

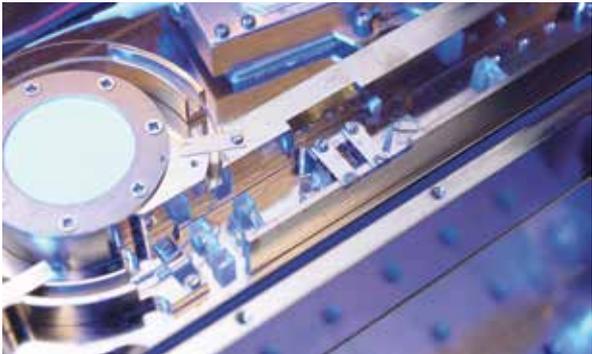
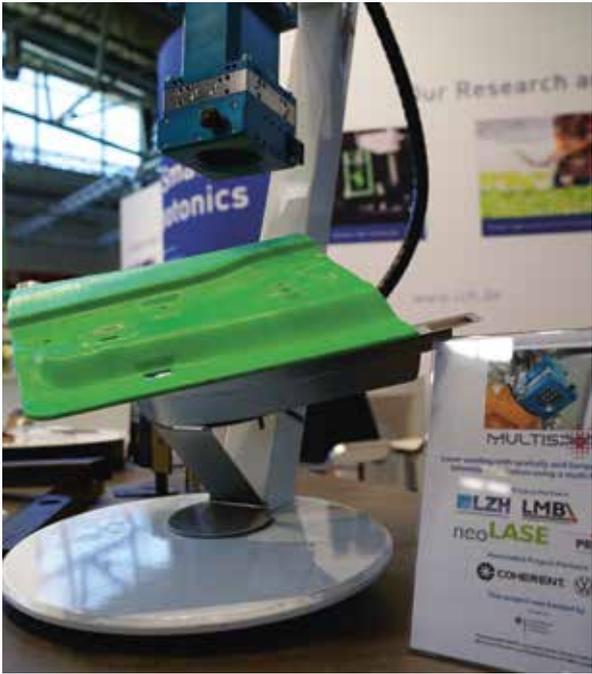
JAHRBUCH 2022

research | development | consulting



JAHRBUCH 2022

research | development | consulting



INHALT

DAS LZH IM FOKUS

| | |
|------------------------------|----|
| Vorwort | 7 |
| Das Jahr in Kürze | 8 |
| Verabschiedung Klaus Ulbrich | 14 |

DAS LZH – AUFBAU UND FAKTEN

| | |
|---|----|
| Licht für Innovation: Das LZH im Profil | 15 |
| Organisation | 16 |
| Das LZH in Zahlen | 20 |

UNSERE INNOVATIONSFELDER

| | |
|-----------------------------|----|
| Smarte Optik | 24 |
| Smarte Laser | 28 |
| Smarte Quantentechnologien | 32 |
| Smarte Weltraumtechnologien | 36 |
| Smarte Lebenswissenschaften | 40 |
| Smarte Agrartechnik | 44 |
| Smarte Produktion | 48 |
| Smart Additiv | 52 |

NACHWUCHSFÖRDERUNG UND WEITERBILDUNG

| | |
|--------------------------------------|----|
| Akademische Arbeiten | 56 |
| Nachwuchsförderung und Weiterbildung | 58 |
| Vorlesungen und Seminare | 59 |
| LZH Laser Akademie GmbH | 60 |

VERANSTALTUNGEN

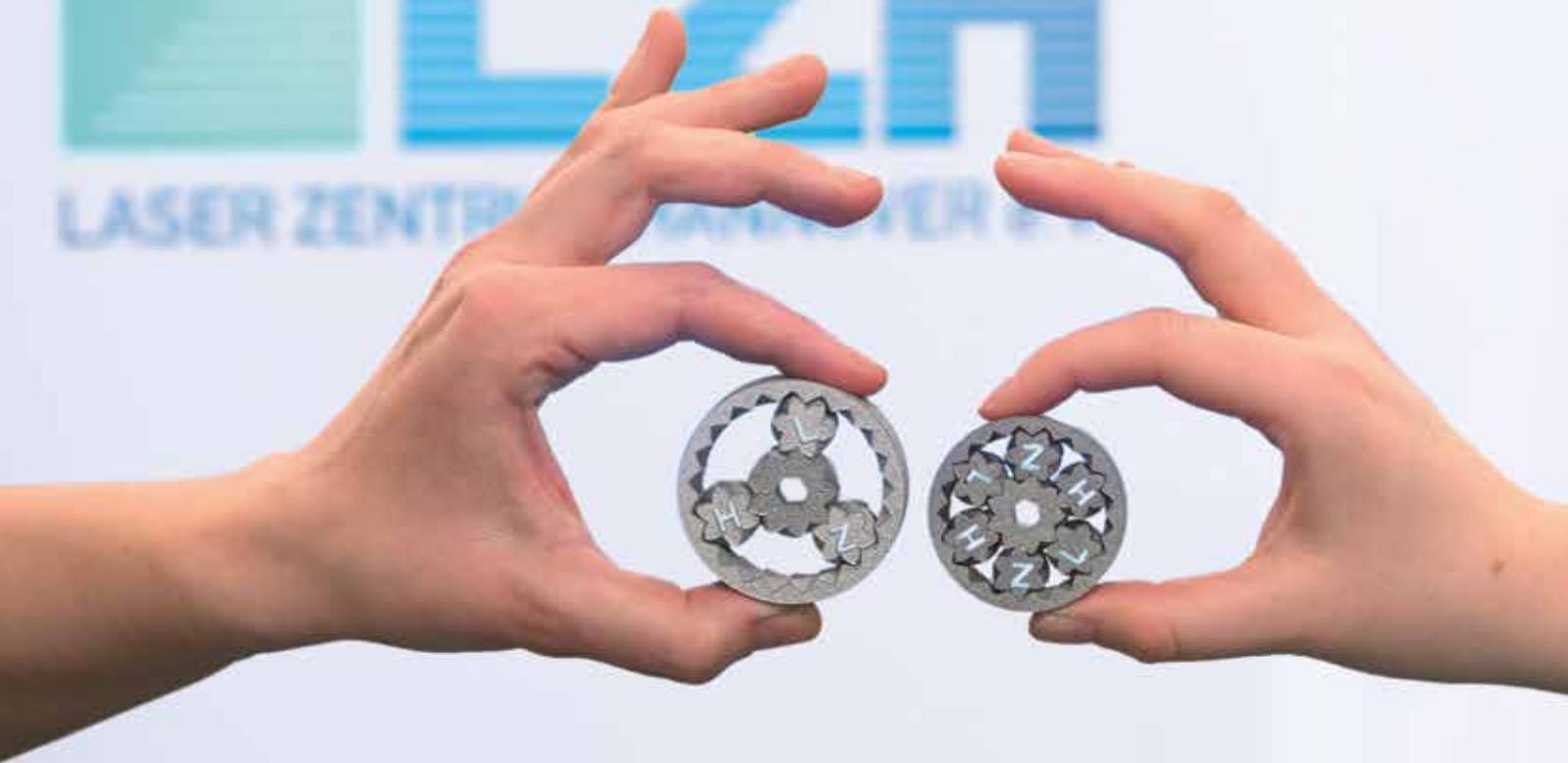
61

VERÖFFENTLICHUNGEN

| | |
|--|----|
| Abteilung Optische Komponenten | 70 |
| Abteilung Laserentwicklung | 71 |
| Abteilung Industrielle und Biomedizinische Optik | 74 |
| Abteilung Produktions- und Systemtechnik | 75 |
| Abteilung Werkstoff- und Prozesstechnik | 76 |

UNSER ANGEBOT

79



VORWORT

LIEBE LESER:INNEN,

mit unserer Forschung am LZH unterstützen wir Unternehmen darin, innovativer und wettbewerbsfähiger zu werden. Unverzichtbar daher für uns: der enge Austausch mit Industrie und Mittelstand. Wir freuen uns, dass wir die Kontakte zu unseren Partnern in 2022 wieder persönlich pflegen konnten – auf Messen, bei Workshops und bei Branchenevents. Auch das Institut selbst hat gerne eingeladen: So ist etwa unser Forum „Additive Fertigung“ auf großes Interesse gestoßen. Der Erfolg der Veranstaltung hat uns einmal mehr gezeigt, dass wir mit unserer Expertise im Bereich 3D-Druck den Finger am Puls eines wichtigen Zukunftsthemas für Industrie, Mittelstand und Handwerk haben.

Bei uns konnten im vergangenen Jahr wieder viele Projekttreffen stattfinden. Aber auch für kleinere und größere Netzwerktreffen waren wir gerne Gastgeber: So haben etwa die Mitglieder eines IHK-Ausschusses bei uns etwas über Smart Farming und Weltraumlaser erfahren. Das LZH ist seit jeher ein Ort, an dem Kontakte geknüpft und Knowhow ausgetauscht werden. Dazu passt auch, dass wir seit 2022 Partner im Enterprise Europe Network (EEN) sind. Das von der EU gegründete europäische Netzwerk unterstützt die internationale Zusammenarbeit von Wirtschaft, insbesondere von kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) und Wissenschaft. Als Ansprechpartner für KMU in Niedersachsen können wir beim EEN unsere langjährige Erfahrung in der Zusammenarbeit mit Unternehmen einbringen: Wir bieten unsere Unterstützung bei der Suche nach internationalen Geschäfts- und Kooperationspartnern an, schauen auf Innovationspotenziale und beraten zu aktuellen europäischen Programmen und Fördermöglichkeiten.

Wir unterstützen aber nicht nur Netzwerke, wir fördern auch aktiv neue (Geschäfts-)Ideen. Hier haben wir uns im vergangenen Jahr mit zwei sehr spannenden Projekten beschäftigt: Zum einen ist da das EXIST-Projekt

LAM μ C mit dem Ziel einer Existenzgründung zur additiven Serienfertigung hochkomplexer Mikrobauteile. Sei es in der Medizintechnik oder in der Luftfahrt: Der Markt für additiv gefertigte Mikro-Lösungen wächst stetig, und wir freuen uns, dass unsere Wissenschaftler:innen hier ihre Kompetenzen einbringen können. Das andere ist der Hightech-Inkubator SMINT@Hannover zur Förderung von Ausgründungen und Startups. Der SMINT-Inkubator ist eines von acht Vorhaben, die das niedersächsische Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Bauen und Digitalisierung mit rund 25 Millionen Euro unterstützt. Wir freuen uns darauf, Hightech-Entwicklungen auf ihrem Weg zur Marktreife und vor allem motivierte Gründer:innen ein Stück weit zu begleiten.

Vor dem Hintergrund der konjunkturellen und geopolitischen Lage standen und stehen wir vor nicht leichten Aufgaben. Die stark gestiegenen Energiepreise sind für uns als Einrichtung mit hohem Strombedarf eine echte Herausforderung. Eine, die wir hoffentlich alle gemeinsam bewältigen werden. Denn wir halten es für immens wichtig, dass gerade auch kleine und mittlere Unternehmen weiterhin Zugang zu technologischem Wissen erhalten können.

Mit diesem Jahrbuch möchten wir Sie einladen, mehr über die spannenden Themen zu erfahren, an denen wir gemeinsam mit unseren Partnern forschen. Wir wünschen Ihnen eine angenehme Lektüre und kommen gerne ins Gespräch, wenn Sie mehr erfahren möchten – sprechen Sie uns einfach an.

Zu guter Letzt möchten wir allen Mitarbeiter:innen für ihre engagierte Arbeit und ihren großen Einsatz für das LZH danken. Unser Dank gilt ebenso unseren Partnern und Kunden für das entgegengebrachte Vertrauen, sowie unseren Freunden und Förderern für ihre Unterstützung.



Prof. Dr.-Ing. Stefan Kaierle

Geschäftsführender Vorstand des LZH



Dr. rer. nat. Dietmar Kracht

Geschäftsführender Vorstand des LZH



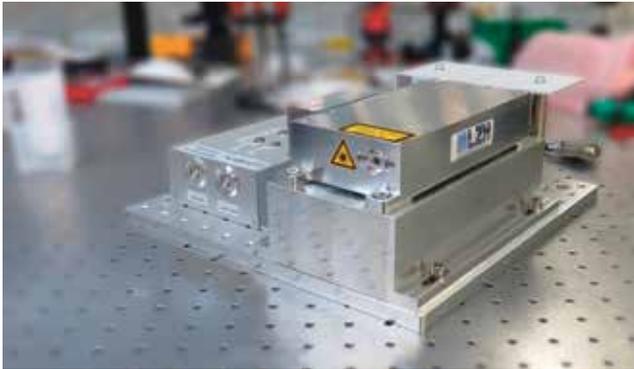
Dipl.-Verw. (FH) Klaus Ulbrich

Geschäftsführender Vorstand des LZH

DAS JAHR IN KÜRZE

25.02.2022

Dem Wasser auf der Spur: Laser für den Einsatz auf dem Mond



In den Polarregionen des Mondes ist die Wahrscheinlichkeit, flüchtige Bestandteile wie Wasser zu finden, am höchsten, da diese dort gefroren vorliegen. Nachweisen lassen sie sich etwa durch die Methode „Laser-induced breakdown spectroscopy“ (LIBS). Zu diesem Zweck haben die Wissenschaftler:innen der Gruppe Solid-State Lasers ein Lasermodell designt und gebaut. Das Institut für Optische Sensorsysteme des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR-OS) verbaute den Laser des LZH in ein Demonstrator-Modell des eigentlichen „Volatiles Identification by Laser Ablation“-Messinstruments (kurz VOILA).

09.03.2022

LZH entwickelt Unterwasser-Laser-Verfahren zur Entschärfung von Kampfmitteln im Meer



Das LZH entwickelt gemeinsam mit Projektpartnern ein Verfahren, um Weltkriegsmunition unter Wasser mit dem Laser zu entschärfen. Das Ziel: dem Ökosystem so wenig wie möglich schaden und dabei Zeit und Kosten sparen.

Erfahren Sie mehr auf [S. 51](#)

17.03.2022

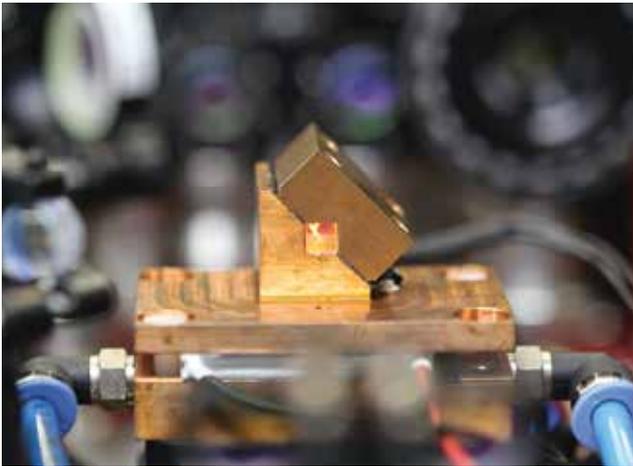
Benedikt Schubbauer erhält LASE Best Student Paper Award der Photonics West



Benedikt Schubbauer, wissenschaftlicher Mitarbeiter am LZH, wurde mit einem LASE Best Paper Award der Photonics West ausgezeichnet. Benedikt Schubbauer forscht am LZH in der Gruppe Ultrafast Photonics und hat den 1. Platz bei der „Fiber Lasers Best Student Oral Paper Competition“ der Photonics West belegt. Ausgezeichnet wurde er für die Präsentation seines Papers „Power scaling in Thulium-doped fiber Mamyshev oscillators“ auf der Konferenz „Fiber Lasers: Technology and Systems“. Das Paper hat er im Rahmen seines Promotionsvorhabens erstellt. Der Preis ist mit 1.000 Dollar dotiert. Bewertet wurden der wissenschaftliche Inhalt und die Relevanz für die Forschung, sowie die Verständlichkeit.

18.03.2022

Femtosekundenlaser bei 2 μm : LZH und Partner entwickeln innovative Hochenergie-Laser



fs-Laser haben in der Industrie enorm an Bedeutung gewonnen und kommen beispielsweise beim Glas-schneiden von Handydisplays zum Einsatz. Auch für die Mikrobearbeitung von Metallen oder Keramiken werden sie verwendet. fs-Laser emittieren dabei üblicherweise im Wellenlängenbereich um ein Mikrometer. Für viele Anwendungen sind allerdings Laser optimal, die Wellenlängen um zwei Mikrometer emittieren – etwa für Kunststoffe und organische Materialien, die Energie besonders gut in diesem Wellenlängenbereich absorbieren. Einen solchen fs-Laser bei zwei Mikrometern mit mehr als 250 μJ Pulsenergie wollen die Wissenschaftler:innen der Gruppe Ultrafast Photonics des LZH gemeinsam mit der NeoLASE GmbH aus Hannover sowie den belgischen Partnern Optec S.A., Lasea und Multitel ASBL realisieren.

28.03.2022

Innovative Spatial ALD-Anlage am LZH kann komplex geformte Optiken präzise beschichten



Mit einer neuen Spatial ALD-Anlage kann das LZH ab jetzt auch komplex geformte Optiken gleichmäßig beschichten. Die innovative Anlage erzielt höhere Auftragsraten als bisher möglich – und ist unter anderem für Anwendungen im Automotive Lighting- oder auch VR/AR-Bereich interessant. Mithilfe der ALD-Technologie (engl. atomic layer deposition) lassen sich sehr dünne, qualitativ hochwertige Schichten herstellen. Bisher wird das ALD-Verfahren vor allem genutzt, um zum Beispiel dünne Funktionsschichten in der Halbleiterindustrie herzustellen. Die in Kooperation mit der Firma Beneq neuentwickelte Spatial-ALD-Anlage des LZH macht nun eine weitere, industriell stark nachgefragte Anwendung wirtschaftlich: Mit ihr können die Wissenschaftler:innen der Gruppe Optik-Integration am LZH viel schneller als bisher Schichtsysteme gleichmäßiger Dicke zum Beispiel auf stark gekrümmten und strukturierten Optiken herstellen.



Erfahren Sie mehr in einem Video der Firma Beneq (QR-Code oder [hier](#)).

26.04.2022

Laserstrahlschweißen von Messing – Ziel: zuverlässig und automatisiert



Das Schweißen der Kupferlegierung Messing wird bei vielen Bauteilen genutzt, es ist jedoch herausfordernd. LZH und LMB Automation GmbH entwickeln im Projekt LaserMessing eine laserbasierte Fertigungsanlage für eine automatisierte Produktion von Messingbauteilen. Im Rahmen des Projekts arbeiten die Wissenschaftler:innen des LZH an einem Schweißprozess, der laserbasierte Tief-schweiß- und Fülldrahtprozesse kombiniert. Das Ziel: ein stabiler, automatisierbarer Prozess mit Schweißnähten ohne Poren, Schweißspritzer und Nahtunterwölbungen – für Bauteile mit hohem ästhetischem Anspruch.

09.05.2022

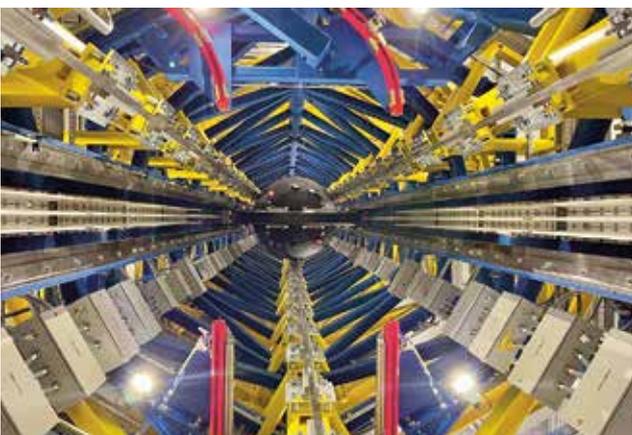
Effizienter Schweißen unter Wasser: LZH entwickelt neues Verfahren



Das LZH entwickelt gemeinsam mit einem Industriepartner ein lasergestütztes Metall-Fülldrahtschweißverfahren für den Einsatz unter Wasser. Das Verfahren soll Schweißarbeiten unter Wasser erleichtern und bessere Schweißnähte erzeugen. Ob bei Windparks, Küstenschutzbauwerken oder im Hafen: Wenn technische Konstruktionen unter Wasser geschweißt werden müssen, dann machen das Taucher:innen in der Regel per Elektroden-Handschiessen. Ein alternatives Verfahren entwickeln Wissenschaftler:innen des LZH nun gemeinsam mit der AMT GmbH aus Aachen. Das lasergestützte Metall-Fülldrahtschweißen unter Wasser soll das Schweißen unter Wasser erleichtern und bessere Schweißnähte erzeugen.

15.06.2022

Vision: Laserschweißen im Weltraum



Wissenschaftler:innen des LZH untersuchen im Projekt „µg-Schweißen“ den Einfluss der Gravitation auf Laserstrahlschweißprozesse. Experimente im Einstein-Elevator der Leibniz Universität Hannover sollen wichtige Erkenntnisse liefern. Um Raumstationen auszustatten, müssen momentan noch vollständig montierte Baugruppen in den Weltraum transportiert werden. Dies beansprucht Laderaum und führt zu hohen Treibstoffkosten. Eine Lösung für dieses Problem könnte das Laserstrahlschweißen sein: Mit dessen Hilfe könnten Anbau- oder Ersatzteile direkt vor Ort aneinandergesetzt werden. Und anstatt gesamte Baugruppen auszutauschen, könnten bestehende Ausstattungen flexibel erweitert, modifiziert oder repariert werden.

21.06.2022

MOONRISE: LZH und TU Berlin bringen mit Laser und KI den 3D-Druck auf den Mond



3D-Druck auf dem Mond: Wissenschaftler:innen vom Laser Zentrum Hannover e.V. (LZH) und der Technischen Universität Berlin (TU Berlin) planen einen Flug zum Mond, um dort mit Laserstrahlung Mondstaub aufzuschmelzen.

Erfahren Sie mehr auf [S. 39](#)

28.07.2022

Nachhaltiger 3D-Druck: LZH forscht an Bauelementen aus Naturfasern



Der 3D-Druck ist in der Architektur längst angekommen, jetzt soll er auch ökologisch nachhaltig werden: Das LZH forscht zusammen mit Partnern daran, wie man individuelle Bauelemente aus Naturfasern mittels Additiver Fertigung herstellen kann. Im Projekt 3DNaturDruck sollen aus naturfaserverstärkten Biopolymeren im 3D-Druck architektonische Bauteile wie etwa Fassadenelemente entstehen. Dafür werden die Wissenschaftler:innen die entsprechenden Kompositmaterialien aus Biopolymeren sowohl mit Naturkurzfasern als auch mit Naturendlosfasern entwickeln und für die Verarbeitung mit dem additiven Fertigungsverfahren FDM (Fused Deposition Modeling) optimieren. Das Ziel der Projektpartner: Smarte und innovative Designs ermöglichen, die gleichzeitig ökologisch und nachhaltig sind.

