU Maintenance Berlin-Brandenburg. Dort ging Ende 2021 eine neue Halle mit einer Fläche von 1.200 Quadratmetern in Betrieb. Fünf spezielle Triebwerksdocks für kleinere Arbeitsumfänge und besonders eilige Aufträge, sogenannte Quick-Turn-Docks, und ein hochqualifiziertes Team stehen bereit, um Triebwerke vom Typ CF34-8/-10, PW800, CFM56-7 und künftig auch CFM56-5 schnellstmöglich wieder fit zu machen. Das Spektrum der Arbeiten reicht von kleinen Reparaturen bis hin zu Arbeiten am Heißteil eines Triebwerks.



### **Predictive Maintenance**

— Mit intelligenten Tools wie dem Engine Trend Monitoring können Instandhaltungsmaßnahmen besser geplant werden.



### Inspektion am Flügel

Wann immer möglich, führen die OSS-Teams der MTU Maintenance die Reparaturen On-Wing aus.


„Wir ersetzen nicht die großen Shop Visits, aber unser Team für On-Site-Service ist spezialisiert auf kleinere Reparaturen zwischen den umfangreicheren Shop Visits“, sagt Jan Bierkamp, Leiter OSS Europa bei der MTU. „Auch bei uns im Shop gilt die Maxime: Wir wollen die Ausfallzeiten sowie die Gesamtkosten für unsere Kunden verringern und die Einsatzzeiten ihrer Triebwerke verlängern.“ Die MTU Maintenance Berlin-Brandenburg wird zum zentralen Standort ausgebaut, von dem aus der On-Site-Service der MTU für Europa erfolgt.

Der MTU-Standort verfügt bereits über langjährige Erfahrung und Expertise im On-Site-Service: Die Expert:innen führen jährlich Hunderte von Arbeiten im Shop sowie On-Site sowohl für das CF34, das PW200, PW300, PW500 und PT6 als auch für Industriegasturbinen der LM-Serie durch. Diese Leistungen werden nun weiter ausgebaut, ebenso das Portfolio. „Wir haben das bereits eigenständige Team verstärkt und um weitere Kompetenzen erweitert, das sich zukünftig ausschließlich auf On-Site-Service fokussiert“, sagt Bierkamp. Hinzu gekommen sind die Teams vom Customer Support sowie vom Engineering, die ebenfalls in der neuen Halle ihren Arbeitsplatz haben und dafür sorgen, dass der Kunde rund um die Uhr die bestmögliche Unterstützung erfährt um die Verfügbarkeit seiner Flotte zu gewährleisten.

Der Ausbau kommt zur richtigen Zeit: Die Nachfrage nach On-Site-Service steigt. „Die Kunden, Airlines wie auch Lessoren verspüren einen zunehmenden Kostendruck, der sich während

der Pandemie noch verschärft hat“, sagt Bierkamp. Kleinere und gezielte Workscopes werden daher verstärkt nachgefragt, um die Flotten kosteneffizient betreiben zu können.

Gut zu wissen, wenn dann nicht nur das Triebwerk, sondern auch das Flugzeug in den Händen erfahrener Instandhaltungsspezialist:innen ist. Daher setzt die MTU auf die Zusammenarbeit mit ausgewählten, kompetenten Partnern. So arbeiten die MTU Maintenance und die auf Line- und Base-Maintenance, also Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten, spezialisierte Nayak Gruppe seit diesem Jahr intensiver zusammen.

Für Straatmann liegen die Vorteile dieser Partnerschaft auf der Hand: „Die MTU Maintenance kann ihren Kunden neben umfangreichen Servicelösungen für Triebwerke jetzt auch Line- und Base-Maintenance-Leistungen am Flugzeug anbieten. Im Gegenzug kann die Nayak Gruppe das Angebot für ihre Kunden in Kooperation mit der MTU Maintenance um Triebwerk-Services ausweiten.“ Der Kunde profitiert von diesen Partnerschaften: Das Triebwerk ist schneller wieder einsatzbereit und der Flieger in der Luft. Auftrag erfüllt! 

#### AUTORIN:



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

# Letzter Abflug

*Das größte Verkehrsflugzeug der Welt setzte Maßstäbe und begeisterte Passagiere, nun wurde der letzte Airbus A380 gebaut und ausgeliefert.*

**Autor:** *Andreas Spaeth*



**Goodbye!** — Die A380 hat seit ihrer Indienststellung über 800.000 Flüge mit mehr als 300 Millionen Passagieren absolviert. 14 Jahre nach der ersten Auslieferung verließ Ende 2021 die letzte Maschine das Werk in Finkenwerder.







**Boeings Monopol** — Die CF6-Triebwerke der Boeing 747 haben seit ihrer ersten kommerziellen Inbetriebnahme im Jahr 1971 fast 430 Millionen Flugstunden absolviert.



**Neue Strategie** — Boeings viel kleinerer und effizienterer 787 Dreamliner konnte bereits 2011 nonstop Sekundärflughäfen bedienen.



**Viel Schub für Riesenflieger** — Das GP7000 der Engine Alliance ist eine der beiden möglichen Varianten für den Airbus A380.

*„Die A380 hat mit den neuen Maßstäben, die sie in Sachen Flug- und Reiseerlebnis gesetzt hat, das Leben so vieler Passagiere berührt. Ich bin zuversichtlich, dass dies auch in den kommenden Jahrzehnten zumindest bei Emirates weiter der Fall sein wird.“*

---

**Guillaume Faury**  
Airbus CEO

---

Schon Stunden zuvor waren die ersten Schaulustigen am Aussichtshügel neben der Werkspiste von Airbus am Elbdeich in Hamburg-Finkenwerder eingetroffen. 2007 hatte Airbus die ersten Exemplare des größten Verkehrsflugzeugs der Welt ausgeliefert, an diesem klaren Dezembernachmittag 2021 nun würde es die 251. und letzte für einen Airline-Kunden gebaute A380 sein, gleichzeitig die finale und 123. für den mit Abstand größten Kunden Emirates. Der Mond stand bereits am Winterhimmel, als um 16:41 Uhr die letzte je ausgelieferte A380 zum Überführungsflug nach Dubai abhob. Zum großen Bedauern aller Beteiligten ganz ohne Ehrengäste und Feierlichkeiten – die Pandemie hatte es verhindert. 14 Jahre nach der ersten Auslieferung an Singapore Airlines war Schluss mit der Produktion des fliegenden Doppelstöckers.

Die Tatsache, dass die Piste in Finkenwerder überhaupt bis hierher, wo jetzt die Planespotter und Mitarbeiter standen, verlängert wurde, geht auch auf die A380 zurück. Das Programm hat das Gesicht des gesamten Stadtteils erheblich verändert, so war Anfang des Jahrtausends eine ganze Elbbucht zugeschüttet worden, um darauf neue Werkshallen für die A380-Produktion zu errichten. Und nicht nur in Hamburg hat der Riese erhebliche Spuren hinterlassen, auch in Toulouse und anderswo – die Logistik der über ganz Europa verteilten Produktion war unfassbar komplex. Dazu gehörten eigene Flotten an See- und Flussschiffen sowie überdimensionierte Beluga-Transportflugzeuge, die die A380-Segmente zwischen den Standorten beförderten.

### Endlich ein Gegengewicht zu Boeings Monopol

Zu Beginn des Jahrtausends wollten die Europäer endlich der Boeing 747 etwas entgegensetzen. Der legendäre Jumbo Jet steht seit 1970 im Liniendienst, aber auch seine Produktion endet 2022. Während die Verkaufszahlen der Jumbos damals schon stagnierten, setzte Airbus voll auf den Riesenflieger, in der Hoffnung, endlich Boeings lukrativem Monopol etwas entgegenzusetzen. Die Europäer gingen davon aus, dass es erheblichen Bedarf für ein Flugzeug gab, das zwischen den großen Drehkreuzen theoretisch bis zu 853 Passagieren auf zwei Decks befördern konnte. Doch bald kam alles anders, als die A380 mit erheblichen Verzögerungen ab 2008 auf den ersten Linienverbindungen eingesetzt wurde. Boeing brachte 2011 bereits ihren 787 Dreamliner auf den Markt, viel kleiner und effizienter, der auch Langstrecken von Sekundärflughäfen aus nonstop wirtschaftlich bedienen konnte. Airbus folgte mit der A350. Plötzlich konnte man etwa ab Düsseldorf aus ohne Umsteigen nach Tokio oder Hongkong fliegen.

Die Passagiere wollten nicht mehr an großen Drehkreuzen das Flugzeug wechseln, für die Airlines erwiesen sich direkte Verbindungen mit den neuen Zweistrahlern als gutes Geschäft. Das Nachsehen hatte die A380 – groß, schwer und mit vier Triebwerken. Bei einer der beiden Optionen, dem GP7000, ist die MTU Aero Engines für die Entwicklung, Fertigung und Montage der kompletten Niederdruckturbinen und des Turbinenzwischengehäuses sowie die Fertigung von Hochdruckturbinen-Komponenten zuständig. Die



**Ende einer Ära** — Im Dezember 2021 verabschiedete sich der letzte Mega-Flieger Richtung Dubai – für Emirates wird die A380-Flotte noch einige Jahre weiter fliegen.

meisten A380-Kunden hatten Schwierigkeiten, ihre A380 mit jeweils über 500 Sitzen zu füllen, ihr Betrieb war teuer. Nur für eine Netzwerkgesellschaft wie Emirates mit ihrem Mega-Drehkreuz in Dubai erwies sich die A380 als das perfekte Flugzeug.

