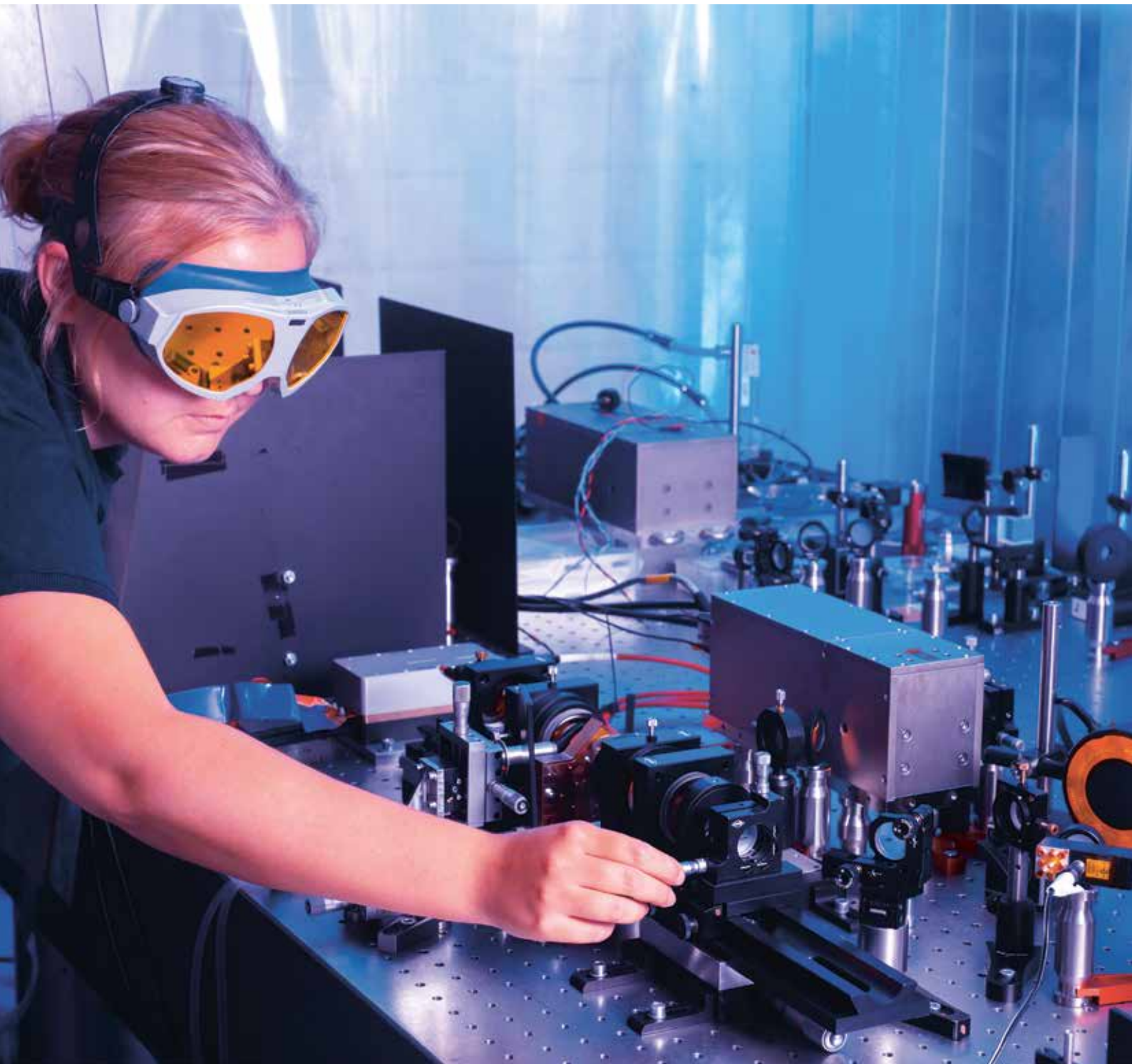


# JAHRBUCH 2021

research | development | consulting





# **JAHRBUCH 2021**

research | development | consulting

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>DAS LZH IM FOKUS</b> .....	6
Rückblick auf das Jahr 2021 .....	6
Das Jahr in Kürze .....	10
Niedersachsen ADDITIV .....	18
<b>DAS LZH – AUFBAU UND FAKTEN</b> .....	21
Profil .....	21
Organisation .....	22
Das LZH in Zahlen .....	26
<b>UNSERE INNOVATIONSFELDER</b> .....	28
Smarte Optik .....	29
Smarte Laser .....	32
Smarte Quantentechnologien .....	35
Smarte Weltraumtechnologien .....	38
Smarte Lebenswissenschaften .....	41
Smarte Agrartechnik .....	44
Smarte Produktion .....	47
Smart Additiv .....	50
<b>NACHWUCHSFÖRDERUNG UND WEITERBILDUNG</b> .....	53
Akademische Arbeiten .....	53
Nachwuchsförderung .....	55
Vorlesungen und Seminare .....	56
LZH Laser Akademie .....	57
<b>VERANSTALTUNGEN</b> .....	58
<b>VERÖFFENTLICHUNGEN</b> .....	61
Abteilung Optische Komponenten .....	61
Abteilung Laserentwicklung .....	62
Abteilung Industrielle und Biomedizinische Optik .....	64
Abteilung Produktions- und Systemtechnik .....	65
Abteilung Werkstoff- und Prozesstechnik .....	67
<b>UNSER ANGEBOT</b> .....	70



# RÜCKBLICK AUF DAS JAHR 2021



Das Jahr 2021 war ein Jahr, in dem die Normalität leider noch lange nicht wieder Einzug gehalten hatte. Kontaktbeschränkungen und viele Vorsichtsmaßnahmen haben uns auch im vergangenen Jahr weiterhin begleitet. Der Einbruch der Wirtschaftsleistung im Krisenjahr 2020 blieb nicht ohne Auswirkungen für das Laser Zentrum Hannover e.V. Und dennoch: 2021 konnten wir trotz schwieriger Rahmenbedingungen viele Aufträge akquirieren und so der wirtschaftlichen Entwicklung aktiv entgegensteuern. Auch die Außerdarstellung des Instituts konnten wir strategisch weiterentwickeln: In diesem Jahrbuch werden wir die Schwerpunkte unserer Forschung und Entwicklung das erste Mal in Innovationsfeldern darstellen. Auch wenn wir auf vielen digitalen Veranstaltungen präsent waren, besonders froh waren wir über die einzelnen Gelegenheiten, bei denen wir wieder vor Ort mit Partnern, Unternehmen und Kolleg:innen gemeinsam arbeiten und uns austauschen konnten.

## NIEDERSACHSEN ADDITIV MACHT MIT UNTERNEHMEN DEN PRAXIS-CHECK 3D-DRUCK

Im vergangenen Jahr ging es für das Projekt Niedersachsen ADDITIV in die Betriebe. Mit dem „Praxis-Check 3D-Druck“ unterstützt das Expert:innenteam von Niedersachsen ADDITIV Firmen bei der Umsetzung von konkreten Projektideen für den 3D-Druck. Dazu gehört eine kostenlose Analyse auf Basis eines Besuchs der Betriebe und eine Empfehlung, ob und wie das Unternehmen sein 3D-Druck-Vorhaben in die eigenen Produktionsabläufe integrieren kann. Der spannende Weg von der Idee zur Umsetzung der Praxis-Checks wird auf der Website [www.niedersachsen-additiv.de](http://www.niedersachsen-additiv.de) dokumentiert.

Auch die Vor-Ort-Veranstaltungen konnten im Spätsommer wieder angeboten werden. Sie boten Gelegenheit, mit Unternehmen in den Regionen ins Gespräch zu kommen, um sich mit ihnen über ihre Bedürfnisse und Herausforderungen auszutauschen.

Im Oktober übernahm Alexander Hilck die Leitung des Projekts. Er bringt die besten Voraussetzungen mit, das Thema 3D-Druck von der Forschung in die Praxis zu bringen und kennt als langjähriger LZH-Mitarbeiter unsere Projekte und Partner im Bereich Additive Fertigung sehr gut.

## DIGITALE VERANSTALTUNGEN...



Auf der digitalen Hannover Messe 2021 war das LZH mit einem virtuellen Messestand vertreten.

Unsere Veranstaltungen haben wir im vergangenen Jahr mit Vorsicht an den äußeren Gegebenheiten orientiert. Ob digital oder vor Ort: Die Sicherheit unserer Mitarbeiter:innen und Besucher:innen stand für uns immer an erster Stelle. Als rein digitale Veranstaltung fand 2021 die Hannover Messe statt. Gelegenheit zum interessanten Austausch hatten wir aber dennoch. An unserem digitalen Messestand überzeugten sich sowohl der Niedersächsische Minister für Wirtschaft, Arbeit, Verkehr und Digitalisierung, Dr. Bernd Althusmann, als auch der Niedersächsische Minister für Wissenschaft und Kultur, Björn Thümler, vom Innovationspotenzial der Additiven Fertigung.

Die Pandemie-Lage erforderte es, auch eigene Veranstaltungen digital zu organisieren, wenn wir nicht auf etablierte Formate verzichten wollten. Den Workshop Innovative Product Development by Additive Manufacturing haben wir gemeinsam mit dem Institut für Produktentwicklung und Gerätebau (IPeG) als virtuelle Veranstaltung angeboten. Auch den 11. Workshop zur Laserbearbeitung von Glaswerkstoffen konnten wir gemeinsam mit der Bayerisches Laserzentrum GmbH (blz) digital zum Erfolg führen.

## ... UND PERSÖNLICHER AUSTAUSCH



Im Versuchsfeld des LZH fand im September die Veranstaltung „KMU auf dem Weg in die digitale Produktion“ statt. (Foto: LZH)

Besonders erfreulich war es natürlich, auch einmal wieder persönlich ins Gespräch zu kommen. Dank eines durchdachten Hygienekonzepts konnten wir die Veranstaltung KMU auf dem Weg in die digitale Produktion im September im Versuchsfeld des LZH stattfinden lassen. Unsere Gäste hatten so Gelegenheit, unseren erweiterten Anlagenpark für die Additive Fertigung aus

nächster Nähe kennenzulernen. Im Anschluss gab es eine spannende Diskussionsrunde mit Vertreter:innen aus Unternehmen, dem LZH und dem Staatssekretär im Niedersächsischen Ministerium für Wirtschaft, Arbeit, Verkehr und Digitalisierung, Stefan Muhle. Die Veranstaltung fand im Rahmen einer gemeinsam mit der Digitalagentur Niedersachsen organisierten Themenwoche statt und war ein gelungenes Beispiel dafür, wie wichtig persönlicher Austausch und das Netzwerken vor Ort sind. Für alle, die nicht im LZH dabei sein konnten, haben wir die Veranstaltung im Internet live übertragen.

## LZH UND LEIBNIZ UNIVERSITÄT: GEMEINSAME PROFESSUR FESTIGT ZUSAMMENARBEIT



Prof. Dr. Volker Epping, Präsident der Leibniz Universität Hannover, begrüßt Dr.-Ing. Stefan Kaierle (rechts) als Professor für Generative Laserprozess Technik. (Foto: LZH)

Stefan Kaierle hat zum 15. August 2021 in einem gemeinsamen Berufungsverfahren der Leibniz Universität Hannover (LUH) und des LZH den Ruf zum Professor für Generative Laserprozess Technik angenommen. Wir freuen uns sehr und sind genauso wie LUH-Präsident Professor Dr. Volker Epping davon überzeugt, dass die gemeinsame Professur die Zusammenarbeit zwischen dem LZH und der LUH nicht nur nachhaltig festigen, sondern auch neue Wirkungsfelder eröffnen wird.

## FORSCHUNG FÜR INDUSTRIELLE QUANTENANWENDUNGEN: QPHOTLAB

Die Quantentechnologie ist eine Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts, die unzählige Möglichkeiten in vielen Bereichen vom Quantencomputing bis zu Verschlüsselungstechnologien eröffnet. Mit dem Projekt QPhotLab (Quantum Photonics Fabrication Lab) arbeiten wir am LZH nun daran, die photonische Quantentechnologie praxistauglich zu machen. Quantencomputing, Quanteninternet oder Quantensensorik – um diese Anwendungen im industriellen Maßstab nutzen zu können, werden hochintegrierte Quantenlichtquellen benötigt. Im QPhotLab haben wir uns vorgenommen, diese Lichtquellen effizienter, kompakter und skalierbar zu gestalten, sodass sie unter Industriebedingungen optimal genutzt werden können. Dazu werden wir uns technisch neu ausstatten: Wir freuen uns, im Rahmen des Projekts zahlreiche Anlagen beschaffen zu können. Koordiniert wird das QPhotLab von Professor Dr. Michael Kues, der Mitglied im Wissenschaftlichen Direktorium des LZH ist und an der LUH die Arbeitsgruppe Photonische Quantentechnologien am Hannoverschen Zentrum für Optische Technologien (HOT) leitet.

## PHOTONIK-FORSCHUNG: STÄRKUNG VON INFRASTRUKTUR UND NETZWERKEN

Für uns als Forschungsinstitut ist die Vernetzung in der Wissenschaftslandschaft zentral. Erfreulicherweise wird die Infrastruktur im Bereich der Photonik-Forschung in Hannover zurzeit kräftig ausgebaut: In der Science Area 30x (ehemals Wissenschafts- und Technologiepark Marienwerder), in unmittelbarer Nähe zum LZH, wird das Forschungsgebäude OPTICUM (Optics University Center and Campus) der LUH entstehen. Im April 2021 hatte der Wissenschaftsrat den Bau des rund 54 Millionen Euro teuren Gebäudes empfohlen. Das neue Optikzentrum wird als Arbeitsort der Wissenschaftler:innen des Exzellenzclusters PhoenixD, an dem das LZH zusammen mit der LUH und der TU Braunschweig beteiligt, ist den Optikstandort Hannover in seiner Bedeutung stärken. Daneben wird der Forschungsbau SCALE zur Erforschung skalierbarer Produktionssysteme der Zukunft im nahen Maschinenbaucampus der LUH den Standort weiter aufwerten.

Eine bedeutende internationale Vernetzung in der Welt der Photonik konnten wir mit der Beteiligung am Verbundprojekt PhotonHub Europe eingehen. PhotonHub Europe ist eine europäische Initiative und soll insbesondere kleine und mittlere Unternehmen, die mit Photonik-Technologien arbeiten, unterstützen. Das LZH ist einer von mehr als 50 Partnern aus 15 europäischen Ländern und wird im Rahmen des PhotonHub nicht nur Weiterbildungen anbieten, sondern auch in bilateralen Projekten arbeiten, in denen KMU mit Multiplikatoren und Forschungseinrichtungen in Kontakt treten können.

## SMARTE PHOTONIK: IN DIESEN INNOVATIONSFELDERN FORSCHEN WIR



Smarte Photonik ist zukunftsweisend, digital, intelligent - und für diese arbeiten und forschen wir am LZH. Neue Ansätze für den Umweltschutz, der schonende Umgang mit Ressourcen, neue Ideen für Gesundheit und Hilfsmittel für eine alternde Bevölkerung oder neue Produktionsansätze für Mobilität und Leichtbau: In all diesen Bereichen können Photonik und Lasertechnologie neue Antworten auf zukünftige Herausforderung geben. Die inhaltlichen Schwerpunkte unserer Forschung stellen wir seit Ende 2021 in acht Innovationsfeldern dar: *Smarte Optik, Smarte Laser, Smarte Quantentechnologien, Smarte Weltraumtechnologien, Smarte Lebenswissenschaften, Smarte Agrartechnik, Smarte Produktion und Smart Additiv.*

In diesen arbeiten unsere Wissenschaftler:innen unter anderem an automatisierten, präzisen und intelligenten Prozessen für eine digitale Produktion. Sie entwickeln Laser für den Einsatz im Weltraum, Ansätze für laserbasierte Schädlingsbekämpfung, ermöglichen individuelle Implantate oder Hilfsmittel und erforschen, wie Energie und Materialien eingespart werden können. Alle Forschungsthemen finden Sie in der ausführlichen Darstellung unserer Innovationsfelder (ab S. 28). Wir sind überzeugt: Photonik und Lasertechnologie sind ein wichtiger Baustein der smarten Industrie von Morgen.

Mit der Einführung der Innovationsfelder ging der Relaunch unserer Webseite [www.lzh.de](http://www.lzh.de) einher. Die neue Struktur haben wir durch ein neues modernes Design ergänzt. Auch haben wir unser Angebot neu aufgestellt und für Sie übersichtlicher strukturiert. Einen Eindruck davon bekommen Sie außerdem ab Seite 70 hier im Jahrbuch.



## FEL-LASING ERSTMALS UNTER 170 NANOMETER MIT OPTIKEN VOM LZH

Ein besonderer Forschungserfolg gelang uns im vergangenen Jahr zusammen mit internationalen Partnern: LZH-Wissenschaftler:innen ist es gelungen, Optiken herzustellen, mit denen Physiker:innen der Duke University (USA) erstmalig erfolgreich Wellenlängen unterhalb von 170 Nanometer erzeugt haben. Die vom LZH beschichteten Resonatorspiegel wurden im Speicherring-Freien-Elektronen-Laser (FEL) des Forschungskonsortiums Triangle University Nuclear Laboratory (TUNL) eingesetzt. Mit den von uns entwickelten Optiken konnten wir dazu beitragen, dass mit Laseroszillatoren noch kürzere Wellenlängen erreicht werden konnten – und damit neue Möglichkeiten für die Forschung in der Physik eröffnen.



*Dieser FE-Laser des Triangle University Nuclear Laboratory konnte mit LZH-Optiken erstmalig erfolgreich Wellenlängen unterhalb von 170 Nanometer erzeugen. (Foto: Triangle University Nuclear Laboratory)*



**Wir möchten allen Mitarbeiter:innen für ihr Engagement in den immer noch herausfordernden Zeiten danken. Das Jahr 2021 hat gezeigt, dass wir gemeinsam mit Verantwortungsbewusstsein und Flexibilität auch mit schwierigen Rahmenbedingungen umgehen können. Unser Dank gilt aber natürlich auch unseren Partnern und Kunden sowie unseren Förderern für die Zusammenarbeit und Unterstützung.**



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

Wissenschaftlich-Technischer  
Geschäftsführer LZH

**Prof. Dr.-Ing. Stefan Kaieler**

Wissenschaftlich-Technischer  
Geschäftsführer LZH

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

Kaufmännischer  
Geschäftsführer LZH

# DAS JAHR IN KÜRZE

01.01.2021

## PROF. DR.-ING. OVERMEYER ÜBERNIMMT WLT-PRÄSIDENTSCHAFT



*Prof. Dr.-Ing. Overmeyer; Vorsitzender des Wissenschaftlichen Direktoriums des LZH. (Foto: Leibniz Universität Hannover)*

Prof. Dr.-Ing. Ludger Overmeyer, Mitglied des Vorstands des Laser Zentrum Hannover e.V. (LZH) und Vorsitzender des Wissenschaftlichen Direktoriums, hat zum 1. Januar 2021 die Präsidentschaft der Wissenschaftlichen Gesellschaft Lasertechnik e.V. (WLT) übernommen. Die Geschäftsführung der WLT übernahm begleitend Dr. Moritz Hinkelmann, Gruppenleiter Optische Systeme am LZH.

01.01.2021

## NEUE ABTEILUNG: OPTISCHE KOMPONENTEN



*Die Abteilung Optische Komponenten arbeitet an Optiken und Schichtsystemen für die Anwendungen von Morgen. (Foto: LZH)*

Optiken und Schichtsysteme für die Anwendungen von Morgen oder Übermorgen – die ehemalige Abteilung Laserkomponenten hat ihr Profil geschärft und sich neu aufgestellt. Seit dem 1. Januar 2021 widmet sie sich als Abteilung Optische Komponenten den Anforderungen, die durch eine verstärkte Digitalisierung und den erhöhten Bedarf an integrierten, komplexen optischen Funktionen entstehen.

Ebenso wurde die Gruppenstruktur der neuen Ausrichtung angepasst:

- Photonische Materialien
- Smarte Optische Instrumente
- Optische Schichten
- Optik Integration

07.01.2021

## MOONRISE: SCHRITT FÜR SCHRITT ZUR SIEDLUNG AUS MONDSTAUB



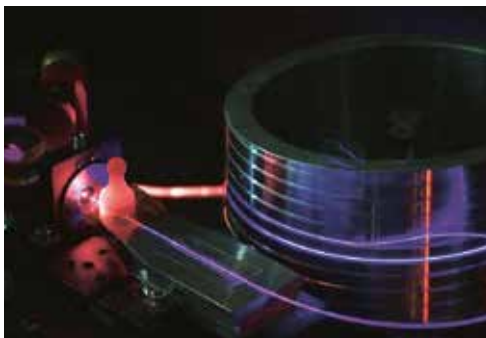
*Der MOONRISE-Laser integriert am Robotorarm des Mondrovers MIRA3D des IRAS: Der Laser schmilzt erfolgreich ganze Bahnen aus Regolith auf. (Foto: LZH)*

Im Projekt MOONRISE ist es dem Wissenschaftler:innen-Team vom Institut für Raumfahrtssysteme (IRAS) der Technischen Universität Braunschweig und dem LZH gelungen, sowohl Regolith unter Mondgravitation aufzuschmelzen als auch zusammenhängende Bahnen zu „drucken“. Als Bausteine sind sie noch nicht nutzbar, aber die mit dem Laser aufgeschmolzenen Bahnen sind ein erster Schritt zu 3D-gedruckten Gebäuden, Landeplätzen und Straßen aus Mondstaub.

Zum Abschluss des zweijährigen von der Volkswagen Stiftung finanzierten Projekts konnten Labor-Versuche mit dem MOONRISE-Laser an einem Robotorarm des Rovers vom IRAS umgesetzt werden.

09.02.2021

## 2-MIKROMETER-FEMTOSEKUNDENLASER INDUSTRIETAUGLICH MACHEN



Innovative und kompakte 2- $\mu\text{m}$ -fs-Faserlasersysteme sollen die Bearbeitung von Polymer oder Silizium möglich machen. (Foto: LZH)

Um die Einsatzgebiete von Femtosekunden (fs)-Lasern auszuweiten, arbeitet das LZH zusammen mit dem Jenaer Unternehmen Active Fiber Systems GmbH an einem innovativen und kompakten 2- $\mu\text{m}$ -fs-Faserlasersystem. Dieses soll Pulsdauern von unter 500 fs bei Pulsenergien von 50  $\mu\text{J}$  in einem kompakten Aufbau ermöglichen – eine so bisher auf dem Markt nicht erhältliche Strahlquelle. Damit würden große innovative Applikationsfelder wie die 3D-Strukturierung von Polymeren oder Silizium (Si) für die Si-basierte Photonik adressierbar.

16.02.2021

## LZH PARTNER DES ZIM-INNOVATIONSNETZWERKS AMGLASS+

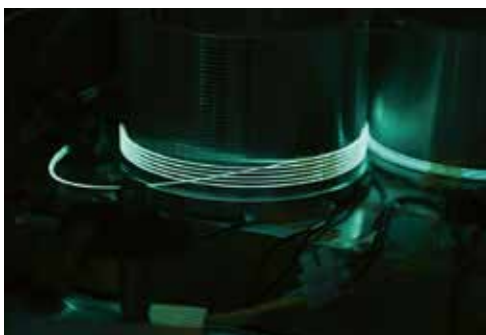


LZH-Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler entwickeln Additive Fertigungsverfahren im ZIM-Netzwerk AMglass+. (Foto: LZH)

Durch innovative additive Verfahren wollen die Partner des ZIM-Innovationsnetzwerks „AMglass+“ neue Produkte und Konstruktionen aus Glas möglich machen. Denkbar sind dabei Produkte aller Größenordnungen, von tragenden Glasfassaden im konstruktiven Glasbau bis zum Mikroliter-Proben-träger in der Bioanalytik. Die Gruppe Glas der Abteilung Produktions- und Systemtechnik arbeitet von Seiten des LZH im Netzwerk mit.

09.03.2021

## MEHR LICHT FÜR DIE ZUKUNFT DER GRAVITATIONSWELLEN-ASTRONOMIE



Faser-basierte Laser sollen aufgrund ihrer besonderen Laserstrahleigenschaften zukünftig in Gravitationswellendetektoren eingesetzt werden und so zehnmals empfindlicher nach Gravitationswellen lauschen. (Foto: LZH)

Für leistungsstärkere Gravitationswellen-Detektoren haben Forschende des Max-Planck-Instituts für Gravitationsphysik (Albert-Einstein-Institut), des LZH und von der Leibniz Universität Hannover (LUH) ein neues Lasersystem entwickelt. Dieses vereint das maßgeschneiderte Licht von zwei Hochleistungslasern äußerst präzise. So ist es möglich, die optische Leistung des Lasersystems weiter zu erhöhen. Eingesetzt werden soll das System zukünftig in der erdgebundenen Gravitationswellendetektion.

23.03.2021

## LASERVERSTÄRKER FÜR LASERBASIERTE KOMMUNIKATION IM ALL



Das LZH arbeitet in einem ESA-Auftrag an einem Laserverstärker, der zukünftig für die laserbasierte Kommunikation im All eingesetzt werden könnte. (Foto: ESA - P. Carril)

Im Rahmen einer Studie für die Europäische Weltraumorganisation (European Space Agency, ESA) arbeitet das LZH an einem Laserverstärker im Bereich zwischen 1000 nm und 1100 nm, der zukünftig für die laserbasierte Kommunikation im All eingesetzt werden könnte. Langfristiges Ziel des ESA-Projekts HyDRON ist es, ein rein optisches Kommunikationsnetzwerk aufzubauen, das Übertragungsraten im Bereich Terabit pro Sekunde ermöglicht. Notwendig sind dafür Satelliten mit Laserterminals, die zehn oder mehr optische Kanäle beinhalten.

25.03.2021

## WELASER: TECHNISCHE ALTERNATIVE IM UNKRAUTMANAGEMENT



Das Wachstumsgewebe von Unkräutern kann mittels Laserstrahlung letal geschädigt werden. (Foto: LZH)

Weniger Pestizide und Düngemittel und stattdessen eine nachhaltigere Unkrautbehandlung: Das ist das Ziel des Projekts WeLASER. Anstatt chemische Produkte einzusetzen, soll zukünftig das Wachstumsgewebe von Unkräutern mittels Laserstrahlung letal geschädigt werden. Die Grundlage dafür wollen die Partner im EU-Projekt WeLASER schaffen. Das Vorhaben vereint Forschungsinstitutionen, Unternehmen und Nichtregierungsorganisationen aus dem Agrarbereich aus acht EU-Staaten, unter anderem das LZH. Die Partner wollen in den nächsten drei Jahren die Wirksamkeit eines Lasersystems an ausgewählten Nutzpflanzen testen.

19.04.2021

## STAUBARME ARBEITSWEISE BEI DER ADDITIVEN FERTIGUNG SICHERSTELLEN



Empfehlung: Bei Wartungsarbeiten an Pulverbettanlagen sollten Beschäftigte geeignete Schutzkleidung tragen. (Foto: LZH)

Bei der Additiven Fertigung mit laserbasierten Pulverbettverfahren sollten Betriebe auf eine staubarme Arbeitsweise achten. Das empfiehlt der Bericht der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), an dessen Erarbeitung das LZH insbesondere im Rahmen der Durchführung von Expositionsuntersuchungen mitgewirkt hat. Für den Bericht wurden in insgesamt zehn Betrieben personengetragene und ortsfeste Arbeitsplatzmessungen an Anlagen mit Metall- und Kunststoffpulvern durchgeführt.

26.04.2021

## NEUES FORSCHUNGSGEBÄUDE FÜR DEN OPTIKSTANDORT HANNOVER



Der Entwurf für den geplanten Forschungsbau „OPTICUM – Optics University Center and Campus“. (Foto: HENN)

Das Forschungsgebäude „OPTICUM – Optics University Center and Campus“ der Leibniz Universität Hannover (LUH) soll in Hannover-Marienwerder entstehen. Das neue Optikzentrum in unmittelbarer Nähe des LZH soll zukünftig ca. 120 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern des Exzellenzclusters „PhoenixD: Photonics, Optics, and Engineering – Innovation across Disciplines“ einen zentralen Arbeitsort geben. Das OPTICUM vereint dann Forschende aus den Fachgebieten Physik, Maschinenbau, Elektrotechnik, Mathematik, Informatik und Chemie. Das LZH ist zusammen mit der LUH und der TU Braunschweig an PhoenixD beteiligt.

05.05.2021

## NEUES MITGLIED IM WISSENSCHAFTLICHEN DIREKTORIUM



Prof. Dr. Michael Kues, Hannoversches Zentrum für Optische Technologien. (Foto: LUH)

Das LZH hat Prof. Dr. Michael Kues in sein Wissenschaftliches Direktorium berufen. Prof. Dr. Kues wird mit seiner Expertise im Bereich Photonische Quantentechnologien das Gremium des LZH unterstützen. Prof. Dr. Kues leitet seit 2019 als Universitätsprofessor die Arbeitsgruppe Photonische Quantentechnologien der Leibniz Universität Hannover. Diese ist am Hannoverschen Zentrum für Optische Technologien (HOT) angesiedelt, an dem auch das LZH beteiligt ist.

