

# WIR MACHEN ES LEICHTER

INSTITUT FÜR BAUWEISEN UND STRUKTURTECHNOLOGIE

DLR

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 in Montage, Systemintegration und Recycling neue Möglichkeiten für den Leichtbau eröffnen.

In unseren fünf Abteilungen und in enger strategischer Zusammenarbeit mit dem DLR-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«**

INSTITUT FÜR BAUWEISEN UND STRUKTURTECHNOLOGIE

# 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 diese Forschung, die vor über 50 Jahren begann, nach modernsten Standards an zwei Standorten fortgeführt.

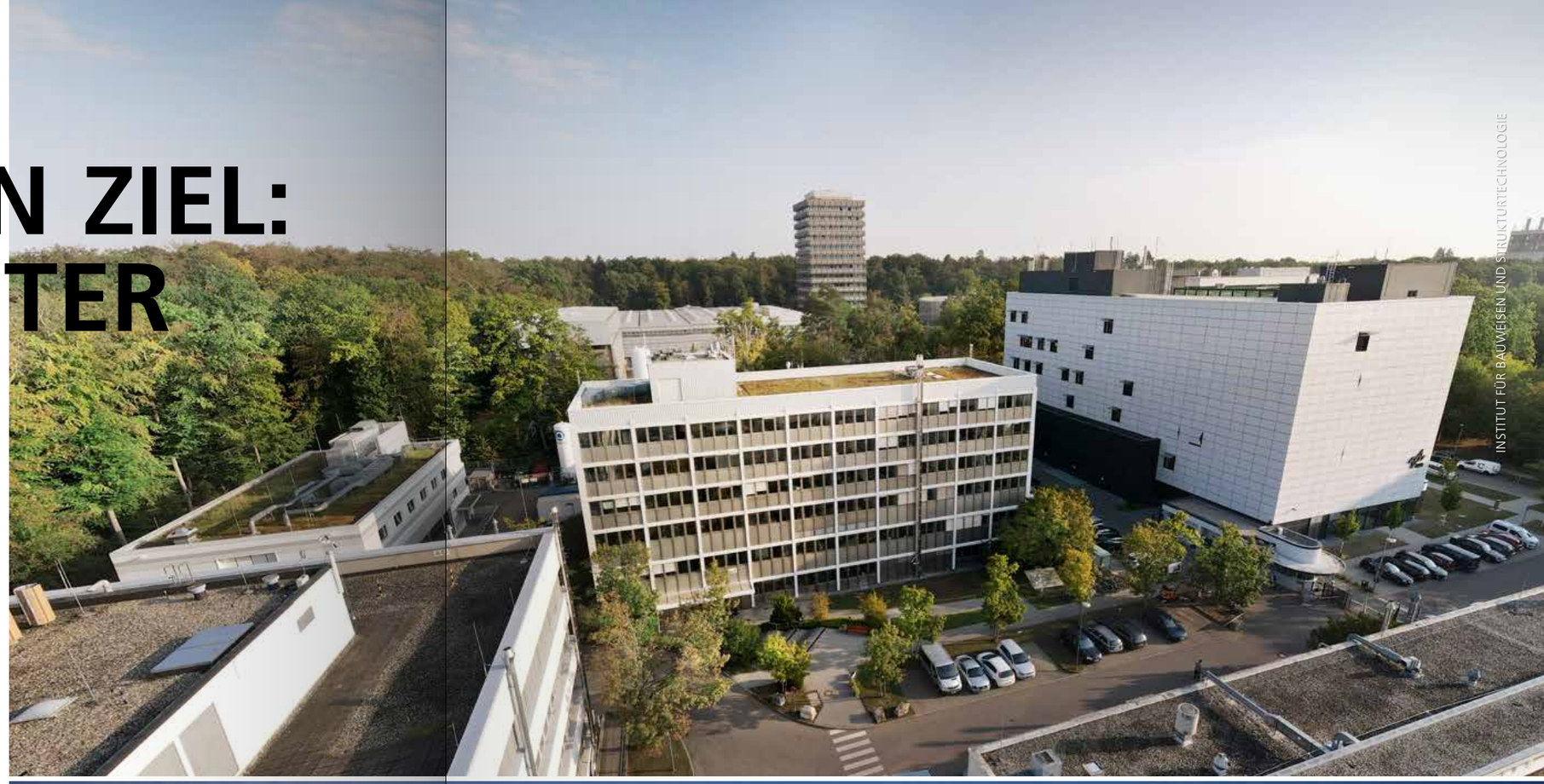
## STUTTGART

Der Standort Stuttgart befindet sich in unmittelbarer Nähe zum Campus der Universität Stuttgart-Vaihingen. Hier erstrecken sich die wissenschaftlichen Arbeiten von der Entwicklung und der Optimierung von Materialien und den zugehörigen Verfahrens- und Fügetechnologien bis hin zu neuen Designansätzen und dem Bau von Full-Scale-Demonstratoren. Dazu gehören auch deren Erprobung und Validierung in spezifischen Prüfanlagen und im Flugversuch. Im Fokus stehen dabei faserkeramische, polymere und hybride Verbundwerkstoffe. Die Erforschung neuer multidisziplinärer Auslegungswerkzeuge und digitaler Modelle bildet die Basis für die Hardwareentwicklung.

## 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 Erfassung, 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 unsere Abteilung Automatisierung und Qualitätssicherung in der Produktionstechnologie in Augsburg zudem das DLR Zentrum für Leichtbauproduktionstechnologie (ZLP).

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

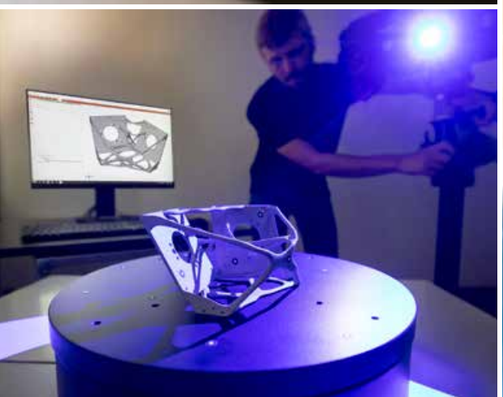












**Faserverstärkte Composites** mit thermoplastischer oder duromerer Matrix im Fokus.

FORSCHUNGSBEREICH

