

photonics

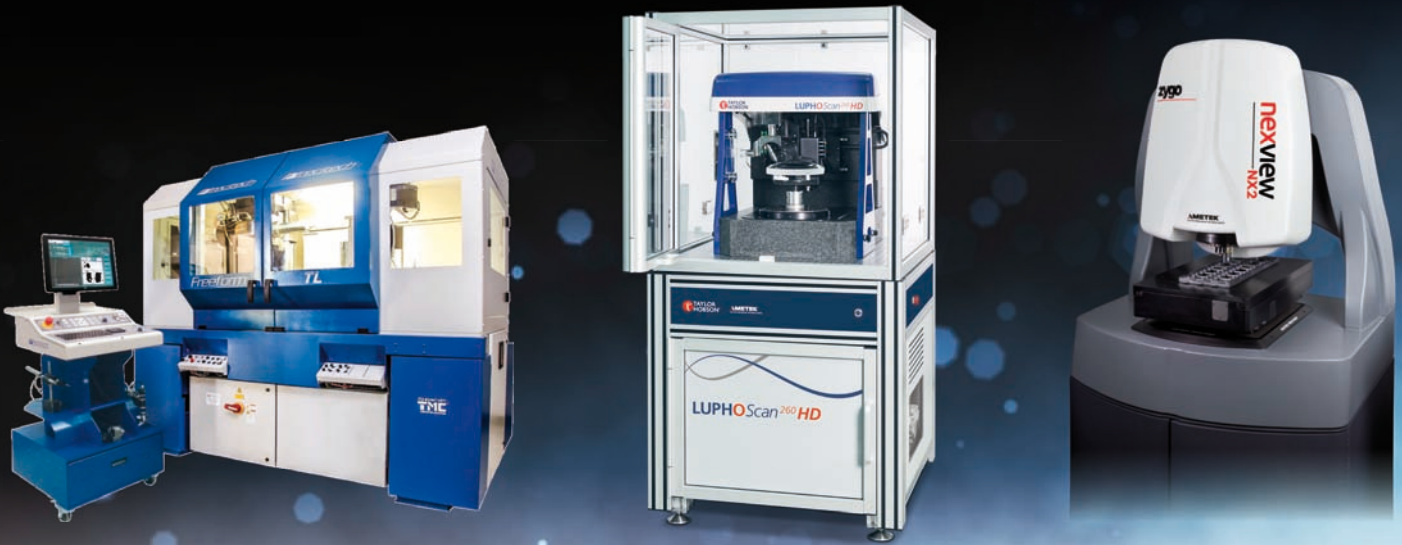
FLASHLIGHT



18 | LASERBIOMIMETIK –
(R)EVOLUTIONIERTE
OBERFLÄCHEN

38 | THERMOPLASTISCHE
NANOMATERIALIEN
FÜR DIE MASSENFERTIGUNG
TRANSPARENTER GLÄSER

50
HINTERSPRITZTE OLEDS
FÜR BELEUCHTUNGEN
AN BEDIENEINHEITEN



Experten in Optikfertigung und Messtechnik

- Einfache Werkstückeinrichtung dank präziser Messung des Werkzeug-Offsets
- Berührungslose Messtechnik für schnelle und hochgenaue Messung ohne Beschädigung der Oberfläche
- Zuverlässige und vergleichbare Messergebnisse durch abgestimmte Lösungen mit AMETEK Ultrapräzisionstechnologie-Systemen

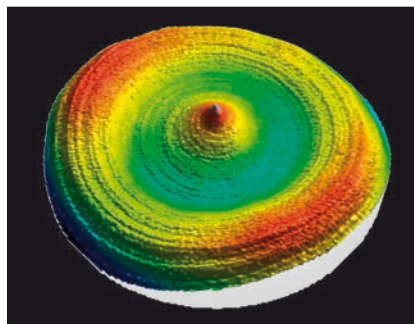
Diamant
Drehen

3D – Form-
messtechnik

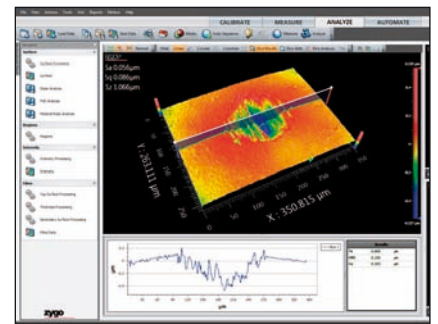
Oberflächen-
messtechnik



Precitech's Nanoform X



Taylor Hobson's LUPHOScan HD



ZYGO's Nexview™ NX2

Liebe Photonics Flashlight-Leser,

Wir leben in komplizierten Zeiten – und ich meine ausnahmsweise einmal nicht Corona.

