

Erfindergeist

*Innovation für Luftfahrtantriebe
gestern, heute und morgen*

2011

2019

2050



COVER STORY: 2050

Schub für
die Zukunft

INNOVATION

Bionik für leisere
und effizientere
Triebwerke

AVIATION

Neue Business Jets für
Langstrecken stimulieren
den Markt



1969

1981

1987

1999

Sonderteil dieser **AEROREPORT**-Ausgabe:

Innovationen für Luftfahrtantriebe gestern, heute und morgen: Seit 1969 steht der Name MTU für technischen Fortschritt im Triebwerksbau.

Vom ersten paneuropäisch entwickelten Triebwerk bis zu additiv gefertigten Bauteilen und darüber hinaus: Sechs Geschichten zeigen Meilensteine der MTU Aero Engines-Unternehmensgeschichte und geben am Ende einen Ausblick auf künftige Entwicklungen, an denen die MTU-Experten heute schon arbeiten.

2011

2019

2050

Liebe Leserinnen und Leser,

im Jahr 1969 gab es eine ganze Reihe wichtiger Ereignisse der Luftfahrtgeschichte, etwa die Flugerprobung der Überschallflugzeuge Concorde und Tupolew Tu-144 oder der Erstflug der vierstrahligen Boeing 747. Mit der Unterzeichnung des Joint Venture-Vertrags auf der Luftfahrtmesse in Paris wurde am 29. Mai 1969 Airbus gegründet, und am 11. Juli schlossen sich die Sparten für Triebwerke und große Dieselmotoren von Daimler-Benz und MAN Turbo zu einem Unternehmen namens MTU zusammen – kurz für MTU Motoren- und Turbinen-Union München GmbH M.A.N. Maybach Mercedes-Benz. Heute ist die MTU Aero Engines AG das führende deutsche Triebwerksunternehmen.

Der Name MTU steht seit 50 Jahren für das ständige Bestreben, Neues zu schaffen, die technischen Grenzen zu verschieben – und Innovationskultur zu leben. In wesentlichen Bereichen ist

Viel Freude beim Lesen wünscht Ihnen



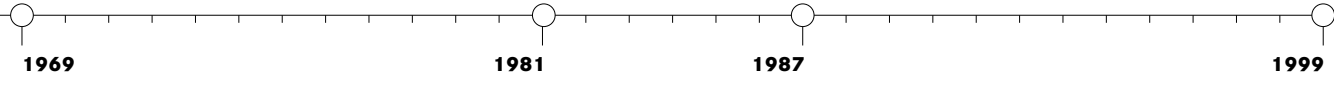
Reiner Winkler

Reiner Winkler
Vorsitzender des Vorstands

die MTU heute weltweit technologisch führend. Hochdruckverdichter, Niederdruckturbinen, Turbinenzwischengehäuse und nicht zuletzt auch die innovativen Reparaturverfahren in der Triebwerkstandhaltung der MTU Maintenance gehören zum Besten, was es auf dem Markt gibt.

Die Mobilitätsansprüche von Milliarden von Menschen steigen weiter. Flugtriebwerke müssen noch sparsamer, sauberer und leiser werden. Auch in Zukunft will die MTU prägend für die Triebwerkentwicklung sein.

Begleiten Sie uns in dieser Ausgabe auf dem Weg durch 50 Jahre Innovation bei der MTU bis hin zu einem Ausblick auf Triebwerkstechnologien von morgen. Schauen Sie sich bionische Strukturen im Triebwerksbau und modulare Flugzeugkonzepte an und lernen Sie unseren Kunden Asiana Airlines kennen.



COVER STORY: 1969

Das Triebwerk, mit dem alles begann

Bis das Tornado-Triebwerk die Leistung zeigte, die es sollte, mussten die MTU Aero Engines-Ingenieure einige Herausforderungen überwinden. Eine knifflige Aufgabe, bei der unschätzbare Grundlagenwissen aufgebaut wurde – die Basis für den Erfolg des Unternehmens.

Seite 6



COVER STORY: 1981

Eine eigene Liga

In Business-Jets, Transporthubschraubern sowie Mittel- und Langstreckenflugzeugen – fast überall findet man heute Niederdruckturbinen von der MTU Aero Engines. Der Weg zum Hersteller von Niederdruckturbinen auf Weltniveau begann vor 45 Jahren mit einem Abgasgehäuse.

Seite 8



COVER STORY: 1987

Wie der Zukunftsantrieb entwickelt wurde

Mit ersten Voruntersuchungen für einen Getriebefan begannen Pratt & Whitney, die MTU Aero Engines und Fiat Avio bereits in den 1990er-Jahren. Heute setzt die innovative Technologie Maßstäbe und sorgt für deutliche Kraftstoff-, CO₂- und Lärmabsenkungen.

Seite 12

CONTENTS

COVER STORY

- 6 **Das Triebwerk, mit dem alles begann** Bis das RB199 die Leistung zeigte, die es sollte, mussten einige Herausforderungen überwunden werden
- 8 **Eine eigene Liga** Niederdruckturbinen: der Weg zum Weltklasse-Hersteller
- 12 **Wie der Zukunftsantrieb entwickelt wurde** Heute setzt der innovative Getriebefan den Branchenmaßstab
- 16 **Wie sich Schaufel und Scheibe fanden** Die platzsparenden und leichteren Blisks machen die Triebwerke kompakter und sparsamer
- 20 **Schicht für Schicht zum Bauteil** Mit dem Boroskopauge führte die MTU Aero Engines als einer der ersten Antriebshersteller der Welt die additive Serienfertigung ein
- 24 **Schub für die Zukunft** Die MTU Aero Engines arbeitet heute an innovativen Konzepten für die Luftfahrt von morgen

INNOVATION

- 28 **Natur als Vorbild** Bionik für leisere und effizientere Triebwerke
- 32 **Modulare Flugzeuge** Flexibilität soll Kosten sparen

AVIATION

- 36 **Koreas zweite Top-Airline** Asiana Airlines auf Wachstumskurs
- 42 **Langstrecken-Neulinge mit Potenzial** Neue Business Jets für Langstrecken stimulieren den Markt

2011

2019

2050

**COVER STORY: 1999**

Wie sich Schaufel und Scheibe fanden

Rotorscheiben mit integrierten Schaufeln machen Triebwerke nicht nur leistungsfähiger, sondern auch leichter und sparsamer im Verbrauch. Die Erfolgsgeschichte der Blisks, die heute auch im Geared Turbofan™ arbeiten, begann im Eurofighter-Aggregat EJ200.

Seite 16

**COVER STORY: 2011**

Schicht für Schicht zum Bauteil

Mit der additiven Fertigung hat die MTU Aero Engines als einer der ersten Antriebshersteller ein Verfahren eingeführt, welches per selektivem Laserschmelzen leichtere Bauteile herstellt. Der Prozess soll zukünftig auch bei der Herstellung komplexerer Bauteile angewendet werden.

Seite 20

**COVER STORY: 2050**

Schub für die Zukunft

Die MTU Aero Engines steht seit Jahrzehnten für Expertise in der Luftfahrt. Um den hohen Anforderungen in der Zukunft gerecht zu werden, arbeiten die Ingenieure bereits an weiteren innovativen Antriebslösungen. Dabei liegt der Fokus vor allem auf dem emissionsfreien Fliegen.

Seite 24

GOOD TO KNOW

- 46 1969 „Ein kleiner Schritt für einen Menschen ...“
- 48 **Dicke Dinger** Sie sehen aus wie schwangere Fische oder überdimensionierte Wale. Kaum zu glauben, dass diese Transportflugzeuge überhaupt abheben können
- 48 **MTU^{Plus} Intelligente Lösungen** Kundenspezifische MRO-Lösungen
- 50 **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.

1969

1981

1987

1999

Das Triebwerk, mit dem alles begann

Bis das Tornado-Triebwerk die Leistung zeigte, die es sollte, musste die MTU Aero Engines einige Herausforderungen überwinden. Dabei baute sie unschätzbares Grundlagenwissen auf.

Autor: Denis Dilba

1969



Geballte Power — Im Jahr 1969 begannen MTU, Rolls-Royce und Fiat (heute Avio Aero) mit der Entwicklung des RB199.



Langer Atem — Einige der insgesamt 2.504 produzierten RB199-Triebwerke befinden sich noch immer im Betrieb.



Der Tornado — Aus der europäischen Luftverteidigung ist er nach wie vor nicht wegzudenken.

„Ohne das RB199 gäbe es die MTU Aero Engines nicht“. So kann man die Bedeutung der Entwicklung des Tornado-Triebwerks für die MTU in einem Satz zusammenfassen. Das würde dieser Pionierleistung aber bei weitem nicht gerecht werden. Denn keine andere Geschichte zeigt so eindrucksvoll, warum es seit den ersten Tagen der MTU bis heute geht: Mit ingenieurstechnischen Höchstleistungen die Grenzen des Machbaren stets ein Stück weiter zu verschieben – oder kurz: innovativ zu sein. Damals, zu Beginn der RB199-Entwicklung im Jahr 1969, nannte man das noch Ingenieurskunst, sagt Arthur Schäffler. Und diese sei auch unbedingt nötig gewesen, um die Herausforderungen zu meistern, die sich den MTU-Ingenieuren mit dem neuen Jettriebwerk damals stellten, erinnert sich der heute 81-Jährige Schäffler, der von Tag eins an bei der RB199-Entwicklung dabei war – und im Laufe seiner Karriere zum Technischen Direktor der Eurojet aufsteigen sollte.

„Die Anforderungen an den Tornado hätten kaum größer sein können“, erinnert sich der Triebwerksentwickler: „Das Mehrzweckkampfflugzeug sollte einerseits mit Mach 2,2 gegnerische Flugzeuge abfangen können, andererseits aber auch den Tiefflug als Kampfflugzeug beherrschen.“ Und natürlich sollte der Jet auch auf möglichst kurzer Strecke starten und landen können. Das RB199 musste also nicht nur mit möglichst wenig Gewicht sehr viel Schub erzeugen, dabei wenig Kerosin verbrauchen und kurzzeitige Beschleunigungsspitzen ermöglichen – das Triebwerk benötigte auch eine Schubumkehr. Erfüllen sollte diese Ansprüche ein Dreiwellentriebwerk mit zwölf Verdichterstufen, das ein Verdichtungsdruckverhältnis von 23 und eine Turbineneintrittstemperatur von rund 1.300 Grad Celsius aufwies. „Für den damaligen Stand der Technik war das in beiden Bereichen ein erheblicher Sprung“, sagt der Ingenieur.

2011

2019

2050

Besonders dicker Entwicklungs-Brocken für die junge MTU

Das eigens für den RB199-Bau gegründete Turbo-Union-Konsortium, ein Zusammenschluss von Rolls-Royce (40 Prozent), Fiat Aviazione (20 Prozent) und der MTU (40 Prozent), machte sich mit Feuereifer an die Arbeit, erinnert sich Schäffler. Die Aufgaben waren dabei so verteilt, dass das MTU-Team, bestehend aus Ingenieuren von MAN Turbo und Daimler-Benz, „für ihr damaliges Wissen einen besonders dicken Brocken an Land gezogen hatte“, sagt Schäffler: „Wir waren sowohl für den Mittel- und Hochdruckverdichter, die Mitteldruckturbine und den Schubumkehrer verantwortlich – als auch für das interne Luft- und Ölsystem zur Kühlung und Schmierung der hochbelasteten Lager sowie der Führung der Turbinenschaufelkühlluft.“ Nicht nur im technischen Bereich begab sich die MTU damit auf Neuland. Bis dahin hatten das junge Münchner Unternehmen und seine Vorgängergesellschaften Triebwerksbauteile vorwiegend in Lizenz gefertigt und nie so große Anteile selbstverantwortlich entwickelt. „Für eine Baugruppe komplett geradestehen zu müssen, bedeutete auch rein psychologisch einen ordentlichen Druck“, so der Ingenieur.


Die mäßigen Leistungen des ersten RB199-Testlaufs sorgten daher bei Schäffler und seinen Kollegen für lange Gesichter. „Die Wirkungsgraddefizite waren erheblich“, so der Triebwerksbauer. Während der Mitteldruckverdichter schnell auf einem „sehr ordentlichen“ Leistungsstand war, hatte der Hochdruckverdichter mit komplexen Problemen zu kämpfen. Unter anderem dehnten sich die relativ dicken, aus schweren Nickellegerungen gefertigten Rotorscheiben der hinteren Stufen bei schnell wechselnden Betriebszuständen wie Beschleunigung und Verzögerung wesentlich langsamer aus als das Gehäuse. Dadurch kam es über längere Zeitphasen zu großen Radialspalten. Die Folge: reduzierte Leistungsparameter des Hochdruckverdichters und eine unzulässige Absenkung der aerodynamischen Stabilitätsgrenze. „Bis wir eine Konstruktion gefunden hatten, die die Gehäuseausdehnung wirksam verlangsamte, verging viel Zeit“, sagt Schäffler. Immerhin erging es allen Triebwerksherstellern in der damaligen Phase so, sagt der Ingenieur. „Das Spalt-Problem war noch ziemlich unbekannt – wir mussten aushalten, dass es länger dauerte zu verstehen, wie man das löst.“

Durchgefallen beim Vogelschlagtest

Ebenso überraschend war die Erkenntnis, dass bei den Schaufeln aller hinteren Stufen des Hochdruckteils die Oberflächenrauigkeit deutlich zu groß war. „Das aerodynamische Potenzial konnte so nicht voll genutzt werden“, sagt Schäffler. Auch hier sollten Jahre vergehen, bis die zum Teil Daumennagel-großen Schaufeln in einer Qualität hergestellt werden konnten, dass die Leistung stimmte. Schäffler erinnert sich auch noch gut an das nötige Schaufel-Redesign nach dem ersten Vogelschlagtest: „Der Vogel passierte den Nieder- und Mitteldruckverdichter, ohne wesentliche Schäden anzurichten – und räumte den Hochdruckver-

dichter komplett ab.“ Im Vergleich zu den anderen Baustellen im RB199 sei diese aber einfach zu beheben gewesen: „Wir haben die Schaufeln des ersten Rotors des Hochdruckverdichters einfach in Sehnausdehnung rund 30 Prozent länger gemacht. Die verstärkte Schaufel hat den Schlag ausgehalten, ebenso wie die nachfolgenden Stufen“, sagt Schäffler. Schritt für Schritt erarbeitete sich die MTU so in allen Bereichen wertvolles Wissen.

„Auch wenn der Weg zum Teil sehr beschwerlich war und wir gelegentlich auch geflucht haben – das Gesamtsystemverständnis, das wir in dieser Zeit erarbeitet haben, hat der MTU extrem genützt“, sagt Schäffler. Auch die Triebwerksreglertechnik erlebte in Schäfflers Zeit einen Innovationsschub. Der anfangs verwendete RB199-Analogregler wurde im Herbst 1987 durch den wesentlich zuverlässigeren, flexibleren und einfacher handhabbaren Digitalregler DECU 2000 ersetzt, der 1995 in die Version DECU 2020 mit verbesserten Prozessoren mündete. „Dieser Regler wurde bis 2003 produziert und erfolgreich von der deutschen und italienischen Luftwaffe eingesetzt“, sagt Schäffler. Rund 700 davon sind gebaut worden, „auf die Zahl würde ich aber nicht unbedingt schwören“, lacht er. Anders als auf die Anzahl der gebauten RB199-Triebwerke. „Das waren 2.504 Stück“, sagt Schäffler. „Und einige fliegen immer noch.“ Auf das RB199, das trotz aller Herausforderungen schlussendlich zu einem der größten Erfolge für die MTU wurde, sei er natürlich stolz.

Er habe mit der MTU als Arbeitgeber einfach auch viel Glück gehabt, sagt der 81-Jährige, der bis vor wenigen Jahren noch Einführungskurse in die Funktionsweise eines Strahltriebwerks für MTU-Mitarbeiter gegeben hat. „Es war ein Ingenieursleben, wie man es sich nur wünschen kann.“ 



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.