# HOCHLEISTUNGS-LEICHTBAU-STRUKTUREN:

## DESIGN, AUSLEGUNG UND FERTIGUNGSTECHNOLOGIE

**MATERIAL UND TECHNOLOGIE IM EINKLANG.**

Die Entwicklung von Leichtbaustrukturen für die Luftfahrt sowie für die Bereiche Verkehr und Energie steht 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 Eigenheiten 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 In-situ-Tapelegen (AFP-Prozess)
- Schweißverfahren für thermoplastische Composites
- Harzinfiltrationsverfahren
- 3D-Drucktechnologien mit Granulat- und Filamentmaterial

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

FORSCHUNGSBEREICH

# HOCHLEISTUNGS-LEICHTBAU-STRUKTUREN:
## CRASH & IMPACT

**FORSCHUNG MIT IMPACT.**

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

Seit über 40 Jahren trägt der Forschungsbereich Crash & Impact insbesondere in den Bereichen Hochgeschwindigkeitsimpact und Crashsicherheit dazu bei, dass Luftfahrt- und Fahrzeugstrukturen immer impact- und crashsicherer werden und Insassen besser geschützt sind. Auch die passive Sicherheit beim elektrischen Fliegen, beim Einsatz von Wasserstoff als Energieträger und bei der Verwendung von Batterien als Energiespeicher ist Gegenstand unserer Forschung.

**DABEI VERFOLGT DER FORSCHUNGS-BEREICH KLARE ZIELE:**

- Impactgefährdete Luftfahrtstrukturen und -komponenten so konzipieren, dass nach einem Aufprall durch etwa Vögel, Drohnen oder Hagel eine sichere Landung gewährleistet ist

- 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 zur Erreichung dieser Ziele liegt im Einsatz modernster Technik und in der Entwicklung numerischer Methoden, die Materialschädigung und Strukturversagen von der Materialebene bis zur Komponentenebene vorhersagen können.

