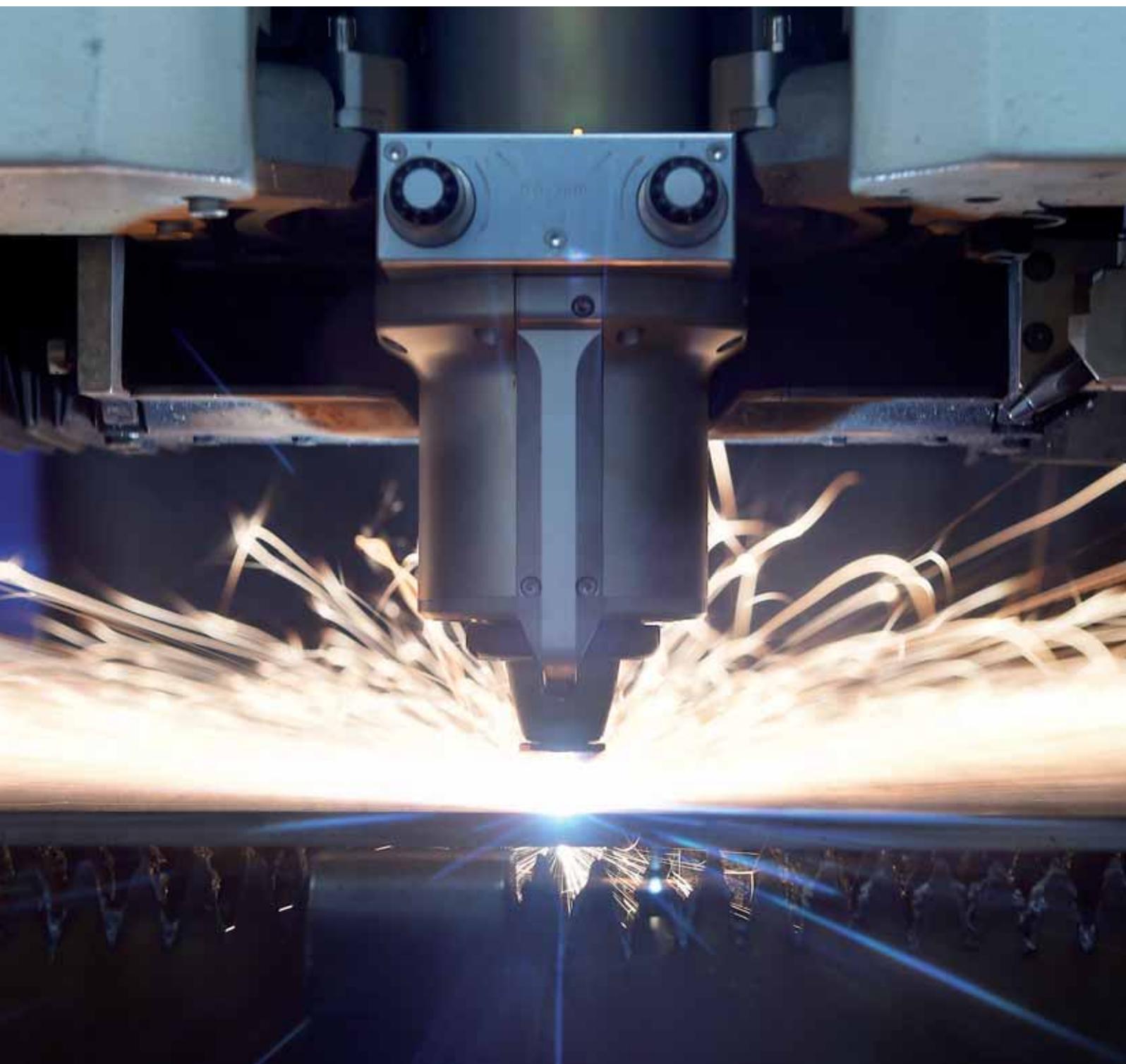


# JAHRBUCH 2018

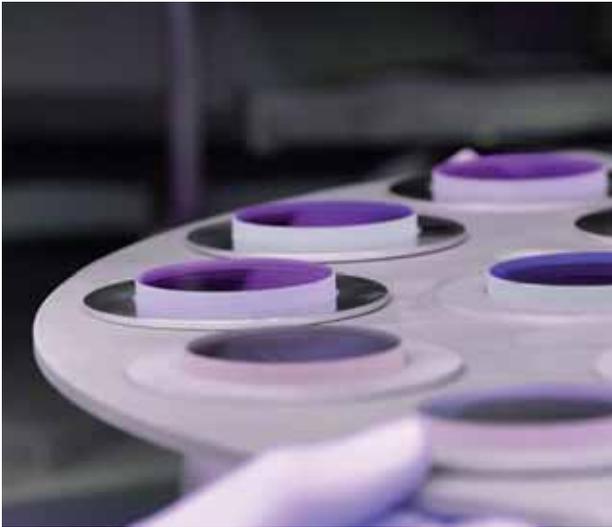
research | development | consulting





► **JAHRBUCH 2018**

research | development | consulting



# INHALT

## 1. DAS LZH IM FOKUS

1.1 Rückblick auf das Jahr 2018	4
1.2 Das Jahr 2018 in Kürze	7
1.3 Niedersachsen ADDITIV	12

## 2. DAS LZH – AUFBAU UND FAKTEN

2.1 Profil	13
2.2 Organisation	14
2.2.1 Organisationsstruktur	14
2.2.2 Mitglieder	14
2.2.3 Aufsichtsrat	14
2.2.4 Vorstand	15
2.2.5 Wissenschaftliches Direktorium	16
2.2.6 Industriebeirat	16
2.2.7 Fachabteilungen	17
2.2.8 Abteilungsleiter	17
2.3 Das LZH in Zahlen	18
2.3.1 Umsatzentwicklung	18
2.3.2 Gliederung der Einnahmen	19
2.3.3 Personalentwicklung	19

## 3. FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

3.1 Abteilung Laserkomponenten	20
3.2 Abteilung Laserentwicklung	23
3.3 Abteilung Industrielle und Biomedizinische Optik	26
3.4 Abteilung Produktions- und Systemtechnik	29
3.5 Abteilung Werkstoff- und Prozesstechnik	32
3.6 Geschäftsfelder	35
3.6.1 Additive Fertigung	35
3.6.2 Medizintechnik	36
3.6.3 Weltraumtechnik	37
3.7 Akademische Arbeiten	38

## 4. NACHWUCHSFÖRDERUNG UND WEITERBILDUNG

4.1 Nachwuchsförderung	39
4.2 Ausbildung	39
4.3 LZH Laser Akademie	40
4.4 Vorlesungen und Seminare	41

## 5. VERANSTALTUNGEN UND MESSEN

5.1 Veranstaltungen	42
5.2 Messeteilnahmen	46

## 6. VERÖFFENTLICHUNGEN

6.1 Abteilung Laserkomponenten	48
6.2 Abteilung Laserentwicklung	49
6.3 Abteilung Industrielle und Biomedizinische Optik	51
6.4 Abteilung Produktions- und Systemtechnik	52
6.5 Abteilung Werkstoff- und Prozesstechnik	53

## 7. DIENSTLEISTUNGEN

54

## 8. SERVICE-ABTEILUNGEN

8.1 Kommunikation	56
8.2 Technische Dienste	56
8.3 Verwaltung	56

# DAS LZH IM FOKUS

## 1.1 Rückblick auf das Jahr 2018

# EXZELLENT FORSCHUNG IN HANNOVER



Seit dem 27. September 2018 ist es offiziell: Die Photonikforschung in Hannover und damit auch die Arbeit der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Laser Zentrum Hannover e.V. (LZH) sind exzellent. Denn das LZH ist an den zwei von der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover (LUH) beantragten und bewilligten Exzellenzclustern beteiligt: PhoenixD und QuantumFrontiers.

Der Exzellenzcluster PhoenixD (Photonics, Optics, and Engineering – Innovation Across Disciplines) will einen Paradigmenwechsel im Design und in der Herstellung von Optiken einleiten. Die Idee dahinter: Optikdesign, Optiksimulation und moderne Produktionsmethoden zu einer einzigen integrierten Plattform verweben. Damit sollen optische Instrumente, Systeme und Geräte schnell und kostengünstig additiv gefertigt werden. Der Fokus der Arbeiten der LZH-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler liegt im Bereich der Simulation auf dem Design neuartiger optischer Schichten und optischer Funktionen, in Bezug auf die Fertigungstechnik in der additiven Herstellung funktionaler Optiken aus Glas und Polymeren sowie aktiver optischer Elemente.



In dem Cluster „Light and Matter at the Quantum Frontier: Foundations of and Applications in Metrology“ (QuantumFrontiers) sollen Licht und Materie genutzt werden, um die Grundlagen und Anwendungen der Metrologie bis über die Quantengrenze zu erweitern und so die Grenzen des Messbaren zu verschieben. Die beteiligten Forscherinnen und Forscher wollen dazu Quantenzustände von Licht und Materie vollständig kontrollieren können. Damit würden sie die Grundlage für die Metrologie von morgen schaffen. Die Arbeiten des LZH konzentrieren sich hier auf Laserstrahlquellen für Quantensensoren und Gravitationswellendetektion sowie auf die additive Präzisionsfertigung von quantensensorischen Systemen.

Grundlage für die herausragende Forschung am Standort Hannover ist die mittlerweile ausgezeichnete Infrastruktur: Das Hannover Institute of Technology (HITec) ist eine themenübergreifende Forschungseinrichtung der Leibniz Universität Hannover für Quantentechnologien und deren Anwendung in der Grundlagenforschung. Unter Beteiligung der Fachgebiete Physik, Geodäsie und Ingenieurwissenschaften sollen hier

neuartige Messtechnologien auf dem Gebiet der Quantenphysik und Geodäsie entwickelt werden.

Mit dem Niedersächsischen Zentrum für Biomedizintechnik, Implantatforschung und Entwicklung, NIFE, in Hannover stehen die Region und das Land Niedersachsen im internationalen Fokus als einer der führenden Standorte biomedizinischer Forschung und Entwicklung. Das von der Medizinischen Hochschule Hannover, der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover und der Leibniz Universität Hannover in Zusammenarbeit mit dem LZH gegründete NIFE hat das Ziel, die transdisziplinäre Forschung und Entwicklung mit dem Schwerpunkt Implantatforschung in Niedersachsen zu bündeln.

Eins haben beide Infrastrukturprojekte gemeinsam: die Beteiligung des LZH. Denn um in einem so innovativen Feld wie der Lasertechnik Spitzenforschung betreiben zu können, ist eine moderne Infrastruktur unerlässlich.

#### **Laser im Weltraum**

Ein Highlight der Weltraumaktivitäten des LZH in 2018 war die Integration des LZH-Lasers in das MOMA-Instrument bei der NASA. Mit ihm sollen Bodenproben vom Mars nach Spuren von Leben untersucht werden. Der entwickelte Festkörperlaserkopf erzeugt Lichtimpulse im UV-Spektralbereich. Dies ist ein weiterer Meilenstein auf dem Weg zum Start der Rakete, der für Juli 2020 vom Kosmodrom Baikonur in Kasachstan geplant ist. Die langjährigen Erfahrungen im Spacebereich, besonders aus dem MOMA Projekt, bieten die Grundlage für ein neues spannendes Weltraumprojekt: Moonrise. Production in Space ist ein großes Schlagwort: Hier setzt das in 2018 gestartete Projekt Moonrise an. Mittels 3D-Druck soll zunächst die Herstellung von Bauteilen und später einmal ganzer Baugruppen auf dem Mond möglich sein. Hierfür werden Standardprozesse und –komponenten für den Einsatz auf dem Mond angepasst und klassifiziert sowie die Möglichkeiten in der Schwerelosigkeit getestet.

#### **Green Photonics**

Laser gegen Unkraut – klingt nach Science Fiction, ist aber Realität. Der Laser ist hervorragend geeignet, den Glyphosat-Einsatz zu verringern und damit die Landwirtschaft „grüner“ zu machen. Ziel des neuen LZH-Projekts Nubela ist, weniger Herbizide auf Anbauflächen auszubringen und die den Wuchs hemmenden Unkräuter selektiv durch Laserstrahlung zu entfernen. Der laserbasierte Ansatz hat gleich mehrere Vorteile: Pflanzenbauer brauchen weniger Herbizide, die Pflanzen können keine Resistenzen gegen die Laserstrahlung entwickeln und für die aus Sicht der Biodiversität nützlichen Beikräuter und Nützlingsinsekten auf den Flächen entstehen keine Nachteile. So könnte auch ohne Gentechnik der Pflanzenbau der Zukunft gesichert werden.

### Anwendungsnahe Forschung im Fokus

Über das Jahr verteilt wurden bei zahlreichen Veranstaltungen und Messen unsere aktuellen Forschungs- und Entwicklungsthemen der Industrie präsentiert und diskutiert. Bei diesen LZH-Veranstaltungen, aber auch auf externen Veranstaltungen und Messen, stehen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in regem Austausch mit Vertretern kleiner, mittlerer und großer Unternehmen, um Kontakte zu festigen, zu erweitern und neue zu gewinnen. Der Transfer in die Wirtschaft und die Anwendung der Ergebnisse der LZH-Arbeiten sowie die öffentliche Darstellung der Möglichkeiten der Photonik und der Lasertechnik im Speziellen sind die zentralen Motivationsgeber für alle LZH-Aktivitäten.

### Interna

Zum 16. April 2018 hat Dr.-Ing. Stefan Kaieler zusammen mit Dr. Dietmar Kracht die wissenschaftlich-technische Geschäftsführung des LZH übernommen. Er folgt damit auf Prof.

Dr.-Ing. Ludger Overmeyer. Dieser übernimmt den Vorsitz des Wissenschaftlichen Direktoriums von Prof. Dr. Wolfgang Ertmer, der mit großem Dank aus seiner Vorstandstätigkeit verabschiedet wurde.

2018 war auch ein Jahr mit einigen ungeplanten Herausforderungen für viele unserer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, denn zwei Wasserschäden stellten uns vor die Aufgabe, den Betrieb zu gewährleisten während Teile des Gebäudes komplett geräumt werden mussten. Vielen Dank für den besonderen Einsatz vieler LZH-Mitarbeiter, die uns auch dies positiv zu Ende bringen ließen.

Wir danken allen unseren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern für ihre Arbeit in diesem erfolgreichen Jahr 2018. Unseren Geschäftspartnern danken wir auch in diesem Jahr für das entgegengebrachte Vertrauen sowie Ehemaligen, Freunden und Förderern für ihre Unterstützung und Anregungen zum Wohle des Instituts.



**Dr. rer. nat. Dietmar Kracht**

Wissenschaftlich-Technischer  
Geschäftsführer LZH



**Dr.-Ing. Stefan Kaieler**

Wissenschaftlich-Technischer  
Geschäftsführer LZH



**Dipl.-Verw. (FH) Klaus Ulbrich**

Kaufmännischer  
Geschäftsführer LZH



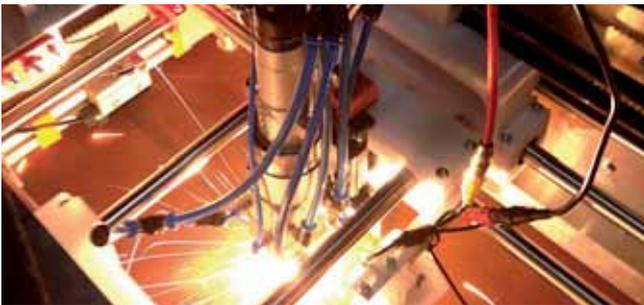
## 1.2 DAS JAHR 2018 IN KÜRZE

24.01.2018

### Der Laser kommt zum Werkstück: Mobile Lasermaterialbearbeitung

Große, schwere Bauteile lassen sich bisher nur eingeschränkt vor Ort mit dem Laser schweißen, schneiden oder abtragend bearbeiten. Das LZH hat nun zusammen mit der Firma SET ein neues mobiles Laserbearbeitungssystem zu einem Prototyp weiterentwickelt.

Was tun, wenn ein Werkstück etwa aufgrund seiner Größe und seines Gewichts nur vor Ort bearbeitet werden kann? Das Laserbearbeitungssystem muss zum Werkstück kommen. Das klingt einfacher als es ist, denn das gesamte Laserequipment besteht aus Laserstrahlquelle, Kühler, Schutzeinrichtungen, Strahlführung und Bearbeitungssystem. Bislang gehören mobile Lasersysteme zu einem Nischenmarkt. Interessant sind sie für viele Schweiß-, Schneid- und Abtragprozesse an Bauteilen aus Stahlwerkstoffen für den Werkzeugbau.



Wenn der Laser zum Werkstück kommt: Einsatz des mobilen Laserbearbeitungssystems.

21.03.2018

### LZH Finalist beim JEC WORLD Innovation Award

Zusammen mit seinen Projektpartnern hat das LZH das Finale des renommierten JEC WORLD Innovation Award erreicht. In die engere Auswahl in der Kategorie „Aerospace Applications“



Die neuartigen Verstärkungspaneel werden mit einem vom LZH entwickelten Laserprozess verschweißt.

kam das Konzept einer neuen Generation von modularen thermoplastischen Verstärkungspaneelen für Anwendungen im Flugzeug. Diese reduzieren sowohl das Gesamtgewicht als auch die Produktionskosten bei hohen Stückzahlen. Die Paneel sind recycelbar und schwer entflammbar. Sie zeichnen sich außerdem durch ihr modulares Design aus, das sich flexibel an die benötigte Panelgröße und den Flugzeugtyp anpassen lässt. Der zugrunde liegende, vom LZH entwickelte, Laserdurchstrahlschweißprozess lässt sich zudem einfach in Prozessketten integrieren.

10.04.2018

### Weltkriegsbomben mit Laserstrahlung sicherer entschärfen

Blindgänger sind und bleiben in vielen Teilen der Welt eine ernsthafte Bedrohung der zivilen Sicherheit. Um diese Bomben zukünftig sicherer entschärfen zu können, arbeitet das LZH gemeinsam mit der LASER on Demand GmbH und dem Kampfmittelräumdienst Hamburg (KRD) an einer gezielten laserbasierten Deflagration. Im Gegensatz zu einer Detonation entsteht bei der Deflagration eine geringere Druckwelle und der Sprengstoff wird nur zu einem kleinen Teil umgesetzt. Dafür kerben die Projektpartner die Bombenhülle mit Laserstrahlung ein und lösen im zweiten Schritt die Deflagration aus. In Zusammenarbeit mit den Partnern soll eine feldtaugliche und automatisierte Bearbeitungsplattform entstehen – um selbst gefährliche Blindgänger sicher zu entschärfen.



Mit einem laserbasierten Verfahren soll die Entschärfung von Blindgängern sicherer werden.

30.05.2018

### Miniaturisiertes Chemielabor auf dem Weg zum Mars

Ein wenig wie ein Chemielabor für die Westentasche – das MOMA-Instrument. Mit ihm sollen Bodenproben vom Mars auf Spuren von Leben untersucht werden. Im Instrument verbaut ist ein vom LZH entwickelter Festkörperlaserkopf, der Lichtimpulse im UV-Spektralbereich erzeugt.

Laut NASA hat das Fluginstrument die für die Auslieferung nötigen Tests bestanden und kann nun in Turin in den „Analytical Lab Drawer“ der Mars Mission ExoMars 2020 verbaut werden. Der Start der Rakete ist für Juli 2020 vom Kosmodrom Baikonur in Kasachstan geplant.



Präzise Montage – ein Techniker der NASA untersucht das MOMA-Instrument während eines Thermalvakuumtests. (Foto: NASA)

04.06.2018

### Gouverneur des Gebiets Perm, Russische Föderation, besuchte das LZH

Anfang Juni besuchte der vom Niedersächsischen Ministerpräsidenten Stephan Weil eingeladene Gouverneur des Gebiets Perm, Maxim Reshetnikov, mit einer Delegation das LZH. 30 Personen aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik informierten sich über die Forschungsarbeiten und die wirtschaftliche Situation des Instituts. Eine Besichtigung des Versuchsfeldes und der Labore in den Bereichen Faserkomponenten und Hochleistungsbeschichtungen, Laseranwendungen im Leichtbau sowie der Additiven Fertigung zeigten den Besuchern einen Auszug aus dem hochtechnologischen Forschungsspektrum des LZH. Besonderes Interesse der Delegation bestand an der Herstellung optischer Fasern für die Telekommunikation.

05.06.2018

### Stahl-Aluminium-Mischverbindungen mit dem Laser schnell und sicher fügen

Für den Automobilbau der Zukunft braucht es belastungsangepasste und leichte Bauteile aus Stahl-Aluminium-Mischverbindungen. Im Forschungsvorhaben LaserLeichter hat das LZH einen Remote-Laserstrahlschweißprozess entwickelt, mit dem dreidimensionale Strukturen aus Stahl und Aluminiumlegierungen schnell und zuverlässig gefügt werden können.

Mit dem Prozess lassen sich Zwei- sowie Drei-Blechverbindungen mit hohen Schweißgeschwindigkeiten von bis zu sieben Metern pro Minute fügen. Basis für den Remote-Laserstrahlschweißprozess ist die von der TRUMPF Laser GmbH neu entwickelte 3D-Scanneroptik. Mit dieser werden komplexe dreidimensionale Nahtgeometrien selbst bei großen Strukturen möglich. Damit ist der Prozess insbesondere für den Karosseriebau interessant und kann aufwendige Roboterbewegungen ersetzen.



Remote-Laserstrahlschweißen von Stahl-Aluminium-Mischverbindungen.

31.08.2018

### Stahl an Kupfer hochautomatisiert laserschweißen

In einem neuen Projekt entwickelt das LZH zusammen mit der Flexibl GmbH, Braunschweig, einen Fertigungsprozess und die entsprechende Anlage, die hochautomatisiert Rohre aus Stahl und einer Kupferlegierung verbinden soll. Im Rahmen dessen wollen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Gruppe Fügen und Trennen von Metallen am LZH einen energiereduzierten Laserstrahlschweißprozess entwickeln. Sie entwerfen dazu unter anderem ein Adapterstück aus Stahl, das auf der einen Seite an ein Wellrohr aus Stahl und auf der anderen Seite an ein Kupferrohr geschweißt werden soll.



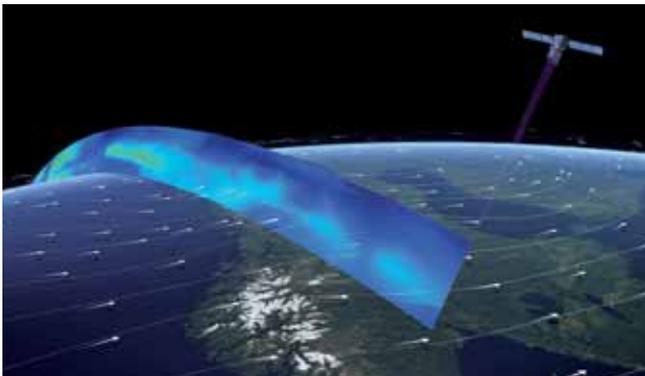
Rohre aus Stahl und einer Kupferlegierung sollen zukünftig hochautomatisiert verbunden werden können. (Foto: Flexibl GmbH)

31.08.2018

### Laser auf den Spuren des Windes

Der Wettersatellit Aeolus der Europäischen Raumfahrtagentur ESA soll erstmals Informationen zum Wind direkt erfassen und Wettervorhersagen damit zuverlässiger machen. Dessen neuartiges und leistungsstarkes Lasersystem enthält Optiken, an deren Charakterisierung unter anderem das LZH beteiligt war.

An Bord des Satelliten befindet sich das Messinstrument Aladin – Atmospheric Laser Doppler Instrument. Mit diesem sollen sich erstmals vertikale Windprofile live messen lassen. Das Instrument beinhaltet einen gepulsten UV-Laser mit hoher Pulsenergie. Die verbauten Optiken müssen daher besonders robust sein, um für die dreijährige Mission den dauerhaften Betrieb zu garantieren. Alle Optiken innerhalb des Lasers und des gesamten Instrumentes wurden deshalb für die Mission durch das Deutsche Luft- und Raumfahrtzentrum (DLR) qualifiziert. Dabei beriet die Abteilung Laserkomponenten des LZH über die letzten dreizehn Jahre und führte unterstützende Messungen durch.



Der Erdbeobachtungssatellit ADM Aeolus misst vertikale Windprofile. (Quelle: ESA/ATG medialab)

19.09.2018

### Staatssekretär

#### Dr. Berend Lindner zu Besuch im LZH

Dr. Berend Lindner, Staatssekretär im Niedersächsischen Ministerium für Wirtschaft, Arbeit, Verkehr und Digitalisierung (Nds. MW), informierte sich am 19. September 2018 vor Ort über aktuelle Forschungsthemen im LZH. Bei einem Rundgang durch die Labore und das Versuchsfeld erhielt er Einblicke in neueste Methoden und Konzepte für die Additive Fertigung von XXL bis in den Mikrometerbereich sowie in weitere innovative Laserbearbeitungsverfahren.



Dr. Berend Lindner, Nds. MW., zusammen mit Dr.-Ing. Stefan Kaiertle, wissenschaftlich-technischer Geschäftsführer des LZH.

28.09.2018

#### Meilenstein für die Photonik in Hannover



In den Exzellenzclustern PhoenixD und QuantumFrontiers wird das LZH die Photonikforschung entscheidend vorantreiben.

An zwei der von der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover (LUH) beantragten Exzellenzclustern wird das LZH zukünftig direkt mitarbeiten. Die Cluster PhoenixD und QuantumFrontiers wurden von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) zur Förderung ausgewählt.

15.10.2018

#### Tiefsee ergründen – erstmalige LIBS-Messung bei 600 bar



Die Messung von Elementen mit LIBS soll zukünftig helfen, Rohstoffvorkommen zerstörungsfrei zu lokalisieren. [Foto: GEOMAR [CC BY 4.0]]

Erstmalig ist es Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern am LZH gelungen, Zink-Proben bei einem Druck von 600 bar mit Hilfe von laserinduzierter Plasmaspektroskopie zu messen. Damit konnten sie zeigen: Das am LZH entwickelte LIBS-System eignet sich für den Tiefsee-Einsatz bei bis zu 6.000 Meter Wassertiefe.

Das LZH arbeitet gemeinsam mit acht europäischen Partnern daran, bis 2020 ein laserbasiertes, autonomes Messsystem für den Einsatz unter Wasser zu entwickeln. Das System soll Proben, wie beispielsweise Manganknollen, detektieren und direkt auf dem Tiefseegrund ihre Materialzusammensetzung analysieren – ohne große Schäden anzurichten. Um das vom LZH entwickelte LIBS-System unter Tiefseebedingungen zu testen, wurde eine spezielle Druckkammer konzipiert und gefertigt. In der Druckkammer kann mit einem Druck von bis zu 650 bar eine Wassertiefe von 6.500 Metern simuliert werden.

