



WIR MACHEN ES LEICHTER

INSTITUT FÜR BAUWEISEN UND STRUKTURTECHNOLOGIE



FORTSCHRITT LEICHT GEMACHT.

Das Institut für Bauweisen und Strukturtechnologie hat ein großes Ziel: unsere Zukunft leichter zu machen. An den Standorten Stuttgart und Augsburg entwickeln wir Hochleistungsstrukturen für Luft- und Raumfahrt, Fahrzeugbau und Energietechnik, die weit über konventionelle Optimierungen hinausgehen – und echte Technologiesprünge ermöglichen.

Die Basis unserer Arbeit ist das Zusammenspiel aus hochleistungsfähigen, temperaturbeständigen Materialien und modernster, digitaler Technik. Durch diese Kombination entstehen neue Bauweisen, die dem Leichtbau in Montage, Systemintegration und Recycling ungeahnte Wege eröffnen.

In fünf Abteilungen und in enger sowie strategischer Zusammenarbeit mit dem Institut für Frontier Materials auf der Erde und im Weltraum treiben wir täglich den technischen Fortschritt voran. Vom Werkstoff über Demonstratoren bis hin zur automatisierten Produktion setzen wir dabei auf klimafreundliche, effiziente und ressourcenschonende Lösungen.



INTRO	02
EINBLICK INS INSTITUT	04
MISSION & VISION	08
STUTTGART & AUGSBURG	10
UNSERE FORSCHUNGSBEREICHE	12
UNSERE ANLAGEN	24
DAS DLR	30

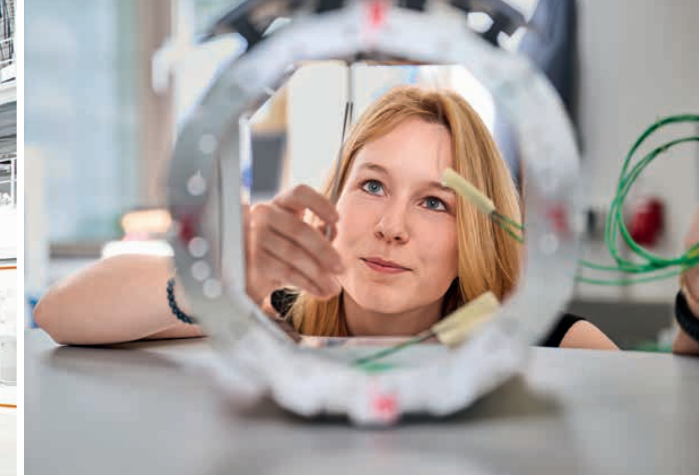
EINBLICKE INS INSTITUT



» INNOVATION IST DAS ZUSAMMENSPIEL AUS
MENSCH UND TECHNIK. WIR VERBINDEN
INSPIRIERENDEN TEAMGEIST MIT ZUKUNFTS-
WEISENDER INFRASTRUKTUR. UND SIND SO
IMMER EINEN SCHRITT VORAUS. «

UNIV.-PROF. DR.-ING.
MICHAEL KUPKE
Institutsdirektor

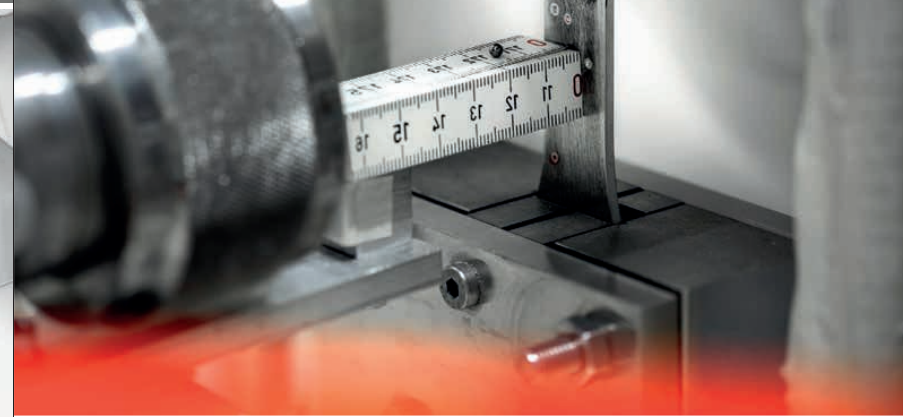
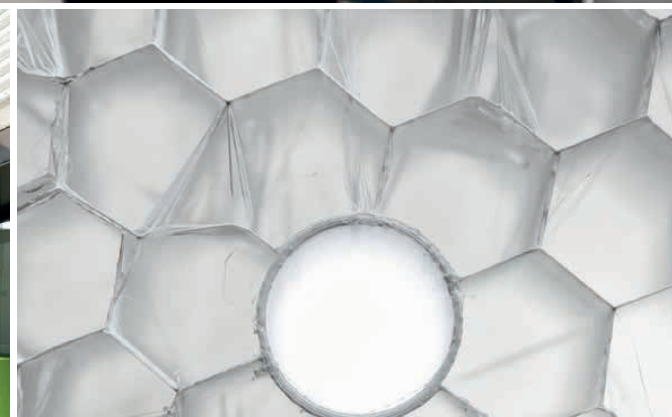
UNIV.-PROF. DR.-ING.
HEINZ VOGGENREITER
Institutsdirektor



369

ERFINDUNGEN

haben wir im Zeitraum von 1969–2026
im gesamten Institut hervorgebracht



138

MITARBEITENDE

25 weiblich, 113 männlich



209

PATENTE

haben wir im Zeitraum von 1969–2026
im gesamten Institut angemeldet



UNSERE MISSION

Wo konventionelle Optimierung den Weg in Hochrisiko-Bereiche verschließt, eröffnen wir im Leichtbau ungeahnte Wege. Mit frei entfaltetem Forschungsdrang, revolutionären Denkansätzen und unkonventionellen Bauweisen verhelfen wir unseren Industriepartnern zu technologischen Durchbrüchen. Damit tragen wir dazu bei, die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands zu steigern und machen die Luft- und Raumfahrt, wie auch andere Technologiebereiche, ressourcenschonender, klimafreundlicher, effizienter – und damit nachhaltiger für die Zukunft.

»WIR MACHEN

TECHNOLOGIESPRÜNGE

LEICHTER«



UNSERE VISION

Revolutionäre Technologien für Luft- und Raumfahrt, Mobilität und Energietechnik entstehen, indem wir als Organisation dafür optimale Bedingungen bereithalten. Beim Ausbau unserer technischen Fähigkeiten beziehen wir die gesamte Prozesskette ein – angefangen beim Material über die Produktion von Leichtbaustrukturen bis hin zum Prototyping im industriellen Vollmaßstab und einem integrierten Datenmanagement. Wir entwickeln eigene Arbeitsweisen und digitale Werkzeuge und fördern dadurch eine offene, inspirierte und lebendige Institutskultur. Indem wir Technik, Mensch und Organisation in Einklang bringen, schaffen wir einen Ort, an dem wir die großen Herausforderungen der Luft- und Raumfahrt entscheidend mitprägen.