17.05.2021

## „TAILORED FORMING“-PREIS FÜR LZH-STUDIENARBEIT

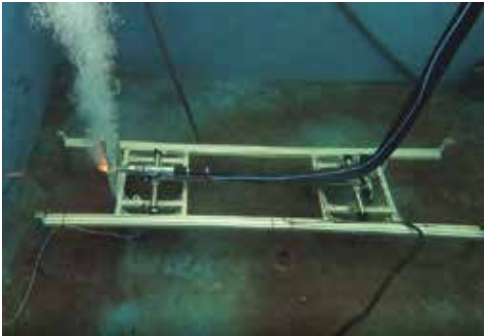


Prof. Dr.-Ing. Bernd-Arno Behrens (rechts) überreicht Ann-Christin Meyer (Mitte) den „Tailored Forming“-Preis, links ihre Betreuerin Laura Budde. (Foto: LZH)

Für ihre Studienarbeit zum koaxialen Laser-Draht-Auftragschweißen am LZH hat Ann-Christin Meyer den „Tailored Forming“-Preis des Sonderforschungsbereichs 1153 erhalten. Der Preis ist mit 500 Euro dotiert und geht an die beste Studien-, Bachelor- oder Masterarbeit.

21.05.2021

## FILTERAUFWAND BEIM REAKTORRÜCKBAU REDUZIEREN

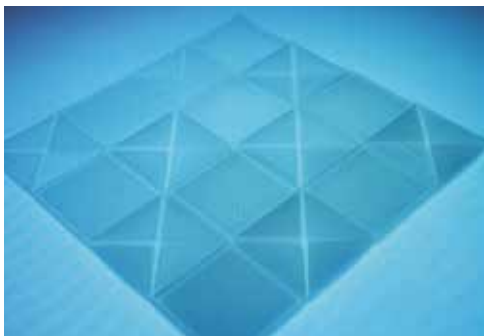


Erfolgreicher Test im Unterwassertechnikum Hannover: Bei vier Metern Wassertiefe konnten die Wissenschaftler Edelstahlbleche erfolgreich durchtrennen. (Foto: LZH)

Immer mehr Atomkraftwerke erreichen ihre maximale Lebensdauer oder werden durch den Atomausstieg stillgelegt. Um bei Demontearbeiten den zusätzlichen Aufwand der Wasserfiltration beim direkten Rückbau zu reduzieren, haben Wissenschaftler:innen des LZH ein laserbasiertes Schneidverfahren entwickelt und validiert. Mit diesem gelangen beim Zerschneiden der Reaktorbehältereinbauten bis zu 95 Prozent weniger radioaktiv kontaminierte Sekundärabfälle ins Wasser.

01.06.2021

## 3D-GEDRUCKTE BAUTEILE FÜR LASERSTRAHLSCHWEISSEN ANPASSEN



3D-gedrucktes Probebauteil: Je nach Dicke und Schichtausrichtung des Materials wird die Transmissivität beeinflusst. (Foto: IPH)

3D-gedruckte Bauteile mit dem Laser schweißen: An diesem Ziel arbeiten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Instituts für Integrierte Produktion Hannover (IPH) gGmbH und des LZH. Im neuen Forschungsprojekt „QualLa“ wollen sie ein Expertensystem entwickeln, das kleine und mittlere Unternehmen dabei unterstützt, additive Fertigungsprozesse zu optimieren – sodass die gedruckten Bauteile anschließend sicher mit dem Laser geschweißt werden können. Damit die Unternehmen nicht jedes einzelne Bauteil vor dem Schweißen genau analysieren müssen, wollen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ein Expertensystem entwickeln und in diesem Computerprogramm Prozesswissen bündeln.

01.06.2021

## NEUE LEITUNG DER ABTEILUNG OPTISCHE KOMPONENTEN



Dr. Andreas Wienke ist der neue Leiter der Abteilung Optische Komponenten am LZH. (Foto: LZH)

Zum 1. Juni 2021 hat Dr. Andreas Wienke die Leitung der Abteilung Optische Komponenten des LZH von Dr. Lars Jensen übernommen, der in die Industrie gewechselt ist. Er hatte zuvor unter anderem die Leitung der Gruppe Ultrafast Photonics der Abteilung Laserentwicklung am LZH inne.

10.06.2021

## LZH ARBEITET AN VERBESSERTEM LENS-REFILLING



Die Fragmentierung der Linse mit einem Laser soll es zukünftig ermöglichen, deren natürliche Elastizität nach einem Lens-Refilling zu erhalten. (Foto: LZH)

Das LZH arbeitet in einem neuen Forschungsvorhaben mit der ROWIAK GmbH daran, das sogenannte Lens-Refilling bei Augenoperationen weiter voranzutreiben. Bei Augenoperationen wegen Katarakt (auch bekannt als Grauer Star) könnte diese Methode es ermöglichen, die Akkommodation der Linse, also die Fähigkeit der Linse, ihre Brechkraft flexibel einzustellen, zu erhalten oder wiederherzustellen. Dabei wird das Linseninnere mit einem Gel ersetzt, die Linse wird „wieder aufgefüllt“ (englisch: refill).

15.07.2021

## STUDENT PAPER POSTER AWARD FÜR ARBEITEN ZUM OCT



Miroslav Zabic hat einen Student Paper Poster Award auf der ECBO 2021 für seine Arbeiten am OCT gewonnen. (Foto: LZH)

Miroslav Zabic aus der Gruppe Biophotonik, Abteilung Industrielle und Biomedizinische Optik, hat auf der European Conferences on Biomedical Optics 2021 (ECBO 2021) den Student Paper Poster Award in der Kategorie „Optical Coherence Imaging Techniques and Imaging in Scattering Media“ gewonnen.

04.08.2021

## THEODORE-MAIMAN-STIPENDIUM FÜR LZH-MASTERAND



Tobias Lange, Masterand am LZH. (Foto: LZH)

Tobias Lange, Masterand am LZH, hat das Theodore-Maiman-Stipendium der Wissenschaftliche Gesellschaft Lasertechnik e.V. (WLT) erhalten. Das Thema seiner Masterarbeit: Charakterisierung von Pumplichtkopplern und polarisations-erhaltenden Eigenschaften der Chirally-Coupled-Core-Faser zur Entwicklung eines Faserverstärkers.

06.09.2021

## INNOVATIVES LASERSTRAHLSCHWEISSEN FÜR LEICHTE SCHIFFE



Das LZH arbeitet an einem neuen Laserschweißverfahren von Stahl an Aluminium. (Foto: LZH)

Im Projekt FOLAMI will das LZH zusammen mit acht Partnern aus Wirtschaft und Forschung eine neuartige Methode zum Laserstrahlschweißen von Mischverbindungen aus Stahl an Aluminium entwickeln. Ziel ist es, die Herstellungs- und Produktionskosten im Schiffbau zu senken.

10.10.2021

## AUSSTELLUNG IN BERLIN MIT LASERZEICHNUNGEN AUS DEM LZH



Laser macht Kunst: LZH-Techniker Matthias Schrader hilft Susanne Specht bei der Umsetzung ihrer Kunstwerke. (Foto: LZH)

„Von der Fläche in den Raum“ – dieses Thema setzte die Künstlerin Susanne Specht zusammen mit LZH-Techniker Matthias Schrader auf großflächigem Papier um. An zwei Tagen im LZH entstanden mehrere langformatige Papiere, die im Raum aufgehängt wie Skulpturen wirken und so vom Standort des Betrachters aus stetig neue Perspektiven eröffnen. Die im LZH entstandenen Arbeiten von Susanne Specht waren von Oktober bis Dezember in ihrer Ausstellung „ab ovo oder eine Geschichte von Anfang an“ im Zentrum für Aktuelle Kunst (ZAK) in der Zitadelle in Berlin zu sehen.

12.10.2021

## LZH ALS IDEENGEBER AUF EXPO2020



Das Exponat „Food Farming Laser“ erklärt, wie Unkrautbekämpfung mit dem Laser funktionieren kann. (Foto: Deutscher Pavillon Expo 2020 / Björn Lauen)

Das LZH war als Ideengeber mit einem Exponat im Deutschen Pavillon auf der Expo Weltausstellung in Dubai vertreten. Das interaktive Spiel „Food Farming Laser“ sollte den Besucherinnen und Besuchern eine nachhaltige, laserbasierte Landwirtschaftstechnologie nahebringen. Der Hintergrund: Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des LZH forschen daran, wie man Unkraut mittels Laserstrahlen und damit ohne chemische Produkte bekämpfen kann.



18.10.2021

## ICALEO 2021 MIT LZH-GRUPPENLEITERIN ALS GENERAL CHAIR



Verena Wippo; Gruppenleiterin Verbundwerkstoffe am LZH. (Foto: LZH)

Bei der 40. ICALEO vom 18. bis 21. Oktober 2021 übernahm Verena Wippo, Leiterin der Gruppe Verbundwerkstoffe, die Rolle als General Chair. Die ICALEO bot einen virtuellen Überblick über aktuelle Fortschritte in der Lasermaterialbearbeitung. Führende Expert:innen aus Forschung und Industrie tauschten sich dort über die neuesten Erkenntnisse und Trends aus. Thematische Schwerpunkte waren die laserbasierte Additive Fertigung, Lasermakro- und -mikrobearbeitung sowie Laserstrahlquellen, Prozessüberwachung und Bearbeitungsstrategien.

08.11.2021

## MIT DEM LASER PRÄZISE UND INTELLIGENT GEGEN UNKRAUT IN ZUCKERRÜBEN



Das Projekt LUM: Vision einer Unkrautbekämpfung die Hacktechnik mit Lasertechnik kombiniert. (Foto: K.U.L.T. Kress Umweltschonende Landtechnik GmbH)

Zuckerrüben haben es schwer, sich gegen Unkräuter auf dem Feld durchzusetzen. Daher haben sich verschiedene Partner mit dem LZH in dem Verbundprojekt LUM – „Photonische Unkrautbekämpfung im Zuckerrübenanbau – Laserbasiertes Unkrautmanagement“ zusammengetan, um ein Verfahren zu entwickeln, das Unkräuter mit Hacke und Laser bekämpft. Ziel des Projektes ist die Erforschung und Entwicklung einer effizienten und schlagkräftigen Systemkombination, um selbst bei witterungsbedingt engen Zeitfenstern eine größtmögliche Fläche bearbeiten zu können.

20.12.2021

## LASERSCHNEIDEN FÜR DAS AHR TAL – LZH KÜRZT WEINFLASCHEN FÜR SPENDENBOXEN



Statt Forschung, Arbeit für den guten Zweck. Wissenschaftler:innen der Gruppe Glas des LZH haben die Öffnung der Weinflaschen erweitert. (Foto: LZH)

Auf den Laseranlagen im Versuchsfeld des LZH finden sonst Versuche zum Schneiden von Displayglas oder zum Beschriften und Beschichten von Glasplatten statt. Im November 2021 aber spannten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Gruppe Glas Weinflaschen aus dem Ahrtal in die Anlage. Mit dem Laser schnitten sie die Hälse der Flaschen soweit auf, dass Münzen problemlos durch die Öffnung passen. Die Flaschen setzte die Initiative #ahrtalerhoffnungstropfen als Spendenboxen auf Weihnachtsmärkten in Fulda ein.

## NIEDERSACHSEN ADDITIV

**Der 3D-Druck ist die digitale Fertigungstechnologie der Zukunft. Damit auch kleine und mittlere Unternehmen (KMU) die Potenziale der Additiven Fertigung gewinnbringend einsetzen können, unterstützt Niedersachsen ADDITIV niedersächsische KMU bei der Einführung und Weiterentwicklung von 3D-Druck-Verfahren. Dabei kann das Projekt nicht nur auf Expertenwissen zurückgreifen, sondern auch auf eine breit aufgestellte technische Infrastruktur. Der Anlagenpark für 3D-Druck im LZH konnte im vergangenen Jahr weiter ausgebaut werden und wird nun noch vielfältigeren Unternehmensanforderungen an Verfahren und Materialien gerecht.**

### VIELFÄLTIGE ANGEBOTE FÜR NIEDERSÄCHSISCHE UNTERNEHMEN

Im Jahr 2021 baute Niedersachsen ADDITIV die konkreten Angebote für kleine und mittlere Unternehmen weiter aus. Im Fokus standen dabei branchenübergreifende und -spezifische Veranstaltungsformate, Informationen rund um das Thema Additive Fertigung und insbesondere der Praxis-Check 3D-Druck, um Unternehmen bei konkreten Vorhaben zu unterstützen und zu beraten.

### VON DER IDEE ZUR UMSETZUNG: DER PRAXIS-CHECK 3D-DRUCK

Im Praxis-Check 3D-Druck können Unternehmen ihre Ideen für dreidimensionales Drucken bei Niedersachsen ADDITIV einreichen. Sofern das Vorhaben geeignet ist, unterstützen die Expert:innen von Niedersachsen ADDITIV die ersten Schritte zur Umsetzung. Dabei werden spannende neue Ideen realisiert – für den Praxis-Check mit der weist + wienecke oberflächenveredelung GmbH aus Alfeld wurden das Unternehmen und Niedersachsen ADDITIV sogar für den Innovationspreis Niedersachsen 2021 nominiert.

Wie funktioniert der Praxis-Check? Zunächst wird analysiert, an welchem Punkt das Unternehmen in der Entwicklung steht und welche Kriterien erfüllt sein müssen, damit sich der 3D-Druck lohnt. Wenn möglich, werden erste Machbarkeitsstudien durchgeführt und Testbauteile gedruckt. Zum Ende des Praxis-Checks erarbeiten unsere Fachleute eine Empfehlung zu den möglichen einzusetzenden Verfahren im jeweiligen Betrieb. Sie geben eine Einschätzung, ob sich die Anschaffung eigener Anlagen lohnt oder ob ein Dienstleister die richtige Wahl ist. Zudem erhalten die Unternehmerinnen und Unternehmer eine erste Empfehlung, wie sie den 3D-Druck in ihre Produktion integrieren können. Die Beratung durch das Expertenteam erfolgt dabei kostenlos und herstellerneutral.

### DIGITALE EVENTS UND VERANSTALTUNGEN VOR ORT

Weiterbildungen, Veranstaltungen, Praxis-Checks – Niedersachsen ADDITIV stellte die vielen Angebote für KMU im April auf der digitalen Hannover Messe 2021 vor. Dort konnte das Team von Niedersachsen ADDITIV gleich zwei Niedersächsische Minister begrüßen: Sowohl der Niedersächsische Minister für Wirtschaft, Arbeit, Verkehr und Digitalisierung, Dr. Bernd Althusmann, als auch der Niedersächsische Minister für Wissenschaft und Kultur, Björn Thümler, informierten sich am virtuellen Messestand über Innovationen im Bereich 3D-Druck. Auch an der ebenfalls digital stattfindenden IdeenExpo 2021 nahm Niedersachsen ADDITIV teil – und demonstrierte dem wissenschaftlich interessierten Nachwuchs mit einem Live-Beitrag aus dem LZH-Versuchsfeld, was man mit 3D-Druck so alles machen kann.

Nachdem viele Veranstaltungen bedingt durch die Corona-Pandemie noch zu Beginn des Jahres nur digital stattfanden, konnte Niedersachsen ADDITIV im Spätsommer wieder Veranstaltungen in Präsenz anbieten. So wurde die Reihe „Dialog on the Road“ mit verschiedenen Stationen in Niedersachsen weitergeführt. Begleitet von der LZH Laser Akademie Hannover GmbH erhielten zahlreiche KMU hier einen praxisorientierten Einstieg in die 3D-Druck-Technologie und konnten zusätzlich Kontakte zu anderen lokalen Unternehmen knüpfen und ausbauen.

### THEMENWOCHE: KMU AUF DEM WEG ZUR DIGITALEN PRODUKTION

Gelegenheit zum Netzwerken erhielten interessierte Unternehmen auch im September im LZH: Gemeinsam mit der Digitalagentur Niedersachsen veranstaltete Niedersachsen ADDITIV die „#3DDruckWoche: KMU auf dem Weg zur digitalen Produktion“. Als Highlight der Themenwoche fand eine Vor-Ort-Veranstaltung im Versuchsfeld des LZH statt. In einer Diskussionsrunde mit Unternehmensvertreter:innen und dem Staatssekretär im Niedersächsischen Ministerium für Wirtschaft, Arbeit, Verkehr und Digitalisierung, Stefan Muhle, sowie Vertreter:innen des LZH und von Niedersachsen ADDITIV ging es um die zentralen Fragen, die sich KMU auf dem Weg zur digitalen Produktion stellen. Wie können KMU die Potentiale des 3D-Drucks besser ausschöpfen? Mit welchen Herausforderungen haben die Unternehmen dabei zu kämpfen, und welche Unterstützungsangebote gibt es? Daneben hatten Unternehmer:innen vor Ort die Gelegenheit, sich im Versuchsfeld des LZH die verschiedenen 3D-Druck-Anlagen anzuschauen und vom Niedersachsen ADDITIV-Team erklären zu lassen.

## SCHULUNGEN UND DIGITALES LERNEN SIND GESTARTET

Für einen ersten Einstieg in das Thema 3D-Druck bietet Niedersachsen ADDITIV Weiterbildungen für Einsteiger:innen und Erfahrene an, die wichtige Grundlagen zum Thema 3D-Druck vermitteln. Digitale Lernangebote ermöglichen dabei zeitliche und örtliche Flexibilität: In Online-Lernmodulen sollen die Themen Konstruktion, Fertigungsprozesse, Post-Processing und Sicherheit, Gesundheits- und Umweltschutz praxisnah vermittelt werden. Das erste Modul „Einführung in die Konstruktion für additive Fertigungsverfahren“ wurde Ende 2021 veröffentlicht und ist ein erster Einstieg in die Welt der Additiven Konstruktionsmöglichkeiten. Entwickelt

werden die Schulungsmodulare von der LZH Laser Akademie Hannover GmbH, dem professionellen Dienstleister für Weiterbildungen im Bereich Lasertechnik.

Sobald die Corona-Lage es wieder zulässt, werden darüber hinaus Präsenz-Schulungen angeboten. In diesen erhalten die Teilnehmer:innen dann die Möglichkeit, Prozesse und Handhabung direkt an den Anlagen der technischen Demonstrationsfläche im LZH kennenzulernen. Mit den Expert:innen können sie darüber hinaus auch über konkrete Fragen und Anwendungsfälle sprechen.

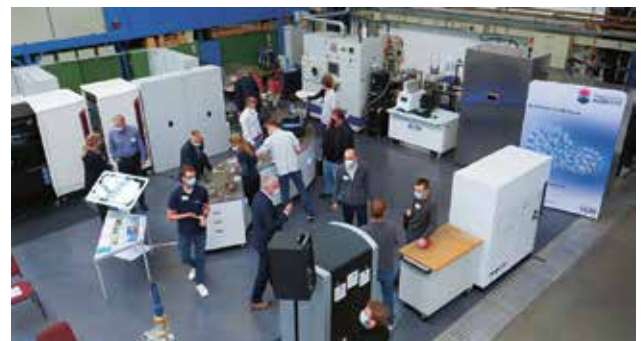
## BRANCHENTREFFS UND INFORMATIONSANGEBOTE AUF DER WEBSITE



Bis 2023 plant Niedersachsen ADDITIV jeweils einen Branchentreff für die Branchen Mobilität, Life Sciences/Medizintechnik, Agrar 4.0 sowie Maschinen- und Anlagenbau. Auf diesen Veranstaltungen werden branchenrelevante 3D-Druckverfahren sowie die Verarbeitung relevanter Werkstoffe näher vorgestellt und die Trends in dem Bereich aufgegriffen.

Auch die Informationsangebote auf der Website von Niedersachsen ADDITIV werden in Zukunft noch weiter ausgebaut. Interessierte Leser finden unter [www.niedersachsen-additiv.de](http://www.niedersachsen-additiv.de) nicht nur alle Infos zu kommenden Veranstaltungen, sondern auch aktuelle, werbefreie und herstellerunabhängige Informationen rund um das Thema 3D-Druck. So werden etwa die gängigen 3D-Druckverfahren für Einsteigerinnen und Einsteiger erklärt, Trends und Entwicklungen beobachtet und spannende Forschung aus der Welt des 3D-Drucks vorgestellt.

Niedersachsen ADDITIV ist ein gemeinsames Projekt vom LZH und vom Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH (IPH) und wird seit 2017 vom Niedersächsischen Ministerium für Wirtschaft, Arbeit, Verkehr und Digitalisierung gefördert.

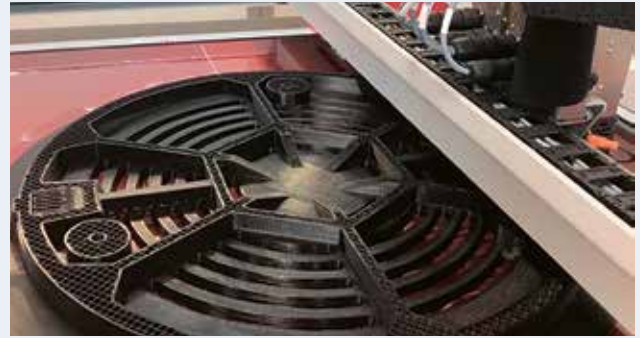


## PRAXIS-CHECK 3D-DRUCK: PROJEKTE 2021



### PROTOTYPEN AUS KOMPOSTIERBAREM MATERIAL

Für die **Induflex Sondermaschinen GmbH** aus dem Landkreis Verden hat Niedersachsen ADDITIV geprüft, ob sich Prototypen für Ausgießer und Deckel aus kompostierbarem Material drucken lassen.



### KUNSTSTOFF-MODELL EINER SCHACHTABDECKUNG

Die **Trauthwein GmbH** aus Burgdorf interessierte ein Kunststoff-Prototyp ihrer normalerweise aus Gusseisen bestehenden Schachtabdeckungen, um ihre Produkte künftig schnell und einfach zum Kunden mitnehmen zu können.



### 3D-GEDRUCKTE STOPFEN ZUM SCHUTZ VOR LACK UND PULVER

Mit der **weist + wienecke oberflächenveredelung GmbH (WVO)** in Alfeld konzipierte und fertigte Niedersachsen ADDITIV individuelle Kunststoff-Stopfen-Prototypen, mit denen Bauteile an bestimmten Stellen vor Farbe, Lack und Pulver geschützt werden können.



### ADDITIV GEFERTIGTE SÄKUFEN

Jens Wester war als **Landwirt** im Emsland tätig und auf der Suche nach Möglichkeiten zur effizienteren Aussaat von Rasen. Das Team von Niedersachsen ADDITIV hat optimierte Säkuften designt, verschiedenen Materialien gedruckt und anschließend auf dem Grünland getestet.



### METALLGEDRUCKTE MODULE FÜR LASERSYSTEME

Die **neoLASE GmbH** entwickelt Laser- und optische Verstärkersysteme und hat schon öfter mit 3D-Druck gearbeitet. Niedersachsen ADDITIV hat für das Unternehmen ein Laser-Modul erstmals aus Metall im 3D-Druck gefertigt.



#### KONTAKT

Niedersachsen ADDITIV

Alexander Hilck

Tel.: +49 511 2788-200

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

Web: [www.niedersachsen-additiv.de](http://www.niedersachsen-additiv.de)

# LICHT FÜR INNOVATION: DAS LZH IM PROFIL

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 industriennah auszubilden.

Das LZH bietet mit seinen Anwendungen der Smarten Photonik Lösungen zu gegenwärtigen und zukünftigen Herausforderungen. Dabei arbeiten Naturwissenschaftler:innen und Ingenieur:innen interdisziplinär zusammen entlang der gesamten Prozesskette: von der Komponentenentwicklung für spezifische Lasersysteme oder für Quantentechnologien bis hin zu Prozessentwicklungen für die unterschiedlichsten Laseranwendungen, zum Beispiel für die Medizin- und Agrartechnik oder für den Mobilitätssektor. Derzeit sind fast 200 Mitarbeiter:innen am LZH beschäftigt. Das LZH erhält seine Grundfinanzierung vom Niedersächsischen Ministerium für Wirtschaft, Arbeit, Verkehr und Digitalisierung.

Unsere acht Innovationsfelder Smarte: Optik, Laser, Quantentechnologien, Weltraumtechnologien, Lebenswissenschaften, Agrartechnik, Produktion und Smart Additiv stehen für die Zukunftsthemen der Photonik und Lasertechnologie. In diesen Bereichen der Smarten Photonik identifiziert und initiiert das LZH Trends und trägt so maßgeblich zur Weiterentwicklung von Wissenschaft, Wirtschaft und Industrie bei.

## UNSER WISSENSCHAFTLICHES NETZWERK



Zentral für den Erfolg des LZH ist die enge regionale, wissenschaftliche Vernetzung mit den niedersächsischen Universitäten und zahlreichen renommierten Einrichtungen. Das LZH ist beteiligt an den Exzellenzclustern PhoenixD, QuantumFrontiers und Hearing4all sowie an diversen Sonderforschungsbereichen wie zum Beispiel Tailored Forming, Sauerstofffreie Produktion und Regeneration komplexer Investitionsgüter. Weiterhin ist das

LZH Partner in (über-)regionalen Forschungseinrichtungen und Forschungsbauten und arbeitet eng mit niedersächsischen Universitäten und Hochschulen zusammen.

Gemeinsam mit dem Institut für Integrierte Produktion Hannover unterstützt das LZH im Projekt Niedersachsen ADDITIV seit 2017 niedersächsische Unternehmen dabei, den 3D-Druck einzuführen, umzusetzen und weiterzuentwickeln. Hervorzuheben ist zudem die erfolgreiche Zusammenarbeit mit dem Albert-Einstein-Institut im Bereich der Entwicklung von Lasersystemen für die Gravitationswellendetektion. Darüber hinaus ist das LZH in der überregionalen Forschungslandschaft vernetzt und Partner in zahlreichen internationalen Kooperationen.

## TRANSFER IN DIE WIRTSCHAFT

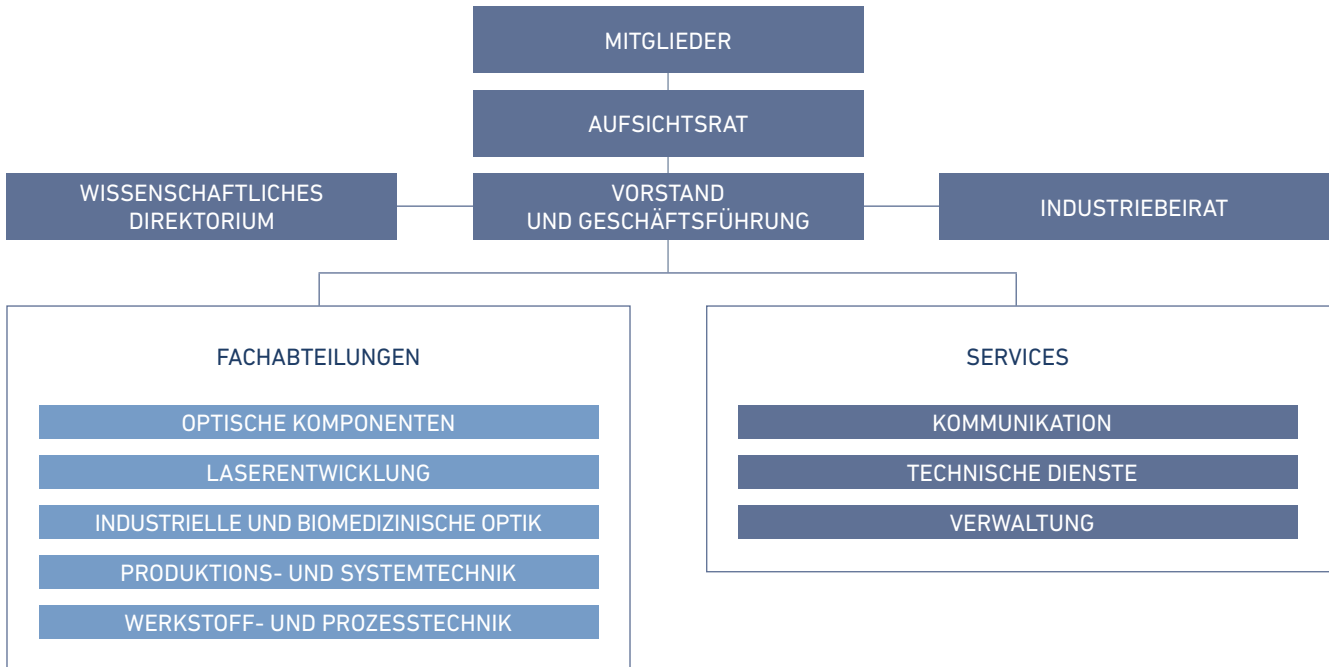
Das LZH schafft einen starken Transfer zwischen Grundlagenorientierter Wissenschaft, anwendungsnaher Forschung und Industrie. Insbesondere kleine und mittlere Unternehmen profitieren vom Forschungsspektrum und Dienstleistungsangebot des LZH. In Verbundprojekten bekommen sie Zugang zu neuem technologischem 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 Schüler:innen 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 den örtlichen Berufsschulen und vermittelt die Lasertechnologie auf diesem Weg auch den zukünftigen Mitarbeiter:innen von kleinen und mittleren Unternehmen in der Region Hannover.

# ORGANISATION

## ORGANISATIONSSTRUKTUR



## MITGLIEDER

Im Berichtszeitraum hatte das LZH 81 Mitglieder aus Industrie sowie Hochschulen und Forschungseinrichtungen.

Die ordentliche Mitgliederversammlung fand satzungsgemäß am 12. November 2021 statt.



## 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.

*2021 gehörten dem Aufsichtsrat folgende Mitglieder an:*

**Dr.-Ing. Clemens Meyer-Kobbe**

Vorsitzender des Aufsichtsrats

Inhaber der Firma MeKo Laserstrahl-Materialbearbeitungen e.K.