### Ein zweiter Frühling im Spätherbst

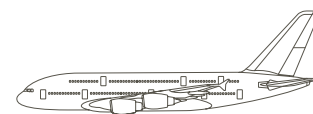
Im Herbst 2021 allerdings stiegen die Verkehrszahlen so sprunghaft an, dass einige Airlines auf ihre abgestellte A380-Flotte zurückgriffen, die jetzt perfekt zur akuten Problemlösung taugte. Ein zweiter Frühling für das Riesenflugzeug mitten im Spätherbst. „Aber sobald wieder mehr Geschäftsreiseaufkommen herrscht, wird stärker wieder die Frequenz der Flüge eine Rolle spielen. Damit wird dann ein täglicher A380-Flug oft wieder durch mehrere Dienste der effizienten Zweistrahler ersetzt werden“, prophezeit Marko Niffka, Experte für Business Development-MRO bei der MTU.

Gleichzeitig lieben die Passagiere bis heute die A380, viele nehmen immer noch Umwege in Kauf um damit fliegen zu können. Die extrem lärmarme Kabine ist ein Grund, der – je nach Kabinenklasse und Ausstattung – großzügige Platz an Bord ebenfalls. Airbus-Chef Guillaume Faury sagte aus Anlass der letzten Auslieferung: „Die A380 hat mit den neuen Maßstäben, die sie in Sachen Flug- und Reiseerlebnis gesetzt hat, das Leben so vieler Passagiere berührt. Ich bin zuversichtlich, dass dies auch in den kommenden Jahrzehnten zumindest bei Emirates weiter der Fall sein wird.“ Bis Mitte der 2030er Jahre soll deren noch junge A380-Flotte zumindest ab Dubai weiter fliegen.

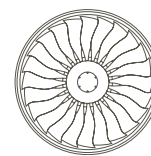
### Eine letzte Verbeugung

Bei der A380 stoß man immer wieder auf Hindernisse. Ein Hauptproblem waren die jahrelangen Verzögerungen bei der Entwicklung und Fertigung der A380, es zeigte sich damals schmerzlich, dass die Airbus-Werke in Deutschland und

### Airbus A380



Airbus A380



GP7000

**Vierstrahler** — Der Gigant mit einer Spannweite von knapp 80 Metern wird von vier Triebwerken angetrieben.



**Technologie aus zwei Welten** — Das GP7000 basiert auf bewährten Triebwerkstechnologien von GE Aviation und Pratt & Whitney, die sich im extra dafür gegründeten Joint Venture Engine Alliance zusammenfanden.


## Wettbewerbsdruck der Kleinen auf die Großen

Das Marktsegment für große Verkehrsflugzeuge wird künftig kleiner werden, vermuten die Expert:innen der MTU. „Weil Narrowbodies wie der Airbus A321XLR nachdrängen, die nun erstmals auch für weitere Langstrecken eingesetzt werden können“, sagt Marko Niffka, Experte für Business Development – MRO bei der MTU. Gerade in diesem Segment ist die MTU durch ihren Beitrag zu den Getriebefan-Triebwerken, wie dem bei der A321XLR eingesetzten PW1100G-JM, hervorragend positioniert.

„Die langstreckentauglichen Narrowbodies verstärken noch den Trend zur Fragmentierung des Marktes“, erklärt Niffka. Er erwartet, dass dadurch die bisher auch als potenzieller A380-Markt wichtigen großen Drehkreuz-Flughäfen weiter unter Druck geraten werden. Das Marktvolumen für sehr große Flugzeuge wird nach der Prognose der MTU-Fachleute weiter schrumpfen, aber trotzdem wird sich das Segment am oberen Ende des Marktes behaupten.

„Diese großen Jets, wie künftig die Boeing 777-9, sind vor allem wichtig für volle Flughäfen, auf denen kaum noch Zeitfenster für Starts und Landungen frei sind. Für diesen Bereich wird der Markt großer Flugzeuge relevant bleiben“, sagt Marko Niffka.

Frankreich mit nicht kompatiblen Computersystemen arbeiteten. Als die A380 dann endlich ab 2008 auf den Markt kam, war das Timing extrem schlecht, die damalige SARS-Pandemie und die folgende weltweite Finanzkrise ließen die Nachfrage nach Großflugzeugen kollabieren. Dennoch, das versichern Flugzeughersteller und Branchenkenner einhellig, war der Lerneffekt durch die A380 immens. Airbus war gezwungen zusammenzuwachsen und erstmals als einheitliches Unternehmen zu handeln und aufzutreten.

Am Zaun von Finkenwerder herrschte bei der letzten Auslieferung eine Mischung aus Wehmut und trotziger Begeisterung. „Ich fühle mich so geehrt sie nach Hause zu bringen“, hatte Flugkapitän Dwayne Walker vor dem Start in den sozialen Medien gepostet. Nachdem er den Riesen ins letzte Abendlicht am Himmel gesteuert hatte, drehte er eine Schleife, kam zurück und legte mit aufgeblendeten Scheinwerfern eine spektakuläre Beinahe-Landung vor der Kulisse der leuchtenden Werksgebäude hin. Es sah fast aus wie eine letzte Verbeugung des Riesenflugzeugs vor einem seiner Entstehungsorte. 

### 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.

## Das A380-Triebwerk GP7000



**GP7000** — Die MTU ist für die Entwicklung und Fertigung der Niederdruckturbinen- und des Turbinenzwischengehäuses sowie für die Fertigung von Hochdruckturbinen-Komponenten des GP7000 verantwortlich.

Die Luftfahrtgeschichte erlaubt sich gelegentlich kleine ironische Wendungen. Denn dass es das GP7000, eines von zwei für das weltgrößte Verkehrsflugzeug angebotenen Triebwerksmodellen, überhaupt gibt, verdanken Airbus und die A380-Kunden nicht zuletzt – Boeing. Die Amerikaner hatten Mitte der Neunzigerjahre ihren ersten von mehreren Versuchen gestartet, auf Basis der 747-400 ein Verkehrsflugzeug mit noch größerer Kapazität auf den Markt zu bringen. Das Problem war nur, dass keiner der drei großen Triebwerkshersteller über einen geeigneten Antrieb für die geplanten Super-Jumbos 747-500X und 747-600X verfügte – und keiner besonderes Interesse hatte, sich mit der Entwicklung eines solchen Triebwerks zu befassen.

Deshalb nahmen GE Aviation, Pratt & Whitney und Boeing zum Jahreswechsel 1995/1996 Gespräche über ein mögliches Joint Venture der beiden US-Triebwerksproduzenten auf, mit dem Ziel, wenigstens einen geeigneten neuen Antrieb zu entwickeln. Im Mai 1996 wurden der Kooperationsvertrag für die Engine Alliance unterzeichnet und gleich darauf die Arbeiten an einem neuen Triebwerk mit der Bezeichnung GP7000 aufgenommen.

Auch wenn das Vorhaben 747-500X/600X schnell wieder zu den Akten gelegt wurde, waren die investierten Dollars nicht umsonst gewesen, denn im Mai 1998 wurde im Rahmen einer Absichtserklärung festgelegt, dass die Engine Alliance das GP7000 für das damals noch als A3XX bezeichnete weltgrößte Verkehrsflugzeug entwickeln würde.

### Ein weiterer Meilenstein für die MTU

Für das GP7000 fanden sich zwei Welten zusammen: Für Hochdruckturbinen- und -verdichter war GE zuständig, wobei man sich ausgiebig beim 777-Antrieb GE90 bediente, die einzelnen Komponenten aber an den geringeren Schubbedarf der A380 anpasste. Auch Pratt & Whitney nutzte für Niederdruckturbinen- und -verdichter Komponenten aus dem eigenen Produkt für die 777, dem PW4000.

Auch wenn die Engine Alliance ein Joint Venture von GE Aviation und Pratt & Whitney ist, bedeutet das nicht, dass die beiden Unternehmen auch das komplette Triebwerk fertigen. Im Gegenteil: Die meisten Anteile sicherte sich die MTU Aero Engines. Insgesamt 22,5 Prozent des GP7000 stammen von Deutschlands führendem Triebwerkshersteller, dem Entwicklung, Fertigung und Montage der kompletten Niederdruckturbinen- und des Turbinenzwischengehäuses sowie die Fertigung von Schaufeln und Scheiben der Hochdruckturbinen übertragen wurden. In München findet zusätzlich die Instandsetzung der Niederdruckturbinen statt.

Für die MTU bedeutete das GP7000-Programm einen weiteren Meilenstein. Es hat den Münchnern zum Einstieg in die nächste Generation von Widebody-Antrieben verholfen, denn dem Auftrag für Entwicklung und Fertigung des Turbinenzwischengehäuses für das GP7000 folgten entsprechende Arbeiten für das GEnx (Boeing 787, Boeing 747-8) und das GE9X (Boeing 777-8X und -9X). Und nicht zuletzt profitiert auch die MTU Maintenance von Aufträgen und vom Know-how-Gewinn bei der Instandhaltung von Widebody-Triebwerken.



**Stolze 2,9 Meter** — Ganz schön groß machen muss man sich beim Einschaufeln der Fanschaufeln – der GP7000-Fan hat fast 3 Meter Durchmesser.



**Anspruchsvolle Komponente** — Beim Turbinenzwischengehäuse kann die MTU besonders viel Know-how vorweisen – so auch bei dessen Entwicklung und Fertigung für das GP7000.



**Maintenance-Profis am Werk** — Bei der MTU wird die Niederdruckturbinen des GP7000 instandgehalten.



**Volle Power** — Die Schubkraft eines GP7000 liegt bei knapp 80.000 Pfund – was hier im Prüfstand bei voller Leistung getestet wird.