1969

1981

1987

1999

1981

Eine eigene Liga

Der Weg zum Hersteller von Niederdruckturbinen auf Weltniveau begann vor 45 Jahren. Heute gehört die MTU Aero Engines zur Weltspitze – und ist mit einer schnelllaufenden Highend-Variante für den Getriebefan sogar konkurrenzlos.

Autor: Dennis Dilba

2011

2019

2050

Mikrometerarbeit — Die automatische Vermessung einer Niederdruckturbinen (NDT).

1969

1981

1987

1999



Kürzer, aber effizienter — Die Niederdruckturbinen (NDT) aus dem Pratt & Whitney GTF kommt mit nurmehr drei Stufen aus. Bei der V2500-NDT (rechts) waren es noch fünf.

Warum der erste Schritt auf dem Weg zu einem der führenden Niederdruckturbinen-Hersteller für die MTU erstaunlicherweise die Entwicklung eines Abgasgehäuses war, kann Ludwig Schweikl aus erster Hand berichten: Er und seine Kollegen haben es gebaut. „Damals, Anfang der 1970er-Jahre, traf unsere Geschäftsführung die strategische Entscheidung, in das zivile Triebwerksgeschäft einzusteigen“, sagt der langjährige ehemalige Konstruktionsleiter der MTU. Erste Turbinenerfahrung hatten die Experten ja schon im militärischen Bereich gesammelt und für den Tornado-Antrieb, das RB199, die Mitteldruckturbine entwickelt und gebaut. Über die Fertigung bestand bereits ein guter Kontakt zum amerikanischen Triebwerkshersteller Pratt & Whitney. „Irgendwie kam darüber dann eine Einladung für die MTU-Entwicklungsabteilung in die Pratt-Zentrale nach East Hartford zustande“, erinnert sich der Ingenieur. Man könne sich ja mal kennenlernen, meinten die Amerikaner. Sehr gerne, antworteten die Deutschen. Und so saß Schweikl kurz darauf in einem Flugzeug Richtung USA und traf als erster MTU-Entwickler auf die Fachkollegen von Pratt & Whitney.

„Sie waren sehr skeptisch, was wir zu bieten hatten. Pratt & Whitney war der weltweit führende Triebwerkshersteller und wir die kleine MTU“, sagt der heute 82-Jährige. Aber Schweikl hat einen guten Eindruck hinterlassen: Die MTU durfte sich am Abgasgehäuse für eine neue Version des damaligen Mittelstreckenklassikers JT8-D versuchen. Die Zusammenarbeit lief reibungslos und übertraf die Erwartungen von Pratt & Whitney bei weitem. Der Triebwerkshersteller war beeindruckt von den Fähigkeiten der MTU-Ingenieure – und bot ihnen daraufhin an, die Niederdruckturbinen für den größeren und leistungsfähigeren JT8D-Nachfolger JT10D zu entwickeln. Ein Ritterschlag für Schweikl und seine Entwicklungsmannschaft, die den Auftrag dankend annahm. „Damit ging es für die MTU los mit der Niederdruckturbinen“, sagt Schweikl. Jetzt begann ein regelrechtes Entwicklungsrennen, in dem bis heute eine Innovation die nächste jagen sollte.

„Damals, Anfang der 1970er-Jahre, traf unsere Geschäftsführung die strategische Entscheidung, in das zivile Triebwerksgeschäft einzusteigen.“

Ludwig Schweikl,

ehemaliger Konstruktionsleiter der MTU Aero Engines, München

Kompetenz spricht sich in der Fachwelt herum

Gleich die erste Niederdruckturbinen für das JT10D-Triebwerk, das schon bald in PW2000 umbenannt wurde, glänzte durch eine besondere technische Raffinesse: Da sich Rotoren und Triebwerksgehäuse bei Schubänderungen mit unterschiedlicher Geschwindigkeit ausdehnen und zusammenziehen

und so zeitweise zu größeren Spalten und damit zu Leistungseinbußen führen, besaß es erstmals eine Gehäusekühlung, die so genannte aktive Spaltkontrolle (ACC). Sie glich den Unterschied in der Wärmeausdehnung der Komponenten aus, verringerte so den Spalt und steigerte damit deutlich den Wirkungsgrad des gesamten Aggregats. Die Idee und das Patent dazu kam von Pratt & Whitney, die Umsetzung von der MTU. „Heute ist das Standard in jedem Triebwerk“, sagt Schweikl.

Die Niederdruckturbinen-Kompetenz der MTU sprach sich in der Fachwelt herum. Was dazu führte, dass Schweikl und sein Team kurze Zeit später auch für das V2500-Programm die Niederdruckturbinen-Entwicklung übernahmen. Die Niederdruckturbinen hat einen wesentlichen Einfluss auf die Gesamtleistung eines Triebwerks. Beim V2500, das unter anderem die A320-Familie in die Luft bringt und zu einem der wichtigsten Programme im zivilen Portfolio der MTU wurde, nutzten die Ingenieure konsequent die Erfahrung aus dem PW2000. So konnte der Wirkungsgrad der V2500-Niederdruckturbinen erheblich gesteigert werden.

Nur noch drei Stufen bei der schnelllaufenden Niederdruckturbinen

Es folgten viele weitere MTU-Niederdruckturbinen: Sie arbeiten in Business-Jet-Antrieben, in Nutzturbinen von Wellenleistungstriebwerken in schweren Transporthubschraubern, weiteren Turboantrieben von Mittel- und Langstreckenflugzeugen und auch im GP7000 des Mega-Airbus A380. Längst zählt die MTU zur Weltelite in der Niederdruckturbinen-Technologie. Ihr aktuelles Meisterstück hat das Münchner Unternehmen mit der schnelllaufenden Niederdruckturbinen für den Getriebefan (GTF)

2011

2019

2050



- 01** — Verbindung von Niederdruckturbinen und Antriebswelle mit dem Kerntriebwerk.
- 02** — Montagearbeiten an einer V2500-Niederdruckturbinen.



- 03** — Aus dem Vollen geformt: die Stufe 1 der NDT-Scheibe.
- 04** — MTU-Messtechnik im Einsatz an einem NDT-Gehäuse der PW1000G-Triebwerksfamilie.

abgeliefert: Durch aerodynamische Optimierung bis ins letzte Detail erreicht sie höhere Wirkungsgrade. Gleichzeitig lassen sich durch die hohen Umfangsgeschwindigkeiten infolge des Untersetzungsgetriebes im GTF größere Stufenarbeiten realisieren. Im A320neo-Antrieb werden daher nur noch drei Stufen benötigt. Bauraum, Gewicht, Instandhaltungskosten und nicht zuletzt auch der Kraftstoffverbrauch und damit der CO₂-Ausstoß: alles sinkt.

Und als wäre das nicht schon eindrucksvoll genug, ist die neue Turbinen auch deutlich leiser als herkömmliche Modelle. Ihre

Lärmemissionen haben höhere Frequenzen, die in der Atmosphäre besser gedämpft werden und für das menschliche Ohr kaum mehr wahrnehmbar sind. Mit dieser Weltklasse-Niederdruckturbinen, einer Schlüsselkomponenten, ohne die es den GTF nicht gäbe, bewegt sich die MTU heute in einer eigenen Liga. Aber auch diese Ausnahme-Turbinen kann man noch verbessern. Mit neuen Werkstoffen, mit leistungsfähigen Computersimulationen und nochmals optimierter Aerodynamik. MTU-Ingenieure arbeiten gerade daran – und schreiben so die außergewöhnliche Geschichte der Niederdruckturbinen-Entwicklung fort. ✈️



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.

1969

1981

1987

1999

Alle Handgriffe sitzen
Ein PW1100G-JM auf dem Prüfstand der MTU Maintenance Hannover.



2011

2019

2050

1987

Wie der Zukunftsantrieb entwickelt wurde

Mit ersten Voruntersuchungen für einen Getriebefan begannen Pratt & Whitney, die MTU Aero Engines und Fiat Avio bereits in den 1990er-Jahren. Heute setzt die innovative Technologie Maßstäbe und sorgt für deutliche Kraftstoff-, CO₂- und Lärmabsenkungen.

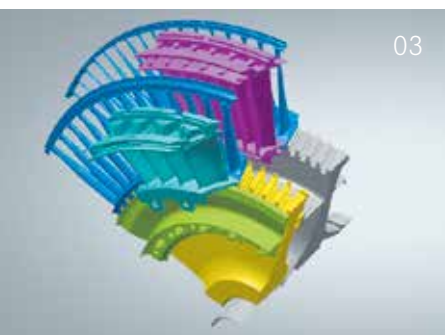
Autor: Dennis Dilba

1969

1981

1987

1999



01 — Vorentwicklung für den späteren Getriebefan: der ATFI-Demonstrator. ATFI steht für Advanced Technology Fan Integrator.

02 — Vorbereitung eines Stresstests am PW6000, das ebenfalls Grundlagen für die späteren Getriebefans lieferte.

03 — Computer-Animation von Sektionen aus der schnelllaufenden Niederdruckturbinen (NDT), die in den Getriebefan-Triebwerken von Pratt & Whitney eingesetzt wird.

04 — Bei der Instrumentierung des Hochdruckverdichter-Rotors ist Fingerspitzengefühl gefragt.

Seit Jahrzehnten arbeitet die MTU Aero Engines daran, dass Flugtriebwerke weniger Kraftstoff verbrauchen, weniger Emissionen ausstoßen und zudem auch leiser werden. Das große Kunststück dabei ist seit jeher: Um die ambitionierten Ziele von morgen erfüllen zu können, müssen sie schon vorgestern in der Entwicklung angeschoben werden. Dazu bedarf es nicht nur Weitblick und Vertrauen in die eigene Kompetenz, sondern auch großartige Partner und ein gutes Stück Mut. Wenn diese Mischung stimmt, können die Ziele der Zukunft erfüllt werden. Das Paradebeispiel dafür ist der Getriebefan (GTF), in den nahezu sämtliche Innovationen der letzten Jahrzehnte eingeflossen sind.

Vom ADP über ATFI zum GTF

Bereits in den 1990er-Jahren begann der US-Hersteller Pratt & Whitney zusammen mit der MTU und der damaligen Fiat Avio, erste Voruntersuchungen für ein Getriebefan-Triebwerk unter der Projektbezeichnung Advanced Ducted Propulsor (ADP) – dies wurde aber aus wirtschaftlichen Gründen nicht weiterverfolgt. Steigende Kerosinpreise verbunden mit dem Kundenwunsch

nach verbrauchsärmeren und leiseren Triebwerken führten im Laufe der folgenden Jahre aber zu einer neuen Bewertung der Marktchancen des Getriebekonzeptes. Anfang der 2000er-Jahre setzten sich die Untersuchungen mit dem Advanced Technology Fan Integrator (ATFI) fort. Dieser Demonstrator bestand aus einem Antrieb mit einem Untersetzungsgetriebe, das zwischen Fan und Niederdruckturbinen geschaltet war und auf Basis eines PW6000 Kerntriebwerks getestet wurde. Neben den drei ADP-Partnern arbeitete nun auch Pratt & Whitney Canada an dem Projekt mit. Damit setzte der Triebwerkshersteller Pratt & Whitney den Grundstein für sein patentiertes Getriebefan-Programm, welches 2008 offiziell startete. Ungefähr zur gleichen Zeit wie die Testphase des ATFI entwickelten die MTU-Ingenieure im Rahmen des „Engine 3E“-Projektes einen neuen Hochdruckverdichter. Für die Auslegung und Berechnung des sechsstufigen HDV12 wurde erstmals ein numerischer 3D-Navier-Stokes-Strömungslöser eingesetzt. Damit erreichte die Komponente ein hohes Gesamtdruckverhältnis von nahezu 11.

2011

2019

2050

Der HDV12 sollte damit die Grundlage für den Hochdruckverdichter des A318-Antriebes PW6000 werden – und in der Folge ebenso wie die Demonstratoren ADP und ATFI den weiteren Weg zum Getriebefan ebnen. Dessen Kernentwicklung begann ab

2005 – zu diesem Zeitpunkt beschlossen die Partner, ein Demonstrationstriebwerk zu entwickeln und zu testen. Die ersten Tests dieses Gesamtsystems im Jahr 2007 zeigten gleich sehr positive Ergebnisse hinsichtlich der Funktionalität der kritischen Komponenten. Klar war aber auch, dass das neue Triebwerk insgesamt noch einen erheblichen Verbesserungsbedarf hatte: Die weitere Entwicklung rechnete sich nur durch das Einbringen in eine ganze Getriebefan-Triebwerksfamilie. Überzeugt vom Konzept investierten Pratt & Whitney und die MTU konsequent weiter in die gesamte Prozesskette, mit der die Getriebefans unterschiedlicher Schubklassen realisiert werden konnten. Nur ein Jahr später hob der Getriebefan erstmals zu Flugtests ab.

Entwickler-Mut wird belohnt

Mit den beiden MTU-Hauptanteilen, der schnelllaufenden Niederdruckturbinen- und den ersten vier Stufen des insgesamt achtstufigen Hochdruckverdichters in Blisk-Bauweise erreicht der Zukunftsantrieb heute einen sehr hohen Wirkungsgrad. Das beeindruckende Resultat: Treibstoffverbrauch und Kohlenstoffdioxidausstoß verringern sich um je 16 Prozent, der Lärmteppich sogar um 75 Prozent. Und da weniger Verdichter- und Turbinenstufen benötigt werden, wird der Antrieb nicht nur leichter – da weniger Komponenten dem Heißgas ausgesetzt sind, sinken auch die Instandhaltungskosten. Für die GTF-Schlüsselkomponente, die schnelllaufende Niederdruckturbinen erhielt die MTU zwei deutsche Innovationspreise. Weltweit wird diese Technologie nur von Deutschlands führendem Triebwerkshersteller beherrscht. Der lange Atem hat sich gelohnt: Das Getriebefan-Konzept ist nicht nur ein technologischer Quantensprung sondern auch auf dem Markt ein großer Erfolg.

Airbus bietet den GTF heute für die A320neo und die A220 (ehemals Bombardier C Series) an, Mitsubishi stattet den MRJ damit aus und Embraer die neuen E-Jets der Familien E-170 und E-190. Und auch Irkut will den GTF für die MC-21. Derzeit haben weltweit insgesamt 80 Fluglinien bereits mehr als 8.000 der Getriebefan-Antriebe bestellt. In die aktuelle GTF-Version hielten bereits wieder neue MTU-Innovationen Einzug: zum Beispiel die ersten

„Das Erreichte macht uns natürlich stolz, aber Ausruhen auf dieser Entwicklung kann sich niemand bei der MTU.“

Dr. Jörg-Michael Henne,

Leiter Entwicklung und Technologie bei der MTU Aero Engines, München

additiv gefertigten Bauteile sowie Bürstendichtungen. Zudem übernimmt die MTU seit Ende 2016 ein Drittel der gesamten Serienendmontage für den A320neo-Antrieb PW1100G-JM. Rund 20 Millionen Euro wurden dazu in ein weltweit einzigartiges

von der MTU entwickeltes bodengeführtes Linienmontagesystem investiert. „Das Erreichte macht uns natürlich stolz, aber Ausruhen auf dieser Entwicklung kann sich niemand bei der MTU“, betont Dr. Jörg-Michael Henne, Leiter Entwicklung und Technologie bei der MTU. Der GTF hat insgesamt das Potenzial für bis zu 40 Prozent weniger Kraftstoffverbrauch und CO₂-Emissionen.

Weiterentwicklung wird schon vorbereitet

So könnte das Fan-Druckverhältnis weiter reduziert und damit das Bypass-Verhältnis in den kommenden Jahren schrittweise weiter erhöht werden – von derzeit 12:1 auf bis zu 20:1 ab 2035. Zudem arbeiten die MTU-Ingenieure daran, den thermischen Wirkungsgrad des Kerntriebwerks durch höhere Druck- und Temperaturverhältnisse weiter zu verbessern. Dazu soll auch das Gesamtdruckverhältnis deutlich über den aktuellen Wert von rund 50:1 gesteigert und gleichzeitig die nötige Kühlluftmenge drastisch reduziert werden.