**Dr. jur. Niels Kämpny**

Stellvertretender Vorsitzender des Aufsichtsrats

Abteilungsleiter „Industriepolitik und maritime Wirtschaft“ des 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

## 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.

2021 gehörten dem Vorstand folgende Mitglieder an:

## GESCHÄFTSFÜHRENDER VORSTAND

---



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



**Prof. 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

## 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.

*2021 gehörten 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. rer. nat. Michael Kues**

Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover  
Hannoversches Zentrum für Optische Technologien

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

Technische Universität Braunschweig  
Institut für Hochfrequenztechnik

**Prof. Dr.-Ing. Roland Lachmayer**

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  
Institut für Quantenoptik

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

Technische Universität Clausthal  
Institut für Schweißtechnik und Trennende  
Fertigungsverfahren

## INDUSTRIEBEIRAT

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

*2021 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**

Geschäftsführer Technik und Vertrieb  
ZELTWANGER Holding GmbH, Tübingen

**Dr. Wolfgang Ebert**

Geschäftsführer  
LASEROPTIK GmbH, Garbsen

**Dr.-Ing. Martin Goede**

Leitung Produktion der Zukunft und Fabrikkonzepte  
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

**Volker Krause**

Geschäftsführer  
Laserline GmbH, Mühlheim-Kärlich

**Dr.-Ing. Benedikt Ritterbach**

Geschäftsführer  
Salzgitter Mannesmann Forschung GmbH, Salzgitter



## FACHABTEILUNGEN

<b>Optische Komponenten</b> Dr. Andreas Wienke	<b>Laserentwicklung</b> Dr. Jörg Neumann	<b>Industrielle und Biomedizinische Optik</b> Dr. Tammo Ripken	<b>Produktions- und Systemtechnik</b> Dr.-Ing. Peter Jäschke	<b>Werkstoff- und Prozesstechnik</b> Dr.-Ing. Jörg Hermsdorf
<b>Photonische Materialien</b> Dr. Marco Jupé	<b>Ultrafast Photonics</b> Dr. Frithjof Haxsen	<b>Biophotonik</b> Dr. Sonja Johannsmeier	<b>Glas</b> Katharina Rettschlag	<b>Fügen und Trennen von Metallen</b> Sarah Nothdurft
<b>Smarte Optische Instrumente</b> Florian Carstens	<b>Faseroptik</b> Dr.-Ing. Felix Wellmann	<b>Food and Farming</b> PD Dr. Merve Wollweber	<b>Verbundwerkstoffe</b> Verena Wippo	<b>Maschinen und Steuerungen</b> Marius Lammers
<b>Optische Schichten</b> Tammo Böntgen	<b>Solid-State Lasers</b> Dr. Peter Weßels		<b>Laser-Mikrobearbeitung</b> Jürgen Koch	<b>Unterwassertechnik</b> Dr.-Ing. Benjamin Emde
<b>Optik Integration</b> Gerd-Albert Hoffmann	<b>Optische Systeme</b> Dr. Moritz Hinkelmann		<b>Additive Fertigung – Polymere und Multimaterialien</b> Dr.-Ing. Gerrit Hohenhoff	<b>Additive Fertigung – Metalle</b> Robert Bernhard

## LEITUNG FACHABTEILUNGEN UND SERVICES



**Optische Komponenten**  
 Dr. rer. nat. Andreas Wienke



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



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



**Produktions- und Systemtechnik**  
 Dr.-Ing. Peter Jäschke



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



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



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



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

## DAS LZH IN ZAHLEN

Die wirtschaftliche Entwicklung des Laser Zentrum Hannover e.V. im Jahr 2021 wird anhand der nachfolgenden Ergebnisrechnung aufgezeigt.

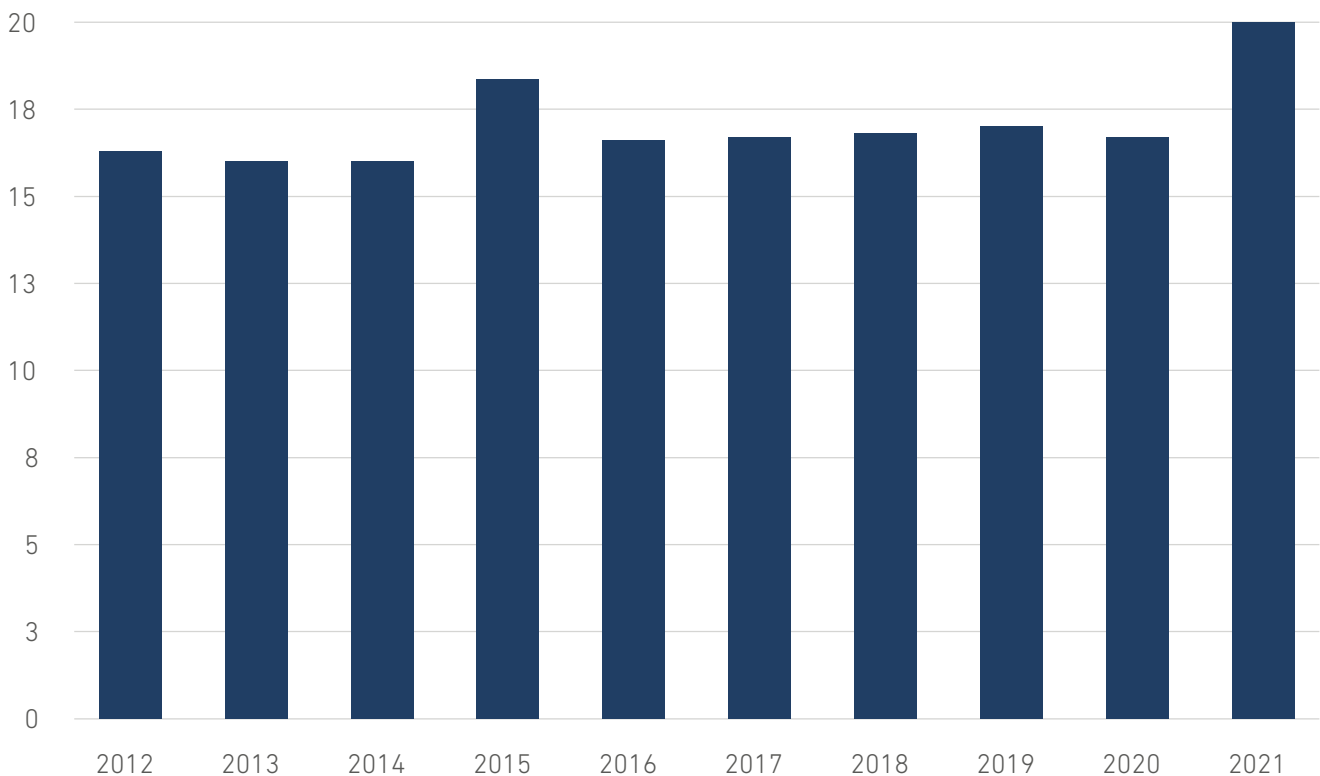
Die betriebliche Leistung betrug im Jahr 2021 Mio. € 20,067 (Vorjahr: Mio. € 16,733). Diese beinhaltet den Umsatz aus den Projekterträgen durch die Industrie, Land, Bund, EU und Sonstige in Höhe von Mio. € 14,767 (Vorjahr: Mio. € 12,573) sowie die Grundfinanzierung durch das Land Niedersachsen in Höhe von Mio. € 5,3 (Vorjahr: Mio. € 4,2).

Die Eigenfinanzierungsquote lag bei 74 % (Vorjahr: 75 %).

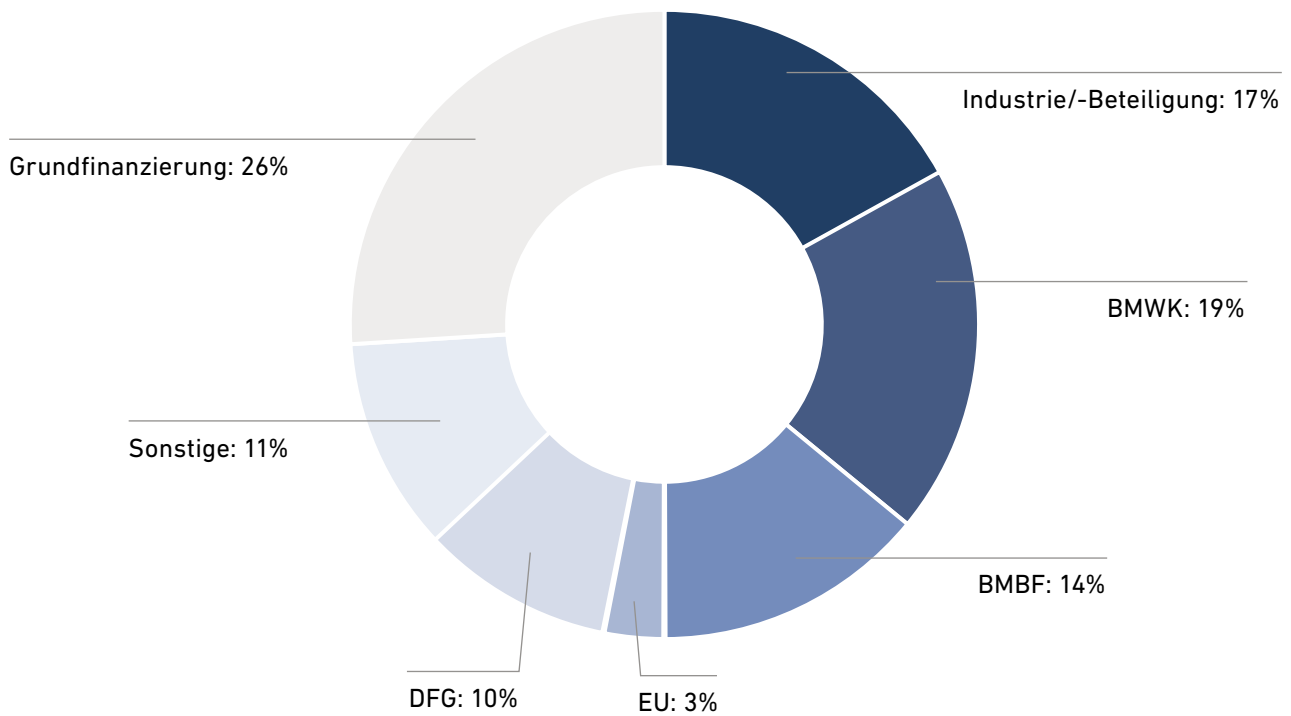
Die Aufwendungen für Investitionen betragen insgesamt Mio. € 4,42 (Vorjahr: Mio. € 1,483). Der Anteil der Investitionen an den Gesamtaufwendungen betrug im Geschäftsjahr 2021 22 % (Vorjahr: 9 %).

Im Jahr 2021 wurden am LZH 121 Forschungs- und Entwicklungsvorhaben bearbeitet. Es kamen 39 neue Forschungs- und Entwicklungsvorhaben in 2021 zur Bewilligung.

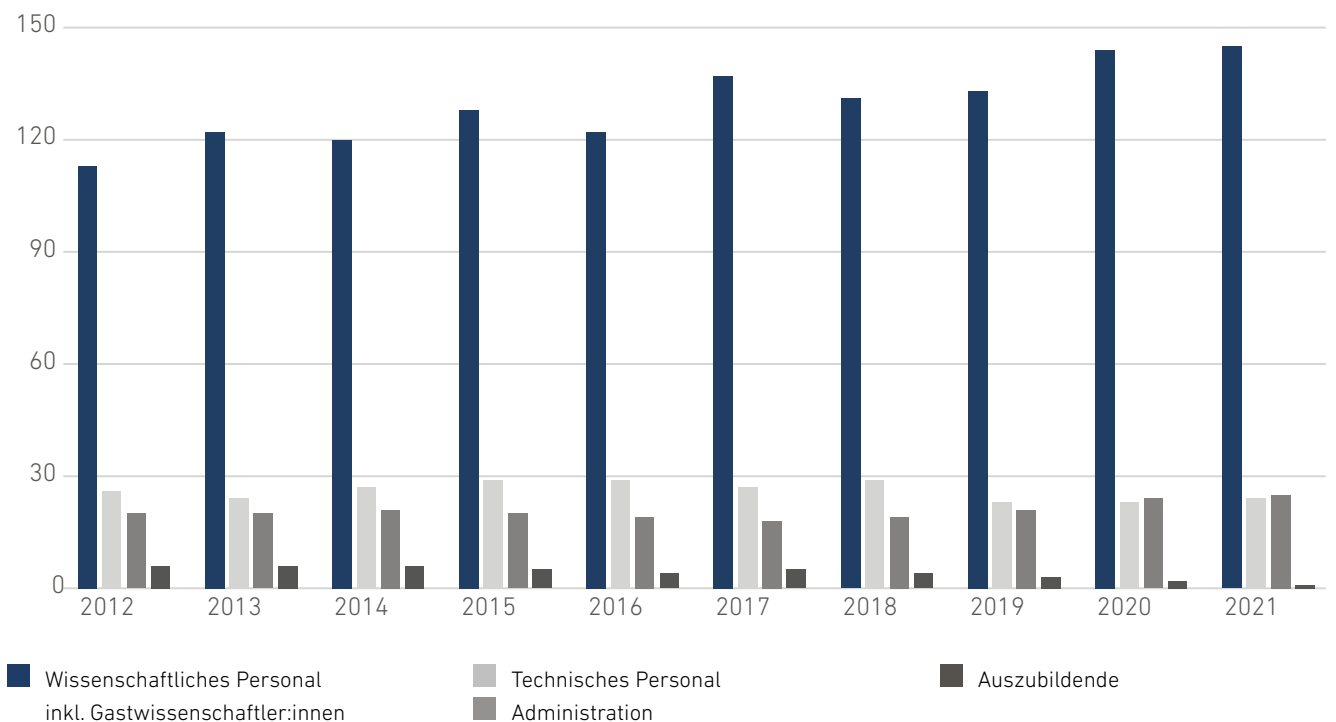
### UMSATZENTWICKLUNG 2012 - 2021 (in Mio. €)



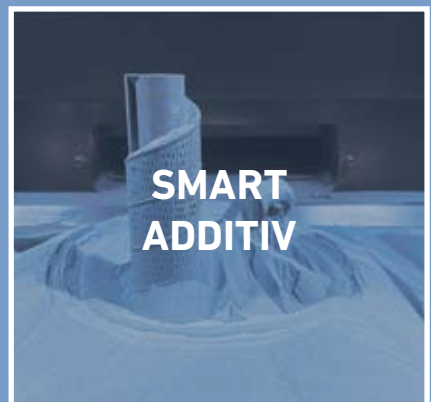
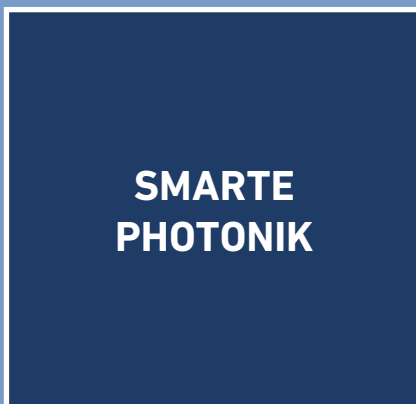
## GLIEDERUNG DER EINNAHMEN 2021



## PERSONALENTWICKLUNG 2012 – 2021



# UNSERE INNOVATIONSFELDER



Smarte Photonik ist zukunftsweisend, digital, intelligent. Das LZH bündelt die Themen der Zukunft in den Bereichen Photonik und Lasertechnologie von nun an in acht Innovationsfeldern, die wir auf den folgenden Seiten vorstellen möchten.

Neue Ansätze für den Umweltschutz, der schonende Umgang mit Ressourcen, neue Ideen für Gesundheit und Hilfsmittel für eine alternde Bevölkerung oder neue Produktionsansätze für Mobilität und Leichtbau – die Photonik und die Lasertechnologie bergen enormes Potential, um zentrale Herausforderungen der nächsten Zeit zu lösen.

Das LZH schafft seit über 30 Jahren Innovationen mit Licht. Als Forschungsinstitut ist es für uns selbstverständlich, zukunfts-gewandt zu forschen und zu arbeiten. Unsere neuen

Innovationsfelder zeigen die aus unserer Sicht wichtigen Themenbereiche für die Photonik und Lasertechnologie, zu denen wir in den kommenden Jahren wichtige Beiträge leisten werden.

In den acht Feldern arbeiten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des LZH unter anderem an automatisierten, präzisen und intelligenten Prozessen für eine digitale Produktion. Sie entwickeln Laser für den Einsatz im Weltraum, Ansätze für laserbasierte Schädlingsbekämpfung, ermöglichen individuelle Implantate oder Hilfsmittel und beschäftigen sich damit, wie Energie und Materialien eingespart werden können sowie vieles mehr. Dabei immer im Blick: neue Einsatzmöglichkeiten und den direkten Transfer in die Anwendung.

## SMARTE OPTIK

Zum Einsatz kommen unsere Optiken in Lasern, Messgeräten, Teleskopen, auf Satelliten oder in Beleuchtungssystemen. Unser Weg zu smarter Optik, um zukünftig neue Anwendungen zu erschließen: Optimierung der Schichtpräzision, geringere Verluste, Verbesserung der Homogenität auf größeren Flächen und Erhöhung der Leistungsverträglichkeit. Wir entwickeln darüber hinaus neuartige Faser- und Filterkomponenten für innovative Laseranwendungen und für die Miniaturisierung und Integration der Optik.

Mit smarten Faserkomponenten auch für Spezialfasern entwickeln wir monolithische und damit justagefreie Faserlaser und -verstärker. Auf speziell von uns entwickelten Anlagen stellen wir hoch integrierte Faserstrecken her, die alle nötigen optischen Funktionalitäten beinhalten, wie die faserbasierte Ein- oder Auskopplung oder die Modifikation von optischer Laserstrahlung. Diese einzigartige Kombination aus hoch integrierten Faserkomponenten mit Spezialfasern ermöglicht maßgeschneiderte Faserlaser und -verstärkersysteme für neue Einsatzbereiche.

Außerdem entwickeln wir smarte optische Schichten vom kurzwelligen ultravioletten Bereich bis hin in den langwelligen infraroten Bereich. Diese sind optimal auf die geplante Anwendung angepasst und für eine lange Lebensdauer optimiert. Wir entwickeln Schichtsysteme, die kommerziell nicht erhältlich sind, arbeiten an einer intelligenten, spektral breitbandigen Monitorierung in Beschichtungsanlagen und daran, neue Beschichtungsmethoden und -dimensionen zu erschließen.



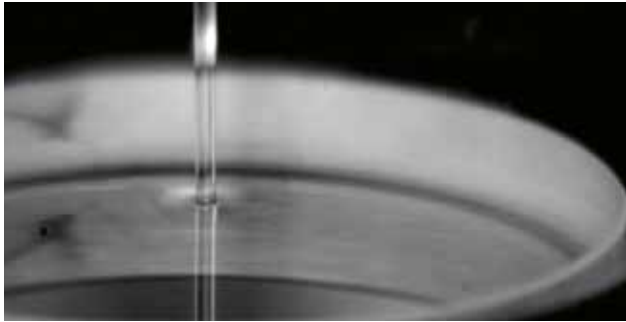
### NEUE FUNKTIONEN UND ANWENDUNGSGEBIETE: DIE OPTISCHEN KOMPONENTEN VON MORGEN

Das Verständnis optischer Materialien ist die Grundlage dafür, smarte Beschichtungsprozesse, intelligentes Monitoring und neue Anlagentechnik entwickeln zu können. Wir nutzen Simulationen, um reale Prozesse frühestmöglich anzupassen, optimieren das Schichtdesign für die geplante Anwendung und befassen uns mit nichtlinearen Wechselwirkungsprozessen, um Beschichtungen mit neuartigen Funktionen auszustatten. Mit Quantennanolaminat-Strukturen dringen wir in neue Anwendungsbereiche vor, wie beispielsweise aktiv schaltbare Komponenten. Egal ob besonders komplexe Schichtsysteme oder neue Lösungen für den Aufbau optischer Systeme gefragt sind – wir entwickeln die optischen Komponenten von Morgen.

Die Miniaturisierung und Integration von optischen Elementen ermöglicht die Produktion komplexer optoelektronischer Baugruppen und Systeme zur Anwendung in den Bereichen

Kommunikation, Sensorik und Quantentechnologie. Wir entwickeln neue Konzepte für optische Filter, welche sogar einstellbare Eigenschaften aufweisen können. Intelligente Konzepte zur Montage weiterer optischer Komponenten ermöglichen es, optoelektronische Systeme auf kleinstem Raum zu realisieren. Die grundlegenden spektralen Eigenschaften optischer Beschichtungen müssen für die zukünftigen Anforderungen deutlich genauer und umfangreicher vermessen werden als dies mit aktuellen Instrumenten am Markt möglich ist. Die etablierten Spektralphotometer sind nicht speziell auf die Optikbranche ausgelegt und werden den stetig steigenden Ansprüchen smarter Anwendungen nicht mehr gerecht. Daher arbeiten wir am LZH zusammen mit Partnern an neuen, maßgeschneiderten Messsystemen für optische Schichten.

## UNSERE FORSCHUNG



### FASERKOMPONENTEN

- Produktionsmethoden
- Kundenspezifische Entwicklung



### OPTISCHE SCHICHTEN

- Verfahrenstechniken
- Anlagenentwicklung
- Atomic Layer Deposition (ALD)
- Charakterisierung



### OPTISCHE MATERIALIEN

- Simulation
- Schichtoptimierung
- Aktive Schichten
- Designte Schichtmaterialien



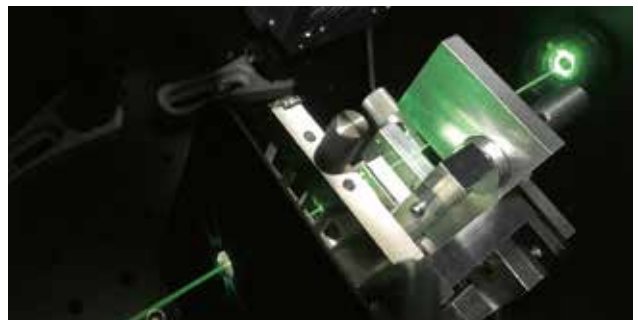
### OPTISCHE KOMPONENTEN

- Spezialoptiken
- Großflächige Beschichtungen
- Additiv gefertigte Optiksyste



### MINIATURISIERUNG & INTEGRATION

- Miniaturisierte optische Filter
- Präzisionsmontage



### OPTISCHE MESSTECHNIK

- Messgeräteentwicklung
- In-Situ-Analyse
- Online-Prozesskontrolle
- Schichtdefektmitigation



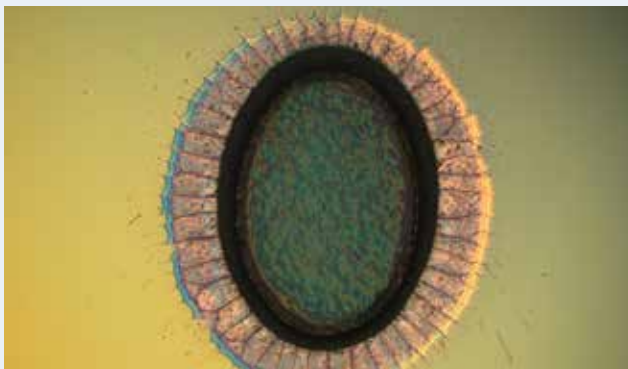
#### KONTAKT

Dr. rer. nat. Andreas Wienke  
Tel.: +49 511 2788 -261  
E-Mail: a.wienke@lzh.de

## UNSERE PROJEKTE

### STANDARDISIERTES PRÜFVERFAHREN FÜR HOCHLEISTUNGSLASEROPTIKEN IM DAUERSTRICHBEREICH

Ein limitierender Faktor bei der Entwicklung neuer Lasersysteme mit immer höheren optischen Ausgangsleistungen ist inzwischen die optische Belastbarkeit der Komponenten, mit denen die Laserstrahlung erzeugt und geführt wird. Um die Performanz der Lasersysteme zu gewährleisten, sind qualifizierte Prüfverfahren wie zum Beispiel nach ISO-Norm 21254 notwendig. Damit wird die Leistungsverträglichkeit der Optiken charakterisiert und so ihre Einsatzfähigkeit sichergestellt. Das LZH arbeitet zusammen mit der LASEROPTIK GmbH und der RAYLASE GmbH im Projekt **cw-LIDT** daran, dieses Prüfverfahren auf kleine Komponenten anzupassen und zu ergänzen. Die bisherigen Erkenntnisse zu großen Strahldurchmessern und Proben lassen sich nämlich nicht ohne weiteres auf kleinere, leichtere Optikkomponenten übertragen. Diese werden aber heutzutage für immer mehr Anwendungen benötigt, etwa in Galvanometer-Scannern für den Einsatz in der Materialbearbeitung.



*Kleine Optiken brauchen andere Messprotokolle als bisher üblich, um Laserzerstörsschwellen verlässlich zu charakterisieren. (Foto: LZH)*

Die Zerstörung von Optiken im Dauerstrichbetrieb basiert auf thermischen Mechanismen: Die optische Komponente absorbiert immer einen Teil der einfallenden Laserstrahlung. Erreicht sie dabei eine kritische Temperatur, wird sie irreversibel beschädigt. Größere Optiken verhalten sich hierbei anders als kleinere Optiken. Beispielsweise verteilt sich die absorbierte Wärme schnell auf die gesamte Optik bzw. konzentrieren sich thermische Spannungen bei kleineren Strahldurchmessern auf kleinere Bereiche.

Bei der Anwendung der ISO-21254 zur Bestimmung der Leistungsverträglichkeit von Optiken werden üblicherweise mehr als 100 Positionen dieser Optik mit unterschiedlichen Leistungs- oder Energiedichten bestrahlt. Dies ist bei kleinen Optiken aufgrund der kleineren Geometrie nicht möglich. Die Wissenschaftler:innen am LZH erarbeiten daher im Projekt angepasste Messroutinen und schätzen den minimalen Positionsabstand für die Messpunkte ab. Nach der Qualifizierung der neuen Messroutine werden sie Optiken aus verschiedenen Materialien sowie diverser Geometrien und unterschiedlicher Herstellungsverfahren untersuchen. Anschließend wollen sie das Zerstörverhalten der Optiken mit entsprechenden Simulationen abgleichen und ein Modell bezüglich der Optikschiädigung aufstellen. Abschließend werden die Partner die Optiken in einer Scannereinheit einsetzen und untersuchen. Damit wollen sie die experimentellen Ergebnisse und theoretischen Modelle miteinander vergleichen und aus den Erkenntnissen neue Ansätze für leistungsstabilere Einheiten erarbeiten. Gefördert wird das Projekt vom Bundesministerium für Bildung und Forschung.

### DEFEKTE VERSTEHEN, BESCHICHTUNGSPROZESSE OPTIMIEREN

An Optiken – insbesondere für leistungsstarke Ultrakurzpulslaser – werden inzwischen höchste Anforderungen gestellt. Dies umfasst einerseits die spektralen und die Phaseneigenschaften der Komponenten und andererseits deren Leistungsverträglichkeit. Das LZH arbeitet im Projekt **TheFastCoatings** zusammen mit der Tongji University (Shanghai, China) daran, Optiken zukünftig noch weiter zu verbessern. In dem von der DFG geförderten Gemeinschaftsprojekt untersuchen die Partner den Einfluss von Defekten auf Beschichtungen sowie die Variation von Schichteigenschaften durch nichtlineare Laserinteraktionen. Der Schwerpunkt der Arbeiten des LZH liegt dabei auf der Simulation und Messung der nichtlinearen Effekte sowie der Partikelreduktion im Beschichtungsprozess. Mit dem Wissen sollen zum Beispiel gehirppte-Spiegel verbessert und zuverlässiger hergestellt werden.



*Um Beschichtungsprozesse noch zuverlässiger zu gestalten, arbeitet das LZH an der Simulation und Messung von nichtlinearen Effekten. (Foto: LZH)*

## SMARTE LASER

Von den Grundlagen bis zur Anwendung: Wir forschen daran, Laser effizienter, robuster und kostengünstiger zu machen sowie neue Einsatzgebiete zu erschließen. Unsere smarten Laser sind maßgeschneidert für die jeweilige Anwendung in Industrie oder Wissenschaft, auf dem Mond oder in der Tiefsee. Dabei bilden wir den gesamten Entwicklungsprozess ab und optimieren diesen durch unsere smarten Optiken – immer mit dem Ziel, den besten Laser für die konkrete Herausforderung zu bauen.

In der Laserentwicklung liegt unser Schwerpunkt auf kompakten, robusten und hochspezialisierten Lasern, die mit diesen Spezifikationen kommerziell nicht erhältlich sind. Wir erforschen neuartige Laserkonzepte und setzen zum Teil selbstentwickelte Komponenten ein, um passgenaue Lösungen zu schaffen. Mit diesen grundlegenden Arbeiten schaffen wir die Basis für immer neue Anwendungsfelder. Wir entwickeln Laser nicht nur weiter, sondern entwerfen und fertigen auch maßgeschneiderte innovative Lasersysteme für Spezialanwendungen. Wir kreieren passgenaue Laser für die Industrie oder die Wissenschaft mit dem Ziel, die Grenzen des Möglichen zu überwinden. Insbesondere liegt unsere Expertise in Lasern für raue Umweltbedingungen.