Der Klimawandel ist eine der größten Herausforderungen unserer Zeit. Aber die Zusammenhänge sind vielschichtig und für Nicht-Wissenschaftler schwer verständlich. Viele stehen ratlos vor der Mammutaufgabe, den Klimawandel aufzuhalten. Dabei müssen viele Teildisziplinen ihren Beitrag leisten. Denn nur in Kooperation und Zusammenarbeit können wir die Auswirkungen unseres Handelns verstehen und dann auch gezielt gegensteuern.

Ein weiteres gesellschaftliches Problem ist die Überalterung unserer Gesellschaft, die u. a. unser Gesundheitssystem an seine Leistungsgrenzen bringt. Es gibt nicht ausreichend Pflegekräfte, Krankenhausbetten sind rar und teuer. Hier kann technologische Unterstützung, z. B. durch mobile Diagnostik, Telemedizin und Pflegeroboter, helfen. Die Zusammenarbeit von Medizinern und Technologen wird immer wichtiger.

In allen diesen Bereichen ist die Mikrotechnik ein Teil der Lösung. Ob man Umweltdaten z. B. durch optische Sensorsysteme oder ob man hochsensible Körperdaten in mobilen Diagnosegeräten erfasst, ob man Produktionsmaschinen oder Autos, Flugzeuge, Züge oder Raumschiffe steuern will: Überall spielt Mikrotechnik eine große Rolle.

Aber auch für die Mikrotechnik gilt, wie bereits für andere Bereiche gesagt: niemand kann alles wissen, Kooperationen sind das Mittel, um einen umfassenden Überblick zu erhalten.

Das gilt genauso für Netzwerke und Verbände. Deshalb freue ich mich sehr, dass IVAM und Optence so gut und erfolgreich zusammen arbeiten. Wir konnten z. B. gerade auf unserem Hightech Summit die spannenden Ideen der Optence-Mitgliedern den IVAM-Mitgliedern vorstellen. Herzlichen Dank an Frau Reuter und Frau Murr!

In diesem Sinne wünsche ich Ihnen eine spannende Lektüre bei der Beschreibung von optischen Technologien und Produkten, die unsere Welt ein Stück besser machen werden.



Dr. Thomas R. Dietrich

Geschäftsführer, IVAM Fachverband für Mikrotechnik



Dr. Thomas R. Dietrich
Geschäftsführer,
IVAM Fachverband für
Mikrotechnik

BRANCHEN-NEWS

- 6 KI im Mittelstand: Roadmaps und Praxisbeispiele für den Einstieg
- 6 Meyer Optik Görlitz – Neugründung als eigenständiges Unternehmen
- 7 Zentrum für Künstliche Intelligenz in Coburg
- 7 SPEEDKongress „Optik & Beleuchtung“ ein voller Erfolg
- 8 TRUMPF gründet Unternehmen für Ortungstechnologie
- 8 Excelitas Technologies trifft Vereinbarung zur Übernahme der PCO AG
- 8 Photovoltaics Report informiert über Fakten zur Solarenergie weltweit
- 9 Innovationslage im Mittelstand macht Sorgen
- 10 Europäische Photonikbranche wächst mehr als doppelt so stark wie das globale BIP
- 10 Neue optische Fingerabdrucksensoren mit IR-Wellenlängen bei 1380 nm
- 11 Optence feiert 20-jähriges Bestehen

FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG



- 12 Hochleistungslaser für die Neurowissenschaft
- 16 Durchbruch in der Fusionsforschung
- 17 Neues Konzept für intensive XUV-Laser
- 18 Laserbiomimetik – (R)evolutionierte Oberflächen
- 24 Forscherteam weist „Spin“ einer Nanoschallwelle erstmals in Echtzeit nach
- 25 Paradoxe Wellen: Gefangene Lichtteilchen auf dem Sprung
- 25 Schaltbare IR-aktive organische Pigmente
- 26 Beleuchtung des Beobachtungsfeldes zur Aufnahme von spektral aufgelösten Bildern



