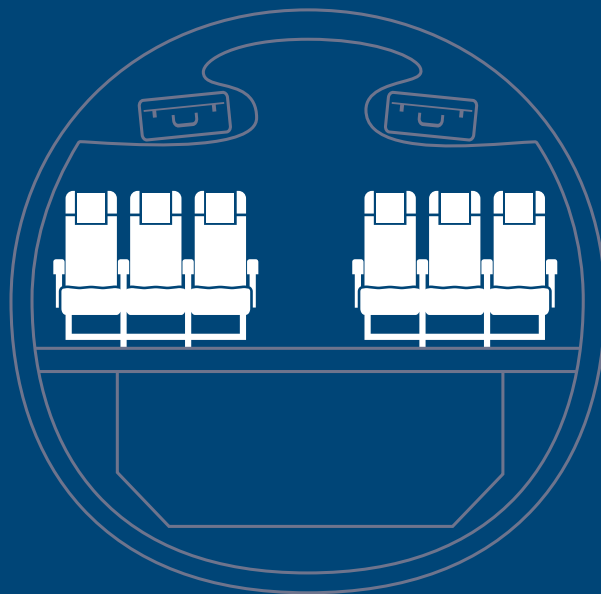


AEROREPORT 01|15

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



Zeitenwende

Generationenwechsel auf der Kurz- und Mittelstrecke

MARKET

Langfristig im Aufwind

Zehn Jahre MTU Aero Engines AG

EXPERTISE

Zukunft der Luftfahrt

Prof. Rolf Henke im Gespräch

TECHNOLOGY

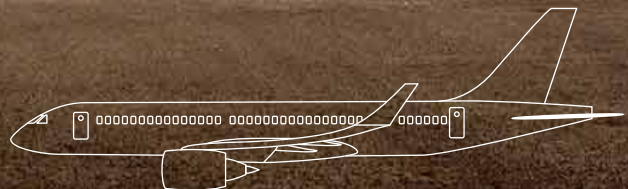
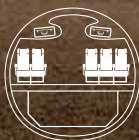
Herz und Muskeln

Turbine und Verdichter



Narrowbody Bombardier CSeries

Mit der neuen CSeries drängt der kanadische Hersteller Bombardier in das attraktive Geschäft mit den Narrowbody-Flugzeugen. Ausgestattet ist er – wie viele andere neue Modelle der Kurz- und Mittelstreckenjets – mit dem Getriebefantriebwerk, an dem die MTU Aero Engines maßgeblich beteiligt ist.



Liebe Leserinnen, liebe Leser,

die Luftfahrtbranche steht vor einer Zeitenwende. Und das in mehrfacher Hinsicht. Acht neue Flugzeugfamilien werden in den kommenden fünf Jahren das Angebot an Narrowbodies und Regionalflugzeugen erweitern. Die Mehrzahl der neuen Regionaljets und ein wachsender Anteil der Standardrumpfflugzeuge mit einem Gang bekommen das PW1000G als Antrieb. Die Getriebefan-Technologie, die hier zum Einsatz kommt, setzt neue Maßstäbe bei der Reduzierung von Kraftstoffverbrauch, Emissionen und nicht zuletzt Fluglärm. Ein Untersetzungsgetriebe sorgt dafür, dass Fan und Turbine mit jeweils optimaler Drehzahl und höchstem Wirkungsgrad laufen können. Ermöglicht wird das unter anderem durch die schnelllaufende Niederdruckturbinen, die die MTU Aero Engines beisteuert. Dem sind jahrzehntelange Entwicklungsarbeiten vorausgegangen, auf die wir in dieser Ausgabe zurückblicken.

Eine Zeitenwende in der Entwicklung von Technologien für das System Lufttransport hält Professor Rolf Henke, Vorstand Luftfahrt des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt, für geboten. Wir konnten mit ihm einen der Vordenker der deutschen Branche als Gesprächspartner für diese Ausgabe gewinnen. Im Interview erklärt er unter anderem, ob Solarkraft in der Luftfahrt eine Zukunft hat und was die Branche braucht.

Zeitenwenden beobachten wir in vielen Bereichen der Luftfahrt und berichten über sie in dieser Ausgabe. Schon in wenigen Jahren wird etwa die Hälfte der zivilen Flugzeuge Leasinggesellschaften gehören. Der lange abgeschottete japanische Luftfahrtmarkt öffnet sich. Die MD-11 beendet die Ära der großen dreistrahligen Passagierjets. Neues gibt es auch in der Triebwerksentwicklung: Mit einem Versuchsaufbau kann Schwingungsverhalten im Triebwerk schon vor dem Erstlauf geprüft werden.

Eine Zeitenwende stellt nicht zuletzt die neue Ausgabe des **AEROREPORTS** dar. Im überarbeiteten Layout bieten wir Ihnen Geschichten aus der faszinierenden Welt des Fliegens. Wir wollen Sie in dieser und in den kommenden Ausgaben einladen zu einer Vielfalt von Themen, die es aus Sicht der MTU am Himmel und am Boden rund um die Luftfahrt zu entdecken gilt.

Alle Inhalte des gedruckten **AEROREPORTS** und noch mehr finden Sie auch auf unserer neuen, für unterschiedliche Ausgabegeräte optimierten Website unter www.aeroreport.de.



Ich wünsche Ihnen viel Freude bei der Lektüre.
Ihr

Reiner Winkler
Vorsitzender des Vorstands



COVER STORY

Zeitenwende

Mit neuen Modellen und Anbietern verändert sich der Markt der Kurz- und Mittelstreckenjets. **AEROREPORT** wirft einen Blick auf das derzeit aufregendste Segment in der Passagierluftfahrtindustrie.

Seite 8



MARKET

Langfristig im Aufwind

Der 6. Juni 2005 war der erste Handelstag für die MTU-Aktie. Seither hat sich ihr Wert mehr als vervierfacht. Geduld wird belohnt im langfristigen Triebwerksgeschäft.

Seite 16



MARKET

Ende einer Ära

Der Abschiedsflug der MD-11 im Liniendienst beendet das Zeitalter der dreistrahligen Verkehrsflugzeuge. Dabei war sie in den 1990er Jahren als erster Passagierjet mit Winglets ihrer Zeit voraus.

Seite 22

CONTENTS

NEWS

- 6 **Falcon 8X startet Flugerprobung** 500 Flugteststunden für das neue Flaggschiff von Dassault
- 6 **CS300 hebt ab** PW1000G-Familie im Flugtest
- 6 **Malediven bis Mexiko** Exklusivverträge bei der MTU Maintenance
- 7 **MTU erweitert Standort in Polen** Ausbau sichert Hochlauf neuer Programme
- 7 **Honda-Preis für Werkstoffentwicklung** Titanaluminid für die schnelllaufende Niederdruckturbine des A320neo-Antriebs

COVER STORY

- 8 **Zeitenwende** Kurz- und Mittelstreckenjets sind derzeit das spannendste Segment in der zivilen Luftfahrtindustrie

MARKET

- 16 **Langfristig im Aufwind** Zehn Jahre MTU Aero Engines AG
- 18 **Leasen statt Kaufen** Neue Finanzwege im zivilen Luftfahrtmarkt
- 22 **Ende einer Ära** KLM verabschiedet die letzte MD-11 im Passagierdienst

PARTNERS

- 28 **Ein Lächeln am Himmel** MTU-Partner in Japan

EXPERTISE

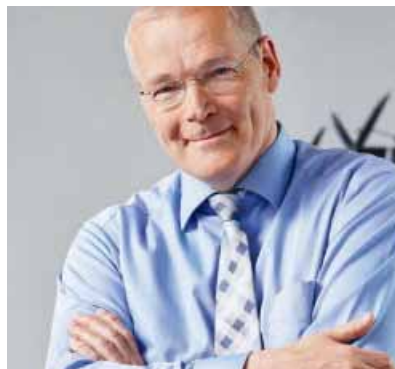
- 32 **Jetzt geht es um große Lösungen** Interview mit Professor Rolf Henke, Luftfahrt-Vorstand des DLR

**PARTNERS**

Ein Lächeln am Himmel

Der Luftfahrtmarkt der drittgrößten Volkswirtschaft der Welt öffnet sich: Die jüngst vertiefte Kooperation mit Solaseed Air ist eine von mehreren erfolgreichen Partnerschaften der MTU Maintenance in Japan.

Seite 28

**EXPERTISE**

Jetzt geht es um große Lösungen

Solartechnik und Elektromotoren bei großen Passagierjets sind derzeit noch utopisch. Dennoch braucht es für die nachhaltige Zukunft der Luftfahrt Mut zu großen Veränderungen, sagt Professor Rolf Henke, Vorstand Luftfahrt des DLR, im **AEROREPORT**-Interview.

Seite 32

**TECHNOLOGY**

Herz und Muskeln

Seit 45 Jahren beschäftigt sich die MTU mit der Auslegung von Verdichtern und Turbinen. Vorläufiger Höhepunkt: die neuen Getriebefan-Triebwerke.

Seite 42

TECHNOLOGY

- 38 **Rotor-Prüfung** Testing vor dem Erstlauf
- 42 **Herz und Muskeln** 45 Jahre Turbinen- und Verdichter-Entwicklung bei der MTU

FACTS

- 46 **Riese auf dem Prüfstand** GP7000 absolviert Dauerlauftests
- 46 **MTU Aero Engines in Zahlen** Werte aus der Unternehmensbilanz 2014
- 47 **Zeitreise** Fakten rund um die Paris Air Show
- 47 **Airport-Charts** Die zehn größten zivilen Flughäfen der Welt
- 48 **20 Jahre** deutsche Luftfahrtforschungsprogramme
- 48 **Impressum und Bildnachweis**



www.aeroreport.de

Alle Beiträge aus der Print-Ausgabe finden Sie jetzt auch online unter: www.aeroreport.de – passend für diverse Ausgabegeräte. Interaktive Specials, Videos, Fotogalerien und zoombare Bilder ergänzen die Artikel in den digitalen Versionen und schaffen einen informativen Mehrwert.

Falcon 8X startet Flugerprobung



Gelungene Premiere: Die Falcon 8X, das neue Flaggschiff des französischen Flugzeugherstellers Dassault, hob Anfang Februar in Mérignac

in der Nähe von Bordeaux zum ersten Mal ab. In den kommenden Monaten bestreiten drei Testflugzeuge ein umfangreiches Programm zur Flugerprobung – 500 Flugstunden sind geplant. Die dreistrahlige Falcon 8X ist das neueste Modell der populären Businessjet-Familie und ausgesprochen ausdauernd. Die Reichweite ist im Vergleich zum Vorgänger, der 7X, noch einmal höher, zusätzlich geht der Kraftstoffverbrauch runter. Nächstes Jahr soll der Jet zertifiziert und in der zweiten Jahreshälfte ausgeliefert werden. Die MTU Aero Engines ist am Antriebsprogramm für die Falcon 8X mit 15 Prozent beteiligt. Zum PW307D von Pratt & Whitney Canada steuert sie die Niederdruckturbinen bei. Die Vorteile der Falcon 8X gehen nicht zuletzt auf Verbesserungen des Triebwerks zurück – Niederdruckturbinen inklusive.

CS300 hebt ab

Mit dem Erstflug der CS300 im Februar ist nun auch die größere Version des Mittelstreckenfliegers für bis zu 160 Passagiere in der Luft. Insgesamt hat Hersteller Bombardier inzwischen sechs Flugzeuge in der Erprobung. Flight Test Vehicle (FTV) 5, eine CS100, ist im März zum ersten Mal gestartet.

Die CSeries wird exklusiv mit Getriebefan-Triebwerken von Pratt & Whitney angeboten. Die Getriebefan-Familie PW1000G hat bis Mai 16.000 Teststunden, 31.000 Start-Lande-Zyklen und 3.500 Flugstunden absolviert. Auch zwei Airbus A320neo mit PW1100G-JM sind in der Flugerprobung; drei weitere Mitglieder der Triebwerksfamilie sind im Flying Testbed oder kurz davor.



Für die GTF-Familie liegen insgesamt mehr als 6.300 Bestellungen von 60 Kunden aus 30 Ländern vor. Jüngste Orders kamen von der malaysischen Start-up-Airline Flymojo mit Kaufabsichtserklärungen für bis zu 40 CSeries und von Air New Zealand, die 13 A320neo mit PW1100G-JM-Antrieb bestellt haben.

Malediven bis Mexiko



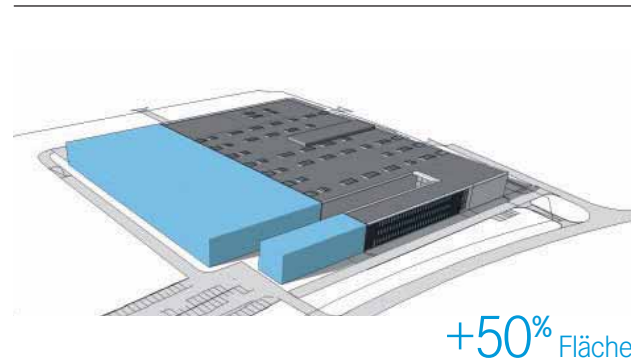
In den ersten Monaten 2015 konnte die MTU Maintenance eine ganze Reihe neuer Verträge abschließen oder bestehende Partnerschaften erweitern. Start-up- und Traditions-Airlines vor allem aus den Wachstumsmärkten in Südasien und Lateinamerika

lassen nun ihre Triebwerke im internationalen Shop-Netzwerk der MTU Maintenance instand setzen und nutzen On-site oder Lease Services. Ein CF34-10E von Aeromexico hat im April den 15.000. Shop Visit bei der MTU Maintenance absolviert.

MTU erweitert Standort in Polen

Das polnische „Aviation Valley“ wächst – und zwar um etwa 10.000 Quadratmeter. So groß ist der Erweiterungsbau am Standort in Rzeszów, den die MTU Aero Engines am 27. Februar feierlich einweihte. Wie schon die neue Blisk-Fertigungshalle in München und die neuen Logistikzentren in Hannover und München ist der Ausbau Teil der Wachstumsstrategie der MTU. „Mit dem Erweiterungsbau stärken wir unsere Aktivitäten vor Ort und

sichern den Hochlauf der Getriebefan-Triebwerke ab“, erläuterte MTU-Technikvorstand Dr. Rainer Martens. Die 40-Millionen-Euro-Investition zeige, welchen Stellenwert der Standort innerhalb des Unternehmens einnehme, sagte Geschäftsführer Krzysztof Zuzak. Vor fünf Jahren war die MTU Aero Engines Polska mit 200 Mitarbeitern gegründet worden. Heute sind es 500. „Das ist eine Erfolgsgeschichte, auf die wir stolz sein können.“



In den neuen Gebäuden werden Arbeiten durchgeführt, die im Zusammenhang mit dem Produktions- und Volumenanstieg der Getriebefan-Programme und der Erhöhung des MTU-Anteils am V2500 anfallen.

Honda-Preis für Werkstoffentwicklung

In der Rekordzeit von sieben Jahren haben die Werkstoffexperten der MTU Aero Engines in Zusammenarbeit mit Partnern aus Forschung und Industrie eine neue, einzigartige, intermetallische Hochtemperaturwerkstoffklasse für hoch belastete Triebwerksbauteile entwickelt: Der neue Leichtbauwerkstoff Titanaluminid (TiAl) vereinigt die Eigenschaften von Metall und Keramik in sich – das Beste aus zwei Welten.

