

AEROREPORT 01|20

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

Digitalisierung mit vollem Schub

Sechs Projekte – sechs Gesichter



INNOVATION

Masse wäre Klasse – synthetische Kraftstoffe

INNOVATION

Smart Factory in der Luftfahrt: Komplizierter, aber lohnend

AVIATION

Im Dreamliner zum Südseeraum – Air Tahiti Nui



Die digitale Transformation managen.

Falk Hinderberger ist Digital Transformation Manager bei der MTU Aero Engines. Er verknüpft die analoge Welt mit der digitalen.

Effizienz steigern mit Multiphysiksimulationen.

Fritz Hoffmeister entwickelt ein Multiphysik-Simulationsmodell, um ein kompliziertes Verfahren zur elektrochemischen Fertigung von Triebwerkschaufeln erstmals komplett digital abbilden zu können.

Meterlange Mathematik-Funktionen.

Dr. Urška Zore programmiert den MTU-Triebwerksentwicklern jene 3D-Tools, die sie für das Design von noch sparsameren und noch leiseren Triebwerken benötigen.

Werkzeugverschleiß vorhersagen.

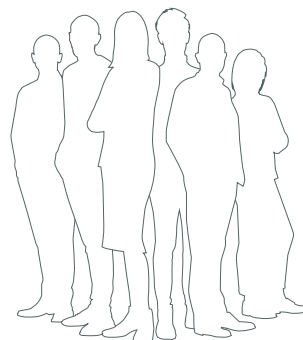
Pere Massanés Padró arbeitet an einem Simulationsmodell, mit dem sich Werkzeugverschleiß en detail prognostizieren lässt.

Data Scientist für die Luftfahrt von Morgen.

Er wertet aus, entschlüsselt, verknüpft. Datenwissenschaftler Dr. Oliver Arnold managt die Schnittstelle zwischen Informationstechnologie und Fertigungstechnologie.

Interdisziplinäres Koordinatensystem.

Dr. Anna Wawrzinek arbeitet an einer gemeinsamen Software für die unterschiedlichen Disziplinen der Triebwerksentwicklung.



Den ganzen Artikel „**Digitalisierung mit vollem Schub**“ lesen Sie auf den Seiten 6 - 19.



COVER STORY

Digitalisierung mit vollem Schub

Die MTU fliegt bei der Digitalisierung nicht nur am Puls der Zeit – mit innovativen Ansätzen und neuen Anwendungen gestaltet sie den Wandel ganz konkret mit. Sechs Projekte, die schon weit fortgeschritten sind.

Seite 6



INNOVATION

Masse wäre klasse

Mit Power-to-Liquid- und Sun-to-Liquid-Kraftstoffen kann die Luftfahrt ihre ambitionierten Klimaziele erreichen. Um aber möglichst schnell auf relevante Produktionsmengen zu kommen, muss der Infrastrukturaufbau am besten noch heute beginnen.

Seite 20



INNOVATION

Zukunft im Anflug

Mehr als 100 Unternehmen weltweit arbeiten aktuell an Flugtaxis. Die Konzepte unterscheiden sich in den geplanten Einsatzszenarien und ihren technischen Details erheblich. Der **AEROREPORT** stellt exemplarisch sechs verschiedene Ansätze vor.

Seite 28

CONTENTS

COVER STORY

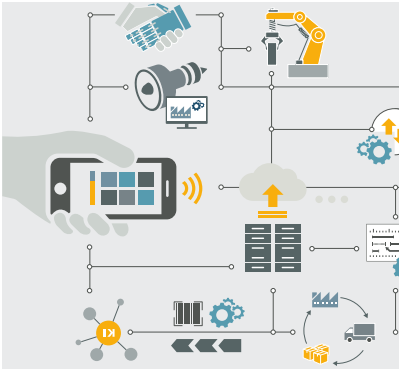
6 **Digitalisierung mit vollem Schub** Mit innovativen Ansätzen ist die MTU bei der Digitalisierung ganz vorne mit dabei

INNOVATION

- 20 **Masse wäre klasse** Nahezu CO₂-neutral: Kerosin aus erneuerbarer Energie
- 24 **„Wir beschleunigen Innovationen“** Im „Inno Lab“ sucht die MTU nach Trends und generiert Ideen
- 28 **Zukunft im Anflug** Flugtaxis: Welche unterschiedlichen Konzepte sind im Anflug?
- 36 **Im Hürdenlauf zur Smart Factory** Smart Factory in der Luftfahrt: Komplizierter, aber lohnend

AVIATION

- 40 **Mit 300 km/h auf Konfrontationskurs** Vogelschlag – Strategien gegen den Crash
- 44 **Im Dreamliner zum Südsee-Traum** 118 Inseln mitten im endlosen Südpazifik, das ist Französisch-Polynesien
- 50 **Fliegen mit Stil** JetBlue Airways treibt die Preise nach unten, bietet Kunden dennoch viele Annehmlichkeiten
- 54 **Anflüge dichter staffeln** Vor Landebahnen installierte Platten lassen gefährliche Wirbelschleppen von vorausfliegenden Flugzeugen deutlich schneller zerfallen

**INNOVATION**

Im Hürdenlauf zur Smart Factory

Die Smart Factory verspricht höhere Stückzahlen bei steigender Qualität und sinkenden Kosten. Die Luftfahrtbranche muss aber zusätzliche Hürden auf dem Weg zur intelligenten Produktion nehmen. MTU Aero Engines zeigt, dass sich der Aufwand lohnt.

Seite 36

**AVIATION**

Im Dreamliner zum Südsee-Traum

Ohne Luftverkehr wäre das Leben für Touristen und Einwohner in Französisch-Polynesien undenkbar. Mit der Boeing 787-9 hat die Fluggesellschaft Air Tahiti Nui das perfekte Flugzeug für die langen Strecken im Südpazifik.

Seite 44

**PEOPLE**

Talente beflügeln

Immer noch sind Frauen in Deutschland in den naturwissenschaftlich-technischen Studiengängen verhältnismäßig unterrepräsentiert. Es ist Zeit, das zu ändern, meint Dr. Mihaela Sorina Seitz, Leiterin Advanced Materials, bei der MTU Aero Engines.

Seite 58

PEOPLE

58 **Talente beflügeln** Ein Gespräch mit Dr. Mihaela Sorina Seitz über die Förderung von MINT-Studentinnen

GOOD TO KNOW

- 62 **Leises Landen** Das DLR erprobt neue leise Anflugverfahren
- 64 **Starke Combo** Im Januar flog die neue Boeing 777X-9 mit ihren GE9X-Triebwerken das erste Mal
- 65 **Kostenlose Abo-Bestellung AEROREPORT** Printausgabe zweimal pro Jahr zu Ihnen auf den Schreibtisch
- 65 **Impressum und Bildnachweis**



www.aeroreport.de

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

MTU ENGINE EXPERTS (V.L.N.R.)

PERE MASSANÉS PADRÓ / *Projektingenieur Prozessauslegung Fertigung*

DR. OLIVER ARNOLD / *Data Scientist*

DR. ANNA WAWRZINEK / *Digital Transformation Managerin*

FRITZ HOFFMEISTER / *Projektingenieur Simulation Fertigungsprozesse*

FALK HINDERBERGER / *Digital Transformation Manager*

DR. URŠKA ZORE / *IT-Planerin*



Digitalisierung mit vollem Schub

Neue Anwendungen, neue Technologien und neue Chancen. Die Digitalisierung ändert das Triebwerksgeschäft grundlegend. Dies sind die Gesichter, die den Wandel möglich machen.

Autor: Thorsten Rienth

Manchmal sind es die einfachen Bilder, die komplexe Zusammenhänge auf den Punkt bringen. „Auch in Zukunft werden wir in reale Flugzeuge steigen, die von realen Triebwerken angetrieben werden“, sagt Dr. Pamela Herget-Wehlitz, die Verantwortliche für den IT-Bereich der MTU Aero Engines. „Aber die Entwicklung und Produktion verlagert sich immer mehr in die digitale Welt.“ Und die Managerin schiebt gleich nach, was das Bildnis konkret bedeutet: „Die Digitalisierung wird unsere Geschäftswelt nicht überflüssig machen. Aber sie wird sich schneller und effizienter drehen.“

Bereits im Jahr 2016 hatte die MTU die entscheidenden Weichen gestellt und ihr „Digital Transformation Program“ in der Breite verankert. Zielsetzung war nicht weniger, als das gesamte Unternehmen durchgehend zu digitalisieren. Dreieinhalb Jahre später treibt die MTU rund 300 Einzelprojekte voran. Einem Reißverschluss gleich fügen sich Bedarfe und Lösungen ineinander.

Die Perspektive ist eine mindestens fachbereichs-, ja oft sogar eine standortübergreifende: Lieferungen absichern, Bestände minimieren und Produktfortschritte darstellen – dabei Datenanalysen, selbstlernende Algorithmen und Künstliche Intelligenz

auf breiter Front ausrollen. Digitale Modelle bilden kostspielige und zeitintensive Versuchsträger zusehends am Computer nach. Vernetzte Kunden- und Lieferantendaten entschärfen potenzielle Störungen in der Lieferkette – lange bevor es für die ausgeklügelte Fertigungslogistik kritisch wird.

Der Ansatz setzt sich im administrativen Bereich ausdrücklich fort und zwar weit über die Ablösung von Papiereinsatz durch elektronische Workflows hinaus. Robotic Process Automation flankiert die Standardabläufe. Das neue E-Learning-System stellt Lernprogramme fürs Selbststudium bereit und unterstützt Blended Learning im Arbeitseinsatz.

„Wichtig ist der Mut, bisherige Prozesse kritisch auf den Prüfstand zu stellen“, sagt Herget-Wehlitz. Das gelte allerdings auch für die zukünftigen Tools selbst. Selbstzweck sei die Digitalisierung schließlich nicht. „Im Mittelpunkt steht immer echter Mehrwert, der uns und unsere Produkte messbar voranbringt.“

Sechs Projektportraits zeigen auf den folgenden Seiten, wie dieser Mehrwert ganz konkret aussieht:

ENGINE EXPERT:

Falk Hinderberger
Digital Transformation Manager



Die digitale Transformation managen.

Falk Hinderberger ist Digital Transformation Manager bei der MTU Aero Engines. Er verknüpft die analoge Welt mit der digitalen.

Von Henry Ford, dem Mann, der die industrielle Produktion des Automobils revolutionierte, ist der Satz überliefert: „Wenn ich die Menschen gefragt hätte, was sie wollen, hätten sie gesagt: schnellere Pferde.“ Heute steht die Industrie vor einem ähnlich einschneidenden Wandel, wie zu Fords Zeiten. Nur geht es diesmal nicht mehr ums Fließband, sondern um die digitale Transformation von Geschäftsprozessen. Ein gänzlich neues Berufsbild ist dadurch entstanden. Auf Falk Hinderbergers Visitenkarte steht: Digital Transformation Manager.

Der 32-Jährige ist Digital Transformation Manager bei der MTU Aero Engines. „Wir sind dabei, die analoge Welt mit der digitalen zu verknüpfen.“ Etwas konkreter formuliert: „Es geht darum, Digitalisierungspotenziale zu identifizieren, Fachbereiche und IT zusammenzubringen und schließlich mit einem End-to-End Fokus in Lösungen mit echtem Mehrwert zu überführen.“

Hinderberger hatte International Business in Aalen und Reutlingen studiert, dabei Auslandsstationen in Mexiko, Thailand und Russland eingelegt. Dann wechselte er in eine Unternehmensberatung, wo er oft in Digitalisierungsprojekte im Automotive-Bereich eingebunden war – sein Fokus hier: Digitalstrategien entwickeln und digitale Geschäftsmodelle gestalten.


Seit Herbst 2018 treibt er bei der MTU Aero Engines die digitale Transformation im Zivilgeschäft voran. „Wir wollen Arbeitsabläufe verbessern, mehr aus vorhandenen Daten lernen und neue IT-Technologien evaluieren und einführen“. Eines der Projekte, in die Hinderberger aktuell involviert ist: Die Ersatzteilbedarfe präziser vorauszusagen.

Dies ist einmal relevant, weil die oftmals komplexen und aus High-End-Materialien bestehenden Triebwerkskomponenten schnell dem Wert eines Mittelklassewagens entsprechen. Sie binden folglich in Form des Lagerbestands einiges an Kapital. Zum anderen sind die Beschaffungsketten derartiger Komponenten mit bis zu 18 Monaten sehr lang.

Einen rein computerbasierten Algorithmus für die Bedarfe der Zukunft zu entwickeln, hält Hinderberger auf absehbare Zeit für unwahrscheinlich. „Sie sind von zahlreichen Faktoren abhängig, die ein Ersatzteilbedarfsplaner stets bewerten muss: Von Wetter- und Umwelteinflüssen, der Nutzungszeit seit der letzten Triebwerksüberholung, von Trends in Flugbewegungen der Airline Flotten und vom Ölpreis.“ Wie würde sich sein Fallen auf die Nutzungsdauern bestehender Flotten auswirken? Womöglich lohnt es sich für Airlines, ältere Flugzeuge mit einem etwas höheren Treibstoffverbrauch doch länger als geplant zu betreiben? Was würde das für die Ersatzteilbedarfe bedeuten?

„Mit dem Einsatz von moderner Datenanalyse und Big-Data-Technologien, die vor 10, 15 Jahren noch nicht produktiv eingesetzt wurden, können wir die Kollegen aus der Ersatzteilbedarfsplanung zunehmend mit aus Daten gewonnen Erkenntnissen unterstützen und somit Entscheidungen transparenter gestalten“, erklärt Hinderberger. „Der Fachbereich gibt den Prozess und die Parameter vor – wir überführen sie dann in Anforderungen an ein bestenfalls existierendes IT-Tool.“

Wie ein großes Puzzle sollen so Daten und Recherchen zusammengeführt werden, um sich Schritt für Schritt dem Ziel zu nähern: einer proaktiven und digital unterstützten Ersatzteilplanung mit optimierten Lagerbeständen.



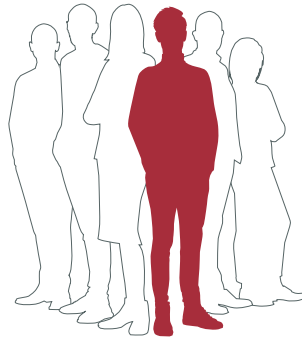
„Wir wollen Arbeitsabläufe verbessern, mehr aus vorhandenen Daten lernen und neue IT-Technologien evaluieren und einführen.“

Falk Hinderberger, Digital Transformation Manager bei der MTU Aero Engines



„Wir entwickeln ein Simulationsmodell, das chemische Reaktionen, Wärmeübertragung, Mehrphasenfluidströmung und das elektrische Feld vereint.“

Fritz Hoffmeister, Projektingenieur Simulation Fertigungsprozesse bei der MTU Aero Engines

**ENGINE EXPERT:**

Fritz Hoffmeister
 Projekt Ingenieur Simulation
 Fertigungsprozesse

Effizienz steigern mit Multiphysiksimulationen.

Fritz Hoffmeister entwickelt ein Multiphysik-Simulationsmodell, um ein kompliziertes Verfahren zur elektrochemischen Fertigung von Triebwerksschaufeln erstmals komplett digital abbilden zu können.

Der Bildschirm zeigt zwei Metallstücke. Links ein kleines rundes, rechts ein größeres längliches. Wie in einem Wespennest schwirren zwischen ihnen kleine Punkte hin und her. Einige nehmen den kürzesten Weg, andere einen großen Umweg, zum Beispiel vom oberen Ende des länglichen Metallstücks zur hinteren Seite des kleinen runden. Die schwirrenden Punkte entsprechen geladenen Ionen in einem elektrischen Feld.

Wie kleine Shuttles auf Atomgröße tragen sie Metall von einem Werkstück ab. Für das Werkzeug – die Kathode – ist dieses elektrochemische Abtragen nahezu verschleißfrei. Bei den hochfesten Materialien von Triebwerksschaufeln ermöglicht es eine völlig neue Herangehensweise. Würde das Metall spanend abgetragen, wäre der Werkzeugverschleiß derart enorm, dass der gesamte Vorgang unwirtschaftlich würde.

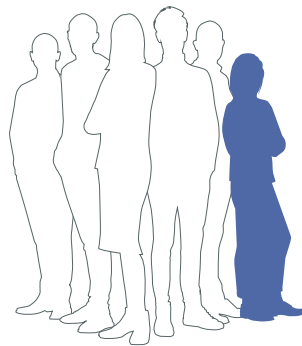
Electrochemical Machining nennt die Fachwelt das Verfahren, kurz: ECM. Doch welche Arbeitsspannung bringt bei welchem Vorschub die besten geometrischen Ergebnisse? Wie hängt die Stromdichte mit dem entstehenden Wasserstoffgas und der Oberflächenqualität zusammen? Und überhaupt: Wie wirkt sich eigentlich der Druck der Elektrolytströmung auf all das aus? „Bislang musste man dies mit einem Try-and-Error-Ansatz erproben“, erklärt Fritz Hoffmeister.

Notgedrungen, denn andere Möglichkeiten gab es bisher nicht. Der Aufwand der Erprobung sei enorm: Versuch vorbereiten, ihn durchführen, das Bauteil vermessen. Ein, zwei Parameter ändern. Alles wieder von vorne – und bei jedem neuen Bauteil von neuem. Natürlich helfen die bereits gesammelten Erfahrungen diesen Prozess zu beschleunigen. Fritz Hoffmeister, gerade 29 Jahre alt geworden, sucht nach einer Abkürzung. „Was, wenn wir all die Wechselwirkungen simulieren könnten, mit Genauigkeiten im Mikrometerbereich?“

Multiphysiksimulation lautet der Ansatz, über den Hoffmeisters Weg führt. „Wir entwickeln ein Simulationsmodell, das chemische Reaktionen, Wärmeübertragung, Mehrphasenfluidströmung und das elektrische Feld vereint.“ Im Kern geht es darum, über den simulierten Stromfluss den exakten Metallabtrag und damit das exakte geometrische Endresultat berechnen zu können. „Vereinfacht gesagt: Wir schicken die Geometrie eines neuen Bauteils in einen Superrechner und führen die Iterationen virtuell durch. Zweidimensional bekommen wir das schon ganz gut hin. Für eine industrielle Anwendung ist allerdings besonders die dreidimensionale Betrachtung entscheidend. Daran arbeiten wir auf Hochtouren. Mittlerweile lässt sich auch der 3D-Abtrag berechnen, wobei wir hier noch nicht alle der zuvor genannten physikalischen Phänomene implementiert haben.“

Zuerst hatte Hoffmeister den Maschinenbau-Bachelor gemacht und für den Master of Science dann den Studiengang „Technische Berechnung und Simulation“ an der Hochschule München daraufgesetzt. Nebenher arbeitete er bereits bei einem Unternehmen im Automobilsektor. Dort berechnete er Car-Crashsimulationen sowie Multiphysik-Airbagsimulationen. Zur MTU kam er über seine Masterarbeit: „Numerische Simulation der 3D-Elektrolytströmung sowie der vollgekoppelten 2D-Multiphysik beim ECM-Verfahren“.