02.08.2022

LZH entwickelt in neuer DFG-Forschungsgruppe maßgeschneiderte zahnmedizinische Implantate

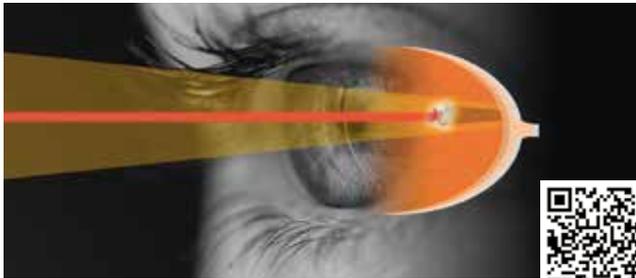


An haltbareren, besonders gut passenden Zahnimplantaten arbeitet das LZH im Rahmen einer DFG-Forschungsgruppe. Dabei wollen die Wissenschaftler:innen Titan-Implantate mit einer innovativen Gitterstruktur additiv fertigen.

Erfahren Sie mehr auf [S. 54](#)

16.08.2022

LZH sucht Floater-Betroffene für Umfrage zu Glaskörpertrübungen im Auge



Glaskörpertrübungen im Auge, auch „Floater“ genannt, beeinträchtigen viele Menschen in der Lebensqualität. Das LZH lädt Betroffene ein, ihre Erfahrungen in einer Umfrage zu dokumentieren, und will mit den neuen Erkenntnissen die Forschung zu der Entstehung und Therapie von Floatern voranbringen.

Sie finden die Umfrage auf unserer Website (QR-Code oder [hier](#)).

Erfahren Sie mehr auf [S. 43](#)

17.09.2022

LZH-Gruppenleiterin Verena Wippo ist General Chair der ICALEO 2022



Verena Wippo, Leiterin der Gruppe Verbundwerkstoffe am LZH, ist zum zweiten Mal in Folge General Chair der ICALEO. Die Konferenz „International Congress on Applications of Lasers & Electro-Optics“ fand vom 17. bis 20. Oktober 2022 in Orlando, Florida, statt. Gemeinsam mit den Co-Chairs und einem internationalen Programmkomitee war sie damit für die Programmgestaltung verantwortlich. Verena Wippo wurde für ihre erfolgreiche Arbeit im Bereich der Photonik außerdem in die Liste „The Photonics 100“ aufgenommen, mit der die Herausgeber des Magazins Electro Optics innovative Personen in der Photonikbranche würdigen.

09.11.2022

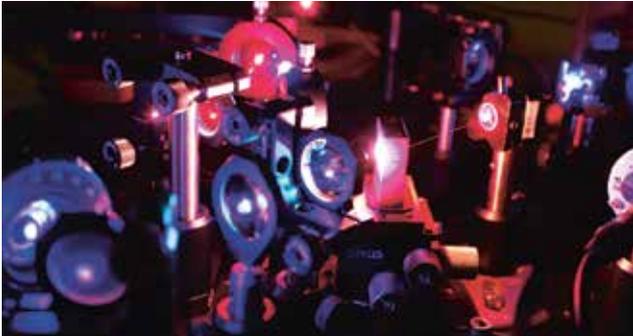
Laserstrahl-Unterpulver-Hybridschweißen: Neues Verfahren zum Fügen von Duplexstählen



Mit dem Laserstrahl-Unterpulver-Hybridschweißen ist es dem LZH gemeinsam mit dem Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU gelungen, Duplexstahl in Blechstärken von bis zu 30 mm schnell und sicher zu fügen. Das neuartige Verfahren, das die Forscher:innen im Rahmen des Projekts DupLUH im Auftrag der Forschungsvereinigung Stahlanwendung e.V. (FOSTA) entwickelt haben, vereint die Vorteile des etablierten Unterpulverschweißens mit der hohen Produktivität eines Strahlschweißverfahrens. Die Ergebnisse könnten den Weg für das Laserstrahl-Unterpulver-Hybridschweißen in der industriellen Schweißfertigung von dicken Duplexstählen ebnen.

06.12.2022

Lebensmittelbetrug aufdecken – Lichtquanten sei Dank

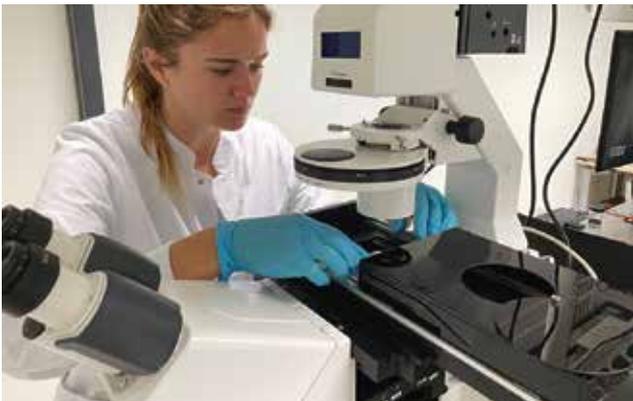


Beim Einkaufen im Supermarkt müssen sich Konsument:innen auf die Lebensmittel-Kennzeichnung verlassen können. Aber ist die immer korrekt? Im Verbund-Projekt QSPEC will das LZH gemeinsam mit Partnern ein neues Analyseverfahren entwickeln, das quantenmechanische Effekte nutzt, um Lebensmittel kostengünstiger auf Inhalt und Herkunft zu prüfen.

Erfahren Sie mehr auf [S. 35](#)

20.12.2022

Bakteriellen Befall schnell, berührungslos und markerfrei erkennen



Mit einem multimodalen Mikroskop will das LZH zusammen mit drei Partnern im Verbundprojekt PriMe die Erkennung von bakteriellem Befall über eine schnelle, markerfreie und berührungslose Bildgebung möglich machen. Die Zusammensetzung von Biofilmen zu entschlüsseln, dauert zurzeit mindestens einen Tag – für das klinische Umfeld, in dem Biofilme lebensbedrohlich sein können, eine enorm lange Zeitspanne. Die PriMe Verbundpartner wollen nun Mehrphotonenmikroskopie und metabolische Bildgebung kombinieren, um den Prozess erheblich zu beschleunigen. Dazu entwickeln sie eine neuartige Laserstrahlquelle mit spezifisch auf die Anwendung angepassten spektralen Eigenschaften.

VERABSCHIEDUNG KLAUS ULBRICH



Klaus Ulbrich überreicht Dr. Volker Schmidt (Hauptgeschäftsführer, l.) und Wolfgang Niemesh (Präsident, m.) ein Geschenk zum 125-jährigen Jubiläum der Stiftung NiedersachsenMetall. (Foto: NiedersachsenMetall)

Die Grundlage für exzellente Forschung ist – auch – eine exzellente Administration. Dies hat Klaus Ulbrich in seiner Zeit als kaufmännischer Geschäftsführer und Vorstandsmitglied am Laser Zentrum Hannover e.V. gelebt. Er hat in den vergangenen 15 Jahren mit dafür gesorgt, die Verwaltung zu einem Fundament des LZH zu machen, das Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern die notwendigen Freiräume zum wissenschaftlichen Arbeiten bietet.

Als Klaus Ulbrich 2007 an das LZH kam, durchlebte das Institut herausfordernde finanzielle Zeiten. Durch seine ruhige und souveräne Art gelang es ihm, einen strukturellen Wandel einzuleiten und das Institut in sichere Fahrwasser zu bringen. Dabei zeigte er sich in den richtigen Momenten kampfbereit, etwa als es darum ging, unsere Reindräume, inzwischen in ihrer Bedeutung für die Laserentwicklung und Laseroptik nicht mehr wegzudenken, Wirklichkeit werden zu lassen.

Klaus Ulbrich pflegte als kaufmännischer geschäftsführender Vorstand unser ausgeprägtes Netzwerk in Politik, Wirtschaft und Verbände hinein und weitete es stetig aus. Er legte immer Wert auf eine zielgruppengerechte Außenkommunikation des Instituts und konnte so auf verschiedenen Ebenen für das LZH eintreten. Dabei lag sein Fokus auf der wirtschaftlichen Bedeutung des Lasers, dem Transfer von Wissen in und Innovation für Unternehmen – nicht nur aber speziell – in Niedersachsen. Innovationstransferprojekte wie Niedersachsen ADDITV lagen ihm dabei ganz besonders am Herzen.

Wir danken unserem Vorstand und kaufmännischen Geschäftsführer Klaus Ulbrich herzlich für seinen stetigen und erfolgreichen Einsatz für das LZH. Auch dank seiner Arbeit können wir am LZH selbst in dieser weltpolitisch und konjunkturell schwierigen Zeit auf eine solide Basis setzen.

Wir werden die langjährige und vertrauensvolle Zusammenarbeit in bester Erinnerung behalten und wünschen zum wohlverdienten Ruhestand alles Gute!

Prof. Dr.-Ing. Stefan Kaielerle im Namen der Mitarbeiter:innen und des Vorstandes



Klaus Ulbrich 2019 mit Dietmar Kracht und dem damaligen Niedersächsischen Staatssekretär für Digitalisierung Stefan Muhle (links) bei der Auszeichnung des LZH als „Digitaler Ort Niedersachsens“. (Foto: LZH)

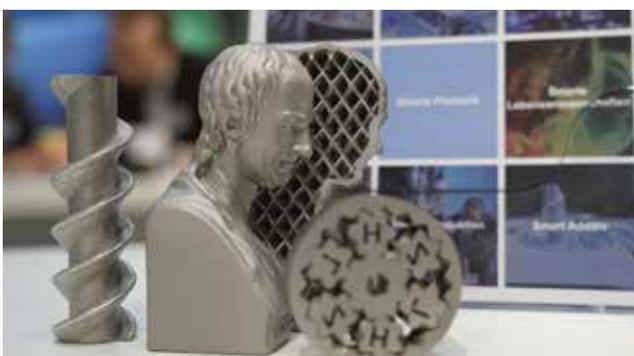
LICHT FÜR INNOVATION: DAS LZH IM PROFIL

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 industrienah auszubilden.

Das LZH bietet mit seinen Anwendungen der Smarten Photonik Lösungen für gegenwärtige und zukünftige 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. Die Grundförderung erhält das LZH durch das Niedersächsische Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Bauen, und Digitalisierung.

Die acht Innovationsfelder aus dem Bereich der Smarten Photonik – Smarte Optik, Laser, Quantentechnologien, Weltraumtechnologien, Lebenswissenschaften, Agrartechnik, Produktion und Smart Additiv stehen für die Zukunftsthemen der Photonik und Lasertechnologie. In diesen Bereichen 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 und QuantumFrontiers sowie an den Sonder-

forschungsbereichen Tailored Forming und Sauerstofffreie Produktion. Weiterhin ist das LZH Partner in (über-)regionalen Forschungseinrichtungen und Forschungsbauten.

Im Projekt Niedersachsen ADDITIV unterstützt das LZH gemeinsam mit dem Institut für Integrierte Produktion Hannover 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, anwendungsnahe 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.

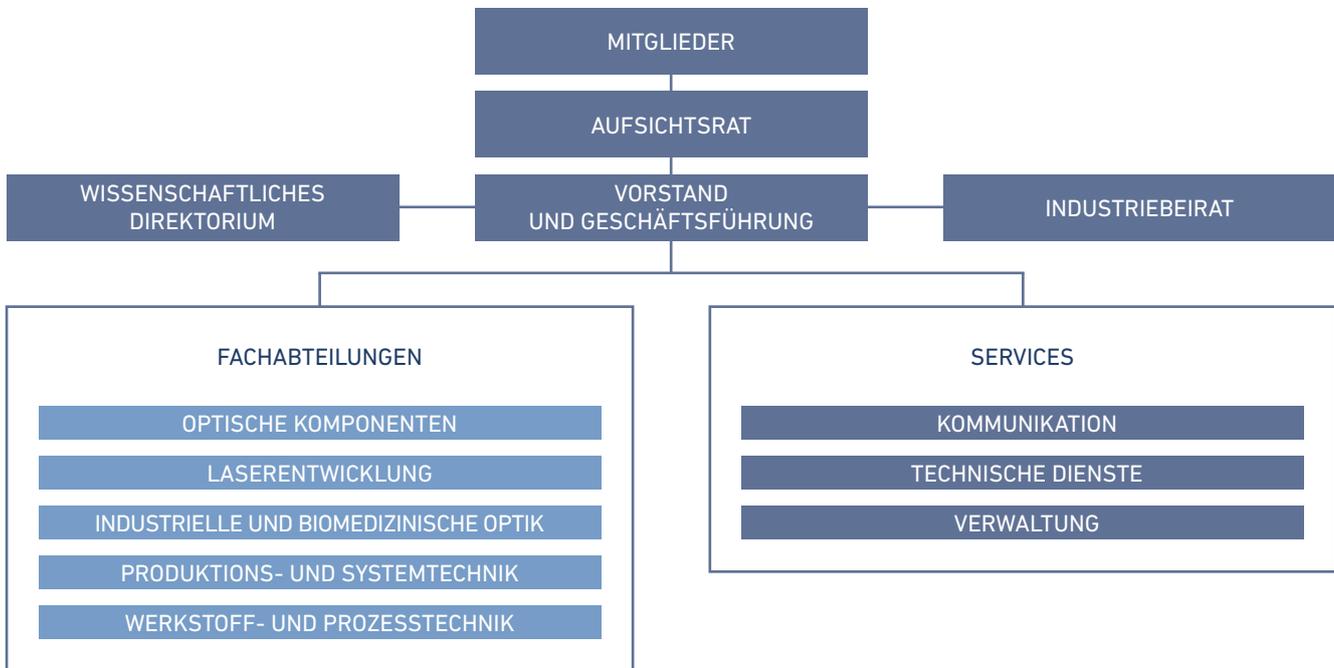
Das LZH ist außerdem seit 2022 Partner im Enterprise Europe Network (EEN) Niedersachsen. Das EEN ist das weltweit größte Netzwerk für kleine und mittlere Unternehmen und ein wichtiges Instrument der europäischen Mittelstandsförderung.

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.

ORGANISATION

ORGANISATIONSSTRUKTUR



MITGLIEDER

Im Berichtszeitraum hatte das LZH 78 Mitglieder aus Industrie sowie Hochschulen und Forschungseinrichtungen.

Die ordentliche Mitgliederversammlung fand satzungsgemäß am 11. November 2022 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.

2022 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
bis November 2022: Abteilungsleiter „Industriepolitik und maritime Wirtschaft“ des Nds. Ministerium für Wirtschaft, Arbeit, Verkehr und Digitalisierung
seit Dezember 2022: Abteilungsleiter „Immissionsschutz, Kreislaufwirtschaft, Ressourcenschutz“ des Nds. Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz

Prof. Dr. iur. Volker Epping

Präsident der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover

Michael Kieseewetter

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.

2022 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.

2022 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
Institut für Photonik

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.

2022 GEHÖRTEN DEM INDUSTRIEBEIRAT FOLGENDE MITGLIEDER AN:

Dr. rer. pol. Volker Schmidt

Vorsitzender des Industriebeirats
Hauptgeschäftsführer NiedersachsenMetall, Hannover

Dr.-Ing. Joachim Balbach

Geschäftsführer
Laserprodukt Gesellschaft für Auftragsfertigung mbH,
Alfeld

Dr.-Ing. Michael Bartelt

Leitung Industrial Engineering
MTU Maintenance Hannover GmbH, Langenhagen

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. rer. nat. Michael Kempe

Corporate Research and Technology
Carl Zeiss AG, Jena

Dr. rer. nat. Frank Korte

Geschäftsführer
Micreon GmbH, Hannover

Volker Krause

Geschäftsführer
Laserline GmbH, Mühlheim-Kärlich

Dr.-Ing. Benedikt Ritterbach

Geschäftsführer
Salzgitter Mannesmann Forschung GmbH, Salzgitter

FACHABTEILUNGEN

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



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 2022 wird anhand der nachfolgenden Ergebnisrechnung aufgezeigt.

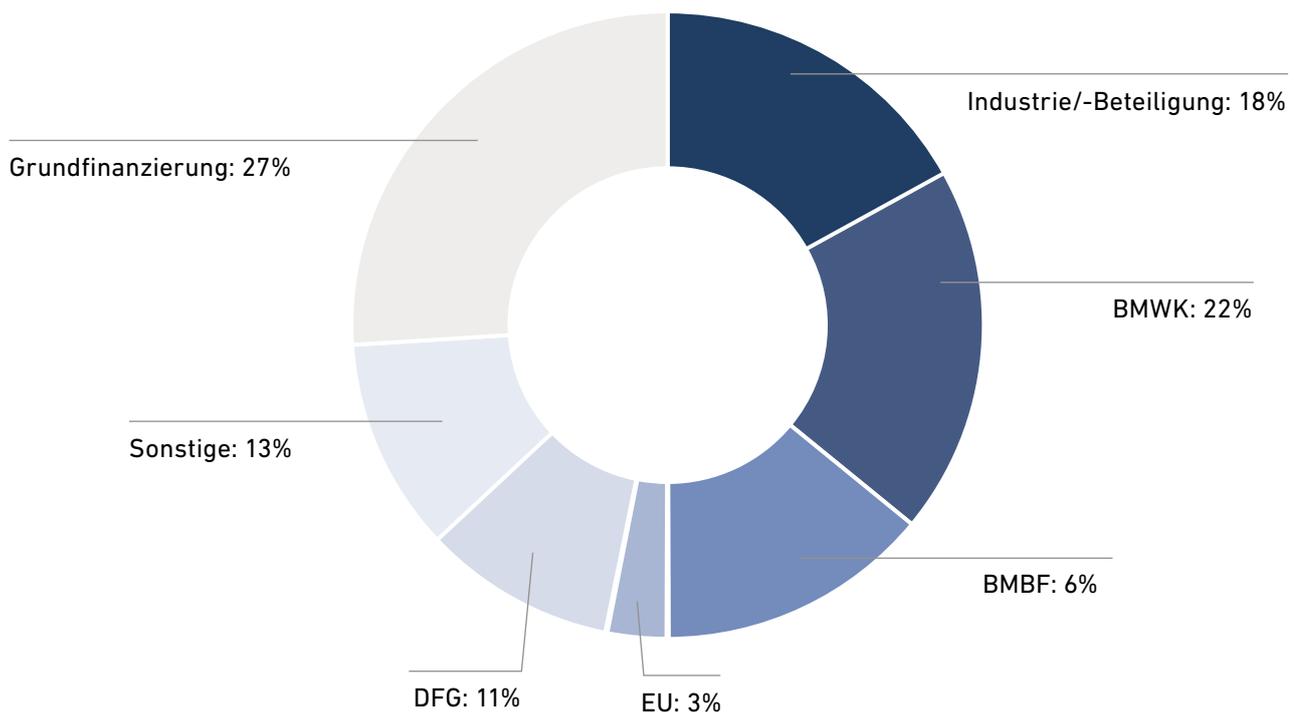
Die betriebliche Leistung betrug im Jahr 2022 Mio. € 19,685 (Vorjahr: Mio. € 20,067). Diese beinhaltet den Umsatz aus den Projekterträgen durch die Industrie, Land, Bund, EU und Sonstige in Höhe von Mio. € 14,385 (Vorjahr: Mio. € 14,767) sowie die Grundfinanzierung durch das Land Niedersachsen in Höhe von Mio. € 5,3 (Vorjahr: Mio. € 5,3).

Die Eigenfinanzierungsquote lag bei 73 % (Vorjahr: 74 %).

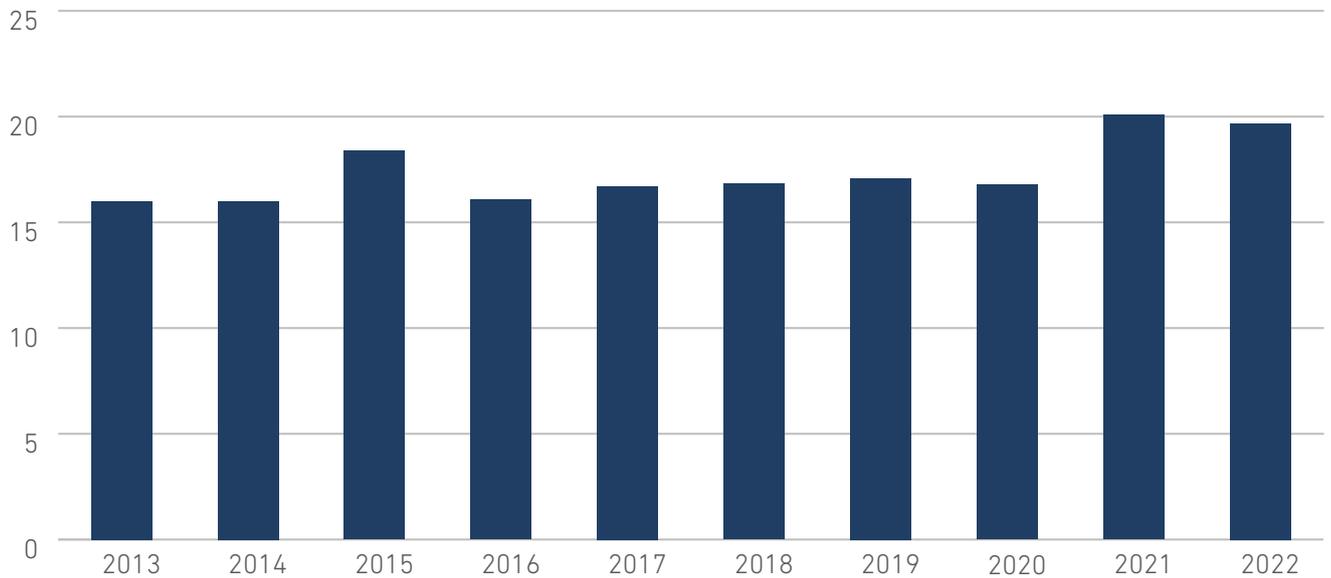
Die Aufwendungen für Investitionen betragen insgesamt Mio. € 2,387 (Vorjahr: Mio. € 4,42). Der Anteil der Investitionen an den Gesamtaufwendungen betrug im Geschäftsjahr 2022 12 % (Vorjahr: 22 %).

Im Jahr 2022 wurden am LZH 110 Forschungs- und Entwicklungsvorhaben bearbeitet. 2022 begannen am LZH 24 Forschungs- und Entwicklungsvorhaben.

