

AEROREPORT 02|16

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

Beste Verbindungen

*Konzepte für Luftverkehr im Zeitalter der
Urbanisierung und Digitalisierung*



MARKET

The Paint Job
Schützende Farbschichten
für Flugzeuge

MARKET

Spritsparen ist angesagt
Nachhaltigkeit
in der Luftfahrt

TECHNOLOGY

Die nächste Welle
Weiterentwicklungen bei
Turbine und Verdichter



Leise in der Stadt — Die Bombardier CS100 mit ihren leisen PW1500G-Triebwerken kann vom London City Airport aus starten und in einer reinen Business Class-Bestuhlung ohne Zwischenstopp direkt nach New York fliegen.

Liebe Leserinnen und Leser,

der Raumfahrt-Unternehmer und Milliardär Elon Musk möchte die Verkehrsprobleme der Zukunft mit dem Röhrentransportsystem „Hyperloop“ angehen: Passagiere und Frachten sollen in mit Solarenergie angetriebenen Transportkapseln mit mehr als 1.200 Stundenkilometern auf Luftkissen durch eine Röhre befördert werden. Im Mai dieses Jahres hat er bereits einen Prototyp des Antriebs vorgestellt.

Ein solches Hochgeschwindigkeitstransportsystem kann meiner Meinung nach noch auf längere Sicht nur punktuelle Verkehrsprobleme lösen. Die tatsächlichen Herausforderungen werden darin liegen, immer größere Mengen an Passagieren und Frachten zwischen rasant wachsenden Metropolen sowie in immer dünner besiedelten Regionen außerhalb der Megacitys zu befördern. Vor allem für den Personenfernverkehr wird es mindestens bis zur Jahrhundertmitte nur ein wirklich geeignetes Transportmittel geben: das Flugzeug.

Das wirft neue Fragen auf, mit denen sich insbesondere die Triebwerksindustrie beschäftigt: Bei einer heute prognostizierten Verdreifachung der internationalen Luftverkehrsflotte bis 2050 erhöhen sich auch die Umweltbelastungen durch das Fliegen. Mit Hochdruck arbeiten wir mit unseren Partnern daher an effizienteren, leiseren und schadstoffärmeren Antriebskonzepten, um die ehrgeizigen Klimaschutzziele, die sich die internationale Luftverkehrsindustrie selbst gesetzt hat, zu erreichen.

Ein Meilenstein auf diesem Weg ist die Getriebefan-Technologie in den PW1000G-Triebwerksprogrammen von Pratt & Whitney, an denen die MTU Aero Engines beteiligt ist. Die ersten Flugzeuge mit Getriebefans sind in diesem Jahr in den Liniendienst gegangen. Neben der Reduzierung von Treibstoffverbrauch und Schadstoffemissionen haben die neuen Flugzeuge ihren Vorgängermodellen vor allem eine Eigenschaft voraus: Sie sind deutlich leiser, was die Nutzung stadtnäherer Flughäfen erlaubt. Die Bombardier CS100 beispielsweise ist klein und leise genug, um vom London City Airport zu starten, und verfügt über genug Reichweite, um ohne den bisher bei kleineren Flugzeugen üblichen Tankstopp in Irland nach New York zu fliegen. Beides zusammen kann eine Zeitersparnis von mehreren Stunden ausmachen.

Wir geben Ihnen mit dieser Ausgabe des **AEROREPORT** einen Einblick in die Trends im Luftverkehr, berichten von Flugzeuglackierungen und einem ungewöhnlichen Kunden, haben eine Innovationsforscherin befragt und zeigen neueste Entwicklungen in der Technologie, die vor allem ein Ziel haben: Wachstum mit weniger Belastung für Umwelt, Klima und Menschen.

Viel Freude beim Lesen wünscht Ihnen



Ihr

Michael Schreyögg
Vorstand Programme



COVER STORY

Beste Verbindungen

Um das weltweite Wachstum des Luftverkehrs zwischen den urbanen Zentren bewältigen zu können, werden neue leisere Flugzeuge und effizientere Flughäfen gebraucht. Auch Big-Data-Anwendungen helfen dabei, Passagiere und Gepäck schneller ans Ziel zu bringen.

Seite 8



MARKET

The Paint Job

Farbe ist wichtig – nicht nur für das äußere Erscheinungsbild eines Flugzeugs. Die Lackierung hat viele Funktionen: Sie schützt vor Korrosion, erhöht die Lebenszeit und soll in Zukunft sogar die Umweltbilanz des Fliegens verbessern.

Seite 16



MARKET

Spritsparen ist angesagt

Die Luftfahrt kann bereits auf enorme Fortschritte in ihrer Umweltbilanz verweisen. Die CO₂-Emissionen sind in den vergangenen 50 Jahren um 70 Prozent je Passagierkilometer zurückgegangen. Doch der Verkehrssektor wächst von Jahr zu Jahr. Es gibt zahlreiche Initiativen, um den zunehmenden Flugverkehr umweltverträglicher zu machen.

Seite 22

CONTENTS

NEWS

- 6 **Kooperation mit Embraer** MTU Maintenance Lease Services und der Regionalflugzeughersteller arbeiten beim CF34-Leasing zusammen
- 6 **Royal Service for Royal Jordanian** Neue Verträge festigen Kooperation mit der jordanischen Airline
- 6 **Aigner eröffnet PW1100G-JM Montage** Prominente Unterstützung bei Eröffnung der Triebwerksmontage
- 7 **Wolfgang-Heilmann-Preis verliehen** Nachwuchsforscher erhält Technologiepreis der MTU Aero Engines
- 7 **T408: Freigabe für Serienproduktion** Startschuss für die Produktion des CH-53K-Helikopterantriebs
- 7 **Exklusivvertrag mit Sky Regional Airlines** Total Engine Care für kanadische Fluglinie

COVER STORY

- 8 **Beste Verbindungen** Konzepte für Luftverkehr im Zeitalter der Urbanisierung und Digitalisierung

MARKET

- 16 **The Paint Job** Schützende Farbschichten für Flugzeuge
- 22 **Spritsparen ist angesagt** Nachhaltigkeit in der Luftfahrt
- 24 **Hubschrauber oder Hundeschlitten** Wie die nördlichste Airline der Welt die Versorgung Grönlands sichert

PARTNERS

- 30 **Sicher nach Hause** Tyrol Air Ambulance: Krankentransporte durch die Lüfte

EXPERTISE

- 34 **„Wir müssen auch unser Verhalten überdenken“** Prof. Dr. Marion A. Weissenberger-Eibl vom Fraunhofer ISI über Innovationen für den Luftverkehr

**PARTNERS**

Sicher nach Hause

Mit bis zu sechs speziell ausgestatteten Flugzeugen fliegen die Krankentransport-Profis von Tyrol Air Ambulance über 3.000 Patienten im Jahr in ihre Heimatländer - eine logistische, fliegerische und technische Meisterleistung, hinter der 40 Jahre Erfahrung stecken.

Seite 30

**EXPERTISE**

„Wir müssen auch unser Verhalten überdenken“

Innovationen im Luftverkehr zielen vor allem auf die Reduzierung von Treibstoffverbrauch und Emissionen ab. Doch das könnte nicht reichen, sagt Prof. Dr. Marion A. Weissenberger-Eibl vom Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI).

Seite 34

**TECHNOLOGY**

Die nächste Welle

Zum Ende des Jahrzehnts soll der Antrieb der Airbus A320neo noch sparsamer werden. Um dies zu gewährleisten, befinden sich schon jetzt zwei Schlüsselkomponenten des Getriebefans in der Testphase bei der MTU Aero Engines.

Seite 44

TECHNOLOGY

- 40 **Präzision in Serie** Neues Fertigungsverfahren für PW1100G-JM-Nickelblisks
- 44 **Die nächste Welle** Zwei Schlüsselkomponenten für die nächste Getriebefan-Generation im Test bei der MTU Aero Engines

FACTS

- 48 **Wie ein Vogel** Nachbau des Lilienthal-Gleiters
- 49 **Viele runde Zahlen** 2016 ist für die MTU Aero Engines ein Jahr der Jubiläen
- 50 **In acht Schritten durch den Shop** GE90: So läuft ein Shop Visit ab
- 51 **Superhirn für Piloten** Der Eurofighter-HEA-Helm
- 52 **Gewinnspiel**
- 52 **Impressum und Bildnachweis**



www.aeroreport.de

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

Kooperation mit Embraer

Die **MTU Maintenance Lease Services B.V.** kooperiert in Zukunft mit **Embraer Aviation International SAS**. Die



Zusammenarbeit umfasst die Bereitstellung von Ersatztriebwerken und die dazugehörigen Leasing-Dienstleistungen für Betreiber von Embraer E-Jets in Europa, Afrika und dem Nahen Osten. Durch den ständig wachsenden Pool von Ersatztriebwerken ermöglicht die MTU Maintenance Lease Services ihren Kunden die garantierte Verfügbarkeit von Ersatztriebwerken für deren Kunden und unterstützt sie so, ihre Einsatzbereitschaft und Wettbewerbsfähigkeit zu optimieren. Dank der Kooperation mit Embraer stärkt die MTU Maintenance ihre Position als führender unabhängiger Instandhaltungsdienstleister für das Triebwerk **CF34-10E**.

Royal Service for Royal Jordanian

Die erste Geschäftsbeziehung zwischen der MTU Maintenance und der jordanischen **Airline Royal Jordanian** reicht zurück ins Jahr 1980. Im Triebwerksleasinggeschäft ist die Fluggesellschaft mittlerweile Stammkunde der MTU. In der jüngeren Vergangenheit kamen einige bedeutende Verträge hinzu: Seit Ende April läuft ein erneuerter und exklusiver Fünfjahresvertrag über die Instandhaltung der **V2500-Flotte**. Zu dem Servicepaket gehört jetzt auch das **MTU^{Plus} Engine Trend Monitoring** (siehe „Beste Verbindungen“ auf Seite 14). Dahinter steckt eine sensor-

basierte Funktionalität, die darauf abzielt, technische Probleme zu erkennen, lange bevor sie den Flugbetrieb stören oder aufwändige Reparaturen nach sich ziehen. Ebenfalls seit April greift ein neu abgeschlossener Vertrag über **CF34-10E und CF34-8E Triebwerke** der Embraer 195 und 175 E-Jets der Royal Jordanian. Aktuell befindet sich bereits die dritte dieser Engines im Shop bei der MTU Maintenance Berlin-Brandenburg. Ende September kam ein weiterer neuer Vertrag hinzu für die Instandhaltung der **CF6-80-Triebwerke** des Airbus A310-Frachtflugzeugs.

Aigner eröffnet PW1100G-JM Montage

Einer der größten Meilensteine der Unternehmensgeschichte ist erreicht: Die MTU Aero Engines hat das erste Serientriebwerk vom Typ Pratt & Whitney PurePower® **PW1100G-JM** endmontiert und an Airbus ausgeliefert. Die von der MTU entwickelte **Endmontagelinie** für den **A320neo-Antrieb** wurde durch Ilse Aigner, Bayerische Staatsministerin für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie, offiziell eröffnet. Gearbeitet wird aufgrund der hohen Produktionsrate mithilfe eines fließbandähnlichen Systems an sechs Montagestationen, an denen vormontierte Komponenten und Module zusammengebaut werden. So lassen sich parallel mehrere Triebwerke in unterschiedlichen Montagezuständen bearbeiten. Wenn die PW1100G-JM-Linie Ende 2018 komplett hochgefahren ist, werden dort rund 100 Mitarbeiter im 6-Tage-Mehrschicht-Betrieb beschäftigt sein. Im August nahm bereits die US-Luftfahrtbehörde (FAA) die Montagelinie und das Testing ab.

Mit der Einweihung ist die letzte entscheidende Etappe für den Serienhochlauf des zukunftsweisenden Antriebsprogramms bei der MTU Aero Engines erreicht.



MTU-CEO Reiner Winkler, Staatsministerin Ilse Aigner und MTU-Technikvorstand Dr. Rainer Martens (v. l.).

Wolfgang-Heilmann-Preis verliehen

Christian Lieber erhält den diesjährigen Wolfgang-Heilmann-Preis für seine Masterarbeit zum Thema „Simulation einer Triebwerks-Lagerkammer mittels Smoothed Particle Hydrodynamics“. Der Absolvent des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) hat dieses numerische Verfahren weiterentwickelt, mit dem die komplexen **Zwei-Phasen-Strömungsvorgänge in der Lagerkammer simuliert** werden, um das Triebwerksbauteil schneller exakter auslegen zu können. Der **Wolfgang-Heilmann-Preis** wurde 1990 von der MTU Aero Engines ins Leben gerufen und wird jährlich für herausragende Arbeiten an akademische Nachwuchskräfte vergeben, die am KIT im Bereich Luftfahrtantriebe forschen.



Wolfgang-Heilmann-Preis _____ Dr. Cornelia Hillenherms, Vizepräsidentin der DGLR, Preisträger Christian Lieber und Heinz Knittel, Technologiekoordinator bei der MTU Aero Engines (v. l.).

T408: Freigabe für Serienproduktion

Es gibt Situationen, in denen auch hartgesottene Militärs ins Schwärmen kommen. Kurz vor der Sommerpause gab es so eine bei GE Aviation in Lynn, Massachusetts – und mit Brigadegeneral Kurt Stein vom US Marine Corps. Er war begeistert: „Vielen Dank an alle, die an diesem Programm beteiligt sind – einschließlich der Ingenieure und den Kollegen aus Fertigung, Montage und Testing.“ Der Anlass: die Freigabe für die Serienproduktion des **T408**, Antrieb

des **Schwerlasthelikopters CH-53K „King Stallion“**.

Schwärmen dürften auch diejenigen, die bald mit dem CH-53K unterwegs sind. 27.000 Pfund Außenlast kann er transportieren – beinahe dreimal mehr als das Vorgängermodell. Der Antrieb ist dabei ganz entscheidend: Drei T408-Triebwerke pro CH-53K liefern mit jeweils 7.332 Wellen-PS die nötige Power.

Auch die MTU Aero Engines freut sich über die Zulassung des Triebwerks. Mit der Entwicklung und Fertigung der Nutzturbine übernimmt sie erstmals in einem US-amerikanischen militärischen Triebwerksprogramm die Verantwortung für eine komplette Baugruppe. Zudem erhält sie Lizenzen für Instandhaltung, Endmontage und Testing der T408-Modelle eines künftigen europäischen schweren Transporthubschraubers.

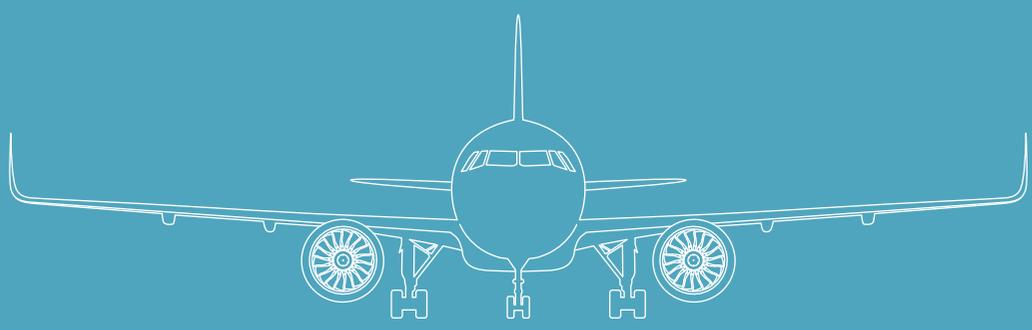
Exklusivvertrag mit Sky Regional Airlines

In den kommenden zehn Jahren betreut die **MTU Maintenance** exklusiv die CF34-8E-Triebwerke der kanadischen **Sky Regional Airlines**. Die MTU Maintenance übernimmt im Rahmen eines **Total Engine Care Pakets (TEC®)** alle Serviceleistungen rund um die Instandhaltung der Triebwerke, Vor-Ort-Reparaturen und die Bereitstellung von Ersatztriebwerken. Die Leistungen werden durch die MTU Maintenance Berlin-



Brandenburg, die auf die Instandhaltung von Triebwerken der **CF34-Familie** spezialisiert ist, koordiniert oder erbracht. Das Auftragsvolumen beläuft sich auf etwa 250 Millionen US-Dollar. Seit 2003 hat die MTU Maintenance fast 900 Shop Visits von Antrieben dieser Familie (CF34-1, -3, -8C, -8E, -10E) durchgeführt.