TECHNOLOGIE UND APPLIKATION

- 35** Satelliten zur Erkennung von Waldbränden
- 36** Verbesserte Ladefähigkeit von Batterien durch laserbasiertes Verfahren
- 36** Smarte Optiken mit Nanostrukturen für kostengünstiges Lichtmanagement
- 37** Head-Mounted Displays im direkten Vergleich: Welches System hat die beste Reichweite und Präzision?
- 38** Thermoplastische Nanomaterialien für die Massenfertigung transparenter Gläser
- 42** Fraunhofer IWS erprobt tausendfach schnellere Strahlformung
- 42** Filteraufwand beim Reaktorrückbau durch Laserstrahlschneiden reduzieren
- 43** Miniatur-Spektrometer fürs Smartphone
- 44** Kunststofflinsen für kostengünstigere Head-Up-Displays
- 48** Infrarot-Detektor für Smartphones und autonome Fahrzeuge
- 49** Optronia macht digitale Rehkitz-Rettung möglich
- 50** Hinterspritzte OLEDs für Beleuchtungen an Bedieneinheiten

50 Hinterspritzte OLEDs für Beleuchtungen an Bedieneinheiten



QUANTEN-TECHNOLOGIE

- 54** Erster Quantencomputer wird im Jahr 2025 enthüllt
- 54** Fraunhofer IOF bekommt mehr Raum für Quantenforschung
- 55** Initiative QuNET demonstriert Quantenkommuniktion

56 VERANSTALTUNGEN

58 PRODUKT-UND LIEFERANTEN-VERZEICHNIS

64 IMPRESSUM



KI im Mittelstand: Roadmaps und Praxisbeispiele für den Einstieg

Künstliche Intelligenz (KI) ist eine Schlüsseltechnologie für die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen jeder Größe. Sie bietet ein wirksames Werkzeug, um betriebliche Prozesse und bestehende Produkte zu verbessern oder neue Geschäftsmodelle zu entwickeln. Deutsche Mittelständler nutzen die Chancen von KI allerdings bislang kaum. Ihnen fehlen häufig gut aufbereitete Daten, Know-how und Investitionsspielraum. In einer aktuellen Publikation zeigt die Plattform Lernende Systeme die Potenziale von KI anhand erfolgreicher Praxisbeispiele aus dem Mittelstand und gibt Unternehmen konkrete Umsetzungspläne für die Einführung intelligenter Systeme an die Hand.

Eine große Hürde stellt häufig die erforderliche KI-Expertise dar. Unternehmen müssen das notwendige Know-how nicht selbst aufbauen, sondern können erforderliches Wissen von außen einholen. Neben externer Beratung sind auch Kooperationen mit Forschungseinrichtungen oder Hochschulen möglich. Das Papier stellt dazu verschiedene Förderprogramme und Anlaufstellen für mittelständische Unternehmen vor.

Die Plattform Lernende Systeme wurde 2017 vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) auf Anregung des Fachforums Autonome Systeme des Hightech-Forums und acatech gegründet. Sie vereint Expertinnen und Experten aus Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und Zivilgesellschaft aus dem Bereich Künstliche Intelligenz.

[> Weitere Informationen](#)



Meyer Optik Görlitz – Neugründung als eigenständiges Unternehmen

Meyer Optik Görlitz, bislang lediglich ein Markenname, firmiert mit sofortiger Wirkung als eigenständiges Unternehmen und manifestiert so seine Basis für zukünftige Entwicklungen.

Ende 2018 hat OPC Optics die Marke „Meyer Optik Görlitz“ übernommen und seither die gesamte Struktur, inklusive Portfolio, vollständig neu aufgebaut. Die Konsequenz daraus ist nun die neue Meyer Optik Görlitz GmbH, mit Sitz in Bad Kreuznach. „Besonders hervorheben möchte ich, dass die Gründung perfekt in das Jubiläumsjahr von Meyer Optik passt und wir somit, 125 Jahre nach der initialen Gründung, dem Ganzen nun noch mehr Substanz und Leben einhauchen können“ erläutert der Geschäftsführer Timo Heinze.

[> Weitere Informationen](#)

Zentrum für Künstliche Intelligenz in Coburg

Die Hochschule Coburg schafft ein neues Kompetenzzentrum für angewandte künstliche Intelligenz (KI). Es wird sich mit den Entwicklungen in den Bereichen Industrie 4.0, Mobility und Smart City, Visual Computing, IT-Sicherheit sowie dem Internet der Dinge beschäftigen. Darüber hinaus sollen ethische Fragestellungen der künstlichen Intelligenz untersucht werden. Und es gibt einen Schwerpunkt, in dem es um die Auswirkungen von KI auf die Versicherungswirtschaft geht.