Eine besondere Ehre wurde dem MTU-Partner Prof. Dr. Helmut Clemens,



Hiroto Ishida, Präsident der Honda Foundation, Prof. Dr. Helmut Clemens und Frau, Tsutomu Honda (v. l.), © Honda Foundation

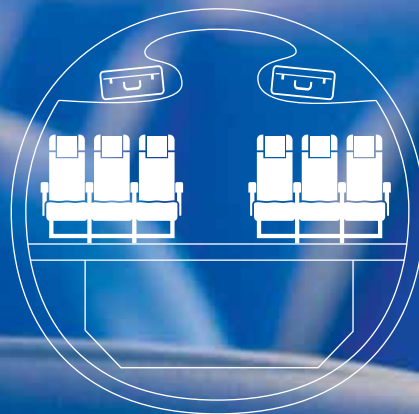
Leiter des Department Metallkunde und Werkstoffprüfung der Montanuniversität Leoben in Österreich, zuteil: Er erhielt für seine Entwicklungsleistung Ende vergangenen Jahres den renommierten japanischen Honda-Preis. Clemens: „Mit der entwickelten TiAl-Legierung kann der Schmiedeprozess nun auf konventionellen Umformmaschinen durchgeführt werden – das ist der eigentliche Clou.“ Die erste Serienanwendung ist die schnelllaufende Niederdruckturbine des A320neo-Antriebs PW1100G-JM.



Zeitenwende

Mit neuen Modellen und Anbietern erlebt der Markt der Kurz- und Mittelstreckenjets gerade einen Wandel. Die Arbeitstiere sind das Kerngeschäft für Airlines und Flugzeughersteller.

Autorin: Silke Hansen



Single Aisle — Rumpfquerschnitt eines Narrowbody-Flugzeugs mit nur einem Mittelgang und fünf bis sechs Sitzen pro Reihe für die Kurz- und Mittelstrecke. Laut Airbus machen Narrowbodies 78 Prozent der weltweiten Passagierflugzeugflotten aus.

TPA – Tampa International Airport

Den Start der kommerziellen Passagierluftfahrt markiert ein zweisitziges Flugboot. Pilot Tony Jannus flog damit an der Ostküste Floridas seinen ersten Fluggast 27 Kilometer Luftlinie von Tampa nach St. Petersburg. 23 Minuten dauerte dieser Flug anno 1914, das einfache Ticket kostete fünf Dollar. Heute zählt die Branche weltweit rund 33 Millionen Flüge und 3,5 Milliarden Passagiere im Jahr. Der Luftverkehr wächst weiter, im Schnitt um rund fünf Prozent jährlich. Vom europäischen Bildungstouristen bis zur neuen chinesischen Mittelschicht, vom Studenten, der einen Standby-Flug zur nächsten Party klarmacht, bis zum Geschäftsmann auf dem Weg zu einem dringenden Termin – sie alle steigen ins Flugzeug. Meist ist das ein Kurz- oder Mittelstreckenjet, in der Branche als Regionaljet oder Narrowbody bezeichnet. Narrowbody meint ein „Standardrumpfflugzeug“ mit einem Gang und fünf bis sechs Sitzen pro Reihe. Die Experten sprechen deswegen auch von Single Aisle (im Gegensatz zu Twin Aisle für zwei Gänge). Regionaljets sind kleiner und haben normalerweise vier

bis fünf Sitze pro Reihe. Aber was heißt schon normalerweise, wenn man von einem der derzeit aufregendsten Segmente in der Flugzeugindustrie spricht.

„Oberstes Gebot für die Fluglinien ist Wirtschaftlichkeit und Effizienz. Alle neuen Modelle werden dahingehend entwickelt.“

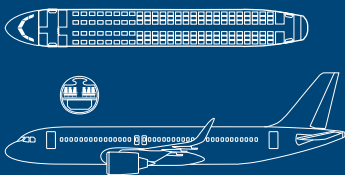
**Bernhard Köppel,
MTU-Spezialist für Flugzeuganalysen**

Die Narrowbodies sind die Arbeitstiere der Airlines, ob bei Billig- Anbietern oder Traditionsfluggesellschaften. Airbus hat ihren Anteil auf 78 Prozent an der weltweiten Flugzeugflotte errechnet. Über die Hälfte aller Distanzen werden von Single Aisle-

Narrowbody vs. Widebody

Narrowbody — Standardrumpfflugzeug mit einem Gang (Single Aisle) und 5-6 Sitzen pro Reihe für die Kurz- und Mittelstrecke.

Airbus A320-Familie



BEISPIELE:



Narrowbody

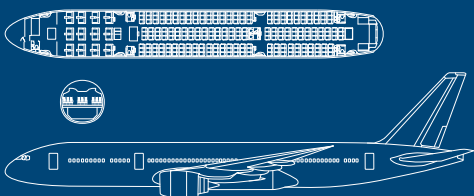
Airbus A320-Familie

**ca. 150 Passagiere
75 Tonnen Abfluggewicht**

Je nach Reichweite und Platzkapazität werden Passagierflugzeuge mit Jet-Antrieb in Größenklassen eingeteilt. Eine Baueigenschaft, die Narrowbodies und Widebodies unterscheidet: Narrowbodies haben nur einen Mittelgang; ihr Rumpfdurchmesser beträgt maximal 4 Meter und ihre Reichweite bis zu 4.000 nautische Meilen. Bei Widebodies misst der Rumpf bis zu 7 Meter; sie haben zwei Gänge durch die Passagierreihen, teilweise zwei Passagieretagen und Reichweiten bis zu 8.500 nautischen Meilen.

Widebody — Großraumflugzeug mit zwei Gängen (Twin Aisle) und 7 bis 10 Sitzen pro Reihe für die Langstrecke.

Boeing 787-9 Dreamliner



Twin Aisle Widebody

Boeing 787-9 Dreamliner

**ca. 280 Passagiere
250 Tonnen Abfluggewicht**



Very Large Widebody

Airbus A380

**ca. 525 Passagiere
575 Tonnen Abfluggewicht**

FLUGGÄSTE WELTWEIT: ENTWICKLUNG BIS 2034



- 2014: 3,3 Milliarden
- 2034: 7,3 Milliarden

Die USA und China sind schon heute mit deutlichem Abstand die größten Passagierflugmärkte weltweit. 2030 wird das Passagieraufkommen von, nach und in China das der USA erstmals übersteigen, erwartet die internationale Zivilluftfahrtorganisation IATA.

Quelle: International Air Transport Association

Maschinen geflogen. Airlines betreiben sie vor allem innerhalb eines Kontinents im Punkt-zu-Punkt- und Zubringer-Verkehr, wo zahlreiche, über den Tag verteilte Verbindungen nachgefragt werden. Die Maschinen sind das wichtigste Segment für Flugzeug- und Triebwerkshersteller. Es ist das Kerngeschäft von Boeing und Airbus bei den Narrowbodies und von Embraer und Bombardier bei den Regionaljets. Doch die Zeitenwende ist eingeleitet und möglicherweise das Ende der Vorherrschaft. „Der Markt der Kurz- und Mittelstrecke ist sehr dynamisch und derzeit stark in Bewegung“, bestätigt Dr. Marc Le Dilosquer, Marktexperte der MTU Aero Engines. Theodor Pregler, der im Unternehmen die Antriebsprogramme der kommerziellen Luftfahrt leitet, spricht von einem „Generationswechsel“, der sich gerade vollzieht. Was ist passiert?

NKM – Nagoya Hikojo

Flughafen Nagoya im japanischen Industriezentrum auf Honshu, 18. Oktober 2014: Untermalt von Trommeln und einem Kinderchor rollt der erste Mitsubishi Regional Jet (MRJ) aus dem Hangar. Der Prototyp markiert einen historischen Moment im Land der aufgehenden Sonne. Erstmals seit einem halben Jahrhundert mischt wieder ein japanisches Unternehmen auf dem Markt der Verkehrsflugzeuge mit. Der neue Regionaljet MRJ90, der ab 2017 kommen soll, ist ein Konkurrenzmodell zu den Maschinen der Platzhirsche Embraer und Bombardier. Die Japaner wollen insgesamt 1.500 Flugzeuge absetzen, 407 Bestellungen haben sie bislang eingesammelt.

Ausgelegt für 70 bis 90 Passagiere, soll der MRJ 2015 zur Flugerprobung abheben. Kunde Eastern Air Lines aus Miami, USA, hat ihn den „Eastern Whisperjet“ getauft. Sein Flüstern verdankt er nicht zuletzt seinem Antrieb: Der Getriebefan (siehe Inside MTU, Seite 14-15) ist wie das Flugzeug eine Neuentwicklung. Ein zusätzliches Getriebe macht das Triebwerk deutlich effizienter. Im Flugbetrieb bedeutet das: weniger Spritverbrauch, klimafreundlicher und leiser. Das hat auch Wettbewerber Embraer überzeugt. Die Brasilianer legen ihren E-Jet-Bestseller neu auf und lassen den Getriebefan exklusiv an den Flügeln von E2-175, E2-190 und E2-195 montieren.

Grund für die Diversifizierung des Marktes ist der allgemeine Kostendruck. Airlines rechnen sehr genau nach, welche Flugzeuge sie auf welcher Strecke einsetzen. Immer möglichst nah an den jeweils optimalen Betriebskosten pro Sitzmeile: „Oberstes Gebot für die Fluglinien ist Wirtschaftlichkeit und Effizienz. Alle neuen Modelle werden dahingehend entwickelt“, so Bernhard Köppel, MTU-Spezialist für Flugzeuganalysen.

Und das sind nicht wenige. Acht neue Flugzeugfamilien erweitern in den nächsten fünf Jahren das Angebot. Im Flugzeug- und Triebwerksbau mit seinen langen Technologie- und Entwicklungszeiten ist das eine wahre Flut. „Der Markt ist groß genug“, so die Einschätzung Le Dilosquers. Seine Prognose: Knapp 27.000 neue Narrowbodies und Regionaljets werden in den nächsten 20 Jahren die Produktionshallen verlassen –



Beliebtes Reisemittel —
Jedes Jahr nimmt die Zahl der Fluggäste im Schnitt um fünf Prozent zu.



WIDEBODYS VS. NARROWBODYS UND REGIONALJETS



Sitze in der Standardbestuhlung

Widebody: 240 – 650

Narrowbody: 100 – 240

Regionaljet: 70 – 100



Reichweite in Meilen

Widebody: 5.000 – 8.500

Narrowbody: 3.000 – 4.000

Regionaljet: 1.000 – 2.500

das wäre rund die Hälfte der gesamten zivilen Flugzeugauslieferungen mit Jet-Antrieben. „Gründe dafür sind das anhaltende Wachstum und Flottenerneuerungen.“ Asien ist nach wie vor die stärkste Wachstumsregion im Luftfahrtgeschäft. Hier entwickelt sich das Low-Cost-Segment besonders dynamisch, etablierte Airlines gründen eigene Billigfluglinien.

TLS – Aéroport de Toulouse-Blagnac

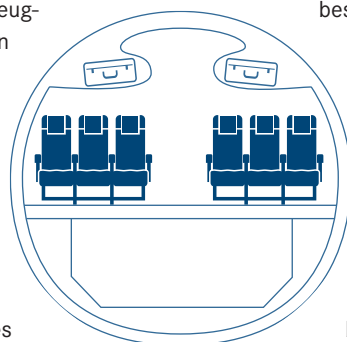
Flughafen Toulouse, strahlender Sonnenschein, ein Wetter wie gemacht für einen Erstflug. Es ist der 25. September 2014 und Airbus schickt seinen neuen Narrowbody-Jet auf die Startbahn: die A320neo. Es ist die Überarbeitung eines Bestsellers, mit der A320-Familie ist der europäische Flugzeugkonzern groß geworden. Jetzt hat der Jet einen neuen Antrieb bekommen (neo steht für new engine option). Angeboten werden wahlweise eine schubstärkere Variante des Getriebefans von Pratt & Whitney mit ähnlichem Kerntriebwerk und ähnlichen Vorteilen bei Verbrauch, Lärm und Umweltbelastung wie die „kleineren“ Versionen für die Regionaljets oder ein Triebwerk aus der neuen Leap-Familie des amerikanisch-französischen Joint Ventures CFMI. Die Fluggesellschaften reißen sich um den Jet, der laut Listenpreis je nach Ausführung 97,5 bis 124,4 Millionen US-Dollar kostet. Denn der größte Kostentreiber für die Airlines ist das Kerosin: Im Vergleich zur konventionellen A320 kann die A320neo die jährlichen Spritkosten um zirka eine Million US-Dollar reduzieren. Kein Wunder also, dass sie sich seit dem offiziellen Start im Dezember 2010 so schnell wie kein anderes Verkehrsflugzeug verkauft hat – Industrierekord. Gut 3.700 feste Bestellungen von 70 Kunden liegen vor, und dies noch vor der Einführung in den Liniendienst.

Der direkte Wettbewerber steht in Seattle beim ewigen Rivalen und ist noch nicht ganz soweit gediehen. Ab 2017 will Boeing

mit dem Nachfolgemodell 737MAX punkten – genau fünfzig Jahre nach dem Erstflug der 737-100. Die 737MAX ist die vierte Generation des US-Kassenschlagers. Mehr als 2.700 737MAX haben die Amerikaner bereits verkauft. Beim Antrieb haben sie sich allerdings anders als die Europäer exklusiv für das Leap-1B entschieden.

YMX – Aéroport International Montréal-Mirabel

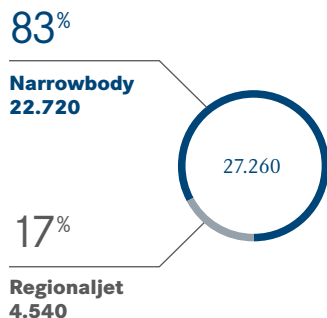
Mirabel, Quebec, im kalten kanadischen Winter. In der Nacht sind die Temperaturen auf minus 28 Grad Celsius gefallen. Das Testflugzeug FTV2 dreht am 14. Januar 2015 im Beisein der Luftfahrtbehörde anstandslos seine Runden – Kältetest bestanden und damit ein wichtiger Meilenstein auf dem Weg zur Zulassung und Erstauslieferung der CSeries von Bombardier. Die Kanadier drängen mit ihrem neuen Flieger in das attraktive Narrowbody-Geschäft. Bisher war Bombardier auf kleinere Flugzeuge spezialisiert. „Das Duopol von Boeing und Airbus kommt zum Ende. Während die beiden Hersteller nach wie vor das obere Ende des Segments der 150- bis 200-Sitzer beherrschen, besetzt Bombardier nun das untere bis 150 Sitze“, so Le Dilosquer. Die CSeries (CS100, 110 Sitze/CS300, 135 Sitze) ist in dieser Kategorie derzeit der einzige vollständig neu konzipierte Flieger und wird ebenfalls mit dem Getriebefan ausgestattet.



Weiter östlich steigen neue Wettbewerber in den Ring. Russen und Chinesen entwickeln in nationalen Flugzeugprojekten eigene Produkte: die MS-21 von Irkut (ab 2017, mit Getriebefan) und die C919 von Comac aus China (ab 2018). „Wir werden sehen, ob und wie sich die Maschinen durchsetzen. Zuerst werden sie sich auf den heimischen Märkten beweisen müssen, bevor westliche Airlines zugreifen“, sagt Pregler.