Mit dieser Vision integrieren wir uns in die Programme und Strategien des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt.

»WIR ENTWICKELN UNS ZUM

KOMPETENZZENTRUM FÜR DIGITAL

INTEGRIERTEN LEICHTBAU«

ZWEI FÜR EIN ZIEL: KONSEQUENTER LEICHTBAU.

Das Institut für Bauweisen und Strukturtechnologie hat seine Ursprünge am Flughafen Stuttgart. Hier legte 1958 die Deutsche Studiengemeinschaft für Hubschrauber- und Vertikalflugtechnik (DSH) mit den vier Abteilungen Flugphysik, Verkehrswirtschaft, Aerodynamik und Flugmechanik den Grundstein für das heutige Institut. 1969 ging das Institut aus der Abteilung für angewandte Flugphysik hervor. Heute wird die Forschung, die vor über 50 Jahren begann, nach modernsten Standards an zwei Standorten fortgeführt.

STUTTGART

Der Standort Stuttgart befindet sich auf dem Gelände der Universität Stuttgart-Vaihingen. Hier erstrecken sich die wissenschaftlichen Arbeiten von der Entwicklung und der Optimierung von Materialien und deren Verfahrens- und Fügetechnologien bis hin zu neuen Designansätzen und dem Bau von Full-Scale-Demonstratoren. Natürlich gehört auch deren Erprobung und Validierung in spezifischen Prüfanlagen und im Flugversuch zur täglichen Arbeit. Im Fokus stehen dabei faserkeramische, polymere und hybride Verbundwerkstoffe. Die Erforschung von neuen multidisziplinären Auslegungswerkzeugen und digitalen Modellen ist die Basis der Entwicklung der Hardware.

AUGSBURG

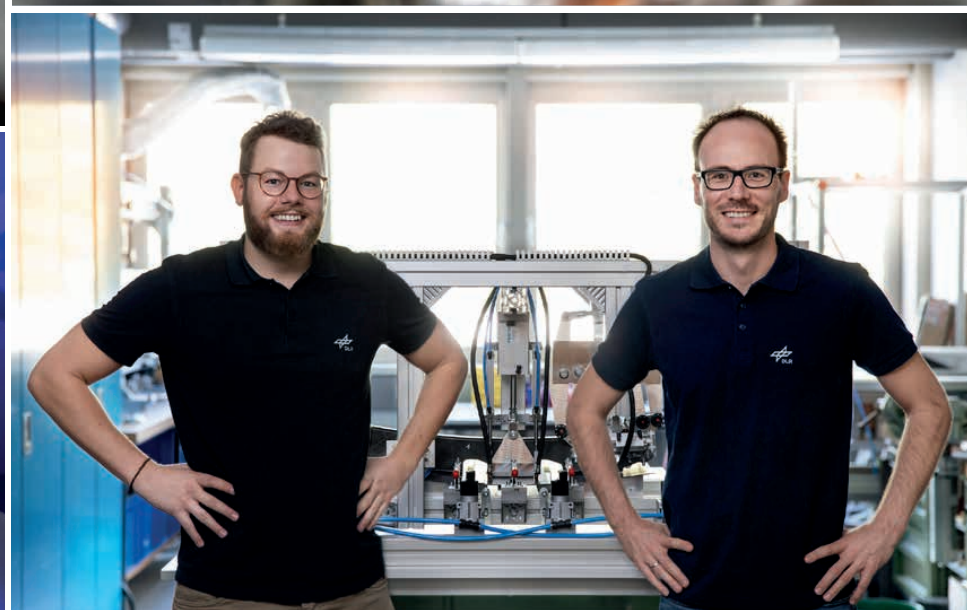
Am Standort Augsburg, der sich im Innovationspark befindet, wird die Industrialisierungsfähigkeit für die Leichtbauproduktion sichergestellt. Hier dreht sich alles um die roboterbasierte Produktion von Leichtbaustrukturen sowie um die prozessintegrierte Qualitätssicherung und deren Rückkopplung mit der Strukturtechnologie und dem Design. Die strategischen Hauptlinien sind die Forschung entlang von Prozessketten, die Full-Scale-Fähigkeit und die konsequente digitale Integration aller Elemente im Sinne der Industrie 4.0. Die Akquise, Verarbeitung und Analyse großer Datenmengen bilden die Grundlage der Digitalisierungsstrategie des Instituts. Fragestellungen aus Forschung und Industrie können hier schnell und flexibel beantwortet werden. Gemeinsam mit dem Standort Stade bildet unser Institut in Augsburg zudem das DLR Zentrum für Leichtbauproduktionstechnologie (ZLP).

Außerdem entstehen wertvolle Synergieeffekte durch die interdisziplinäre Zusammenarbeit mit internen und externen Partnern.





**Faserverstärkte
Composites**
mit thermoplastischer
oder duromerer
Matrix im Fokus.



FORSCHUNGSBEREICH

HOCHLEISTUNGS- LEICHTBAU- STRUKTUREN:

DESIGN, AUSLEGUNG UND
FERTIGUNGSTECHNOLOGIE

MATERIAL UND TECHNOLOGIE

IM EINKLANG.

Die Entwicklung von Leichtbaustrukturen für die Luftfahrt oder die Bereiche Verkehr und Energie stehen in verschiedenen Ausprägungen im Fokus der Arbeit des Instituts. Im Feld Konzeption und Fertigungstechnologie wird der Weg vom ersten Konzept bis zum fertiggestellten Bauteil als ganzheitlicher Vorgang betrachtet, für den der Forschungsbereich bereits seit über 30 Jahren auf digitale Prozesse für optimale Lösungen setzt. Dafür werden bereits in der Konzeptphase neben den strukturellen Aspekten auch die spezifischen Eigenschaften des eingesetzten Materials oder der entsprechenden Fertigungstechnologie berücksichtigt. Im Zentrum stehen dabei faserverstärkte Composites mit thermoplastischer oder duromerer Matrix.

IM BEREICH BAUTEILENTWICKLUNG

WERDEN DIESE ZIELE VERFOLGT:

- Entwicklung und Anwendung digitaler Entwicklungsrouten zur Bauteilauslegung und -optimierung
- Materialunabhängige, funktionsintegrierende Bauweisenentwicklung
- Demonstration und Validierung durch interne Fertigung und Tests

IM BEREICH TECHNOLOGIEENTWICKLUNG

LIEGT DER FOKUS AUF:

- Autoklavloser Konsolidierung faserverstärkter Thermoplaste (Vakuum- und Pressprozess)
- Thermoplastischem Insitu-Tapelegen (AFP-Prozess)
- Schweißverfahren für thermoplastische Composites
- Harzinfiltrationsverfahren

KONTAKT // Sebastian Nowotny // +49 711 6862-8001 // sebastian.nowotny@dlr.de

HOCHLEISTUNGS- LEICHTBAU- STRUKTUREN: CRASH & IMPACT

FORSCHUNG MIT IMPACT.