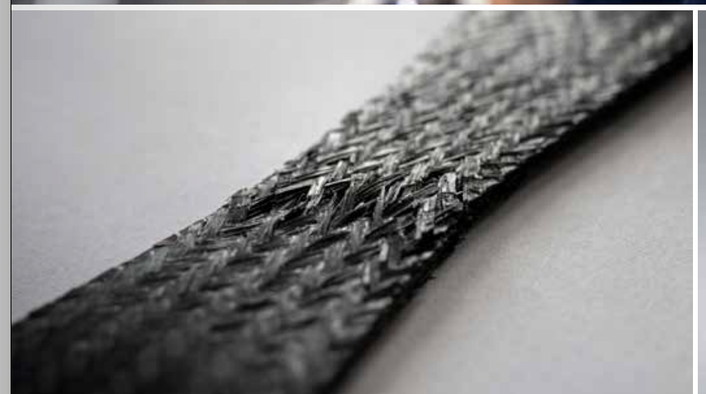
Im Bereich Hochgeschwindigkeitsimpact werden numerische Methoden entwickelt, um neuartige impactresistente Strukturen zu konzipieren und zu optimieren. Im Bereich der Crashsicherheit liegt der Fokus auf der Entwicklung spezifischer Auslegeverfahren, die der Entwicklung und Evaluierung im gesamten digitalen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

Alle entwickelten Methoden und die daraus resultierenden Konzepte und detaillierten Designs werden bis hin zur Subkomponentenebene durch aussagekräftige Tests unter kurzzeit-dynamischer Belastung validiert. Das schließt Tests mit modernen Hochgeschwindigkeitsprüfanlagen, Druckluftkanonen und Fallprüfständen ein.

**KONTAKT** // Dr.-Ing. Nathalie Toso // +49 711 6862-564 // nathalie.toso@dlr.de




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







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







FORSCHUNGSBEREICH

# HOCHLEISTUNGS-LEICHTBAU-STRUKTUREN:
## AUTOMATION & PRODUKTION

**ZUKUNFT DES LEICHTBAUS.**

Wer die Zukunft des Leichtbaus gestalten will, muss Innovationen konsequent vorantreiben. Gemeinsam mit der Industrie macht der Forschungsbereich Automation 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 industrienahen Bedingungen im Full-Scale-Maßstab.

**LEICHTBAU INDUSTRIELL GEDACHT.**

Der Bereich erforscht und entwickelt innovative, hochautomatisierte und digital unterstützte Produktionsprozesse für den modernen Leichtbau entlang der gesamten Prozesskette vom Ausgangsmaterial bis zur montierten und geprüften Gesamtstruktur.

Der Schwerpunkt liegt auf der wirtschaftlichen und ressourceneffizienten Herstellung von Leichtbaustrukturen aus unterschiedlichen Werkstoffen. Ziel ist es, flexible, skalierbare Produktionstechnologien zu entwickeln und diese von der Forschung bis zur industriellen Anwendung zu überführen, insbesondere für die Luft- und Raumfahrt und weitere Hochtechnologiebranchen.

**EIN STARKER PARTNER HEUTE UND IN ZUKUNFT.**

Um heute und auch in Zukunft ein starker Partner für die Industrie zu sein, muss der Forschungsbereich schnell auf die sich ständig verändernden Anforderungen in der Leichtbauproduktion reagieren. Dafür setzt er 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

FORSCHUNGSBEREICH

# 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. Dadurch hat das Institut in diesem Bereich eine internationale Spitzenstellung eingenommen. 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 Raumfahrtprojekten in Deutschland und Europa vertreten, sondern auch mit serienmäßig eingesetzten Bauteilen 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 CAD-Systeme und Finite-Elemente-Simulationen sowie Pyrolyse- und Silizieröfen unterschiedlicher Größen und Temperaturbereiche ermöglichen eine realitätsnahe, prozessoptimierte Entwicklung und Fertigung von Bauteilen. Modernste Prüfanlagen zur Qualitätssicherung wie CT- und Luftultraschallanlagen sowie die Rasterelektronenmikroskopie mit angeschlossener energiedispersiver Röntgenspektroskopie garantieren Entwicklungsprojekte mit höchsten Technologiestandards.

**KONTAKT** // Dr.-Ing. Joél Schukraft // +49 711 6862-734 // joel.schukraft@dlr.de




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









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







FORSCHUNGSBEREICH

# STRUKTUREN FÜR DIE RAUMFAHRT UND HYPERSCHALL-ANWENDUNGEN.

**LEICHT. ZUVERLÄSSIG.**
**TEMPERATURBESTÄNDIG.**

Der Forschungsbereich Strukturen für die Raumfahrt und Hyperschallanwendungen hat einen klaren Fokus: das Gesamtsystem zu betrachten, um für jedes Detail neue Lösungen zu finden. Denn die Anforderungen an Strukturen in der Raumfahrt und bei Hyperschallanwendungen sind vielfältig. Sie müssen leicht, zuverlässig und bei Thermallasten von –250 °C bis +2000 °C vor allem temperaturbeständig und dehnungskompatibel sein.

