

TRIEBWERKS- MACHER

Die Mitarbeiter:innen der MTU tragen alle ihren ganz eigenen, wichtigen Teil zum Produkt bei. Der AEROREPORT hat zehn von ihnen einen Tag begleitet.



INNOVATION

Boroskopieren mit dem RoBokop: Inspektion ohne Demontage

AVIATION

Die Königin der Lüfte geht in Rente: Produktionsende der Boeing 747

AVIATION

Leichtigkeit im Dienste der Wissenschaft: Was sind Parabelflüge?



**STECKT IN 30 % ALLER
FLUGZEUGE UND SIE HABEN
100 % DAFÜR GEGEBEN.**

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

**Gesucht: Teamplayer (all genders)
mit Hochgefühlen**

Dagegen ist jeder Schreibtischjob nur eine Landebahn. Machen Sie eine Startbahn daraus und lassen Sie wirklich große Projekte fliegen. Bei uns. Bei der MTU.

Wir sind über 11.000. An 18 Standorten weltweit. Jedes dritte Flugzeug fliegt mit unserer Technologie. Was wir noch brauchen? **Sie.**

www.mtu.de/karriere

#UPLIFTYOURFUTURE

Hier geht es zu
unserer Jobbörse:



HUMOR

Neulich bei der Werksführung:



Sätze, die wir alle kennen
Heute: Parabelflug

- „Oh Gott, es geht los!“
- „Ahhhhhhhhhh!“
- „Ich probiere mal einen Salto.“
- „Och, schon vorbei?“
- „GIB' MAL SCHNELL DIE TÜTE!“



Alltagstipps

PARABELFLUG

Wer sich keinen Parabelflug leisten kann, kann auch einfach ein Mathematikbuch durch die Gegend werfen.

LUFTBETANKUNG

Wer zu spät zum Flieger kommt und keine Zeit mehr für ein Getränk hat, kann auch eine Luftbetankung in Erwägung ziehen.

LESERSERVICE MODELLBAU

Heute: Boeing 747



Teil 1 von 6.000.000



Teil 2 von 6.000.000



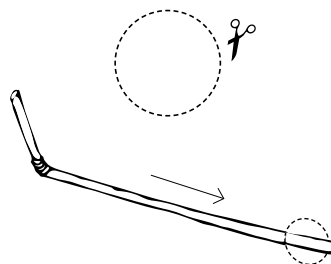
Teil 3 von 6.000.000



Teil 4 von 6.000.000

LESERSERVICE FLUGSCHULE

Heute: Luftbetankung



Versuchen Sie mit einem Strohhalm das Loch zu treffen. Idealerweise laufen Sie dabei durch das Büro und machen dabei Flugzeug-Geräusche.

IMPRESSUM

AEROREPORT 01|23

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, Tobias Schülert
Andreas Spaeth, Tobias Weidemann

Layout

SPARKS CONSULTING GmbH, München

Bildnachweis

- Titel MTU Aero Engines
- 3 MTU Aero Engines
- 6_7 MTU Aero Engines
- 8_25 MTU Aero Engines, Shutterstock
- 26_29 MTU Aero Engines
- 30_35 MTU Aero Engines
- 36_39 MTU Aero Engines
- 40_45 MTU Aero Engines, Andreas Spaeth, Michael Fischer
- 46_49 Archiv Boeing Commercial Airplanes
- 50_53 Bundeswehr/Christian Timmig, Bundeswehr/Francis Hildemann, Airbus
- 54_57 DLR/Xiomara Bender, CNES/ROUQUETTE Sébastien, Airbus
- 58 MTU Aero Engines, Airbus
- 59 MTU Aero Engines, Tobias Schülert, Shutterstock, all-rivet.com

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.



Liebe Leserinnen und Leser,

heute darf ich mich erstmals als CEO der MTU Aero Engines an Sie wenden. Seit Jahresbeginn 2023 habe ich die Aufgabe, die Erfolgsgeschichte der MTU fortzuschreiben. Dabei steht mir das hochprofessionelle Führungsteam der MTU ebenso zur Seite wie eine hochengagierte Belegschaft. Gemeinsam arbeiten wir auch weiterhin daran, exzellente Produkte und Services anzubieten und die Zukunft der Luftfahrt zu gestalten.

Die MTU kenne ich sehr gut durch meine vorherige Aufgabe als Technikvorstand. Zuvor war ich bis 2015 in verschiedenen Führungspositionen bei Airbus tätig. Meine beruflichen Wurzeln liegen in der Luft- und Raumfahrttechnik, im Maschinenbau und in der Betriebswirtschaft. Das Fliegen hat mich schon seit meiner Jugend fasziniert, wenn auch aus meinem früheren Traumberuf Pilot nichts geworden ist.

Mehr als 11.000 Mitarbeiter:innen an 18 Standorten weltweit sorgen täglich dafür, dass sich unsere Partner und Kunden auf höchste Qualität der MTU verlassen können. Als Luftfahrtunternehmen sind wir Teil einer riesigen Transformation. Unsere Vision? Emissionsfreies Fliegen.

Um diese Vision Wirklichkeit werden zu lassen, brauchen wir wissensdurstige und mutige Mitarbeiter:innen, die Teil dieser Transformation sein wollen.

In dieser Ausgabe des **AEROREPORT** nehmen wir Sie einen Tag mit an unseren Standort in München. Blicken Sie hinter die Kulissen unserer vielfältigen Arbeitsbereiche – etwa die Galvanik, die Logistik oder die Strukturmechanik. Lernen Sie die „Triebwerksmacher:innen“ der MTU kennen, die tagtäglich einen wesentlichen Beitrag zum Erfolg des Unternehmens leisten.

Außerdem stellen wir Ihnen auch in dieser Ausgabe wieder innovative MTU-Projekte vor. Etwa das mobile Messsystem GelSight, mit dem wir in unserer Triebwerksmontage Prüfverfahren nun effizienter und schneller durchführen. Oder der Kontinuumsroboter RoBokop, mit dem zukünftig die Boroskopie am Triebwerk roboterunterstützt durchgeführt werden kann, womit auch verdeckte Schäden im Triebwerk ermittelt werden.

Viel Freude beim Lesen wünscht Ihnen



Ihr

Lars Wagner

Vorstandsvorsitzender der MTU Aero Engines AG

**COVERSTORY**

„Kreative Köpfe, die das scheinbar Unmögliche möglich machen“

Lars Wagner, CEO der MTU Aero Engines, über die emissionsfreie Zukunft der Luftfahrt und die Chancen für die Triebwerksmacher:innen von heute und morgen.

Seite 8

**COVERSTORY**

Die Triebwerksmacher der MTU

Um ein Triebwerk zu bauen, ist das Können vieler Fachkräfte gefordert. Die Triebwerksmacher:innen der MTU tragen alle ihren ganz eigenen, wichtigen Teil zum Produkt bei. Der **AEROREPORT** hat zehn von ihnen am Standort München einen Tag begleitet.

Seite 12

**COVERSTORY**

„Unser breites technologisches Spektrum ermöglicht beste Karrierechancen“

Dr. Silke Maurer, Vorstandin OEM Operations bei der MTU Aero Engines, über Präzision in der Produktion und was die Transformation in dieser traditionsreichen Industrie für die Triebwerksmacher:innen bedeutet.

Seite 24

CONTENTS

FACTS

- 6 **Jubiläum** 40 Jahre IAE.
- 6 **MTU wächst** Die MTU Maintenance erweitert Netzwerk und Kapazitäten.
- 6 **Schon gewusst?** Was ist EASA, FAA, ANAC & CASA?
- 7 **Zukünftige Luftfahrt** Auf dem Weg zum emissionsfreien Fliegen: Projektstart SWITCH.
- 7 **MTU Zahlen** Anfang 2023 wurde der tausendste Triebwerkstest am TP400-D6 Prüfstand absolviert.

COVERSTORY

- 8 „Kreative Köpfe, die das scheinbar Unmögliche möglich machen“ **AEROREPORT**-Interview mit Lars Wagner, CEO der MTU Aero Engines.

- 12 **Die Triebwerksmacher der MTU** Die Triebwerksmacher:innen der MTU tragen alle ihren ganz eigenen, wichtigen Teil zum Produkt bei. Der **AEROREPORT** hat zehn von ihnen in München einen Tag begleitet.
- 24 **„Unser breites technologisches Spektrum ermöglicht beste Karrierechancen“** **AEROREPORT**-Interview mit Silke Maurer, Vorstandin OEM Operations der MTU Aero Engines.

INNOVATION

- 26 **Boroskopieren mit dem RoBokop** Inspektion ohne Demontage.
- 30 **Präziser als die ruhige Hand des Mechanikers** Wie der Roboter beim Verschrauben unterstützt.
- 36 **Haargenaue Fehleranalyse** Mit GelSight misst die MTU selbst kleine Schönheitsfehler.

**INNOVATION**

Haargenaue Fehleranalyse

Taktile Bildgebung ermöglicht es der MTU, in der Triebwerksmontage schnell und sicher zu analysieren, wie ein Kratzer oder eine Unebenheit an einem Bauteil zu bewerten ist und ob deswegen die Montage unterbrochen werden muss.

Seite 36

**AVIATION**

Die Königin der Lüfte geht in Rente

Den Riesen mit dem Oberdeck-Buckel erkennt fast jeder, die Boeing 747 gilt bis heute als Königin der Lüfte. Über ein halbes Jahrhundert lang wurde der legendäre Großraumjet in Seattle gebaut – bis jetzt. Zeit für einen Rückblick.

Seite 46

**GOOD TO KNOW**

Energie tanken in der Luft

Ein Kampfflugzeug in der Luft zu betanken, verschafft diesem mehr Reichweite und erspart das zeitraubende, strategisch ungünstige Zwischenlanden. Doch wie funktioniert das eigentlich technisch und wie arbeiten Pilot und Betankungsoperator zusammen?

Seite 50

AVIATION

- 40 **Jungbrunnen für Rosinenbomber** Die legendären Douglas DC-3 werden neu erfunden.
- 46 **Die Königin der Lüfte geht in Rente** Nach 56 Jahren: Produktionsende der Boeing 747.

GOOD TO KNOW

- 50 **Energie tanken in der Luft** So funktioniert die Luftbetankung von Militärflugzeugen.
- 54 **Leichtigkeit im Dienste der Wissenschaft** Kurz erklärt: Was sind Parabelflüge?
- 58 **Kurz erklärt** Das Future Combat Air System.
- 59 **Humor**
- 59 **Impressum und Bildnachweis**



www.aeroreport.de

Alle Beiträge aus der Printausgabe – und noch viele mehr – finden Sie online unter: www.aeroreport.de. Informative Videos, Fotogalerien und andere interaktive Specials warten dort auf Sie.

JUBILÄUM

40 Jahre IAE

Eines der erfolgreichsten Triebwerksprogramme feiert Geburtstag.

In Hartford im US-Bundesstaat Connecticut feierte die International Aero Engines (IAE) ihr 40. Gründungsjubiläum. IAE ist das Konsortium für das V2500, das seit seiner Indienststellung 1989 fast 8.000 Mal gebaut wurde, mehr als 255 Millionen Flugstunden absolviert hat und immer weiter entwickelt worden ist. Getragen wird das Konsortium heute von Pratt & Whitney, gemeinsam mit der MTU und der Japanese Aero Engine Corporation.

Die verschiedenen V2500-Varianten sind derzeit auf fast 3.500 Flugzeugen in 80 Ländern im Einsatz. So fliegt rund 60 Prozent der weltweiten A320ceo-Flotte mit V2500-Triebwerken. Die neueste Version –E5 bringt den Militärtransporter Embraer C-390 Millennium in die Luft.



Beeindruckende Zahlen — 8.000 Mal gebaut, über 255 Millionen Flugstunden, immer noch in fast 3.500 Flugzeugen weltweit im Einsatz. Der Erfolg des V2500 spricht für sich.

MTU WÄCHST



Down Under — Der Standort in Perth ist nun auch für den Luftfahrtantrieb CF34 zertifiziert.

Das **MTU Maintenance Service Centre Australia** hat von der CASA die Part-145-Zulassung für Triebwerke der CF34-Serie erhalten. Nach neun Jahren erfolgreichem Betrieb als Servicezentrum für LM™-Industriegasturbinen, die auch auf Marineschiffen zum Einsatz kommen, ist der Shop in Perth, Westaustralien, nun erstmals für die Luftfahrt tätig. Der MTU-Standort ist der einzige On-Site-Service-Anbieter für Turbofan-Triebwerke in der Südpazifik-Region. Das Team hat bereits ihren ersten On-Site-Service-Einsatz an einem CF34-10E Triebwerk durchgeführt.

Die **MTU Maintenance do Brasil**, die bereits von der ANAC und EASA für die Triebwerke V2500, CFM56-3/-5/-7, CF34-10, CF6-80 und GE90 zertifiziert ist, hat nun auch die FAA-Zulassung für die CFM56-Triebwerksfamilie erhalten. Damit kann die MTU ihren Kunden einen echten Mehrwert bieten, denn für Triebwerke, die außerhalb Brasiliens betrieben werden, ist in der Regel eine doppelte Freigabe der EASA und FAA erforderlich.

Die **MTU Maintenance Dallas** wird in ein wesentlich größeres Werk am nahegelegenen Fort Worth Alliance Airport in Texas umziehen. Dort wird sie auch über einen Prüfstand mit 100.000 Pfund Schub verfügen. Innerhalb der MTU Maintenance ist der Standort in Dallas das Zentrum für On-Site-Services in Nordamerika.



MTU Maintenance do Brasil

Der Standort in São Paulo bietet den lateinamerikanischen Kunden aus nächster Nähe schnelle und praktische ON-SITE^{plus} Services an.

SCHON GEWUSST?

Luftfahrtbehörden erteilen beispielsweise Zulassungen für Fluggesellschaften und Luftfahrzeugkennzeichen, genehmigen Flugplätze, sorgen für die Überwachung des Luftraums, bilden Luftfahrtpersonal, wie Pilot:innen und Fluglots:innen, aus und erstellen Sicherheits- und Wirtschaftsvorschriften. Auch um luftfahrttaugliche Triebwerksteile und Triebwerksmodule zu entwickeln, herzustellen oder instand zu halten, werden Zulassungen solcher Behörden benötigt.

EASA Die Agentur der Europäischen Union für Flugsicherheit ist die Flugsicherheitsbehörde der Europäischen Union

FAA Die Federal Aviation Administration ist die Bundesluftfahrtbehörde der Vereinigten Staaten

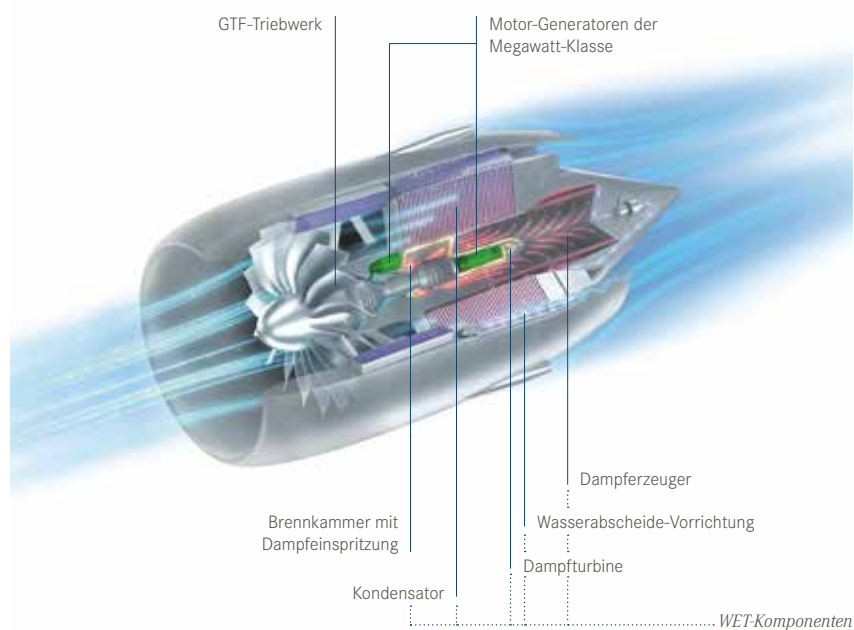
ANAC Die Agência Nacional de Aviação Civil ist die brasilianische Luftfahrtbehörde

CASA Die Civil Aviation Safety Authority ist die australische Luftfahrtbehörde

ZUKÜNFTIGE LUFTFAHRT

Auf dem Weg zum emissionsfreien Fliegen: Projektstart SWITCH

Das SWITCH (Sustainable Water-Injecting Turbofan Comprising Hybrid-Electrics) Projekt entwickelt Technologien für hybrid-elektrischen Water-Enhanced Turbofan.



Das Projekt hat zwei revolutionäre Technologien im Fokus, die kombiniert werden: das Water-Enhanced Turbofan-Konzept der MTU, kurz: WET, und hybrid-elektrische Antriebselemente. Basis ist der Getriebefan von Pratt & Whitney. Ziel ist es, eine Reduktion des Kraftstoffverbrauchs und damit auch der CO₂-Emissionen um jeweils 25 Prozent zu demonstrieren (im

Vergleich zu derzeitigen Triebwerken für Kurz- und Mittelstreckenflugzeuge). Die neuen Technologien sind auch für den Betrieb mit nachhaltigen, alternativen Kraftstoffen – Sustainable Aviation Fuels (SAF) – geeignet. Bewertet wird weiterhin die zukünftige Verwendung von Wasserstoff als Energieträger.

MTU ZAHLEN

1.000

Anfang 2023 wurde der tausendste Triebwerkstest am TP400-D6 Prüfstand absolviert.

Wenn die Triebwerke des Transportflugzeuges Airbus A400M auf den Prüfstand müssen, kommen sie nach Ludwigsfelde: Bei der MTU Maintenance Berlin-Brandenburg steht der weltweit einzige Serienprüfstand für die TP400-D6 Triebwerke. Dort konnte nun Anfang des Jahres ein besonderer Meilenstein absolviert werden: Der tausendste Triebwerkstest. Der Prüfstand wurde 2005 fertiggestellt und hat bis heute eine Gesamtlaufzeit von 5.340 Stunden absolviert.

TP400-D6 — Das TP400-D6 ist der stärkste westliche Turboprop. Die MTU steuert zum Triebwerk Mitteldruckverdichter, Mitteldruckturbine und -welle bei und ist an der Regelung beteiligt. Die Endmontage erfolgt am MTU-Standort in München.