Mit dem KI-Kompetenzzentrum bündelt die Hochschule Coburg ihre bereits vorhandenen Kompetenzen auf den Gebieten Data Mining, KI für virtuelle und erweiterte Realität, Bioinformatik, Internet der Dinge und Sensordatenverarbeitung. Anfang des Jahres erhielt die Hochschule vom Freistaat Bayern zudem die Zusicherung der Finanzierung eines Institutsbaus in Höhe von 4,1 Mio. Euro. [> Weitere Informationen](#)



Die Anwendungen der künstlichen Intelligenz werden in Zukunft immer vielfältiger.

SPEEDKongress „Optik & Beleuchtung“ ein voller Erfolg

Am 31. August 2021 lud das Kunststoff-Institut Lüdenscheid zum SPEEDKongress ein.

Die knapp 100 Teilnehmer, die auf Grund der Corona-Pandemie hauptsächlich Online teilnahmen, konnten sich von Experten aus dem Kunststoff-Institut über die Herausforderungen und Chancen im boomenden Markt für Optik und Beleuchtung informieren.

Hierzu gab es eine Reihe von spannenden Fachvorträgen zu den Themen Wachstumsmarkt Polymeroptiken, Werkstoffinnovationen, Technologie und Trends im Lichtdesign, Material- und Schadensanalyse, Einstieg in neue Märkte und dem ZIM Kooperationsnetzwerk CAM-SYS-4.0 „Mikrooptiksysteme aus Kunststoff“, welches durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert wird.

Zusätzlich gab es eine Live-Schaltung aus dem Technikum zu den Themen Herstellung von Kunststoffoptiken mittels Spritzguss-/Spritzprägetechnik und Leuchtdichtenmessung an Symbolbeleuchtungen.



Kunststoff-Institut
Lüdenscheid
KIMW Management GmbH
Karolinenstraße 8
58507 Lüdenscheid



Tobias Kammans
Netzwerkmanager
optische Technologien
+49 (0) 15 16 7 33 28 24
kammans@kimw.de



TRUMPF**TRUMPF gründet Unternehmen für Ortungstechnologie**

TRUMPF hat am 1. Juli 2021 die Gesellschaft „TRUMPF Tracking Technologies GmbH“ gegründet. Es entwickelt und produziert Ortungssoftware und -elektronik für Fabrikaurüster, die sie in ihre Produkte einbauen können. Dadurch lassen sich elektronische Geräte wie W-LAN-Router, 5G-Sender oder Industrieleuchten zu einem Sender für Ortungstechnologie aufrüsten. Sie können dann beispielsweise in Fertigungsfabriken dafür sorgen, dass sich Produktionsaufträge und einzelne Produkte orten und nachverfolgen lassen. „Mit unseren standardisierten Ortungslösungen ermöglichen wir smarte Logistik für die vernetzte Fertigung. Sie basiert auf offenen Standards und legt damit die Basis für einen anbieteroffenen und wirtschaftlichen Einsatz.“, sagt Eberhard Wahl, langjähriger TRUMPF Mitarbeiter und CEO von TRUMPF Tracking Technologies. Das Unternehmen beschäftigt zunächst rund 20 Mitarbeiter.

Sitz der neuen Gesellschaft ist Ditzingen.

[> Weitere Informationen](#)

EXCELITAS
TECHNOLOGIES**Excelitas Technologies trifft Vereinbarung zur Übernahme der PCO AG**

Excelitas erweitert sein Photonikportfolio um die wissenschaftliche CMOS-Kameratechnologien von PCO. Die PCO AG aus Kelheim, Deutschland, ist ein privat geführtes Unternehmen und ein marktführender Entwickler und Hersteller von hochwertigen wissenschaftlichen CMOS-Kameras für die Bildgebung in der Biomedizin und in industriellen Hochgeschwindigkeitsanwendungen.

[> Weitere Informationen](#)

Fraunhofer
ISE**Photovoltaics Report informiert über Fakten zur Solarenergie weltweit**

Seit zehn Jahren veröffentlicht das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, unterstützt durch die PSE Projects GmbH, regelmäßig den Photovoltaics Report, kurz PV Report. Dieser stellt die wichtigsten Fakten zur Photovoltaik in Deutschland, der Europäischen Union und weltweit zusammen und dokumentiert damit insbesondere die Entwicklung des Photovoltaikmarkts, der Solarzellen- und Moduleffizienz sowie der Preise in den letzten Jahrzehnten.