06.11.2018

### Keratokonus zukünftig mit fs-Laser behandeln

Bei der Augenkrankheit Keratokonus wird die Hornhaut stetig dünner, verliert an Steifigkeit und wölbt sich kegelartig nach vorne. In einem neuen Projekt arbeitet das LZH daran, das Behandlungsspektrum durch Femtosekundenbestrahlung zu er-

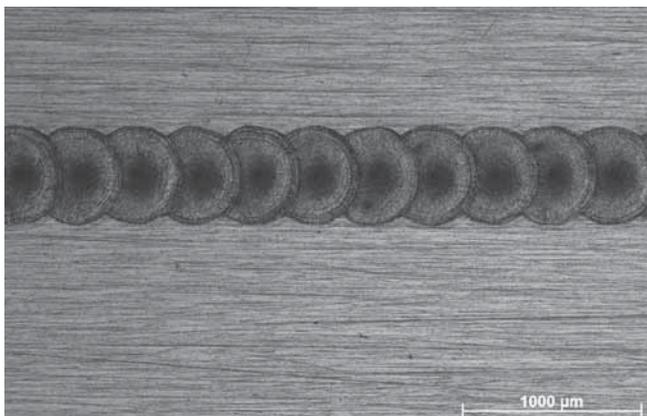


Das LZH arbeitet an einem neuen laserbasierten Verfahren für die Behandlung der Augenkrankheit Keratokonus. (Foto: Optimo Medical AG)

weitern. Die bisher einzige Behandlungsmöglichkeit neben der Hornhauttransplantation ist das UV-Crosslinking-Verfahren. Im Vorhaben FEM2CXL will das LZH nun zusammen mit drei Partnern, ein Crosslinking-Verfahren etablieren, das statt UV-Licht einen Femtosekundenlaser (fs-Laser) nutzt. Ein großer Vorteil des fs-Crosslinking ist: Das Gewebe kann mit einer hohen Auflösung und einer hohen Eindringtiefe lokal behandelt werden. Das umliegende Gewebe wird dabei nicht geschädigt. Außerdem wollen die Partner eine Software entwickeln: Diese soll den Effekt des fs-Crosslinkings zur Behandlung von Keratokonus patientenindividuell und präoperativ simulieren.

15.11.2018

### Laserschweißprozess für hochgenaue digitale Maßlehren



Mit einem gepulsten Laserstrahlschweißprozess können auch dünne Bleche zuverlässig gefügt werden.

Um digitale Maßlehren zu produzieren, müssen dünne Federbleche in einer Sandwichkombination gefügt werden. Dieser Prozess muss sehr genau und reproduzierbar sein – mit herkömmlichen Fügeverfahren ist dies bisher nicht möglich. Daher arbeitet das LZH zurzeit an einem laserbasierten Prozess.

Die „Digitale Fühlerlehre“ ermöglicht es, Spaltabstände digital zu messen und die Messwerte auszulesen. Die Konstruktion der Lehre basiert auf Zehntelmillimeter-dünnen Federblechen. Diese müssen so gefügt werden, dass ein sehr schmaler Hohlraum im Inneren entsteht, in dem die Sensorelektronik untergebracht wird. Bisher kann die Lehre nicht mit konventionellen Methoden und reproduzierbaren Qualitäten hergestellt werden. Das LZH will dies nun zusammen mit der MFP GmbH ändern.

15.11.2018

### Freiwilliges Wissenschaftliches Jahr am LZH immer beliebter

Immer mehr Abiturientinnen und Abiturienten bewerben sich für ein Freiwilliges Wissenschaftliches Jahr (FWJ) oder das Niedersachsen-Technikum am LZH. Zehn erfolgreiche Bewerber arbeiten bis Ende August 2019 aktiv an Projekten im LZH mit – zum Beispiel an optischen Systemen für den Weltraum.



Die neuen FWJ'ler und Technikantinnen am LZH.

27.11.2018

### Optische Komponenten aus dem Drucker

Komplette Lasersysteme aus dem 3D-Drucker? Was nach Zukunftsmusik klingt, macht sich ein neues Forschungsvorhaben der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover (LUH) zusammen mit dem LZH, dem Clausthaler Zentrum für Materialtechnik (CZM) und der Hochschule Hannover (HsH) zum Ziel. Sie wollen zumindest Teile eines Lasersystems additiv fertigen. Denn diese Fertigungsart ermöglicht völlig neue Ansätze in der Laserherstellung und Lichtindustrie.



Der 3D-Druck von Glas kann neue Optik-Geometrien ermöglichen.

Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Innovationsverbands GROTESK wollen Optiken und optomechanische Baugruppen aus verschiedenen Materialien wie Glas, Polymer und Metall möglichst in einem Schritt additiv fertigen. So können etwa komplexe Optikgeometrien hergestellt oder Halterungen mit integrierten Kühlkanälen um herkömmliche Komponenten, zum Beispiel Laserkristalle, herum gedruckt werden.

30.11.2018

### Dicke Bleche? Laserschweißen!

Gerade für den Schiffbau und andere maritime Anwendungen ist die Weiterentwicklung des Dickblechschweißens interessant. Das LZH will zusammen mit vier Industriepartnern robuste, reine Laserschweißprozesse für Stahlblechdicken bis zu 30 Millimeter etablieren. Dafür sollen Diodenlaserstrahlquellen zu Höchstleistungen gebracht werden. Das Ziel des Vorhabens ist es, hochwertige Verbindungen mit hohen Schweißgeschwindigkeiten zu erreichen. Die neuen Prozesse sollen bestehende Verfahren ergänzen oder gar ersetzen.

Besonderes Augenmerk legen die Partner darauf, Konzepte zur Gewährleistung der Lasersicherheit bei den sehr hohen Laserleistungen von bis zu 60 Kilowatt zu entwickeln. Dazu gehört auch die Handhabung der zu erwartenden großen Mengen an emittierten Gefahrstoffen. Dafür wird durch das LZH auch die Gefahrstofffreisetzung aus der Laserprozesszone umfassend untersucht.

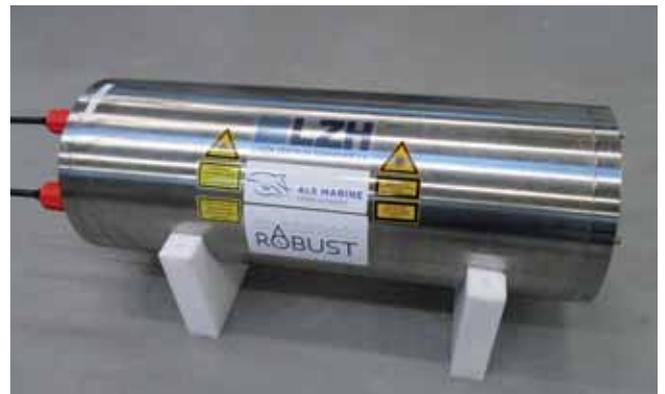


Ziel des Projekts DIOMAR ist es, neue Laserschweißprozesse auf Grundlage von Hochleistungslasern im maritimen Bereich zu etablieren. (Foto: © MEYER WERFT / I. Fiebak)

21.12.2018

### LZH-LIBS-System auf dem Weg in den pazifischen Ozean

Die finale Integration des LIBS-Systems des LZH für Messungen in der Tiefsee bei 6000 m Wassertiefe in das erforderliche Druckgehäuse ist erfolgreich abgeschlossen. Das LIBS-System wurde dem GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel übergeben. Anfang 2019 beginnt die Reise in den pazifischen Ozean, auf der das entwickelte LIBS-System unter realen Bedingungen mit dem ROV Kiel 6000 getestet wird.



Das LZH-LIBS-System im Druckgehäuse für den Einsatz in einer Wassertiefe von 6000 m (600 bar).

## 1.3 Niedersachsen ADDITIV

Niedersachsen ADDITIV hat das Ziel, Additive Fertigungsverfahren zu erforschen, für den flächendeckenden Einsatz in der Industrie weiterzuentwickeln sowie kleine und mittlere Unternehmen (KMU) in Niedersachsen dabei zu unterstützen, die neuen Technologien in ihre Produktionsprozesse zu integrieren. Für drei Jahre wird Niedersachsen ADDITIV dafür mit 1,2 Millionen Euro vom Land Niedersachsen gefördert. Ins Leben gerufen wurde Niedersachsen ADDITIV 2017 von vier Partnern: dem LZH, dem Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH (IPH), der Deutsche Messe Technology Academy GmbH sowie der LZH Laser Akademie GmbH.

### **Niedersachsen ADDITIV unterstützt KMU beim Einstieg in die Additive Fertigung**

Niedersachsen ADDITIV setzt auf drei Säulen: Demonstration sowie Dialog, Forschung und Netzwerk. Niedersachsen ADDITIV fungiert dabei als erster Ansprechpartner für alle Fragen rund um die Additive Fertigung: für Unternehmen, die gerade erst mit dem Gedanken spielen, auf Additive Fertigung zu setzen, ebenso wie für Erfahrene mit Fragen zur Verbesserung ihrer Produktionsstrategie. Mit einem Maschinenpark im LZH und im IPH können Prozesse demonstriert sowie spezifische Fragestellungen erprobt werden. Dies umfasst die Verarbeitung von Metallen, Polymeren sowie organischen Materialien und Verbundwerkstoffen mit additiven Einzelverfahren oder Verfahrenskombinationen.

### **KMU profitieren von neuesten Forschungsergebnissen**

Niedersachsen ADDITIV identifiziert Innovationspotenziale, geeignete neue Verfahren sowie Werkstoffe und entwickelt Anlagen. Die Erkenntnisse werden direkt in niedersächsische Unternehmen transferiert. Besonderes Augenmerk liegt dabei auf der Integration additiver Fertigungsverfahren in bestehende Produktionsprozesse sowie auf Hybridbauteilen. Diese Bauteile bestehend aus verschiedenen Werkstoffen oder lassen sich mittels Kombination verschiedener Fertigungsverfahren herstellen – in den Dimensionen mikro bis makro. Niedersachsen ADDITIV deckt die komplette Bandbreite der oben genannten Werkstoffe und Dimensionen ab.

### **Vernetzte Akteure sichern**

#### **Niedersachsens Wettbewerbsfähigkeit**

Nicht zuletzt hat sich Niedersachsen ADDITIV zum Ziel gesetzt, die verschiedenen Akteure in dem Feld Additive Fertigung miteinander zu vernetzen. Niedersachsen ADDITIV bringt KMU, In-

dustrie, Forschung und Verbände zusammen. Dazu präsentiert es sich zum einen auf Messen und zum anderen auf Veranstaltungen, die Möglichkeiten zum Netzwerken bieten.

### **Abwechslungsreiches Veranstaltungsprogramm für 2019**

Mit einem maßgeschneiderten Angebot für Fach- und Führungskräfte, qualifizierte Facharbeiter, Meister und Techniker bis hin zur Leitungs- und Führungsebene von KMU bietet Niedersachsen ADDITIV ein breites Veranstaltungsportfolio rund um den industriellen 3D-Druck. Gegliedert ist das Jahresprogramm in vier Veranstaltungsarten: Dialogveranstaltungen, Stammtische, Branchentreffs sowie das alljährliche Forum Additive Fertigung. Mehr Informationen zu aktuellen Veranstaltungen von Niedersachsen ADDITIV: [www.niedersachsen-additiv.de/de/termine/](http://www.niedersachsen-additiv.de/de/termine/).



Niedersachsen ADDITIV startet 2019 die neue Veranstaltungsreihe „Dialog on the Road“, um KMU mit Sitz außerhalb der Region Hannover die Teilnahme zu erleichtern.

### **KONTAKT**

Niedersachsen ADDITIV

Dr.-Ing. Gerrit Hohenhoff, M. Sc.

Tel.: +49 511 2788-263

E-Mail: [niedersachsen.additiv@lzh.de](mailto:niedersachsen.additiv@lzh.de)

## 2. DAS LZH – AUFBAU UND FAKTEN

### 2.1 Profil

Licht für Innovation – als unabhängiges gemeinnütziges Forschungsinstitut für Photonik und Lasertechnologie steht das Laser Zentrum Hannover e.V. (LZH) für innovative Forschung, Entwicklung und Beratung. Das LZH wurde 1986 gegründet mit dem Ziel, im Bereich der Lasertechnologie interdisziplinäre Forschung und Entwicklung zu betreiben, Forschung und Praxis zusammenzuführen und Fachkräfte industrienahe auszubilden. Die interdisziplinäre Zusammenarbeit von Naturwissenschaftlern und Ingenieuren ermöglicht dabei innovative Ansätze in verschiedenen Bereichen: von der Komponentenentwicklung für spezifische Lasersysteme bis hin zu Prozessentwicklungen für Laseranwendungen, zum Beispiel für die Medizintechnik oder den Leichtbau im Automobilsektor. Derzeit sind fast 200 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter am LZH beschäftigt. Gefördert wird das LZH durch das Niedersächsische Ministerium für Wirtschaft, Arbeit, Verkehr und Digitalisierung.

#### Wissenschaftliches Netzwerk

Zentral für den Erfolg des LZH ist die enge regionale wissenschaftliche Vernetzung mit den niedersächsischen Universitäten und zahlreichen renommierten Einrichtungen: Beteiligungen an den Exzellenz- und Spitzenclustern PhoenixD, QuantumFrontiers und Hearing4all, Teilnahme an diversen Sonderforschungsbereichen, wie zum Beispiel „Tailored Forming“ und „Regeneration komplexer Investitionsgüter“, zeichnen das LZH aus. Weiterhin ist das LZH Partner im Hannoverschen Zentrum für Optische Technologien (HOT), fungiert beim HITec

#### Im Fokus der angewandten Forschung des Instituts stehen die Themenfelder:

- Optische Komponenten und Systeme
- Optische Produktionstechnologien
- Biomedizinische Photonik

(Hannover Institut für Technologie) als Kooperationspartner der Leibniz Universität Hannover und ist in das disziplinübergreifende Laboratorium für Nano- und Quantenengineering (LNQE) und das Niedersächsische Zentrum für Biomedizintechnik, Implantatforschung und Entwicklung (NIFE) integriert. 2017 hat das LZH gemeinsam mit dem Institut für Integrierte Produktion Hannover, der Deutsche Messe Technology Academy GmbH und der LZH Laser Akademie GmbH „Niedersachsen ADDITIV“ ins Leben gerufen. Hervorzuheben ist zudem die erfolgreiche Zusammenarbeit mit dem Albert-Einstein-Institut im Bereich der Entwicklung von Lasersystemen für die Gravitationswellendetektion.

#### Transfer in die Wirtschaft

Das LZH schafft einen starken Transfer zwischen grundlagenorientierter Wissenschaft, anwendungsnahe Forschung und Industrie. Insbesondere kleine und mittelständische Unternehmen profitieren vom Forschungsspektrum und Dienstleistungsangebot des LZH. In Verbundprojekten bekommen sie Zugang zu neuem technologischem Wissen, nationalen und internationalen Netzwerken sowie öffentlichen Fördermitteln. Mit den vom LZH angebotenen Dienstleistungen können die Betriebe fehlende F&E-Kapazitäten ausgleichen. Der Wissenstransfer beinhaltet auch die Vermittlung von klugen Köpfen in die Wirtschaft und andere Forschungseinrichtungen – so ist im Laufe der Zeit ein beachtliches Netzwerk entstanden. Bis heute sind 18 erfolgreiche Ausgründungen mit insgesamt etwa 500 Arbeitsplätzen aus dem Institut hervorgegangen.

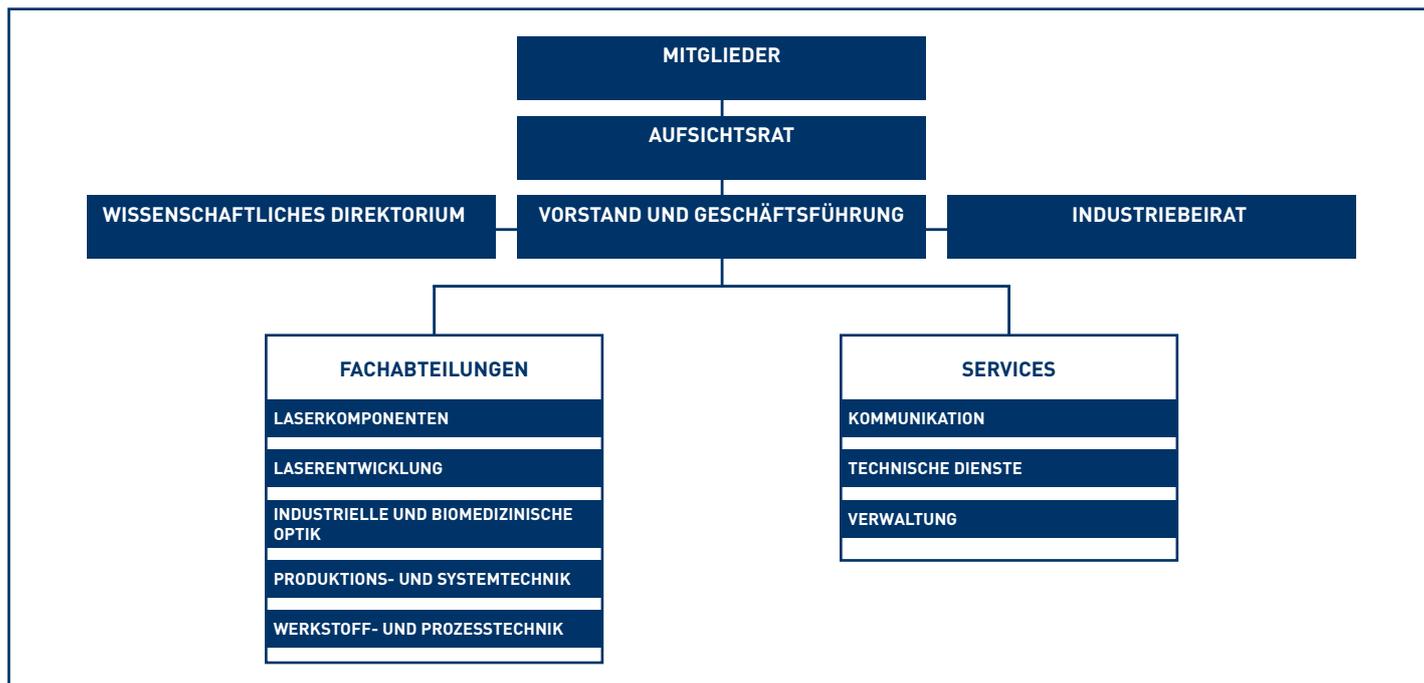
#### Nachwuchsförderung: Light for your future

Die Nachwuchsförderung des Instituts setzt bereits in der Schule an: Führungen für Schulklassen, Schulpraktika, die Beteiligung an der IdeenExpo und der alljährliche Zukunftstag geben Schülerinnen und Schülern frühzeitig einen Einblick in die spannende Arbeitswelt eines Forschungsinstituts. Danach ist der Einstieg am LZH sowohl über eine klassische Berufsausbildung als auch über ein Freiwilliges Wissenschaftliches Jahr, Studien- und Abschlussarbeiten sowie studentische Hilfskraftstellen und Praktika für Studierende möglich. In der beruflichen Erstausbildung kooperiert das LZH mit der örtlichen Berufsschule und vermittelt die Lasertechnologie auf diesem Weg auch den zukünftigen Mitarbeitern von kleinen und mittelständischen Unternehmen in der Region Hannover.



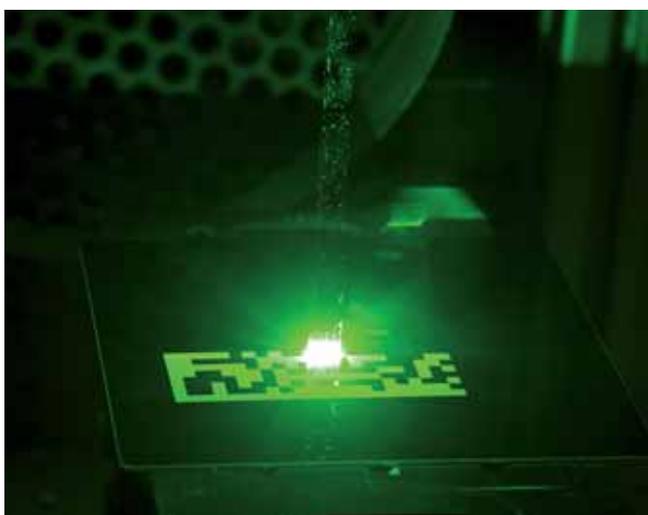
## 2.2 Organisation

### 2.2.1 Organisationsstruktur



### 2.2.2 Mitglieder

Im Berichtszeitraum hatte das LZH 81 Mitglieder aus Industrie sowie Hochschulen und Forschungseinrichtungen. Die ordentliche Mitgliederversammlung fand satzungsgemäß am 16. November 2018 statt.



### 2.2.3 Aufsichtsrat

Der Aufsichtsrat ist das Aufsichtsgremium des Vorstands und der Geschäftsführung. Er genehmigt die Schwerpunkte der Wissenschafts- und Forschungspolitik sowie die strategischen Tätigkeitsfelder des Vereins.

Seit dem 16. November 2018 gehören dem Aufsichtsrat folgende Mitglieder an:

**Dr. rer. pol. Horst Schrage**  
 Vorsitzender des Aufsichtsrats  
 Hauptgeschäftsführer der IHK Hannover

**Dr. jur. Niels Kämpny**  
 Stellvertretender Vorsitzender des Aufsichtsrats  
 Nds. Ministerium Wirtschaft, Arbeit, Verkehr und Digitalisierung

**Prof. Dr. iur. Volker Epping**  
 Präsident der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover

**Michael Kiesewetter**  
 Vorstandsvorsitzender der Investitions- und Förderbank  
 Niedersachsen NBank

**Dr.-Ing. Clemens Meyer-Kobbe**  
 Inhaber der Firma MeKo Laserstrahl-Materialbearbeitungen e.K.

## 2.2.4 Vorstand

Der Vorstand ist gesetzlicher Vertreter des Vereins und leitet als geschäftsführendes Vereinsorgan die Geschäfte gemäß den Beschlüssen der Mitgliederversammlung und des Aufsichtsrats.

Der Vorstand setzt sich aus drei geschäftsführenden Vorstandsmitgliedern sowie den Vorsitzenden des wissenschaftlichen Direktoriums und des Industriebeirats zusammen.

Der geschäftsführende Vorstand besteht aus einem kaufmännischen und zwei wissenschaftlich-technischen Vorständen.

*Seit dem 16. April 2018*

*gehören dem Vorstand folgende Mitglieder an:*

### Geschäftsführender Vorstand



**Dr. rer. nat. Dietmar Kracht**  
Laser Zentrum Hannover e.V.



**Dr.-Ing. Stefan Kaierle**  
Laser Zentrum Hannover e.V.



**Dipl.-Verw. (FH) Klaus Ulbrich**  
Laser Zentrum Hannover e.V.

### Vorsitzender Wissenschaftliches Direktorium



**Prof. Dr.-Ing. Ludger Overmeyer**  
Gottfried Wilhelm Leibniz  
Universität Hannover  
Institut für Transport- und  
Automatisierungstechnik

### Vorsitzender Industriebeirat



**Dr. rer. pol. Volker Schmidt**  
NiedersachsenMetall

### 2.2.5 Wissenschaftliches Direktorium

Das Wissenschaftliche Direktorium berät den Vorstand in wissenschaftlichen und technischen Fragestellungen im Bereich Forschung und Entwicklung, ist an der Weiterentwicklung der wissenschaftlich-strategischen Ausrichtung des Laser Zentrum Hannover e.V. beteiligt und gewährleistet die Betreuung von Promotionen, Master- und Bachelorarbeiten.

*Seit dem 16. April 2018 gehören dem Wissenschaftlichen Direktorium folgende Mitglieder an:*

**Prof. Dr.-Ing. Ludger Overmeyer**

Vorsitzender des Wissenschaftlichen Direktoriums  
Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover  
Institut für Transport- und Automatisierungstechnik

**Prof. Dr. rer. nat. Wolfgang Ertmer**

Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover  
Institut für Quantenoptik

**Prof. Dr. rer. nat. Alexander Heisterkamp**

Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover  
Institut für Quantenoptik

**Prof. Dr.-Ing. habil. Wolfgang Kowalsky**

Technische Universität Braunschweig  
Institut für Hochfrequenztechnik

**Prof. Dr.-Ing. Roland Lachmeyer**

Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover  
Institut für Produktentwicklung und Gerätebau

**Prof. Dr. rer. nat. Uwe Morgner**

Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover  
Institut für Quantenoptik

**Prof. Dr. rer. nat. Detlev Ristau**

Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover  
Hannover Institute of Technology

**Prof. Dr.-Ing. Volker Wesling**

Technische Universität Clausthal  
Institut für Schweißtechnik und Trennende  
Fertigungsverfahren

### 2.2.6 Industriebeirat

Der Industriebeirat unterstützt den Vorstand in technischen, wirtschaftlichen und wirtschaftspolitischen Fragestellungen und stärkt den Technologietransfer zwischen Wissenschaft und Wirtschaft.