Vielfältig einsetzbar — Ob als Transporter, Tankflugzeug oder fliegende Intensivstation.

FACTS

GTF-Triebwerke haben seit Inbetriebnahme 2016 über
10 Mio.
Tonnen CO₂ vermieden



Bei der MTU laufen
300
Technologieprojekte –
Schwerpunkt:
nachhaltiges Fliegen



Über
11.000
Mitarbeiter:innen an
18 Standorten weltweit
arbeiten bei der MTU





Lars Wagner,
*Vorsitzender des Vorstands der
MTU Aero Engines im Gespräch*

„Kreative Köpfe, die das
scheinbar Unmögliche
möglich machen.“

*Lars Wagner, CEO der MTU Aero Engines, über die
emissionsfreie Zukunft der Luftfahrt und die Chancen
für die Triebwerksmacher:innen von heute und morgen.*

Autorin: Nicole Geffert



„Durch unsere Büros und Werkshallen weht ein frischer Wind: Wir werden noch digitaler, diverser und agiler. Wer bei uns arbeitet, spürt Vertrauen und erlebt Teamgeist und Kollegialität. Es sind die Menschen, die bei der MTU im Mittelpunkt stehen.“

Lars Wagner, Vorstandsvorsitzender der MTU Aero Engines AG

AEROREPORT: *Herr Wagner, wenn wir in zehn Jahren in den Himmel blicken, sehen wir dann immer noch die gleichen Flugzeuge wie heute?*

Lars Wagner: Es ist gut möglich, dass wir dann schon das eine oder andere batterieelektrische Lufttaxi sehen. Aber zehn Jahre sind in der Luftfahrt keine große Zeitspanne, wenn wir uns die langen Produktionszyklen und langlebigen Produkte vor Augen führen. Wir werden daher bei Passagierflugzeugen nicht gänzlich von der konventionellen Fluggasturbine weg sein. Doch mit der evolutionären Weiterentwicklung unserer hocheffizienten Gasturbine auf Basis des Getriebefans sowie dem revolutionären Antriebskonzept unseres Water-Enhanced Turbofans können Emissionen drastisch reduziert werden – und das ohne das Flugzeugdesign abändern zu müssen.

AEROREPORT: *Wird es künftig einen Mix aus verschiedenen Technologien geben?*

Wagner: Ja, das wird es. Wir werden neue Technologien dort einsetzen, wo sie am effizientesten sind. Heute fliegt jedes Passagierflugzeug mit Kerosin. Die Zukunft wird deutlich differenzierter sein. Wir peilen mit der Flying Fuel Cell™ einen wasserstoffbetriebenen Brennstoffzellen-Antrieb für Flugzeuge an, die bis zu 100 Passagiere befördern können. In der Größe von 150 bis 200 Sitzen sorgt künftig die Gasturbine, angetrieben mit synthetischen Kraftstoffen oder Wasserstoff, für Schub. Großraumflugzeuge mit 250 Sitzen und mehr, die auf der Langstrecke fliegen, werden voraussichtlich ebenfalls mit einer Gasturbine und nachhaltigen Treibstoffen abheben.

AEROREPORT: *Die Luftfahrt gerät mit ihrem Beitrag zur Klimaerwärmung weiter unter Druck. Ist der Traum vom Fliegen bald ausgeträumt?*

Wagner: Nein, Mobilität ohne Luftfahrt ist keine Option. Die Reiselust der Menschen ist ungebremst. Doch Flugzeuge befördern nicht nur Passagiere, sondern transportieren auch Güter rund um den Globus. Aber es führt kein Weg daran vorbei, dass wir die Emissionen drastisch senken müssen. Dass wir immer effizientere Triebwerke entwickeln, ist ja nichts Neues, das machen wir seit Jahrzehnten. Diesen Weg verfolgen wir weiter, nur dass wir jetzt einen richtig großen Wurf landen müssen, wenn wir klimaneutral und dann emissionsfrei fliegen wollen. Die nächsten zehn bis zwanzig Jahre werden eine immense Kraftanstrengung. Doch wir haben die Verantwortung gegenüber der nächsten Generation. Ich habe selbst Kinder und möchte, dass diese ihre Zukunft auf der Erde selbst gestalten können.

AEROREPORT: *Themen wie Künstliche Intelligenz, Digitalisierung oder Smart Factory beschäftigen aktuell die Industrie. Welche Chancen eröffnen sich damit für die Triebwerksmacher:innen?*

Wagner: Das sind für die MTU und mich nicht nur Schlagworte, sondern Realität und Zukunft zugleich. Die Triebwerksmacher:innen können sich bei uns in spannende Innovationsprojekte einbringen, mit denen sie weltweit einzigartige Entwicklungen realisieren können. Zusammen mit Forschungspartnern und mit zum Beispiel auf Robotik spezialisierte Firmen entwickeln wir für



unsere Fertigung immer effizientere Abläufe bis hin zu gänzlich neuen Produktionslinien. Die Digitalisierung unterstützt uns, noch effizienter und produktiver zu werden. Beim Getriebefan geht es schon heute nicht mehr ohne smarte Automatisierung. Das Besondere daran ist, dass es diese Anlagen und Prozesse oft so noch in keiner anderen Industrie gibt, wir stehen bei der MTU also an der Spitze neuer Entwicklungen.

AEROREPORT: Für ihre innovativen Technologien ist die MTU weltweit bekannt. Wie fördern Sie die Kreativität Ihrer Mitarbeiter:innen?


Wagner: Wir arbeiten seit Jahrzehnten eng und interdisziplinär mit Industrie- und Forschungspartnern zusammen, um Innovationen voranzutreiben. Wir stehen zudem im intensiven Austausch mit Think Tanks, Startups und weiteren zukunftsorientierten Teams – immer auf der Suche nach dem nächsten technologischen Sprung. Zudem geben wir unseren Expert:innen neben ihrem Tagesgeschäft Freiräume für Brainstorming und zum Experimentieren – zum Beispiel im Digitalization Lab und Inno Lab der MTU, wo sie digitale Technologien und außergewöhnliche Ideen ausprobieren, aber auch nach globalen Trends scouten können.

AEROREPORT: Sie haben Luft- und Raumfahrttechnik studiert. Was fasziniert Sie noch heute an dem Beruf?

Wagner: Ursprünglich wollte ich Pilot werden (lacht). Das sagen sicher viele Ingenieur:innen, die dann doch nicht im Cockpit gelandet sind, sondern Luft- und Raumfahrttechnik studiert haben.

Fürs Fliegen begeistere ich mich seit meiner Kindheit. Diese Faszination ist ungebrochen. Meine Motivation ist die Gänsehaut, die ich bekomme, sobald ich ein Flugzeug fliegen sehe. Diese Begeisterung und der ungebremste Spaß an der Arbeit sind mein Antrieb.

AEROREPORT: Was geben Sie den Triebwerksmacher:innen von heute und morgen mit auf den Weg?

Wagner: Erst einmal das Kompliment, dass sie die richtige Branche gewählt haben. Wir freuen uns auf kreative Köpfe, ihren Tatendrang und ihre Leidenschaft, mit Technologie das scheinbar Unmögliche möglich zu machen. Selbst wenn wir uns voll und ganz in unsere Arbeit vertiefen, behalten wir stets unsere Kunden und deren Bedarfe im Blick. Wir sind eine traditionsreiche Industrie, aber deshalb nicht old school. Durch unsere Büros und Werkshallen weht ein frischer Wind: Wir werden noch digitaler, diverser und agiler. Wer bei uns arbeitet, spürt Vertrauen und erlebt Teamgeist und Kollegialität. Es sind die Menschen, die bei der MTU im Mittelpunkt stehen. 

AUTORIN:



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



AR-Inhalt dieser Seite:
Bitte den QR-Code auf
dieser Seite scannen und
dann mit der Kamera
die Seite fokussieren.
Film ab ...

Die Triebwerksmacher der MTU

*Für sie läuft es rund im Job:
Zehn MTU-Fachkräfte berichten über ihre Arbeit,
was ihnen daran besondere Freude macht und
welchen Beitrag sie zum Triebwerk leisten.*

Autorin: Nicole Geffert

24:00

24 STUNDEN BEI
DER MTU - EIN BLICK
HINTER DIE KULISSEN
DER TRIEBWERKS-
MACHER: INNEN



Erleben Sie Augmented Reality auf diesen beiden Seiten und den nächsten 10 Seiten dieses Artikels. Und so einfach geht es:

1. Scannen Sie den QR-Code der jeweiligen Seite mit der Kamera Ihres Smartphones.
2. Erlauben Sie den Zugriff auf Ihre Kamera.
3. Halten Sie das Smartphone über die Seite und erfahren Sie mehr.

Entdecken Sie mehr – per Augmented Reality.

Einfach Smartphone über die Seite halten und Kamera an!

Auf diesen und den nächsten 10 Seiten stecken weitere Infos, Animationen und Videos zu den Protagonisten und ihren Tätigkeiten. Scannen Sie dafür den QR-Code der jeweiligen Seite und erlauben Sie dann den Zugriff auf Ihre Kamera. Halten Sie die aktivierte Kamera über die Seite und es wird Ihnen der zusätzliche Inhalt angezeigt.





AR-Inhalt dieser Seite:
Bitte den nebenstehenden
QR-Code scannen und mit
der Kamera diese Seite
fokussieren.
Film ab....

Was gibt es Spannenderes, als für einen Technologieführer zu arbeiten? Für den Experten, wenn es um innovative Antriebe und revolutionäre Triebwerkskonzepte für zivile und militärische Flugzeuge geht? Für einen der weltweit größten Akteure in der Luftfahrt, den die Vision vom emissionsfreien Fliegen antreibt? Die mehr als 11.000 Mitarbeiter:innen der MTU Aero Engines würden klar sagen: „Es gibt nichts Spannenderes, als für die MTU zu arbeiten.“

Auf ihre Erfahrung, Expertise und Innovationskraft kann die MTU bauen – Tag für Tag. Denn neben hochkomplexer Technologie und innovativer Produktion stehen hier die Menschen im Mittelpunkt. In nur wenigen Unternehmen wird auf so hohem Niveau gearbeitet wie bei der MTU. So begeistert, so konzentriert, so erfolgreich. Alles Eigenschaften, die die MTU-Mitarbeiter:innen auszeichnen. Eigenschaften, die ihre Einstellung zeigen: eine extrem hohe Identifikation mit dem Unternehmen und mit ihrem Job.

Um ein so hochkomplexes Produkt wie ein Triebwerk zu bauen, ist Teamarbeit und das Können vieler Spitzenkräfte gefordert. Die Triebwerksmacher:innen der MTU tragen alle ihren ganz eigenen, wichtigen Teil zur Triebwerksproduktion bei. Der vielzitierte Traum vom Fliegen ist hier überall spürbar – in den Büros der Entwicklungsabteilungen, an den hochmodernen Arbeitsplätzen in der Fertigung, in der Vorstandsetage. Egal, in welchem Bereich sie arbeiten: Sie alle nutzen die Chance, als Mitglied der weltweiten MTU-Familie immer stets vorn dabei zu sein.

Der **AEROREPORT** hat zehn Triebwerksmacher:innen der MTU am Standort München einen Tag begleitet – von der Logistik über die Entwicklung und Fertigung bis zur Qualitätssicherung. Hier berichten sie über ihre Arbeit, was ihnen besondere Freude daran bereitet und welchen individuellen Beitrag sie zum Triebwerk leisten.

Wir sind über 11.000.
Wen wir noch
brauchen?

Sie!

Helfen Sie uns als **IT-Expert:in** dabei, das Unternehmen bei der Digitalisierung auf neue Ebenen zu heben.

Steuern und Überwachen Sie als **Controller:in** unsere Finanzen und unterstützen Sie bei strategischen Unternehmensentscheidungen.

Stellen Sie als **Qualitätsprüfer:in** sicher, dass unsere Produkte und Prozesse höchsten Standards entsprechen.

Unterstützen Sie uns als **Fluggerätmechaniker:in** bei der Montage oder Instandhaltung unseres breiten Triebwerksportfolios.

Und das ist längst nicht alles:

Ob in der Konstruktion, im Einkauf, im Personalwesen, in der Galvanik, auf den Prüfständen; ob **Azubis, dual Studierende, Absolvent:innen, Berufserfahrene oder Führungskräfte** – bei der MTU ist für jeden etwas dabei.

Unser starkes Team sorgt weltweit dafür, dass sich unsere Partner und Kunden immer auf die Qualität der MTU verlassen können. Wir sind als Luftfahrtunternehmen Teil einer riesigen Transformation. Emissionsfreies Fliegen ist unsere Vision.

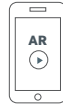
Und um diese Vision Wirklichkeit werden zu lassen, müssen neue, revolutionäre Triebwerkskonzepte entwickelt werden. Dafür brauchen wir wissensdurstige und mutige **Ingenieur:innen**, die Teil dieser Transformation sein wollen.

Und schon gewusst? Wir sind nicht nur Triebwerkshersteller sondern bilden in unserer Betriebsgastronomie am Standort in München auch **Köche** aus. Es lohnt sich also, einmal in unserer Jobbörse vorbeizuschauen.

Werden Sie Teil der großen MTU-Familie und bewerben Sie sich jetzt hier:

www.mtu.de/de/karriere/jobboerse





AR-Inhalt dieser Seite:
Bitte den nebenstehenden
QR-Code scannen und mit
der Kamera diese Seite
fokussieren.
Film ab...

02:00

Beim Entgraten wird das Bauteil mittels eines Druckluftschleifers gefräst und versäubert.

„Da wir sehr viele verschiedene Bauteile bearbeiten, habe ich einen sehr abwechslungsreichen Tagesablauf, was meine Arbeit besonders spannend macht.“

Manfred Glas, Zerspanungsmechaniker in der Fertigung

Es ist zwei Uhr nachts und Manfred Glas ist hellwach. Der Zerspanungsmechaniker hält einen Leitkranz eines Niederdruckverdichters für das Eurofighter-Triebwerk EJ200 in seinen Händen. Das Bauteil soll entgratet werden. Mit einer Feile



der Arbeitssicherheit werden bei der MTU keine Kompromisse gemacht, was ich wichtig und richtig finde. Auch eine Absauganlage läuft dauerhaft beim Bearbeiten der Teile.“

Glas arbeitet hochkonzentriert, mit ruhiger Hand und geschultem Blick. „Jedes Jahr absolviere ich den vorgeschriebenen Sehtest.“ Manche Bauteile erfordern fünf bis sechs Stunden Bearbeitungszeit. Der Leitkranz ist nach zwei Stunden fertig entgratet. Glas schickt ihn in die nächste Abteilung. „Jeder Tag ist mit neuen Herausforderungen gespickt. Ich bearbeite ein großes Spektrum an zivilen und militärischen Bauteilen. Das wird nie langweilig.“

Glas entgratet die Teile, nachdem sie vom Drehen oder Fräsen kommen, danach werden diese gereinigt, geprüft und schließlich montiert. Auch beim Montieren wird er von Zeit zu Zeit eingesetzt. Besonders gern arbeitet er nachts, wenn es in der MTU

ruhig ist. „Ich vertiefe mich gern in meine Arbeit, ich kann dann alles um mich herum völlig ausblenden.“ Trotzdem ist er auch immer im Austausch mit den Kolleg:innen. „Wir bearbeiten die Bauteile sehr präzise und beachten exakt die geltenden Vorgaben. Das ist wichtig, denn schließlich bewegen unsere Triebwerke später tausende Passagiere durch die Luft.“

wird Material an der Kante des Werkstücks abgetragen. Glas legt sich das Bearbeitungsblatt für das Bauteil bereit. „Anhand der Zeichnung sehe ich, was ich zu entgraten habe.“ Er ist erfahren in diesem Job. „Das Blatt ist Vorschrift, auch wenn ich weiß, was ich zu tun habe. Sicherheit und Kontrolle haben höchste Priorität.“

Er montiert die Vorrichtung, die das Bauteil hält, auf den Entgratstand – eine Art kleine Hebebühne, die sich bis zu 180 Grad neigen lässt, damit Glas das Bauteil optimal bearbeiten kann. Der Leitkranz wird aufgespannt, Glas sucht den passenden Fräser raus und legt los – mit Schutzbrille und Gehörschutz. „Auch bei



Manfred Glas
Zerspanungsmechaniker



AR-Inhalt dieser Seite:
Bitte den nebenstehenden
QR-Code scannen und mit
der Kamera diese Seite
fokussieren.
Film ab....

07:00

In der Schaufelfertigung der MTU werden unter anderem Hochdruckturbinenschaufeln für militärische und zivile Triebwerke hergestellt.

„Ich kümmere mich um die Prozesse und die Personalplanung und Sorge dafür, dass meine Mitarbeiter:innen ein optimales Arbeitsumfeld vorfinden.“

Florian Wutz, Teamleiter in der Schaufelfertigung



Florian Wutz
Teamleiter in der
Schaufelfertigung

Es gibt Termine, an denen wird nicht gerüttelt. Es ist sieben Uhr und Florian Wutz, Teamleiter in der Schaufelfertigung, trifft sich wie jeden Morgen um diese Zeit mit seinem Team auf dem Shopfloor, wie der Produktionsbereich genannt wird. „In dem Meeting besprechen wir, wie wir unsere Fertigungsprozesse bestmöglich planen, umsetzen und optimieren“, sagt Wutz und begrüßt die Kolleg:innen aus der Fertigung, Arbeitsvorbereitung und Logistik. Die acht Teammitglieder stehen vor der Shopfloor-Tafel, auf der sie sämtliche relevanten Daten und Kennzahlen aus ihrem Bereich für alle gut sichtbar notiert haben.

Maximal zehn Minuten dauert der tägliche Informationsaustausch. Jeder fasst sich kurz, denn es gibt viel zu tun. Wutz kümmert sich um Prozesse und Personalplanung in der Schaufelfertigung – und er begeistert sich für das Produkt. „Dieses hochkomplexe Bauteil aus hochfesten Legierungen ist das Spannende in unserem Job“, sagt der gelernte Industriemechaniker und Maschinenbau-Ingenieur. „Ohne Schaufel fliegt kein Triebwerk, und wir betreuen dieses wichtige Bauteil vom Rohling bis zum Fertigteil.“

Heute spricht das Team über ein Detail beim Entgraten von Hochdruckturbinenschaufeln. „Diese Schaufeln werden im Heißgasbereich eines Triebwerks eingesetzt und sind Temperaturen von mehr als 1.000 Grad Celsius ausgesetzt“, erklärt Wutz. Die Qualität muss top sein. Die Schaufeln begutachtet er direkt im Anschluss an das Team-Meeting, und zwar dort, wo sie gefertigt werden.