**Airbus A220** — Der Jet vereint modernste Aerodynamik, fortschrittliche Werkstoffe sowie Technologien und Triebwerke der neuesten Generation und hat eine Reichweite von bis zu 6.390 km. Die A220-300 ist eines der beiden verfügbaren Modelle aus der Familie und 32 Mal bei Air Baltic vertreten.

# Baltischer Überflieger

*Als weltweit erste Airline mit reiner Airbus A220-Flotte steht Air Baltic in Zeiten der Corona-Pandemie besser da als andere. Innovation ist ein Markenzeichen der Fluggesellschaft aus Riga.*

**Autor:** Andreas Spaeth



**CEO und A220-Pilot** — Martin Gauss hat ein besonderes Verhältnis zu den modernen Airbus-Maschinen.

*„Klimaschutz wird das große Thema bleiben, wir wollen hier eine Vorreiterrolle einnehmen. Mit der A220 haben wir einen Flugzeugtyp, der uns da begünstigt.*

*Das Triebwerk übertrifft bereits unsere Erwartungen.*

*Die Performance und die Einsparungen bei Spritverbrauch und CO<sub>2</sub> sind höher als wir gedacht haben.“*

**Martin Gauss**  
CEO Air Baltic

Air Baltic hat ein Alleinstellungsmerkmal unter den Fluggesellschaften: Hier fliegt der Chef manchmal persönlich die Passagiere, als vermutlich einziger CEO einer größeren Airline weltweit. Martin Gauss ist von Haus aus Pilot, flog früher die Boeing 737-300. Und ausgerechnet mitten in der Pandemie erreichte er einen weiteren persönlichen Meilenstein und erwarb seine Typenberechtigung als Flugkapitän des Airbus A220. „Ich habe schon fast hundert Flugstunden auf der A220, fliege immer unter der Supervision eines Check-Kapitäns“, erklärt Gauss. Je nach Zeitplan absolviert er ein- oder zweimal im Monat auf dem Air Baltic-Streckennetz einen Umlauf. Das Restpensum zum Lizenzerhalt erledigt er im firmeneigenen Simulator.

### Marktführer im Baltikum

„Home of Air Baltic“ steht in großen schwarzen Lettern am Dach des Verwaltungsgebäudes der Fluggesellschaft am Flughafen Riga. Air Baltic ist in den letzten Jahren zum Marktführer im Baltikum mit seinen gut sechs Millionen Einwohnern in drei Ländern geworden und tritt entsprechend selbstbewusst auf. Gleich unter dem Schild verläuft eine Fensterfront, hinter der Pauls Cālītis steht, ebenfalls Pilot und Chief Operations Officer der Fluggesellschaft. Auf großen Bildschirmen an der Wand ist jeder einzelne Flug des Tages mit allen wichtigen Daten aufgeführt, inklusive der aktuellen Passagierzahlen. Mit einem Lächeln zeigt Pauls Cālītis auf die hohe Pünktlichkeitsrate von weit über 90 Prozent. „Das sind Weltklassewerte.“

### „In Airline und Land verliebt“

Die Aufschrift am Gebäude von Air Baltic passt auch zu Martin Gauss, denn für den deutschen Airline-Chef sind Lettland und Riga inzwischen zur Heimat geworden. Der 53-jährige startete seine Luftfahrtkarriere 1992 als Co-Pilot auf der Boeing 737-300 bei der Deutschen BA in München, war später einer der Geschäftsführer. Anschließend führte er Cirrus Airlines und Malév, bevor er im November 2011 Chef von Air Baltic wurde. „Ich habe mich total in diese Airline und in dieses Land verliebt. Hier ist mein Zuhause und das gibt mir Energie. Ich habe ein starkes Team mit dem wir durch die Krise gegangen sind,“ sagt er.

Air Baltic hat schon zu Beginn der Corona-Pandemie so ziemlich alles anders gemacht als andere

Airlines. „Wir haben uns damals hier im Hauptquartier eingeschlossen“, berichtet Gauss. „Wir mussten in der Zeit eine neue Strategie und ein Produkt entwickeln, das nach der Krise für die Passagiere akzeptabel sein würde“, sagt der Firmenchef. „Natürlich hatten wir zunächst Zweifel, ob wir das überleben“, räumt er ein. Glücklicherweise verfügte Air Baltic über große Bargeldreserven, von denen die Airline immer noch zehrt, dazu kamen insgesamt 340 Millionen Euro an Kapitalerhöhung durch die lettische Regierung.

Im März 2020 wurde der Flugbetrieb für zwei Monate völlig ausgesetzt, radikale Einschnitte waren nötig. Die Airline wurde aus dem Stand um 40 Prozent verkleinert – fast 700 Mitarbeiter:innen mussten gehen, aber alle mit Wiedereinstellungs-garantie bei wieder anlaufendem Geschäft, einige sind heute bereits wieder zurück. Auch die Flotte wurde verkleinert und von vorher drei auf einen Flugzeugtyp vereinheitlicht. Hier kam Air Baltic zugute, dass die Fluggesellschaft bereits 2012 stark auf die damalige Bombardier CSeries gesetzt hatte. Damals orderte man in Riga bis zu 20 Flugzeuge der verlängerten Version, inzwischen Airbus A220-300 genannt. Heute stehen 50 Festbestellungen aus dem Baltikum in den Büchern, bis März 2022 wurden insgesamt 33 Maschinen ausgeliefert, sieben weitere folgen noch 2022. Bis 2024 sollen dann alle 50 bestellten A220 in Riga sein. „Seit der Corona-Pandemie zeigt sich, dass ein 145-sitziges Flugzeug genau das richtige ist. Denn diese Kapazität passt jetzt für sehr viele Strecken auf denen früher größeres Fluggerät flog“, sagt Martin Gauss. „Die Krise hat unseren Umstieg auf eine reine A220-Flotte beschleunigt. Wir haben jetzt vollzogen was eigentlich erst 2023 passiert wäre“, erklärt er den schnellen Wandel.

### Die jüngste Flotte der Welt

Air Baltic hat jetzt die jüngste Flotte der Welt mit einem Durchschnitt von 1,9 Jahren. Und die Airline wird noch jünger werden, denn weitere A220 sollen hinzukommen. Sie ist damit weltweit der einzige Betreiber einer reinen A220-Flotte und besitzt die meisten A220-300. Diese werden auf dem Streckennetz aus allen drei baltischen Hauptstädten eingesetzt. Die Airline betreibt bereits einen eigenen A220-Simulator und die Vorbereitungen für den Bau der größten Halle des Baltikums als neues Instandhaltungszentrum lau-





**Air Baltic** — Die Airline ist weltweit der einzige Betreiber einer reinen A220-Flotte und besitzt die meisten A220-300.

fen. „Da werden bis zu sieben A220 hineinpassen. Wir führen dann die gesamte Instandhaltung bis auf die Triebwerke selbst durch, als einzige Airline auch den C-Check für diesen Flugzeugtyp, und wollen dies künftig auch für Fremdkunden anbieten“, so Gauss.

Air Baltic und der Airbus A220, das ist eine ganz besondere Symbiose. Die Airline war immer überzeugt, dass dieses Flugzeug in einer möglichen Krise seine Vorteile ausspielt, denn selbst dann kann es auf Kurz- als auch Langstrecke eingesetzt werden. „Wir sehen jetzt bereits, dass das funktioniert. Etwa mit unseren neuen längsten Routen seit Herbst 2021 von Riga nach Teneriffa und nach Dubai, was jeweils rund sechs Stunden dauert“, erklärt Pauls Cālitis.

### Auf dem Weg zur grünen Airline

Äußerlich, von ihren Firmenfarben her, ist Air Baltic schon heute eine „grüne“ Airline – und Nachhaltigkeit ist der Fluggesellschaft aus dem besonders naturschönen Baltikum auch ein wichtiges Anliegen. „Klimaschutz wird das große Thema bleiben, wir wollen hier eine Vorreiterrolle einnehmen. Mit der A220 haben wir einen Flugzeugtyp, der uns da begünstigt“, erklärt Gauss. Als Firmenchef mit eigener Cockpiterfahrung kann er sich besser als fast jeder andere auch ein Bild von den Leistungen des in der A220 zum Einsatz kom-

menden neuen PW1500G-Antriebs aus der Pratt & Whitney GTF™ Triebwerksfamilie machen. „Das Triebwerk übertrifft bereits unsere Erwartungen. Die Performance und die Einsparungen bei Spritverbrauch und CO<sub>2</sub> sind höher als wir gedacht haben“, schwärmt er. „Und die Technologie wird noch besser werden.“ Hinzu kommt, dass 6 Prozent des bei Air Baltic verbrauchten Kerosins bereits heute aus sogenannten Sustainable Aviation Fuels (SAF) besteht.

In Riga jedenfalls fühlt man sich auch in schwierigen Zeiten gut aufgestellt: „Was klar ist: Die Luftfahrt kommt zurück“, sagt Gauss. „Wir sind aktuell mit der Entwicklung zufrieden und haben 2021 insgesamt 1,6 Millionen Fluggäste befördert, nach 1,34 Millionen in 2020 und noch fünf Millionen 2019“. Und Pauls Cālitis bereitet bereits die nächsten Abholungsflüge für neue A220 aus Montréal vor. Einen davon hat Martin Gauss kürzlich persönlich über den Atlantik gebracht, auch für ihn etwas ganz Besonderes. ✈️

### WEITERE INFORMATIONEN ZUM THEMA „A220“:

Der weite Weg nach Teneriffa – Erfahrungen mit der A220 auf ihrer längsten Liniestrecke.  
[www.aeroreport.de](http://www.aeroreport.de)



**GTF™ Triebwerksfamilie:** — Die neuen Triebwerke bieten Verbesserungen im zweistelligen Prozentbereich bei Kraftstoffverbrauch, Schadstoff- und Lärmemissionen sowie Betriebskosten.