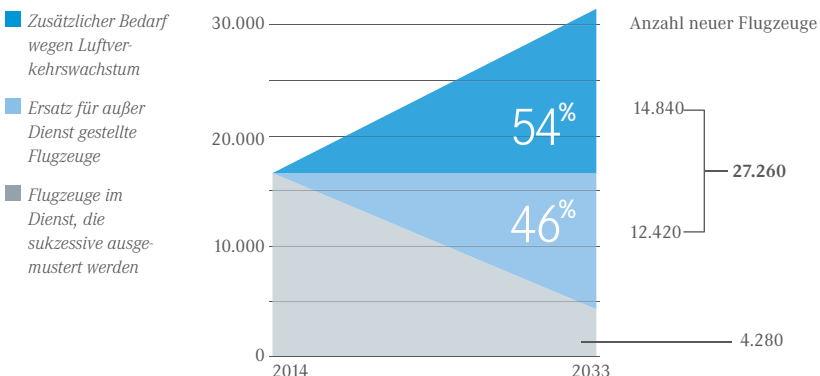
NEUFLUGZEUGE IN DEN NÄCHSTEN JAHREN

Auslieferungen von Narrowbody-Flugzeugen und Regionaljets mit Jet-Antrieb 2014 bis 2033



Quelle: MTU Aero Engines

NARROWBODYS UND REGIONALJETS: ENTWICKLUNG DER FLOTTEN 2014 BIS 2033



Quelle: MTU Aero Engines

PRODUKTION VON NARROWBODYS UND REGIONALJETS BIS 2020



Airbus A320ceo



Airbus A320neo



CRJ



Boeing 737MAX



MRJ



E-Jets E2

- Narrowbodies
- Regionaljets

Bis zum Ende dieses Jahrzehnts gehen insgesamt acht neue Narrowbody- und Regionaljet-Familien in Produktion. Die Duopole Airbus/Boeing bei den Narrowbodies und Bombardier/Embraer bei Regionaljets bekommen neue Wettbewerber aus China, Japan und Russland.

	In Service	Entry Into Service			
		2015	2016	2017	2018
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Airbus A320ceo 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Airbus A320neo 			
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Boeing 737NG 			<ul style="list-style-type: none"> ■ Boeing 737 MAX 	
	<ul style="list-style-type: none"> ■ CRJ 		<ul style="list-style-type: none"> ■ CSeries 		
	<ul style="list-style-type: none"> ■ E-Jets 				<ul style="list-style-type: none"> ■ E-Jets E2
				<ul style="list-style-type: none"> ■ MRJ 	
				<ul style="list-style-type: none"> ■ MS-21 	
		<ul style="list-style-type: none"> ■ ARJ21-700 			<ul style="list-style-type: none"> ■ C919
	<ul style="list-style-type: none"> ■ SSJ100 				
		2015	2016	2017	2018
	In Service	Entry Into Service			

Inside MTU — Mittelstrecken-Power der MTU: Getriebefan & Co

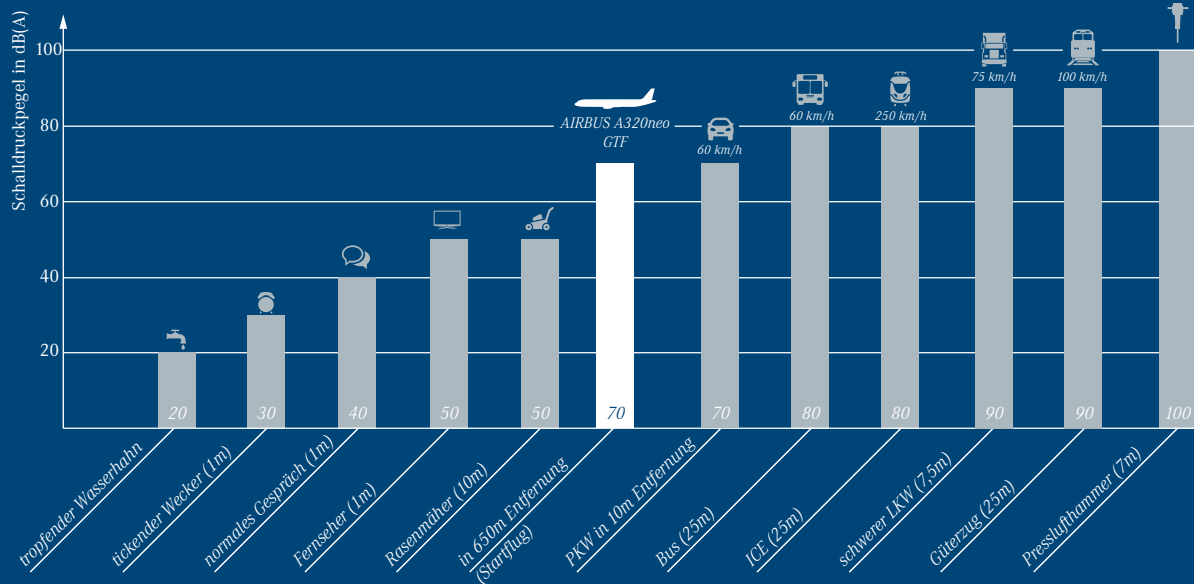


Der Getriebefan von Pratt & Whitney und MTU Aero Engines ist ein gefragtes Triebwerk für die Kurz- und Mittelstrecke. Fünf Flugzeughersteller haben sich bei ihren neuen Modellen für die neue kraftstoffsparende und leise Technologie entschieden. Aufgrund des skalierbaren Kerntriebwerks kann die Triebwerksfamilie PurePower®PW1000G, so die offizielle Typenbezeichnung, verschiedene Schubklassen von 10.000 bis 35.000 Pfund abdecken, ohne den enormen Aufwand einer kompletten Neuentwicklung für jede neue Schubstärke und Größe.

Der grüne Antrieb setzt in Sachen Umweltfreundlichkeit Maßstäbe: Er verringert den CO₂-Ausstoß um 15 Prozent. Schon eine einzige A320neo beispielsweise stößt pro Jahr rund 3.600 Tonnen weniger CO₂ aus. Bei derzeit 3.700 fest bestellten Jets wären das zusammen über 13 Millionen Tonnen jährlich. Auch beim Stickoxid sorgt der Getriebefan für deutliche Verbesserungen. Die NO_x-Emissionen liegen 50 Prozent unter den gesetzlichen Grenzwerten (CAEP/6) der internationalen Luftfahrtorganisation ICAO. Ein weiterer Trumpf des Getriebefans ist seine deutliche Reduzierung des Fluglärms, die nahezu einer Halbierung des subjektiv empfundenen Lärms entspricht.

Kein Wunder also, dass der Antrieb so gut ankommt. Das PW1000G deckt bereits jetzt rund ein Drittel des Gesamtmarktes bei den neuen Narrowbodies ab und 80 Prozent bei den neuen Regionalflugzeugen. Die MTU hat entscheidenden Anteil an dieser Erfolgsstory. Ihre schnelllaufende Niederdruckturbine ist eine Schlüsselkomponente, ohne die der Getriebefan seine Vorteile nicht ausspielen könnte; zudem fertigt sie zusammen mit Pratt & Whitney einen neuen Hochdruckverdichter und steuert einen neuen Hochdruckverdichter und steuert einen neuen Hochdruckverdichter und steuert einen neuen Hochdruckverdichter bei. Die MTU ist nicht neu im Geschäft der Kurz- und Mittelstreckenflugzeuge und beim sehr erfolgreichen V2500 seit den 1980er Jahren an Bord – mit Entwicklung, Fertigung und Instandsetzung.

FLUGLÄRM IM VERGLEICH MIT ALLTAGSGERÄUSCHEN



Fluglärm im Vergleich mit typischen Alltagsgeräuschen: Die Lautstärken verschiedener Schallquellen sind hier als dB(A)-Schallleistungspegel dargestellt, um eine angenäherte Frequenzbewertung (A-Filter) gemäß der menschlichen Wahrnehmung zu erhalten.

Quelle: MTU Aero Engines



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



Mehr zum Thema: www.aeroreport.de



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



+ 300% — Seit dem Börsengang im Jahr 2005 konnte die MTU-Aktie um über 300 Prozent (Stand zum 30.04.2015) zulegen. Damit entwickelte sie sich deutlich besser als der deutsche Aktienindex MDAX und der Euro Stoxx TMI Aerospace & Defense Index. Diese Vergleichsgruppe umfasst die 15 international wichtigsten Werte aus dem Bereich der Luftfahrt.

Langfristig im Aufwind

Die MTU-Aktie wird zehn Jahre alt.

Autorin: Larissa Klaus

Die MTU Aero Engines arbeitet bereits seit Jahrzehnten erfolgreich an den notwendigen neuen Technologien, um das Fliegen sparsamer, leiser und umweltfreundlicher zu machen. Das sichert dem Unternehmen langfristigen Geschäftserfolg. Und der gibt auch der MTU-Aktie, die vor zehn Jahren erstmals an der Frankfurter Wertpapier-Börse gehandelt wurde, dauerhaft Schubkraft.

„Deutlich besser entwickelt als vergleichbare Aktien der zivilen Luftfahrt“

Der 6. Juni 2005 war der erste Handelstag für die MTU-Aktie, die zu einem Preis von 21 Euro ausgegeben wurde und einen Eröffnungskurs von 21,89 Euro erzielte. Seitdem ist ihr Kurs, der im März 2015 erstmals die 90-Euro-Marke übersprang, um mehr als 300 Prozent gestiegen. „Das MTU-Papier hat sich deutlich besser entwickelt als vergleichbare Aktien der zivilen Luftfahrt, die ihren Wert im gleichen Zeitraum immerhin auch knapp verdoppelt haben“, sagt Michael Röger, Leiter Investor Relations der MTU Aero Engines. Der Grund: Umsatz und Ergebnis der MTU sind in den letzten zehn Jahren kontinuierlich angestiegen. „Wir haben unsere Zielwerte in der Regel erreicht oder sogar leicht übertroffen und unsere Vorhersagen eingehalten“, so Röger.

Trotzdem kam es 2008, im negativen Umfeld der Finanzkrise, auch bei der MTU zu einem Einbruch des Aktienkurses. Die Werte der gesamten Luftfahrtbranche gaben stark nach. Die Ergebnisse und damit Kurse wurden in der ersten Jahreshälfte zusätzlich von einem hohen Ölpreis und einem schwachen US-Dollar belastet. Zudem schwächte ein verlangsamt

tes Wachstum des Luftverkehrs, das zu Flugzeugstilllegungen und Stornierungen von Aufträgen führte, die Branche. „Es kam erstmals zu einer Entkoppelung des Kursverlaufs von der operativen Entwicklung des Unternehmens“, sagt Claudia Heinle, Senior Manager Investor Relations bei der MTU. Die Konjunkturaussichten trübten sich im Lauf des Jahres immer weiter ein, so dass der Kurs der MTU-Aktie am 28.10.2008, rund dreieinhalb Jahre nach dem ersten Handelstag, ein Allzeittief von 12,87 Euro erreichte.

Erholung bis zum Rekord

Der Aufwind ließ jedoch nicht lange auf sich warten: Bereits 2010 hatte sich die Aktie wieder auf Vorkrisenniveau erholt und stieg danach kontinuierlich weiter bis zum ersten Allzeithoch seit dem Börsengang bei 79,25 Euro im Mai 2013. „Obwohl die schwelende Eurokrise die Stimmung am Kapitalmarkt zu diesem Zeitpunkt gedämpft hat, haben unsere Aktie und der MDAX dem volatilen Umfeld getrotzt“, so Heinle. Niedrige Zinsen bei anderen Geldanlagen machen Aktieninvestments attraktiv. 2014 hielt sich der MTU-Aktienkurs auf in etwa gleichbleibendem Niveau – im Finanzmarkt heißt das „Seitwärtsbewegung“. Anfang 2015 schnellte der Aktienkurs erneut in Rekordhöhe. Die MTU-Aktie profitierte bereits seit dem Jahresende 2014 von einem niedrigen Ölpreis und einem starken US-Dollar. Auch das angekündigte Anleihekaufprogramm der Europäischen Zentralbank sorgte für positive Impulse.

Die weiteren Aussichten scheinen gut: „Wir haben zahlreiche Meilensteine erreicht, die es uns ermöglichen, vom wachsenden Markt zu profitieren. Das

überzeugt auch Analysten“, sagt Röger. Bis 2017 befindet sich das Unternehmen in einer Phase hoher Investitionen, in der das bereinigte EBIT, also das operative Ergebnis, dennoch moderat steigen dürfte. Vor allem der Serienhochlauf der Getriebefan-Programme und deren technologische Weiterentwicklung prägen die kommenden Jahre. Außerdem investiert die MTU in Forschung und Entwicklung für wichtige Zukunftsantriebe wie das GE9X für die Boeing 777X, die etwa 2020 auf den Markt kommen soll. Die GE9X-Programmbeteiligung sichert einen Marktanteil an einem der wichtigsten künftigen Antriebe im oberen Schubbereich.

Lohnende Investitionen

Die Investitionen in die Zukunft werden sich ab 2018 verstärkt auszahlen. „Rund 30 Prozent der heute aktiven Flugzeuge haben MTU-Module an Bord. In den nächsten fünf bis zehn Jahren wird unsere Triebwerksflotte deutlich anwachsen“, so Reiner Winkler, Vorstandsvorsitzender der MTU Aero Engines. Dann erwartet die MTU ein beschleunigtes Wachstum der margenstarken Unternehmensbereiche Ersatzteil- und Instandhaltungsgeschäft. Das deutliche Wachstum dürfte dem Aktienkurs weiteren Auftrieb geben.



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



Mehr zum Thema: www.aeroreport.de



Autorin:
Larissa Klaus schreibt seit rund sieben Jahren für interne und externe Publikationen der MTU. Zudem ist sie als Referentin für Corporate Communications in der Finanzbranche tätig.



Leasen statt Kaufen

In der zeit- und kostensensiblen Luftfahrtbranche nutzen immer mehr Airlines die Möglichkeit, Flugzeuge und Triebwerke zu leasen.

Autorin: Nicole Geffert



Rund 7,3 Milliarden Passagiere werden im Jahr 2034 ein Flugzeug besteigen – mehr als doppelt so viele wie heute. Der Bedarf an neuen Flugzeugen und Triebwerken ist daher immens, wie die beiden großen Flugzeughersteller übereinstimmend prognostizieren. Laut Boeing beträgt der Gesamtwert der weltweiten Flugzeugauslieferungen 2015 bereits rund 124 Milliarden US-Dollar, doppelt so viel wie noch 2010. Und diese Dynamik hält an: Bis 2033, so Airbus, werden rund 31.000 neue Maschinen im Gesamtwert von 4,6 Billionen US-Dollar gebraucht werden.

Airlines konzentrieren sich auf ihr Kerngeschäft

Jahr für Jahr müssten die Fluggesellschaften damit im Durchschnitt rund 250 Milliarden US-Dollar in neues Fluggerät investieren – ihre Gewinne lagen aber zuletzt laut einer IATA-Schätzung zufolge „nur“ bei 20 Milliarden US-Dollar. Die Lücke schließen zunehmend finanzstarke Leasinggesellschaften. Seit 1990 stieg der Anteil geleaster Maschinen um 26 Prozentpunkte auf 40,7 Prozent. Boeing erwartet, dass schon in fünf Jahren mehr als die Hälfte der weltweiten Maschinen nicht mehr den Betreibern, sondern Leasinggesellschaften gehört. Andere Experten sind vorsichtiger, doch alle Marktkenner sind sich einig: „Leasen statt Kaufen“ lautet die Devise der Zukunft auch in der Luftfahrt.