„Ich mache mir in einem solchen Fall mein eigenes Bild, um dann zur Lösungsfindung beizutragen“, sagt der Teamleiter. Der direkte Austausch mit den Expert:innen aus der Fertigung sei durch nichts zu ersetzen. „Wir arbeiten in der Schaufelfertigung als großes Team zusammen.“ Wutz weiß, wovon er spricht. Er stellt

sicher, dass alle Kolleg:innen aus seinem Team optimal eingesetzt werden und ihre Qualifikationen bestmöglich einbringen können. Engpässe sollen so gar nicht erst entstehen. Schließlich ist die Stückzahl, die es zu schaffen gilt, hoch: Rund 70.000 Schaufeln fertigt die MTU pro Jahr.



Automatisierte Fertigung —
Hochdruckturbinenschaufeln
werden bei der MTU zum Teil
auch vollautomatisiert gefertigt.



AR-Inhalt dieser Seite:
Bitte den nebenstehenden
QR-Code scannen und mit
der Kamera diese Seite
fokussieren.
Film ab...

09:00

Verfahrensspezialist:innen sind für einen oder mehrere thematisch verknüpfte Spezialprozesse technisch zuständig.



Unter der Lupe — Auch die Sichtprüfung an Bauteilen gehört zum Job von Verfahrensspezialist:innen.

Im Prüfraum dreht sich heute Morgen alles um Verdichtertrotoren. Es ist 9 Uhr und Expert:innen aus der Produktion, Arbeitsvorbereitung, Qualitätslenkung sowie Strukturmechanik begutachten ein Bauteil. Mit dabei ist Lea Mainberger, Verfahrensspezialistin für Verfestigungsverfahren. Gemeinsam wird geklärt, wie im Fertigungsprozess eine spezielle Abdeckung für Blinks – das sind Hochtechnologie-Bauteile, bei denen Scheibe und Schaufeln integral gefertigt sind – optimiert werden kann.

„Ich arbeite an einer Schnittstelle zu mehreren Fachabteilungen“, sagt Lea Mainberger. „Wir stimmen uns fachübergreifend ab und entwickeln gemeinsam Lösungen, damit unsere Fertigungsprozesse optimal laufen.“ Die Wirtschaftsingenieurin mit Schwerpunkt Werkstofftechnologien arbeitet seit 2019 bei der MTU in der Abteilung für chemische und nicht-konventionelle Technologien.

Hier hat sie sich zu einer Verfahrensspezialistin für Verfestigungs- sowie Abrasivstrahlen entwickelt. Beim Verfestigungsstrahlen wird die Lebensdauer eines Bauteils mittels Einbringung

„Als Verfahrensspezialistin arbeite ich an den unterschiedlichsten Bauteilgruppen mit. Besonders spannend für mich ist die ständige Abwechslung aus Büroarbeit und Fertigungsunterstützung.“

Lea Mainberger, Verfahrensspezialistin für Verfestigungsverfahren

von Druckeigenspannungen verlängert. „Dafür werden sehr kleine Stahlkugeln entweder gezielt über eine Düse auf das Bauteil gestrahlt oder mit Hilfe von Ultraschall so angeregt, dass die Kugeln eine ähnliche Wirkung erzielen“, erklärt sie. „Alle rotierenden und hochbeanspruchten Bauteile wie Scheiben, Schaufeln und Blinks werden auf diese Weise behandelt.“ Beim Abrasivstrahlen werden Oberflächen etwa von Gehäuseteilen gereinigt oder aufgeraut.

Lea Mainbergers Know-how ist gefragt, wenn es beispielsweise um Prozessänderungen und Erprobungen, um die Bewertung neuer Methoden zum Verfestigen und um die Zulassung der Verfahren bei Zulieferern geht. „Jeder Tag ist anders und spielt sich bei mir zwischen Fertigung und Schreibtisch ab“, sagt sie. Dabei ist sie auch von dem Teamspirit begeistert und dass sie sich zu hundert Prozent auf ihre Kolleg:innen verlassen kann.

„Bevor ich meine jetzige Aufgabe bei der MTU übernahm, wurde ich von einem langjährigen Experten eingearbeitet, der kurz darauf in den Ruhestand gegangen ist“, sagt sie. Zudem hat ihr die MTU die Möglichkeit gegeben, externe Kurse zu belegen, um Zusatzqualifikationen zu erwerben. Auch das mache ihren Job so spannend: „Ich kann mir hier immer neues Wissen aneignen, weil es fachlich so in die Tiefe geht.“



Lea Mainberger
Verfahrensspezialistin
für Verfestigungsverfahren



AR-Inhalt dieser Seite:
Bitte den nebenstehenden
QR-Code scannen und mit
der Kamera diese Seite
fokussieren.
Film ab....

10:00

Die Galvanik ist für das Beschichten und Abziehen galvanischer sowie thermischer Beschichtungen zuständig.



Michael Blümel
Prozessverbesserer
in der Galvanik

„Zu uns kommen kleine, wenige Zentimeter große Bauteile aber auch welche mit über einem Meter Durchmesser. Sie können ganz neu sein oder bereits mehrere tausend Flugstunden hinter sich haben.“

Michael Blümel, Prozessverbesserer in der Galvanik

„Uns kann man gar nicht übersehen, so viel Platz, wie wir hier einnehmen“, sagt Michael Blümel und zeigt auf zwanzig große Bäder, die sich in der Galvanik aufreihen. Es ist zehn Uhr und Blümel ist in seinem Element. Getestet wird eine neu konstruierte Vorrichtung für die erste Stufe des Mitteldruckverdichters für das TP400-D6, das den Militärtransporter Airbus A400M antreibt.

„Wir beschichten bei diesem Bauteil nur eine winzige Nut mit einer Nickelschicht zum Schutz vor Verschleiß. Entsprechend müssen wir den Großteil mit der Vorrichtung abdecken“, sagt Blümel, der sich nach seiner Ausbildung zum Oberflächenbeschichter erst zum Teamkoordinator, dann zum Prozessverbesserer in der Galvanik weiterentwickelt hat.



Die MTU beherrscht eine Vielzahl galvanischer Verfahren für Neu- und Reparaturteile. „Jede rotierende Scheibe muss durch die elektrochemischen Prozesse im galvanischen Bad, um den Grundwerkstoff auf Fehler zu prüfen“, erläutert Blümel. Mit Hilfe der Elektrolyse werden metallische Schichten auf die Bauteile aufgetragen. Mit dieser Veredelung werden sie vor äußeren Einflüssen wie Hitze und Verschleiß geschützt.

Breites Spektrum an Prozessen — Die Galvanik der MTU erstreckt sich über zwei Hallen und 150 Bäder mit Säuren, Laugen und Cyanide.

Die Vorrichtung deckt die Bereiche ab, die nicht beschichtet werden sollen. Routiniert überprüft Blümel, ob das Bauteil perfekt in die neue Vorrichtung passt. Stimmt die Dichtigkeit, wenn es in das galvanische Bad taucht? Wie steht es um die chemische Beständigkeit der Vorrichtung? 85 Zentimeter misst sie im Durchmesser. Für die großen Bauteile gibt es eigene Hebevorrichtungen, damit ein sicherer Umgang mit Bauteil und Vorrichtung gewährleistet wird.

„Wir können verschlissene Bereiche immer wieder neu beschichten und schenken so den Bauteilen, ein zweites, drittes oder viertes Leben. Das spart dem Kunden Kosten und schont zudem Ressourcen.“ An der Qualität wird aber nicht gespart. „Wir prüfen akribisch. Das Material muss einwandfrei sein. So sorgen wir dafür, dass jedes Bauteil perfekt beschichtet ist und den hohen Anforderungen der Flugsicherheit entspricht.“



AR-Inhalt dieser Seite:
Bitte den nebenstehenden
QR-Code scannen und mit
der Kamera diese Seite
fokussieren.
Film ab...

12:00

Am Standort in München werden mehr als 5.000 Mitarbeiter:innen täglich mit einer Vielzahl an Gerichten im Betriebsrestaurant versorgt.

Es ist zwölf Uhr und der Koriander neigt sich dem Ende zu. Claude Fini platziert die frisch gehackten Kräuter neben dem Wok. Der Küchenleiter des MTU-Betriebsrestaurants verliert nie den Überblick, selbst wenn tausende hungrige MTU-Mitarbeiter:innen in das neue, sogenannte MTU-Werksviertel strömen. Fini empfängt sie mit einem strahlenden Lachen. „Ich bin für unsere Gäste immer ansprechbar.“ In der Küche gibt derweil sein Team Gas – gekocht, gegart und gedünstet wird allerdings auf Elektro- und Induktionskochfeldern. Die Küchenausstattung im neu gebauten MTU-Werksviertel ist hochmodern. Die Speisen werden an vier Countern ausgegeben: „Heimat & Tradition“, „Salat & Grill“, „Pizza & Pasta“ und „Wok im Werk“. „Wir planen mit 1.500 bis 1.700 Essen pro Tag“, sagt Fini und organisiert den Nachschub am Heimatcounter. Heute hat sein Team 900 Schnitzel gewürzt, paniert und gebraten.



Claude Fini
Küchenleiter des
Betriebsrestaurants

„Wir machen fast alles frisch, Convenience-Essen kommt bei der MTU nicht auf den Tisch“, sagt der Küchenleiter. „Wir sorgen dafür, dass die Mitarbeiter:innen motiviert und fit ihre Arbeit verrichten können.“ Gemeinsames Essen, davon ist Fini überzeugt, fördert die Kommunikation und stärkt das „Wir-Gefühl“. Dieser Zusammenhalt ist ihm auch in seinem Team wichtig. „In Restaurantküchen geht es stressig zu“, sagt er. Umso wertvoller ist eine gute Organisation und Planung. „Und Spaß an der Arbeit, den möchte ich auch vermitteln.“



„Wir sind hier in Bayern. Schnitzel und Schweinsbraten kommen gut an, aber auch vegetarische und gesunde Gerichte genießen einen hohen Stellenwert auf unserer Speisekarte“, sagt Fini. Im MTU-Betriebsrestaurant wird Fleisch vom „Stroschwein“ verarbeitet. Die Tiere werden artgerecht auf Stroh gehalten. Auch das Hühnerfleisch ist zu großen Teilen aus einem Freilandhof vor den Toren Münchens. Regionale Lebensmittel haben Vorrang. Erst kürzlich war Fini auf einem Bauernhof, der das Betriebsrestaurant mit Kartoffeln und Gemüse beliefert, um sich vor Ort von der Qualität zu überzeugen und die langfristige Lieferantenbeziehung zu pflegen.

Um 13:45 Uhr schließt das Betriebsrestaurant. Pause. Für den Küchenleiter geht es später noch an den Schreibtisch. Die Bestellungen für die nächsten zwei Tage müssen raus. Kaiserschmarrn und Apfelstrudel sollen mit auf den Speiseplan. Süßes geht immer!



AR-Inhalt dieser Seite:
Bitte den nebenstehenden
QR-Code scannen und mit
der Kamera diese Seite
fokussieren.
Film ab....

13:00

SAP Inhouse Consultants sind für die Konfiguration und Betreuung des SAP-Systems innerhalb der komplexen IT-Systemlandschaft der MTU verantwortlich.

„Der IT-Bereich ist hochdynamisch, sodass es in unserem Job wirklich nie langweilig wird. Im Gegenteil: Jeder Tag bringt neue, spannende Herausforderungen mit sich.“

Lisa Schneider, SAP Inhouse-Consultant in der Fertigung

Es ist 13 Uhr und Lisa Schneider ist in ein IT-Konzept für die Arbeitsplanung vertieft. „Während meines ersten Jobs habe ich schnell gemerkt, dass ich eine Affinität zur IT und zur SAP-Software habe“, berichtet die SAP Inhouse-Consultant, die bei der MTU hauptsächlich das SAP-Modul Arbeitsplanung betreut. „Das SAP-System erstreckt sich über die gesamte MTU. In meinem Bereich passen wir es auf die speziellen Anforderungen der Fertigung an.“



Anfang 2022 kam Lisa Schneider zur MTU. „Ursprünglich komme ich aus dem Prozessmanagement im Einkauf, ich bin also Quer-Einsteigerin in der IT“, sagt sie. Als IT-Expertin gehört sie auch zu einem Kompetenzteam, das sich regelmäßig trifft. Hier steht sie im direkten Austausch mit den Kolleg:innen aus den Fachbereichen der Fertigung. „SAP Inhouse-Consulting ist keine Aufgabe, in der man ausschließlich allein vor dem Rechner sitzt“, sagt sie. „Im Gegenteil: Kommunikation und Teamfähigkeit sind gefragt, weil wir eng mit den Fachbereichen zusammenarbeiten.“

Dass sie selbständig und eigenverantwortlich Lösungen umsetzen kann, beflügelt sie zusätzlich. „Mich begeistert vor allem, Aufträge vom Konzept bis zum fertigen Produkt betreuen zu können.“ Zum Teil sind die Projekte so komplex, dass die Um-

setzung Monate in Anspruch nimmt. Manche Anpassungen an bestehenden Funktionen kann sie dagegen nach zwei Wochen erfolgreich abschließen. „Nicht immer lässt sich jedes Fachkonzept aus der Fertigung eins zu eins in ein IT-Konzept umsetzen. Dann ist Kreativität gefragt, um entsprechende Alternativen zu erarbeiten.“

Der IT-Bereich ist schnelllebig – gerade auch mit Blick auf die zunehmende intelligente digitale Vernetzung von Maschinen und



IT-Planung für die Fertigung

Lisa Schneider passt das SAP-System auf die speziellen Anforderungen der Fertigung an.

Prozessen innerhalb des Unternehmens, auch Industrie 4.0 genannt. „Ich eigne mir ständig neues Wissen an, auch das macht meinen Job so spannend“, sagt Lisa Schneider. „Und ich trage dazu bei, dass die MTU qualitativ erstklassige Triebwerke herstellt, indem ich dafür Sorge, dass die jetzigen und künftigen Anforderungen der Fertigung im System bestmöglich umgesetzt sind.“



Lisa Schneider
SAP Inhouse-Consultant
in der Fertigung



AR-Inhalt dieser Seite:
Bitte den nebenstehenden
QR-Code scannen und mit
der Kamera diese Seite
fokussieren.
Film ab...

14:00

Qualitätslenker:innen gewährleisten in allen möglichen Bereichen die Einhaltung des zu Grunde liegenden Regelwerks im Sinne der Qualität und Sicherheit.

Qualität immer im Blick — Die Flugsicherheit ist bei der MTU das oberste Gebot, deshalb gibt es Qualitätslenker in allen möglichen Bereichen.



Die winzige Abweichung in der Schaufel einer Turbine ist mit bloßem Auge kaum zu erkennen. Dennoch wurde sie in der Sichtprüfung entdeckt. Es ist 14 Uhr und Marc Rehermann, Qualitätslenker in der Montage, wird umgehend informiert. Er eilt herbei: „Mein Büro liegt nur einen Flur von der Montagelinie entfernt. Das sind kurze Wege für schnelle Entscheidungen.“

Die Expert:innen für das Bauteil arbeiten vor Ort. „Das ist ein klarer Vorteil. Wir können uns mit den Spezialist:innen aus der Konstruktion und Fertigung direkt in Verbindung setzen, um die weiteren Maßnahmen abzustimmen. Produktabweichungen bewerten wir stets im Team“, sagt Rehermann.

„Unsere konkrete Aufgabe ist es, sicher zu stellen, dass die Triebwerke den hohen Anforderungen der Flugsicherheit aber auch den Erwartungen unserer Kunden gerecht werden.“

Marc Rehermann, Qualitätslenker in der Montage



Das Abweichungsmanagement zählt ebenso wie die Prozessverbesserung zu den wichtigsten Aufgaben des Qualitätslenkers. „Wir bewerten jede noch so kleine Auffälligkeit“, sagt er. „Ich bin an der Entscheidung beteiligt, ob ein Bauteil eingebaut, nachgearbeitet oder aussortiert wird. Das ist eine hohe Verantwortung.“

Der 26-Jährige hat Luft- und Raumfahrttechnik an der FH Aachen studiert. Seit 2022 arbeitet er bei der MTU. „Während meines Studiums habe ich bei der MTU Maintenance Hannover ein Praktikum absolviert“, berichtet er. „Das hat mich so fasziniert, dass mir klar wurde, dass ich als Ingenieur auf jeden Fall direkt am Triebwerk arbeiten möchte.“

Hier ist sein theoretisches Know-how ebenso gefragt wie die Erfahrungen und Expertise der Fachkräfte aus der Fertigung und Montage. „Wir schauen aus vielen unterschiedlichen Blickwinkeln auf das Bauteil, um ein Höchstmaß an Qualität sicherzustellen“, so Rehermann. „Wir sorgen dafür, dass überall da, wo MTU drauf steht, auch MTU-Qualität drin ist.“



Marc Rehermann
Qualitätslenker
in der Montage



AR-Inhalt dieser Seite:
Bitte den nebenstehenden
QR-Code scannen und mit
der Kamera diese Seite
fokussieren.
Film ab....

15:00

Die Ausgangslogistik ist verantwortlich für die Versand- und Transportabwicklung sowie die Versandkontrolle und Qualitätssicherung.

Es ist 15 Uhr und in der Ausgangslogistik wissen alle, was zu tun ist. Jeder Handgriff sitzt. Der Lkw, der von hier jeden Tag mit MTU-Bauteilen zum Flughafen München startet, steht bereit. 15:45 Uhr ist Deadline, dann muss auch das letzte Paket verladen sein. „Nachmittags verdichtet sich die Arbeit“, sagt Benedikt Buchner, Leiter Ausgangslogistik und Qualitätskontrolle, als er in die Halle kommt. Alles läuft nach Plan. Buchner kann sich auf sein Team verlassen. „Selbständiges Arbeiten ist mir, aber auch meinem Team wichtig.“

Die Zollabwicklung ist komplex. Buchner hat die erforderlichen Dokumente, Zertifikate und Papiere geprüft. Alles muss stimmen. Zum Beispiel für die Blisks, die heute auf die Reise geschickt werden. „Die Verpackung für die Blisks haben wir extra entwickeln lassen“, berichtet er. „Mit der neuen Verpackung sparen wir Arbeitszeit und Kosten, zudem ist sie nachhaltig und kommt ohne Folie aus.“



Buchner spricht von Verpackungs-Know-how und übertreibt nicht. „Wir versenden Millionenwerte, die mit größter Sorgfalt zu verpacken sind. Flugsicherheit ist unser oberstes Gebot, wir haben eine Null-Fehler-Toleranz. Unsere Partner möchten ihre Ware unbeschädigt entgegennehmen – und pünktlich!“ Das gelingt ihm und seinem Team jeden Tag aufs Neue, Kundenreklamationen sind gleich null. „Wir sind mit Blick auf die Qualität das letzte Bindeglied in der Triebwerksfertigung. Wir stellen sicher, dass jedes Bauteil perfekt verpackt und zuverlässig seinen Empfänger erreicht.“



Benedikt Buchner
Leiter Ausgangslogistik
und Global Transport

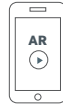
Auch deshalb ist Buchner stets im direkten Austausch mit Lieferanten, Speditionen und Kunden – weltweit. Er weiß, welche Anforderungen jeder Einzelne an die Transporte stellt. Wenn am nächsten Morgen eine Mail von einem Kunden aus den USA in seinem Postfach landet, dass die Bauteile in der vorgegebenen Zeit geliefert worden sind, weiß Buchner, dass die Abläufe in seinem Bereich stimmen.