### 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.



# Minimalinvasiv am Multifunktionstransporter

*COVID-19-Krankentransporte, Hilfslieferungen für Krisengebiete oder die Kabuler Luftbrücke. Wie der Airbus A400M seine Rolle als Multifunktionstransporter ausspielt – und was die MTU zum Einsatz seiner Triebwerke beiträgt.*

**Autor:** Thorsten Rienth



**Stärkster westlicher Turboprop** — Vier Propeller mit stattlichen 5,33 Meter Durchmesser treiben das Transportflugzeug an.

Gerade einmal wenige Millimeter ist die Öffnung breit. Stefan Zager schiebt das Boroskop hindurch, dreißig, vierzig, fünfzig Zentimeter hinein ins Triebwerk. An der Spitze des Geräts sitzen nebeneinander eine kleine Leuchte und eine kleine Kamera. Rechts neben sich auf der Leiter, gut und gerne fünf Meter über dem Hallenboden, sieht Zager hochaufgelöst auf dem Tablet, was die Kamera im Triebwerksinneren sieht: Kleine Metallkomponenten in Zahnradform und Oberflächen in unterschiedlichen Schattierungen.

Zager ist Customer Service Representative für das TP400-D6-Triebwerk des Airbus A400M. Dafür hat ihn die MTU Aero Engines nach Wunstorf entsandt. Auf dem Militärflugplatz nicht weit von Hannover hat die Bundeswehr ihr Lufttransportgeschwader 62 stationiert. Zager, seit 25 Jahren bei der MTU, sorgt mit

seinem Kollegen Steffen Eckert direkt vor Ort dafür, dass die A400M-Antriebe rund laufen. Und dazu gehört eben auch der On-Wing-Check mit dem Boroskop.

#### **4.000 Kilometer mit 25 Tonnen Nutzlast – und noch genug Kerosin für den Weiterflug**

„Das Flugzeug ist für ein extrem breites Einsatzspektrum gemacht“, sagt Roberto Ungericht, der Programmleiter des TP400-D6-Triebwerks bei der MTU. „Die A400M ist das erste multifunktionale militärische Transportflugzeug, das den Namen auch wirklich verdient.“ So zeigte es seine Vielseitigkeit bei weltweiten Einsätzen, etwa in den Krisengebieten im Nahen Osten und in Nordafrika. Oder bei den Krankentransporten innerhalb Europas zu Beginn der COVID-19 Pandemie. Oder bei der Luftbrücke nach Kabul im Sommer 2021.

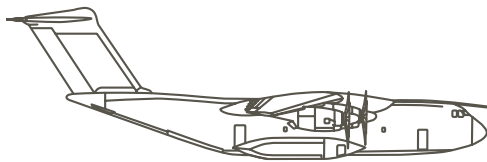


**Lufttransportgeschwader 62** — Alle Airbus A400M der Luftwaffe sind bisher am Standort Wunstorf beim Lufttransportgeschwader 62 stationiert.

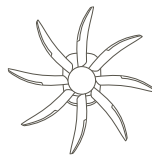


**Luftbrücke** — Einsatzkräfte der militärischen Evakuierungsoperation aus Afghanistan landen mit dem Transportflugzeug Airbus A400M auf dem Fliegerhorst Wunstorf.

**MULTIFUNKTIONSTRANSPORTER**



Airbus A400M



TP400-D6

Die MTU ist beim TP400-D6 unter anderem für Mitteldruckverdichter, -turbine und -welle verantwortlich. Außerdem erfolgt die Endmontage aller Serientriebwerke am Standort in München.

Ob als Tankflugzeug, als Truppentransporter oder fliegende Intensivstation – der Airbus A400M ist vielfältig einsetzbar und kann innerhalb weniger Tage auf spezifische Einsatzszenarien umgerüstet werden. Angetrieben von vier dreiwellig konstruierten Turboprops kann der Transporter über 4.000 km 25 Tonnen Nutzlast transportieren.

Einer Art Baukasten gleich lässt sich der Flieger innerhalb von nur Tagen auf spezifische Einsatzszenarien hin umrüsten. Vom Truppentransporter zum Tankflugzeug mit zwei zusätzlichen 7.200-Liter-Tanks im Bauch. Das System ist zur Betankung im Flug von langsam fliegenden Hubschraubern ebenso ausgelegt wie für schnelle Kampffjets. Oder vom „MedEvac“, der fliegenden Intensivstation, zum taktischen Transporter, der 25 Tonnen Nutzlast über 4.000 Kilometer auf eine 750-Meter Sandpiste transportiert – und trotzdem noch Sprit für einen 930-Kilometer-Weiterflug an Bord hat.

**Kniff mit dem Zahnrad**

10.680 Wellen-PS leistet jedes der vier dreiwellig konstruierten Triebwerke auf Meereshöhe. Damit ist das TP400-D6 das stärkste je in der westlichen Welt gebaute Turboprop-Triebwerk. Nur die Kusnezow NK-12-Triebwerke, unter anderem für die Tupolew Tu-114 aus der ehemaligen Sowjetunion im Einsatz, überbieten es. Der Durchmesser des TP400-D6-Propellers beträgt außerdem stattliche 5,33 Meter.

Für die „TP“, wie die Mechaniker den Antrieb liebevoll nennen, haben sich die MTU, ITP Aero, Rolls-Royce und Safran Aircraft Engines im Konsortium Europrop International (EPI) zusammengeschlossen. Die MTU ist beim TP400-D6 für den Mitteldruckverdichter, die Mitteldruckturbine und -welle verantwortlich sowie an der Triebwerksregelung beteiligt. Dazu kommt die Endmontage aller Serientriebwerke am Standort in München und



**Erstflug** — Das TP400-D6 kommt im Militärtransporter A400M zum Einsatz, der Ende 2009 im spanischen Sevilla seinen Erstflug absolviert hat.




**TP400-D6-Serientriebwerke** — Die Endmontage erfolgt bei der MTU in München und der Serienabnahmetest bei der MTU Maintenance Berlin-Brandenburg.

die Betreuung der an den A400M der Bundeswehr montierten „TPs“. Bei der MTU Maintenance Berlin-Brandenburg steht dafür der weltweit einzige Serienprüfstand für die A400M-Triebwerke. Gleichzeitig handelt es sich dabei um Westeuropas größten Serienprüfstand für Propellertriebwerke. Jedes Triebwerk, das nach seiner Instandsetzung wieder abhebt, hat also vorher eine Schleife durch die Testzelle in Ludwigsfelde südlich von Berlin gedreht. Nach etwa 3.000 bis 3.500 Flugstunden werden die ersten geplanten Shop-Visits anstehen.

Eine Besonderheit der Antriebe: An jedem Flügel dreht ein Triebwerk links-, das andere rechts herum. Die zwei linksdrehenden Propellergetriebe sind mit einem zusätzlichen Zahnrad ausgestattet, um die Drehrichtung auf der Propellerausgangsseite zu ändern. Der Kniff mit der gegenläufigen Ausrichtung sorgt für einen gleichmäßigen Auftrieb an beiden Flügeln und vermeidet damit verfrühte Strömungsabriss.

### Minimalinvasive Kontrolle für effizienten Flugbetrieb

Mit den Flügeln – oder besser: der Aufhängung der Triebwerke daran – hat auch Zagers Einsatz auf der Leiter zu tun. Die Triebwerke von den Flügeln ab- und wieder an zu montieren, brauche schnell eine ganze Woche. „Alles Zeit, in der das Flugzeug nicht einsatzfähig im Hangar steht.“ Der Weg durchs Millimeter-Boroskopauge öffnet eine minimalinvasive Abkürzung. Ob geplanter Maintenance-Einsatz oder ungeplanter Ad-hoc-Check, weil die Flugbesatzung Ungewöhnliches feststellte, spielt dabei keine Rolle. „Entweder, wir können früh Entwarnung geben“, sagt Zager. „Oder es lohnt sich, das Triebwerk wirklich vom Flügel zu nehmen.“ Zagers prüfender Blick durch das Boroskopauge ist daher essenziell um einen effizienten Flugbetrieb gewährleisten zu können. 

#### AUTOR:



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

#### WEITERE INFORMATIONEN ZUM THEMA "TRANSPORTFLUGZEUG":

Die Transall fliegt in den Ruhestand  
[www.aeroreport.de](http://www.aeroreport.de)





# Europaweit einmalig

*Bei der erfolgreichen Instandhaltungskooperation zwischen der MTU und Luftwaffe sind Soldaten wie MTU-Mitarbeiter in die Abläufe des Modells integriert.*

**Autor:** Thorsten Rienth

Die beiden sind Kollegen, so viel ist klar: Mit prüfendem Blick sichten sie gemeinsam den Kabelbaum eines Triebwerks, das gerade für einen Shop Visit in den Hallen des MTU Aero Engines-Betriebsteils auf dem Erdinger Fliegerhorst eingetroffen ist. Dennoch unterscheidet sich das eingespielte Tandem in einem wesentlichen Detail: Er steht in Bundeswehrmontur am Triebwerk. Sie im MTU-Overall.