*2018 gehörten dem Industriebeirat folgende Mitglieder an:*

**Dr. rer. pol. Volker Schmidt**

Vorsitzender des Industriebeirats  
Hauptgeschäftsführer NiedersachsenMetall, Hannover

**Dr.-Ing. Joachim Balbach**

Geschäftsführer  
LaserProdukt GmbH, Alfeld

**Dr. rer. nat. Reinhard Baumfalk**

Vice President R&D  
Sartorius Lab Instruments GmbH & Co. KG, Göttingen

**Dr.-Ing. Rüdiger Brockmann**

Leiter Branchen- und Produktmanagement  
TRUMPF Laser- und Systemtechnik GmbH, Ditzingen

**Dr. rer. nat. Wolfgang Ebert**

Geschäftsführer  
Laseroptik GmbH, Garbsen

**Dr.-Ing. Martin Goede**

Leitung Technologieplanung und -entwicklung  
Volkswagen AG, Wolfsburg

**Dr.-Ing. Friedhelm Kappei**

Leiter Industrial Engineering  
MTU Maintenance Hannover GmbH, Hannover

**Dr. rer. nat. Michael Kempe**

Corporate Research and Technology  
Carl Zeiss AG, Oberkochen

**Dr. rer. nat. Frank Korte**

Geschäftsführer  
Micon GmbH, Hannover

**Dr.-Ing. Benedikt Ritterbach**

Geschäftsführer  
Salzgitter Mannesmann Forschung GmbH, Salzgitter

### 2.2.7 Fachabteilungen

<b>LASER-KOMPONENTEN</b> Dr. Lars Jensen	<b>LASER-ENTWICKLUNG</b> Dr. Jörg Neumann	<b>INDUSTRIELLE UND BIOMEDIZINISCHE OPTIK</b> Dr. Tammo Ripken	<b>PRODUKTIONS- UND SYSTEMTECHNIK</b> Dr.-Ing. Oliver Suttmann	<b>WERKSTOFF- UND PROZESSTECHNIK</b> Dr.-Ing. Jörg Hermsdorf
<b>BESCHICHTUNGEN</b> Tammo Böntgen	<b>ULTRAFAST PHOTONICS</b> Dr. Dieter Wandt	<b>BILDGEBUNG UND MESSTECHNIK</b> Dr.-Ing. Heiko Meyer	<b>GLAS</b> Arndt Hohnholz	<b>FÜGEN UND TRENNEN VON METALLEN</b> Sarah Nothdurft
<b>CHARAKTERISIERUNG</b> Istvan Balasa	<b>FASEROPTIK</b> Dr. Michael Steinke	<b>BIOPHOTONIK</b> Dr. Dag Heinemann	<b>VERBUNDWERKSTOFFE</b> Dr.-Ing. Peter Jäschke	<b>MASCHINEN UND STEUERUNGEN</b> Marius Lammers
<b>PROZESS-ENTWICKLUNG</b> Dr. Henrik Ehlers	<b>SOLID-STATE LASERS</b> Dr. Peter Weißels	<b>FOOD AND FARMING</b> PD Dr. Merve Wollweber	<b>LASER-MIKROBEARBEITUNG</b> Jürgen Koch	<b>UNTERWASSER-TECHNIK</b> Benjamin Emde
<b>PHOTONISCHE MATERIALIEN</b> Dr. Marco Jupé	<b>OPTISCHE SYSTEME</b> Dr. Andreas Wienke		<b>ADDITIVE FERTIGUNG – POLYMERE UND MULTIMATERIALIEN</b> Dr.-Ing. Gerrit Hohenhoff	<b>ADDITIVE FERTIGUNG – METALLE</b> Christian Hoff
	<b>INTEGRIERTE PHOTONIK</b> Dr. Axel Rühl			<b>SICHERHEITSTECHNIK</b> Dr. Michael Hustedt

### 2.2.8 Abteilungsleiter



**Laserkomponenten**  
Dr. rer. nat. Lars Jensen



**Laserentwicklung**  
Dr. rer. nat. Jörg Neumann



**Industrielle und Biomedizinische Optik**  
Dr. rer. nat. Tammo Ripken



**Produktions- und Systemtechnik**  
Dr.-Ing. Oliver Suttmann



**Werkstoff- und Prozesstechnik**  
Dr.-Ing. Jörg Hermsdorf



**Kommunikation**  
Dipl.-Biol. Lena Bennefeld



**Technische Dienste**  
Dipl.-Ing. Frank Otte



**Verwaltung**  
Dipl.-Bw. (FH) Dirk Wiesinger

## 2.3 Das LZH in Zahlen

Die wirtschaftliche Entwicklung des Laser Zentrum Hannover e.V. im Jahr 2018 wird anhand der nachfolgenden Ergebnisrechnung aufgezeigt.

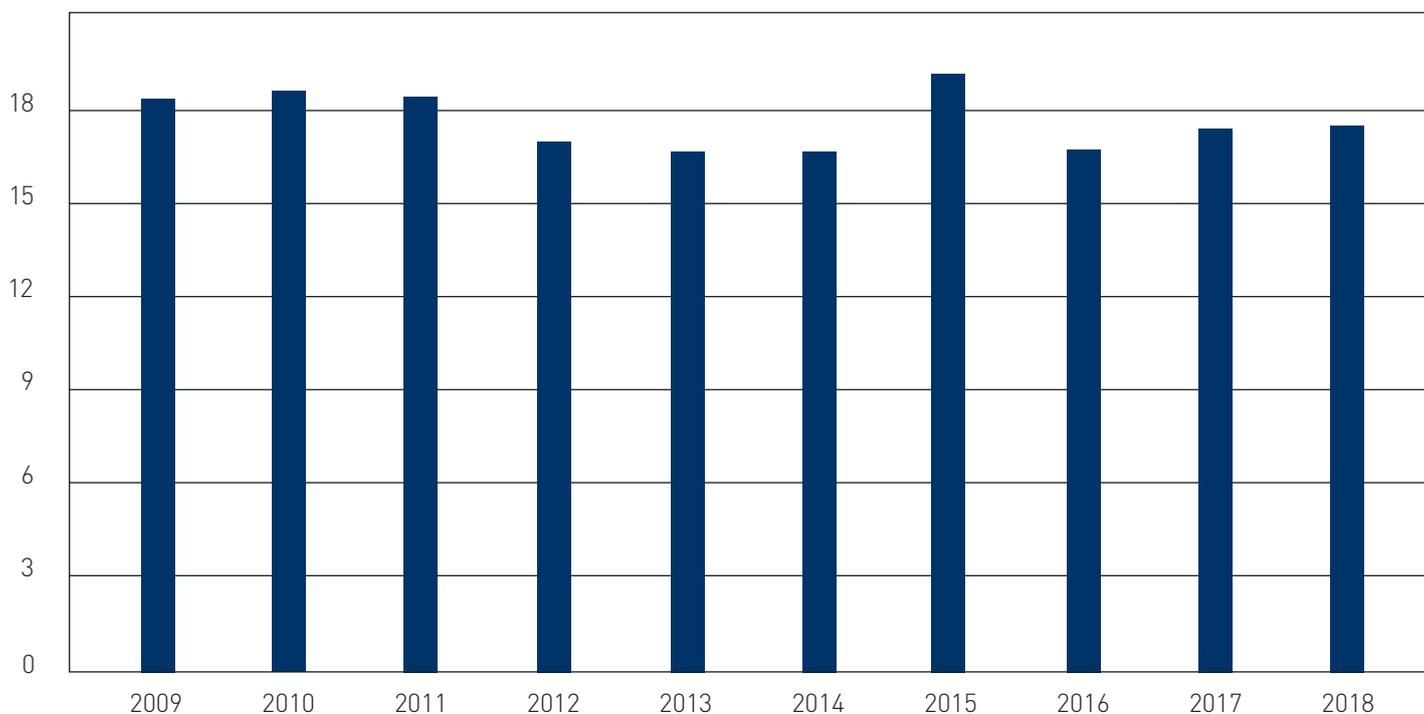
Die betriebliche Leistung betrug im Jahr 2018 Mio. € 16,817 (Vorjahr: Mio. € 16,715). Diese beinhaltet den Umsatz aus den Projekterträgen durch die Industrie, Land, Bund, EU und Sonstige in Höhe von Mio. € 13,217 (Vorjahr: Mio. € 13,115) sowie die Grundfinanzierung durch das Land Niedersachsen in Höhe von Mio. € 3,600 (Vorjahr: Mio. € 3,600).

Die Eigenfinanzierungsquote lag bei 79 % (Vorjahr: 78 %).

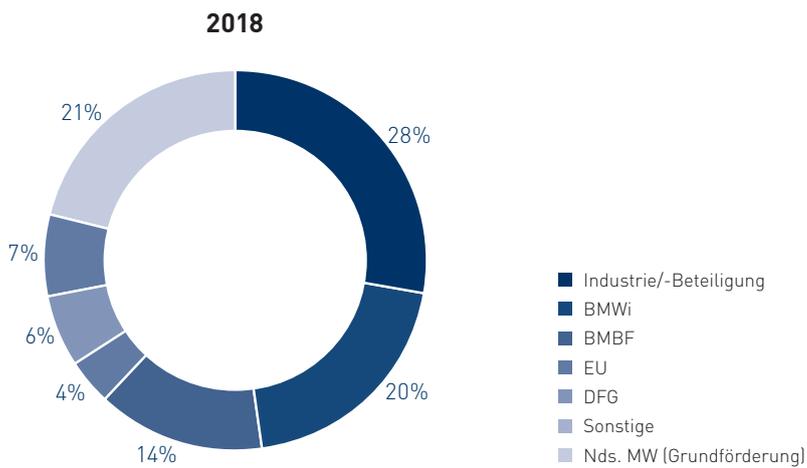
Die Aufwendungen für Investitionen betragen insgesamt Mio. € 1,709 (Vorjahr: Mio. € 1,468). Der Anteil der Investitionen an den Gesamtaufwendungen betrug im Geschäftsjahr 2018 10 % (Vorjahr: 9 %).

Im Jahr 2018 wurden am LZH 115 Forschungs- und Entwicklungsvorhaben bearbeitet. Es kamen 28 neue Forschungs- und Entwicklungsvorhaben in 2018 zur Bewilligung (s. 2.3.2 „Gliederung der Einnahmen“).

### 2.3.1 Umsatzentwicklung 2009 - 2018 (in Mio. €)

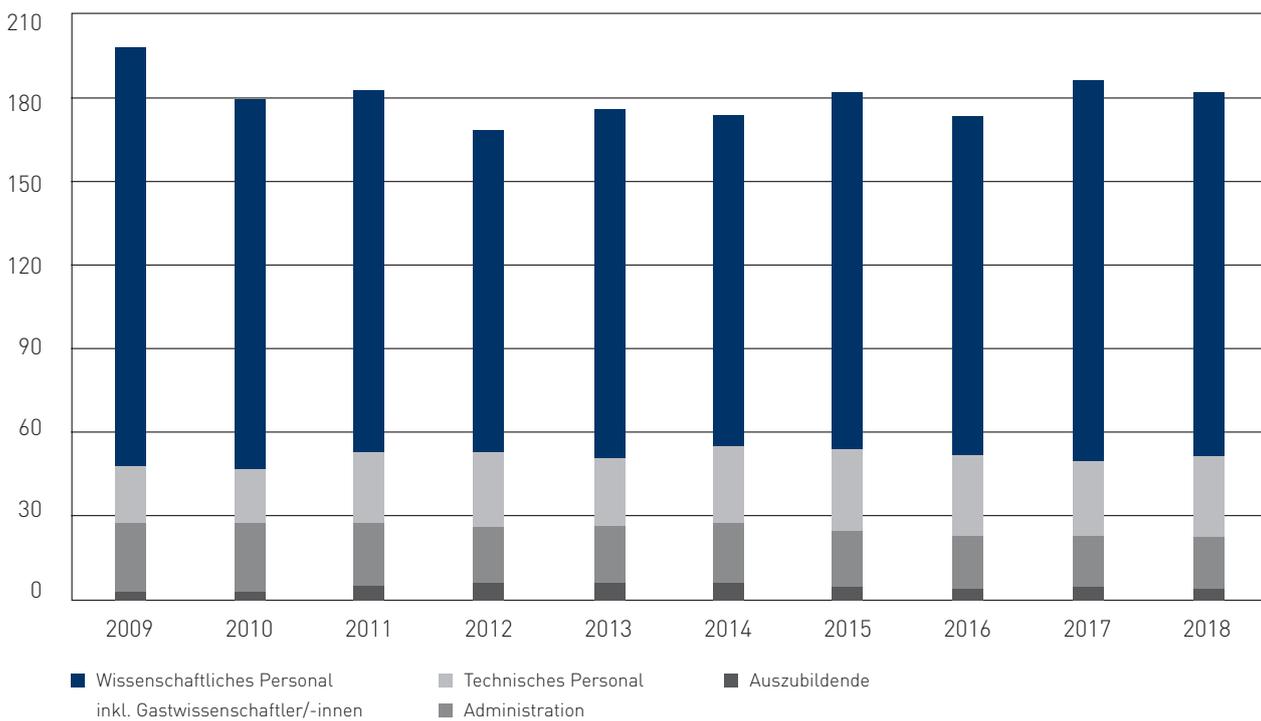


### 2.3.2 Gliederung der Einnahmen



### 2.3.3 Personalentwicklung 2009 - 2018

Die Aufteilung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter am LZH ist in der folgenden Grafik dargestellt.



# 3. FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

## 3.1 Abteilung Laserkomponenten

### Simulation und Theorie

Dünnschichtsysteme verleihen Optiken die vorgesehene Funktion im jeweiligen Anwendungsfeld, sei es in Satelliten, Teleskopen oder Lasersystemen. Dieser additive Fertigungsprozess auf der Nanometerskala wird in der Industrie für etablierte Anwendungen eingesetzt. Jedoch fehlen für die Entwicklung von integrierten und komplexen optischen Systemen noch exakte Modelle für viele Prozessschritte. Nur durch diese Modelle können die aktuellen Grenzen des Machbaren überwunden werden und die Photonik ihr Potential voll entfalten. In der Abteilung Laserkomponenten arbeiten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler daran, die Synthese dieser optischen Systeme komplett zu verstehen. Des Weiteren nutzen sie dieses Wissen, um physikalische Modelle zu simulieren, zu evaluieren und zu charakterisieren. Wichtig ist dabei immer die Verbindung zum Experiment, um die Qualität der Simulation zu gewährleisten. Die

**Gruppe Photonische Materialien** entwickelt dafür virtuelle Beschichtungsanlagen: Diese simulieren das Wachstum der Schicht mit den Eigenschaften und Schwankungen eines realen Beschichtungsprozesses. Daraus lassen sich Prozessfenster, Fehlerquellen und Grenzen für Parameter-

schwankungen ableiten, die dann im Experiment verifiziert werden. Die große Herausforderung für die Simulation ist es dabei, die unterschiedlichen Verfahren und Materialien abzubilden und diese von der atomaren bis hin zur makroskopischen Skala im Zusammenspiel korrekt zu etablieren.

### Prozesse kontrollieren

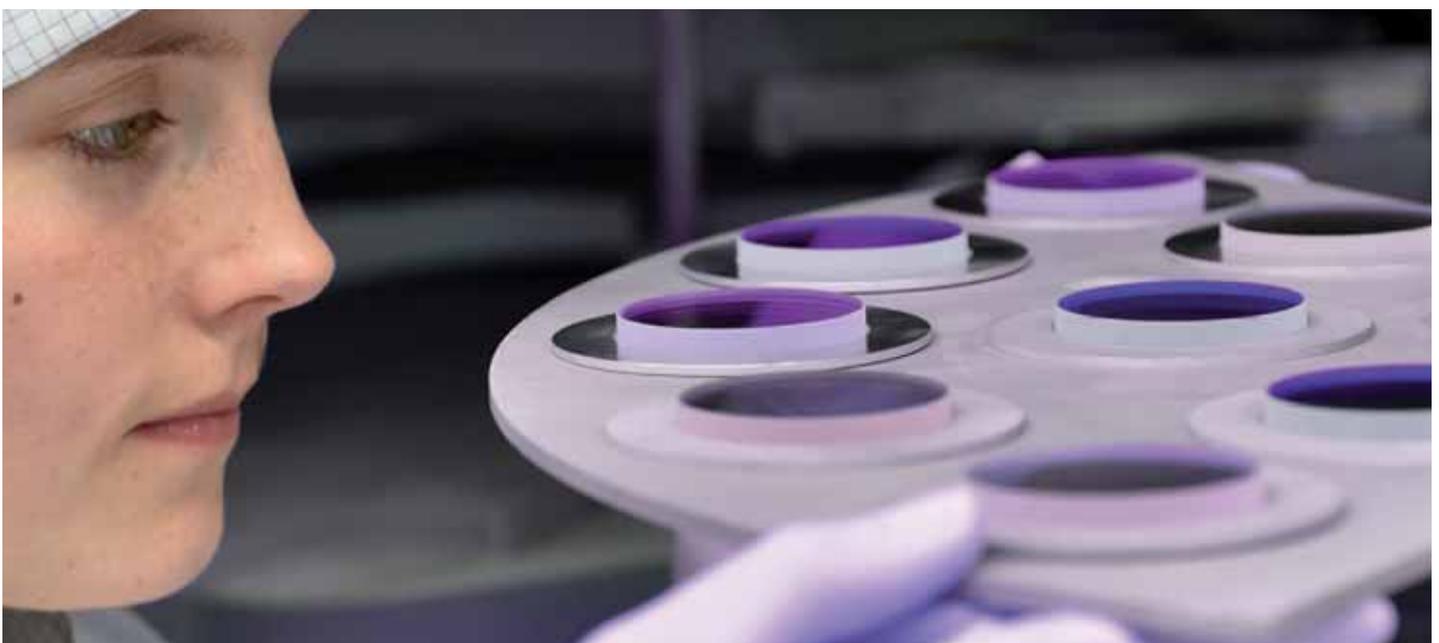
Neben der Simulation von Beschichtungsprozessen beschäftigt sich die Abteilung auch mit der vollständigen Etablierung aller Facetten des Industrie-4.0-Konzepts für die Photonik-Fertigung.

Die **Gruppe Prozessentwicklung** arbeitet daran, Vakuumbeschichtungsprozesse online mit Sensorik auszustatten und Schnittstellen zu entwickeln, die eine vollständige Kontrolle innerhalb einer Industrie-4.0-Prozesskette ermöglichen. Dabei interessiert sie vor allem, wie Prozessinstabilitäten vermieden und bis dato nicht erreichbare Spezifikationen erfüllt werden können.

Als zentrale Komponente nutzt die Gruppe dafür den von ihr entwickelten optischen Breitbandmonitor BBM. Im Projekt Pluto+ hat sie es in den letzten vier Jahren geschafft, neue messtechnische Sonden in den Prozess einzubringen und deren Daten gewinnbringend zu nutzen. Mit die-

### Im Fokus der Abteilung

- Dünnschichtsysteme für Laser, Teleskope und Weltraumanwendungen
- Modellbildung und Simulation zur Entwicklung von komplexen Beschichtungen und Schichtsystemen
- Charakterisierung von Optiken
- Sensorik für Beschichtungsprozesse und Einbettung in eine Photonik-4.0-Umgebung



Individuelle Beschichtungen sind eine der Kernkompetenzen der Abteilung Laserkomponenten.

sem Ansatz lassen sich beispielsweise Driften und Instabilitäten frühzeitig detektieren, so dass automatisiert gegengesteuert werden kann. Auf diesem Weg sollen Beschichtungsprozesse für die Präzisionsoptik zukünftig als Teil der Prozesskette vollständig in die moderne Produktionsumgebung eingebunden werden und damit ein neues Integrationslevel von optischen Systemen ermöglichen.

#### Miniaturisierung und freitragende Beschichtungen

Für die Telekommunikation sind hochminiaturisierte Komponenten strategisch überlebenswichtig. Um Beschichtungen mit den erforderlichen Eigenschaften zu realisieren, arbeitet die Gruppe Prozessentwicklung daran, immer komplexere Filter aus mehr als 100 Einzelschichten im Miniaturformat zu realisieren. Mit Gesamtdicken von circa 20 µm und Kantenlängen im Bereich von unter 100 µm lassen sich die Filter beispielsweise direkt in kompakten Steckverbindern für zukunftsfähige Glasfasernetze verbauen. Hochinteressant ist ebenso die Entwicklung freitragender Filterbeschichtungen, die einen weiteren Schwerpunkt

der Gruppe bildet. Dabei ist es die Idee, optische Schichten auf einem neuartigen Träger zu produzieren, von dem sie sich in einem anschließenden Schritt ohne Beschädigung ablösen lassen. Ziel ist es, die Grundlagen für einen Transferdruck optischer Präzisionsfilter zu schaffen und damit den Weg für neue, deutlich flexiblere Fertigungsverfahren im Bereich der integrierten Photonik zu eröffnen.

In der **Gruppe Beschichtungen** werden die aktuellen Forschungsergebnisse schon in erste Prototypen, Einzelstücke und Kleinserien im Auftrag von akademischen Forschungspartnern und auch in industriell ausgerichteten Projekten umgesetzt. Insbesondere konnten in den Bereichen Laserentwicklung, Astronomie, Beleuchtung und Fasertechnologie eine Vielzahl neuer Produkte von Industriepartnern realisiert und Forschungspartnern neueste Spitzenforschung ermöglicht werden.

#### Qualitätskontrolle fertiger Optiken

Mit immer komplexer werdenden Schichtsystemen ist bei der Entwicklung von Laserkomponenten auch eine besonders hochauflösende Kontrolle der Oberflächenqualität von großer Bedeutung. In der **Gruppe Charakterisierung** können Schichtdefekte selbst im Bereich weniger Mikrometer bis in den Nanometerbereich identifiziert werden. Diese kleinsten Unregelmäßigkeiten, Fehlstellen oder Kontaminationen können die Lebensdauer bei Bestrahlung mit intensiver Laserstrahlung maßgeblich verringern. In bildgebenden Anwendungen können sie durch Bildverzerrungen zu Einbußen in der Abbildungsqualität führen oder im Telekommunikationsbereich aufgrund der erhöhten optischen Streuung zu einer Verringerung der Übertragungsbandbreite. Über die automatisierte Qualitätskontrolle der fertiggestellten Optik hinaus entwickelt die Arbeitsgruppe auch Verfahren, diese Defekte bereits während der Beschichtung zu identifizieren, um eine Grundlage für die Ursachenforschung zu schaffen.

#### Gut vernetzt

Die Abteilung arbeitet über alle Gruppen hinweg mit nationalen und internationalen Partnern aus der Industrie und dem akademischen Bereich zusammen. So qualifizieren sie im Auftrag Optiken oder stellen Schichtsysteme nach komplexen Spezifikationen her. Ebenso hat sich der Breitbandmonitor (BBM) am Markt als Online-Prozesskontrolle etabliert. Dabei richten sich die eingesetzten Inspektions- und Qualifizierungsverfahren an den aktuellen Bedürfnissen des Marktes aus. Nicht zuletzt beobachtet die Abteilung genau, welche Messmethoden zukünftig notwendig sein werden, um die Technologie für den Markt von Morgen vorzubereiten.



Modernste Infrastruktur steht den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern im neuen Beschichtungsbereich zur Verfügung.

## ABTEILUNG LASERKOMPONENTEN IM FOKUS DER GRUPPEN

### Gruppe Beschichtungen

- Entwicklungspartner für dielektrische Funktionsschichten in der Photonik, Astronomie und für den Weltraum
- Qualifizierung von Schichtdesigns für die Produktionsumgebung
- Vergütung und Funktionsbewertung von optischen Komponenten

### Gruppe Charakterisierung

- Hochpräzise Bestimmung optischer Verluste
- Laserstrahlungsbeständigkeit optischer Komponenten insbesondere für Luft- und Raumfahrtanwendungen
- Messtechnikentwicklung für die Defektanalyse bis in den Nanometer-Bereich
- Qualitätskontrolle von optischen Systemen im Kontext von Photonik 4.0

### Gruppe Photonische Materialien

- Simulation und Modellierung von Schichtwachstumsprozessen
- Überführung von nichtlinearen Prozessen der Optik in Schichtsysteme, z.B. Frequenzkonversion oder optische Schalter

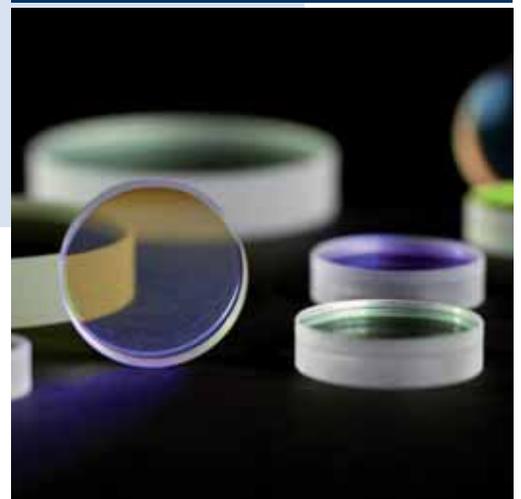
### Gruppe Prozessentwicklung

- In-situ-Prozesskontrolle, vollautomatisierter optischer Breitbandmonitor BBM
- Entwicklung von Software und Sensorik für die Etablierung einer Photonik-4.0-Prozesskette
- Miniaturisierung komplexer Dünnschichtfilter für hochintegrierte optische Systeme

### ABTEILUNGSLEITER

Dr. Lars Jensen

Tel.: +49 511 2788-257, E-Mail: [l.jensen@lzh.de](mailto:l.jensen@lzh.de)



## 3.2 Abteilung Laserentwicklung

### Wellenlängenverschiebung bei Ultrakurzpulslasern

Angefangen bei optischen Fasern und Faserkomponenten bis hin zu kompletten diodengepumpten Festkörper- und Faserlasern: Die Abteilung Laserentwicklung deckt das vollständige Spektrum der Laserentwicklung ab. So entwickelte die **Gruppe Ultrafast Photonics** 2018 in zwei Projekten faserbasierte Ultrakurzpuls-Lasersysteme, deren Wellenlängenbereich verschoben wird. Im Projekt Mars haben die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ein Ultrakurzpuls-Lasersystem mit einstellbarer Repetitionsrate erarbeitet. Weiter haben sie einen Femtosekundenverstärker aufgebaut, dessen Strahlung durch den Raman-Effekt in den Wellenlängenbereich um 1,7 Mikrometer verschoben wird. Dazu nutzen sie passiv- und aktiv-dotierte Glasfasern. Das Lasersystem wird als Lichtquelle für ein Drei-Photonenmikroskop eingesetzt. Im Projekt NUKLEUS hat die Gruppe Ultrakurzpuls-Linearverstärker mit hoher Leistung entwickelt, die ohne die Chirped Pulse Amplification auskommen. Dazu nutzen sie Holmium-dotierte Kristalle. Die dabei erzeugte Strahlung bei einer Wellenlänge von 2  $\mu\text{m}$  wird anschließend einstufig in den Bereich zwischen 3  $\mu\text{m}$  und 9  $\mu\text{m}$  verschoben. In einem dritten Projekt arbeitete die Gruppe im vergangenen Jahr daran, Ultrakurzpuls-Leistungsverstärker auf der Basis von Yb-dotierten Fasern im Wellenlängenbereich von 1  $\mu\text{m}$  aufzubauen und zu untersuchen.