2001 ist er bei der MTU durchgestartet. Die Begeisterung für seinen Job beflügelt ihn seit nunmehr über 20 Jahren. „Logistik bewegt“ heißt es. Buchner geht noch einen Schritt weiter: „Wir haben hier im Team eine richtige Leidenschaft für Logistik. Wir führen den hohen Qualitätsanspruch in der Triebwerksfertigung bis zur Auslieferung fort“, sagt er und wirft einen Blick in die Halle. Daumen hoch. Der Lkw verlässt den Verladebereich und fährt Richtung Flughafen.

„Enge Verbindungen ohne Reibungsverluste sind das Ziel, um effizient arbeiten können.“

Benedikt Buchner, Leiter Ausgangslogistik und Global Transport



AR-Inhalt dieser Seite:
Bitte den nebenstehenden
QR-Code scannen und mit
der Kamera diese Seite
fokussieren.
Film ab...

16:00

In der Entwicklung für Strukturmechanik wird die strukturelle Integrität der Bauteile sichergestellt.

„Unsere Aufgabe ist es, Bauteile auszulegen und dabei auf die Erreichung aller Metriken zu achten – also etwa auch Wirkungsgrad, Kosten und Prozessstabilität.“

Dr. Saskia Lessig, Entwicklungsingenieurin für Strukturmechanik



Dr. Saskia Lessig schaut kurz auf. Es ist 16 Uhr und damit noch Zeit, ihre Notizen durchzugehen, die sie aus dem vorangegangenen Meeting mitgenommen hat. Einmal pro Woche trifft sich das Bauteilteam, das für die Schaufel der Mitteldruckturbine des TP400-D6 Triebwerks zuständig ist. „Wir arbeiten interdisziplinär, das heißt fachübergreifend“, sagt die Entwicklungsingenieurin für Strukturmechanik. In dem Meeting besprechen sich Expert:innen beispielsweise aus dem Engineering, der Fertigung, Qualitätssicherung und aus dem Programmmanagement entsprechend der integrierten Produktentwicklung. „Wenn es um die strukturelle Integrität der Schaufel geht, schauen alle gespannt auf mich“, erzählt sie und lacht. „Die Hausaufgaben aus dem Meeting schaue ich mir dann in Ruhe an meinem Schreibtisch an.“

Die Fragen, die an sie und ihre Fachkolleg:innen aus der Strukturmechanik herangetragen werden, sind komplex und technisch hochanspruchsvoll. „Solche Fragen durchdringen wir immer im Team“, berichtet sie. „Gemeinsam stellen wir sicher, dass unsere Ersatzmodelle fehlerfrei sind und höchste Qualitätsstandards erfüllen. Flugsicherheit ist unser oberstes Ziel.“ Deshalb erfolgen



Dr. Saskia Lessig
Entwicklungsingenieurin
für Strukturmechanik

auch sämtliche Freigaben für die Berechnungen stets im Team und mindestens mit dem Vier-Augen-Prinzip. „Wir sind Spezialist:innen, aber keine Einzelkämpfer:innen, dafür ist das Fachgebiet zu groß. Jede und jeder von uns besetzt eine Nische, aber zusammen finden wir die Lösung.“

Saskia Lessigs Know-how ist besonders gefragt, wenn es um Numerik oder um stochastische Fragestellungen geht. Die Mathematikerin hat auf dem Gebiet der Kontaktmechanik promoviert. „Damit habe ich die Brücke von der theoretischen Mathematik zum Maschinenbau geschlagen.“ Sie nennt es eine „glückliche Fügung“, dass sie von ihrer damaligen Professorin auf die MTU aufmerksam gemacht worden ist. Durch ihre Promotion ist sie zur MTU gekommen – und geblieben. Hier kann sie auch ihr Wissen aus ihrem Nebenfach Informatik einbringen, beispielsweise wenn es um die Prozess- und Methodenintegration geht.

Die Herausforderungen, die ihr Job immer wieder mit sich bringt, begeistern sie. „Die Anforderungen an unsere Triebwerksprogramme werden immer anspruchsvoller – gerade auch mit Blick auf die innovativen Antriebstechnologien, die wir entwickeln, damit Flugzeuge künftig emissionsfrei abheben können.“

Technisch hochanspruchsvoll — Die Entwicklungsingenieur:innen legen die Qualitätsanforderungen an die Bauteile fest.





AR-Inhalt dieser Seite:
Bitte den nebenstehenden
QR-Code scannen und mit
der Kamera diese Seite
fokussieren.
Film ab....

22:00

In der Thermischen Spritzerei werden komplexe Triebwerksbauteile mit Hitzeschutz und Verschleißschutzschichten beschichtet.



Letzte Station Thermische Spritzerei —
Ist das Bauteil beschichtet, folgt nur noch die Endkontrolle – dann geht es zum Kunden.

Höchste Präzision — *Damit auch nur die beabsichtigten Stellen am Bauteil beschichtet werden, muss der Rest maskiert werden.*

Es ist 22 Uhr. Vor einer halben Stunde hat Maximilian Bayer seine Nachtschicht in der Thermischen Spritzerei begonnen. Von Müdigkeit keine Spur. Er nimmt eine Scheibe für das GTF-Triebwerk PW1100G-JM unter die Lupe. Wo fliegende – und extrem sicherheitskritische – Teile bearbeitet werden, ist der prüfende Blick erste Pflicht. Die Sichtprüfung zeigt keine Auffälligkeiten und Abweichungen. Das neue Bauteil ist perfekt. Bayer deckt es mit hitzebeständigen Silikonringen ab. „So werden nur die Bereiche beschichtet, die auch beschichtet werden sollen.“

2010 hat er mit einer Ausbildung zum Industriemechaniker seine Karriere bei der MTU gestartet. Jetzt ist er Experte in der thermischen Beschichtung von Triebwerksbauteilen. Bayer befördert die Scheibe in eine Strahlanlage. „Dort wird die Oberfläche aufgeraut, damit die Haftschrift besser haftet.“ Dann schiebt er das Bauteil in die Beschichtungsanlage. Dort wird unter Einsatz eines Roboters und eines Plasmabrenners die Hitze- und Verschleißschutzschicht auf die Scheibe aufgetragen. Die dabei entstehenden Kanten entgratet er mit Bürste und Feile. „Auch wenn wir hier in der Fertigung mit hochmodernen Maschinen arbeiten, ist handwerkliches Können in meinem Job erforderlich.“

„Ich bearbeite ungefähr 25 verschiedene Bauteile. Jeder Arbeitstag ist anders, das gefällt mir.“ Selbständiges Arbeiten ist gefragt,

aber ohne Teamarbeit geht es nicht. „Ohnehin gilt bei uns das Vier-Augen-Prinzip, beispielsweise wenn es um das Vermessen des beschichteten Bauteils geht. Die Maße müssen stimmen, wir liefern nur erstklassige Qualität.“

Für Bayer passt an seinem Arbeitsplatz alles: Das Team, zu dem auch viele junge Leute gehören, aber auch die Entwicklungschancen bei der MTU. Und noch etwas begeistert den 27-Jährigen: das Produkt. „Kürzlich bin ich mit einer A320neo mit dem PW1100G-JM geflogen. Als ich kurze Zeit später an meinem Arbeitsplatz ein Bauteil dieses Triebwerkstyps in den Händen hielt, dachte ich: Cool, mit so einem Triebwerk bin ich gerade geflogen. Nicht auszuschließen, dass ich dafür sogar ein Bauteil beschichtet habe.“



Maximilian Bayer
Verfahrensfachkraft
Thermische Spritzerei



„Als Triebwerksmacher:in bringen Sie am besten Neugier und die Bereitschaft zum Gestalten und Verändern mit, da die Luftfahrtindustrie vor einer riesigen Transformation steht. Bei uns können Sie jeden Tag einen wesentlichen Beitrag zu einer nachhaltigen Luftfahrt leisten.“

Dr. Silke Maurer, Vorständin OEM Operations der MTU Aero Engines

„Unser breites technologisches Spektrum ermöglicht beste Karrierechancen“

Dr. Silke Maurer, Vorständin OEM Operations bei der MTU Aero Engines, über Präzision in der Produktion und was die Transformation in dieser traditionsreichen Industrie für die Triebwerksmacher:innen bedeutet.

Autorin: Nicole Geffert

AEROREPORT: *Frau Dr. Maurer, seit Anfang Februar sind Sie Vorständin OEM Operations bei der MTU. Zuvor hatten Sie beruflich noch keine Berührungspunkte mit der Luftfahrtindustrie. Jetzt dreht sich bei Ihnen alles um Triebwerke.*

Silke Maurer: Ja, diese Begeisterung für das Produkt Triebwerk hat mich schnell gepackt. Sie können sich dem auch gar nicht entziehen, wenn Sie zur MTU kommen. Ich treffe in den Hallen und Büros auch auf Mitarbeiter:innen, die bereits 30 Jahre hier arbeiten und immer noch enthusiastisch über ihren Job sprechen. Das hat mit der Faszination fürs Fliegen zu tun, mit dem motivierenden Arbeitsklima bei der MTU, aber eben auch mit unserem technisch anspruchsvollen Produkt, das langlebig, aber niemals langweilig ist.

AEROREPORT: *Was macht die Produktion der MTU so einzigartig?*

Maurer: Wir vereinen bei der MTU das Beste aus zwei Welten. Wir sind ein hochmoderner Industriebetrieb, aber auch eine hochspezialisierte Manufaktur. Eine schnell getaktete Großserienproduktion wie in der Automobilindustrie gibt es bei uns nicht. Wir fertigen extrem anspruchsvolle Bauteile und montieren Triebwerke in sehr geringen Stückzahlen bis hin zur Einzelfertigung.

AEROREPORT: *In der hochspezialisierten Triebwerksproduktion sind also die Kompetenzen qualifizierter Fachkräfte besonders gefragt?*


Maurer: Ja, zumal unsere Produkte sehr vielschichtig sind. Die Anforderungen an Sicherheit, Langlebigkeit, Genauigkeit und Qualität unserer Teile und Komponenten erfordern eine sehr hohe Fertigungstiefe im Vergleich zu anderen Branchen. Wir fertigen im μ -Bereich. Diese Präzisionsarbeit ist eine unserer Stärken, nicht die Massenproduktion. Gerade deshalb sind bei der MTU das exzellente Können und Know-how jeder einzelnen Fachkraft gefragt. Wir benötigen ihr Geschick im Umgang mit Präzisionswerkzeug, den fachlich versierten Blick fürs Detail, die hochfiligrane Handarbeit. Manuell perfekt arbeiten zu können, diese Fertigkeiten

sind zeitlos. Gleichzeitig haben wir hochautomatisierte modernste Fertigungsbereiche, in denen Fachkräfte für Automatisierung und Programmierung spannende Aufgaben finden.

AEROREPORT: *Eröffnen fortschrittliche Produktionsweisen ganz neue Karrierechancen?*

Maurer: Definitiv. Wer zu uns in die Produktion kommt, erfährt, dass wir viele Bauteile über alle Fertigungsschritte und den gesamten Wertschöpfungszyklus zu hundert Prozent made by MTU liefern. Viele zukunftsweisende Verfahren entwickeln wir in Eigenregie wie das Precise Electrochemical Machining – ein extrem präzises, patentiertes Hightech-Fertigungsverfahren zum elektrochemischen Abtragen. Unser breites technologisches Spektrum ermöglicht beste Karrierechancen. Auch Quereinsteiger haben bei uns sehr gute Perspektiven. Ich habe kürzlich einen Mitarbeiter getroffen, der als Zahntechniker gearbeitet hat, bevor er zu uns kam. Sein präzises Arbeiten wird auch in der MTU geschätzt. Deshalb haben wir ihn für neue Aufgaben qualifiziert.

AEROREPORT: *Was bringen künftige Triebwerksmacher:innen am besten mit?*

Maurer: Als Triebwerksmacher:in bringen Sie am besten Neugier und die Bereitschaft zum Gestalten und Verändern mit, da die Luftfahrtindustrie vor einer riesigen Transformation steht. Bei uns können Sie jeden Tag einen wesentlichen Beitrag zu einer nachhaltigen Luftfahrt leisten. Uns liegt zudem viel daran, mehr Frauen für einen technischen Beruf zu begeistern. Ich bin selbst Ingenieurin und möchte gerade die interessierten aber noch unentschlossenen Mädchen ermuntern: Reden Sie mit Frauen in solchen Berufen, lassen Sie sich berichten, wie faszinierend diese Jobs sind und was für tolle Entwicklungsmöglichkeiten es gibt. 

AUTORIN:



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

Boroskopieren mit dem RoBokop

Inspektion ohne Demontage: Ein flexibler Miniatur-Roboter soll künftig das Boroskopieren auch in bisher nur schwer zugänglichen Bereichen eines Triebwerks ermöglichen.

Autorin: Nicole Geffert

Mit ruhiger Hand und geschultem Blick – nur so gelingt es, unter Einsatz eines Boroskops das Innere eines Triebwerks zu inspizieren, um Qualität oder Verschleiß von Bauteilen prüfen zu können. Boroskopie (englisch: Borescope; bore „Bohrloch/Bohrung“) heißt diese Sichtprüfung schwer zugänglicher Hohlräume. Das Verfahren ist sehr kompliziert, nur erfahrene Inspekteur:innen gehen hier ans Werk.

Einer von ihnen ist André Laukart, Boroskopie-Experte bei der MTU Maintenance Hannover: „Bevor ein Triebwerk zerlegt wird, ermitteln wir mit Hilfe der Boroskopie verdeckte Schäden im Triebwerk, um so Zerlegungstiefe und Reparaturaufwand detaillierter abschätzen zu können. So können wir vor der Demontage frühzeitig mit dem Kunden den Arbeitsumfang abstimmen.“

Doch die Expert:innen stoßen an Grenzen. „Das Boroskop ist zwar ein flexibles Instrument. Der Sondenkopf mit der Kamera lässt sich aber nur in vier Richtungen bewegen. Das Boroskop ist nicht flexibel genug, um die Kamera in alle benötigten Positionen zu bringen“, sagt Laukart. Ein mehrfaches, gezieltes Abwinkeln des versteiften Schlauchs im Innern des Triebwerks ist ebenfalls nicht möglich – dabei wäre gerade das erforderlich, um an die tiefer liegenden Bauteile in den sehr kompakt gebauten Triebwerken zu gelangen.

Laukart nennt ein Beispiel: „Rotierende Bauteile wie Rorschaukeln erreichen wir mit dem Boroskop, an den Stator eines

Hochdruckverdichters kommen wir mit dem herkömmlichen Verfahren nur schwer bis gar nicht heran.“ Um Beschädigungen begutachten zu können, müsste die Sonde allerdings so nah wie möglich am Bauteil positioniert werden. Zudem besteht – trotz aller Sorgfalt und Expertise – stets die Gefahr, an einem Bauteil hängenzubleiben, sobald das Boroskop in den engen Bauräumen wieder zurückgezogen wird.

Mehrgelenkige Segmente statt klassische Gelenke

Davon bekamen auch die Wissenschaftler Tim-David Job und Martin Bensch vom Institut für Mechatronische Systeme der Leibniz Universität Hannover einen Eindruck. Die beiden Spezialisten für Robotik erfuhren von Laukart aus erster Hand und direkt am Triebwerk, wo der Boroskopie aktuell Grenzen gesetzt sind. „Für uns sind diese Eindrücke und der direkte Austausch mit dem Experten enorm wichtig“, sagt Job. Denn mit ihrer Forschungsarbeit wollen sie Abhilfe schaffen.

In Kooperation mit der MTU entwickeln die Wissenschaftler ein roboterunterstütztes Boroskop, kurz RoBokop genannt. Dr. Manuel Voit und Jörg Windprechtner, Experten für Automatisierung und Produktionsprozesse bei der MTU Aero Engines, stehen dabei mit ihrem Team im engen Austausch mit den Wissenschaftlern. „Der erste Prototyp des Miniatur-Roboters ist nach einhalb Jahren entstanden“, sagt Voit.



Die Zukunft der Triebwerksreparatur — Der neuartige Kontinuumsroboter eröffnet in der Instandhaltung völlig neue Möglichkeiten, um verdeckte Schäden im Innern eines Triebwerks zu ermitteln.



Forschung im Labormaßstab — Experimente mit dem RoBokop an einer Stufe eines Hochdruckverdichters. Das Modell ist um den Faktor 2,5 hochskaliert, um die Durchführung von Versuchen zu erleichtern.



Klein und flexibel — Durch das Innere des Miniatur-Roboters führen Kabel und Leitungen für die Kamera und das Messsystem. Der RoBokop wird miniaturisiert und dann einen Durchmesser von nur sechs Millimetern haben.