Auch für die Zeit ab 2050 erarbeitet die MTU bereits gemeinsam mit Universitäten und anderen Forschungseinrichtungen erste Studien, Konzepte und Ideen: „Hierfür brauchen wir revolutionäre Ansätze, die über heutige Technologien hinausgehen müssen und vor allen Dingen auch neue Flugzeugarchitekturen,“ so Dr. Stefan Weber, Leiter Technologie und Vorauslegung bei der MTU. Beim Triebwerk geht es etwa um hocheffiziente Wärmekraftmaschinen mit extrem hohen Drücken oder die Einführung rekuperativer Elemente zur Verbesserung des thermodynamischen Kreisprozesses. Auch abgeschirmte Propeller oder am Flugzeug verteilte Fans sind denkbar. Hinzukommen technologische Lösungen wie alternative Kraftstoffe und Schritte zum turboelektrischen Fliegen, ohne die die zukünftigen Ziele nicht zu erreichen sind.

Alle Verbesserungen haben stets das gleiche Ziel: den Wirkungsgrad verbessern und so Kraftstoffverbrauch, Emissionsausstoß und Lärm minimieren. Das Triebwerk von übermorgen steht schon längst in den Startlöchern – die MTU übernimmt schon heute die Verantwortung in Richtung emissionsfreies Fliegen. ✈️



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.

1969

1981

1987

1999



Blisk (Blade Integrated Disk) — Integrierte Scheibe-Schaufel-Lösung für die Pratt & Whitney Getriebefan-Familie.

2011

2019

2050

1999

Wie sich Schaufeln und Scheibe fanden

Mit den platzsparenden und leichteren Rotorscheiben im Verdichter mit integrierten Schaufeln verbrauchen die Triebwerke weniger Kraftstoff. Die Erfolgsgeschichte der Blisks begann im Eurofighter-Triebwerk EJ200.

Autor: Dennis Dilba

Schaufeln und Scheiben aus einem Stück, so genannte Blade Integrated Disks oder kurz Blisks, sind längst nicht mehr aus Flugtriebwerken wegzudenken. Die Hochtechnologie-Bauteile, die in Verdichtern zum Einsatz kommen, sind zum einen platzsparender und wiegen weniger als konventionelle Rotoren mit Einzelschaufeln, zum anderen ermöglichen sie bessere Schaufel-Aerodynamiken und verringern obendrein auch noch den Montageaufwand. Die Folge: Triebwerke werden insgesamt kompakter, leichter, und verbrauchen weniger Kraftstoff, was wiederum den CO₂-Ausstoß senkt und der Umwelt zugutekommt.

1995, als Arthur Schäffler den vier Eurofighter-Kunden zum ersten Mal den neuen Full-Blisk-Niederdruckverdichter für ihr Jet-Triebwerk EJ200 präsentierte, war die Begeisterung allerdings sehr verhalten. „Es gab sofort heftige Diskussionen“, erinnert sich der damalige Technische Direktor des EJ200-Kon-

sortiums Eurojet an das Treffen in London. Die Vertreter Spaniens, Deutschlands, Italiens und Großbritanniens waren nicht grundlos skeptisch. Zwar kam eine erste Blisk schon damals in einem Hubschraubertriebwerk zum Einsatz. Die Blisks, die ihnen MTU-Mann Schäffler vorschlug, hatten aber einen erheblich größeren Durchmesser als das Helikopterbauteil. „Wir haben uns mit den EJ200-Blisks an vorderster Entwicklungsfront bewegt“, sagt der heute 81-jährige Ingenieur. Notgedrungen, denn um die Lebensdauer-Vorgaben für das EJ200 erfüllen zu können, mussten die MTU-Ingenieure auf die neue Technologie setzen. Die Umfangsgeschwindigkeiten der Rotoren in dem Jet-Triebwerk – und damit die Fliehkräfte – waren so groß, dass die Reibkorrosion bei der konventionellen Einzelschaufel-Technik zum Problem wurde. Dabei bilden sich auf den Oberflächen von Schaufelfuß und Rotornut kleine Grübchen, die zu Rissen und letztendlich zum Schaufelverlust führen können.

1969

1981

1987

1999

„Die ersten 85 EJ200-Triebwerke, die im Hochdruckverdichter in Stufe 1 und 2 noch ohne Blisks ausgeliefert wurden, waren deshalb auf 400 Flugstunden Lebensdauer limitiert – 4.000 Stunden waren designseitig vorgesehen“, sagt Christian Köhler, der 1990 zur MTU kam und heute Chief Engineer des EJ200-Programmes ist. Die Blisks behoben das Problem und überzeugten die Kunden vollends von der integrierten Scheibe-Schaufel-Lösung. Bis Anfang 2019 wurden bereits 558 Jets mit den EJ200-Triebwerken ausgeliefert – weitere sind geordert. Die Blisk-Erfahrung der MTU ist dann weiter in einen Experimental-Hochdruckverdichter eingeflossen, der im Rahmen des Technologieprogramms HDV12 aufgebaut wurde und der ziemlich genau in das A318-Triebwerk PW6000 passte. „Damit konnten wir Pratt & Whitney unsere technologischen Fähigkeiten zeigen.“ Heute ist der Hochdruckverdichter mit einigen Änderungen im PW6000 im Serieneinsatz und für die Blisk-Technologie bedeutete dies der Sprung ins zivile Geschäft.

„In den kommenden Jahren werden wir hier bis zu 6.000 Blisks pro Jahr herstellen. Ohne die große Erfahrung, die wir uns über die Jahre erarbeitet haben, und ständiger Sorgfalt wäre das nicht möglich.“

Dr. Stephan Bock,

Leiter Vorauslegung zivile und militärische Programme bei der MTU Aero Engines, München

Spezielles Fertigungsverfahren für Blisks mit großen Schaufeln

Klassischerweise werden die Konturen der Schaufeln aus einer massiven Metallscheibe herausgefräst. Je weiter man sich im Triebwerk aber nach vorne bewegt – das heißt, dahin wo die Scheiben kleiner und die Schaufeln größer werden – desto unwirtschaftlicher wird das spanende Verfahren. „Viel teures

Material landet hier im Ausschuss, das Fräsen dauert sehr lange“, so Köhler. Die bis zu 20 Zentimeter großen Schaufeln der ersten beiden EJ200-Niederdruckverdichter-Stufen werden daher einzeln geschmiedet und erst anschließend mit dem eigens dafür entwickelten linearen Reibschweißen mit der Scheibe vereint. Die Experten der MTU entwickelten noch ein weiteres Verfahren zur Bliskherstellung: „Mit dem Precise Electro Chemical Machining (PECM) können wir heute auch Blisks aus schwer schweiß- und spanbaren Nickel-Legierungen herstellen“, sagt Köhler. Bei dem Verfahren wird der Blisk-Rohling aus der Legierung unter Verwendung eines flüssigen Elektrolyten mit Hilfe elektrischen Stroms und eines 3D-Abformwerkzeugs gezielt aufgelöst.



Bliskfertigung auf rund 10.000 Quadratmetern _____ In München betreibt die MTU eines der größten und flexibelsten Fertigungssysteme für die Produktion von Blisks für Hoch- und Mitteldruckverdichter weltweit.

2011

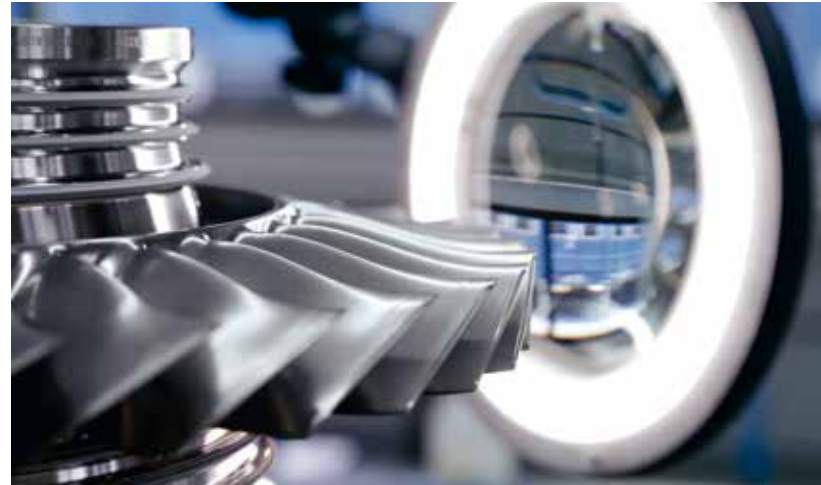
2019

2050

Einer der Vorteile von PECM gegenüber dem Fräsen: Da das Bauteil dabei nicht berührt wird, verschleifen die Werkzeuge auch nicht. Darüber hinaus entfallen durch die wesentlich höhere Abbildungsgenauigkeit der chemisch-elektrischen Methode auch weitere Nachbearbeitungsschritte. Beides spart Kosten ein. Mit dem innovativen Präzisions-Verfahren stellt die MTU im Auftrag von Pratt & Whitney die fünfte und sechste Blisk-Stufe des insgesamt achtstufigen und in kompletter Bliskbauweise ausgelegten Getriebefan-(GTF)-Hochdruckverdichters her. „Zur Fertigung der Titan-Blisks der ersten vier Stufen des GTF-Hochdruckverdichters, die von der MTU konstruiert wurden, haben wir auf dem Münchener Werksgelände eine eigens dafür konzipierte Halle gebaut“, sagt Dr. Stephan Bock, Leiter Vorauslegung zivile und militärische Programme. Große Titan-Blisk-Schaufeln werden hier mittels linearem Reibschweißen einzeln mit der Scheibe verbunden und dann durch adaptives Fräsen angepasst, mittlere und kleine Blisk-Schaufeln aus dem Metall werden aus dem Vollen gefräst.

Bis zu 6.000 Blisks pro Jahr

Das sogenannte Kompetenzzentrum zur Fertigung von Titan-Verdichter-Blisks ist ein Paradebeispiel der Umsetzung des Industrie-4.0-Gedankens bei der MTU und weltweit die modernste Produktion dieser Art. Die Halle verfügt über einen hohen und in dieser Art weltweit einmaligen Automatisierungs-, Digitalisierungs-, Vernetzungs- und Selbststeuerungsgrad. Auch der hochfunktionale, energieeffiziente Hallenneubau entspricht modernsten Baustandards. „In den kommenden Jahren werden wir hier bis zu 6.000 Blisks pro Jahr herstellen“, sagt MTU-Experte Bock. „Ohne die große Erfahrung, die wir uns über die Jahre erarbeitet haben, und ständiger Sorgfalt wäre das nicht möglich. Die Prozesse müssen extrem stabil sein: Ein Fertigungsfehler an einer einzigen Schaufel kann das gesamte Bauteil unbrauchbar machen.“ Ausruhen könne man sich auf diesen Erfolgen aber nicht, weiß der Experte: „Wir arbeiten bereits an den Blisks der nächsten GTF-Generation.“



Licht an _____ für die Sichtprüfung einer Blisk. Menschliche Sinne und Erfahrung sind hier unersetzlich.



Momentaufnahme _____ Gut zu sehen, wie diese Blisk aus dem vollen Werkstück gefräst wird.



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.

1969

1981

1987

1999

2011

Schicht für Schicht zum Bauteil

Mit dem Boroskopauge führte die MTU Aero Engines als einer der ersten Antriebshersteller der Welt die additive Serienfertigung ein. Strategisch goldrichtig: dem neuen Verfahren gehört die Zukunft.

Autor: Dennis Dilba

Das Boroskopauge ist ein kleines und eher unscheinbares Bauteil. Es passt ungefähr in eine Faust, hat links und rechts zwei seitliche Ausleger mit Loch, eine Öffnung mit silbrigem Gewinde in der Mitte und ansonsten eine matt-gräuliche Oberfläche. Das Anbauteil wird auf das Turbinengehäuse geschraubt und erlaubt es Technikern mit einer Inspektionskamera – dem namensgebenden Boroskop – in das Innere der Niederdruckturbinen zu schauen und so den Zustand der Schaufeln zu überprüfen. Die allermeis-

ten Menschen würden schlicht nicht wissen, was sie da vor sich haben, wenn man ihnen das Bauteil präsentiert. Für Dr. Jürgen Kraus allerdings, den Leiter Additive Fertigung bei der MTU Aero Engines in München, hat das Boroskopauge eine ganz besondere Bedeutung. „Damit haben wir den Durchbruch in der additiven Serienfertigung geschafft“, sagt Kraus. Wurden diese Anbauteile früher noch aus dem Vollen gefräst, entstehen sie heute elegant per selektivem Laserschmelzen (Selective Laser Melting = SLM).

2011

2019

2050

Dreidimensionale Mikroschweißvorgänge

Gemeinhin wird dieses Verfahren dem breiten Feld des 3D-Drucks zugeordnet. Rein technisch betrachtet handelt es sich dabei allerdings um dreidimensionale Mikroschweißvorgänge. Das 3D-Modell des zu fertigenden Bauteils wird dazu im ersten Schritt am Rechner in einzelne 20 bis 40 Mikrometer dünne Schichten zerlegt. Ein starker Laser schmilzt dann pulverförmigen Werkstoff in einer Baukammer exakt an jenen Stellen auf, die ihm die computergenerierten Bauteil-Konstruktionsdaten vorgeben, und verbindet ihn dadurch mit der Schicht darunter. So werden Bauteile Schritt für Schritt aufgebaut, stets kommt eine Schicht dazu. Experten wie Kraus sprechen daher auch von additiver Fertigung. Mit den Boroskopaugen wird heute die Niederdruckturbine des A320neo-Getriebefans PW1100G-JM ausgerüstet. Die MTU ist damit eines der ersten Unternehmen in der Luftfahrtbranche, bei der die innovative Fertigungstechnik für die Produktion von Serienbauteilen zugelassen ist und bereits eingesetzt wird.

Beginn mit Werkzeugen und einfachen Rohteilen

Der Weg dahin begann schon früh. Bereits seit den späten 1990er-Jahren beschäftigt sich die MTU mit den additiven Verfahren, in den ersten Jahren zunächst noch theoretisch, dann aber schnell auch praktisch. „Begonnen haben wir mit der Herstellung von Werkzeugen und Urmodellen für den Feinguss sowie einfachen Entwicklungsbauteilen“, erinnert sich Kraus. In der zweiten Phase wurden dann Vorrichtungskomponenten produziert, die bestehende Teile ersetzt haben, etwa Spritzdüsen sowie Schleifscheiben zur Fertigung von Bauteilen. In diese Etappe fallen auch die Getriebefan-Boroskopaugen. „Die einfach aufgebauten und für die unmittelbare Funktion eines Triebwerks unkritischen Bauteile waren ideal geeignet, um zu lernen, wie additive Fertigung in Serie funktioniert – und somit den Weg für komplexere und kritische Teile zu ebnen“, erklärt Dr. Karl-Heinz Dusel, Leiter Additive Fertigung Technologie bei der MTU. Denn neben der reinen Fertigungstechnik musste damals auch die gesamte Prozesskette neu aufgebaut werden.



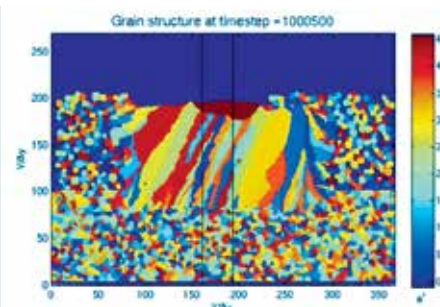
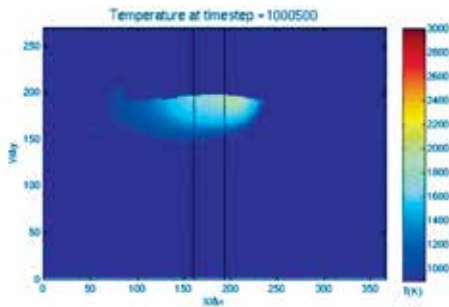
Boroskopaugen _____ sind kleine Öffnungen, durch die Beschauungen von Zeit zu Zeit mit einem Boroskop auf mögliche Abnutzungen überprüft werden. Die PW1100G-JM-Boroskopaugen stellt die MTU additiv her.