#### Im Fokus der Abteilung

- Entwicklung von diodengepumpten Festkörper- und Faserlasern
- Robuste und zuverlässige Strahlquellen für den Weltraum, die Tiefsee und zur Detektion von Gravitationswellen
- Optische Fasern und Faserkomponenten

schmelzkoppler mit integrierten optischen Gittern entwickelt, mit denen transversale Moden explizit angeregt werden können. Diese Komponente dient auf lange Sicht dazu, die Bandbreite optischer Kommunikation durch räumliches Multiplexing zu erhöhen. Um Gravitationswellen unabhängig von irdischen Störquellen messen zu können, arbeitete die Gruppe im vergangenen

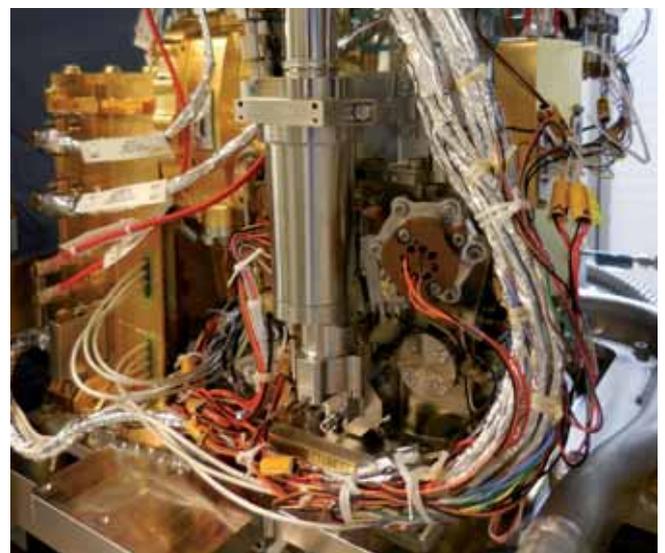
Jahr an einem weltraumgeeigneten Faserverstärkerdesign mit wenigen Watt. Bei einem Projekt zur erdbasierten Gravitationswellenmessung haben die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler einen ersten wichtigen Meilenstein erreicht: Ein Prototyp

erreicht 100 Watt Leistung bei einer Wellenlänge von 1,5  $\mu\text{m}$ . In dem neu eingeworbenen Eurostars-Projekt Profilase arbeitet die Gruppe mit niedersächsischen und koreanischen Partnern an polarisationserhaltenden 2- $\mu\text{m}$ -Hochleistungsfaserlasern mit hoher Brillanz für industrielle Anwendungen.

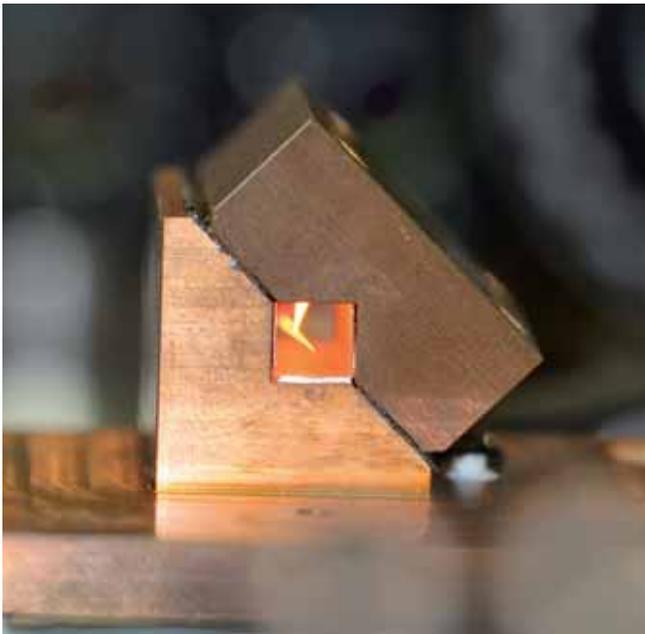
Beim Kunststoffschweißen um Ecken oder enge Kurven herum, bringt der Laserstrahl im Inneren des Winkels oder der Kurve wesentlich mehr Energie ein als Außen. Daher entwickelt die Gruppe Faseroptik zusammen mit der Gruppe Verbundwerkstoffe der Abteilung Produktions- und Systemtechnik im Projekt MultiSpot Faserkomponenten für veränderliche Strahlprofile. Diese sollen die im laufenden Prozess aufgebrauchte Leistung aktiv steuern.

### Komponenten für die industrielle Anwendung

Faser- und Diodenlaser können durch ungewollt in den Fasermantel gelangendes Licht zerstört werden. Mantelmodenabstreifer (MMA) koppeln diese ungewollte Leckstrahlung kontrolliert aus dem Fasermantel aus, verhindern damit deren Absorption und schützen letztlich vor einem zu hohen Wärmeintrag. Momentan werden die MMA mit langwierigen Ätzprozessen hergestellt und können noch nicht für beliebig hohe Ausgangsleistungen eingesetzt werden. So limitieren die MMA die Leistungsskalierung von Faser- und Diodenlasern. Prozesse mit diesen Lasern sind jedoch im Vergleich zur mechanischen Materialbearbeitung besonders effizient und wirtschaftlich. Die **Gruppe Faseroptik** hat im Projekt PROLASE Mantelmodenabstreifer entwickelt, die gezielt die Leckleistung abführen. Diese können nun als Grundlage für robuste Faser- und Diodenlaser mit brillanter Strahlqualität für die industrielle Materialbearbeitung genutzt werden. Zudem hat die Gruppe neuartige Faser-



In das Flugmodell des Massenspektrometers integrierter MOMA-Laser am NASA Goddard Space Flight Center.



Am LZH werden neuartige Ultrakurzpuls-Laserstrahlquellen für den Spektralbereich um 2  $\mu\text{m}$  entwickelt und erforscht.

Nach der Auslieferung des MOMA-Lasers 2017 wurde das Flugmodell des äußerst robusten und kompakten Lasers bei der NASA in das MOMA-Instrument eingebaut. Im nächsten Schritt wird er in das analytische Labor, die sogenannte „Analytical Lab Drawer (ALD)“ im Inneren des Mars-Rover integriert. Laut momentanem Stand soll die ExoMars Mission 2021 auf dem Mars landen und mit dem MOMA-Instrument nach Spuren von Leben suchen. Die **Gruppe Solid-State Lasers** hat den Laser in den letzten zehn Jahren entwickelt, gebaut und ausführlich getestet. Ihre Expertise im Bau von diesen speziellen Weltraum-Lasern kann sie auch in das EU-Projekt ROBUST einbringen. Hier soll ein Laser in einem ferngesteuerten Unterwasser-Fahrzeug in 6.000 Meter Tiefe nach Mineralien auf dem Meeresgrund suchen. Den Laser für den Einsatz hat die Gruppe 2018 fertig gestellt. Er wurde im nächsten Schritt in ein druckfestes Gehäuse eingebaut und wird als nächstes in das Fahrzeug integriert. Im Simulationsprojekt Hybride Numerische Optik modellieren die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Gruppe Faserverstärker. Damit wollen sie transversale Modeninstabilitäten verstehen. Interessant ist das für die Leistungsskalierung von Faserlasern mit guter Strahlqualität. Mit der Haltbarmachung und der Verlängerung der Lebensdauer von nicht-linearen Kristallen beschäftigt sich die Gruppe im Projekt NExUV. Mit höheren Lebensdauern soll der Einsatz von Lasersystemen verlängert werden und damit deren Betriebskosten gesenkt werden.

### Optische Komponenten aus dem Drucker

Komplette Lasersysteme aus dem 3D-Drucker? Was nach Zukunftsmusik klingt, setzt sich das 2018 gestartete Forschungsvorhaben GROTESK zum Ziel. Die niedersächsischen Forschungspartner wollen zumindest Teile eines Lasersystems additiv fertigen. Denn diese Fertigungsart ermöglicht völlig neue Ansätze in der Laserherstellung und Lichtindustrie. In dem Verbund wird das LZH die Anforderungen an die optischen Elemente definieren, deren Design erstellen und die fertigen Produkte auf ihre optischen, thermalen und strukturellen Eigenschaften hin untersuchen. Hierbei wird die **Gruppe Optische Systeme** auch eng mit der Gruppe Glas der Abteilung Produktions- und Systemtechnik zusammenarbeiten. Im Rahmen der Doktorandenschule „Tailored Light“ arbeiteten die Doktorandinnen und Doktoranden an laserbasierten Beleuchtungssystemen.

Die **Gruppe Integrierte Photonik** beschäftigt sich zusammen mit der Abteilung Laserkomponenten des LZH und der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover (LUH) mit der Herstellung optischer Fasern. Angesiedelt ist die Gruppe im Gebäude des Forschungsinstituts für Quantentechnologien in Hannover (HITec). Dort arbeiten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler daran, eine vollständige Herstellungskette für laseraktive optische Glasfasern zu entwickeln und wirken am Aufbau der Einrichtung mit. Darüber hinaus arbeitete die Gruppe im vergangenen Jahr im Projekt LAPOF an neuen Konzepten für faseroptische Komponenten und Laser auf der Basis von Polymerfasern. Diese ermöglichen im Vergleich zu Fasern aus Glas eine kostengünstigere Herstellung.

## ABTEILUNG LASERENTWICKLUNG

### IM FOKUS DER GRUPPEN

#### Gruppe Ultrafast Photonics

- Ultrakurzpuls-Faseroszillatoren und Faserverstärker im Wellenlängenbereich von 1 bis 2  $\mu\text{m}$
- Ultrakurzpuls-Festkörperverserker im Wellenlängenbereich um 1 bis 2  $\mu\text{m}$
- Nichtlineare Frequenzkonversion zur Erzeugung ultrakurzer Laserpulse mit über 3  $\mu\text{m}$  Wellenlänge

#### Gruppe Integrierte Photonik

- Herstellung laseraktiver optischer Glasfasern
- Konzepte für den integrierten Aufbau komplexer photonischer Systeme
- Numerische Modellierung von laseraktiven Gläsern und Glasfasern
- Entwicklung von Polymerfaser-basierten Lasern

#### Gruppe Faseroptik

- Effiziente, robuste und kostengünstige Faserlaser und Faserverstärkersysteme
- Entwicklung und Herstellung von Faserkomponenten
- Entwicklung von Lasersystemen zur erdgebundenen und weltraumbasierten Gravitationswellendetektion

#### Gruppe Solid-State Lasers

- Robuste Lasersysteme für Untersuchungen im Weltraum und in der Tiefsee
- Laser für industrielle Anwendungen
- Diodengepumpte Festkörperlaser mit Frequenzkonversion
- Weltraumrelevante Umwelttests

#### Gruppe Optische Systeme

- Laserbasierte Beleuchtungstechnik
- Aktive und passive optische Komponenten
- Generative Fertigung optischer Systeme

#### ABTEILUNGSLEITER

Dr. Jörg Neumann

Tel.: +49 511 2788-210, E-Mail: j.neumann@lzh.de



### 3.3 Abteilung Industrielle und Biomedizinische Optik

Die Erforschung der Wechselwirkungen von Licht und Laser mit biologischen Materialien wie Zellen, Geweben und Organen liefert wertvolle Erkenntnisse für neue Ansätze in der Laserschirurgie und bildet einen von vielen Arbeitsschwerpunkten in der Abteilung Industrielle und Biomedizinische Optik. Somit stehen sowohl die Darstellung als auch die gezielte optische Manipulation biologischer Systeme von ganzen Organen bis hinunter auf zelluläre Ebene im Fokus der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler. Ebenso arbeiten sie auch an der Entwicklung neuartiger Bildgebungs- und Messverfahren zur Prozess- sowie Qualitätskontrolle von technischen und biologischen Proben. Mit der noch jungen Arbeitsgruppe Food and Farming wurde zudem das Themenspektrum auf die Entwicklung und Anpassung von photonischen Verfahren für die Lebensmitteltechnik und Agrarwirtschaft erweitert.

#### Im Fokus der Abteilung

- Biophotonische Therapie- und Operationsverfahren
- Bildgebungsverfahren zur Erforschung zellulärer Prozesse und molekularer Lebensvorgänge
- Photonische Systemlösungen für Medizin und Biotechnologie
- Korrelative Bildgebung, Rekonstruktion und Bildanalyse für optische Online-Kontrollen und Qualitätssicherungen
- Systemische und letale Lichtwirkung auf Pflanzen
- Einsatz optischer Technologien in der Lebensmitteltechnik

#### Umweltfreundliche Unkrautbekämpfung mit dem Laser

Momentan arbeiten die Wissenschaftler/-innen der **Gruppe Food and Farming** im Rahmen des Projektes NUBELA an einer umweltfreundlichen Unkrautbekämpfung mit dem Laser. Statt Herbizide nach dem Gießkannenprinzip auszubringen, wollen die Wissenschaftler/-innen Unkraut physikalisch bekämpfen: Ein Laser soll das empfindliche Wachstumszentrum „veröden“. Das Ziel des von der Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) geförderten Projektes ist, weniger Herbizide auf Anbauflächen auszubringen und die den Wuchs der Kulturpflanze hemmenden Unkräuter selektiv durch Laserstrahlung zu entfernen. Dazu entwickelt die Gruppe einen Demonstrator mit einem robusten, feldtauglichen und sicheren Lasersystem. Zusammen mit verfügbaren Sensor- und Fahrzeugsystemen soll ein solcher Demonstrator in naher Zukunft auf den Anbauflächen ungewolltes Unkraut optisch erkennen und präzise zur Welke bringen. Der laserbasierte Ansatz hat gleich mehrere Vorteile: Pflanzenbauer brauchen weniger Herbizide, die Pflanzen können keine Resistenzen gegen die Laserstrahlung entwickeln und für die aus Sicht der Biodiversität nützlichen Beikräuter und Nützlingsinsekten auf den Flächen entstehen keine Nachteile. So könnte auch ohne Gentechnik der Pflanzenbau der Zukunft gesichert werden. In weiteren Projekten der Gruppe steht der Einsatz des Lasers zur pestizidfreien Bekämpfung von Schadinsekten und zur Oberflächendesinfektion in der Lebensmittelindustrie im Mittelpunkt.

Alterssichtigkeit (Presbyopie) und Hornhautverkrümmung sind weit verbreitet. Damit die Lesebrille nicht zwangsläufig notwendig wird, haben die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der **Gruppe Bildgebung und Messtechnik** gemeinsam mit zwei

Projektpartnern ein virtuelles Augenmodell entwickelt. Mit diesem kann eine Augenoperation simuliert werden. Bei dieser sogenannten fs-Lentotomie wird die Augenlinse durch Mikroschnitte mit einem Femtosekundenlaser wieder flexibler gemacht. Dazu haben sie einen Messaufbau entwickelt, mit dem die Geometrie und Topografie einer entnommenen Augenlinse in unterschiedlichen Akkommodationszuständen gemessen werden kann. Außerdem ist es möglich, mittels Strahlführung (Raytracing) die Brechkraft und Aberrationen der Linse zu analysieren, um den Einfluss der fs-Lentotomie zu untersuchen. Solche Daten liegen bislang in der Forschungslandschaft nicht vor.

#### 3D-Druck von personalisierten Otoplastiken

In dem BMBF-Forschungsprojekt 3D-PolySPRINT konnten die Wissenschaftler/-innen der Arbeitsgruppe mittels eines faserbasierten Optischen Kohärenztomografie (OCT) -Systems den äußeren Gehörgang des Menschen bildgebend erfassen. Aus den



Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Abteilung Industrielle und Biomedizinische Optik erforschen unter anderem die Wechselwirkung von Licht und biologischem Material.



Um Augenoperationen zukünftig besser vorhersagen zu können, haben Wissenschaftler am LZH sowohl ein Mechanik- als auch ein Optikmodell des Auges entwickelt.

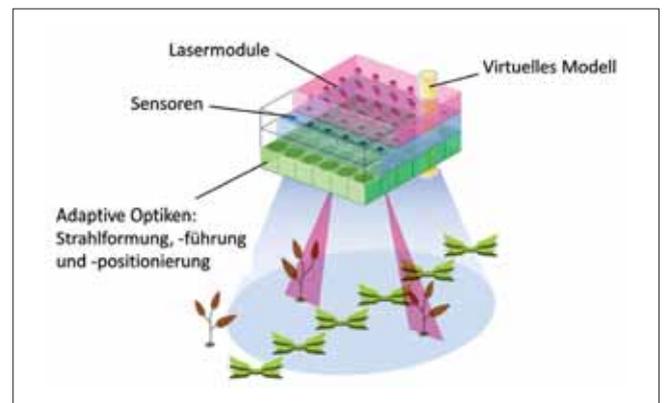
Volumendaten wurden 3D-Oberflächenrekonstruktionsalgorithmen programmiert. Diese sind die Grundlage für den 3D-Druck von Otoplastiken, dem Ohrstück von Hörhilfen, Kopfhörern oder Gehörschutz. Mit OCT ist es möglich, Bildinformationen über den Gewebeaufbau unterhalb der Oberfläche zu liefern. Diese Methode haben die Forscher genutzt, um herauszufinden, inwiefern Aussagen zur lokalen Nachgiebigkeit des Gewebes gemacht werden können. So sollen die Materialeigenschaften der Otoplastik entsprechend angepasst werden können und damit der Tragekomfort verbessert werden. Die berührungslose Erfassung des äußeren Gehörgangs soll damit zukünftig die klassischen Silikonabformungen ersetzen. Ebenso setzt die Arbeitsgruppe ihre Fachkenntnisse in der Prozesskontrolle und der Qualitätssicherung in der Lasermaterialbearbeitung ein.

#### Laser-Gewebe-Wechselwirkungen im zellulären Maßstab

Die **Gruppe Biophotonik** beschäftigt sich vor allem mit den Laser-Gewebe-Wechselwirkungen im zellulären Maßstab und der Optimierung von Bioprozessen. Durch die Forschungstätigkeit im NIFE – dem Niedersächsischen Zentrum für Biomedizintechnik, Implantatforschung und Entwicklung – ist für die Gruppe Biophotonik zudem eine interdisziplinäre Zusammenarbeit mit Partnern aus den Bereichen der Medizin, Biologie, Tiermedizin und Materialforschung möglich. In einem neuen Projekt arbeitet die Gruppe seit 2018 daran, das Behandlungsspektrum der Augenkrankheit Keratokonus durch Femtosekundenbestrahlung zu erweitern. In dem Vorhaben wollen die Wissenschaftler/-innen zusammen mit zwei Industrieunternehmen und einem medizinischen Partner ein Crosslinking-Verfahren etablieren, das statt UV-Licht einen Femtosekundenlaser (fs-Laser) nutzt. Damit kann die Hornhaut mit einer hohen Auflösung und einer ho-

hen Eindringtiefe lokal behandelt werden, ohne das umliegende Gewebe zu beeinträchtigen oder gar zu schädigen.

Die Genschere CRISPR/Cas9 revolutioniert die Pflanzenzüchtung. Doch wie kommen die Moleküle sicher und effizient in die Zelle? Die Gruppe Biophotonik arbeitet in einem neuen Projekt daran, die Optoporation für Pflanzenzellen zu etablieren. Werden tierische oder pflanzliche Zellen mit Laserlicht behandelt, können kurzzeitig Poren in der Zellmembran erzeugt werden. So können Moleküle, wie die in der CRISPR/Cas9-Methode verwendeten-Komplexe, in die Zelle gelangen. Im Vergleich zu herkömmlichen Methoden, wie der Elektroporation oder der Transfektion mit chemischen Mitteln, hat das lichtbasierte Verfahren gleich mehrere Vorteile: es ist berührungsfrei, braucht kaum Chemikalien und ist ohne transgene, also aus anderen Organismen stammende, DNA möglich. Bei Pflanzen muss jedoch nicht nur die Zellmembran, sondern auch die Zellwand überwunden werden. Daher arbeiten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler mit Kartoffelprotoplasten – Zellen, bei denen die Zellwand enzymatisch entfernt wurde.



Zukunftsvision: Mit einem Laserstrahl soll automatisiert und schonend ungewolltes Unkraut ohne Herbizide im Pflanzenbau entfernt werden. (Grafik: © LUH, Exzellenzcluster PhoenixD)

## ABTEILUNG INDUSTRIELLE UND BIOMEDIZINISCHE OPTIK

### IM FOKUS DER GRUPPEN

#### **Food and Farming**

- Laserstrahlanwendungen zum nachhaltigen Pflanzenschutz
- Lebensmittelprodukt- und Produktionssicherheit

#### **Bildgebung und Messtechnik**

- 3D/4D-Lasermesstechnik für biomedizinische Anwendungen
- Industrielle 3D-Lasermesstechnik für technische Anwendungen
- Lasergestützte Bildgebung und Bildverarbeitung

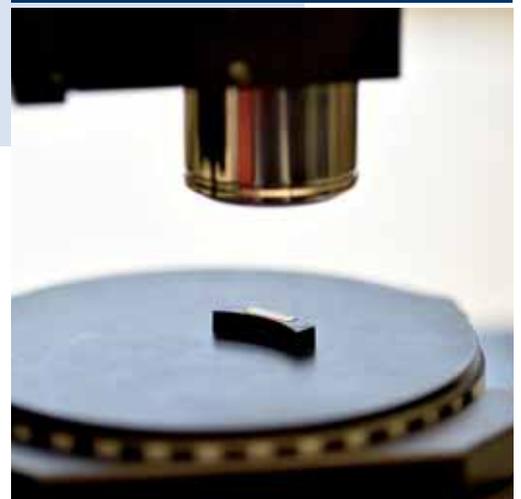
#### **Biophotonik**

- Hochdurchsatz-Zelltransfektion
- Multiphotonenmikroskopie
- Laseroptische Cochlea-Stimulation
- Optogenetik
- (Endoskopische) Bildgebung mit optischer Kohärenztomographie (OCT)

#### **ABTEILUNGSLEITER**

Dr. Tammo Ripken

Tel.: +49 511 2788-228, E-Mail: [t.ripken@lzh.de](mailto:t.ripken@lzh.de)



### 3.4 Abteilung Produktions- und Systemtechnik

#### Hochdynamische Prozessüberwachung und -regelung

Laserprozesse werden immer schneller, deren Überwachung hält jedoch kaum Schritt. Um auch Hochgeschwindigkeitsprozesse kontrollieren und optimieren zu können, muss die Geschwindigkeit der Sensoren und ihrer Steuerung an die Prozesse angepasst werden. Inzwischen werden teilweise Abstraten von 200 Kilohertz bis in den Megahertz-Bereich benötigt. Herkömmliche speicherprogrammierbare Steuerungen stoßen bei Laserprozessen an ihre Grenzen, auch wenn sie für die meisten Prozesse in einem herstellenden Unternehmen ausreichen. Hochdynamische Steuerungen, wie sie für Laserprozesse benötigt werden, sind dagegen zu teuer, um sie flächendeckend einzusetzen. Herkömmliche und hochdynamische Steuerungen müssen also ineinander greifen, um eine komplette Prozesskette im Unternehmen abdecken zu können. Hier setzt das Projekt DynLas der **Gruppe Laser-Mikrobearbeitung** an. Die Wissenschaftlerinnen und Wis-

senschaftler der Gruppe entwickeln neue Steuerungsstrategien für die Hochgeschwindigkeits-Laserbearbeitung. Hierzu integrieren sie ein flexibel programmierbares Echtzeit-Datenverarbeitungsmodul in die herkömmliche Steuerungskette. Dieses ermittelt dynamisch aktuelle Positions- und Zustandssignale des Laserstrahls und der Bauteile und berechnet daraus die kommenden Steuerungssignale. Das Datenverarbeitungsmodul ermöglicht so, effiziente und hochdynamische Laserprozesse in Echtzeit zu regeln. Zukünftig wird das Modul die Basis sein, um eine Echtzeit-Prozessregelung zu ermöglichen oder zu verbessern. Des Weiteren entwickelt die Gruppe Sensoren, die direkt in

#### Im Fokus der Abteilung

- Lasermaterialbearbeitungsprozesse für die industrielle Produktion von morgen: vom Leichtbau über die Elektronikfertigung bis hin zur Medizintechnik
- Überwachung und Regelung von Bearbeitungsprozessen: Qualitätssicherung als Schlüssel zur Wirtschaftlichkeit

Maschinen und Bauteile eingefügt werden. Diese Dünnschichtsysteme ermöglichen es, beispielsweise die Lebenszeit von Bauteilen zu überwachen und präventiv einzugreifen. Diese Dünnschichtsysteme werden mit dem Laser abgetragen und werden dann zu funktionalen Sensoren verbunden.

#### Multimaterialdruck – neue Denkansätze

Multimaterialsysteme aus Metallen und Hybridpolymeren könnten eine entscheidende Rolle spielen im Umdenken optischer Komponenten. Die hybriden Moleküle von Hybridpolymeren bestehen aus einem anorganischen Rückgrat und organischen Gruppen und weisen glasklare Eigenschaften auf. Durch die Integration von metallischen Lei-

terbahnen lassen sich z. B. Sensoren integrieren. Die **Gruppe Additive Fertigung – Polymere und Multimaterialien** arbeitet unter anderem für das Projekt Niedersachsen ADDITIV daran, Bauteile und Komponenten aus Multimaterialien additiv zu fer-

tigen. Das Wissen fließt über die Säule „Forschung“ des Projektes direkt in die niedersächsische Wirtschaft. Denn Niedersachsen ADDITIV will kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) aus Niedersachsen den Einstieg und den Ausbau der Additiven Fertigung erleichtern. Dazu werden auch Dialogveranstaltungen sowie Netzwerk-Treffen angeboten.

#### Prozesse vereinfachen – Kosten sparen

Das Bohren von Nietlöchern in Faserverbundkomponenten für Flugzeugteile will die **Gruppe Verbundwerkstoffe** mit einem intelligenten, automatisierten Prozess effizienter und kostengünstiger machen. Dazu nutzen sie eine neuartige Laserstrahlquelle, die eine hohe mittlere Ausgangsleistung von 1,5 Kilowatt mit sehr kurzen Nanosekundenpulsen und sehr guter Fokussierbarkeit vereint. Interessant ist dieser Ansatz vor allem, weil er Prozesse aus dem Flugzeugbau einfacher und günstiger machen könnte. Denn beim konventionellen Bohren von Faserverbundwerkstoffen ist der Werkzeugverschleiß sehr hoch. Beim laserbasierten Ansatz entfällt er – genauso wie die Arbeitszeit für den Werkzeugwechsel. Bei der großen Anzahl der benötigten Löcher kann sich eine Umstellung auf den Laser daher schnell lohnen. Immer stärker wird das Laserdurchstrahlschweißen von Kunststoffen angefragt. Damit kann ein für die Laserstrahlung hinreichend transparenter Kunststoff mit einem intransparenten Kunststoff verschweißt werden. Für die Anwendung dieser



Innovative Prozesse und Materialien stehen im Fokus der Abteilung Produktions- und Systemtechnik.

Methode wurde die Gruppe 2018 für den JEC WORLD Innovation Award nominiert und erreichte mit ihrer Arbeit das Finale. Zusammen mit Partnern aus Forschung und Wirtschaft haben sie den Fertigungsprozess für eine neue Generation modularer thermoplastischer Verstärkungspaneel für Anwendungen im Flugzeugbau entwickelt und demonstriert. Zukünftige Arbeiten werden sich auf das Fügen von CFK mit CFK und artungleichen Werkstoffen konzentrieren.