## **20 Jahre erfolgreiche Kooperation**

„Bis vor 20 Jahren war eine solche Zusammenarbeit kaum vorstellbar“, sagt Oberstleutnant Stephan Schmidt. „Militär und Industrie, das waren Auftraggeber und Auftragnehmer. Der eine zahlte, der andere lieferte.“ Dann, im Jahr 2002, wurde die Trennung erstmals aufgehoben – zumindest was von da an die Instandhaltung des Eurofighter-Triebwerks EJ200 angeht. Mit ihm starteten Bundeswehr und die MTU eine völlig neue Art der Kooperation, bei der Soldaten der Bundeswehr wie MTU-Mitarbeiter in die Abläufe des Unternehmens integriert werden. Oberstleutnant Schmidt ist heute der militärische Leiter des europaweit einmaligen Modells. Schmidts – wenn man so will: ziviler – Counterpart heißt Mario Külgen. Er ist für das Vertragswerk zwischen Triebwerkshersteller und Bundeswehr zuständig und kümmert sich um die systemische Integration der Soldaten in die MTU. „Während die Gesamtverantwortung für das Instandhaltungspaket bei der MTU liegt, sind die Soldatinnen und Soldaten – in erster Linie technische Offiziere und Triebwerksmechaniker – disziplinarisch weiter der Luftwaffe zugeordnet“, beschreibt Mario Külgen das Konstrukt.



**Triebwerksspezialist** — In aller Regel war die MTU bereits bei der Entwicklung der militärischen Triebwerke für die Luftwaffe mit an Bord.



#### **Eurofighter-Triebwerk EJ200**

— Mit jeweils bis zu 20.000 Pfund Schub treiben die beiden Triebwerke eines der fortschrittlichsten Kampfflugzeuge der Welt an.



#### **Tornado-Triebwerk RB199**

— Mehr als 7 Millionen Flugstunden haben die Triebwerke im bisher erfolgreichsten militärischen Flugzeugprogramm Europas absolviert.



#### **Tiger-Triebwerk MTR390**

— Das Wellenleistungstriebwerk mit freier Nutzturbine erreicht eine maximale Leistung von 1.094 kW für den Unterstützungshubschrauber.

Vervollständigt wird das Triumvirat durch Michael Hergeth. Er leitet den MTU-Betriebsteil Erding und ist verantwortlich für die Umsetzung der Instandhaltungsarbeiten. „Neben der eigentlichen Triebwerksinstandhaltung gehören Ersatzteilmanagement und -prognose, Schadensuntersuchungen, Produktbeobachtung und Qualitätssicherung zum Arbeitspaket“, erklärt er, „diese werden aber am MTU-Standort in München wahrgenommen, wo ebenfalls Soldatinnen und Soldaten der Kooperation in die entsprechenden Teams integriert sind.“ Neben dem Wechsel der Triebwerke am Flugzeug sind nur kleinere Checks und der Tausch von Anbaugeräten Aufgabe der Soldatinnen und Soldaten am jeweiligen Einsatzstandort der Luftwaffe.

#### **Bei der Suche nach einem Industriepartner ist die MTU für die Bundeswehr die erste Wahl**

Die Grundzüge der Kooperation initiierten Ende der 1990er Jahre das Bundesministerium der Verteidigung, die Luftwaffe, das damalige Beschaffungssamt der Bundeswehr (BWB) und der Bundesverband der Luft- und Raumfahrtindustrie (BDLI). Nicht mehr nur der Anschaffungspreis des Jagdfliegers sollte von nun an relevant sein. Auch die Betriebskosten standen jetzt auf dem Prüfstand. Ein großes Stück vom Kostenkuchen entfällt dabei auf die Triebwerksinstandhaltung. Bis dahin hatte die Bundeswehr einen Teil ihrer Triebwerke stets in Eigenregie instandgehalten. Der andere ging an die Industrie. Für ein und dieselbe Arbeit wurde also die doppelte Infrastruktur vorgehalten – einmal in den Shops der MTU, ein andermal an den Luftwaffenstandorten. Wäre es da nicht besser, sich an einem Ort zusammenzuschließen? Kompetenzen zu bündeln, anstatt das

jeder sein eigenes Süppchen kocht? „Natürlich“, antwortet Oberstleutnant Schmidt. Wichtig dabei aus Perspektive der Bundeswehr: „Wir geben zwar die Instandhaltungsleistungen, aber nicht alle Kompetenzen ab. Wir sind weiterhin in die Triebwerksmuster involviert und bleiben ein intelligenter Kunde.“ Das sei wichtig, um in allen Lagen und in fernen Einsatzgebieten über eigenständige Expertise zu verfügen und jederzeit handlungsfähig zu sein.

Bei der Suche nach einem Industriepartner ist die MTU für die Bundeswehr die erste Wahl. Mit Beginn des Lizenzbaus des Triebwerks J79 für den Starfighter ab 1959 beginnt die Zusammenarbeit der Streitkräfte mit dem Unternehmen. Es folgen der „Tornado“-Antrieb RB199. Und das Tyne-Triebwerk für die Transall genauso wie ihr Nachfolger, der Airbus A400M mit seinen vier TP400-D6-Triebwerken. Noch etwas spielt in die Überlegungen hinein: In aller Regel war die MTU bereits bei der Entwicklung der Triebwerke mit an Bord. „Und wer, wenn nicht jemand von den Herstellern selbst, wäre besser geeignet für die Instandhaltung der Triebwerke?“, fragt MTU-Betriebsteil-Leiter Hergeth.

#### **Vom Zweckbündnis zur exzellenten Partnerschaft**

Hergeth, Schmidt und Külgen sind sich einig: Die Kooperation sichert für die Bundeswehr Planbarkeit und wirtschaftlichen Materialerhalt und für die MTU die enge Systempartnerschaft sowie eine stabile Vertragsbasis. Das gilt nicht nur für die EJ200-Antriebe, sondern mittlerweile auch für das RB199 und für das MTR390 des Tiger-Hubschraubers. Sie wurden in den Folgejahren in die Kooperation aufgenommen. Bis zu





**Hand in Hand** — Bei der sehr erfolgreichen Instandhaltungs-kooperation arbeiten Soldaten der Bundeswehr und MTU-Mitarbeiter eng miteinander zusammen.


neun EJ200 durchlaufen die Instandhaltungs-kooperation im Monat, bis zu fünf Triebwerke sind es beim RB199, bis zu drei beim MTR390.

Am Anfang war die Kooperation in erster Linie als Zweckbündnis betrachtet worden, das ist kein Geheimnis. „Aber längst sind wir richtige Partner geworden – nicht nur im Handeln, auch in der Denkweise“, erzählt Hergeth. „Unsere Ziele sind ja absolut deckungsgleich: Die Triebwerke in der bestmöglichen Qualität zu möglichst geringen Kosten so schnell wie möglich wieder an die Flügel – oder beim Tiger: unter die Rotoren – zu bekommen.“ Als messbar erfolgreich darf sich die Kooperation obendrein bezeichnen: „In den ersten 10 Jahren der Kooperation haben wir etwa die On-Wing-Time des RB199 verdoppelt“, berichtet Hergeth. „Ihre Zuverlässigkeit stieg im gleichen Zeitraum um 20 Prozent. Diese Werte sind bis heute weitgehend stabil geblieben.“

### „Wir kommen immer zu einer gemeinsamen Lösung.“

Vieles, das wird beim Gang mit Schmidt und Hergeth durch die Hallen der Kooperation auf dem Erdinger Fliegerhorst schnell klar, liegt an der Chemie, die in der Zusammenarbeit herrscht. „Die Bundeswehr kenne ich noch aus dem Grundwehrdienst. Ich mag den gegenseitigen Respekt und die pragmatische Mentalität, mit der sich die Leute dort gegenüberstehen“, sagt Hergeth. Schmidt wiederum schätzt an Hergeth, dass dieser die Arbeitsweise bei der Bundeswehr schätzt. Dass er versteht, dass der militärische Betrieb manchmal anderen Regeln folgen muss als der industrielle. Ihre beiden Büros liegen in Rufweite zueinander. Befehlston? Fehlanzeige.

Und auch für Mario Külgen ist die enge Bindung zwischen der MTU und Bundeswehr ein wesentlicher Aspekt der erfolgreichen Zusammenarbeit: „Seit 25 Jahren bin ich mit einem Fuß in der Truppe. Als Reserveoffizier. Wir wissen hier einfach gut, woran wir miteinander sind.“

Fan, Brennkammer, Turbine und Nachbrenner – sukzessive wird das für den Shop Visit zerlegte Triebwerk wieder „aufgebaut“. Zurück an die Eurofighter kommen die Triebwerke dann aber doch noch über einen kleinen Umweg. Am EJ200-Teststand bei der MTU in München stehen noch die Abnahmeläufe der frisch instandgesetzten Triebwerke an. 

*„Unsere Ziele sind ja absolut deckungsgleich: Die Triebwerke in der bestmöglichen Qualität zu möglichst geringen Kosten so schnell wie möglich wieder an die Flügel zu bekommen.“*

### Michael Hergeth

Leiter des MTU-Betriebsteils Erding

### WEITERE INFORMATIONEN ZUM THEMA:

Link zum Video: MTU und die Bundeswehr – zwei starke Partner in der Kooperation  
[www.aeroreport.de](http://www.aeroreport.de)

### AUTOR:



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







BEFORE THE FLIGHT

# Taxiing – die hohe Kunst des Rollens

*Bevor ein Flugzeug abheben kann, muss es oft kilometerlang rollen. Dieses Taxiing ist eine Herausforderung für Piloten und Fluglotsen.*

**Autorin:** *Monika Weiner*



**Verkehrspolizei am Flughafen** — Mit Hilfe von Schlepp- und Follow-me-Fahrzeugen wird dafür gesorgt, dass der Verkehr am Flughafen sicher und geordnet abläuft.