Dass der Titel genau dem entspricht, was Hoffmeister heute bei der MTU macht, ist kein Zufall. Als er mit der Masterarbeit auf die sprichwörtliche Zielgeraden einbog, bekam er ein Übernahmeangebot – und unterschrieb.

ENGINE EXPERT:**Dr. Urška Zore**
IT-Planerin

Meterlange Mathematik-Funktionen

Dr. Urška Zore programmiert den MTU-Triebwerksentwicklern jene 3D-Tools, die sie für das Design von noch sparsameren und noch leiseren Triebwerken benötigen.

Die COBRA beißt nicht, aber sie will gefüttert werden. Mit mathematischen und geometrischen Methoden, mit Funktionen, die sich, ausgeschrieben auf einer Tafel, über Meter erstrecken können. Gefüllt mit Variablen setzen sich auf den Bildschirmen von Triebwerksentwicklern dreidimensionale Objekte zusammen, zum Beispiel Triebwerksschaufeln. Die meterlange Funktion definiert hochaufgelöst jeden Punkt des Objekts in einem dreidimensionalen Raum.

COBRA steht für COnsistent Blade Representations for Aircraft engines, dahinter steckt eine MTU-eigene Software zur Geometriegenerierung von Triebwerksbauteilen. Um sie dreht sich in Dr. Urška Zores Berufsalltag das Allermeiste.

Die COBRA-Software stellt mit ein Rückgrat der MTU-Triebwerksauslegung dar, das lässt sich ohne Übertreibung so sagen. Denn die Feinheiten, die in modernen Triebwerken über ein zusätzliches Plus an Effizienz und Lebensdauer entscheiden, werden – ganz besonders in der Aerodynamik und Strukturmechanik – immer detaillierter.

„Je höher dabei unsere geometrische Kompetenz ist, desto schneller können wir neue und über den Branchenstandard hinausgehende Designs entwickeln“, erklärt Zore. Und geometrische Kompetenz bedeutet: Möglichst alle in einem Triebwerk


denkbaren dreidimensionalen Formen mathematisch abbilden zu können.

Zur MTU war die 31-Jährige nach dem Mathematikstudium in Ljubljana in Slowenien und der Promotion in Linz in Österreich gekommen. Eigentlich nur im Rahmen eines EU-Forschungsprojekts. Aber am Ende erhielt sie das Angebot zu bleiben.

Ein Großteil von Zores Tätigkeit läuft im Hintergrund ab. Doch bei der Entwicklung von Triebwerksteilen oder -modulen ist dieser Hintergrund unverzichtbar: „Es geht darum, die Entwickler mit den bestmöglichen 3D-Tools auszustatten, damit sie Triebwerke bestmöglich entwickeln können“, beschreibt sie die Aufgabe. „Die Kollegen sagen uns, was sie brauchen – und wir überlegen uns, mit welcher Mathematik wir ihre Anforderungen erfüllen können. Und dann erzeugen wir gemeinsam zukunftsfähige Lösungen.“ Die Sache ist hochkomplex, praktisch alle Fachdisziplinen sind in die Abläufe integriert und in ihrer spezifischen Weise für das Tool relevant.

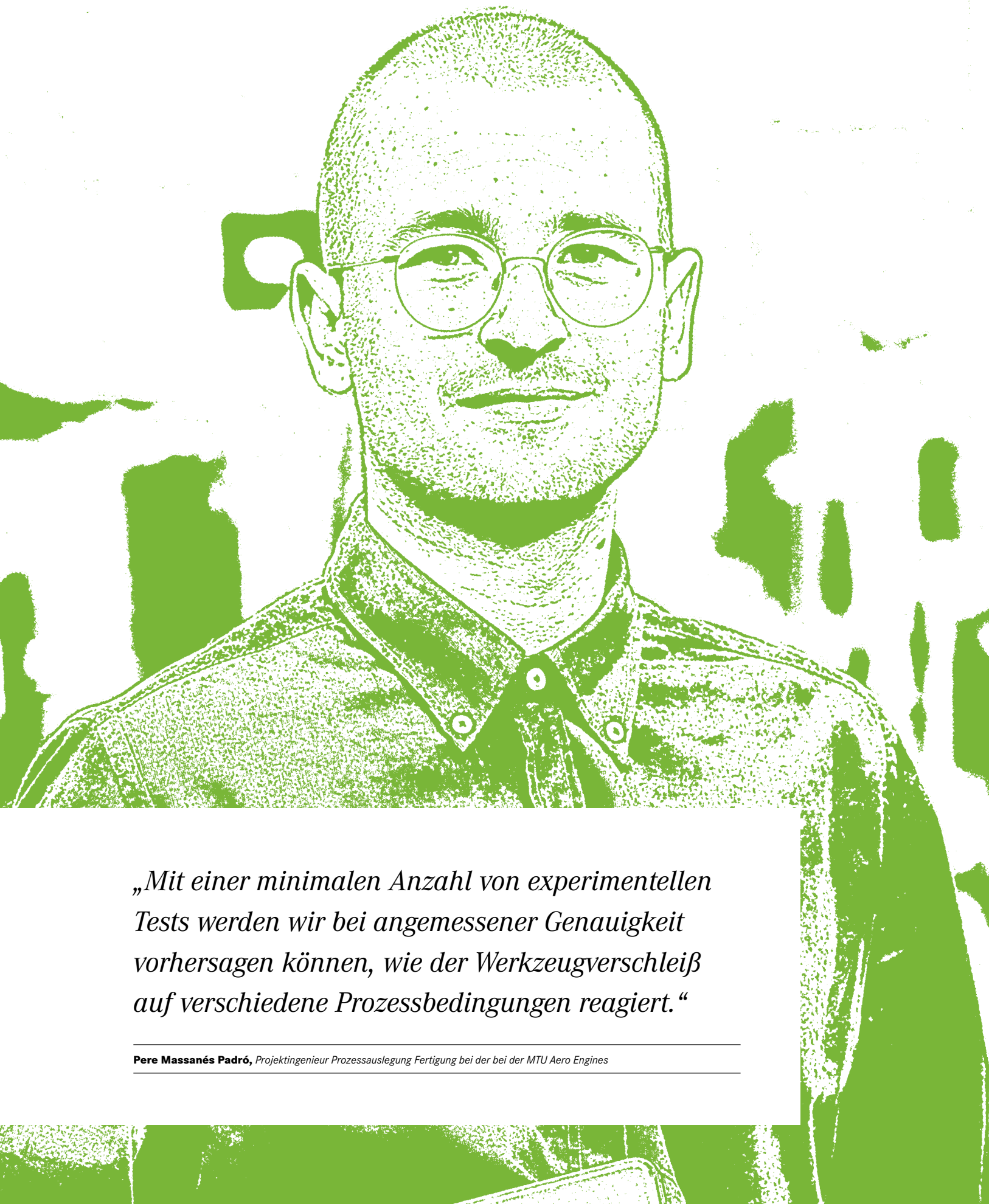
Deshalb passt das Bild mit der Schlange auch an dieser Stelle. Die COBRA-Software ist nichts Statisches, sie bewegt sich. „Zusammen mit meinen Kollegen programmiere ich neue digitale Werkzeuge, integriere sie in COBRA und kümmere mich um den Support“, erzählt die IT-Planerin. Die Güte der digitalen Modelle ist dabei zentral – einmal von den neuen digitalen Werkzeugen zum gefertigten Bauteil. Ein andermal vom gescannten gefertigten Bauteil zurück in die digitale 3D-Darstellung.

Bei alldem ist stets auch das sprichwörtliche große Ganze im Blick. „Je höher unsere geometrische Kompetenz liegt, desto schneller können unsere Entwickler die neuen Designs erzeugen.“ Sie wiederum bedeuten am Ende Triebwerke, die Flugzeuge noch sparsamer, noch emissionsärmer und noch leiser in die Luft heben. Und bei alldem habe sie auch viel gelernt, erzählt die Mathematikerin mit einem Augenzwinkern: „Ich spreche jetzt nicht nur Slowenisch, Englisch, Deutsch und ein paar Programmiersprachen – sondern lerne auch die Sprache der Ingenieure zu sprechen.“

A portrait of Dr. Urška Zore, a woman with long dark hair, smiling. She is wearing a dark blue jacket over a light-colored top. The background is a bright, slightly blurred indoor setting.

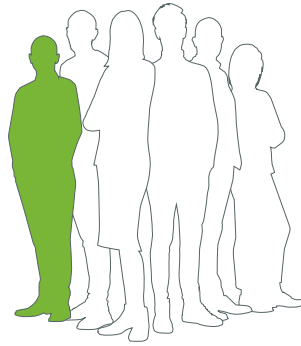
„Es geht darum, die Entwickler mit den bestmöglichen 3D-Tools auszustatten, damit sie Triebwerke bestmöglich entwickeln können.“

Dr. Urška Zore, IT-Planerin bei der MTU Aero Engines



„Mit einer minimalen Anzahl von experimentellen Tests werden wir bei angemessener Genauigkeit vorhersagen können, wie der Werkzeugverschleiß auf verschiedene Prozessbedingungen reagiert.“

Pere Massanés Padró, Projektingenieur Prozessauslegung Fertigung bei der bei der MTU Aero Engines

**ENGINE EXPERT:****Pere Massanés Padró***Projektingenieur Prozessauslegung
Fertigung*

Digitalisierung macht's möglich: Werkzeugverschleiß vorhersagen.

Pere Massanés Padró arbeitet an einem Simulationsmodell, mit dem sich Werkzeugverschleiß en detail prognostizieren lässt.

Industrielles Try-and-Error – klingt nach einem Stilmittel aus Zeiten, in denen Digitalisierung höchstens in Form von Zukunftsmusik zu hören war. „In manchen Fällen ist diese Vorgehensweise aber noch immer ohne Alternative, zum Beispiel beim Werkzeugverschleiß“, erklärt Maschinenbauer Pere Massanés Padró. Der experimentelle Aufwand, um akzeptable Prozessbedingungen zu bestimmen, die die Verschleißgrenzen nicht überschreiten, sei enorm. „Deshalb kann die Entwicklung des Verschleißes eines Werkzeugs nur durch realitätsnahe und aufwändige Tests im Serienalltag beherrscht werden.“

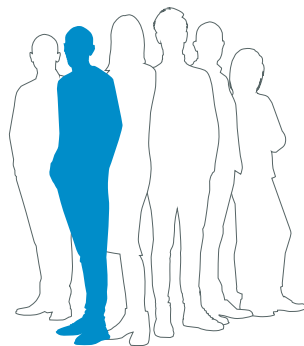
Denn Werkzeugverschleiß verläuft nicht gleichmäßig. Erst ist er degressiv, dann ein bisschen linear, schließlich progressiv. Natürlich ist alles auch abhängig von Material und Schnittgeschwindigkeit. Die Sache ist so komplex, dass selbst heute noch keine Modelle existieren, mit denen sich Werkzeugverschleiß modellbasiert in die Werkzeug- und Fertigungsprozessauslegung einbringen ließe. Nicht einmal die Finite-Elemente-Methode, die bei der Lösung von physikalischen Problemen in ingenieurwissenschaftlichen Berechnungen normalerweise die Methode der Wahl ist, genügt beim Werkzeugverschleiß den industriellen Anwendungen.

Die Folgen sind keinesfalls zu verachten: Wo sich die Form der Schneidfläche durch den Verschleiß verändert, geschieht dies auch an der Kontur des Werkstücks. Oberflächenintegrität und Prozessstabilität leiden darunter. Ließe sich der Verschleiß des Werkzeugs vorausberechnen, könnten ihn die Fertigungsingenieure während des Prozesses exakt ausgleichen. Indem sie etwa Schnittgeschwindigkeit, Werkzeugeinstellwinkel und Vorschub entsprechend nachjustieren. Gerade in der Luftfahrtindustrie, wo die Produktionskosten durch die Bearbeitung von Superlegierungen auf Nickel oder Titan hoch sind, steckt in verlässlichen Vorhersagen einiges an Potenzial.

Mit 18 hatte er sich an der Universität Politècnica de Catalunya in Barcelona für Maschinenbau eingeschrieben. Mit 22 setzte er das Werkstofftechnik-Masterstudium darauf. „Dass ich mein Berufsleben im Ausland verbringen möchte, dafür habe ich mich sehr früh entschieden. Dort sind die Berufsmöglichkeiten in meinem Bereich attraktiver.“ Der Plan ging auf: Übers Internet sah er die Masterandenstelle in der MTU-Zerspannsimulation. Nach fünf Monaten als Masterand erhielt er eine feste Stelle als Ingenieur in der Abteilung. „So konnte ich an meinem Thema weiterarbeiten.“

Das Problem mit der Vorhersagbarkeit von Werkzeugverschleiß will der 26-Jährige mit einem hybriden Ansatz lösen. Dahinter steckt die Kombination aus analytischen, empirischen, experimentellen und numerischen Herangehensweisen zu einem einzigen großen Simulationsmodell. Massanés Padró will die Zusammenhänge zwischen Prozessparameter (wie Schnittgeschwindigkeit, Vorschub, Schnitttiefe, Werkzeuggeometrie) und die Werkstoffbeanspruchungen (wie Temperaturen, Spannungen und Dehnungen) analytisch beschreiben, um die Entwicklung des Werkzeugverschleißes vorherzusagen.

Natürlich bleibt auch das ein komplexes Konstrukt. „Aber eines, das sich digital darstellen ließe“, sagt Massanés Padró – und das Try-and-Error drastisch reduziert. „Mit einer minimalen Anzahl von experimentellen Tests werden wir bei angemessener Genauigkeit vorhersagen können, wie der Werkzeugverschleiß auf verschiedene Prozessbedingungen reagiert.“

ENGINE EXPERT:**Dr. Oliver Arnold**
Data Scientist

Data Scientist für die Luftfahrt von Morgen.

Er wertet aus, entschlüsselt, verknüpft. Datenwissenschaftler Dr. Oliver Arnold managt die Schnittstelle zwischen Informationstechnologie und Fertigungstechnologie.

Nichts geht im Triebwerksgeschäft über Bauteilqualität. Bei einer Blisk zum Beispiel, einem integral aus Scheibe und Schaufeln gefertigten Hochtechnologie-Bauteil, kann schon das Hundertstel eines Millimeters entscheidend sein. Im schlimmsten Fall bleibt vom gesamten Bauteil nur noch der Materialwert übrig. Wirklich sicher sind sich die Fertigungsingenieure bislang erst, wenn die Blisk aus der Schlusskontrolle kommt, wenn der stundenlange Spanprozess schon lange zu Ende ist.

Was, wenn sich kritische Abweichungen schon viel früher detektieren ließen? Zum Beispiel, um noch während des Fertigungsprozesses auf eine sich abzeichnende Toleranzabweichung reagieren zu können. Eine aufwendige und kostspielige Nacharbeit wäre wohl verhindert.

Daten, die Fertigungsmaschinen während ihrer Arbeit erstellen, abrufen oder verarbeiten, könnten für die Lösung entscheidend sein. Doch die Informationsmenge ist enorm. Um sie nutzen zu können, braucht es jemanden, der Relevantes von Irrelevantem trennt. Der auswertet, entschlüsselt, verknüpft.

So jemand ist für die Blisk-Fertigung der MTU Aero Engines Dr. Oliver Arnold. Vor etwa zwei Jahren war der heute 35-jährige Physiker und Datenwissenschaftler vom CERN, der Europäischen Organisation für Kernforschung, nach München gewechselt. Im Kanton Genf hatte er an Hochenergieexperimenten in der physi-

kalischen Grundlagenforschung mitgearbeitet. Bei der MTU will er Algorithmen schaffen, die wertvolle Daten über das extrem komplexe Blisk-Fertigungsverfahren bündelt.

„Vereinfacht gesagt: Wir schauen uns Maschinendaten an, die bei einer Blisk-Zerspanung anfallen“, erklärt Arnold. „In ihnen versuchen wir Muster und Abhängigkeiten zu erkennen, die sich womöglich erst Fertigungsschritte später negativ in der Bauteilqualität niederschlagen.“ Mit belastbar extrahierten Trends würden den Fertigungsingenieuren fundierte Entscheidungsgrundlagen zur Verfügung gestellt. Um früher zu reagieren, um Prozesse zu verbessern und um Kosten zu sparen.

Das Ziel klingt leichter, als der Weg dorthin in Wirklichkeit ist. Wie gelingt es, aus den unzähligen Maschinendaten die tatsächlich relevanten Informationen zu extrahieren? In welcher Frequenz werden sie passenderweise abgegriffen? Welche Datengüte ist für welche Kausalitäten nötig? Und welche zusätzliche Sensorik könnte dazu in Zukunft einmal dringend nötig werden – und sollte deshalb schon jetzt ins Lastenheft der zur Beschaffung anstehenden neuen Maschinen aufgenommen werden? „Wir sind noch relativ am Anfang“, sagt Arnold. „Aber wir tasten uns Schritt für Schritt an die Antworten heran.“

Die Entwicklung dieses komplett datengetriebenen Prozessverständnisses ist noch eine sehr junge Wissenschaft. Die Technische Universität München (TUM) war etwa eine der ersten Universitäten überhaupt, die im Jahr 2015 einen Masterstudiengang in Data Science gestartet hat. Vier Jahre später schon ist das Berufsfeld aus keiner Hightech-Industrie mehr wegzudenken.

„Das Spannende ist für mich ganz klar der interdisziplinäre Ansatz“, sagt Arnold. „Ich allein kann ohne die Kollegen aus der Fertigung die Daten nicht verstehen. Die Kollegen aus der Fertigung bringen das Prozesswissen mit. Wir überführen es – zusammen mit den Daten – in ein Modell.“ Wenn man so will, ist Arnold ein Dolmetscher: An der Schnittstelle zwischen Informationstechnologie und Fertigungsstrategie unterstützt er durch seine Analysen die Entscheidungsfindung.



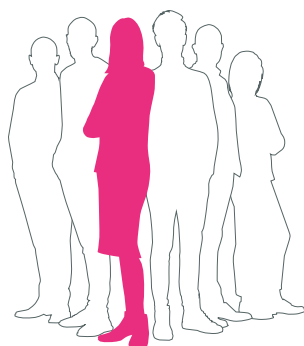
„Ich allein kann ohne die Kollegen aus der Fertigung die Daten nicht verstehen. Die Kollegen aus der Fertigung bringen das Prozesswissen mit. Wir überführen es – zusammen mit den Daten – in ein Modell.“

Dr. Oliver Arnold, Data Scientist bei der MTU Aero Engines



„Ich arbeite daran, die unterschiedlichen Methoden in eine Art übergreifendes Koordinatensystem zu übersetzen.“

Dr. Anna Wawrzinek, Digital Transformation Managerin bei der MTU Aero Engines

**ENGINE EXPERT:**

Dr. Anna Wawrzinek
Digital Transformation Managerin

Interdisziplinäres Koordinatensystem.