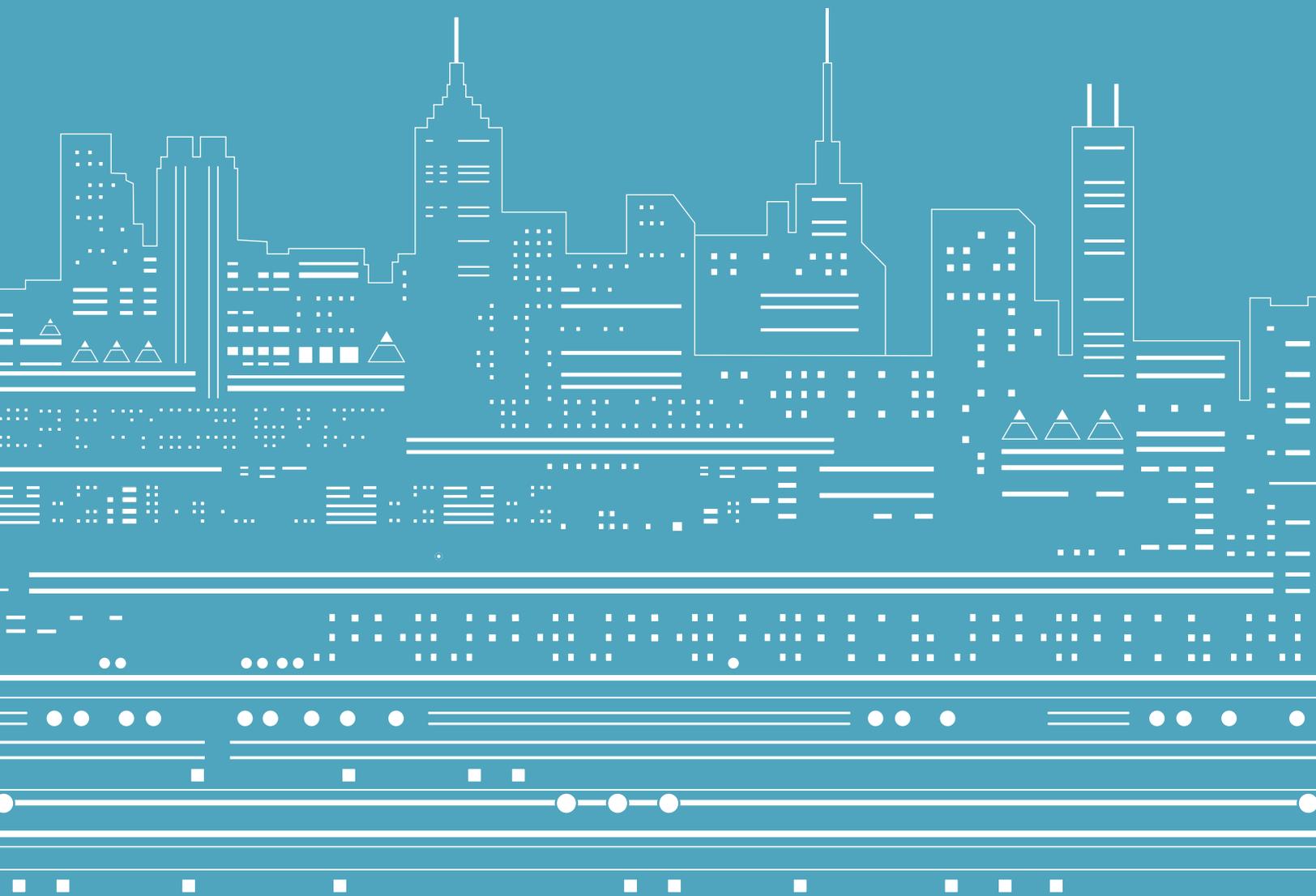
2015 war das Unternehmen die Nummer zwei der Instandhaltungsdienstleister für alle CF34-Triebwerke weltweit.



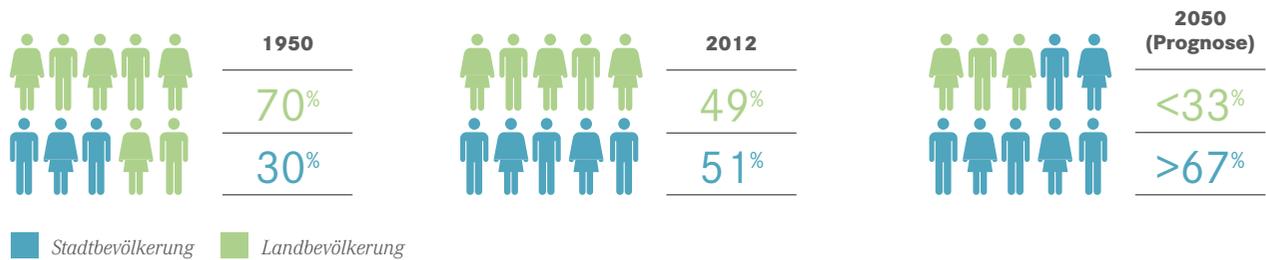
Beste Verbindungen

Um das weltweite Wachstum des Luftverkehrs zwischen den urbanen Zentren bewältigen zu können, werden neue leisere Flugzeuge und effizientere Flughäfen gebraucht. Auch Big-Data-Anwendungen helfen dabei, Passagiere und Gepäck schneller ans Ziel zu bringen.

Autor: Denis Dilba



VERTEILUNG DER WELTBEVÖLKERUNG STADT / LAND



Quelle: UN

Dass der Luftverkehr stark wachsen wird, ist bekannt. Allenfalls in den Prozentwerten der jährlichen Steigerungsrate gibt es in der Branche noch leichte Unstimmigkeiten. So haben Airbus und Boeing auf der diesjährigen Luftfahrtmesse im britischen Farnborough von jährlichen 4,5 Prozent weltweitem Wachstum bis zum Jahr 2035 gesprochen, während die International Air Transport Association (IATA) für denselben Zeitraum den

Anstieg mit 3,8 Prozent pro Jahr etwas verhaltener einschätzt. Die interessanteren Fragen kreisen aber längst nicht mehr darum, um wieviel Prozent genau der Luftverkehr zunehmen wird, sondern vielmehr darum, wo er wachsen wird, was das für Auswirkungen hat und wie der rasant ansteigende Bedarf an Mobilität insgesamt bewältigt werden kann.

DAS CENTAIRSTATION-KONZEPT VON BAUHAUS LUFTFAHRT



In Zusammenarbeit mit zwölf Studenten der Glasgow School of Art haben 25 Wissenschaftler von Bauhaus Luftfahrt ein aufeinander abgestimmtes Flughafen- und Flugzeugkonzept entwickelt: „CentAirStation“ und „CityBird“. Ihre Mission: Neue Innenstadtflughäfen und neue Flugzeuge, die regional zwischen diesen neuen Innenstadtflughäfen und konventionellen Flughäfen operieren, sollen zur Lösung der Herausforderungen des Luftverkehrs im Jahr 2040 und darüber hinaus beitragen.

Quelle: Bauhaus Luftfahrt e. V., Juni 2016

Die Prämissen:

- 1 *Urbanisierung, die bis 2040 und darüber hinaus zunehmen und zu einem starken Wachstum von Megastädten führen wird.*
- 2 *Diese Megastädte müssen effizient an den Flugverkehr angebunden werden.*
- 3 *Globales Luftverkehrswachstum von etwa 4,7 Prozent pro Jahr. Dies entspricht einer Verdreifachung des Flugaufkommens bis 2040.*
- 4 *Ein Ziel des „Flightpath 2050“ der Europäischen Kommission ist es, dass 90 Prozent aller Reisenden innerhalb von vier Stunden Tür zu Tür ihr Reiseziel erreichen sollen.*

„Passagiere sollen von ihrer Ankunft mit der Bahn bis zum Abflug maximal eine Viertelstunde benötigen und nach der Landung in zehn Minuten das Gebäude verlassen können.“

Kay Plötner,
Bauhaus Luftfahrt e. V.

Einen Hinweis darauf, wo der Luftverkehr wachsen wird, geben die Vereinten Nationen in einer aktuellen Prognose: Die Weltbevölkerung und damit das potenzielle Passagieraufkommen wird vor allem in den Städten zunehmen. Lebten noch 1950 gerade einmal 30 Prozent der Menschen in urbanen Gebieten, so wohnt heute bereits mehr als die Hälfte dort, ab 2050 werden es mehr als zwei Drittel sein, so die Experten. Während die Urbanisierung in den westlichen Ländern bereits weit fortgeschritten ist, nimmt sie in Asien, Lateinamerika und Afrika gerade richtig Fahrt auf. Insbesondere in China und Indien ist eine regelrechte Explosion der Städte sowie einer kaufkräftigen und konsumorientierten Mittelschicht zu beobachten. Mit höheren Einkommen können sich diese Menschen mehr Flugreisen leisten. Bleibt die Wachstumsrate bis 2050 einigermmaßen konstant, muss sogar mit einer Verdrei- bis Vervielfachung des Luftverkehrs gerechnet werden.

Infrastruktur am Boden

„Die Frage ist, wie der Aufbau von Infrastruktur mit dem Mobilitätsbedarf in so schnell wachsenden Städten mithalten kann“, sagt Kay Plötner vom Think Tank Bauhaus Luftfahrt in München. Der Luft- und Raumfahrt-Ingenieur hat an einem Konzept mitgearbeitet, das diese Frage elegant beantworten könnte: Neue kleinere Flughäfen direkt in den Innenstädten, von denen Direktverbindungen zueinander und zu bereits bestehenden Flughäfen angeboten werden, sollen Abhilfe schaffen. Plötner und seine Kollegen nennen die Studie, die sie 2016 auf der Internationalen Luft-

und Raumfahrt-Ausstellung (ILA) in Berlin präsentiert haben, „CentAirStation“.

Die Idee ist, bestehende Gleisflächen von U- oder S-Bahnen mit vierstöckigen Gebäuden zu überbauen, auf deren Dächern Flugzeuge starten und landen können. Man könne sich das in etwa wie einen Flugzeugträger vorstellen – nur eben an Land, sagt Plötner. Die Flugfläche ist 650 Meter lang und 90 Meter breit, im Stockwerk darunter steigen Passagiere ein und werden Flugzeuge abgefertigt. Noch eine Ebene tiefer befinden sich Sicherheitscheck und Gepäckaufnahme sowie Restaurants und Geschäfte, die von den im Erdgeschoss ankommenden Zügen aus zugänglich sind. „Passagiere sollen von ihrer Ankunft mit der Bahn bis zum Abflug maximal eine Viertelstunde benötigen und nach der Landung in zehn Minuten das Gebäude verlassen können“, sagt Bauhaus-Forscher Plötner.

Die CentAirStations funktionieren allerdings nur mit einem neuen Flugzeugtyp: dem „City-Bird“. Dabei handele es sich um ein Regionalflugzeug mit rund 60 Sitzplätzen und einer Reichweite von 2.700 Kilometern, erklärt Plötner. Die Triebwerke mit hohem Bypass-Verhältnis sollen moderne Turbokomponenten mit Kolbenmaschinen verbinden und so besonders geringe NO_x-Emissionen ermöglichen. An dem zukunftsweisenden Composite-Cycle-Engine-Konzept hat auch die MTU Aero Engines mitgearbeitet. Zusätzlich soll ein Katapultstart die nötige Antriebsleistung zum

AUTOMATISIERUNG BEIM FLUGGEPÄCKTRANSPORT

61,3%

weniger **verloren**
gegangene Gepäck-
stücke seit 2007

18

Milliarden US-Dollar
geschätzte **Einsparung**
der Airlines weltweit seit
2007 durch Verbesserun-
gen beim Gepäcktransport

33,3%

Flugpassagierzuwachs
weltweit seit 2007

62%

der **Flughäfen** wollen
die Gepäckabgabe
automatisieren

70%

der **Airlines** wollen
die Gepäckabgabe
automatisieren

66%

der Airlines planen, Passa-
gieren die Verfolgung ihres
Gepäcks mit **Datenüber-**
tragung in Echtzeit über
Apps für mobile Endgeräte
anzubieten

97%

der Passagiere reisen mit
mobilen Endgeräten
(Laptops, Tablets und
Smartphones)

Quelle: SITA, Baggage Report 2015
und Air Transport IT Review 2016

**ENTWICKLUNG DER DIGITALISIERUNG
IM PASSAGIERLUFTVERKEHR INNERHALB
EINES JAHRES**



2015

2016

78%

99%

der Airlines bieten **Check-in über
das Internet** an



2015

2016

50%

78%

der Airlines bieten **Check-in über
mobile Endgeräte** (Tablets,
Smartphones) an



2015

2016

45%

75%

der Airlines bieten **mobile
Bordkarten** an

Quelle: SITA, Baggage Report 2015 und Air Transport
IT Review 2016



Digitalisierung im Passagierverkehr — Drei von vier Airlines weltweit bieten derzeit schon papierlose Bordkarten auf mobilen Endgeräten an – erst vor einem Jahr waren es noch weniger als die Hälfte.

Abheben steigern und so den Betrieb noch leiser machen. Landen und starten können soll „CityBird“ aber auch von herkömmlichen Flughäfen, schließlich sei die Idee, bestehende Flughäfen zu ergänzen und nicht zu ersetzen, sagt Plötner.

In vier Stunden von Tür zu Tür

Die Bauhaus-Idee könnte dazu beitragen, ein von der Europäischen Kommission ausgegebenes ambitioniertes Ziel für den „Flightpath 2050“ zu erreichen: Bis zur Mitte dieses Jahrhunderts sollen 90 Prozent aller Reisen von Tür zu Tür in Europa nicht länger als vier Stunden dauern. Wie schwierig das heute ist, beschreibt Florian Rudolph, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Flughafenwesen und Luftverkehr des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Braunschweig: „Wenn ich von Braunschweig über den Flughafen Hannover nach Paris reisen will und den Flieger auch wirklich

sicher bekommen möchte, muss ich Pufferzeit für eventuelle Verspätungen von Bus und Bahn einplanen – und damit drei Stunden vor meinem Abflug von zu Hause losfahren“, sagt Rudolph. Zusammen mit dem Flug sei das Vier-Stunden-Ziel damit schon locker verfehlt.

Rudolph und seine Kollegen haben in dem DLR-Forschungsprojekt Optimode untersucht, wie das Zusammenspiel von Bus, Bahn und Fluggesellschaften so optimiert werden kann, dass Reisende weniger Pufferzeit einplanen müssen und trotzdem nicht Gefahr laufen, den Flug zu verpassen. „Wenn Airline, Bus- und Bahnunternehmen wissen, dass Fluggäste gerade im Bus oder Zug zum Flughafen sitzen, können bei Verspätungen Alternativrouten berechnet, zusätzliche Anschlussverbindungen gestellt oder Schnell-Boardings eingerichtet werden“, sagt Rudolph. Die Information darüber bekämen die Reisenden live auf einer

„Die digitale Transformation bietet enorme Chancen für die Luftfahrt. Sie macht das Fliegen effizienter, sicherer und komfortabler und die Herstellung von Flugzeugen oder Flugzeugteilen kostengünstiger und flexibler.“

Bernhard Rohleder,
Bitkom

App angezeigt. Und falls die Verspätung zu groß sei, berechnet das System eine neue Verbindung und leitet den Passagier über andere Knotenpunkte zu seinem Ziel, so Rudolph.

Was sich simpel anhört, ist in der Praxis eine große Herausforderung. Heute erfahren die Fluglinien oft erst beim Check-in am Abflugtag, dass der Fluggast sicher fliegen wird. Damit die Verkehrsträger flexibel reagieren können, müssten Reisende künftig dazu bereit sein, die Information über ihren Aufenthaltsort an Bus- und Bahnunternehmen sowie die Airline weiterzugeben. Das soll nach Vorstellung der DLR-Experten automatisch erfolgen, beispielsweise über den Scan des Bus- oder des Bahntickets und einen Abgleich mit GPS-Koordinaten, die vom Smartphone übermittelt werden. Betritt der Passagier den Flughafen, bestätigt er mit einem Barcodescan, dass er angekommen ist. Aber auch vor dem Hintergrund, dass ein erster Optimode-Prototyp durchweg positives Feedback bekommen hat, ist den Forschern klar, dass sie mit dem Projekt Neuland betreten. „Bisher optimieren die einzelnen Ver-

kehrsträger nur ihre eigenen Systeme“, sagt Rudolph, „die Schwierigkeit ist, sie davon zu überzeugen, zu Gunsten eines optimalen Gesamtziels auch einmal von ihren Einzelzielen abzurücken.“

Big Data verändert die Luftfahrt

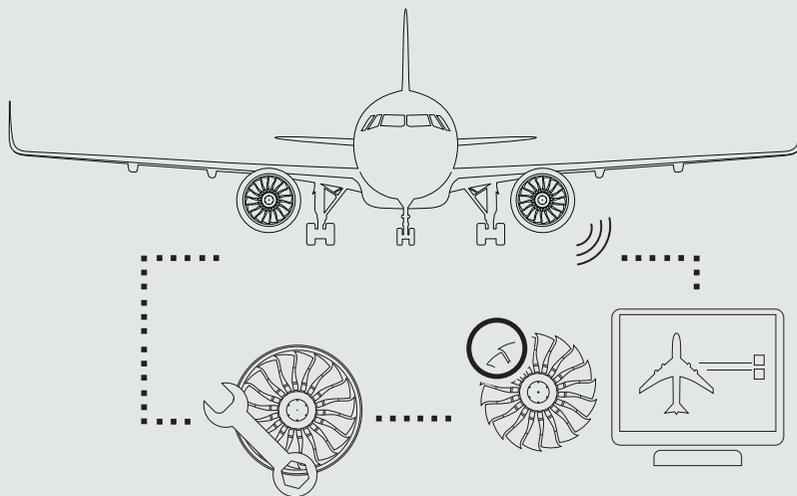
Trotzdem zeigt Optimode schon heute, dass der Rohstoff Daten die Luftfahrt ebenso verändern wird wie die Urbanisierung. So können Fluggesellschaften durch die Auswertung aller ihnen über ihre Fluggäste zur Verfügung stehenden Informationen nicht nur den Service immer weiter optimieren, etwa indem das Lieblingshotel zusammen mit der Flugbuchung angeboten wird oder Vorlieben zum Essen an Bord direkt vermerkt sind. Auch der Check-In wird künftig reibungsloser ablaufen: Koffer, die mit Funkchips gekennzeichnet sind, können schon weit vor dem Flughafen aufgegeben werden – und im weiteren Verlauf der Reise automatisch den Aufenthaltsort des Reisenden finden. Das Warten am Gepäckband, schätzen Branchenkenner, wird schon innerhalb der nächsten zehn Jahre eher Ausnahme als Regel sein.

Rohstoff Daten in der Luftfahrt

„Datenströme tragen mehr zum weltweiten Wachstum bei als Warenverkehr“: Zu diesem Schluss kommt die internationale Unternehmensberatung McKinsey in einer Studie, die Anfang 2016 veröffentlicht wurde. In zehn Jahren, so die Studie, sei der internationale Datenverkehr um den Faktor 45 gestiegen und werde sich bis zum Ende des Jahrzehnts noch einmal um den Faktor 9 vervielfachen.

Angetrieben wird die Potenzierung der Datenströme durch technische Verbesserungen der Hardware, wie die Fachzeitschrift „Aviation Week“ auch für die Luftfahrt feststellt: „Fortschritte bei den digitalen Verbindungssystemen versprechen eine große Bandbreite an Applikationen und Services, die zur Verbesserung der operationalen Effizienz und Sicherheit von Airlines beitragen werden.“ Als Beispiel für die Nutzung von Datenströmen in der Luftfahrt nennt das Magazin unter anderem die Minimierung von Störungen im Flugbetrieb mit Hilfe von Wetterdaten, die von Flugzeugen und Wetterbeobachtungsstationen geliefert, in einem Zentralrechner akkumuliert und regelmäßig an die Flugverkehrsteilnehmer gesendet werden können.