**Klare Verkehrsordnung** — Die Beschilderung der Taxiways ist weltweit einheitlich und wird durch das internationale Buchstabieralphabet geregelt.

### Wie gelangt ein Flugzeug vom Gate zur Startbahn?

Die Gepäckfächer sind geschlossen, die Passagiere angeschnallt, die Türen verriegelt. Mit einem kaum spürbaren Ruck setzt sich das Flugzeug in Bewegung. Während die Fluggäste bereits dösen oder das Treiben am Flughafen beobachten, herrscht im Cockpit höchste Konzentration: Um die Parkposition am Gate zu verlassen, wird ein spezielles Pushback-Fahrzeug benötigt, das die Maschine – meist mit Hilfe spezieller Stangen, die am Bugrad befestigt werden – rückwärts auf das Rollfeld herauschiebt. Erst wenn das Flugzeug genügend Platz hat, um vorwärts weiterzurollen, wird das Pushback-Fahrzeug abgekoppelt. Von nun an steuert der Pilot die Maschine bis zur Startbahn. Eine Herausforderung – nicht nur wegen der Spannweite der Flügel, sondern auch wegen der zahlreichen Vorschriften, die beim Taxiing beachtet werden müssen.

### Was bedeutet Taxiing?

Das Wort ist abgeleitet vom englischen Begriff „to taxi“, übersetzt „rollen“. In der Luftfahrt versteht man unter Taxiing die Bewegung eines Flugzeugs am Boden. Und diese kann ziemlich viel Zeit in Anspruch nehmen: Durchschnittlich zehn Minuten dauert das Taxi-out vor dem Start. Am Ende des Fluges kommen für das Taxi-in, das benötigt wird, um von der Landebahn zum Gate zu rollen, weitere fünf Minuten hinzu. Damit sich die Flugzeuge beim Taxiing nicht gegenseitig behindern, verfügen große Flughäfen über mehrere Taxiways. Diese Rollbahnen sind nach Buchstaben und gegebenenfalls auch noch zusätzlichen Ziffern benannt. Die Beschilderung der Taxiways

ist weltweit einheitlich: Schwarze Verkehrszeichen mit gelber Schrift zeigen an, auf welcher Rollbahn man sich gerade befindet; gelbe Schilder mit schwarzer Schrift sind Hinweise auf Abzweigungen.

### Wie wird der Verkehr auf den Taxiways organisiert?

Den Betrieb auf den Taxiways regeln die Fluglotsen. Sie erteilen den Pilotinnen und Piloten Anweisungen nach dem internationalen Buchstabieralphabet. „Taxi via Mike one and Papa three“ bedeutet beispielsweise, dass eine Maschine die Taxiways M1 und P3 verwenden soll. Hinter der Entscheidung, welches Flugzeug auf welche Rollbahn geschickt wird, steckt – vor allem an großen Flughäfen, wo täglich hunderte von Maschinen von den Terminals zu den Startbahnen und zurück dirigiert werden – eine ausgetüftelte Logistik. Um Staus und Kollisionen zu verhindern, müssen die Fluglotsen nicht nur die Rollgeschwindigkeit des Flugzeugs berücksichtigen, sondern auch die Dauer der Stopps, welche benötigt werden, um die Triebwerke zu starten, Systemchecks durchzuführen und Checklisten abzuarbeiten. Hinzu kommt, abhängig vom Flugzeugtyp, die Länge der Startbahn, die für den Take-off erforderlich ist. Dieser Wert entscheidet darüber, an welcher Kreuzung eine Maschine vom Rollfeld auf die Startbahn geschickt wird.

### Wer steuert beim Taxiing das Flugzeug?

Taxiing ist bei den meisten Airlines Aufgabe der Pilotinnen und Piloten. Dafür gibt es gute Gründe: Die Fortbewegung am Boden erfordert viel Erfahrungen und Überblick bei der Navigation.

## Wie sieht die Zukunft aus?

### Technische Entwicklungen können das Taxiing nachhaltiger machen:

Flugzeugtriebwerke sind optimiert für den Flug, nicht für eine langsame Fortbewegung auf dem Boden. Flughafenbetreiber, Airlines, Flugzeug- und Triebwerkshersteller suchen daher nach neuen, energiesparenden Antriebssystemen für die Fortbewegung auf dem Boden. Verschiedene Konzepte für Ground-based-Systems oder On-board-Systems wurden bereits entwickelt und zum Teil auch erprobt.

Die einfachste Möglichkeit, den Energieverbrauch beim Taxiing zu senken, erfordert kein zusätzliches Equipment: Beim **Single Engine Taxiing, kurz SET**, lässt der Pilot während des Rollens nur eines der Triebwerke laufen. Alle weiteren nimmt er erst kurz vor dem Start in Betrieb. Schätzungen zufolge lässt sich der Treibstoffverbrauch am Flughafen auf diese Weise um mehr als 20 Prozent senken.

Das Flaggschiff der bodengestützten Systeme ist der **TaxiBot**, ein autonomes Schleppfahrzeug mit einem hybriden Diesel-Elektro-Antrieb, das schon auf dem Amsterdamer Flughafen Schiphol getestet wurde. Ein Fahrer steuert den TaxiBot

rückwärts an das Bugfahrwerk des Flugzeugs heran und dockt dort an. Damit wird das Fahrzeug zu einem externen Antriebssystem, das der Pilot vom Cockpit aus steuern kann. Mit Hilfe des TaxiBots kann er nun bis zu einer Halteposition kurz vor der Startbahn fahren, erst dort werden die Triebwerke eingeschaltet. Auf diese Weise lassen sich Treibstoff-, Kohlendioxid- und Stickoxideinsparungen von über 50 Prozent erreichen.

Die On-board-Systeme basieren auf Elektromotoren, die in eines oder mehrere Fahrwerke eingebaut werden könnten. Diese **e-Taxiing-Systeme, kurz ETS**, würde die Manövrierbarkeit von Flugzeugen verbessern, den Einsatz von Pushback-Fahrzeugen überflüssig machen und die Lärmemission an Flughäfen deutlich verringern. Der für den Betrieb der Elektromotoren notwendige Strom könnte an Bord entweder von den schon vorhandenen Hilfstriebwerken, den Auxiliary Power Units, kurz APUs, erzeugt werden oder mit Brennstoffzellen. E-Taxiing hat nach Aussage der Entwickler das Potenzial, die Emission von Luftschadstoffen um mehr als die Hälfte zu reduzieren.


Der Pilot muss die Verkehrssituation erfassen und wissen, hinter welchem Flugzeug er auf welche Start- oder Parkposition vorrücken darf. Der Co-Pilot könnte das Flugzeug zwar theoretisch auch steuern, übernimmt dies aber meist nur zu Trainingszwecken oder während der Pilot eine Durchsage an die Passagiere macht.

### Was passiert, wenn's mal eng wird?

Es kommt selten vor, dass sich Flugzeuge auf den Taxiways zu nahe kommen. Wenn es aber trotzdem mal passiert, beispielsweise weil sich ein Pilot verfahren hat, wird es kompliziert, denn die Maschinen können nur schlecht manövrieren: Rückwärtsfahren ist, mit Umkehrschub der Triebwerke, zwar möglich, führt aber zu einer hohen Lärmemission. Hinzu kommt, dass der Pilot von seinem Platz im Cockpit den Raum hinter dem Flugzeug nicht überblicken kann. Beim Rangieren ist die Crew daher auf fremde Hilfe angewiesen: Je nach Situation wird ein

Follow-me-Fahrzeug gerufen, dessen Fahrer die Flügelspitzen beobachten kann und dabei sicherstellt, dass diese kein Hindernis berühren. Im Notfall muss ein Pushback-Fahrzeug kommen und die Maschine soweit zurückschieben, bis sie auf der Rollbahn ausreichend Platz hat, um vorwärts weiterzufahren.

### Vom Taxiing zum „Flying“

Das Taxiing ist erst dann beendet, wenn die Fluglotsen die Erlaubnis zum Start erteilen, die Maschine vom Taxiway auf die Startbahn abbiegt und beschleunigt. 