Wie in anderen Branchen profitieren die Unternehmen von der höheren Flexibilität und den geringeren Kapitalkosten geleaster Objekte. Vor allem Low Cost Start-ups können so rasch eine Flotte aufbauen. Doch auch die großen, etablierten Player nutzen zunehmend die alternative Finanzierungsform. Dr. Marc Le

Dilosquer, Leiter Marktanalyse bei der MTU Aero Engines, kennt den Hintergrund. „Die Airlines sehen ihr Kerngeschäft mehr darin, Menschen und Güter zu transportieren, und weniger darin, als Investor zu agieren und Vermögenswerte zu managen.“ Zudem berge die Investition in eigene Flugzeuge ein finanzielles Risiko, das andere Firmen besser einschätzen und tragen können.

Flugzeuge als Investitionsmöglichkeit

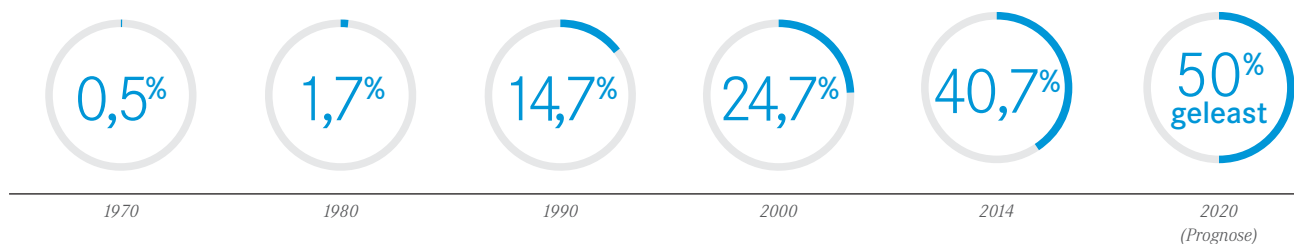
Angesichts der anhaltenden Liquiditätsschwemme suchen diese Firmen mehr denn je nach lukrativen und sicheren Investitionsmöglichkeiten. Flugzeuge gelten als attraktiv und ziehen zunehmend auch Investoren und neue Leasinganbieter aus dem Mittleren und Fernen Osten an. Größter Leasinggeber weltweit ist aber die zum US-Mischkonzern General Electric gehörende GE Capital Aviation Services (GECAS). Der Pionier der Branche ist seit über 40 Jahren am Markt aktiv und hat derzeit zirka 1.650 Flugzeuge verleast; selbst die größten Fluglinien der Welt kommen nicht annähernd auf eine solche Flottenstärke. Auf Platz zwei folgt die in Amsterdam beheimatete AerCap mit rund 1.300 Flugzeugen.

Diese Leasinggesellschaften stellen den Airlines Flugzeuge für eine vertraglich vereinbarte Laufzeit zur Verfügung. Bei Narrowbodies wie A320 und B737 sind das meist drei bis sieben Jahre. Die Leasingkosten setzen sich zusammen aus einer monatlichen Rate von in der Regel einem Prozent des Flugzeugneupreises, sowie einer Maintenance- und einer Sicherheits-Rücklage, die am Ende der Vertragslaufzeit zurückgezahlt werden.

ANTEIL DER GELEASTEN FLUGZEUGE AN DER WELTWEITEN FLOTTE



Schon heute ist mehr als jedes **3.** Flugzeug geleast.



1970 war nicht einmal ein Prozent der Flugzeuge geleast, zehn Jahre später 1,7 Prozent, 1990 bereits fast zehnmal so viel. Seitdem wächst der Markt kontinuierlich. Einerseits sind viele Fluggesellschaften mit ihren derzeitigen Gewinnmargen kaum in der Lage, die für zunehmende Passagierzahlen notwendigen Flugzeugkäufe zu finanzieren, andererseits entdecken Investoren zunehmend Flugzeuge als attraktive Geldanlage.

Quelle: Ascend und Boeing

Inside MTU — Neue Leasing-Power

Die MTU Aero Engines und das japanische Handelshaus Sumitomo gründeten 2013 zwei Joint Ventures für das Triebwerksleasing: MTU Maintenance Lease Services (MLS) mit einem MTU-Anteil von 80 Prozent und Sumisho Aero Engine Lease mit einem MTU-Anteil von zehn Prozent. Beide Gesellschaften haben ihren Sitz in Amsterdam.

MLS hält integrierte Lösungen für unterschiedliche Kundenbedürfnisse bereit, etwa Kurzzeit-Leasing und Standby-Arrangements. Hinzu kommt eine Palette an Zusatzleistungen für sämtliche Triebwerksprogramme der MTU Maintenance wie Triebwerkswechsel, logistische Services und Instandsetzungsarbeiten. Bei älteren Triebwerken kann Leasing eine kostengünstige Alternative zur Instandsetzung sein. Hier greifen die MTU^{plus} Mature Engine Solutions.

Asset- und Material-Management runden das Leistungsspektrum ab. Das Portfolio reicht von der Triebwerksbewertung und Analyse des Restwerts über den Einkauf oder das Weiterverleasen des gesamten Triebwerks bis zum umfassenden Teile-Management. Hierzu gehört die Zerlegung des Triebwerks, die Reparatur noch nutzbarer Teile sowie Lagerung und Weiterverwertung von Ersatzteilen.

Sumisho Aero Engine Lease konzentriert sich auf das Langzeitleasing, bei dem der Kunde das Triebwerk für eine vorher definierte, längerfristige Zeitspanne nutzt. Des Weiteren gehören Sale-and-Lease-back-Lösungen zum Portfolio.

Leasing auch bei Triebwerken

Die Leasingfirmen profitieren damit von kontinuierlichen Zahlungsströmen und dem Eigentum an langfristig werthaltigen Vermögensgegenständen. Diese beiden Faktoren charakterisieren auch das Triebwerksgeschäft. Kein Wunder also, dass mittlerweile auch Triebwerke geleast sind – Tendenz ebenfalls steigend. Zu den Leasinggebern gehören die Original Equipment Manufacturer (OEMs) sowie unabhängige Anbieter. Auch die MTU ist in diesem Zukunftsmarkt aktiv. Gemeinsam mit Sumitomo, einem der größten japanischen Handelshäuser, gründete sie 2013 zwei Joint Ventures, um die wachsende Nachfrage der Airlines nach Finanzierungen noch besser erfüllen zu können: die MTU Maintenance Lease Services (MLS) sowie Sumisho Aero Engine Lease (siehe Inside MTU).

Dank Leasing müssen Fluglinien nicht länger in eigene Ersatztriebwerke investieren und schonen damit ihre Kapitalbasis. Doch damit nicht genug. „Wir haben von unseren Kunden die klare Botschaft erhalten, dass sie einen umfassenden Service wünschen, um ihre Triebwerke effizient managen zu können. Deshalb haben wir zusätzlich das Asset- und Material-Management in unser Portfolio aufgenommen, um den Wert, der in einem Triebwerk steckt, zugunsten des Kunden zu optimieren“, sagt Martin Friis-Petersen, Managing Director, MTU Maintenance Lease Services.

Damit kann das Triebwerk von der Lieferung über die Instandsetzung bis zur Verwertung seiner Bauteile am Ende der Lebensdauer optimal verwaltet und kosteneffizient betreut werden. Friis-Petersen: „Es gibt, abgesehen von den OEMs, weltweit nur wenige Wettbewerber, die wie wir die gesamte Servicekette anbieten können.“



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



Mehr zum Thema: www.aeroreport.de



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

MTU MAINTENANCE LEASE SERVICES

Zum Triebwerks-Portfolio gehören:
V2500-A5/-D5, PW2000, CF6-50/-80C2,
GE90-115B, CFM56-3/-5B/-7 und CF34.

SUMISHO AERO ENGINE LEASE

Zum Triebwerks-Portfolio gehören:
CFM56-5B/-7, V2500-A5, Leap-1A/-1B,
PW1100G-JM, CF6-80C2, GE90-115B, GEnx
und CF34-10E.



Ende einer Ära — Die niederländische Traditions-Airline KLM und den Flugzeughersteller McDonnell Douglas, der inzwischen im Boeing-Konzern aufgegangen ist, verbindet eine jahrzehntelange Tradition: KLM hat als einzige Airline auf der Welt seit 1934 jedes Modell gekauft – zuletzt die dreistrahlige MD-11, die Ende 2014 außer Dienst gestellt wurde.

Ende einer Ära

*KLM verabschiedet die letzte McDonnell Douglas MD-11
im Passagierdienst in einem würdigen Rahmen –
der AEROREPORT war dabei.*

Autor: *Andreas Spaeth*





Boarding — Für 111 Euro genossen Luftfahrtenthusiasten aus aller Welt den letzten Flug mit der MD-11 im Passagierdienst an einem strahlend schönen Herbsttag.

Soviel Symbolhaftigkeit musste sein: Am 11.11.2014 um 11 Uhr startete der erste von drei Abschiedsflügen der allerletzten McDonnell Douglas MD-11 im Passagierdienst, und die Tickets kosteten genau 111 Euro. Der Andrang war riesig, alle 592 von KLM angebotenen Plätze waren im September innerhalb von nur vier Minuten ausverkauft; der Ansturm hatte die KLM-Internetserver an den Rand des Zusammenbruchs gebracht. Aus aller Welt reisten Luftfahrtenthusiasten nach Amsterdam, um das letzte Mal an Bord eines dieser klassischen Verkehrsflugzeuge abzuheben. Der Tag markierte das Ende gleich mehrerer Epochen im Flugzeugbau, so der einmaligen Beziehung zwischen der traditionsreichen königlich-niederländischen Fluggesellschaft und dem schon lange im Boeing-Konzern aufgegangenen Hersteller McDonnell Douglas.

KLM ist die einzige Airline der Welt, die seit 1934 jeden einzelnen auf den Markt gebrachten Typ des kalifornischen Flugzeugbauers betrieben hat: zunächst die DC-2, von der es in den Niederlanden noch ein flugfähiges Exemplar gibt. Dann die DC-3, die auch an diesem Novembertag als KLM-Traditionsflugzeug auf dem Vorfeld neben einer weiteren MD-11 ausgestellt war. Anschließend die DC-4 und sogar die weithin vergessene DC-5, von der nur zwölf gebaut wurden. Und natürlich die viermotorigen Langstreckenklassiker DC-6 und DC-7 sowie als ersten Interkontinentaljet die DC-8. Die zweistrahlige DC-9 war lange das Rückgrat der KLM-Europaflotte; die DC-10 und später die MD-11 waren auf Langstrecken unterwegs.

Mindestens so bedeutsam war auch das Ende dreistrahliger Jets im Passagierverkehr an diesem sonnigen Spätherbsttag – der

letzte MD-11-Linienflug war bereits am 26. Oktober 2014 aus Montréal kommend in Amsterdam gelandet. Dabei hatte es Zeiten gegeben, in denen Verkehrsflugzeuge mit drei Triebwerken extrem verbreitet waren. In den 1960er Jahren waren zweistrahlige Jets für längere Flugzeiten und das Überfliegen von Ozeanen nicht zugelassen, und drei Triebwerke waren in der Regel wirtschaftlicher als vier. Zu diesen Dreistrahlern gehörte vor allem die Boeing 727, lange das meistgebaute Verkehrsflugzeug der Welt mit insgesamt 1.832 produzierten Exemplaren. Die britische Hawker Siddeley Trident 3 war da mit nur 117 gebauten Flugzeugen eher eine Fußnote. Ende des Jahrzehnts entstand die Idee, auch Großraumjets für Langstrecken mit drei Triebwerken auszustatten, die Airlines brauchten neben der damals richtungsweisenden Boeing 747 eine kleinere Alternative zum Jumbo Jet. Das war die Geburtsstunde der McDonnell Douglas DC-10, die 1971 in den Liniendienst ging. Kurz darauf folgte das Konkurrenzmodell Lockheed L1011 TriStar, das allerdings nie den Erfolg der DC-10 erreichte. Von der markanten DC-10 wurden von 1968 bis 1988 insgesamt 446 Stück gebaut, davon 374 für den Passagierdienst. Konkurrent Lockheed hinkte stets hinterher, zwischen 1968 und 1984 verließen gerade 250 Exemplare die Werkshallen. Und dann kam 1990 die MD-11 auf den Markt, als Nachfolgemodell der DC-10.

Sie sieht eleganter aus als ihre Vorgängerin, nicht nur wegen des knapp sechs Meter längeren Rumpfes, sondern weil sie als erstes Verkehrsflugzeug überhaupt mit Winglets versehen wurde. Auch das Seitenleitwerk oberhalb des mittleren Triebwerks ist kürzer und kleiner, dazu kamen als wesentliche Verbesserung neue Antriebe, vor allem das CF6-80-C2D1F von General Electric,

an dem die MTU Aero Engines beteiligt ist (siehe Inside MTU). Als erster Dreistrahler verfügte die MD-11 zudem über ein modernes Zweimann-Cockpit. „Die MD-11 ist ein sehr robustes und elegantes Flugzeug“, sagt Flugkapitän Charley Valette, bisher MD-11-Chefpilot bei KLM. Die ab 1995 verfügbare Konkurrenz in Form der Boeing 777-200ER bewies jedoch bald, dass sich auch mit zwei Triebwerken und ETOPS-Zulassung längere Überwasser-Strecken sicher fliegen ließen. Das war der Beginn eines Trends, der jetzt zum Ende der Dreistrahler führte - und auch die Bedeutung vierstrahliger Flugzeuge stark minderte. Kommerziell blieb die MD-11 daher weit hinter den Erwartungen zurück. Noch dazu stellte sich bald, nachdem Finnair als erster Betreiber im November 1990 den neuen Dreistrahler in Dienst gestellt hatte, heraus, dass das Flugzeug die zuvor gegebenen Zusagen für Reichweite und Treibstoffverbrauch nicht einhalten konnte. Der Hersteller führte ein ganzes Paket an Verbesserungen ein, aber zu spät. Wichtige Kunden wie Singapore Airlines stornierten ihre Bestellungen und legten sich für Ultra-Langstrecken die später eingeführte vierstrahlige A340-500 zu. Die Anzahl der Triebwerke spielte auch psychologisch zu Anfang der 1990er Jahre eine große Rolle, als es vielen Passagieren und manchem Piloten noch als unsicher galt, mit einem Zweistrahler über den Atlantik zu fliegen. „Wir hätten problemlos mit der Boeing 767 nach Amerika fliegen können, aber die Konkurrenz flog vierstrahlig, da musste sich die LTU für die MD-11 entscheiden“, sagt der deutsche Flugkapitän Joe Moser, damals LTU-Betriebsleiter.

Schließlich wurde die MD-11 nur neun Jahre lang an Airlines in aller Welt ausgeliefert, insgesamt 200 Exemplare. Der Hersteller, der 1997 von Boeing übernommen worden war, hätte erst ab 300 Verkäufen die Gewinnzone erreicht. 144 aller gebauten MD-11 begannen ihre Karriere im Passagierdienst, der Rest waren Frachtflugzeuge. Und im Warentransport fand die MD-11 ihre Nische. Ein Großteil der Passagierversionen wurde bald zum Frachter umgebaut, die ersten schon nach fünf Jahren im Passagierverkehr. Von den 150 MD-11, die im Sommer 2014 aktiv waren, flogen alle Fracht - bis auf die bis zuletzt verbliebenen vier von zuvor zehn KLM-Verkehrsflugzeugen. Als vorletzte Airline musterte Erstkunde Finnair seine MD-11-Flotte im Februar 2010 aus. KLM flog die erste Maschine bereits im Juli 2012 zum Ausschlichten von Ersatzteilen in die amerikanische Wüste. Und nun, am 11. November 2014, hatte die Stunde des allerletzten Passagierflugs eines dreistrahligen Jets geschlagen.