### Glas – Freiheitsgrade nutzen

Glas additiv zu fertigen ist bisher noch relatives Neuland. Dabei ist zunächst nicht das Ziel, dieselben Qualitäten wie bei herkömmlich hergestelltem Glas zu erreichen. Spannender sind die gestalterischen Freiheiten, die sich aus dem Verfahren ergeben. Additiv gefertigtes Glas kann mit relativ geringem Aufwand in komplexe Formen gebracht werden – optimale Voraussetzungen für den chemischen Apparatebau, die Medizintechnik und Laborgeräte, aber auch um neuartige optische Elemente und Bauteile für die Optik und Photonik aufzubauen. Die **Gruppe Glas** arbeitet daher unter anderem in den Projekten FlexPro und GROTESK da-

ran, Prozesse und Systeme für die Additive Fertigung von Glas zu realisieren. Die Bedeutung automatisierter Glasfertigung nimmt auch ohne die Additive Fertigung zu. Denn momentan werden komplexe Glasprodukte häufig noch in Handarbeit hergestellt, aber entsprechende Fachkräfte werden rar. Die Gruppe nutzt Laserstrahlung auch, um Glasoberflächen zu funktionalisieren. Anstatt komplette Bauteile im Ofen zu behandeln, wird bei einem neuen Ansatz des LZH flexibel, schnell und akkurat dort die Hitze eingebracht, wo Beschichtungsmaterial aushärten soll. So lässt sich gleichzeitig Energie sparen und das Bauteil schonen. Bisher werden für die meisten Glasbearbeitungen CO<sub>2</sub>-Laser eingesetzt. Doch CO-Laser dringen tiefer in das Material ein und bieten daher Verfahrensvorteile. Daher arbeitet die Gruppe daran, CO-Laser für die Glasbearbeitung zu etablieren und Glas damit zu funktionalisieren, zu beschriften und zu markieren.



Additive Fertigung mit Glaswerkstoffen.

## ABTEILUNG PRODUKTIONS- UND SYSTEMTECHNIK

### IM FOKUS DER GRUPPEN

#### Laser-Mikrobearbeitung

- Photonische Prozesse für die Mikro- und Nanomaterialbearbeitung
- Technologietransfer und Prozessentwicklung für die Industrie
- Grundlagen der Licht-Materie-Wechselwirkung

#### Additive Fertigung – Polymere und Multimaterialien

- Produktoptimierung für die individualisierte Medizin
- Prozessentwicklung und -regelung für die Einführung innovativer Polymerwerkstoffe in die Additive Fertigung
- Herstellung von Polymermatrixbauteilen und gradierten Bauteilen mittels Multimaterial-3D-Druck
- Integration metallischer Leiterbahnen

#### Verbundwerkstoffe

- Photonische Prozesse für die trennende Bearbeitung von Faserverbundwerkstoffen und technischen Kunststoffen
- Laserstrahlschweißen thermoplastischer Werkstoffe
- Prozessbeobachtung und -regelung

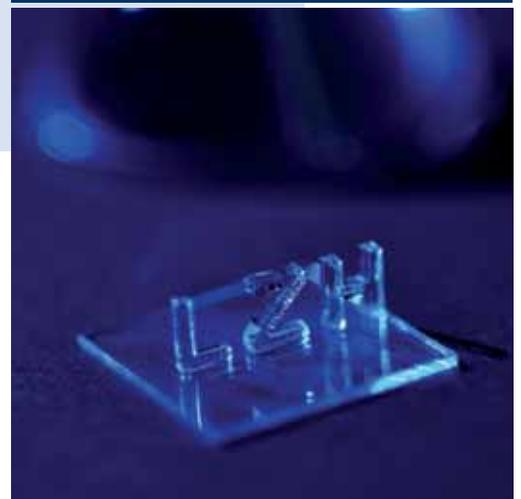
#### Glas

- Energieeffiziente laserbasierte Fertigungsverfahren für Glaswerkstoffe
- Konzeption und Konstruktion von Laserbearbeitungsanlagen für Glaswerkstoffe
- Additive Fertigung von Glas als neuartige Materialklasse neben Metallen und Kunststoffen

#### ABTEILUNGSLEITER

Dr.-Ing. Oliver Suttmann

Tel.: +49 511 2788-293, E-Mail: o.suttmann@lzh.de



### 3.5 Abteilung Werkstoff- und Prozesstechnik

#### Höchstleistungen bei Prozessen für dicke Bleche

Im Bereich des Dickblechschweißens hat sich in den letzten Jahrzehnten viel getan, ein Durchbruch in Sachen Geschwindigkeit und Flexibilität blieb jedoch aus. Gerade die Verfahren zum Fügen von maritimen Stahlkomponenten haben im Hinblick auf Herstellungskosten und Produktivität starkes Entwicklungspotenzial. Das häufig eingesetzte Unterpulverschweißen (UP-Schweißen) ist vergleichsweise langsam und geht mit merklichem Werkstückverzug einher. Bei der Alternative Laser-Lichtbogen-Hybridschweißen ist insbesondere die Kantenvorbereitung arbeitsintensiv und das Verfahren wenig flexibel. Daher arbeitet die Abteilung Werkstoff- und Prozesstechnik seit 2018 mit drei Industriepartnern daran, robuste, reine Laserschweißprozesse für Stahlblechdicken bis zu 30 Millimetern zu etablieren. Dafür ist es nötig, Diodenlaserstrahlquellen zu neuen Höchstleistungen zu bringen. Besonders bei großen Stahlblechdicken im Bereich von 12 bis 30 Millimetern hat sich bisher kein Verfahren gegen das UP-Schweißen durchsetzen können. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der **Gruppe Fügen und Trennen von Metallen (FTM)** wollen dies nun mit ihren Verbundpartnern aus dem Schiffbau und einem Laserstrahlquellen-Hersteller ändern. Das Ziel des Vorhabens ist, hochwertige Verbindungen mit hohen Schweißgeschwindigkeiten zu erreichen. Die anwendungsorientierte Entwicklung findet parallel in einem Laserlabor und in einer werftnahen Versuchsumgebung statt. Das ermöglicht, Prozesse schnell zu erproben, zu evaluieren und zu optimieren. Die **Gruppe Sicherheitstechnik (SHT)** entwirft im Rahmen des Projektes Konzepte zur Gewährleistung der Lasersicherheit bei solch hohen Laserleistungen. Dazu gehört auch die Handhabung der zu erwartenden großen Mengen an emittierten Gefahrstoffen. Dafür wird das LZH auch die Gefahrstofffreisetzung aus der Laserprozesszone umfassend untersuchen.

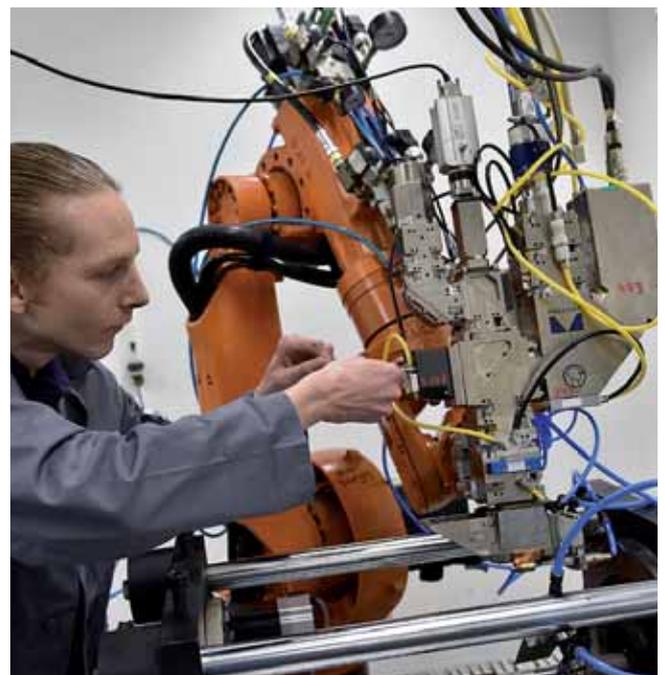
#### Sondermaterialien für Leichtbau und Additive Fertigung

Wie lassen sich unterschiedliche Metalle stabil miteinander verbinden? Für den Automobilbau der Zukunft braucht es belastungsangepasste und leichte Bauteile aus Stahl-Aluminium-Mischverbindungen. Diese Bauteile eignen sich ideal zur Verringerung des Fahrzeuggewichts und können zur Reduzierung des Schadstoffausstoßes beitragen. Im Forschungsvorhaben Laser-Leichter hat die Gruppe FTM einen Remote-Laserstrahlschweißprozess entwickelt, mit dem dreidimensionale Strukturen aus Stahl und Aluminiumlegierungen schnell und zuverlässig ge-

fügt werden können. Doch die Frage der Materialverbindung ist nicht nur für den Leichtbau interessant, auch in der Additiven Fertigung spielt sie eine große Rolle. Sowohl die **Gruppe Additive Fertigung – Metalle (AFM)** als auch die **Gruppe Maschinen und Steuerungen (MST)** führen additive Prozesse mit Metallen und Sonderwerkstoffen durch. Der wesentliche Unterschied liegt im Zustand des Materials. Während die Gruppe AFM vor allem mit Pulvern und dem Verfahren Selektives Laserschmelzen (Laser Powder Bed Fusion, LPBF) arbeitet, beschäftigt sich die Gruppe MST mit dem Auftragschweißen mit Drahtwerkstoffen. Das Pulverbettverfahren LPBF eignet sich für hochaufgelöste, robuste Strukturen, sowohl für Implantate als auch für funktionale Systemkomponenten. Dabei werden neben den Standardmaterialien wie Edelstahl, Aluminium, Bronze und der Titanlegierung Ti-6AL-4V, auch Sonderwerkstoffe, wie Magnesium, Kupfer, Titan-Niob-Legierungen oder Formgedächtnislegierungen eingesetzt. Im Sonderforschungsbereich 871 „Produkt-Regeneration“ nutzt die Gruppe AFM dagegen ein pulverbasiertes Auftragschweißverfahren, um komplexe Investitionsgüter wie Flugzeugturbinschau-

#### Im Fokus der Abteilung

- Laserbasierte Prozesse für Automobilbau, Luft- und Raumfahrt, Werkzeug- und Formenbau, Schiffbau, Tiefseeanwendungen und Biomedizintechnik
- Additive Fertigungsverfahren
- Prozesse für die Industrie 4.0
- Laser- und Arbeitssicherheit



Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Abteilung Werkstoff- und Prozesstechnik entwickeln Anlagentechnik und optimieren Prozesse für die Lasermaterialbearbeitung.



Das LZH erforscht den Einsatz von Standard- und Sondermaterialien für die Additive Fertigung. Dafür stehen zum Teil speziell für das LZH entwickelte Anlagen zur Verfügung.

eln einkristallin zu reparieren und damit zukünftig deren Stand zu erhöhen. Die drahtbasierten Verfahren der Guppe MST eignen sich dagegen um große Strukturen, wie Spannplatten oder Wellen bis hin zu Pflugscharen, zu fertigen oder Schutzschichten aufzubringen. Im Sonderforschungsbereich 1153 „Tailored Forming“ forschen die Gruppen MST und FTM daran, Teile aus verschiedenen Werkstoffen erst zu fügen und anschließend umzuformen. Bereits gefügte Massivbauteile aus verschiedenen Werkstoffen nachträglich umzuformen, ist nämlich bisher Neuland. Relevant ist dies für viele Bereiche des Maschinenbaus, seien es Zahnräder, Wellen, Kurbeln oder Kolben – Massivbauteile mit unterschiedlichen Belastungszonen sind bisher eher eine Ausnahme. Dabei sparen belastungsangepasste Teile Material und Nachbearbeitungszeit.

#### Durchdachte Systemtechnik

Ein besonderer Fokus der Abteilung liegt auf dem Design, der Konstruktion und der Realisierung von Systemtechnik. Im vergangenen Jahr sind so mehrere spezialisierte Bearbeitungsköpfe entstanden. Beispielsweise hat die Gruppe MST die LZH-Ausgründung LASER on demand GmbH bei dem Bau eines einmaligen Wegwerfprodukts unterstützt: ein 3D-gedruckter Kopf aus Polymer für die sichere Entschärfung von Bomben. Dieser Kopf soll eingesetzt werden, um Fugen in die Hülle von Blindgängern einzubringen und so eine sichere Entschärfung durch die sogenannte Deflagration zu ermöglichen. Bei dieser wird der Kopf höchstwahrscheinlich beschädigt. Deswegen ist er möglichst preiswert herzustellen. Möglichst robust und handlich ist der Kopf für das Projekt LaserRettung. Dieser von der Gruppe SHT entworfene Kopf soll bei Verkehrsunfällen helfen, Fahrzeuge möglichst schnell und sicher aufzutrennen. Mit einem selbstentwickelten Koaxial-Kopf kam die Gruppe MST dem Bedarf nach einem flexiblen System für die Additive Fertigung mit Drahtwerkstoffen nach. Der Kopf ermöglicht es, Reparaturen flexibel auf ebenen und gewölbten Bauteilen durchzuführen

ren sowie komplexe Strukturen zu generieren. Darüber hinaus wurde ein Innenbearbeitungskopf entworfen und gebaut, der es ermöglicht, innenliegende Flächen zum Beispiel in einem Motorblock zu strukturieren.

Die **Gruppe Unterwassertechnik** entwickelt für das EU-Projekt ROBUST ein laserbasiertes System zur Detektion von Bodenschätzen in der Tiefsee. Sie kann außerdem mit einer eigens entwickelten Druckkammer Tiefseebedingungen von bis zu 6.500 Metern simulieren. Die Kammer hat ein Sichtfenster für den Laserstrahl. Sie eignet sich dafür, Laserprozesse sowohl für Süß- als auch für Salzwasser zu testen. Somit können die Wissenschaftler verschiedene Einsatzszenarien abbilden. Im Projekt AZULa arbeitet die Gruppe an einem Prozess, mit dem sich Reaktordruckbehälter automatisiert zurückbauen lassen sollen. Dafür haben die Forscher unter anderem ein Achssystem entwickelt, mit dem Laserprozesse in einem Wasserbecken getestet werden können.



Um die Wechselwirkung von Laserstrahlung mit Material unter Tiefsee-Bedingungen zu untersuchen, arbeiten die Wissenschaftler mit einer speziellen Druckkammer.

## ABTEILUNG WERKSTOFF- UND PROZESSTECHNIK

### IM FOKUS DER GRUPPEN

#### **Fügen und Trennen von Metallen**

- Energie- und ressourcenschonende photonische Prozesse zum Fügen und Trennen von Metallen
- Schweißen und Löten von Metallen und Mischverbindungen für den automobilen Leichtbau
- Einsatz von Verfahrenskombinationen zur Prozessregelung
- Dickblechschweißen mit Hochleistungslasern sowie Hybridverfahren für den Schiff- und Pipelinebau

#### **Additive Fertigung – Metalle**

- Laser-Additive Fertigungsverfahren mit pulverförmigen Werkstoffen
- Prozessentwicklung für Sonderwerkstoffe
- Innovative Verschleiß- und Korrosionsschutztechnologien
- Prozessbeobachtung und Regelung additiver Prozesse

#### **Maschinen und Steuerungen**

- Laser-Additive Fertigung mit drahtförmigen Werkstoffen
- Kombination von Laser-Lichtbogenverfahren für die Additive Fertigung von Großbauteilen
- Softwarebasierte Prozesssteuerung und Qualitätsüberwachung
- Adaptierung und Entwicklung von kundenspezifischen Systemkomponenten

#### **Unterwassertechnik**

- Systemtechnik für den Einsatz unter Wasser
- Lasermaterialbearbeitung unter Wasser
- Mess- und Analysetechnik unter Wasser

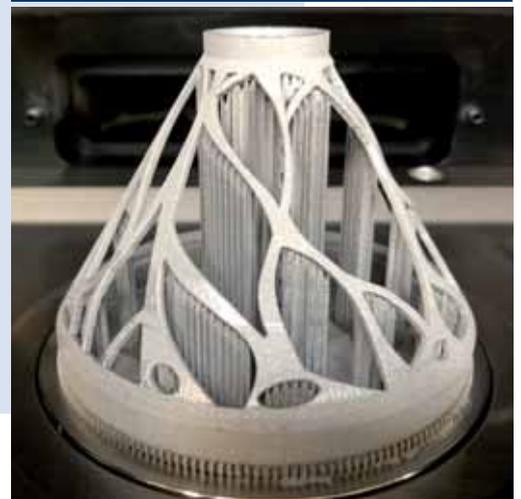
#### **Sicherheitstechnik**

- Laser- und Arbeitssicherheit
- Gefährdungsanalysen und Schutzmaßnahmen
- Emissionsprognosen und -charakterisierung
- Einsatz von mobiler Lasersystemtechnik

#### **ABTEILUNGSLEITER**

Dr.-Ing. SFI Jörg Hermsdorf

Tel.: +49 511 2788-370, E-Mail: j.hermsdorf@lzh.de



## 3.6 Geschäftsfelder

### 3.6.1 Additive Fertigung

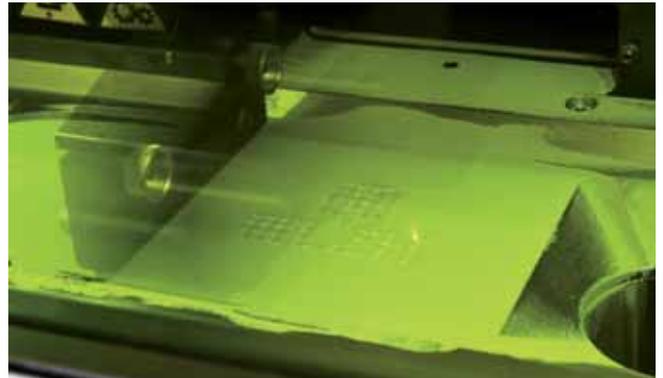
Ob Bauteile aus Polymeren oder Metallen, ob höchstmögliche Auflösung oder große Volumina, das LZH vereint im Geschäftsfeld Additive Fertigung seine Expertise aus den verschiedenen am Institut etablierten Verfahren:

- ▶ Laserauftragschweißen, Laser-Lichtbogen- und Doppeldrahtauftragschweißen
- ▶ Selektives Laserstrahlschmelzen
- ▶ Mikro-Stereolithographie
- ▶ Aerosol Jet Printing
- ▶ Zwei-Photonen-Polymerisation (2PP)

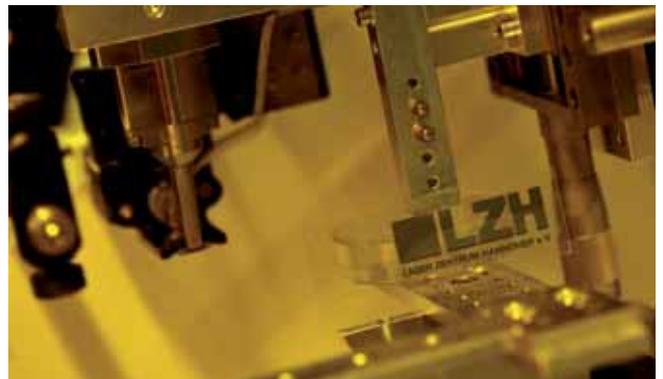
Das LZH erforscht, entwickelt und optimiert den Einsatz neuer Werkstoffe, optimiert Prozesse sowie die dazugehörige Technik. Neben etablierten Materialien wie Edelstähle und Kunststoffe, arbeitet das LZH insbesondere mit Sonderwerkstoffen wie Magnesium und der Formgedächtnislegierung Nickel-Titan sowie biokompatiblen Polymeren. Im Fokus stehen weiterhin auch der Multimaterialdruck und die Einstellung von Härtegradienten. Mit den am LZH in Forschung und Entwicklung sowie in Umsetzung befindlichen Verfahren können Bauteile in Zentimetergröße mit Auflösungen im Nanometerbereich erreicht oder im XXL-Maßstab für große Maschinen additiv gefertigt werden.

Neben dem Aufbau komplett neuer Strukturen sind die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des LZH in der Lage, die Oberfläche von Bauteilen gezielt zu verändern oder artgleich zu reparieren. Dabei können sie unter anderem auf die Erfahrungen aus den Arbeiten im Sonderforschungsbereich 871 „Regeneration komplexer Investitionsgüter“ aufbauen.

Das LZH arbeitet mit Unternehmen aus der Medizintechnik, dem Werkzeugbau, der Automobilindustrie, der Luft- und Raumfahrt sowie dem Schiffbau zusammen. Das Institut berät und unterstützt bei der Etablierung der Additiven Fertigung in Unternehmen, bei der Entwicklung neuer Prozesse sowie bei der Integration in bestehende Systeme.



Pulverbett-basiertes Laserauftragschweißen.



Mikro-Stereolithographie.



Drahtbasiertes Laserauftragschweißen.

#### GESCHÄFTSFELDKOORDINATOR

Dr.-Ing. Stefan Kaierle

Tel.: +49 511 2788-114, E-Mail: s.kaiерle@lzh.de

### 3.6.2 Medizintechnik

Von der Zellbiologie über die Diagnose bis hin zur Weiterentwicklung von Prozessen und Geräten für die Herstellung von Medizintechnikprodukten – das Geschäftsfeld Medizintechnik umspannt die Tätigkeiten des LZH in den Bereichen Biologie, Biophysik, Biomedizin und Medizintechnik. Darunter fallen:

- ▶ Tissue Engineering
- ▶ Bildgebung in Diagnose, Therapie und Forschung (Mikroskopie-Verfahren) sowie Applikatorbau in Therapie und Therapie-Kontrolle sowie Diagnose
- ▶ Licht-Gewebe-Wechselwirkung
- ▶ Optogenetik und Zelltherapie
- ▶ Fertigungstechnik für Implantate (Design und Oberflächen)
- ▶ 3D-Druck von Medizinprodukten
- ▶ Verarbeitung (Formung, Strukturierung etc.) von Medizintechnik-Materialien wie:
  - ▶ Biopolymere, Silikone, Quarzglas, Keramiken
  - ▶ Formgedächtnislegierungen (Nitinol), Magnesium, Titan, Edelstahl, Tantal, Platin

Das LZH erforscht die Licht-Gewebe-Wechselwirkung und wie sich biologische Systeme auf zellulärer Ebene manipulieren lassen. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler arbeiten an modernen Bildgebungsverfahren für Labor und Diagnostik, die nichtinvasiv und schonend Informationen über Gewebe sammeln.

Für das Design, die Funktionalisierung und die Herstellung von Medizinprodukten bringt das LZH seine Expertise in Ultraschallverfahren, Additiver Fertigung und dem Umgang mit biokompatiblen Metallen und Polymeren ein. So ist das Institut an der Weiterentwicklung von Stents und anderen Implantaten beteiligt.

Neben seinen Forschungstätigkeiten berät das LZH in den Bereichen Regulatory Affairs und der Zulassung von Medizinprodukten.

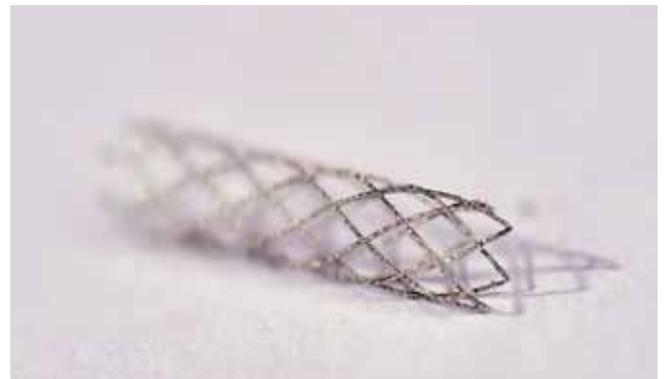
#### GESCHÄFTSFELDKOORDINATOR

Dr. Tammo Ripken

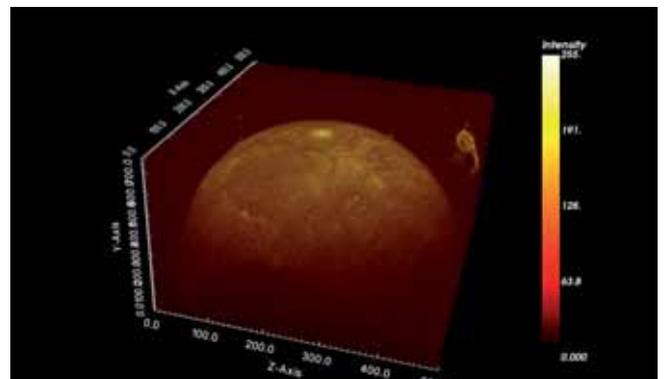
Tel.: +49 511 2788-228, E-Mail: t.ripken@lzh.de



Bildgebung mit dem Laserrastertomographen SLOT.



Fertigung von Implantaten wie z. B. Stents.



OCT-Aufnahme einer humanen Linse.

### 3.6.3 Weltraumtechnik

Seit mehr als 20 Jahren erforscht, entwickelt und charakterisiert das LZH Lasersysteme für den Weltraum. Das Geschäftsfeld Weltraumtechnik bündelt abteilungsübergreifend die weltraumrelevanten Aktivitäten im LZH. Darunter fallen:

- ▶ Entwicklung und Bau von weltraumbasierten Lasersystemen
- ▶ Beschichtung und Qualifizierung von Laseroptiken, Teleskopspiegeln, optischen Filtern
- ▶ Fügeprozesse, generative Fertigungsverfahren

Im Weltraum herrschen raue Bedingungen, die besondere Anforderungen an technische Systeme stellen. In diesem Bereich verfügt das LZH über weitreichende Kenntnisse und Erfahrungen. So hat das LZH unter anderem Beschichtungssysteme für Weltraumteleskope entwickelt, arbeitet mit an der Vorbereitung der Gravitationswellenmessung im Weltraum und steuert den Laser für das MOMA-Instrument der Mission ExoMars 2020 bei.

Genauso übertragen die Wissenschaftler/-innen ihre Expertise auf terrestrische Anwendungen: Sie sind an der Entwicklung erdgebundener Gravitationswellendetektoren beteiligt und entwickeln Lasersysteme zur Analyse von Bodenproben in der Tiefsee.