#### AUTORIN:



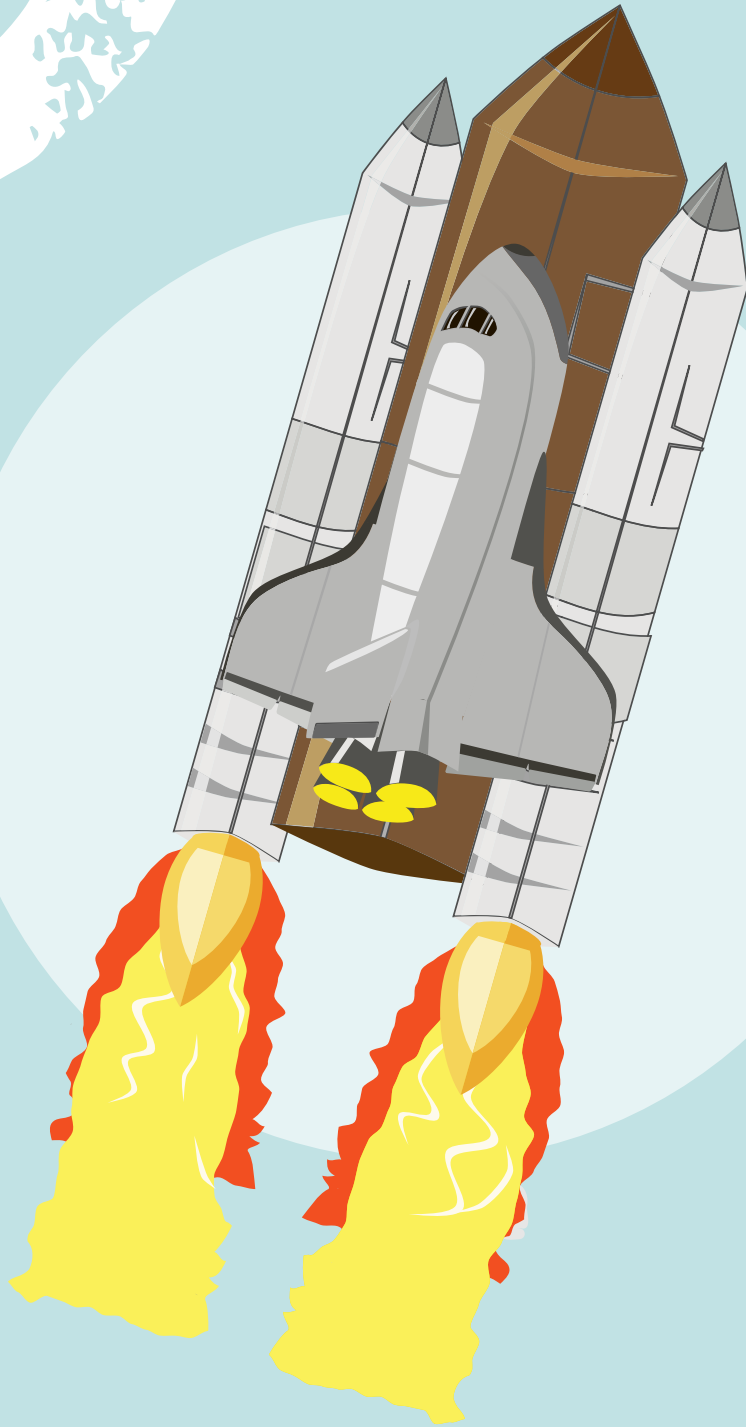
**Monika Weiner** arbeitet seit 1985 als Wissenschaftsjournalistin. Die Diplomgeologin interessiert sich vor allem für neue Entwicklungen in Forschung und Technik sowie deren gesellschaftliche Auswirkungen.



#### WEITERE INFORMATIONEN ZUM THEMA „BEFORE THE FLIGHT“:

Tanken als Rechenaufgabe:  
[www.aeroreport.de](http://www.aeroreport.de)





# Geflügelte Worte

*Unsere Alltagssprache ist voller Redewendungen,  
von denen kaum jemand weiß, dass sie aus der Fliegerei stammen.  
Eine luftfahrt-linguistische Spurensuche zeigt Hintergründe.*

**Autor:** Andreas Spaeth



GEFLÜGELTE WORTE NO. 01:

„Etwas auf dem  
Schirm haben“



Die Präsenz der Fliegerei in unserer alltäglichen Sprache ist erstaunlich. „Schweben und fliegen haben sich sehr früh in sprichwörtlichen Redensarten niedergeschlagen“, erklärt Rolf-Bernhard Essig, Kurator der Ausstellung „Bombenwetter“. Essig zählt klassische Beispiele auf: Ambitionierte, aber unrealistische Ideen sind als hochfliegende Pläne bekannt, wer davon allerdings zu viele hegt, bekommt die Flügel gestutzt. In vielen Kulturen kennt man den Grundsatz: Wer hoch steigt, wird tief fallen. Die Zeit selbst vergeht schließlich im besten Fall wie im Fluge. Solche luftigen Anspielungen sind heute eher Allgemeinplätze, und der Kurator behauptet sogar, dass jeder von uns etwa hundert Mal am Tag buchstäblich geflügelte Worte oder Redensarten solcher und anderer

Art zum Besten gibt. Viele Begriffe haben ganz konkrete Ursprünge in der Fliegerei, oft des Ersten und Zweiten Weltkriegs, manche entstanden aber auch erst in den letzten Jahrzehnten. Einige ausgewählte Beispiele stellt der **AEROREPORT** hier vor.

## **Etwas auf dem Schirm haben**

Verantwortungsvolle Menschen haben eine Wahrnehmung dafür, was um sie herum wichtig ist oder wichtig werden könnte. Sowohl ganz gegenständlich etwa bei physischen Hindernissen, aber auch im übertragenen Sinn, wenn es um mögliche Entwicklungen von Dingen, Ideen oder Vorhaben geht. Etwas im Blickfeld zu haben und zu beobachten, das drückt man heute gern mit der Formulierung „ich habe es auf dem Schirm“ aus. Ihr Ursprung lässt sich klar auf die Luftfahrt zurückführen. Auch auf die heutige – denn Fluglotsen im Tower bekommen alle Flugzeuge auf ihren Radarschirm, sobald sie in die Kontrollzone des jeweiligen Lotsen einfliegen. Eine Aufreihung an Papierstreifen – oder das gleiche in



digitaler Form – erinnert jeden Lotsen an alle Flüge die gerade zu überwachen sind. Der Begriff stammt ursprünglich aus dem Zweiten Weltkrieg, als aus dem alten deutschen Begriff „Funkmess“ das Radar (Radio Detection and Ranging) wurde.

Bei dieser Ortungstechnik werden elektromagnetische Wellen ausgesandt, die von fliegenden Objekten als Echo reflektiert, empfangen und ausgewertet werden und so auf dem Radarschirm erscheinen.



GEFLÜGELTE WÖRTE NO. 02:

## „Helikoptereltern“



### Helikoptereltern

Diese Spezies von Eltern lässt ihre ausufernde Überwachung und Bemutterung des eigenen Nachwuchses zur Herausfor-

derung für andere werden. Ein früherer Präsident des Deutschen Lehrerverbands unterscheidet sogar drei Typen von Helikoptereltern: „Den Transporthubschrauber, den Kampfhubschrauber und den Rettungshubschrauber.“ Die Helikoptereltern werden schon länger im Duden aufgeführt, der ultimativen Autorität für zeitgemäße deutsche Sprache, das Verb „helikoptern“ schaffte es 2020 erstmals in die Neuausgabe. Dort wird die Bedeutung so erklärt: „Die eigenen Kinder aus übertriebener Fürsorge ständig überwachen.“ Erstmals sei der Begriff „helicopter parents“ vor etwa 30 Jahren von US-amerikanischen Kinderpsychiatern verwendet worden. Die Herkunft des Begriffs wurde im militärhistorischen Museum der Bundeswehr in Berlin-Gatow passend neben der Salon-Version des Hubschraubers Mil Mi-8S erklärt, der zu jener Zeit noch in aktiver Verwendung war.

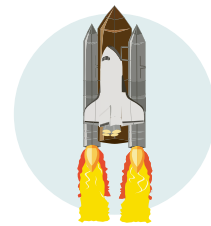
### Abgehen wie eine Rakete

Raketen haben bereits eine erstaunlich lange Karriere in der Umgangssprache hinter sich. „Wie eine Rakete hochfahren“ war bereits im Grimm’schen Wörterbuch des 19. Jahrhunderts aufgeführt und bezeichnete damals eine plötzliche, hastige Bewegung. Sprachlich regten abzischende Raketen die Menschen seit jeher zu schöpferischen Redewendungen an und ihre Schnelligkeit und Explosivität machten sie sprichwörtlich. Die Bedeutung der Rakete in der Umgangssprache hat sich jedoch gewandelt. Immer wieder ging es um die negativen Folgen von Hochmut



GEFLÜGELTE WÖRTE NO. 03:

## „Abgehen wie eine Rakete“



und Arroganz, die mit Raketen als Sinnbild verdeutlicht wurden. „Wenn die Rakete am höchsten ist, dann platzt sie“ war eins davon. Der Flugkörper stand zur vorletzten Jahrhundertwende auch für einen leicht aufbrausenden Menschen. „Abgehen wie eine Rakete“ steht seit den 1950er Jahren für besonders temperamentvolles, agiles und schnelles Verhalten.

### Die Reißleine ziehen

Am Anfang der Zeitleiste des Ursprungs von Begriffen, die sich auf das Flugwesen zurückführen lassen, steht die Aussage „die Reißleine ziehen.“ Was heute in etwa



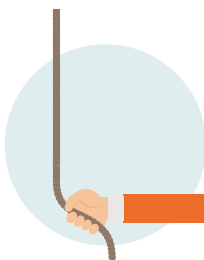


bedeutet eine gefährliche Entwicklung noch rechtzeitig zu beenden, stammt aus der Zeit der vorletzten Jahrhundertwende und kommt aus der Ballonfahrt. Schon 1910 lässt sich die Verwendung des Begriffs belegen. Ende des 19. Jahrhunderts führte ein Berliner Verein über 20 meteorologische Forschungsfahrten mit dem Ballon „Phönix“ durch. Hier feierte die moderne Reißleine Premiere:



GEFLÜGELTE WORTE NO. 04:

„Die Reißleine ziehen“



Ein rotes Band, mit dem zur schnellen Entgasung des Ballons ein aufgeklebter oder aufgenähter Stoffstreifen von der Hülle abgerissen werden konnte. So ließen sich gefährliche Schleiffahrten bei

der Landung verhindern, ohne den Ballon nachhaltig zu beschädigen. Der daraus hervorgegangene Begriff ist im heutigen Wirtschaftsjargon sehr präsent, etwa wenn ein Unternehmen ein mit hohen Investitionen gestartetes Produkt oder Projekt abrupt stoppt.