[> Download des aktuellen PV Reports](#)
[> Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland](#)

Innovationslage im Mittelstand macht Sorgen

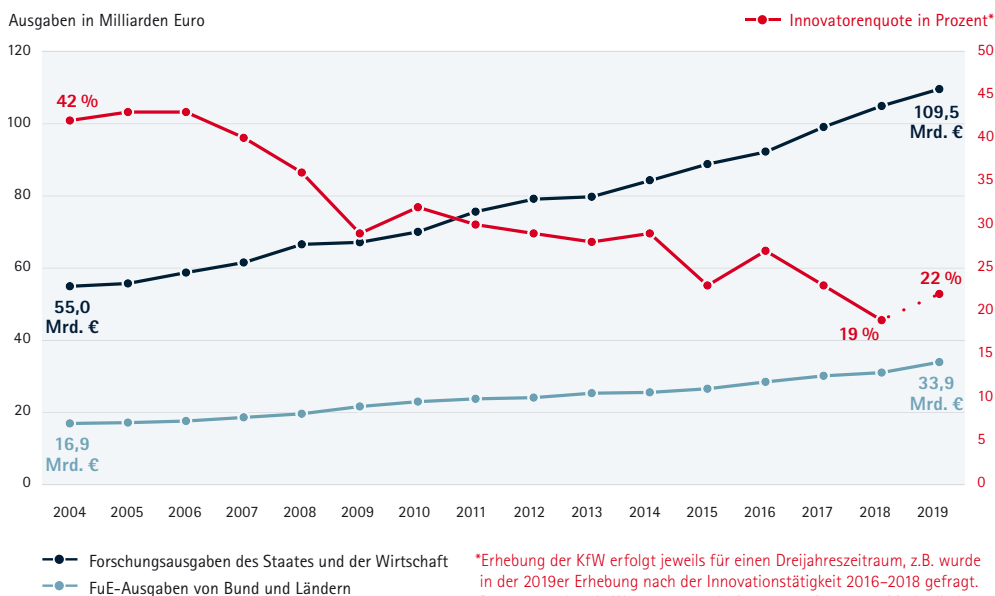
Die verhaltene Innovationstätigkeit im deutschen Mittelstand vor und während der Corona-Krise macht zunehmend Sorge. Laut dem jüngsten von der KfW veröffentlichten Innovationsbericht Mittelstand ist nur rund jeder fünfte deutsche Mittelständler mit Innovationen aktiv.

Eine Aktivierung kleiner und mittlerer Unternehmen für mehr Innovationen kann nach Auffassung der Zuse-Gemeinschaft daher am besten über zielgenaue Projektförderung gelingen.

Zu konstatieren ist, dass die starke Steigerung der Forschungsausgaben in Deutschland bisher viel zu wenig im Mittelstand ankommt. „Während staatliche Forschungsausgaben wie zugunsten des „Pakts für Forschung und Innovation“ sowie die Aufwendungen von Großunternehmen für FuE weiter steigen, fehlt es bei der Entwicklung der Innovatorenquote im Mittelstand bislang an Dynamik“, erklärt Dr. Klaus Jansen, Geschäftsführer der Zuse-Gemeinschaft.

INNOVATORENQUOTE IM MITTELSTAND UND FORSCHUNGS-AUSGABEN

Während Deutschlands Forschungsausgaben immer stärker gestiegen sind, liegt der Anteil der Innovationen hervorbringenden Mittelständler auf relativ niedrigem Niveau.



Quellen: OECD, Statistisches Bundesamt, KfW
Stand: Juni 2021



Europäische Photonikbranche wächst mehr als doppelt so stark wie das globale BIP

Eine Studie der Deep-Technology-Forschungsgruppe Tematys zeigt, dass die europäische Photonik mehr als doppelt so schnell wächst wie das globale Bruttoinlandsprodukt (BIP) – und damit das BIP der EU und die Industrieproduktion der EU um das Drei- bzw. Fünffache übertrifft. Photonisch Technologien, die für viele High-End-Produkten der nächsten Generation unverzichtbar sind, haben sich als langfristiger Wachstumstreiber in wichtigen Zukunftsmärkten erwiesen.