Ob in den luft- oder bodengebundenen Verkehrsstrukturen – eines hat immer höchste Priorität: die Sicherheit.

Seit 40 Jahren trägt der Forschungsbereich Crash & Impact insbesondere in den Bereichen Hochgeschwindigkeitsimpact und Crashesicherheit dazu bei, dass Strukturen impactsicher und Insassen geschützt werden.

DABEI VERFOLGT DER FORSCHUNGS- BEREICH KLARE ZIELE:

- Impactausgesetzte Luftfahrtstrukturen und -komponenten konzipieren, um nach einem Aufprall durch etwa Vögel, Drohnen oder Hagel eine sichere Landung zu gewährleisten
- Möglichst hoher Insassenschutz im Falle einer Bruchlandung oder einer Wassernotlandung durch geeignetes Design und entsprechende Bauweise
- Entwicklung von Leichtbaustrukturen vorantreiben und sie konsequent einsetzen, um Treibstoff zu sparen und Fliegen nachhaltiger und kostengünstiger zu machen

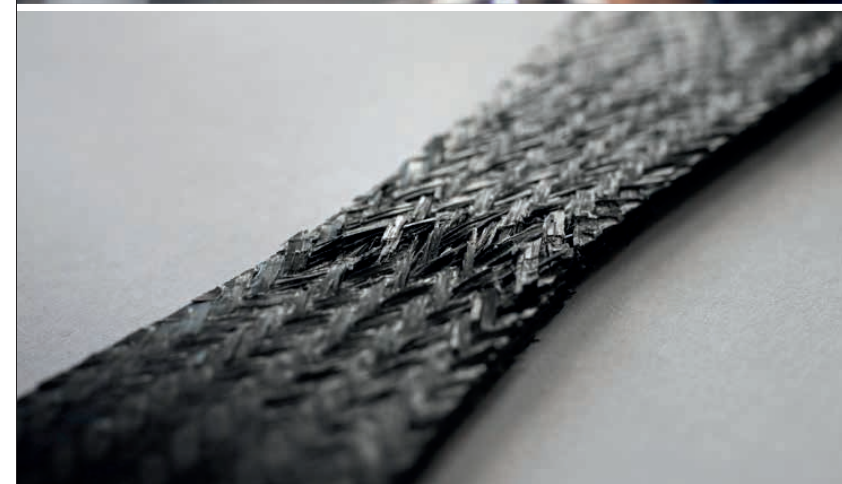
Der Schlüssel zum Erreichen dieser Ziele liegt im Einsatz modernster Technik und der Entwicklung numerischer Methoden, die Materialschädigung und Strukturversagen von der Mikroebene bis zur Komponentenebene vorhersagen können.

Im Bereich Hochgeschwindigkeitsimpact werden numerische Methoden entwickelt, um neuartige impactresistente Strukturen konzipieren und optimieren zu können. Und in der Crashesicherheit liegt der Fokus auf der Entwicklung spezifischer Auslegeverfahren, die der Entwicklung und Evaluierung im gesamten digitalen Prozess vom ersten Designkonzept bis zum fertigen Gesamtluftfahrzeug dienen.

Alle entwickelten Methoden und die daraus resultierenden Konzepte und detaillierten Designs werden im Forschungsbereich ausagekräftigen Tests unterzogen. Bis hin zur Subkomponentenebene wird alles unter kurzzeit-dynamischer Belastung validiert. Das schließt Tests mit modernen Hochgeschwindigkeitsprüfanlagen, Druckluftkanonen und die Nutzung von Fallprüfständen ein.



Hoch hinaus:
Mit validierten,
numerischen
Methoden und
Leichtbaustrukturen
zu mehr
Sicherheit und
Nachhaltigkeit.



FORSCHUNGSBEREICH

HOCHLEISTUNGS- LEICHTBAU- STRUKTUREN: FERTIGUNG & PRODUKTION



Um die Zukunft der
Leichtbauproduktion zu
gestalten, setzen wir auf
**selbstentwickelte
Systeme und eine
einzigartige Infrastruktur.**

QUALITÄT BAUEN, STATT NUR ZU PRÜFEN.

Wer die Zukunft des Leichtbaus gestalten will, muss Innovationen konsequent vorantreiben. Gemeinsam mit der Industrie macht der Forschungsbereich Fertigung und Produktion genau das. Hier werden von einem breit aufgestellten Team ganzheitliche Lösungen entwickelt. Eine einzigartige Infrastruktur bestehend aus Großanlagen ermöglicht dabei die automatisierte Produktion unter industriellen Bedingungen im Full-Scale-Maßstab.

DIGITALISIERUNG, DIE VERBINDET.

Eine der wichtigsten Säulen der täglichen Arbeit des Forschungsbereichs ist die digitale Verknüpfung von interdisziplinären Prozessen. Die Basis dafür sind Daten, die in jeder Phase der Produktion gesammelt werden. Um diese optimal verwerten zu können, verlässt sich die Forschungsgruppe auf ein selbstentwickeltes System: das integrierte Datenmanagementsystem (Shepard), welches von weiteren DLR-Instituten und externen Partnern verwendet wird. Durch das innovative System können die in den Prozessen gewonnenen Daten noch während der laufenden Produktion ausgewertet werden. So beginnt das Qualitätsmanagement nicht erst rückblickend, sondern im Prozess. Und Qualität wird gebaut, statt nur geprüft.

EIN STARKER PARTNER HEUTE UND IN ZUKUNFT.

Um heute und auch in Zukunft ein starker Partner für die Industrie zu sein, muss schnell auf die sich ständig wechselnden Anforderungen in der Leichtbauproduktion reagiert werden. Der Forschungsbereich setzt dafür auf kurze Innovationszyklen durch flexible, plattformunabhängige Technologiebausteine und Fähigkeitsmodule, die für unterschiedlichste Materialien, Technologien und Bauweisen in kurzer Zeit zusammengestellt werden können. So bleibt der Forschungsbereich auch in Zukunft ein agiler Partner, der ständig neue Möglichkeiten in der Leichtbauproduktion erschließt.

KONTAKT // Dr.-Ing. Lars Larsen // +49 821 319874 1053 // lars.larsen@dlr.de

CMC-TECHNOLOGIE UND STRUKTUR- BAUTEILE

VON DER WERKSTOFFENTWICKLUNG ZUM FULL-SCALE-STRUKTURBAUTEIL.