Inside MTU — Engine Trend Monitoring



„Zum Teil verhindern wir auch teurere Reparaturen, weil wir früh erkennen, dass ein kleineres Bauteil ausgetauscht werden muss, damit es zu keinem größeren Schaden kommt.“

Dr. Friedhelm Kappei,
MTU Maintenance Hannover

Die MTU-Software Engine Trend Monitoring zeichnet während des Flugs Daten wie Drehzahlen oder Drücke aus dem Triebwerk auf. Nach der Landung werden diese an die MTU Maintenance übermittelt. „Wir analysieren sie und prüfen, ob es Abweichungen gibt, die auf Schäden im Triebwerk hinweisen“, erklärt Dr. Fried-

helm Kappei, Senior Manager Central and Performance Engineering. Der Vorteil: „Unsere Kunden können damit besser planen, wann welches Flugzeug zu Triebwerksüberholung auf den Boden kommen muss“, sagt der MTU-Experte. „Zum Teil verhindern wir auch teurere Reparaturen, weil wir früh erkennen, dass ein kleineres

Bauteil ausgetauscht werden muss, damit es zu keinem größeren Schaden kommt.“ Kappei geht davon aus, dass die Triebwerksdaten in Zukunft auch in Echtzeit übertragen werden können, was heute hauptsächlich wegen der dafür benötigten hohen Datenübertragungsraten noch nicht möglich ist.

„Die digitale Transformation bietet enorme Chancen für die Luftfahrt. Sie macht das Fliegen effizienter, sicherer und komfortabler und die Herstellung von Flugzeugen oder Flugzeugteilen kostengünstiger und flexibler“, sagt Bernhard Rohleder, Hauptgeschäftsführer des deutschen Digitalverbands Bitkom. Dr. Friedhelm Kappei, Senior Manager Central and Performance Engineering bei der MTU Maintenance Hannover, kennt das Potenzial von Big-Data-Analysen bereits aus der Praxis: Die Software MTU^{Plus} Engine Trend Monitoring zeichnet während der Startphase oder im Reiseflug Triebwerksparameter wie Drehzahlen, Temperaturen und Drücke auf. Landet das Flugzeug, werden die Informationen an die MTU übermittelt.

Mit der Entwicklung des Engine Trend Monitorings habe man schon vor rund 15 Jahren begonnen, mit der Getriebefan-Technologie, die in der neuesten Triebwerksgeneration gerade in den Liniendienst geht, gar schon vor 30 Jahren, sagt Dr. Marc Le Dilloquer, MTU-Marktexperte. „Das zeigt: Veränderungen im Luftfahrtsektor müssen heute eingeleitet werden, um morgen ihr Potenzial ausspielen zu können.“ Echte Revolutionen im Luftverkehr seien aus heutiger Sicht nicht zu erwarten, sondern vielmehr eine weitere Evolution. Das liegt auch daran, dass die teure Infrastruktur weitgehend vorhanden ist und möglichst auch weiter genutzt werden muss. Ob es sich jedoch lohnt, einen bestehenden Flughafen auszubauen, lässt sich neuerdings mit einer adaptierten



„Das heißt vor allem: Wir müssen die Flugzeuge so leise machen, dass sie nicht oder nur geringfügig stören.“

Roland Gerhards,
Zentrum für Angewandte Luftfahrtforschung (ZAL)

DLR-Software abschätzen, die ursprünglich für die Vorhersage der Entwicklung der Leuchtkraft von Sternen eingesetzt wird.

Mehr fliegen mit weniger Lärm

Klar ist aber allen Beteiligten, dass Veränderungen in der Luftfahrt ohne die Akzeptanz der Bevölkerung kaum durchzusetzen sind. „Das heißt vor allem: Wir müssen die Flugzeuge so leise machen, dass sie nicht oder nur geringfügig stören“, sagt Roland Gerhards, Geschäftsführer des Zentrums für Angewandte Luftfahrtforschung (ZAL) in Hamburg. Während elektrisches Fliegen auf sehr lange Sicht Potenzial zur Lärmreduzierung bietet, seien die Brennstoffzelle und kleine Elektroantriebe in den Fahrwerken heiße Kandidaten, den Luftverkehr bereits kurzfristig deutlich leiser zu machen, sagt Gerhards. „Damit könnten die Flugzeuge

lautlos bis zum Start rollen.“ Beide Themen würden aktuell am ZAL bearbeitet und könnten innerhalb der nächsten fünf bis zehn Jahre einsatzbereit sein.

Weniger Fluglärm ist auch ein Thema für die Hersteller von Luftfahrtantrieben: Die neuen Getriebefan-Triebwerke reduzieren nicht nur den Treibstoffverbrauch und die Schadstoffemissionen des Flugzeugs, sondern auch seinen sogenannten Noise-Footprint um bis zu 75 Prozent. Damit schrumpft die von einem bestimmten Lärmniveau betroffene Fläche um einen Flughafen herum auf ein Viertel. Das ermöglicht mehr Flugbewegungen, ohne die Umgebung noch weiter mit Lärm zu belasten, und schafft Raum für künftiges Wachstum. ✈️



Fragen, Wünsche, Anregungen? Hier erreichen Sie die Redaktion:
aeroreport@mtu.de



Mehr zum Thema: www.aeroreport.de



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



Schmückender Schutz — Bis zu sechs Farbschichten, jede weniger als ein Millimeter dick, werden auf ein Flugzeug aufgetragen, um die Außenhaut vor Umwelteinflüssen wie Kälte und UV-Strahlung zu schützen.

The Paint Job

Farbe ist wichtig – nicht nur für das äußere Erscheinungsbild eines Flugzeugs. Die Lackierung hat viele Funktionen: Sie schützt vor Korrosion, erhöht die Lebenszeit und soll in Zukunft sogar die Umweltbilanz verbessern.

Autorin: *Monika Weiner*

Flugzeugbauer achten aufs Gewicht, wann immer sie können. Das Feilschen um jedes Gramm hat gute Gründe: Je leichter eine Maschine, desto weniger Sprit verbraucht sie, desto mehr Passagiere kann sie aufnehmen, desto besser ist ihre CO₂-Bilanz. Triebwerkshersteller optimieren daher ständig ihre Designs; Rumpfteile werden immer häufiger aus teuren, karbonfaserverstärkten Kunststoffen gefertigt; bei der Inneneinrichtung kommen statt massiver Metalle zunehmend Faserverbundwerkstoffe zum Einsatz. Und am Ende packen Lackierer fast eine Tonne Farbe auf eine Airbus A380. Muss das sein?

„Absolut“, erklärt Maike Timm, Produktionsleiterin im Bereich Aircraft Painting Services bei Lufthansa Technik. „Ohne die schützende Farbschicht würden die Flugzeugteile – egal ob sie aus Metall oder Kunststoff gefertigt sind – innerhalb kürzester Zeit Schaden nehmen.“ Im ganz normalen Flugbetrieb sind die Oberflächen enormen Belastungen ausgesetzt: Eiskristalle, Staubpartikel, Asche und Sandkörner prasseln mit einer Geschwindigkeit von 1.000 Kilometern pro Stunde auf die Materialien ein. Dazu

kommen UV-Strahlung und Temperaturschwankungen von minus 55 bis plus 100 Grad Celsius. Enteisungsmittel, Kerosin und Schmierölrreste lassen Metalle schnell korrodieren und zerstören den Materialverbund von faserverstärkten Kunststoffen, wenn die Oberflächen nicht versiegelt sind. Die ersten Passagierflugzeuge flogen aus Kostengründen unlackiert – es herrschte Krieg in Europa. Doch die Aluminiumlegierungen wurden schnell matt und mussten häufig nachpoliert werden. Heute fliegt nicht einmal die „Tante Ju“ ohne schützende Farbschicht – auch wenn man ihr das auf den ersten Blick nicht ansieht. Die Außenhaut ist mit Metallclack überzogen.

Schichtweise Schutz

Ohne Lack geht in der Luftfahrt nichts. Mit Farbe aus dem Baumarkt ist es allerdings nicht getan – Flugzeuglack muss extrem dünn, kratzfest, schmutzresistent und umweltfreundlich sein. „Dank neuer Entwicklungen können wir mittlerweile sehr ökonomisch arbeiten“, resümiert Timm. „Eine knappe Tonne Farbe für die Airbus A380 klingt zwar viel, verteilt sich aber auf fast



Detailarbeit am Flügel _____ Lackierarbeiten im Airbus Paint Shop in Toulouse.



Passgenau _____ Ein Mitarbeiter von Lufthansa Technik beim Abkleben des Fensters der D-AIRX, einer Airbus A321-131, die 2013 zum fünfzigjährigen Jubiläum der Lufthansa im Look der frühen 1950er Jahre lackiert wurde.



Decklack _____ Farbe bekommt das Flugzeug mit der dritten Lackschicht, hier bei Airbus.

Farbe am Flieger



Gold für Olympioniken — Feinarbeit beim Aufbringen der Farbfolien auf dem „Siegerflieger“, einer für die deutsche Olympiamannschaft 2016 eigens designten Boeing 747-8 der Lufthansa.

Nach den Olympischen Spielen 2016 flog die deutsche Olympiamannschaft mit dem „Siegerflieger“, einer extra für den Event designten Lufthansa Boeing 747-8, von Rio zurück nach Deutsch-

land. Das Flugzeug wurde für diese Aktion allerdings nicht neu lackiert, sondern mit Folien beklebt. Die Maschine darunter ist immer noch klassisch weiß.

Grundsätzlich können Flugzeuge in jeder Farbe lackiert werden. Weiß hat allerdings den Vorteil, dass es sich nicht aufheizt. Eine schwarze Maschine könnte zwar dünner lackiert werden, weil dunkle Farben besser decken, allerdings würden diese auch das Sonnenlicht stark absorbieren. Der Innenraum müsste dann ständig gekühlt werden.

Auch bunte und komplexe Designs lassen sich aufbringen. Eine mehrfarbige Lackierung ist allerdings teuer, denn jede Farbe muss in einem eigenen Arbeitsgang aufgebracht werden, wobei man Teile, die andersfarbig werden oder bleiben sollen, von Hand abkleben muss. Um den Arbeitsaufwand zu minimieren, entwickeln Ingenieure derzeit Roboter, die Farben direkt auf das Flugzeug aufdrucken können.

„Ohne die schützende Farbschicht würden die Flugzeugteile – egal ob sie aus Metall oder Kunststoff gefertigt sind – innerhalb kürzester Zeit Schaden nehmen.“

Maïke Timm,
Lufthansa Technik

4.000 Quadratmeter Oberfläche. Die vier bis fünf Farbschichten, die aufgetragen werden müssen, sind insgesamt nur Bruchteile eines Millimeters dick.“

In solchen Schichtsystemen steckt jahrzehntelange Erfahrung. Im einfachsten Fall sind zwei verschiedene Komponenten nötig: Die gereinigten und geschliffenen Oberflächen versehen Lackierer mit einem Korrosionsschutz, dem Primer. Auf diesen kann

der eigentliche Lack gespritzt werden – hier wiederum gibt es Ein-Schicht- und Zwei-Schicht-Systeme. Der Farbhersteller Akzo-Nobel hat ein Zwei-Schicht-System aus Basislack und Klarlack entwickelt. „Das Basecoat/Clearcoat-System hat verschiedene Vorteile“, erläutert Thomas Böttcher, Vertriebsleiter Flugzeuglacke bei AkzoNobel Aerospace Coatings. „Der Klarlack schützt vor UV-Strahlung und erhöht die Glanz- und Farbbeständigkeit. Außerdem sind die Oberflächen so glatt, dass das Flugzeug weniger schnell verschmutzt und durchschnittlich nur noch halb so oft gewaschen werden muss. Und die Lebenszeiten der Zwei-Schicht-Lackierungen sind mit sechs bis acht Jahren deutlich länger als die der meisten anderen Lackierungen, die im Schnitt nur fünf Jahre erreichen.“

Mit weiteren Zwischenschichten lassen sich zusätzliche Funktionen integrieren, beispielsweise eine selektive Entlackbarkeit. Diese entsteht durch eine dünne Trennschicht, die auf den Korrosionsschutz-Primer aufgebracht wird. Braucht das Flugzeug nach einigen Jahren einen neuen Anstrich, so lässt sich der alte Lack entlang der Trennschicht chemisch ablösen – der darunter liegende Korrosionsschutz bleibt erhalten. „Die Zeiten, die



Lack aus der Pistole — Airbus setzt unter anderem elektrostatische Lacksprühsysteme ein, die weniger Sprühnebel erzeugen. Hier die Rumpflackierung an der ersten A350XWB für Finnair in Toulouse.

Entlackung und Lackierung in Anspruch nehmen, lassen sich so um zehn Prozent reduzieren“, betont Böttcher.

Treibstoff sparen mit Oberflächen

In Zukunft sollen Lacke sogar helfen Treibstoff zu sparen. Beispielsweise, weil ihre Oberflächen spiegelglatt sind und die Luft widerstandslos über sie hinweggleitet. Derzeit experimentieren die Ingenieure bei Lufthansa Technik mit nanopartikelhaltigen Poliermitteln, die alle Unebenheiten ausgleichen.

Ein anderer Ansatz besteht darin, die Oberflächen mit einer Struktur zu versehen, die den Strömungswiderstand reduziert. Haifische kommen so leichter vorwärts: Mikroskopisch dünne Rillen in den Schuppen, die längs zur Strömungsrichtung verlaufen, verringern den Widerstand. Wie dieser Riblet-Effekt für die Luftfahrt genutzt werden kann, haben Forscher im EU-Projekt Clean Sky untersucht. Ingenieure vom Fraunhofer-Institut für

Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung (IFAM) entwickelten ein Verfahren, mit dem sich feine Rillen auf ein Flugzeug aufbringen lassen. Die Simultan-Stempel-Härtungsmethode erlaubt es, Mikrostrukturen mittels einer mit Lack beschichteten Silikonfolie, die ein Negativ der Riblet-Struktur trägt, aufzudrucken. Bei gleichzeitiger Bestrahlung mit UV-Licht härtet der Lack aus, anschließend kann die Silikonfolie abgezogen werden. „Der Lack bietet mehrere Vorteile“, erläutert der Fraunhofer-Forscher Dr. Volkmar Stenzel. „Er ist UV-resistent, hält mechanischen Belastungen gut stand, verursacht kein Zusatzgewicht und lässt sich problemlos auf gekrümmten Oberflächen anbringen.“

Die Beständigkeit von 10 mal 10 Zentimeter großen, mikrostrukturierten Lackarealen haben die Ingenieure von Lufthansa Technik und Airbus im Clean Sky-Projekt unter realen Bedingungen im Flugbetrieb getestet. Derzeit suchen die Forscher nach Lösungen, wie sich die gewünschte Struktur vollautomatisch auftragen lässt,

„Gearbeitet wird beispielsweise an speziellen Harzen, die Lacke schmutz-, wasser- und eisabweisend machen. Mit solchen Lacken will man die Zeiten und Kosten, die notwendig sind, um die Maschinen zu reinigen und zu enteisen, drastisch reduzieren.“

Dr. Volkmar Stenzel,
Fraunhofer IFAM

und untersuchen, ob sich der Aufwand lohnt. Den Hochrechnungen zu Folge lässt sich rund ein Prozent Treibstoff im Luftverkehr einsparen – bei einem jährlichen Kerosinverbrauch von rund 300 Millionen Tonnen in der zivilen Luftfahrt lohnt sich das.

Eine Verringerung des Luftwiderstands ist nur eine von vielen Erwartungen, welche die Luftfahrtindustrie an die Flugzeugfarben

von morgen hat. „Der Trend geht hin zur Integration von Zusatzfunktionen“, berichtet der Fraunhofer-Experte Stenzel. „Gearbeitet wird beispielsweise an speziellen Harzen, die Lacke schmutz-, wasser- und eisabweisend machen. Mit solchen Lacken will man die Zeiten und Kosten, die notwendig sind, um die Maschinen zu reinigen und zu enteisen, drastisch reduzieren.“ 

Farbschichten auf dem Flugzeug

Schicht	Bezeichnung	Funktion	Dicke	Künftige Entwicklungen
Unterste Schicht	Primer	Korrosionsschutz	25 Mikrometer	Chromathaltigen Primer ersetzen durch chromatfreien
Mittlere Schicht	Haftvermittler	Glätten und Verbinden	25 Mikrometer	
Optional zwischen mittlerer und oberer Schicht	Trennschicht	Ermöglicht das Abbeizen darüber liegender Schichten	10 Mikrometer	
Obere Schicht	Decklack	Farbgebung und Schutz vor mechanischen und Umwelteinflüssen	50-130 Mikrometer	Integration von schmutz- und wasserabweisenden Eigenschaften; Trend zu immer glatteren schmutzresistenteren Oberflächen; extrem schnell-trocknende Lacke, die unter UV-Licht aushärten
Alternativ zur oberen Schicht: Zwei-Schicht-System	Basislack	Farbgebung	25-75 Mikrometer	Schnelles Aushärten, Verminderung des Reibungswiderstands, Verhinderung von Verschmutzung/Ver-eisung, längere Haltbarkeit
	Klarlack	Schutz vor UV-Strahlung und mechanischen Einflüssen	25-45 Mikrometer	



Fragen, Wünsche, Anregungen? Hier erreichen Sie die Redaktion:
aeroreport@mtu.de



Mehr zum Thema: www.aeroreport.de



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

Spritsparen ist angesagt

Nachhaltigkeit in der Luftfahrt: ein Überblick.

Autorin: *Silke Hansen*

Es ist nicht so, dass die Branche das Thema erst jetzt entdeckt. Die Luftfahrt kann bereits auf enorme Fortschritte in ihrer Umweltbilanz verweisen. Die CO₂-Emissionen sind in den vergangenen 50 Jahren um 70 Prozent je Passagierkilometer zurückgegangen. 2015 haben die deutschen Airlines im Durchschnitt über alle Flugzeugtypen und Strecken nur 3,6 Liter Treibstoff pro 100 Passagierkilometer verbraucht, so der Bundesverband der Deutschen Luftverkehrswirtschaft (BDL). Doch der Verkehrssektor wächst von Jahr zu Jahr. Daher gibt es zahlreiche Initiativen, um den zunehmenden Flugverkehr umweltverträglicher zu machen.