### HÖCHSTE PRÄZISION FÜR PRAXISTAUGLICHE UND EFFIZIENTE OPTISCHE SYSTEME

Damit wir die Funktionalität von Lasersystemen sicherstellen können, begleiten wir den gesamten Entstehungsprozess von den ersten Papierstudien bis zum einsatzbereiten Lasersystem. Wir nutzen dafür Simulationen, führen Machbarkeitsstudien durch, prüfen einzelne Komponenten auf ihre Funktion und stellen mit Umwelttests sicher, dass der Laser auch außerhalb des Labors einwandfrei funktioniert.

Um den stetig steigenden Anforderungen gerecht zu werden, evaluieren wir beständig unsere Methoden und entwickeln sie weiter. Um Laboraufbauten in praxistaugliche optische Systeme zu überführen, entwickeln wir entsprechende Prozesse und Systeme. Dabei liegt unser Fokus darauf, Komponenten auf immer kleinerem Raum präzise zu montieren und zu fixieren – und so Vorarbeiten für die zukünftige integrierte Optik zu leisten.



## UNSERE FORSCHUNG



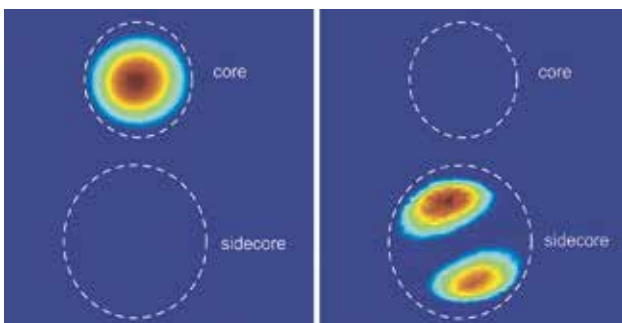
### LASERENTWICKLUNG

- Festkörperlaser
- Faserlaser
- Ultrakurzpulslaser
- Nichtlineare Optik/Frequenzkonversion



### INDIVIDUALISIERTE LASERSYSTEME

- Industrielle Anwendungen
- Sonderanfertigungen für die Wissenschaft
- Optische Kommunikation
- Robuste Lasersysteme für raue Umweltbedingungen



### ANALYSE & QUALIFIZIERUNG VON LASERN

- Simulation und Design
- Machbarkeitsstudien
- Analyse und Charakterisierung
- Umwelttests



### PROZESS- UND SYSTEMENTWICKLUNG FÜR OPTISCHE SYSTEME

- Aufbau- und Verbindungstechnik für Lasersysteme
- Präzisionsmontage & Micropackaging



#### KONTAKT

Dr. rer. nat. Jörg Neumann  
Tel.: +49 511 2788 -210  
E-Mail: j.neumann@lzh.de

## UNSERE PROJEKTE

### EUROPÄISCHE LIEFERKETTE FÜR ALEXANDRITLASERKRISTALLE

Laserkristalle aus Alexandrit können eine durchstimmbare Wellenlänge zwischen etwa 700 nm und 850 nm emittieren. Damit eröffnen sie im Gegensatz zu klassischen Nd:YAG-Kristallen eine Reihe von Anwendungen, für die andere oder mehrere Wellenlängen als 1064 nm benötigt werden.



Alexandritkristalle im Test: der Laserdemonstrator im Labor. (Foto: LZH)

Setzt man diese Kristalle beispielsweise in LIDAR-(Light Detection and Ranging) Systemen auf Erdbeobachtungssatelliten ein, lässt sich damit der Chlorophyllgehalt der Vegetation ermitteln. Dieser gibt Aufschluss über den Gesundheitszustand der Pflanzen und liefert somit wertvolle Daten, etwa für Untersuchungen zum Klimawandel. Im EU-Projekt **GALACTIC** arbeiten die Firmen Altechna Coatings UAB und Optomaterials S.r.l. zusammen mit dem LZH daran, eine rein europäische Lieferkette für Alexandritlaserkristalle zu etablieren.

Die Partner wollen im Projekt die Kristallzucht, die Kristallreinheit, die Plasmavorbehandlung sowie das Beschichtungsdesign verbessern. Dem italienischen Partner Optomaterials ist es bereits gelungen, Alexandritkristalle in wettbewerbsfähiger Qualität zu züchten. Um die Kristalle mit einer besonders dichten und widerstandsfähigen Beschichtung auszustatten, hat Altechna Coatings aus Litauen ein spezielles Beschichtungsdesign auf Basis des Ion-Beam- und Magnetron-Sputtering-Verfahrens entwickelt. In jüngsten Tests erreichten die Alexandritkristalle damit eine Lasererstörsschwelle (engl. Laser-Induced Damage Threshold, LIDT), die an Spitzenprodukte auf dem Weltmarkt heranreicht.

### LASERDEMONSTRATOR ERFÜLLT LIDAR-ANFORDERUNGEN

Der erste von zwei geplanten Laserdemonstratoren läuft bereits im Entwicklungslabor am LZH. Mit weit über 200 Mikrojoule Pulsenergie bei 5 kHz Wiederholrate erzeugt der Demonstrator wenige Nanosekunden kurze Laserpulse. Das zeigt, dass sich mit diesem Laseraufbau grundsätzlich große Flächen pro Zeiteinheit scannen lassen – eine wichtige Voraussetzung für den effizienten Betrieb eines LIDAR-Systems. Im dritten Projektjahr wollen die Projektpartner die Tests sowie die Vergleichsstudie abschließen, den zweiten Demonstrator realisieren und das Herstellungsverfahren zur Marktreife bringen. GALACTIC wird mit Mitteln des Forschungs- und Innovationsprogramms Horizon 2020 der Europäischen Union gefördert.

### NEUARTIGER GEWINN GESCHALTETER LASEROSZILLATOR FÜR ULTRAKURZPULSLASER-SYSTEME

Ultrakurzpulslaser (UKPL)-Systeme erzeugen Pulse im Bereich von Piko- und Femtosekunden und haben trotz ihrer noch eher teuren und aufwendigen Technik ein breites Anwendungsspektrum in Forschung und Entwicklung. Die Systeme bestehen in der Regel aus einem Oszillator für die Pulserzeugung und einem Verstärker. Typische UKPL-Oszillatoren basieren dabei auf dem Prinzip der Modenkopplung, die mit ihren Pulswiederholraten im MHz- bis GHz-Bereich allerdings nur geringe Pulsenergien erzeugen können, wodurch wiederum die Verstärkung sehr aufwendig wird. Im Projekt

**GAUSS** wollen die Wissenschaftler:innen dieses Problem lösen. Dafür entwickeln sie einen vollständig halbleiterbasierten UKPL-Oszillator, der auf dem Prinzip der Gewinnenschaltung basiert. Ein solches System könnte die kostenintensiven modengekoppelten Kurzpulsozillatoren im Pikosekundenbereich ersetzen. Gefördert wird das Projekt vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, beteiligt sind außerdem die PicoLAS GmbH, die Twenty-One Semiconductors GmbH und das Ferdinand-Braun-Institut.

## SMARTE QUANTENTECHNOLOGIEN

Unsere innovativen Entwicklungen sind die Grundlage für smarte Quantentechnologien: Wir entwickeln Laser und Komponenten für die Erzeugung von Quanten, setzen uns mit Produktionstechniken auseinander und entwickeln komplette Module und Systeme als „Enabler“ für die Quantentechnologien. Dazu arbeiten wir an neuen faserbasierten Komponenten, innovativen Konzepten für Wellenleiter und automatisierter Assemblierung. Damit wollen wir zukünftig kompakte und industrietaugliche Anwendungen für Quantentechnologien, wie Quantencomputer, Quantensensorik oder Quantenkommunikation etablieren.

Neuartige, smart designte Lichtquellen bilden das Grundgerüst für eine Vielzahl quantenoptischer Verfahren. Am LZH haben wir umfangreiches Wissen in der Laserentwicklung. Wir setzen es zum Beispiel dafür ein, um Laser zur Erzeugung verschränkter Photonen sowie zur Kühlung von Atomfallen weiterzuentwickeln und damit die technologischen Grundlagen für die Quantentechnologien zu erweitern. Wir entwickeln und forschen nicht nur an Komponenten und Systemen für Quantentechnologien – wir arbeiten außerdem daran, unser Knowhow zu optischen Produktionstechniken stärker in die quantentechnologische Anwendung zu bringen. Mit unseren Ansätzen und Methoden wollen wir Quantensysteme beispielsweise integrierter und kompakter machen.



### UNSERE FORSCHUNG FÜR DEN INDUSTRIELLEN EINSATZ VON QUANTENTECHNOLOGIEN

Wir erforschen speziell für Quantensysteme ausgelegte optische Komponenten. Dafür arbeiten wir an optimierten Faser- und Wellenleiterkomponenten und kombinieren diese mit unserem Wissen über nichtlineare Materialien, um mikointegrierte Quantenkomponenten zu fertigen. Unsere Forschung soll die Grundlage für den industriellen Einsatz von photonischen

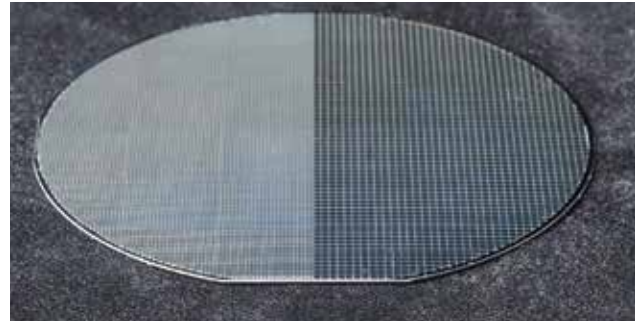
Quantentechnologien legen. Von individuellen Modulen zur Erzeugung verschränkter Photonenpaare durch spontane parametrische Abwärtskonversion bis hin zu kompletten faservernetzten Systemen und Quantenlichtquellen, forschen wir an Schlüsseltechnologien für Quantenoptik und bereiten diese für den Industrieinsatz vor.

## UNSERE FORSCHUNG



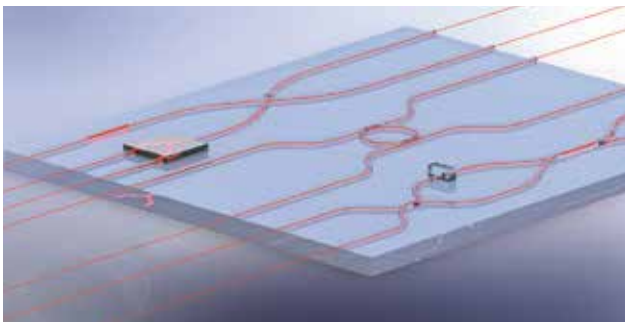
### LASER FÜR QUANTENTECHNOLOGIEN

- Anregungsquellen für Quantensysteme
- Laser für Atomfallen und -interferometrie



### PRODUKTIONSTECHNIKEN FÜR DIE QUANTENTECHNOLOGIEN

- Assemblierung von Quantentechnologie-Komponenten
- Hochpräzise Faserbearbeitung
- Optimierte Schichtherstellung
- Mikro- & Nanostrukturierung



### QUANTENPHOTONISCHE KOMPONENTEN

- Wellenleiteroptik für die Quantentechnologie
- Mikrointegrierte Quantenkomponenten
- Nichtlineare photonische Materialien



### MODULE UND SYSTEME FÜR QUANTENTECHNOLOGIEN

- Module für Quantentechnologien
- Fasernetzwerke
- Herstellung und Skalierung von Quantenlichtquellen



#### KONTAKT

Dr. rer. nat. Andreas Wienke  
Tel.: +49 511 2788 -261  
E-Mail: a.wienke@lzh.de

## UNSERE PROJEKTE

### LASER FÜR DIE QUANTENTECHNOLOGIEN

Einfrequente Laserstrahlquellen mit hoher Ausgangsleistung sind unentbehrliche Werkzeuge für die Quantenforschung. Als sogenannte *enabling technology* ermöglichen sie die Realisierung bestimmter Quantensensoren oder quantenbegrenzter Messprozesse wie die Gravitationswellendetektion. Die Erkenntnisse aus den Arbeiten legen den Grundstein für weitere Technologien wie zum Beispiel dem Quantencomputing.

Die dafür benötigten Lasersysteme müssen eine außerordentliche Strahlqualität besitzen und herausfordernde Stabilitätskriterien erfüllen. Im Rahmen des **Exzellenzclusters QuantumFrontiers** erforscht das LZH in Zusammenarbeit mit fünf regionalen Forschungseinrichtungen Quanten- und die dafür benötigten Lasertechnologien. Dafür arbeiten die Wissenschaftler:innen beispielsweise mit Trägermaterialien, die mit seltenen Erden dotiert sind, wie etwa lichtführenden Quarzglas-Fasern. Die am LZH für die Glasfaserverarbeitung entwickelten Prozesstechniken und -anlagen ermöglichen die hochpräzise Fertigung von Faserkomponenten aus Standard- sowie Spezialfasern bis hin zu einer vollständigen Faserintegration komplexer Faserlasersysteme. Infolgedessen konnte das LZH bereits in enger Zusammenarbeit mit dem Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik (Albert-Einstein-Institut) ein mehrstufiges faserbasiertes Verstärkersystem bei 1,0  $\mu\text{m}$  Wellenlänge mit herausragender Langzeitstabilität demonstrieren. Durch die kohärente Strahlkombination wies das System eine Ausgangsleistung von bis zu 400 W und eine exzellente Strahlqualität auf. Damit legen die Wissenschaftler:innen die Grundlage für quantenbegrenzte Messprozesse.

Ferner entwickelte das LZH einen weiteren einfrequente Faserverstärker bei einer Wellenlänge von 1,5  $\mu\text{m}$ . Dessen erster harmonischer Frequenzoberton kann für innovative Quantentechnologien genutzt werden, beispielsweise für Quantengravimeter oder magneto-optische Fallen zum Laserkühlen, wie es für verschiedene andere Quantensensoren benötigt wird. Neben Lasersystemen auf Faserbasis werden am LZH auch alternative Anregungsmechanismen einfrequenter Kristallverstärker für eine verbesserte Quantenausbeute untersucht. Die Laserentwicklung wird gestützt durch eigens entwickelte Simulationswerkzeuge sowie kommerzielle Softwarelösungen, um die mechanischen, thermischen und optischen Eigenschaften der Lasersysteme anwendungsspezifisch zu optimieren. QuantumFrontiers wird gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft.



Das LZH arbeitet an Lasern, die quantenbegrenzte Messprozesse möglich machen. (Foto: LZH)

### QUANTENTECHNOLOGIEN IN DIE INDUSTRIELLE ANWENDUNG BRINGEN

Um Lichtquellen für Quantenanwendungen auch außerhalb von wissenschaftlichen Laboren nutzen zu können, müssen sie hochintegriert, effizient und kompakt sein sowie eine Vielzahl verschränkter Photonen in speziellen Zuständen erzeugen können. Im Projekt **QPhotLab** arbeitet das LZH daran, ein Fabrikationslabor für solche integrierten, skalierbaren Quantenlichtquellen einzurichten. In diesem sollen unterschiedliche Herstellungsprozesse wie Molekularstrahlepitaxie, Ionenstrahlputtern und Zwei-Photonenpolymerisation ineinandergreifen, um quantenphotonische Bauelemente herzustellen. Diese werden mit Hilfe neuester Assemblierungstechnologien zu Modulen zusammengefügt und durch Faserkoppeln vernetzt. Ziel der Wissenschaftler:innen ist es, lichtbasierte Quantentechnologien für Anwendungen wie Quantencomputing, Quanteninternet und Quantensensorik im industriellen Maßstab nutzbar zu machen. Das Projekt wird gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung.



In QPhotLab soll die Zwei-Photonenpolymerisation mit anderen Technologien ineinandergreifen. Das Ziel: skalierbare Lichtquellen für Quantenanwendungen. (Foto: LZH)

## SMARTE WELTRAUMTECHNOLOGIE

Wir entwickeln und fertigen seit Jahrzehnten robuste, weltraumtaugliche Lasersysteme, Faserkomponenten und dielektrische Beschichtungen für Optiken, die speziell für die jeweilige Anwendung ausgelegt sind. Von der Suche nach außerirdischem Leben bis hin zur Produktion im Weltall und auf Planeten: Wir ermöglichen mit unseren Smarten Weltraumtechnologien immer neue innovative Anwendungen. Unsere Flughardware liefern wir unter anderem an die ESA und die NASA.

Technologien für den Weltraum müssen widrigsten Bedingungen standhalten, wie etwa hohen Temperaturschwankungen und ionisierender Strahlung. Wir sind Spezialisten für weltraumgerechte Designs und die Konstruktion flugfähiger optischer Systeme für den langfristigen Einsatz im Weltall – für nachhaltig erfolgreiche Weltraummissionen. Wir erweitern unsere Expertise und Testmöglichkeiten fortwährend und ermöglichen mit intelligenten Ansätzen immerzu neue Innovationen. Lasersysteme für den Weltraum müssen klein, kompakt und gleichzeitig sehr robust sein. Wir entwickeln und integrieren Lasersysteme und Elektronik, um neuartige Messungen und Prozesse möglich zu machen, beispielsweise um auf dem Mond Strukturen aus Regolith zu erstellen – immer mit Blick auf eine optimale Weltraumtauglichkeit bei höchster Zuverlässigkeit.

### SMART UND ZUVERLÄSSIG: UNSERE TECHNOLOGIEN FÜR WELTRAUMMISSIONEN

Mit unseren Laserlaboren und Reinräumen verfügen wir über die notwendige Infrastruktur, um Flughardware für Weltraummissionen herzustellen und zusammenzubauen. Wir entwickeln smarte Fertigungstechnologien, um die Zuverlässigkeit der Hardware und deren Robustheit weiter zu maximieren und so unseren Teil zu erfolgreichen Weltraummissionen beizutragen. Dabei kommt es auch auf die Zuverlässigkeit der Komponenten und ihren Zusammenbau an. Daher integrieren wir ein Qualitätsmanagement und begleiten die Entwicklung von Komponenten und Lasersystemen von Anfang an. Wir prüfen und optimieren kleinschrittig Design und Funktion von Komponenten und Baugruppen bis hin zum Flugmodell, für äußerste Zuverlässigkeit und eine kurze Entwicklungsdauer.

Wir forschen außerdem daran, direkt im Weltraum mit dort vorhandenen Rohstoffen zu arbeiten, um etwa Bauteile oder Strukturen herzustellen oder zu reparieren. Unsere Kenntnisse aus der Produktionstechnik übertragen wir auf die Bedingungen im Weltraum und erweitern damit das Grundlagenverständnis. Dafür steht uns unter anderem der Einstein-Elevator des Hannover Institute of Technology (HITec) zur Verfügung, ein Fallturm neuester Generation, in dem wir Tests unter unterschiedlichen Gravitationsbedingungen durchführen können.



## UNSERE FORSCHUNG



### WELTRAUMGERECHTE DESIGNS

- Angepasstes Laserdesign
- Opto-mechanische Analysen
- Machbarkeitsstudien



### LASERSYSTEME

- LIBS
- 3D-Druck
- Gravitationswellendetektion
- Optische Kommunikation
- LIDAR
- Massenspektroskopie



### TECHNOLOGIEN FÜR FLUGHARDWARE

- Klebefreie Aufbau- und Verbindungstechnik
- Optische Beschichtungen
- Faserkomponenten
- Kontaminationsmanagement
- Additive Fertigung
- Laser-Mikrobearbeitung



### QUALIFIZIERUNG

- Testdesign
- Optikqualifizierung
- Umwelttests
- Inspektion mit  $\mu$ CT
- Einstein-Elevator



### PRODUKTIONSTECHNIK IM WELTRAUM

- Additive Fertigung
- Metallbearbeitung



#### KONTAKT

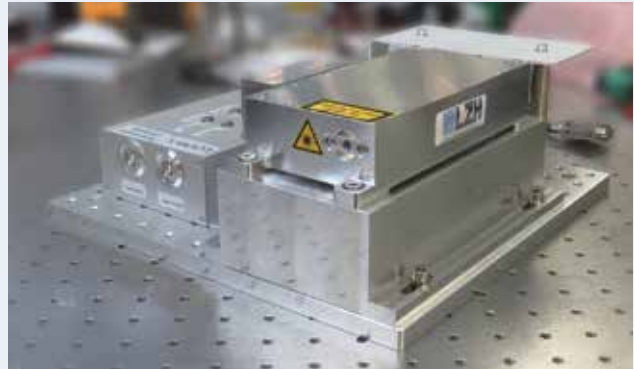
Dr. rer. nat. Jörg Neumann  
Tel.: +49 511 2788 -210  
E-Mail: j.neumann@lzh.de

## UNSERE PROJEKTE

### WASSERSUCHE AUF DEM MOND

In den Polarregionen des Mondes ist die Wahrscheinlichkeit, Wasser oder andere flüchtige Bestandteile zu finden, am höchsten, da diese dort gefroren vorliegen. Um diese nachweisen zu können, hat das LZH im Projekt **LUVMI-X** einen speziellen Laser entwickelt. Eingesetzt werden soll dieser in einem „Laser-induced breakdown spectroscopy“ (LIBS). Das wiederum wird in dem „Volatile Identification by Laser Ablation“ -Messinstrument (kurz VOILA) zum Einsatz kommen, das in Zusammenarbeit mit dem Institut für Optische Sensorsysteme des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) und der OHB System AG entstanden ist. Die Laserstrahlung des Instruments zerlegt Moleküle in ihre Atome. Dabei entsteht ein Plasma und die Atome senden ein für sie charakteristisches Spektrum aus. Das Spektrum dieses Plasmas lässt sich daraufhin mit Spektren bekannter atomarer Zusammensetzungen vergleichen und so die Elemente in der Probe bestimmen.

Damit ein Laser für einen Einsatz auf dem Mond geeignet ist, muss er spezielle Anforderungen erfüllen. In extrem kalten Gebieten mit Temperaturen von deutlich weniger als  $-100^{\circ}\text{C}$  muss er zuverlässig funktionieren – solche Temperaturen sind für herkömmliche Lasersysteme äußerst problematisch. Für den Transport mit einer Mondrakete muss er klein und kompakt sein, außerdem sehr robust, damit er bei den starken Vibrationen beim Raketenstart keinen Schaden nimmt. Um einen solchen Laser zu verwirklichen, wurde zunächst in einer Laborkonzeptstudie das Laserdesign erstellt. Anschließend fertigten die Wissenschaftler:innen des LZH ein Modell des Lasers an, welches das Institut für Optische Sensorsysteme des DLR in ein Demonstrator-Modell des VOILA-Instruments einbaute, um die grundsätzliche Funktionalität eines solchen



Mit diesem Laser des LZH soll das VOILA-Messinstrument zukünftig auf dem Mond nach Wasser suchen können. (Foto: LZH)

Instruments zu überprüfen. Dieses konnte dann an Regolithsimulat, einem Stoff, der dem Mondstaub sehr nahekommt, die gewünschten Messdaten erzeugen.

Um herauszufinden welche Komponenten für ein zukünftiges Flugmodell geeignet sind, haben die LZH-Wissenschaftler:innen zusammen mit der OHB System AG an verschiedenen Laserkomponenten Tieftemperaturtests mit Temperaturen von bis zu  $-140^{\circ}\text{C}$  durchgeführt. Langfristiges Ziel ist es, das VOILA-Lasersystem in einen Mond-Rover zu integrieren. Der Plan dafür existiert bereits, das Konzept für ein Laser-Flugmodell-Design stellt sicher, dass der geplante Laser auch wirklich in das verfügbare Volumen auf dem Mond-Rover hineinpasst. Das Projekt „Lunar Volatile Mobile Instrumentation Extended“ (LUVMI-X) wurde gefördert von der Europäischen Union im Rahmen des Förderprogramms Horizon 2020.

### LASERSCHMELZEN VON EXTRAPLANETAREM GESTEIN UNTER MONDBEDINGUNGEN

Für die Erkundung des Weltraums wird es zukünftig notwendig sein, auf anderen Planeten oder Himmelskörpern Anlagen, Habitate oder Infrastruktur zu errichten. Auf dem Mond kommt pulverförmiger, mineralischer Regolith in großen Mengen vor. Im Projekt **REGOLITH** arbeitet das LZH daran, dieses Rohmaterial auf dem Mond nutzbar zu machen. Auf diese Art können Transportkosten deutlich verringert werden. In ersten Voruntersuchungen konnte gezeigt werden, dass dieses mit der laserbasierten Additiven Fertigung im Pulverbett (LPBF) möglich ist. In dem von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Projekt erforschen die Wissenschaftler:innen nun den genauen Einfluss von verringerter (Mond-)Gravitation und Vakuum auf den Prozess. Damit wollen sie den Grundstein legen, um perspektivisch Infrastruktur direkt auf dem Mond bauen zu können.



Regolith wird durch das LPBF-Verfahren zu einem glasartigen Material aufgeschmolzen. (Foto: LZH)



## SMARTE LEBENSWISSENSCHAFTEN

Ob hochauflösende Bildgebung, schonende und präzise Laserbehandlung, digitales Screening oder individualisierte Medizintechnik – wir arbeiten an smarten Lösungen für die zukünftigen Fragestellungen in den Lebenswissenschaften und der Biomedizin. Dazu gehören Systeme für das Hochdurchsatzscreening genauso wie neuartige Lichtquellen für eine hochauflösende Bildgebung direkt im Operationssaal. Außerdem beschäftigen wir uns mit der Herstellung patientenindividueller Implantate sowie mit der Funktionalisierung von Implantatoberflächen. Mit unserer Forschung wollen wir individuelle, sichere und neuartige Behandlungsmethoden ermöglichen und etablieren.

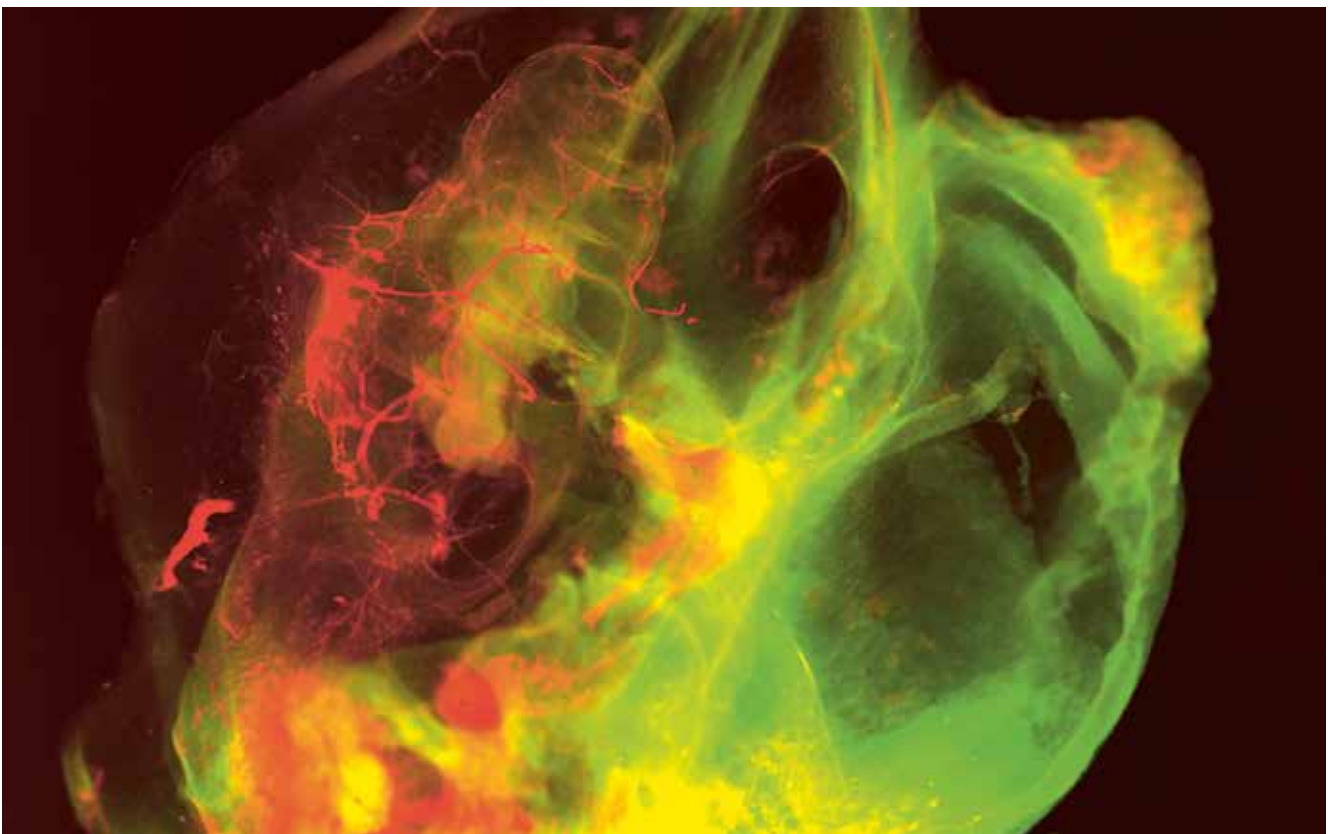
Smarte Lasermedizin ermöglicht intelligente Steuerungen, die den Arzt optimal unterstützen und im besten Falle Operations- und Behandlungszeiten verkürzen. Wir entwickeln innovative, laser- oder lichtbasierte Behandlungsmethoden und übertragen sie in die Praxis – denn Lasermedizin ermöglicht die äußerst schonende Behandlung von Gewebe und damit minimal-invasive individuelle Therapien für die Patient:innen. Neben der praktischen Forschung und Entwicklung beraten und begleiten wir bei der Zulassung von Medizinprodukten und In-vitro-Diagnostika (Stichwort „Regulatory Affairs“).