Der Forschungsbereich deckt die gesamte Prozesskette ab – vom Werkstoffdesign über Simulation und Fertigung bis hin zum flugtauglichen Prototypen. Ziel ist die Entwicklung innovativer Leichtbau- und Strukturtechnologien, die den extremen Bedingungen der Raumfahrt standhalten.

Im Zentrum stehen faserverstärkte Kunststoffe, Metalle und Hochleistungskeramiken bis hin zu ultrahochtemperaturbeständigen keramischen Verbundwerkstoffen (UHTCMC) sowie modernen Ablatoren. Die Bauteile werden stets im Kontext des Gesamtstrukturkonzepts entwickelt. Dabei spielt insbesondere die Dehnungskompatibilität eine wichtige Rolle. Additive und konventionelle Fertigungsverfahren werden gezielt kombiniert, um komplexe und multifunktionale Raumfahrtstrukturen zu realisieren.

Digitale Werkzeuge ermöglichen es, thermische und mechanische Belastungen präzise abzubilden. So entstehen neuartige Systemlösungen mit hoher Funktionsdichte und geringem Gewicht. Für die Verifikation stehen modernste, flexibel konfigurierbare mechanische und thermische Testanlagen zur Verfügung. Ergänzt werden sie durch einsatznahe Flugversuche, in denen die entwickelten Strukturkonzepte validiert werden.

Ein besonderes Augenmerk liegt auf der kosteneffizienten Entwicklung hochintegrierter Satellitensysteme und der Übertragung innovativer Strukturkonzepte in die Raumfahrtindustrie. In enger Zusammenarbeit mit industriellen und universitären Partnern werden neue Strukturtechnologien effizient in die Praxis überführt. Damit trägt der Forschungsbereich zugleich zur Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen im Bereich der Raumfahrttechnologien bei.

**KONTAKT** // Hendrik Weihs // +49 711 6862-625 // hendrik.weihs@dlr.de
// Dr.-Ing. Joél Schukraft // +49 711 6862-734 // joel.schukraft@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 sowohl für das konventionelle Luftstrahltriebwerk als 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, aus faserverstärkten 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 die Entwicklung der „Virtuellen Triebwerksplattform“ ausgerichtet.

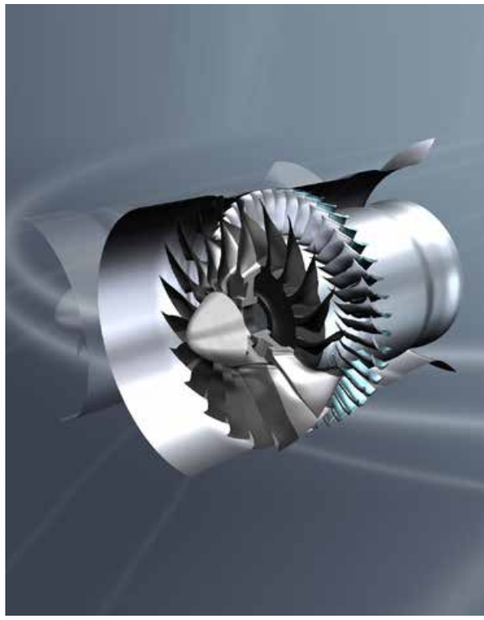
**KONTAKT** // Paul-Benjamin Ebel // +49 711 6862-614 // paul.ebel@dlr.de








Moderne Forschung an Luftfahrtantrieben **ist heute ein Zusammenspiel aus Simulation und Realität.**





UNSERE

# 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 sowie der entsprechenden Prozesstechnik jeweils eine hochmoderne Tapelegemaschine zur Verfügung. Die Anlagen bestehen aus einem KUKA-Industrieroboter mit Linearachse und Drehkipptisch für ebene Bauteile sowie einer Wickelachse für rotationssymmetrische Bauteile. Die Heizquelle beider Anlagen ist jeweils ein 6-kW-Diodenlaser.