1969

1981

1987

1999



Mischtest — In der Simulation eines additiv gefertigten Bauteils kann die Homogenität der Elemente im Metall bei additiven Fertigungsverfahren getestet werden.

„Für die nächste Generation Triebwerke können wir uns einen Anteil an additiv gefertigten Bauteilen von bis zu 15 Prozent vorstellen.“

Dr. Jürgen Kraus,

Leiter Additive Fertigung bei der MTU Aero Engines in München

Da die MTU zuvor Rohteile nur eingekauft und nicht selbst hergestellt hatte, konnten Dusel und seine Kollegen nicht auf vorhandene Prozesse, Verfahren und Strukturen für die Herstellung und Zulassung zurückgreifen. „Allein die Erarbeitung des benötigten Normsystems und die Ermittlung der Werkstoffdaten hat mehr als zwei Jahre in Anspruch genommen“, sagt Dusel. Darüber hinaus mussten auch neue Methoden zur Bauteilprüfung und Qualitätssicherung entwickelt und eingeführt werden. Seit der Prozess sicher steht, arbeitet die MTU daran, ihn schrittweise auch auf komplexere Bauteile und andere Triebwerkstypen zu übertragen. Aktuelle Projekte sind beispielsweise neue bionisch designte und damit besonders leichte Halterungen für Ölleitungen, sogenannte Brackets, und ein additiv gefertigter, steiferer und kostengünstiger Dichtungsträger. Dieser Innenring mit integralen Honigwaben soll künftig im Hochdruckverdichter verbaut werden. Die für die Triebwerksfunktion ebenfalls kritischen Brackets haben eine filigrane geschwungene Form.

Bionisch geformte Leichtbauteile

Ihr neues Design spare ein Drittel des Gewichts ein, ohne dass sich dies negativ auf Festigkeit und Dämpfungseigenschaften auswirke, so Dusel. Additive Bauteile tragen damit zu einer Gewichtsreduzierung des Triebwerks bei, was den Kraftstoffverbrauch und damit den Emissionsausstoß senkt. Bis es soweit ist, werde es aber noch eine Zeit lang dauern: „Solche hochausge-

lasteten Bauteile müssen in Triebwerkstests validiert werden“, erläutert Kraus. Parallel zu diesen Arbeiten prüfen der Experte und sein Team bereits die Machbarkeit von vollkommen neuen Bauteilen, die in der Next European Fighter Engine (NEFE) und in der kommenden Getriebefan-Generation zum Einsatz kommen könnten. „Für die nächste Generation Triebwerke können wir uns einen Anteil an additiv gefertigten Bauteilen von bis zu 15 Prozent vorstellen“, sagt der MTU-Mann. Ohne das neue Verfahren, soviel sei jetzt schon klar, werde künftig kein Triebwerkshersteller mehr auskommen.

Die MTU hat daher seit Anfang 2018 ihr Engagement im Bereich Additive Fertigung noch einmal intensiviert und eine eigene Abteilung dafür eingerichtet. „Mit der Bündelung aller Aktivitäten von der Auslegung über die Technologieentwicklung bis hin zur Serienfertigung in einer organisatorischen Einheit wollen wir unseren Vorsprung halten und weiter ausbauen“, sagt MTU-Technik-Vorstand Lars Wagner. Jürgen Kraus hat auch schon Ideen wie das geschehen kann: Im nächsten Schritt sollen Leichtbauteile neu entwickelt und gefertigt werden. Es geht um neue Designs, neue Bauteile – denkbar sind Lagergehäuse, Halterungen und Streben – und neue Werkstoffe. Vor allem bei der Herstellung komplexer Bauteile kann das Verfahren seine Stärke ausspielen. „Der additiven Fertigung gehört die Zukunft – jedes optimierte Bauteil macht die Triebwerke noch ein Stück effizienter.“



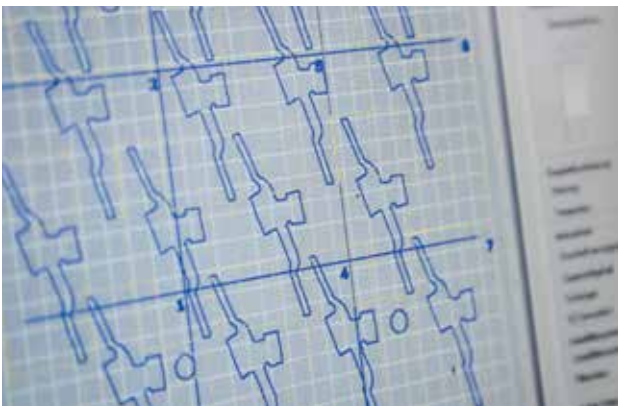
2011

2019

2050



Schicht für Schicht _____ „wachsen“ von diesen Boroskopaugen gleich mehrere auf einem Träger. Nachdem sie von ihm abgelöst sind, folgt die Endkonturbearbeitung.



Um viele Ecken _____ Mit additiven Verfahren können komplexe Bauteilkonturen gefertigt werden, die mit herkömmlichen Verfahren wie Fräsen nur sehr zeit- und materialaufwändig möglich sind.



Per selektivem Laserschmelzen (SLM) _____ werden die einzelnen Bauteilschichten - zwischen 20 und 40 Mikrometern dünn - aufgebaut.



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



Mehr zum Thema: www.aeroreport.de



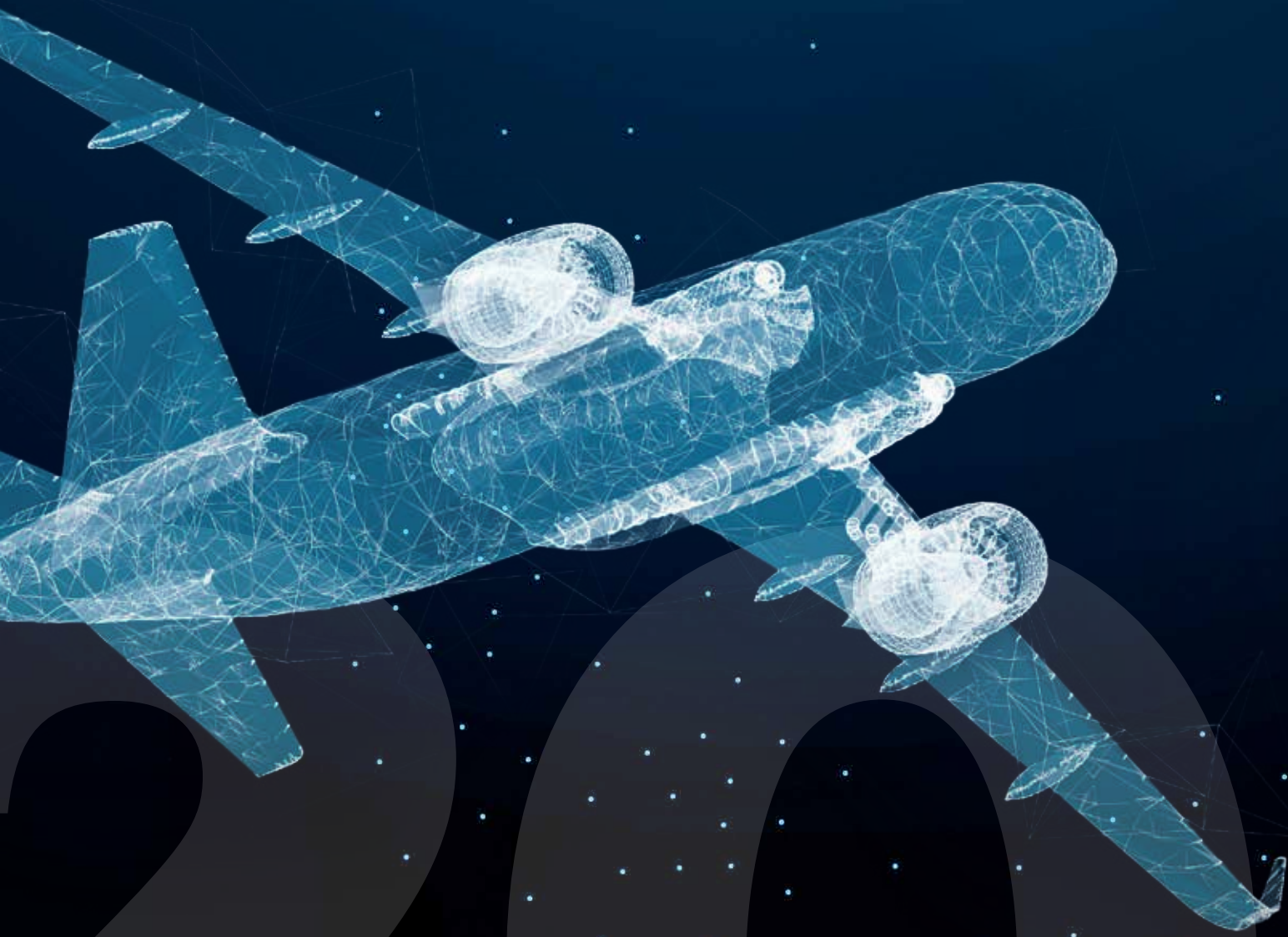
Autor:
Denis Dilba studierte Mechatronik, besuchte die Deutsche Journalistenschule und gründete das digitale Wissenschaftsmagazin Substanz. Er schreibt über verschiedenste Themen aus Technik und Wissenschaft.

1969

1981

1987

1999



20

2011

2019

2050

2050

Schub für die Zukunft

*„Answering tomorrow’s challenges“:
Für die MTU Aero Engines ist dieser Leitsatz Motto
und Verpflichtung zugleich. Noch nie hatte sie
so gute Antworten parat wie heute.*

Autorin: Martina Vollmuth

Seit Jahrzehnten stehen drei Buchstaben in der Luftfahrt für innovative Antriebslösungen – MTU. Die Triebwerksexperten aus München haben sich in der Vergangenheit einen Namen gemacht und immer wieder wertvolle technologische Impulse gegeben. Mit ihrer Beteiligung am Getriebefan-Triebwerk (GTF) bestimmen sie heute eindrucksvoll das Geschehen in der Gegenwart und schicken sich an, die Zukunft so nachhaltig wie noch nie zuvor in ihrer Unternehmensgeschichte zu beeinflussen: Mit ihrer einzigartigen Expertise steht die MTU bereit für die zentralen Missionen von heute und morgen – zivile Antriebe noch sparsamer und umweltverträglicher zu machen und militärische noch leistungsfähiger.

„Zu keiner Zeit hatte die MTU eine so schlüssige Technology Roadmap wie heute“, erklärt Lars Wagner, Technik-Vorstand des Unternehmens. „Wir sind uns unserer Verantwortung für nachhaltiges, emissionsfreies Fliegen bewusst. Deshalb investieren wir schon heute in zukunftsweisende Technologien für die Luftfahrt von morgen.“ Für den Zeitraum 2030+ werde der zivile Bereich klar auf die nächste Generation des Getriebefans ausgerichtet, während im militärischen Bereich NEFE (New European Fighter Engine) die Marschrichtung bestimme. Wagner weiter: „Im zivilen Bereich forschen wir gleichzeitig an evolutionären Ansätzen, die sich bereits heute mit nachhaltigen Kraftstoffen, eFuels, betreiben

lassen, sowie alternativen Antriebskonzepten, etwa hybrid-elektrisches Fliegen bis hin zur Brennstoffzelle.“

Zivile Luftfahrt 2050 im Blick

Damit geben sich die MTU-Experten aber nicht zufrieden, sondern richten ihren Blick weiter in die Zukunft. Als einige der wenigen Zukunftsdenker weltweit machen sie sich zusammen mit Partnern aus Industrie und Forschung bereits Gedanken, über zivile Antriebe, die nach 2050 fliegen könnten. Wagner: „Für diese Zeit erarbeitet die MTU heute schon revolutionäre Antriebskonzepte, um die ambitionierten Flightpath-2050-Ziele zu erreichen.“ Die neuen Antriebslösungen müssen über den heutigen Stand der Technik hinausgehen. Das größere Ziel lautet: emissionsfreies Fliegen.

Die MTUler haben hier unter anderem zwei konkrete Antriebskonzepte im Auge: den Composite Cycle und das STIG Cycle Engine. Bei diesen ‚revolutionären‘ Lösungen, handelt es sich um völlig neue Technologien. Als ‚evolutionär‘ bezeichnen die MTUler im Vergleich dazu die Weiterentwicklung der bereits eingeführten Getriebefan-Technologie: Die zweite GTF-Generation bietet noch deutliche Potenziale, soll weiter optimiert nochmals ganz gravierende Emissionseinsparungen bringen und Mitte der 2030er-Jahre in der Luft sein.

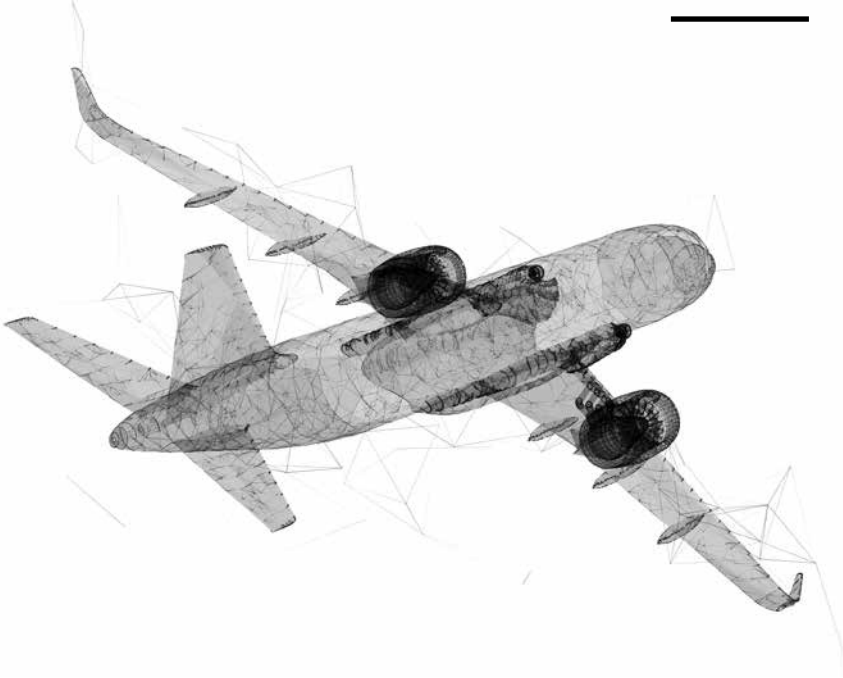
1969

1981

1987

1999

2050



„Zu keiner Zeit hatte die MTU eine so schlüssige Technology Roadmap wie heute.“

Lars Wagner

Vorstand Technik

bei der MTU Aero Engines in München

Dann muss ein technologischer Sprung kommen, um Technologien und Konzepte zu entwickeln, die ein weitgehend ‚emissionsneutrales Fliegen‘ ermöglichen – so die Verpflichtung der europäischen Luftfahrtbranche. Hierfür haben findige MTU-Entwickler zwei Ansätze erdacht und kombinieren die bewährte Fluggasturbine mit völlig neuen Technologien: Beim Composite-Cycle-Ansatz soll das herkömmliche Hochdruck-Verdichtersystem durch einen Kolbenverdichter und -motor ergänzt werden. „Damit könnten wir den thermischen Wirkungsgrad deutlich steigern“, schildert Dr. Stefan Weber, Leiter Technologie und Vorauslegung in München. Beim STIG Cycle Engine wird ein Dampfkraftprozess in den Gasturbinenprozess integriert. Eine Gasturbine mit Wasserdampfeinspritzung soll zur Anwendung kommen, um die Wärme des Abgasstrahls dem Prozess innerhalb des Triebwerks wieder zuzuführen. Die nasse Verbrennung würde sowohl die CO₂- als auch die NO_x-Schadstoffemissionen deutlich verringern. „Welcher Ansatz letztlich das größere Potenzial hat und wirtschaftlich realisierbar ist, muss sich zeigen“, konstatiert Weber. Sollte sich das STIG Cycle Engine durchsetzen, bedarf es einer neuen Flugzeugarchitektur, denn mit der bestehenden Konfiguration wird das nicht umsetzbar sein.