Von Generation zu Generation sind Flugzeuge und Antriebe immer effizienter geworden. Weniger Kerosinverbrauch bedeutet weniger CO₂. Treibstoffverbrauch und Ausstoß des Klimagases stehen im direkten Verhältnis. Mit zahlreichen Maßnahmen arbeitet die Branche daran, den Kerosinverbrauch und damit die Treibhausgase zu drosseln.

Wachstum ohne zusätzliche Emissionen

Heute hat sich die Luftfahrt zu ehrgeizigen Zielen verpflichtet, ob auf europäi-

scher oder internationaler Ebene - übrigens als einziger Verkehrssektor. In mehreren Etappen sollen bis 2050 nach der Strategic Research and Innovation Agenda der europäischen Luftfahrt und Forschung (SRIA) die Treibhausgase um 75 Prozent pro Passagierkilometer im Vergleich zum Jahr 2000 gesenkt werden. Die International Air Transport Association (IATA), der Verband der Fluggesellschaften, verfolgt ein „Carbon Neutral Growth“, also ein Wachstum ohne zusätzliche Emissionen ab 2020.

Die International Civil Aviation Organization ICAO, die Luftfahrtorganisation der UN, hat die CO₂-Emissionen von Flugzeugen ebenfalls im Blick und will einen international gültigen CO₂-Standard verabschieden. Ab 2020 sollen neue Flugzeuge die dort vorgeschriebenen CO₂-Werte einhalten, drei Jahre später dann Modelle, die sich bereits in Produktion befinden. Ab 2028 soll kein Flugzeug mehr abheben dürfen, das dem Standard nicht entspricht. „Die Luftfahrt ist im Moment für weniger als zwei Prozent der jährlichen CO₂-Emissionen verantwortlich, aber wir müssen die ab 2030 zu erwartende Verdoppelung des weltweiten Passagierverkehrs verantwortungsvoll und nachhaltig gestalten“, mahnt

der Präsident des ICAO Council, Dr. Olumuyiwa Benard Aliu. Erst im Oktober 2016 hat die ICAO ein globales Klimaabkommen auf den Weg gebracht, um wachstumsbedingte CO₂-Emissionen des Luftverkehrs ab 2020 schrittweise zu kompensieren.

Der Luftverkehr wirkt sich nicht nur über CO₂-Emissionen auf das Klima aus, wenn auch deren Wirkung am stärksten ist. Bei der Verbrennung von Kerosin entstehen Luftschadstoffe wie Stickoxide, für die bereits seit langem Grenzwerte der ICAO gelten. Zur Erderwärmung tragen die Bildung von Kondensstreifen und Zirruswolken in großen Flughöhen bei. Hier ist das Luftverkehrsmanagement gefragt, um neue Flugrouten, bei denen zum Beispiel tiefer geflogen wird, zu entwickeln.

Treibstoff-Alternativen

Eine Alternative zum Kerosin sind nachhaltige Kraftstoffe. Doch anders als im Straßenverkehr sind die Anforderungen an Energiedichte, Sicherheit und Betriebseigenschaften viel höher. Zurzeit sind mehrere Biokraftstoffe der zweiten Generation für den Flugbetrieb zugelassen. Diese so genannten Drop-in-Kraftstoffe besitzen die gleichen Eigenschaften wie Kerosin und können in allen Flugzeugen und Flughäfen



verwendet werden. Weltweit benötigt der Luftverkehr am Tag fast 500.000 Tonnen Kerosin. Die Produktion von Biokraftstoffen in großen Mengen darf sich nicht negativ auf Nahrungsmittelproduktion oder ökologische Vielfalt auswirken. Daher forschen Spezialisten an verfahrenstechnisch hergestellten Kraftstoffen, um Flugtreibstoff zum Beispiel aus Wasser und CO₂ mittels Sonnenenergie in der Wüste zu produzieren. Wirtschaftlich sind die Verfahren alle noch nicht. Alternative Flugkraftstoffe können derzeit laut der Aviation Initiative for Renewable Energy in Germany noch nicht zu wettbewerbsfähigen Kosten produziert werden.

Als langfristige Perspektive diskutiert die Branche ein anderes Thema intensiv: das elektrische Fliegen. „Nach unserer Einschätzung ist der heutige Stand der Technik noch mehrere Jahrzehnte von einer elektrisch fliegenden A320 entfernt“, sagt Dr. Jörg Sieber, bei der MTU Aero Engines für das Innovationsmanagement zuständig. Dafür würden viel leistungsfähigere Batterien und Elektromotoren benötigt, als es sie heute gibt. „Regionalflugzeuge mit kleiner Reichweite sind vielleicht in 30 Jahren denkbar. Für Mittel- und Langstreckenflüge fehlen derzeit geeignete Batteriekonzepte.“ Die MTU setzt deshalb auf hybride Systeme aus Gasturbine mit Generator und elektrisch angetriebenen Fans. Doch wie nachhaltig ist das elektrische Fliegen? Sicher, es wird am Flugzeug kein Erdöl verbrannt, wobei schädliche Abgase entstehen, aber der Strom muss erzeugt werden und dürfte dann nicht aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe stammen. 

Inside MTU ____ *Corporate Responsibility*

Wie nachhaltig ist eine einzelne Organisation? Was kann sie zum Klimaschutz beitragen? Was ist ihr besonders wichtig? Antworten auf diese Fragen liefert der Nachhaltigkeitsbericht, der inzwischen bei großen Unternehmen gängige Praxis ist. Auch die MTU informiert jährlich über ihre Nachhaltigkeitsziele und -standards nach dem international gängigen Leitfaden der Global Reporting Initiative GRI. Denn so lassen sich die einzelnen Berichte miteinander vergleichen. Für das Jahr 2017 wird die Kür zur Pflicht – zumindest in Europa. Dann greift ein neues Gesetz, nach dem börsennotierte Unternehmen mit mehr als 500 Mitarbeitern zu Nachhaltigkeitsthemen auskunftspflichtig sind. Ein Schwerpunkt der MTU ist die Clean Air Engine Agenda, mit der sich die CO₂-Emissionen von Luftfahrtantrieben bis 2050 um 40 Prozent reduzieren sollen. Aber das ist bei weitem nicht alles: Auch gegenüber Mitarbeitern, Lieferanten und Gesellschaft zeigt die MTU Verantwortung.

Nachzulesen unter www.mtu.de
 > *Unternehmen*
 > *Corporate Responsibility*

Facts & Figures ____ *Nachhaltigkeit in der Luftfahrt*

Weltweit arbeitet die Luftfahrt an einer grüneren Zukunft: Mehr als 400 Organisationen in 65 Ländern haben Projekte zur Reduzierung von Treibhausgasen initiiert – ob Flugzeughersteller, Airlines, Antriebsspezialisten oder Flughafenbetreiber. Eine Auswahl:

Erster Bioport im Dauerbetrieb: Der Flughafen Oslo mischt Biokerosin in sein Treibstoffverteilnetz. Amsterdam und Brisbane wollen dem Beispiel folgen.

Innovativer Flugzeugschlepper: Das neue TaxiBot von Lufthansa bringt Flugzeuge mit ausgeschalteten Triebwerken vom Gate zur Startbahn.

Grüne Welle: Das Getriebefan-Triebwerk von Pratt & Whitney und MTU spart allein in der ersten Generation 16 Prozent CO₂.

Neue Technologien: Im Rahmen der EU-Forschungsprogramme LEMCOTEC, E-BREAK und ENOVAL entwickelt die Triebwerksindustrie Technologien für neue Antriebe, die ab 2025 den Kraftstoffverbrauch um bis zu 26 Prozent (gegenüber dem Jahr 2000) reduzieren sollen.



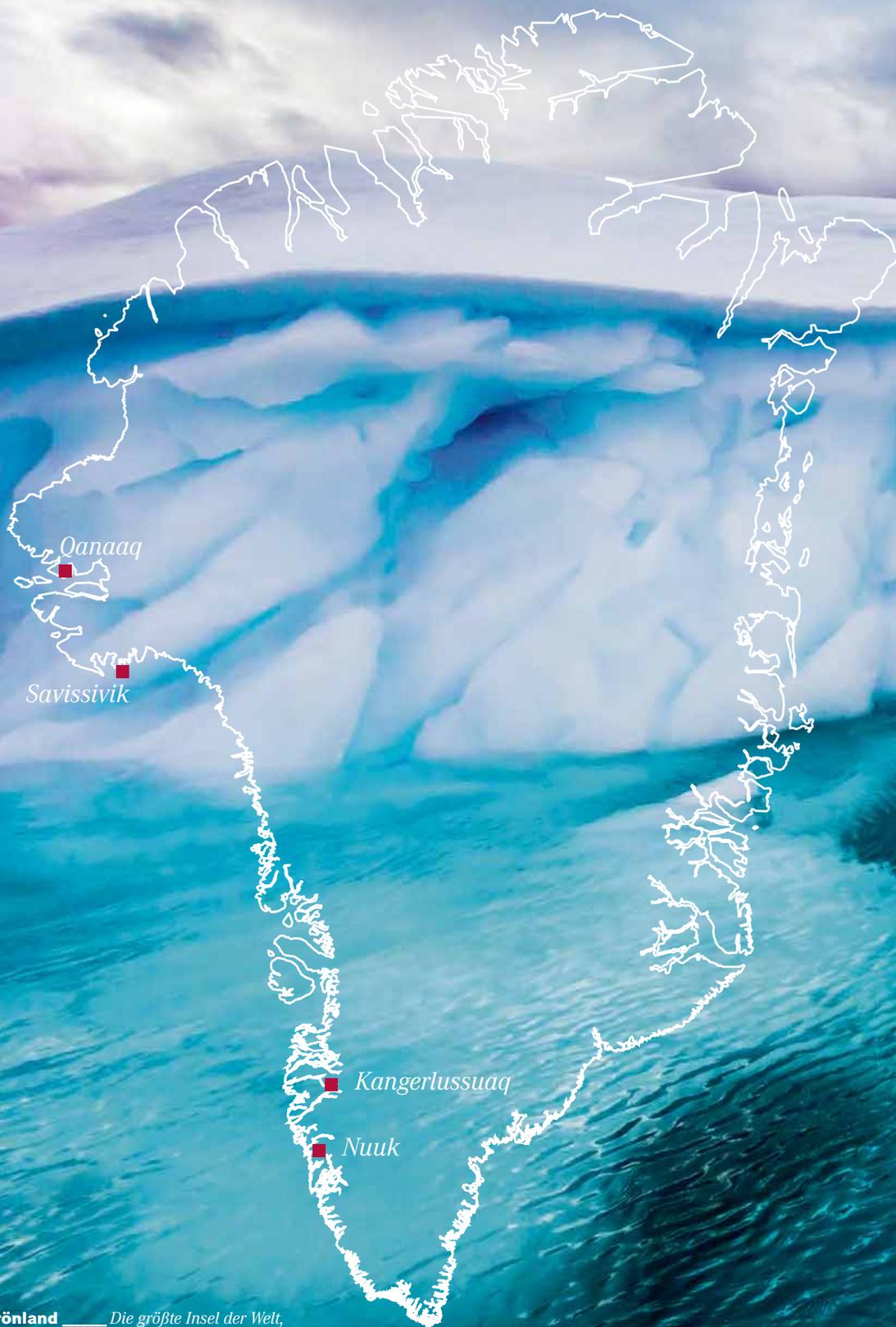
Fragen, Wünsche, Anregungen? Hier erreichen Sie die Redaktion:
aeroreport@mtu.de



Mehr zum Thema: www.aeroreport.de



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



Grönland — Die größte Insel der Welt, 2.670 Kilometer sind es von Nord nach Süd, 82% der Oberfläche sind Eis.

Hubschrauber oder Hundeschlitten

Air Greenland, die nördlichste Airline der Welt, ermöglicht Grönland den Anschluss an die Welt – und die Versorgung abgelegener arktischer Dörfer.

Autor: Andreas Spaeth

air greenland

Savissivik liegt am Ende der Welt, an ihrem nördlichen Ende. Der kleine Ort ist nach der letzten Zählung Heimat für gerade mal 66 Bewohner, die rund 800 Kilometer nördlich des Polarkreises am 76. Breitengrad leben. Ein Dutzend hölzerne Wohnhäuser sowie ein Gemeinschaftshaus mit fließend Wasser, das ist alles. Nur eine schmucklose Kirche aus Fertigteilen gibt es noch, in der ein nebenberuflicher Geistlicher sonntags die Messe liest, wenn er nicht verschläft. Die Menschen leben vom Fischfang, im kurzen Sommer per Boot oder Kajak, fast neun Monate im Jahr aber durch Löcher im Eis - und von staatlicher Hilfe. Immerhin gibt es einen Heliport - im Winter sind Hubschrauber die einzige Verbindung zur Außenwelt neben dem Hundeschlitten. Und Winter

herrscht in Savissivik die meiste Zeit des Jahres. Zu Jahresbeginn sind Temperaturen von minus 35 bis minus 40 Grad Celsius bei monatelang andauernder Dunkelheit normal.

Zweimal die Woche, mittwochs und freitags, landet eine knallrote Bell 212 aus dem fast 200 Kilometer nördlich gelegenen Qanaaq - der einzigen größeren Siedlung im Umkreis von 300 Kilometern. „Wir bringen frisches Obst und Gemüse, Milch, Medikamente und Post, wir fliegen aber auch Patienten zum Arzt“, erzählt Toke Brødsgaard, der bei Air Greenland als Hubschrauberpilot arbeitet. Reguläre Passagiere können ebenfalls mitfliegen - allerdings sind trotz Subventionen die Flugpreise so hoch, dass sich kaum ein



01



02



03

- 01 ____ Die Bell 212 wirkt vor einem riesigen Eisberg fast wie ein Spielzeug-Hubschrauber.
- 02 ____ Abgelegene Idylle: Kein Ort ist in Grönland auf Straßen erreichbar.
- 03 ____ Air Greenland bedient mit der Bell 212 regelmäßig auch kleinste Siedlungen.



Außerirdisch schön — Eine inzwischen ausgemusterte Dash-7 fliegt über einen Fjord in Grönland.

„Wir bringen frisches Obst und Gemüse, Milch, Medikamente und Post, wir fliegen aber auch Patienten zum Arzt.“

Toke Brødsgaard,
Hubschrauberpilot bei Air Greenland

Dorfbewohner die Luftreise aus eigener Tasche leisten kann. Der Flug mit Zwischenlandung auf der US-amerikanischen Thule Air Base kostet umgerechnet rund 150 Euro – für die einfache Strecke.

Luftbrücken stellen im arktischen Winter die Versorgung sicher

Grönland ist mit knapp 2,2 Millionen Quadratkilometern die größte Insel der Welt und gehört politisch zu Dänemark, geographisch zu Nordamerika. Von Nord nach Süd beträgt die größte Distanz 2.670 Kilometer. Die Oberfläche ist zu 82 Prozent vom Panzer des bis zu 3.000 Meter dicken Inlandeises bedeckt, nur an der Westküste gibt es eisfreie Stellen. Hier leben auch die meisten der insgesamt 55.000 Einwohner Grönlands, gerade mal so viele Menschen wie die Städte Rosenheim in Deutschland oder New

Brunswick/New Jersey in den USA bewohnen. Straßen zwischen zwei Orten gibt es in Grönland keine – aber Air Greenland fliegt mit Bombardier Dash-8-200-Turboprops und Hubschraubern planmäßig 13 Flughäfen im Inland an, dazu kommen neun permanent betriebene Heliports sowie 39 weitere Landeplätze. Versorgungsflüge gibt es sogar zu über 100 Siedlungen, manche davon mit nur 40 Einwohnern – ohne die Hilfe aus der Luft könnten die Menschen unter diesen harten Bedingungen schwer überleben.

Die meisten Grönländer, einheimische Inuit oder zugewanderte Dänen, leben verstreut an der Westküste. Als Verkehrsmittel bedient man sich im Winter des Hundeschlittens, manchmal können auch Autos über das zugefrorene Meer fahren. Im Sommer ist das Küstenschiff das wichtigste Transportmittel. Das ganze



Jahr verfügbar sind lediglich Flugzeuge und Hubschrauber der Air Greenland. Vor allem im Winter bilden die Helikopter für viele Dörfer so etwas wie die Nabelschnur. Transporte werden meist mit der fünfsitzigen AS 350B3 von Airbus Helicopter durchgeführt, von denen die nördlichste Airline der Welt fünf betreibt. Auf Passagierflügen kommen überwiegend die acht Bell 212-Helikopter zum Einsatz, die über maximal 13 Sitze verfügen.

Zwischen 1965 und 2012 waren auf Linienstrecken bis zu acht große Verkehrshubschrauber des Typs Sikorsky S-61N im Einsatz – damals die größte zivile Flotte weltweit. Die S-61 bietet bis zu 25 Plätze oder kann alternativ Nutzlasten von bis zu 2,5 Tonnen transportieren. Zwei 1965 gebaute robuste Veteranen sind heute noch aktiv, vor allem im Rettungsdienst oder auf Sondermissionen wie dem jährlichen Hundeschlittenrennen in der Disko Bucht von Westgrönland. Zu diesem Anlass werden dann jeweils fünf Schlitten und ihre Fahrer sowie bis zu 76 Hunde auf einmal eingeladen. Eine weitere S-61, Baujahr 1979, wurde erst kürzlich angeschafft und für Notfalleinsätze über Eis und Wasser mit modernster Ausrüstung völlig neu aufgebaut. „Heute ist die S-61 im Passagier- oder Lasten-Linienbetrieb siebenmal teurer als ein Flächenflugzeug“, sagt Toke Brødsgaard, und wetteranfälliger als die Dash-8-Flotte sind die Hubschrauber auch.