Bei der Auslegung und dem Bau von CMC-Strukturen (Ceramic Matrix Composite) setzt das Institut für Bauweisen und Strukturtechnologie nicht nur im Bereich der Materialentwicklung Maßstäbe, sondern bringt diese Expertise auch in die Bauteilentwicklung von keramischen Verbundstrukturen ein. Durch das im DLR entwickelte Flüssigsilizierverfahren (LSI = Liquid Silicon Infiltration) können keramische Verbundstrukturen vor Ort wirtschaftlich und schnell im industriellen Maßstab hergestellt werden. Ein Vorgang, durch den das Institut in diesem Bereich eine internationale Spitzenstellung eingenommen hat. Dies manifestiert sich in zahlreichen Bauteilentwicklungen, welche in Kooperation mit der Industrie in marktfähige Produkte umgesetzt werden konnten. Mit dieser Technologie ist das Institut nicht nur in allen relevanten Raumfahrt-Projekten in Deutschland und Europa vertreten, sondern präsentiert sich ebenso durch serienmäßig eingesetzte Bauteile in der Luftfahrt und im Verkehr.

CMC-ENGINEERING:

Das Erfolgsgeheimnis des Instituts liegt vor allem in der engen Zusammenarbeit der verschiedenen Entwicklungsbereiche. Die geschlossene Engineeringkette und die mit ihr verbundene Expertise garantieren die erfolgreiche Umsetzung auch anspruchsvollster CMC-Bauteile.

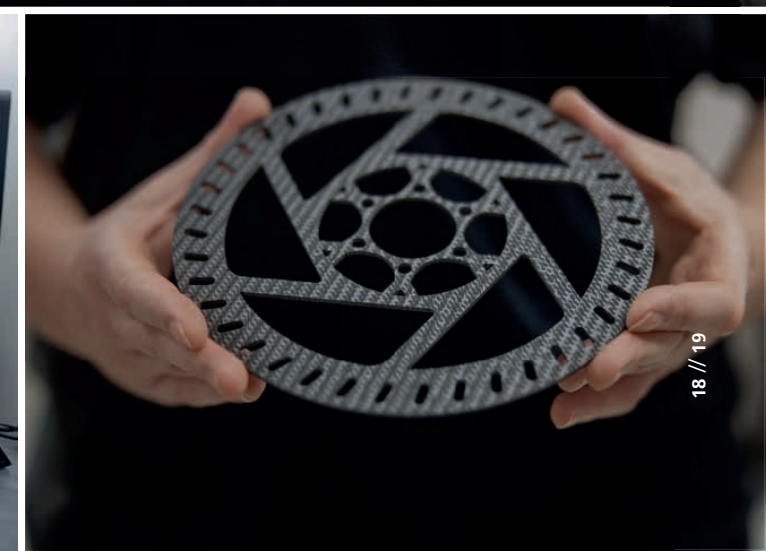
Die Entwicklungsbereiche umfassen:

- Werkstoffentwicklung
- Prozessentwicklung
- Bauweisenentwicklung
- Konstruktion und Dimensionierung
- Herstellung von prototypischen Bauteilen in Originalgröße
- Qualitätssicherung und Bauteilqualifizierung

Neben der fachlichen Expertise macht auch die zur Verfügung stehende Infrastruktur den Unterschied. Angepasste Computer-Aided Design (CAD)- und Finite-Elemente-Methode (FEM)-Systeme für die Berechnung der Strukturen in der realen Anwendung sowie Ofenanlagen für Pyrolyse und Silizierung in unterschiedlichen Größen und Temperaturbereichen ermöglichen eine prozessoptimierte Bauteilentwicklung. Modernste Prüfanlagen zur Qualitätssicherung wie CT- und Luftultraschallanlagen sowie die Rasterelektronenmikroskopie mit angeschlossener energiedispersiver Röntgenspektroskopie garantieren Entwicklungsprojekte mit höchsten Technologiestandards.



Im DLR entwickelt – weltweit anerkannt:
Das Flüssigsilizierverfahren LSI kommt international zum Einsatz.





Wer die Forschung vorantreiben will, muss das **Gesamtsystem betrachten und verstehen.**

FORSCHUNGSBEREICH

LEICHTBAU-STRUKTUREN FÜR DIE RAUMFAHRT-ANWENDUNG

LEICHT. ZUVERLÄSSIG.

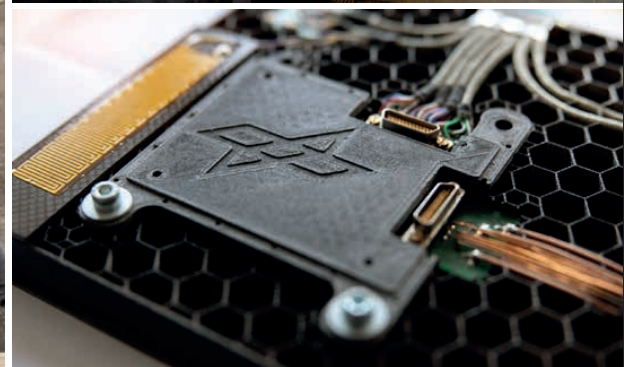
TEMPERATURBESTÄNDIG.

Der Forschungsbereich Leichtbaustrukturen für die Raumfahrt hat einen klaren Fokus: das Gesamtsystem betrachten, um für jedes Detail neue Lösungen zu finden. Denn die Anforderungen, die die Raumfahrt an Struktursysteme stellt, sind vielfältig. Sie müssen leicht, zuverlässig und bei Thermal-lasten von -250°C bis zu $+2000^{\circ}\text{C}$ vor allem temperaturbeständig sein.

In der täglichen Arbeit bietet der Forschungsbereich die komplette Prozesskette vom Werkstoff bis hin zum flugtauglichen Prototypen an. Der Schwerpunkt liegt auf der Verwendung von faserverstärkten Kunststoffen und Keramiken unter

konsequenter Einbeziehung von Fertigungs-methoden und Produktionstechnologien in Entwurf und Simulation. Die Möglichkeiten der Digitalisierung erschließen dabei immer wieder unkonventionelle und innovative Systemlösungen. Für die Verifikation stehen modernste, flexibel konfigurierbare mecha-nische und thermische Testanlagen zur Verfü-gung, die durch den Zugang zu einsatznahen Flugversuchen komplettiert werden.

Ein besonderes Augenmerk des Forschungs-bereichs liegt in der Erarbeitung innovativer Ansätze für die kostengünstige Entwicklung und den Bau von hochintegrierten kommer-ziellen Satellitensystemen. Hier werden in Zusammenarbeit mit industriellen und universitären Partnern immer wieder neue Maßstäbe gesetzt.