Mit der Anlage in Stuttgart können flächige Bauteile hergestellt werden, die bis zu 3,6 m lang und 2,0 m breit sind. In Augsburg sind sogar Bauteile mit einer Länge von 6,0 m und einer Breite von 3,0 m möglich. So lassen sich dort beispielsweise Flugzeugrumpfsegmente in Originalgröße produzieren.



**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 weniger Sekunden bis zu 400 °C erreicht werden.



**ULTRASCHALLSCHWEISSEN**
Die Anlage kann durch ihre Endeffektor-Bauweise mit Roboterhandling Schweißnahtgeometrien in nahezu beliebigem Ausmaß und mit komplexen Verläufen automatisiert herstellen. Die Anlage wird zum Fügen von thermoplastischen Laminaten, vom Probekörpermaßstab bis zur Full-Scale-Anwendung eingesetzt. Den Kern der Anlage bilden ein Branson-Schweißgenerator mit 20 kHz und unterschiedliche Sonotrodenkonfigurationen.



**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 Full-Scale-Demonstratoren – 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 Heiztisch mit einer Maximaltemperatur von 400 °C und ein Heraeus-Ofen mit einer Maximaltemperatur von 350 °C 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 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 stehen dem Institut neben modernen Anlagen zur Vorkörperfertigung mehrere Ofenanlagen für Hochtemperaturprozesse zur Verfügung. Mit einem maximalen Brennraum von 850 mm Kantenlänge und einer Maximaltemperatur von 2.000 °C decken die Anlagen ein breites Spektrum der CMC-Entwicklung ab.



**WICKELANLAGE**
Für die Entwicklung neuartiger CMC-Strukturen kommt im Institut auch eine 5-Achs-Wickelanlage zum Einsatz. Derzeit wird verstärkt die Entwicklung von Raumfahrtstruktursystemen vorangetrieben, beispielsweise von Kegeldüsenerweiterungen für Höhenforschungsraketen und idealen Glockendüsenerweiterungen als Demonstratoren für zukünftige Oberstufenantriebe.



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 Luft- und Raumfahrt sowie den bodengebundenen Verkehr experimentell nachgestellt werden.

**LAUNCHER (KEIN BILD)**
Er wird für den Beschuss von größeren Impaktoren wie Drohnen (bis zur 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.

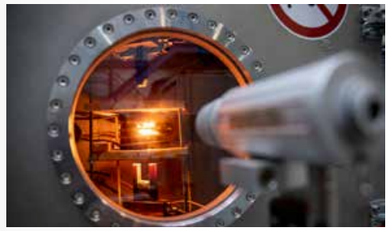
**SHAKER**
In High-Cycle-Fatigue-Tests (HCF-Tests) wird die Dauerfestigkeit von Materialien, Bauteilen oder sogar ganzen Bauteilgruppen untersucht. Sie leisten dadurch einen wichtigen Beitrag zur Sicherheit bei der FEM-Analyse. Diese Tests werden im Institut mittels eines Shakers und Hämmerchens durchgeführt.

**+ ZUR AUSSTATTUNG DES INSTITUTS ZÄHLEN AUCH DIVERSE UNIVERSALPRÜFMASCHINEN.**






### THERMOMECHANISCHES PRÜFEN



**INDUKTIONSBEHEIZTE THERMOMECHANISCHE TESTANLAGE (INDUTHERM)**
Der Prüfstand INDUTHERM ist für den thermischen und mechanischen Test von Strukturkomponenten, wie zum Beispiel Krafteinleitungen, bestimmt. Die induktive Beheizung ermöglicht bei entsprechender Spulengestaltung die Prüfung komplexer Strukturkomponenten und Funktionselemente.

### ZERSTÖRUNGSFREIE PRÜFMETHODEN

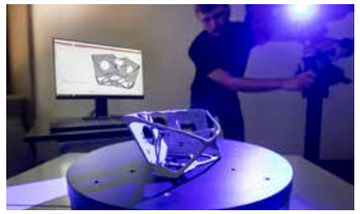
**COMPUTERTOMOGRAPHIE (CT)**
Für die zerstörungsfreie dreidimensionale Untersuchung komplex geformter Bauteile und struktureller Baugruppen stehen am Institut eine CT-Großanlage und ein hochauflösendes Nano-CT-System zur Verfügung. Mit Letzterem lassen sich selbst kleinste Strukturen untersuchen.