Im Bereich Bildgebung und Analyseverfahren arbeiten wir mit und an verschiedenen Methoden und Verfahren. Mit kombinierten Verfahren können wir Proben über verschiedene Skalen hinweg darstellen, analysieren und korrelieren. Nicht nur können wir so

Aussagen über einzelne Zellen und den Zellverband machen, sondern auch ihre Beziehung zu den umliegenden Geweben darstellen. Zudem ist es uns möglich, mit der Optischen Kohärenztomographie (OCT) Gewebe in Bewegung zu untersuchen. Dabei liegt unser Fokus auch darauf, Bildgebung in (bestehende) Workflows einzubauen. Uns stehen zudem ein Rasterelektronenmikroskop (REM) und ein Computertomograf auf der Nanoskala (Nano-CT) zur Verfügung.

### SMARTE LÖSUNGEN FÜR BIOPHOTONIK UND MEDIZINTECHNIK

Der Einsatz von Licht in der Biologie eröffnet neue Möglichkeiten in der Forschung, aber auch für die Behandlung von Krankheiten. Im Bereich der Biophotonik können wir Materialien und Zellen manipulieren und präzise steuern. Digitale Prozesse und Automatisierung erlauben dabei einen hohen Durchsatz bei hoher Reproduzierbarkeit. Wir entwickeln smarte Methoden und Protokolle, aber arbeiten auch an der Entwicklung ganzer Systeme für die Anwendung in Forschung und Industrie. Im Bereich Medizintechnik arbeiten wir an Verfahren für den 3D-Druck, beschäftigen uns mit den Auswirkungen von Laserstrahlung auf Materialien für Medizintechnikprodukte und entwickeln Strukturierungen, die Produkten wie Implantaten neue Eigenschaften geben.

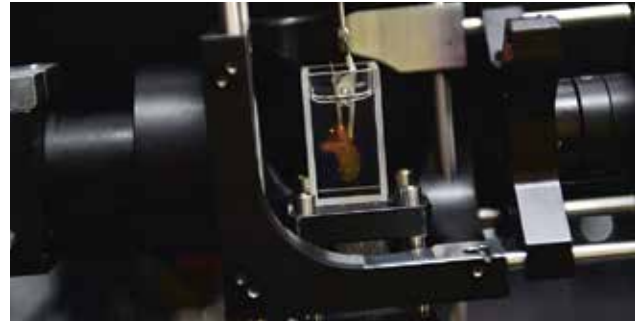


## UNSERE FORSCHUNG



### LASERMEDIZIN

- Ophthalmologie
- Laserchirurgie



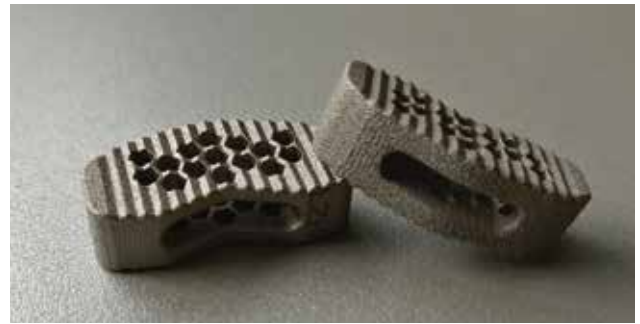
### ANALYSEVERFAHREN UND BILDGEBUNG

- Optische Tomographie
- Laser-Mikroskopie-Verfahren
- Laser für Imaging
- Spektroskopische Verfahren



### BIOPHOTONIK

- Manipulation von (Bio-) Materialien
- Zellmanipulation
- Verfahrensentwicklung
- Optogenetik



### MEDIZINTECHNIK

- Individuelle Implantate
- Individuelle Hilfsmittel
- Oberflächenstrukturierung
- Werkstoffe & Herstellungsverfahren



### REGULATORY AFFAIRS

- Beratung zu Regulatory Affairs
- Begleitung von klinischen Studien und Prüfungen



#### KONTAKT

Dr. rer. nat. Tammo Ripken

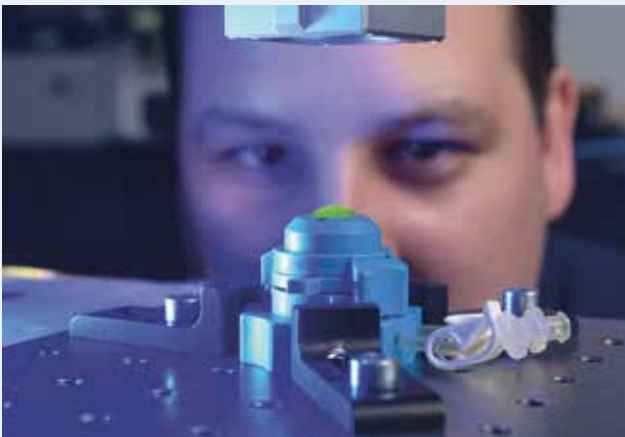
Tel.: +49 511 2788 -228

E-Mail: [t.ripken@lzh.de](mailto:t.ripken@lzh.de)

## UNSERE PROJEKTE

### AUGENKRANKHEIT KERATOKONUS ZUKÜNFTIG MIT FS-LASERN BEHANDELN

Bei der Augenkrankheit Keratokonus wird die Hornhaut stetig dünner, verliert an Steifigkeit und wölbt sich kegelartig nach vorne. Im Projekt **FEM2CXL** (Femto-Cross-Linking) arbeiten die Wissenschaftler:innen des LZH daran, das Behandlungsspektrum dieser Erkrankung durch Bestrahlung mittels Femtosekundenlaser (fs-Laser) zu erweitern.



*Unnötige Operationen vermeiden: Im Projekt FEM2CXL haben Wissenschaftler:innen erforscht, wie Keratokonus mit dem fs-Laser behandelt werden kann. (Foto: LZH)*

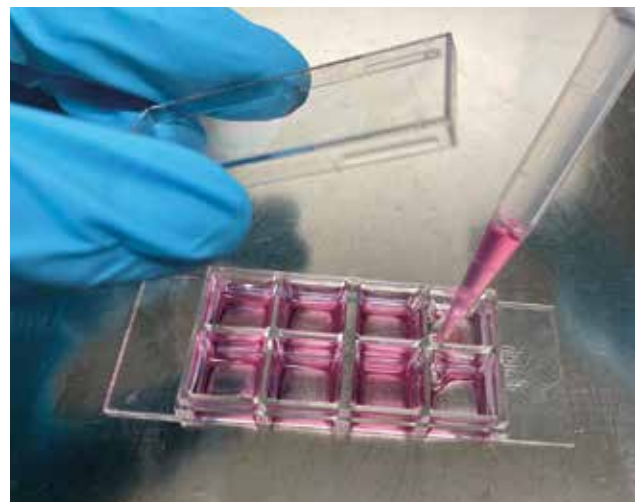
An Keratokonus erkrankte Personen verlieren an Sehschärfe, eventuell bis fast zur Erblindung. Die bisher einzige Behandlungsmöglichkeit, neben der üblichen Hornhauttransplantation, ist das UV-Crosslinking-Verfahren. Dabei wird mit Hilfe von UV-Licht das B2-Vitamin Riboflavin aktiviert, welches wiederum die Kollagenfasern im Auge quervernetzt. Damit Schäden an der Netzhaut

möglichst gering bleiben, ist diese Therapie jedoch nur bei einer bestimmten verbleibenden Mindestdicke der Hornhaut möglich. Um die sichere UV-Behandlung auch im fortgeschrittenen Krankheitsstadium zu erlauben, haben die Wissenschaftler:innen des LZH das bisherige Protokoll angepasst. Gemeinsam mit den Partnern aus Industrie und Klinik konnten die neuen Protokolle bereits wirksam und augensicher am Modellauge etabliert werden. Außerdem haben die Partner einen fs-Laser getestet, um die örtliche Auflösung und die lokale Eindringtiefe zu erhöhen. Eine vom Partner entwickelte Simulationssoftware ermöglicht, das Ergebnis der Behandlung mit dem fs-Laser patientenindividuell vorherzusagen. So könnten unnötige Operationen zukünftig vermieden werden. Nun müssen klinische Studien folgen, um zu zeigen, ob die neuen Protokolle auch in der Praxis den erwünschten Mehrwert bringen.

Das LZH Projekt „Bestimmung der Riboflavin-Konzentration mittels Multiphotonenmikroskopie und Messung der mechanisch-biomechanischen Eigenschaften der Kornea“ war Teil des Verbundprojekts „Neue Ansätze zur Hornhautvernetzung durch ultraviolettes Licht und Femtosekundenlaser in Kombination mit Finite-Elemente-Modellierung (FEM2CXL)“, welches im Rahmen von EUROSTARS Eureka durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert wurde. Beteiligt waren neben dem LZH die ROWIAK GmbH, Hannover, eine Ausgründung des LZH, sowie die Optimo Medical AG und das Inselspital, Bern, Schweiz.

### ZELLEN MIT PHOTOCROSSLINKERN SELEKTIV PLATZIEREN

Die Wirkung von aktiven Substanzen auf Zellen genauer untersuchen zu können, das ist das Ziel des Projekts **MaKo-Zell**. Dazu arbeiten die Wissenschaftler:innen des LZH an einer Methode, die es ermöglicht, Zellen auf einer Zellkulturoberfläche ausschließlich an ausgesuchten Stellen wachsen zu lassen. Zusammen mit der ibidi GmbH aus Gräfelfing und der Ella Biotech GmbH aus Fürstentfeldbruck verwenden sie dafür neuartige Photovernetzer, sogenannte Photocrosslinker. Diese können Moleküle binden, an welche wiederum Zellen anheften können. Mit einer Belichtungs- maske werden die Flächen angesteuert, auf denen die Crosslinker, und damit die Zellen, haften bleiben sollen. Interessant ist dies zum Beispiel, um die Wirkung von chemischen Substanzen auf verschiedene Zelltypen zu untersuchen. Das Projekt wird gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung.



*In MaKo-Zell wird an einer Methode geforscht, mit der sich exakt steuern lässt, wo sich welche Zellen auf einer Oberfläche ansiedeln. (Foto: LZH)*

## SMARTE AGRARTECHNIK



Für smarte Agrartechnik forschen wir an Lösungen für Landwirtschaft und Lebensmittelproduktion. Mit dem Laser lassen sich Themen wie Unkrautmanagement, die Bekämpfung von Schädlingen und die Lebensmittelverarbeitung komplett neu denken. Unser Ziel ist es, den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln zu reduzieren, die Effizienz zu erhöhen und mehr Lebensmittelsicherheit zu erreichen. Wir forschen an der Kombination von Bildgebung und maschinellem Lernen, um Pflanzen und Schädlinge präzise zu erkennen und gegebenenfalls unschädlich zu machen. Wir beschäftigen uns außerdem mit der Desinfektion und Markierung von Lebensmitteln und bringen den Mehrwert des Lasers in die Produktion und Individualisierung von Landmaschinen ein.

Smarter Pflanzenschutz ermöglicht es, Herbizide zu reduzieren oder ganz unnötig zu machen. Dazu forschen wir an der gesamten Prozesskette von der Erkennung von Pflanzen bis zu deren Unschädlichmachung und führen die Schritte in praxistauglichen Systemen zusammen. So soll je nach Anwendung ein angepasstes Bearbeitungsgerät entstehen. In der Pflanzenproduktion erlaubt der Einsatz lichtbasierter Methoden neuartige, nachhaltige und chemiefreie Ansätze. Die Behandlung von Saatgut oder Pflanzen mittels Laser kann etwa die Keimung oder die Bildung von sekundären Pflanzenstoffen beeinflussen. Wir entwickeln Prozesse und Systeme für das präzise Vereinzeln oder Ausdünnen von Pflanzen und Blüten, beschäftigen uns aber auch mit technischen Aspekten wie der Entwicklung von smarten Bewässerungsanlagen. Ein Ziel unserer smarten Agrartechnik ist es, Pflanzen vor Insekten und anderen tierischen Schädlingen schützen – ohne

dabei den Nützlingen zu schaden. Dazu kombinieren wir neuartige Bildgebungstechnologien mit künstlicher Intelligenz. Durch diesen Ansatz sollen innovative Systeme Schädlinge im Pflanzenbau gezielt erkennen und korrekt bestimmen. Wir arbeiten an den dahinterliegenden Prozessen, (autonomen) Systemen und an der Integration in die Prozesse vor Ort.

### DAS ZIEL: MEHR NACHHALTIGKEIT IN LANDBEWIRTSCHAFTUNG UND LEBENSMITTELVERARBEITUNG

Lasertechnologie lässt sich auch im Bereich Landmaschinentechnik vielfältig einsetzen. Mit smarter Landmaschinentechnik werden intelligente Zukunftskonzepte für eine ressourceneffiziente Bewirtschaftung möglich. Wir arbeiten daran, neue Materialien für die Be- und Verarbeitung in der Landmaschinentechnik einzusetzen. Außerdem beschäftigen wir uns mit der laserbasierten Additiven Fertigung von individuell an Einsatz und Nutzer zugeschnittenen Bauteilen, sowie mit der Reparatur und dem Verschleißschutz von hochbelasteten Teilen. Um eine nachhaltige, digitalisierte Lebensmittelverarbeitung zu ermöglichen, forschen wir daran, mit smarten laserbasierten Prozessen Lebensmittel zu veredeln, weiter zu bearbeiten oder zu markieren. Weiterhin arbeiten wir daran, smarte Lasertechnologie zu nutzen, um pathogene Keime in der Fleischindustrie zu reduzieren, um alternative Betäubungsmethoden zu etablieren oder um Lebensmittelsicherheit zu garantieren.

## UNSERE FORSCHUNG



### PFLANZENSCHUTZ

- Detektion und Prozesssteuerung
- Unkrautmanagement
- Werkzeugbau und Systemintegration
- Pflanzenkontrolle



### PFLANZENPRODUKTION

- Saatgutqualität und Pflanzenproduktion
- Urban Farming/Bewässerung
- Lasertool für Pflanzenzüchtung



### FERTIGUNG FÜR DIE LANDTECHNIK

- Leichtbau
- Anlagen und Systemkomponente
- Reparatur und Verschleißschutz
- Lasersicherheit im Außenbereich



### INSEKTEN UND SCHÄDLINGE

- Schädlingsabwehr
- Monitoring



### LEBENSMITTELVERARBEITUNG

- Desinfektion
- Markierungen
- Schlachttechnik



#### KONTAKT

Dr. rer. nat. Tammo Ripken

Tel.: +49 511 2788 -228

E-Mail: [t.ripken@lzh.de](mailto:t.ripken@lzh.de)

## UNSERE PROJEKTE

### MIT DEM LASER GEGEN UNKRAUT

Das LZH arbeitet an einem neuen Ansatz für die Unkrautbekämpfung in der Pflanzenproduktion. Statt Herbizide nach dem Gießkannenprinzip auszubringen, wollen die Wissenschaftler:innen Unkraut physikalisch bekämpfen: Ein Laser soll das empfindliche Wachstumszentrum von störenden Schädlingen veröden. Ziel ist dabei, weniger Herbizide auf Anbauflächen auszubringen und Unkräuter selektiv durch Laserstrahlung unschädlich zu machen.

Der verringerte Einsatz von Herbiziden ist dabei nicht der einzige Vorteil: Pflanzen können zum einen keine Resistenzen gegen die Laserstrahlung entwickeln. Zum anderen schadet die Laserstrahlung – im Gegensatz zum Herbizideinsatz – nicht den nützlichen Beikräutern und Insekten.

Im Oktober 2021 konnten die Wissenschaftler:innen des LZH das erste größere Projekt im Bereich laserbasierte Unkrautbekämpfung abschließen. Im Projekt **NUBELA** haben sie ein robustes, feldtaugliches und sicheres Laserapplikationssystem entwickelt. In der letzten Projektphase konnte der Demonstrator erfolgreich bei einem ökologischen Gemüsebaubetrieb getestet werden. Dieser Demonstrator ermöglicht nun eine bereits teilautomatisierte Unkrautbehandlung: Über ein Kamerasystem wird ein Bereich unter dem Demonstrator aufgenommen. Die zu behandelnden Unkräuter können dann per Mausklick vom Nutzer ausgewählt werden und ein Laser verödet dann vollautomatisch das Wachstumszentrum der Einzelpflanzen.



*Stark in der Unkrautbekämpfung: Der Demonstrator des LZH macht Unkraut mit dem Laser unschädlich. (Foto: LZH)*

In weiteren Projekten baut das LZH auf dem Erfolg von NUBELA auf und will den Prozess mittels künstlicher Intelligenz vollständig automatisieren. Ziel ist außerdem, die Technologie in Landmaschinenteknik und Robotik zu integrieren. Damit wollen die Wissenschaftler:innen in naher Zukunft auf den Anbauflächen ungewolltes Beikraut optisch erkennen und die Unkrautpflanzen automatisiert präzise veröden. Das LZH will die Technologie möglichst schnell zur Marktreife bringen.

Gefördert wurde das Projekt NUBELA von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU). Neben dem LZH waren an dem Projekt die Firmen LASER on demand, eine Ausgründung des LZH, und IPG Laser als Kooperationspartner beteiligt.

### INTELLIGENTE LICHTFALLE ERKENNT UND ELIMINIERT SCHÄDLINGE

Zur Früherkennung bzw. Bekämpfung von Schadinsekten werden in Gewächshäusern häufig Gelbtafeln eingesetzt. Jedoch bleiben an deren Leimanstrich ungewollt oft auch nützliche Tiere haften. Im Projekt **LichtFalle** arbeiten Wissenschaftler:innen des LZH daher zusammen mit der Leibniz Universität Hannover, der DH Licht GmbH und der Götting KG an einer mobilen LED-Laser-Kombifalle, die zwischen Schädlingen und Nützlingen unterscheiden kann. Die Idee: Ein Insekt wird durch eine LED-Lichttafel angelockt. Nur wenn ein Kamerasystem in Kombination mit einem Algorithmus das Insekt als Schädling identifiziert, gibt die Lichtfalle einen Laserpuls frei, der das Insekt dann unschädlich macht. So können Schadinsekten selektiv angelockt, bekämpft und die übrigen Insekten geschont werden. Das Projekt ist Teil des Vernetzungs- und Transfervorhabens HortiCo 4.0 und wird gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft.



*Schädlingsbekämpfung, ohne Nützlingen zu schaden: Darum geht es im Projekt LichtFalle. (Foto: LZH)*

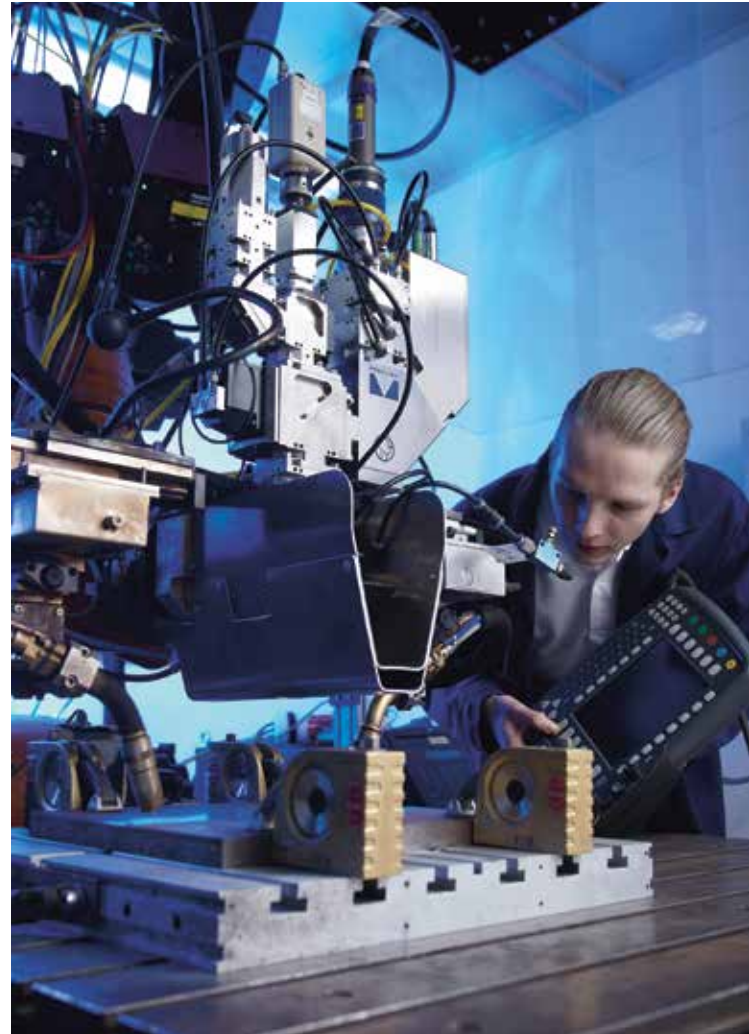
# SMARTE PRODUKTION

Die Produktion der Zukunft ist digital, vernetzt und ermöglicht eine Prozessüberwachung in Echtzeit. Unsere Smarte Produktion mit dem Laser ist zudem energieeffizient und ressourcenschonend. Die Lasermaterialbearbeitung erlaubt innovative Fertigungsmethoden und vernetzte Prozesse. Wir arbeiten mit den verschiedensten Materialien, vom großskaligen Bereich bis in den Nanometerbereich der Mikrobearbeitung, vom klassischen Maschinenbau bis zur Halbleiterproduktion.

Im Vergleich zu konventionellen Verfahren können Prozesse mit dem Laser energieschonender und zeitsparender sein oder vollkommen neue Ansätze ermöglichen. Wir entwickeln neuartige Prozesse für die Laserbearbeitung von Metall und kombinieren sie mit Überwachungs- und Regelungsverfahren. Viele beschriebene Verfahren entwickeln wir ebenso für den Unterwassereinsatz. Wir arbeiten an innovativen, automatisch gesteuerten Prozessen für das Laserstrahlschweißen vom Dünn- bis zum Dickblechbereich genauso wie am intelligenten Trennen von Folien. Ob Härten, Legieren, Dispergieren, Strukturieren und Funktionalisieren – wir automatisieren und optimieren mit unseren Laserbearbeitungsprozessen.

Bei der Bearbeitung von Kunststoffen und Verbundwerkstoffen spielt der Laser zahlreiche seiner Vorteile aus: Er arbeitet berührungslos, hat minimalen Verschleiß, der Wärmeeintrag lässt sich sehr genau regulieren und die Prozesse sind automatisierbar. Wir entwickeln laserbasierte Prozesse zum Fügen von Kunststoffen und Verbundwerkstoffen sowie zum Bohren und Schneiden von kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff (eng. CFK) und Sandwich-Strukturen. Außerdem arbeiten wir am Fügen sowohl von artgleichen als auch artfremden Mischverbindungen, wie etwa Metall an Kunststoff sowie an Prozessen für die Oberflächenbearbeitung im Zentimeter- bis Nanometerbereich.

Wir forschen zudem an der Laserbearbeitung von Glas und Keramik. Der Werkstoff Glas besitzt herausfordernde Materialeigenschaften, wodurch viele Prozesse zur Herstellung von Bauteilen noch in Handarbeit durchgeführt werden. Für die Nachbearbeitung von Glasbauteilen ist der Laser bereits häufig etabliert. Wir möchten durch Prozesskontrolle und -regelung auch die Glasverarbeitung automatisierbar und reproduzierbar machen. Um Medikamente oder andere Produkte fälschungssicher zu markieren, entwickeln wir spezielle Sicherheitsmarkierungen auf Glas, beispielsweise in Form von Beugungsstrukturen. Der Laser ermöglicht die dreidimensionale Bearbeitung von Glas- und Keramikoberflächen.

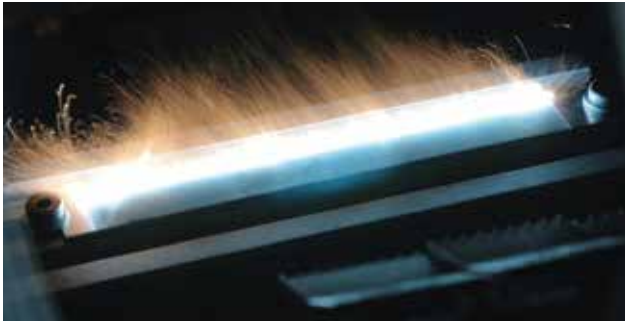


## SELBSTLERNENDE PROZESS- STEUERUNGALGORITHMEN FÜR DIE PRODUKTION DER ZUKUNFT

Neben der Prozessentwicklung entwerfen und fertigen wir auch die entsprechende Anlagen- und Systemtechnik. Unsere Bearbeitungsköpfe sind maßgeschneidert auf bestimmte Anwendungen oder ermöglichen kommerziell bisher nicht etablierte Einsätze. Wir integrieren Komponenten und Steuerungen zu kompletten Anlagen. Dabei legen wir einen besonderen Fokus auf die Arbeits- und Lasersicherheit und die Integrationsfähigkeit in automatische Prozessabläufe.

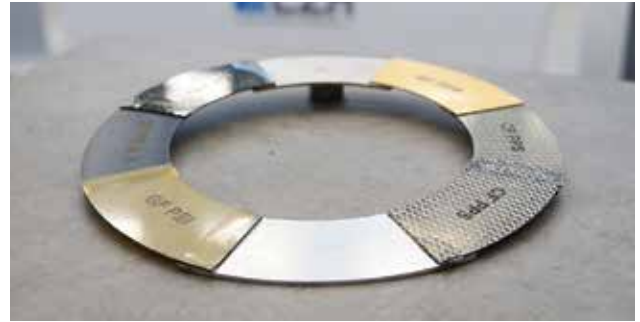
Unser Ziel ist eine Produktion ohne Ausschuss mit maximaler Geschwindigkeit und Bauteilqualität, sogar für die individuelle Einzelteilerfertigung – ohne aufwändige Prozessentwicklung. Dafür vernetzen wir Verfahren mit Überwachungsmethoden, entwickeln selbstlernende Prozesssteuerungs- und -regelungsalgorithmen und integrieren sie in vorhandene Bearbeitungsanlagen. Die Qualität der Bauteile sichern wir zusätzlich durch klassische Analysen ab.

## UNSERE FORSCHUNG



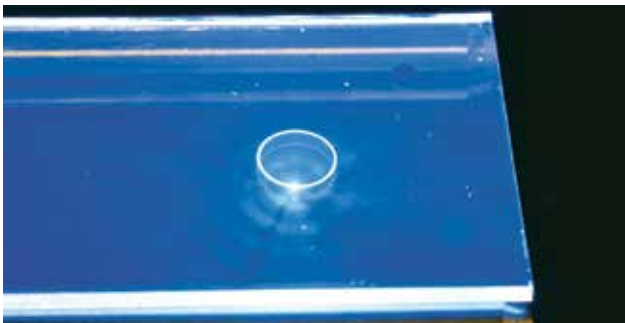
### LASERBEARBEITUNG VON METALL

- Fügen
- Trennen
- Oberflächenbearbeitung
- Mischverbindungen



### LASERMATERIALBEARBEITUNG VON KUNSTSTOFF UND VERBUNDWERKSTOFF

- Fügen
- Trennen und Bohren
- Oberflächenbearbeitung
- Mischverbindungen



### LASERBEARBEITUNG VON GLAS UND KERAMIK

- Fügen
- Trennen und Bohren
- Oberflächenbearbeitung
- Formabtrag und Bearbeitung im Volumen



### ANLAGEN- UND SYSTEMTECHNIK

- Bearbeitungsköpfe
- Sondermaschinenbau
- Prozessparallelisierung
- Sicherheitstechnik



### PROZESSÜBERWACHUNG UND QUALITÄTSSICHERUNG

- Selbstlernende Systeme/KI
- Schnelle Steuerungs- und Regelungstechnik
- Prozesssensorik
- Charakterisierung und Analyse



#### KONTAKT

Dr.-Ing. Peter Jäschke  
Tel.: +49 511 2788 -432  
E-Mail: p.jaeschke@lzh.de



## UNSERE PROJEKTE

### MULTIFOKAL-ANWENDUNG FÜR GROSSE ANBINDUNGSFLÄCHEN BEIM KUNSTSTOFFSCHWEISSEN

Laserschweißverfahren für Kunststoffbauteile werden bisher vor allem dafür eingesetzt, schmale Schweißnähte zu erzeugen, etwa für das Verschweißen von elektronischen Komponenten. Bei größeren Anbindungsflächen fehlt bisher die Möglichkeit, die Intensitätsverteilung anzupassen. Relevant ist dies insbesondere bei Kurven: Im äußeren Bereich der Kurve wird bei einem klassischen Ansatz zu wenig, im inneren Bereich zu viel Energie eingebracht. Im Projekt **MULTISPOT** hat das LZH zusammen mit vier kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) sowie mit zwei assoziierten Partnern ein neues Verfahren entwickelt, um das Kunststofffügen über große Flächen zu ermöglichen. Interessant ist dies unter anderem für den Automobilbau.



Dieser neuartige Schweißkopf macht großflächige Anbindungen von Kunststoff an Kunststoff und Kunststoff an Metall möglich. (Foto: LZH)

Dazu hat die neoLASE GmbH mit der Unterstützung der COHERENT Inc. eine Diodeneinheit mit neun einzeln ansteuerbaren fasergekoppelten Diodenmodulen entwickelt. Das Besondere: Die Laserleistung der Spots kann unabhängig voneinander eingestellt und

die Intensitätsverteilung angepasst werden. Notwendig für den Prozess ist eine speziell entwickelte Optik der Sill Optics GmbH & Co. KG. Die Temperatur in der Schweißnaht lässt sich nun je nach lokaler Dicke und Beschaffenheit des Materials sowie die Schweißnahtgeometrie gezielt einstellen. Die LMB Automation GmbH hat die Komponenten in einem Schweißkopf vereint. Möglich wurde die Entwicklung erst durch ein Messgerät der PRIMES GmbH, mit dem sich erstmalig multifokale Optiken vermessen lassen.