Was unterscheidet den RoBokop vom herkömmlichen Boroskop? „Der Miniatur-Roboter hat bionische Strukturen und erinnert in seiner Beweglichkeit an eine Schlange. Statt klassischer Gelenke hat er mehrgelenkige Segmente, die kontinuierliche Bewegungen ermöglichen. Deshalb wird er auch als Kontinuumsroboter bezeichnet“, erläutert Windprechtlinger. Im Vergleich zu den starren Boroskopen ist der RoBokop also viel flexibler. „Somit kann er Bauteile im Innern des Triebwerks erreichen und mit der Kamera erfassen, die bisher nicht zugänglich waren.“

Doch bevor der RoBokop erstmals in Betrieb gehen kann, wird das innovative Verfahren im deutlich größeren Labormaßstab erforscht. Das Modell, das Job und Bensch eigenhändig aufgebaut hat, ist um den Faktor 2,5 hochskaliert – das erleichtert den Wissenschaftlern auch die Durchführung von Versuchen. Im nächsten Schritt soll der RoBokop miniaturisiert werden. „Die Herausforderungen sind die geforderten Dimensionen“, sagt Bensch. „Der RoBokop soll einen Durchmesser von nur sechs Millimetern und eine Länge von bis zu 1,80 Meter haben.“

Skelettaufbau mit Seilen

Die geforderten Dimensionen haben auch die Entscheidung, wie das Skelett des Kontinuumsroboters aufgebaut ist, beeinflusst. „Es gibt unterschiedliche Konzepte wie beispielsweise Mikromotoren oder Fluide“, sagt Job. Die Wissenschaftler haben sich für Seile als Aktuatoren entschieden, weil sie sich gut miniaturisieren lassen. Über diese Seile wird eine Kraft auf Metallstäbe

ausgeübt, die das „Rückgrat“ – auch Backbone genannt – des RoBokops bilden. Die Führung der Seile erfolgt über Scheiben, sogenannte Discs. Im Innern ist der Miniatur-Roboter hohl, damit Kabel und Leitungen für die Kamera inklusive Messsystem verlegt werden können.

Nicht nur im Shop, wie der Instandhaltungsbereich auch genannt wird, sondern ebenso bei On-Site-Einsätzen könnte der Miniatur-Roboter künftig wertvolle Dienste leisten. Wann immer möglich, führen die mobilen Teams der MTU Maintenance Boroskop-Inspektionen und Reparaturen am Triebwerk direkt am Flügel aus. Das verhindert unvorhergesehene Kosten und ist daher besonders attraktiv für Kunden.

Ein weiterer großer Vorteil des RoBokops ist, dass Bauteile wie beispielsweise Schaufeln reproduzierbar untersucht werden können. Das heißt: Mit dem Miniatur-Roboter lassen sich bestimmte Stellen an einer Schaufel gezielt wieder ansteuern. Mit dem versteiften Schlauch des herkömmlichen Boroskops ist das weitaus schwieriger. Bensch zieht einen Vergleich: „Wer je versucht hat, ein langes Kabel unter Sofa und Schränken hervorzuziehen, um es anschließend wieder an exakt dieselbe Position zurückzuschieben, weiß, wie knifflig bis unmöglich das ist.“

Automatisierter Inspektionsprozess

Gesteuert wird der RoBokop, sobald er in der Triebwerksinstandhaltung eingesetzt werden kann, von den Boroskopie-Expertinnen der MTU Maintenance. „Wir haben hier noch eine klas-



Spezialisten für Robotik — Die Wissenschaftler Martin Bensch (links) und Tim-David Job vom Institut für Mechatronische Systeme der Leibniz Universität Hannover entwickeln in Kooperation mit der MTU das roboterunterstützte Boroskop.

sische Mensch-Maschine-Schnittstelle“, sagt Voit. Mit einem Joystick oder per Tablet beispielsweise wäre es möglich, den RoBokop zu bedienen, während sich die Expert:innen der MTU Maintenance auf die Schadensbegutachtung am Monitor konzentrieren können. „Den Zustand eines Triebwerks bewerten und Schäden analysieren – diese anspruchsvollen Aufgaben werden weiterhin noch unsere Spezialist:innen in der Instandhaltung übernehmen“, so Voit.

Doch die Forschungsteams peilen bereits weiter entfernte Ziele an: So könnte der bislang noch subjektive Inspektionsprozess in Zukunft komplett automatisiert werden inklusive Schadensanalyse und Schadensbehebung. Voraussetzung hierfür ist auch eine fortschrittliche Messmethodik. Auch hier setzt die MTU auf die Kooperation mit der Leibniz Universität Hannover, konkret mit dem Institut für Mess- und Regelungstechnik.

„3D-Endoskopie und Schadensdetektion in schmalen Bauräumen“ heißt das 2023 gestartete Transferprojekt, gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft und hervorgegangen aus dem Sonderforschungsbereich 871. Die MTU Maintenance Hannover ist in diesem Transferprojekt industrieller Partner.

„Wir stellen sicher, dass die Ergebnisse aus der Grundlagenforschung weiter vertieft und in die industrielle Anwendung gebracht werden“, sagt Dr. Jörn Städing, zuständig für das Maintenance, Repair & Overhaul (MRO) Technologiemanagement im MTU Maintenance-Netzwerk.

Beweglich wie eine Schlange

— Der RoBokop hat bionische Strukturen. Statt klassischer Gelenke verfügt er über mehrgelenkige Segmente, die kontinuierliche Bewegungen ermöglichen – daher auch die Bezeichnung Kontinuumsroboter.



Auch in der Instandhaltung gibt es keinen Stillstand in der Technologieentwicklung. „Im Gegenteil“, so Städing, „Unser Gesamtprozess im Bereich MRO soll weiter optimiert und noch effizienter werden. Darüber hinaus kann technologischer Fortschritt auch gänzlich neue MRO-Services für unsere Kunden ermöglichen – beispielsweise in Form spezieller Instandhaltungsdienstleistungen mit dem RoBokop und einem innovativen Messsystem.“

WEITERE INFORMATIONEN ZUM THEMA:

Link zum Video
„Ein Roboter für
die Boroskopie“
www.aeroreport.de



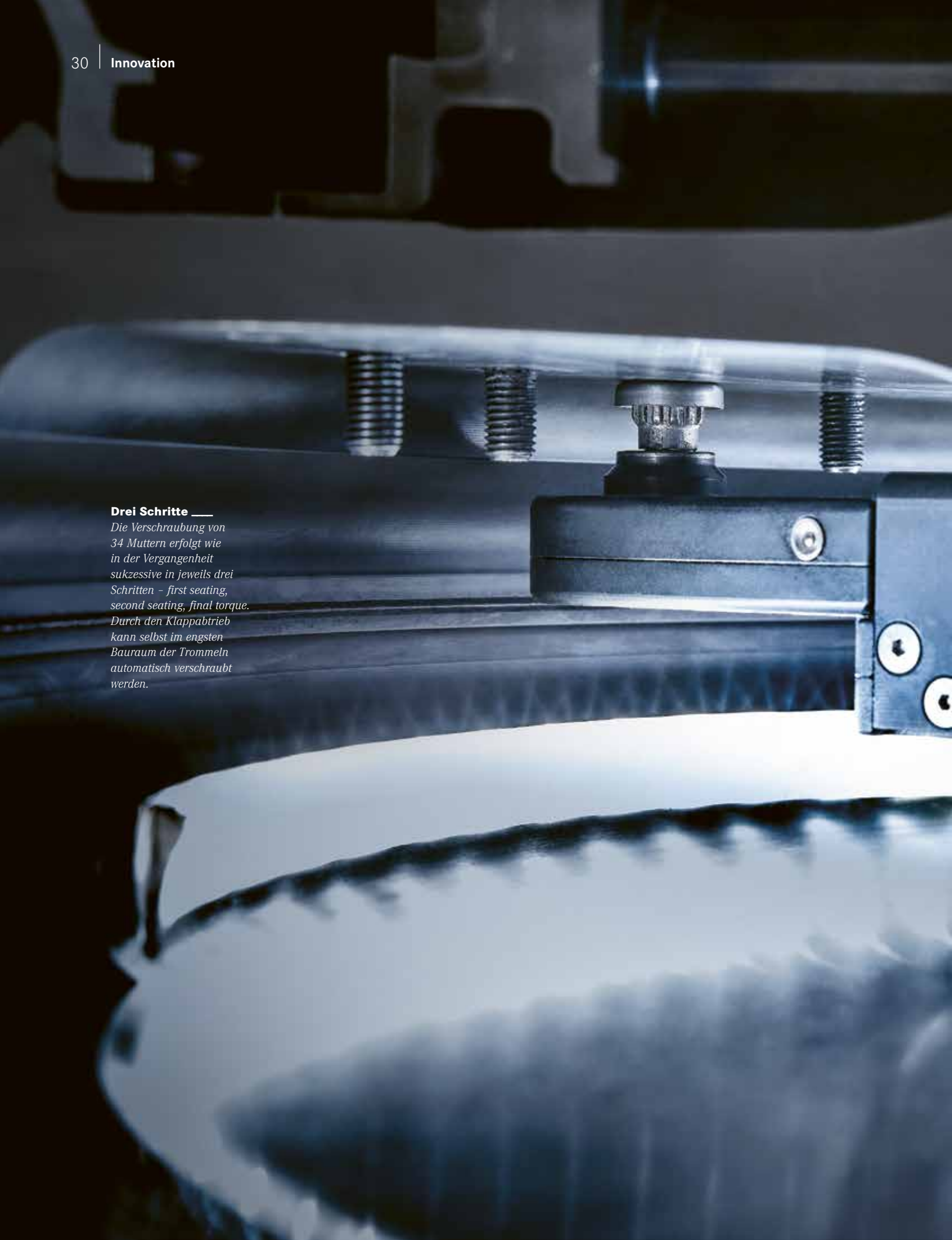
AUTORIN:



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

Drei Schritte —

*Die Verschraubung von
34 Muttern erfolgt wie
in der Vergangenheit
sukzessive in jeweils drei
Schritten - first seating,
second seating, final torque.
Durch den Klappabtrieb
kann selbst im engsten
Bauraum der Trommeln
automatisch verschraubt
werden.*



Präziser als die ruhige Hand des Mechanikers

F210464

Einen über Jahre gewachsenen Prozess bei der Instandhaltung und Reparatur von Verdichterrotoren zu digitalisieren, bringt ein Mehr an Prozesssicherheit und reduziert die Ausfallrate.

Autor: Tobias Weidemann

„Realisiert haben wir mit dem Schraubroboter eher einen stabileren und qualitativ hochwertigeren Prozess und einen Workflow, der einhergeht mit einer Reduzierung der Ausfallrate und der Fehleranfälligkeit. Denn all das kann ein Roboter naturgemäß präziser und mit weniger Anstrengung leisten als der Mensch.“

Nico Vohse

Initiator und Ideengeber des Projekts

Das Verschrauben eines Verdichters ist eine Arbeit, die viel Geduld erfordert. Eine Aufgabe, bei der nichts überstürzt werden darf und bei der es auf eine ruhige Hand ankommt. Es werden zunächst die beiden Drums positioniert, 34 Muttern und die dazugehörigen Unterlegscheiben nach und nach an die richtige Stelle gebracht. Dann erst leicht eingeschraubt und kontinuierlich mit dem korrekten Drehmoment in mehreren Runden festgezogen. Immer nacheinander über Kreuz, um nichts zu verziehen. Vor und nach dem Verschraubungsprozess wird das Drehmoment durch die Kalibriereinheit gegengemessen. Beim finalen Festziehen wird zudem die Selbsthemmung der ovalen Muttern überprüft – diese dürfen weder zu fest noch zu locker angezogen sein.

Ein Job, bei dem es auf das Fingerspitzengefühl der Mechaniker:innen ankommt – und den in Zukunft zumindest bei der MTU Maintenance in Hannover ein Roboter übernimmt. Mit dem neuen Verfahren lässt sich nicht nur die Verschraubung der Rotoren automatisieren, sondern auch gleich alles digital dokumentieren. Zum Einsatz kommt der Roboter zunächst beim Hochdruckverdichter des V2500-Triebwerks, einem Rotor für ein Zweiwel-Zweistromtriebwerk, das unter anderem in den Airbus Modellen der A320ceo-Serie zum Einsatz kommt. „Ziel war es dabei, ein bestehendes manuelles Verfahren, das aufgrund des komplexen Anzugsvorgehens bei der Verschraubung zunehmend fehleranfällig war, zu ersetzen“, erklärt Nico Vohse, der Initiator und Ideengeber des Projekts. Das Projektteam suchte dabei nach einer optimalen, zukunftsweisenden Lösung.

Doch anstatt die manuelle Lösung einfach zu ersetzen, entschied sich die MTU für ein Robotik-Verfahren auf Basis eines Industrieroboters. Eine gute Zukunftsinvestition, denn weil die neue Lösung deutlich mehr Präzision verspricht und anpassbar an andere Rotormodelle ist, könnten davon mittelfristig auch andere MTU-Standorte profitieren.

Anstrengende und unergonomische Handarbeit eliminiert

Zusammen mit 3D.aero, einem auf Problemstellungen der Luftfahrtindustrie spezialisierten Anbieter von industriellen Automatisierungslösungen, hat das Team aus Hannover

eine Lösung entwickelt, die zahlreiche Vorteile im Hinblick auf Digitalisierung und Industrie 4.0 in sich vereinigt und ganz nebenbei auch für die betreuenden Mitarbeiter:innen weniger anstrengend in der Handhabung ist.

Als Vorteil erwies es sich dabei auch, dass an dem Projekt mehrere Mitarbeiter beteiligt waren, die die manuelle Rotorverschraubung in der Vergangenheit häufiger durchzuführen hatten und somit die Handgriffe und damit verbundenen Hürden genau kannten. „Der Mechaniker hat früher gebückt und wenig ergonomisch über dem Rotor gestanden und darin gearbeitet, am Schluss mit einem Spiegel und einer Lichtquelle den Sitz der Muttern kontrolliert“, berichtet etwa Ingo Scheele, der als Mitglied des Projektteams für den First Level Support zuständig ist. „Die Umstellung auf die Robotik-Lösung haben wir daher gleich dazu genutzt, diese wenig ergonomischen Prozesse zu eliminieren und die Möglichkeit für eine vernünftige Dokumentation und Protokollierung der Verschraubung mit Hilfe eines Kamerasystems eingeplant“, erklärt Vohse. Die Anlage fährt jetzt mit einer Kamera in den Rotor und dokumentiert, ob in der Innensicht des Rotors alles in Ordnung ist und alles korrekt verschraubt wurde. Die entsprechenden Bilddaten werden zudem zur Dokumentation archiviert. Quasi als „Beifang“ kann der Prozess damit auch von Remote überwacht werden.

Präzise Triebwerksmontage mit niedriger Fehlertoleranz

Am Prozess selbst und den Arbeitsschritten, die nacheinander zu erfolgen haben, hat sich dagegen verglichen mit der früheren Variante gar nicht viel verändert – Ansetzen der Muttern mit Scheiben und erster Überkreuzanzug, zweiter Anzug und anschließend das Überprüfen der Hemmung der Mutter – schließ-



Einrüsten – Teil 1 — Zunächst wird die vordere Verdichtertrommel eingerüstet.

Vorrichtung auf Spannstation — Die vorderen und hinteren Verdichtertrommeln werden nun auf der Spannvorrichtung zusammengefügt. Während der Rotor auf der Spannvorrichtung mit den vorbereiteten Kleinteilen aus der einen Kammer verschraubt wird, kann die nächste Kammer bereits gerüstet werden.

Einrüsten – Teil 2 — Im zweiten Schritt wird die hintere Verdichtertrommel für den Verschraubungsprozess vorbereitet.





Präzise Verschraubung — Hier verschraubt der Industrieroboter die beiden Trommeln des Rotors – vollautomatisch und präziser als von Menschenhand möglich.

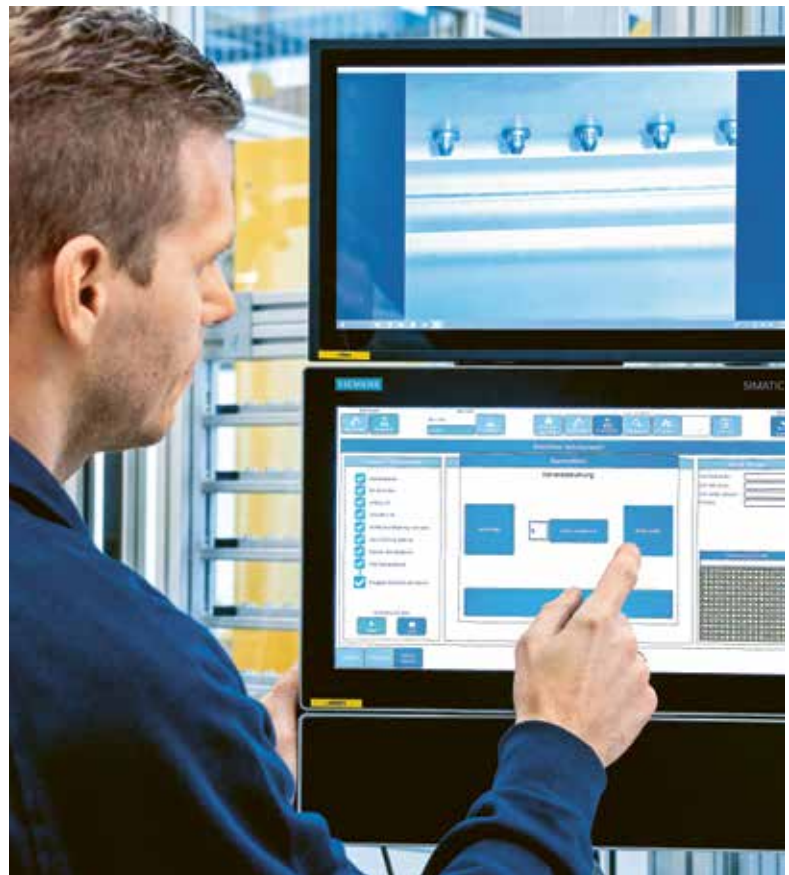
Kamerafahrt — Die Anlage fährt jetzt mit einer Kamera in den Rotor und dokumentiert, ob in der Innenansicht des Rotors alles in Ordnung ist und alles korrekt verschraubt wurde.



Vollautomatisches Greifen — Der Roboter nimmt sich mit einem pneumatischen Greifer Mutter und Unterlegscheibe und positioniert diese im ausklappbaren Flachabtrieb.



Kameradokumentation — Die entsprechenden Bilddaten werden zudem zur Dokumentation archiviert. So kann der Prozess auch "Remote" überwacht werden.



„Unterm Strich haben wir mit dem Verschraubungsroboter aber vor allem auch Industrieanlage und IT näher zusammen gebracht und einige wichtige Hürden im Rahmen der IT-Einbindung hin zur von der MTU angestrebten Industrie-4.0-Strategie genommen.“

William Xu
Projektmitarbeiter


lich der finale Anzug. Doch jetzt erfolgt das Greifen und Einlegen von Mutter und Unterlegscheibe in die Abtriebseinheiten vollautomatisch per pneumatischem Greifer und über eine Umgreifstation. Vor und nach dem kompletten Verschraubungsprozess wird das Drehmoment über die mechanischen Bauteile mit Hilfe einer Kalibriereinheit überprüft – streng gemäß der Vorgabe des Triebwerkherstellers. Zur Reduzierung von unproduktiven Rüstzeiten sorgt ein aus zwei Magazinen bestehendes System dafür, dass in der einen Kammer der Verschraubungsprozess ablaufen kann, während in der zweiten bereits für den nächsten Auftrag neu gerüstet wird.