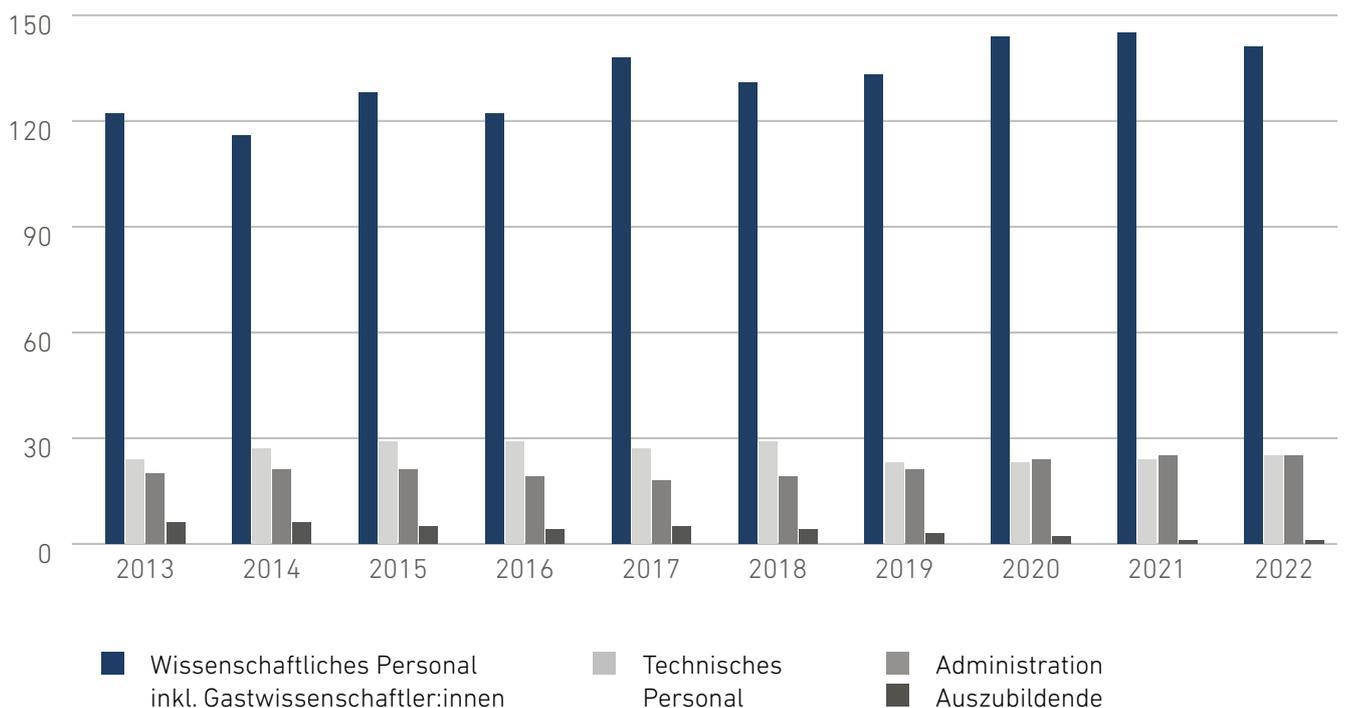
GLIEDERUNG DER EINNAHMEN 2022



UMSATZENTWICKLUNG 2013 – 2022 (IN MIO. €)

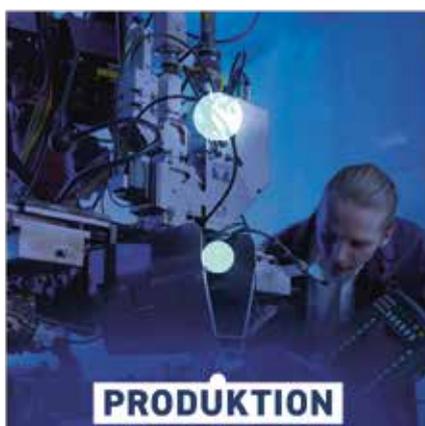
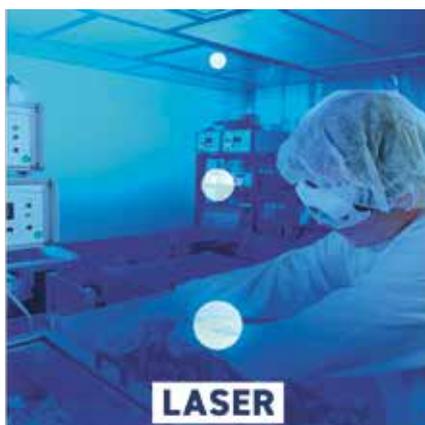


PERSONALENTWICKLUNG 2013 – 2022



UNSERE

INNOVATIONSFELDER



Smarte Photonik ist zukunftsweisend, digital, intelligent. Das LZH bündelt die Themen der Zukunft in den Bereichen Photonik und Lasertechnologie 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, zukunftsgerichtet zu forschen und zu arbeiten. Unsere Innovationsfelder zeigen die aus unserer Sicht wichtigen Themenbereiche für die Photonik und Lasertechnologie, zu denen wir in den kommenden Jahren wichtige Beiträge leisten wollen.

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.

FASERKOMPONENTEN



OPTISCHE
SCHICHTEN



OPTISCHE
MATERIALIEN



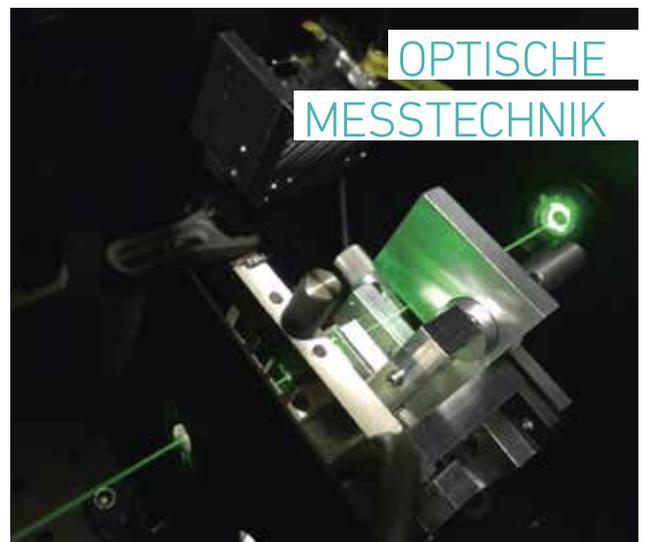
OPTISCHE
KOMPONENTEN



MINIATURISIERUNG &
INTEGRATION



OPTISCHE
MESSTECHNIK



PROJEKTE

SMARTE OPTIK

TEMPERATURROBUSTE DÜNNSCHICHTFILTER FÜR NEUE ANWENDUNGEN AUS DEM BEREICH DER SENSORIK



Im Projekt **PolyChrome Berlin** arbeiten Partner aus Industrie und Forschung an dem Aufbau einer Technologieplattform, um neuartige Anwendungen aus dem Bereich der Sensorik kostengünstig und kompakt zu realisieren. Die Partner wollen dazu innovative Materialien, Verfahren und photonische Bauelemente für ganz unterschiedliche Einsatzbereiche von Medizin über Telekommunikation bis hin zu Quantentechnologien entwickeln. Sie wollen sich dabei zunächst auf drei

Hauptanwendungsfelder konzentrieren: Die faserbasierte Sensorik in Glasfasernetzen, die etwa zur Überwachung von Netzbetreiber-Infrastruktur oder Verkehrsleitsystemen genutzt werden; der Einsatz von SiN-Sensoren, die beispielsweise in der Wasser- und Bioanalytik Verwendung finden, und schließlich sichtbare Lichtquellen, sogenannte Multi-Lambda-Quellen.

Multi-Lambda-Quellen können etwa in der Medizin für Blutanalysen, in der Fluoreszenzmikroskopie, in der Consumer-Elektronik oder auch für Quantensensorik genutzt werden. Für den Aufbau dieser Multi-Lambda-Quellen werden hochkomplexe Dünnschichtfilter mit höchsten spektralen Anforderungen bei limitierter Gesamtschichtdicke benötigt. Das LZH wird hier seine Kompetenzen im Bereich der optischen Beschichtung einbringen und eine Beschichtungstechnologie inklusive Prozess und Schichtdesign für die benötigten miniaturisierten optischen Dünnschichtfilterelemente entwickeln. Die Filter müssen dabei nicht nur einen weiten Spektralbereich vom sichtbaren Licht bis in den Nahinfrarotbereich abdecken. Eine weitere Herausforderung: sie müssen eine hohe spektrale Stabilität bei unterschiedlichen Umgebungstemperaturen aufweisen, damit sie für die unterschiedlichsten Anwendungen eingesetzt werden können. Diese hohe Temperaturstabilität lässt sich mit den standardmäßig verwendeten Materialien Siliziumdioxid und Titandioxid voraussichtlich nicht erreichen. Daher werden die LZH-Wissenschaftler:innen auch neue Materialien und Strukturkompositionen für die miniaturisierten Dünnschichtfilter untersuchen. Ihr Ziel ist es, mit den Filtern einen Temperaturbereich zwischen -20 °C und $+50\text{ °C}$ bedienen zu können.

Gefördert durch:



Im Bündnis PolyChrome Berlin sind neun Unternehmen und drei Forschungseinrichtungen beteiligt. Das Bündnis versteht sich als die Weiterentwicklung der PolyPhotonics Berlin Technologieplattform, an der das LZH bereits beteiligt war. PolyChrome Berlin wird unter dem Förderkennzeichen 03RU1U112C vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert.

SPATIAL ALD-VERFAHREN ZUR BESCHICHTUNG HOCHEFFIZIENTER BEUGUNGSGITTER



Hocheffiziente Beugungsgitter sind wichtige Schlüsselkomponenten von Hochleistungs-Ultrakurzpuls-Lasern, wie sie beispielsweise in der Materialbearbeitung eingesetzt werden. Im Verbundprojekt **INTEGRA** setzen sich vier europäische Partner das Ziel, neuartige, hocheffiziente Beugungsgitter für die industrielle Anwendung zu entwickeln. Die Gitterwerk GmbH brachte hierbei ihr umfangreiches Know-How zu Gitterdesign und Fertigung ein. Die Université de Neuchâtel beteiligte sich mit ihrer Expertise für mittels Ionenstrahl-Sputtern (IBS) abgeschiedenen Schichtsystemen, unterstützt von der Firma Amplight als Experte für die Anwendung. Am LZH haben die LZH-Wissenschaftler:innen den Prozess für optische Beschichtungen auf Beugungsgittern mittels Hochraten-Atomlagenabscheidung (ALD) entwickelt.

Das ALD-Verfahren hat dabei gleich mehrere Vorteile: Es ermöglicht zum einen eine äußerst gleichmäßige Beschichtung selbst bei dreidimensionalen Beugungsgitter-Strukturen. Zum anderen können damit auch sehr kompakte Schichten gefertigt werden, die insbesondere für Hochleistungslaser-Anwendungen erforderlich sind. Die LZH-Wissenschaftler:innen haben für die Beschichtung eine innovative, rotationsbasierte ALD-Prozessvariante genutzt, die bis zu 24-fach höheren Beschichtungsraten als konventionelle ALD Verfahren ($1\mu\text{m}/\text{h}$) möglich macht: Die am LZH befindliche ALD-Anlage (Beneq C2R) erlaubt eine enorme Kontrolle über die Schichtdicke und die Möglichkeit, hochgradig konforme Schichten auf Nanostrukturen aufzubringen. Die Anlage wurde gemeinsam von dem finnischen Unternehmen Beneq und dem LZH entwickelt. Die LZH-Wissenschaftler:innen haben einen Prozess entworfen, um eine sehr hohe optische Schichtqualität bei gleichzeitig hohen Beschichtungsraten zu erreichen. Im Anschluss haben sie die optimierten Prozessparameter adaptiert, um Beugungsgitter des Partners Gitterwerk zu beschichten. Um die Präzision bei der notwendigen Beschichtungsdicke gewährleisten zu können, haben sie die Schichteigenschaften mittels optischen Breitbandmonitorings (BBM) in-situ gemessen.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Das Verbundprojekt „Innovative Technologien für die Herstellung von Beugungsgittern (INTEGRA)“ wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01QE2032B gefördert.

KONTAKT

Smarte Optik

Dr. rer. nat. Andreas Wienke

Tel.: +49 511 2788 -261

E-Mail: a.wienke@lzh.de

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,

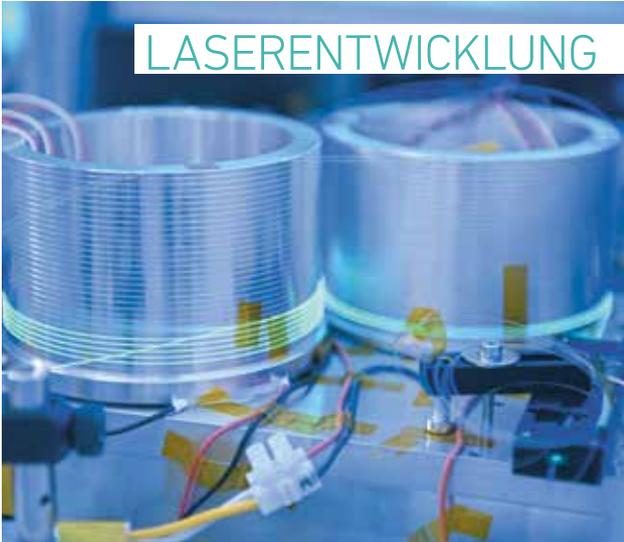
die mit diesen Spezifikationen kommerziell nicht erhältlich sind. Wir erforschen neuartige Laserkonzepte und setzen zum Teil selbst entwickelte Komponenten ein, um passgenaue Lösungen zu schaffen. Mit diesen grundlegenden Arbeiten legen wir die Basis für immer neue Anwendungsfelder. Wir entwickeln Laser 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.

LASERENTWICKLUNG



INDIVIDUALISIERTE LASERSYSTEME



ANALYSE & QUALIFIZIERUNG VON LASERN



PROZESS- UND SYSTEMENTWICKLUNG FÜR OPTISCHE SYSTEME



PROJEKTE

SMARTE LASER

CARMEN: KREBSZELLEN SCHNELLER ERKENNEN MIT MULTIMODALER BILDGEBUNG



Krebszellen zukünftig schneller und genauer erkennen: An dieser Vision wird im europäischen Forschungsprojekt **CARMEN** geforscht. Deutsche und belgische Partner aus Wissenschaft und Wirtschaft wollen dazu ein neuartiges, multimodales Bildgebungssystem entwickeln.

Im Rahmen des Projektes wird dafür eine Ultrakurz-pulsquelle entwickelt, die es möglich macht, drei Mikroskope in einem System zusammenzufassen. Konventionelle, laserbasierte Lasersysteme ermöglichen meist nur eine einzige Bildgebungsmethode, wie zum Beispiel die konfokale Mikroskopie, die Multi-Photonen-Mikroskopie oder die kohärente Anti-Stokes-Raman-Spektroskopie (CARS).

Das innovative CARMEN-Lasersystem emittiert dagegen mehrere Anregungswellenlängen und erzeugt verschiedene Pulsdauern, so dass CARS mit Multi-Photonen sowie supraauflösender STED-Mikroskopie in einem kompakten Gerät vereint werden kann. Mit einem solchen Gesamtsystem lassen sich beispielsweise Gewebeproben direkt nach der Operation oder sogar währenddessen untersuchen. Mediziner:innen könnten damit beispielsweise an Tumorrändern schneller und zuverlässiger Informationen über das Gewebe gewinnen. Die Kombination der drei Methoden ermöglicht es, mehrere Informationsebenen zu überlagern und dadurch ein genaueres Bild der Zellen zu erhalten.

Das LZH trägt zum Projekt mit der Entwicklung eines faserbasierten nichtlinearen Verstärkers bei, der die für die Mikroskopieverfahren benötigte hohe Spitzenintensität zur Verfügung stellt. Dieser wurde fertiggestellt und wird für die weitere Integration an den Projektpartner LaserSpec aus Belgien übergeben.

An dem Verbundprojekt „Multimodale Bildgebungsplattform basierend auf kohärenter Anti-Stokes Raman-Streuung und Multiphotonenmikroskopie“ bzw. „Cars and Multiphoton microscopy Enabled“ (CARMEN) sind neben dem LZH die JenLab GmbH, Berlin, DELTATEC, Ans/Belgien, Multitel asbl, Mons/Belgien und LaserSpec, Malonne/Belgien beteiligt.

Gefördert durch:



Gefördert wird das Projekt im Rahmen des Eurostars™-Programms der EUREKA Mitgliedsstaaten und des Horizon 2020 Framework Programm der Europäischen Union vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und dem Belgischen Öffentlichen Dienst der Wallonie (SPW). Das Förderkennzeichen ist 01QE2031B.

LASERSTRAHLQUELLEN FÜR EMPFINDLICHERE GRAVITATIONSWELLENDETEKTOREN



Wissenschaftler:innen des Max-Planck-Instituts für Gravitationsphysik (Albert-Einstein-Institut, AEI) und des LZH forschen gemeinsam an Laserstrahlquellen für die nächste Generation von Gravitationswellendetektoren. Ihr Ziel: Sie möchten die Detektoren bis zu zehn Mal empfindlicher machen. Als Gravitationswellen werden Verzerrungen der Raumzeit bezeichnet, die durch die Beschleunigung von Objekten erzeugt werden und sich dann als Wellen mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten. Wenn eine Gravitationswelle auf die Erde trifft, bewirkt sie ein abwechselndes Strecken und Stauchen der Raumdimensionen, welches in modernen Gravitationswellendetektoren aufgezeichnet werden kann. Dazu verwenden aktuelle Gravitationswellendetektoren Festkörperlaser bei einer Wellenlänge von 1064 nm. Die Laser werden an einem Strahlteiler in zwei senkrechte Teilstrahlen aufgeteilt. Die Teilstrahlen propagieren in den Armen des Detektors über große Distanzen und werden schließlich wieder überlagert. Aus dem überlagerten Signal können dann mittels komplexer Algorithmen Hinweise auf das Ausmaß der Raumzeitverzerrung und somit Erkenntnisse über die

Quelle der Gravitationswelle gewonnen werden. Da die messbaren Effekte von Gravitationswellen auf der Erde extrem klein sind, müssen die Laserquellen herausragende Strahl- und Rauscheigenschaften sowie eine hohe Ausgangsleistung besitzen.

Erstmals war es 2015 einem internationalen Team aus Forscher:innen mit Hilfe der amerikanischen LIGO-Detektoren (Laser Interferometer Gravitational Wave Observatory) gelungen, eine Gravitationswelle zu messen, die bei der Verschmelzung zweier schwarzer Löcher entstanden ist. An diesem Erfolg hatte auch das LZH einen Anteil: Mehr als zehn Jahre hatten das AEI und das LZH an den Lasersystemen für die LIGO-Detektoren geforscht und entwickelt. Gemeinsam mit dem AEI entwickeln LZH-Wissenschaftler:innen die bestehenden Lasersysteme weiter und erforschen neben neuartigen Laserwellenlängen und -konzepten auch den Einsatz von Spezialfasern und -komponenten. Zum Beispiel hat das LZH ein monolithisches Lasersystem auf Grundlage von Ytterbium-dotierten Glasfasern realisiert, das über 200 W Ausgangsleistung bei einer Wellenlänge von 1064 nm erzeugen kann. Ebenso werden am LZH dotierte Glasfasern mit Erbium, Thulium oder Holmium verwendet, um Laserwellenlängen bei 1.5 μm und 2.0 μm zu erzeugen, die für zukünftige kryogen-gekühlte Detektoren notwendig sein werden. Im aktuellen Forschungsvorhaben soll die erzielte Ausgangsleistung von 200 W durch den Einsatz aktueller Spezialfasern bis auf über 350 W erhöht werden. Durch die kohärente Kombination zweier solcher Lasersysteme sollen dann die Leistungsanforderungen zukünftiger Gravitationswellendetektoren wie bspw. dem Einstein-Teleskop von mehr als 700 W demonstriert werden.



Das Projekt „Entwicklung von monolithischen Hochleistungsfaserverstärkern“ wird von der Max-Planck-Gesellschaft gefördert.

KONTAKT

Smarte Laser

Dr. rer. nat. Jörg Neumann

Tel.: +49 511 2788 -210

E-Mail: j.neumann@lzh.de

SMARTE

QUANTENTECHNOLOGIEN



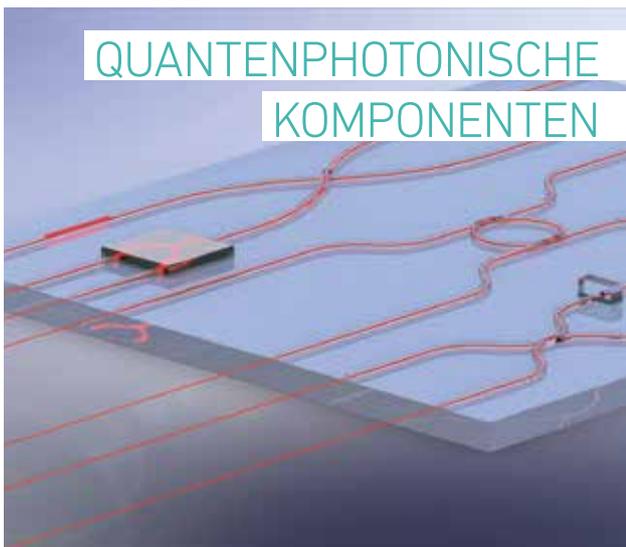
Unsere innovativen Entwicklungen sind die Grundlage für smarte Quantentechnologien: Wir entwickeln Laser und Komponenten für die Erzeugung von Quantenzuständen, setzen uns mit Produktionstechniken auseinander und entwickeln komplette Module und Systeme als „Enabler“ für die Quantentechnologien. Dazu 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 mikrointegrierte Quantenkomponenten zu fertigen. Unsere Forschung soll die Grundlage für den industriellen Einsatz von photonischen Quantentechnologien legen. Von individuellen

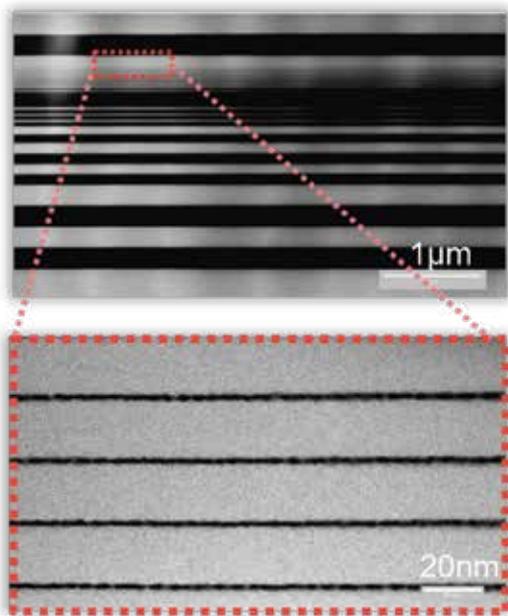
Modulen zur Erzeugung verschränkter Photonenpaare durch spontane parametrische Abwärtskonversion bis hin zu kompletten faservernetzten Systemen und Quantenlichtquellen, forschen wir an Schlüsseltechnologien für Quantenoptik und bereiten diese für den Industrieeinsatz vor.