*„Ich werde die MD-11 vermissen,
sie ist und bleibt meine Favoritin.“*

Flugkapitän Charley Valette, 16 Jahre und über 5.000 Flugstunden im MD-11-Cockpit

Die Stimmung vor dem Letztflug KL9899 von Amsterdam nach Amsterdam ist gelöst - bei strahlendem Sonnenschein mischt sich auch KLM-Chef Pieter Elbers unter die Passagiere. „Für uns ist das ein guter Tag, denn die Nachfolger A350 und Boeing 787-9 sind im Flugbetrieb bis zu 25 Prozent günstiger als die MD-11“, so Elbers. „Wir wussten zwar, dass eine ganze Menge unserer Kunden eine spezielle Zuneigung zur MD-11 haben, aber von der Resonanz auf die Abschiedsflüge waren wir schon überrascht“, gibt der CEO zu. Schon beim Einsteigen malen Passagiere ihre Abschiedsgrüße außen neben die Türen. Jeder Gast erhält eine Geschenktüte mit der Aufschrift „I fly MD-11“, darin unter anderem eine von Sammlern begehrte druckfrische Sicherheitskarte. Die Bordküchen sind zur Feier des Tages mit Girlanden geschmückt, in der Kabine laufen alle durcheinander, und es ist schwer, die Gäste dazu zu bringen, sich anzuschallen.

ABSCHIED VON EINER LEGENDE:

- 01** — Typisch: das dritte Triebwerk unter dem Seitenruder.
- 02** — Eindrucksvolle Flotte bei Lufthansa.
- 03** — MD-11 weiter im Frachtdienst aktiv.
- 04** — KLM hatte eine der größten MD-11-Flotten.



Inside MTU ____ *MTU und die MD-11*

„Es ist schade, dass die MD-11 keine Passagiere mehr fliegt“, sagt Norbert Möck, „die war so schön geräumig innen.“ Der Direktor für die Triebwerksprogramme von General Electric und CFM bei der MTU Maintenance in Hannover hat eigene Erfahrungen als Passagier der MD-11 – und mit ihrem Triebwerk GE CF6-80C2D1F. „Wir hatten die Triebwerke mehrerer MD-11-Betreiber bei uns in der Instandhaltung, zuletzt Saudi Arabian Airways, früher auch FedEx und Cargoitalia“, so Möck. „Für das dreistrahlige Flugzeug wurde das Leistungsniveau des Triebwerks ausgereizt.“ Die MTU Aero Engines ist selbst mit 9,1 Prozent am Bau des CF6-80-Triebwerks beteiligt und liefert unter anderem Teile der Hochdruckturbinen. „Für uns ist das CF6-80 mit zirka 3.400 gelieferten Einheiten das drittgrößte Programm, obwohl insgesamt nur 119 MD-11 mit GE-Triebwerken ausgerüstet waren“, erklärt Wolfgang Hiereth, bei MTU in München Leiter des Neugeschäfts für die GE-Programme. Noch heute werden jährlich 50 bis 60 Exemplare dieses Typs gefertigt, der zum Beispiel auch die als Air Force One fliegende Boeing 747-200B des US-Präsidenten antreibt.

Kurz nach der planmäßigen Zeit um 15.30 Uhr setzt sich die im September 1994 gelieferte MD-11 mit dem Kennzeichen PH-KCD und dem Taufnamen Florence Nightingale in Bewegung. Zum Start geben alle drei Turbofans vollen Schub und vor allem im hinteren Teil der Kabine ist der bei ihren Fans so geliebte MD-11-Sound zu hören. Aber nur kurz, denn schon bei rund 2.000 Fuß (nicht einmal 700 Meter) Flughöhe endet der Steigflug. Bei klarem Herbstwetter folgt eine Holland-Sightseeing-Tour vom Feinsten – die Kanalküste, Rotterdam, Eindhoven, IJsselmeer, Polder, Schiffe, Windmühlen. Doch dafür haben viele Enthusiasten an Bord kaum einen Blick übrig. Sie filmen in der Kabine, die immer noch erstaunlich modern wirkt, posieren für Fotos, trinken Wein aus eigens mit MD-11-Aufklebern versehenen Fläschchen. Chefpilot Charley Valette sitzt selbst im Cockpit und macht über Lautsprecher den Fremdenführer im Tiefflug über Holland. In der Kabine sind jetzt wasserfeste Filzstifte gefragt, denn jeder möchte auf Staufächer oder Wände einen Abschiedsgruß schreiben. Auch der CEO zückt den Schreiber und kritzelt „Danke MD-11 – 21 Jahre loyaler Service für diese königliche Firma“ auf das Fach über Reihe 12. Viel zu schnell landet der Flieger nach nur 54 Minuten Flug wieder in Schiphol. Zu Ehren der MD-11 folgt dann eine Prozession über die Hauptrollbahnen des Flughafens – der zwanzig Jahre alte Dreistrahler angeführt von der genau 50 Jahre früher gebauten DC-3, dem Traditionsflugzeug der KLM. Captain Charley Valette, der 16 Jahre und über 5.000 Flugstunden lang im MD-11-Cockpit saß, bringt es schließlich auf den Punkt: „Ich werde die MD-11 vermissen, sie ist und bleibt meine Favoritin.“



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.





Lächeln am Himmel — Fröhliches Markenimage des MTU Maintenance-Kunden Solaseed Air. Der japanische Markt war lange Zeit für nicht-japanische Anbieter kaum zugänglich.

Ein Lächeln am Himmel

MTU Aero Engines erschließt sich Schritt für Schritt den lange verschlossenen japanischen Markt. Die vertiefte Kooperation mit der aufstrebenden Solaseed Air ist der jüngste Erfolg.

Autorin: Nicole Geffert

Spätestens seit den 1980er Jahren gehört Japan, der 6.800-Insel-Staat am äußersten östlichen Rand Asiens, zu den global führenden Wirtschaftsmächten. Seine gut 125 Millionen Einwohner erwirtschaften das dritthöchste Bruttoinlandsprodukt weltweit und lassen damit Industriestaaten wie Deutschland und Großbritannien hinter sich.

Diese Wirtschaftskraft spiegelt sich auch im Luftverkehr wider. Der Haneda-Flughafen in Tokio – das Drehkreuz der größten japanischen Fluglinien – liegt mit 72,8 Millionen Passagieren auf Platz vier der meist frequentierten Flughäfen rund um den Globus. Nach Angaben der Weltbank beförderten die im Land registrierten Airlines im Jahr 2013 knapp 106 Millionen Passagiere. Und obwohl damit der Markt weitgehend gesättigt ist, prognostiziert die Japan Aircraft Development Corporation (JADC) für die kommenden 20 Jahre ein durchschnittliches Wachstum des Passagieraufkommens von 1,6 Prozent pro Jahr. Entsprechend ist auch der Flugzeugmarkt in Bewegung. Vor gut einem Jahr orderte die größte Fluglinie All Nippon Airways (ANA) auf einen Schlag 40 Langstreckenjets bei Boeing und 30 Mittelstreckenjets bei Airbus für insgesamt 16,6 Milliarden US-Dollar.

Mehr Passagiere und mehr Flugzeuge bedeuten auch mehr Instandhaltung. Lange blieb dieses Geschäft allerdings inländischen Anbietern vorbehalten; die beiden größten Fluglinien verfügen über eigene Shops; hinzu kommt die traditionsreiche IHI Corporation. Leo Koppers, Leiter Vertrieb bei der MTU Maintenance, weiß um die Hürden: „Japan ist ein geschlossener Markt, der für Anbieter aus dem Ausland kaum zugänglich ist.“

Doch 2010 erteilte das Japanese Civil Aviation Bureau (JCAB) der MTU Maintenance Zhuhai die Zulassung für die Instandhaltung von Triebwerken. Erstmals bescheinigte eine japanische Behörde einem vergleichsweise jungen Betrieb im konkurrierenden Nachbarland China höchste Qualität. Mit Erfolg hatte sich das Werk auf CFM56- und V2500-Antriebe spezialisiert. Noch im selben Jahr lieferte der japanische Primus ANA seine ersten CFM56-3 in den Shop und nutzt seitdem regelmäßig dessen Instandhaltungskompetenz.

Ein Jahr später kam mit Solaseed Air ein zweiter japanischer Kunde hinzu. Seit 2011 lässt das Unternehmen mit dem schwungvollen Smiley auf den grünen Hecks die CFM56-3-Triebwerke

seiner Flotte in Zhuhai instand setzen. Solaseed Air, eingetragen als Skynet Asia Airways Co. Ltd., bedient seit 2002 Ziele im Süden von Japan. „Seed smiles in the sky“ lautet ihr Motto. Mittlerweile ist das Netzwerk auf 62 Flüge pro Tag auf acht Routen gewachsen. Die Airline verbindet große Städte ihrer Heimatinsel Kyushu mit Tokio, dem im Umfeld der zweiten Wirtschaftsmetropole Osaka gelegenen Kobe und dem subtropischen Urlaubsparadies Okinawa.

Im Januar 2015 vertieften die beiden Unternehmen ihre Partnerschaft mit einem Exklusivvertrag über die Instandhaltung aller 24 CFM56-7B- und -7BE-Antriebe für die Boeing 737-800-Flotte der Airline. Solaseed Air-CEO Hiroshi Takahashi erklärte dazu: „Die MTU Maintenance hat sich als zuverlässiger und vertrauenswürdiger Partner mit einer herausragenden Servicequalität erwiesen. Wir freuen uns, dass sich das Unternehmen nun auch um unsere neuesten Triebwerksmodelle kümmert.“

In welchem Maß Japaner hohe Qualität und herausragenden Service zu schätzen wissen, belegt auch die Erweiterung der Zusammenarbeit von ANA und MTU. Obwohl die Airline über eigene Shops verfügt, liefert sie seit Ende 2013 auch Triebwerke zum deutschen Maintenance-Standort in Hannover-Langenhagen. „Eine Zulassung als Instandsetzungsbetrieb der japanischen Luftfahrtbehörde JCAB für komplette Triebwerke japanischer Kunden steht kurz bevor“, sagt Jan Steenbock, Leiter Vertrieb Asien bei der MTU Maintenance.

Gleichzeitig dehnt die MTU Aero Engines mit zwei Joint Ventures mit dem japanischen Handelshaus Sumitomo ihre Präsenz in Japan in andere Geschäftsfelder aus (siehe Inside MTU, Seite 20). Schritt für Schritt fasst die MTU Fuß im japanischen Markt: Es war ein historischer Moment in der Luftfahrtgeschichte des Landes, als im Oktober 2014 der Mitsubishi Regional Jet (MRJ) in Nagoya seinen Rollout hatte. Angetrieben wird das neue, umweltschonende Flugzeug für bis zu 100 Passagiere exklusiv mit PW1200G-Triebwerken – einer Neuentwicklung mit MTU-Beteiligung.

Typisch Japan — Kirschblüten, Pagode und im Hintergrund der Fujiama, Japans höchster und heiligster Berg. Sein stilisiertes Bild ziert die Kabinendecke im Mitsubishi Regional Jet.



TRIEBWERKSINSTANDSETZUNG BEI DER MTU MAINTENANCE ZHUHAI

- 01** ____ Ein V2500 wird untersucht.
02 ____ Vorbereitung eines Hochdruckverdichters zum Hochgeschwindigkeitsschleifen.
03 ____ Ein CFM56-3 vor dem Prüflauf.
04 ____ Triebwerksgehäuse warten auf die Montage.
05 ____ Ein CFM56-3 im Prüfstand.



Inside MTU ____ Partnerschaften in Japan

Der MTU Maintenance gelang 2009 der Einstieg in den japanischen Markt über einen Instandsetzungsvertrag mit All Nippon Airways (ANA). Die Instandhaltung ihrer Triebwerke gewährleistet seitdem die MTU Maintenance Zhuhai in China, ein 50:50 Joint Venture zwischen der MTU Aero Engines und der Holding von Chinas größter Airline, China Southern. Seit 2011 vertraut auch Solaseed Air ihre Triebwerke dem expandierenden Werk an der südchinesischen Küste an.

Im September 2013 gründeten die MTU Aero Engines und das japanische Handelshaus Sumitomo Corporation zwei Joint Ventures: MTU Maintenance Lease Services und Sumisho Aero Engines Lease (siehe Inside MTU, Seite 20).

Japans erstes Zivilflugzeug seit Jahrzehnten, der Mitsubishi Regional Jet (MRJ), hatte im Oktober 2014 in Nagoya seinen Rollout. An seinem Getriebefan-Antrieb, dem PW1200G, sind auch die beiden Partner MTU Aero Engines und die Japanese Aero Engines Corporation (JAEC) beteiligt. JAEC ist ein Joint Venture, das die Triebwerksaktivitäten von Kawasaki, Mitsubishi und Ishikawajima Harima bündelt. Anlass für den Zusammenschluss war 1983 die Gründung der International Aero Engines (IAE) – mit dem Ziel, das V2500 für die A320-Familie mit vier weiteren Partnern gemeinsam zu entwickeln. Einer der langjährigen IAE-Partner von JAEC ist die MTU Aero Engines.



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



Mehr zum Thema: www.aeroreport.de



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



„Jetzt geht es um große Lösungen“

Professor Rolf Henke, Vorstand Luftfahrt des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR), hält Solartechnik und Elektromotoren bei großen Passagierflugzeugen derzeit noch für Utopien. Aber er wünscht sich mehr Mut für revolutionäre Entwicklungen.

Autorin: Eleonore Fähling

Herr Professor Henke, in der Öffentlichkeit erregt die Weltumrundung des Solarflugzeugs Solar Impulse 2 gerade viel Aufsehen. Liegt in der Solarkraft die Zukunft der Luftfahrt?

Professor Rolf Henke: Das ist sicher ein eindrucksvolles Projekt, bei dem das DLR im Übrigen die aeroelastischen Bodentests durchgeführt hat. Einen kommerziellen Einsatz von Solarenergie zum Antrieb von Passagierflugzeugen mit mehr als zehn Sitzen kann ich mir in absehbarer Zeit aber nicht vorstellen. Wo Sonnenkraft allerdings eingesetzt werden kann, ist bei der Herstellung von Kraftstoffen. Daran wird schon gearbeitet.

Und wie schaut es mit Elektroantrieben aus – ein anderes breit diskutiertes Thema?

Henke: Bei diesem Thema macht sich im Straßenverkehr gerade eine gewisse Ernüchterung breit, denn die Reichweite der Fahrzeuge ist noch zu gering. In der Luftfahrt kann es aber ein spannendes Thema für Zwei- bis Viersitzer werden. Airbus hat bereits zusammen mit Diamond Aircraft und Siemens den weltweit ersten seriell-hybriden Motorsegler entwickelt sowie den elektrischen Zweisitzer E-Fan. Aber bis elektrische Antriebe in großen Passagierjets eingesetzt werden können, benötigen wir nicht nur eine, sondern noch mehrere Generationen



Professor Rolf Henke — Ein Vordenker der deutschen Luftfahrtbranche

Seit November 2010 verantwortet Prof. Rolf Henke im Vorstand des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt den Bereich Luftfahrt. Der studierte Luft- und Raumfahrtstechniker absolvierte eine beeindruckende Karriere in Wirtschaft und Wissenschaft. Bei Messerschmitt-Bölkow-Blohm (heute Airbus Operations GmbH) forschte er seit Mitte der 1980er Jahre insbesondere zur Laminartechnologie. Ab 1992 leitete er alle Airbus-Programme auf diesem Gebiet, ehe er 1998 die Führung des nationalen Leitkonzeptes Adaptiver Flügel (ADIF) übernahm. Ab 2000 verantwortete er die Airbus-Hochauftriebstechnologie und übernahm ab 2002 zusätzlich die Leitung der EU-Technologieplattform AWIATOR (Aircraft Wing with Advanced Technology Operation) zur Flügeltechnologieentwicklung.