Selbst mit der neuen Lösung dauert die Verschraubung eines Verdichterrotors rund zwei Stunden, wobei aber, so betont Vohse, einige Minuten mehr oder weniger angesichts der Dauer einer Triebwerksmontage nur wenig ins Gewicht fallen würden. Wichtiger sei die niedrige Fehlertoleranz und der zuverlässig planbare Ablauf, weshalb es gar nicht in erster Linie darum gegangen sei, den Verschraubungsprozess ein paar Minuten schneller zu gestalten. „Realisiert haben wir mit dem Schraubroboter eher einen stabileren und qualitativ hochwertigeren Prozess und einen Workflow, der einhergeht mit einer Reduzierung der Ausfallrate und der Fehleranfälligkeit. Denn all das kann ein Roboter naturgemäß präziser und mit weniger Anstrengung leisten als der Mensch.“

Flexibel anpassbar für andere Verdichterrotoren

Zusammen mit 3D.aero wurde hier eine sehr individuelle Lösung geschaffen, für die es auch noch keine Blaupause oder keinen vergleichbaren Prozess gab. „Im Montage- und Demontagebereich ist das der erste automatische Verschraubungsroboter im MTU-Umfeld, der speziell ein solches Instandhaltungsthema unterstützt. Umgekehrt wird das aber auch bei uns nicht die einzige Anwendung bleiben, für die wir uns das vorstellen können“, ist sich Oliver Persuhn sicher, der die Anlage von Beginn an mit Nico Vohse entwickelte und in den Regulärbetrieb überführt.

Er erklärt, dass die so mögliche präzisere Verschraubung und die verbesserte, zeitliche Planbarkeit auch für die Instandhaltungsprozesse größerer Rotorserien angestrebt wird. „In der aktuellen Anlagenvariante lassen sich Rotoren bis 1,10 Meter Durchmesser einbringen – und da die Robotik mit Schnellkupplungen versehen ist, können wir die Verschraubungswerkzeuge relativ einfach und preiswert wechseln.“ Darüber hinaus stelle die Technik eine ideale Basis für eine automatische Mess- und Montageanlage für größere Rotoren und für weitere Automatisierungsprojekte dar.

„Unterm Strich“, betont Projektmitarbeiter William Xu, „haben wir mit dem Verschraubungsroboter aber vor allem auch Industrieanlage und IT näher zusammen gebracht und einige wichtige Hürden im Rahmen der IT-Einbindung hin zur von der MTU angestrebten Industrie-4.0-Strategie genommen.“ Man könne jetzt Prozessdaten besser innerhalb des MTU-Ökosystems einbinden und sammle weitere Erfahrungswerte, um das Leuchtturmprojekt später auch an anderen Standorten auszurollen. 

WEITERE INFORMATIONEN ZUM THEMA "INDUSTRIE 4.0":

Automatisierte Schaufelfertigung auf dem Weg zur Smart Factory
www.aeroreport.de



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.

Vermessung von Oberflächen

Das mobile handliche Messgerät wird an die zu untersuchende Stelle am Triebwerk angeedrückt. Auch schwerer erreichbare Bereiche können damit analysiert werden.



Haargenaue Fehleranalyse

Die MTU erkennt und dokumentiert mit dem GelSight-Messgerät selbst kleine Schönheitsfehler und beschleunigt dadurch die Triebwerksmontage.

Autor: Tobias Weidemann

Der Kopf des Oberflächenmessgerätes gleitet während einer Triebwerksendmontage über ein Bauteil. Da ist ein kleiner Kratzer, mit dem bloßen Auge zwar zu sehen, aber nur schwer zu beschreiben – und vor allem zu bewerten. Die Erfahrung und das Bauchgefühl der routinierten MTU-Triebwerksexpert:innen sind zwar ein gutes Indiz, reichen aber für die zuverlässige Bewertung allein nicht aus. Ist es lediglich ein kleiner Schönheitsfehler, eine Werkzeugspur an einem Bauteil oder könnte das irgendwann funktionale Auswirkungen haben oder Schäden verursachen? Und damit verbunden: Muss das Teil ausgetauscht werden und verzögert dies die Montage des Triebwerks, das aus mehreren tausend Bauteilen besteht?

All das sind Fragen, für die die Monteur:innen der MTU Aero Engines in der Vergangenheit einen Abdruck des Bauteils erstellen mussten, der dann zur Analyse ins Messlabor gebracht wurde. Dort wurde die Auffälligkeit vermessen und ein Report erstellt, aus dem die Fachabteilung eine Entscheidung abgeleitet hat. Parallel wurde der Schadensbericht für die Dokumentation aufbewahrt. Alternativ wurde das Bauteil auf Verdacht vorsichtshalber gleich ausgetauscht, was weder im Hinblick auf Kosten noch auf Nachhaltigkeit sinnvoll war.

So oder so führte dies zu einer erheblichen Montageverzögerung und setzte voraus, dass überhaupt für den Austausch ein Ersatzteil verfügbar war. Außerdem war das Triebwerk eventuell schon auf dem Prüfstand und ein Retest wurde somit durch den Tausch notwendig. „All das dauerte oft einige Zeit – und wenn wir Pech



hatten, musste die Montage eines kompletten Triebwerks so lange warten, bis die Messergebnisse vorlagen und wir Klarheit darüber hatten, ob das Teil verbaut bleiben kann oder nicht“, erklärt Carmen Pomp von der MTU in München. „Schon das Zurückstellen des jeweiligen Triebwerks oder Ermöglichen des Bauteiltausches war eine Herausforderung für die Kolleg:innen in der Montage.“

Neues Messgerät vermisst Oberflächenstrukturen akkurat

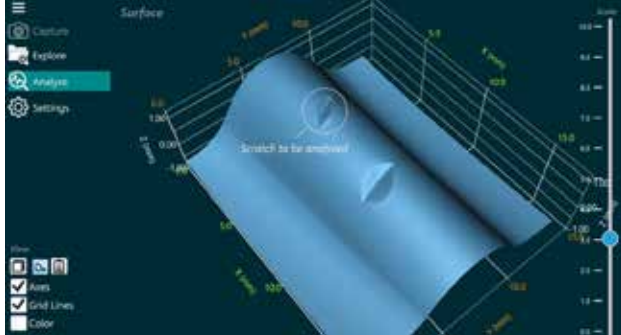
Genau hier schafft das 3D-Oberflächenmessgerät mit dem Namen GelSight Mobile™ Abhilfe, das Pomp gemeinsam mit Kolleg:innen unterschiedlicher Fachabteilungen als Innovation in der PW1100G-JM-Endmontage mit eingeführt hat: Das hochauflösende Messgerät kann mit Hilfe eines handelsüblichen Notebook oder Tablet und der entsprechenden Software die Oberfläche von Strukturen vermessen. Es lässt sich bei größeren Teilen so auch einfach zur Baugruppe transportieren und kann im Interesse des Datenschutzes auch unabhängig vom Firmennetzwerk betrieben werden. Außerdem lässt sich so mit wenigen Klicks der Grad an Abweichung von der Norm dokumentieren. Dadurch werden Entscheidungsprozesse deutlich beschleunigt und zeitliche Abläufe verkürzt.

An der Spitze des Stifts, der an ein medizinisches Ultraschallmessgerät erinnert, befindet sich ein rundes Elastomer-Gel-Pad mit knapp zwei Zentimetern Durchmesser. Das schmiegt sich bei leichtem Andrücken an die jeweilige Oberfläche des zu begutachtenden Bauteils, verformt sich mit dieser und erzeugt so einen Positivabdruck der zu messenden Stelle. Das funktioniert mit einer Vielzahl von Materialien, egal ob glänzend oder matt, Metall oder Kunststoff. Auch detaillierte Strukturen und Texturen lassen sich so erfassen und untersuchen. Im Vergleich zu anderen optischen Messsystemen können die MTUler:innen damit sehr schnell einen mehrere Quadratzentimeter großen Messbereich erfassen.

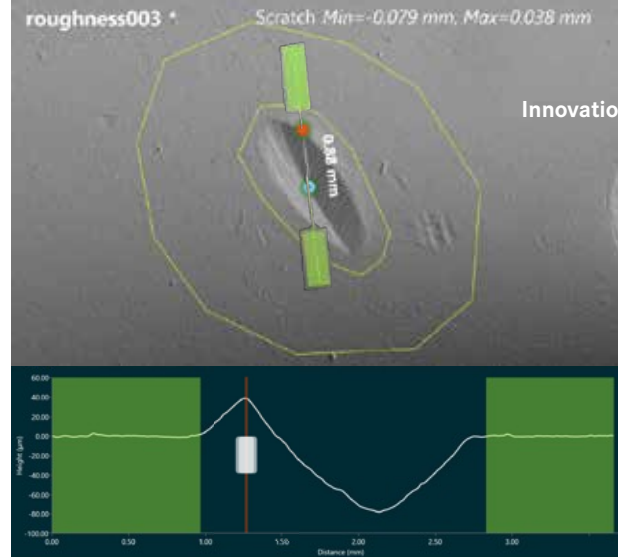
Dabei entstehen mit Hilfe von sechs im Stift angebrachten nacheinander aufleuchtenden LEDs innerhalb weniger Sekunden sechs unterschiedlich belichtete Einzelbilder aus unterschiedlichen Perspektiven. Ein Algorithmus rechnet sämtliche Farben und Transparenzen sowie Reflektionen und Blendungen heraus und schafft so ein dreidimensionales Abbild der Struktur. Diese, auf die reine Form reduzierte Ansicht bietet nämlich deutlich bessere Einblicke als ein herkömmliches Mikroskop. Zudem lässt sich das Bild mit überschaubarer grafischer Rechenleistung

Keine Montageverzögerung ——— Julian Mandel und Carmen Pomp fanden mit GelSight ein Messverfahren, das die Triebwerksmontage erheblich effizienter gestaltet.





Schritt 1 — Das Abbild der Struktur einer Unebenheit lässt sich mit Hilfe des GelSight-Messgerätes einfach vermessen. Zunächst wird das Gel-Pad auf die zu untersuchende Stelle gedrückt. Nach Drücken des Auslösers, wird aus den sechs Perspektivfotos ein 3D-Modell erstellt. An diesem kann man nun die Stelle definieren, an der sich die zu analysierende Beschädigung befindet.



Schritt 2 — Für die korrekte Einschätzung der Erhebung oder Einbuchtung wird ein Soll-Oberflächenniveau definiert, anhand dessen die zu beurteilende Stelle analysiert wird.

drehen, kippen und aus allen Perspektiven begutachten. Die so gewonnenen Daten können in standardisierter Form in anderen Software-Programmen weiterverarbeitet werden.

Auf Wunsch kann auch ein bestimmtes Soll-Oberflächenniveau definiert werden, um eine Abweichung oder Beule messtechnisch akkurat zu erfassen. „Bei einem Kratzer vermisst das System etwa die höchste und tiefste Stelle in einem definierten Bereich“, erklärt Julian Mandel, der ebenfalls die Einführung des GelSight-Systems bei der MTU vorangetrieben hat. Die Genauigkeit der Vermessung liegt dabei im einstelligen Mikrometerbereich und bewegt sich zwischen gerade einmal vier (axial) und acht Mikrometern (lateral). „Das ist ungefähr die Dicke eines menschlichen Haars, was für unsere Anforderungen vollkommen ausreichend ist“, beschreibt Mandel die Größenordnung.

Extra-Kalibrierprozedur implementiert

Eine besondere Herausforderung war die messtechnische Zulassung des Systems bei der MTU. Um die strengen Anforderungen der Triebwerksfertigung zu erfüllen, musste das Messgerät einen umfangreichen Zertifizierungsprozess nach strengen internationalen Vorgaben der Produktionspartner durchlaufen. „Entscheidend ist, dass GelSight zuverlässig und reproduzierbar stets dieselben Messergebnisse produziert“, erklärt Stefan Necker, Experte für Geometrische Messtechnik bei der MTU. „Das Messteam hat hier in Kooperation mit der Kalibrierabteilung der MTU eine adäquate Lösung gefunden. Eine besondere Herausforderung für den Geräte-Hersteller, das US-amerikanische Start-up-Unternehmen GelSight, war die Integration einer Kalibrierprozedur – eine Grundvoraussetzung für Messsysteme in der Triebwerkswelt.“ Das junge Unternehmen aus Boston ist im Umfeld des Massachusetts Institute of Technology (MIT) entstanden und befasst sich neben der taktilen Bildgebung auch mit taktiler Sensortechnologie, also etwa der Frage, mit welcher Kraft ein Roboter optimalerweise ein Bauteil zur Bearbeitung greift oder fixiert.

Um die hohen Sicherheitsstandards in der Luftfahrt zu erfüllen, mussten Triebwerksexpert:innen bisher Inspektionen und komplexe Labormessungen durchführen, die Prozesse und die Entscheidungsfindung verlangsamen. Mit dem tragbaren GelSight Mobile-System erhält das Team nun die Möglichkeit, Prüfverfahren deutlich zu vereinfachen, zu beschleunigen und dabei zu denselben fundierten Ergebnissen über die Qualität von Triebwerksteilen zu kommen“, erklärt Youssef Benmokhtar, CEO von GelSight. "In unserer Zusammenarbeit mit der MTU haben wir gezeigt, dass unsere taktile Sensortechnologie für die Qualitätssicherung und Qualitätskontrolle in der Luft- und Raumfahrt eingesetzt werden kann. Sie trägt dazu bei, diese Prozesse zu automatisieren, zu standardisieren und deutlich zu beschleunigen."

Vielfältige Einsatzmöglichkeiten

In den Endmontagelinien für das A320neo-Triebwerk PW1100G-JM und den A400M-Antrieb TP400-D6 in München ist das GelSight-Messgerät bereits seit 2019 im Einsatz. Das wird nicht der einzige Bereich bleiben, in dem der Triebwerkshersteller auf die GelSight-Technik setzt. Mandel: „Schon jetzt bekommen wir immer wieder Besuch von Kolleg:innen aus anderen Abteilungen, die schnell etwas überprüfen wollen.“ Im MTU-Maintenance-Verbund ist das Gerät bereits im Einsatz: Bei der MTU Maintenance Berlin-Brandenburg und am kanadischen Standort in Vancouver unterstützt GelSight bei der Reparatur und Schadensbeurteilung. 🌐

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.

Jungbrunnen für Rosinenbomber

Die DC-3 ist ein legendäres Fluggerät, rund 16.000 Maschinen wurden seit 1936 gebaut. Die Firma Basler in Oshkosh fertigt daraus neue Propellerturbinen-Flugzeuge.

Autor: *Andreas Spaeth*





Auf Forschungsflug — Deutschland, Australien und China nutzen die neuen BT-67 mit kombinierten Rad-Ski-Fahrwerken für die Forschung und Versorgung von Einrichtungen in der Arktis und Antarktis.



Keine Tragflächen, Beulen im Rumpf — Kaum zu glauben, dass aus vermeintlich schrottreifen, bis zu 80 Jahre alten DC-3 bei Basler wieder nagelneue Flugzeuge werden.



Flugzeugfriedhof vor dem Basler-Hangar — Dabei sind diese Reste alter DC-3 wichtige Grundlage für die Produktion der nächsten Jahre.



Unübertroffen — Die DC-3 wurde bis 1942 insgesamt 607 Mal gebaut. Von ihrer militärischen Version C-47 entstanden über 10.000 Exemplare.

Vor der Halle sieht es aus wie auf einem Flugzeugfriedhof: Überwucherte Rümpfe betagter Douglas DC-3 „Dakotas“, manche ohne Tragflächen, dafür mit eingeschlagenen Fenstern und blinden Cockpitscheiben. Niemand würde darauf kommen, dass diesen Wracks nicht das baldige Ende bevorsteht, sondern ein neuer Anfang. Bis zu 80 Jahre alte DC-3-Veteranen werden hier in die Halle geschoben. Ein gutes halbes Jahr und bis zu 50.000 Arbeitsstunden später kommt eine werksfrische Basler BT-67 zum Vorschein, die äußerlich zwar noch Ähnlichkeiten mit dem Ausgangsprodukt aufweist, tatsächlich aber neuwertig und hochmodern ist. Genau dieses Prinzip ist das erstaunliche Geschäftsmodell der Firma Basler Turbo Conversions am Flughafen von Oshkosh in Wisconsin in den USA.

Das Geschäft floriert: „Unsere Produktion für 2023 ist bereits ausgebucht“, erklärt Firmenchef Joseph Varkoly, wenn er staunende Besucher durch die 7.000 Quadratmeter große Werkshalle führt, in der bis zu vier Flugzeuge für ihre Wiedergeburt Platz finden. Basler ist eher Manufaktur als industrieller Produzent, ein Boutique-Anbieter, der mit viel Hingabe und Expertise die unglaublich erscheinende Metamorphose „aus Alt

mach Neu“ zum Prinzip gemacht hat und dem die Kunden aus aller Welt das Produkt aus den Händen reißen. Derzeit liegt der Ausstoß bei zwei Konversionen im Jahr.

300 von 16.000 DC-3 fliegen heute noch

Und das alles vor allem deswegen, weil die Douglas-Flugzeugwerke in Kalifornien ab 1936 mit der zweimotorigen, schier unverwüstlichen DC-3 ein derart robustes und langlebiges Flugzeug entwickelt haben, das bis heute unübertroffen ist. Die DC-3 (607 wurden bis 1942 gebaut) und vor allem ihre militärische Version C-47, von der über 10.000 entstanden, wurden bald zu einem Eckpfeiler der Luftfahrt. Inklusive aller Lizenz- und Untervarianten entstanden rund 16.000 dieser Klassiker, von denen heute noch rund 300 fliegen. Im Zweiten Weltkrieg, während der Berlin-Blockade 1947/48 als „Rosinenbomber“ und später im Vietnam-Krieg gehörte das Flugzeug zur Grundausstattung. Viele C-47 wurden nach dem zweiten Weltkrieg in Passagierflugzeuge umgebaut und bildeten die Grundlage für den weltweiten Siegeszug des Luftverkehrs.