Dr. Anna Wawrzinek arbeitet an einer gemeinsamen Software für die unterschiedlichen Disziplinen der Triebwerksentwicklung.

Es ist ein wahrlich großer Bogen, den Dr. Anna Wawrzinek da mit dem Verweis auf den Entwurf des deutschen Grundgesetzes schlägt. „Der Staat ist um des Menschen willen da, nicht der Mensch um des Staates willen.“ Mit der digitalen Transformation verhalte es sich ähnlich. „Die ist kein Selbstzweck, sondern soll die Kollegen dabei unterstützen, den Fokus aufs Wesentliche zu legen.“ Zum Beispiel auf die Entwicklung von neuen Luftverkehrsantrieben.

Aus bis zu 30.000 Einzelteilen fügt sich ein Triebwerk je nach Modell zusammen. Im Zusammenspiel entsteht ein komplexes System aus Aktion, Reaktion und wechselseitigen Einflüssen. Kaum weniger komplex ist die Art und Weise, wie Triebwerke entwickelt werden – nämlich in einem austarierten Zusammenspiel aus Konstruktion, Aerodynamik und Strukturmechanik.


Mittlerweile ist die technologische Entwicklung so weit fortgeschritten, dass spürbare Verbesserungen nur noch unter Betrachtung des gesamten Triebwerks möglich sind, zumindest, wenn die Wirtschaftlichkeit gegeben sein soll. Doch die einzelnen Disziplinen, die ihre (Weiter-)Entwicklungen bislang meist separat betrachteten, haben über die Jahre eigene digitale Entwicklungssysteme aufgebaut. „Vereinfacht könnte man sagen: Sie arbeiten mit unterschiedlichen Koordinatensystemen“, erklärt Wawrzinek.

An dieser Stelle beginnt eine Problematik, die die 33-Jährige als eine von rund 20 Digital Transformation Managern bei der

MTU Aero Engines auflösen möchte: „Ich arbeite daran, die unterschiedlichen Methoden in eine Art übergreifendes Koordinatensystem zu übersetzen.“ Die Folge wäre eine effizientere und schnellere Triebwerks- und Triebwerksbauteilentwicklung – schließlich entfiel die Zeit fürs Umrechnen zwischen den verschiedenen Koordinatensystemen.

Nach dem Abitur war die Polin zum Mathematik-Studium an die Freie Universität Berlin gegangen. Ihre Promotion schrieb sie über eine noch junge Forschungsrichtung namens Isogeometrische Analyse und deren Transformation in Industrieanwendungen. Mathematiker versuchen bei der Isogeometrischen Analyse, die geometrische Beschreibung von Design- und Analysemodell zu vereinigen, indem sie sogenannte NURBS (Non-Uniform Rational B-Splines) als gemeinsame Basis für die Formbeschreibung einführen. Dies bietet sich an, weil NURBS bereits den Standard bei den meisten CAD-Systemen (Computer Aided Design) darstellen.

Im Grunde beruht die Notwendigkeit einer umfassenden Lösung auf einer historischen Entwicklung. Als Computer in den 1960er Jahren langsam Einzug in die Industrie erhielten, hätte sich das digitale Handwerkszeug entlang der Disziplinengrenzen auseinander entwickelt: „Die Designer arbeiteten mit glatten Oberflächen weiter, was ja auch nahe liegt. Aber die Analytiker mussten mit feineren dreidimensionalen Elementen, wie Punktwolken oder Dreiecke arbeiten, um die Bauteile digital weiterverarbeiten zu können.“

Langfristig betrachtet ist das gemeinsame MTU-Entwicklungs-Koordinatensystem für Konstruktion, Aerodynamik und Strukturmechanik dennoch eher ein Zwischenziel. Der nächste Schritt wäre eine verlustfreie Vernetzung und Integration der bestehenden Systeme für alle wesentlich an einem Triebwerk beteiligten Partner. „Dann könnte man auch softwareseitig das abbilden, was mit der immer stärkeren Gesamtbetrachtung des Triebwerks auf Entwicklungsebene ohnehin der Trend ist.“ 



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



Mehr zum Thema: www.aeroreport.de



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



Sun-to-liquid-Verfahren (StL) _____

Eine Sun-to-liquid-Anlage produziert Kerosin aus Sonnenlicht, Wasser und CO₂. Das funktioniert schon heute in der Praxis: In Madrid wurde am IMDEA Energy Institute eine einzigartige Solaranlage errichtet und über vier Jahre ausgiebig getestet. Das Projekt wurde aus dem Forschungs- und Innovationsprogramm Horizont 2020 der Europäischen Union finanziert und vom Schweizerischen Staatssekretariat für Bildung, Forschung und Innovation unterstützt.

Masse wäre klasse

Mit Power-to-Liquid- und Sun-to-Liquid-Kraftstoffen kann die Luftfahrt ihre ambitionierten Klimaziele erreichen – wenn man schnell auf relevante Produktionsmengen kommt.

Autor: Denis Dilba

Seit den 1960er-Jahren bis heute konnten effizientere Flugtriebwerke, verbesserte Aerodynamik und neue leichtere Werkstoffe den Treibstoffverbrauch und damit auch die CO₂-Emissionen von Flugzeugen fast halbieren. An diesen Aufgaben wird auch weiterhin gearbeitet, um den Treibstoffverbrauch zu senken. Da aber der globale Luftverkehr aller Voraussicht nach auch in Zukunft weiter um etwa fünf Prozent pro Jahr wächst, reichen sie nicht aus, um den Anstieg der CO₂-Emissionen zu stoppen – geschweige denn, ihn zu verringern.

Kraftstoffe aus erneuerbarem Strom und Sonnenlicht

„Ein großes Potenzial, die Klimaziele in der Luftfahrt erreichen zu können, bieten daher synthetische Kraftstoffe“, sagt Dr. Andreas Sizmann, Leiter Zukunftstechnologien und Öko-

logie der Luftfahrt am Münchner Forschungsinstitut Bauhaus Luftfahrt. Damit meint er zwei bestimmte Varianten der „Sustainable Aviation Fuels“ (SAF): die sogenannten Power-to-Liquids (PtL) und Sun-to-Liquids (StL). Auch die Luftfahrtbranche hat das längst erkannt und testet bereits seit mehr als zehn Jahren solche SAFs, die nicht mehr aus fossilem Erdöl produziert werden. Lange Zeit galten Biokraftstoffe als Favorit, nun zeichnet sich aber immer klarer ab, dass sie keine nachhaltige Versorgung der globalen Flugzeugflotte leisten können. Der Anbau von Energiepflanzen bräuchte viel zu große Flächen. Der große Vorteil der SAFs ist, dass diese sogenannte „Drop-in“-Kraftstoffe sind – also keinerlei technische Anpassungen im Flugzeug, am Triebwerk und bei der Flughafeninfrastruktur fordern.



„Ein großes Potenzial, die Klimaziele in der Luftfahrt erreichen zu können, bieten daher synthetische Kraftstoffe“

Dr. Andreas Sizmann

Leiter Zukunftstechnologien und Ökologie der Luftfahrt am Münchner Forschungsinstitut Bauhaus Luftfahrt

Um sie herzustellen, werden Wasser und CO₂ mit erneuerbarem Strom (PtL) oder konzentriertem Sonnenlicht (StL) zunächst in Wasserstoff und Kohlenmonoxid umgewandelt – sogenanntes Synthesegas. Im PtL-Verfahren wird dazu zum einen Wasser per Elektrolyse in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt. Zum anderen reduziert die sogenannte Reverse Wasser-Gas-Shift-Reaktion Kohlendioxid zu Kohlenmonoxid. „Bei der StL-Methode entsteht das Synthesegas durch eine thermochemische Redoxreaktion“, sagt Sizmann, der das EU-geförderte Projekt SUN-to-LIQUID koordiniert. „Grob gesagt, erhitzt man dabei mit konzentriertem Sonnenlicht ein Metalloxid und entzieht ihm einen Teil des Sauerstoffs. Dann reduziert man die Temperatur und das Oxid holt sich den Sauerstoff vom Wasser und Kohlendioxid, wodurch Wasserstoff und Kohlenmonoxid gebildet werden.“

Das Power-to-Liquid-Verfahren ist bereit zur Skalierung

Aus dem Synthesegas entstehen dann sowohl beim Power-to-Liquid- als auch beim Sun-to-Liquid-Verfahren über die etablierte Fischer-Tropsch-Synthese langkettige Kohlenwasserstoffe. Raffinerie-Prozesse veredeln sie dann zu Kerosin – das Flugzeuge normal tanken können. „Da die PtL- und StL-Kraftstoffe bei der Verbrennung genauso wie fossiles Kerosin CO₂-Emissionen verursachen, sind sie nur dann nachhaltig, wenn das CO₂ für ihre Produktion aus der Atmosphäre stammt“, sagt Sizmanns Kollege Dr. Valentin Batteiger, der am Bauhaus Luftfahrt den Forschungs-

schwerpunkt „Alternative Kraftstoffe“ leitet. Möglich machen soll das die Direct Air Capture Technologie. Das Schweizer Startup Climeworks beispielsweise setzt hierfür große Filter ein, an denen das CO₂ anhaftet. Die Technik muss aber noch effizienter und vor allem deutlich kostengünstiger werden.

„Die Luftfahrtbranche benötigt heute rund 300 Millionen Tonnen Treibstoff pro Jahr und die Zahl wird steigen – da werden gewaltige Mengen CO₂ gebraucht“, sagt Batteiger. Die MTU Aero Engines unterstützt, auch in Kooperation mit anderen Branchenvertretern, die Einführung dieser Kraftstoffe in den Markt. „Die PtL-Technologie ist technisch beherrscht und bereit zur Skalierung – das muss unserer Ansicht nach jetzt geschehen“, sagt MTU-Experte Fabian Donus aus dem Innovationsmanagement. Denn noch gibt es weltweit keine Handvoll größerer Anlagen, was den PtL-Kraftstoff erheblich teurer macht als fossiles Kerosin. Sizmann plädiert daher ebenso für eine schnelle Skalierung, auch beim StL-Verfahren. „Da benötigen wir zwar noch Forschungsarbeit, um den Prozess effizienter zu machen. Diesen Schritt können wir aber parallel zum Aufbau einer Anlage im Megawattbereich gehen.“

Der Luftfahrtsektor könnte weitgehend CO₂-neutral werden

Alle heute zugelassenen Herstellrouten von SAFs verlangen eine Beimischung von mindestens 50 Prozent fossilen Kerosins.

WIE AUS WASSER UND KOHLENSTOFFDIOXID KEROSIN WIRD

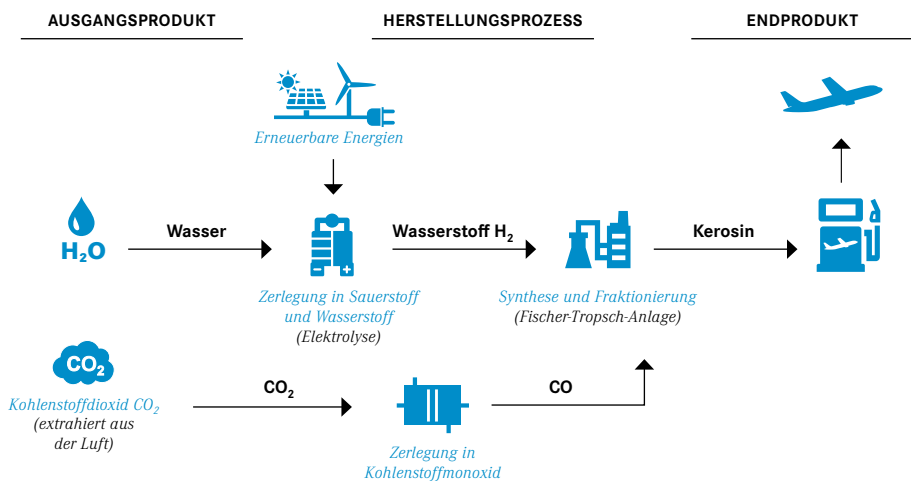
Power-to-liquid (PtL):

Erneuerbare Energie
+ Wasser
+ CO₂

= Kerosin

Power-to-liquid-Verfahren (PtL)

Das Power-to-Liquid-Verfahren ist zukunftsweisend: Dabei wird Wasserstoff mit erneuerbarer Energie erzeugt, mit Kohlenstoffdioxid zu Kohlenwasserstoffen synthetisiert und zu einem Flüssigkraftstoff aufbereitet.



Grüner tanken ——— Synthetische Kraftstoffe müssen in der Luftfahrt möglichst bald zur Verfügung stehen, um die selbst gesetzten Ziele der Branche zur Reduzierung des CO₂-Ausstoßes zu erreichen.

„Herstellrouten, die keine Beimischung mehr benötigen, werden aber bereits untersucht. Umfangreich eingesetzt, würden SAFs die CO₂-Bilanz der Luftfahrtbranche sofort spürbar verbessern“, so Donus. MTU verfolge auch weiterhin die Entwicklung der StL-Technologie, sagt Donus. „Aktuell scheint PtL aber einen Schritt voraus zu sein.“ Ohne Subventionen sei der Aufbau einer PtL-Industrie allerdings nicht zu stemmen, so Donus. Sizmann und Batteiger sehen das auch so. „Wie schnell wir die Technologien ausrollen können, hängt vom politischen Willen und von der Entwicklung der Kosten für den Einsatz von Erdöl ab. Eine Sun-to-Liquid-Anlage würde auf 38 Quadratkilometern Fläche rund 300.000 Liter synthetisches Kerosin pro Tag produzieren – knapp eine Airbus-A380-Tankfüllung. Die PtL-Technologie mit Solarstrom brauche in etwa die gleiche Fläche, so Batteiger. Wind-

strom wäre zwar platzsparender, dafür sinke aber die Akzeptanz für die Windräder.

Aufgrund der vergleichsweise geringen Transportkosten für flüssige Kraftstoffe ist eine Produktion großer Mengen synthetischer Kraftstoffe vor allem in Regionen sinnvoll in denen viel Wind oder Sonne vorhanden ist. Rund ein Prozent der Wüstenfläche würden ausreichen, um den weltweiten Bedarf der Luftfahrt mit synthetischen Kraftstoffen zu decken, so Batteiger. Mit etwa 300.000 Quadratkilometern wäre das Gebiet fast so groß wie Deutschland. „Für Biokraftstoff würde man mindestens die zehnfache Fläche brauchen – auf landwirtschaftlich nutzbaren Böden“, so Batteiger. „PtL und StL sind daher trotz aller Herausforderungen unsere besten Optionen, Fliegen CO₂-neutral zu gestalten.“

ZUSAMMENARBEIT BEI SYNTHETISCHEN KRAFTSTOFFEN

MTU Aero Engines beteiligt sich an der Forschung zu SAFs über die Mitgliedschaften bei dem Forschungsinstitut Bauhaus Luftfahrt aus München und der aireg (Aviation Initiative for Renewable Energy in Germany e.V.) mit Sitz in Berlin. Die gemeinsame Initiative, in der die MTU den Arbeitskreis Kraftstoffnutzung leitet, setzt sich für die Verfügbarkeit und Verwendung von erneuerbaren Energien in der Luftfahrt ein, um die ehrgeizigen

CO₂-Minderungsziele der Luftverkehrswirtschaft zu erreichen. Dazu kooperiert die aireg mit verschiedenen wissenschaftlichen Instituten in Deutschland, unter anderem dem Karlsruhe Institut of Technology (KIT), dem FZ Jülich und dem DLR oder der Technischen Universität Hamburg. Diese Forschungseinrichtungen sind ebenso wie weitere Unternehmen und auch das Bauhaus Luftfahrt Mitglieder in der aireg.



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



Mehr zum Thema: www.aeroreport.de



Autor:

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

„Wir beschleunigen Innovationen“

Dr. Carsten Subel, Leiter des Inno Lab bei der MTU, über die globale Suche nach Technologie-Trends und die Bedeutung einer Unternehmenskultur, in der Innovationen gedeihen.

Autor: Thorsten Rienth

Herr Subel, die MTU ist weltweit bekannt für ihre fortschrittliche Triebwerkstechnologie. Wozu benötigt sie ein eigenständiges Inno Lab?

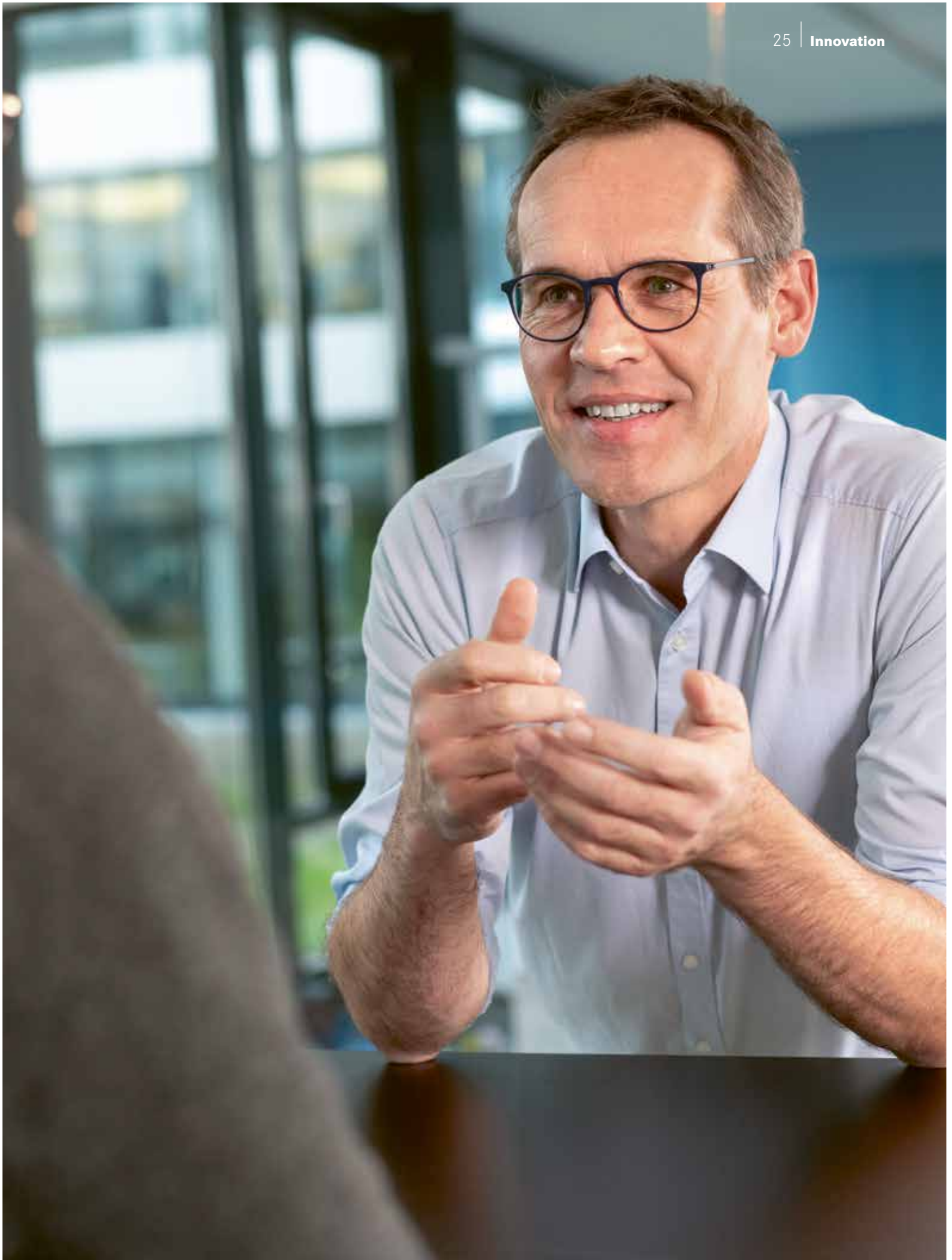
Dr. Carsten Subel: Die MTU ist ein kreatives und innovatives Unternehmen. Unsere Entwicklungsingenieure testen seit Jahrzehnten die Grenzen der Ingenieurwissenschaften aus und verfügen über ein exzellentes Netzwerk mit Hochschulen und Forschungseinrichtungen. Das Inno Lab steht nicht im Wettbewerb zu unseren Entwicklungsabteilungen. Es erweitert unsere Innovationsfähigkeiten und hat Prozesse, Produktverbesserungen, neue Services und Geschäftsmodelle im Blick. Es ist ein zweites Gleis, auf dem wir Ideen intern beschleunigen können. Einer unserer Slogans lautet: „New ideas quickly prototyped“ – wir entwickeln Ideen schnell zu Prototypen. Allerdings geht es uns nicht nur um Ideen, sondern um Innovationen. Zu einer Innovation wird eine Idee erst, wenn sie vom Kunden angenommen wird und sich durchsetzt. Mit den Prototypen können wir gut prüfen, ob eine reale Nachfrage für ein neues Produkt oder eine Idee besteht. Geschwindigkeit ist unser Wettbewerbsvorteil.