2006 wechselte der Westfale als Professor an die Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule (RWTH) Aachen und übernahm dort den Lehrstuhl als Leiter des Instituts für Luft- und Raumfahrt (ILR). An der RWTH baute Henke Entwurfs-, Bewertungs- und Simulationsfähigkeiten sowie eine Anlage zu Flugzeuglärm-Feldmessungen auf. Der Professor aus Leidenschaft initiierte neue Lehrveranstaltungen im Bereich Flugzeugentwurf und Flugzeugsystemtechnik und setzt seine Lehrtätigkeit auch als DLR-Vorstand fort. Seit 2013 ist er zudem Präsident der Deutschen Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt – Lilienthal-Oberth e.V. (DGLR), die wissenschaftlich-technische Dachorganisation und das Aktions- und Informationsforum für die Luft- und Raumfahrt in Deutschland.

„Drastische Verbesserungen beim Fluglärm sind notwendig, wenn wir nicht die Akzeptanz in der Bevölkerung gefährden wollen.“

Professor Rolf Henke,
Vorstand Luftfahrt des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR)

von Batterieentwicklungen. Die Schubkraft eines GE90s, Antrieb der Boeing 777 und derzeit größtes Triebwerk der Welt, entspricht ungefähr einer Stromleistung von 70 Megawatt, und das Flugzeug soll bis zu 24 Stunden fliegen. Zum Vergleich: 70 Megawatt Leistung soll der größte privat betriebene Solarpark der USA bringen, den Apple in Arizona bauen will. Auch der Fluglärm von Elektroflugzeugen ist ein Thema, denn der Großteil des Lärms beim Triebwerk kommt vom Fan, und den bräuchte man auch mit einem Elektroantrieb.

Woran wir beim DLR arbeiten, ist der verstärkte Einsatz von Elektrizität für Bordenergiesysteme. Das so genannte More Electric Aircraft ist ein Flugzeug, in dem aus der Triebwerksenergie gewonnener elektrischer Strom als Antriebsquelle für bestimmte Subsysteme dienen soll, die heute hydraulisch oder pneumatisch funktionieren. Damit werden etwa Flügelklappen bewegt oder heiße Luft aus dem Triebwerk als Vereisungsschutz auf die Flügel gepumpt. Elektrisch betriebene Systeme sparen Energie und durch geringeres Gewicht auch Kraftstoff. Das halte ich für sehr sinnvoll.

Im DLR laufen die Fäden der deutschen Luft- und Raumfahrtforschung zusammen. Welche Themen rund um das Gesamtsystem Flugzeug beschäftigen Ihr Forschungszentrum derzeit vorrangig?

Henke: Wir beschäftigen uns mit dem gesamten Luftverkehrssystem, das sich in drei Ebenen gliedern lässt. Auf der



Lufttransportebene werden beispielsweise lärmarme Ab- und Anflugverfahren und klimaoptimierte Routen untersucht. Solche neuen Verfahren haben Auswirkungen auf die nächste, die Gesamtflugzeugebene, bei der es um das Flugzeug an sich geht, also um Entwurfsprozesse sowie die Integration von Komponenten. Daraus ergeben sich dann wiederum Anforderungen an neue Technologien, die auf der dritten, nämlich der Komponentenebene, die Entwicklung neuer Komponenten, Technologien und neuer Materialien beeinflussen. Diese Arbeiten innerhalb und zwischen den drei Ebenen machen die Gesamtsystemfähigkeit des DLR in der Luftfahrtforschung aus.

Wo und wie gibt es die größten Fortschritte in der Luftfahrtentwicklung?

Henke: Der Fortschritt liegt im Verständnis. Je besser wir beispielsweise die Entstehung von Wirbelschleppen verstehen, desto genauer können wir Start- und Landerouten oder Abstände zwischen den Flugzeugen berechnen, was wiederum zu effizienteren und umweltverträglicheren Ab- und Anflugverfahren führt. Je mehr wir über Zirruswolken wissen, die aus Kondensstreifen entstehen, desto mehr erfahren wir auch darüber, wie der Luftverkehr sich auf das Erdklima auswirkt und an welchen technischen Verbesserungen wir arbeiten müssen, um die Auswirkungen zu verringern. Und natürlich: Je besser wir Materialien und Strukturen im Triebwerk verstehen, desto mehr lässt sich das Triebwerksgewicht und damit der Kraftstoffverbrauch des Flugzeugs reduzieren.

Welche Reduktionen beim CO₂-Ausstoß, beim Kerosinverbrauch und bei der Lärmbelastung halten Sie in den kommenden Jahren für realistisch?

Henke: Die Luftfahrt war der erste Bereich, der sich vor 15 Jahren auf europäischer Ebene gemeinsame Ziele gegeben hat: „European Aeronautics – A Vision for 2020“. Das Jahr 2020 ist nicht mehr fern, und wir sind auf gutem Weg, eine ganze Reihe dieser Ziele zu erreichen. Inzwischen gibt es bereits ein Update davon, Flightpath 2050, an dem das DLR mitgearbeitet hat. Bis 2050 wollen wir eine Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs und des Kohlendioxid Ausstoßes um 75 Prozent erreichen, verglichen mit einem Flugzeug im Jahr 2000. Der Stickoxidausstoß soll um 90 Prozent sinken, der Lärm um 65 Prozent. Diese Ziele halte ich für realistisch, wenn die notwendigen Anstrengungen unternommen werden.

Kraftstoff, Abgas, Lärm: Auf welchem Gebiet muss am meisten getan werden?

Henke: Angesichts des weltweit wachsenden Luftverkehrs gibt es ein Thema, das Vorrang hat: Fluglärm. Hier sind drastische Verbesserungen notwendig, wenn wir nicht die Akzeptanz in der Bevölkerung gefährden wollen. Handlungsbedarf besteht aber auch bei einer ganzen Reihe anderer Themen. Das gilt zum Beispiel für die Bodenprozesse – von der Fahrt zum Flughafen über Passagier- und Frachtströme bis zur Instandhaltung. Ein wichtiges Thema ist auch der gesamte Produktlebenszyklus



„Große Entwicklungsschritte brauchen allerdings auch Mut und vor allem Entschlusskraft, in der Politik ebenso wie in den Unternehmen.“

Professor Rolf Henke,

Vorstand Luftfahrt des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR)

von Fluggeräten. Eins der Flightpath 2050-Ziele ist beispielsweise die Recyclingfähigkeit von Flugzeugen. Gerade bei den neuen Modellen, die zu mehr als der Hälfte aus Faserverbundmaterialien bestehen, sind wir von diesem Ziel noch weit entfernt.

Was treibt den Fortschritt in der Luftfahrt an?

Henke: Meiner Ansicht nach sind wir mit den einfachen Lösungen und schnell zu erreichenden Fortschritten durch; die niedrig hängenden Früchte haben wir alle gepflückt. Jetzt müssen wir große Lösungen finden und das auch groß angehen, beispielsweise mit ganz neuen Materialien für belastbarere Flügel oder mit einem besseren Verständnis für Belastungen und Drücke im Triebwerk zur Reduktion der Triebwerksstufen. Wir denken auch über die Resilienz des Systems Lufttransport

nach, damit dieses bei einem Teilausfall nicht vollständig zusammenbricht. Genau dies geschah beim Vulkanausbruch 2010 in Island, der bekanntermaßen den gesamten europäischen Luftverkehr lahmlegte.

Große Entwicklungsschritte brauchen allerdings auch Mut und vor allem Entschlusskraft, in der Politik ebenso wie in den Unternehmen.

Welche Rolle spielt der Forschungsstandort Deutschland in diesem Zusammenhang?

Henke: Er kann eine zentrale Rolle spielen. Das DLR ist eine der größten europäischen Forschungseinrichtungen, dessen wissenschaftliche Arbeiten interdisziplinär verbunden sind, die Voraussetzungen sind also gegeben. Es braucht nun eine enge Zusammenarbeit der Unternehmen und der Politik mit der Forschung sowie den politischen Willen, diese zentrale Rolle spielen zu wollen, um die technologische Gesamtsystemfähigkeit für die Luftfahrt zu erhalten.

Gibt es dafür überhaupt ausreichend Nachwuchskräfte?

Henke: Der Rückgang bei den Geburtenraten in Deutschland macht sich heute eher bei den Fachkräften als bei den Ingenieuren bemerkbar. An den Hochschulen haben wir derzeit noch genug Zulauf, aber das kann sich ebenfalls ändern. Die Unternehmen sind hier gefragt, beispielsweise bei Konzepten für lebenslanges Lernen. Schon heute gehen wir nicht mehr nach Ausbildung oder Studium in einen Beruf, den wir dann die nächsten 40 Jahre ausüben.

Ein großes Problem sehe ich bei der Erfahrung. In meiner Zeit bei Airbus habe ich die Endphase der Entwicklung der A320 mitbekommen, dann die Arbeit an der A330 und A340, die A380 und schließlich den Beginn des A350-Programms. Diese jüngste Neuentwicklung von Airbus ist nun auch schon im Liniendienst. Wenn Airbus in fünf oder zehn Jahren mit der Entwicklung eines komplett neuen Flugzeugs beginnt, kommen möglicherweise Mitarbeiter zum Einsatz, die das noch nie gemacht haben, obwohl sie schon seit 20 Jahren im Beruf sind.

Braucht es auch weiterhin einen so langen Atem, um neue Technologien zu entwickeln und damit Geld zu verdienen?

Henke: Ja, die Entwicklungszeit bei Fluggeräten wird im Vergleich zu anderen Branchen immer relativ lang sein. Bis zur Indienststellung eines neuen Triebwerks oder Flugzeugs sind etwa zehn Jahre Vorentwicklung und fünf Jahre bis zur Prototypenreife nötig, davon ein bis zwei Jahre Flugprobung. In dieser Zeit werden Milliarden Euro vorfinanziert, die sich

aufgrund der relativ geringen Stückzahlen erst nach einigen Jahren amortisieren. Diese Investitionen sind jedoch sehr lohnenswert, wie man an den Auftragsbüchern der Hersteller erkennt, die auf Jahre hinaus gefüllt sind. Trotzdem gibt es Forschungsanstrengungen, um die Entwicklungszeiten und damit die notwendigen Investitionen zu reduzieren, beispielsweise das „virtuelle Produkt“, zu dem am DLR geforscht wird.

Welchen Einfluss haben Fortschritte in der Raumfahrt auf die zivile Luftfahrt?

Henke: Sie haben einen hohen Einfluss, denken Sie nur an das Apollo-Programm, bei dem Ingenieure und Techniker zum ersten Mal ein konzertiertes Projektmanagement eingeführt haben. Oder die Satellitenunterstützung für den Luftverkehrsbetrieb. Eines sehr fernen Tages werden unsere Nachkommen vielleicht in Hyperschallflugzeugen fliegen, so dass Luft- und Raumfahrt miteinander verbunden sein werden. Beim DLR arbeiten Luftfahrt- und Raumfahrtforschung häufig Hand in Hand.

Sie sprechen selbst vom Hyperschallflugzeug. Wie wird sich das Fliegen in der zweiten Jahrhunderthälfte generell verändern?

Henke: Es wird hoffentlich leiser, komfortabler und nachhaltiger sein. Zunehmend dürften auch unbemannte Systeme, etwa im Lufttransport, zum Einsatz kommen. Die meisten Entwicklungen werden auf absehbare Zeit jedoch evolutionär sein, nicht revolutionär. Ich sehe derzeit beispielsweise kein Überschallflugzeug, mit dem man an einem Tag von Europa nach Amerika und wieder zurück fliegen könnte, es sei denn, die neuen „Milliardäre“, also Mega-Unternehmen wie Google oder Alibaba, würden ein solches Flugzeug einfordern.

Und was ändert sich für mich als Passagier in den kommenden 40 Jahren?

Henke: Wenn ich zurückblicke auf meinen ersten Flug im Jahr 1970, hat sich aus der Sicht eines Passagiers gar nicht so viel verändert. Die Flugzeuge sind leiser, die Kabinen komfortabler, aber von den großen technischen Entwicklungen der letzten Jahre beim Kraftstoffverbrauch, Lärm oder bei der Wartung bekommt man an Bord ja eher wenig mit. Was sich aber verbessern kann, sind die Bodenprozesse, denken Sie nur an die derzeit zeitraubenden Sicherheitskontrollen. Auch bei der Vernetzung der Fortbewegungsmittel, also etwa von der Straße auf die Schiene zum Flieger, gibt es noch großes Verbesserungspotenzial. Da braucht es pfiffige Lösungen. Und Mut und Entschlusskraft, um sie umzusetzen.



Das Deutsche Zentrum
für Luft- und Raumfahrt (DLR)

- Rund 8.000 Mitarbeiter arbeiten am Hauptsitz Köln und 15 weiteren deutschen Standorten. Dazu gehören zwei eigene Flugbetriebe in Braunschweig und Oberpfaffenhofen bei München.
- Büros in Brüssel, Paris, Tokio und Washington, D. C. koordinieren die Zusammenarbeit mit internationalen Partnern.
- 32 DLR-Institute entwickeln in zahlreichen Projekten zur Zukunft der Luft- und Raumfahrt umweltverträgliche Technologien für Energieversorgung, Mobilität, Kommunikation und Sicherheit.
- Das DLR betreibt die größte zivile Flotte von Forschungsflugzeugen und -hubschraubern in Europa – von der A320ATRA bis zur Cessna 208B, darunter auch ein ausschließlich mit Brennstoffzellen angetriebenes Flugzeug.
- Zu den Aufgaben des DLR gehört auch die Koordination und Umsetzung der deutschen Raumfahrtaktivitäten, beispielsweise Beteiligungen an internationalen Missionen.
- Erste Vorgängergesellschaft war die Modellversuchsanstalt für Aerodynamik der Motorluftschiff-Studiengesellschaft in Göttingen, gegründet 1907.
- 1969 wurde in der Deutschen Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DFVLR) die stark zersplitterte deutsche Luft- und Raumfahrtforschung gebündelt.
- 1997 ist die DFVLR mit der Deutschen Agentur für Raumfahrtangelegenheiten (DARA) zum Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) fusioniert.



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



Mehr zum Thema: www.aeroreport.de



Autorin:
Eleonore Fähling ist Chefredakteurin des AEROREPORT und seit mehr als 15 Jahren verantwortlich für die MTU-Mitarbeiterzeitung. Davor war sie PR-Journalistin für technische Themen und im Lektorat eines Sachbuchverlags tätig.



Rotor-Prüfung

Mit dem Erreger-Rig ermittelt die Abteilung für Bauteilerprobung bei der MTU Aero Engines in München das Schwingungsverhalten von Verdichter- und Turbinenschaufeln lange vor dem Erstlauf des kompletten Triebwerks.

Autor: Achim Figgen

Ein Jet-Triebwerk ist eigentlich recht simpel aufgebaut. Vorne wird Luft angesaugt, die anschließend komprimiert und mit Kerosin vermischt wird. Das Gemisch wird gezündet, und die Verbrennungsgase schieben das Flugzeug nach vorne. Natürlich ist

das Ganze in Wirklichkeit viel komplexer, beispielsweise weil ein Großteil der verdichteten Luft gar nicht durch die Brennkammer, sondern außen am Kerntriebwerk vorbei strömt und den Schub erzeugt.



ERREGER-RIG IM EINSATZ

- 01 — Erreger-Rig auf dem Schleuderprüfstand der MTU.
 02 — Auf dem Erreger-Rig läuft ein einzelner Rotor (hier ein Beispielfoto), um das Schwingungsverhalten an den Schaufeln zu untersuchen.