Bereits 1980 fertigte Firmengründer Warren Basler (1926-1997) die erste moderne Reinkarnati-

on der DC-3/C-47, die als Basler BT-67 auf den Markt kam und schnell Abnehmer fand. Die US-Luftfahrtbehörde FAA erkennt die Wiedergeburten als fabrikneue Flugzeuge mit null Flugstunden an. „In einer BT-67 sind meist nur noch etwa zehn Prozent des alten Metalls aus der Ursprungsmaschine“, verrät Firmenchef Varkoly. Vom gesamten Material einer Maschine können manchmal aber auch bis zu 40 Prozent weiter verwendet werden. Ein Großteil der Flugzeugstruktur plus die Haut werden aber immer ausgetauscht. Basler fertigt alle Teile selbst, insgesamt 6.800 verschiedene Komponenten, Original-Ersatzteile gibt es für ein so altes Flugzeug nicht mehr.

Den neuen Antrieb liefern Kraftpakete von Pratt & Whitney Canada

Entscheidende Modifikation ist der Einbau zweier neuer und hocheffizienter Pratt & Whitney Canada PT6A-67R-Propellerturbinen an Stelle der alten Sternmotoren. Die neuen Antriebe mit fünfblättrigen Metallpropellern leisten jeweils 1.062 kW (1.424 PS) gegenüber nur 895 kW (1.200 PS) je Motor in der DC-3/

C-47. Da die in den Neubauten aus Verbundwerkstoffen gefertigten Motorgondeln weit ausladender sind als die alten Gehäuse wird der Rumpf hinter dem Cockpit um 1,06 Meter verlängert, damit die Besatzung weiter vor den Propellern sitzt, das Volumen der Kabine wächst um 35 Prozent. Und der Arbeitsplatz der Pilot:innen ist nun ein modernes Glascockpit mit neuester Avionik, digitalen Instrumenten mit Bildschirmanzeigen und sogar Blindlandefähigkeit und Allwetter-Tauglichkeit.

Der Neubau auf Basis von Veteranen ist günstiger

Auf den ersten Blick scheint es paradox, dass man nicht gleich einen ganz neuen Flugzeugtyp herausbringt statt die moderne BT-67 so mühsam auf alte Rümpfe von Veteranen aufzubauen. Aber der Grund ist simpel: Kosten. „Ein völlig neues Flugzeug zu erproben und durch die Zulassung zu bringen ist viel teurer als diese Konversion, bei der wir meist nur noch das voll überholte alte Fahrwerk weiter nutzen“, erklärt Basler-Präsident Joseph Varkoly. Neue Teile werden im Wesentlichen nach Original-Spezifikationen der DC-3 nachgebaut, die als extrem sicheres Flugzeug gilt.

Moderne Propellerturbinen, glänzende Rümpfe — Bei Basler wird aus DC-3-Altmetall ein neuwertiges BT-67-Spezialflugzeug.






01 — Dieser militärische Veteran von 1946 wird bei Basler in ein neues Spezialflugzeug für zivile Aufgaben verwandelt.

02 — Die neuen Motorgondeln aus Verbundwerkstoff sind so ausladend, dass der Rumpf verlängert werden muss.

03 — Ein Großteil der Flugzeugstruktur plus die Haut werden immer ausgetauscht.

04 — Nur etwa zehn Prozent des Metalls aus der DC-3 wird in der neuen BT-67 übernommen.

Die Neuzulassung könnte sich eine kleine Firma wie Basler niemals leisten. Eine neue BT-67 kostet als Einstiegspreis rund zwölf Millionen Dollar, viele Spezialanfertigungen dürften erheblich teurer sein. Und ganz auf die extrem unterschiedlichen Anforderungsprofile der jeweils geplanten Einsätze sind alle BT-67 individuell ausgelegt. Das Spektrum ist dabei extrem weit gespannt. Bis Ende 2022 wurde das 69. Exemplar ausgeliefert, die 70. BT-67 ist schon in Arbeit.

Deutschland, Australien und China nutzen sie für die Forschung und Versorgung von Einrichtungen in Arktis und Antarktis mit kombinierten Rad-Ski-Fahrwerken. Joseph Varkoly weiß, dass vor allem die Ausdauer seiner BT-67 mehr gefragt ist denn je: „Bis zu elf Stunden kann sie in der Luft bleiben, mit Langstrecken-Zusatztanks sogar über 13 Stunden. Eine Twin Otter-Turboprop schafft gerade mal drei bis vier Stunden.“ 

WEITERE INFORMATIONEN ZUM THEMA "AVIATION":

Vorreiter Deutschland:
Der Traum vom
Senkrechtstarten
www.aeroreport.de



AUTOR:



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

PT6 – Der Alleskönner



Erfolgsgarant

Die PT6A-Triebwerksfamilie ist das weltweit beliebteste Triebwerk seiner Klasse. Die mit dem PT6A gewonnenen Erfahrungen haben dazu beigetragen, dass viele weitere Triebwerksfamilien von Pratt & Whitney entstanden sind.

Das Propellerturbinen-Triebwerk Pratt & Whitney Canada PT6 ist ein Klassiker in der Luftfahrt, erstmals geflogen 1961. Es gibt den Antrieb in verschiedenen Größen für Anwendungen vom einmotorigen Sportflugzeug über Hubschrauber bis hin zum größten Typ PT6A für schwerere zweimotorige Flugzeuge von der BT-67 oder dem Regionalzubringer Shorts 360. Allein vom großen PT6A existieren rund 12.000 Exemplare, alle Versionen des PT6 zusammen dürften rund 55.000 mal gebaut worden sein.

Die MTU Maintenance Berlin-Brandenburg in Ludwigsfelde bietet innerhalb des mit Pratt & Whitney Canada (P&WC) gegründeten Joint Venture P&WC Customer Service Centre die Instandhaltung an. „Wir haben vom PT6A pro Jahr zwischen



Maintenance-Profis — *Die Instandhaltung der PT6A erfolgt durch die MTU Maintenance Berlin-Brandenburg innerhalb des weltweiten Pratt & Whitney Canada Customer Service Centre.*

60 und 80 Triebwerke bei uns“ sagt Jens Arend, Leiter Programme Pratt & Whitney Canada bei der MTU Maintenance Berlin-Brandenburg, „davon entfallen bis zu 50 Prozent auf die große Variante der PT6A.“ Der Triebwerkstyp PT6A-67R, der auf der Basler BT-67 fliegt, kam auch schon nach Ludwigsfelde - allerdings von den Flügeln einer Shorts 360.



Die Königin der Lüfte geht in Rente

Der Erstflug des ikonischen Jumbo Jets startete 1969, nun wurde die letzte und 1.574igste Boeing 747 produziert. Das ist nur einer von vielen Superlativen dieses besonderen Flugzeugs.

Autor: Andreas Spaeth

Anfang 2023 endete eine glanzvolle Ära, nach 56 Jahren ist die Produktion der Boeing 747 beendet. Die letzte ihrer Art ist das 1.574igste gebaute Exemplar, ein 747-8F-Frachter, den Atlas Air für den Logistikkonzern Kühne & Nagel betreiben wird. Die Boeing 747 schaffte den größten Quantensprung in der Geschichte der Passagierluftfahrt – fasste doch ihre Vorgängerin, die Boeing 707, nur bis zu 189 Passagiere. Der Jumbo Jet war dagegen schon anfangs für bis zu 550 Fluggäste zugelassen und konnte später sogar bis zu 660 Reisende befördern.

Es begann bei einem Angelausflug

Schon die Entstehung der 747 ist Legende und Mythos: Im Jahr 1965 besiegelten die beiden einflussreichsten Männer in der Luftfahrt zu jener Zeit, Boeing-Chef William „Bill“ Allen und Pan-Am-Gründer Juan Trippe, während ihrer jährlichen Bootstour zum Lachsfischen ein Gentleman's Agreement über den Bau des größten Passagierflugzeugs der Welt. Per Handschlag und ohne unterschriebenes offizielles Dokument. Heute kaum zu glauben, dass ein Projekt, das die Zukunft beider Firmen aufs Spiel setzte und Milliarden von Dollar kosten würde, auf derartig

informelle Weise zustande kam. „Trippe sagte im Prinzip: ‚Wenn Ihr das baut, dann kaufe ich das.‘ Und Allen antwortete: ‚Ich baue das, wenn Ihr das kauft.‘ Es wurde kein Vertrag unterschrieben, aber damit war das Programm gestartet“, erinnerte sich der 2016 verstorbene Chefingenieur Joe Sutter, der „Vater der 747“.

Im heutigen Digitalzeitalter des Designs am Computer und virtuellen 3D-Modellen, die sich mit wenigen Mausklicks erstellen lassen, ist es kaum vorstellbar, was für einer Herausforderung sich die Boeing 747-Ingenieur:innen Mitte der 1960er Jahre gegenübersehen. Klar war, dass die Fluggesellschaften, allen voran Pan Am, ein viel größeres Flugzeug wollten, als es zuvor je gebaut wurde – also völlig unbekanntes Terrain. Für Juan Trippe war die 707 der Maßstab, deshalb hielt er lange an der Ursprungsidee eines doppelstöckigen Flugzeugs fest. Der Plan war, zwei etwas vergrößerte 707-Rümpfe aufeinander zu montieren. Anfangs gab es mehr als 200 Design-Entwürfe für die 747, von denen viele aus einer Ausschreibung für ein neues militärisches Transportflugzeug stammten, die aber Lockheed mit der C-5A gewonnen hatte. Etwa 50 Entwürfe schaute man

BOEING 747

Erstflug

1969

1.574

gebaute Exemplare

Kapazität bis zu

660

Passagiere

Beginn einer Ära — Beim feierlichen Rollout des Boeing 747-Prototyps in Everett 1968 waren Flugbegleiterinnen aller Kunden-Airlines dabei.





Produktionsstätte in Everett — Drei Stockwerke über dem Boden stehen diese Arbeiter im Cockpitbereich des Mock-Ups der 747 in Originalgröße im Dezember 1966.

sich näher an, fast alle doppelstöckig. Bis Mitte 1965 allerdings hatte man die Idee aufgegeben, die 707 als Basis zu nutzen, weder gestreckt noch doppelstöckig.

Der Jumbo sollte nur die Zeit bis zur Überschall-Ära überbrücken

Die 747 sollte eigentlich nur ein Übergangsflugzeug für die Zeitspanne werden, bis die meisten Interkontinental-Passagiere mit Überschallgeschwindigkeit fliegen würden – entweder in der Concorde oder der Boeing SST, die zur gleichen Zeit entwickelt wurden. Danach sollte sie als Frachter weiterbeschäftigt werden. Das Cockpit wurde deshalb über das Hauptdeck verlegt, weil man für die einfache Beladung eine nach oben aufklappbare Rumpfnase benötigte. Diese Konfiguration ließ einen kleinen Bereich hinter dem Cockpit entstehen, den berühmten „Buckel“ der 747. Statt wie anfangs erwogen, zwei schmalere Decks übereinander zu bauen, stattete man die 747 mit nur einem Hauptdeck aus. Das allerdings bot mit über sechs Metern die breiteste Kabine, die es je in einem Passagierflugzeug gab, um wahlweise statt Sitzen auch zwei Frachtcontainer nebeneinander unterbringen zu können. Am 13. April 1966 gab Pan Am eine Bestellung über 25 Boeing 747 im Wert von 525 Millionen US-Dollar (heute etwa 4,8 Milliarden Dollar) bekannt, womit das 747-Programm offiziell startete.



Holzattrape des JT9D — Das Triebwerk von Pratt & Whitney war das erste Strahltriebwerk mit hohem Nebenstromverhältnis, das ein Großraumflugzeug antrieb.

Die Vorgaben im Vertrag mit Pan Am sahen ein Flugzeug für 370 Passagiere und ihr Gepäck vor, das eine Reichweite von mindestens 8.263 Kilometern bei einer Geschwindigkeit von Mach 0,877 erreichen sollte – fast 88 Prozent der

Schallgeschwindigkeit. Im Juni 1966 kaufte Boeing etwa 315 Hektar bewaldetes Sumpfland in der Nähe des Flughafens Paine Field in Everett im Staat Washington, nördlich von Seattle, um die Produktionsstätte für die 747 zu bauen. Noch heute ist es das vom Volumen größte Gebäude der Welt. Zum Vergleich: Auf Rang vier rangiert aktuell die ehemalige Cargolifter-Luftschiffhalle in Brandenburg. Das heutige Tropical Islands Resort in Berlin würde zweieinhalb Mal in die 747-Fertigungshallen hineinpassen. Sie zu errichten war ein gnadenloses Rennen mit den rein analogen Hilfsmitteln jener Zeit. Die Fabrik wurde zur gleichen Zeit gebaut während noch die Arbeit am 747-Design lief.

Ohne Holzmodelle des Flugzeugs ging es nicht

Dafür bauten die Ingenieur:innen Holzmodelle einzelner Teile und des ganzen Flugzeugs, um so Funktionsweise und Produktionsabläufe zu testen. Alles war minutiös geplant – der Prototyp sollte innerhalb von zwei Jahren fliegen, für den 30. September 1968 war der Rollout für die Boeing 747 festgesetzt worden. Weniger als drei Jahre nachdem Pan Am die Absichtserklärung über eine Bestellung unterzeichnet hatte und nur zweieinhalb Jahre nachdem man sich auf das Großraum-Design verständigt hatte. Und der extrem ehrgeizige Plan wurde eingehalten: Genau zum vorgesehenen Zeitpunkt erschien die neue Königin der Lüfte.

Das „Spacious Age“, „geräumiges Zeitalter“, wie die 747-Ära genannt wurde, begann tatsächlich am 9. Februar 1969 mit dem Erstflug. Er dauerte


eine Stunde und 16 Minuten und verlief ungewöhnlich problemlos. Allerdings wurden die riesigen Pratt & Whitney JT9D-Triebwerke in ihren noch ungeahnten Dimensionen zu einem der größten Probleme der 747-Flugtests, und es waren auch die Motoren, die den ersten 747-Passagierflug für Erstbetreiber Pan Am auf der Route von New York nach London am 21. Januar 1970 verzögerten. Trotzdem machte sich die 747 schnell einen Namen, mit unglaublicher Geschwindigkeit ging sie bei Airlines in der ganzen Welt in den Liniendienst.

Bis 1975 hatte die globale 747-Flotte bereits den 100-millionsten Passagier befördert. Die wahrscheinlich wichtigste Entscheidung für ein langes Leben der 747 wurde 1985 mit dem Start der 747-400 getroffen, die bereits zwölfte Version des Jumbos, aber bei weitem seine erfolgreichste. Während von der 747-200 fast 400 Exemplare verkauft wurden, schaffte die verbesserte 747-400 mit ihrem „Glascockpit“, längerem Oberdeck, verbesserten Turbofan-Triebwerken (Pratt & Whitney's PW4000 oder GE's CF6) und Winglets in den nächsten zwei Jahrzehnten fast 700 Bestellungen. Sie startete erstmals 1989 in den Liniendienst. Im Oktober 1993 erreichte Boeing den wichtigen Meilenstein der tausendsten 747-Auslieferung – sie ging an Singapore Airlines.

2005 legten Boeing und Lufthansa die runderneuerte 747-8 auf

Es ist ein Beweis für die Langlebigkeit des Originalkonzepts aus den 1960er Jahren, dass sich Boeing zusammen mit Erstkunde

Lufthansa 2005 entschied, nochmals eine neue 747-Generation aufzulegen – obwohl es nun mit dem Airbus A380 einen durchgängig zweistöckigen Wettbewerber gab. Die Boeing 747-8 entstand unter aktiver Mitwirkung der immer noch rüstigen 747-Legende Joe Sutter. Vier Jahrzehnte, nachdem die erste 747 produziert worden war, wurde nun erstmals der Rumpf gestreckt. Damit war die 747-8 das längste Flugzeug der Welt. Die Boeing 777-9 wird diesen Rekord übernehmen, wenn sie in den nächsten Jahren in den Liniendienst geht.

Die 747-8 bekam neue Tragflächen und Triebwerke, beide übernommen vom erfolgreichen Dreamliner, der Boeing 787. Aber dann war es genau diese neue Generation von ultraeffizienten Zweistrahlern, die der Produktion aller vierstrahligen Langstrecken-Großraumjets ein Ende setzte. Die Boeing 747 wird aber weiter eine Hauptrolle spielen – spätestens wenn die beiden neuen Präsidentenflugzeuge der US Air Force fertig sind. Sie werden vermutlich ab 2027 abheben. 

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.

Fast Facts zur Boeing 747

75.000 technische Zeichnungen der Ingenieur:innen und **15.000** Stunden im Windkanal waren nötig, um die erste Boeing 747 zu bauen.

Eine Boeing 747-400 besteht aus **sechs Millionen** Teilen, die **Hälfte davon sind Nieten**.

Mit einem **Volumen von 876 Kubikmetern** bot die Boeing 747-400 damals den größten Innenraum (später übertroffen von der 747-8 und dem Airbus A380); das entsprach **mehr als drei Häusern von jeweils 135 Kubikmetern Wohnfläche**.

Der Triebwerkslärm der Boeing 747-400 von 1989 war nur noch **halb so laut** wie jener der ersten 747-100 von 1969.

Die **Spannweite** einer Boeing 747-8 entspricht **der Länge von zwei Boeing 737-700** hintereinander.

Das **Leitwerk** einer Boeing 747 ist mit **19,50 Meter so hoch wie ein sechsstöckiges Haus**.

Die Flügel einer Boeing 747-400 umfassen eine Fläche von **524,9 Quadratmetern**, genug Platz um **45 Mittelklassewagen zu parken**.

274 Kilometer Kabel verlaufen durch eine Boeing 747-400.

Über 5,6 Milliarden Menschen waren bis 2017 in der Boeing 747 geflogen – rechnerisch über 80 Prozent der damaligen Weltbevölkerung.

Die weltweite 747-Flotte hatte bis 2017 über **78 Milliarden Kilometer zurückgelegt, was 101.500 Reisen zum Mond und zurück** entspricht.

Das Cockpit der Boeing 747-400 verfügt nur noch über **365 Schalter, Zeiger und Lämpchen** – in der Boeing 747-100 waren es noch **971**.



Energie tanken in der Luft

Einen Kampffjet im Flug zu betanken, bleibt auch mit moderner Technik ein Abenteuer, das ein Maximum an fliegerischem Können und Erfahrung erfordert.

Autor: Tobias Weidemann



Faszinierende Manöver — Ein Kampfflugzeug in der Luft zu betanken, verschafft diesem mehr Reichweite und erspart das zeitraubende, strategisch ungünstige Zwischenlanden.