Nachhaltige, regenerative Kraftstoffe

Flankiert werden die Arbeiten an diesen beiden MTU-Leitkonzepten von weiteren Aktivitäten. „Nur damit alleine können wir die anspruchsvollen Ziele für 2050 nämlich nicht erreichen“, so Weber. „Wir würden mit ihnen zwar einen deutlichen Beitrag leisten,

werden die Vorgaben aber auf keinen Fall komplett umsetzen können. Was uns dazu noch fehlt, muss durch die Entwicklung nachhaltiger Kraftstoffe hereingeholt werden.“ Man müsse weg von der Verbrennung fossiler Brennstoffe hin zu nachhaltigen, regenerativen Kraftstoffen. „Deren Einsatz wollen wir einfordern“, konstatiert Weber. Gute Ansätze zur Herstellung synthetischer Kraftstoffe bieten die Solarenergie sowie Strom – sofern er nachhaltig erzeugt wird. Letztere Technologie ist bereits heute schon verfügbar. Ein großer Vorteil dieser Kraftstoffe ist die Tatsache, dass sie keine neue Infrastruktur erfordern, sondern innerhalb der existierenden drop-in genutzt werden können. Um zusätzlich auch noch den NO_x-Ausstoß komplett zu vermeiden, kommt man an Brennstoffzellen nicht vorbei – also Fliegen mit Wasserstoff. Auch diese Technologie hat die MTU im Visier.

E-Fliegen

Ein Thema ist in letzter Zeit immer mehr in den Blick der Öffentlichkeit gerückt – Fliegen mit Strom, denn rein batterie-elektrisch betriebene Flugzeuge fliegen komplett emissionsfrei – sofern auch der Strom nachhaltig erzeugt wird – sieht man von der Lärmentwicklung ab, die beim Fliegen schlichtweg nicht komplett zu vermeiden ist. Realistisch betrachtet gibt es aus heutiger Sicht allerdings große Hürden zu überwinden, um rein batterie-elektrisches Passagierfliegen zu realisieren. Weber ordnet ein: „Elektrische Antriebe und Batterien erreichen heute Leistungswerte, die einen Einsatz im Bereich von Motorseglern und kleinen Sportflugzeugen erlauben.“ Eine Übertragung auf Flug-

2011

2019

2050

REVOLUTIONÄRE ANTRIEBSKONZEPTE MADE BY MTU



Composite Cycle Engine _____ Die Koppelung von Gasturbine und Kolbenmaschine ist seit den 1950er-Jahren bekannt – für heutige Verkehrsflugzeuge werden allerdings deutlich höhere Leistungen benötigt. Die MTU hat ein neues Konzept entwickelt und patentiert.




STIG Cycle Engine _____ STIG (STeam Injected Gas turbine) bezeichnet einen Dampfkraftprozess, der in die Gasturbine integriert wird. Ziel ist, die Energie im Abgas zur Leistungserzeugung zu nutzen. Zudem sollen dadurch die Schadstoffemissionen deutlich gesenkt werden.

zeuge der Airbus-A320-Klasse ist bis auf Weiteres nicht möglich, da die Batteriekapazitäten dafür heute bei weitem nicht ausreichen. „Und für die Zukunft sehen wir auch noch keine erfolgversprechenden technologischen Ansätze.“

Technisch realisierbar erscheinen hingegen aus heutiger Sicht turboelektrische oder hybrid-elektrische Systeme – also eine Integration von Turbomaschine und Generator im Flugzeugrumpf. Der Strom für die Elektroantriebe könnte von einer Gasturbine erzeugt werden; die E-Motoren wiederum würden verteilte Fans am Flügel antreiben. Ob damit tatsächlich ein Potenzial zu heben ist, so Weber, müsse noch nachgewiesen werden. Die Erfolge stehen und fallen mit dem technischen Fortschritt im Bereich der Batterien und Elektromotoren. Auch hier ist die MTU am Ball und beteiligt sich an verschiedenen Studien und Initiativen: So sollen mit Partnern hybrid-elektrische beziehungsweise elektrische Antriebsstränge für Flugtaxi oder sogar Flugzeuge der Größe eines 19-Sitzers untersucht werden.

Eines steht für Weber fest: „Das Konzept der Fluggasturbine wird sich weiter behaupten. Es ist zukunftstauglich und kann weiter optimiert werden.“ Mit dem Einsatz nachhaltiger Kraftstoffe bei bestehender Infrastruktur können mit ihnen die Schadstoffemissionen zeitnah deutlich reduziert werden. Zwei Anwendungen im Flugzeug wären für die Gasturbine denkbar: entweder als verbesserter umweltfreundlicherer Hauptantrieb oder aber als Voraussetzung für emissionsarme hybride Systeme, sofern sich deren Einführung in der Gesamtbilanz als vorteilhaft erweisen.

Die MTU hat sich klar positioniert und aufgestellt: Sie bleibt sich und ihrer Tradition treu und hat alle Möglichkeiten im Blick, um weiterhin für Fortschritt am Himmel zu sorgen. Denn die Experten wissen: Die Zukunft der Luftfahrt beginnt heute. 



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



Mehr zum Thema: www.aeroreport.de



Autorin:
Martina Vollmuth, ist Diplom-Journalistin und ausgebildete Tageszeitungsredakteurin. Bei der MTU ist sie als Pressesprecherin Technologie tätig.

Natur als Vorbild

*Ingenieure entwickeln bionische Komponenten
für künftige Luftfahrtantriebe.*

Autorin: *Monika Weiner*



Die Natur hatte mehrere Milliarden Jahre Zeit, um optimale Lösungen zu entwickeln: Holz, das durch die Zellwände eine hohe Stabilität bekommt. Knochen, die durch ihren Aufbau leicht und doch belastbar sind. Schilfrohr, dem verschiedene Zellschichten Härte und Flexibilität verleihen. Die Blätter der Lotusblume, die, dank einer strukturierten Oberfläche, Wasser und Schmutz abweisen. Die gerillten Schuppen der Haifische, die den Strömungswiderstand reduzieren.

Die natürlichen Vorbilder inspirieren seit langem den menschlichen Erfindungsgeist. Schon Leonardo da Vinci studierte die Bewegung der Vögel, bevor er seine Flugapparate baute. Die ersten Flugversuche scheiterten übrigens, weil die menschliche Muskelkraft nicht ausreicht, um den nötigen Auftrieb zu erzeugen. Doch das Prinzip Auftrieb durch Vortrieb steckt bis heute in jedem Flugzeug. Mittlerweile nutzen die Ingenieure Inspirationen aus der Natur auch für die Material- und Bauteilentwicklung.

Enormes Innovationspotenzial

Die „Bionik“ - eine Wortkombination aus Biologie und Technik - ist ein eigenes Forschungsfeld geworden. Und in dem steckt ein enormes Innovationspotenzial, davon ist Markus Hollermann, Gründer und Geschäftsführer von „die Bioniker GbR“ und Berater bei Altran Deutschland, überzeugt: „Es geht hier nicht darum, von der Natur

abzukupfern. Ziel ist vielmehr, von der Natur zu lernen - Prinzipien zu abstrahieren, auf technische Produkte und Prozesse zu übertragen und neue Funktionalitäten zu entwickeln. So kann man zum Beispiel für die Luftfahrt leichte, extrem belastbare und auch schalldämpfende Bauteile entwickeln.“

Mit bionischen Strukturen lassen sich auch Triebwerke leichter, leiser und effizienter designen - zumindest theoretisch. Praktisch schien dies lange unmöglich, weil die Bauteile traditionell geschmiedet oder gegossen werden - da ist es schwierig, Hohlräume oder Muster nach natürlichem Vorbild zu integrieren. Additive Fertigungsverfahren eröffnen den Konstrukteuren jedoch neue Möglichkeiten. Bei der MTU Aero Engines wurde vor einem Jahr ein eigenes Team „Bionische Auslegung“ als Bestandteil des Centers of Excellence für additive Verfahren gegründet.

Teamleiter Dr. Mark Welling und seine Kollegen haben mittlerweile ein bionisches Bauteil entwickelt, das auch sicherheitsrelevant für den Betrieb des Triebwerks ist mit entsprechend hohen Anforderungen an die Zulassung: eine Halterung für Ölleitungen. Anders als die bisher eingesetzten gefrästen Brackets, die gerade Kanten hatten, ist die neue Halterung geschwungen - die Form erinnert an einen Knochen. „Durch das Design konnten wir die Hälfte des Gewichts einsparen,

VON DER ENTWICKLUNG BIS ZUR FERTIGUNG



Additive Fertigung ———
 Mit Hilfe von numerischer Simulation werden die bionischen Formen eines Bauteils entwickelt und dann mittels additiver Fertigung in Metall umgesetzt.

GEWICHTSREDUZIERUNG DURCH BIONISCHE FORMEN

Additiv gefertigte Halterungen für Ölleitungen sind halb so schwer wie konventionell gefräste Bauteile



konventionell
gefräst

additiv
gefertigt



konventionell
gefräst

additiv
gefertigt

Bionische Halterungen für Ölleitungen

Durch additive Fertigung lassen sich die Bauteile nach natürlichem Vorbild präzise fertigen. Sie sind leichter und zugleich stabiler als konventionell gefräste Halterungen.



Schicht für Schicht zum bionischen Bauteil
 — Steuerung einer additiven Fertigungsanlage.



Materialsparendes Verfahren — Fertigung eines
 Trays von Brackets.

ohne dass sich dies negativ auf Festigkeit und Dämpfungseigenschaften auswirkt“, berichtet Welling. Die Ähnlichkeit mit dem Knochen sei dabei kein Zufall: „Die Natur ist äußerst sparsam. Sie investiert nicht mehr als nötig. Beim Knochen wird Material nur dort eingebaut, wo dies für die Stabilität unbedingt erforderlich ist. Die Brackets haben wir nach einem ähnlichen Prinzip optimiert. Sie sind sozusagen das Ergebnis einer Evolution im Zeitraffer.“



„Die Natur ist äußerst sparsam. Sie investiert nicht mehr als nötig. Beim Knochen wird Material nur dort eingebaut, wo dies für die Stabilität unbedingt erforderlich ist. Die Brackets haben wir nach einem ähnlichen Prinzip optimiert.“

Dr. Mark Welling
 Leiter Bionische
 Auslegung,
 MTU Aero Engines

Entwicklung mit numerischer Simulation

Die numerische Simulation beginnt mit einem Modell aus Hexaedern, einem Finite-Elemente-Modell, das Lasten und Temperaturen ausgesetzt wird. Das Computerprogramm ermittelt, welche Hexaeder Belastungen standhalten müssen und welche nicht. Die unbelasteten werden nach und nach entfernt, bis nur noch die unverzichtbaren Strukturen übrig sind. Dann simuliert der Computer dynamische Belastungen, wie sie während vieler tausend Starts und Landungen auftreten. Das Modell zeigt, wo Schwachstellen sind, dort muss das Hexaedernetz angepasst werden.

Im nächsten Schritt gilt es, das Design für die additive Fertigung zu optimieren: Beim Selektiven Laserschmelzen werden dünne Lagen von IN718-Pulver, einer hochwärmfesten Eisen-Nickel-Legierung, aufgetragen und dort, wo massive Strukturen entstehen sollen, mit Laserlicht verschmolzen. Prinzipiell lässt sich auf diese

Weise jede Geometrie fertigen, allerdings müssen Stützstrukturen und überhängende Teile anschließend entfernt beziehungsweise nachbearbeitet werden. Um diesen Aufwand zu minimieren, durchläuft das Modell einen Optimierungsprozess.

Die CAD-Daten aus der Simulation lassen sich nun direkt für die additive Fertigung nutzen. Zur Qualitätssicherung haben die Ingenieure bei der MTU ein eigenes Verfahren entwickelt, das schon während des Schweißprozesses Schwachstellen aufspürt: Ein Sensor registriert, wie lange es dauert, bis das Pulver, das der Laser aufgeschmolzen hat, wieder erstarrt und abkühlt. Ein langes Nachglühen deutet auf eine unvollständige Verbindung mit der darunterliegenden Schicht hin.

Die Fertigung des Bracket-Rohlings dauert nur wenige Stunden. Vor dem Einbau durchläuft er noch weitere Qualitätsprüfungen, die einen sicheren Einsatz im Triebwerk garantieren.

Die neuen bionischen Halterungen werden jetzt in ein Testtriebwerk eingebaut. Sobald sie den Langzeittest dort bestanden haben und die Zulassungsanforderungen nachgewiesen sind, können sie in Serie gehen. „Damit haben wir wieder einen wichtigen Meilenstein erreicht und den Weg geebnet für künftige Entwicklungen“, so Welling. „Bis 2030 wollen wir 15 bis 30 Prozent der Triebwerksbauteile additiv fertigen. Wir wis-

sen allerdings, dass dafür weitere Herausforderungen zu meistern sind, die wir jetzt konsequent angehen.“

Welche Komponenten eignen sich dafür? Die Liste der potenziellen Einsatzmöglichkeiten ist lang. Denkbar wären ein Gehäuse mit integrierter Kühlung, leichte Triebwerksschaufeln (siehe Kasten Ideation Challenge), oder eine neu designte Verstellmechanik für Schaufeln – bisher besteht diese aus vielen kleinen Teilen, die von Hand montiert werden müssen. „Die additive Fertigung kann dazu beitragen, die Ziele der Luftfahrt zur Reduzierung von Treibstoffverbrauch und Emissionen zu erreichen“, resümiert Welling. „Nach dem Vorbild der Natur können wir leichter, leiser und effizienter werden.“



„Die additive Fertigung kann dazu beitragen, die Ziele der Luftfahrt zur Reduzierung von Treibstoffverbrauch und Emissionen zu erreichen. Nach dem Vorbild der Natur können wir leichter, leiser und effizienter werden.“

Dr. Mark Welling

Leiter Bionische Auslegung, MTU Aero Engines

Inside MTU — Ideation Challenge Bionik

Die Natur bietet perfekte Lösungen – man muss sie nur entdecken. Bei der Ideation Challenge waren 2017 die Mitarbeiter aller MTU-Standorte weltweit aufgerufen, ihre Ideen einzubringen. Die Frage lautete: Was können wir im Triebwerksbau von der Natur lernen? Und: Wie lassen sich dabei bionisches Design und additive Fertigung optimal kombinieren?

67 Vorschläge wurden online eingereicht, zehn von ihnen hat ein Expertenteam ausgewählt. Die Gewinner durften ihre Konzepte in einem finalen Pitch vor einem Gremium von Führungskräften vorstellen. Am Ende wurden drei Ideen prämiert, und die Gewinner bekamen die Möglichkeit, ihre Ideen umzusetzen.

„Unser Ziel war es, durch den Wettbewerb einen Innovationsprozess anzustoßen“,

sagt Dr. Patrick Holtsch, der Mitorganisator der Ideation Challenge. „Das Ergebnis zeigt, dass die MTU über ein riesiges Potenzial von Ideen verfügt, das sich für die Weiterentwicklung von Triebwerken nutzen lässt.“

Die preisgekrönten Ideen der Ideation Challenge:

Bionisches Boroskop für die On-site-Reparatur

Vorbild war die menschliche Hand. Das Boroskop lässt sich mit Hilfe eines langen dünnen Arms, der einer Schlange gleicht, in das Triebwerk einführen, um Inspektionen durchzuführen und die Schaufeloberflächen zu glätten. Auf diese Weise können Reparaturarbeiten beim Kunden durchgeführt werden. Die Technik könnte helfen, teure und zeit-

aufwändige Shop-Visits, bei denen das Triebwerk zerlegt werden muss, zu vermeiden.