KONTAKT // Hendrik Weihs // +49 711 6862-625 // hendrik.weihs@dlr.de

FORSCHUNGSBEREICH

STRUKTUREN FÜR LUFTFAHRT- ANTRIEBE

UNSER ANTRIEB: RESSOURCEN SCHONEN – SICHERHEIT ERHÖHEN.

Die Luftfahrt steht weiterhin vor der Frage: Wie verbindet man kosteneffektiven und effizienten Transport mit den hohen Ansprüchen an Nachhaltigkeit und Umweltschutz? Ein wesentlicher Teil der Antwort liegt in der konsequenten Weiterentwicklung der verschiedenen Antriebskonzepte.

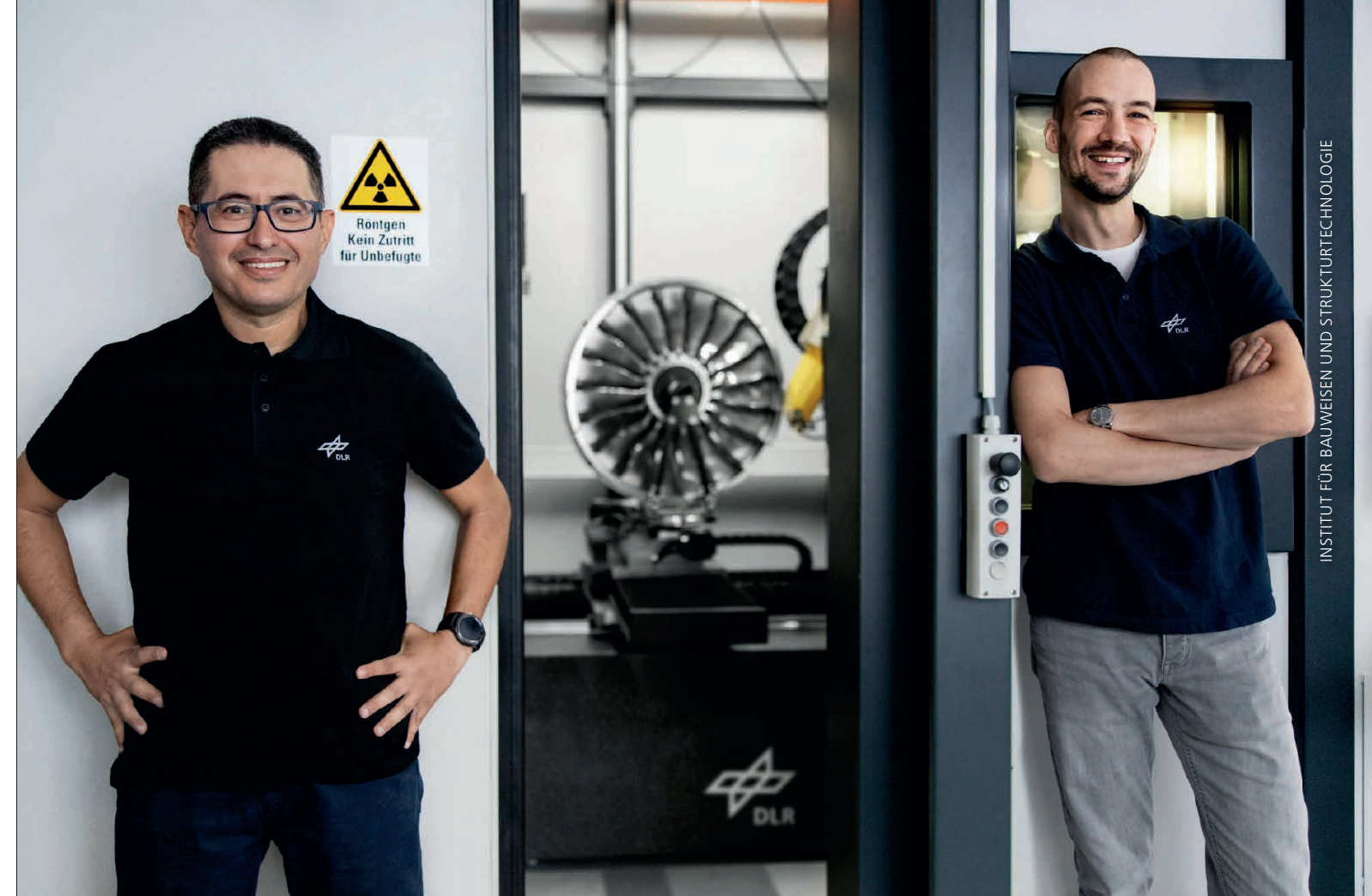
Der Forschungsbereich Strukturen für Luftfahrtantriebe liefert mit seinen vielfältigen Kompetenzen einen wichtigen Beitrag zur Antriebsforschung im DLR. Und das seit vielen Jahrzehnten. Bereits Ende der 1970er Jahre wurden neuartige Faserverbundbauweisen für Triebwerksschaufeln entwickelt. Seitdem werden hier neue Bauweisen und Methoden rund um das konventionelle Luftstrahltriebwerk und auch für zukünftige Antriebskonzepte entwickelt und zur Anwendung gebracht.

HEUTE LIEGEN DIE SCHWERPUNKTE IN DIESEN GEBIETEN:

- Entwicklung von numerischen Methoden, die den Bogen vom Werkstoff über die Komponentenauslegung bis hin zur Gesamtsystembetrachtung spannen.
- Multidisziplinäre Auslegung und Optimierung von Strukturen für Luftfahrtantriebe.
- Entwicklung von Bauweisen und Herstellverfahren für hochbelastete Strukturen in allen Bereichen der Luftfahrtantriebe, beispielsweise in Verdichtern, Brennkammern oder Turbinen. Dies betrifft Strukturen aus Metall, faserverstärkte Materialien (Kunststoffe oder Keramiken) oder hybride Bauweisen, inklusive der Fertigung dieser Strukturen selbst.

Für die Validierung und die Verfeinerung der entwickelten Bauweisen und angewandten Methoden setzt der Forschungsbereich auf ein modernes Zusammenspiel aus Vorhersage mittels Simulation und Erprobung realer Komponenten. Unsere Arbeiten sind gemeinsam mit anderen beteiligten DLR-Instituten auf das Ziel der „Virtual Engine“ ausgerichtet.