Richtet sich das Inno Lab eher an interne oder an externe Kunden?

Subel: Wir richten unser Augenmerk stark nach innen. Wir sind kein Dienstleister, der externe Kunden ansprechen möchte. Wir sorgen dafür, dass neue Themen bei der MTU angenommen werden. Grundsätzlich verfolgt das Inno Lab drei Ziele: Wir suchen nach Trends. Wir generieren Ideen. Und wir fördern eine Unternehmenskultur, in der Innovationen gedeihen.

Ideen lassen sich generieren?

Subel: Auf sehr vielfältige Weise sogar! Ideen können beispielsweise zu jeder Zeit von jeder Kollegin und jedem Kollegen bei der MTU zu uns getragen werden. Vor einigen Wochen hat das Inno Lab zu einem „Call for Ideas“ aufgerufen. Viele MTU-Mitarbeiter haben Ideen eingereicht und in sogenannten Pitches persönlich für sie geworben. Die Bandbreite an Vorschlägen war enorm. Sie reichten von konkreten Produktentwürfen wie einem bionischen Wärmetauscher über ein neues Lichtkonzept, das die Gesundheit der Mitarbeiter fördert, bis hin zu





Dr. Carsten Subel

Der Leiter des Inno Lab bei der MTU ist fasziniert davon, neue Ideen schnell zu Prototypen zu entwickeln. Nur so lässt sich herausfinden, ob überhaupt eine reale Nachfrage für ein neues Produkt oder eine Idee besteht.

„Im Inno Lab identifizieren wir zunächst eine Technologie mit Potenzial, dann machen wir konkrete Anwendungsfelder für sie bei der MTU aus.“

Dr. Carsten Subel,

Leiter des Inno Lab bei der MTU Aero Engines

verbesserten Kommunikationsabläufen, die auf der Interaktion über digitale Plattformen basieren. Ideen können sich auch erst aus der Vielzahl von Einzelgesprächen ergeben. So ist uns in vergangenen Monaten aufgefallen, dass es ein Thema gibt, mit dem sich Kollegen aus den unterschiedlichsten Unternehmensbereichen bereits beschäftigen, weil sie großes Potenzial in ihm erkennen: „Machine Vision“, das „maschinelle Sehen“.

Worum handelt es sich dabei?

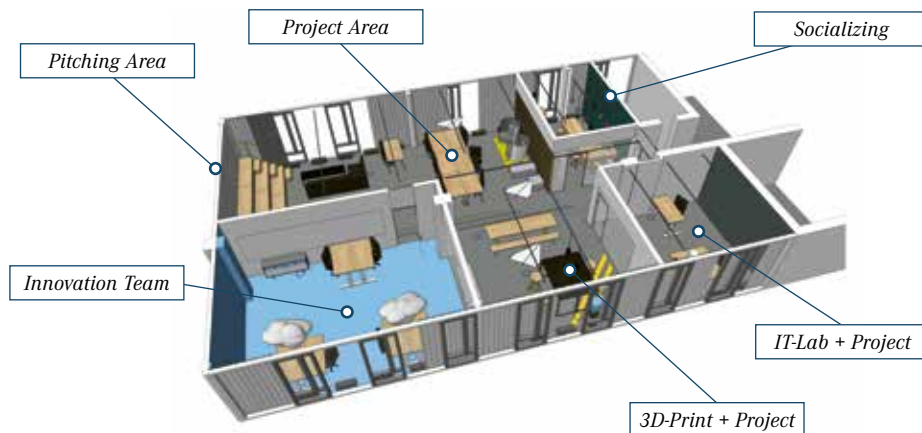
Subel: Darunter versteht man die computergestützte Lösung von Aufgaben, die sich an den Fähigkeiten des Menschen orientiert, zu sehen – und dann zu handeln. Vereinfacht gesprochen handelt es sich um Kamera-Computer-Systeme, die Abweichungen in Materialien erkennen oder Bauteile nach einer Demontage automatisch erfassen. Es ist ein Teilgebiet der Künstlichen Intelligenz. Wir haben erkannt: Bei der MTU gibt es reihenweise Anwendungsmöglichkeiten für Machine Vision. Und es gibt einige an der Technologie interessierte Kollegen, die wir

nun zusammenführen können. Das Thema war also geradezu prädestiniert, um vom Inno Lab als Innovationsbeschleuniger gefördert zu werden.

Künstliche Intelligenz ist zweifellos eines der spannendsten Themen der Gegenwart. Sie haben erwähnt, dass Sie im Inno Lab nach globalen Trends scouten. Warum ist das wichtig?

Subel: Beim Scouting geht es zunächst einmal darum, dass wir aufmerksam sind und keine Technologien verschlafen, die anderswo bereits erfolgreich eingesetzt werden. Zusätzlich versuchen wir frühzeitig zu erkennen, wenn sich neue Trends am technologischen Horizont abzeichnen. Hierfür zapfen wir neue Quellen an. Wir recherchieren zum Beispiel, ob es in jüngster Zeit in einem Bereich eine auffällig hohe Zahl neuer Patentanmeldungen gegeben hat. Wir schauen uns auch an, an welchen Themen Start-Ups arbeiten. Oder wir werten im Internet aus, welche Trends Unternehmen und Menschen weltweit

INNO LAB: BIETET FREIRAUM – VERBINDET KOMPETENZEN



Viel Raum für Ideen — Das Inno Lab der MTU befindet sich nicht direkt auf dem Werksgelände in München, grenzt aber unmittelbar an dieses an. In seinen hellen Räumen ist alles so angelegt, dass kreativ gearbeitet werden kann. Eine gemütliche Küche dient dem Socializing. In der „Pitching Area“ gibt es eine kleine Tribüne für Publikum und eine Bühne, auf der neue Konzepte vorgestellt werden. Und es gibt einen Bereich in dem ein 3D-Drucker, auf dem Prototypen hergestellt werden können, untergebracht ist.

antreiben, suchen so nach Megatrends und deren konkreten Anwendungen für uns. Mobilität ist zum Beispiel ein Megatrend, Konnektivität ein anderer. 2019 kreisten die Trends oft um das Zusammenwirken von Mensch und Maschine. Wenn uns ein Trend schon bewusst ist, erfahren wir so, dass wir auf dem richtigen Weg sind. Und wenn uns ein Trend noch nicht bewusst ist, greifen wir ihn auf. Im Inno Lab identifizieren wir zunächst eine Technologie mit Potenzial, dann machen wir konkrete Anwendungsfelder für sie bei der MTU aus. Im Falle der Entwicklung von Machine Vision haben wir parallel Start-Ups kontaktiert und an Bord geholt – im kreativen Austausch entwickeln wir jetzt Prototypen.

Und dieser Austausch fördert die kreative Unternehmenskultur, die Sie sich zum Ziel gesetzt haben?

Subel: Exakt. Uns geht es stets um einen Spannungsbogen zwischen Problem und Lösung. Nicht jeder, der zu uns kommt, hat eine Idee. Genauso wertvoll sind für uns diejenigen Kollegen,

die auf Probleme hinweisen. Wer ein Bewusstsein für Innovationen entwickelt hat, kann im Austausch mit anderen auf völlig neue Ideen kommen. Auch ganz zufällig, beim Mittagessen.

Haben Sie das so erlebt?

Subel: Neulich saßen zwei Kollegen in der Kantine zusammen. Der eine berichtete von seinem Hobby, der Astrofotografie: Es sei sehr schwierig, zwei helle Sterne vor einem dunklen Hintergrund abzulichten, da sich die Lichtquellen gegenseitig überstrahlen. Allerdings sei das Problem lösbar, berichtete der Kollege, er besitze eine entsprechende Filter-Software, mit der sich die Überstrahlung reduzieren lasse. Nun wurde wiederum der andere Kollege hellhörig, weil er bei der MTU die Problematik kennt, dass sich bei der optischen Qualitätsprüfung Fehlstellen auf spiegelnden und glänzenden Turbinen-Schaufeln nur schlecht erkennen lassen. Mit der Idee, dass sich diese Technologie auch bei der MTU anwenden ließe, sind die Kollegen zu uns ins Inno Lab gekommen. 🌐



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



Mehr zum Thema: www.aeroreport.de




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



Zukunft im Anflug

Mehr als 100 Unternehmen weltweit arbeiten an Flugtaxis. Die Konzepte unterscheiden sich in den Einsatzszenarien und ihren technischen Details erheblich. Sechs Ansätze.

Autor: Denis Dilba



Das Rennen um den Luftraum unter den Wolken ist in vollem Gange: Nahezu täglich erscheinen Meldungen über Startups und Unternehmen, die ein meist vollelektrisches und autonomes Flugtaxi entwickelt haben wollen, das kurz vor dem Durchbruch steht. Oft ist das übertrieben, mancher Prototyp wird auch wieder in der sprichwörtlichen Schublade verschwinden – aber allein die Vielzahl der unterschiedlichen Projekte lässt nicht nur Experten davon ausgehen, dass es nicht mehr allzu lange dauern wird, bis die ersten Flugtaxis einsatzbereit sind. Eine aktuelle Studie der Unternehmensberatung Horváth & Partners geht etwa davon aus, dass Flugtaxis bereits ab 2025 in großen Städten auf ersten, festgelegten Routen Passagiere

transportieren. Probefläge werden sogar schon in wenigen Monaten erwartet. Aber nicht nur in staugeplagten Metropolen könnten die kleinen Fluggeräte zum Einsatz kommen: auch für Gebiete mit wenig ausgebauter Infrastruktur, vielen Inseln oder Bergen sehen Unternehmen sinnvolle Anwendungsszenarien. Kurz: Überall dort wo der direkte Weg durch die Luft viel Zeit spart. Unternehmen wittern das ganz große Geschäft. Auf umgerechnet 1,36 Billionen Euro könnte der Markt für autonome Lufttaxis bis 2040 wachsen, schätzen die Analysten von Morgan Stanley Research. Welche Konzepte sich dann durchgesetzt haben werden, wird sich zeigen. Der MTU **AEROREPORT** stellt sechs Entwicklungen exemplarisch vor.



Cora by Wisk

Wisk wurde 2019 als Joint Venture vom Luftfahrtkonzern Boeing und dem Startup Kitty Hawk gegründet.

Das selbstfliegende Lufttaxi Cora hat seit 2017 bereits mehr als 1.000 Testflüge absolviert.



Cora Der Senkrechtstarter hat 12 Rotoren auf den Tragflächen und eine Spannweite von 11 Metern.

**Kitty Hawk Cora:
Rotoren auf dem Flügel**

Schon im Oktober 2017 zog das Flugtaxi Cora am Himmel über der Südinsel Neuseelands seine Kreise. Zu diesem Zeitpunkt wussten allerdings nur Kenner, was sie da sahen. Erst ein halbes Jahr später bestätigte das vom Google-Mitbegründer Larry Page finanzierte US-Startup Kitty Hawk die geheimen Testflüge seines voll-elektrischen und autonomen Fliegers.

Zwölf Rotoren auf den beiden Flügeln mit einer Spannweite von knapp elf Metern lassen Cora

senkrecht starten. Mit einem weiteren Propeller am Heck fliegt sie dann wie ein herkömmliches Flugzeug weiter. Die Reichweite gibt Kitty Hawk mit „anfangs 40 Kilometer plus Reserve“ an. Zeitgleich kündigte die Firma einen kommerziellen Flugtaxi-Dienst in Neuseeland an. Zum Startzeitpunkt will sich Kitty Hawk allerdings nicht weiter äußern. Prof. Dr.-Ing. Florian Holzapfel, Leiter des Instituts für Flugsystemdynamik der Technischen Universität München (TUM), geht aber davon aus, dass schon 2020 mit Probetrieb zu rechnen ist: „Das Projekt Cora hat einen sehr hohen Reifegrad und wird vermutlich eines der ersten kommerziellen Flugtaxis am Himmel sein.“





Volocopter 2X

Der Prototyp mit 18 Rotoren hob zuletzt in Singapur ab. Künftig soll er auch in San Francisco fliegen.

Volocopter: Drohne mit vielen Rotoren

Ebenfalls Hoffnungen auf den Titel „erstes kommerzielles Flugtaxi“ macht sich der deutsche Hersteller Volocopter. Das Unternehmen, an dem die Autokonzerne Daimler und Geely beteiligt sind, schrieb 2011 schon einmal Luftfahrtgeschichte: Damals ließ Volocopter zum ersten Mal überhaupt einen bemannten und rein elektrisch betriebenen Senkrechtstarter abheben. Mitte August 2019 hat das Unternehmen mit dem VoloCity nun die vierte Generation des Fluggeräts vorgestellt. Er soll 2021 den Linienbetrieb

in Singapur starten. Die Kreuzung aus Drohne und Hubschrauber für zwei Personen hat 18 Rotoren und soll mit Strom aus Lithium-Ionen-Batterien 35 Kilometer weit fliegen können. Die Reichweite ist damit zwar vergleichsweise gering, Volocopter hält seine Konfiguration aber für „das ideale on-demand Flugtaxi für die Innenstadt.“ Experte Holzapfel sieht solche helikopterartigen Konzepte im Nachteil gegenüber Flugtaxis, die im Reiseflug Tragflächen nutzen können. „Das ist die deutlich effizientere Lösung, was zumeist auch die deutlichen Reichweitevorteile zeigen.“



VOLOCOPTER

Volocopter GmbH

2011 gründeten der Softwareingenieur Stephan Wolf und sein Jugendfreund, der Unternehmer Alexander Zosel, die Volocopter GmbH. Das Unternehmen mit Sitz im baden-württembergischen Bruchsal, nahe Karlsruhe, hat mittlerweile über 150 Mitarbeiter und Büros in München und Singapur.



Die Taxidrohne soll künftig von Hochhausdächern aus starten - und so den Stau überfliegen.



Der Jet soll in Zukunft Direktverbindungen zwischen Städten ermöglichen.



Lilium GmbH

Erst 2015 gegründet, beschäftigt das Startup aus Weßling bei München heute bereits 350 Mitarbeiter.

**Lilium:
schwenkbare Mantelpropeller**

Der Lilium Jet wird zwar in jedem Fall noch ein paar Jahre brauchen, um autonom und elektrisch im Linienbetrieb zu fliegen – dafür sind seine Entwickler aber so überzeugt von ihm, dass sie bereits angekündigt haben, eine Flugtaxi-Fabrik zu bauen. Ab 2025 sollen pro Jahr mehrere hundert der Jets nahe dem Firmensitz der Lilium GmbH in Oberpfaffenhofen bei München produziert werden. Das fünf-sitzige Fluggerät mit 36 Elektromotoren und ebenso vielen schwenkbaren Mantelpropellern,

das im Mai 2019 erstmals unbemannt abhob, hat nach Angaben von Lilium die erste Testphase mit Geschwindigkeiten von bis zu 100 Kilometern pro Stunde erfolgreich absolviert. Dass der senkrecht startende und landende Mini-Jet aber tatsächlich die vom Unternehmen vollmundig beschriebenen 300 km/h Spitze erreicht und dann mit einer Akku-Ladung 300 Kilometer weit kommt, bezweifeln viele Luftfahrtexperten. Lilium-Chef Daniel Wiegand sagt hingegen, dass die Fortschritte in der Entwicklung so schnell wie geplant liefen. Ab 2025 wolle man an mehreren Standorten weltweit den Passagierbetrieb beginnen.

Insgesamt 36 vollelektrische Jetmotoren verleihen dem fünf-sitzigen Senkrechtstarter-Flugtaxi eine maximale Leistung von 2.000 PS.



Das Silent Air Taxi bringt vier Passagiere plus Pilot ohne Zwischenstopp bis zu 500 Kilometer weit.



Silent Air Taxi: bodenständig, schnell umsetzbar

Anders als andere Flugtaxis kann das Silent Air Taxi (SAT) nicht senkrecht starten und landen, es wird auch nicht vollelektrisch abheben und zumindest anfangs nicht autonom fliegen. Das alles ist laut der Entwicklerfirma e.SAT aus Aachen aber genau so gewollt: Das 300 km/h schnelle Kleinflugzeug mit einer Reichweite bis zu 500 Kilometern hat einen hybrid-elektrischen Antrieb, Platz für vier Passagiere plus Piloten und soll ab

2024 Direktverbindungen zwischen bestehenden Flugplätzen ermöglichen. „Wir müssen keine neue Infrastruktur bauen und benötigen auch keine neuen Regularien – dazu minimiert unser Hybridantrieb den Bedarf an schweren Batterien“, sagt e.SAT-Geschäftsführer Prof. Dr.-Ing. Peter Jeschke. Die MTU engagiert sich bei der Entwicklung und dem Bau des hybriden Antriebsstrangs. Die Detailauslegung soll 2021 starten. „Wir hoffen 2022 erstmals abheben zu können“, so Jeschke.

e.SAT

e.SAT GmbH —
Der Hersteller von elektrohybriden Flugzeugen wurde 2018 gegründet. Sitz des Unternehmens, das von den drei RWTH-Professoren Frank Janser, Peter Jeschke und Günther Schuh geleitet wird, ist Aachen.