Bionische Turbinenschaufel

Inspiriert wurde die Idee durch das Riesenschilf. Dessen Rohr ist widerstandsfähig und dämpft Vibrationen. Die Turbinenschaufel ist ähnlich aufgebaut: Sie hat eine harte Außenschicht und eine wabenförmige Struktur im Inneren. Dieses Konzept macht sie leicht und leise.

Gehäuse mit integrierter Kühlung

Der Aufbau erinnert an einen Knochen. Die Hohlräume enthalten zudem wabenförmige Strukturen. Durch diese lässt sich Luft genau an die Stellen leiten, die gekühlt werden müssen. Der Vorteil: Man kann die Rohre einsparen, mit denen bisher Luft in das Gehäuse geführt wird.



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.



Nurflügler mit Containern — Das Konzept des Projekts „Clip-Air“, das Flugzeuge flexibler einsetzbar machen und den Luftraum entlasten soll, leitet sich aus der Transportlogistik ab.

Flexible Flieger

Mit modularen Flugzeugen und Kabinen können Airlines schneller auf unterschiedliche Passagierbedürfnisse und Marktsituationen reagieren – das soll den Flugverkehr effizienter machen.

Autor: Denis Dilba



Der Transport von Waren in standardisierten Containern, erfunden 1956 vom US-amerikanischen Reeder Malcom McLean, gilt als eine der bedeutendsten Entwicklungen der Logistik. Einmal in der Blechkiste verpackt, kann das Transportgut über lange Distanzen mit verschiedenen Verkehrsträgern wie Lkw, Eisenbahn oder Schiff befördert werden. Zeitraubendes Aus- und Umpacken sowie Kosten für Lagerhaltung oder Liegezeiten in Häfen entfallen. Das Transportwesen wurde revolutioniert. Nicht weniger schwebt Claudio Leonardi von der Eidgenössischen Technischen Hochschule Lausanne (ETHL) mit seinem Konzept Clip-Air für den Luftverkehr vor. Bereits seit 2009 arbeitet der Forscher an der futuristischen Flugzeugstudie.

Nurflügler mit flexibel nutzbaren Container-Kapseln

Clip-Air besteht aus zwei Elementen: Zum einen einer fliegenden Komponente, einem Nurflügler. Zum anderen aus Kapseln, die ähnlich wie Container auf ein Schiff gestapelt einfach an das Flugmodul angedockt werden können und je nach gewählter Konfiguration als Kabine oder Laderaum dienen. Der Clou von Clip-Air ist, dass die Kapseln auch als Zugwaggons verwendet werden können. „Auf diese Weise könnten wir die Flugzeuge direkt in die Stadtzentren bringen“, sagt ETHL-Forscher Leonardi. Die Passagiere betreten das Flugzeug sozusagen bereits am Bahnhof. Die Kabinenmodule fahren anschließend zum Flughafen weiter, wo sie an die Nurflügler-Einheit angekoppelt werden.



Vielfältiger Nutzen — Beim Clip-Air-Konzept können Module für unterschiedlich große Trägerflieger je nach Bedarf mit Fracht, Passagieren oder Treibstoff gefüllt werden.

Umsteigen und ein separates Boarding wären nicht mehr nötig, die Fluggäste könnten bequem sitzen bleiben. Stress und Hektik auf dem Weg zum Gate gehörten der Vergangenheit an und auch die Flughäfen und die Airlines würden von der Zeitersparnis profitieren. Ein weiterer Vorteil des modularen Flugzeug-Konzepts sei, dass man flexibel auf Bedarfe reagieren könne, meint Leonardi. „Es ist beispielsweise möglich, nur Zweite- oder nur Erste-Klasse-Module anzuhängen.“ So kann bei entsprechender Buchung eine leere erste Klasse vermieden werden, die Platz benötigt und Sprit verbraucht. Eine Neuerung für den Schienenverkehr wäre auch, dass Frachtmodule und Passagiermodule gleichzeitig transportiert werden können.

Bis zu 4.000 Kilometer beträgt die von den ETHL-Wissenschaftlern errechnete Reichweite des Fluggerätes, das 60 Meter Spannweite aufweist. Unter dem Rumpf kann es drei rund 30 Meter lange und vier Meter im Durchmesser fassende Module tragen – was jeweils ungefähr einer Airbus A320 entspricht. So haben entweder drei Mal 150 Passagiere Platz oder sehr viel Fracht. Weiterer Bonus: Indem eines der drei Cargo-Module gegen einen zusätzlichen, mobilen Treibstofftank ausgetauscht wird, lasse sich die Reichweite von Clip-Air zusätzlich erhöhen, so Leonardi. Ob und wann das Konzept umgesetzt wird, ist allerdings noch vollkommen offen. Leonardi hofft natürlich, dass Clip-Air eines Tages abhebt, ihm ist aber klar, dass es sich um ein Langzeitprojekt handelt.

Kopplung als technische Herausforderung

Kay Plötner, Leiter Ökonomie und Verkehr am Forschungsinstitut Bauhaus Luftfahrt, hat Zweifel, ob so ein modulares Flugzeug-Konzept überhaupt eine Chance hat. Der Wissenschaftler



Komfortables Reisen — Die Passagiermodule des Clip-Air-Konzepts können direkt vom Rollfeld auf die Schiene gehen, die Passagiere bleiben entspannt sitzen.

kennt sich damit aus: Zusammen mit Design-Studenten der University of Glasgow haben er und seine Bauhaus-Luftfahrt-Kollegen 2013 ebenfalls eine modulare Flugzeugstudie erarbeitet, die Zug- und Flugverkehr kombiniert.

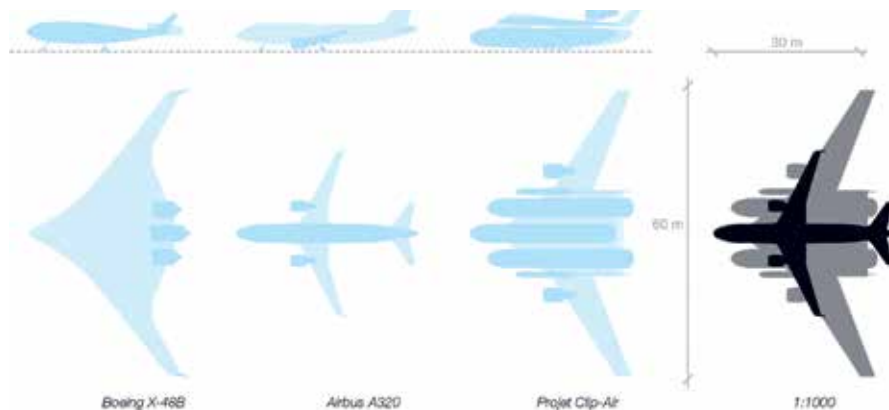
„Bei solchen Systemen scheidet es oft daran, dass die Flugzeuge selbst zu schwer und ineffizient werden“, sagt Plötner. Der Kopplungsmechanismus für die Module müsse so ausgelegt werden, dass er sicher ist. Die Kräfte werden über wenige Punkte eingeleitet, was eine massivere Bauweise erfordert, die mehr Gewicht auf die Waage bringe. Die andere Hürde ist, dass die Komplexität am Flughafen erhöht wird oder man massiv in die Infrastruktur eingreift. „Das heißt: Man müsste die Flughäfen und zum Teil die Bahnhöfe kostspielig umbauen.“ Diese Probleme gelten auch für das aktuelle Konzept Link & Fly des französischen Technologieberatungs-Unternehmens Akka Technologies. Hier wird nur ein Zugmodul mit einem Flugmodul gekoppelt.

Etwas größere Chancen hinsichtlich einer Umsetzung räumt der Bauhaus-Luftfahrt-Experte dem modularen Konzept Transpose der Airbus-Forschungseinheit A3 aus dem Silicon Valley ein. Das Team um Projektleiter Jason Chua hat Anfang 2017 ein Konzept für modulare Flugzeugkabinen vorgestellt.

Anpassungsfähige Zellen

Diese innerhalb von wenigen Minuten am Flughafen austauschbaren mobilen Module sollen es Airlines künftig ermöglichen, ihre Flugzeuge an die individuellen Bedürfnisse von Passagieren auf bestimmten Routen anzupassen. Zehn bis vierzehn solcher Kabinenabteile passen laut A3 in eine A330. Chua denkt an Module mit Spielecke und Kinderbetreuung für Familienreisen,

CLIP-AIR-FLUGZEUGE IM VERGLEICH ZU KONVENTIONELLEN ZIVILFLUGZEUGEN

**Flexibles Flugzeug**


Die einzelnen Module werden unter dem Rumpf des Nurflüglers angedockt. Dort haben bis zu drei Module Platz – was jeweils ungefähr einer Airbus A320 entspricht.

fliegende Konferenzräume, Fitnessstudios und Cafés. „Der größere Mehrwert für den Kunden soll natürlich auch eine höhere Zahlungsbereitschaft erzeugen“, sagt Plötner. Etwas Ähnliches gab es in der Vergangenheit schon einmal: So wurden beim Airbus A340-600 für das Unterdeck spezielle Module entworfen. Dort waren die Toilettenabteile der Economy Class, die Hauptküche und ein Ruheraum für Flugbegleiter untergebracht – allerdings auf Kosten des nutzbaren Frachtraums und fest verbaut, nicht wie beim A3-Konzept variabel austauschbar. „Theoretisch wäre die Airbus-Idee machbar“, sagt Plötner.

Flugzeuge aus dem Pool

Ob aber die Nachfrage da ist und die modularen Kabinen höhere oder zumindest gleiche Einnahmen garantieren, bezweifeln neben Plötner noch einige andere Experten. Dazu kommt, dass die Fluggesellschaften für jede neue Konfiguration der Kabine auch neue Gewichtsberechnungen vornehmen müssen. Chua ist trotzdem zuversichtlich, dass ein Transpose-Prototyp bereits in wenigen Jahren abhebt. A3 stehe wegen der Zulassung bereits mit der Federal Aviation Administration in Kontakt. Plötner und seine Kollegen versprechen sich mehr von einer Idee, die auch auf die kommende Individualisierung des Flugverkehrs eingeht, aber nicht auf modulare Konzepte setzt: „Die künftigen Flexibilitäts-Anforderungen erfülle ich auch, indem ich viele unterschiedlich ausgestattete Flugzeuge

an einem Flughafen habe und die Airline einfach je nach Buchungslage entscheidet, welches davon sie einsetzen möchte“, sagt der Experte. „Wir bezeichnen das als Aircraft Sharing Model.“ Die Flugzeuge gehörten dann nicht mehr den Airlines, sondern beispielsweise einer großen Leasing-Gesellschaft.

„Das ist ein Modell, von dem wir denken, dass es mit relativ wenig Eingriff ins Transportsystem verbunden ist – an den Jets und den Flughäfen muss man nicht viel ändern“, sagt Plötner. Das Einzige, was sich radikal ändert, sei die Planung, der Betrieb oder auch der Einsatz der Crews, mit denen man die Flugzeuge im Netz rotieren lässt. Wenn alle Airlines weltweit mitmachen würden und beispielsweise sämtliche Boeing-737-Maschinen sowie Airbus-A320-Jets in einem Sharing-Pool vereint wären, könnten 20 bis 25 Prozent aller Flugzeuge eingespart werden, haben die Bauhaus-Luftfahrt-Forscher berechnet. „Die Transportleistung bleibt gleich, nur die Betriebskosten könnten sinken“, so Plötner. Das globale Flugzeug-Sharing umgeht zudem weitgehend die aufwändige Hardware-Flexibilisierung der modularen Konzepte. „Wir setzen möglichst auf Dinge, die per Software geändert werden können: Licht, digitale Labels und Displays.“ Ähnlich wie bei einem Smartphone eine App installiert wird, könnte in Zukunft also vielleicht ein Miet-Flugzeug per Klick von Lufthansa auf Easyjet umgestellt werden. 



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.



ASIANA AIRLINES

Große Flotte

Asiana Airlines betreibt insgesamt 83 Flugzeuge – darunter auch 55 Jets der Airbus A320-Familie mit dem V2500 Triebwerk.



Koreas zweite Top-Airline

Asiana Airlines ist weltweit weniger bekannt als der südkoreanische Flag-Carrier, aber eine Alternative auf höchstem Niveau für interkontinentale Langstrecken.

Autor: Andreas Spaeth



Jeju Island _____ Das Highlight der südkoreanischen Vulkaninsel ist der Kraterand von Seongsan Ilchulbong im Osten der Insel.

DIE MEIST BEFOLGENE FLUGSTRECKE DER WELT SEOUL – JEJU



Jeju _____ Mit feinen Sandstränden und Sehenswürdigkeiten wie dieser Hareubang-Skulptur ist die größte süd-koreanische Insel ein beliebtes Reiseziel.

Es wäre eine perfekte Frage für jede TV-Quizshow: Welches ist die meistbeflogene Flugstrecke der Welt? Gut möglich, dass kein Kandidat die Antwort wüsste – oder zumindest richtig erraten würde. Denn die Route mit dem größten Passagieraufkommen der Welt ist eine Inlandsroute in Südkorea: vom Inlandsflughafen Gimpo in Seoul zur populären Resort-Insel Jeju, etwa eine Stunde Flugzeit von der Hauptstadt entfernt. Fast 14 Millionen Passagiere machen laut der Luftfahrt-Datenbank OAG jedes Jahr diesen kurzen Hüpfen, etwa doppelt so viele wie auf den populärsten innerjapanischen Routen jeweils unterwegs sind. Südkorea, gelegen am südlichen Zipfel der koreanischen Halbinsel in Ostasien, ist winzig im Vergleich zu seinen Nachbarn China im Westen und selbst Japan im Osten. Es ist in der Tat etwas kleiner als Island, aber im Land leben 51 Millionen Menschen.

Südkorea hat laut den Analysten des Centre for Aviation (CAPA) einen boomenden Inlands-Flugmarkt mit 65 Millionen Passagieren 2017. Das liegt vor allem an der Topographie mit vielen Bergen und Wasserflächen, die den Bodenverkehr beschränken, obwohl es auf den Hauptstrecken wettbewerbsfähige Hochgeschwindigkeitszüge gibt.

Der Inlandsmarkt wurde lange dominiert vom Flag Carrier Korean Air, der größten koreanischen Fluggesellschaft. Erst 1988 wurde mit Asiana Airlines eine zweite koreanische Airline gestartet, gegründet von einem der für Korea typischen Industrie-Konglomerate, der Kumho Asiana Group.

Die traditionelle Netzwerkgesellschaft generiert heute etwa ein Drittel ihres Geschäfts im Heimatmarkt, wo zehn Ziele bedient werden, hat sich jedoch auch zu einem respektierten mittelgroßen globalen Anbieter entwickelt. Schon 1991 starteten internationale Flüge, anfangs innerhalb der Region Asien/Pazifik sowie nach Los Angeles. Kurz darauf wurden Wien und Brüssel zu den ersten europäischen Zielen.

Verglichen mit anderen asiatischen Airlines ist Asiana mit 83 Flugzeugen relativ klein und verfolgt einen eher konservativen Ansatz beim Wachstum, mit dem Augenmerk vor allem auf Langstrecken. Asiana fliegt zu 51 Städten in der Region Asien/Pazifik sowie zu sechs Destinationen in Nordamerika und acht in Europa. Für ihren herausragenden Bordservice erhielt die Airline das höchste 5-Star-Ranking vom Skytrax-Institut.



Landeianflug _____ Eine A320 der Asiana Airlines über dem Hafen von Ulsan im Südosten Südkoreas.

Seit 2003 Mitglied der Star Alliance, bietet Asiana populäre interkontinentale Routen via Incheon an – eine echte Alternative etwa für Europäer, die über das Weltklasse-Drehkreuz von Asiana nach Australien reisen, oder für Amerikaner, die mit Asiana mit nur einem Stopp zu nicht weniger als 23 Zielen in China gelangen. Und natürlich jeweils für Passagiere in umgekehrter Richtung.