Dabei können die Naturwissenschaftler/-innen und Ingenieurinnen und Ingenieure am LZH die gesamte Fertigungskette vom Design bis zu finalen Tests abdecken, um maßgeschneiderte Lösungen zu entwickeln:

- ▶ Angepasstes Laserdesign (mechanisch, thermisch, optisch)
- ▶ Opto-mechanische Analyse
- ▶ Optikbeschichtung (IBS) und Optikqualifizierung (LIDT, LIC)
- ▶ Generative Fertigung spezieller Mechaniken
- ▶ Integration im Reinraum ISO 5 Handling/ Kontaminationsmanagement
- ▶ Klebefreie Aufbau- und Verbindungstechnik mit Verifikation im Röntgentomographen
- ▶ Laserschweißen hermetischer Gehäuse
- ▶ In-house-Umwelttests (Thermalvakuum, Vibration)

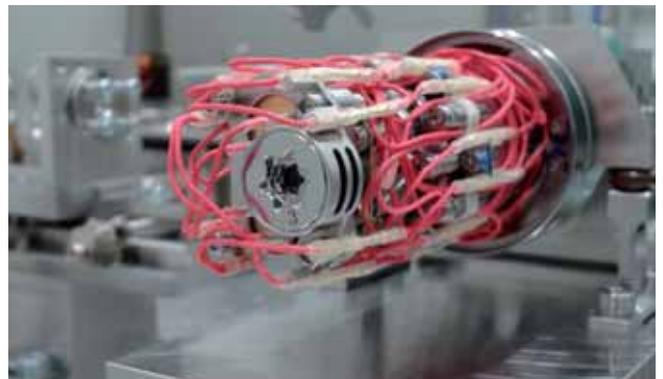
#### GESCHÄFTSFELDKOORDINATOR

Dr. Jörg Neumann

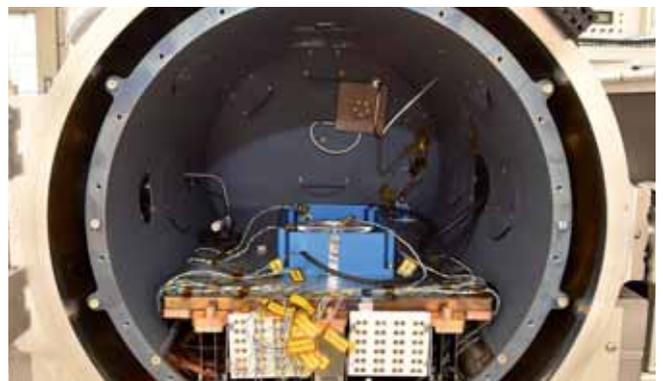
Tel.: +49 511 2788-210, E-Mail: j.neumann@lzh.de



Spezialoptiken für Weltraumanwendungen.



UV-Laser für das Flugmodell des Mars Organic Molecule Analyser (MOMA)-Instruments.



Thermal-Vakuum-Kammer zum Testen von Laserkomponenten und -systemen.

## 3.7 Akademische Arbeiten

### HABILITATION

**Dr. rer. nat. Sabrina Schlie-Wolter**

Selektive Zellkontrolle und dreidimensionale Zellmodelle für biomedizinische Anwendungen (Juni 2018)

### PROMOTIONEN

**Dr. rer. nat. Mathias Mende**

Untersuchungen an oxidischen und oxifluoridischen Materialmischungen zur Optimierung von Ionenstrahlgesputterten Dünnschichtsystemen für Hochleistungslaserkomponenten (Februar 2018)

**Dr.-Ing. Nicole Kallweit**

Laserinduzierte Stimulation der Cochlea (August 2018)

**Dr. rer. nat. Thomas Willemsen**

Funktionale Schichten für den Ultrakurzimpuls-Bereich (Oktober 2018)

**Dr.-Ing. Lei Zheng**

Herstellung und Charakterisierung von funktionellen 2D und 3D plasmonischen und photonischen Mikrostrukturen (Oktober 2018)

**Dr. rer. nat. Melanie Gauch**

Ionenstrahlzerstäubte Materialmischungen zur Herstellung von spannungsfreien, optischen Schichtsystemen auf flexiblen (PMMA-) Substraten (November 2018)

**Dr.-Ing. Ronny Hagemann**

Additive Fertigung von Nickel-Titan-Mikroaktoren für Cochlea-Implantate (November 2018)

**Dr. rer. nat. Hao Liu**

Atomic Layer Deposition for High Power Laser Applications: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and HfO<sub>2</sub> (Dezember 2018)

### MASTERARBEITEN

**Tim Saathoff, M. Sc.**

Programmierung einer Parameter-Datenbank zur automatisierten, laserbasierten Reparaturvorbereitung von kohlenstofffaserverstärkten Kunststoffbauteilen (Januar 2018)

**Sebastian Taschner, M. Sc.**

Laseroberflächenfunktionalisierung in Wasser (Januar 2018)

**Jörn Runge, M. Sc.**

Bearbeitung von Dünnglas mit gepulstem CO<sub>2</sub>-Laser (April 2018)

**Fabian Kranert, M. Sc.**

Monolithic Single-Frequency Fiber Amplifier Concepts at 1.5 µm with Low-Power Seed Source (Mai 2018)

**Hanna Lahdo, M. Sc.**

Analyse des Schmelzbadverhaltens in einem ultraschallunterstützten Laserstrahlschweißprozess von zylindrischen artähnlichen Stahlverbindungen (Mai 2018)

**Torben Laue, M. Sc.**

Entwicklung eines individuellen Finite-Elemente Modells der Augenlinse zur Berechnung der Biomechanik aus ex vivo Messdaten (November 2018)

**Rodion Honisch, M. Sc.**

Einfluss des Temperaturgradienten auf die Mikrostruktur von Nickel-Basis Superlegierungen während des Laserpulverauftragschweißens (November 2018)

**Maik Steinbach, M. Sc.**

Entwicklung einer 3D-Werkstückerkennung für die Lasermaterialbearbeitung mittels koaxial reflektierter Strahlung (Dezember 2018)

### BACHELORARBEITEN

**Patrick Taschner, B. Eng.**

Schnelle Strahlablenkung mittels akustooptischer Deflektion zur Laser-Mikrobearbeitung (März 2018)

**Marijan Tegmeier, B. Eng.**

Ermittlung der Reproduzierbarkeit additiv gefertigter Edelstahlbauteile auf einer industriellen Laserstrahlschmelzanlage (Juni 2018)

**Julian Fellner, B. Eng.**

Fertigung von 7x1 Faserbündeln mit CO<sub>2</sub> Laserstrahlung (September 2018)

**Ole Hill, B. Eng.**

Mikrostrukturierung von Hydrogelen mittels Femtosekundenlaser (November 2018)

**Marcel Rieck, B. Eng.**

Untersuchungen zum Laserspannen von Kreissägeblättern unter Einsatz einer Scanneroptik (November 2018)

# 4. NACHWUCHSFÖRDERUNG UND WEITERBILDUNG

## 4.1 Nachwuchsförderung

Die Fachkräftesicherung für den Hochtechnologiebereich Photonik ist ein wichtiges Thema am LZH. Zusammen mit den Fachabteilungen engagiert sich der Bereich Services für die Förderung des Nachwuchses und die gezielte Weiterbildung von Berufstätigen und Fachkräften. Um Mädchen und Jungen schon frühzeitig für die MINT-Fächer (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik) zu begeistern und um Studierenden zusätzliche Qualifikationen anzubieten, unterstützt beziehungsweise initiiert das LZH unter dem Motto „Light for your Future“ zahlreiche Aktionen:

- ▶ Zukunftstag für Mädchen und Jungen
- ▶ Besuche von Schulklassen
- ▶ Schulpraktika
- ▶ IdeenExpo
- ▶ Freiwilliges Wissenschaftliches Jahr (FWJ)
- ▶ Niedersachsen-Technikum
- ▶ Praktika für Studierende
- ▶ Studien-/Abschlussarbeiten
- ▶ verschiedene interne und externe Veranstaltungen wie Bewerbermessen, Studien-Informationstage, Führungen



Spielerische MINT-Einblicke beim Zukunftstag 2018.

## 4.2 Ausbildung

Folgende Berufe wurden 2018 am LZH ausgebildet:

- ▶ Kaufmann/-frau für Büromanagement
- ▶ Fachinformatiker/-in Systemintegration
- ▶ Feinwerkmechaniker/-in



Auszubildende am LZH.

### 4.3 LZH Laser Akademie

Bereits seit 15 Jahren ist die LZH Laser Akademie GmbH ein führender Anbieter von Weiterbildung für Meister, Techniker und Ingenieure. Gestartet ist die Ausgründung des LZH 2003 mit sieben Kursen. Die professionelle Fachkräfteweiterbildung wurde und wird sehr positiv nachgefragt. Auch 2018 nahmen wieder knapp 500 Teilnehmerinnen und Teilnehmer an 39 Seminaren und Weiterbildungen der LZH Laser Akademie teil.

#### **Gremienarbeit bringt neue Impulse für die Ausbildung der LZH Laser Akademie**

Im Deutschen Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e.V. (DVS) wirkt die Akademie aktiv an der Gestaltung der Ausbildungsrichtlinien für die Laserstrahlmaterialbearbeitung mit. Als



Nicht nur Theorie: Praxisnahe Ausbildung bei der LZH Laser Akademie.

Obfrau der Fachgruppe 4.7 „Ausbildung Strahlschweißen“ und 4.13 „Ausbildung in der Additiven Fertigung“ bringt Dipl.-Ing. Ilka Zajons die Expertise der Akademie ein, um gemeinsam mit anderen Bildungseinrichtungen und Experten eine an den Bedürfnissen der Industrie ausgerichtete hochwertige Ausbildung zu gewährleisten.

Genauso aktiv setzen sich die Mitarbeiter/-innen der Akademie für die stetige Verbesserung und praxisnahe Gestaltung des technischen Regelwerkes ein. Sei es bei der Erarbeitung von Berufsgenossenschaftlichen Informationen oder des technischen Regelwerkes zu OStrV. Die Zusammenarbeit mit den Berufsgenossenschaften sowie der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAUA) sichert die Ausbildung von Laserschutzbeauftragten nach stets aktuellem Standard.

Damit die Qualität gewahrt bleibt, ist die Zertifizierung des Qualitätsmanagementsystems ein wichtiger Baustein für die LZH Laser Akademie – die erfolgreiche Rezertifizierung nach ISO 9001:2015 konnte im August gefeiert werden.

#### **Qualifizierung von Fachkräften – ein Thema für Europa**

Das Thema Additive Fertigung stand 2018 weiter im Mittelpunkt der Projekte und wird auch in den kommenden Jahren einen Schwerpunkt in der Projektarbeit der Laser Akademie darstellen.

Zum einen befasst sich das von der EU finanzierte Projekt CLAiM mit der Entwicklung von Curricula für derzeit fehlende Qualifikationsstufen wie Konstrukteure, Prozessverantwortliche, Maschinen- und Anlagenbediener sowie Qualitätsprüfer mit dem Ziel europaweit Standards zu setzen.

Das Projekt SAM wird sich ebenfalls dem Thema 3D-Druck widmen. In den kommenden vier Jahren wird die LZH Laser Akademie gemeinsam mit 14 europäischen Partnern eine geeignete Strategie entwickeln, den Fachkräftebedarf in der Additiven Fertigung zu sichern.



## 4.4 Vorlesungen und Seminare

Folgende Vorlesungen und Seminare wurden von LZH-Mitarbeiterinnen und -Mitarbeitern in 2018 gehalten:

### Wintersemester 2017/18:

„Grundlagen der Lasermedizin und Biophotonik“, Vorlesung, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Dozenten: Prof. Dr. Alexander Heisterkamp, PD Dr. Holger Lubatschowski

„Grundlagen, Messung und Regelung von Wachstumsfaktoren“, Vorlesung mit experimenteller Übung, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Dozenten: Dr. Gökhan Akyazi, Dr. Sandra Mareike Haase, Dr. Christian Marx

„Grundlagen und Aufbau von Laserstrahlquellen“, Vorlesung, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Dozenten: Prof. Dr.-Ing. Ludger Overmeyer, Dr. Dietmar Kracht

„Laser in der Biomedizintechnik“, Vorlesung mit Übung, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Dozent: Dr.-Ing. Stefan Kaieler

„Laserfertigungstechnik“, Blockveranstaltung, Hochschule Hannover, Dozenten: Prof. Dr.-Ing. Henning Ahlers, Klaus Raebisch

„Lasermedizin“, Gruppenseminar, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Dozenten: Prof. Dr. Alexander Heisterkamp, Prof. Dr. Wolfgang Ertmer, Dr. Tammo Ripken

„Optische Schichten“, Vorlesung mit Übung, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Dozent: Prof. Dr. Detlev Ristau

„Photonik“, Vorlesung mit Übung, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Dozenten: Prof. Dr. Boris Chichkov, Dr. Ulf Hinze

„Tissue Engineering“, Vorlesung, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Dozentin: PD Dr. Sabrina Schlie-Wolter

### Sommersemester 2018:

„Aktuelle Aspekte der Biomedizinischen Optik“, Seminar, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Dozent: Prof. Dr. Alexander Heisterkamp

„Aspects of Nonlinear Optics“, Seminar, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Dozent: Prof. Dr. Detlev Ristau

„Biophotonik - Bildgebung und Manipulation von biologischen Zellen“, Vorlesung, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Dozent: Prof. Dr. Alexander Heisterkamp

„Festkörperlaser“, Vorlesung, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Dozent: Dr. Peter Weißels

„Laserfertigungstechnik“, Blockveranstaltung, Hochschule Hannover, Dozenten: Prof. Dr.-Ing. Henning Ahlers, Klaus Raebisch

„Laserkomponenten“, Seminar, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Dozent: Prof. Dr. Detlev Ristau

„Lasermaterialbearbeitung“, Vorlesung mit Übung, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Dozent: Prof. Dr.-Ing. Ludger Overmeyer

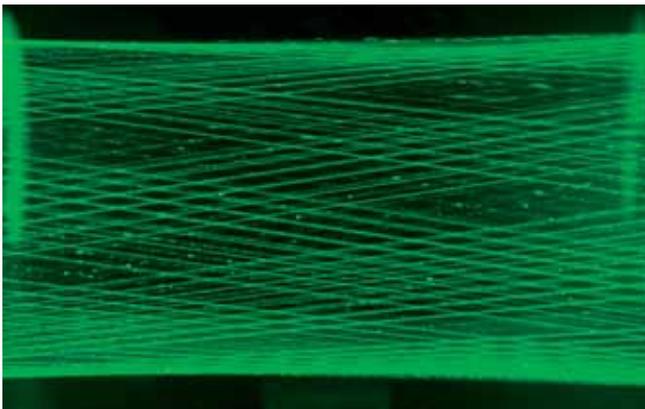
„Laser Material Processing“, Vorlesung mit Übung, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Dozent: Prof. Dr.-Ing. Ludger Overmeyer

„Laser technology in medicine“, Vorlesung, Medizinische Hochschule Hannover, Dozent: Prof. Dr. Alexander Heisterkamp

„Lasermedizin“, Gruppenseminar, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Dozent: Prof. Dr. Alexander Heisterkamp

„Nichtlineare Optik“, Vorlesung, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Dozent: Prof. Dr. Detlev Ristau

„Theorie und Praxis optischer Funktionsschichten“, Seminar, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Dozent: Prof. Dr. Detlev Ristau



# 5. VERANSTALTUNGEN UND MESSEN

## 5.1 Veranstaltungen

22. Januar 2018 in Hannover

### ZIM Netzwerk-Treffen „MS Multi Mat“

Beim ZIM Netzwerk-Treffen „MS Multi Mat“ kamen 15 Teilnehmerinnen und Teilnehmer zusammen, um sich über die Projektergebnisse auszutauschen. Das Ziel des Netzwerks war es, Mikrosysteme auf Basis multifunktionaler Materialverbunde zu realisieren.

Knapp 20 Teilnehmer/-innen besuchten das LZH im Rahmen des NesSi-Netzwerktreffens. Sie besprachen branchenübergreifende Entwicklung sensorgestützter Lösungen für Produkte, stellten die Netzwerkaktivitäten vor und nahmen an einer Führung durch das LZH teil.

20. Februar 2018 in Hannover

### Workshop: „Monitoring in Thin Film Production“

Im Februar fand der internationale Workshop „Monitoring in Thin Film Production“ im LZH statt. Der Workshop gab einen umfassenden Überblick über die neuesten Errungenschaften im Bereich des Dünnschicht-Monitorings, wie etwa das Online-Monitoring des Beschichtungsprozesses. Organisiert wurde der Workshop von der PhotonicNet GmbH in Kooperation mit dem LZH und dem Research Center für Surface Technology (RCST).

14.-15. März 2018 in Garbsen

### Symposium Photonischer Leichtbau



Bei Vorträgen und Führungen konnten sich die Teilnehmer des Symposiums Photonischer Leichtbau austauschen.



Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer des Workshops „Monitoring in Thin Film Production“ vor dem LZH. (Foto: PhotonicNet GmbH)

Über 60 Teilnehmerinnen und Teilnehmer kamen im März 2018 beim ersten Symposium Photonischer Leichtbau (SPL18) zusammen, um sich über Bearbeitungsprozesse für innovative Leichtbaukonzepte auszutauschen. Die Veranstaltung fand im LZH sowie im Produktionstechnischen Zentrum Hannover statt.

07. März 2018 in Hannover

### ZIM Netzwerk-Treffen „NesSi für sensorgestützte Sicherheitssysteme“



Das Netzwerktreffen diente dem Austausch von Projektthemen und dem Transfer von Know-how. (Foto: innos – Sperlich GmbH)

12.-13. April 2018 in Hannover

### ZIM Netzwerk-Treffen „Photonische Prozesskette & Industrie 4.0“

Etwa 50 Teilnehmer/-innen nahmen am ZIM Netzwerk-Treffen im LZH teil. Das Netzwerk hatte zum Ziel, eine durchgängige Prozesskette für die Optikerherstellung zu etablieren – von Entwicklung und Design der Optik, über die Fertigung und Bearbeitung, bis hin zur Messung und Charakterisierung.

12.-13. April 2018 in Hannover

### UKPL Netzwerk-Treffen „Ultrakurzpuls-Laser“

Zum UKPL Netzwerk-Treffen „Ultrakurzpuls-Laser“ kamen etwa 50 Teilnehmerinnen und Teilnehmer in das LZH. Das Ziel des Netzwerks war es, Ultrakurzpuls-Lasertechnologie als Werkzeug in der industriellen Fertigung, insbesondere für KMU, zu etablieren.

26. April 2018 in Hannover

### Zukunftstag



Die blitzschnelle Metallbearbeitung mit dem Laser begeisterte die Schülerinnen und Schüler beim Zukunftstag.

Über 60 Schülerinnen und Schüler hatten beim Zukunftstag am 26. April im LZH die Möglichkeit, die Welt von Licht und Lasern kennenzulernen. Daneben gaben die LZH-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler den jungen Gästen Einblicke in die verschiedenen Berufswege.

12. September 2018 in Hannover

### Niedersachsen ADDITIV – Forum Additive Fertigung



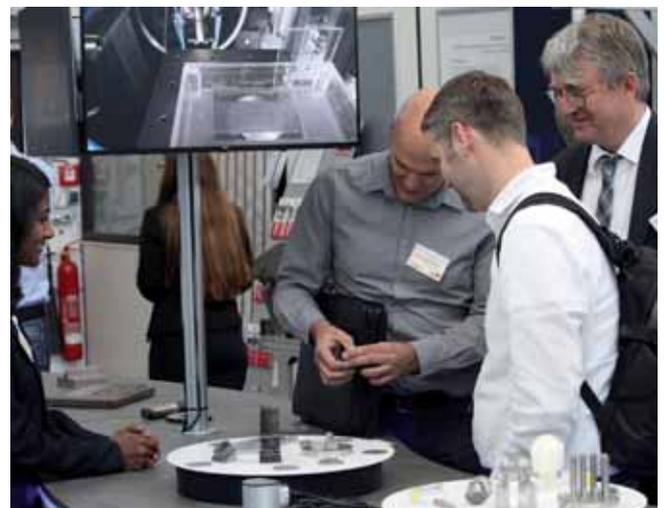
Der Einstieg in die Additive Fertigung kann sich schnell lohnen, das zeigten auch Praxisbeispiele aus Unternehmen.

Mitte September 2018 stand der Austausch über Best-Practice Beispiele, Forschungsthemen und Geschäftsmodelle im Mittelpunkt des Forums von Niedersachsen ADDITIV. Die 90 Teilnehmer/-innen aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik erhielten Antworten rund um die Fragen „Wann lohnt sich 3D-Druck?“ und „Was sollten kleine und mittelständische Unternehmen beim Einstieg in die Additive Fertigung beachten?“

26. September 2018 in Hannover

### Workshop „Konstruktion für die Additive Fertigung“

Ende September fand zum dritten Mal der gemeinsame Workshop des Instituts für Produktentwicklung und Gerätebau (IPeG) der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover und des LZH zum Thema Additive Fertigung statt. Knapp 80 Teilnehmer/-innen erhielten einen Einblick in das Thema „Konstruktion für die Additive Fertigung“.

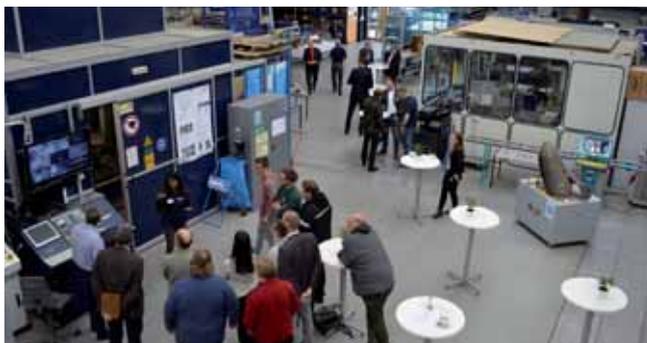


Im Versuchsfeld des LZH wurden speziell für die Additive Fertigung konstruierte Bauteile gezeigt.

25. Oktober 2018 in Hannover

### Tag der offenen Tür zur EuroBLECH

Während der EuroBLECH öffnete das LZH die Türen des Versuchsfelds für an der Metallbearbeitung interessierte Besucher/-innen. Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des LZH zeigten an den Anlagen die Lasermaterialbearbeitung der Zukunft. Im Fokus standen die Themen innovative Systemtechnik, Additive Fertigung sowie Füge- und Trenntechnik speziell für metallische Werkstoffe.



Den Tag der offenen Tür nutzten viele Messebesucher um sich einen Eindruck von den Anlagen und Forschungsarbeiten am LZH zu machen.

07. November 2018 in Hannover

### Technologietag Industrie 4.0: Lasertechnologie als Schlüssel zur digitalisierten Produktion



Beim gemeinsamen Technologietag von TRUMPF und dem LZH gab es rege Diskussionen zu den Vorträgen aus Anwendung und Forschung.

Die Themen Digitalisierung und Industrie 4.0 sind bereits in der Anwendung angekommen – das zeigten nicht nur die Praxisbeispiele, sondern auch die rege Diskussion der circa 60 Teilnehmerinnen und Teilnehmer. Bereits zum vierten Mal hatten das LZH und die TRUMPF Laser- und Systemtechnik GmbH zum gemeinsamen Technologietag eingeladen.

08. November 2018 in Hannover

### Innovationstag Lasertechnik – Wege ebnen für KMU



Stefan Muhle, Nds. Ministerium für Wirtschaft, Arbeit, Verkehr und Digitalisierung, betonte auf dem fünften Innovationstag die Bedeutung der Digitalisierung für Niedersachsen. (Foto: NiedersachsenMetall)

Beim fünften Innovationstag von NiedersachsenMetall und dem LZH hatten knapp 60 Teilnehmerinnen und Teilnehmer die Chance, sich vor Ort über die smarte Produktion und Lasertechnik zu informieren. Vorgestellt wurden sowohl Möglichkeiten, Daten über Sensorik und Bildgebung aus den Prozessen und Maschinen heraus zu generieren als auch, wie sich diese auswerten und nutzen lassen.

10. November 2018 in Hannover

### Die Nacht, die Wissen schafft

Zur Nacht, die Wissen schafft der Leibniz Universität Hannover konnten sich kleine und große Besucher am Stand des LZH als Laserentwickler versuchen. Im Lichthof der Universität nutzten viele Besucher die Möglichkeit, einen Laser zu justieren und ihr Wissen bei einem Laserquiz unter Beweis zu stellen.



Viele Interessierte besuchten auch dieses Jahr den Stand des LZH bei der „Nacht, die Wissen schafft“.

13. November 2018 in Hannover

**Besuch des DVS-Bezirksverbandes Hannover-Hamel**

Am 13. November 2018 besuchte der DVS-Bezirksverband Hannover-Hamel das LZH. Die 34 Teilnehmerinnen und Teilnehmer informierten sich an drei Stationen im Versuchsfeld des LZH über die aktuellen Arbeiten des Forschungsinstituts. Neben den klassischen Schweißthemen interessierten sich die Besucher auch für die Additive Fertigung; von den Anlagen und Prozessen, hin zu möglichen Bauteilen, den Herausforderungen und den Möglichkeiten des Verfahrens.



Der DVS-Bezirksverband Hannover-Hamel informiert sich unter anderem über die Additive Fertigung. (Foto: DVS Hannover-Hamel)

05. Dezember 2018 in Hannover

**8. Workshop Laserbearbeitung von Glaswerkstoffen**



Zehn Experten/-innen aus Wirtschaft und Wissenschaft stellten die jüngsten Fortschritte in der Laserbearbeitung von Glaswerkstoffen vor.

Zum achten Mal richteten die Bayerische Laserzentrum gGmbH (blz) und das LZH zusammen den Glasworkshop aus. Im Mittelpunkt stand dieses Jahr das Thema Glasbearbeitung mit ultrakurzen Laserpulsen. Weitere Themen waren: Laserschneidverfahren, Subtraktive und Additive Fertigung, Glasumformung und die Verwendung neuer Laserstrahlquellen.

03. Dezember 2018 in Hannover

**LZH-Kolloquium Wintersemester 2017/2018**

Prof. Dr.-Ing. Roland Lachmayer stellte das Institut für Produktentwicklung und Gerätebau (IPeG) der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover vor und beleuchtete die einzelnen Forschungsschwerpunkte innerhalb der Bereiche Produktentwicklung und Gerätebau.



Das IPeG beschäftigt sich unter anderem mit der Konstruktion für die Additive Fertigung, wie beispielsweise die Auslegung innerer Strukturen oder Additive Repair. (Foto: IPeG)

05. Dezember 2018 in Hannover

**Branchentreff Kunststofftechnik von Niedersachsen ADDITIV**

Mit dem neuen Veranstaltungsangebot am Nachmittag möchte Niedersachsen ADDITIV es insbesondere kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) ermöglichen, außerhalb der Kernarbeitszeiten Informationsveranstaltungen zum 3D-Druck zu besuchen.



Das Nachmittagsangebot von Niedersachsen ADDITIV wurde gut von den KMU-Vertretern angenommen.