Wetter dominierender Faktor auch im Luftverkehr

Das Wetter ist ein dominierender Faktor für das Leben in Grönland. Früher hieß Air Greenland deshalb im Volksmund auch „Imaqaa Airways“, übersetzt „Vielleicht Air“, weil sie so unzuverlässig war. „Das war vor vielen Jahren“, sagt Jakob Petersen, der in der Hauptstadt Nuuk in der Betriebszentrale von Air Greenland als Flugplaner arbeitet. „Damals hatten wir viel mehr Hubschrauber, und die waren bei schlechtem Wetter sehr viel eingeschränkter in ihrem Aktionsradius.“

Der Wind ist ein großes Problem geblieben, und das ausgerechnet am Hauptstadt-Flughafen. In Nuuk, der einzigen Stadt, die diese Bezeichnung verdient, lebt etwa ein Viertel der Bevölkerung; fast die Hälfte aller Air Greenland-Passagiere fliegt hierher. Insgesamt 395.000 Fluggäste beförderte die Airline 2015, mehr als sechsmal so viele wie das Land Einwohner hat. „Unser maximales Windlimit sind 40 Knoten beim Start und 35 zur Landung – erst vorgestern blies es hier aber mit 50 Knoten“, so Petersen. Dutzende Flüge wurden gestrichen.

„Es kann in Grönland zu allen Jahreszeiten Wetterprobleme geben, Nebel und Sturm auch im Sommer; Schnee, Blizzards und Vereisung im Winter, und Nuuk gehört leider zu den am stärksten



- 01** ____ *Der einzige Jet von Air Greenland, eine A330, landet auf der Thule Air Base.*
02 ____ *Der Flughafen Kangerlussuaq liegt in der Mitte der Nordatlantikroute.*
03 ____ *Die bunten Häuser sind typisch für Siedlungen in Grönland.*
04 ____ *Die knallroten Bell 212 sind auch bei schwierigem Wetter gut sichtbar.*

betroffenen Zielen“, sagt Petersen. Toke Brødsgaard ist früher selbst S-61 geflogen und erinnert sich: „Etwa 30 Prozent unserer Hubschrauber-Verbindungen waren im Schnitt vom Wetter behindert. Frühjahr und Herbst sind am schwierigsten, im Winter sind die Verhältnisse stabiler“, so der Hubschrauber-Pilot. Meist wird das Wetter erst während des Fluges schlecht – die Piloten müssen dann umkehren oder eine Ausweichlandung an einem anderen Ort machen. Um Kollisionen mit Terrain zu vermeiden, liegt die vorgeschriebene Mindestflughöhe bei 500 Fuß (ca. 150 Meter). „Die meisten unserer Piloten sind Schweden und Norweger, einige stammen aus Grönland“, berichtet Brødsgaard.

Drehkreuz Kangerlussuaq

Alle Wege von, nach und oft auch innerhalb der eisigen Insel führen über Kangerlussuaq. Hier, gerade oberhalb des Polarkreises, liegt Grönlands größter Flughafen. Die seit 1992 geräumte ehemalige US-Basis ist besser bekannt unter ihrem dänischen Namen Søndre Strømfjord, Flughafenkürzel SFJ. Nur von hier aus fliegt Air Greenland mit ihrem einzigen Jet, einer Airbus A330-200, regelmäßig nach Kopenhagen, im Sommer manchmal zweimal am Tag. Das könnte sich ändern: „Derzeit wird eine Erweiterung von Flughäfen wie Nuuk diskutiert, so dass dort direkt aus Kopenhagen auch Jets landen könnten“, sagt Air Greenland-CEO

Michael Højgaard. Doch ob es soweit kommt, ist ungewiss. Bis dahin sind selbst abgelegene arktische Flecken wie Savissivik einzig durch Air Greenland mit der Welt verbunden, und das zumeist via Kangerlussuaq. 



Fragen, Wünsche, Anregungen? Hier erreichen Sie die Redaktion:
aeroreport@mtu.de



Mehr zum Thema: 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.

Sicher nach Hause

Mit bis zu sechs speziell ausgestatteten Flugzeugen fliegen die Krankentransport-Profis von Tyrol Air Ambulance über 3.000 Patienten im Jahr in ihre Heimatländer - eine logistische, fliegerische und technische Meisterleistung, hinter der 40 Jahre Erfahrung stecken.

Autor: Philipp Bruhns

Wenn sich in der Wintersaison mal wieder eine Schlange mit Krankenwagen auf dem Rollfeld des Innsbrucker Flughafens Kranebitten bildet, so hat sich nicht etwa ein größeres Unglück ereignet, sondern es beginnt lediglich das Boarding für einen der wohl ungewöhnlichsten Liniendienste der Luftfahrt: Der sogenannte „Gipsbomber“ der Tyrol Air Ambulance (TAA) bringt mehrmals wöchentlich verunglückte Skiurlauber bequem, schnell und umfassend medizinisch betreut aus dem Alpenraum

nach Hause. Vorwiegend liegen die Ziele dabei im Benelux-Raum, aber auch Skandinavien wird häufig angefliegen. Ganzjährig fliegen die Sammeltransporte zudem mit mehreren Zwischenstopps zur Aufnahme von Patienten von den Sonnenzielen rund um das Mittelmeer aus nach Mittel- und Nordeuropa.

Im Passagierverkehr, etwa bei der TAA-Muttergesellschaft Welcome Air, bietet die eingesetzte Turboprop-Maschine

vom Typ Dornier 328 Platz für 31 Passagiere. Als Ambulanzflugzeug hängt ihr Fassungsvermögen vom jeweiligen Platzbedarf der Patienten an Bord ab. Die Bestuhlung, die vom Wartungsteam vor jedem Flug individuell angepasst wird, kann aus Krankenliegen (Stretcher) oder normalen Flugzeugsitzen mit Beinstützen (Leg rest) bestehen. Auch die Zusammensetzung der Crew und die medizinische Ausstattung an Bord wird an den jeweiligen Bedarf angepasst.



Notfalls kann die Dornier sogar als fliegende Intensivstation mit sechs Betten eingesetzt werden.

Das Erfolgsrezept der TAA-Sammeltransporte seien höchste medizinische Standards und ein hohes Maß an Planungs-Expertise, erklärt TAA-Geschäftsführer Manfred Helldoppler: „Wir bieten den Versicherungen, die meist die Transportkosten tragen, ein einzigartiges und kostengünstiges Produkt an. Damit landen wir auch bei brancheninternen Ratings regelmäßig im Spitzenfeld.“

Startklar innerhalb von zwei Stunden

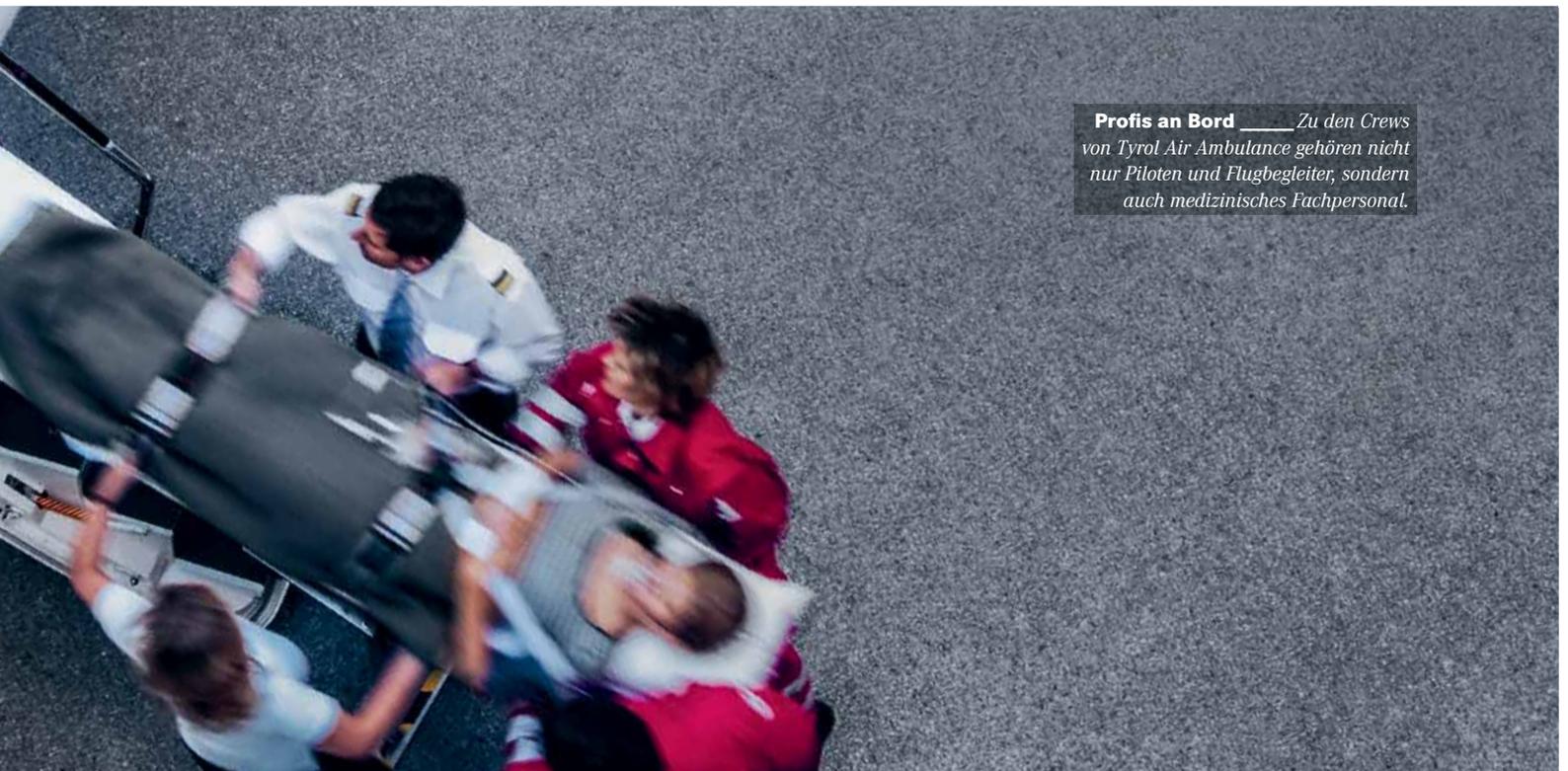
Das Leistungsspektrum der Tyrol Air Ambulance beschränkt sich jedoch nicht auf den „Gipsbomber“. Schon seit der Gründung im Jahr 1976 werden mit einer wachsenden Flotte aus speziell umgerüsteten Business-Jets Ambulanzflüge durchgeführt. Für Transporte von bis zu zwei Patienten, oftmals mit intensivmedizinischer Betreuung oder abseits der großen touristischen Ziele, setzt die TAA drei

Gulfstream 100 und eine Cessna Citation Bravo ein. 365 Tage im Jahr und rund um die Uhr ist das Team der Medical Assistance für Patienten und Angehörige in Not erreichbar, verschafft sich zunächst ein umfassendes medizinisches Bild und koordiniert den Informationsaustausch zwischen Behandlern vor Ort, den Angehörigen und dem medizinischen Dienst des Versicherers. Bei grünem Licht für einen Rücktransport wird dieser innerhalb von zwei Stunden realisiert. So viel Zeit bleibt den TAA-Spezialisten am Boden dann, um Jet, Crew und medizinisches Team samt aller Überflug- und Landegenehmigungen sowie den dazugehörigen Ground Operations unter Dach und Fach zu bringen. Bei außergewöhnlichen Langstreckenzielen kann die Flugvorbereitung aufgrund der erforderlichen Genehmigungen auch einmal mehr Zeit erfordern.

Doch trotz der sorgfältigen Vorbereitung durch erfahrene Mediziner und Dispatcher ist, gerade bei Schwerverletzten und Patienten, die intensivmedizinisch betreut werden müssen, kaum

einer dieser Flüge wirklich Routine: So kann es durchaus vorkommen, dass sich der Zustand eines Patienten bis zum Transport soweit verschlechtert, dass dieser vor Ort zunächst einmal stabilisiert werden muss. Nur erfahrene und mit dem jeweiligen Krankheitsbild vertraute Notfall-Spezialisten kommen als Ärzte mit an Bord, denn einmal in der Luft, müssen sie alleinverantwortlich zu jedem Zeitpunkt die richtige Entscheidung treffen können. Auch für die Cockpit-Crew kann der Krankentransport besondere Herausforderungen bereithalten, etwa wenn ein Patient mit Verdacht auf Luftröhrenverletzung auf geringer Höhe geflogen werden muss.

„Bei uns gleicht kaum eine Mission der anderen, selbst auf den vermeintlich routinemäßigen Sammelflügen“, beschreibt Geschäftsführer Helldoppler das besondere Anforderungsprofil seiner Airline. „Damit am Ende alles reibungslos abläuft, braucht es sehr viel Erfahrung und große Vielseitigkeit in unserem gesamten Team - am Boden genauso wie in der Luft.“ Die Arbeit sei außergewöhnlich



Profis an Bord — Zu den Crews von Tyrol Air Ambulance gehören nicht nur Piloten und Flugbegleiter, sondern auch medizinisches Fachpersonal.

„Damit am Ende alles reibungslos abläuft, braucht es sehr viel Erfahrung und große Vielseitigkeit in unserem gesamten Team - am Boden genauso wie in der Luft.“

Manfred Helldoppler,
Tyrol Air Ambulance

abwechslungsreich und erfüllend, weshalb „uns so viele unserer rund 100 festen Mitarbeiter und das erfahrene medizinische Personal aus unserem mehr als 70 Mann starken Ärzte- und Pflegepool so langfristig begleiten“.

Nahezu hundertprozentige Einsatzfähigkeit

Einen wichtigen Beitrag im Hintergrund leistet das Technik- und Wartungsteam, das nicht nur gefragt ist, wenn es darum geht, aus Business-Jets und Regionalflugzeugen fliegende Intensivstationen zu machen. Auch beim Thema Maintenance gibt es besondere Anforderungen, so der Director Technical Operations der TAA, Johan Schot: „Auf den ersten Blick ist es für einen Operator unserer Größe sicherlich ungewöhnlich, dass wir fast alle Maintenance-Aufgaben am Flugzeug selbst durchführen. Wir sind jedoch auch keine normale Airline. Die Ausrüstung an Bord unterscheidet unsere Maschinen schon von herkömmlichen

Regional- und Businessfliegern.“ Das Team arbeitet in kurzen Planungshorizonten und muss gleichzeitig eine nahezu hundertprozentige Einsatzfähigkeit der gesamten Flotte sicherstellen. „Hinzu kommt, dass unsere Jets ein Vielfaches der Flugstunden sammeln, die für diese Flugzeugmuster üblich sind.“

Diesen hohen Ansprüchen an Flexibilität und Servicetiefe muss auch die Triebwerkswartung und -instandhaltung genügen. Seit 15 Jahren lässt die TAA die Pratt & Whitney Canada-Triebwerke ihrer Dornier 328 und Cessna Citation Bravo über das Customer Service Centre Europe (CSC) instand halten. „Darüber haben wir Zugang zu einem sehr umfangreichen weltweiten OEM-Service-Netzwerk sowie zu kurzfristig verfügbaren Leihtriebwerken, unter anderem mit schnell einsatzbereiten mobilen Reparaturteams – im Grunde ähnlich wie bei uns“, fasst Schot die Vorteile der langjährigen Zusammenarbeit zusammen. 



Inside MTU — Hilfe für die Helfer

Die Tyrol Air Ambulance aus Innsbruck ist Kunde des Pratt & Whitney Canada (P&WC) Customer Service Centre Europe (CSC), eines Joint Ventures der MTU Maintenance Berlin-Brandenburg mit P&WC für alle Aftermarket-Leistungen in der Region EMEA (EMEA steht für Europe, Middle East und Africa). Es hat seinen Hauptsitz in Ludwigsfelde, wo auch eine Vielzahl der vom CSC betreuten Triebwerkstypen – darunter die PW530A-Triebwerke der von TAA betriebenen Cessna Citation Bravo – instand gehalten werden. „Individuell angepasste Servicepakete sind eine besondere Stärke des CSC“, sagt dessen Geschäftsführer Carsten Behrens. „Als Marktführer in der Region für die Betreuung von Pratt & Whitney Canada-Triebwerken mit ihren vielfältigen Anwendungen – vom Hubschrauber über Turboprops bis hin zu Jets – arbeiten wir seit vielen Jahren für eine große Zahl von Betreibern im Bereich Ambulanz und Luftrettung und kennen deshalb die Anforderungen ihrer anspruchsvollen Missionen gut.“



Tyrol Air Ambulance — Innerhalb weniger Stunden können die Kabinen der TAA-Flugzeuge in fliegende Intensivstationen umgewandelt werden. Zur Flotte gehören die Gulfstream 100, die Dornier Do328 mit Turbopropantrieb sowie die Cessna Citation Bravo mit Jet-Triebwerken von Pratt & Whitney Canada. Einsatzort der Flugzeuge sind häufig die Alpen, von wo verunglückte Urlauber in ihre nordeuropäischen Heimatländer ausgeflogen werden.



Fragen, Wünsche, Anregungen? Hier erreichen Sie die Redaktion:
aeroreport@mtu.de



Mehr zum Thema: www.aeroreport.de



Autor:

Dr. Philipp Bruhns ist seit mehr als 15 Jahren im Bereich Unternehmenskommunikation tätig, seit 2008 selbständig. Als Autor hat sich der in Dänemark lebende, promovierte Psycholinguist auf Maintenance-Themen sowie Gesundheit und Soziales spezialisiert.





„Wir müssen auch unser Verhalten überdenken“

Innovationen im Luftverkehr zielen vor allem auf die Reduzierung von Treibstoffverbrauch und Emissionen ab. Doch das könnte nicht reichen, sagt Prof. Dr. Marion A. Weissenberger-Eibl vom Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI).

Autorin: Eleonore Fähling



Univ.-Prof. Dr. oec. Marion A. Weissenberger-Eibl —
*Dipl.-Kffr. (Univ.), Dipl.-Ing. (FH), Leiterin des Fraunhofer-
 Instituts für System- und Innovationsforschung (ISI) sowie des
 Lehrstuhls für Innovations- und Technologie-Management am
 Karlsruher Institut für Technologie (KIT).*

Seit 2013 leitet Prof. Dr. Marion A. Weissenberger-Eibl den Lehrstuhl für Innovations- und Technologie-Management am Karlsruher Institut für Technologie (KIT), der sich insbesondere die Erarbeitung wissenschaftlicher Erkenntnisse mit praktischer Relevanz für sein Forschungsfeld auf die Fahne geschrieben hat. Sie leitet außerdem seit 2007 das Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (Fraunhofer ISI) und hat von 2003 bis 2012 an der Universität Kassel Innovations- und Technologie-Management gelehrt.