PROJEKTE

SMARTE QUANTENTECHNOLOGIEN

QUANTENEFFEKTE MACHEN OPTISCHE SCHICHTEN TRANSPARENTER UND LEISTUNGSFÄHIGER



Die Entwicklung optischer Komponenten ist eng mit der Leistungsfähigkeit der verwendeten Materialien verbunden. Deren Materialeigenschaften definieren die Grenzen und Möglichkeiten optischer Beschichtungen. Insbesondere Hochleistungs- und/oder Breitbandanwendungen erfordern mittlerweile allerdings Steigerungen der Qualität dielektrischer Materialien, die auf klassischem Weg nicht erreichbar sind. Den Ausweg bietet die Quantenmechanik: Neuartige Metamaterialien können mit ihren spektralen Eigenschaften den physikalischen Grenzen der klassischen Materialien trotzen. Für die Herstellung solcher Metamaterialien benötigt man sehr gut qualifizierte und praxistaugliche Präzisionsprozesse. Tatsächlich ist die Dünnschichttechnik in der Lage, die notwendige Präzision mit der entsprechenden Langzeitstabilität zu erreichen: Um eine Quantisierung in den Schichtstapeln zu erzeugen, sind Strukturen mit einer Dicke von wenigen Atomlagen notwendig. Dann bilden sich im hochbrechenden Material neue Quantenzustände

aus und die Bandkante der Materialien schiebt zu kürzeren Wellenlängen. Mit diesem Ansatz kann das neu hergestellte Metamaterial in einem Wellenlängenbereich verwendet werden, in dem das verwendete, hochbrechende Material normalerweise absorptiv wäre. Insbesondere der für die Interferenzschichtsysteme entscheidende Brechwertkontrast zwischen hoch- und niedrigbrechendem Material lässt sich hierbei im Vergleich zu den konventionellen Schichten und Mischmaterialien steigern. Damit kann für die Struktur sowohl der Brechwert als auch die Bandkante einzeln variiert werden. Diese Dynamik lässt sich auch in komplexen Schichtsystemen nutzen. Durch die Vergrößerung des Brechwertkontrastes lässt sich der Herstellungsaufwand verringern, es lassen sich spektral breitere Beschichtungen herstellen oder beispielsweise steilere Flanken erreichen. Durch die Steigerung der Bandkante können Beschichtungen mit größerer Leistungsstabilität erreicht werden.

Im Projekt **QuantUV** haben die LZH-Wissenschaftler:innen damit eine etablierte Hochtechnologie aus einem vollständig konventionellen Produktionszweig genutzt, um unter Einbeziehung von Quantisierungseffekten ein praxistaugliches quantisierendes Metamaterial zu schaffen. Diese sogenannten quantisierenden Nanolamine können in Schichtsystemen als Ersatz für hochbrechende Schichten eingesetzt werden, auf diese Weise die Absorption reduzieren sowie die Leistungsverträglichkeit steigern. Da die Herstellung auf klassischen Beschichtungsmaterialien beruht, können die Anwendungen in laufenden Produktionen zum Einsatz kommen. Dies bietet den Herstellern von optischen Komponenten und auch den Anbietern von Beschichtungsanlagen einen einfachen Einstieg in die Nutzung von quantisierenden Nanolaminen.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Das Projekt „Quantisierende Nanolamine für brechwertoptimierte UV-Interferenzfilter“ wird unter dem Förderkennzeichen 21364N/1 vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz gefördert.

LEBENSMITTELBETRUG MIT LICHTQUANTEN AUFDECKEN



Foto: Maxim Lipkin, AMO GmbH

Beim Einkaufen im Supermarkt müssen sich Konsument:innen auf die Lebensmittel-Kennzeichnung verlassen können. Aber ist die immer korrekt? Betrug bei den Inhaltsstoffangaben von Lebensmitteln kann nicht nur wirtschaftliche Schäden anrichten, sondern auch zu gesundheitlichen Risiken führen. Labore nutzen daher Authentizitätsprüfungen, um festzustellen, ob die ausgewiesene geographische Herkunft der Lebensmittel stimmt, ob tatsächlich auf bestimmte Inhaltsstoffe wie Palmöl verzichtet wurde oder ob keine weiteren hinzugefügt wurden. Bisher werden für diese Analysen die kernmagnetische Resonanzspektroskopie (NMR) genutzt. Die NMR-Spektroskopie ermöglicht es, fast jede organische Substanz in einer bestimmten Probe eindeutig zu identifizieren. Die Analysen sind allerdings sehr teuer – die dafür benötigten Anlagen sind groß, komplex und kosten mehrere Millionen Euro. Im Projekt **QSPEC** möchte das LZH gemeinsam mit Partnern nun ein alternatives Analyseverfahren entwickeln, das quantenoptische Effekte nutzt, um Lebensmittel kostengünstiger auf Inhalt und Herkunft zu prüfen.

Die quantenbasierte Spektroskopiemethode ist ein Verfahren, das sich die Eigenschaften verschränkter Photonen zu Nutze macht: Wenn ein Photon mit der Lebensmittelprobe in Kontakt kommt, lässt sich der Einfluss der Substanz bei dem anderen, verschränkten Photon messen. So können die Wissenschaftler:innen Rückschlüsse auf Inhaltsstoffe und geographische Charakteristika ziehen. Notwendig für die Erzeugung der verschränkten Photonen sind neuartige Laserstrahlquellen, die das LZH und die TOPTICA Photonics AG für das Projekt entwickeln. Die AMO GmbH wird durch nanolithographische Methoden Chips erstellen, die die notwendige Technik auf kleinstem Raum unterbringt. Die für die Detektion notwendige ultraschnelle Elektronik wird die AMOtronics UG beisteuern. Das Institut für Photonik der Leibniz Universität Hannover wird im Anschluss die einzelnen Komponenten zu einem System zusammenführen, so dass das Deutsche Institut für Lebensmitteltechnik (DIL) die neue Methode testen und eine Referenzbibliothek aufbauen kann. Aus der Zusammensetzung der Inhaltsstoffe kann die Herkunft von Olivenöl, Fruchtsaft, Honig und vielen anderen Lebensmitteln zweifelsfrei ermittelt werden. Durch den Einsatz von photonischen Quantentechnologien verspricht man sich außerdem ein hochsensitives Analyseverfahren, das die Detektion von Schadstoffen in geringsten Konzentrationen ermöglicht. Dies wäre die Grundlage für eine neue Generation von Analysewerkzeugen, die eine umfassende Qualitätssicherung bei der Produktion von Lebensmitteln erlaubt.

KONTAKT

Smarte Quantentechnologien

Dr. rer. nat. Andreas Wienke

Tel.: +49 511 2788 -261

E-Mail: a.wienke@lzh.de

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Das Projekt QSPEC wird von der AMO GmbH koordiniert und gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (Förderkennzeichen 13N16350).

SMARTE

WELTRAUMTECHNOLOGIEN

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.

WELTRAUMGERECHTE
DESIGNS



LASERSYSTEME



TECHNOLOGIEN
FÜR FLUGHARDWARE



QUALIFIZIERUNG



PRODUKTIONSTECHNIK
IM WELTRAUM



PROJEKTE

SMARTE WELTRAUMTECHNOLOGIEN

LASERVERSTÄRKER FÜR BREITBANDKOMMUNIKATION IM WELTRAUM



Um Datenkommunikation im Weltraum geht es im Projekt **Optical Amplifier with Enhanced Wall-plug Efficiency**. Bereits seit Längerem arbeitet die Europäische Weltraumorganisation ESA daran, ein effizientes und flexibles optisches Kommunikationsnetzwerk für den Weltraum zu entwickeln. Ziel der ESA ist es, ein optisches Hochdurchsatznetz (HyDRON) aufzubauen, das Verbindungen mit Datenübertragungsraten im Bereich von Terabit pro Sekunde bereitstellen kann. Die Idee dahinter: Die Satelliten sollen ein rein optisches Weltraumnetz untereinander bilden, das nahtlos in terrestrische Faser-netzwerke integriert werden kann. Dieses sogenannte "Fibre in the Sky"-Konzept soll es ermöglichen, das Satellitennetzwerk von vielen Standorten rund um den Globus aus zu bedienen. Damit könnte die Abhängigkeit von terrestrischer Infrastruktur verringert werden: Mittels optischer Bodenstationen kann auch in entlegenen Gebieten, in denen keine Fasernetze verlegt werden können, kommuniziert werden. Zudem könnte ein optisches Weltraumnetz die Datenkommunikation übernehmen, wenn beispielsweise Unterseekabel beschädigt sind und ausfallen. Und: Im Falle von schlechten Wetterbedingungen zwischen einzelnen Bodenstationen und Satelliten könnten Daten über andere Satelliten an ihren Bestimmungsort weitergeleitet werden.

Vor dem Hintergrund der Vision eines weltraumbasierten Kommunikationsnetzwerks haben die Wissenschaftler:innen am LZH einen faserbasierten, hocheffizienten

Laserverstärker (High Efficiency Laser Amplifier – HELA) für zukünftige Satellitensysteme entwickelt, die im 1 μm -Wellenlängenbereich kommunizieren. Der Faserverstärker mit einer optischen Gesamtausgangsleistung von 100 Watt ermöglicht die Kommunikation mittels Wavelength Division Multiplexing (WDM). Er verstärkt zehn Wellenlängen gleichzeitig und unterstützt somit zehn separate Datenkanäle zur Erhöhung der Übertragungsrate des Systems. Ein eigens dafür am LZH entwickelter Multiplexer-Aufbau diente dabei zur Kombination von zehn Eingangskanälen vor der Verstärkung durch das HELA-System (siehe Foto). Ein weiterer wichtiger Aspekt war die Steigerung des Gesamtwirkungsgrades. Unter diesem versteht man das Verhältnis zwischen der optischen Ausgangsleistung des Verstärkers und seiner elektrischen Eingangsleistung, einschließlich des Bedarfs der verwendeten Laserpumpquellen sowie der dazugehörigen Treiber und Steuerelektronik. Die Messungen der LZH-Wissenschaftler:innen konnten dabei zeigen, dass sich mit der verwendeten Fasertechnologie ein Gesamtwirkungsgrad von etwa 30 Prozent erreichen lässt.



Das Projekt Optical Amplifier with Enhanced Wall-plug Efficiency wird unter dem Förderkennzeichen 4000132172/20/NL/AR von der European Space Agency ESA gefördert.

MOONRISE BRINGT DEN 3D-DRUCK AUF DEN MOND



Der Mond wird für die Weltraumforschung wieder zunehmend interessant, beispielsweise als Ausgangspunkt von Missionen zu weiter entfernt liegenden Planeten. Es ist allerdings relativ teuer, Material für den Aufbau von Infrastruktur zum Mond zu transportieren: Die Kosten liegen hierfür bei schätzungsweise einer Million Dollar pro Kilogramm. Im Projekt **MOONRISE** gehen Wissenschaftler:innen der Frage nach, wie wir Transportkosten zum Mond sparen können, indem wir Landeplätze, Straßen oder Gebäude mit dem Laser direkt vor Ort aus Mondstaub, auch Regolith genannt, anfertigen. Dazu will ein Forscherteam des LZH und des Instituts für Luft- und Raumfahrt der TU Berlin ein Lasersystem zur Mondoberfläche bringen, das den dort vorhandenen Mondstaub aufschmilzt und damit verfestigt – ein erster Schritt, um aus dem Staub Strukturen zu fertigen.

Die Technologie wurde auf der Erde bereits demonstriert: In einem Vorgängerprojekt hat das Forscherteam nicht nur einen kompakten, robusten Laser entwickelt und erfolgreich am Roboterarm eines Mond-Rovers getestet; es gelang ihm außerdem, Regolith im Einstein-Elevator des HiTEC (Hannover Institute of Technology) der Leibniz Universität Hannover unter Mondgravitation aufzuschmelzen. Ziel des Projekts MOONRISE ist es nun, zu zeigen, dass das Laserschmelzen auch auf dem Mond funktioniert. Dazu entwickeln die Forscher:innen ein Flugmodell des Lasers, das für den Einsatz im Weltraum qualifiziert ist. Dieses Flugmodell soll dann als Payload mit einem kommerziellen Anbieter auf den Mond fliegen und dort vor Ort zum Einsatz kommen.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Das Projekt MOONRISE wird unter dem Förderkennzeichen 50WP2206A vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz gefördert.

KONTAKT

Smarte Weltraumtechnologien

Dr. rer. nat. Jörg Neumann

Tel.: +49 511 2788 -210

E-Mail: j.neumann@lzh.de

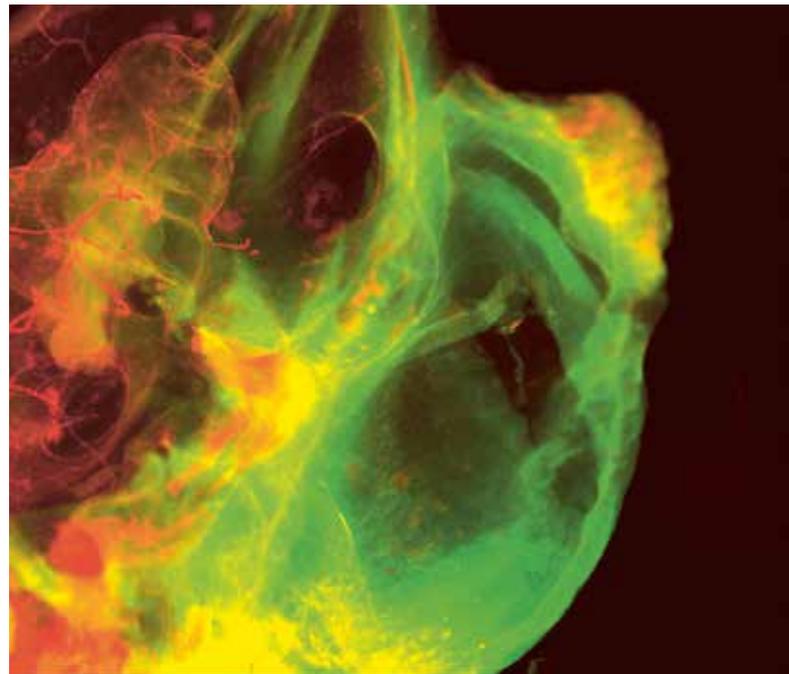
SMARTE

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. So können wir nicht nur 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 und ein Computertomograf für Bildgebung auf der Nanoskala 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.

LASERMEDIZIN



ANALYSEVERFAHREN
UND BILDGEBUNG



BIOPHOTONIK



MEDIZINTECHNIK



REGULATORY AFFAIRS



PROJEKTE

SMARTE LEBENSWISSENSCHAFTEN

BAKTERIELLEN BEFALL SCHNELL, BERÜHRUNGSLOS UND MARKERFREI ERKENNEN



Die Zusammensetzung von Biofilmen zu entschlüsseln dauert zurzeit mindestens einen Tag – für das klinische Umfeld, in dem Biofilme lebensbedrohlich sein können, eine enorm lange Zeitspanne. Die **PriMe**-Verbundpartner wollen nun Mehrphotonenmikroskopie und metabolische Bildgebung kombinieren, um die Charakterisierung und Klassifizierung von Biofilmen maßgeblich zu beschleunigen. Dazu entwickeln sie eine neuartige Laserstrahlquelle mit spezifisch auf die Anwendung angepassten spektralen Eigenschaften.

Mit dieser Laserquelle wollen LZH und die Becker & Hickl GmbH Stoffwechselprodukte wie die Coenzyme NADH, FAD und zusätzlich die Aminosäure Tryptophan nachweisen. Letztere ist ein zentraler Bestandteil von Proteinen und Peptiden. Die kombinierten Werte sollen es dann ermöglichen zu bestimmen, welche Bakterien in dem Biofilm vorhanden sind. Projektziel ist, einen Demonstrator für Anwendertests zu entwickeln, mit dem sich klinisches Material untersuchen lässt. Grundlage für den Demonstrator soll ein innovatives,

multi-modales Ultrakurzpuls-Faserlasersystem sein, welches das LZH zusammen mit VALO Innovations GmbH (seit 2021 Teil der HÜBNER Photonics GmbH) und TEM Messtechnik GmbH entwickelt. Dieses soll optimal an die Bedürfnisse der Mehrphotonenmikroskopie und der erweiterten Fluoreszenzlebenszeitmessung angepasst sein. Mit der neuen Laserquelle wollen die Wissenschaftler:innen ermöglichen, grundlegend neue Erkenntnisse zu bakteriellen Gemeinschaften und Umwelteinflüssen zu gewinnen. Außerdem wollen sie einen Grundstein für ein neues Diagnoseverfahren legen, das die Therapie von bakteriellen Infektionen deutlich vereinfachen könnte.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Das Verbundprojekt „Photonische Erkennung und Diagnostik mikrobieller Belastungen durch Mehrphotonenkontraste mittels multimodaler Anregung (PriMe)“ wird gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (Förderkennzeichen 13N15778).

GLASKÖRPERTRÜBUNG IM AUGE: LZH MACHT UMFRAGE ZU FLOATERN



Glaskörpertrübungen im Auge, auch Floater genannt, beeinträchtigen viele Menschen in ihrer Lebensqualität. Das LZH hat Betroffene eingeladen, ihre Erfahrungen in einer Umfrage (<https://www.lzh.de/willkommen-zur-floater-studie>) zu dokumentieren, um mit den neuen Erkenntnissen die Forschung zu der Entstehung und Therapie von Floatern voranzubringen. Bei Floatern handelt es sich um eine alterungsbedingte Veränderung des Auges. Konventionelle Therapien der Glaskörpertrübungen im Auge sind sehr risikoreich und können die Situation der Betroffenen teilweise noch verschlechtern. Das LZH forscht daher im [Projekt XFloater](#) an einer sichereren, laserbasierten Behandlungsmethode von Floatern. Das Ziel der Wissenschaftler:innen ist es, die Laser-Vitreolyse als Behandlungsmethode zu optimieren. Bei der Laser-Vitreolyse lokalisiert der Augenarzt die Floater manuell und verdampft diese dann mit einem

gepulsten Laser. Die LZH-Wissenschaftler:innen wollen hier einen Femtosekunden (fs)-Laser einsetzen, um die ins Auge eingebrachte Energiemenge zu reduzieren. Damit wollen sie Komplikationen wie Katarakt- oder Glaukombildung vermeiden und zusätzlich einen Einsatz im hinteren Augenbereich, näher an der Retina, ermöglichen.

Mit einer Umfrage möchten die Forscher:innen nun Daten dazu erheben, welche Erfahrungen Betroffene mit ihren Floatern machen – etwa, wie sich ihr Sichtfeld gestaltet, wie es um die allgemeine Sehqualität steht und wie sich die Symptomatik auf ihren Alltag auswirkt. Aber auch Nicht-Betroffene sind eingeladen, an der Umfrage teilzunehmen. Die gewonnenen Daten werden der wissenschaftlichen Gemeinschaft auf Anfrage frei zur Verfügung gestellt.



Mittel für die Durchführung der Umfrage stellen die Forschungsvereinigung Feinmechanik, Optik und Medizintechnik e.V. (F.O.M.) sowie der Industrieverband

SPECTARIS – Deutscher Industrieverband für Optik, Photonik, Analysen- und Medizintechnik e. V. bereit.

KONTAKT

Smarte Lebenswissenschaften

Dr. rer. nat. Tammo Ripken

Tel.: +49 511 2788 -228

E-Mail: t.ripken@lzh.de

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 zu 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 smarterer Landmaschinentechnik werden intelligente Zukunftskonzepte für eine ressourceneffiziente Bewirtschaftung möglich. Wir arbeiten an neuen Materialien für die Be- und Verarbeitung in der Landmaschinentechnik. 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.

PFLANZENSCHUTZ



PFLANZENPRODUKTION



FERTIGUNG FÜR
DIE LANDTECHNIK



INSEKTEN UND
SCHÄDLINGE



LEBENSMITTEL-
VERARBEITUNG



PROJEKTE

SMARTE AGRARTECHNIK

LASERTECHNIK IN DER LANDWIRTSCHAFT: DAS PHOTONICS AGRIFOOD CONNECTION CENTER (PACC)



Ob bei der automatisierten Ernte oder der Pflanzenüberwachung: Die digitalisierte Landwirtschaft kann in vielen Bereichen von technischen Innovationen aus der Photonik profitieren. Laserbasierte Anwendungen erleichtern die Unkrautbekämpfung, mit optischer Sensorik lassen sich autonome Fahrzeuge und Maschinen steuern, und hochauflösende Drohnen-Kameras können Pflanzenbestände analysieren. Aber wie müssen optische Anwendungen und Lösungen im Agrar- und Lebensmittelsektor konkret gestaltet sein, damit sie auch wirklich praxistauglich sind? Dies herauszufinden war eines der Ziele des **Photonics Agrifood Connection Centers (PACC)**.

In mehreren Veranstaltungen haben die Initiatoren aus dem LZH, dem Netzwerk Ackerbau Niedersachsen e.V. (NAN) und der PhotonicNet GmbH dazu Akteure aus Landwirtschaft, Landtechnik, Forschung und Ernährungswirtschaft an einen Tisch gebracht und mit ihnen

über die Chancen und Herausforderungen von „Agri-Photonik“ gesprochen. Die Haltungen und Einstellungen der Teilnehmer:innen des PACC zur Photonik in der Landwirtschaft wurden auf der Auftaktveranstaltung im August erhoben und flossen in die Gestaltung der nächsten Veranstaltung ein. Bei einer Online-Talkrunde im November konnten sich dann rund 100 Teilnehmer:innen über das Potenzial photonischer Anwendungen austauschen. Die Veranstaltung wurde per Livestream übertragen. Das Fazit: Landwirt:innen sind an zukunftsfähigen Lösungen für einen nachhaltigen und wirtschaftlichen Ackerbau interessiert, und das PACC kann dazu beitragen, bereits vorhandene Lösungsansätze zusammenzuführen und Projekte zu vernetzen.



Das Photonics Agrifood Connection Center wurde im Rahmen des über „Horizon 2020“ geförderten Projektes Smart Agri Hubs finanziert (Förderkennzeichen 2282300354-SERVICE-22).

WELASER: TECHNISCHE UNKRAUTBEKÄMPFUNG MITTELS LASER GEHT IN DIE TESTPHASE



Zukünftig sollen Selbstfahrer auf den Äckern Unkraut mit dem Laser bekämpfen: An dieser Vision arbeitet das LZH zusammen mit Partnern im europäischen Innovationsprojekt **WeLASER**. Die Idee dahinter ist, das Wuchszentrum des Unkrauts mit hohen Energiedosen einer Hochleistungs-Laserstrahlquelle zu schädigen. Dies soll eine technische Alternative im Unkrautmanagement schaffen, mit dem konkurrierende Pflanzen wie Unkräuter selektiv behandelt und Nutzpflanzen und sinnvolle Beikräuter geschont werden können. Damit ließe sich auch die Biodiversität auf Nutzflächen erhöhen. Dazu arbeiten Forschungsinstitutionen, Unternehmen und Nichtregierungsorganisationen aus dem Agrarbereich aus acht EU-Staaten gemeinsam an einem laserbasierten Verfahren. Die dafür notwendigen Komponenten haben die Partner bereits auf einer mobilen Plattform vereint. Dieses Demonstrator-System wollen sie nun in realen Szenarien an verschiedenen europäischen Standorten testen.