## 5.2 Messeteilnahmen

23.-27. April 2018 in Hannover

### Hannover Messe

Unter dem Leitthema „Kreativ Additiv“ zeigte das LZH auf der Hannover Messe 2018 kreative, lichtbasierte und überzeugende Lösungen für spezielle Anforderungen im Bereich der Additiven Fertigung und dem 3D-Druck. Auf dem Gemeinschaftsstand des Landes Niedersachsen wurden neben der Additiven Fertigung die sichere Entschärfung von Weltkriegsbomben und andere Bereiche der Lasermaterialbearbeitung beleuchtet.



Bernd Althusmann, niedersächsischer Wirtschaftsminister, ließ sich von Dr. Dietmar Kracht erklären, wie Bomben zukünftig mittels Lasertechnik sicherer entschärft werden könnten.

05.-07. Mai 2018 in Stuttgart

### LASYS



Innovative, lichtbasierte Prozesse zeigte das LZH auf der LASYS 2018.

Auf der LASYS stellte das LZH lichtbasierte Prozesse wie Schneiden, Schweißen, Abtragen und Strukturieren sowie die Additive Fertigung für Metalle, Polymere, Glas und Verbundwerkstoffe vor: Maßgeschneiderte Lösungen unabhängig von der Bearbeitungsdimension oder dem Werkstoff und Beratungen zur Überwachung und Regelung von Bearbeitungsprozessen sowie Lasersicherheitstechnik standen im Fokus.

15.-17. Mai 2018 in Frankfurt am Main

### Optatec



Das LZH zeigte auf der Optatec das Beschichtungs-Monitoring der Zukunft.

Wie das Beschichtungs-Monitoring der Zukunft aussehen könnte, zeigte das LZH auf der Optatec 2018 vom 15. bis 17. Mai in Frankfurt am Main. Die drei Schwerpunkte des LZH waren in diesem Jahr. In-situ-Partikeldetektion, Spektral hochaufgelöstes Online-Monitoring und flexible Messtechnik.

07. Juni 2018 in Berlin

### Innovationstag Mittelstand des BMWi 2018

Im Juni stellte das LZH auf dem Innovationstag Mittelstand des BMWi 2018 in Berlin das Projekt „Evapore: Entstehungsdetektion und Vermeidungsstrategien von Mikropartikeln in Plasma-beschichtungsprozessen“ vor. Das LZH entwickelt im Projekt ein Monitoringsystem, das bereits in der Vakuumkammer während des Beschichtungsprozesses die Partikelentstehung dokumentieren soll.



Auf dem Innovationstag Mittelstand stellte das LZH ein Monitoringsystem für Beschichtungsprozesse vor.

**12.-13. Juni 2018 in Stade**  
**CFK-Valley Stade Convention**

Auf der CFK-Valley Stade Convention stellte die Gruppe Verbundwerkstoffe innovative Lösungen rund um die laserbasierte Bearbeitung faserverstärkter Verbundwerkstoffe vor. Inhaltliche Schwerpunkte bildeten in diesem Jahr Anwendungen im Bereich der zivilen Luftfahrt.



Der Stand der Gruppe Verbundwerkstoffe auf der CFK-Valley Stade Convention.

**19.-20. Juni 2018 in Berlin**  
**BMBF-Innovationsforum „Zivile Sicherheit“ 2018**

Auf dem BMBF-Innovationsforum „Zivile Sicherheit“ stellte das LZH Ergebnisse des BMBF-Projektes DEFLAG vor. In dem Projekt arbeiten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des LZH daran, Weltkriegsbomben mit Hilfe von Laserstrahlung sicherer zu entschärfen.



Blindgänger auf dem BMBF-Innovationsforum in Berlin.

**30.-31. Oktober 2018 in Bremen**  
**International Conference and Exhibition on Thermoplastic Composites (ITHEC)**

Die neuesten Entwicklungen rund um die laserbasierte Bearbeitung thermoplastischer Faserverbundwerkstoffe präsentierte die Gruppe Verbundwerkstoffe im Oktober in Bremen. Sie zeigte, wie diese Faserverbundwerkstoffe mit maßgeschneiderten Laserprozessen präzise und effizient bearbeitet werden können.



Die Gruppe Verbundwerkstoffe stellte ihre Forschungsarbeiten auf der ITHEC aus.

**18. Dezember 2018 in Hannover**  
**Jahresnetzwerktreffen Niedersachsen Aviation**



Auf dem Jahresnetzwerktreffen Niedersachsen Aviation zeigte das LZH Konzepte zur Bearbeitung faserverstärkter Verbundwerkstoffe.

Die Laserbearbeitung faserverstärkter Verbundwerkstoffe mit Schwerpunkt auf die Luftfahrt stand im Fokus der Präsentation der Gruppe Verbundwerkstoffe auf dem Jahrestreffen des Netzwerkes Niedersachsen Aviation.

# 6. WISSENSCHAFTLICHE VERÖFFENTLICHUNGEN

Die wissenschaftlichen Veröffentlichungen werden alphabetisch nach Erstautor/-in aufgelistet.

## 6.1 Abteilung Laserkomponenten

T. Alig, L. O. Jensen, D. Ristau, **Fluorescence studies on optical coatings**. SPIE Proceedings Vol. 10691: Advances in Optical Thin Films VI, 1069127 (2018).

H. Badorreck, M. Jupé, D. Ristau, **Analysis of HfO<sub>2</sub> virtual materials for different discrete deposition energies and saturation rates**. SPIE Optical Systems Design, 14. Mai, Frankfurt am Main (2018).

H. Badorreck, M. Jupé, D. Ristau, **Determination of material parameters for modelling of ultra-short pulse ablation threshold in transparent, dielectric material**. 11<sup>th</sup> International Conference on Photo-Excited Processes and Applications (ICPEPA 11), 13. September, Vilnius (2018).

H. Badorreck, M. Jupé, D. Ristau, **Herstellung virtueller optischer Materialien**. Metrologie für virtuelle Messgeräte, 13.-14. März, Braunschweig (2018).

H. Badorreck, M. Jupé, D. Ristau, **Structural and optical properties of virtual materials**. 82. Jahrestagung der DPG und DPG-Frühjahrstagung, 08. März, Erlangen (2018).

H. Badorreck, M. Jupé, A. Winkelmann, I. Plug, **Simulation of Optical Thin Film Growth in PVD-Processes**. Optics Symposium: Novel Coating Technologies for Precision Optics in the Nano Era, 28. November, Dresden (2018).

I. Balasa, L. O. Jensen, D. Ristau, **Lifetime of space-based LIDAR Systems: Defect-limited durability of optical coatings**. ESA/NASA 2<sup>nd</sup> International Workshop on Space-based LIDAR Remote Sensing Techniques and Engineering Technologies, 04.-08. Juni, Milos (2018).

T. Böntgen, T. Alig, I. Balasa, L. O. Jensen, D. Ristau, **Advances in IBS Coatings for space applications on the topics of curved surfaces and laser damage**. Proceedings of the International Conference on Space Optics (ICSO) (2018).

F. Carstens, H. Ehlers, D. Ristau, **Implementation of a Closed-loop In-situ Control Scheme Improving Stability and Uniformity in Ion-Beam Sputtering Processes**. SPIE Optical Systems Design, 14.-17. Mai, Frankfurt am Main (2018).

F. Carstens, H. Ehlers, D. Ristau, **Stabilisierung von Rate und Schichtdickeneinheitlichkeit im IBS-Prozess über adaptiv geregelte Prozessparameter**. 82. Jahrestagung der DPG und DPG-Frühjahrstagung, 04.-09. März, Erlangen (2018).

H. Ehlers, D. Ristau, **Production strategies for high-precision optical coatings**. In: Optical Thin Films and Coatings, 2<sup>nd</sup> Edition, Cambridge, Woodhead, 103-140 (2018).

D. Franke, C. Hettich, T. Köhler, M. Turowski, H. Ehlers, D. Ristau, T. Frauenheim, **Density functional based tight-binding parametrization of hafnium oxide: Simulations of amorphous structures**. Phys. Rev. B 7 (98), 075207-1 - 075207-11 (2018).

K. Kiedrowski, I. Balasa, D. Kracht, D. Ristau, **Bestimmung optischer Eigenschaften von Werkstoffen zur Herstellung passiver und aktiver polymeroptischer Faserkomponenten**. DGAO-Proceedings (2018).

K. Kiedrowski, J. Thiem, F. Jakobs, J. Kielhorn, I. Balasa, D. Kracht, D. Ristau, **Determination of the laser-induced damage threshold of polymer optical fibers**. SPIE Proceedings Vol. 10805: Laser-Induced Damage in Optical Materials 2018: 50<sup>th</sup> Anniversary Conference 10805, 108052C (2018).

H. Liu, L. O. Jensen, P. Ma, D. Ristau, **ALD anti-reflection coatings at 1w, 2w, 3w, and 4w for high-power ns-laser application**. Advanced Optical Technologies 1-2 (7), 23-31 (2018).

H. Lui, L. O. Jensen, H. Mädebach, P. Ma, D. Ristau, **Comparison of ALD and IBS HfO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> anti-reflection coatings for the harmonics of the Nd:YAG laser**. SPIE Proceedings Vol. 10691: Advances in Optical Thin Films VI, 106911B (2018).

G. Nolze, M. Jürgens, J. Olbricht, A. Winkelmann, **Improving the precision of orientation measurements from technical materials via EBSD pattern matching**. Acta Mater. (159), 408-415 (2018).

A. K. Oskuei, S. Baur, L. Emmert, M. Jupé, T. Willemsen, M. Steinecke, L. O. Jensen, D. Ristau, W. Rudolph, **Femtosecond laser-induced modifications of frequency tripling mirrors**. SPIE Proceedings Vol. 10805: Laser-Induced Damage in Optical Materials 2018: 50<sup>th</sup> Anniversary Conference, 108051W (2018).

S. Paschel, H. Mädebach, X. Cheng, Z. Wang, I. Balasa, D. Ristau, **Decrease of nanosecond LIDT of UV-optics under large incident angle**. SPIE Optical Systems Design, 14. Mai, Frankfurt am Main (2018).

S. Paschel, I. Balasa, L. O. Jensen, X. Cheng, Z. Wang, D. Ristau, **Laser-induced pit formation in UV-antireflective coatings**. SPIE Proceedings Vol. 10805: Laser-Induced Damage in Optical Materials 2018: 50<sup>th</sup> Anniversary Conference, 108051N (2018).

A. K. Rüsseler, I. Balasa, L. O. Jensen, D. Ristau, **Continuous detection of particles on a rotating substrate during thin film deposition**. SPIE Proceedings Vol. 10805: Laser-Induced Damage in Optical Materials 2018: 50<sup>th</sup> Anniversary Conference, 108051X (2018).

A. K. Rüsseler, I. Balasa, H.-U. Kricheldorf, M. Vergöhl, L. O. Jensen, D. Ristau, **Time resolved detection of particle contamination during thin film deposition**. SPIE Proceedings Vol. 10691: Advances in Optical Thin Films VI 106910H (2018).

D. Ristau, A. Rühl, M. Ließmann, **Mehr als nur Lichtleitung**. Unimagazin Hannover (3/4), 20-23, (2018).

M. Steinecke, M. Jupé, T. Kellermann, D. Ristau, **Characterization and application of nonlinear optical properties in thin films**. SPIE Optical Systems Design, 14.-17. Mai, Frankfurt am Main (2018).

M. Steinecke, T. Kellermann, M. Jupé, L. O. Jensen, D. Ristau, **Measurement setup for the determination of the nonlinear refractive index of thin films with high nonlinearity**. SPIE Proceedings Vol. 10805: Laser-Induced Damage in Optical Materials 2018: 50<sup>th</sup> Anniversary Conference, 1080524 (2018).

A. Winkelmann, G. Nolze, G. Cios, T. Tokarski, **Mapping of local lattice parameter ratios by projective Kikuchi pattern matching**. Phys. Rev. Materials 12 (2), 123803 (2018).

## 6.2 Abteilung Laserentwicklung

- G. Avdikos, A. Papayannis, J. Neumann, J. P. E. Montagne, G. Tsaknakis, D. Papadopoulos, C. Evangelatos, L. Nguyen, P. Weißels, O. Puncken, E. Julia, G. Tzeremes, **ESA QOMA Project: Bringing Novelty to Laser Engineering for Space Applications: Present and Future Perspectives**. ESA/NASA 2<sup>nd</sup> International Workshop on Space-based LIDAR Remote Sensing Techniques and Emerging Technologies, 04.-08. Juni, Milos (2018).
- S. Böhm, K. Hausmann, M. Wyszomolek, F. Wellmann, G. Pelegrina-Bonilla, S. Schlangen, K. Bremer, B. Roth, L. Overmeyer, M. Steinke, D. Kracht, J. Neumann, **Entwicklung eines Herstellungsprozesses von faserbasierten Evaneszenzfeldkopplern**. 119. Jahrestagung der DGaO, 22.-26. Mai, Aalen (2018).
- S. Böhm, K. Hausmann, M. Wyszomolek, F. Wellmann, G. Pelegrina-Bonilla, S. Schlangen, K. Bremer, B. Roth, L. Overmeyer, M. Steinke, D. Kracht, J. Neumann, **Development of a reliable fabrication process of evanescent field coupled fused fiber couplers**. SPIE Photonics Europe, 22.-26. April, Straßburg (2018).
- P. Booker, R. Caspary, J. Neumann, D. Kracht, M. Steinke, **Pump wavelength dependence of ASE and SBS in single-frequency EYDFAs**. Opt. Lett. 19 (43), 4647-4650 (2018).
- P. Booker, F. Kranert, M. Steinke, J. Neumann, D. Kracht, **Pump wavelength dependence of ASE and SBS in Er<sup>3+</sup>:Yb<sup>3+</sup>-codoped Fiber Amplifiers**. SPIE Photonics Europe, 22.-26. April, Straßburg (2018).
- A. Büttner, M. Ernst, M. Hunnekuhl, R. Kalms, L. Willemsen, P. Weißels, D. Kracht, J. Neumann, the MOMA laser team, **Optical design and characterization of the MOMA laser head flight model for the ExoMars 2020 mission**. International Conference on Space Optics (ICSO), 09.-12. Oktober, Chania (2018).
- O. Çelenk, A. Demir, I. Demir, S. Kalkanlı, J. Neumann, **Fiber laser cutting process of E-glass composites**. Proceedings of the 1<sup>st</sup> International Symposium on Light Alloys and Composite Materials (ISLAC'18), 326 (2018).
- E. Chatzizyrlı, N. Tinne, R. Lachmayer, J. Neumann, D. Kracht, **Multiphysics simulation strategy for the optimization of laser-excited remote phosphor systems**. DGaO-Proceedings (2018), P50 (2018).
- E. Chatzizyrlı, N. Tinne, R. Lachmayer, J. Neumann, D. Kracht, **Opto-thermal simulation model for optimizing laser-excited remote phosphor systems**. SPIE Proceedings Vol. 10693: Illumination Optics V, 1069300-1 - 1069300-9 (2018).
- J. M. Chavez Boggio, T. Fremberg, D. Bodenmüller, C. Sandin, M. Zajnulina, A. Kelz, D. Giannone, M. Rutowska, B. Moralejo, M. M. Roth, M. Wyszomolek, H. Sayinc, **Wavelength calibration with PMAS at 3.5 m Calar Alto Telescope using a tunable astro-comb**. Opt. Commun. (415), 186-193 (2018).
- O. de Varona Ortega, M. Steinke, J. Neumann, D. Kracht, **All-fiber, single-frequency, and single-mode Er<sup>3+</sup>:Yb<sup>3+</sup> fiber amplifier at 1556 nm core-pumped at 1018 nm**. Opt. Lett. 11 (43), 2632-2635 (2018).
- O. de Varona Ortega, M. Steinke, D. Kracht, J. Neumann, P. Weißels, **Single-frequency and single-mode fiber amplifier at 1.5- $\mu$ m core-pumped at 1018 nm**. SPIE Proceedings Vol. 10512: Fiber Lasers XV: Technology and Systems, 105120K (2018).
- M. Ernst, A. Büttner, M. Hunnekuhl, R. Kalms, P. Wessels, L. Willemsen, J. Neumann, D. Kracht, **Mechanical Design and Testing of the MOMA Flight Model Laser Head for the EXOMARS 2020 Mission**. International Conference on Space Optics (ICSO), 09.-12. Oktober, Chania (2018).
- M. Hinkelmann, B. Schulz, D. Wandt, U. Morgner, M. Frede, J. Neumann, D. Kracht, **Milijoule-level, kilohertz-rate, CPA-free linear amplifier for 2  $\mu$ m ultrashort laser pulses**. Opt. Lett. 23 (43), 5857-5860 (2018).
- M. Hinkelmann, D. Wandt, U. Morgner, J. Neumann, D. Kracht, **High repetition rate,  $\mu$ J-level, CPA-free ultrashort pulse multipass amplifier based on Ho:YLF**. Opt. Express 14 (26), 18125-18130 (2018).
- M. Hinkelmann, D. Wandt, J. Neumann, D. Kracht, U. Morgner, **Ultrashort pulse CPA-free Ho:YLF linear amplifier**. SPIE Proceedings Vol. 10511: Solid State Lasers XXVII: Technology and Devices, 1051109 (2018).
- S. Hochheim, R. Houssaini, M. Steinke, J. Neumann, D. Kracht, **Monolithic tunable fiber laser for real-time S<sup>2</sup>-measurements**. EPS-QEOD Europhoton Conference, 02.-07. September, Barcelona (2018).
- S. Hochheim, F. Wellmann, T. Theeg, O. de Varona, P. Booker, P. Weißels, M. Steinke, J. Neumann, D. Kracht, **Monolithic fiber amplifiers for the next generation of gravitational wave detectors**. SPIE Proceedings Vol. 10683: Fiber Lasers and Glass Photonics: Materials through Applications, 1068320 (2018).
- S. Iakushev, M. Steinke, D. Kracht, J. Neumann, P. Weißels, **Development of a comprehensive 3D model for transversal mode instability investigations**. SPIE Proceedings Vol. 10683: Fiber Lasers and Glass Photonics: Materials through Applications, 1068337-1 - 1068337-8 (2018).
- LIGO Scientific Collaboration & Virgo Collaboration, ..., O. Puncken, M. Steinke, T. Theeg, P. Weißels, ... author list of 1000+ members, **All-sky search for long-duration gravitational wave transients in the first Advanced LIGO observing run**. Class. Quantum Grav. 6 (35), 065009 (2018).
- LIGO Scientific Collaboration & Virgo Collaboration, ..., O. Puncken, M. Steinke, T. Theeg, P. Weißels, ... author list of 1000+ members, **Constraints on cosmic strings using data from the first Advanced LIGO observing run**. Phys. Rev. D 10 (97), 102002 (2018).
- LIGO Scientific Collaboration & Virgo Collaboration, ..., O. Puncken, M. Steinke, T. Theeg, P. Weißels, ... author list of 1000+ members, **Effects of data quality vetoes on a search for compact binary coalescences in Advanced LIGO's first observing run**. Class. Quantum Grav. 6 (35), 065010 (2018).
- LIGO Scientific Collaboration & Virgo Collaboration, ..., O. Puncken, M. Steinke, T. Theeg, P. Weißels, ... author list of 1000+ members, **First Search for Nontensorial Gravitational Waves from Known Pulsars**. Phys. Rev. Lett. 3 (120), 031104 (2018).
- LIGO Scientific Collaboration & Virgo Collaboration, ..., O. Puncken, M. Steinke, T. Theeg, P. Weißels, ... author list of 1000+ members, **Full band all-sky search for periodic gravitational waves in the O1 LIGO data**. Phys. Rev. D 10 (97), 102003 (2018).
- LIGO Scientific Collaboration & Virgo Collaboration, ..., O. Puncken, M. Steinke, T. Theeg, P. Weißels, ... author list of 1000+ members, **GW170817: Implications for the Stochastic Gravitational-Wave Background from Compact Binary Coalescences**. Phys. Rev. Lett. 9 (120), 091101 (2018).

LIGO Scientific Collaboration & Virgo Collaboration, ..., O. Puncken, M. Steinke, T. Theeg, P. Weßels, author list of 1000+ members, **GW170817: Measurements of Neutron Star Radii and Equation of State**. Phys. Rev. Lett. 16 (121), 161101 (2018).

LIGO Scientific Collaboration & Virgo Collaboration, ..., O. Puncken, M. Steinke, T. Theeg, P. Weßels, ... author list of 1000+ members, **Prospects for observing and localizing gravitational-wave transients with Advanced LIGO, Advanced Virgo and KAGRA**. Living Reviews in Relativity 21 (3), 1-57 (2018).

LIGO Scientific Collaboration & Virgo Collaboration, ..., O. Puncken, M. Steinke, T. Theeg, P. Weßels, ... author list of 1000+ members, **Search for Tensor, Vector, and Scalar Polarizations in the Stochastic Gravitational-Wave Background**. Phys. Rev. Lett. 20 (120), 201102 (2018).

J. Neumann, A. Büttner, M. Ernst, M. Hunnekuhl, R. Kalms, P. Weßels, D. Kracht, **Development of the Pulsed Ultraviolet Laser for the Mars Organic Molecule Analyzer (MOMA) on the ExoMars 2020 Rover**. ESA/NASA 2<sup>nd</sup> International Workshop on Space-based LIDAR Remote Sensing Techniques and Emerging Technologies, 04.-08. Juni, Milos (2018).

P. Reppen, U. Morgner, A. Tajalli, D. Wandt, J. Neumann, D. Kracht, **Complete characterization of ultrafast pulses of an Yb-doped fiber amplifier via dispersion scans after compression in a grism compressor**. SPIE Proceedings Vol. 10512: Fiber Lasers XV: Technology and Systems, 1051213 (2018).

S. Schlangen, K. Bremer, Y. Zheng, S. Böhm, M. Steinke, F. Wellmann, J. Neumann, B. Roth, L. Overmeyer, **Long-Period Gratings in Highly Germanium-Doped, Single-Mode Optical Fibers for Sensing Applications**. Sensors, 5 (18), 1363 (2018).

S. Schlangen, K. Bremer, Y. Zheng, A. Isaak, M. Wurz, S. Böhm, F. Wellmann, M. Steinke, G. Pelegrina-Bonilla, J. Neumann, D. Kracht, B. Roth, L. Overmeyer, **Manufacturing and characterization of asymmetric evanescent field polished couplers for grating assisted mode-selective fiber coupling**. SPIE Proceedings Vol. 10681: Micro-Structured and Specialty Optical Fibers, 1068116 (2018).

S. Schlangen, K. Bremer, A. Isaak, M. C. Wurz, G. P. Bonilla, J. Neumann, B. Roth, L. Overmeyer, **Mode-selective polished fiber couplers based on fiber gratings**. Optical Fiber Communication Conference, OSA Technical Digest (online), Th1K.6 (2018).

K. Scholle, M. Schäfer, S. Lamrini, M. Wyszomolek, M. Steinke, J. Neumann, P. Fuhrberg, **All-fiber linearly polarized high power 2- $\mu$ m single mode Tm-fiber laser for plastic processing and Ho-laser pumping applications**. SPIE Proceedings Vol. 10512: Fiber Lasers XV: Technology and Systems, 1051200 (2018).

S. Spelthann, N. Tinne, D. Kracht, J. Neumann, D. Ristau, **Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Nanopartikel-Dispersionslaser im sichtbaren Spektralbereich**. 119. Jahrestagung der DGaO, 22.-26. Mai, Aalen (2018).

M. Steinke, **LZH/AEI fiber amplifier prototypes for 3G GWDs at 1064nm and 1550nm & outlook towards 2 $\mu$ m**. Gravitational Wave Advanced Detector Workshop, 12.-17. Mai, Girdwood (2018).

M. Steinke, S. Böhm, K. Hausmann, M. Wyszomolek, F. Wellmann, G. Pelegrina-Bonilla, S. Schlangen, K. Bremer, B. Roth, L. Overmeyer, J. Neumann, D. Kracht, **Development of a reliable fabrication process of evanescent field coupled fused fiber couplers**. SPIE Proceedings Vol. 10683: Fiber Lasers and Glass Photonics: Materials through Applications, 106831L (2018).

M. Steinke, T. Theeg, M. Wyszomolek, C. Ottenhues, T. Pulzer, J. Neumann, D. Kracht, **CO<sub>2</sub> laser radiation as a versatile tool for the fabrication of fiber-based components**. Advanced Photonics 2018 (BGPP, IPR, NP, NOMA, Sensors, Networks, sPPcom, SOF), SOW3H5 (2018).

M. Steinke, T. Theeg, M. Wyszomolek, C. Ottenhues, T. Pulzer, J. Neumann, D. Kracht, **Fabrication of versatile cladding light strippers and fiber end-caps with CO<sub>2</sub> laser radiation**. SPIE Proceedings Vol. 10513: Components and Packaging for Laser Systems IV, 105131P (2018).

J. Thiem, N. Tinne, D. Kracht, J. Neumann, D. Ristau, **Charakterisierung der optischen Dämpfung in passiven und aktiven polymeroptischen Fasern**. 119. Jahrestagung der DGaO, 22.-26. Mai, Aalen (2018).

F. Wellmann, P. Booker, S. Hochheim, M. Steinke, P. Weßels, J. Neumann, D. Kracht, O. de Varona, W. Fittkau, T. Theeg, L. Overmeyer, **Recent progress on monolithic fiber amplifiers for next generation of gravitational wave detectors**. SPIE Proceedings Vol. 10512: Fiber Lasers XV: Technology and Systems, 105120I, (2018).

P. Weßels, A. Büttner, M. Ernst, M. Hunnekuhl, R. Kalms, L. Willemssen, D. Kracht, J. Neumann, the MOMA laser team, **UV-DPSS Laser Flight Model for the MOMA Instrument of the ExoMars 2020 Mission**. International Conference on Space Optics (ICSO), 09.-12. Oktober, Chania (2018).

A. Wienke, O. Puncken, D. Wandt, J. Neumann, D. Kracht, **Ultrafast, short-wavelength Thulium-doped fiber lasers**. EPS-QEOD Europhoton Conference, 02.-07. September, Barcelona (2018).

A. Wienke, D. Wandt, J.-B. Lecourt, Y. Hernandez, J. Neumann, D. Kracht, **High energy fiber laser source at 1750 nm with variable repetition rate for imaging applications**. XXI International Conference on Ultrafast Phenomena, 15.-20. Juli, Hamburg (2018).

A. Wienke, D. Wandt, J. Neumann, D. Kracht, J.-B. Lecourt, D. Lekime, Y. Hernandez, **High energy, femtosecond fiber laser source at 1750 nm for 3-photon microscopy**. SPIE Proceedings Vol. 10683: Fiber Lasers and Glass Photonics: Materials through Applications, 106831T (2018).