Sich habilitiert (2003) und promoviert (2000) hat die Diplom-Kauffrau und Diplom-Ingenieurin für Bekleidungstechnik an der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften der Technischen Universität München. Neben ihrer wissenschaftlichen Tätigkeit gehört sie unter anderem dem Aufsichtsrat der MTU Aero Engines AG an.

„Es werden dringend Konzepte benötigt, die Carbon-Offsetting und die Reduktion von Treibhausgasemissionen tatsächlich möglich machen.“

Frau Professor Weissenberger-Eibl, der Flug von München nach Hannover dauert eine knappe Stunde. Dazu kommen jedoch weitere Stunden für Fahrten zum und vom Flughafen sowie für Check-in, Einstieg und Ausstieg. Mit dem Zug brauche ich ungefähr die gleiche Zeit von Innenstadt zu Innenstadt. Was ist da noch toll am Fliegen?

Prof. Dr. Marion A. Weissenberger-Eibl: Wenn man, wie ich, viel unterwegs ist, lohnt sich Fliegen immer dann, wenn ich tatsächlich Zeit einsparen kann oder wenn es keine wirkliche Alternative gibt. Ich spreche von internationalen oder transkontinentalen Flügen. Fliegen ist für mich nach wie vor faszinierend und aus der globalen Gesellschaft nicht mehr wegzudenken. Es verbindet Menschen und Kulturen. Innerdeutsch sollte jedoch genau geprüft werden, ob die Flugreise wirklich die beste Alternative ist. Am Fraunhofer ISI halten wir unseren ökologischen Fußabdruck beispielsweise auch hinsichtlich unserer Reiseaktivitäten in einem Nachhaltigkeitsbericht fest.

Wie kann und muss sich das System Luftverkehr weiterentwickeln?

Weissenberger-Eibl: Auch wenn der Lufttransport laut der Luftverkehrsorganisation der UN, ICAO, aktuell „nur“ zwei Prozent der weltweiten Verkehrsemissionen ausmacht, werden dringend Konzepte benötigt, die Carbon-Offsetting und die Reduktion von Treibhausgasemissionen tatsächlich möglich machen. Gerade unter der Annahme, dass die globale Flugverkehrsflotte sich bis 2050 verdreifachen wird, ist es unbedingt von Belang, so schnell wie möglich Lösungen zu finden. Eine Möglichkeit wäre klimaneutraler Biotreibstoff. Außerdem sollten energieeffizienz-steigernde Projekte wie die Arbeit an Antriebskonzepten, die erhebliche Treibstoffersparnisse versprechen, oder auch die Weiterentwicklung der Nurflügler ausgebaut und weiter realisiert werden.

Welche Player braucht es dazu? Welche Innovationen? Was muss sich verändern?

Weissenberger-Eibl: Ich denke hier natürlich zunächst einmal an die Gesetzgeber, etwa die Bundesluftfahrtbehörde der USA, die Federal Aviation Administration (FAA), aber auch an Biotreibstoff-Hersteller und -Lieferanten sowie Triebwerks- und Flugzeughersteller.

Allerdings muss man realistisch sehen, dass wirklich revolutionäre technische Innovationen zum Teil erst noch entwickelt werden müssen. Und gerade dadurch werden nicht-technische Maßnahmen, etwa organisatorische, umso mehr in den Fokus rücken. Emissionshandel kann hierbei zwar unterstützen, eine Minimierung werden wir so jedoch nicht erreichen. Wir alle müssen auch unser Verhalten grundsätzlich überdenken und hinterfragen. Am Fraunhofer ISI versuchen wir, Dienstreisen dort, wo es möglich und sinnvoll ist, zu minimieren, und beispielsweise durch Telefon- oder Videokonferenzen zu ersetzen.

Wie entstehen Innovationen eigentlich?

Weissenberger-Eibl: Innovationen entstehen aus ihrem Bedarf heraus, sie entwickeln sich aus einem funktionierenden technologischen Entwicklungssystem und auch aus Anwendungsnischen. Sie können von staatlicher Seite oder auch aus der Gesellschaft angestoßen werden, beispielsweise durch Förderprogramme und Investitionen in vielversprechende Technologien. Es geht also meistens um Technologien, für die ein Bedarf besteht, oder auch um Forschung und Entwicklung in gewinnorientierten Unternehmen.

Die meisten Innovationen sind also „nachfragegetrieben“, dabei spielt die Interaktion mit den Nutzern eine entscheidende Rolle, was wir seit einigen Jahren unter Open Innovation besprechen.

GLOSSAR

Carbon-Offsetting Kompensation des Ausstoßes von Kohlenstoff, der bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe entsteht, etwa durch den Kauf von Zertifikaten, aus deren Erlös Klimaschutzprojekte, beispielsweise Aufforstung, finanziert werden.

Open Innovation Öffnung des Innovationsprozesses innerhalb einer Organisation nach außen, um das Innovationspotential zu vergrößern.

Frugale Innovationen zielen auf die Entwicklung schlanker, schneller und kostengünstiger Lösungen, etwa durch Konzentration auf absolut notwendige Funktionen, durch die Verwendung bereits existierender oder zugekaufter Komponenten und die Vereinfachung von Distributionswegen.

Was steht Innovationen im Weg?

Weissenberger-Eibl: Innovationen werden häufig durch Regulierungen gehemmt, die neue Technologien ausschließen. Ein weiterer Aspekt sind unter Umständen hohe Entwicklungskosten oder großer Aufwand für das Verändern von Strukturen etwa in Unternehmen. Der „Innovationsindikator 2015“, den das Fraunhofer ISI zusammen mit dem Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung im Auftrag des Bundesverbandes der Deutschen Industrie (BDI) und der Deutschen Akademie für Technikwissenschaften acatech erhebt, hat aber auch andere Hemmnisse für Innovationen ausgemacht: So sind etwa die grundsätzlichen Bedingungen für die Forschung hierzulande noch verbesserungswürdig. Mehr Investitionen, die Fortführung von Forschungspakten, eine daraus resultierende größere Planungssicherheit für Hochschulen und Forschungseinrichtungen sowie eine bessere Koordination von Bund und Ländern im Hochschulbereich ziehen auch positive Impulse im gesamten deutschen Innovationssystem nach sich.

„In den MINT-Disziplinen Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik mangelt es an genügend Nachwuchs, den wir für die erfolgreiche Gestaltung der Energiewende, der Digitalisierung oder neuer Mobilitätskonzepte benötigen.“

Prof. Dr. Marion A. Weissenberger-Eibl,

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI)

Wie kann eine innovationsfördernde Bildungskultur aussehen?

Weissenberger-Eibl: Bildung ist eine der wichtigen Säulen unseres Innovationssystems. Sie bildet die Basis für Wissenschaft und Wirtschaft und trägt entscheidend zur Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands bei. Im internationalen Vergleich der Innovationsfähigkeit kann Deutschland mithalten, steht jedoch leider nicht an der absoluten Spitze. Im bereits erwähnten „Innovationsindikator“ nimmt Deutschland im Gesamtindikator Platz 5 und im Subindikator Bildung Platz 7 ein. Bildung war jahrelang eine der größten Schwachstellen des deutschen Innovationssystems. Auch wenn sich hier manches gebessert hat, bleibt hier noch immer einiges zu tun, vor allem in den MINT-Disziplinen Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik. Hier mangelt es an genügend Nachwuchs, den wir für die erfolgreiche Gestaltung der Energiewende, der Digitalisierung oder neuer Mobilitätskonzepte benötigen. Zwar zeichnet sich erfreulicherweise aktuell eine Positiventwicklung in diesem Subindikator ab, dennoch besteht noch erheblicher Handlungsbedarf im Bildungssystem.

Auf welchen Gebieten brauchen wir in der Luftfahrtbranche am dringendsten Innovationen?

Weissenberger-Eibl: Meiner Meinung nach müssen wir unbedingt weiter daran arbeiten, die Umweltauswirkungen der Luftfahrt zu verändern. Sowohl zur Verminderung von Treibhausgasemissionen als auch bezüglich der Lärmproblematik braucht es weitere Innovationen. Der europäische Luftfahrtforschungsbeirat ACARE hat sich etwa zu ehrgeizigen Zielen für die Luftverkehrsbranche verpflichtet und diese in der Strategic Research and Innovation Agenda (SRIA) veröffentlicht (siehe „Sprintsparen ist angesagt“ auf Seite 22).

Wie schnell brauchen wir diese Innovationen?

Weissenberger-Eibl: So schnell wie möglich, und zwar sowohl aus ökologischer als auch aus ökonomischer Sicht. Spätestens der Pariser Klimagipfel 2015 hat gezeigt, dass es ein „Weiter so“ bei der internationalen Klimapolitik und den Klimaanstrengungen nicht geben kann. Eine in Paris vorgestellte Studie des Fraunhofer ISI, die im Rahmen des Projekts „DecarbEE“ durchgeführt wurde, hat etwa aufgezeigt, dass die schnell wachsenden Volkswirtschaften der Europäischen Union sowie die USA, China, Indien, Brasilien und Mexiko durch die Umsetzung entsprechender Energieeffizienz- und Dekarbonisierungsmaßnahmen bis 2030 zirka 2,8 Billionen Dollar einsparen könnten. Dies führt deutlich vor Augen, dass ein vermehrter Umwelt- und Klimaschutz auch große wirtschaftliche Potenziale bietet und freisetzt.

Bezogen auf die Luftfahrtindustrie kann eine stärkere Orientierung an Energieeffizienz-Zielen helfen, die Branche fit für die Zukunft zu machen und sie international wettbewerbsfähig zu halten. Der Energieeffizienzreport 2015, den der Bundesverband der deutschen Luftverkehrswirtschaft jährlich herausgibt, zeigt, dass die Luftverkehrsindustrie die Notwendigkeit zum Handeln erkannt hat: So haben die deutschen Fluggesellschaften mit effizienteren Flugzeugen und Triebwerken seit 1990 den Treibstoffverbrauch pro Passagier und 100 Kilometer um 42 Prozent verringert. Diese Anstrengungen müssen aber weiter verstärkt und die Chancen hierbei noch mehr in den Vordergrund gerückt werden.

Welche politischen, wirtschaftlichen und sozialen Rahmenbedingungen sind dafür zudem nötig?

Weissenberger-Eibl: Zunächst einmal ist insbesondere die Politik – unterstützt durch die Forschung – gefragt, um wichtige Impulse für Innovationen zu erkennen und diese zu fördern, die dann auf wirtschaftlicher und sozialer Seite Wirkung zeigen. Nehmen wir etwa das für die Luftfahrtindustrie so wichtige Thema der Versorgungssicherheit mit Rohstoffen: Unsere Studie „Rohstoffe für Zukunftstechnologien 2016“, die wir im Auftrag der deutschen Rohstoffagentur (DERA) durchgeführt haben, zeigt, dass durch neue Technologien der Bedarf an wirtschaftsstrategischen Rohstoffen künftig drastisch zunehmen wird. Dies spielt gerade für die von Rohstoffimporten stark abhängige deutsche Wirtschaft eine immens wichtige Rolle.

So könnte sich eine in den kommenden Jahren stark steigende Nachfrage nach Superlegierungen in der Luft- und Raumfahrtindustrie auf die Märkte für Sonder- und Nebenmetalle auswirken, was für die Branche Konsequenzen auf der Technologiekostenseite hätte. Um hier international nicht ins Hintertreffen



Das Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI) analysiert Entstehung und Auswirkungen von Innovationen und erforscht systemisch und interdisziplinär die kurz- und langfristigen Entwicklungen von Innovationsprozessen sowie die gesellschaftlichen Auswirkungen neuer Technologien und Dienstleistungen. Seine Auftraggeber stammen aus Wirtschaft, Politik und Wissenschaft. Sitz des Instituts mit rund 230 Mitarbeitern ist Karlsruhe.

zu geraten, muss die Politik frühzeitig agieren und die Versorgung der Branche mit wirtschaftsstrategischen Rohstoffen sichern. Und da die Umsetzung und Marktdurchdringung neuer Technologien auch von der Akzeptanz in der Bevölkerung abhängig ist, muss dies von der Politik mit bedacht werden. Das Fraunhofer ISI berücksichtigt diese Aspekte in seiner Forschung, indem etwa Studien die soziale Akzeptanz innovativer Energietechnologien wie der Windenergiegewinnung auf dem Festland erforschen.

Zurück zum System Luftverkehr: Welche Innovation hat die Branche in den letzten Jahrzehnten Ihrer Ansicht nach am nachhaltigsten verändert? Oder gab es diese Innovation noch gar nicht?

Weissenberger-Eibl: Für die gravierendste Veränderung der Branche haben in den letzten Jahren sicher die Low Cost Carriers gesorgt, die mit ihren Strategien das Kostenmodell der bis dato am Markt tätigen Flugbetreiber durcheinandergerwirbelt haben. Diese Entwicklungen sind vielleicht aus rein marktwirtschaftlicher Sicht positiv zu beurteilen, aus Nachhaltigkeitsperspektive aber wenig innovativ. Wir Innovationsforscher sprechen hierbei von „frugalen Innovationen“, die sich auf die wesentlichen Aspekte von Produkten oder Services beschränken und diesen dadurch einen großen Erfolg am Markt bescheren.

Im Falle des Flugverkehrs lösten die Billigflieger einen langanhaltenden Trend aus, in dessen Kontext Flüge auf ihren Trans-

port- und weniger einen Luxus- und Erlebnischarakter reduziert wurden. Als Beispiel nennen lassen sich das Wegfallen von Entertainment-Services oder von kostenlosen Mahlzeiten an Bord. Fliegen ist dadurch für viele Menschen preisgünstiger geworden, hat aber auch die Aura des Außergewöhnlichen und Besonderen zum Teil verloren. Diesem Trend steuern nun andere Unternehmen der Branche bewusst entgegen, um sich gegenüber den Billigfliegern zu positionieren. All dies hat aber eben auch dazu geführt, dass in den vergangenen Jahren Aspekte wie Nachhaltigkeit und Klimaschutz hintangestellt wurden. Um für die Zukunft und den internationalen Wettbewerb gerüstet zu sein, sollten die Unternehmen der Luftverkehrsindustrie diese Faktoren noch stärker in ihre Gesamtstrategie integrieren. 



Fragen, Wünsche, Anregungen? Hier erreichen Sie die Redaktion:
aeroreport@mtu.de



Mehr zum Thema: www.aeroreport.de



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



Präzision in Serie

*Das von der MTU Aero Engines entwickelte
Precise Electro Chemical Machining (PECM) für
integral beschaufelte Verdichtertrotoren (Blisks).*

Autor: Denis Dilba

Hightech hinter Panzerglas — Statt die Schaufeln der Nickelblisk aus dem Vollen zu fräsen, wird der Metallwerkstoff beim PECM-Verfahren mit Hilfe von Strom und einer wässrigen Natriumnitratlösung, die als Elektrolyt wirkt, gezielt aufgelöst.

2015 wurde es richtig ernst für „Set 1“, denn da mussten die beiden ersten ECM-/PECM-Serienanlagen am Münchner Standort der MTU Aero Engines zeigen, was sie können. Das elektrochemische Duo stellte die Zulassungshardware für das PurePower® PW1100G-JM, den A320neo-Antrieb, her: die fünfte und die sechste Hochdruckverdichter-Stufe, also Blisks mit einem Durchmesser von rund 450 Millimetern und geometrisch extrem komplexen Schaufeln. Die Musterbauteile wurden vom Auftraggeber Pratt & Whitney hinsichtlich Festigkeit und Geometrie auf Herz und Nieren geprüft – und haben bestanden: Seit September 2015 wird in Serie produziert; zwischenzeitlich kamen zwei weitere Anlagen hinzu, ein drittes Duo ist im Aufbau und weitere zwei Anlagen sind geplant.