Durch den besonders leisen Fan ist ein Überflug nicht von Alltagsgeräuschen zu unterscheiden.



ALAKA'I TECHNOLOGIES

Alaka'i Technologies
Das 2015 gegründete Startup hat seinen Sitz in Hopkinton, Massachusetts.



Skai Anders als andere Lufttaxis setzen die Macher von Skai auf einen Brennstoffzellenantrieb.

In weniger als zehn Minuten tankt Skai genug Wasserstoff um 640 Kilometer weit fliegen zu können.



Die maximale Zuladung des Fluggeräts soll 450 Kilogramm betragen – genug für fünf Personen.

Skai: Abheben mit Wasserstoff

Lithium-Ionen-Batterien als Energiequelle in Flugtaxis hält das US-Startup Alaka'i Technologies aus Massachusetts für zu schwer – und setzt bei seinem Konzept, das zusammen mit BMW Designworks entwickelt wurde, auf eine Brennstoffzelle. Skai, der Ende November 2019 präsentierte Prototyp, bietet fünf Passagieren Platz, wird von sechs Elektromotoren angetrieben und soll 640 Kilometer Reichweite bieten. Solche Distanzen seien möglich, da ein Pfund komprimierter Wasserstoff 200 Mal mehr Energie enthält als

eine gleich schwere Batterie, sagt Firmengründer Brian Morrison. Bei einem Tempo von 137 km/h im Schnitt kann Skai vier Stunden elektrisch fliegen, gibt das Startup an. Der Prototyp sei voll funktionsfähig, der Erstflug stehe kurz bevor.

TUM-Forscher Holzapfel schließt einen derartigen Brennstoffzellenantrieb zwar nicht generell aus, „aber ohne schnellentladefähige zusätzliche Batterien, wird ein Brennstoffzellen-Flugtaxis nicht abheben können“, so der Experte. „Der Start braucht einfach sehr viel Energie auf einen Schlag, das ist Physik.“






Von sogenannten Vertiports aus – etwa auf Parkhausdächern – soll der Uber Air starten und landen.

Uber Air: die Design-Überraschung

Ab 2023 will auch der Fahrdienst-Vermittler Uber abheben: „Uber Air“, der Flugtaxi-Service des Unternehmens aus San Francisco, soll in den beiden US-Städten Dallas und Los Angeles sowie in der australischen Metropole Melbourne starten. Testflüge sind dort bereits in 2020 geplant. Unklar ist allerdings noch wie die Fluggeräte aussehen werden, die dann abheben sollen: Zwar hat Uber drei unterschiedliche Referenzmodelle designt und technische Vorgaben dafür gemacht, die Entwicklung der Flugtaxis übernehmen aber ver-

schiedene Partnerfirmen, darunter Aurora Flight Sciences (Boeing), Bell, Pipistrel und Embraer. Klar ist bereits, dass in den Uber-Fliegern vier Passagiere plus Pilot bei einer Geschwindigkeit von rund 240 km/h knapp 100 Kilometer weit transportiert werden sollen. Eine autonome Flugoption schließt man künftig nicht aus.

Den Unterschied beim Uber-Air-Dienst, der von Plattformen auf Hochhäusern, Parkplätzen oder mehrstöckigen Mega-Skyports starten und landen soll, macht der Preis: Der Flug soll nicht mehr als eine normale Uber-Fahrt mit dem Auto kosten. 

Uber

Uber Air _____ *Der Fahrdienst-Vermittler aus San Francisco arbeitet daran seinen Dienst in die Luft auszuweiten.*



So könnte das Uber-Lufttaxi aussehen – das finale Design des Fluggeräts ist noch nicht festgelegt.



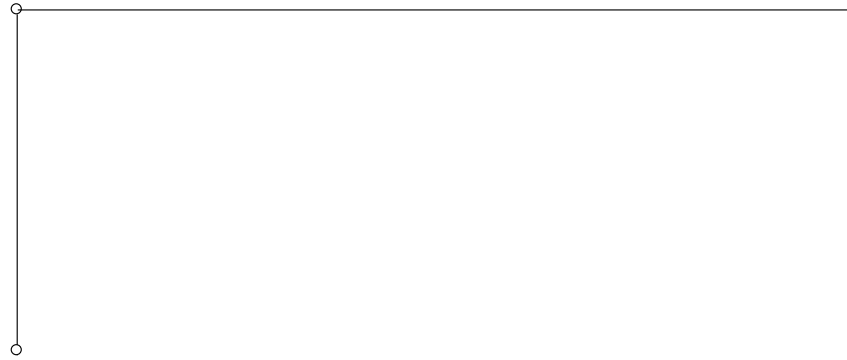
Fragen, Wünsche, Anregungen? Hier erreichen Sie die Redaktion:
aeroreport@mtu.de



Mehr Infos finden Sie unter:
www.aeroreport.de

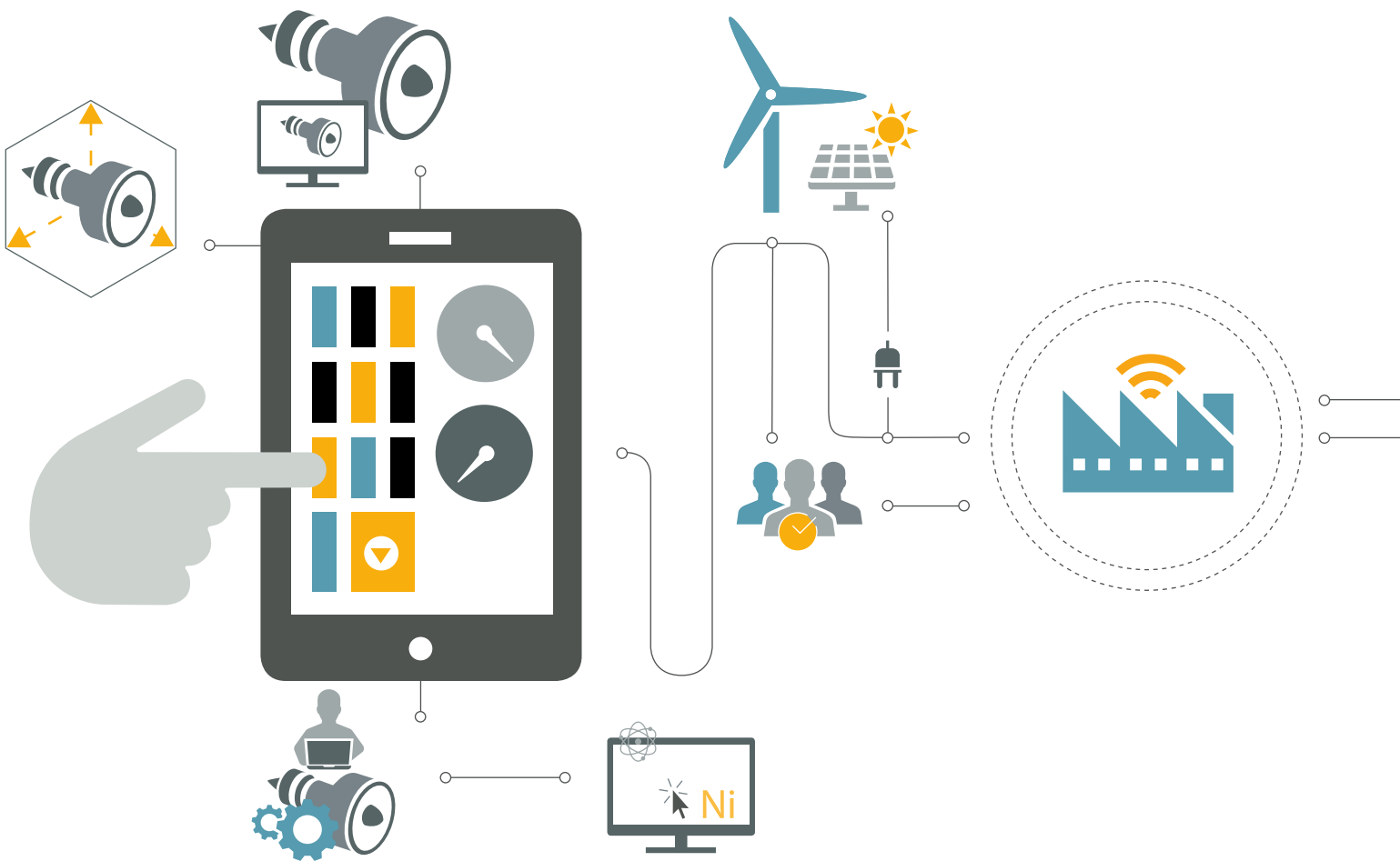


Autor:
Denis Dilba studierte Mechanik, besuchte die Deutsche Journalistenschule und gründete das digitale Wissenschaftsmagazin Substanz. Er schreibt über verschiedenste Themen aus Technik und Wissenschaft.



Flexibilität in der Fertigung

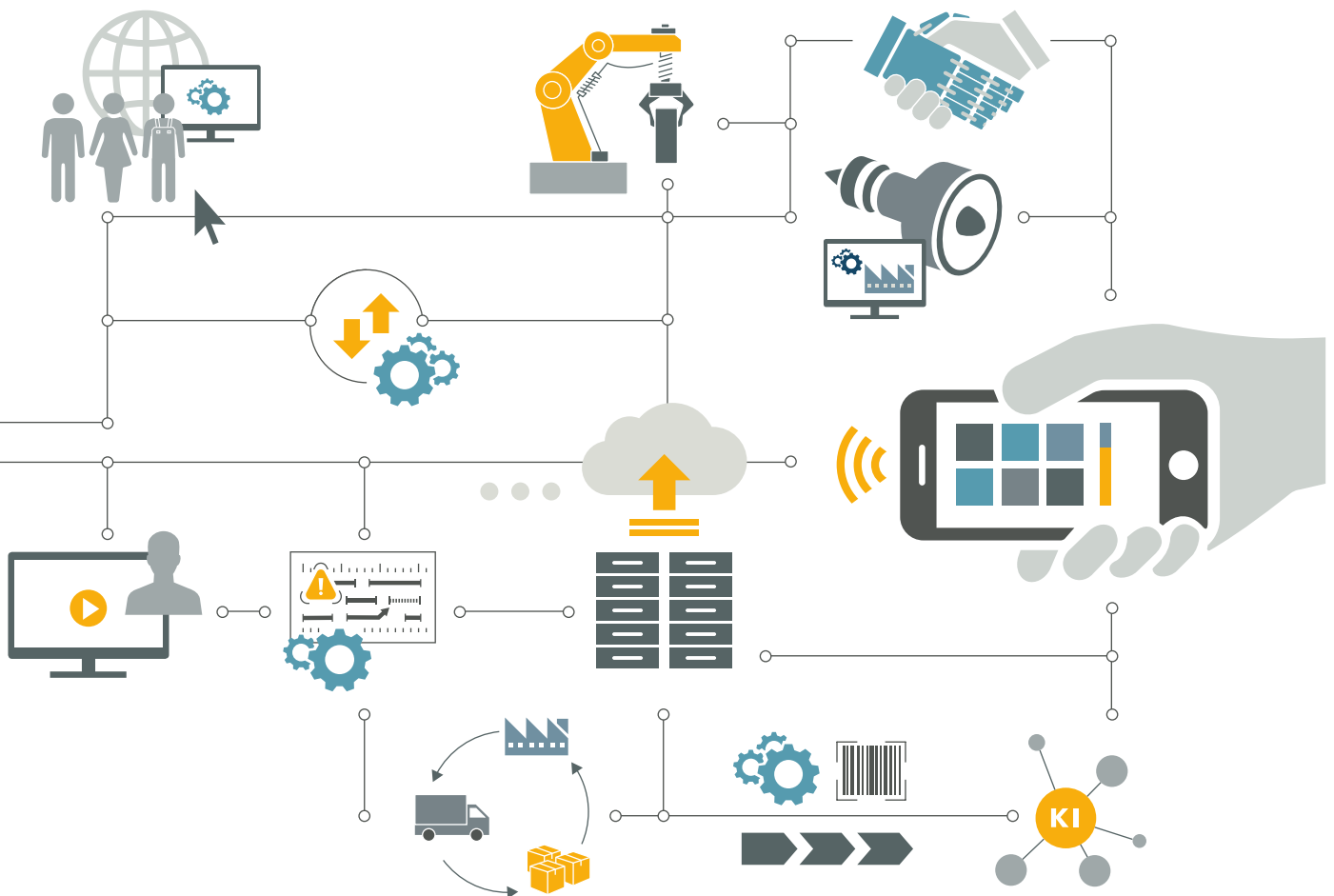
Mit Hilfe intelligenter Automation können auch Kleinserien und einzelne Bauteile in einem überschaubaren Kostenrahmen produziert werden. So wird die Vision der individuellen Massenproduktion Realität, die nicht nur die Produktionskosten senkt, Entwicklungszyklen verkürzt und die Qualität verbessert, sondern gleichzeitig auch höhere Produktionsmengen ermöglicht.



Im Hürdenlauf zur Smart Factory

Luftfahrtunternehmen müssen zusätzliche Herausforderungen auf dem Weg zur intelligenten Produktion meistern. MTU Aero Engines zeigt, dass sich der Aufwand lohnt.

Autor: Denis Dilba





Als Ulrich Peters 1985 bei der MTU Aero Engines anfang, war die Smart Factory noch Lichtjahre entfernt. „Jede Abteilung hatte damals genau einen Computer. Wer ihn nutzen wollte, musste sich über eine Liste den Platz reservieren“, erinnert sich der heutige Bereichsleiter Produktion. Wenn man in dieser alten Welt eine Produktionshalle betrat, standen dort dutzende Maschinen, die als einzelne Systeme nichts miteinander zu tun hatten. Zwischen ihnen arbeitete eine Vielzahl von Menschen. Die einen bedienten die Anlagen, die anderen sorgten für die Versorgung mit Rohmaterialien und Werkzeugen, wieder andere führten teilweise mehrfach Fertigungserprobungen durch oder befassten sich im Fall von Abweichungen mit der Ermittlung und Beseitigung der Ursachen. Dann trat der Computer seinen Siegeszug an, der aufgrund der zunehmenden Vernetzung durch das Internet weiter beschleunigt wurde. Heute ist die MTU-Produktion in vielen Bereichen hochgradig digitalisiert. Das Ziel dieser Entwicklung: die Smart Factory.

Cyber-physikalische Produktionssysteme entscheiden autonom

Hinter der Vision der intelligenten Fabrik steckt eine Fertigung, die per zunehmender künstlicher Intelligenz autonom agieren kann – also weitgehend ohne menschliche Eingriffe in den direkten Produktionsprozess funktioniert. Sie soll nicht nur die Produktionskosten senken, die Entwicklungszyklen verkürzen und die Prozessstabilität verbessern, sondern gleichzeitig auch höhere Produktionsmengen ermöglichen. Die Maschinen in der Smart Factory sind daher nicht nur digital, sondern auch mechanisch miteinander vernetzt. Mit Hilfe von Sensoren und smarten Algorithmen erkennen sie die aktuelle Ist-Situation, vergleichen die

se mit den Vorgaben der digitalen Bauteildefinition und passen ihre Programme entsprechend an. Experten wie Peters sprechen von sogenannten cyber-physikalischen Systemen. Diese smarten Maschinen werden schon heute nicht mehr einzeln von Mitarbeitern bedient oder mit Bauteilen bestückt. Moderne Produktionsmaschinen hängen an einem Logistiksystem, das zentral von einigen wenigen Mitarbeitern mit Arbeitsmaterial versorgt wird.

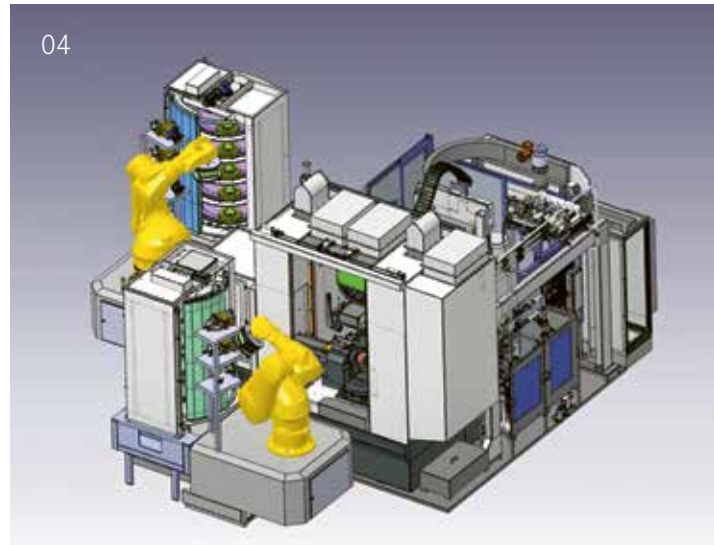
Auch bei der MTU laufen solche Fertigungsanlagen schon heute zum Teil mehrere Tage völlig autonom. „Wir sind dem Ziel der Smart Factory schon deutlich nähergekommen“, sagt Peters. Trotzdem werde es noch eine Herausforderung, in den kommenden Jahren alle Teile der Fertigung auf Smart-Factory-Niveau zu bringen. Das liegt vor allem daran, dass es nicht „die“ Smart Factory gibt. Sie ist vielmehr je nach Branche und auch je nach Stand der Digitalisierung des jeweiligen Unternehmens unterschiedlich ausgeprägt. Eine Blaupause zur Umsetzung sucht man vergeblich. „Gerade die Luftfahrtindustrie weist einige Besonderheiten gegenüber anderen Branchen auf, die den ohnehin nicht einfachen Weg zur Smart Factory noch etwas aufwendiger werden lassen“, sagt Richard Maier, Leiter der Produktionsentwicklung bei der MTU Aero Engines. Da wären zum Beispiel die wesentlich längeren Produktlebenszyklen und geringeren Stückzahlen zu nennen, so Maier.

Die Luftfahrtbranche hat erhöhte Anforderungen an die Smart Factory

Anders ausgedrückt: Die Luftfahrtbranche baut weniger Produkte, die länger halten. „Bei Triebwerken gehen wir von Lebensdauern von 25 bis 30 Jahren aus“, sagt Peters. Und bei den Stück-



- 01** — Das patentierte bodengeführte Montagesystem für den A320neo-Antrieb ermöglicht einen fließbandähnlichen Zusammenbau (in acht Schritten).
- 02** — In der Bliskhalle sorgt ein IT-gesteuertes Logistiksystem für den autonomen Fluss von Bauteilen und Werkzeugen.
- 03** — Auch die Fertigung von Turbinenschaufeln per Roboter läuft bereits vollkommen ohne menschlichen Eingriff.
- 04** — Frei bewegliche mobile Robotersysteme werden bald für die vollautomatisierte Lagerung von Bauteilen und Werkzeugen sorgen.



zahlen montiert die MTU zusammen mit Pratt & Whitney aktuell 100 GTF™ Triebwerke pro Monat. Zum Vergleich: Automobilunternehmen kommen im gleichen Zeitraum auf mehrere zehntausend Fahrzeuge; der Produktzyklus beträgt ca. 5 bis 7 Jahre. Die Autobauer sind daher bei der Umsetzung der Smart Factory bereits weiter fortgeschritten. Die Luftfahrtbranche kann in der Regel nicht auf solche großen Stückzahlen hin optimieren: „Um erst etliche Prototypen zu bauen und dann Nullserien und Testläufe zu fahren, sind unsere Produkte zu teuer“, sagt Peters. Und bei sehr geringen Stückzahlen bis hin zur Einzelfertigung – die sogenannte Losgröße 1 – sind die Flexibilitäts- und Genauigkeitsanforderungen an unsere Anlagen deutlich höher. „Wir müssen auch einzelne Bauteile fertigen können, ohne den kompletten Produktionsablauf zu stören“, erklärt Peters.