M. Wyszomolek, O. Ottenhues, T. Pulzer, T. Theeg, H. Sayinc, M. Steinke, U. Morgner, J. Neumann, D. Kracht, **Microstructured fiber cladding light stripper for kilowatt-class laser systems**. Appl. Optics 23 (57), 6640-6644 (2018).

M. Wyszomolek, M. Steinke, J. Neumann, D. Kracht, **Versatile monolithic 2-micron laser systems**. SPIE Proceedings Vol. 10512: Fiber Lasers XV: Technology and Systems, 1051224 (2018).

### 6.3 Abteilung Industrielle und Biomedizinische Optik

B. Bošnjak, M. Permanyer, M. K. Sethi, M. Gal-la, T. Maetzig, D. Heinemann, S. Willenzon, R. Förster, A. Heisterkamp, S. Kalies, **CRISPR/Cas9 Genome Editing Using Gold-Nanoparticle-Mediated Laserporation**. *Adv. Biosys.* 11 (2), 1700184 (2018).

A. A. Gorkun, A. I. Shpichka, I. M. Zurina, A. Koroleva, N. V. Kosheleva, D. A. Nikishin, D. V. Butnaru, P. S. Timashev, V. S. Repin, I. N. Saburina, **Angiogenic potential of spheroids from umbilical cord and adipose-derived multipotent mesenchymal stromal cells within fibrin gel**. *Biomed. Mater.* 4 (13), 044108 (2018).

A. Heisterkamp, H. Meyer, L. Nolte, G. C. Antonopoulos, T. Ripken, **Investigation of second harmonic generation and multispectral imaging as new contrast mechanisms in scanning laser optical tomography**. *SPIE Proceedings Vol. 10499: Three-Dimensional and Multidimensional Microscopy: Image Acquisition and Processing XXV*, 1049913 (2018).

A. Ingendoh-Tsakmakidis, L. Nolte, A. Winkel, H. Meyer, A. Koroleva, A. I. Shpichka, T. Ripken, A. Heisterkamp, M. Stiesch, **Time resolved 3D live-cell imaging on implants**. *PLOS ONE* 10 (13), e0205411 (2018).

S. Johannsmeier, P. Heeger, M. Terakawa, S. Kalies, T. Ripken, D. Heinemann, **Gold nanoparticle-mediated laser stimulation induces a complex stress response in neuronal cells**. *Sci. Rep.* (8), 6533 (2018).

S. Johannsmeier, M. L. Torres-Mapa, T. Ripken, D. Heinemann, A. Heisterkamp, **Hydrogels for light delivery in a biohybrid implant**. *DGBMT Annual Conference*, 26.-28. September, Aachen (2018).

S. Johannsmeier, M. L. Torres, T. Ripken, D. Heinemann, A. Heisterkamp, **Hydrogels for efficient light delivery in optogenetic applications**. *SPIE Proceedings Vol. 10482: Optogenetics and Optical Manipulation*, 104820Q (2018).

L. Koch, A. Deiwick, A. Franke, K. Schwanke, A. Haverich, R. Zweigerdt, B. N. Chichkov, **Laser bioprinting of human induced pluripotent stem cells – the effect of printing and biomaterials on cell survival, pluripotency, and differentiation**. *Biofabrication* 3 (10), 035005 (2018).

M. Machida, Y. Nakajima, M. L. Torres-Mapa, D. Heinemann, A. Heisterkamp, M. Terakawa, **Shrinkable silver diffraction grating fabricated inside a hydrogel using 522-nm femtosecond laser**. *Sci. Rep.* (8), 187 (2018).

L. Nolte, G. C. Antonopoulos, L. Rämisch, A. Heisterkamp, T. Ripken, H. Meyer, **Enabling second harmonic generation as a contrast mechanism for optical projection tomography (OPT) and scanning laser optical tomography (SLOT)**. *Biomed. Opt. Express* 6 (9), 2627-2639 (2018).

A. Sorkio, L. Koch, L. Koivusalo, A. Deiwick, S. Miettinen, B. N. Chichkov, H. Skottman, **Human stem cell based corneal tissue mimicking structures using laser-assisted 3D bioprinting and functional bioinks**. *Biomaterials* (171), 57-71 (2018).

A. I. Shpichka, A. Koroleva, D. Kuznetsova, V. Burdukovskii, B. N. Chichkov, V. Bagratashvili, P. Timashev, **Two-Photon Polymerization in Tissue Engineering**. In: *Polymer and Photonic Materials Towards Biomedical Breakthroughs*, IX, Cham, Springer, 71-98 (2018).

## 6.4 Abteilung Produktions- und Systemtechnik

S. Blümel, S. Bastick, R. Stähr, P. Jäschke, O. Suttmann, S. Kaierle, L. Overmeyer, **Robot based remote laser cutting of three-dimensional automotive composite parts with thicknesses up to 5mm**. *Procedia CIRP* (74), 417-420 (2018).

H. Dittmar, P. Jäschke, O. Suttmann, S. Kaierle, L. Overmeyer, **Online laser-based repair preparation of CFRP supported by short coherent interferometry**. 10<sup>th</sup> CIRP Conference on Photonic Technologies [LANE 2018], 11240 (2018).

P. Hirsch, S. Bastick, P. Jäschke, R. Van den Aker, A. Geyer, M. Zschehyge, P. Michel, **Effect of thermal properties on laser cutting of continuous glass and carbon fiber-reinforced polyamide 6 composites**. *Mach. Sci. Technol.*, 1-18 (2018).

G. Hohenhoff, H. Meyer, O. Suttmann, T. Ripken, K. Obata, D. Kracht, L. Overmeyer, **Qualitätssicherung in der Additiven Serienfertigung von Polymerbauteilen**. In: *Additive Serienfertigung*, Berlin, Springer (2018).

A. Hohnholz, S. Kramprich, **Hörhilfen mit individuell angepassten Härtezonendruckern**. *phi - Produktionstechnik Hannover Informiert*, (online) (2018).

A. Hohnholz, V. Schütz, D. Albrecht, J. Koch, O. Suttmann, L. Overmeyer, **Simulation of an efficient particle extraction for the detection of explosive materials**. *J. Laser Appl.* 3 (30), 032201-1 - 032201-5 (2018).

P. Jäschke, H. Dittmar, M. Wonneberger, F. van Dungern, S. Steeger, M. Kogel-Hollacher, T. Beck, **A new approach for a reliable rework of complex composite structures**. *Proceedings of the 18<sup>th</sup> European Conference on Composite Materials (ECCM)* (2018).

P. Jäschke, **Laser cutting for carbon fiber-reinforced composite structures**. *Industrial Laser Solutions* 4 (33), 21-23 (2018).

T. Joppich, A. Menrath, V. Wippo, S. Baumgärtner, T. Huber, **Reducing Load in Air Transportation**. *Kunststoffe international* 1-2, 55-57 (2018).

T. Joppich, A. Menrath, V. Wippo, S. Baumgärtner, T. Huber, **Weniger Last beim Lufttransport**. *Kunststoffe* 2, 79-81 (2018).

T. Joppich, V. Wippo, A. Menrath, P. Jäschke, F. Henning, **A New Generation of Thermoplastic Lining Panels for Aerospace Application**. *International Conference & Exhibition on Thermoplastic Composites (ITHEC)*, 31. Oktober, Bremen (2018).

J. Koch, S. Taschner, O. Suttmann, S. Kaierle, **Surface functionalization under water using picosecond and femtosecond laser pulses - first observations and novel effects**. *Procedia CIRP* (74), 381-385 (2018).

L. Pohl, **3D-printing of glass: Laser based additive manufacturing of fused silica**. 92<sup>nd</sup> Annual Meeting of the German Society of Glass Technology, 28.-30. Mai, Bayreuth (2018).

L. Pohl, **Additive Fertigung von Quarzglas mit CO<sub>2</sub>-Laserstrahlung**. 8. Workshop Laserbearbeitung von Glaswerkstoffen, 05. Dezember, Hannover (2018).

F. Rieck genannt Best, J. Koch, G. Lilienkamp, F. Körkemeyer, H. J. Maier, J. Caro, K. Lange, **Spiky Nickel Electrodes for Electrochemical Oxygen Evolution Catalysis by Femtosecond Laser Structuring**. *International Journal of Electrochemistry*, 9875438 (2018).

H. Salmani Rezaei, G. Hohenhoff, O. Suttmann, S. Kaierle, L. Overmeyer, **Design and Simulation of Multilayer Lens for Light Coupling Applications in Photonic Integrated Circuits**. *DGaO-Proceedings* (2018) B20 (2018).

R. Stähr, V. Wippo, P. Jäschke, O. Suttmann, L. Overmeyer, **Laser Transmission Welding of Thermoplastic Polyurethanes: A Robust Process with High Reliability**. *Proceedings of the 18<sup>th</sup> European Conference on Composite Materials (ECCM)* (2018).

W. Surjoseputro, S. Blümel, P. Jäschke, D. Meiners, **Laserstrukturierung für die Out-of-Autoclave-Reparatur**. *Lightweight.design* 03 (11), 36-41 (2018).

K. Wesang, P. von Witzendorff, A. Hohnholz, O. Suttmann, S. Kaierle, L. Overmeyer, **Functional Coatings of Sol-Gel on Glass Substrate Using CO<sub>2</sub> Laser Irradiation**. *Procedia CIRP* (74), 386-389 (2018).

P. von Witzendorff, L. Pohl, O. Suttmann, P. Heinrich, A. Heinrich, J. Zander, H. Bragard, S. Kaierle, **Additive manufacturing of glass: CO<sub>2</sub>-Laser glass deposition printing**. *Procedia CIRP* 74 (2018), 272-275 (2018).

V. Wippo, **Laserstrahlschweißen thermoplastischer Faserverbundstrukturen für die Luftfahrt**. *Symposium Photonischer Leichtbau*, 14.-15. März, Garbsen (2018).

V. Wippo, P. Jäschke, O. Suttmann, S. Kaierle, L. Overmeyer, **Temperature distribution during laser based heat conduction welding of CFRP**. *Procedia CIRP* 74, 553-556 (2018).

## 6.5 Abteilung Werkstoff- und Prozesstechnik

- I. Alfred, J. Hermsdorf, S. Kaielerle, **Laser based additive manufacturing for high temperature applications**. Fraunhofer Direct Digital Manufacturing Conference (DDMC2018), 14. März, Berlin (2018).
- I. Alfred, M. Nicolaus, J. Hermsdorf, S. Kaielerle, K. Möhwald, H.-J. Maier, V. Wesling, **Advanced high pressure turbine blade repair technologies**. Procedia CIRP (74), 214-217 (2018).
- A. Barroi, J. Hermsdorf, S. Kaielerle, **Additive Makrofertigung mit Laser-Lichtbogen Technik mit kontinuierlicher Schweißnaht**. In: Additive Serienfertigung, Berlin, Springer (2018).
- T. Blohm, S. Nothdurft, M. Mildebrath, H. Ohrdes, J. Richter, M. Stonis, J. Langner, A. Springer, S. Kaielerle, T. Hassel, J. Wallaschek, L. Overmeyer, B.-A. Behrens, **Investigation of the joining zone of laser welded and cross wedge rolled hybrid parts**. Int. J. Mater. Form. 6 (11), 829-837 (2018).
- A. Brodeßer, C. Hennigs, A. Pfaff, R. Grafe, M. Hustedt, S. Kaielerle, **Mobile laser cutting system for complex rescue operations**. International Congress on Applications of Lasers & Electro-Optics (ICALEO), 14.-18. Oktober, Orlando (2018).
- A. Chugreeva, M. Mildebrath, J. Diefenbach, A. Barroi, M. Lammers, J. Hermsdorf, T. Hassel, L. Overmeyer, B.-A. Behrens, **Manufacturing of High-Performance Bi-Metal Bevel Gears by Combined Deposition Welding and Forging**. Metals 11 (8), 898-909 (2018).
- N. Gerdes, L. G. Fokken, S. Linke, S. Kaielerle, O. Suttmann, J. Hermsdorf, E. Stoll, C. Trentlage, **Selective Laser Melting for processing of regolith in support of a lunar base**. J. Laser Appl. 3 (30), 32018 (2018).
- C. Hennigs, A. Brodeßer, R. Grafe, M. Hustedt, S. Kaielerle, **Mobile laser cutting system for complex rescue operations**. SPIE Proceedings Volume 10525: High-Power Laser Materials Processing: Applications, Diagnostics and Systems VII, 1052509 (2018).
- C. Hennigs, R. Grafe, A. Brodeßer, M. Hustedt, S. Kaielerle, **Neue Entwicklungen bedingen neue Anforderungen an die Sicherheit: „Innovatives Lasersystem zur Rettung bei komplexen Unfallszenarien. Für die Zukunft gewappnet? Sicherheit und Gesundheit in der Feuerwehr – Dokumentation des FUK-Forum „Sicherheit“ 2017, 30-43 (2018).**
- C. Hoff, J. Hermsdorf, S. Kaielerle, L. Overmeyer, **Laser beam ablation of thick steel plates without affecting the material underneath**. SPIE Proceedings Vol. 10525: High-Power Laser Materials Processing, 1052501 (2018).
- C. Hoff, J. Hermsdorf, S. Kaielerle, L. Overmeyer, **Weakening of thick steel plates by laser radiation for the removal of hazardous substances**. Procedia CIRP 74, 425-429 (2018).
- S. Kaielerle, R. Lahdo, R. Wagener, B. Möller, O. Meier, F. Albert, M. Kogel-Hollacher, **Laserstrahlschweißen von Stahl an Aluminium für die Anwendung im Schiffbau**. Statustagung Maritime Technologien 2018, 13. Dezember, Berlin (2018).
- S. Kaielerle, O. Seffer, R. Lahdo, **Laserstrahlschweißen von Stahl-Aluminium-Mischverbindungen für Automobil- und Schiffbau**. Symposium Photonischer Leichtbau, 14.-15. März, Garbsen (2018).
- R. Lachmayer, R. B. Lippert, S. Kaielerle, **Additive Serienfertigung**, Berlin, Springer (2018).
- R. Lahdo, O. Seffer, S. Kaielerle, L. Overmeyer, **In-process control of penetration depth for high-power laser welding of thick dissimilar joints of steel and aluminum**. Proc. International Congress on Applications of Lasers & Electro-Optics (ICALEO) (2018).
- R. Lahdo, A. Springer, O. Meier, S. Kaielerle, L. Overmeyer, **Investigations on laser welding of dissimilar joints of steel and aluminum using a high-power diode laser**. J. Laser Appl. 3 (30), 032422-1 - 032422-6 (2018).
- M. Lammers, S. Kramprich, **Mit Lasertechnik Motoren effizienter herstellen**. phi - Produktionstechnik Hannover Informiert, (online) (2018).
- J. Leschke, K. Pacardo, E. Zokoll, J. Hermsdorf, R. Sharma, S. Kaielerle, U. Reisgen, **Manipulating the melt propagation of short arc GMAW with diode lasers < 1 kw for improvement in flexibility and process robustness**. Proc. International Congress on Applications of Lasers & Electro-Optics (ICALEO) (2018).
- J. Leschke, E. Zokoll, J. Hermsdorf, S. Kaielerle, **Improving weld bead homogeneity in short arc GMAW processes applying low power diode lasers**. Procedia CIRP (74), 765-769 (2018).
- A. Mahrle, M. Borkmann, E. Beyer, C. Leyens, M. Hustedt, C. Hennigs, A. Brodeßer, J. Walter, S. Kaielerle, **Efficient air flow control for remote laser beam welding**. J. Laser Appl. 3 (30), 032413-1 - 032413-8 (2018).
- M. Mildebrath, T. Coors, A. Barroi, F. Pape, M. Lammers, J. Hermsdorf, L. Overmeyer, G. Poll, T. Hassel, **Herstellungsprozess und Wälzfestigkeit von hybriden Hochleistungsbauteilen**. Konstruktion 9, 84-90 (2018).
- S. Nothdurft, H. Ohrdes, J. Twiefel, J. Wallaschek, M. Mildebrath, H. J. Maier, T. Hassel, L. Overmeyer, S. Kaielerle, **Influence of ultrasonic amplitude and position in the vibration distribution on the microstructure of a laser welded aluminum alloy**. Proc. International Congress on Applications of Lasers & Electro-Optics (ICALEO), (2018).
- S. Nothdurft, O. Seffer, R. Lahdo, J. Hermsdorf, S. Kaielerle, **Laser beam joining of dissimilar joints of steel and aluminium alloy**. Welding and Cutting 5 (17), 392-398 (2018).
- S. Nothdurft, A. Springer, S. Kaielerle, H. Ohrdes, J. Twiefel, J. Wallaschek, M. Mildebrath, H. J. Maier, T. Hassel, L. Overmeyer, **Laser welding of dissimilar low-alloyed steel-steel butt joints and the effects**. J. Laser Appl. 3 (30), 032417-1 - 032417-6 (2018).
- U. Reisgen, S. Kaielerle, R. Sharma, J. Hermsdorf, E. Zokoll, J. Leschke, **Untersuchungen zur Erhöhung der Prozesssicherheit beim MSG-Schweißen durch Laserstrahlstabilisierung**. DVS Schweißen und Schneiden 9 (70), 628-633 (2018).
- C. Schmidt, C. Hennigs, M. Hustedt, S. Kaielerle, **Der Laser kommt zum Werkstück: Mobile Lasermaterialbearbeitung**. phi - Produktionstechnik Hannover Informiert, (online) (2018).
- O. Seffer, A. Springer, S. Kaielerle, **Investigations on remote laser beam welding of dissimilar joints of austenitic chromium-nickel steel (X5CrNi18-10) and aluminium alloy (AA6082-T6) for battery housings**. J. Laser Appl. 3 (30), 032404-1 - 032404-5 (2018).
- A. Springer, S. Nothdurft, R. Lahdo, O. Seffer, **Dissimilar metal joints – laser based manufacturing processes for components of tomorrow**. Proceedings 8<sup>th</sup> International Conference on Production Engineering and Management (PEM), 3-15 (2018).
- J. Walter, A. Baumgärtel, M. Hustedt, R. Heibisch, S. Kaielerle, **Inhalation exposure to hazardous substances during powder-bed processes**. Procedia CIRP (74), 295-299 (2018).
- Y. Wessarges, J. Hermsdorf, S. Kaielerle, **Ermittlung des Potentials der additiven Fertigung für Stentstrukturen aus Nickel-Titan**. In: Additive Serienfertigung, Berlin, Springer (2018).

## 7. DIENSTLEISTUNGEN

Mit verschiedenen Dienstleistungen macht das LZH sein Wissen und Know-how für Industriepartner und -kunden zugänglich. Vom Kleinauftrag bis zur kompletten Prozessentwicklung und -integration ist das LZH kompetenter Ansprechpartner für Forschung, Entwicklung und Fertigung. Unter [www.lzh.de/dienstleistungen](http://www.lzh.de/dienstleistungen) sind alle Dienstleistungen des LZH ausführlich beschrieben. Gerne gehen wir auf individuelle Fragestellungen und Anforderungen ein. Schreiben Sie uns an [dienstleistungen@lzh.de](mailto:dienstleistungen@lzh.de).

### Fertigungsprozesse und Materialbearbeitung

Im Bereich der Lasermaterialbearbeitung entwickeln wir Prozesse und Prozesstechnik, integrieren diese direkt beim Kunden oder fertigen vom Einzelteil bis hin zur Kleinserie. Wir beraten und unterstützen von der ersten Idee bis hin zur fertigen Anlage bei Ihnen vor Ort. Unser Materialspektrum: Metalle, Polymere, Verbundwerkstoffe und Glas. Unser Themenspektrum:

- ▶ Additive Fertigung im Mikro- bis Makro-Bereich
  - ▶ Selektives Laserschmelzen
  - ▶ Drahtbasiertes Laserauftragschweißen
  - ▶ Kombination von Laser-Lichtbogenverfahren
  - ▶ Mikro-Stereolithographie
  - ▶ Multimaterialdruck
- ▶ Mikrobearbeitung von Metallen, Glas und Kunststoffen
- ▶ Laserumformen
- ▶ Funktionalisierung, Strukturierung, Markieren und Polieren von Oberflächen
  - ▶ Fügen und Trennen
    - ▶ Laserstrahlschneiden
    - ▶ Laserdurchstrahlschweißen
    - ▶ Schweißen und Löten von Metallen, Kunststoffen, Glas und Mischverbindungen für den automobilen Leichtbau
- ▶ Steuerung und Qualitätsüberwachung
  - ▶ Softwarebasierte Prozesssteuerung und Qualitätsüberwachung
- ▶ Adaptierung, Entwicklung und Fertigung optischer Baugruppen und Prozesstechnik für kundenspezifische Applikationen
- ▶ Unterwassertechnik und Druckversuche unter Tiefseebedingungen
- ▶ Beratungen, Messungen und Prognosen zur Lasersicherheit

### ANSPRECHPARTNER

#### BEARBEITUNG VON METALLEN

Dr.-Ing. Jörg Hermsdorf  
Tel.: +49 511 2788-370, E-Mail: [j.hermsdorf@lzh.de](mailto:j.hermsdorf@lzh.de)

#### BEARBEITUNG VON KUNSTSTOFFEN, POLYMEREN UND GLAS

Dr.-Ing. Oliver Suttmann  
Tel.: +49 511 2788-293, E-Mail: [o.suttmann@lzh.de](mailto:o.suttmann@lzh.de)

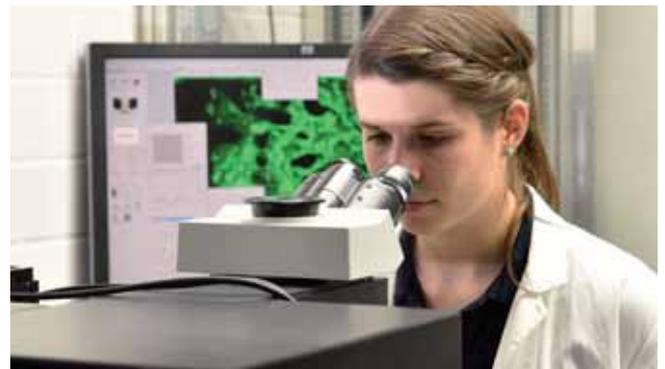
### Analysetechnik

Für viele Prozesse und Produkte ist eine hochwertige Analyse unerlässlich. Diese ist häufig bereits Teil des beauftragten Entwicklungs- und Beratungsprojekts. Sie kann aber auch unabhängig in Anspruch genommen werden, die fachgerechte Probenpräparation ist dabei inbegriffen. Das Themenspektrum:

- ▶ Bildgebung und -analyse:
  - ▶ Mikro-Computer-Tomographie ( $\mu$ CT)
  - ▶ Optische Kohärenztomographie (OCT)
  - ▶ Laseroptische Tomographie (SLOT)
  - ▶ Multiphotonenmikroskopie
  - ▶ Rasterelektronenmikroskopie
    - ▶ Emissionsanalysen bei der Lasermaterialbearbeitung
    - ▶ Entwicklung von maßgeschneiderten Softwarelösungen für die digitale Bildanalyse und -verarbeitung
- ▶ Metallographische Untersuchungen und Analyse von Glaswerkstoffen
- ▶ Prozessanalytik für Dünnschichtprozesse
- ▶ Prozessüberwachung und -dokumentation

### ANSPRECHPARTNER:

Dr. Tammo Ripken  
Tel.: +49 511 2788-228, E-Mail: [t.ripken@lzh.de](mailto:t.ripken@lzh.de)



### Optische Komponenten

Im Bereich Optische Komponenten entwickelt und fertigt das LZH Dünnschichtsysteme und Optikkomponenten, nach besonderen Spezifikationen. Wir beraten beim Design, bei der Optimierung von bestehenden Prozessen und stehen evaluierend und beratend zur Seite. Durch Simulationen können wir Beschichtungsprozesse vorab optimieren und neue Konzepte detailliert überprüfen. Unsere Themenschwerpunkte:

- ▶ In-situ-Prozesskontrolle und -analytik, insbesondere optisches Breitbandmonitoring
- ▶ Normgerechte Messdienstleistungen
- ▶ Optische Beschichtungen für Anwendungen in Forschung und Industrie
- ▶ Simulation von Beschichtungsprozessen
- ▶ Spezielle Software-Tools

### ANSPRECHPARTNER:

Dr. Lars Jensen

Tel.: +49 511 2788-257, E-Mail: [l.jensen@lzh.de](mailto:l.jensen@lzh.de)

### Laserentwicklung

Das LZH entwickelt seit Jahrzehnten Festkörper- und Faserlaser sowie die dafür benötigten Laserkomponenten. Die Laser trotzen den rauen Bedingungen im Weltall und Unterwasser oder werden für hochspezifische Anwendungen in Forschung und Industrie genutzt. Wir entwickeln Laser nach sehr genauen Vorgaben und beraten bei der Umsetzung. Dazu gehören auch umfangreiche Funktionstests. Dabei decken wir die folgenden Themen ab:

- ▶ Entwicklung und Machbarkeitsstudien für Festkörper- und Faserlaser sowie Faserkomponenten
- ▶ Charakterisierung von Lasern und optomechanischen Komponenten, Umwelttests

### ANSPRECHPARTNER:

Dr. Jörg Neumann

Tel.: +49 511 2788-210, E-Mail: [j.neumann@lzh.de](mailto:j.neumann@lzh.de)

### Beratung

Neben der forschungstechnischen Umsetzung der Projekte übernehmen wir auch Beratungsleistungen zu allen auf diesen Seiten aufgeführten Themen. Wir führen Machbarkeitsstudien aus, bieten Beratung zur Zulassung von Medizinprodukten (Regulatory Affairs) und unterstützen bei der Planung und Umsetzung von Laser- und Arbeitssicherheit. Wenden Sie sich gerne über [dienstleistungen@lzh.de](mailto:dienstleistungen@lzh.de) direkt an uns und wir vermitteln den richtigen Ansprechpartner.



# 8. SERVICE-ABTEILUNGEN

## 8.1 Kommunikation

Dipl.-Biol. Lena Bennefeld  
Tel.: +49 511 2788-238, E-Mail: l.bennefeld@lzh.de

## 8.2 Technische Dienste

Dipl.-Ing. Frank Otte  
Tel.: +49 511 2788-317, E-Mail: f.otte@lzh.de

## 8.3 Verwaltung

Dipl.-Bw. (FH) Dirk Wiesinger  
Tel.: +49 511 2788-140, E-Mail: d.wiesinger@lzh.de





Wir forschen und entwickeln. Für Ihren Erfolg.

Laser Zentrum Hannover e.V.  
Hollerithallee 8  
D - 30419 Hannover

Telefon +49 511 2788-0  
Telefax +49 511 2788-100  
info@lzh.de  
www.lzh.de

Gefördert von:



**Niedersächsisches Ministerium für Wirtschaft,  
Arbeit, Verkehr und Digitalisierung**