Die MTU beschäftigt sich schon einige Zeit mit der zukunftsweisenden PECM-Technologie. In Gang gesetzt wurde die Entwicklung durch die Erkenntnis, dass sich die Bliskbauweise immer weiter durchsetzt, zunehmend auch im Hochdruckverdich-

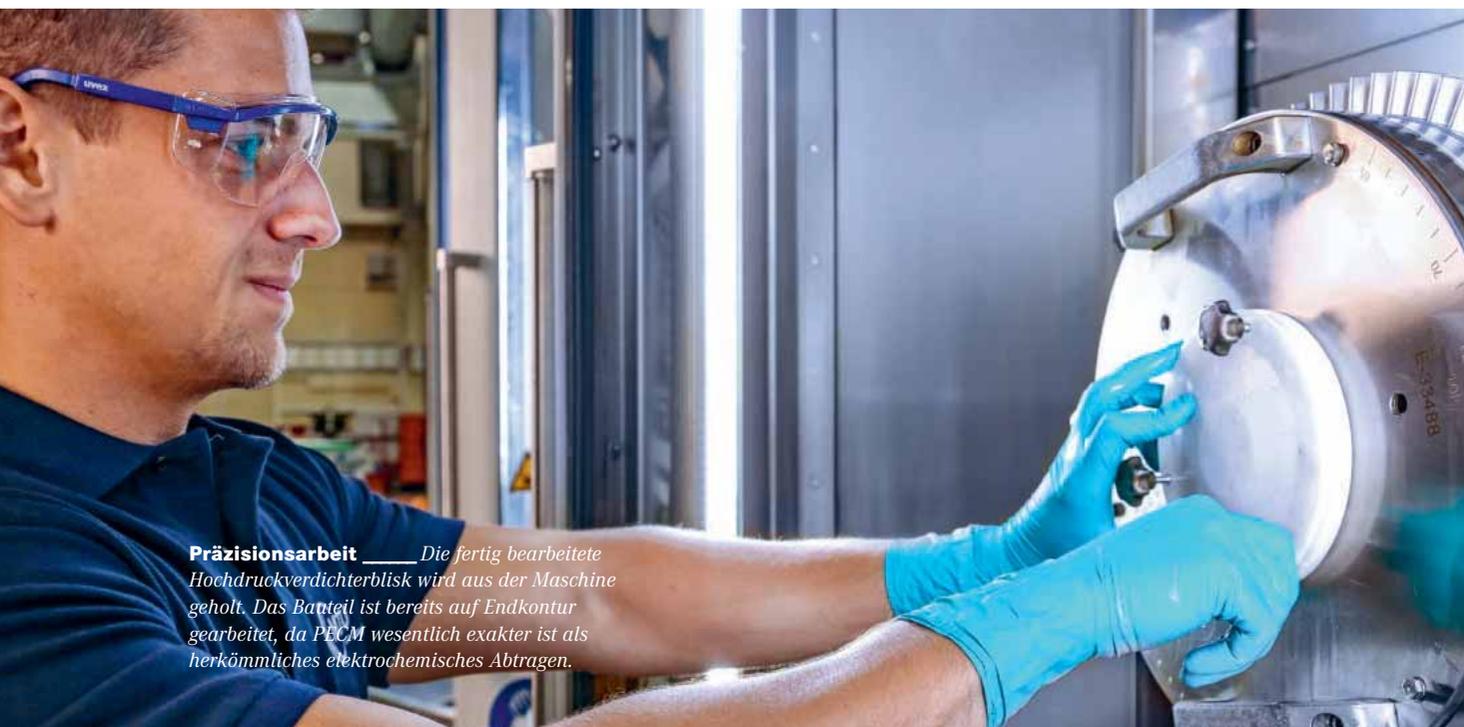
terbereich. Blisks haben gegenüber ihren Pendants mit gesteckten Einzelschaufeln einen großen Vorteil: Durch die integrale Bauweise wird die Randlast der Rotor-scheiben reduziert und damit Gewicht gespart. Zusätzlich trägt der Wegfall von Leckagen zu einem besseren Wirkungsgrad im Verdichter bei. „Beides zusammen reduziert den Kraftstoffverbrauch und damit auch den CO₂-Ausstoß des Triebwerks“, erklärt MTU-Ingenieur Thomas Frank, Leiter Rotorfertigung und für Nickelblisks verantwortlich.

Neues Verfahren für neue Geometrien und Werkstoffe

Die Verbrauchsvorteile und die Emissionsreduzierungen bekommt man technisch gesehen jedoch nicht geschenkt. Bei den Stufen fünf und sechs im Hochdruckverdichter herrschen Temperaturen von rund 650 Grad Celsius. Dafür ist der im Verdichterbau übliche Werkstoff Titan nicht geeignet, denn das Leichtmetall weist bei diesen Temperaturen nicht mehr die geforderte Festigkeit auf. Für das PW1100G-JM werden stattdessen

hochtemperaturfeste Nickellegierungen eingesetzt, die mit konventionellen Fräsverfahren aufgrund des hohen Werkzeugverschleißes nicht wirtschaftlich bearbeitet werden können. Hinzu kommt die extrem komplexe 3D-Geometrie der Schaufelblätter. Das bisher für größere Blisks erfolgreich eingesetzte ECM-Verfahren stößt da an seine Grenzen. Es musste eine noch präzisere Methode entwickelt werden: PECM.

Beim PECM- wie auch beim ECM-Verfahren wird mit Hilfe eines Elektrolyten sowie elektrischen Stroms ein metallischer Werkstoff gezielt aufgelöst. Dabei dient der zu bearbeitende Werkstoff als Anode (positiver Pol) und das dreidimensionale, metallische Abformwerkzeug als Kathode (negativer Pol). Der große Vorteil von PECM gegenüber zerspanenden Verfahren: Das Bauteil wird nicht berührt, weshalb die Werkzeuge verfahrensbedingt nicht verschleifen. Als Elektrolyt kommt eine wässrige Natriumnitratlösung zur Verwendung, die zwischen Anode und Kathode fließt. Diese Flüssigkeit hat



Präzisionsarbeit — Die fertig bearbeitete Hochdruckverdichterblik wird aus der Maschine geholt. Das Bauteil ist bereits auf Endkontur gearbeitet, da PECM wesentlich exakter ist als herkömmliches elektrochemisches Abtragen.



01 ____ Die elektrisch leitende Natriumnitratlösung dient zugleich als Kühlmittel und zum Abtransport des abgetragenen Metalls.

02 ____ Steuerung des PECM-Prozesses. Das Bauteil wird nicht berührt, weshalb die Werkzeuge kaum verschleifen.



drei Funktionen: Sie stellt eine elektrisch leitende Verbindung her, sorgt für den Abtransport des abgetragenen Materials sowie des entstehenden Wasserstoffs und kühlt den Prozess. Das PECM-Verfahren erzielt im Vergleich zum ECM-Verfahren höhere Genauigkeiten durch die Bearbeitung mit extrem kleinen Spalten im Mikrometerbereich zwischen Werkstück und Elektroden.

Im Gegensatz zu herkömmlichen, einachsigen Verfahren wird das Werkstück mit zwei Elektroden gleichzeitig, die aufeinander zufahren, bearbeitet. Das war nicht einfach in den Griff zu bekommen. Auch die Elektrolytlösung musste noch verbessert werden. Daher entschied sich die MTU, die Serienanlagen selbst zu entwickeln und aufzubauen. Martin Bußmann, Projektleiter für die Industrialisierung des neuen Verfahrens: „Wir hatten bereits spezielles Know-how aufgebaut, so dass wir auf der einen Seite die gleiche Qualität bei externen Lieferanten gar nicht mehr bekommen konnten – und auf der anderen Seite natürlich auch diesen Wissensvorsprung halten wollten.“

Die Technologieentwicklung hat sich ausgezahlt, denn die Vorteile des PECM-Prozesses sollen künftig auch bei anderen Bauteilen oder Fertigungsschritten genutzt werden. Denn prinzipiell ist das Verfahren für viele Anwendungen geeignet, etwa zur Kantenverrundung oder zur Herstellung einzelner Lauf- und Leitschaufeln. „Die Schaufelgeometrien im Hochdruckverdichterbereich werden noch komplexer, die Werkstoffe immer warmfester. Konventionelle Zerspanungstechnik stößt hier mehr und mehr an ihre wirtschaftlichen und technischen Grenzen“, sagt Produktionsleiter Frank. „PECM bietet eine zukunftsfähige Alternative.“ 



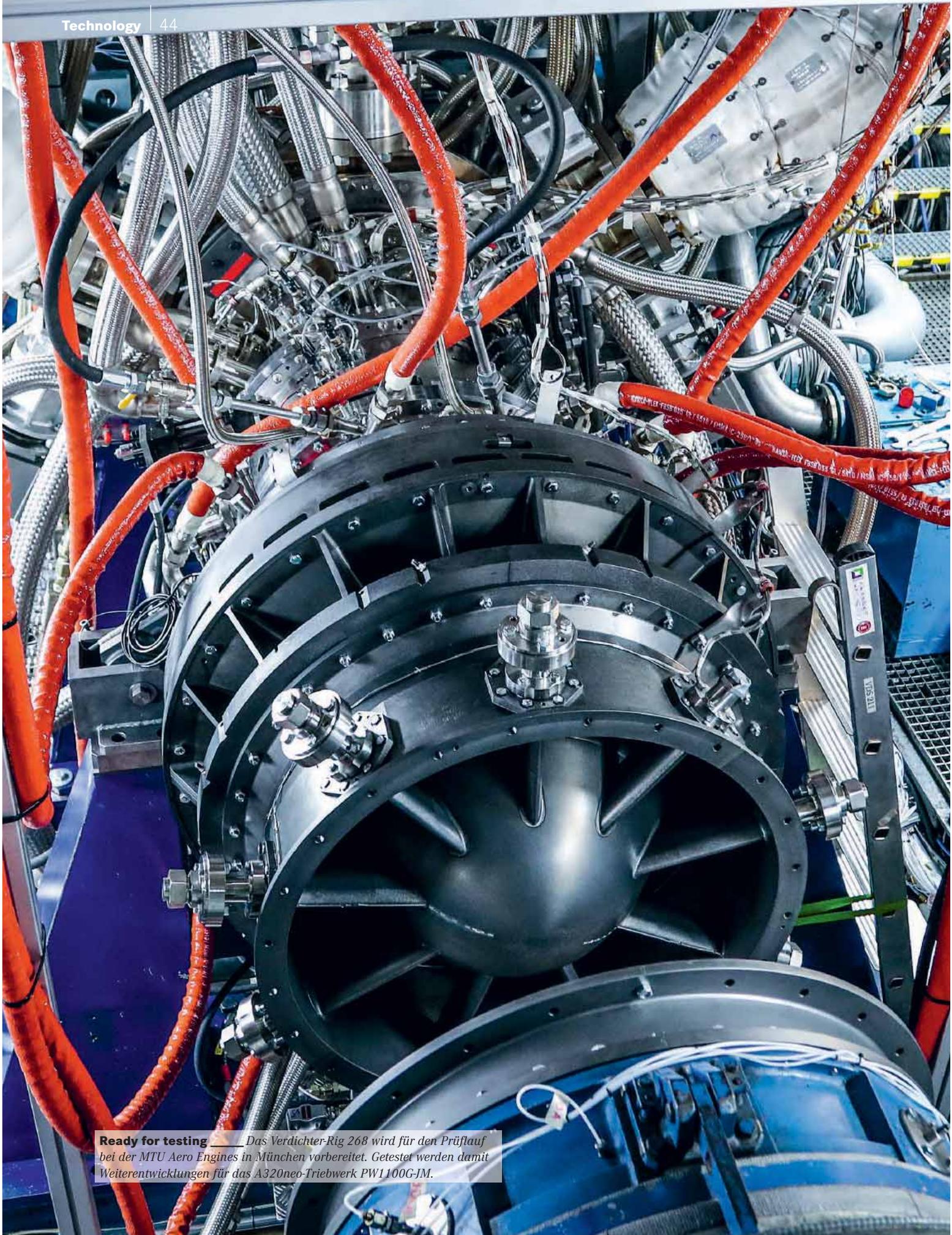
Fragen, Wünsche, Anregungen? Hier erreichen Sie die Redaktion:
aeroreport@mtu.de



Mehr zum Thema: www.aeroreport.de



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



Ready for testing — Das Verdichter-Rig 268 wird für den Prüflauf bei der MTU Aero Engines in München vorbereitet. Getestet werden damit Weiterentwicklungen für das A320neo-Triebwerk PW1100G-JM.

Die nächste Welle

Für das nächste Jahrzehnt soll der Antrieb der Airbus A320neo noch sparsamer werden. Um dies zu gewährleisten, befinden sich schon jetzt zwei Schlüsselkomponenten des Getriebefans in der Testphase bei der MTU Aero Engines.

Autor: Patrick Hoeveler

High-Tech als Suchspiel: Zwischen all den Kabeln, Leitungen und Aufbauten ist die neueste Errungenschaft der Partner MTU Aero Engines und Pratt & Whitney nicht leicht auszumachen. Auf dem Prüfstand der deutschen Triebwerksfirma in München wird das Herz der nächsten Generation der Getriebefan-Familie erprobt. Rund 1.300 Messstellen erfassen die verschiedensten Parameter des Hochdruckverdichters. Trotz des hohen Aufwands können die Ingenieure nicht auf solche sogenannten „Rigs“ verzichten und testen – gefördert vom Luftfahrtforschungsprogramm (LuFo) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie – in diesem Jahr sogar zwei verschiedene Triebwerkskomponenten. „Diese Rigs sind ein fester Bestandteil unseres Technologieprozesses und dienen dem Nachweis, dass Neuerungen unter den entsprechenden Randbedingungen bestehen. Damit bereiten wir die nächste Welle von Technologien vor“, erklärt Dr. Stefan Weber, Leiter Technologie und Vorauslegung bei

der MTU. Schließlich sieht das Unternehmen solche Versuche alle vier bis fünf Jahre für seine beiden Schlüsselkomponenten Verdichter und Niederdruckturbine vor.

Im konkreten Fall stehen Weiterentwicklungen des Getriebefans PW1100G-JM im Mittelpunkt. Um den technologischen Vorsprung des erst vor kurzem in Dienst gestellten Antriebs der Airbus A320neo langfristig abzusichern, soll der Treibstoffverbrauch weiter reduziert werden. Einen wesentlichen Beitrag leisten dazu der gemeinsam mit Pratt & Whitney entwickelte Hochdruckverdichter und die schnelllaufende Niederdruckturbine der MTU. Keine leichte Aufgabe, denn beide Komponenten weisen bereits einen sehr hohen Wirkungsgrad auf, was für den Verbrauch entscheidend ist. „Das erfordert ein beharrliches Arbeiten an vielen einzelnen Themen, um die notwendigen weiteren Fortschritte zu erzielen“, erläutert Dr. Gerhard Kahl, Projektleiter Verdichter-Rig 268. Da die Verdichterkomponenten geometrisch in das Basistriebwerk passen müssen, bleibt die Anzahl der Stufen gleich. Dafür stehen die Optimierung der Schaufelprofile und die Reduzierung von parasitären Verlusten im Fokus. So nennen die Techniker unerwünschte Phänomene im Strömungspfad wie Leckagen oder Spalte zwischen drehenden und statischen Teilen. Auf der Suche nach Potenzialen profitieren die Ingenieure von immer ausgefeilteren Auslegungsverfahren. Dabei darf das gemischte Team von der MTU und Pratt & Whitney natürlich nicht die Betriebsstabilität des Verdichters außer Acht lassen. Während der Versuche analysieren die Spezialisten nicht nur die Aerodynamik, sondern halten auch Temperaturen, Spalte, Schwingungen und vieles mehr fest.

Claire _____
Die Technologie-Agenda der MTU zeigt, welche Wirkungsgradverbesserungen bei künftigen Antrieben im Vergleich zum V2500 bis 2050 erzielt werden sollen.



In Serie — *Einige der im Verdichter-Rig 260 getesteten Technologien fliegen bereits – in den Getriebefan-Triebwerken.*



Der Antrieb des Verdichters auf dem Prüfstand erfolgt über Elektromotoren mit einer Gesamtleistung von 16 Megawatt – etwa so viel wie 18 Formel1-Rennwagen. Am Ende wird die verdichtete Luft über eine Drossel wieder auf atmosphärischen Druck gebracht und über einen Abgaskamin ausgeleitet. „Montage und Erprobung sind Fähigkeiten der MTU, die wir uns über viele Jahrzehnte im Testbetrieb erarbeitet haben. So können wir die Aufgaben zuverlässig lösen“, meint Kahl. Bis Jahresende stehen rund 140 Stunden auf dem Programm, um den Verdichter auf Herz und Nieren zu testen.

Hintergrund — Rig

Das englische Wort Rig bezeichnet allgemein eine Vorrichtung oder Anlage. In der Rockmusik gehört beispielsweise zum Rig eines Gitarristen alles von den Gitarren über Verstärker, Pedalboard und Kabel bis zum Plektron.

In der Technik steht Rig für eine Versuchseinrichtung oder Versuchsanordnung, speziell im Triebwerksbau für ein originalgroßes lauffähiges Versuchsmodul.

Diese Prozedur hat das Rig mit der in der alleinigen Verantwortung der MTU entstandenen Niederdruckturbine des Getriebefan (GTF) schon hinter sich. Die rund 100 Stunden umfassende Erprobung erfolgte auf dem Höhenprüfstand der Universität Stuttgart; dort testet die MTU traditionell ihre Turbinen. Auch hier prüfen die Ingenieure, ob die aerodynamischen Verbesserungen greifen. „Bei unveränderten Abmessungen haben wir eine neue Auslegung der Schaufeln vorgenommen und die in den Randbereichen der Turbine entstehenden aerodynamischen Verluste weiter verringert“, erklärt Dr. Irene Raab, Projektleiterin Turbinen-Rig 456. Nun läuft die detaillierte Auswertung. Im nächsten Schritt steht dann die Erprobung des gesamten weiterentwickelten Getriebefans an, die für das kommende Jahr geplant ist. Anschließend muss der noch sparsamere GTF die erforderlichen Zulassungsprozeduren durchlaufen und dürfte in diesem Zusammenhang auch wieder in München landen. Doch damit nicht genug: Ähnlich wie die Kollegen beim Verdichter haben auch die Entwickler in der Turbine mehr Innovationen eingebaut, als im aktuellen Programm umsetzbar sind. Sie könnten künftigen Triebwerksgenerationen zugutekommen.