**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.

**CHARAKTERISIERUNG PORÖSER MEDIEN**
Mit der Anlage AORTA kann sowohl die Permeabilität als auch die Ausströmverteilung 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 (KEIN BILD)**
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.

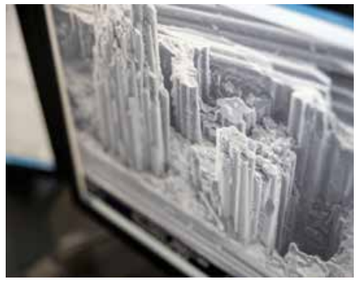
**+ AUSSERDEM VERFÜGT DAS INSTITUT ÜBER VIELE WEITERE ROBOTERGESTÜTZTE TECHNIKEN, WIE ETWA THERMOGRAPHIE (LOCK-IN, PULS, ULTRASCHALL), LUFT-ULTRASCHALL, BERÜHRUNGSLOSE 3D-VERMESSUNG UND DIVERSE OPTISCHE TECHNOLOGIEN.**


UNSERE

# ANLAGEN

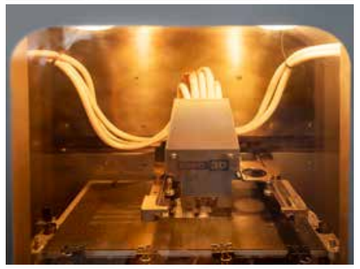
## WERKSTOFFANALYSE



**RASTERELEKTRONENMIKROSKOP**
Mit dem Gemini Ultra Plus des Herstellers ZEISS verfügt das Institut über ein hochmodernes Rasterelektronenmikroskop mit einem weiten Vergrößerungsbereich von 50-fach bis 100.000-fach. Die Feldemissionskathode ermöglicht dabei eine besonders hohe Auflösung und eine präzise Analyse feinster Strukturen. Ein integrierter EDX-Detektor erlaubt zudem die Elementanalyse von Werkstoffen im mikroskopischen Maßstab mittels energiedispersiver Röntgenspektroskopie.

**+ 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-Verfahren (Fused Filament Fabrication) als auch im FGF-Verfahren (Fused Granular Fabrication) 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 endlosfaserverstärkten 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 Flüssigsilizierverfahren zu Siliziumcarbid umgewandelt werden.

## ANLAGEN ZUR AUTOMATISIERTEN FULL-SCALE-PRODUKTION

**Für die Integration von Fertigungs-, Montage- und Fügetechnologien 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.**

Imagebroschüre_D_10/2026

**Das DLR im Überblick**

Das DLR ist das deutsche Forschungs- und Technologiezentrum für Luft- und Raumfahrt. In seinen Kerngebieten entwickelt das DLR Technologien für Luft- und Raumfahrt, Energie und Verkehr, sowie Sicherheits- und Verteidigungsforschung. Ein breites Spektrum an Ergebnissen und Innovationen bringen Nutzen für Industrie und Wirtschaft, Behörden und Verwaltung sowie für öffentliche Stakeholder. Durch einen intensiven Wissensaustausch und gezielten Technologietransfer stellt sich das DLR seiner Verantwortung gegenüber der Gesellschaft. Dazu wird es mit Mitteln des Bundes gefördert. Die Deutsche Raumfahrtagentur im DLR ist im Auftrag der Bundesregierung für die Planung und Umsetzung der deutschen Raumfahrtaktivitäten zuständig. Zwei DLR Projektträger arbeiten als Managementeinrichtungen für Forschungs- und Industrieförderung.

Global wandeln sich Klima, Mobilität und Technologie. Das DLR nutzt das Know-how seiner 51 Institute und Einrichtungen, um Lösungen für die daraus resultierenden Herausforderungen zu entwickeln. Unsere 11.000 Mitarbeitenden haben eine gemeinsame Mission: Wir erforschen Erde und Weltall. Wir entwickeln Technologien für eine nachhaltige Zukunft und tragen durch den Technologietransfer 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**

FSC www.fsc.org MIX Papier | Fördert gute Waldnutzung FSC® C008457

Klimaneutral Druckprodukt ClimatePartner.com/53106-2203-1005

**Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt**

**Institut für Bauweisen und Strukturtechnologie**