Gleichzeitig gelten für Luftfahrtprodukte, im Speziellen für Triebwerkskomponenten, deutlich höhere Anforderungen an Qualität und Sicherheit und damit etwa auch an die Fertigungsüberwachung und die Dokumentationspflichten – was die Smart Factory dort teuer macht. Weitere Schwierigkeiten beschreibt Dr. Martin Roth, Fachexperte für Industrie-4.0-Projekte bei der MTU Aero Engines: „Unsere Fertigungsprozesse unterliegen strengen Vor-

gaben und werden nach der Zertifizierung eingefroren. Daher können wir Abläufe oder Parameter nicht einfach ändern, da dies eine erneute und kostenintensive Prozessabnahme bedeutet.“ Dazu kommen hohe Auflagen an die Cybersicherheit. Neben einer akribischen Wirtschaftlichkeitsrechnung brauchen Smart-Factory-Einzelprojekte daher vor allem Zeit. Technologien, wie Sensorik, 3D-Druck, Big-Data-Analysen und allen voran die Simulation per digitalem Zwilling, seien aber nun soweit fortgeschritten, dass sich viele Smart-Factory-Projekte trotz der zusätzlichen Hürden auch für die Luftfahrtbranche rechnen, so Peters.

An mehr smarterer Automatisierung führt in Zukunft kein Weg vorbei

In immer mehr Bereichen hat die MTU sowieso keine Wahl mehr: „Beim Getriebefan geht es schon heute nicht mehr ohne smarte Automatisierung. Wir hätten sonst keine Chance, die eng tolerierten Bauteile prozessstabil herzustellen und auf die geforderten Stückzahlen zu kommen“, sagt Peters. Der erfolgreiche MTU-Kurs auf die Smart Factory bedeute übrigens mitnichten Stellenabbau, so der Bereichsleiter Produktion. „Wir haben die Zahl unserer Mitarbeiter in den letzten Jahren stark aufgestockt.“ 🌐



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



Mehr zum Thema: www.aeroreport.de



Autor:

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

Greifvögel als Gehilfen _____

Vögel, die in den Luftraum über einem Flughafen eindringen, sind eine Gefahr für den Luftverkehr. Um sie zu vertreiben, werden häufig Greifvögel eingesetzt.



Mit 300 km/h auf Konfrontationskurs

Die Kollision mit einem Vogel oder gar einem Vogelschwarm kann in der Luftfahrt verheerende Folgen haben. Unterschiedliche Strategien helfen, Schäden zu vermeiden.

Autorin: *Monika Weiner*

Kollisionen mit Vögeln – sogenannter „Vogelschlag“ – verlaufen meist glimpflich, verursachen jedoch jährlich Schäden in Höhe von rund 2 Milliarden Dollar. „Allein in Deutschland registrieren wir im Jahr um die 2.500 Fälle: Beschädigungen treten meist an Triebwerken, Radom, Flügelvorderseiten und Fahrwerk auf“, berichtet Christian Hellberg, Geschäftsführer des deutschen Verbandes für biologische Flugsicherheit DAVVL e.V.. Der Verband wurde in den 1960er Jahren gegründet, um Maßnahmen zur Prävention von Vogelschlag zu erarbeiten. Zu den Mitgliedern zählen u.a. alle deutschen Verkehrsflughäfen, Airlines aber auch die Hersteller von Flugzeugen sowie Pilotenvereinigungen.

Die gefährlichsten Momente sind Start und Landung: Bis zu einer Flughöhe von 500 Metern teilen sich Flugzeuge den Luftraum mit ihren natürlichen Vorbildern – und die halten sich weder an Luftverkehrs- noch Rechtsvorschriften. „Am schlimmsten sind Schwärme. Sie können erhebliche Schäden verursachen. Flughäfen in Meeresnähe, wo es Gänse und Möwen gibt, sind besonders gefährdet. Hier ist die ständige Beobachtung des Luftraums besonders wichtig“, betont Hellberg.

Um Kollisionen zu vermeiden, beschäftigen alle Flughäfen eigene Vogelschlagbeauftragte, die darauf spezialisiert sind, das Flughafengelände für Vögel unattraktiv zu machen: Pflanzen, die Nahrung bieten oder sich als Versteck bzw. zum Nestbau eignen, sind tabu, Bäche und Tümpel ebenfalls. Als Bewuchs sind langhalmige Gräser am besten geeignet, zwischen denen kleine Vögel nicht landen und Greifvögel nicht jagen können.

Zu dieser „passiven Vergrämung“ durch die Gestaltung des Ökosystems kommt das Monitoring: Größere Vögel oder Vogelschwärme lassen sich mit Radar und IR-Kameras lokalisieren. Die Informationen laufen beim Vogelschlagbeauftragten zusammen, gegebenenfalls kann dieser dann Warnmeldungen an Flugsicherung und Piloten schicken.

Im Notfall hilft oft nur ein „Bird Controller“, der die Vögel durch aktive Vergrämung aus dem Luftraum über dem Flughafen vertreibt. Das Spektrum der Maßnahmen reicht hier von Vogelscheuchen über Pyrotechnik, Laser, Knallgasexplosionen bis hin zu regelmäßigen Besuchen professioneller Falkner, die mit ihren



„Das Ziel ist es, die Sicherheit zu erhöhen, indem man durch geeignete Strukturen katastrophale Schäden verhindert: Die Bauteile müssen so gestaltet sein, dass sie durch Vogelschlag nicht zerstört, sondern nur deformiert werden, gleichzeitig aber ihre Funktion behalten, damit das Flugzeug sicher weiterfliegen kann.“

Dr. Nathalie Toso,

Institut für Bauweisen und Strukturtechnologie des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR)

Falken, Bussarden und Eulen das Gebiet bejagen. Vogelähnliche Drohnen, die Robirds, die an Flughäfen in Großbritannien, den Niederlanden und USA bereits eingesetzt werden, sind in Deutschland – zumindest bisher – nicht zugelassen.

Durch die verschiedenen Präventionsmaßnahmen sei es in Deutschland gelungen, den Vogelschlag – in der Fachsprache Wildtierschlag genannt – in den letzten 40 Jahren um 60 bis 80 Prozent zu senken, berichtet Hellberg. Gleichzeitig sei das Risiko größerer Schäden bei einigen Vogelarten gestiegen, weil die Anzahl großer Vögel wie Gänse, Kraniche, Reiher oder Kormorane zum Teil deutlich zugenommen habe. Grund dafür seien Naturschutzmaßnahmen und die europaweite Einschränkung der Jagd.


Simulationen für den Ernstfall

Die Kräfte, denen ein Flugzeug standhalten muss, wenn es in der Startphase mit einigen Hundert Stundenkilometern auf einen bis zu vier Kilo schweren Vogel trifft, sind enorm. „Diese zu berechnen ist eine besondere Herausforderung, denn hauptsächlich rechnen wir in der Luftfahrt mit gleichbleibenden, also statischen Kräften, die während des Fluges auftreten. Die Kollision mit einem Vogel stellt jedoch eine dynamische Strukturbelastung dar, die nur Bruchteile von Sekunden dauert“, erklärt Dr. Nathalie Toso vom Institut für Bauweisen und Strukturtechnologie des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR). Ihr Team entwickelt spezielle Computermodelle, die durch Experimente mit einem Kunstvogel – einem Vogeldummy – verifiziert werden. Mit Hilfe der Modelle können die Forscher am Rechner Zusammenstöße mit unterschiedlichen Flugeschwindigkei-

ten, Aufprallwinkeln und Vogelgrößen simulieren. Die virtuelle Testumgebung hilft, Bauteile, die durch Vogelschlag besonders gefährdet sind – Flügelvorderkante, Cockpit-Scheiben, Leitwerkvorderkante und Fahrwerk –, so zu designen, dass sie einem Aufprall standhalten. „Das Ziel ist es, die Sicherheit zu erhöhen, indem man durch geeignete Strukturen katastrophale Schäden verhindert: Die Bauteile müssen so gestaltet sein, dass sie durch Vogelschlag nicht zerstört, sondern nur deformiert werden, gleichzeitig aber ihre Funktion behalten, damit das Flugzeug sicher weiterfliegen kann“, erklärt die Abteilungsleiterin.

Im Notfall den Weiterflug zu ermöglichen, ist auch das oberste Ziel der Triebwerksentwickler. Die Antriebe werden schon in der Designphase so konzipiert, dass sie den hohen dynamischen Belastungen, die bei einem Vogelschlag auftreten, widerstehen.

Härtetest auf dem Prüfstand

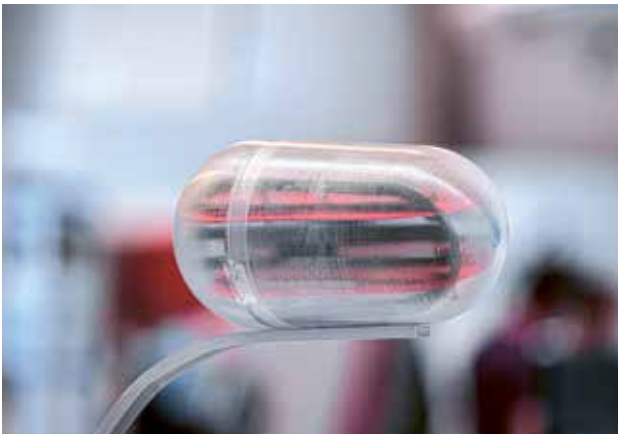
Die Stunde der Wahrheit kommt für ein neues Triebwerk dann mit der Zulassungsprüfung: Jedes neue Triebwerk muss die von der Europäischen Agentur für Flugsicherheit EASA beziehungsweise der amerikanischen Federal Aviation Administration FAA vorgegebenen Tests bestehen: Der Vogelschlag wird im Beisein eines Prüfers auf dem Teststand simuliert. Bestanden hat ein Triebwerk nur, wenn es nach dem Aufprall und einer definierten Erholungsphase noch mindestens 75 Prozent der Leistung erbringt, sowie ein nachfolgendes Testprogramm erfolgreich absolviert. „Die Prüfkriterien sind so gewählt, dass das Flugzeug nach einem Vogelschlag noch sicher landen kann“, erklärt Volker Westphal, Fachstellenleiter Validierung bei MTU. 



Natürliche Feinde schützen vor Vogelschlag _____ Um Flughäfen für Vögel unattraktiv zu machen, engagieren die Betreiber oftmals Falkner. Diese bringen speziell ausgebildete Greifvögel mit, die auf dem Gelände jagen.



Vogelschlagprävention am Boden _____ Mäuse und Kaninchen, die den Flughafen bevölkern, locken Fressfeinde an. Der Iltis hilft, sie aufzustöbern und zu vertreiben.



Kunstvogel für mehr Sicherheit _____ Um zu ermitteln, welche Belastungen die Kollision mit einem Vogel erzeugt, hat ein Forscherteam beim DLR einen Vogel-Dummy entwickelt. Dessen physikalische Eigenschaften sind vergleichbar mit denen eines echten Vogels gleicher Masse.



Den Aufprall erforschen _____ In der Beschussanlage beschleunigt eine Gaskanone Vogeldummies auf hohe Geschwindigkeiten. Auf diese Weise können die Forscher einen Aufprall simulieren und untersuchen, welche Auswirkungen ein Vogelschlag auf Flugzeugteile hat.



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



Mehr zum Thema: www.aeroreport.de



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

Im Dreamliner zum Südsee-Traum

118 Inseln mitten im endlosen Südpazifik, das ist Französisch-Polynesien. Ohne Luftverkehr wäre das Leben für Touristen und Einwohner undenkbar.

Autor: *Andreas Spaeth*



AIRTAHITI NUI



Blau wie der Pazifik
*Bereits mehrere Auszeichnungen
hat die Fluggesellschaft für ihr
außergewöhnliches Farbkleid
bekommen.*





AIR TAHITI NUI

Air Tahiti Nui

Seit 1998 bringt die nationale Fluggesellschaft Französisch-Polynesiens Touristen auf die Inselgruppe inmitten des Pazifiks.



Hingucker

Vier werksfrische Boeing 787-9 mit einer besonderen Bemalung ersetzen die bisherige Flotte von fünf Airbus A340-300.

Ein Blick auf den Globus reicht und es ist klar, dass die magische Inselwelt von Französisch-Polynesien extrem weit entfernt liegt von allen großen Zentren der Zivilisation, irgendwo ganz unten im endlosen Blau der Südsee. Tahiti, die Hauptinsel, und das ganze französische Übersee-territorium mit insgesamt 283.000 Einwohnern auf 118 Inseln und Atollen lebt von Besuchern. Aber sie sind auch Gefangene dieser Ablegenheit – nach Los Angeles sind es rund acht Flugstunden; die nächste Großstadt ist Auckland in Neuseeland, fünf Flugstunden entfernt. Kein Wunder, dass die Inseln im Jahr nur so viele Touristen empfangen wie das zu den USA gehörende Hawaii weiter nördlich in einer einzigen Woche.

Aber ohne Besucher wäre das Territorium nicht überlebensfähig, andere nennenswerte Wirtschaftszweige gibt es nicht. Von entscheidender Bedeutung sind also gute Anbindungen auf dem Luftweg – und zwar auf allen Ebenen. Im Langstreckenverkehr kommen vor allem die großen

Touristenströme aus dem Mutterland Frankreich, gut 21 Stunden Reise entfernt, und Urlauber aus dem näheren Nordamerika unter die Palmen des Atolls Bora Bora und der anderen Insel Schönheiten. Der Flugverkehr zwischen den Inseln befördert Touristen an ihre Ziele und ermöglicht Einheimischen den Weg zur Außenwelt.

Die „große“ Air Tahiti

Air Tahiti Nui heißt die nationale Fluggesellschaft Französisch-Polynesiens, „Nui“ steht für „groß“. Sie wurde 1998 gegründet und flog viele Jahre mit einer Flotte von zuletzt fünf Airbus A340-300. Erst seit Mitte 2019 hat sich die Gesellschaft komplett neu erfunden: Mit einer Flotte aus vier werksfrischen Boeing 787-9, die überall, wo sie auftauchen, mit ihrer eigens entworfenen neuen Bemalung zum absoluten Hingucker geworden sind. Das leuchtend tiefe Blau lässt sofort an das türkisblaue Wasser der Südsee denken. Die weiße Tiare-Blüte am Heck ist die Nationalblume, jeder Passagier erhält beim Einsteigen

Tahiti erleben Tahitianische Tänzerinnen stimmen die Passagiere bereits auf die Sitten und Bräuche in ihrem Land ein. Das Ziel von Air Tahiti Nui: Beim Betreten des Fliegers sollen sich die Passagiere so fühlen, als wären sie bereits im Paradies angekommen.





Vielfältige Fauna

Die zahlreichen Korallenriffe bieten einen hervorragenden Lebensraum für unzählige Lebewesen – beispielsweise für Haie, Rochen und allerhand bunte Fische.

sen ist. Damit kann ab Los Angeles nach Papeete die kürzeste Route gewählt werden, was nochmal bis zu 15 Minuten Flugzeit spart.

Die meisten Tahiti-Reisenden wollen weiter nach Bora Bora, der wichtigsten Resort-Insel, 50 Flugminuten vom Hauptstadtflughafen entfernt. Um die pure Südsee-Idylle zu erreichen, besteigen die Passagiere eine ATR-72 von Air Tahiti, der Regionalgesellschaft und Lebensader des Inselverkehrs. Obwohl die insgesamt elf ATRs von Air Tahiti ab Papeete 46 Inseln anfliegen, macht die „Rennstrecke“ nach Bora Bora fast ein Viertel des gesamten Passagieraufkommens von zuletzt 826.000 Fluggästen (2018) aus.

Inselhopping mit Einzelstrecken von bis zu vier Flugstunden

Die besondere Herausforderung für die Insel-Airline liegt vor allem in der riesigen Ausdehnung Französisch-Polynesiens. Man-

che Eilande und Atolle liegen fast vier Turboprop-Flugstunden entfernt von Papeete, das entspricht der Entfernung von Paris nach Stockholm, und die schwächsten Strecken generieren manchmal weniger als 300 Passagiere – pro Jahr. Die mehrheitlich private Regionalgesellschaft erhält keinerlei staatliche Subventionen und muss sich daher anders behelfen. „Bei uns bezahlen die Touristen die Lokaldienste mit“, erklärt Air Tahiti-CEO Manate Vivish die Quersubvention.

Wer es sich leisten kann, mietet sich in Tahiti, der Nachbarinsel Moorea oder auf Bora Bora auch ganz exklusiv einen Hubschrauber. Dafür hat Air Tahiti Nui mit dem französisch-schweizerischen Marktführer HBG extra eine Tochterfirma gegründet. Sightseeing-Flüge rund um die über 2.000 Meter hohen, von dichtem Grün überwucherten Berggipfel auf Tahiti oder die atemberaubende Aussicht auf Moorea und Bora Bora von oben geben dem Paradies nochmal eine ganz neue Dimension.

Paradischer Ausblick Die Tochterfirma Air Tahiti Nui Helicopters bietet auf den Inseln Tahiti, Moorea und Bora Bora Sightseeing-Flüge mit modernen Airbus-Hubschraubern an.



Tahitian Dreamliner — Auf jeder Seite der Boeing 787-9 stellen zwei rote Linien die Flagge Französisch-Polynesiens dar.



GENx



GENx — Das Triebwerk kommt im Boeing 787-Dreamliner und in der Boeing 747 zum Einsatz. Die MTU Aero Engines deckt den kompletten Lebenszyklus des Turbinenzwischengehäuses ab.

Das GENx von GE Aviation, ein Triebwerk der nächsten Generation, ist für Langstreckenflugzeuge mittlerer Kapazität konzipiert. Es beruht auf der bewährten Architektur des GE90 und soll das höchst erfolgreiche CF6, das meistverkaufte Triebwerk für Großraumflugzeuge, ersetzen. Dank der Verwendung

neuester Werkstoffe und Auslegungsverfahren konnten Gewicht, Lärmemission und Instandhaltungskosten gesenkt und die Leistung gesteigert werden.