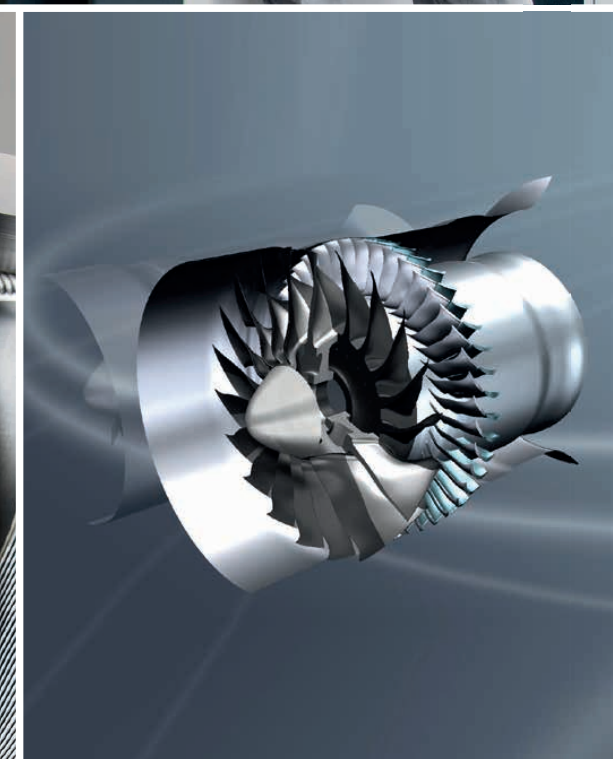
KONTAKT // Paul-Benjamin Ebel // +49 711 6862-614 // paul.ebel@dlr.de



INSTITUT FÜR BAUWEISEN UND STRUKTURTECHNOLOGIE



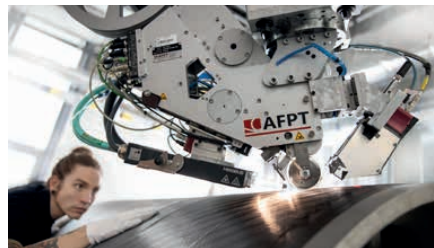
Moderne Forschung an
Luftfahrtantrieben
ist heute ein Zusammen-
spiel aus Simulation und
Realität.



22 // 23

ANLAGEN

HOCHTEMPERATUR-THERMOPLAST



HOCHTEMPERATUR THERMOPLAST-TAPELEGEN

Sowohl am Standort Stuttgart als auch in Augsburg steht zur Erforschung und Entwicklung thermoplastischer Hochleistungsstrukturen mittels Automated Fibre Placement (AFP) sowie der entsprechenden Prozesstechnik jeweils eine hochmoderne Tapelegemaschine zur Verfügung. Sie bestehen aus einem Kuka-Industrieroboter mit Linearachse und Drehkipptisch für ebene Bauteile sowie einer Wickelachse für rotationssymmetrische Bauteile. Die Heizquelle beider Anlagen ist ein 6-kW-Diodenlaser.

Mit der Anlage in Stuttgart können flächige Bauteile mit einer Länge von 3,6 m und einer Breite bis 2,0 m hergestellt werden. Und in Augsburg können sogar Bauteile mit einer Länge bis zu 6,0 m und einer Breite von 3,0 m gefertigt werden. So können hier etwa Flugzeugumpfssegmente in Originalgröße produziert werden.



WIDERSTANDSSCHWEISSEN

Ebenfalls an beiden Standorten findet man jeweils eine Widerstandsschweißanlage. Mit ihnen werden Schweißungen unter Laborbedingungen durchgeführt, die zur Ermittlung mechanischer Kennwerte der Fügeverbindung dienen. Außerdem kommen sie bei der Herstellung von Demonstratoren zum Einsatz. In der Fügezone der Anlagen können innerhalb von 30 Sekunden bis zu 400°C erreicht werden.



ULTRASCHALLSCHWEISSEN

Die Anlage kann durch Endeffektor-Bauweise mit Roboterhandling Schweißnahtgeometrien im fast beliebigem Ausmaß und mit komplexen Verläufen automatisiert herstellen. Die Anlage wird zum Fügen von thermoplastischen Laminaten, vom Probekörper-Maßstab bis zur Full-Scale-Anwendung eingesetzt. Den Kern der Anlage bildet ein Branson-Schweißgenerator mit 20 kHz und unterschiedliche Sonotroden-Konfigurationen.



HEISSPRESSEN

Insgesamt verfügt das Institut an den Standorten Stuttgart und Augsburg über drei Heißpressen. Mit ihnen werden Herstellungsprozesse von Strukturbauteilen aus faserverstärkten Thermoplasten untersucht. Mit den Pressen können komplexe Bauteile schnell umgeformt und konsolidiert werden.

ANLAGEN ZUR KONSOLIDIERUNG UND AUSHÄRTUNG VON FASERVERBUNDSTRUKTUREN

ÖFEN

Vom kleinen Laborofen für Vorversuche bis hin zu großen Anlagen zur Produktion von Demonstratoren in Full-Scale – in Stuttgart und Augsburg verfügt das Institut über insgesamt vier Ofenanlagen zur Herstellung faserverstärkter Bauteile und Baugruppen. Einige der Öfen erreichen eine maximale Temperatur von 450°C. So wurden u. a. bereits Druckschotts (4,5 m Durchmesser) und Feststoffgehäuse (engl. Booster / 6,0 m Länge) mit den Partnern aus der Luft- und Raumfahrt hergestellt. In Stuttgart stehen zusätzlich ein Heitzisch mit einer Maximaltemperatur von 400°C und ein Heraeus-Ofen mit 350°C Maximaltemperatur zur Verfügung.



INFUSIONSTECHNOLOGIE

Harz kann im Institut in gleich zwei Infusionsanlagen verarbeitet werden. Während die kleinere Anlage für einkomponentige heißhärtende Harzsysteme eine Menge von unter 100 kg verarbeitet, erreicht die größere Anlage weit über 100 kg für mehrkomponentige Systeme.



AUTOKLAV

Zur Herstellung komplexer, endkonturnaher C/C-Vorkörper befindet sich im Institut in Stuttgart eine Heißluft-Autoklavanlage. Sie kommt hauptsächlich in der Prepreg-Technologie zur Anwendung. Der hohe Druck im Inneren wird genutzt, um die einzelnen Laminatschichten mit Hilfe eines Vakuumfoliensacks, unter dem sich die Preform befindet, zu verdichten.

ANLAGEN ZUR HERSTELLUNG VON FASERKERAMISCHEN VERBUNDSTRUKTUREN

ÖFEN

Für die Entwicklung von Bauteilen aus faserverstärkter Keramik (CMC) stehen dem DLR-Institut für Bauweisen und Strukturtechnologie in Stuttgart neben modernen Anlagen zur Vorkörperfertigung mehrere Ofenanlagen für Hochtemperaturprozesse zur Verfügung.



WICKELANLAGE

Für die Entwicklung neuartiger CMC-Strukturen kommt im Institut auch eine 5-Achs-Wickelanlage zum Einsatz. Derzeit werden verstärkt Entwicklungen von Raumfahrtstruktursystemen, wie Kegeldüsen-erweiterungen für Höhenforschungsraketen und ideale Glockendüsen-erweiterungen als Demonstratoren für zukünftige Oberstufenantriebe unternommen.