Die Wissenschaftler:innen des LZH entwickelten für die Plattform ein Bildverarbeitungssystem, das mittels künstlicher Intelligenz (KI) in Form neuronaler Netze Nutzpflanzen von Unkraut unterscheiden kann. Dieses System haben sie außerdem darauf trainiert, die genaue Position der Wuchszentren des Unkrauts zu erkennen. Ein robustes Scannersystem kann den Laserstrahl genau auf dieses Wuchszentrum ausrichten. Dabei arbeiten mehrere Scannersysteme gleichzeitig, sodass mehrere Pflanzenreihen parallel behandelt werden können. Auf der mobilen Plattform greifen Mechanik, Elektronik und Informationstechnik ineinander: Neben dem KI-basierten Unkraut-Erkennungssystem und dem scannerbasierten Zielsystem haben die Partner auch einen autonomen Roboter sowie eine Hochleistungslaserstrahlquelle entwickelt. Diese Komponenten konnten sie erfolgreich in ein Internet-of-Things-Sensornetzwerk sowie in Cloud-Computing-Apps einbinden, um die einzelnen Prozesse aufeinander abzustimmen und zu automatisieren. Auf der mobilen Plattform sollen die einzelnen Komponenten dann im Zusammenspiel Pflanzen auf dem Feld erkennen, in Unkräuter und Nutzpflanzen kategorisieren und präzise nur die ungewünschten Unkrautpflanzen mit dem Laser veröden. In der verbleibenden Projektlaufzeit werden die Partner das System testen und optimieren. Zum Projektende werden sie das System sowohl der breiten Öffentlichkeit als auch der Fachöffentlichkeit an verschiedenen europäischen Standorten vorführen. Mehr Informationen zu den Terminen finden sich auf der Webseite des Projekts www.welaser-project.eu.



Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

WeLASER ist ein europäisches Innovationsprojekt, das im Rahmen des Programms Horizon 2020 gefördert wird (Förderkennzeichen 101000256). Es wird vom Spanischen Rat für Wissenschaftliche Forschung, CSIC (Spanien), koordiniert.

KONTAKT

Smarte Agrartechnik

Dr. rer. nat. Tammo Ripken

Tel.: +49 511 2788 -228

E-Mail: t.ripken@lzh.de

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 (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.

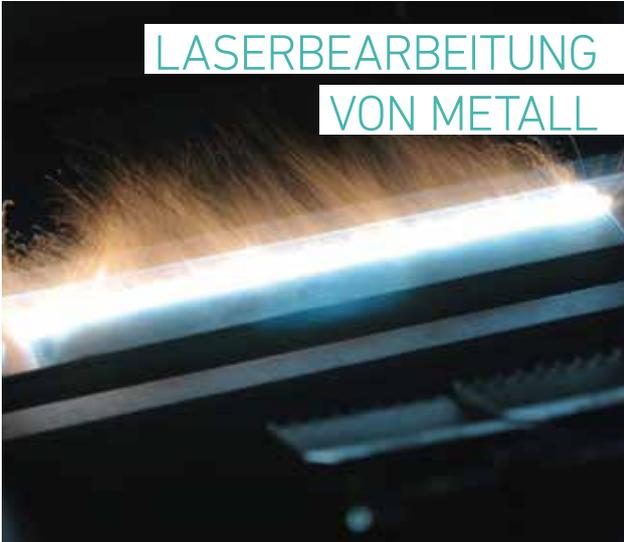
Wir forschen zudem an der Laserbearbeitung von Glas und Keramik. Der Werkstoff Glas besitzt herausfordernde Materialeigenschaften, wodurch viele Prozesse zur Herstellung von Bauteilen noch in Handarbeit durchgeführt werden. Für die Nachbearbeitung von Glasbauteilen ist der Laser bereits häufig etabliert. 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 PROZESSSTEUERUNGSLGORITHMEN 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.

LASERBEARBEITUNG
VON METALL



LASERMATERIAL-
BEARBEITUNG VON
KUNSTSTOFF UND
VERBUNDWERKSTOFF



LASERBEARBEITUNG
VON GLAS
UND KERAMIK



ANLAGEN- UND
SYSTEMTECHNIK



PROZESSÜBERWACHUNG
UND QUALITÄTSSICHERUNG



PROJEKTE

SMARTE PRODUKTION

LASER TRIFFT MASSENPRODUKTION: SPRITZGUSSBAUTEILE MIT FUNKTIONALEN OBERFLÄCHEN



Bei der Mikrostrukturierung von Bauteilen mit dem Ultrakurzpulslaser lassen sich hervorragend funktionale Oberflächen gestalten, zum Beispiel solche, die wasserabweisend sind. Das Verfahren ist allerdings relativ kostenintensiv. Das LZH und Partner haben daher daran geforscht, wie man Spritzgussformen mit dem Laser bearbeiten kann. Ihr Ziel: Die Oberflächen-funktionalisierung mittels Laser auch für kostengünstige Massenprodukte zugänglich zu machen.

Dazu haben die Wissenschaftler:innen im Projekt **„Spritzgussbauteile mit funktionalen Oberflächen“** mit dem Laser verschiedene Oberflächenstrukturen in Spritzgussformeinsätze eingebracht. Diese Strukturen konnten sie dann auf die spritzgegossenen Teile übertragen und damit Bauteile mit funktionalen Oberflächen herstellen. Der Trick dabei: Um gewünschte Eigenschaften auf Spritzgussbauteile zu bringen, müssen sie das „Negativ“ der funktionalen Oberflächentopographie auf der Form erzeugen. Hinzu kommt die Herausforderung der unterschiedlichen Materialien – denn auch wenn die funktionale Oberfläche auf einem Polymer-Bauteil bestehen soll, so ist das mit dem Laser zu bearbeitende Spritzgießwerkzeug aus Metall.

Großer Vorteil: Da die Spritzgussteile bei dem Verfahren selbst nicht mit der Laserstrahlung in Kontakt kommen, bleibt die chemische Zusammensetzung der geformten Teile unbeeinflusst. Das macht das Verfahren besonders für biomedizinische Anwendungen attraktiv, etwa in der Zellmikroskopie. Mit dem Verfahren lassen sich sowohl Oberflächenstrukturen erzeugen wie beispielsweise hydrophobe Kunststoffgehäuse für Radarsensoren beim autonomen Fahren, als auch Mikrostrukturen wie Gräben oder Vertiefungen. Spannend ist das Verfahren auch noch aus einem anderen Grund: Die abgeformten Proben lassen sich eindeutig der verwendeten Spritzgussform zuordnen. Das könnte im Bereich Plagiat- und Kopierschutz von Nutzen sein, etwa in der Medizintechnik.

UNTERWASSER-LASER-VERFAHREN ZUR ENTSCHÄRFUNG VON KAMPFMITTELN IM MEER



Im Projekt **UNLOWDET** entwickelt das LZH ein Verfahren, um Weltkriegsmunition unter Wasser ferngesteuert mit Laserstrahlung zu entschärfen. In der Nord- und Ostsee liegen schätzungsweise 1,6 Millionen Tonnen Kriegsmunition auf dem Meeresgrund. Dabei kann es nicht nur zu unvorhergesehenen Detonationen kommen, beispielsweise beim Ankern. Das Wasser lässt außerdem die Stahlhülle der Kampfmittel korrodieren, wodurch mit der Zeit Sprengstoff ins Meer gelangt – mit erheblichen Folgen für das gesamte Ökosystem. Die Beseitigung der Kampfmittel ist allerdings herausfordernd: Sprengungen unter Wasser sind gefährlich, sorgen für erhebliche Druckwellen und stören damit die Meeresbewohner. Zudem kann sich nicht umgesetzter, umweltschädlicher Sprengstoff nach der Detonation im Meer ausbreiten. In dem Projekt UNLOWDET forscht das LZH gemeinsam mit der EGGERS Kampfmittelbergung GmbH und der LASER on demand GmbH an einem Entschärfungsverfahren, mit dem das Ökosystem so wenig wie möglich in Mitleidenschaft gezogen wird.

Die Projektpartner knüpfen hierzu am Ansatz von „Low-Order Entschärfungsverfahren“ an, bei denen nur ein kleiner Teil des Sprengstoffes umgesetzt wird. In einem ersten Schritt wird mit einem Laserstrahl eine definierte Fuge in das Kampfmittel eingebracht und somit die Hülle geschwächt. Im zweiten Schritt durchbricht die Laserstrahlung lokal die restliche Materialstärke und löst damit die Low-Order-Entschärfung aus. Der Zünder wird ausgeworfen und die Zündkette damit unterbrochen. Da das System mit einem Tauchroboter am Kampfmittel positioniert werden soll, kann der Prozess aus der Distanz gesteuert werden. Dieses Verfahren macht den Prozess des Entschärfens nicht nur sicherer, sondern auch maßgeblich effizienter: Zum Beispiel kann so auf das zeit- und kostenintensive Ausbringen von Blasenschleibern, die bei Sprengungen üblicherweise für den Schallschutz zum Einsatz kommen, verzichtet werden. Gleichzeitig wird das Risiko minimiert, dass sich nach der Detonation nicht umgesetzter Sprengstoff im Meer ausbreitet.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Das Verbundforschungsvorhaben wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz unter dem Förderkennzeichen 03SX550B gefördert.

KONTAKT

Smarte Produktion

Dr.-Ing. Peter Jäschke

Tel.: +49 511 2788 -432

E-Mail: p.jaeschke@lzh.de

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 damit, additive Fertigungsprozesse in der Produktion zu etablieren. Wir automatisieren Prozesse sowie 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

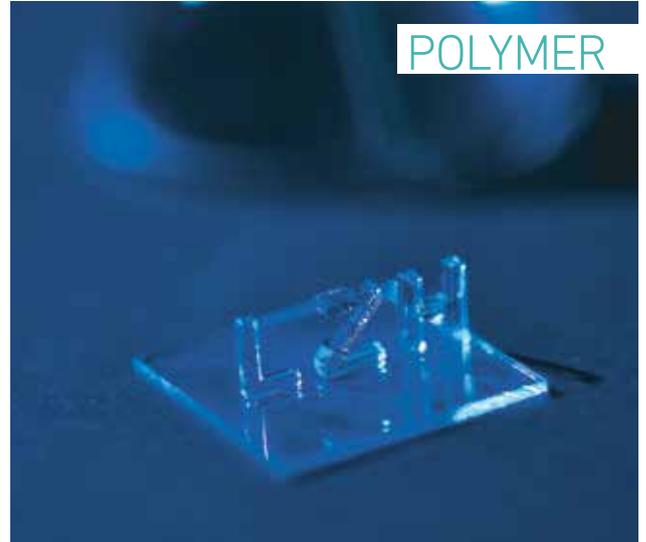
Mit den Möglichkeiten der generativen Fertigungsverfahren kann die Bauteilkonstruktion neu gedacht werden. Doch nicht jedes Design eignet sich für die Additive Fertigung. Wir entwickeln smarte Konstruktionsansätze und optimieren Bauteile, die die Möglichkeiten der Additiven Fertigung voll ausschöpfen. 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.

METALL



POLYMER



GLAS & KERAMIK



KONSTRUKTION &
PRODUKTDESIGN



ANLAGEN- UND
SYSTEMTECHNIK



MONITORING UND
QUALITÄTSSICHERUNG



PROJEKTE

SMART ADDITIV

BELASTBARE UND GUT VERTRÄGLICHE ZAHMEDIZINISCHE IMPLANTATE, ADDITIV GEFERTIGT



Im Rahmen der interdisziplinär zusammengesetzten DFG-Forschungsgruppe **FOR 5250** forscht das LZH an Titan-Zahnimplantaten mit innovativen Gitterstrukturen. Die individuell auf den jeweiligen Körper angepassten Implantate sollen für eine gute Verträglichkeit beim Patienten sorgen und lange funktionsfähig bleiben. Im Fokus der LZH-Wissenschaftler:innen liegt dabei die reproduzierbare additive Fertigung von Implantaten aus Ti6Al-4V. Diese Titanlegierung ist bekannt für ihre hohe Festigkeit und Korrosionsbeständigkeit. Aufgrund der hervorragende Biokompatibilität kommt das Metall bei vielen medizinischen Anwendungen zum Einsatz, etwa in der orthopädischen Chirurgie und bei Prothesen. Mit Hilfe von additiv gefertigten, innerhalb des Bauteils variierenden Gitterstrukturen wollen die Forscher:innen das Implantat der Steifigkeit des menschlichen Knochens anpassen und die Vorteile eines gradierten Materials nutzen: Eine wichtige Forschungsfrage ist, wie sich diese gradierten mechanischen Eigenschaften an vorgegebene Belastungsszenarien anpassen lassen.

Variiert werden sollen nicht nur die Gitterstrukturen, sondern auch die Prozessbedingungen des verwendeten laserbasierten Pulverbettverfahrens, wie etwa die Laserleistung. Ziel ist es, Erkenntnisse darüber zu gewinnen, wie genau Prozess- und Geometrieparameter auf Mikrostruktur, mechanischen Eigenschaften, Oberflächentopographie sowie Korrosions- und Versagens-eigenschaften der Implantate wirken, um eine reproduzierbare Fertigung zu ermöglichen.

Beteiligte Partner der Forschungsgruppe sind neben dem LZH (Prozessentwicklung) die Hochschule Reutlingen (Entwicklung neuer Polymer-Multischicht-Beschichtungssysteme), die Technische Universität Dortmund (Untersuchung von Ermüdungs- und Korrosionsermüdungsverhalten von TPMS-Gitterstrukturen), die Medizinische Hochschule Hannover (Charakterisierung von Dentalimplantaten), die Uniklinik Hamburg-Eppendorf (In-vivo Prüfung zur Biokompatibilität), die Universitätsmedizin Rostock und die Technische Universität Berlin (In-vitro Prüfung zur Biokompatibilität) sowie die Leibniz Universität Hannover (In-silico-Design von Implantaten).

Gefördert durch

DFG Deutsche
Forschungsgemeinschaft

Die Forschungsgruppe „Mechanismenbasierte Charakterisierung und Modellierung von permanenten und bioresorbierbaren Implantaten mit maßgeschneiderter Funktionalität auf Basis innovativer In-vivo-, In-vitro- und In-silico-Methoden (FOR 5250)“ wurde Ende 2021 von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) ins Leben gerufen und wird für zunächst vier Jahre mit rund 3,4 Millionen Euro unter dem Förderkennzeichen: HE 8482/5-1 gefördert. Koordiniert wird sie von der TU Dortmund.

ADDITIVE FERTIGUNG IM BAUWESEN: GEDRUCKTE VERBINDUNGSELEMENTE AUS GLAS ERÖFFNEN NEUE MÖGLICHKEITEN



Neue Produkte und Konstruktionen aus Glas ermöglichen: Das ist das Ziel des Projektes **PunktGlaVE (Punktförmige Glasverbindungselemente)**. Glaselemente werden oft im Fassadenbereich oder im Innenausbau eingesetzt und müssen dafür auch miteinander verbunden werden. Dies erfolgt üblicherweise durch Kunststoffverbinder oder metallische Verbindungsstücke, so dass entweder Klebstoffe auf die Glasoberflächen aufgebracht oder Bohrungen in die

Glasscheiben vorgenommen werden müssen. Beide Verbindungsvarianten haben Nachteile: Bei der Verwendung von Klebstoffen kann durch Alterung ein frühzeitiges Versagen der Klebestelle und somit auch der Glaskonstruktion auftreten; und durch das Einbringen von Bohrlöchern in Glasscheiben entstehen Spannungen im Glas, die wiederum die Festigkeit herabsetzen.

Um hier Abhilfe zu schaffen, möchten die Projektpartner neue Wege beschreiten und erstmals individuelle Verbindungselemente aus Glas additiv herstellen. Damit könnten sie Konstruktionen vollständig aus Glas, ohne Fremdmaterialien und ohne artungleiche Verbindungen realisieren. Ein weiterer Vorteil: Verbindungselemente aus Glas erlauben eine große Gestaltungsfreiheit im Design und in der Architektur. Halterungen aus Glas wären außerdem transparent und damit nahezu nicht sichtbar. Die LZH-Wissenschaftler:innen wollen dazu die Verbindungselemente direkt stoffschlüssig auf eine Glasscheibe aufdrucken. Sie entwickeln daher ein 3D-Glasdruckverfahren für unterschiedliche Glasmaterialien, mit dem sie punktförmige Verbindungselemente herstellen und auf ein Glashalbzeug aufdrucken können. Die Verbindungselemente sollen im Bauwesen vielseitig einsetzbar sein und könnten etwa für vorgehängte, hinterlüftete Fassaden oder im Innenausbau bei Treppen verwendet werden.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Das Projekt PunktGlaVE ist Teil des ZIM-Innovationsnetzwerks „AMglass+“, in dem das LZH gemeinsam mit Partnern aus Industrie und Wissenschaft an innovativen und wirtschaftlichen additiven Verfahren für die industrielle Glasfertigung forscht. Es wird unter dem Förderkennzeichen 16KN097122 vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz gefördert.

KONTAKT

Smart Additiv

Dr.-Ing. SFI Jörg Hermsdorf

Tel.: +49 511 2788 -370

E-Mail: j.hermsdorf@lzh.de

AKADEMISCHE ARBEITEN



PROMOTIONEN

Dr.-Ing. Boris Rottwinkel

Verfahrenstechnische Grundlagen für das epitaxiale Riss-schweißen in einkristallinen Nickelbasis-Superlegierungen, Technische Universität Clausthal (Februar 2022)

Dr. rer. nat. Thimotheus Alig

Verbesserte Dünnschichten aus Ionenstrahlbasierter Zerstäubung für ultraviolette Laseranwendungen, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover (Februar 2022)

Dr.-Ing. Steffen Wachsmuth

Festigkeit laserstrahlgelöteter Verbindungen, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover (April 2022)

Dr.-Ing. Niklas Gerdes

Qualitätssicherung in der additiven Metallfertigung durch hyperspektrale Bildgebung und maschinelles Lernen, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover (Mai 2022)

Dr.-Ing. Elisavet Chatzizyrlı

Simulation von laserbasierten Beleuchtungssystemen, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover (Juni 2022)

Dr.-Ing. Sarah Nothdurft

Beeinflussung des Schmelzbades beim Laserstrahl-schweißen durch Ultraschall und daraus resultierende Schweißgut- und Gefügeausbildung, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover (Juli 2022)

Dr. rer. nat. Phillip Booker

Single-Frequency EYDFA with Polarization-Maintaining Fibers for Gravitational Wave Detection, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover (November 2022)

MASTERARBEITEN

Johannes Heske, M. Sc.

Optimierung der Vorprozessierung für die Rekonstruktion von Zellsphäroid-Slot-Rohdaten, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover (Januar 2022)

Timm Landes, M. Sc.

Entwicklung und Charakterisierung einer kontaktlosen optischen Kohärenzelastographie im MHz-Bereich zur Bestimmung biomechanischer Parameter, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover (Januar 2022)

Jens Niedermeyer, M. Sc.

Entwicklung und Validierung von inneren Kühlkonzepten für additiv gefertigte Formkerne in Spritzgießwerkzeugen, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover (Januar 2022)

Philip Neumann, M. Sc.

Kamerabasierte Qualitätsüberprüfung von laserstrahl-geschweißten Kupfersteckwicklungen in einer elektrischen Maschine, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover (Februar 2022)

Mohammad Sokker, M. Sc.

Entwicklung eines Laser-Kamera-Werkzeugs zur laserbasierten Unkrautbekämpfung,
Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover
(März 2022)

Fenja Meyer, M. Sc.

Vergleich der biomechanischen Eigenschaften von UV-CXL und fs-CXL behandelten Schweine-Corneae,
Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover
(Mai 2022)

Firas Almadani, M. Sc.

Development of an algorithm for automated sample and focus tracking for SLOT data acquisition,
Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover
(Juni 2022)

Monique Juliet Yadcar, M. Sc.

Beeinflussung der optischen Durchbruchschwelle mittels Goldnanopartikel für die gezielte optoakustische Tonerzeugung,
Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover
(Juni 2022)

Johannes Bäuerlein, M. Sc.

Charakterisierung der Stabilität der optischen Eigenschaften von Interferenzfiltersystemen im Kurzpuls- und Ultrakurzpulsbereich,
Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover
(Juli 2022)

Ramoliya Minkeshkumar, M. Sc.

Single-crystal repair of high-pressure turbine blade tips using the DED-LB/M process,
Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover
(Juli 2022)

Michael Sebastian Knabe, M. Sc.

Implementierung einer digitalen Signalverarbeitung des akustischen Prozesssignals beim Laser-Pulver Auftragsschweißen mittels Python,
Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover
(August 2022)

Eliza Alice Vivien Lagzdins, M. Sc.

Gewebepräparation für die optische Bildgebung und molekulargenetische Analysen,
Technische Universität Braunschweig
(August 2022)

Zije Gong, M. Sc.

Deep learning denoising for image segmentation in optical coherence tomography,
Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover
(September 2022)

Lukas Kleihaus, M. Sc.

Machine and process development for automated rotational ablation of optical fibers using image processing,
Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover
(September 2022)

Jonas Matthes, M. Sc.

Charakterisierung von elektrooptisch sensiblen Materialien für den Einsatz in Interferenzschaltelementen,
Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover
(Oktober 2022)

Aleksei Dorozhkin, M. Sc.

Reconstruction Methods for Optical Coherence Tomography for Refraction Index Measurements,
Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover
(November 2022)

Jonathan Werger, M. Sc.

Miniaturisierter Yb:YAG MOPA mit außerordentlicher Kleinsignalverstärkung,
Universität Oldenburg
(Dezember 2022)

BACHELORARBEITEN

Philipp Berg, B. Sc.

Applikation von Laserpulsen zur Tonerzeugung im Wasser,
Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover
(März 2022)

Emily Huynh, B. Sc.

Entwicklung und Validierung einer rotationsbasierten Probenpräparationskammer für die Scanning Laser Optical Tomography,
FH Münster
(Mai 2022)

Omar Benjamin, B. Sc.

Experimentelle Untersuchungen zur Grenzschichtenbildung beim Schichtauftrag von Quarzglasfasern im Laser Glass Deposition,
Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover
(September 2022)

NACHWUCHSFÖRDERUNG UND WEITERBILDUNG



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

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.

Durch Praxiserfahrung den beruflichen Weg finden: Mit dem Freiwilligen Wissenschaftlichen Jahr (FWJ) und dem Niedersachsen Technikums konnten auch 2022 wieder junge Menschen am LZH ihre ersten Schritte in die Welt der Wissenschaft machen. Zum 1. September haben sechs junge Männer und Frauen ihr FWJ am LZH begonnen. Sie werden ein Jahr lang aktiv an Forschungsprojekten im LZH mitarbeiten und haben so die Chance, vor dem Studium oder Berufseinstieg einen fundierten Einblick in das Arbeitsfeld Wissenschaft zu erhalten. Das LZH bietet die Teilnahme an einem FWJ mittlerweile seit über 10 Jahren an.

Außerdem absolviert eine Frau in der Abteilung Produktions- und Systemtechnik ein Niedersachsen Technikum. Das sechsmonatige Niedersachsen-Technikum richtet sich an junge (Fach-)Abiturientinnen und gibt ihnen die Gelegenheit herauszufinden, ob die MINT-Fächer (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft, Technik) ihren Interessen entsprechen.

Auch im Bereich Ausbildung sind wir aktiv: 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 Einblick in unterschiedliche Bereiche des Insituts.