Die MTU ist als Risk-and-Revenue-Sharing-Partner mit einem Anteil von 6,65 Prozent am GENx-Programm beteiligt und für die Entwicklung, Fertigung, Montage und Instandhaltung des Turbinenzwischengehäuses verantwortlich. Dabei kann die MTU auf ihre Erfahrungen mit dem Turbinenzwischengehäuse für das GP7000 zurückgreifen, das sich als äußerst zuverlässiges Bauteil erwiesen hat.



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.



jetBlue
AIRWAYS

jetBlue Airways — Die amerikanische
Fluggesellschaft hat ihren Sitz in New York City.
Die mehr als 22.000 Crew-Mitglieder wickeln über
1.000 Flüge täglich ab.

Fliegen mit Stil

Die Low-Cost-Airline JetBlue Airways treibt die Preise auf allen ihren Routen nach unten, bietet Kunden dennoch viele Annehmlichkeiten – bald auch auf Transatlantikflügen.

Autorin: Victoria Nicholls

Wenn Robin Hayes, CEO von JetBlue Airways, eine Sache an Flugreisen ändern könnte, dann würde er den Glamour zurückbringen. Mit der Zeit hätten Fluggesellschaften unter dem Kostendruck immer mehr auf zusätzliche Services und Luxus verzichtet, sagt er. „Eines meiner besten Flugerlebnisse hatte ich in einer Concorde“, berichtet Hayes. „Aber heute erinnern Flüge mitunter fast an Busreisen. Das Flair fehlt.“ JetBlue zeige jedoch, dass es auch anders geht. „Wir machen Fliegen wieder zu einer Wohltat“, fügt Hayes hinzu. Der Kunde sollte nicht zwischen Service und niedrigen Preisen wählen müssen, findet der CEO. Stolz verweist er darauf, dass JetBlue in den USA die größte Beinfreiheit in der Economy-Klasse biete, zudem kostenfrei Getränke, Snacks und Highspeed-WLAN an Bord.

Trotz der bei JetBlue gebotenen Annehmlichkeiten lassen sich einige Dinge beim Fliegen aber nicht vermeiden – dazu gehört leider auch der Jetlag. Hayes Tipp lautet, sich schnellstmöglich an die Zeitzone des Zielorts anzupassen. Fliegt er beispielsweise um 20 Uhr (Eastern Time) von New York nach London, wo es dann bereits 1 Uhr nachts ist, versucht er, nach dem Boarding schnellstmöglich einzuschlafen.

Dieser Trick dürfte besonders hilfreich werden, wenn JetBlue ab Anfang 2021 von den USA aus auch transatlantische Flüge anbietet. Aktuell sieht die Planung Flüge von New York, dem Hauptsitz der Airline, und Boston, New England, nach London vor. Mit 26 A321 Long Range (LR) und Xtra Long Range (XLR), die JetBlue bereits bestellt hat, ist Hayes zuversichtlich, dass zusätzliche europäische Strecken folgen werden. Zudem hat er weitere Zielorte in Lateinamerika im Visier.

Neben den LR- und XLR-Maschinen wurden zudem über 120 A220 und A321neo geordert, die JetBlues bestehende Flotte aus 60 E190 sowie knapp 200 A320 und A321 verstärken werden.

Die Geheimzutat

In Hayes Augen hebt sich JetBlue vor allem durch seine Unternehmenskultur von der Konkurrenz ab. Motivierte und begeisterte Mitarbeiter sind ihm wichtig, „denn eine zufriedene Crew überträgt dieses Gefühl an die Kunden und leistet einen besseren Service“. Wenn sich die Gelegenheit bietet, setzt er sich für ein kurzes Gespräch zur Cockpitcrew und legt auch selbst mit Hand an, wenn das Flugzeug vor dem Weiterflug am



Robin Hayes —
CEO von JetBlue Airways, ist seit 2008 bei der Airline und übernahm 2015 den Posten an der Unternehmensspitze. Davor war der gebürtige Brite 19 Jahre in verschiedenen Rollen bei British Airways tätig. Der diplomierte Ingenieur und Avioniker arbeitet seit über 30 Jahren in der Luftfahrtbranche.



JetBlue Mint — Der persönlichere Service ist auf die Bedürfnisse des modernen Reisenden zugeschnitten.

JETBLUE AIRWAYS



42 Mio.

Passagiere jährlich



Mehr als **22.000**

Crew-Mitglieder



Über **1.000**

Flüge täglich



Fast **100**
Zielorte - ein Drittel aller
Zielflughäfen von JetBlue -
liegt in Lateinamerika und
der Karibik.

Flughafen gereinigt wird. „Bei uns gilt: Jedes Mitglied der JetBlue-Crew packt nach der Landung mit an, egal ob Flugbegleiter oder Chief Executive Officer.“ Aus diesem Grund sitzt er auch lieber am Gang als am Fenster – von hier aus kann er schneller mithelfen. Alle zwei Wochen reist Hayes außerdem nach Florida, um an der Onboarding-Veranstaltung für neue Mitarbeiter teilzunehmen.

Das Konzept scheint zu fruchten. 2019 war ein großartiges Jahr für JetBlue: Der Aktienkurs des Unternehmens stieg um knapp 20 Prozent und bescherte den Aktionären einen ordentlichen Kursgewinn. In einer derart konsolidierten Region wie Nordamerika, in der vier alteingesessene Fluggesellschaften 80 Prozent des Markts halten, ist das eine beachtliche Leistung. Mit einem Marktanteil von derzeit fünf Prozent bietet JetBlue in den Augen Hayes eine wichtige Alternative für Kunden. „Wenn zwei eingesessene Fluggesellschaften auf einer Strecke konkurrieren, geht es am Ende darum, wer von den beiden mehr verlangen kann. Aber wenn JetBlue diese Strecke

bedient, sinken die Preise. Als wir 2014 JetBlue Mint für Flüge vom Nordosten an die Westküste der USA einführten, halbierten sich die Preise für Premiumflüge und der Markt wuchs.“

Diese Entwicklung sieht Hayes in naher Zukunft auch für transatlantische Flüge. „Die Preise sind obszön hoch. Die Zeit ist reif für einen Low-Cost-Anbieter, der den Markt diszipliniert, die Preise senkt und die Verfügbarkeit steigert. Reisende können sich also freuen.“

Preise auf Talfahrt

Bei der Weitergabe von Kostenvorteilen an die Kunden muss die Airline natürlich sicherstellen, dass auch die eigene Kostenbasis möglichst wirtschaftlich ist. So hat es sich JetBlue zum Ziel gesetzt, seine Kosten bis 2020 um jährlich 250 bis 300 Millionen USD zu senken. Vor diesem Hintergrund unterzeichnete die Fluggesellschaft mit der MTU einen exklusiven 13-Jahres-Vertrag für die V2500-Pre-Select-Flotte, die 2019 rund die Hälfte ihrer 193 Airbus A320ceo antrieb. Um kostenaufwendigen Triebwerksüberholungen

vorzubeugen, umfasst der Vertrag neben der Instandhaltung, Reparatur und Überholung der Triebwerke auch die Bereitstellung von Green-Time Engines und Leasingtriebwerken. Daneben unterstützt die MTU JetBlue beim Flottenmanagement und bietet Leistungen wie Engine Trend Monitoring sowie die Zerlegung und Wiederverwertung von einsatzfähigen Teilen. Damit steigen die Wirtschaftlichkeit, Planbarkeit und Flexibilität. Die Zusammenarbeit der beiden Unternehmen begann im Jahr 2005 mit einem V2500-Vertrag und wurde 2014 mit einer Komponentenvereinbarung ausgebaut.

Die Triebwerks-MRO ist für die meisten Airlines, und somit auch für JetBlue, der größte Treiber in Sachen Instandhaltungskosten. „Wir wollten den bestmöglichen Deal für JetBlue aushandeln. Das war ein hartes Stück Arbeit, aber wir würden niemals Kompromisse bei der Qualität, Sicherheit oder Zuverlässigkeit eingehen“, erklärt Hayes.

„Da wir einen großen Teil unserer Wartung extern vergeben, sind Dienstleister für uns wichtige Partner und nicht einfach nur Anbieter“, fährt er fort. „Unsere Beziehung mit der MTU liegt uns daher sehr am Herzen. Die MTU versteht unsere Bedürfnisse und wir haben einen gemeinsamen Sinn für Werte. Das verhilft beiden Seiten zum Erfolg.“

Die Zukunft der Branche

Aber neben den Kosten beschäftigt Fluggesellschaften weltweit noch ein anderes Thema, das allertorts und in den Medien für reichlich Gesprächsstoff sorgt: Nachhaltigkeit. Die Luftfahrtindustrie verpflichtet sich beispielsweise mit CORSIA (Car-

bon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation) ihren Kohlenstoffdioxid-Ausstoß bis 2050 auf die Hälfte der Werte von 2005 zu reduzieren. „Als Industrie müssen wir neuere und treibstoffeffizientere Triebwerke einsetzen, beispielsweise den Getriebefan, der den Kraftstoffverbrauch um 16 bis 20 Prozent reduziert“, erklärt Hayes mit Blick auf das A320neo-Triebwerk PW1100G-JM, an dem die MTU einen Programmanteil von 18 Prozent hält. Auch der Bedarf an einem Markt für nachhaltige Treibstoffe sei groß. „Darüber hinaus brauchen wir weltweit effizientere Systeme für die Flugverkehrskontrolle. Wenn Flugzeuge in der Luft Warteschleifen fliegen müssen, weil sie auf ihre Landeerlaubnis warten, ist das nicht sehr effizient. Das aktuelle System ist sicher und funktioniert, basiert aber auf alter Technik.“ JetBlue unterstützt die US-amerikanische Luftfahrtbehörde (FAA) weiterhin bei der Einführung des „Next Generation Air Transportation System (NextGen)“. NextGen wird direktere Routen ermöglichen und den Treibstoffverbrauch senken, indem die Flugzeiten optimiert und die Anflugmuster verbessert werden.

Mit JetBlue Technology Ventures ist JetBlue auch im Start-up-Markt aktiv. „Wir bringen unsere ursprüngliche Mission, Reisen wieder angenehmer zu machen, auf ein ganz neues Level: Wir wollen das gesamte Reiseerlebnis, ob im Flugzeug oder in anderen Verkehrsmitteln, von A bis Z verbessern“, erklärt Hayes.

JetBlues Ziel für 2020 und darüber hinaus ist klar: „schneller, umweltfreundlicher und komfortabler reisen“.



Der JetBlue-Effekt —
Fliegen mit Stil – zu günstigen Preisen.

„JetBlues Ziel für 2020 und darüber hinaus ist klar: „schneller, umweltfreundlicher und komfortabler reisen“.

Robin Hayes
CEO von JetBlue Airways



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



Mehr zum Thema: www.aeroreport.de



Autorin:
Victoria Nicholls berichtet innerhalb der MTU-Unternehmenskommunikation über Themen wie Triebwerks-MRO, Leasing und Asset Management sowie internationale Markttrends. Die gebürtige Britin wohnt in Berlin und arbeitet an den MTU-Standorten in Hannover und Ludwigsfelde.



Visualisierung _____

Künstlicher Rauch macht die Wirbelschleppen bei den Testflügen sichtbar.



Anflüge dichter staffeln

Tests zeigen, dass vor Landebahnen installierte Platten gefährliche Wirbelschleppen von vorausfliegenden Flugzeugen deutlich schneller zerfallen lassen.

Autor: Thorsten Rienth



Platten vs. Wirbelschleppen — An diesen neun Meter langen und vier Meter hohen Platten zerstören sich die Wirbelschleppen – hier zum Beispiel die von einem Airbus A380 – praktisch selbst.



„Wir können mittlerweile die belastbare Aussage treffen, dass die Platten die Lebensdauer der langlebigen Wirbel um etwa 30 Prozent reduzieren.“

Dr. Frank Holzäpfel,

DLR-Institut für Physik der Atmosphäre, Wolkenphysik und Verkehrsmeteorologie



Gefährliche Turbulenzen — Für nachfolgende Flugzeuge sind Wirbelschleppen ein echtes Sicherheitsrisiko.

Ein bisschen sieht alles noch nach einem Geistesblitz aus der Werkstatt aus: Dunkelgrüne Lkw-Planen, straff über Holzrahmen gezogen, neun Meter lang, vier Meter hoch. An der Unterseite sind Scharniere integriert, damit sich die Platten, eine neben der anderen, über eine Bodenverankerung aufstellen lassen. Abspannleinen halten sie schließlich in

Position. Doch der Aufbau der sogenannten Plate-Lines ist alles andere als Spielerei: Aufgestellt kurz vor der Landebahn, könnte die mittlerweile vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt patentierte Konfiguration die Abstände zwischen landenden Flugzeugen verkürzen.

Rund zehn Kilometer Sicherheitsabstand müssen kleine und mittlere Flugzeuge derzeit zu vorausfliegenden schwereren Maschinen wie beispielsweise einem Airbus A380 einhalten. Grund sind Wirbelschleppen, die sich an seinen Flügelspitzen aufrollen. Dort, wo der Unterdruck der Tragflächenoberseite und der Überdruck der Tragflächenunterseite zusammentreffen.

„In den langlebigen Wirbeln steckt richtig Kraft“, erklärt Dr. Frank Holzäpfel vom DLR-Institut für Physik der Atmosphäre,

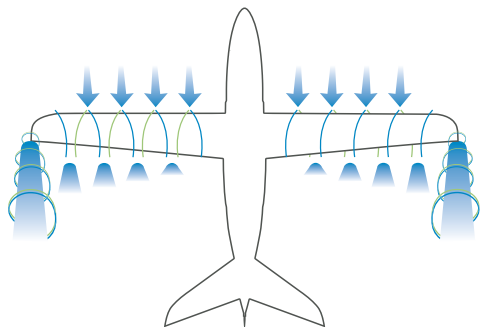
Wolkenphysik und Verkehrsmeteorologie. „Für nachfolgende Flugzeuge können sie zu einem echten Problem werden.“

Hochmodernes Testequipment

Das liegt vor allem daran, dass die Wirbel ausgerechnet im Flugpfad nachfolgender Flugzeuge gelegentlich einige Zeit verharren. Auch am Boden und an Gebäuden können die zirkulierenden Wirbel Schäden verursachen. An den vertikalen Bodenplatten, so Holzäpfels Kalkül, würden sie sich schneller abschwächen, bestenfalls sogar einfach zerfallen. Treffen die Wirbelschleppen auf die Platten, bilden sie nämlich entgegengesetzte Sekundärwirbel. Die Wirbelschleppen zerstören sich praktisch selbst.

Im Wasserschleppkanal, in Strömungssimulationen und in ersten Flugversuchen mit einem G550-Testflugzeug am DLR-Standort Oberpfaffenhofen konnten

So entstehen Wirbelschleppen



Gegenrotierende Luftwirbel ———— *Wirbelschleppen entstehen, wenn der Unterdruck der Flügeloberseite und der Überdruck der Unterseite mit großer Kraft aufeinandertreffen. Kornenzieherförmig breiten sich die Schleppen dann vor allem von den Tragflächenenden her aus.*

Holzäpfel und Kollegen den grundsätzlichen Zusammenhang bereits nachweisen. Nun hat sich das DLR mit Austro Control, der österreichischen Flugsicherung, und einigen weiteren Partnern für das Projekt „Wake turbulence separation optimisation“ zusammengetan. Ziel der vom EU-Forschungsprogramms SESAR geförderten Initiative ist es, die Wirksamkeit der Plattenkonfiguration im Live-Betrieb am Wiener Flughafen nachzuweisen.


Dazu wurde hochmodernes Testequipment installiert. Ein neuartiges und erstmals an einem Flughafen getestetes Wolkenradar liefert einen tiefen Einblick in Windrichtung und -scherung komplexer Wolken- und Niederschlagszenarien. Ein Mikrowellenradiometer erstellt ein vertikales Temperatur- und Feuchtigkeitsprofil. Umfangreiche weitere Sensorik überwacht den Aufbau. Um das alles auch direkt vor einer Landebahn installieren zu können, durchlief der Aufbau ein enormes Genehmigungsprozedere.

Aber er lohnte sich ganz offensichtlich. „Die ersten Auswertungen der Messdaten zeigen, dass die Wirbelschleppen in der Nähe der Platten tatsächlich deutlich schneller zerfallen“, berichtet Holzäpfel. „Wir können mittlerweile die belastbare Aussage treffen, dass die Platten die Lebensdauer der langlebigen Wirbel um etwa 30 Prozent reduzieren.“

Türöffner für dichtere Anflugstaffelungen

Der Wert ist allerhand. „Sehr erfreulich“, nennt ihn mit Christian Kern der Leiter Air Traffic Management bei Austro Control. „Sollte sich der Wert bestätigen, können die Plate-Lines auf allen Flughäfen für gesteigerte Sicherheit bei den nachfolgenden Flugzeugen sorgen – und im besten Fall für mehr Kapazität an den Flughäfen.“ Schließlich würden schneller verschwindende Wirbelschleppen eine dichtere Staffelung des Anflugverkehrs ermöglichen. Aufwendige Bauarbeiten zur Erweiterung der Infrastruktur ließen sich vermeiden.

Natürlich hängt all das ganz wesentlich vom Regelwerk für Landeanflüge ab, etwa jenen der europäischen Flugsicherheitsbehörde EASA. Gleichwohl: Der validierte Effekt der Platten wäre dort eine gute Voraussetzung für weiterführende Überlegungen über kürzere Abständen zwischen landenden Flugzeugen.

Das DLR will die Zeit für eine Weiterentwicklung der Plattenkombination aus Lkw-Planen, Holzrahmen und Scharnieren nutzen. „Wir arbeiten schon an der Spezifikation und Herstellung einer permanenten Platteninstallation“, berichtet DLR-Physiker Holzäpfel. 



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



Mehr zum Thema: www.aeroreport.de



Autor:

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

Talente beflügeln

Frauen, die ein naturwissenschaftlich-technisches Studium absolvieren, haben beste Karrierechancen. Ein Gespräch mit Dr. Mihaela Sorina Seitz von der MTU Aero Engines, über die Förderung von MINT-Studentinnen.

Autorin: Nicole Geffert







Dr. Mihaela Sorina Seitz — Die Leiterin Advanced Materials bei der MTU fördert MINT Studentinnen.

Dr. Mihaela Sorina Seitz, Jahrgang 1968, ist seit 2018 Leiterin Advanced Materials bei der MTU Aero Engines. Davor war sie in der Programmleitung für GE Triebwerksprogramme tätig. Weitere Stationen ihrer Karriere waren unter anderem Leiterin Repair Engineering bei der MTU Maintenance Hannover und der MTU in München, Leiterin Marketing, Sales und Customer Account sowie Executive Business Assistant für den Vorstand Zivile Instandhaltung. Zur MTU kam sie 1999 als Ingenieurin für Prozess- und Verfahrensentwicklung. Zuvor hatte sie ihr Studium an der Universität „Politehnica“ in Bukarest sowie an der Friedrich-Alexander Universität in Erlangen-Nürnberg als Dr.-Ing. Werkstoffkunde und Technologie der Metalle abgeschlossen.