Im Inneren des Triebwerks führen die hohen Drehzahlen zu beträchtlichen Belastungen der rotierenden Komponenten in Verdichter und Turbine. Um die Schwingbeanspruchung vor allem an der Verbindungsstelle zwischen Scheibe und Schaufel gering zu halten, besteht eine wichtige Konstruktionsaufgabe für die Entwicklungsingenieure darin, sicherzustellen, dass im Betriebsbereich, also bei den üblicherweise auftretenden Drehzahlen, möglichst keine Eigenfrequenz der Schaufeln liegt. Wenn das konstruktiv nicht möglich ist, kommen unter anderem Dämpfer zum Einsatz, die zwischen Schaufelfuß und Scheibe installiert werden und im Resonanzfall über Reibung Schwingungsenergie abbauen.

Deren Wirksamkeit lässt sich allerdings mit den klassischen Untersuchungen auf Komponentenebene nicht verifizieren, etwa auf einem Schleuderprüfstand. Damit kann man nur die Fliehkraftbelas-

tung, die auf den Rotor und damit auf die Schaufeln wirkt, ermitteln, jedoch keine Schwingungen simulieren. Beim sogenannten „Shaker-Test“ wiederum werden einzelne Schaufeln in einen Schwingerreger gespannt und zum Vibrieren gebracht, aber eben ohne die gleichzeitige Einwirkung von Fliehkraften. In der Vergangenheit ließ sich die Wirkung der Dämpfer deshalb nur mit Testläufen des kompletten Triebwerks nachweisen. Dadurch sind Bauweisenvariationen und lang dauernde Verschleißuntersuchungen extrem zeit- und kostenintensiv.

Bei der MTU Aero Engines in München hat man vor rund fünf Jahren eine Lösung für dieses Dilemma gefunden: das „Erreger-Rig“. In dieser Testvorrichtung, so erläutert Dr. Ulrich Retze aus der Abteilung für Bauteilerprobung, wird ein einzelner Rotor in Drehbewegung versetzt; gleichzeitig werden durch Einblasen von Luft Kräfte auf die Schaufeln aufgebracht,

deren Stärke und Frequenz so eingestellt werden können, dass die Schwingungen an den Schaufeln denen in einem echten Triebwerk entsprechen. So können nun bereits in einem frühen Stadium der Entwicklung und ohne großen Umbauaufwand unterschiedliche Dämpfer getestet sowie Vergleiche mit einem nicht gedämpften System angestellt werden.

Das Erreger-Rig besteht im Wesentlichen aus dem existierenden Schleuderprüfstand, der neben der Luftenblasung um zusätzliche Funktionalitäten erweitert wurde. Für Erfassung und Auswertung der Schwingungen kann auf bestehende Mittel zurückgegriffen werden. Eine zentrale Rolle kommt dabei dem von der MTU in Eigenregie entwickelten „Berührungslosen Schaufel-Schwingungs-Messsystem“ (BSSM) zu, das auch bei Versuchen mit kompletten Triebwerken Verwendung findet. Vereinfacht ausgedrückt werden dabei die Zeitpunkte gemessen, an denen

eine Schaufelspitze an einem bestimmten Punkt vorbeikommt. Aus den Unterschieden in den Zeitabständen lassen sich rechnerisch Rückschlüsse auf das Schwingungsverhalten ziehen.


Angesichts der offensichtlichen Vorzüge der neuen Methode verwundert es nicht, dass potenzielle Nutzer schon Schlange standen, noch bevor die Entwicklung des Erreger-Rigs vollständig abgeschlossen war. Den Anfang machte ein Auftrag der MTU Maintenance, die ein neues Reparaturverfahren für den Hochdruckverdichter des V2500-Triebwerks entwickelt hatte und dringend auf Informationen über das Verschleiß- und Dämpfungsverhalten verschiedener Dämpfungsdraht-Konfigurationen angewiesen war.


In der Folge konnte sich der Teststand auch bei der Entwicklung neuer Antriebe bewähren – und zwar bei der Erprobung der Niederdruckturbine der Getriebefan-Familie PW1000G von Pratt & Whitney. Die Versionen PW1500G (für Bombardiers CSeries) und PW1100G-JM (für die A320neo-Familie von Airbus) befinden sich

bereits in der Flugerprobung, der Erstflug des Mitsubishi Regional Jet MRJ90 (mit PW1200G-Triebwerken) steht unmittelbar bevor.

Für Forschungsvorhaben wurde das Erreger-Rig ebenfalls bereits genutzt. Im Rahmen des europäischen „Clean Sky“-Programms (siehe unten) wird unter anderem an der Weiterentwicklung der Getriebefan-Technologie gearbeitet, und hier hat die MTU eine eigene Neuentwicklung im Bereich der Niederdruckturbine schon vor dem ersten Testlauf des Demonstrator-Triebwerks auf dem Rig untersucht.

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

 Mehr zum Thema: www.aeroreport.de

 Autor:
Achim Figgen ist Diplom-Ingenieur der Fachrichtung Luft- und Raumfahrttechnik und stellvertretender Chefredakteur des Luftfahrtmagazins Aero International. Er hat bereits mehrere Bücher über Luftfahrtthemen verfasst.

Clean Sky und Clean Sky 2

Bei „Clean Sky“ handelt es sich um das umfangreichste jemals in Europa aufgelegte Forschungsprogramm zur Entwicklung neuer Technologien, die die Umweltverträglichkeit des Luftverkehrs verbessern. Teil des 2008 gestarteten Vorhabens, das noch bis 2017 läuft, sind unter anderem sechs sogenannte integrierte Technologiedemonstratoren (ITD). Im Rahmen des ITD SAGE (Sustainable and Green Engines) werden wiederum fünf Triebwerksdemonstratoren für unterschiedliche Leistungsklassen und Marktsegmente gebaut und getestet, wobei MTU Aero Engines für denjenigen verantwortlich ist, mit dem eine weiterentwickelte Getriebefan-Technologie validiert werden soll.

Mit „Clean Sky 2“ wurde 2014 bereits das Nachfolgeprogramm gestartet, das 2024 abgeschlossen sein soll und an dem sich die MTU Aero Engines als eines von 16 Lead-Unternehmen der Luftfahrtbranche beteiligt.

- Schwerpunkt der MTU-Aktivitäten ist eine weitere Optimierung der Niederdruckturbine und des Hochdruckverdichters.
- Kernthemen dabei sind die Entwicklung leichter und temperaturbeständiger Werkstoffe sowie eine Verbesserung der Aerodynamik.
- Komponenten wie Verdichter und Turbine werden nicht mehr allein für sich betrachtet, sondern als integraler Teil des Triebwerks.

600

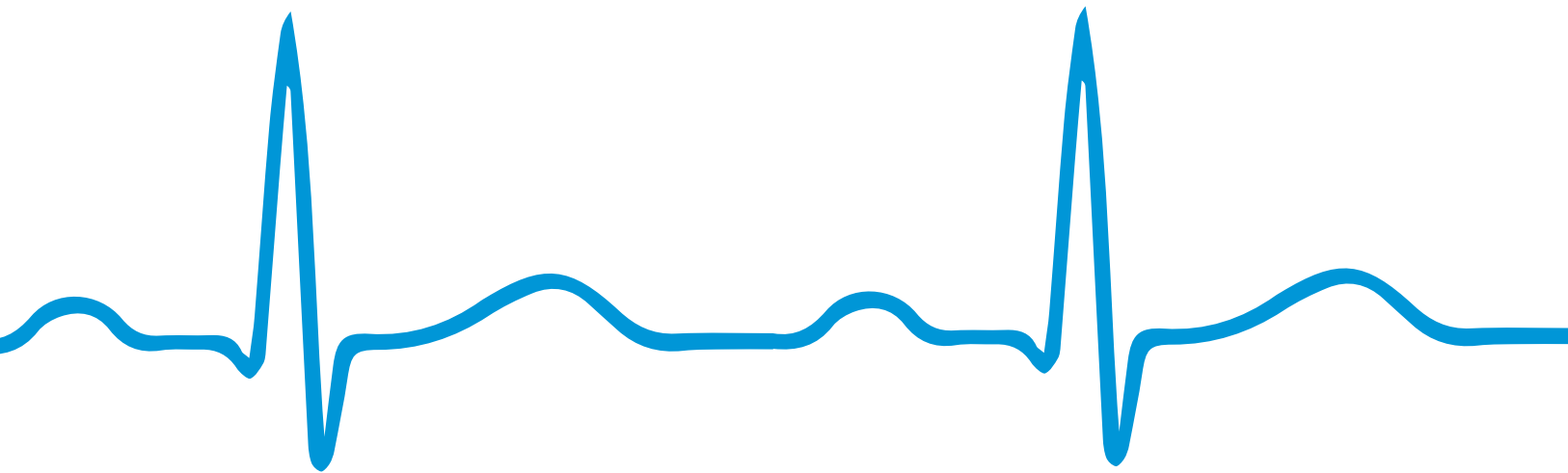
Unternehmen und Institute entwickeln bei Clean Sky, dem bislang größten europäischen Luftfahrtforschungsprogramm, gemeinsam technologische Verbesserungen für die Luftfahrt.

2014

wurde bereits das Nachfolgeprogramm „Clean Sky 2“ gestartet, das bis 2024 laufen soll und an dem sich die MTU Aero Engines als eines von 16 Lead-Unternehmen beteiligt.

5

Triebwerksdemonstratoren für unterschiedliche Leistungsklassen und Marktsegmente werden im Rahmen des Clean Sky-Projekts SAGE (Sustainable and Green Aero Engines) aufgebaut und getestet. Die MTU Aero Engines verantwortet einen davon. Sein Erstlauf ist für die zweite Hälfte 2015 geplant.

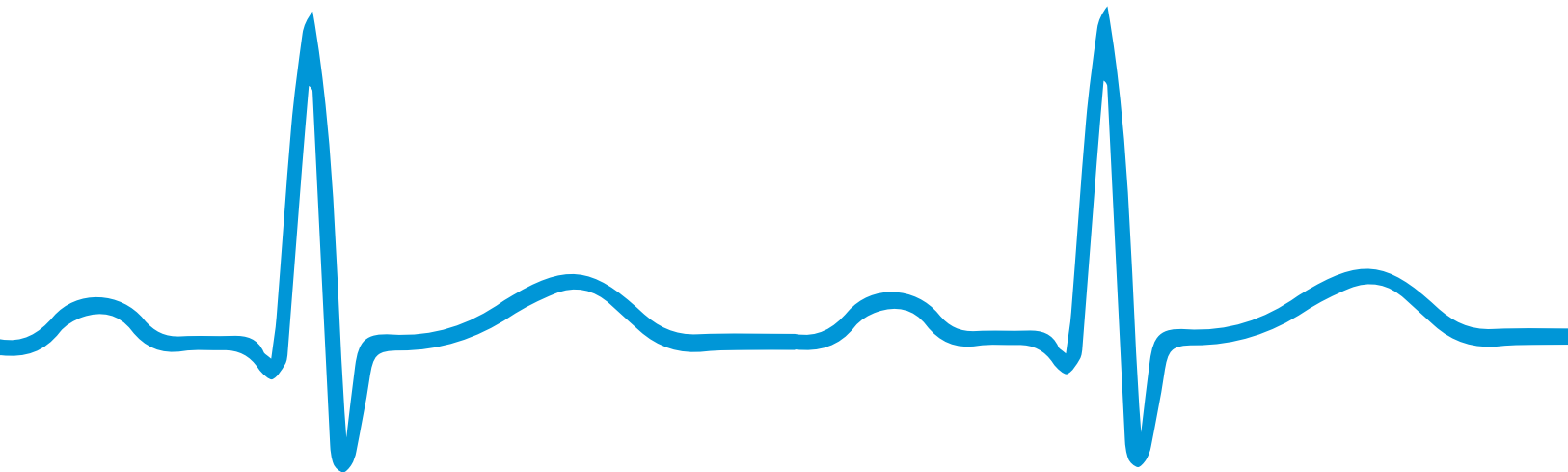


Nicht umsonst gilt der Verdichter als Herz eines Triebwerks. Mit ihm steht und fällt das Leistungsvermögen jedes Strahlantriebs. Aber auch effiziente Turbinen sind unerlässlich. In beiden Bereichen hat MTU Aero Engines in den letzten vier Jahrzehnten umfangreiches Know-how gesammelt.

Herz und Muskeln

*45 Jahre Turbinen- und Verdichter-Entwicklung
bei der MTU Aero Engines.*

Autor: Patrick Hoeveler

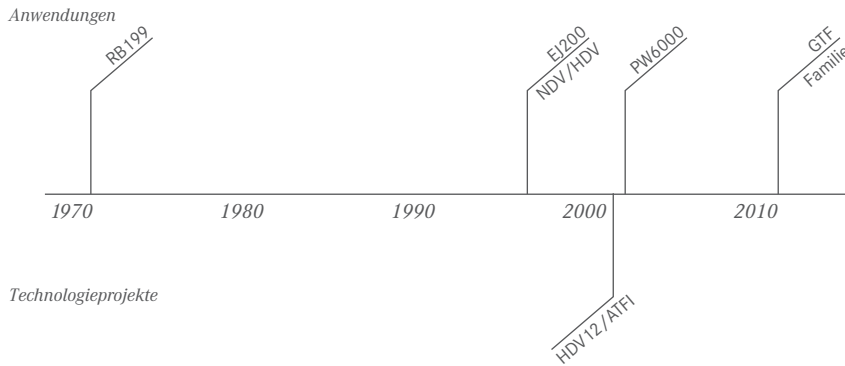


Startschuss war die Entwicklung des Antriebs des Panavia Tornado. „Das RB199 bedeutete den Aufbau unserer Auslegungskompetenz im Bereich Verdichter“, sagt Dr. Stefan Weber, Leiter Technologie und Vorauslegung bei der MTU Aero Engines. Innerhalb des Turbo-Union-Konsortiums hatte das deutsche Unternehmen die Verantwortung für Mittel- und Hochdruckverdichter und verließ damit den Bereich der reinen Lizenzfertigung. „Der Verdichter des RB199 besaß ein anspruchsvolles Missionspektrum und bescherte uns einen konkreten Aufbau an Erfahrung in allen Bereichen: Aerodynamik, Konstruktion, Auslegung

und Design. Die MTU Aero Engines konnte in diesem Zusammenhang viele Verdichtertests durchführen, aus denen sich Ableitungen und Erkenntnisse ergaben, die bis heute ihre Gültigkeit bewahrt haben.“

Dem Jagdbomber-Triebwerk folgten auf der militärischen Seite das Eurojet EJ200 des Eurofighters und das Europrop TP400-D6 für die Airbus A400M. Beim EJ200 kamen verbesserte 3D-Auslegungsverfahren im Bereich der Aerodynamik sowie integral gefertigte Schaufel-Scheiben-Kombinationen (Blisks)

45 JAHRE ERFAHRUNG IN DER AUSLEGUNG VON VERDICHTERN

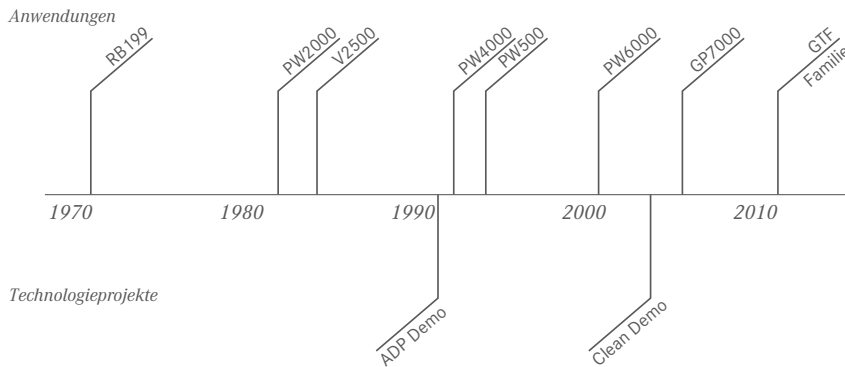


Seit 1970 kann die MTU auf 45 Jahre Erfahrung in der Entwicklung und Auslegung von Verdichtern und Turbinen zurückblicken. Anfangs standen militärische Programme im Vordergrund, seit Anfang der 1980er Jahre immer mehr zivile Programme.