VORLESUNGEN UND SEMINARE 2022

Folgende Vorlesungen und Seminare wurden von LZH-Mitarbeiter:innen in 2022 gehalten:

WINTERSEMESTER 2021/22

VORLESUNG

„Fundamentals and Configurations of Laser Beam Sources“ Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Dozent: Dr. Moritz Hinkelmann

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 Kaierle

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

SEMINAR

„Optische Spezialglasfasern: Herstellung, Funktionsprinzipien und Anwendungen“, Dozent: Prof. Dr. Detlev Ristau

SOMMERSEMESTER 2022

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 Kaierle

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, Dozent: Prof. Dr.-Ing. Ludger Overmeyer

GRUPPENSEMINAR

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

VORLESUNG MIT ÜBUNG

„Nichtlineare Optik“, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Dozenten: Dr. Marco Jupé, Prof. Dr. Detlev Ristau

SEMINAR

„Optische Komponenten“, 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 Laserschutzbeauftragte, für das Schweißen und Schneiden mit dem Laser und für die 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 Ultrakurzpulslaser
 - Laserauftragschweißen, Härten und Umschmelzen
- Fachkraft für Additive Fertigung – Fachrichtung Metall

INTERNATIONALE PROJEKTE

DESTINE - EUROPEAN DESIGN TECHNICIANS LEAGUE

Wettbewerb für junge Fachkräfte
www.destineproject.eu

SAM

Ausarbeitung einer Qualifikationsstrategie für Fachkräfte in der Additiven Fertigung
www.skills4am.eu

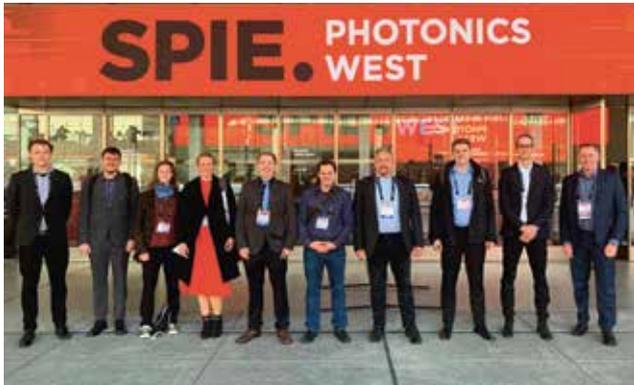
AREOLA

Einführung von AR/VR in die Ausbildung von Anlagenbedinern für die additive Fertigung in der Luft- und Raumfahrt
www.areola-am.eu

VERANSTALTUNGEN 2022

22. – 27.01.2022

LZH mit zwölf Vorträgen auf LASE und OPTO der Photonics West vertreten



In zwölf Beiträgen präsentierten Wissenschaftler:innen des LZH ihre Arbeit auf den Konferenzen der diesjährigen Photonics West. Prof. Dr.-Ing. Stefan Kaiertle hatte in diesem Jahr die Rolle des „Symposium Co-Chair“ der LASE und des „Conference Chair“ der Konferenz „High-Power Laser Materials Processing: Applications, Diagnostics, and Systems XI“ inne. Bei der „LASE Plenary and Hot Topics“ präsentierte Prof. Dr. Michael Kues, Mitglied des Wissenschaftlichen Direktoriums des LZH, die photonischen Quantentechnologien aus Hannover.

02.03.2022

Kick-Off Vertical E2E auf Messe bei Premium AEROTEC



Wissenschaftler:innen des LZH haben bei einer Hausmesse des Unternehmens Premium AEROTEC ihren Beitrag zum Projekt VerticalE2E (Vertikal integrierte, nachhaltige End-to-End-Fabrik) präsentiert. In dem Projekt arbeiten Partner aus Industrie und Forschung daran, digitale Montageprozesse innerhalb der „Factory of the Future“ zu optimieren.

26. – 29.04.2022

Smarte Photonik auf der LASER – World of Photonics



Das LZH präsentierte auf der Weltleitmesse der Photonik in 2022 aktuelle Forschungsergebnisse aus seinen acht neuen Innovationsfeldern: von Ansätzen für integrierte und miniaturisierte Optiken, über Laser mit speziellen Spezifikationen für die Industrie oder für den Einsatz im Weltraum, bis hin zum Einsatz von Lasern in Zusammenspiel mit Künstlicher Intelligenz für die Landwirtschaft. Im Bereich Additive Fertigung zeigte das LZH Bauteile aus Sondermaterialien und stellte besonders große Bauteile vor.

28.04.2022

Endlich wieder Laser live: Zukunftstag am LZH



Ob Unkrautbekämpfung mit dem Laser oder 3D-Druck: Am Zukunftstag im LZH konnten Schüler:innen die spannende Welt der Lasertechnik kennenlernen. Das LZH öffnete seine Türen am 28. April für Schüler:innen der Jahrgangsstufen fünf bis neun. Themen rund um die Lasertechnologie wurden mit Vorträgen, Spielen und Demonstrationen schülergerecht aufbereitet.

10.05.2022

Abschlusskolloquium zum Projekt GROTESK



Optische Systeme bauen mittels 3D-Druck – daran haben die Teams von LZH, der Leibniz Universität Hannover, vom Clausthaler Zentrum für Materialtechnik und der Hochschule Hannover im Verbundprojekt GROTESK gearbeitet. Auf dem Abschlusskolloquium am LZH wurden die Ergebnisse vorgestellt und die Zukunft der Optikfertigung diskutiert.

30.05. – 02.06.2022

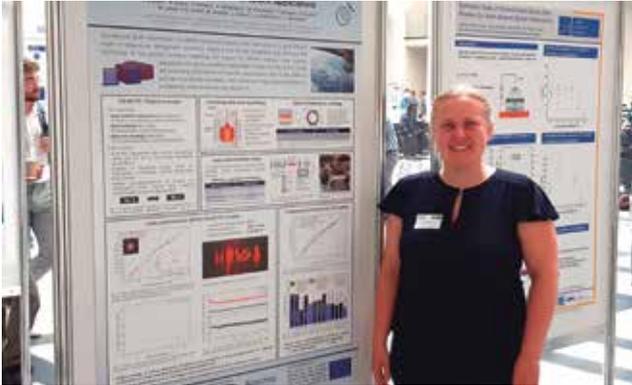
Hannover Messe 2022: laserbasierte Lösungen für die digitale Produktion



Digital, vernetzt, energieeffizient – die Smarte Produktion mit dem Laser erfüllt die Anforderungen an die Produktion von Morgen. Damit passten das LZH und seine laserbasierten technischen Lösungen perfekt zu den Schwerpunktthemen der Hannover Messe: Dort standen im Jahr 2022 Digitalisierung und Nachhaltigkeit im Mittelpunkt. Das LZH stellte aus auf dem Gemeinschaftsstand Digitalisierung des Landes Niedersachsen.

15.06.2022

PhoenixD Laser Day 2022



Der Workshop des interdisziplinären Exzellenzclusters PhoenixD bot Wissenschaftler:innen und Industrievertreter:innen die Möglichkeit, sich persönlich zu treffen, Ideen zu diskutieren und ihre Forschung zu präsentieren. Zu den inhaltlichen Schwerpunkten gehörten unter anderem die Quantenoptik und Photonik sowie Laser-Systeme, Laser-Metrologie sowie Laser-Materialbearbeitung.

28. – 30.06.2022

Ökofeldtage



Von der Unkrautbehandlung bis zur Schädlingsbekämpfung: Auf den Öko-Feldtagen im hessischen Villmar haben Wissenschaftler:innen der Gruppe Food & Farming vorgestellt, wie man Landwirtschaft mit Lasertechnologie nachhaltig gestalten kann. Unter anderem stellten sie das Projekt LURUU vor, in dem es darum geht, die laserbasierte Unkrautvernichtung als ökologische Alternativen im Kampf gegen Unkräuter und Herbizidresistenzen zu entwickeln.

21. – 23.06.2022

LASYS 2022: Innovationen der Lasermaterialbearbeitung



Auf der LASYS 2022 präsentierte das LZH neben Innovationen aus der Anlagen- und Systemtechnik auch neuste Entwicklungen aus dem Bereich Leichtbau. Unter anderem zeigt das LZH individuelle Komplettlösungen für Prozesse und Systeme aus der Lasermaterialbearbeitung anhand von ausgewählten Laserbearbeitungsköpfen.

02. – 10.07.2022

IdeenExpo 2022: Junge Menschen begeistern sich für Laser



Auf der Jugendmesse IdeenExpo konnten Nachwuchswissenschaftler:innen am Stand des LZH an verschiedenen Stationen erfahren, wie in Zukunft Laser in der Landwirtschaft eingesetzt werden können, um bestimmte Pflanzen zu schützen und Unkraut sowie Schädlinge zu bekämpfen. Vor allem der Farmbot zog die Blicke auf sich: Der OpenSource-Gartenroboter demonstrierte, wie die Smarte Agrartechnik der Zukunft aussehen kann.

10.07.2022

Meet the Scientist im Science Center Phaeno



Wissenschaft zum Anfassen: Das LZH hatte am 10. Juli Gelegenheit, an der Veranstaltungsreihe „Meet the Scientist“ im Wolfsburger Wissenschaftsmuseum Phaeno teilzunehmen. Zwei LZH-Wissenschaftler stellten an diesem Tag den großen und kleinen Besucher:innen das Projekt MOONRISE vor, in dem es darum geht, den 3D-Druck auf den Mond zu bringen.

20.07.2022 / 04.11.2022

Veranstaltungsreihe des PACC



Im Rahmen des Photonic Agrifood Connection Center (PACC) luden die Projektpartner LZH, Netzwerk Ackerbau Niedersachsen e.V. und PhotonicNet GmbH zu verschiedenen Veranstaltungen ein, um Akteure aus Bereichen Photonik und der Landwirtschaft zu vernetzen und gemeinsam über das Innovationspotential von Agri-Photonik zu sprechen.

04. – 08.09. 2022

23 Beiträge auf der Conference on Photonic Technologies LANE



Mit insgesamt 23 Vorträgen von LZH-Wissenschaftler:innen war das LZH auf der 12. „Conference on Photonic Technologies“ (LANE 2022) vertreten, die von der Bayerisches Laserzentrum GmbH und dem Lehrstuhl für Photonische Technologien der Friedrich- Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg in Fürth veranstaltet wurde. Im Fokus der LANE stand wie immer die angewandte Laserforschung und insbesondere der Austausch zwischen Wissenschaft und Industrie.

13.09.2022

TECHTIDE und Branchentreff Handwerk von Niedersachsen ADDITIV



Auf der TECHTIDE, dem Digitalisierungskongress des Landes Niedersachsen, war das LZH 2022 gemeinsam mit Niedersachsen ADDITIV vor Ort. Besonderes Highlight war der von Niedersachsen ADDITIV ausgerichtete Branchentreff Handwerk. Mit der Firma Böwer GmbH und der Goldschmiede Stichnoth berichteten zwei Praxis-Check-Teilnehmer von ihren Erfahrungen mit Niedersachsen ADDITIV und der Einführung beziehungsweise Weiterentwicklung der Additiven Fertigung innerhalb ihrer Produktion.

19.09.2022

„Digitale Orte Niedersachsens“ netzwerken am LZH



Das LZH treibt die Digitalisierung von Produktionsprozessen in KMU engagiert voran. Daher zählt es bereits seit 2019 zu den offiziellen „Digitalen Orten Niedersachsens“. Im September fand nun das 2. Netzwerktreffen der Digitalen Orte im LZH statt. Die rund 40 Besucher:innen konnten im Versuchsfeld die Arbeit des LZH näher kennenlernen. Die Begrüßung erfolgte durch den damaligen Niedersächsischen Staatssekretär für Digitalisierung Stefan Muhle.

22.09.2022

Die Zukunft des 3D-Drucks: Das Forum „Additive Fertigung“



Zum Forum "Additive Fertigung" lud Niedersachsen ADDITIV in das LZH ein. Referent:innen aus Industrie und Forschung berichten über die neusten Entwicklungen und Potenziale der Additiven Fertigung, Anwendungsfelder, Geschäftsmodelle und wie der 3D-Druck zu einer nachhaltigeren Produktion beitragen kann. Vorträge und Best Practices beispielsweise von Volkswagen Nutzfahrzeuge, Baker Hughes oder Premium Aerotec gaben Einblicke, wie Unternehmen die Chancen der Additiven Fertigung erschließen.

20. – 25.09.2022

Additive Fertigung mit Glas: Demonstrator auf der Glasstec



Die Glasstec in Düsseldorf ist die weltweit größte Fachmesse der Glasbranche und ihrer Zulieferer. Wissenschaftler:innen der Gruppe Glas am LZH haben dort neben weiteren aktuellen Arbeiten anhand eines Demonstrators in Zusammenarbeit mit der TU Darmstadt gezeigt, wie man additiv gefertigte individuelle Verbindungselemente aus Glas verwenden kann. So lassen sich Konstruktionen vollständig aus Glas, ohne Fremdmaterialien und artungleiche Verbindungen realisieren.

27.09.2022

Workshop „Innovative Product Development by Additive Manufacturing“



Gemeinsam mit dem Institut für Produktentwicklung und Gerätebau (IPeG) der Leibniz Universität Hannover veranstaltete das LZH den Workshop „Innovative Product Development by Additive Manufacturing“. Auf der Veranstaltung ging es nicht nur um das Thema innovative Produktentwicklung durch Additive Fertigung, sondern auch um die Anforderungen an die Produktion, die in der Additiven Fertigung oft völlig anders als bei konventionellen Verfahren sind.

01.10.2022

Fest der Wissenschaft der VolkswagenStiftung



Anlässlich ihres 60-jährigen Bestehens lud die VolkswagenStiftung alle interessierten Bürger:innen zum „Fest der Wissenschaft“ in das Schloss Herrenhausen ein. Zur Vorstellung des Projekts MOONRISE, dessen Anfangsphase von der VolkswagenStiftung gefördert wurde, erhielt das LZH eine eigene Ausstellungsfläche. Dort konnten die rund 2.000 Besucher:innen nicht nur ein Laser-Modell und Proben geschmolzenen Regoliths betrachten, sondern auch einen Mondrover der Planetary Transportation Systems GmbH aus nächster Nähe anschauen.

17. – 20.10.2022

LZH-Wissenschaftler:innen auf der ICALEO 2022



Auf der ICALEO-Konferenz (International Congress on Applications of Lasers & Electro-Optics) in Orlando, Florida, präsentierten Wissenschaftler:innen des LZH in neun Beiträgen ihre Arbeit. Im Sinne des übergeordneten Themas *space exploration* konnten die Teilnehmer:innen als besonderes Highlight das Kennedy Space Center am Cape Canaveral besichtigen und NASA-Astronautenveteranen Dr. Don Thomas treffen (auf dem Foto 4. v.l.).

18. – 20.10.2022

Optatec 2022: Zukunftstechnologien der industriellen Optik



Die Abteilung Optische Komponenten des LZH stellte auf der internationalen Fachmesse für Optische Technologien (Optatec), Komponenten und Systeme, aktuelle Forschungsaktivitäten sowie ihr Dienstleistungs- und Produktportfolio vor. Thematische Schwerpunkte waren neben dem innovativen Spatial ALD-Verfahren zur effizienteren Herstellung von optisch konformen Beschichtungen auf unterschiedlichsten Oberflächen auch miniaturisierte Filter. Darüber hinaus präsentieren die LZH-Wissenschaftler:innen ein neues Konzept des Breitbandmonitors BBM.

07.11.2022

Doktoranden von PhoenixD zu Gast im LZH



Um mehr über die Laserforschung und insbesondere die Arbeit des Instituts im Rahmen von PhoenixD zu erfahren, waren im November die Doktoranden des Exzellenzclusters zu Gast im LZH. In PhoenixD arbeiten Forschende aus dem Maschinenbau, der Physik, der Elektrotechnik, der Informatik und der Chemie aus Hannover und Braunschweig gemeinsam an der Simulation, Herstellung und Anwendung optischer Systeme der Zukunft.

15./18.11.2022

Matchmaking auf der formnext



Auf der Formnext in Frankfurt präsentierten über 800 internationale Aussteller ihre neuesten Entwicklungen im Bereich Additive Fertigung. Auch das Team von Niedersachsen ADDITIV unterstützte als Partner das internationale Matchmaking-Event des Enterprise Europe Netzwerks, bei dem Besucher:innen Kontakte zu Unternehmen und Forschungseinrichtungen aufbauen und neue Technologien entdecken können.

24.11.2022

Treffen des IHK-Ausschusses Industrie und Forschung am LZH



Smart Farming, Lasertechnik in der Raumfahrt und neuste Trends beim 3D-Druck: Bei einem Besuch im LZH haben die Mitglieder des Ausschusses Industrie und Forschung der Industrie- und Handelskammer Hannover Einblicke in Forschungsthemen des Instituts erhalten. Im Anschluss an einen Rundgang durch das Versuchsfeld diskutierten die Gäste auch über die politischen Rahmenbedingungen für die Wirtschaft und die aktuelle konjunkturelle Lage.

29.11.2022

NIFE Research Day



Am ersten NIFE Research Day trafen sich über 30 Arbeitsgruppen des Niedersächsischen Zentrums für Biomedizintechnik, Implantatforschung und Entwicklung (NIFE), um sich auszutauschen und ihre Arbeit zu präsentieren. In zahlreichen Workshops ging es unter anderem um die Themen Knochenprothetik, Cochlea-Implantate und Kryobiologie. Daneben gaben Vorträge und Podiumsdiskussionen einen Einblick in die vielfältigen Forschungsbereiche des NIFE. Das LZH ist über die Gruppe Biophotonik in das NIFE eingebunden.

01.12.2022

Workshop „Laserbearbeitung von Glaswerkstoffen“



Über aktuelle Trends der laserbasierten Glasbearbeitung sprachen Vertreter:innen aus Industrie und Forschung am 1. Dezember in Nürnberg. Dort richteten die Bayerisches Laserzentrum GmbH (blz) und das LZH den mittlerweile zwölften Workshop „Laserbearbeitung von Glaswerkstoffen“ aus. Im Fokus des Workshops standen insbesondere das Fügen, die hochpräzise Bearbeitung und die Oberflächenfunktionalisierung von Glaswerkstoffen.

VERÖFFENTLICHUNGEN

ABTEILUNG OPTISCHE KOMPONENTEN

A. Günther, K. Kushwaha, M. Baran, A. K. Rübeler, F. Carstens, D. Ristau, W. Kowalsky, B. Roth, **Self-written waveguides as low-loss interconnections and sensing elements**. SPIE Proceedings Vol. 12004: Integrated Optics: Devices, Materials, and Technologies XXVI, 1200412 (2022).

P. Kadkhoda, S. Schlichting, F. Carstens, A. Wienke, **Optisches Breit-Band-Monitoring: Konzepte und Trends**. Colloquium für optische Spektrometrie (COSP), 26.-27. September, Jena (2022).

A. Khabbazi, M. Lenzner, L. A. Emmert, M. Jupé, T. Wilmsen, M. Steinecke, D. Ristau, W. Rudolph, **Damage threshold affected by the spatiotemporal evolution of femtosecond laser pulses in multilayer structures**. Opt. Eng. 61 (7), 71602 (2022).

K. Kiedrowski, M. Jupé, M. Kennedy, H. Ehlers, A. Wienke, D. Ristau, **Correlation of the Damage Behavior of High Power Continuous Wave Laser Hybrid Mirrors with Total Losses**. SPIE Laser Damage, 18.-21. September, Rochester (2022).

K. Kiedrowski, M. Jupé, M. Kennedy, H. Ehlers, A. Wienke, D. Ristau, **High power laser-induced damage investigations of mirrors with several substrate materials in combination with heat transfer simulations**. Proc. SPIE 12142, Fiber Lasers and Glass Photonics: Materials through Applications III, 95–103 (2022).

L. Kochannek, H. Ehlers, S. F. Mikhailov, J. Yan, V. G. Popov, P. Wallace, Y. K. Wu, J. O. Jensen, **Entwicklung von Hybridspiegeln für Freie-Elektronen-Laser bei 168,6-176,7 nm**. 38. Arbeitstreffen des AK DUV/VUV-Optik, 06. Oktober, Alzenau (2022).

L. Kochannek, H. Ehlers, L. Jensen, S. F. Mikhailov, J. Yan, V. G. Popov, M. E. Penrico, Y. K. Wu, D. Ristau, **Protected mirrors enabling storage ring FEL lasing below 170 nm**. 40th International Free Electron Laser Conference (FEL), 22.-26. August, Triest (2022).

L. Kochannek, A. Tewes, G.-A. Hoffmann, K. Niiranen, J. Rönn, S. Sneck, A. Wienke, D. Ristau, **Enabling rotary Atomic Layer Deposition for optical applications**. Proceedings of the Optical Interference Coatings Conference (OIC), TC.1 (2022).

L. Kochannek, A. Tewes, G.-A. Hoffmann, K. Niiranen, J. Rönn, H. Velasco, S. Sneck, A. Wienke, D. Ristau, **Study of rotary atomic layer deposition for optical applications**. SPIE Proceedings Vol. 12002: Oxide-based Materials and Devices XIII, 120020D (2022).

P. Maydannik, J. Röhn, G.-A. Hoffmann, L. Kochannek, S. Schlichting, **Rotary PEALD: in situ monitoring of optical coatings**. Spatial ALD Day, 09. Juni, Eindhoven (2022).

J. McCauley, M. Jupé, J. Zhang, A. Wienke, D. Ristau, **Reduction of Nanoparticles in Optical Thin Films**. Proceedings of the Optical Interference Coatings Conference (OIC), WC.5 (2022).

S. Paschel, M. Steinecke, M. Jupé, F. Carstens, L. Ramalis, T. Tolenis, A. Wienke, D. Ristau, **Environmental dependencies on the LIDT of all-silica GLAD mirrors for 355 nm**. SPIE Laser Damage, 18.-21. September, Rochester (2022).

A. K. Rübeler, **Miniaturized and electro-optically active thin-film interference components**. PhD Conference of the Quantum Alliance and IMPRS-QST, 27.-28. April, München (2022).

A. K. Rübeler, F. Carstens, G.-A. Hoffmann, A. Wienke, D. Ristau, **Miniaturized substrate-free multilayer thin films for hybrid integrated photonics systems**. The European Physical Society Forum, 02.-03. Juni, Paris (2022).

A. K. Rübeler, P. Gehrke, G.-A. Hoffmann, G. Schönsee, A. Thiel, M. Vitt, A. Wienke, D. Ristau, **Substrate-free miniaturized coarse wavelength division multiplexing filters**. Proceedings of the Optical Interference Coatings Conference (OIC), MD-5 (2022).

A. K. Rübeler, G.-A. Hoffmann, M. Jupé, A. Wienke, D. Ristau, **Miniaturized Thin-Film Components for a Hybrid Integrated Optical Micro-Platform**. PhoenixD Laser Day 2022, 15. Juni, Hannover (2022).