### Booster

Wenn es heute einen Begriff gibt, der bei Markennamen fast inflationär genutzt wird, ist es „Booster“. Da gibt es den Booster Energy Drink, den Hydro Booster als kosmetische Gesichtsmaske, den Immunbooster zur Nahrungsergänzung oder Booster Mascara in der Kosmetik – und das ist nur eine kleine Auswahl. Im englischen Original heißt das in etwa Verstärker, Verbesserung oder Zusatzteil, das leistungssteigernd wirkt. Der Booster hat seinen Ursprung allerdings als Erststufe von mehrstufigen Raketen – und als Start-Hilfsrakete, als solche auch in der Luftfahrt genutzt. So auch in Deutschland, als 1960 Versuche begannen, die Lockheed F-104 G Starfighter der Luftwaffe so auszustatten, dass sie bei zerstörten Pisten notfalls auch ohne die sonst nötige Startstrecke von vollen 1.700 Metern in die Luft kommen würde. Dank eines Feststoff-Raketens Motors konnte das Flugzeug dann mit minimaler Startstrecke in acht Sekunden 200 Meter Höhe und 500 km/h erreichen. 🌐



GEFLÜGELTE WORTE NO. 05:

„Booster“



### 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.

## IMPRESSUM

## AEROREPORT 01/22

Das Luftfahrtmagazin der MTU Aero Engines | www.aeroreport.de

**Herausgeber**

MTU Aero Engines AG  
Eckhard Zanger  
Leiter Unternehmenskommunikation  
und Public Affairs

**Redaktionsleitung**

Dongyun Yang

**Redaktion**

Patricia Hebling  
Isabel Henrich

**Anschrift**

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

**Autoren**

Nicole Geffert, Isabel Henrich,  
Andreas Spaeth, Thorsten Rienth,  
Monika Weiner, Tobias Weidemann

**Layout**

SPARKS CONSULTING GmbH, München

**Bildnachweis**

Titel Shutterstock  
3 MTU Aero Engines  
6\_7 MTU Aero Engines, Pratt & Whitney  
8\_17 Shutterstock, MTU Aero Engines  
18\_23 MTU Aero Engines  
24\_27 MTU Aero Engines  
28\_31 MTU Aero Engines  
32\_37 MTU Aero Engines, Airbus ©  
Stefan Kruijer, Lindner Fotografie  
38\_41 AirBaltic, Andreas Spaeth  
42\_45 MTU Aero Engines, Lars Hentschel,  
Bundeswehr/Marco Dorow  
46\_49 MTU Aero Engines  
50\_53 Shutterstock  
54\_57 Shutterstock  
58 MTU Aero Engines

**Druck**

Schleunungsdruck 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.

# Die Reise ins Triebwerk

*Virtual-Reality-Brille auf – und rein ins  
animierte Modell eines Triebwerks.*




**Wie funktioniert ein Triebwerk?** — Die Auszubildenden können über die VR-Brille die Funktionsweisen eines Triebwerks erkunden.

Die MTU Aero Engines hat für Ausbildungszwecke eine VR-Lösung entwickelt, mit der Auszubildende ein digital animiertes Triebwerk erkunden können. Das Modell basiert auf der Bauweise des A320neo-Antriebs PW1100G-JM aus der modernen Pratt & Whitney GTF™ Triebwerksfamilie.

„Das VR-Modell zeigt das Triebwerk in seiner ganzen Größe sowie ein detailliertes Schnittmodell. Lernende können das Triebwerk anschalten, den animierten Luftstrom und die drehenden Teile studieren“, erklärt Ausbilder Markus Voag. Zusätzlich lässt sich das gesamte Gehäuse entfernen, um die Module einzeln herauszunehmen und zu begutachten. Neben einer Explosionszeichnung der einzelnen Bauteile stehen Infoboxen mit technischen Daten zur Verfügung. Mit jeder Kopfbewegung passt sich das dreidimensionale Bild der Brille an und gibt weitere technische Details des zivilen Triebwerks preis. Entweder können die Auszubildenden die Brille selbst aufsetzen und sich frei im Modell bewegen oder aber ein Ausbilder

nutzt die an einen Großbildschirm angeschlossene Brille zur Präsentation und erklärt die einzelnen Elemente.

„Schon aus Kostengründen wäre es nicht möglich, ein solches reales Triebwerk in die Ausbildung zu stellen“, erzählt Voag. Er sieht aber auch den didaktischen Mehrwert des 3D-Modells: „Wenn junge Menschen schon einmal die Vorteile einer solchen Technik erfahren haben, sind sie möglicherweise auch im späteren Berufsleben offener für Virtual Reality-Anwendungen.“ Dennoch soll das digitale Modell ein reales, älteres Triebwerk, das die Lehrwerkstatt schon besitzt, nicht ersetzen, sondern eher ergänzen.

Seit März 2022 kommt das Modell in der Lehrwerkstatt der MTU zum Einsatz. Zukünftig soll die Lösung auch neuen Mitarbeiter:innen einen ersten Einblick von der Funktionsweise eines Triebwerks vermitteln – und die Technologie ein Stück weit erlebbar machen. 



**BRINGT 80.000 PFUND  
SCHUB – UND SIE HABEN  
ES ENTWICKELT.**

**DER MOMENT,  
WENN ES ABHEBT:  
UNVERGLEICHLICH.**

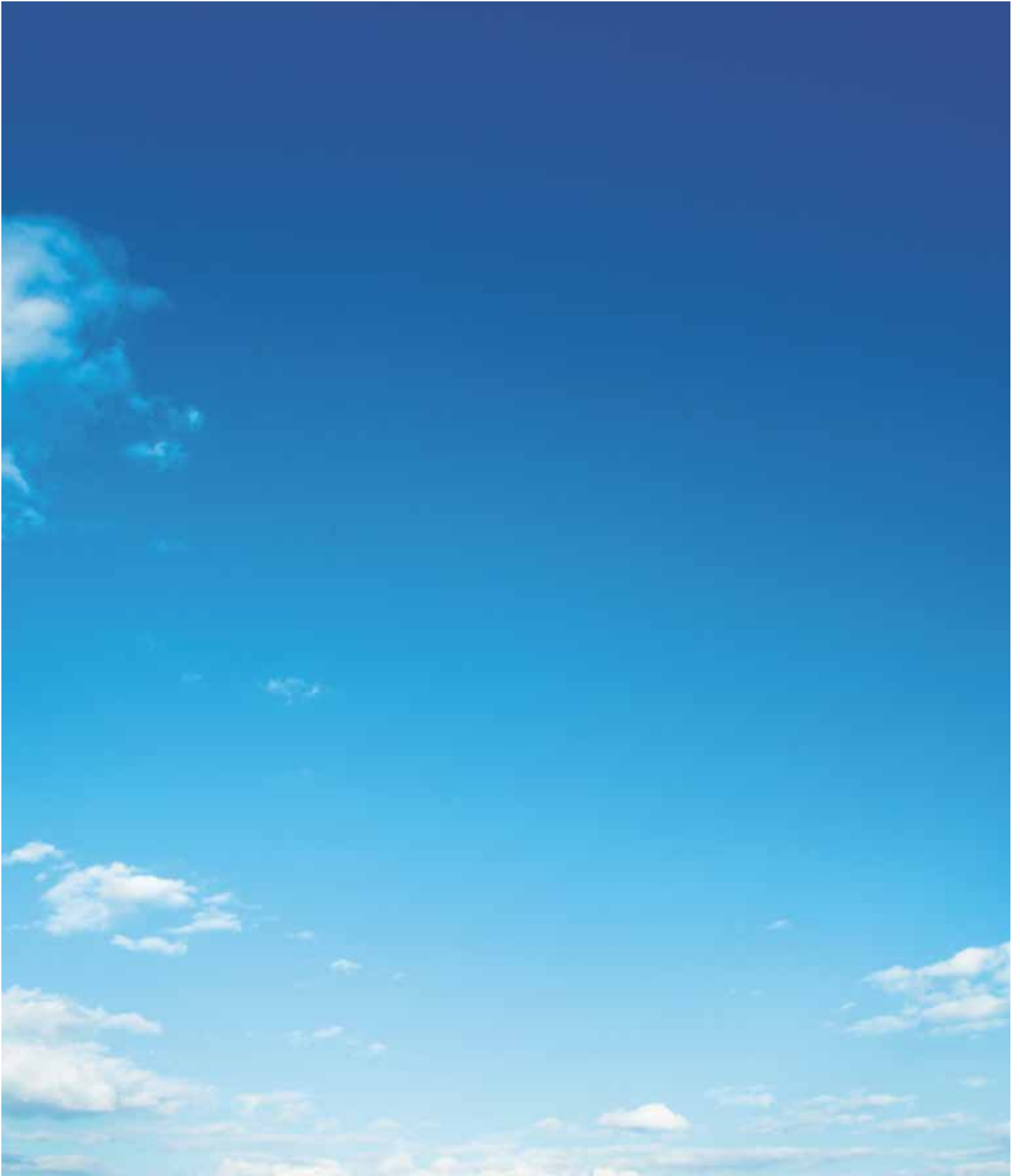
**Gesucht: Ingenieure (m/w/d)  
für das Außergewöhnliche.**

Dagegen ist jeder Rennwagen eine Seifenkiste.  
Entwickeln Sie die wirklich großen Dinger:  
Triebwerke mit Wumms. Bei uns. Bei der MTU.

Wir sind 10.000. An 16 Standorten weltweit.  
Jedes dritte Flugzeug fliegt mit unserer  
Technologie. Was wir noch brauchen? **Sie.**

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

**#UPLIFTYOURFUTURE**



**AEROREPORT**

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