In der Verdichtertechnologie war die MTU bis heute an rund 20 Technologieverdichtern beteiligt. Mit dem Hochdruckverdichter für das PW6000 gelang der Einstieg in zivile Anwendungen. Dessen gemeinsame Weiterentwicklung mit Pratt & Whitney führte zum Verdichter für die Getriebefan-Antriebsfamilie.

In der Turbinentechnologie beschäftigt sich die MTU seit den frühen 2000er Jahren intensiv mit der Entwicklung der schnelllaufenden Niederdruckturbinen, die in der Getriebefan-Antriebsfamilie erstmals zum Einsatz kommt.

45 JAHRE ERFAHRUNG IN DER AUSLEGUNG VON KONVENTIONELLEN & SCHNELLLAUFENDEN TURBINEN



zum Einsatz, die für eine höhere Leistungsdichte sorgten. Mit diesen Erfahrungen stiegen die Ingenieure in die Auslegung ziviler Antriebe ein. Hier erwiesen sich das Technologieprogramm HDV12, das die Grundlage für den Einstieg in das PW6000 von Pratt & Whitney legte, und der zusammen mit Pratt & Whitney Canada erprobte Getriebefan-Demonstrator ATFI (Advanced Technology Fan Integrator) als wertvoll. Sie sorgten für eine weitere Verbesserung der computergestützten Auslegungsverfahren und ermöglichten so die Beteiligung an der erfolgreichen PurePower®-Familie von Pratt & Whitney. „Wir haben in der Verdichter-Entwicklung seit 1970 mit dem EJ200 im Vergleich zum RB199 den Wirkungsgrad ungefähr um ein Prozent erhöht und heute in den GTF-Programmen in enger Zusammenarbeit mit Pratt & Whitney noch einmal eine Steigerung von zwei Prozent erreicht“, erläutert Weber. Dies klingt zunächst nicht besonders eindrucksvoll, doch im Triebwerksbau sind es Welten.

Auch im Bereich der Turbinen markierte das RB199 den Beginn der MTU-Entwicklungstätigkeit auf diesem Gebiet. Die Münchner trugen die Verantwortung für die Mitteldruckturbine mit einem gekühlten Leitrad. Im Gegensatz zu den Verdichtern erfolgte der Einstieg in die zivile Welt bei den Turbinen relativ schnell: Der Niederdruckturbinen des PW2000 folgten unter anderem Turbinen für den Bestseller V2500 für die Airbus A320-Familie und das GP7000 für die Airbus A380. Auch hier sorgten ständig verbesserte Auslegungsverfahren für höhere Wirkungsgrade bei niedrigerem Gewicht und verringertem Lärm. In der Technologie-Entwicklung beschäftigten sich die MTU-Konstrukteure bereits seit den frühen 2000er Jahren mit einer schnelllaufenden Niederdruckturbinen. Bei den Technologie-Demonstratoren ADP (Advanced Ducted Propfan) und ATFI wurden Getriebe eingesetzt, um die Drehzahlen der Komponenten zu optimieren. „Damit konnte die Niederdruckwelle mit unserer Turbinen gegenüber dem Fan schneller drehen. Das





PRODUKTION VON VERDICHTER- UND TURBINENTEILEN BEI DER MTU:

- 01** — Polierarbeiten am Hochdruckverdichter.
- 02** — Montage der GP7000-Niederdruckturbine.
- 03** — Inspektion einer V2500-Niederdruckturbine.
- 04** — Hochdruckverdichter-Projekt HDV12, Grundlage für die MTU-Beteiligung am Hochdruckverdichter der GTF-Familie.
- 05** — Messen an einem Gehäuse der Niederdruckturbine des Getriebefans PW1100G-JM.



fürte zu einer deutlichen Reduzierung von Stufenzahl, Gewicht und Lärm in der Turbine. Notwendig in diesem Kontext ist unter anderem die Beherrschung der Auslegung der Laufschaufeln und der sie tragenden Scheiben unter den hohen Fliehkräften“, erklärt Weber. Eine Rolle spielt dabei auch das zusammen mit Pratt & Whitney und Partnern aus der Forschung entwickelte, extrem leichte Intermetall Titanaluminid, das erstmals in der schnelllaufenden Niederdruckturbine des PW1100G-JM für die A320neo zum Einsatz kommt.

Die im Rahmen des Clean-Technologieprogramms erprobte Turbine bewies, dass diese Herausforderungen zu meistern sind. Ein weiterer Beleg war die Flugerprobung des Getriebefan-Demonstrator-Triebwerks. „Unsere kontinuierliche Technologieentwicklung im Rahmen der schnelllaufenden Turbine war ein wesentlicher Grund, dass dieses Triebwerk gebaut werden konnte und sich die GTF-Familie, unser heutiges Zukunftsprogramm,

erfolgreich am Markt etablierte. In der Rückschau haben wir im Schnitt pro Jahr ungefähr ein Zehntel Wirkungsgradverbesserung erzielt und damit anerkanntermaßen eine internationale Spitzenposition erreicht.“ Ermöglicht wurde das auch durch die Teilnahme der MTU Aero Engines an den deutschen Luftfahrtforschungsprogrammen (siehe Seite 48). Das letzte Kapitel ist noch nicht geschrieben: Die Spezialisten arbeiten ständig an Verbesserungen, um Kosten, Verbrauch und Emissionen weiter zu senken.



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



Mehr zum Thema: www.aeroreport.de



Autor:
Patrick Hoeverler ist seit rund 15 Jahren als Redakteur bei dem Luft- und Raumfahrtmagazin FLUG REVUE tätig und dort unter anderem für die Rubriken Triebwerke, Regionalluftfahrt und Historie zuständig.

Riese auf dem Prüfstand

Das A380-Triebwerk absolviert Dauerlauftests

Die Entwicklung eines Triebwerks ist mit seiner Indienststellung nicht abgeschlossen. Neue Materialien werden industrialisiert, neue Beschichtungen entwickelt oder kleinere Designänderungen



umgesetzt. Dies ist auch Hintergrund der aktuell bei der MTU Aero Engines laufenden Dauerlauftests des A380-Triebwerks GP7000.

Deren Eckdaten sind eindrucksvoll:

630 Stunden

Insgesamt läuft das Triebwerk 630 Stunden. Das entspricht etwa 70 Langstreckenflügen von Frankfurt nach New York.

1,4 Tonnen Luft pro Sekunde

In jeder Sekunde saugt das Testtriebwerk dabei bis zu 1,4 Tonnen Luft an. Dies entspricht knapp 1.170 Kubikmetern, was in etwa das Äquivalent ist zum Inhalt eines zwei Meter tiefen Schwimmbeckens mit Seitenlängen von 20 auf 30 Metern.

950°C

Die Abgastemperatur am Turbinenausstrittsgehäuse steigt bei den Tests auf bis zu 950°C – etwa dem Schmelzpunkt von Silber.

MTU Aero Engines in Zahlen

Werte aus der Unternehmensbilanz 2014

4,2 Milliarden Euro ist die MTU an der Börse bei einem Aktienkurs von rund 80 Euro wert.

11 Milliarden Euro betrug der Gesamt-Auftragsbestand der MTU Ende 2014. Das entspricht einer Auslastung von rund drei Jahren.

6,2 Prozent beträgt die Gewinnwachstumsrate der MTU 2014.

250 bis 300 Millionen Euro zusätzlichen Umsatz für die MTU bringt eine Aufwertung des US-Dollars um 10 Cent gegenüber dem Euro, da das Unternehmen den Großteil seines Umsatzes in Dollar erwirtschaftet.

5,9 Prozent beträgt die Wachstumsrate 2014 des weltweiten Luftverkehrs (IATA).

Zeitreise

Fakten rund um die Paris Air Show – die größte internationale Luftfahrtschau 2015



Quelle: Christophe Verrier

1909 ____ Erste „internationale Ausstellung der Fortbewegung in der Luft“ (Exposition internationale de locomotion aérienne) im Grand Palais in Paris. 100.000 Besucher bewundern vom 15. September bis 17. Oktober Innovationen der Luftfahrt von 380 Ausstellern.

1953 ____ Der „Pariser Aerosalon“ (Salon International de l’Aéronautique) bekommt seinen festen Platz am Flughafen Le Bourget nordöstlich von Paris, wo 1927 Charles Lindbergh nach seiner Atlantiküberquerung gelandet war. Die charakteristische „Ronde“, das zentrale Ausstellungsgebäude mit einem gigantischen halbrunden Tor, das zum Rollfeld hin geöffnet werden kann, wird errichtet. Der Dassault-Cheftestpilot Constantin „Kostia“ Rozanoff durchbricht bei der Flugshow mit einer Mystère IV erstmals öffentlich die Schallmauer.

1973 ____ Mit der französisch-britischen Concorde und der russischen Tupolew T-144 sind die ersten beiden kommerziellen Überschall-Passagierjets auf der Pariser Luftfahrtschau zu bewundern.

2005 ____ Die Airbus A380 gibt ihr Debüt in Paris.

2013 ____ Die fünfzigste Paris Air Show. 315.000 Besucher sehen Neues und Bewährtes aus Luft- und Raumfahrt bei 2.215 Ausstellern aus 44 Ländern.

Airport-Charts

Die zehn größten zivilen Flughäfen der Welt nach Passagierzahlen 2014

96,2 Mio

Atlanta Hartsfield
+1,9%

86,1 Mio

Beijing Capital
+2,9%

73,4 Mio

London Heathrow
+1,4%

72,8 Mio

Tokyo International
+5,7%

70,7 Mio

Los Angeles Int.
+6%

70,5 Mio

Dubai International
+6,1%

70,0 Mio

Chicago O’Hare
+4,8%

63,8 Mio

Paris CDG
+2,8%

63,6 Mio

Dallas/Fort Worth
+5,1%

63,1 Mio

Hong Kong Int.
+5,9%

20 Jahre Luftfahrt- forschungsprogramm

*Deutsche Bundesregierung unterstützt seit 1995 Forschungs-
und Technologievorhaben für die zivile Luftfahrt*

Mit seinen inzwischen fünf Luftfahrtforschungsprogrammen (LuFo) unterstützt das Bundeswirtschaftsministerium die Arbeit an Forschungs- und Entwicklungsprojekten für zivile Luftfahrt in industriegeführten Arbeitsgemeinschaften mit Hochschulen und Instituten.

LuFo I und II (1995–1998 und 1999–2002) Die ersten beiden Programme hatten Entwicklungen für künftige Großraumflugzeuge und Narrowbodies im Fokus.

LuFo III (2003–2007) Der inhaltliche Rahmen wurde ausgedehnt auf Innovationsbedarfe von Airlines und Flughäfen. Die MTU Aero Engines beteiligte sich unter anderem

mit dem Technologieprogramm ATFI (Advanced Turbofan Integrator).

LuFo IV (2007–2015) Die MTU Aero Engines untersucht bei ihren LuFo-IV-Projekten neue Technologien für Verdichter und Turbinen sowie Fertigungsverfahren und neue Werkstoffe.

LuFo V (2014–2020) Ziel des fünften Förderprogramms ist ein „Lufttransportsystem der Zukunft“. Dazu gehören auch IT-Systeme, Automatisierung in der Industrie und Nachwuchsförderung. Schwerpunkte der MTU-Projekte werden Technologien für die nächste Generation von Getriebefan-Triebwerken sein.

GEWINNSPIEL

Ihr Luftfahrtwissen zahlt sich aus

Beantworten Sie unsere Rätselfrage und gewinnen Sie:

Wie viele Modelle hat der Flugzeughersteller McDonnell Douglas seit 1934 entwickelt und hergestellt?

Tipp: Sie finden die Lösung in einem Bild in dieser Ausgabe.

Unter allen richtigen Einsendungen verlosen wir
10 MTU Aero Engines Powerbanks.

Senden Sie Ihre Lösung an aeroreport@mtu.de.
Absenderadresse bitte nicht vergessen.

Der Rechtsweg ist ausgeschlossen. Einsendeschluss ist am 31. Juli 2015.



AEROREPORT 01|15

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

Herausgeber

MTU Aero Engines AG
Eckhard Zanger
Leiter Unternehmenskommunikation
und Public Affairs

Redaktionsleitung

Dongyun Yang

Chefredaktion

Eleonore Fähling

Printumsetzung

Antje Endter

Onlineumsetzung

Patricia Hebling

Anschrift

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

Autoren

Eleonore Fähling, Achim Figgen,
Nicole Geffert, Silke Hansen,
Patrick Hoeweler, Larissa Klaus,
Thorsten Rienh, Andreas Spaeth,
Martina Vollmuth

Konzept/Layout

SPARKS ADVERTISING Werbeagentur GmbH, München

Bildnachweis

- 2 Bombardier; MTU Aero Engines
- 3 MTU Aero Engines
- 6_7 Philippe Stroppa; MTU Aero Engines;
Honda Foundation, Bombardier
- 8_15 Shutterstock; sinopictures; Boeing;
MTU Aero Engines
- 22_27 Andreas Spaeth; Andrei Bezmylov;
Claus Witte; Michal Wallo; Olmo Müller
- 28_31 Shutterstock; MTU Aero Engines;
Solaseed
- 32_37 MTU Aero Engines
- 38_41 MTU Aero Engines
- 42_45 MTU Aero Engines
- 46 MTU Aero Engines
- 47 Christophe Verrier
- 48 MTU Aero Engines
- 49 MTU Aero Engines

Druck

EBERL PRINT GmbH, Immenstadt

Online

ADVERMA Markenkommunikation,
Advertising und Marketing GmbH, Rohrbach

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

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



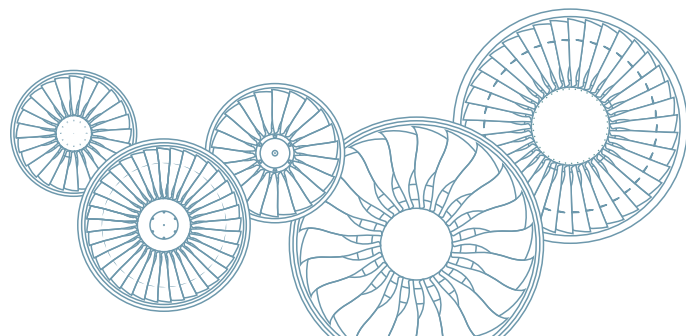
When it matters most:
AOG +49 171 43 14333

Thrust solutions

With decades of experience in engine maintenance and leasing, MTU Maintenance Lease Services B.V., a joint venture with Sumitomo Corporation, offers a wide range of integrated engine leasing options – globally. From instant power, through to alternatives aimed at reducing the burden of asset ownership; our prompt and customized solutions ensure you receive the maximum benefit – whatever your needs are.

www.mtu.de

Contact us at:
services@mtu-lease-services.com





AEROREPORT

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