A. K. Rübeler, J. Matthes, F. Kurth, L. Zhao, G.-A. Hoffmann, M. Jupé, A. Wienke, D. Ristau, **Combining miniaturization, high precision and active switching capability to develop cost-efficient thin-film filters for hybrid integration**. Humboldt meets Leibniz: Emerging Topics in Optics and Photonics, 12.-14. Juni, Hannover (2022).

M. Steinecke, M. Jupé, A. Wienke, D. Ristau, **Switching of ultrashort laser pulses by nonlinear optics in thin films**. SPIE Photonics Europe, 03.-07. April, Straßburg (2022).

M. Steinecke, M. Jupé, A. Wienke, D. Ristau, **Ultrafast Switching with Nonlinear Optics in Thin Films**. Proceedings of the Optical Interference Coatings Conference (OIC), FA.1 (2022).

M. Steinecke, K. Kiedrowski, M. Jupé, A. Wienke, D. Ristau, **Nonlinear optical switching in thin film coatings in relation to the damage threshold**. Proc. SPIE 12300, Laser-Induced Damage in Optical Materials, 101–109 (2022).

L. Zhao, F. Kurth, T. Schwenke, E. Agócs, L. Zheng, A. K. Rübeler, J. N. Matthes, M. Jupé, H. Menzel, H.-H. Johannes, W. Kowalsky, **Study of Organic Electro Optic Materials at Short End of Near Infrared Radiation Range**. Materials Research Society Fall Meeting & Exhibit (MRS), 06.-08. Dezember, online (2022).

ABTEILUNG LASERENTWICKLUNG

N. G. Boetti, P. Booker, D. Pugliese, J. Lousteau, A. Rovera, P. Weßels, J. Neumann, D. Kracht, D. Janner, D. Milanese, **High concentration Er-doped phosphate glass optical fibers for single-frequency fiber amplifiers**. SPIE Photonics Europe, 03.-07. April, Straßburg (2022).

P. Booker, K. Kruska, M. Steinke, B. Willke, P. Weßels, J. Neumann, D. Kracht, **Recent Progress on Single-frequency EYDFAs for Gravitational Wave Detection**. Proc. Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO), SF2M.4 (2022).

P. Booker, F. Wellmann, S. Hochheim, P. Weßels, B. Willke, J. Neumann, D. Kracht, **Single-frequency fiber lasers for quantum technologies**. PhD Conference 2022 of the Quantum Alliance and IMPRS-QST, 27.-28. April, München (2022).

E. Brockmüller, S. Hochheim, F. Wellmann, J. Neumann, D. Kracht, **Chirally-coupled-core fiber-based components for high-power, single frequency fiber amplifiers**. PhD Conference 2022 of the Quantum Alliance and IMPRS-QST, 27.-28. April, München (2022).

E. Brockmüller, L. Kleihaus, F. Wellmann, R. Lachmayer, J. Neumann, D. Kracht, **CO₂-laser-based ablation of glass fibers for fiber-component manufacturing**. Procedia CIRP 111, 621–624 (2022).

E. Brockmüller, L. Kleihaus, F. Wellmann, R. Lachmayer, J. Neumann, D. Kracht, **Highly efficient side-fused signal pump combiners based on CO₂-laser restructured optical fibers**. 10th EPS-QEOD Europhoton Conference, 28. August - 02. September, Hannover (2022).

E. Brockmüller, T. Lange, F. Wellmann, O. Kimmelma, T. Lowder, S. Novotny, R. Lachmayer, J. Neumann, D. Kracht, **Development of efficient CCC-fiber-based components for fiber lasers and amplifiers**. SPIE Proceedings Vol. 11981: Fiber Lasers XIX: Technology and Systems, 1198105 (2022).

E. Brockmüller, F. Wellmann, D. Lutscher, O. Kimmelma, T. Lowder, S. Novotny, R. Lachmayer, J. Neumann, D. Kracht, **CO₂-laser-ablation-assisted fabrication of signal-pump combiners with chirally coupled core fibers for co- and counter-pumped all-fiber amplifiers**. Opt. Express 30 (15), 25946–25957 (2022).

A. Büttner, M. Ernst, M. Hunnekuhl, R. Kalms, L.-E. Willemssen, J. Heise, J. Ulrich, P. Weßels, D. Kracht, J. Neumann, **Space-qualified, compact and lightweight pulsed DPSS UV laser for the MOMA instrument of the ExoMars mission**. CEAS Space Journal (2022).

A. Büttner, S. Hochheim, P. Weßels, J. Neumann, D. Kracht, **Development of a highly-efficient amplifier system for 10-channel satellite laser communication in the context of the HydRON project**. International Conference on Space Optics (ICSO), 03.-07. Oktober, Dubrovnik (2022).

N. Haverland, F. Wellmann, J. Neumann, D. Kracht, **S²-Method-Based Monitoring of Modal Composition in Optical Fibers during Fiber Component Manufacturing**. EPJ Web Conf. (267), 2010 (2022).

S. Hochheim, A. Büttner, P. Weßels, E. Brockmüller, W. Fittkau, J. Neumann, D. Kracht, **100 W optical amplifier for 10 channel laser communication system with enhanced wall-plug efficiency in the 1 μm wavelength range**. SPIE Proceedings Vol. 11993: Free-Space Laser Communications XXXIV, 119930D (2022).

S. Hochheim, A. Büttner, E. Brockmüller, W. Fittkau, F. Wellmann, P. Weßels, J. Neumann, D. Kracht, **High-power optical amplifier with enhanced wall-plug efficiency for 10-channel WDM satellite laser communication systems**. EPJ Web Conf. 267, 2001 (2022).

P. König, J.-P. Yehouessi, A. Gognau, S. Boivinet, A. Baylon, J.-B. Lecourt, Y. Hernandez, A. Wienke, U. Morgner, J. Neumann, D. Kracht, **Synchronized all-PM-fiber Yb-doped amplifiers for high power fs- and ps-pulse generation**. 10th EPS-QEOD Europhoton Conference, 28. August - 02. September, Hannover (2022).

F. Kranert, J. Budde, M. Hinkelmann, R. Lachmayer, J. Neumann, D. Kracht, **Additively Manufactured Polymer Optomechanics and Their Application in Laser Systems**. In: Generative Manufacturing of Optical, Thermal and Structural Components (GROTESK), Cham, Springer (2022).

F. Kranert, M. Hinkelmann, R. Lachmayer, J. Neumann, D. Kracht, **Function-integrated laser system based on 3D-printed optomechanics**. SPIE Proceedings Vol. 11982: Components and Packaging for Laser Systems VIII, 119820G (2022).

LIGO Scientific Collaboration & Virgo Collaboration, ..., P. Booker, S. Hochheim, M. Steinke, F. Wellmann, P. Weßels, author list 1000+ members, **All-sky search for gravitational wave emission from scalar boson clouds around spinning black holes in LIGO O3 data**. Phys. Rev. D 105 (10), 102001 (2022).

LIGO Scientific Collaboration & Virgo Collaboration, ..., P. Booker, S. Hochheim, M. Steinke, F. Wellmann, P. Weßels, author list 1000+ members, **All-sky, all-frequency directional search for persistent gravitational waves from Advanced LIGO's and Advanced Virgo's first three observing runs**. Phys. Rev. D 105 (12), 122001 (2022).

LIGO Scientific Collaboration & Virgo Collaboration, ..., P. Booker, S. Hochheim, M. Steinke, F. Wellmann, P. Weßels, author list 1000+ members, **Constraints on dark photon dark matter using data from LIGO's and Virgo's third observing run**. Phys. Rev. D 105 (6), 63030 (2022).

LIGO Scientific Collaboration & Virgo Collaboration, ..., P. Booker, S. Hochheim, M. Steinke, F. Wellmann, P. Weßels, author list 1000+ members, **First joint observation by the underground gravitational-wave detector KAGRA with GEO 600**. Prog. Theor. Exp. Phys. (6), 063F01 (2022).

LIGO Scientific Collaboration & Virgo Collaboration, ..., P. Booker, S. Hochheim, M. Steinke, F. Wellmann, P. Weßels, author list 1000+ members, **Model-based Cross-correlation Search for Gravitational Waves from the Low-mass X-Ray Binary Scorpius X-1 in LIGO O3 Data**. Astrophys. J. Lett. 941 (2), L30 (2022).

LIGO Scientific Collaboration & Virgo Collaboration, ..., P. Booker, S. Hochheim, M. Steinke, F. Wellmann, P. Weßels, author list 1000+ members, **Narrowband Searches for Continuous and Long-duration Transient Gravitational Waves from Known Pulsars in the LIGO-Virgo Third Observing Run**. Astrophys. J. 932 (2), 133 (2022).

LIGO Scientific Collaboration & Virgo Collaboration, ..., P. Booker, S. Hochheim, M. Steinke, F. Wellmann, P. Weßels, author list 1000+ members, **Search for continuous gravitational waves from 20 accreting millisecond x-ray pulsars in O3 LIGO data**. Phys. Rev. D 105 (2), 22002 (2022).

LIGO Scientific Collaboration & Virgo Collaboration, ..., P. Booker, S. Hochheim, M. Steinke, F. Wellmann, P. Weßels, author list 1000+ members, **Search for continuous gravitational wave emission from the Milky Way center in O3 LIGO-Virgo data**. Phys. Rev. D 106 (4), 42003 (2022).

LIGO Scientific Collaboration & Virgo Collaboration, ..., P. Booker, S. Hochheim, M. Steinke, F. Wellmann, P. Weßels, author list 1000+ members, **Search for gravitational waves from Scorpius X-1 with a hidden Markov model in O3 LIGO data**. Phys. Rev. D 106 (6), 62002 (2022).

LIGO Scientific Collaboration & Virgo Collaboration, ..., P. Booker, 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 O3b**. Astrophys. J. 928 (2), 186 (2022).

LIGO Scientific Collaboration & Virgo Collaboration, ..., P. Booker, S. Hochheim, M. Steinke, F. Wellmann, P. Weßels, author list 1000+ members, **Search for intermediate-mass black hole binaries in the third observing run of Advanced LIGO and Advanced Virgo**. Astronomy & Astrophysics 659, A84 (2022).

LIGO Scientific Collaboration & Virgo Collaboration, ..., P. Booker, S. Hochheim, M. Steinke, F. Wellmann, P. Weßels, author list 1000+ members, **Search for Subsolar-Mass Binaries in the First Half of Advanced LIGO's and Advanced Virgo's Third Observing Run**. Phys. Rev. Lett. 129 (6), 61104 (2022).

LIGO Scientific Collaboration & Virgo Collaboration, ..., P. Booker, S. Hochheim, M. Steinke, F. Wellmann, P. Weßels, author list 1000+ members, **Search of the early O3 LIGO data for continuous gravitational waves from the Cassiopeia A and Vela Jr. supernova remnants**. Phys. Rev. D 105 (8), 82005 (2022).

LIGO Scientific Collaboration & Virgo Collaboration, ..., P. Booker, S. Hochheim, M. Steinke, F. Wellmann, P. Weßels, author list 1000+ members, **Searches for Gravitational Waves from Known Pulsars at Two Harmonics in the Second and Third LIGO-Virgo Observing Runs**. Astrophys. J. 935 1, 1 (2022).

S. Linke, B. Grefen, S. Stapperfend, J. Baasch, J. Patzwald, J. Becker, E. Stoll, J. Neumann, M. Ernst, P. Taschner, J. Perwas, R. Kalms, T. Griemsmann, T. Eismann, R. Bernhard, P. Dyroey, P. Weßels, L. Overmeyer, D. Kracht, S. Kaielerle, **Development of the MOONRISE FM payload for demonstration of Regolith laser melting on the lunar surface**. Space Resources Week, 03.-05. Mai, Luxemburg (2022).

- M. J. Losekamm, J. Biswas, T. Chupin, M. Deiml, M. Dere-metz, A. M. Evagora, G. Fau, J. Flahaut, J. Gancet, M. Glier, C. Gscheidle, M. Joulaud, H. K. Madakashira, N. J. Murray, J. Neumann, T. Pöschl, L. Richter, H. M. Sargeant, S. Schröder, J. Schwanethal, S. Sheridan, D. Urbina, D. S. Vogt, P. Weßels, **Assessing the Distribution of Water Ice and Other Volatiles at the Lunar South Pole with LUVMI-X: A Mission Concept**. Planet. Sci. J. 3 (10), 229 (2022).
- L. Lukoševičius, J. Butkus, P. Weßels, S. Unland, R. Kalms, T. Böntgen, H. Mädebach, M. Hunnekuhl, D. Kracht, J. Neumann, M. Lorrain, P. G. Lorrain, M. Hmidat, **Investigation of advanced optical coating influence on the properties of Alexandrite laser crystals**. Proceedings of the Optical Interference Coatings Conference (OIC), TEA.2 (2022).
- A. Marianovich, S. Spiekermann, M. Brendel, P. Weßels, J. Neumann, M. Weyers, D. Kracht, **Passively Q-switched microchip laser based picosecond light source in the visible-red to near-infrared band for semiconductor excitation**. Opt. Express 30 (9), 15428–15435 (2022).
- A. Marianovich, S. Spiekermann, M. Brendel, P. Weßels, J. Neumann, M. Weyers, D. Kracht, **Towards ultra fast pulse generation by gain-switching of diode pumped surface emitting semiconductor lasers**. EPJ Web Conf. 267, 1014 (2022).
- J. Neumann, M. Ernst, P. Taschner, J. Perwas, R. Kalms, T. Griemsmann, T. Eismann, R. Bernhard, P. Dyroey, P. Weßels, B. Grefen, J. Baasch, S. Stapperfend, S. Linke, E. Stoll, L. Overmeyer, D. Kracht, S. Kaieler, **The MOONRISE-Payload as proof of principle for Mobile Selective Laser Melting of Lunar Regolith**. International Conference on Space Optics (ICSO), 03.-07. Oktober, Dubrovnik (2022).
- J. Neumann, M. Ernst, P. Taschner, N. Gerdes, J. Perwas, R. Kalms, T. Griemsmann, P. Bernhard, P. Weßels, B. Grefen, S. Linke, E. Stoll, L. Overmeyer, D. Kracht, S. Kaieler, **The MOONRISE-Payload as proof of principle for Mobile Selective Laser Melting of Lunar Regolith**. 10th European Lunar Symposium, 24.-26. Mai, online (2022).
- J. Röttger, T. Grabe, M. C. Sundermeier, F. Kranert, O. Heizmann, T. Biermann, A. Ziebel, P.-P. Ley, A. Wolf, R. Lachmayer, **Additive Manufacturing of a Laser Heat Sink: Multiphysical Simulation for Thermal Material Requirement Derivation**. In: Innovative Product Development by Additive Manufacturing 2021, Cham, Springer (2022).
- M. Schneewind, P. Booker, S. Iakushev, P. Weßels, B. Willke, J. Neumann, D. Kracht, **Thermo-optical wavefront distortions in Nd:YVO₄ laser amplifiers**. EPJ Web Conf. 267, 1012 (2022).
- M. Schneewind, S. Spiekermann, P. Weßels, J. Neumann, D. Kracht, **Comparative study on pump wavelength dependent efficiency in Nd:YVO₄**. EPJ Web Conf. 267, 1013 (2022).
- B. Schuhbauer, V. Adolfs, F. Haxsen, A. Wienke, U. Morgner, J. Neumann, D. Kracht, **Generation of 12 nJ Pulse Energy by a Thulium-doped Fiber Mamyshev Oscillator**. EPJ Web Conf. 267, 2019 (2022).
- B. Schuhbauer, V. Adolfs, F. Haxsen, A. Wienke, U. Morgner, J. Neumann, D. Kracht, **Generation of 15 nJ pulse energy by a sub-150 fs thulium-doped fiber Mamyshev oscillator**. Opt. Lett. 47 (21), 5610–5613 (2022).
- B. Schuhbauer, V. Adolfs, A. Wienke, J. Neumann, D. Kracht, **Power scaling in Thulium-doped fiber Mamyshev oscillators**. SPIE Proceedings Vol. PC11981: Fiber Lasers XIX: Technology and Systems, PC119810Q (2022).
- B. Schuhbauer, A. Wienke, F. Haxsen, J. Neumann, D. Kracht, **Dispersion-managed Monolithic All Polarization-Maintaining Ultrafast Thulium-doped Fiber Oscillator**. EPJ Web Conf. 266, 13033 (2022).
- S. Unland, R. Kalms, P. Weßels, T. Böntgen, H. Mädebach, M. Hunnekuhl, D. Kracht, M. Lorrain, P. G. Lorrain, M. Hmidat, J. Butkus, L. Lukoševičius, J. Neumann, **Comparative study with high-quality, functionally coated Alexandrite crystals for spaceborne LIDAR applications**. International Conference on Space Optics (ICSO), 03.-07. Oktober, Dubrovnik (2022).
- S. Unland, R. Kalms, P. Weßels, H. Mädebach, M. Hunnekuhl, T. Böntgen, D. Kracht, M. Lorrain, P. G. Lorrain, M. Hmidat, J. Butkus, L. Lukoševičius, J. Neumann, **European supplier based Alexandrite crystals and coatings for high power space applications**. PhoenixD Laser Day, 15. Juni, Hannover (2022).
- S. Unland, R. Kalms, P. Weßels, D. Kracht, J. Neumann, **Highly efficient cavity-dumped Q-switched Alexandrite laser**. EPJ Web Conf. (267) (2022).
- D. Vogt, S. Schröder, L. Richter, M. Deiml, P. Weßels, J. Neumann, H. W. Hübers, **VOILA on the LUVMI-X Rover: Laser-Induced Breakdown Spectroscopy for the Detection of Volatiles at the Lunar South Pole**. Sensors 22 (23), 9518 (2022).
- P. Weßels, **High efficiency laser amplifier for 10-channel coherent optical communication**. ESA ScyLight 2022 Workshop on Optical & Quantum Communication, 07.-08. Juni, Bonn (2022).
- P. Weßels, **High Power Single-Frequency Laser Systems for Gravitational Wave Detectors**. OASIS 8 – International Conference & Exhibition on Optics & Electro-Optics, 12.-13. Dezember, Tel Aviv (2022).

ABTEILUNG INDUSTRIELLE UND BIOMEDIZINISCHE OPTIK

H. Benecke, S. Johannsmeier, T. May, T. Ripken, **Enabling hyperspectral acquisition for scanning laser optical tomography**. Proc. SPIE 11966, Three-Dimensional and Multidimensional Microscopy: Image Acquisition and Processing XXIX, 54–59 (2022).

H. Hillebrand, D. Wolber, M. Lautenschläger, M. Wollweber, **Mit dem Laser gegen resistente Ungräser und Unkräuter**. Getreide Magazin 28 (6), 20–22 (2022).

S. Johannsmeier, J. Lippek, **Towards safe and fast treatment of eye floaters - ultrashort laser pulses and OCT control**. Photonics Days Berlin Brandenburg, 05.-06. Oktober, Berlin (2022).

S. Johannsmeier, A. Londenberg, M. Zabic, J. Schiwack, J. Boch, T. Ripken, D. Heinemann, **Plasmonic-induced molecular transfer and its perspectives in plant science**. Proc. SPIE 12131, Nanophotonics IX (12131), 1213113 (2022).

H. Kamin, L. Nolte, J. Maurer, A. Bleilevens, E. Stickeler, S. Johannsmeier, D. Heinemann, T. Ripken, **Quantification of collagen networks in mammary tumors using TPEF and laser-based tomography**. SPIE Proceedings Vol. 11966: Three-Dimensional and Multidimensional Microscopy: Image Acquisition and Processing XXIX, 119660B (2022).

L. Lengert, H. Lohmann, S. Johannsmeier, T. Ripken, H. Maier, A. Heisterkamp, S. Kalies, **Optoacoustic tones generated by nanosecond laser pulses can cover the entire human hearing range**. J. Biophotonics, e202200161 (2022).

J. Lippek, **Mouches volantes: OCT-Erfassung und UKP-Laser Therapie**. F.O.M-Konferenz, 09. November, Berlin (2022).

J. Lippek, P. Dyroey, M. Zabic, S. Johannsmeier, T. Ripken, **OCT segmentation of vitreous opacities inside a new silicone eye model for laser vitreolysis**. The Association for Research in Vision and Ophthalmology - Annual Meeting 2022, 01.-04. Mai, Denver (2022).

M. Zabic, J. W. Napier, L. Müller-Wirts, P. Neubronner, S. Sharifpourboushehri, S. Johannsmeier, W. Neu, D. Heinemann, A. Heisterkamp, T. Ripken, **Towards MHz OCT for vocal cord imaging in the awake patient**. IC025-Abstracts Archive (2022).

ABTEILUNG PRODUKTIONS- UND SYSTEMTECHNIK

C. J. A. Beier, J. Weiland, A. Schiebahn, U. Reisgen, H. Dittmar, P. Jäschke, S. Kaierte, L. Overmeyer, **ProKleb - Alterungsverhalten der Klebung von unterschiedlich kontaminiertem, glasfaserverstärktem PA6 nach Laserstrahlbehandlung**. Joining Plastics - Fügen von Kunststoffen 16 (2), 108-114 (2022).

B. Denkena, M.-A. Dittrich, T. Malek, K. Sleiman, K. Rettschlag, P. Jäschke, S. Kaierte, **Numerical investigation of the influence of process parameters and tool path on the temperature in the laser glass deposition (LGD) process**. Prod. Eng. Res. Devel., 1-10 (2022).

M. Desens, K. Rettschlag, **Laserbasiertes Schweißen von Quarzglas mittels Zusatzwerkstoff**. Laserbearbeitung von Glaswerkstoffen, 01. Dezember, Nürnberg (2022).

M. Desens, K. Wesang, K. Rettschlag, K. Wermbter, P. Jäschke, L. Overmeyer, S. Kaierte, **Large-scale CO₂ laser-based sol-gel annealing of titanium dioxide on borosilicate glass**. Procedia CIRP 111, 701-704 (2022).

H. Dittmar, V. Wippo, P. Jäschke, S. Kaierte, L. Overmeyer, **Modelling of CFRP Laser Repair to Predict Ablation Depth**. Proceedings of the 41st International Congress on Applications of Lasers & Electro-Optics (ICALEO) 41, Macro 203 (2022).

T. Grabe, J. Röttger, K. Rettschlag, R. Lachmayer, **Additive Manufacturing of Optics and Optomechanics: Multiphysics Simulation Environments for Process, Materials and Design Analysis**. In: Generative Manufacturing of Optical, Thermal and Structural Components (GROTESK), Cham, Springer (2022).

G.-A. Hoffmann, Al. Wienke, S. Kaierte, L. Overmeyer, **Conditioning of Flexible Substrates for the Application of Optical Waveguides**. In: Optical Polymer Waveguides, Cham, Springer (2022).

G.-A. Hoffmann, Al. Wienke, S. Kaierte, L. Overmeyer, M.-K. Hamjah, T. Reitberger, J. Zeitler, J. Franke, L. Lorenz, K. Bock, C. Backhaus, F. Loosen, N. Lindlein, **Feasibility of Printed Optical Waveguides Over the Entire Process**

Chain by OPTAVER. In: Optical Polymer Waveguides, Cham, Springer (2022).