Immer noch sind Frauen in Deutschland in den naturwissenschaftlich-technischen Studiengängen verhältnismäßig unterrepräsentiert. Sie möchten das ändern und unterstützen engagierte und begabte Studentinnen. Worauf zielt Ihr Engagement?

Mit zunehmenden Berufsjahren ist es für mich immer wichtiger geworden, junge Frauen, die ein sogenanntes MINT-Fach – also Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften oder Technik – studieren, persönlich zu beraten und beruflich zu begleiten. Das ist auch deshalb wichtig, weil es einerseits nach wie vor einen steigenden Bedarf an hochqualifizierten, technisch ausgebildeten Nachwuchskräften gibt. Andererseits mangelt es insgesamt an MINT-Absolventen. Mein Engagement zielt darauf ab, junge Frauen in naturwissenschaftlich-technischen Studiengängen zu ermutigen, ihre Stärken in diesen Berufen zu nutzen und sich später auch den Anforderungen einer Führungsposition zu stellen. Solange Frauen in den Ingenieurberufen zahlenmäßig noch nicht so stark wie Männer sind, ist es wichtig, sie zu fördern.

Wie sieht Ihre Förderung von MINT-Studentinnen konkret aus?

Ich engagiere mich seit einigen Jahren in dem Mentoring-Programm, das die Universität Stuttgart koordiniert und das die MTU mit Führungskräften unterstützt. Als Mentorin berate und begleite ich in diesem Programm Doktorandinnen in technisch-naturwissenschaftlichen Studiengängen. Die Motivation in der jungen Generation ist enorm. Viele der jungen Frauen haben einen sehr hohen Anspruch an sich selbst, möchten alles perfekt machen. Das kann auch mal zu Selbstzweifeln führen. Doch für sich und seine Leistung einzustehen, das kann und muss man lernen. Ich hatte das Glück, dass ich in meiner beruflichen Laufbahn Vorgesetzte hatte, die meine Leistung erkannt und honoriert haben. Ist das nicht der Fall, muss man den ersten Schritt machen, selbstbewusst nach vorne treten und auf die eigene Leistung hinweisen. Das fällt vielen Männern tatsächlich leichter. Da haben wir Frauen noch Luft nach oben.

Welche Themen bewegen die angehenden Ingenieurinnen?

Was sie sich ausdrücklich wünschen, ist Feedback: Wo stehe ich? Wie kann ich mich weiter entwickeln? Welches Potenzial habe ich? Diese Erfahrung mache ich nicht nur als Mentorin, sondern auch in meiner ehrenamtlichen Mitarbeit im Vorstand der MTU Studien-Stiftung, deren Vorsitzende ich seit 2019 bin. Einmal im Jahr organisieren wir für MINT-Studentinnen ein mehrtägiges Training zu einem bestimmten Thema. Die Studentinnen, die daran teilnehmen, bringen herausragende fachliche

Leistungen mit, sind aufgeschlossen für Neues und haben den Anspruch, Dinge zu bewegen. Sie nutzen die gemeinsamen Tage, sich auszutauschen und Netzwerke zu gründen. Mit intensivem "Networking" können sie von diesen Kontakten profitieren – sei es, um sich beispielsweise über Praktika, Auslandsaufenthalte oder berufliche Fragen auszutauschen.

Können Sie ein Beispiel nennen, wie eine MINT-Absolventin von Ihrer Beratung profitiert und in einem technischen Beruf Karriere gemacht hat?

In dem Mentoring-Programm der Universität Stuttgart habe ich eine junge Frau begleitet, die gerade ein technisches Masterstudium erfolgreich abgeschlossen hatte und nun vor der Frage stand, ob sie noch promovieren sollte. In ihrer Familie gab es niemanden mit einer akademischen Ausbildung, sie selbst hatte zunächst nur geringe Vorstellungen davon, ob eine Promotion das richtige für sie ist und wie ein späterer Einsatz in der Industrie aussehen könnte. Durch unsere Gespräche konnte ich sie darin unterstützen, eine klare Entscheidung für ihren weiteren beruflichen Weg zu treffen. Sie hat ihre Promotion bei einem führenden deutschen Forschungsinstitut abgeschlossen und war dort auch Teamleiterin. An einem für sie entscheidenden Zeitpunkt in ihrer Karriere hat sie mich erneut kontaktiert: Sie wollte wissen, wie es ist, für den Vorstand zu arbeiten. Sie ist als Projektleiterin im Bereich Technologie in einem deutschen Industrieunternehmen eingestiegen und berichtet direkt an den Technologie-Vorstand des Unternehmens.


In Ihrem Team bei der MTU Aero Engines sind Frauen und Männer gleichstark vertreten. Fördern Sie beide auch gleichermaßen?

Ich gebe jeder Mitarbeiterin und jedem Mitarbeiter den Raum, die eigenen individuellen Stärken und Fähigkeiten einzubringen. Gerade junge Mitarbeiter – Frauen wie Männer – entwickeln ihr Potenzial aber erst noch. Dann ist es optimal, wenn sie nicht nur einen Vorgesetzten, sondern auch einen Arbeitgeber wie die MTU haben, der sie fördert. Wir haben in diesem Unternehmen ein hervorragendes Schulungsangebot und ein Umfeld, das zur Weiterbildung anregt. Sie können hier als Mitarbeiter ein Leben lang lernen und Neues entdecken.



Ich ermutige meine Mitarbeiter stets, diese Chancen auch zu nutzen. Ich selbst bin ein Mensch, der immer wieder neue Herausforderungen sucht, mit Neugier an sich arbeitet. Mich begeistert es, Talente zu beflügeln, indem ich ihnen ihre Potenziale und Perspektiven aufzeige.

Gemischte Teams, heißt es, arbeiten erfolgreicher. Ist das auch Ihre Erfahrung?

Ja, und zwar wenn junge und erfahrene Kollegen, Frauen und Männer, im Team zusammen arbeiten. Die Aufgaben werden heute, bedingt auch durch die hohe Komplexität der Projekte in der Triebwerkstechnik, nicht von einem Einzelnen, sondern in interdisziplinären Teams gelöst. Diese Teamarbeit – das ist meine Erfahrung – kommt besonders Frauen zugute. Denn viele Frauen haben große Stärken in der Kommunikation und zeichnen sich durch ein besonderes Maß an Empathie und Weitsicht aus. Fachlich stehen sie Männern in nichts nach, sie arbeiten strukturiert, lösungsorientiert und bringen die Themen auf den Punkt. Frauen wird ja gern zugeschrieben, dass sie sich vor allem Wertschätzung im Job wünschen. Das tun Männer aber auch! Und, das verrate ich Ihnen gern zum Abschluss: Auch eine Führungskraft freut sich über positives Feedback ihrer Mitarbeiter. 



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.

Leises Landen

Mit dem Pilotenassistenzsystem LNAS für weniger Fluglärm will das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) Flughafen-Anwohner entlasten.



Immer wieder drehte der Test-Airbus A320 ATRA seine Runden. Bei jedem der 70 Anflüge auf die Piste 14 des Züricher Flughafens änderte die Testcrew ein kleinwenig die Parameter – Triebwerksleistung, Stellung der Landeklappen, Bremsklappen, Fahrwerk. „Wir benötigen diese Anzahl ähnlicher Anflüge, um eine breite Datenbasis zu erhalten“, erklärt Dr. Fethi Abdelmoula vom DLR-Institut für Flugsystemtechnik.

Hinter all dem Aufwand steckt das neue System LNAS. Die Abkürzung steht für Low Noise Augmentation System. Mit ihm will das DLR künftig Piloten bei den komplexen Handlungsabläufen für möglichst lärmarme Sinkflüge unterstützen. „Die sich stetig ändernden Bedingungen wie Wind und Fluggewicht machen das präzise Fliegen vertikaler Profile eines lärmarmen Anflugverfahrens hochkomplex“, sagt DLR-Testpilot Jens Heider, der bei den Flugversuchen mit im Cockpit der A320 ATRA sitzt. Physikalische Grundprinzipien könne man nicht ändern, die Zahl der akustisch ungünstigen Anflüge allerdings schon.

Das System zielt auf einen optimalen Energiehaushalt während des Anflugs ab, also auf einen möglichst kontinuierlichen Sinkflug. Dazu müssen

die Piloten ein genaues Sinkprofil einhalten und auch Fahrwerk und Landeklappen zu genauem Zeitpunkten ausfahren. Das ist deshalb so relevant, weil, anders als beim Start, beim Landeanflug der meiste Lärm nicht von den Triebwerken kommt. Er entsteht, wenn die Luft über die Landeklappen und ums ausgefahrene Fahrwerk pfeift.

Aufs Tablet projizierte Handlungsempfehlungen für die Piloten

Natürlich verursachen Anflüge im Cockpit längst genug Arbeit. Deshalb ist das LNAS als Pilotenassistenzsystem aufgebaut. Es zeigt dem Piloten auf einem Display – dem Electronic Flight Bag – auf einen Blick den optimalen Zeitpunkt für das Setzen der Landeklappen und das möglichst späte Ausfahren des Fahrwerks an. Würde der Pilot nach den Vorgaben handeln, so heißt es beim DLR, geschehe der Anflug von der Reiseflughöhe bis hinunter auf die Stabilisierungshöhe von 1.000 Fuß über Grund mit minimaler Lärmentwicklung und Treibstoffverbrauch.

Bei den Testflügen im September ging es nun darum, über Lärmmessstationen entlang der Anflugachse den zugrundeliegenden LNAS-Algorithmus zu validieren. Um die Praxistauglichkeit des Sys-




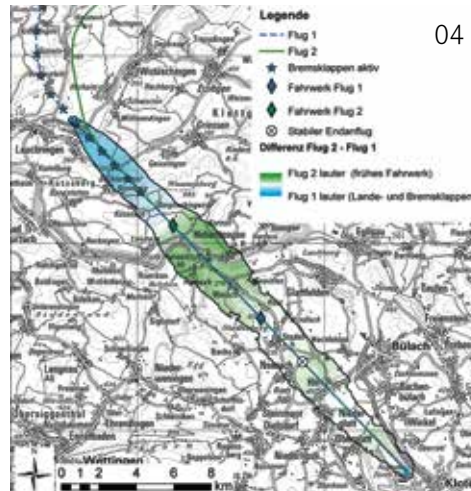
„Die sich stetig ändernden Bedingungen wie Wind und Fluggewicht machen das präzise Fliegen vertikaler Profile eines lärmarmen Anflugverfahrens hochkomplex.“

Jens Heider, DLR-Testpilot

tems zu testen, saßen neben den DLR-Testpiloten 25 teilnehmende Airline-Piloten an den Sidesticks.

In den Flugversuchen projizierte das System seine Handlungsempfehlungen noch auf ein über den üblichen Anzeigetafeln montiertes Tablet. Das DLR sieht aber gute Chancen, dass sein neues System in Zukunft einmal fest in die Bordcomputer von Flugzeugen integriert sein wird.

Als Zeichen dafür ist wohl auch zu werten, dass auf die Züricher Versuche der Startschuss für die Langzeiterprobung fiel. Seit Oktober befindet sich LNAS in 86 Flugzeugen der A320-Familie der Lufthansa am Frankfurter Flughafen im Probebetrieb. Ziel ist, umfassend Daten für statistisch belastbare Aussagen hinsichtlich Fluglärm und Treibstoffverbrauch im Regelbetrieb zu erheben. 



- 01 — Für die Flugversuche wird das Forschungsflugzeug A320 ATRA des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt verwendet.
- 02 — Von der Überwachungsstation der Flugtestinstrumentierung an Bord des Forschungsflugzeugs ATRA begleiten DLR-Wissenschaftler die Flugversuche in Zürich.
- 03 — Eine der sieben Lärmmessstationen der Empa Abteilung Akustik/Lärminderung, mit denen während des Flugversuchs der Schalldruckpegel aufgezeichnet wird.
- 04 — „Das Sinkprofil sowie die Zeitpunkte, in denen die Piloten Landeklappen und Fahrwerk ausfahren, sind für die Lärmemissionen im Anflug entscheidend.“
- 05 — Das Assistenzsystem LNAS zeigt dem DLR Testpiloten Jens Heider auf einem Display an exakt welchem Zeitpunkt er welche Handlung durchführen muss, um einen möglichst lärmarmen Anflug durchzuführen.

Starke Combo

Im Januar flog die neue Boeing 777X-9 mit ihren GE9X-Triebwerken das erste Mal.



Die „**Folding Wingtips**“ (hochklappbare Flügelenden) verkürzen die Spannweite am Boden von 71,75 auf 64,82 Meter. So schrumpft die Spannweite unter die neuralgische Marke von 65 Metern – und die „777X“ passt auch an „normale“ Flughafengates.

Auch aus aerodynamischer Perspektive macht die Überlänge der **CFK-Flügel** Sinn: Boeing begründet sie mit dem verbesserten Verhältnis von Auftrieb zu Luftwiderstand (Lift-to-drag Ratio) – und damit der Treibstoffersparnis im Reiseflug.

Das Interieur der „777X“ basiert auf dem des Boeing 787 Dreamliners. Allerdings kann Boeing unter anderem mit einer nochmals **leiseren Kabine** sowie **höherer Luftfeuchtigkeit** werben. Letzteres ist für die Atemwege der Passagiere angenehmer.

Ihre Rumpflänge von 76,72 Metern macht die Boeing 777X-9 zum **längsten Zweistrahler der Welt**.

Die Reichweite des Flugzeugs beziffert Boeing bei 426 Passagieren in einer Zweiklassenbestuhlung auf 7.285 nautische Meilen. Dies entspricht knapp **13.500 Kilometern**. Die mit 69,79 Metern etwas kürzere „777X-8“ schafft es mit 384 Passagieren sogar 8.730 nautische Meilen (16.170 Kilometer) weit.

Angetrieben wird die „777X“ von zwei **GE9X-Triebwerken**. Ausgestattet mit einem **11-stufigen Hochdruckverdichter** erzeugt der Kompressor ein Druckverhältnis von **27:1**. Das Gesamtdruckverhältnis des Triebwerks liegt bei **60:1**.

Im Sommer 2019 erhielt das GE9X seinen feierlichen **Eintrag im Guinness-Buch der Rekorde für das schubstärkste zivile Flugtriebwerk**: Auf dem Prüfstand erreichte die Engine einen **Schub von 134.300 Pfund** – ein spürbares Plus zum bisherigen Rekordhalter GE90-115B mit 127.900 Pfund.

Der **GE9X-Treibstoffverbrauch** liegt GE zufolge **um zehn Prozent unter dem des GE90-115B der Boeing 777-300ER**.



Das Triebwerk der Boeing 777X-9: GE9X-groß und sparsam.

Am GE9X-Programm ist die MTU mit einem Anteil von vier Prozent beteiligt – und in diesem Zuge für Entwicklung und Fertigung des Turbinen-zwischengehäuses (Turbine Center Frame, TCF) verantwortlich. Das Triebwerk bedeutet für die MTU nicht weniger als das Standbein in der aktuell modernsten Widebody-Flugzeuggeneration. Das TCF gehört im Triebwerksgeschäft zu den äußerst anspruchsvollen Komponenten: Dabei handelt es sich um jenen hochbelasteten Kanal, der die bis zu 1.000 Grad Celsius heißen Gase aus der Hochdruck-turbine mit möglichst geringen aerodynamischen Verlusten an Strukturbauteilen und Leitungen vorbei in Richtung Niederdruckturbine leitet. Bei dem Modul bringt die MTU langjährige Erfahrung mit: Sie steuert es bereits zu den Triebwerksprogrammen GP7000 (Airbus A380) und GENx (Boeing 787 Dreamliner und 747-8) bei.

Kostenlose Abo-Bestellung

**AEROREPORT Printausgabe zweimal pro Jahr
zu Ihnen auf den Schreibtisch. Druckfrisch und kostenlos.**



SCAN ME



**Sie möchten die AEROREPORT Printausgabe immer
druckfrisch zu Ihnen auf den Schreibtisch? Aber die
Postkarte für die Gratis-Bestellung ist schon weg?**

Dann bestellen Sie Ihre persönliche Ausgabe einfach unter
<https://aeroreport.de/de/kontakt>
oder QR-Code scannen, das Online-Formular zur
Printausgaben-Bestellung ausfüllen und absenden.



SCAN ME



**AEROREPORT Newsletter bestellen – ganz einfach –
kostenlos und jederzeit kündbar:**

Unser Newsletter informiert Sie monatlich per Mail über
Themen aus der Welt der Luftfahrt. Registrieren Sie sich
einfach unter <https://aeroreport.de/de/newsletter>
oder QR-Code scannen, das Online-Formular ausfüllen
und absenden.

**Jetzt gratis
bestellen.**

Die AEROREPORT-
Printausgabe
erscheint zwei-
mal jährlich im
Frühjahr und im
Herbst auf Deutsch
und Englisch.
Bestellen Sie das
Magazin bequem
per Antwortkarte
oder online unter:
<https://aeroreport.de/de/kontakt>
und Sie erhalten
Ihr Exemplar gratis
zugeschickt.

**Abonnieren Sie
sich auch den
monatlichen
AEROREPORT-
Newsletter.**
Kostenlos und
jederzeit kündbar.
Einfach im Web
registrieren unter:
<https://aeroreport.de/de/newsletter>

AEROREPORT 01/20
Das Luftfahrtmagazin der MTU Aero Engines | www.aeroreport.de

Herausgeber

MTU Aero Engines AG
Eckhard Zanger
Leiter Unternehmens-
kommunikation und
Public Affairs

Redaktionsleitung

Dongyun Yang

Redaktion

Antje Endter
Eleonore Föhling
Patricia Hebbing
Isabel Henrich

Anschrift

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

Autoren

Denis Dilba, Nicole Geffert,
Victoria Nicholls, Thorsten
Rienth, Andreas Spaeth,
Monika Weiner

Layout

SPARKS CONSULTING GmbH,
München

Bildnachweis

Titel	MTU Aero Engines	36_39	MTU Aero Engines
3	MTU Aero Engines	40_43	picture alliance / dpa / Markus Scholz, MTU Aero Engines, DLR, Sven Meurs
6_19	MTU Aero Engines	44_49	Shutterstock, Air Tahiti, MTU Aero Engines, Andreas Spaeth
20_23	SUN-to-LIQUID research facility in Mostoles, Spain, Photo by Abel Valdenebro ©ARTTIC 2017; Shutterstock	50_53	JetBlue Airways
24_27	MTU Aero Engines	54_57	DLR
28_35	MTU Aero Engines, e.SAT GmbH, Wisk Aero LLC., Volocopter GmbH, Lilium GmbH, Alaka'i Technologies, Uber Technologies Inc.	58_61	MTU Aero Engines
		62_65	Shutterstock, DLR, MTU Aero Engines, Boeing

Druck

EBERL PRINT GmbH,
Immenstadt

Online

ADVERMA Advertising und
Marketing GmbH, Rohrbach

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