Den Prozess für den neuen Schweißkopf haben die Wissenschaftler:innen des LZH entwickelt. Für eine optimale Anbindung von Kunststoff an Metall strukturieren sie das Metall vorab. Danach erhitzen sie das Metall des Werkstücks so stark, dass der Kunststoff über eine Wärmeleitung aufschmilzt und sich fest mit dem Metall verbindet. Mit dem Prozess konnten sie erfolgreich Türelemente aus Kunststoff an einen metallenen Rahmen fügen.

Wichtig für den Einsatz in der Serienproduktion, zum Beispiel im Automobilbau, ist die Automatisierbarkeit des Prozesses. Dafür haben die Wissenschaftler:innen zusammen mit der LMB Automation GmbH Konzepte für den Einsatz des Schweißkopfs auf einem Roboterarm entwickelt und notwendige Software-Programme geschrieben. Dadurch kann das vorgegebene Laserleistungsprofil beim Verfahren des Roboterarms exakt eingehalten werden. Die Volkswagen AG hat bei der praktischen Umsetzung unterstützt und Demonstratorteile zur Verfügung gestellt.

Gefördert wurde das Projekt vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen von KMU-innovativ.

### VISION: SCHWEISSEN IM WELTRAUM

Um Raumstationen auszustatten, müssen momentan noch vollständig montierte Baugruppen in den Weltraum transportiert werden. Dies beansprucht Laderaum und führt zu hohen Treibstoffkosten. Die Vision: mit Hilfe des Laserstrahlschweißens Anbau- oder Ersatzteile direkt vor Ort aneinanderfügen. Statt gesamte Baugruppen auszutauschen, könnten bestehende Ausstattungen flexibel erweitert, modifiziert oder repariert werden. Spannender Ausblick: In dem DFG-geförderten Projekt **µg-Schweißen** (Laserstrahlschweißen unter Mikrogravitation) werden Wissenschaftler:innen des LZH ab 2022 daher den Einfluss der Gravitation auf Laserschweißprozesse und insbesondere das Schmelzbadverhalten untersuchen. Das Ziel ist es, die Bedingungen für das Laserstrahlschweißen in Schwerelosigkeit besser zu verstehen – und langfristig der Einsatz im Weltraum.



Im Einstein-Elevator der Leibniz Universität Hannover sollen die Versuche zum Schweißen unter Mikrogravitation stattfinden. (Foto: LUH/Marie-Luise Kolb)

## SMART ADDITIV

Additive Fertigung ermöglicht neue Herangehensweisen an die Produktion. Sie erlaubt neuartige Formen und Funktionen. Am LZH entwickeln und optimieren wir Prozesse für die Additive Fertigung beständig weiter, erschließen Technologien zur Verarbeitung neuer Materialien und ermöglichen es damit, additive Fertigungsprozesse in der Produktion zu etablieren. Wir automatisieren Prozesse und Prozessketten und integrieren diese in bestehende Systeme. Dabei arbeiten wir auch an intelligenten Prozessüberwachungen, um mit dem Einsatz von digitalen Zwillingen und künstlicher Intelligenz Korrekturen im laufenden Druckprozess vornehmen zu können – denn wir wollen die Additive Fertigung smart machen.

Laser-additiv gefertigte Bauteile aus Metall sind robust und haben ähnliche, teilweise sogar höhere Festigkeiten als konventionell gefertigte Bauteile. Mit geschickter Konstruktion und Funktionsintegration können Material, Zeit und Aufwand minimiert werden. Wir arbeiten dabei sowohl mit den bekannten Pulver- und Draht-basierten Verfahren als auch an neuartigen Verfahrens- und Werkstoffkombinationen. Additive Fertigung mit Polymeren und Kunststoffen wird bereits industriell eingesetzt, birgt aber noch enormes Potential. Wir optimieren Prozesse, um neue Einsatzmöglichkeiten zu erschließen, und arbeiten daran, neue Werkstoffe zu etablieren, um beispielsweise den Kunststoff-Druck nachhaltiger zu gestalten. Auch die Additive Fertigung von Glas und Keramik eröffnet viele Möglichkeiten. Hier werden zukünftig neue Anwendungsfelder erschlossen, beispielsweise im chemischen Apparatebau, der Architektur oder der Optik. Wir arbeiten deshalb an der Weiterentwicklung der Fertigungsprozesse, um reproduzier- und automatisierbare Glaskomponenten mit einer hohen Komplexität und optischen Qualität herzustellen.



## SMARTE KONSTRUKTION TRIFFT AUF INTELLIGENTE PROZESS-ÜBERWACHUNG

Mit den Möglichkeiten der generativen Fertigungsverfahren kann die Bauteilkonstruktion neu gedacht werden. Doch nicht jedes Design eignet sich für die Additive Fertigung. Wir entwickeln smarte Konstruktionsansätze und optimieren Bauteile, die die Möglichkeiten der Additiven Fertigung voll ausschöpfen. Da Prozesse häufig nur so gut sind wie die Systeme, auf denen sie laufen, entwickeln wir Anlagen- und Systemtechnik immer mit Blick auf konkrete Anwendungen, die Fähigkeit zur Integration in bestehende Anlagen und die Industriereife. Unser Spektrum reicht dabei von einzelnen Systemkomponenten bis hin zu Anlagenkomponenten oder kompletten Maschinen.

Für eine Produktion, die möglichst ohne Fehler und Ausschuss läuft, forschen wir an smarter Prozessüberwachung mit Echtzeit-Regelung. Dadurch soll die Additive Fertigung verlässlicher, kostengünstiger und somit noch attraktiver werden. Wir nutzen zerstörungsfreie Charakterisierungs- und Analysemethoden,

können damit Bauteile mit ihrem digitalen Zwilling abgleichen und mit Hilfe von künstlicher Intelligenz Prozesse weiter verbessern. Die Prozessüberwachung und Qualitätssicherung ist damit ein wesentlicher Teil unserer Forschung für die „First-Time-Right“-Strategie.



### KONTAKT

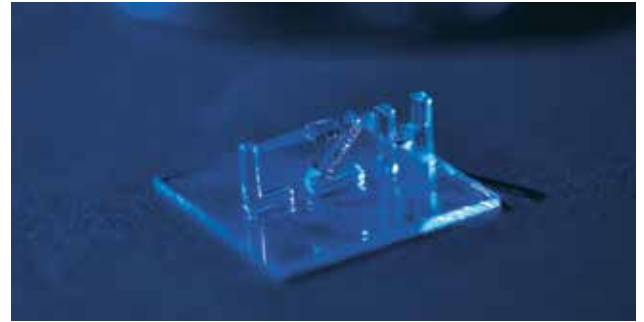
Dr.-Ing. SFI Jörg Hermsdorf  
Tel.: +49 511 2788 -370  
E-Mail: [j.hermsdorf@lzh.de](mailto:j.hermsdorf@lzh.de)

# UNSERE FORSCHUNG



## METALL

- Additive Fertigung im Pulverbett
- Pulver-basiertes Auftragschweißen
- Draht-basiertes Auftragschweißen
- Werkstoffe
- Additive Fertigung in besonderen Umgebungen
- Skalenübergreifende und hybride Additive Fertigung



## POLYMER

- Pulver-basierte Additive Fertigung
- Filament-basierte Additive Fertigung
- Flüssigkeits-basierte Additive Fertigung
- Multimaterialien
- Werkstoffe



## GLAS & KERAMIK

- Faser-basierte Additive Fertigung
- Pulver-basierte Additive Fertigung
- Werkstoffe



## KONSTRUKTION & PRODUKTDESIGN

- Konstruktion
- Leichtbau
- Funktionsintegration
- Topologieoptimierung



## ANLAGEN- UND SYSTEMTECHNIK

- Systemtechnik
- Maschinen und Anlagentechnik
- Sicherheitstechnik



## MONITORING UND QUALITÄTSSICHERUNG

- Charakterisierung und Analyse
- Prozessmonitoring
- Selbstlernende Systeme

## UNSERE PROJEKTE

### LEBENSDAUER KOMPLEXER INVESTITIONSGÜTER ERHÖHEN

Insbesondere bei hochpreisigen Bauteilen und Komponenten kann eine lange Lebensdauer Betriebskosten senken und einen wichtigen Beitrag zum schonenden Umgang mit Ressourcen leisten. Der **Sonderforschungsbereich 871 „Regeneration komplexer Investitionsgüter“** hat sich seit 2010 damit auseinandergesetzt, wie Bauteile effizient und ressourcenschonend erhalten und repariert werden können. Als Anwendungsbeispiel dienen zivile Flugzeugtriebwerke mit deren komplexen Modulen und Komponenten. Das LZH hat im Teilprojekt B5 an der Instandsetzung defekter, einkristallin hergestellter Hochdruckturbinenschaufeln geforscht und in der letzten Projektphase des SFBs daran mitgewirkt eine Prozesskette der Technologie für den Transfer in die Industrie vorzubereiten.

Die Schaufeln von Hochdruckturbinen sind im Betrieb großen mechanischen Belastungen ausgesetzt und verschleißern dementsprechend schnell. Bisher konnten die ursprünglichen Werkstoffeigenschaften nicht mit automatisierten Verfahren wiederhergestellt werden. Im SFB haben die Wissenschaftler:innen des LZH nun einen stabilen Laserauftragschweißprozess zur Reparatur verschlissener Turbinenschaufeln entwickelt. Die Herausforderung lag dabei in der einkristallinen Mikrostruktur des aufzutragenden Materials: Bei einer erfolgreichen Reparatur sind der Materialauftrag und die Turbinenschaufel metallografisch nicht voneinander zu unterscheiden. Bei Schäden an den Turbinenschaufeln, wie zum Beispiel Rissen an der Spitze des Bauteils, muss daher erst der beschädigte Teil vorsichtig abgetragen werden. Das fehlende Material muss dann so aufgetragen werden, dass die Mikrostruktur erhalten bleibt – also einkristallin. Dafür entwickelte das LZH eine Prozessstrategie auf Basis eines zwei-stufigen Pulver-Laserauftragschweißverfahrens. Dabei wird nach dem Materialauftrag im zweiten Schritt der Werkstoff umgeschmolzen, sodass Korngrenzen eliminiert werden. Eine solche Regeneration mit anschließender Rekonturierung und Beschichtung macht die Turbinenschaufel wieder einsatzfähig. Die Lebensdauer kann so erheblich verlängert werden.



Am Beispiel von Hochdruckturbinenschaufeln forschte das LZH im Rahmen des SFB 871 zur Regeneration komplexer Investitionsgüter. (Foto: LZH)

Die im Projekt gewonnenen Erkenntnisse und Methoden können auch genutzt werden, um die Lebenszeit anderer Investitionsgüter, wie etwa Windenergieanlagen, zu erhöhen. Am SFB 871 beteiligten sich neben dem LZH zwölf Institute der Leibniz Universität Hannover sowie ein Institut der Technischen Universität Braunschweig. Gefördert wurde der SFB von der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

### 3D-DRUCK FÜR NACHHALTIGE FASSADENELEMENTE AUS NATURFASERN

Im Projekt **3D NaturDruck** arbeiten Wissenschaftler:innen des LZH mit acht weiteren Partnern am Design und insbesondere an der Herstellung von 3D-gedruckten Bauteilen aus Biokompositen. Mittels Schmelzschtichtung (eng. Fused Deposition Modelling; FDM) wollen sie es möglich machen, Fassadenelemente für den Innen- und Außenbereich mit nachhaltigen Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen zu drucken. Die Verbundpartner wollen im ersten Schritt Filamente aus Biopolymeren sowohl mit

Lang- als auch mit Endlosfasern herstellen. Das LZH entwickelt dann Prozesse für diese neuen Materialien und passt Werkzeuge und Düsengeometrien des FDM-Druckers an. Als Demonstrator soll ein Pavillon mit den 3D-gedruckten Fassadenelementen auf dem Campus der Universität Stuttgart entstehen. Das Projekt wird gefördert vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft.



## AKADEMISCHE ARBEITEN

---

### PROMOTIONEN

---

**Dr. rer. nat. Paul Reppen**

Generation of High-Energy Pulses by Managing the Kerr-Nonlinearity in Fiber-Based Laser Amplifiers  
(Januar 2021)

**Dr.-Ing. Arndt Hohnholz**

Hybride Stereolithographie - Additive Fertigung von photosensitiven Multimaterialsystemen mittels Aerosol-Jet als Sprühauftragsverfahren  
(April 2021)

**Dr.-Ing. Felix Wellmann**

Monolithic Fiber Amplifiers for High Power Single-Frequency and Single-Mode Laser Beam Generation  
(Oktober 2021)

## BACHELORARBEITEN

---

### **Torben Böhm, B. Sc.**

Kompensation der spektralen Strahlaufspaltung in akustooptischen Deflektoren  
(Februar 2021)

### **Nawja Al-Zaki, B. Sc.**

Manipulation der mechanischen Eigenschaften von Hydrogelen mittels fs-Laserbearbeitung  
(April 2021)

### **Steffen Rübbert, B. Sc.**

Konstruktion und Erprobung eines Laserstrahlbearbeitungskopfes zur flexiblen Verwendung eines Einschweißtiefenregelungssystems mit Keyhole-Vermessung  
(April 2021)

### **Daniel Lutscher, B. Sc.**

CO<sub>2</sub>-laserbasierte rotationssymmetrische Mikromaterialbearbeitung von optischen Glasfasern  
(Mai 2021)

### **David Akingunsade, B. Sc.**

Messung der Steifigkeit von Schweinecorneae nach Crosslinking mit Femtosekundenlaser mit Hilfe eines biaxialen Zugversuches  
(August 2021)

## MASTERARBEITEN

---

### **Sebastian Böhm, M. Sc.**

Additive Fertigung von Multischichten aus Quarzglasfilamenten: Experimentelle Grundlagenuntersuchungen hinsichtlich einer homogenen Schichtqualität  
(Februar 2021)

### **Sara Sharifpourboushehri, M. Sc.**

Development of a software module for real-time autofocus for MHz-OCT  
(Februar 2021)

### **Lennart Abel, M. Sc.**

Entwicklung eines Regenerationsprozesses an einkristallinen Turbinenschaukelkomponenten per pulverbasiertem Laser-auftragschweißen  
(März 2021)

### **Björn Ole Hill, M. Sc.**

Design and Construction of a Flow Cell for in Vivo Raman Micro Spectroscopy and Multi Photon Microscopy  
(April 2021)

### **Tim Heitkamp, M. Sc.**

Entwicklung und Charakterisierung einer Hülle-Kern-Strategie für das selektive Laserstrahlschmelzen von Magnesiumlegierungen  
(Juni 2021)

### **Matthias Henzler, M. Sc.**

Programmierung einer Prozesssteuerung auf Basis einer thermischen Bewertung des Bearbeitungsfortschritts beim Laserstrahlbohren von CFK  
(August 2021)

### **Dmytro Pastukh, M. Sc.**

FEM-basierte Quantifizierung der thermischen Einflusszone bei lasergestützter Knochenzemententfernung  
(August 2021)

### **Franziska Baumhof, M. Sc.**

Einflussfaktoren der Spanntechnik auf die Fügequalität von laserstrahlgeschweißten Kupferpins zur Produktion von elektrischen Maschinen  
(August 2021)

### **Marcel Rieck, M. Sc.**

Entwicklung eines Prozessmodells für den thermisch schädigungsfreien Flächenabtrag von CFK  
(August 2021)

### **Nina Hoffmann, M. Sc.**

Übertragung lasergenerierter funktionaler Oberflächen von Spritzgussformen auf Formteile  
(September 2021)

### **Maximilian Grafe, M. Eng.**

Entwicklung eines automatisierten Laserprozesses für den Einsatz von Mikrodrähten in der additiven Fertigung  
(September 2021)

### **Simon Hansert, M. Sc.**

Entwicklung und Realisierung eines ultraschnellen polarisations-sensitiven optischen Kohärenztomographen  
(Oktober 2021)

### **Piet Dyroi, M. Sc.**

Edge Detection of Vitreous Opacities by Optical Coherence Tomography in Three-Dimensional Space (November 2021)

### **Christoph Waßmann, M. Sc.**

Hochleistungsfügen von dickwandigen Duplexstählen mittels Laserstrahl-Unterpulver-Hybridschweißen  
(November 2021)

### **Tobias Lange, M. Sc.**

Charakterisierung von Pumplichtkopplern und polarisations-erhaltenden Eigenschaften der Chirally-Coupled-Core-Faser zur Entwicklung eines Faserverstärkers  
(Dezember 2021)

# NACHWUCHSFÖRDERUNG UND WEITERBILDUNG



Die ersten Schritte in die Welt der Wissenschaft: möglich mit dem FWJ, dem Niedersachsen-Technikum oder einem Praktikum am LZH. (Foto: LZH)

Die Fachkräftesicherung für den Hochtechnologiebereich Photonik ist ein wichtiges Thema am LZH. Unter dem Motto „Light for your future“ engagieren wir uns 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, machen wir mit beim Zukunftstag für Mädchen und Jungen, präsentieren spannende Photonikthemen auf der IdeenExpo, sind bei der „Nacht, die Wissen schafft“ dabei, betreuen Besuche von Schulklassen und bieten Schulpraktika an.

Junge Menschen können in einem Freiwilligen Wissenschaftlichen Jahr (FWJ), einem Praktikum oder speziell Mädchen innerhalb des Niedersachsen-Technikums am LZH erste Einblicke in die Wissenschaft erhalten, bevor sie ein Studium oder eine Ausbildung beginnen. Im Jahr 2021 absolvierten vier Abiturienten und eine Abiturientin das FWJ am LZH. Zusätzlich nehmen zwei weitere Abiturientinnen am Niedersachsen-Technikum teil.

Auch im Bereich Ausbildung tun wir etwas: Das LZH bietet mit Ausbildungsplätzen für Kaufleute für Büromanagement jungen Menschen einen Einstieg in die Berufswelt. Über den Ausbildungszeitraum von drei Jahren werden die Azubis in den verschiedenen Bereichen der Abteilungen Verwaltung und Kommunikation sowie bei der Fachkraft für Arbeitssicherheit eingesetzt. So erhalten sie eine Gesamtübersicht der Abläufe im LZH und fundierte Kenntnisse aus den verschiedenen Bereichen als solide Basis für ihr zukünftiges Berufsleben.

Je nach ihrer Interessenslage können die Azubis im Rahmen ihres Ausbildungsplans den Fokus auf spezielle Themen legen: In der Abteilung Kommunikation können sie beispielsweise an der Vorbereitung und Durchführung von Veranstaltungen mitwirken, die Webseite pflegen oder an anderen Informationsmaterialien für Multimedia oder Print mitarbeiten. In der Verwaltung sind die Auszubildenden in die Abläufe der Buchhaltung, der Personalstelle und des Projektcontrollings eingebunden.

Das Besondere bei einer Ausbildung an einem Forschungsinstitut wie dem LZH ist dabei die Zusammenarbeit mit den Wissenschaftler:innen, die den Azubis einmalige Einblicke in die Welt der Forschung bietet.



Auszubildende erhalten bei uns eine Gesamtübersicht der Abläufe im LZH. (Foto: LZH)

# VORLESUNGEN UND SEMINARE 2021

Folgende Vorlesungen und Seminare wurden von LZH-Mitarbeiter:innen in 2021 gehalten:

## WINTERSEMESTER 2020/21

### VORLESUNG

„**Fundamentals and Configurations of Laser Beam Sources**“, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Dozent: Dr. Andreas Wienke

### VORLESUNG UND SEMINAR

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

### VORLESUNG

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

### VORLESUNG

„**Introductory Biophysics for Physicists**“, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Dozent: Prof. Dr. Alexander Heisterkamp

### SEMINAR

„**Journal Club Biomedical**“, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Dozent: Prof. Dr. Alexander Heisterkamp

### GRUPPENSEMINAR

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

### VORLESUNG MIT ÜBUNG

„**Laser in der Biomedizintechnik**“, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Dozent: Prof. Dr.-Ing. Stefan Kaielerle

### GRUPPENSEMINAR

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

### VORLESUNG MIT ÜBUNG

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

### VORLESUNG

„**Optische Schichten für Ingenieure**“, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Dozent: Prof. Dr. Detlev Ristau

## SOMMERSEMESTER 2021

### SEMINAR

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

### VORLESUNG

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

### PROSEMINAR

„**Biophotonik**“, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Dozent:innen: PD Dr. Merve Wollweber, Prof. Dr. Bernhard Wilhelm Roth

### VORLESUNG MIT ÜBUNG

„**Grundlagen optischer Fasern**“, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Dozent: Prof. Dr. Detlev Ristau

### SEMINAR

„**Journal Club Biomedical**“, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Dozent: Prof. Dr. Alexander Heisterkamp

### VORLESUNG MIT ÜBUNG

„**Laserbasierte additive Fertigung**“, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Dozent: Prof. Dr.-Ing. Stefan Kaielerle

### GRUPPENSEMINAR,

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

### VORLESUNG MIT ÜBUNG

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

### VORLESUNG MIT ÜBUNG

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

### GRUPPENSEMINAR

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

### VORLESUNG

„**Laser technology in medicine**“, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Dozent: Prof. Dr. Alexander Heisterkamp

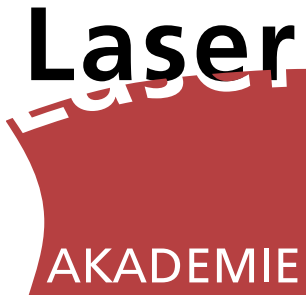
### SEMINAR

„**Optische Beschichtungs- und Messtechniken**“, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Dozent: Prof. Dr. Detlev Ristau



# LZH LASER AKADEMIE GMBH

## HIER FINDEN SIE DIE PASSENDE WEITERBILDUNG IN DER LASERTECHNIK!



Seit 19 Jahren ist die LZH Laser Akademie führend in der Weiterbildung von Fachkräften in der Lasersicherheit und Lasermaterialbearbeitung.

Das Portfolio ist breit gefächert: Interessierte finden Seminare für Laserschutz-

beauftragte, im Schweißen und Schneiden mit dem Laser und der Additiven Fertigung. Die Akademie bietet ein regelmäßiges Veranstaltungsprogramm an und konzipiert außerdem Schulungen für den individuellen Bedarf. Dabei wird sehr viel Wert auf Qualität gelegt: Unternehmen profitieren von dem professionellen Veranstaltungsmanagement und können bei ihrer beruflichen Weiterbildung auf einen nach DIN EN ISO 9001:2015 zertifizierten Partner vertrauen.

Die Lehrenden sind erfahrene Fachleute aus der Forschung, Entwicklung und Fertigung und vermitteln das erforderliche Wissen rund um das Seminarthema. Der direkte Austausch zwischen Lehrkräften und Teilnehmenden in theoretischen und praktischen Unterrichtseinheiten und in persönlichen Gesprächen ist ein wichtiger Faktor für den Lernerfolg. Die Teilnehmenden der Schulungen begrüßen den hohen Praxisanteil der Veranstaltungen.

## GREMIENARBEIT BEREICHERT DIE AUSBILDUNG DER 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. In den Fachgruppen 4.7 „Ausbildung Strahlschweißen“ und 4.13 „Ausbildung in der additiven Fertigung“ bringt die Akademie ihre Expertise ein, um gemeinsam mit anderen Bildungseinrichtungen und Fachkräften eine an den Bedarfen der Industrie ausgerichtete hochwertige Ausbildung zu gewährleisten.

Genauso aktiv setzen sich die Mitarbeitenden 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 zur Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung (OStrV). Dieses Engagement sichert, dass die Ausbildung von Laserschutzbeauftragten und Fachkräften in der Lasermaterialbearbeitung stets auf dem aktuellen Stand ist.

## AUSZUG AUS DEM ANGEBOT

### LASERSICHERHEIT UND STRAHLENSCHUTZ:

- Ausbildung von Laserschutzbeauftragten in vielen Vertiefungsrichtungen
- Workshops zur sicheren Gestaltung von Lasereinrichtungen und Lasermaterialbearbeitungsanlagen
- Fachkunde im Strahlenschutz beim Betrieb von UKP-Lasern

### LASERMATERIALBEARBEITUNG:

- Zertifizierte Weiterbildungen zur Laserstrahlfachkraft in den Vertiefungen
- Schweißtechnik
- Schneidtechnik und Anwendungen mit dem Ultrakurz-puls laser
- Laserauftragschweißen, Härten und Umschmelzen
- Fachkraft für Additive Fertigung – Fachrichtung Metall

## INTERNATIONALE PROJEKTE

### DESTINE -

#### European DESign Technicians League

Wettbewerb für junge Fachkräfte  
[www.destineproject.eu](http://www.destineproject.eu)

### SAM

Ausarbeitung einer Qualifikationsstrategie für Fachkräfte in der Additiven Fertigung  
[www.skills4am.eu](http://www.skills4am.eu)

### CCLAIM:

[www.cllaimprojectam.eu](http://www.cllaimprojectam.eu)

## NATIONALE PROJEKTE

### Niedersachsen ADDITIV

Ausarbeitung von Schulungsangeboten und Online-Lernmodulen für KMU  
[www.niedersachsen-additiv.de](http://www.niedersachsen-additiv.de)



**AUSFÜHRLICHE INFORMATIONEN:**  
[www.lzh-laser-akademie.de](http://www.lzh-laser-akademie.de)

## VERANSTALTUNGEN 2021

12.-16.04.2021

### NIEDERSACHSEN ADDITIV AUF DER HANNOVER MESSE 2021



Experten-Knowhow für den Innovations-transfer: Niedersachsen ADDITIV unterstützt Unternehmen in Niedersachsen auf ihrem Weg zum 3D-Druck. Mitte April 2021 präsentierte sich das Projekt auf dem virtuellen Gemeinschaftsstand des Landes Niedersachsen auf der Hannover Messe und gab dort einen Überblick über die konkreten Angebote für niedersächsische Unternehmen.

22.06.2021

### ERÖFFNUNG DES ACKERBAUZENTRUMS NIEDERSACHSEN



Bei der Eröffnung des Ackerbauzentrums Niedersachsen mit der niedersächsischen Landwirtschaftsministerin Barbara Otte-Kinast stellte die Gruppe Food and Farming des LZH ihren Beitrag zur Reduzierung von Pflanzenschutzmitteln im Ackerbau vor. Bei der offiziellen Eröffnung präsentierte PD Dr. Merve Wollweber, Leiterin der Gruppe Food and Farming am LZH, Strategien zur Unkrautbekämpfung mit dem Laser.

15./16.07.2021

### DIGITALE IDEENEXPO 2021



Die IdeenExpo ist als Veranstaltung zur Begeisterung von Kindern und Jugendlichen für Naturwissenschaft und Technik mittlerweile fest etabliert. 2021 fand die Veranstaltung mit Azubi-Filmen, Live-Schalten und Gästen aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft erstmals digital statt. Niedersachsen ADDITIV war auch dabei und demonstrierte dem wissenschaftlich interessierten Nachwuchs mit einem Live-Beitrag aus dem LZH-Versuchsfeld, was man mit 3D-Druck so alles machen kann.

14.09.2021

## ONLINE-WORKSHOP: INNOVATIVE PRODUCT DEVELOPMENT BY ADDITIVE MANUFACTURING



Foto: IPeG

Der gemeinsame Workshop „Innovative Product Development by Additive Manufacturing“ (früher: Konstruktion für die Additive Fertigung) vom Institut für Produktentwicklung und Gerätebau (IPeG) und dem LZH fand in diesem Jahr als Online-Veranstaltung statt. Die 18 Vorträge gaben interessante Einblicke in Forschung, innovative Technologien und einen wichtigen Ausblick auf die Zukunft und die Bedeutung der Additiven Fertigung. Fast 60 Teilnehmer:innen nahmen an der Veranstaltung teil.

23.09.2021

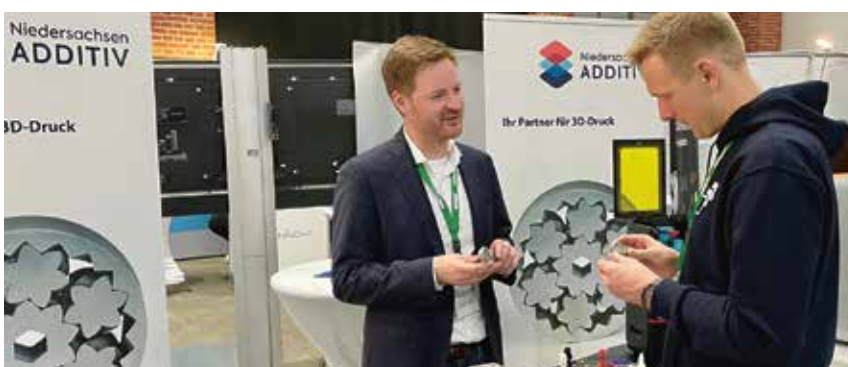
## KMU AUF DEM WEG ZUR DIGITALEN PRODUKTION



Auf der Veranstaltung „KMU auf dem Weg zur digitalen Produktion“ konnte ein kleiner Teilnehmerkreis im Versuchsfeld des LZH an zwei Vorträgen und einer spannenden Diskussionsrunde mit dem Staatssekretär für Digitalisierung, Stefan Muhle, teilnehmen. Das Event von Niedersachsen ADDITIV fand im Rahmen einer gemeinsam mit der Digitalagentur Niedersachsen organisierten Themenwoche statt, wurde zusammen mit dem Mittelstand-Digital Zentrum ausgerichtet und zusätzlich live im Internet übertragen.