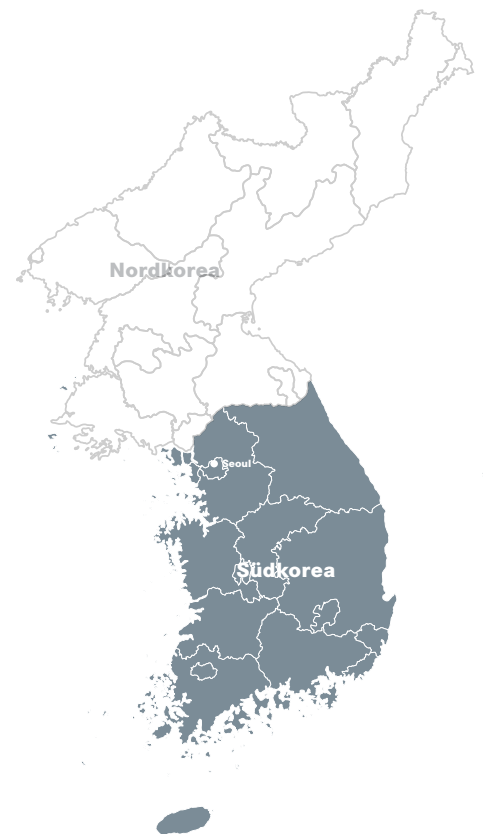
Die durchschnittliche Flugdauer eines Asiana-Flugs beträgt laut CAPA drei Stunden und 20 Minuten – ein Indikator dafür, dass ihr Hauptgeschäft auf Strecken in der Region Zentralasien generiert wird. Mit Abstand der größte Markt der Airline ist die Strecke von Seoul nach Tokio, die sogar auf zwei völlig separaten Routen mit etwa jeweils der gleichen Anzahl Passagiere bedient wird: von Seouls Inlandsflughafen Gimpo zu Tokios vor allem für Inlandsflüge genutzten Haneda Airport, außerdem von Koreas internationalem Drehkreuz Incheon zum Tokyo International Airport in Narita. Diese beiden Verbindungen stehen auf dem vierten und fünften Rang in Asianas internationalem Streckennetz, während die Top Drei von Incheon nach Shanghai, Kansai in Japan und nach Los Angeles führen.

SÜDKOREA



Amtssprache: Koreanisch
 Hauptstadt: Seoul
 Staatsform: Republik
 Fläche: 100.363 km²
 Einwohnerzahl: 51.4 Millionen
 BIP: 1.530 Mrd. USD (2017)

Quelle: www.auswaertiges-amt.de
 Stand: Oktober 2018



Land der Superlative _____ Das am südlichen Zipfel der koreanischen Halbinsel gelegene Südkorea ist zwar nur in etwa so groß wie England, gehört aber mit zu den stärksten Wirtschaftsmächten der Welt. Das Land hat das schnellste Internet, die meistbeflogene Flugstrecke und einer der besten Flughäfen der Welt: Das Asiana Drehkreuz Seoul Incheon wurde 2018 von Skytrax ausgezeichnet.

ASIANA AIRLINES

„Den zuverlässigen Betrieb dieser Flugzeuge sicherzustellen, ist der Schlüssel zu unserem Erfolg, denn sie wickeln den Kern unseres regionalen Geschäfts ab.“

E-Bae Kim
Executive Vice President
Corporate Support von Asiana

Flaggschiff A380

Seit 2014 betreibt Asiana als Flaggschiff die Airbus A380 mit heute sechs in der Flotte. Das Flugzeug mit 495 Sitzen fliegt sechs internationale Ziele an. Zweimal täglich startet eine A380 nach Los Angeles, außerdem nach Bangkok, Hongkong, New York, Sydney und zum Star Alliance-Hub Frankfurt. Seit 2017 fliegt Asiana auch mit der A350-900, von der sie bisher sechs betreibt und 15 weitere bestellt hat, genau wie neun A350-1000. Alle neuen Großraumflugzeuge sollen bis 2025 ausgeliefert werden und dann das derzeitige Flotten-Durchschnittsalter von elf Jahren senken.

Asiana und ihre Tochterfirmen betreiben zudem auf regionalen Routen 55 Jets der Airbus A320-Familie mit V2500-Antrieb. Den reibungs-

losen Betrieb der V2500 bei Asiana gewährleistet die MTU Maintenance Hannover. Erst 2018 wurde ein neuer Vertrag unterschrieben für die Wartung und Instandhaltung von 40 Prozent aller V2500 der Gesellschaft sowie für die Durchführung des Engine Trend Monitoring für alle diese Motoren im Asiana-Bestand. „Wir sind sehr zufrieden mit der Leistung und Expertise der MTU seit 2011, als wir den ersten Instandhaltungsvertrag für die CF6-Triebwerke unterzeichnet haben“, sagt E-Bae Kim, Executive Vice President Corporate Support von Asiana. „2018 haben wir eine weitere lange Reise mit der MTU für unsere V2500-Triebwerke gestartet. Den zuverlässigen Betrieb dieser Flugzeuge sicherzustellen, ist der Schlüssel zu unserem Erfolg, denn sie wickeln den Kern unseres regionalen Geschäfts ab.“



Flaggschiff der Flotte
Mit sechs Airbus A380 fliegt Asiana Ziele auf der ganzen Welt an.


Beliebtes Reiseziel

2017 besuchten mehr als
13 Millionen Touristen Südkorea.

„Wir sind sicher, dass die MTU für unseren kommerziellen Flugbetrieb den besten Service bietet und unsere erfolgreiche Partnerschaft weiter wachsen wird.“

E-Bae Kim

Executive Vice President Corporate Support von Asiana

Erfolgsfaktor Kundennähe

Ein Repräsentant vor Ort ist ein wichtiger Vorzug, den die MTU in Südkorea bietet. „Hier ist die Nähe zum Kunden extrem wichtig. Deshalb bin ich im August 2017 nach Seoul gezogen“, sagt Director Sales Far East Asia Wolfgang Neumann. „So bin ich täglich mit Asiana und den anderen Kunden in direktem Kontakt. Es macht einen Unterschied, nicht nur für ein paar Tage mit fester Agenda aus Deutschland einzufliegen, sondern für den Kunden flexibel und zu fast jeder Zeit erreichbar zu sein.“ Das ermöglicht es der MTU auch, besser zu verstehen, wie eine

koreanische Firma „tickt“, was für Westler nicht immer einfach ist. „Asiana ist relativ schlank aufgestellt und im Vergleich zu den Mitbewerbern etwas weniger hierarchisch“, so Neumanns Einschätzung nach seinen bisherigen Erfahrungen in Seoul. Die enge Zusammenarbeit schätzt auch der Kunde: „Wir sind sicher, dass die MTU für unseren kommerziellen Flugbetrieb den besten Service bietet und unsere erfolgreiche Partnerschaft weiter wachsen wird“, sagt E-Bae Kim. „Und ich bin sehr stolz darauf, ein Teil davon zu sein.“



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.

Langstrecken- Neulinge mit Potenzial

Gulfstream G500 und G600 heißen die wichtigen Neuerscheinungen im Segment großer Businessjets. Dieses wächst am stärksten und erzielt die höchste Wertschöpfung.

Autor: *Andreas Spaeth*



High-Class in der Luft — Die beiden Neuheiten von Gulfstream, G500 und G600, erobern mit ihren größeren Tanks und effizienteren Triebwerken den Markt der Businessjets.



Es gibt endlich neue Impulse auf dem Markt für Businessjets, von der Branche sehlich erwartet. Noch 2008, bei Beginn der weltweiten Finanzkrise, lag die Anzahl der jährlich ausgelieferten Businessjets bei etwa 1.300. Das waren nicht einmal damals große Stückzahlen, der Markt für Geschäftsreiseflugzeuge ist kein Massenmarkt. Nach der Rezession hat sich die Anzahl jährlicher Auslieferungen etwa bei der Hälfte eingependelt und verharrt dort seit längerem unverändert. Nach fast einem Jahrzehnt stagnierender Produktion ist jede Stimulation willkommen.

Derzeit sind Analysten optimistisch und trauen der Branche für 2019 eine Wende zum Positiven zu. Denn neue Flugzeugtypen regen das Interesse und die Kauflust einer überaus anspruchsvollen Klientel an, in einem Segment, wo es Flugzeuge ab etwa 30 Millionen US-Dollar pro Stück gibt, aber üblicherweise zwischen 40 und 75 Millionen US-Dollar für einen fabrikneuen Langstrecken-Privatjet verlangt werden. Gleich vier Neuerscheinungen, so hoffen Analysten, könnten die Umsätze für 2019 um mehr als zehn Prozent gegenüber dem Vorjahr steigen lassen.

DIE GULFSTREAM-SCHWESTERN



Gulfstream G500 — Die kleinere G500 hat zwar wie die G600 Platz für 19 Passagiere, fliegt aber nur 9.630 Kilometer weit.



Gulfstream G600 — Die G600 erreicht wie ihre Schwester Mach 0,9. Damit sind die beiden Gulfstream die schnellsten Jets ihrer Klasse.

DAS TRIEBWERK PW800



PW800 — Das PW800 gehört zur PurePower®-Familie von Pratt & Whitney. Es bietet Verbesserungen im zweistelligen Prozentbereich bei Kraftstoffverbrauch, Schadstoff und Lärmemissionen sowie Betriebskosten. An dem Programm hält die MTU Aero Engines insgesamt 15 Prozent.



Langjährige Erfahrung — Die MTU Aero Engines hat bereits rund 7.000 Module für die Businessjet-Antriebe PW300 und PW500 von Pratt & Whitney Canada geliefert.

Mehr Reichweite, mehr Luxus und mehr Platz

„Es gibt ein signifikantes, unstillbares Verlangen nach mehr Reichweite, mehr Luxus und mehr Platz an Bord unter Businessjet-Käufern“, sagt David Tyerman von Cormark Securities in Toronto. „Wir haben das bereits bei der Gulfstream G650 gesehen, und die Bombardier Global 7000 geht sogar noch ein Stück weiter. Jedes Mal, wenn ein Hersteller ein neues, noch leistungsfähigeres Produkt herausbringt, scheint da ein Markt zu sein, von dem wir gar nicht wussten, dass er existiert.“ Die Reichweite der Global 7000 wurde jetzt auf 14.200 Kilometer oder 7.700 nautische Meilen gesteigert, damit können bis zu 19 eilige Passagiere in größtem Komfort nonstop von New York nach Hongkong oder von Singapur nach München fliegen.

Den Markt für Businessjets auf Langstrecken beherrschen drei Wettbewerber: Bombardier aus Kanada, Gulfstream aus den USA und Dassault aus Frankreich. Bei der größten Reichweite lag bisher die Gulfstream G650ER mit etwas über 13.000 Kilometern Einsatzradius vorn. Jetzt wurde sie an der Spitze abgelöst von der wiederum ausdauernderen Bombardier Global 8000, die über 14.600

Kilometer Distanz ohne Stopp bewältigen kann. Doch wirkliche Inspiration für den Markt liefern zwei neue Varianten von Gulfstream, die G500 und die G600.

Schub für den Markt durch effizientere Triebwerke

Schon äußerlich heben sich Gulfstream-Flugzeuge selbst für Laien erkennbar von Modellen anderer Hersteller durch ihre markanten ovalen Fenster ab. Die entscheidenden Unterschiede jedoch erschließen sich nicht auf den ersten Blick. Größere Tanks und effizientere Triebwerke sind zwei wichtige Stellschrauben, um Businessjets in ihrer Ausdauer zu verbessern. Die kleinere G500 und ihre längere und mit 12.000 Kilometern noch weiter fliegende Schwester G600 verfügen beide über die neuen PW800-Triebwerke von Pratt & Whitney Canada, an diesem Programm hält die MTU Aero Engines 15 Prozent. Der Münchner Triebwerkshersteller ist für verschiedene Stufen des Hochdruckverdichters sowie für die Niederdruckturbinen zuständig.

Die MTU hat bereits langjährige Erfahrung mit Antrieben für Businessjets. „Unser Fokus liegt dabei auf mittelgroßen und großen Varianten“, erklärt Wolfgang



PW500 — An diesem zivilen Triebwerk für mittelgroße Geschäftsreiseflugzeuge ist die MTU seit 1993 mit einem Programmanteil von 25 Prozent beteiligt.



Aufstrebender Markt — Die MTU möchte ihren Umsatz im Segment der Geschäftsreiseflugzeuge in den nächsten zehn Jahren verdreifachen.

Mattig, Leiter für die gemeinsam mit Pratt & Whitney Canada betriebenen Programme bei der MTU in München. An den etwas kleineren Triebwerken PW300 und PW500 ist die MTU mit Programmanteilen zwischen 15 und 25 Prozent beteiligt, „die Flotte mit diesen Triebwerkstypen wächst stark, wir haben bislang bereits rund 7.000 Module an unseren Partner in Kanada geliefert“, berichtet Mattig. So werden die beliebte französische Dassault Falcon 7X und ihr Nachfolgemodell 8X von PW307A - beziehungsweise PW307D-Triebwerken mit MTU-Beteiligung angetrieben.


Ein weiterer Antrieb für große Geschäftsreiseflugzeuge erweitert nun das MTU-Portfolio: „Mit unserem Anteil am PW800, ebenfalls von Pratt & Whitney Canada, wollen wir an den Chancen in diesem Segment partizipieren“, so Mattig. Diese Triebwerke haben das gleiche Kerntrieb-

werk wie jene, die die Passagierjets A320neo, A220, Embraer E2 und Mitsubishi MRJ antreiben. Das PW800 hat künftig noch einen wichtigen Businessjet-Abnehmer: Die Dassault Falcon 6X, deren Erstflug für 2021 geplant ist und die zur Grundlage einer neuen Flugzeugfamilie werden soll.

Mach 0,98 und 1,98 Meter Deckenhöhe

Wolfgang Mattig schwärmt von den Neuerscheinungen, an denen als exklusiver Antrieb das PW800 hängt: „Die G500/G600 sind komplett neu entwickelte Flugzeuge und mit Mach 0,9 die schnellsten Jets ihrer Klasse, während die Falcon 6X über die breiteste Kabine und mit 1,98 Meter auch die größte Deckenhöhe verfügen wird.“ Auch das wird sicher bei diesem besonderen Kundenkreis für Aufmerksamkeit sorgen, der zu fast 65 Prozent in Nordamerika beheimatet ist, gefolgt von

Europa mit 13 Prozent und Südamerika (12 Prozent).

Bei der MTU blickt man optimistisch auf das Potenzial: „Wir sehen den Markt für große Businessjets sehr positiv“, sagt Wolfgang Mattig, „und erwarten eine Verdreifachung unseres Umsatzes im Segment der Geschäftsreiseflugzeuge in den nächsten zehn Jahren.“ Eine erwartete Belebung dieses Marktes, den die Prognose von Aviation Week stützt: Demnach steigen die weltweiten jährlichen Flugzeug-Auslieferungen in diesem Segment von 792 in 2019 auf 917 in 2028. Interessant daran ist, dass in diesem Zeitraum laut Vorhersage Ultralangstrecken-Businessjets wie die G500/600 oder die Dassault Falcons im Wert von fast 105 Milliarden US-Dollar verkauft werden sollen, mit weitem Abstand gefolgt von großen Businessjets im Wert von 30 Milliarden US-Dollar. 



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.

1969

Januar

Februar

März

April

Mai

Juni



Jumbo Jet — Bis 2005 war die Boeing 747 das größte Passagierflugzeug der Welt.



Königinnen der Lüfte — Trotz ästhetischer Form und Schnelligkeit der Concorde setzt sich der Überschall-Passagierflug nicht dauerhaft durch.



Krumme Nase — Wie bei der Concorde konnte die Spitze der Tupolew Tu-144 am Boden abgesenkt werden, um die Sicht der Piloten zu verbessern.

1969

„Ein kleiner Schritt für einen Menschen ...“

Das Jahr 1969 prägte die Luftfahrtgeschichte wie kein zweites: Neben der omnipräsenten Mond-Landung wurden Luftfahrtkonzerne von Weltrang gegründet und die Ära des Jumbo-Jets begann.