Überdimensionaler Federball

Bei dieser Tankmethode wird die Sonde des zu betankenden Flugzeugs in den Fangkorb gesteuert.

Ein Flugzeug im Flug zu betanken, zählt immer noch zu den faszinierendsten Manövern der Luftfahrt: Ein speziell ausgerüstetes mit Kraftstoff gefülltes Transportflugzeug, etwa der Airbus A330 MRTT, begibt sich dazu auf eine vorgegebene Position im abgesperrten Luftraum, denn etwa in Deutschland ist das riskante Manöver nur in wenigen kaum besiedelten Regionen erlaubt. Von hinten nähert sich der zu betankende Kampffjet bis auf 20 Meter. Sobald beide die richtige Position gefunden haben und miteinander verbunden sind, beginnt der rund zehnmündige Tankvorgang. Das Tankflugzeug gibt dann je nach Betankungsverfahren bis zu 1.590 Kilogramm Kraftstoff pro Minute ab – in einer Höhe von 1.500 bis 10.000 Metern und bei einer Geschwindigkeit von rund 500 Kilometern pro Stunde.

All das überwacht ein Betankungsoperator („Air Refueling Officer“, ARO), der über die Instrumente die abzugebende Treibstoffmenge und – anhand der Wetterlage und weiterer Rahmenbedingungen – die Geschwindigkeit des Tankvorgangs regelt. Zur Steuerung des Tankvorgangs verfügt er über seitlich am Rumpf verbaute Video- und Infrarotkamarasysteme, die auch bei nächtlichen Einsätzen das zuverlässige Andocken ermöglichen. Dabei sorgt der Autopilot stets für die Einhaltung der geringen Distanz und erlaubt sanfte Kurskorrekturen. Dennoch klappt all das vor allem bei guter wolkenloser Wetterlage mit Sichtflugbedingungen und gleichbleibenden Windverhältnissen und erfordert auf beiden Seiten trotz der heutigen technischen Möglichkeiten ein Höchstmaß an fliegerischer Präzision und Erfahrung.

Im Rahmen einer solchen Operation werden oftmals nach einem minutengenauen Zeitplan mehrere Flugzeuge nacheinander betankt, bevor die fliegende Zapfsäule wieder zur Militärbasis zurückkehrt. Es ist auch nicht unüblich, zwei Flugzeuge gleichzei-

tig zu betanken, wenn es das Wetter und die Gegebenheiten im Luftraum zulassen.

Die MRTT-Version („Multi Role Tanker Transport“) des Airbus A330 ist eine vielseitige Transportmaschine, die nicht nur als Fracht- oder Passagierflugzeug dienen, sondern auch zur fliegenden Intensivstation umgebaut werden kann – oder eben als fliegende Zapfsäule fungiert, die bis zu 111 Tonnen Kraftstoff mit sich führt. Die militärische Version des zivilen Modells A330-200 wird bisher von vier Luftwaffen eingesetzt (unter anderem verfügt die Bundeswehr über diesen Typ) und wurde von sieben Ländern und der NATO bestellt. Übrigens kommt das Betanken im Flug nur im militärischen Umfeld zum Einsatz, da es in der zivilen Luftfahrt angesichts geltender Sicherheitsvorgaben kaum wirtschaftlich oder technisch sinnvoll umsetzbar wäre.

Ausleger-Systeme und Lösungen mit Sonde und Fangtrichter

Grundsätzlich gibt es zwei Verfahren, die sich bei der Betankung im Flug etabliert haben. Beim Ausleger-System positioniert sich das Tankflugzeug mit seinem in Grenzen beweglichen Ausleger am Heck vor dem zu betankenden Flugzeug. Der Ausleger wird dabei in dessen Tanköffnung geführt. Sind Rohr und Betankungsstutzen sicher verriegelt, schließt sich ein Stromkreis, der die Druckbetankung startet. Das zu betankende Flugzeug fliegt während des Tankvorgangs in Formation hinter oder unter dem Tankflugzeug. Nach Abschluss des Tankvorgangs werden die Ventile geschlossen und das Teleskoprohr zurückgezogen.

Eine alternative Strategie arbeitet mit einer Sonde und einem Fangtrichter, der aussieht wie ein überdimensionaler Federball. Dieser ist über einen flexiblen Schlauch angebracht, den das

Automatic Air-to-Air Refueling, A3R — Die Luft-Luft-Betankungsanlage reduziert mit Hilfe von Automatisierung die Arbeit des Betankungsoperators.



Tankflugzeug hinter sich herzieht. Das Tankflugzeug fliegt vor dem zu betankenden Kampffjet her, dessen Pilot die Sonde seinerseits in den Fangkorb steuert. Durch den Windzug am Fangtrichter wird eine Verbindung zwischen der Sondenspitze der Treibstoffsonde und dem Ventil hergestellt und nach Verriegelung der Tankvorgang über Druck gestartet.

Dieses Verfahren verlangt dem Piloten des Empfängerflugzeugs mehr Präzision ab als die Ausleger-Lösung, bei der es dafür mehr auf das Geschick des Betankungsoperators ankommt, der den starren Ausleger nur in begrenztem Umfang steuern kann. Während der Ausleger schnelleres Betanken aufgrund des größeren Querschnitts zulässt, ist bei der Fangtrichter-Variante aufgrund des größeren Abstands des 22 Meter langen Schlauchs das Kollisionsrisiko geringer.


Alle gängigen Tankflugzeuge, etwa auch der Airbus A330 MRTT, sind für diese beiden Verfahren geeignet, wobei es jeweils auf die Zertifizierung zu Betankung des jeweils gewünschten Flugzeugtyps ankommt. Neben diesen beiden Grundkonzepten gibt es aber auch kombinierte Lösungen, die sowohl mit einem Ausleger als auch mit einem oder mehreren Fangtrichtersystemen ausgestattet sind.

Bald tanken Flugzeuge weitgehend autonom

Auch wenn es bereits seit den 1920er-Jahren erste Bemühungen gibt, um Flugzeuge in der Luft aufzutanken und die Konzepte hierzu über die Jahrzehnte verbessert wurden, sorgen technische Innovationen auch in den nächsten Jahren noch für Weiterentwicklungen. Der Airbus A330 MRTT ist etwa das erste Tankflugzeug, das auch für die automatische Luftbetankung bei Tageslicht zugelassen ist.

Hierfür hat Airbus eine Luft-Luft-Betankungsanlage (Automatic Air-to-Air Refuelling, A3R) entwickelt, die mit Hilfe von Automatisierung die Arbeit des Betankungsoperators auf Überwachungsaufgaben reduzieren kann. Die Video- und Infrarotkamerasysteme arbeiten mit automatisierter und IT-gestützter Bilderkennung und -verarbeitung und erleichtern die Ausrichtung zwischen der Ausleger Spitze und der Empfängeraufnahme mit einer Genauigkeit von einigen Zentimetern. Die korrekte Ausrichtung und die Stabilität des Empfängers werden in Echtzeit überprüft.

Das System erfordert dabei keine Umrüstung an den Empfängerflugzeugen und kann bei nicht-optimalen Witterungsbedingungen den Sicherheitsgrad einer solchen Operation erhöhen. Mittelfristig kann ein solcher Betankungsvorgang so weitgehend autonom ablaufen und auch bei widrigen Sicht- und Witterungsverhältnissen zuverlässig durchgeführt werden. Im Rahmen eines Folgeprojekts A4R sollen auch die Aufgaben des Treibstoff empfangenden Flugzeugs automatisiert werden.

Doch auch wenn die Technologie hier in Zukunft den Menschen entlasten wird, erfordert die Planung weiterhin umfassende Erfahrungen und fliegerisches Können. Das Szenario der Luftbetankung könnte allerdings dann auch unter schwierigeren Bedingungen möglich werden, in denen die Pilot:innen heute noch nicht erfolgreich sind. 

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.

Leichtigkeit im Dienste der Wissenschaft

Auf Parabelflügen in einem Airbus A310 erreichen Astronaut:innen und Forscher:innen auch außerhalb des Weltalls Schwerelosigkeit.

Autor: Andreas Spaeth







22 Sekunden Schwerelosigkeit — Um außerhalb des Alls Schwerelosigkeit zu erreichen führen Spezialflugzeuge Parabelflüge durch.



Spezialmissionen

Raumfahrtagenturen, wie das DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt) oder das französische CNES nutzen Parabelflüge für wissenschaftliche Zwecke.

Was sind Parabelflüge?

Es handelt sich dabei um Spezialmissionen, die während ihrer Flüge bis maximal 31 Mal nacheinander die Figur einer Parabel nachahmen, um damit an Bord jeweils bis zu 22 Sekunden Schwerelosigkeit wie im Weltall zu erzeugen. Das Prinzip basiert auf physikalischen Gesetzen: Ein Objekt ist schwerelos, wenn es sich im freien Fall befindet. Wirft man einen Ball in die Luft ist er schwerelos und folgt der Bahn einer sogenannten Wurfparabel. Auch ein Flugzeug in dieser Mission wird so geflogen, dass es den freien Fall analog eines Balls in der Wurfparabel erreicht.

Wofür sind Parabelflüge sinnvoll und wer nutzt sie?

Für wissenschaftliche Experimente, die an oder von Menschen in Schwerelosigkeit ausgeführt werden sollen, sind Parabelflüge außerhalb des Weltalls die einzige Möglichkeit. Gerade für die Vorbereitung von Weltraummissionen und dort geplanten Versuchen sind sie daher wichtig, aber auch für die Forschung insgesamt. Viele Stoffe oder biologische, physikalische und medizinische Vorgänge lassen sich besonders gut unter Bedingungen ohne Erdanziehung herstellen oder untersuchen. Astronaut:innen und Wissenschaftler:innen nutzen Parabelflüge zum körperlichen

Training und zur Einweisung in Experimente, die im All durchgeführt werden sollen. Die meisten Anbieter lassen auf bestimmten Flügen aber auch interessierte Laien für Preise von etwa 6.000 bis 8.000 Euro pro Person mitfliegen.

Wie laufen Parabelflüge ab?

Aus dem normalen Reiseflug in etwa 6.000 Meter Höhe geht das Parabelflugzeug in einen starken Steigflug. Nach 20 Sekunden erreicht es etwa 50 Grad Anstellwinkel, bei einem üblichen Start sind es gerade einmal 18 Grad. Auf das Flugzeug wirkt dabei die sogenannte Hyperschwerkraft vom 1,8-fachen der Erdanziehung (1,8 g). Während dieser für den Körper anstrengendsten Phase liegen die Insassen meist auf dem Kabinenboden. Nun stellt der Pilot die Triebwerke fast auf Leerlauf. Die Physik bewirkt, dass das Flugzeug auch ohne Vortrieb aufgrund des zuvor geholten Schwungs noch fast 1.000 Meter weiter nach oben geschleudert wird, bevor es der Bahn einer nach unten offenen Parabel folgend (daher der Name) in den freien Fall übergeht. Am Scheitelpunkt der Parabel auf etwa 8.500 Metern beträgt die Geschwindigkeit nur noch etwa 380 km/h. Während der letzten Phase des Aufschwungs, am höchsten Punkt und während die Maschine im steilen Winkel von 42 Grad schräg nach un-



Parabelflugzeuge — Der Großteil der Kabine ist leer und rundum mit Matten und Polsterungen ausgestattet.



01



02



03



04

04 Novespace ist der einzige Betreiber von Flügen in der Schwerelosigkeit in Europa.

01 Das Experiment Spacebike untersucht, inwieweit sich die Ansteuerung von menschlichen Muskeln durch das Gehirn bei einer „normalen“ Bewegung in Schwerelosigkeit verändert. **02** Im Parabelflug wollen Forscher:innen ein Konzept für die Befüllung und den Transfer von Flüssigtreibstoffen in der Schwerelosigkeit testen. **03** Das Experiment „CoolFly“ untersucht die Wirkung von Kühlkleidung auf den menschlichen Kreislauf.

ten abkippt, herrschen an Bord insgesamt 20 bis 22 Sekunden Schwerelosigkeit. Dann wird die Maschine unter starkem Schub abgefangen um sie wieder in den horizontalen Reiseflug zu bringen – auch jetzt herrschen für etwa 20 Sekunden wieder 1,8 g Hyperschwerkraft.

Wie haben sich Parabelflüge entwickelt?

In den 1950er Jahren setzten die USA und die Sowjetunion zum Astronautentraining unter Schwerelosigkeit zweiseitige Jagd- und Trainingsjets ein. In den 1960er Jahren folgten in den USA erstmals größere Spezialflugzeuge wie umgebaute Tankflugzeuge des Typs KC-135 (militärische Version der Boeing 707) für Parabelflüge, die unter dem Spitznamen „Vomit Comet“ von der NASA betrieben wurden. 1989 stellte die französische Raumfahrtagentur CNES als erstes europäisches Parabel-Flugzeug eine umgebaute Caravelle in Dienst, die bis 1995 Missionen flog. Die Sowjetunion baute insgesamt drei große Transportflugzeuge des Typs Iljuschin Il-76 MDK für diesen Zweck um. Von 1996 bis 2014 betrieb die europäische Novespace den ältesten erhaltenen Airbus A300 für Zero G-Missionen, den dritten Prototyp aus dem Baujahr 1973. Er dient heute als Ausstellungsstück am Flughafen Köln/Bonn.

Wie sind solche Flugzeuge ausgestattet?

Ehemalige Verkehrsflugzeuge, die für Parabelflüge umgerüstet werden, weisen nur noch wenige Sitze auf, die zu Start und Landung genutzt werden. Der Großteil der Kabine ist leer, rundum mit Matten und Polsterungen ausgestattet sowie mit Schienen, auf denen die Experimente installiert werden. Im Cockpit gibt

es zusätzlich Beschleunigungsmesser und Bildschirme, die das Kabinengeschehen zeigen. Strukturelle Änderungen oder eine modifizierte Öl- und Treibstoffversorgung der Triebwerke gibt es nur in der Iljuschin Il-76 MDK.

Welche Flugzeuge können heute Parabelflüge betreiben?

Maximal eine Handvoll. In den USA fliegt weiter eine Boeing 727-200, die 1976 für Braniff gebaut wurde und seit 2004 Zero G-Flüge sowohl für die NASA als auch für Enthusiast:innen durchführt. Die Europäer verfügen über einen Airbus A310-300 mit 33 Meter Kabinenlänge, derzeit das größte Parabelflugzeug, das bis zu 40 Passagiere an Bord nimmt und von Novespace mit Sitz in Bordeaux unter dem Namen AirZero G betrieben wird. Es hat eine besondere Geschichte: 1989 an die DDR-Fluggesellschaft Interflug ausgeliefert, flog die A310 von 1991 an als VIP-Flugzeug der Flugbereitschaft der deutschen Luftwaffe Bundeskanzler Helmut Kohl, später Angela Merkel und ihre jeweiligen Minister unter dem Namen „Konrad Adenauer“ durch die Welt. 2014 trat die A310 ihre neue Aufgabe bei Novespace an. 🌍

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.

KURZ ERKLÄRT:

Das Future Combat Air System

Als Verbundsystem bestehend aus verschiedenen Plattformen und Komponenten wird FCAS deutlich effektiver sein als bisherige Luftverteidigungssysteme.



System of Systems — In sieben Pillars ist FCAS unterteilt: New Generation Fighter, Next European Fighter Engine, Remote Carrier, Air Combat Cloud, Simulation, Sensorik und Tarnfähigkeit.

Das Future Combat Air System (FCAS) ist das europäische Luftabwehrsystem, das ab 2040 zur Verfügung stehen soll. Deutschland, Frankreich und Spanien arbeiten daran gemeinsam. Die Entwicklung des FCAS ist in mehrere Säulen, so genannte Pillars unterteilt. In jedem Pillar sind Unternehmen aus allen drei Partnernationen beteiligt. Der Antrieb für das europäische Kampfflugzeug der nächsten Generation ist einer davon.

FCAS wird weit mehr sein als ein Verbund herkömmlicher Kampfflugzeuge. Das Herzstück ist zwar der New Generation Fighter, ein bemannter Jet neuester Generation. Ergänzt wird er von unbemannten Komponenten, sogenannten „Remote Carrier“. Gemeinsam bilden sie das Next Generation Weapon System. Eine Combat Cloud stellt sicher, dass dabei sämtliche Informationen innerhalb des entsprechenden Netzwerks allen an einer Mission beteiligten Akteuren in Echtzeit zur Verfügung stehen. FCAS wird wegen seines komplexen digitalen Netzwerks auch als „System of Systems“ bezeichnet.

**NGF**

Das Kampfflugzeug der sechsten Generation ist das Herzstück von FCAS.

**NEFE**

Starker Antrieb für ein starkes Kampfflugzeug.

Die Pillars von FCAS im Überblick:


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

- **Next European Fighter Engine:** Unter Führung des von der MTU und Safran gegründeten Gemeinschaftsunternehmens EUMET (European Military Engine Team) entwickeln die beiden Triebwerkspezialisten mit ihrem Hauptpartner ITP Aero das Triebwerk des New Generation Fighters. Die MTU übernimmt Verantwortung in ihren Kernkompetenzen Hoch- und Niederdruckverdichter, Verdichterschwingegehäuse sowie für Teile der Regelsysteme und ist federführend bei Aspekten der Triebwerksinstandhaltung.

- **Remote Carrier:** Unbemannte Komponenten, die mit dem Kampfflugzeug interagieren und dieses bei der Aufklärung, der elektronischen Kampfführung und Wirkung unterstützen. Die unbemannten Komponenten verringern die Einsatzrisiken des Kampfflugzeugs und der Pilot:innen.

- **Air Combat Cloud:** Ein geschütztes IT-System, welches das Kampfflugzeug und die unbemannten Komponenten für den Austausch von Informationen als digitales Backbone vernetzt. Durch seine offene Systemarchitektur können zudem bestehende Systeme (wie Eurofighter oder A400M), neue Systeme (wie die Eurodrohne) und andere Dimensionen (Land, See, Weltraum und Cyber) integriert werden.

Die weiteren Pillars beschäftigen sich mit den Themen Simulation(sumgebung), Sensorik und Tarnfähigkeit.

Europas strategischstes Verteidigungsprogramm ist nun in die nächste Phase gestartet: Am 20. März 2023 begann die Vertragslaufzeit zwischen den Industriepartnern der beteiligten Nationen. Die Demonstratorphase wird sich bis 2028/2029 erstrecken. FCAS soll dann ab 2040 zur Verfügung stehen. 



AEROREPORT

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