J. Keuntje, S. Mrzljak, L. Gerdes, V. Wippo, S. Kaieler, L. Overmeyer, F. Walther, P. Jäschke, **Macroscopic simulation model for laser cutting of carbon fibre reinforced plastics.** Procedia CIRP 111, 496-500 (2022).

J. Kuklik, T. Mente, V. Wippo, P. Jäschke, S. Kaieler, L. Overmeyer, **Enabling laser transmission welding of additively manufactured thermoplastic parts using an expert system based on neural networks.** J. Laser Appl. 34 (4), 42022 (2022).

J. Kuklik, T. Mente, V. Wippo, P. Jäschke, S. Kaieler, L. Overmeyer, **Expert system-supported optimization of laser welding of additively manufactured thermoplastic components.** Procedia CIRP 111, 470-474 (2022).

J. Kuklik, T. Mente, V. Wippo, P. Jäschke, B. Küster, M. Stonis, S. Kaieler, L. Overmeyer, **Laser welding of additively manufactured thermoplastic components assisted by a neural network-based expert system.** SPIE Proceedings Vol. 11994: High-Power Laser Materials Processing: Applications, Diagnostics, and Systems XI, 119940G-1-119940G-6 (2022).

P. Mosel, P. Sankar, E. Appi, C. Jusko, D. Zuber, S. Kleinert, J. Düsing, J. Mapa, G. Dittmar, T. Püster, P. Böhmer-Brinks, J.-W. Vahlbruch, U. Morgner, M. Kovacev, **Potential hazards and mitigation of X-ray radiation generated by laser-induced plasma from research-grade laser systems.** Opt. Express, 30 (20), 37038-37050 (2022).

P. Mosel, P. Sankar, E. Appi, J. Düsing, G. Dittmar, T. Püster, P. Jäschke, J.-W. Vahlbruch, U. Morgner, M. Kovacev, **X-ray dose and spectrum measurements with a novel X-ray detector for potential hazards of laser-matter interaction.** Optica High-brightness Sources and Light-driven Interactions Congress 2022, Technical Digest Series, HTh3B.2 (2022).

M. Nagli, J. Koch, Y. Hazan, O. Volodarsky, R. Ravi Kumar, A. Levi, E. Hahamovich, O. Ternyak, L. Overmeyer, A. Rosenthal, **Silicon-photonics focused ultrasound detector for minimally invasive optoacoustic imaging.** Biomed. Opt. Express, BOE 13 (12), 6229 (2022).

L. Overmeyer, S. Gottwald, M. Springer, J. Düsing, **On-the-fly bare die bonding based on laser induced forward transfer (LIFT).** CIRP Annals 71 1, 41-44 (2022).

K. Rettschlag, P. Jäschke, **Latest developments in laser-based glass additive manufacturing.** Internationale Fachmesse für Laser-Materialbearbeitung (LASYS), 21.-23. Juni, Stuttgart (2022).

K. Rettschlag, F. Kranert, M. Hinkelmann, P. Jäschke, S. Kaieler, R. Lachmayer, **Additive Manufacturing of Glass**

Materials for the Production of Optical, Thermal and Structural Components. In: Generative Manufacturing of Optical, Thermal and Structural Components (GROTESK), Cham, Springer (2022).

K. Sleiman, M. Legutko, K. Rettschlag, P. Jäschke, L. Overmeyer, S. Kaieler, **CO₂ laser based welding of borosilicate glass by Laser Glass Deposition.** Procedia CIRP 111, 466-469 (2022).

K. Sleiman, K. Rettschlag, P. Jäschke, S. Kaieler, L. Overmeyer, **Experimental Investigation of Additive Manufacturing of Fused Silica Fibers for the Production of Structural Components in the Laser Glass Deposition Process.** In: Innovative Product Development by Additive Manufacturing 2021, Springer (2022).

R. Stähr, **Demonstrating the potential of laser micro-drilling in CFRP processing for aviation.** Laser Systems Europe, 18-19 (2022).

R. Stähr, M. Henzler, V. Wippo, P. Jäschke, S. Kaieler, L. Overmeyer, **Thermal process control for laser micro-drilling of thin CFRP-laminates.** SPIE Proceedings Vol. 11994: High-Power Laser Materials Processing: Applications, Diagnostics, and Systems XI, 1199407 (2022).

R. Stähr, V. Wippo, P. Jäschke, S. Kaieler, **Laser microdrilling of CFRP with a nanosecond-pulsed high-power laser.** J. Laser Appl. 34 (4), 42028 (2022).

M. Steinbach, N. Hoffmann, J. Koch, P. Jäschke, S. Kaieler, G. P. Brunotte, M. Ternka, **Molded parts with functional surfaces: Laser micromachining of injection molds.** Proc. Bioinspired Materials (2022).

V. Wippo, J. Kuklik, P. Jäschke, S. Kaieler, **Comparison between wavelengths of 940 nm and 1530 nm for laser transmission welding of glass fiber reinforced PPS.** SPIE Proceedings Vol. 11994: High-Power Laser Materials Processing: Applications, Diagnostics, and Systems XI, 119940J (2022).

C. Zander, J. Düsing, G. Hohenhoff, P. Jäschke, S. Kaieler, L. Overmeyer, **Spatially resolved temperature detection by double scanner and high speed pyrometry for process stabilization of SLS processes.** SPIE Proceedings Vol. 11992: Laser 3D Manufacturing IX, 119920C (2022).

ABTEILUNG WERKSTOFF- UND PROZESSTECHNIK

A. Abel, V. Sayilgan, R. Bernhard, J. Hermsdorf, S. Kaieler, L. Overmeyer, **Advances in powder bed based Additive Manufacturing of metal-glass-hybrid-components**. Procedia CIRP 111, 111-114 (2022).

W. Aman, S. Nothdurft, J. Hermsdorf, S. Kaieler, M. Szarfarska, R. Gustus, W. Maus-Friedrichs, L. Overmeyer, **Influence of an oxygen-free atmosphere on laser beam brazing of aluminium with prior surface deoxidation by pulsed laser radiation**. Procedia CIRP 111, 762-765 (2022).

W. Aman, S. Nothdurft, J. Hermsdorf, S. Kaieler, M. Szarfarska, R. Gustus, L. Overmeyer, **Laser beam brazing of aluminum alloys in XHV-adequate atmosphere with surface deoxidation by ns-pulsed laser radiation**. J. Laser Appl. 34 (2), 22005 (2022).

M. Baumann, M. Ackermann, A. Balck, T. Bonhoff, O. Botter, R. Lange, S. Marfels, D. Dinakaran, A. Kösters, V. Krause, B. Emde, S. Zimbelmann, J. Hermsdorf, S. Kaieler, T. Heusinger von Waldegge, **4XX nm diode-laser beyond 2 kW of output power**. SPIE Proceedings Vol. 11983, High-Power Diode Laser Technology XX, 1198300 (2022).

R. Bernhard, **ML-Schmelzbadidentifikation kombiniert mit intelligenter Regelung für Laser Metal Deposition in der Additiven Fertigung**. Laser in der Elektronikproduktion und Feinwerktechnik (LEF), 15. Februar, online (2022).

R. Bernhard, P. Neef, C. Hoff, J. Hermsdorf, S. Kaieler, H. Wiche, V. Wesling, **Additive Manufacturing of Optical, Thermal and Structural Components by Laser Metal Deposition**. In: Generative Manufacturing of Optical, Thermal and Structural Components (GROTESK), Cham, Springer (2022).

K. Biester, A. Barroi, T. Bokelmann, M. Lammers, J. Hermsdorf, S. Kaieler, **High deposition rate welding with a laser line optics with the laser-assisted double-wire deposition welding process with nontransferred arc**. J. Laser Appl. 34 (4), 42010 (2022).

K. Biester, L. Budde, A. Barroi, M. Lammers, J. Hermsdorf, L. Overmeyer, **Investigation of deposition welding in vertical and horizontal position with a coaxial laser wire welding head**. Int. J. Adv. Manuf. Tech. 120 (7), 5399-5410 (2022).

K. Biester, M. Lammers, J. Hermsdorf, S. Kaieler, **Influence of the laser position in laser-assisted WAAM process on weld bead shape and surface properties**. Procedia CIRP 111, 190-195 (2022).

T. Bokelmann, M. Lammers, J. Hermsdorf, S. Emadmostoufi, O. Mokrov, R. Sharma, U. Reisgen, S. Kaieler, **Influence of laser spot oscillation parameters on the seam geometry and dilution in the LDNA process**. Procedia CIRP 111, 185-189 (2022).

L. Budde, K. Biester, M. Huse, M. Lammers, J. Hermsdorf, L. Overmeyer, **Empirical Model for the Description of Weld Seam Geometry in Coaxial Laser Hot-Wire Deposition Welding Processes with Different Steel Wires**. Lasers Manuf. Mater. Process. 9, 193-213 (2022).

L. Budde, K. Biester, P. Merkel, M. Lammers, M. Kriwall, J. Hermsdorf, M. Stonis, B.-A. Behrens, L. Overmeyer, **Investigation of the material combination 20MnCr₅ and X₄₅CrSi₉₋₃ in the Tailored Forming of shafts with bearing seats**. Prod. Engineer., 1-11 (2022).

L. Budde, K. Biester, M. Lammers, J. Hermsdorf, S. Kaieler, L. Overmeyer, **Process stability and weld seam geometry during deposition welding with high-carbon wire material AISI52100**. Proc. International Congress on Applications of Lasers & Electro-Optics (ICALEO) (2022).

L. Budde, J. Hermsdorf, S. Kaieler, M. Lammers, L. Overmeyer, **Laser Metal Deposition welding with high carbon steel wire material 100Cr₆**. Procedia CIRP 111, 224-227 (2022).

L. Budde, P. Merkel, V. Prasanthan, S. Bährisch, M. Y. Faqiri, M. Lammers, M. Stonis, J. Hermsdorf, T. Hassel, J. Uhe, B.-A. Behrens, B. Breidenstein, L. Overmeyer, **Combination of cladding processes with subsequent hot forming as a new approach for the production of hybrid components**. Proceedings of the 33rd Annual International Solid Freeform Fabrication Symposium - An Additive Manufacturing Conference, 1223-1233 (2022).

L. Budde, V. Prasanthan, P. Merkel, J. Kruse, M. Y. Faqiri, M. Lammers, M. Kriwall, J. Hermsdorf, M. Stonis, T. Hassel, B. Breidenstein, B.-A. Behrens, B. Denkena, L. Overmeyer, **Material dependent surface and subsurface properties of hybrid components**. Prod. Eng. Res. Devel., 647-659 (2022).

N. Emminghaus, **Verarbeitung von Ti-6Al-4V im LPBF-Prozess in silandotierter Argonatmosphäre**. Industriekolloquium: Neue Potentiale für die Produktionstechnik, 06. September 2022, Garbsen (2022).

N. Emminghaus, R. Bernhard, J. Hermsdorf, S. Kaieler, **Determination of optimum process parameters for different Ti-6Al-4V powders processed by Laser-based Powder Bed Fusion**. Procedia CIRP 111, 134-137 (2022).

- N. Emminghaus, R. Bernhard, J. Hermsdorf, S. Kaielerle, **Laser-based powder bed fusion of Ti-6Al-4V powder modified with SiO₂ nanoparticles**. Int. J. Adv. Manuf. Tech. 122, 1679-1694 (2022).
- N. Emminghaus, R. Bernhard, J. Hermsdorf, S. Kaielerle, **Laser-based Powder Bed Fusion of Ti-6Al-4V in Oxygen-Reduced and Oxygen-Free Environment**. Proc. International Congress on Applications of Lasers & Electro-Optics (ICALEO) (2022).
- N. Emminghaus, R. Bernhard, J. Hermsdorf, S. Kaielerle, **Residual oxygen content and powder recycling: effects on microstructure and mechanical properties of additively manufactured Ti-6Al-4V parts**. Int. J. Adv. Manuf. Tech. 122, 3685-3701 (2022).
- N. Emminghaus, J. Paul, C. Hoff, J. Hermsdorf, S. Kaielerle, **Development of an empirical process model for adjusted porosity in laser-based powder bed fusion of Ti-6Al-4V**. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 1239-1254 (2022).
- J. Grajczak, C. Nowroth, J. Twiefel, J. Wallaschek, S. Nothdurft, J. Hermsdorf, S. Kaielerle, **Investigations on the effect of standing ultrasonic waves on the microstructure and hardness of laser beam welded butt joints of stainless steel and nickel base alloy**. J. Laser Appl. 34 (4), 42014 (2022).
- J. Grajczak, C. Nowroth, Y. Long, J. Twiefel, J. Wallaschek, S. Nothdurft, J. Hermsdorf, S. Kaielerle, **Investigations on the effect of post treatment utilizing ultrasonic standing waves on the hardness of laser beam welds in stainless steel**. Procedia CIRP 111, 405-408 (2022).
- J. Grajczak, C. Nowroth, T. Coors, J. Twiefel, J. Wallaschek, F. Saure, F. Pape, G. Poll, S. Nothdurft, J. Hermsdorf, S. Kaielerle, **Investigations on the Specifics of Laser Power Modulation in Laser Beam Welding of Round Bars**. Lasers Manuf. Mater. Process. 9, 469-480 (2022).
- T. Griemsmann, R. Bernhard, J. Hermsdorf, S. Kaielerle, **Selektives Laserstrahlschmelzen von Magnesiumlegierungen im industriellen Umfeld**. DVS-Berichte (382), 714-720 (2022).
- M. Henkel, B. Emde, S. Franke, J. Hermsdorf, R. Methling, M. Siemens, **Laser-induced plasma formation in water with up to 400 millijoule double-pulse LIBS**. Laser Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS), 05.-09. September, Bari (2022).
- T. Heusinger von Waldegge, D. Stübing, S. Zimbelmann, B. Emde, J. Hermsdorf, M. Baumann, **Underwater Hull Cleaning by Laser - Feasibility and Perspectives**. Proceedings of High-Performance Marine Vehicles (HIPER'22) (14), 190-200 (2022).
- A. Hilck, M. Hustedt, J. Hermsdorf, S. Kaielerle, A. Aurin, S. Keitel, **Gefährdung durch UV Strahlung bei der Materialbearbeitung mit Handlasern**. Bayerische Laserschutz-tage, 18.-19. Januar, online (2022).
- A. Hilck, M. Hustedt, O. Seffer, S. Nothdurft, J. Hermsdorf, S. Kaielerle, **Emission of scattered radiation from the process zone of welding processes using high-power diode lasers**. Procedia CIRP 111, 864-869 (2022).
- M. Hustedt, A. Hilck, O. Seffer, M. Lammers, S. Nothdurft, J. Hermsdorf, S. Kaielerle, **Safety recommendations for 60 kW thick-plate welding in the maritime sector**. Laser Systems Europe (2022).
- F.-L. Janthur, W. Aman, S. Nothdurft, J. Hermsdorf, S. Kaielerle, L. Overmeyer, **Investigations on laser beam brazing of aluminium alloys in butt joint configuration within an oxygen-free atmosphere**. Materials Science and Engineering (MSE), 27.-29. September, Darmstadt (2022).
- 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**. In: Jahrbuch Schweißtechnik 2023, Düsseldorf, DVS Media GmbH (2022).
- R. Lahdo, S. Nothdurft, J. Hermsdorf, P. Urbanek, M. Puschmann, F. Riedel, L. Overmeyer, S. Kaielerle, **Investigations on microstructure and mechanical properties of laser beam-submerged arc hybrid welded butt joints of duplex stainless steel S31083 (t = 16 mm) depending on the energy per unit length**. Procedia CIRP 111, 409-414 (2022).
- R. Lahdo, S. Nothdurft, J. Hermsdorf, P. Urbanek, M. Puschmann, F. Riedel, L. Overmeyer, S. Kaielerle, **Untersuchungen zum Laserstrahl-Unterpulver-Hybridschweißen von dickwandigem Duplexstahl 1.4462 (t = 20 mm) für hochbelastbare Anwendungen**. DVS-Berichte (382), 307-314 (2022).
- R. Lahdo, L. Sommer, **Dicke Duplexstähle schnell und sicher mit dem Laser fügen**. phi - Produktionstechnik Hannover Informiert (36) (2022).

M. Lammers, A. Barroi, J. Hermsdorf, S. Kaielerle, H. Ahlers, **Development of System Technology for Coaxial Laser Material Deposition of Optical, Thermal and Structural Components**. In: Generative Manufacturing of Optical, Thermal and Structural Components (GROTESK), Cham, Springer (2022).

J. Leschke, B. Emde, J. Hermsdorf, L. Overmeyer, **Underwater laser ablation process using an Yb:YAG laser source for the weakening of mild steel sheets for the deflagration of hazardous substances**. Procedia CIRP 111, 754–757 (2022).

S. Nothdurft, **Flussmittelfreies Laserstrahllöten durch lokale Desoxidation**. Industriekolloquium: Neue Potentiale für die Produktionstechnik, 06. September, Garbsen (2022).

S. Nothdurft, O. Seffer, J. Hermsdorf, L. Overmeyer, S. Kaielerle, **Investigations on laser beam welding of thin foils of copper and aluminum regarding weld seam quality using different laser beam sources**. J. Laser Appl. 34 (4), 42011 (2022).

S. Nothdurft, O. Seffer, J. Hermsdorf, L. Overmeyer, S. Kaielerle, **Laser Beam Welding of Thin Foils of Copper and Aluminum Using Different Laser Beam Sources Regarding Weld Seam Quality**. Proceedings of the International Congress on Applications of Lasers & Electro-Optics (ICALEO®), Macro 202 (2022).

C. Nowroth, T. Gu, J. Grajczak, S. Nothdurft, J. Twiefel, J. Hermsdorf, S. Kaielerle, J. Wallaschek, **Deep Learning-Based Weld Contour and Defect Detection from Micrographs of Laser Beam Welded Semi-Finished Products**. Applied Sciences 12 (9), 4645 (2022).

J. Rinne, S. Nothdurft, J. Hermsdorf, S. Kaielerle, L. Overmeyer, **Multivariate parametric study on laser beam welding of copper lap joints using adjustable intensity profiles**. Procedia CIRP 111, 415-419 (2022).

V. Sayilgan, D. Reker, R. Bernhard, J. Hermsdorf, S. Kaielerle, **Single-crystal repair of high-pressure single-crystal turbine blades for industrial conditions**. Procedia CIRP 111, 233-236 (2022).

N. Schwarz, A. Barroi, K. Biester, L. Budde, M. Lammers, M. Tegtmeier, J. Hermsdorf, S. Kaielerle, H. Ahlers, **Development of a Coaxial Laser Wire System for the Additive Manufacturing of Functional Graded Materials using Direct Energy Deposition**. In: Innovative Product Development by Additive Manufacturing 2021, Springer Nature (2022).

N. Schwarz, M. Lammers, J. Hermsdorf, S. Kaielerle, H. Ahlers, R. Lachmayer, **Direction dependency in coaxial laser double wire Direct Energy Deposition**. Procedia CIRP 111, 196-200 (2022).

O. Seffer, S. Nothdurft, A. Hilck, J. Walter, M. Hustedt, J. Hermsdorf, S. Kaielerle, M. Dröber, F. Boekhoff, J. Malchus, V. Krause, J. Hußlein, **DIOMAR: Dickblechschweißen mittels Höchstleistungs-Diodenlaser für maritime Anwendungen**. Tagungsband Statustagung maritime Technologien, 15-33 (2022).

O. Seffer, S. Nothdurft, A. Hilck, M. Hustedt, J. Hermsdorf, S. Kaielerle, **Investigations on laser beam welding of thick steel plates using a high-power diode laser beam source**. J. Laser Appl. 34 (4), 42031 (2022).

O. Seffer, S. Nothdurft, A. Hilck, M. Hustedt, J. Hermsdorf, S. Kaielerle, **Laser Beam Welding of Thick Steel Plates Using a High-Power Diode Laser Beam Source**. Proc. International Congress on Applications of Lasers & Electro-Optics (ICALEO), Macro 302 (2022).

J. P. Wahl, R. Bernhard, J. Hermsdorf, S. Kaielerle, **Discoloration of AISI 420 stainless steel in dependence of inter layer time during Laser-based Powder Bed Fusion**. Procedia CIRP 111, 144-147 (2022).

J. P. Wahl, J. Niedermeyer, R. Bernhard, J. Hermsdorf, S. Kaielerle, **Design of additively manufacturable injection molds with conformal cooling**. Procedia CIRP 111, 97-100 (2022).

J. U. Weber, M. Knabe, V. Sayilgan, C. Emmelmann, **Signal processing of airborne acoustic emissions from laser metal deposited structures**. Procedia CIRP 111, 359-362 (2022).

S. Zimbelmann, B. Emde, T. Waldegge, D. Stübing, M. Baumann, J. Hermsdorf, **Interaction between laser radiation and biofouling for ship hull cleaning**. Procedia CIRP 111, 705-710 (2022).

S. Zimbelmann, J. Hermsdorf, B. Emde, **Disinfection of water by using laser radiation**. Procedia CIRP 111, 766-769 (2022).

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.

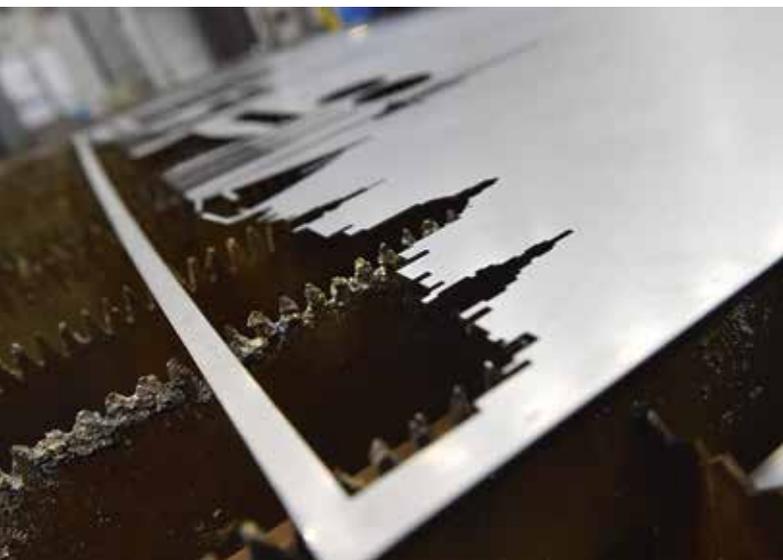
WIR BIETEN

- 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

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 Analysesysteme

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

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

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

IMPRESSUM

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 2788-10

Redaktion

Lana Sommer
Patricia Fischer
Kontakt: presse@lzh.de

Druck

Kern GmbH
<https://www.kern.gmbh/de/>

Bildnachweise

S. 10 (mitte): LUH/Christoph Lotz
S. 27: Beneq
S. 35: Maxim Lipkin, AMO GmbH
S. 46 (Grafik): Tanja Föhr
S. 47: Juan Yuri
S. 64 (unten): Netzwerk Ackerbau Niedersachsen e.V.

Alle anderen Bilder:
© Laser Zentrum Hannover e.V. (LZH)

Besuchen Sie uns online und in den sozialen Medien:



Gefördert von:



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