Mehr zum Thema: www.aeroreport.de



Fragen, Wünsche, Anregungen? Hier erreichen Sie die Redaktion: aeroreport@mtu.de



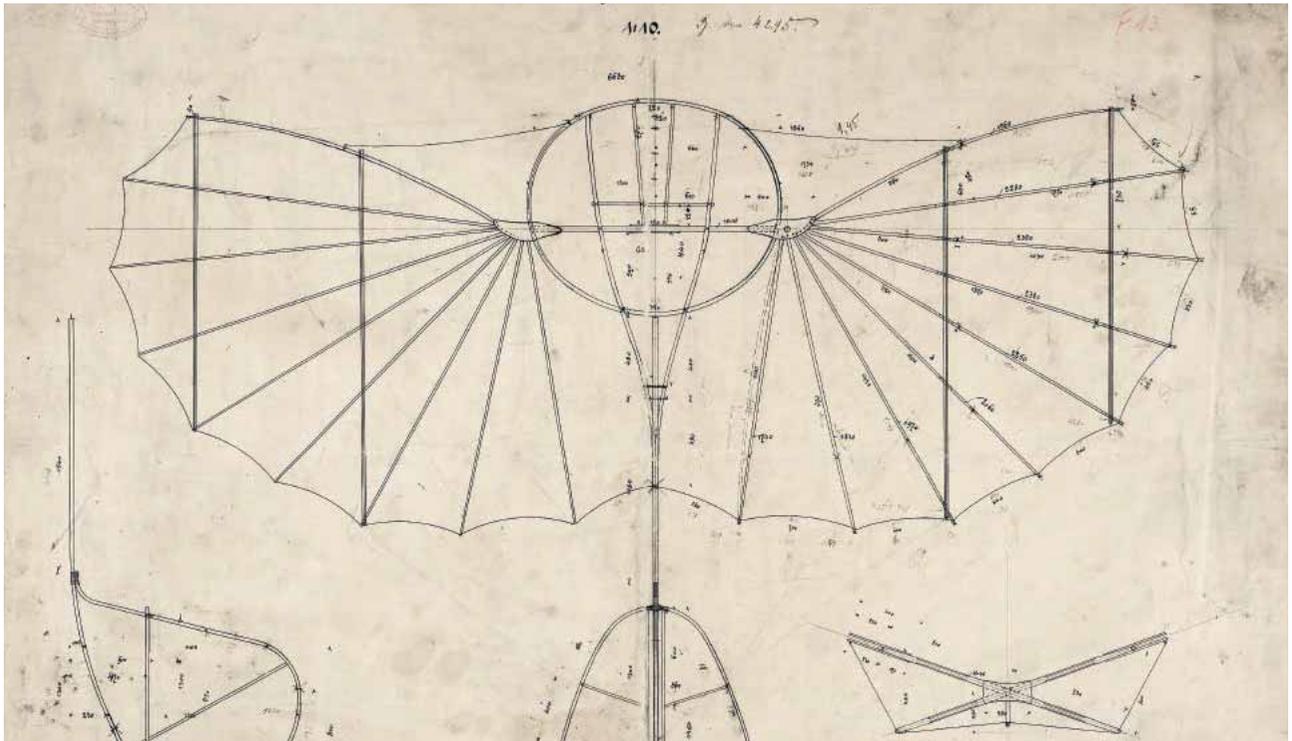
Autor:
Patrick Hoeverler beschäftigt sich seit mehr als 15 Jahren als Journalist mit Luft- und Raumfahrtthemen.



Fazit _____ Rigs tragen zum Erfolg eines Triebwerks bei. Eines der erfolgreichsten Programme derzeit ist der A320neo-Antrieb PW1100G-JM, hier auf dem Weg zum Prüfstand.

Wie ein Vogel

DLR feiert 125 Jahre Menschenflug mit einem Nachbau des Normalsegelapparats von Otto Lilienthal



Normalsegelapparat — Ein wertvoller Schatz im Archiv des Deutschen Museums (München) ist diese Original-Werkstattzeichnung von Otto Lilienthal.

„Der freie, unbeschränkte Flug des Menschen würde von tief einschneidender Wirkung auf alle unsere Zustände sein. Die Grenzen der Länder würden ihre Bedeutung verlieren“, beschrieb der Luftfahrtpionier Otto Lilienthal (1848-1896) einst seine Vision. Sein Verdienst waren nicht nur erste erfolgreiche, kontrollierte und wiederholbare Flüge mit einem Flugzeug nach dem Prinzip „schwerer als Luft“, sondern auch die erste Serienfertigung eines Fluggeräts: Der von ihm konstruierte und in seiner Maschinenfabrik in Berlin gefertigte „Normalsegelapparat“ wurde nachweislich mindestens neunmal verkauft.

Darüber hinaus war er vor allem der erste, der aerodynamische Prinzipien systematisch untersuchte und beschrieb. Sein bahnbrechendes Buch „Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst“, 1881 in einer Auflage von nur 1.000 Exemplaren veröffentlicht, nutzten etwa die Brüder Wright für ihre Flugzeugentwicklungen: „Die wichtigste Erkenntnis (...) war die Entdeckung, dass gewölbte Tragflächen einen größeren Auftrieb lieferten als ebene“, stellten sie fest.

Die gewölbte Form von Vogelflügeln war bereits bekannt, Lilienthal hatte sie jedoch als erster exakt vermessen und dann auf

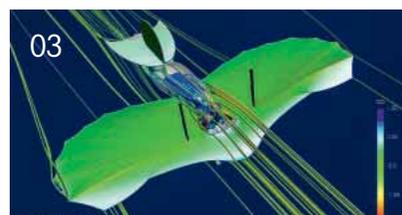
die Konstruktion von Fluggeräten übertragen. Mit der Erprobung begann er im Frühjahr 1891. Inzwischen schätzt man, dass er mehr als zweitausend Flüge erfolgreich durchführte, bevor er 1896 bei einem Flugversuch tödlich verunglückte.

Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) hat nun aus Anlass des 125-jährigen Jubiläums seiner ersten Flüge Lilienthals Normalsegelapparat nach seinen Zeichnungen rekonstruiert und im Windkanal getestet. Ziel der Untersuchung war unter anderem der Nachweis, dass Lilienthal ein um alle drei Achsen stabiles Flugzeug gebaut hat, denn

wesentlicher Bestandteil seiner Konstruktion waren nicht nur die gewölbten Flügel, sondern auch Höhen- und Seitenruder.

In dieser Hinsicht war Lilienthals Flugzeug sogar dem Flugapparat der Brüder Wright voraus, berichtet Professor Andreas Dillmann, Leiter des Nachbauprojekts sowie des DLR-Instituts für

Aerodynamik und Strömungstechnik: „Der Wright-Flyer stellte sich bei Windkanaltests der Nasa als instabil bei allen Fluggeschwindigkeiten heraus“, wogegen die Flugeigenschaften des Lilienthal-Gleiters vergleichbar seien mit denen von Schul-Segelflugzeugen der 1920er und -30er Jahre - Jahrzehnte nach Lilienthal.



01 ___ *Nachbau im DLR-Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik in Göttingen nach Lilienthals Zeichnungen und mit Materialien, wie er sie verwendet hat.*

02 ___ *Simulation der Windkanaltests mit dem Lilienthal-Gleiter.*

03 ___ *Strömungsmessung im Windkanal.*

Viele runde Zahlen

2016 ist für die MTU Aero Engines ein Jahr der Jubiläen

15 Jahre im April: seit Gründungsdatum bei der MTU Maintenance Zhuhai.

20 Jahre im September: seit Gründungsdatum bei der Engine Alliance, dem Joint Venture von GE Aviation und Pratt & Whitney für die Entwicklung und Produktion des A380-Antriebs GP7000.

20 Jahre im November: seit Gründungsdatum bei ASSB (Airfoil Services Sdn. Bhd.), dem Joint Venture von MTU Aero Engines und Lufthansa Technik für Schaufelreparaturen nahe Kuala Lumpur.

25 Jahre im Juli: seit Gründungsdatum bei der MTU Maintenance Berlin-Brandenburg.

35 Jahre im November: Auslieferung des ersten überholten Triebwerks bei der MTU Maintenance Hannover.

November: der 2000. Shop Visit bei der MTU Maintenance Zhuhai – ein V2500 von China Southern Airlines.

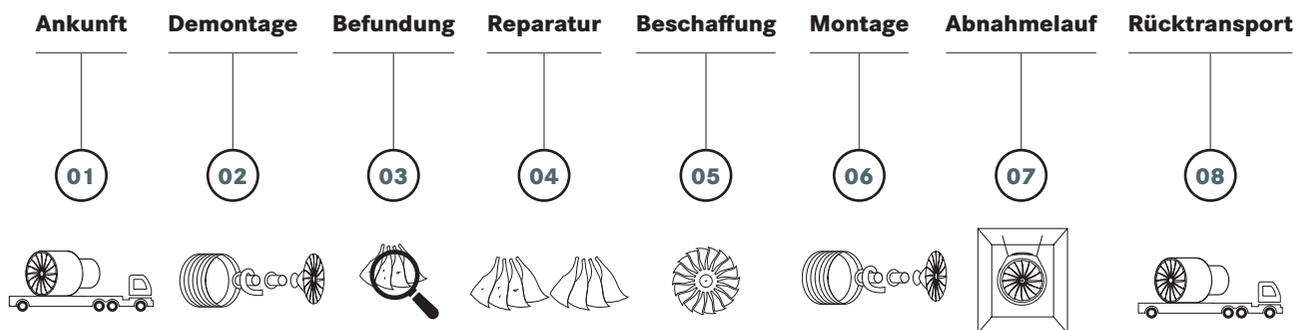
In acht Schritten durch den Shop

GE90: So läuft ein Shop Visit ab

Wenn bei der MTU Maintenance in Hannover ein GE90 ankommt, muss es schnell gehen: Das Triebwerk, das wegen seiner Größe nicht im komplett zusammengebauten Zustand auf dem Luftwege transportiert werden kann, kommt direkt von der Rampe in die Demontage zur Zerlegung. „Je nach vereinbartem Arbeitsumfang nehmen wir die Engine bis auf die letzte Schraube auseinander“, sagt Kundenbetreuer Nils Hoffmann. Die Teile werden befundet, das heißt, auf Beschädigungen untersucht. Die meiste

Zeit nehmen Reparaturen und die Beschaffung von Ersatzteilen in Anspruch. Danach wird das Triebwerk sorgfältig wieder aufgebaut, getestet und nach rund 85 Kalendertagen zurück zum Kunden geschickt. „Die Dauer des Shop Visits hängt unter anderem vom vereinbarten Arbeitsumfang und der Verfügbarkeit von wichtigen Ersatzteilen ab. Die Kunst ist, viele einander zum Teil entgegenwirkende Faktoren wie Kundenwünsche und Verfügbarkeiten unter einen Hut zu bringen“, sagt Hoffmann.

TRIEBWERKSÜBERHOLUNG IN ACHT STATIONEN



- 01 Ankunft bei der MTU Maintenance.** Wegen seiner Größe kann das GE90 nicht im komplett montierten Zustand transportiert werden. Bevor es eintrifft, haben die Kundenbetreuer bereits mit dem Kunden zusammen den Arbeitsumfang festgelegt und die Überholung geplant. Bestimmte Ersatzteile mit langen Lieferzeiten sind ebenfalls bereits bestellt.
- 02 Demontage des Triebwerks,** je nach vereinbartem Arbeitsumfang bis zur letzten Schraube.
- 03 Die einzelnen Bauteile werden befundet,** das heißt, mit Hilfe von zerstörungsfreien Prüfverfahren wie Röntgen, Ultraschall oder der Wirbelstromprüfung auf Schäden untersucht. Danach wird festgelegt, was gegebenenfalls repariert werden kann und was ersetzt werden muss.
- 04 Reparatur von Bauteilen.** Beispiele für Reparaturverfahren:
- Adaptives Hochgeschwindigkeitsfräsen
 - Hochgeschwindigkeitsschleifen
 - Laserformbohren
- 05 Beschaffung von Ersatzteilen:**
- Neuteile beim OEM
 - neuwertige Gebrauchtteile beim Fachhändler
- 06 Montage:** Wiederaufbau des Triebwerks.
- 07 Abnahmelauf auf dem Prüfstand,** bei dem bestimmte Werte die Leistungsverbesserung nach der Überholung anzeigen müssen.
- 08 Rücktransport zum Kunden.**

Superhirn für Piloten

Der Eurofighter-HEA-Helm

„Er sieht aus wie ein Requisite aus Star Wars und er funktioniert auch so“: So beschreibt der britische Hersteller BAE Systems den weniger als zwei Kilo leichten, multifunktionalen HEA-Helm, mit dem Eurofighter-Piloten ihre Flugdaten und das Geschehen im Luftraum im Auge behalten und zugleich die Zieleinrichtung per Spracherkennung und -steuerung lenken können. „HEA“ steht für „Head Equipment Assembly“.



Superhirn — BAE Systems-Cheftestpilot Mark Bowman mit dem Eurofighter-HEA-Helm.

- 01 LED-Cluster auf der Helmoberfläche:** Zwei Sensoren an den vorderen Seitenkonsolen sowie einer am Schleudersitz nehmen über die Infrarot-Strahlen der LEDs die Kopfbewegungen des Piloten auf. Das System dahinter kalkuliert so jederzeit seine exakte Blickrichtung und stellt die korrekte Bildarstellung im Visier (siehe 3) und die verzögerungslose Zieleinrichtung sicher.
- 02 Herunterklappbare Sonnenblende,** kann über das eigentliche Visier geschoben werden.
- 03 Visier mit integriertem Head-up Display:** Daten von Flugbewegungen in der Umgebung des Flugzeugs werden per Radar aus den Flugzeugsystemen erfasst und mit Hilfe eines halbdurchlässigen Projektionsspiegels auf das Visier projiziert. Ebenfalls direkt im Visier sichtbar: die
- Darstellung der Verfolgung eines Flugzeugs per Sprachkommandierung (siehe 6) sowie Flugdaten wie Höhe, Geschwindigkeit und Anstellwinkel.
- 04 Binokulares Display-Bild:** Die projizierten Bilder überlappen sich um 40 Grad, so dass beide Augen das gleiche Bild sehen. Das ermüdet die Augen weniger als ein monokulares Bild.
- 05 Das Styroporfutter des Helms** wird für jeden Piloten mit Hilfe eines additiv gefertigten 3D-Modells seines Kopfes individuell angepasst.
- 06 Atemmaske mit Mikrophon** für Spracherkennung und -steuerung (DVI, Direct Voice Input) sowie Sprechfunk nach außen.

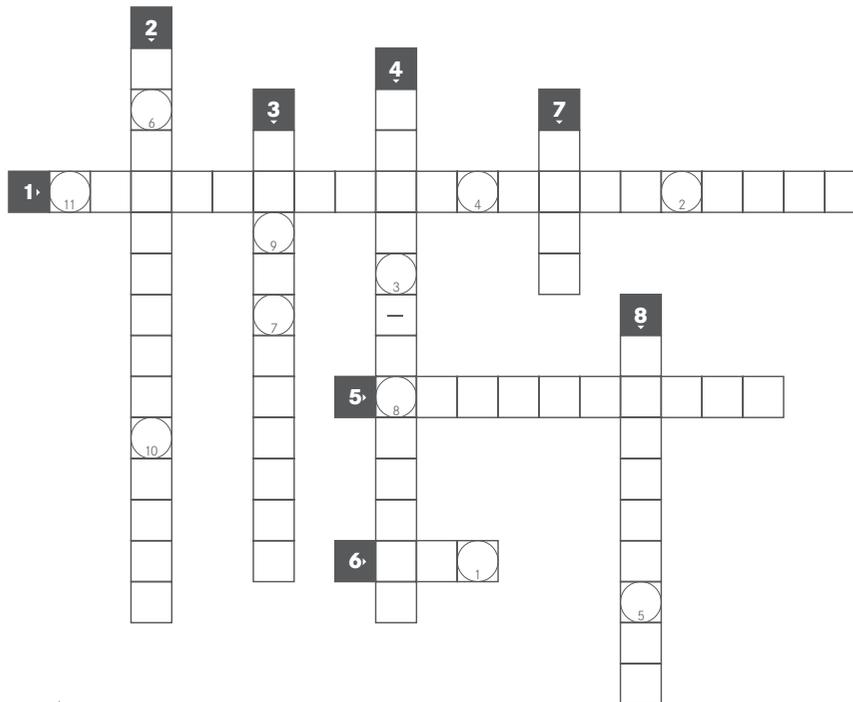
Gewinnspiel

Fragen beantworten und Wörter eintragen.

Zehn Einsender des richtigen Lösungswortes dürfen sich bald über je eine MTU-Tischuhr freuen. Senden Sie Ihre Lösung bis 30. Januar 2017 an aeroreport@mtu.de oder an:

MTU Aero Engines AG
Redaktion **AEROREPORT**
80995 München

Viel Glück!



Ihr Lösungswort:



- 01 Welche Lösung kommt als Elektrolyt beim PECM-Verfahren zum Einsatz?
- 02 Wie heißt die neue Bauhaus Luftfahrt-Studie, die sich mit mit kleinen Flughäfen in Innenstädten beschäftigt?
- 03 Was stellt eine Versorgung der Bewohner im arktischen Winter sicher?
- 04 „Die Pratt & Whitney Canada Customer Service Centre Europe GmbH ist ein ... von MTU Aero Engines und Pratt & Whitney Canada. Ein Kunde ist beispielsweise die Tyrol Air Ambulance.“
- 05 Innovationen im Luftverkehr zielen vor allem auf die Reduzierung von Treibstoffverbrauch und ... Laut Frau Prof. Dr. Marion A. Weissenberger-Eibl könnte dies allein allerdings nicht ausreichen.
- 06 Nennen Sie die Bezeichnung für ein originalgroßes lauffähiges Versuchsmodul im Triebwerksbau.
- 07 Nennen Sie den Vornamen des Luftfahrtpionier Lilienthal.
- 08 Wovor schützen Flugzeuglackierungen?

AEROREPORT 02|16

Herausgeber

MTU Aero Engines AG
Eckhard Zanger
Leiter Unternehmenskommunikation
und Public Affairs

Redaktionsleitung

Dongyun Yang

Chefredaktion

Eleonore Fähling

Printumsetzung

Antje Endter

Onlineumsetzung

Patricia Hebbing

Anschrift

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

Autoren

Denis Dilba, Monika Weiner,
Silke Hansen, Andreas Spaeth,
Philipp Bruhns, Eleonore Fähling,
Patrick Hoeveler, Thorsten Rienth,
Julia Richthammer

Layout

SPARKS Advertising Werbeagentur GmbH

Bildnachweis

Titel shutterstock
2_3 Bombardier, MTU Aero Engines
6_7 MTU Aero Engines
8_9 Shutterstock
10_15 Bauhaus Luftfahrt e.V., Shutterstock,
MTU Aero Engines
16_21 Airbus SAS, Deutsche Lufthansa AG,
Gregor Schläger/Lufthansa Technik AG
22_23 MTU Aero Engines
24_29 Shutterstock, Andreas Spaeth; Tomas Milosch
30_33 MTU Aero Engines,
TYROL AIR AMBULANCE GmbH
34_39 MTU Aero Engines
40_43 MTU Aero Engines
44_47 MTU Aero Engines
48_52 DLR; Deutsches Museum, BAE Systems
52 MTU Aero Engines

Druck

EBERL PRINT GmbH, Immenstadt

Online

ADVERMA
Advertising und Marketing GmbH, Rohrbach

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

Geared Turbofan™ ist eine angemeldete Marke von Pratt & Whitney.



LIFETIME EXCELLENCE

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

www.mtu.de



AEROREPORT

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