UNSERE ANLAGEN

PRÜFANLAGEN

MECHANISCHES PRÜFEN

BESCHUSSANLAGE MIT 3 KANONEN

Zur Durchführung von Versuchen mit Hochgeschwindigkeitsaufprall betreibt das Institut Gaskanonen mit verschiedenen Kalibern zwischen 12 und 200 mm. Mit der Beschussanlage können Aufprallkörper (Impaktoren) von ca. 1 g bis 7 kg Masse auf Geschwindigkeiten von etwa 50 bis 500 m/s beschleunigt werden. So können mit der Gaskanone alle Impact-Szenarien für die Luftfahrt, aber auch für Hochgeschwindigkeitszüge experimentell nachgestellt werden.

LAUNCHER (KEIN BILD)

Er wird für den Beschuss von größeren Impaktoren wie Drohnen (bis zu Kategorie C2–4 kg) bei Geschwindigkeiten bis zu 120 m/s eingesetzt.

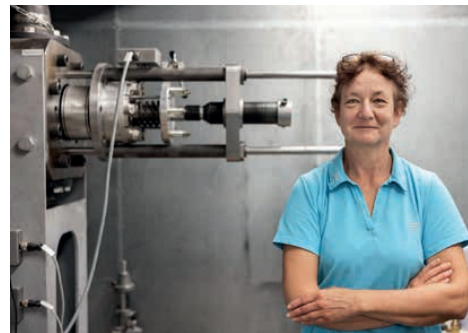
HOCHGESCHWINDIGKEITSPRÜFANLAGE

Zwei Anlagen kommen für die dynamische Charakterisierung von Werkstoffen und das dynamische Testen von Komponenten zum Einsatz. Damit kann das Material mit einer dynamischen Kraft bis zu 100 kN und einer Prüfgeschwindigkeit bis zu 20 m/s getestet werden. Hochgeschwindigkeitskameras mit einer Bildrate von bis zu 200.000 Bildern pro Sekunde werden eingesetzt, um den Testvorgang zu dokumentieren. Durch Verwendung von mehreren Kameras lassen sich auch dreidimensionale Verformungen berührungslos analysieren.

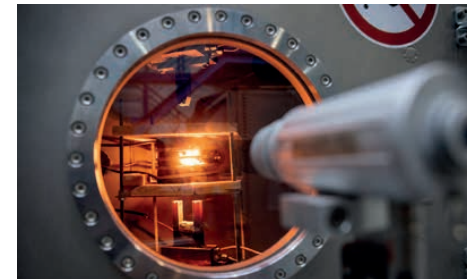
SHAKER (KEIN BILD)

In High-Cycle-Fatigue (HCF)-Tests wird die Dauerfestigkeit von Materialien, Bauteilen oder sogar ganzen Bauteilgruppen untersucht. Sie leisten dadurch einen wichtigen Beitrag zur Sicherheit bei der FEM-Analyse. Diese Tests werden im Institut mittels eines Shakers und Hämmerchens durchgeführt.

+ ZUR AUSSTATTUNG DES INSTITUTS ZÄHLEN AUCH DIVERSE UNIVERSALPRÜFMASCHINEN.



THERMOMECHANISCHES PRÜFEN



INDUTHERM

Der Prüfstand INDUTHERM ist für den thermischen und mechanischen Test von Strukturkomponenten, wie zum Beispiel Kräfteinleitungen, bestimmt. Induktive Beheizung ermöglicht dabei bei entsprechender Spulengestaltung die Prüfung von komplexen Strukturkomponenten und Funktionselementen.

ZERSTÖRUNGSFREIE PRÜFMETHODEN

COMPUTERTOMOGRAPHIE (CT)

Für eine detaillierte zerstörungsfreie dreidimensionale Untersuchung komplex geformter Bauteile oder struktureller Baugruppen kommen am Institut eine CT-Großanlage sowie ein hochauflösender CT zum Einsatz.

OPTISCHE 3D-BAUTEILVERMESSUNG

Um auch komplexe Bauteile schnell und präzise vermessen zu können, setzt das Institut auf das GOM ATOS 5. Mit dem hochpräzisen 3D-Messgerät kann nahezu jede Oberfläche berührungslos vermessen und digitalisiert werden. Durch den Abgleich mit CAD-Daten können zum Beispiel fertigungsinduzierte Deformationen digital erfasst werden.

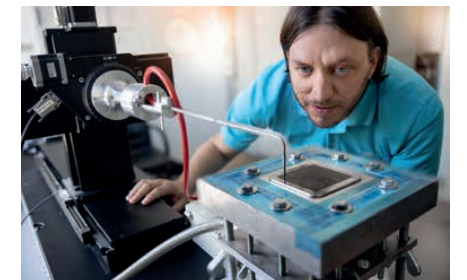
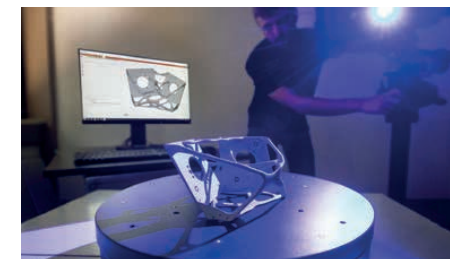
AORTA

Mit der Anlage AORTA kann sowohl die Permeabilität als auch die Auströmverteilung aus porösen Medien gemessen werden, zum Beispiel für eine Transpirationskühlung. Bei dieser Kühlmethode fließt das Kühlfluid durch das zu kühlende Material, idealerweise überall mit der gleichen Intensität. Bei realen Bauteilen und Materialien ist dies jedoch aufgrund der Mikroporosität des Materials natürlich nur in begrenztem Umfang der Fall. Außerdem können Bereiche aufgrund von Produktionsprozessen „verstopft“ oder besonders durchlässig sein. Die AORTA kann diese Stellen durch präzise Messungen identifizieren.

WASSER-ULTRASCHALLANLAGE

Die Anlage ermöglicht eine zerstörungsfreie Materialprüfung. Dabei werden Ultraschallwellen in den Prüfkörper eingebracht, die an Fehlstellen im Material reflektiert werden. So können Position, Art und Größe von Fehlstellen bestimmt werden, ohne das Material zu beschädigen.

+ AUSSERDEM VERFÜGT DAS INSTITUT ÜBER VIELE WEITERE ROBOTERGESTÜTZTE TECHNIKEN, WIE ETWA THERMOGRAPHIE (LOCKIN, PULS, ULTRASCHALL), LUFT-ULTRASCHALL, BERÜHRUNGSLOSE 3D-VERMESSUNG UND DIVERSE OPTISCHE TECHNOLOGIEN.