16./17.11.2021

## FORUM PRODUKTION UND IT



Nachhaltigkeit in der Kunststoffverarbeitung, kooperierende Roboter, 3D-Druck oder Klimaschutzstrategien für Firmen: Die Themen auf dem Forum Produktion und IT in Leer (Ostfriesland) waren vielfältig. Niedersachsen ADDITIV's Projektleiter Alexander Hilck hielt einen Vortrag, über die zahlreichen Vorteile, die der 3D-Druck für Unternehmen bereithält und kam mit vielen Besucher:innen ins Gespräch.

01./02.12.2021  
**TECHTIDE 2021**



Sowohl das LZH als auch Niedersachsen ADDITIV nahmen als Aussteller an der TECHTIDE 2021 Anfang Dezember teil. Die TECHTIDE ist die Digitalkonferenz des Landes Niedersachsen und präsentiert sowie diskutiert die unternehmerischen und gesellschaftlichen Auswirkungen der digitalen Transformation.

02.12.2021  
**11. WORKSHOP „LASERBEARBEITUNG VON GLASWERKSTOFFEN“**



Bereits zum 11. Mal richteten die Bayerisches Laserzentrum GmbH (blz) und das LZH den gemeinsamen Workshop „Laserbearbeitung von Glaswerkstoffen“ aus. In der digital konzipierten Veranstaltung gab es spannende Vorträge von Experten aus Forschung und Industrie zum Thema laserbasierte Glasbearbeitung mit den Schwerpunkten Fügen, Trennen, Oberflächenfunktionalisierung und hochpräzise Bearbeitung.

14.12.2021  
**INNOVATIONS-HUB PHOTONHUB EUROPE:  
 „LASER STRUCTURING OF METAL SURFACES“**



Das LZH hatte als Partner im europäischen Innovations-Hub PhotonHub Europe Mitte Dezember 2021 ein Online-Training zum Thema „Laser structuring of metal surfaces“ angeboten. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Gruppe Maschinen und Steuerungen erklärten anhand von Beispielen, was bei der laserbasierten Oberflächenstrukturierung zu beachten ist.

# VERÖFFENTLICHUNGEN

## ABTEILUNG OPTISCHE KOMPONENTEN

- T. Alig, N. Bartels, P. Allenspacher, I. Balasa, T. Böntgen, D. Ristau, L. O. Jensen, **Prevention of laser damage precursors in spaceborne ultraviolet antireflection coatings.** *Opt. Express* (10) 29, 14189–14200 (2021).
- T. Alig, N. Bartels, I. Balasa, T. Böntgen, D. Ristau, L. O. Jensen, **Mitigating damage precursors to improve the laser resistance of ion beam sputtered antireflective coatings.** *Proceedings of the International Conference on Space Optics (ICSO) 11852*, 565–571 (2021).
- H. Badorreck, L. O. Jensen, D. Ristau, M. Jupé, **Statistical Analysis on the Structural Size of Simulated Thin Film Growth with Molecular Dynamics for Glancing Angle Incidence Deposition.** *Coatings* (4) 11, 469 (2021).
- S. Balendat, M. Jupé, M. Steinecke, L. O. Jensen, A. K. Oskouei, W. Rudolph, D. Zuber, U. Morgner, D. Ristau, **Manufacturing and characterization of frequency tripling mirrors.** *Conference on Lasers and Electro-Optics Europe & European Quantum Electronics Conference (CLEO/Europe-EQEC)*, 21.-25. Juni, online (2021).
- N. Bartels, P. Allenspacher, T. Alig, I. Balasa, H. Schröder, G. Taube, W. Riede, **Laser-induced damage and contamination testing for the next generation of LIDAR space optics.** *Proceedings of the International Conference on Space Optics (ICSO) 11852*, 2453–2469 (2021).
- L. Grineviciute, H. Badorreck, L. O. Jensen, D. Ristau, M. Jupé, A. Selskis, T. Tolenis, **Impact of deposition conditions on nanostructured anisotropic silica thin films in multilayer interference coatings.** *Appl. Surf. Sci.* (562), 150167 (2021).
- A. Günther, L. Zheng, K. Kushwaha, M. Baran, R. Garg, F. Carstens, A. K. Rüsseler, D. Ristau, B. Roth, W. Kowalski, **Self-written waveguides as low-loss interconnects and temperature sensors.** *Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO)*, 20.-24. Juni, online (2021).
- M. Jupé, **Atomistische Dünnschichtwachstumssimulation in der Anwendung.** *V2021 Vakuum & Plasma*, 12.-14. Oktober, Dresden (2021).
- L. Kochannek, H. Ehlers, S. F. Mikhailov, J. Yan, V. Popov, P. Wallace, Y. K. Wu, L. O. Jensen, **Hybrid mirrors enabling storage-ring free-electron laser lasing below 170 nm.** *SPIE Laser Damage*, 12.-15. Oktober, online (2021).
- M. Mende, F. Carstens, H. Ehlers, D. Ristau, **Preferential sputtering of metal oxide mixture thin films.** *J. Vac. Sci. Technol. A* (2) 39, 23406 (2021).
- S. F. Mikhailov, M. Ahmed, V. Popov, M. Sikora, G. Swift, P. Wallace, Y. K. Wu, J. Yan, H. Ehlers, L. O. Jensen, L. Kochannek, **Production of 120 MeV gamma-ray beams at duke fel and higs facility.** *Proceedings of the 12<sup>th</sup> International Joint Accelerator Conference* (12), 1522–1524 (2021).
- A. K. Rüsseler, F. Carstens, L. O. Jensen, S. Bengsch, D. Ristau, **Applying sacrificial substrate technology to miniaturized precision optical thin-film coatings.** *SPIE Proceedings Vol. 11872, Advances in Optical Thin Films VII*, 118720G (2021).
- W. Sakiew, P. Schwerdtner, M. Jupé, A. Pflug, D. Ristau, **Impact of ion species on ion beam sputtered Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> layer quality parameters and on corresponding process productivity: A preinvestigation for large-area coatings.** *J. Vac. Sci. Technol. A* (6) 39, 63402 (2021).
- M. Steinecke, T. A. Naran, N. C. Keppler, P. Behrens, L. O. Jensen, M. Jupé, D. Ristau, **Electrical and optical properties linked to laser damage behavior in conductive thin film materials.** *Opt. Mater. Express* (1) 11, 35–47 (2021).
- A. Wienke, **Neue Materialien für die Optik auf Basis von Quantennanolaminaten.** *V2021 Vakuum & Plasma*, 12.-14. Oktober, Dresden (2021).
- Y. K. Wu, S. Mikhailov, J. Yan, P. Wallace, V. Popov, M. Pentico, G. Swift, M. W. Ahmed, L. Kochannek, H. Ehlers, L. O. Jensen, **Lasing below 170 nm using an oscillator FEL.** *J. Appl. Phys.* (18) 130, 183101 (2021).
- D. Zuber, S. Kleinert, A. Tajalli, M. Steinecke, M. Jupé, L. O. Jensen, D. Ristau, U. Morgner, **Third harmonic generation from thin gradient ternary mixture layers.** *Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO)*, 09.-14. Mai, online (2021).
- D. Zuber, S. Kleinert, A. Tajalli, M. Steinecke, M. Jupé, L. O. Jensen, D. Ristau, U. Morgner, **Study of Third Harmonic Generation From Thin Gradient HfxAl<sub>y</sub>O<sub>z</sub> Layers.** *Conference on Lasers and Electro-Optics Europe & European Quantum Electronics Conference (CLEO/Europe-EQEC)*, 21.-25. Juni, online (2021).

# ABTEILUNG LASERENTWICKLUNG

P. Booker, O. de Varona Ortega, M. Steinke, P. Weßels, J. Neumann, D. Kracht, **Two-stage fully monolithic single-frequency Er:Yb fiber amplifiers at 1556 nm for next-generation of gravitational wave detectors.** SPIE Proceedings Vol. 11665, Fiber Lasers XVIII: Technology and Systems, 1166500 (2021).

E. Brockmüller, S. Hochheim, P. Weßels, J. Koponen, T. Lowder, S. Novotny, J. Neumann, D. Kracht, **Pump combiner with chirally coupled core fibers for side pumped single frequency all fiber amplifiers.** SPIE Proceedings Vol. 11667, Components and Packaging for Laser Systems VII, 116670J (2021).

E. Chatzizyrlı, A. Afentaki, M. Hinkelmann, R. Lachmayer, J. Neumann, D. Kracht, **Opto-thermal simulation model for optimizing the thermal response of the optical properties of Ce:YAG single-crystal phosphors.** SPIE Proceedings Vol. 11872, Advances in Optical Thin Films VII, 118750G (2021).

S. Hochheim, E. Brockmüller, P. Weßels, J. Koponen, T. Lowder, S. Novotny, B. Willke, J. Neumann, D. Kracht, **Single-frequency 336W spliceless all-fiber amplifier based on a chirally-coupled-core fiber for the next generation of gravitational wave detectors.** J. Lightwave Technol. (2021).

S. Hochheim, E. Brockmüller, P. Weßels, J. Koponen, T. Lowder, S. Novotny, J. Neumann, D. Kracht, **Low noise spliceless single-frequency chirally-coupled-core all-fiber amplifier.** SPIE Proceedings Vol. 11665, Fiber Lasers XVIII: Technology and Systems, 116651L (2021).

S. Hochheim, E. Brockmüller, P. Weßels, M. Steinke, J. Koponen, T. Lowder, S. Novotny, J. Neumann, D. Kracht, **Highly-integrated signal and pump combiner in chirally-coupled-core fibers for all-fiber lasers and amplifiers.** J. Lightwave Technol. (22) 39, 7246–7250 (2021).

F. Kranert, J. Budde, M. Hinkelmann, J. Neumann, D. Kracht, R. Lachmayer, **3D fabrication and characterization of polymer-imprinted optics for function-integrated, lightweight optomechanical systems.** J. Laser Appl. (4) 33, 42021 (2021).

F. Kranert, J. Budde, M. Hinkelmann, J. Neumann, D. Kracht, R. Lachmayer, **Thermische und strukturelle Analyse von Polymermaterialen in generativ gefertigten Optomechaniken für den Einsatz in der Laserentwicklung.** Tagungsband 4. Symposium Materialtechnik, 44–54 (2021).

F. Kranert, J. Budde, M. Hinkelmann, A. Wienke, J. Neumann, D. Kracht, R. Lachmayer, **Quasi-monolithic laser system based on 3D-printed optomechanics.** SPIE Proceedings Vol. 11667, Components and Packaging for Laser Systems VII, 116670L (2021).

LIGO Scientific Collaboration & Virgo Collaboration, ..., P. Booker, O. de Varona Ortega, S. Hochheim, M. Steinke, F. Wellmann, P.

Weßels, author list 1000+ members, **A Gravitational-wave Measurement of the Hubble Constant Following the Second Observing Run of Advanced LIGO and Virgo.** Astrophys. J. (2) 909, 218 (2021).

LIGO Scientific Collaboration & Virgo Collaboration, ..., P. Booker, O. de Varona Ortega, S. Hochheim, M. Steinke, F. Wellmann, P. Weßels, author list 1000+ members, **All-sky search for continuous gravitational waves from isolated neutron stars in the early O3 LIGO data.** Phys. Rev. D (8) 104, 82004 (2021).

LIGO Scientific Collaboration & Virgo Collaboration, ..., P. Booker, O. de Varona Ortega, S. Hochheim, M. Steinke, F. Wellmann, P. Weßels, author list 1000+ members, **All-sky search for long-duration gravitational-wave bursts in the third Advanced LIGO and Advanced Virgo run.** Phys. Rev. D (10) 104, 102001 (2021).

LIGO Scientific Collaboration & Virgo Collaboration, ..., P. Booker, O. de Varona Ortega, S. Hochheim, M. Steinke, F. Wellmann, P. Weßels, author list 1000+ members, **All-sky search in early O3 LIGO data for continuous gravitational-wave signals from unknown neutron stars in binary systems.** Phys. Rev. D (6) 103, 64017 (2021).

LIGO Scientific Collaboration & Virgo Collaboration, ..., P. Booker, O. de Varona Ortega, S. Hochheim, M. Steinke, F. Wellmann, P. Weßels, author list 1000+ members, **Constraints from LIGO O3 Data on Gravitational-wave Emission Due to R-modes in the Glitching Pulsar PSR J0537–6910.** Astrophys. J. (1) 922, 71 (2021).

LIGO Scientific Collaboration & Virgo Collaboration, ..., P. Booker, O. de Varona Ortega, S. Hochheim, M. Steinke, F. Wellmann, P. Weßels, author list 1000+ members, **GWTC-2: Compact Binary Coalescences Observed by LIGO and Virgo during the First Half of the Third Observing Run.** Phys. Rev. X (2) 11, 21053 (2021).

LIGO Scientific Collaboration & Virgo Collaboration, ..., P. Booker, O. de Varona Ortega, S. Hochheim, M. Steinke, F. Wellmann, P. Weßels, author list 1000+ members, **Observation of Gravitational Waves from Two Neutron Star–Black Hole Coalescences.** Astrophys. J. Lett. (1) 915, L5 (2021).

LIGO Scientific Collaboration & Virgo Collaboration, ..., P. Booker, O. de Varona Ortega, S. Hochheim, M. Steinke, F. Wellmann, P. Weßels, author list 1000+ members, **Open data from the first and second observing runs of Advanced LIGO and Advanced Virgo.** SoftwareX 13, 100658 (2021).

LIGO Scientific Collaboration & Virgo Collaboration, ..., P. Booker, O. de Varona Ortega, S. Hochheim, M. Steinke, F. Wellmann, P. Weßels, author list 1000+ members, **Population Properties of Compact Objects from the Second LIGO–Virgo Gravitational-Wave Transient Catalog.** Astrophys. J. Lett. (1) 913, L7 (2021).

LIGO Scientific Collaboration & Virgo Collaboration, ..., P. Booker, O. de Varona Ortega, S. Hochheim, M. Steinke, F. Wellmann, P. Weßels, author list 1000+ members, **Search for anisotropic gravitational-wave backgrounds using data from Advanced LIGO and Advanced Virgo's first three observing runs.** Phys. Rev. D (2) 104, 22005 (2021).

LIGO Scientific Collaboration & Virgo Collaboration, ..., P. Booker, O. de Varona Ortega, S. Hochheim, M. Steinke, F. Wellmann, P. Weßels, author list 1000+ members, **Search for Gravitational Waves Associated with Gamma-Ray Bursts Detected by Fermi and Swift during the LIGO–Virgo Run O3a.** Astrophys. J. (2) 915, 86 (2021).

LIGO Scientific Collaboration & Virgo Collaboration, ..., P. Booker, O. de Varona Ortega, S. Hochheim, M. Steinke, F. Wellmann, P. Weßels, author list 1000+ members, **Search for Lensing Signatures in the Gravitational-Wave Observations from the First Half of LIGO–Virgo's Third Observing Run.** Astrophys. J. (1) 923, 14 (2021).

LIGO Scientific Collaboration & Virgo Collaboration, ..., P. Booker, O. de Varona Ortega, S. Hochheim, M. Steinke, F. Wellmann, P. Weßels, author list 1000+ members, **Searches for Continuous Gravitational Waves from Young Supernova Remnants in the Early Third Observing Run of Advanced LIGO and Virgo.** Astrophys. J. (1) 921, 80 (2021).

LIGO Scientific Collaboration & Virgo Collaboration, ..., P. Booker, O. de Varona Ortega, S. Hochheim, M. Steinke, F. Wellmann, P. Weßels, author list 1000+ members, **Tests of general relativity with binary black holes from the second LIGO–Virgo gravitational-wave transient catalog.** Phys. Rev. D (12) 103, 122002 (2021).

LIGO Scientific Collaboration & Virgo Collaboration, ..., P. Booker, O. de Varona Ortega, S. Hochheim, M. Steinke, F. Wellmann, P. Weßels, author list 1000+ members, **Upper limits on the isotropic gravitational-wave background from Advanced LIGO and Advanced Virgo's third observing run.** Phys. Rev. D (2) 104, 22004 (2021).

LIGO Scientific Collaboration & Virgo Collaboration, ..., P. Booker, O. de Varona Ortega, S. Hochheim, M. Steinke, F. Wellmann, P. Weßels, author list of 1000+ members, **All-sky search for short gravitational-wave bursts in the third Advanced LIGO and Advanced Virgo run.** Phys. Rev. D (12) 104, 122004 (2021).

LIGO Scientific Collaboration & Virgo Collaboration, ..., P. Booker, O. de Varona Ortega, S. Hochheim, M. Steinke, F. Wellmann, P. Weßels, author list of 1000+ members, **Constraints on Cosmic Strings Using Data from the Third Advanced LIGO–Virgo Observing Run.** Phys. Rev. Lett. (24) 126, 241102 (2021).

LIGO Scientific Collaboration & Virgo Collaboration, ..., P. Booker, O. de Varona Ortega, S. Hochheim, M. Steinke, P. Wellmann, P. Weßels, author list of 1000+ members, **Diving below the Spin-down Limit: Constraints on Gravitational Waves from the Energetic Young Pulsar PSR J0537-6910.** Astrophys. J. Lett. (2) 913, L27 (2021).

S. Linke, A. Voß, M. Ernst, P. A. Taschner, J. Baasch, S. Stapperfend, N. Gerdes, J. Koch, P. Weßels, J. Neumann, L. Overmeyer, E. Stoll, **Two-Dimensional Laser Melting of Lunar Regolith Simulant Using the MOONRISE Payload on a Mobile Manipulator.** 3D Print. Addit. Manuf. (2021).

L. Lukoševičius, J. Butkus, P. Weßels, S. Unland, R. Kalms, I. Balasa, H. Mädebach, S. Kramprich, L. O. Jensen, D. Kracht, J. Neumann, M. Lorrai, M. Hmidat, P. Lorrai, **Development of alexandrite laser crystal treatment prior to coating deposition for high power space applications.** SPIE Proceedings Vol. 11872: Advances in Optical Thin Films VII 11872, 1187211 (2021).

A. Marianovich, S. Spiekermann, M. Brendel, P. Weßels, J. Neumann, M. Weyers, D. Kracht, **Wedged Nd:YVO<sub>4</sub> crystal for wavelength tuning of monolithic passively Q-switched picosecond microchip lasers.** Opt. Express (13) 29, 19790–19795 (2021).

P. Repgen, B. Schuhbauer, M. Hinkelmann, D. Wandt, A. Wienke, U. Morgner, J. Neumann, D. Kracht, **Dispersion-managed thulium-doped fiber Mamyshev oscillator.** Photonics West: LASE, 06.-11. März, online (2021).

P. Repgen, D. Wandt, A. Wienke, U. Morgner, J. Neumann, D. Kracht, **Yb-doped fiber Mamyshev oscillator with a few-mode gain fiber.** Photonics West: LASE, 06.-11. März, online (2021).

L. Richter, M. Deiml, M. Glier, A. Althammer, M. Reganaz, S. Spiekermann, D. Mendoza Gandara, H.-W. Hübers, P. Weßels, J. Neumann, D. Vogt, S. Schröder, **Development of the VOILA LIBS instrument for volatiles scouting in polar regions of the Moon.** SPIE Proceedings Vol. 11852, International Conference on Space Optics (ICSO), 628–645 (2021).

B. Schuhbauer, V. Adolfs, P. Repgen, M. Hinkelmann, A. Wienke, J. Neumann, D. Kracht, **Hybrid Mode-locking in a Thulium-doped Fiber Mamyshev Oscillator.** Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO), 21.-25. Juni, online (2021).

M. Steinke, S. Spelthann, A. Rühl, D. Ristau, **Absorption and multi-phonon quenching in nanocrystal doped SiO<sub>2</sub> fibers.** Opt. Mater. Express (6) 11, 1631–1642 (2021).

J. Thiem, S. Spelthann, J. Neumann, A. Rühl, D. Ristau, **Three-dimensional nanothermometry below the diffraction limit.** Opt. Lett. (14) 46, 3352–3355 (2021).

D. Vogt, S. Schröder, H.-W. Hübers, L. Richter, M. Deiml, P. Weßels, J. Neumann, **VOILA on LUVMI-X: A LIBS Instrument for the Detection of Volatiles at the Lunar South Pole**. EGU General Assembly, 19.-30. April, online (2021).

F. Wellmann, N. Bode, M. Steinke, F. Meylahn, B. Willke, L. Overmeyer, P. Weßels, J. Neumann, D. Kracht, **Coherent beam combining of two single-frequency 200W fiber amplifiers for gravitational wave detectors**. Photonics West: LASE, 06.-11. März, online (2021).

F. Wellmann, N. Bode, P. Weßels, L. Overmeyer, J. Neumann, B. Willke, D. Kracht, **Low noise 400 W coherently combined single frequency laser beam for next generation gravitational wave detectors**. Opt. Express (7) 29, 10140–10149 (2021).

F. Wellmann, M. Steinke, M. Wysmolek, P. Weßels, L. Overmeyer, J. Neumann, D. Kracht, **CO<sub>2</sub>-laser based micro-machining for fiber component manufacturing**. Photonics West: LASE, 06.-11. März, online (2021).

P. Weßels, S. Unland, R. Kalms, S. Spiekermann, I. Balasa, H. Mädebach, S. Kramprich, L. O. Jensen, D. Kracht, M. Lorrai, P. G. Lorrai, M. Hmidat, J. Butkus, L. Lukoševičius, J. Neumann, **GALACTIC: high performance Alexandrite crystals and coatings for high power space applications**. SPIE Proceedings Vol. 11852, International Conference on Space Optics (ICSO), 118526S (2021).

P. Weßels, S. Unland, R. Kalms, S. Spiekermann, I. Balasa, H. Mädebach, S. Kramprich, L. O. Jensen, D. Kracht, M. Lorrai, P. G. Lorrai, M. Hmidat, J. Butkus, L. Lukoševičius, J. Neumann, **GALACTIC: high performance Alexandrite crystals and coatings for high power space applications**. SPIE Proceedings Vol. 11664, Solid State Lasers XXX: Technology and Devices, 1166411 (2021).

## ABTEILUNG INDUSTRIELLE UND BIOMEDIZINISCHE OPTIK

H. Benecke, S. Johannsmeier, T. May, S. David, T. Ripken, **Comparison of SLOT and TPEF for cell spheroid imaging**. Proc. European Conference on Biomedical Optics (ECBO), OSA Technical Digest, ETu4B.4 (2021).

M. Franke, T. Landes, T. G. Seiler, D. Khayyat, S. Johannsmeier, D. Heinemann, T. Ripken, **Corneal riboflavin gradients and UV-absorption characteristics after topical application of riboflavin in concentrations ranging from 0.1 to 0.5%**. Exp. Eye Res. 213, 108842 (2021).

H. Kamin, L. Nolte, J. Maurer, A. Bleilevens, E. Stickeler, S. Johannsmeier, D. Heinemann, T. Ripken, **3D-Imaging and quantification of collagen networks in mammary tumors on different size scales**. Proc. European Conference on Biomedical Optics (ECBO), OSA Technical Digest, ETu4B.3 (2021).

L. Jütte, G. Sharma, D. Fricke, M. Franke, M. Wollweber, B. Roth, **Mueller Matrix-Based Approach for the Ex Vivo Detection of Riboflavin-Treated Transparent Biotissue**. Applied Sciences (23) 11, 11515 (2021).

M. Patzlaff-Günther, M. Fromm, T. Kern, M. Bartram, A. Schwäblein, D. Heinemann, S. Johannsmeier, C. Framme, T. Ripken, **Measurement of tear resistance after manual capsulorhexis and femtosecond laser-assisted capsulotomy of crystalline lenses**. Lasers Med. Sci., 1–7 (2021).

M. Zabic, S. Hansert, S. Johannsmeier, D. Heinemann, A. Heisterkamp, T. Ripken, **OCT wavenumber calibration with simple reference arm modification**. Proc. European Conference on Biomedical Optics (ECBO), OSA Technical Digest, EW4A.5 (2021).



# ABTEILUNG PRODUKTIONS- UND SYSTEMTECHNIK

- C. Backhaus, J. Förner, A. Wienke, G.-A. Hoffmann, Y. Eiche, L. Lorenz, S. Kaieler, L. Overmeyer, J. Franke, K. Bock, N. Lindlein, **Influence on the optical performance of droplets and enclosures in printed polymer optical waveguides.** SPIE Proceedings Vol. 11680, Physics and Simulation of Optoelectronic Devices XXIX, 1168009 (2021).
- C. J. A. Beier, H. Dittmar, J. Weiland, A. Schiebahn, P. Jäschke, L. Overmeyer, U. Reisgen, **Process Data for Efficient Laser Beam Pre-treatment of Fiber-reinforced Plastics for Adhesive Bonding.** 13<sup>th</sup> European Adhesion Conference (EURADH), 11.-14. Oktober, online (2021).
- C. J. A. Beier, R. Seewald, H. Dittmar, J. Weiland, A. Schiebahn, P. Jäschke, L. Overmeyer, U. Reisgen, **Investigation of the Cleaning Effectiveness of Laser Radiation for Improved Adhesion on Glass Dust Contaminated Glass Fiber Reinforced Polyamide 6.** In: Proceedings in Engineering Mechanics (Research, Technology and Education), Cham, Springer (2021).
- C. J. A. Beier, J. Weiland, H. Dittmar, A. Schiebahn, L. Overmeyer, U. Reisgen, **Prozessbeobachtung und -regelung der Klebvorbereitung PUR- und thermoplastbasierter, faserverstärkter Kunststoffe mittels Laser.** Tagungsband 21. Kolloquium: Gemeinsame Forschung in der Klebtechnik (2021).
- S. Blümel, V. Wippo, S. Hirt, R. Stähr, P. Jäschke, S. Kaieler, L. Overmeyer, **Joining of thermoplastic carbon fiber reinforced plastic laminates by selective heat input during laser cutting.** J. Laser Appl. (33), 22011 (2021).
- H. Dittmar, C. J. A. Beier, J. Weiland, A. Schiebahn, P. Jäschke, S. Kaieler, U. Reisgen, L. Overmeyer, **Individualized and Controlled Laser Beam Pre-treatment Process for Adhesive Bonding of Fiber-Reinforced Plastics - Part III: Effects of Contaminants.** International Congress on Applications of Lasers & Electro Optics (ICALEO), 18.-20. Oktober, online (2021).
- H. Dittmar, C. J. A. Beier, J. Weiland, A. Schiebahn, P. Jäschke, S. Kaieler, U. Reisgen, L. Overmeyer, **Individualized and controlled laser beam pre-treatment process for adhesive bonding of fiber-reinforced plastics. III. Effects of contaminants.** J. Laser Appl. (4) 33, 42051 (2021).
- H. Dittmar, S. Hirt, V. Wippo, P. Jäschke, S. Kaieler, L. Overmeyer, **Laser ablation of thermoplastic composite for aerospace application.** Proc. Lasers in Manufacturing (LiM) (2021).
- H. Dittmar, J. Weiland, V. Wippo, A. Schiebahn, P. Jäschke, S. Kaieler, U. Reisgen, L. Overmeyer, **Individualised and controlled laser beam pre-treatment process for adhesive bonding of fibre-reinforced plastics - part II: Automatic laser process control by spectrometry.** J. Laser Appl. (1) 33, 012004 (2021).
- M. Geiger, S. Hirt, **Schadensfallangepasste Reparatur von thermoplastischen Hochleistungsverbundwerkstoffen.** cu reports (1), 57 (2021).
- M.-K. Hamjah, J. Zeitler, Y. Eiche, L. Lorenz, C. Backhaus, G.-A. Hoffmann, A. Wienke, S. Kaieler, L. Overmeyer, N. Lindlein, K. Bock, J. Franke, **Manufacturing of Polymer Optical Waveguides for 3D-Opto-MID: Review of the OPTAVER Process.** 14th International Congress Molded Interconnect Devices (MID), 1-11 (2021).
- S. Hirt, J. E. Battmer, V. Wippo, P. Jäschke, S. Kaieler, L. Overmeyer, **Automatically controlled laser-based welding process for repair of CFRP parts.** J. Laser Appl. (1) 34, 12006 (2021).
- J. Kuklik, V. Wippo, P. Jäschke, S. Kaieler, L. Overmeyer, **Investigations on the transmissivity and scattering behavior of additively manufactured components for laser transmission welding applications.** Proc. Lasers in Manufacturing (LiM) (2021).
- P. Mosel, P. Sankar, J. F. Düsing, G. Dittmar, T. Püster, P. Jäschke, J.-W. Vahlbruch, U. Morgner, M. Kovacev, **X-ray dose rate and spectral measurements during ultrafast laser machining using a calibrated (high-sensitivity) novel X-ray detector.** Materials (16) 14, 4397 (2021).
- M. Nagli, J. Koch, Y. Hazan, O. Volodarsky, R. R. Kumar, A. Levi, E. Hahamovich, L. Overmeyer, A. Rosenthal, **A Novel All-Optical Focused Ultrasound Detector for Intravascular Lipid Imaging.** Proc. European Conference on Biomedical Optics (ECBO), OSA Technical Digest, ETu5B.5 (2021).
- M. Nagli, J. Koch, Y. Hazan, O. Volodarsky, R. Ravi Kumar, A. Levi, E. Hahamovich, L. Overmeyer, A. Rosenthal, **All-optical focused ultrasound detector for intravascular applications.** SPIE Proceedings Vol. 11642, Photons Plus Ultrasound: Imaging and Sensing, 116421U (2021).
- K. Rettschlag, **Laser Processing of Glass Materials with CO and CO<sub>2</sub> Beam Sources.** Advanced Solid-State Lasers (ASSL): Laser Applications Conference (LAC), 06. Oktober, online (2021).
- K. Rettschlag, **Laserbasierte Additive Fertigung von Quarzglas zur Herstellung optischer und struktureller Komponenten.** Laser in der Elektronikproduktion und Feinwerktechnik (LEF), 16. Juni, online (2021).
- K. Rettschlag, T. Grabe, P. Müller, R. Lachmayer, **Additive Fertigung als Erfolgsfaktor für digitale Prozessketten.** In: Konstruktion für die Additive Fertigung 2020, Berlin, Heidelberg, Springer Vieweg, 1-16 (2021).