Autor: Denis Dilba

Eine Auswahl der wichtigsten Ereignisse der Luftfahrtindustrie des Jahres 1969:

Februar

Der Urahn aller Jumbo-Jets, Boeings 747-Prototyp „RA001“, hebt vom Werk-flughafen des US-amerikanischen Luft-fahrtkonzerns in Everett bei Seattle ab. Noch ist der 70 Meter lange Riese mit einer Spannweite von 60 Metern und dem markanten Cockpit-Buckel ausschließlich mit Pratt & Whitney JT9D-Triebwerken ausgestattet. Ab 1973 wird auch das be-rühmte CF6-50-Triebwerk für den Jumbo zum Einsatz kommen. Bis heute ist die CF6-Baureihe, an der sich die MTU ab 1971 als Risk- und Revenue-Sharing-Part-ner beteiligt, eine der erfolgreichsten Triebwerksfamilien der Welt.

März

Von Toulouse-Blagnac aus startet die Concorde zu ihrem ersten Testflug. Die nächsten Monate wird das von der fran-zösischen und britischen Luftfahrtindus-trie gemeinsam entwickelte Überschall-Verkehrsflugzeug immer noch unter Schall-geschwindigkeit fliegen; erst im Oktober durchbricht es erstmals die Schallmauer. 1976 geht die Concorde in den Linien-dienst, doch das große Geschäft mit dem Überschall-Passagierflug bleibt aus, und so ziehen die beiden Betreiber-Airlines Air France und British Airways nach dem Absturz eines Jets die Concorde Ende Oktober 2003 aus dem Verkehr. Wegen ihres schlanken Designs und der Höchst-geschwindigkeit von bis zu 2.400 km/h gilt die Maschine noch immer als „Königin der Lüfte“.

Mai

Der französische Verkehrsminister Jean Chamant und der Bundeswirtschaftsmini-ster Karl Schiller setzen auf der Pariser Luftfahrtschau in Le Bourget ihre Un-terschriften unter den Vertrag zum Bau des Ur-Airbus A300. Ein Jahr nach der Vertragsunterzeichnung wird das Konsor-tium „Airbus Industrie“ gegründet. Das Ende der unangefochtenen Vorherrschaft der Amerikaner auf dem Markt für Ver-kehrsflugzeuge ist eingeleitet.

Juni

Nach ihrem Jungfernflug am Silvestertag des Jahres 1968 durchbricht die Tupolew Tu-144 im Juni 1969 als erstes ziviles Überschallflugzeug die Schallmauer. Ein Erfolg wird der technisch nicht ausgereifte Jet aber genauso wenig wie sein westeu-

Juli

August

September

Oktober

November

Dezember

mtu

MÜNCHEN

Grundsteinlegung — Aus der vor 50 Jahren gegründeten MTU München geht 2000 die MTU Aero Engines hervor.



Senkrechtstarter — Die Do 31, hier der Prototyp vor dem Dornier-Museum in Friedrichshafen, ist bis heute das einzige senkrecht startende und landende Transportflugzeug der Welt.



Kurzes Vergnügen — Die Trident 3B blieb nur 17 Jahre in der Luft. Die wirtschaftlichere und leisere Konkurrenz von Boeing war zu stark.

ropäisches Pendant: Die Tu-144 befördert auf 55 Flügen insgesamt nur 3.284 Passagiere. Das Entwicklungsprogramm wird 1983 beendet. Von den 16 fertiggestellten Maschinen sind heute noch fünf der Öffentlichkeit zugänglich – unter anderem im Technikmuseum Sinsheim.

Juli

Am 11. Juli wird die MTU Motoren- und Turbinen-Union München GmbH M.A.N. Maybach Mercedes-Benz, kurz: MTU München, gegründet. Grundlage ist ein Vertrag zwischen der Daimler-Benz und der MAN, der die Zusammenlegung der Aktivitäten beider Unternehmen in den Bereichen Turboflugtriebwerke und schnelllaufende Dieselmotoren regelt; neben der MTU München (Flugmotoren) entsteht die MTU Friedrichshafen (Dieselmotoren). 2000 werden die beiden Unternehmensteile mit Gründung der EADS (heute Airbus Group) getrennt; 2005 geht der Münchner Teil als MTU Aero Engines an die Börse.

Am 21. Juli um 3:56 Uhr mitteleuropäischer Zeit betritt der US-Astronaut Neil Armstrong als erster Mensch den Mond.

Buzz Aldrin folgt ihm. Auf der Erde erleben rund 600 Millionen Fernsehzuschauer das Ereignis in einer Live-Übertragung. Michael Collins, der dritte Astronaut der Apollo 11-Mission, bleibt an Bord des Mutterschiffs Columbia, das nicht allein in der Mond-Umlaufbahn kreisen kann. Am 24. Juli kehrt Apollo 11 zur Erde zurück.

August

Die brasilianische Regierung gründet die Empresa Brasileira de Aeronáutica – besser bekannt unter dem Kürzel Embraer. Nach der Privatisierung 1994 steigt der Luftfahrtkonzern hinter Airbus, Boeing und Bombardier Aerospace zum viertgrößten Flugzeugbauer der Welt auf.

September

Der erste nach dem Zweiten Weltkrieg in der Bundesrepublik Deutschland entwickelte Hubschrauber, FJ-Sky-Trac der Firma J. Wagner Helicoptertechnik, Friedrichshafen-Fischbach, erhält die Musterzulassung vom Luftfahrtbundesamt.

Oktober

Die deutsche Bundesregierung beendet das Entwicklungsprogramm des Senkrechtstarters Dornier Do 31: Wegen einer neuen Nato-Doktrin und veränderter Anforderungen der Bundeswehr gibt man dem Konzept im militärischen Bereich keine Zukunft. Trotzdem gilt die Do 31 als technische Meisterleistung und Meilenstein der Luftfahrtgeschichte. Bis heute ist sie das einzige Transportflugzeug mit Jet-Antrieb, das senkrecht starten und landen kann.

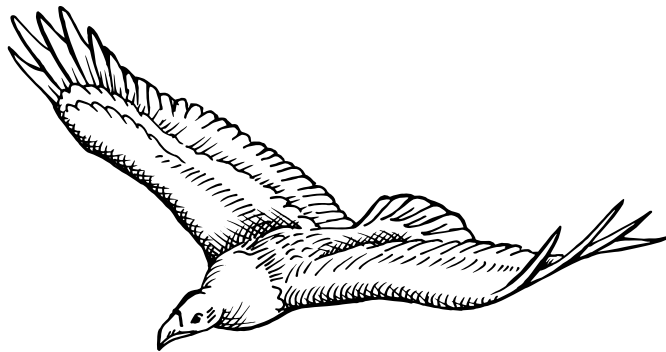
Dezember

Die Trident 3B des britischen Herstellers Hawker Siddeley hebt zum ersten Mal ab. Die exotische Maschine war speziell für die Airline British European Airways (BEA) entwickelt worden und bot 180 Passagieren Platz. Dafür wurde die ursprünglich dreistrahlige Trident mit einem zusätzlichen vierten Triebwerk am Leitwerk ausgestattet, das ihr Extrabschub für den Start gab. Bereits 1986 stellte BEA die im Vergleich zum Konkurrenzmodell Boeing 737 lautereren und kerosin-durstigeren Maschinen wieder außer Dienst. ✈️

Dicke Dinger

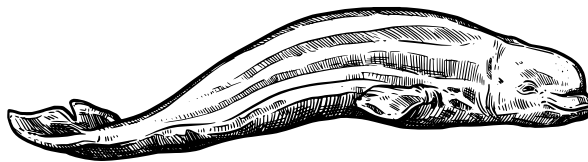
*Sie sehen aus wie schwangere Fische oder überdimensionierte Wale.
Kaum zu glauben, dass diese Transportflugzeuge überhaupt abheben können.*

Autorinnen: Isabel Henrich / Monika Weiner



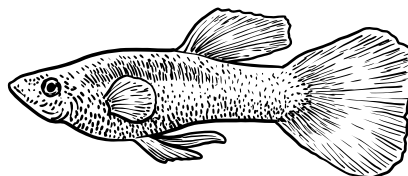
Könige der Lüfte —

Die AN-225 ist mit 88,4 m Spannweite das größte im Einsatz befindliche Flugzeug der Welt. Mit einer Spannweite von 3,2 m gehört der Andenkondor ebenfalls zu den größten Vögeln der Welt.



Fliegender Riesenwal —

*Mit einem aufgemalten Gesicht soll das Airbus Transportflugzeug an einen lächelnden Belugawal erinnern.
Die Form des Flugzeuges stammt von der charakteristischen Wölbung über der Stirn bei den Belugawalen.*



Schwangeres Flugzeug —

*Die Super Guppy hat ihre Form von einem nur wenige Zentimeter großen Fisch, einem „Guppy“.
Wegen des dicken Bauches der trächtigen Weibchen, taufte die Ingenieure das erste Modell „Pregnant Guppy“.*

DIE DREI GRÖSSTEN TRANSPORTFLUGZEUGE IM VERGLEICH:



Antonov AN-225 Mrija

Vorgängermodell:	Antonow AN-124
Höhe:	18,2 m
Länge:	84,0 m
(Flügel)spannweite:	88,4 m
Max. Ladung:	250 Tonnen
Anzahl:	1
Erstflug:	21.12.1988



Beluga XL

Vorgängermodell:	Beluga ST
Höhe:	18,9 m
Länge:	63,1 m
(Flügel)spannweite:	60,3 m
Max. Ladung:	53 Tonnen
Anzahl:	1 (geplant sind gesamt 5)
Erstflug:	19.07.2018



Super Guppy Turbine

Vorgängermodell:	Pregnant Guppy, Super Guppy
Höhe:	14,8 m
Länge:	46,8 m
(Flügel)spannweite:	47,6 m
Max. Ladung:	24,5 Tonnen
Anzahl:	4
Erstflug:	24.08.1970



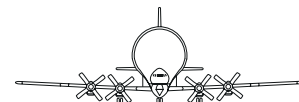
Antonov AN-225 Mrija

Mit einem Frachtvolumen von 1.220m³ wurde die „Mrija“ für den Transport der russischen Raumfähre Buran entwickelt.



Beluga XL

Das zweite Exemplar wurde im März 2019 fertiggestellt. Es soll im 2. Quartal 2019 erstmals abheben.

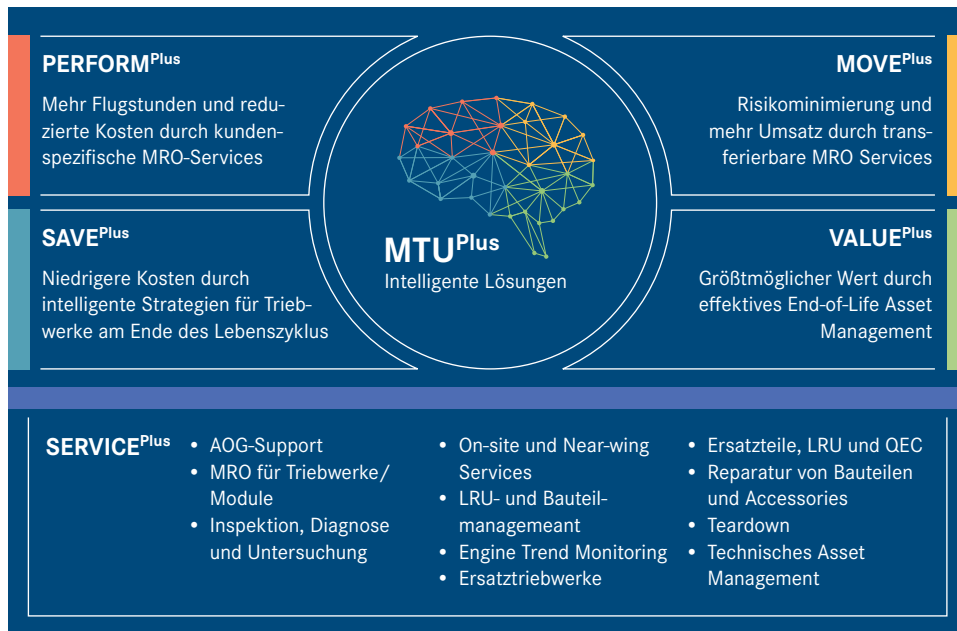


Super Guppy Turbine

Das Großraumfrachtflugzeug wurde vor allem für den Transport von Raumfahrtbauteilen und Airbus-Flugzeugteilen verwendet.

MTU^{Plus} Intelligente Lösungen

Kundenspezifische MRO-Lösungen



Die MTU Maintenance gehört zu den Top 5 der weltweiten Dienstleister mit 40 Jahren Erfahrung und über 18.000 Shop Visits pro Jahr. Mit **PERFORM^{Plus}** bietet die MTU Maintenance für Betreiber neuerer Antriebe kundenspezifische Lösungen an, um mehr Flugstunden zu generieren. Schlüssel zum Erfolg sind das Flottenmanagement, eine vorausschauende Instandsetzung mit Engine Trend Monitoring sowie Hightech-Reparaturen, Vor-Ort-Services und Ersatztriebwerke. Für Triebwerke am Ende des Lebenszyklus hat sie mit **SAVE^{Plus}** intelligente Strategien entwickelt, die auf die verbleibenden Flugzeiten abgestimmt sind und Kosten reduzieren. Gegen Ende des Flugzeugslebens wollen die Betreiber den größtmöglichen Wert aus ihren Triebwerken ziehen. Die MTU Maintenance bietet ihren Kunden mit **VALUE^{Plus}** ein effektives End-of-Life Asset Management und findet unabhängig vom Antriebstyp und den Bauteilen die richtige Lösung. Mit **MOVE^{Plus}** profitieren Kunden von übertragbaren MRO Konzepten, schneller Wiedervermarktung von Triebwerken durch einfache Transfers und vorhersehbaren Kosten. Neben diesen integrierten Servicelösungen können sich MTU-Kunden mit **SERVICE^{Plus}** auch auf individuelle Dienstleistungen verlassen.

Kostenloser Newsletter



AEROREPORT als Newsletter! Wir liefern Ihnen die Reportagen, Hintergrundberichte und News des **AEROREPORTS** immer aktuell und frei Haus auf Ihren Desktop oder Ihr mobiles Endgerät – kostenlos und jederzeit kündbar. Einfach auf der **AEROREPORT**-Website registrieren – und nie mehr eine Geschichte verpassen.

Kostenlose Newsletter-Anmeldung unter:

<https://www.aeroreport.de/de/newsletter>

AEROREPORT 0119

Herausgeber

MTU Aero Engines AG
Eckhard Zanger
Leiter Unternehmenskommunikation
und Public Affairs

Redaktionsleitung

Dongyun Yang

Redaktion

Antje Endter
Eleonore Fähling
Patricia Hebling
Isabel Henrich

Anschrift

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

Autoren

Denis Dilba, Andreas Spaeth,
Monika Weiner, Martina Vollmuth

Layout

SPARKS CONSULTING GmbH

Bildnachweis

Titel MTU Aero Engines, Shutterstock
3 MTU Aero Engines
6_27 MTU Aero Engines, Shutterstock
28_31 MTU Aero Engines, Shutterstock
32_35 EPFL / TRANSP-OR / LIV / ICOM
36_41 Shutterstock, Yo Han Han, Jangsu Lee -
Jangsu Aviation Photography
42_45 MTU Aero Engines, Gulfstream Aerospace
Corporation
46_47 MTU Aero Engines, Flickr, Shutterstock,
BAE Systems
48_50 MTU Aero Engines, Shutterstock,
SPARKS CONSULTING, Airbus S.A.S.,

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.



Thinking ahead – the future of aviation now.

Die Luftfahrtbranche hat sich ambitionierte Ziele gesteckt:
Bis zum Jahr 2050 sollen die Emissionen drastisch verringert werden.
Das ist nur mit Antriebslösungen zu schaffen, die über den heutigen
Stand der Technik hinausgehen. Mit Passion und Begeisterung
bringen 10.000 MTU-Experten Tag für Tag visionäre Ideen in die Luft.
Die Zukunft der Luftfahrt beginnt jetzt.

www.mtu.de

1969

1981

1987

1999



AEROREPORT

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