ANLAGEN

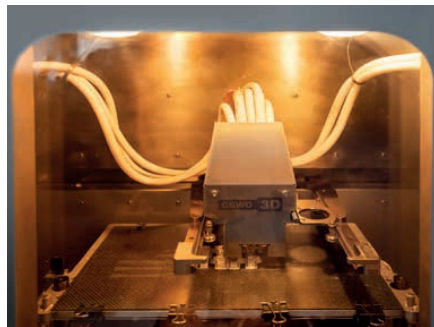
WERKSTOFFANALYSE



RASTERELEKTRONENMIKROSKOP

Mit dem Gemini Ultra Plus des Herstellers Zeiss verfügt das Institut über ein hochmodernes Rasterelektronenmikroskop mit einem Auflösungsbereich zwischen 50-fach und 100.000-fach. Ein integrierter EDX-Detektor ermöglicht die Elementanalyse von Werkstoffen im mikroskopischen Maßstab (energiedispersive Röntgenspektroskopie) und eine Feldemissions-Kathode sorgt für höchste Auflösungen und sehr gute Analysefähigkeiten.

+ WEITERE ANLAGEN ZUR WERKSTOFFANALYSE SIND DSC, TGA, DILATOMETER, RHEOMETER



3D-DRUCK

Am Institut werden mehrere 3D-Drucker zur additiven Fertigung von Thermoplasten sowohl im FFF (Fused Filament Fabrication)- als auch im FDF (Fused Granular Fabrication)-Verfahren eingesetzt.

3D-Drucker kommen so etwa für die Untersuchung der Verarbeitung von Hochtemperatur-Thermoplasten (PAEK, PPS, PEI), welche für Primärstrukturen in der Luft- und Raumfahrt geeignet sind, zum Einsatz. Das Ziel dabei ist es, den Komplexitäts- und Integrationsgrad von endlos-faserverstärkten Leichtbaustrukturen gezielt durch den Einsatz von 3D-Druck zu erhöhen.

Außerdem wird pelletbasierte 3D-Drucktechnologie mit eigens dafür entwickelten und hergestellten Materialien eingesetzt. Diese werden zu endkonturnahen Grünkörpern gedruckt, die anschließend durch das Flüssigsiliziumverfahren zu Siliziumcarbid umgewandelt werden.



ANLAGEN ZUR AUTOMATISIERTEN FULL-SCALE-PRODUKTION

Für die Integration von Fertigungs-, Montage- und Füge-technologien in Verbindung mit Qualitätssicherung bis zur automatisierten, industrialisierungsfähigen Full-Scale-Produktion von Leichtbaustrukturen stehen im Institut diese hochmodernen Anlagen zur Verfügung.

MULTIFUNKTIONALE ZELLE (MFZ)

Die MFZ ist eine robotergestützte Forschungsplattform, die es erlaubt, verschiedenste Fertigungsprozesse von großen Bauteilen der Luft- und Raumfahrtindustrie auf ihre Automatisierbarkeit hin zu untersuchen. Sie bildet das Kernstück der Forschung rund um die Produktionsprozesse im Bereich Leichtbaustrukturen. Insgesamt sechs Industrieroboter operieren von der Decke aus – im Zusammenspiel oder auch einzeln.



THERMOPLASTZELLE (TPZ)

Der Standort Augsburg verfügt auch über eine TPZ zur Untersuchung der Produktion faserverstärkter Thermoplaststrukturen. Mit einem temperaturbeständigen Roboter auf einer 5 m langen Linearachse lassen sich flexibel verschiedenste Prozesse – vom Preforming bis zum Fügen – entlang der Prozesskette untersuchen.



INLINE-QUALITÄTSSICHERUNGSZELLE (IQZ)

Inlinefähige Qualitätssicherungsverfahren stehen in der Produktion von Hochleistungsleichtbaustrukturen mehr und mehr im Fokus. Die IQZ ermöglicht es im Institut Verfahrensentwicklungen, -anpassungen und -tests direkt auf einem Industrieroboter durchzuführen. Durch die hohe Genauigkeit der eingesetzten Messroboter sind dabei auch Messungen mit erhöhten Präzisionsanforderungen möglich.



TECHNOLOGIEERPROBUNGSZELLE (TEZ)

Bestehend aus zwei Robotern, die auf einer gemeinsamen 8 m langen Linearachse montiert sind, ist die TEZ ideal geeignet für Anwendungen, bei denen kooperierende Roboter notwendig sind. Dazu zählt etwa der Transport von großen textilen Zuschnitten. Durch ausreichend Raum um die Anlage herum können auch Versuche mit großen Werkzeugformen durchgeführt werden.



FIBRE-PLACEMENT-ZELLE (FPZ)

Bestehend aus einem Industrieroboter auf einer Linearachse und einem Drehantrieb für Werkzeugformen, dient die FPZ zur Erforschung von Tape- und Faserlegeprozessen wie dem Automated Fibre Placement. In der Zelle können auch Bauteile in größeren Dimensionen von bis zu 6 m Länge und 3 m Höhe gefertigt werden.



+ ROBOTER-TECHNOLOGIE IST AM INSTITUT ALLGEGENWÄRTIG. ZUSÄTZLICH ZU DEN GENANNTEN ANLAGEN STEHEN ZAHLREICHE KLEIN-ROBOTER FÜR DIE MENSCH-ROBOTER-KOLLABORATION ZUR VERFÜGUNG.

Das DLR im Überblick

Das DLR ist das Forschungszentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt. Wir betreiben Forschung und Entwicklung in Luftfahrt, Raumfahrt, Energie und Verkehr, Sicherheit und Digitalisierung. Die Deutsche Raumfahrtagentur im DLR ist im Auftrag der Bundesregierung für die Planung und Umsetzung der deutschen Raumfahrtaktivitäten zuständig. Zwei DLR Projektträger betreuen Förderprogramme und unterstützen den Wissenstransfer.

Global wandeln sich Klima, Mobilität und Technologie. Das DLR nutzt das Know-how seiner 55 Institute und Einrichtungen, um Lösungen für diese Herausforderungen zu entwickeln. Unsere 10.000 Mitarbeitenden haben eine gemeinsame Mission: Wir erforschen Erde und Weltall und entwickeln Technologien für eine nachhaltige Zukunft. So tragen wir dazu bei, den Wissens- und Wirtschaftsstandort Deutschland zu stärken.

Impressum

Herausgeber:

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR)
Institut für Bauweisen und Strukturtechnologie

Anschrift: Pfaffenwaldring 38–40, 70569 Stuttgart

Telefon: +49 711 6862-444

E-Mail: sekretariat-bt@dlr.de



www.dlr.de/bt



YouTube



LinkedIn



**Deutsches Zentrum
DLR für Luft- und Raumfahrt**

**Institut für Bauweisen und
Strukturtechnologie**