K. Rettschlag, P. P. Ley, F. Kranert, M. Hinkelmann, S. Kaielerle, R. Lachmayer, **Additiv gefertigte Glaskugellinsen für die Anwendung.** In: Konstruktion für die Additive Fertigung 2020, Berlin, Heidelberg, Springer Vieweg, 143-163 (2021).

K. Rettschlag, S. Stieß, P. Jäschke, S. Kaielerle, R. Lachmayer, **Manufacturing of fused silica parts by means of Laser Glass Deposition.** Conference on Lasers in Manufacturing (LiM), 21.-24. Juni, online (2021).

K. Sleiman, **Laser based additive manufacturing of fused silica components for structural glass construction.** Built Environment Additive Manufacturing (BE-AM), 01. Dezember, online (2021).

K. Sleiman, T. Malek, A. Hohnholz, M.-A. Dittrich, P. Jäschke, S. Kaielerle, B. Denkena, L. Overmeyer, **Investigation on the temperature dependent morphology of deposited fibers for laser based glass additive manufacturing.** In: Engineered Transparency 2021: Glass in Architecture and Structural Engineering, Berlin, John Wiley & Sons, Inc. (2021).

K. Sleiman, K. Rettschlag, P. Jäschke, N. Capps, E. C. Kinzel, L. Overmeyer, S. Kaielerle, **Material loss analysis in glass additive manufacturing by laser glass deposition.** J. Laser Appl. (4) 33, 42050 (2021).

K. Sleiman, K. Rettschlag, P. Jäschke, S. Kaielerle, L. Overmeyer, **Experimental investigation of additive manufacturing of fused silica fibers for the production of structural components in the Laser Glass Deposition Process.** Innovative Product Development by Additive Manufacturing, 14. September, online (2021).

M. Springer, J. Düsing, J. Koch, P. Jäschke, S. Kaielerle, L. Overmeyer, **Laser-induced forward transfer as a potential alternative to pick-and-place technology when assembling semiconductor components.** J. Laser Appl. (4) 33, 42030 (2021).

R. Stähr, S. Kramprich, **Mit dem Laser schnell und automatisiert Löcher in CFK bohren.** phi - Produktionstechnik Hannover Informiert (2021).

M. Steinbach, J. Koch, P. Jäschke, S. Kaielerle, L. Overmeyer, **Molded parts with functional surfaces - how laser microstructuring can be used for low-cost mass products.** Proc. Lasers in Manufacturing (LiM) (2021).

Q. Wen, E. Fadeeva, S. Hanany, J. Koch, T. Matsumura, R. Takaku, K. Young, **Picosecond laser ablation of millimeter-wave subwavelength structures on alumina and sapphire.** Optics & Laser Technology (142), 107207 (2021).

A. Wienke, **Enhanced forming behavior of conditioning lines by inserted microstructures for the production of 3D waveguides.** Conference on Lasers in Manufacturing (LiM), 21.-24. Juni, online (2021).

A. Wienke, **Surface Functionalization of Flexographic Printing Forms for Wetting Behavior Adjustment.** 14th International Congress Molded Interconnect Devices (MID), 10. Februar, online (2021).

# ABTEILUNG WERKSTOFF- UND PROZESSTECHNIK

- A. Abel, J. Pufal, V. Rymanov, C. Hoff, J. Hermsdorf, S. Maklouf, J. Lackmann, A. Stöhr, S. Kaiерle, **Investigation of Kovar in PBF-LB/M**. Proc. Lasers in Manufacturing (LiM) (2021).
- W. Aman, S. Nothdurft, J. Hermsdorf, S. Kaiерle, L. Overmeyer, **Surface deoxidation of aluminium alloys with ns-pulsed laser radiation in XHV-adequate atmosphere for laser brazing processes**. International Congress on Applications of Lasers & Electro-Optics (ICALEO), 18.-20. Oktober, online (2021).
- W. Aman, J. Rinne, S. Nothdurft, J. Hermsdorf, S. Kaiерle, L. Overmeyer, **Flussmittelfreies Laserstrahlhartlöten von Aluminiumlegierungen in silandotierter Argonatmosphäre**. Schweißen und Schneiden (9) 73, 635–639 (2021).
- A. Barroi, K. Biester, L. Budde, M. Lammers, J. Hermsdorf, L. Overmeyer, **Height variation in scanned hot-wire laser surfacing processes**. Proc. Lasers in Manufacturing (LiM) (2021).
- B. A. Behrens, H. J. Maier, G. Poll, L. Overmeyer, H. Wester, J. Uhe, T. Hassel, F. Pape, M. Lammers, J. Hermsdorf, S. Kaiерle, L. Budde, F. Saure, M. Mildebrath, T. Coors, M. Y. Faqiri, C. Büdenbender, **Influence of degree of deformation on welding pore reduction in high-carbon steels**. Production Engineering Research and Development (1) 15, 161–168 (2021).
- R. Bernhard, P. Neef, H. Wiche, V. Wesling, C. Hoff, J. Hermsdorf, S. Kaiерle, **Entwicklung einer intelligenten Prozessüberwachung und Regelung zum Laserauftragschweißen von Multimaterial-Verbindungen**. Tagungsband 4. Symposium Materialtechnik (2021).
- T. Bokelmann, M. Lammers, J. Hermsdorf, S. Emadmostoufi, O. Mokrov, R. Sharma, U. Reisgen, S. Kaiерle, **Experimental setup for determination of absorption coefficient of laser radiation in molten metals as a function of temperature and angle**. Proc. Lasers in Manufacturing (LiM) (2021).
- T. Bokelmann, M. Tegtmeier, M. Lammers, J. Hermsdorf, S. Kaiерle, S. Emadmostoufi, O. Mokrov, R. Sharma, U. Reisgen, **Influence of the laser beam parameters in the laser assisted double wire welding with nontransferred arc process on the seam geometry of generatively manufactured structures**. J. Laser Appl. (4) 33, 42044 (2021).
- L. Budde, M. Lammers, J. Hermsdorf, S. Kaiерle, L. Overmeyer, **Process development for laser hot-wire deposition welding with high-carbon cladding Material AISI52100**. Proc. Lasers in Manufacturing (LiM) (2021).
- L. Budde, V. Prasanthan, J. Kruse, M. Y. Faqiri, M. Lammers, J. Hermsdorf, M. Stonis, T. Hassel, B. Breidenstein, B.-A. Behrens, B. Denkena, L. Overmeyer, **Investigation of the influence of the forming process and finishing processes on the properties of the surface and subsurface of hybrid components**. Int. J. Adv. Manuf. Tech., 1–18 (2021).
- N. Emminghaus, S. Fritsch, H. Büttner, J. August, M. Tegtmeier, M. Huse, M. Lammers, C. Hoff, J. Hermsdorf, S. Kaiерle, **Entwicklung eines innovativen Anlagenkonzepts für die Verarbeitung von Ti-6Al-4V im LPBF-Prozess unter silandotierter Argonatmosphäre**. In: Konstruktion für die Additive Fertigung 2020, Berlin, Heidelberg, Springer Vieweg, 301–320 (2021).
- N. Emminghaus, S. Fritsch, H. Büttner, J. August, M. Tegtmeier, M. Huse, M. Lammers, C. Hoff, J. Hermsdorf, S. Kaiерle, **PBF-LB/M process under a silane-doped argon atmosphere: Preliminary studies and development of an innovative machine concept**. Advances in Industrial and Manufacturing Engineering 2, 100040 (2021).
- N. Emminghaus, C. Hoff, J. Hermsdorf, S. Kaiерle, **Influence of laser focus shift on porosity and surface quality of additively manufactured Ti-6Al-4V**. Proc. Lasers in Manufacturing (LiM) (2021).
- N. Emminghaus, C. Hoff, J. Hermsdorf, S. Kaiерle, **Residual oxygen content and powder recycling: Effects on surface roughness and porosity of additively manufactured Ti-6Al-4V**. Additive Manufacturing 56, 102093 (2021).
- N. Gerdes, C. Hoff, J. Hermsdorf, S. Kaiерle, L. Overmeyer, **Hyperspectral imaging for prediction of surface roughness in laser powder bed fusion**. Int. J. Adv. Manuf. Tech. (5) 115, 1249–1258 (2021).
- T. Grabe, M. Lammers, S. Wang, X. Wang, K. Rettschlag, K. Sleiman, A. Barroi, T. Biermann, A. Ziebel, J. Röttger, P. P. Ley, A. Wolf, P. Jäschke, J. Hermsdorf, S. Kaiерle, H. Ahlers, R. Lachmayer, **Additive manufacturing of fused silica using coaxial laser glass deposition: experiment, simulation, and discussion**. SPIE Proceedings Vol. 11677, Laser 3D Manufacturing VIII, 45–56 (2021).
- J. Grajczak, C. Gawert, R. Bähr, S. Nothdurft, J. Hermsdorf, S. Kaiерle, **Untersuchungen zum Einfluss von SiC-Mikro- und -Nanopartikeln in einer Aluminiumgusslegierung auf Gefüge und Härte beim Laserstrahlschweißen**. Schweißen und Schneiden (9) 73, 630–636 (2021).

- J. Grajczak, C. Nowroth, T. Coors, J. Twiefel, J. Wallaschek, F. Saure, F. Pape, G. Poll, S. Nothdurft, J. Hermsdorf, V. Wesling, S. Kaielerle, **Influence of process-related heat accumulation of laser beam welded 1.7035 round bars on weld pool shape and weld defects.** J. Laser Appl. (042007) 33, 1–8 (2021).
- J. Grajczak, C. Nowroth, J. Twiefel, J. Wallaschek, S. Nothdurft, J. Hermsdorf, V. Wesling, S. Kaielerle, **Investigations on the weld seam geometry of ultrasonic assisted laser beam welded round bars in and beside antinode position.** Proc. Lasers in Manufacturing (LiM) (2021).
- T. Griemsmann, A. Abel, C. Hoff, J. Hermsdorf, M. Weinmann, S. Kaielerle, **Laser-based powder bed fusion of niobium with different build-up rates.** Int. J. Adv. Manuf. Tech. (1) 114, 305-317 (2021).
- T. Griemsmann, C. Hoff, J. Hermsdorf, S. Kaielerle, L. Overmeyer, **Eddy Current Detection of Laser-Dispersed Markers as a New Approach to Determining the Position of Load Supporting Means.** J. Laser Appl. (4) 33, 42004 (2021).
- T. Griemsmann, N. Söhnholz, C. Hoff, J. Hermsdorf, S. Kaielerle, **Adjusting the surface roughness of WE43 components manufactured by laser-based powder bed fusion.** Proc. Lasers in Manufacturing (LiM) (2021).
- R. Hebisch, U. Prött, A. Woznica, J. Walter, M. Hustedt, S. Kaielerle, **Stoffbelastungen bei der additiven Fertigung mit Pulverbettverfahren.** Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft (1) 81, 53–59 (2021).
- M. Hustedt, V. Niedens, A. Brodeßer, T. Bauche, J. Hermsdorf, S. Kaielerle, **Assessment of steel shields for protection against laser radiation.** J. Laser Appl. (4) 33, 42053 (2021).
- S. Julmi, A. Abel, N. Gerdes, C. Hoff, J. Hermsdorf, L. Overmeyer, C. Klose, H. J. Maier, **Development of a Laser Powder Bed Fusion Process Tailored for the Additive Manufacturing of High-Quality Components Made of the Commercial Magnesium Alloy WE43.** Materials - Special Issue „New Frontiers in Materials Design for Laser Additive Manufacturing“ (4) 14, 887 (2021).
- C. Koch, S. Nothdurft, J. Hermsdorf, S. Kaielerle, H. Wiche, V. Wesling, **Kombination des Durchsetzfügens mit dem Laserstrahlschweißen – Einfluss der Parameter- und Werkstoffvariation auf die statischen Verbindungseigenschaften.** Schweißen und Schneiden (1.2) 73, 46–51 (2021).
- R. Lahdo, S. Nothdurft, J. Hermsdorf, S. Kaielerle, **Laser beam-submerged arc hybrid welding of thick duplex steels for industry.** Laser Systems Europe, 20–21 (2021).
- R. Lahdo, S. Nothdurft, J. Hermsdorf, P. Urbanek, M. Puschmann, F. Riedel, L. Overmeyer, S. Kaielerle, **High-Power Joining of Duplex Steels using Laser Beam-Submerged Arc Hybrid Welding.** Proc. Lasers in Manufacturing (LiM) (2021).
- R. Lahdo, S. Nothdurft, J. Hermsdorf, P. Urbanek, M. Puschmann, F. Riedel, L. Overmeyer, S. Kaielerle, **Investigations on high-power laser beam-submerged arc hybrid welding of thick duplex stainless steel using laser beam wobbling.** J. Laser Appl. (4) 33, 42039 (2021).
- R. Lahdo, S. Nothdurft, J. Hermsdorf, P. Urbanek, M. Puschmann, F. Riedel, L. Overmeyer, S. Kaielerle, **Laser beam-submerged arc hybrid welding of thick duplex stainless steel.** Proc. International Congress on Applications of Lasers & Electro-Optics (ICALEO) (2021).
- M. Lammers, H. Ahlers, K. Biester, J. Hermsdorf, S. Kaielerle, **Förderung von stabförmigen Schweißzusatzstoffen für das koaxiale Laserauftragschweißen von Glas- und Metallwerkstoffen.** Tagungsband 4. Symposium Materialtechnik, 12–27 (2021).
- M. Lammers, R. Bernhard, P. Neef, H. Wiche, C. Hoff, J. Hermsdorf, S. Kaielerle, H. Ahlers, V. Wesling, **Koaxiales Laser-Pulver-Auftragschweißen mit zentraler Schweißgutzufuhr über ein Kapillarröhrchen zur Steigerung der Pulverausnutzung.** In: Konstruktion für die Additive Fertigung 2020, Berlin, Heidelberg, Springer Vieweg, 225-243 (2021).
- J. Leschke, B. Emde, J. Hermsdorf, S. Kaielerle, L. Overmeyer, **Optimization of the laser cutting of 1.4301 steel sheets under water for nuclear decommissioning purposes.** Proc. 15. Internationales Symposium „Konditionierung radioaktiver Betriebs- und Stilllegungsabfälle“ (KONTEC), 107 (2021).
- J. Leschke, B. Emde, J. Hermsdorf, S. Kaielerle, L. Overmeyer, **Underwater Laser Cutting for Nuclear Decommissioning.** Laser Systems Europe, 28–30 (2021).
- H. Ohrdes, S. Nothdurft, C. Nowroth, J. Grajczak, J. Twiefel, J. Hermsdorf, S. Kaielerle, J. Wallaschek, **Influence of the ultrasonic vibration amplitude on the melt pool dynamics and the weld shape of laser beam welded EN AW-6082 utilizing a new excitation system for laser beam welding.** Prod. Eng. Res. Devel. (6) 15, 151–160 (2021).
- S. Pamin, M. Grafe, M. Lammers, J. Hermsdorf, S. Kaielerle, L. Overmeyer, **Rotary Straightening of Fine Wire for LMD-W Applications.** Proc. Lasers in Manufacturing (LiM), 271 (2021).
- B. Reitz, C. Lotz, N. Gerdes, S. Linke, E. Olsen, K. Pflieger, S. Sohr, M. Ernst, P. Taschner, J. Neumann, E. Stoll, L. Overmeyer, **Additive manufacturing under lunar gravity and microgravity.** Microgravity Sci. Tech. (33) 2021, 25 (2021).
- J. Rinne, S. Nothdurft, J. Hermsdorf, S. Kaielerle, L. Overmeyer, **Different approaches to prevent solidification cracking in laser beam welding stainless steel-copper dissimilar joints.** International Congress on Applications of Lasers & Electro Optics (ICALEO), 18.-20. Oktober, online (2021).

J. Rinne, S. Nothdurft, J. Hermsdorf, S. Kaierle, L. Overmeyer, **Investigations on laser welding of dissimilar joints of stainless steel and copper for hot crack prevention.** J. Laser Appl. (4) 33, 42042 (2021).

J. Rinne, O. Seffer, S. Nothdurft, J. Hermsdorf, S. Kaierle, L. Overmeyer, **Investigations on the weld metal composition and associated weld metal cracking in laser beam welded steel copper dissimilar joints.** J. Mater. Process. Tech. 296, 117178 (2021).

M. Tegtmeier, N. Emminghaus, J. August, M. Lammers, C. Hoff, J. Hermsdorf, L. Overmeyer, S. Kaierle, **Development of a machine concept for the processing of Ti-6Al-4V in the PBF-LB/M process under silandized argon atmosphere.** Proc. Lasers in Manufacturing (LiM) (2021).

J. Walter, C. Hennigs, M. Hustedt, J. Hermsdorf, S. Kaierle, **Potential health risks due to emission of hazardous substances during outdoor laser cutting.** Proc. Lasers in Manufacturing (LiM) (2021).

J. Walter, V. Wippo, S. Hirt, M. Hustedt, J. Hermsdorf, S. Kaierle, N. Rosenkranz, G. A. Westphal, J. Bünger, **Minimierung der Risiken durch Kontamination im Arbeitsumfeld und Betrachtung der Toxikologie von Faserbruchstücken beim Laserstrahltrennen von Faserverbundkunststoffen.** Fachtagung „Experimentelle Strömungsmechanik“ der German Association for Laser Anemometry (GALA), 34.1-34.9 (2021).

S. Zimbelmann, B. Emde, J. Hermsdorf, T. H. v. Waldegge, D. Stübing, M. Baumann, S. Kaierle, **Interaction between laser radiation and antifouling coating underwater.** Proc. Lasers in Manufacturing (LiM), (2021).

## UNSER ANGEBOT

Wir möchten gemeinsam mit Ihnen Innovationen in Ihr Unternehmen bringen und mit Ihnen weiterentwickeln. Von einzelnen optischen Komponenten über individuelle Lasersysteme hin zur Entwicklung von Prozessen und der dazugehörigen Prozess-technik und -überwachung: Wir unterstützen Sie entlang der gesamten Wertschöpfungskette.

Als wirtschaftsnahes Forschungsinstitut können wir Sie dabei herstellerunabhängig beraten.

Wir sind Spezialist:innen im Bereich Photonik und Lasertechnologie. Naturwissenschaftler:innen und Ingenieur:innen arbeiten bei uns interdisziplinär zusammen, um Ihre Anforderungen passgenau zu erfüllen.

### UNSER ANSATZ

Wir gehen gezielt auf Ihre Herausforderungen und Ansprüche ein und setzen sie bestmöglich um. Sie erhalten bei uns eine fundierte und unabhängige Beratung. Dabei gehen wir selbstverständlich stets absolut vertraulich mit allen Informationen um, die wir von Ihnen erhalten.

Am LZH haben wir mehr als 30 Jahre Erfahrung im Bereich Photonik und Lasertechnologie. Bei uns profitieren Sie von unserem Knowhow aus aktuellen Forschungsprojekten, von unserem technischen Anlagenpark und unseren gut ausgestatteten Laboren und Reinräumen.

Wir bieten Ihnen außerdem unsere Unterstützung im Bereich Drittmittelakquise an: Gemeinsam mit Ihnen identifizieren wir geeignete Fördermittelangebote und unterstützen Sie bei der Beantragung.

### UNSERE KUNDEN

- kleine und mittlere Unternehmen
- Großunternehmen
- andere Forschungseinrichtungen

### UNSER NETZWERK

Wir verfügen über ein starkes Netzwerk von Fertigungspartnern, Dienstleistern und anderen Forschungseinrichtungen – in Niedersachsen, Deutschland und darüber hinaus.

## AUFTRAGSFORSCHUNG UND ENTWICKLUNG



Sie suchen eine technologische Lösung für Ihre Herausforderung? Dann nutzen Sie unsere Expertise in der angewandten Forschung und Entwicklung. Wir transferieren neueste wissenschaftliche Erkenntnisse aus der Forschung in Ihr Unternehmen, um Ihre Wettbewerbsfähigkeit zu sichern und zu steigern.

### WIR BIETEN

- kundenspezifische Prozesse, Systeme und Komponenten – von der Machbarkeitsstudie bis zum vollständigen Technologietransfer
- bilaterale Auftragsforschungs- und Entwicklungsverträge
- exklusive und vertrauliche Zusammenarbeit, bei Bedarf auch unter Abschluss von gängigen Geheimhaltungsvereinbarungen

### IHR MEHRWERT

- Sie gewinnen einen Innovationsvorsprung vor Ihren Mitbewerbern
- Sie steuern den Projektverlauf und verfügen über die Ergebnisse

## BERATUNG



Sie haben eine Idee oder ein Vorhaben und benötigen eine unabhängige Einschätzung? Als gemeinnütziges Forschungsinstitut sind wir dafür genau der richtige Ansprechpartner.

### WIR BERATEN ZU

- Machbarkeit
- Wirtschaftlichkeit
- Prozessoptimierung
- Prozessneuentwicklung
- Regulatory Affairs medizinischer Produkte und Zulassungsstudien
- Laser- und Arbeitssicherheit

### IHR MEHRWERT

- Sie erhalten herstellerunabhängige und neutrale Beratung
- Sie profitieren von unseren Kenntnissen im Bereich Forschung und Entwicklung sowie unserem starken Praxisbezug

## PROJEKTFÖRDERUNG



Kooperationsprojekte mit Partnern aus Wirtschaft und Wissenschaft können von zahlreichen Förderträgern auf Landes-, Bundes- oder EU-Ebene finanzielle Unterstützung erhalten. Haben Sie eine Projektidee, die Sie möglicherweise mit uns realisieren möchten? Sprechen Sie uns an. Gerne prüfen wir gemeinsam mit Ihnen, ob und welche Fördermöglichkeiten es für Ihr Vorhaben gibt.

### WIR BIETEN

- einen umfassenden Überblick über Fördermöglichkeiten
- Fachkenntnisse in der Antragsstellung, Durchführung und Koordination von öffentlich geförderten Projekten
- ein großes Netzwerk an weiteren möglichen Projektpartnern

### IHR MEHRWERT

- Sie profitieren von der anteiligen Förderung Ihres Vorhabens
- Sie erhalten Zugang zu neuesten Forschungsergebnissen
- Sie erweitern Ihr Netzwerk, denn Förderprojekte bringen häufig Partner mit verschiedenen Kompetenzen entlang der Wertschöpfungskette zusammen

## DIREKTAUFTRÄGE



Sie können bei uns verschiedenste Dienstleistungen beauftragen. Wenden Sie sich mit Ihrem Anliegen – egal wie klein oder groß – gerne an uns.

### WIR BIETEN UNTER ANDEREM

- Messungen von technischen und biologischen Proben
- Laserentwicklung
- Charakterisierung von Optiken
- Lasermaterialbearbeitung
- Emissionsanalysen
- Probenpräparation

### IHR MEHRWERT

- Sie erhalten individuelle Lösungen – auch für Fragestellungen abseits der Standards
- Sie profitieren von unserer Routine und unserem umfangreichen Praxiswissen

## SONDERANLAGENBAU



Wir entwickeln und bauen Sonderanlagen und Geräte speziell angepasst an die Bedürfnisse unserer Kunden.

### WIR BIETEN

- Entwicklung und Qualifizierung von Lasersystemen
- Entwicklung von Monitoring- und Imaging-Systemen
- Entwicklung und Integration von System- und Anlagentechnik

### IHR MEHRWERT

- Sie erhalten individuell auf Ihre Ansprüche angepasste Anlagen und Geräte
- Profitieren Sie dabei von unserer Expertise aus unseren Arbeiten in und an Forschungs- und Transferprojekten



## PROTOTYPEN UND KLEINSERIEN



Sie möchten Ihre Idee auf die Umsetzbarkeit prüfen? Oder Sie benötigen ein Einzelstück oder eine Kleinserie? Wir unterstützen Sie gerne.

### WIR BIETEN

- Entwicklung neuer Produkte und der dafür notwendigen Prozesse
- Machbarkeitsprüfungen und Studien, wie sich Ihr Vorhaben bestmöglich umsetzen lässt
- Individualanfertigungen
- eine umfangreiche Infrastruktur, mit der wir Ihr Vorhaben in die Tat umsetzen können
- Reinräume, Labore, Laseranlagen, Bildgebungs- und Analysensysteme

### IHR MEHRWERT

- Sie erhalten Individualanfertigungen, genau nach Ihren Anforderungen
- Sie werden von uns herstellerneutral und unabhängig beraten
- Sie können die notwendigen Prozesse direkt von uns in Ihr Unternehmen integrieren lassen

## TECHNOLOGIETRANSFER



Wir entwickeln und forschen mit dem Fokus auf Ihre Bedürfnisse. Von uns entwickelte Prozesse und Systemtechnik integrieren wir selbstverständlich auch in Ihr Unternehmen.

### WIR BIETEN

- Anwendungsorientierte Entwicklung von Prozessen, Systemtechnik und Komponenten
- enge Betreuung bis zur finalen Integration bei Ihnen vor Ort und darüber hinaus
- vertrauensvollen Umgang mit Ihren Daten

### IHR MEHRWERT

- Sie erhalten auf Ihre Bedürfnisse abgestimmte Prozesse und Abläufe
- Sie profitieren von unserer jahrzehntelangen Erfahrung in Transferprojekten

# PROJEKTVERZEICHNIS

Kurztitel	Projektname	Fördergeber	Förderkennzeichen	S.
cw-LIDT	Standardisiertes Prüfverfahren für Hochleistungsoptiken im Dauerstrichbetrieb	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz	03TN0010A	31
TheFastCoatings	Theorie und Steuerung der optischen Verluste von Vielschichtsystemen für Femtosekundenresonatoren	Deutsche Forschungsgemeinschaft e. V.	RI 645/9-1	31
GALACTIC	High Performance Alexandrite Crystals and Coatings for High Power Space Applications	EU-Kommission	870427	34
GAUSS	Neuartiger Laseroszillator für gewinngeschaltete UKPL-Systeme	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz	16KN053064	34
Exzellenzcluster: QuantumFrontiers	Exzellenzcluster: QuantumFrontiers	Deutsche Forschungsgemeinschaft e. V.		37
QPhotLab	Quantum Photonics Fabrication Lab	Bundesministerium für Bildung und Forschung	13N15984	37
LUVMI-X	Lunar Volatiles Mobile Instrumentation - eXtended	EU-Kommission	822018	40
REGOLITH	Laserschmelzen von extraplanetarem Gestein unter Mondbedingungen	Deutsche Forschungsgemeinschaft e. V.	OV 36/49-1	40
FEM2CXL	Neue Ansätze zur Hornhautvernetzung durch ultraviolettes Licht und Femtosekundenlaser in Kombination mit Finite-Elemente-Modellierung	Bundesministerium für Bildung und Forschung	01QE1807B	43

Kurztitel	Projektname	Fördergeber	Förderkennzeichen	S.
MaKo-Zell	Neuartige Materialkombinationen zur multifunktionalen Strukturierung von Zellkulturoberflächen	Bundesministerium für Bildung und Forschung	13XP5101B	43
NUBELA	Nichtchemische Unkrautbekämpfung mittels Laserstrahlung in der Pflanzenproduktion	Deutsche Bundesstiftung Umwelt	33117/01	46
LichtFalle	Aufschrecken, Anlocken, Kartieren und selektives Bekämpfen von Schadinsekten mittels mobiler LED-Laser-Kombifalle	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft	2818511A18	46
MULTISPOT	Modular steuerbarer Laserspot zum temperaturfeldangepassten Schweißen von komplexen Kunststoffbauteilen	Bundesministerium für Bildung und Forschung	13N14693	49
µg-Schweißen	Das Verhalten metallischer Schmelzen beim Laserstrahlschweißen unter Mikrogravitation	Deutsche Forschungsgemeinschaft e. V	KA 3952/13-1	49
Sonderforschungsbereich 871	Regeneration komplexer Investitionsgüter	Deutsche Forschungsgemeinschaft e. V.	SFB 871/3 – 2018; SFB 871 – 2019	52
3D NaturDruck	Design und Fabrikation von 3D-gedruckten Bauteilen aus Biokompositen / Filamente aus Endlos- und Kurznaturfasern	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft	2220NR295C	52

---

**Bildnachweise:**

- Imagebild Agrartechnik S. 28, 44: sutadimages/stock.adobe.com
- Bild zu Pflanzenproduktion S. 45: mustbeyond/stock.adobe.com
- Bild zu Lebensmittelverarbeitung S. 45: littlewolf1989/stock.adobe.com
- Bild zu Technologietransfer S. 73: BillionPhotos.com/stock.adobe.com

**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**