Die Photonik eine der resilientesten und am schnellsten wachsenden Branchen in Europa und übertrifft laut der neuen „Marktforschungsstudie – Photonik 2020“ viele andere Marktsegmente. Die europäische Photonik ist der Schlüssel zu mehreren Megamärkten – darunter Industrie 4.0, Digitalisierung, Quantentechnologie, Künstliche Intelligenz, IoT – und hat viele Marktsegmente und Anwendungen geschaffen z.B. in den Bereichen Raumfahrt, Gesundheitswesen, Umwelt, Verteidigung oder Sicherheitstelekommunikation.

Die Studie liefert Marktzahlen der europäische Photonik von 2015 bis 2019: Die Branche wuchs mit einer jährlichen Wachstumsrate von 7% und hatte einen Wert von 103 Milliarden Euro im Jahr 2019.

[> Weitere Informationen zur Marktstudie](#)



Neue optische Fingerabdrucksensoren mit IR-Wellenlängen bei 1380 nm

IR-Emitter bei 1380 nm ermöglichen den Einsatz optischer Fingerabdrucksensoren unterhalb von Displays ohne Einbrennphänomene, erfordern jedoch hochauflösende Testgeräte für eine präzise Spektral- und Leistungscharakterisierung.

Instrument Systems hat eine modulare IR-Testlösung entwickelt, die die hohen Anforderungen bei der Anwendung von optischen Fingerabdrucksensoren unter dem Display mit Wellenlängen oberhalb von 1100 nm erfüllt. Mittels IR-Strahlungsquellen bei 1380 nm können Einbrennphänomene bei Displays vermieden werden. Allerdings erfordert die Prüfung dieser Applikationen eine High-End-Lösung: hochauflösend und kalibriert für die präzise Messung radiometrischer Größen, Pulsmessung im μ s-Bereich und mit Temperatur-Steuerung.

[> Weitere Informationen](#)

Optence feiert **20-jähriges Bestehen**

Mit einem Sommerfest auf einem rheinhessischen Hofgut haben die Mitglieder von Optence bei bester Laune und bestem Wetter das 20-jährige Bestehen des Vereins gefeiert.

Aus der Schweiz angereist war der „Gründervater“ von Optence, Prof. Theo Tschudi, der als Ehrenvorsitzender dem Verein immer noch verbunden ist. Durch seine Mitwirkung im Lenkungskreis der „Agenda Optische Technologien für das 21. Jahrhundert“ konnten die deutschen Photoniknetzwerke mit Fördermitteln des Bundesforschungsministeriums ab 2000 an den Start

gehen. Optence wurde im Januar 2001 gegründet. Nach dem Auslaufen der Förderung 2008 wird Optence nun durch Industriemittel getragen. Die Gründung der Photonics Hub GmbH, die Internationalisierung des Clusters und Weg zu ZIM Innovationsnetzwerken sind weitere Meilensteine der erfolgreichen Entwicklung des Netzwerks, das heute 109 Mitgliedern hat und unter dem Motto „Gemeinsam mehr erreichen“ noch viel vor hat.

> www.optence.de



20 Jahre

Hochleistungslaser für die **Neuro-** **wissenschaft**

Autoren: Dr. Robert Riedel · Luisa Hofmann
Class 5 Photonics GmbH

Die Hochleistungslaser der Class 5 Photonics GmbH eröffnen Biologen und Neurowissenschaftlerinnen neue, zukunftsweisende Mikroskopiemethoden. Somit könnten bahnbrechende Erkenntnisse in der Neurowissenschaft erzielt werden.

Multiphotonenmikroskopie in der Neurobiologie

Die Multiphotonenmikroskopie ist eine Schlüsseltechnologie für Biologen und Neurowissenschaftlerinnen um ein besseres Verständnis des Gehirns und seiner Funktionalitäten zu gewinnen: Wie entstehen Gefühle? Wie funktioniert der Tastsinn? Wie werden komplexe Entscheidungen getroffen? Die Technik der Multiphotonenmikroskopie erlaubt nicht nur die Auflösung einzelner Zellen, sondern auch die volumetrische in-vivo Messung der neuronalen Aktivität. Hierzu werden spezielle genetisch kodierte Kalziummarker (genetically encoded calcium indicators GECIs) eingesetzt, welche nur dann ein Fluoreszenzsignal liefern, wenn eine bestimmte Kalziumkonzentration und damit ein Aktionspotential an der Nervenzelle anliegt, wenn die Nervenzelle also aktiv ist, und ein Laser zur

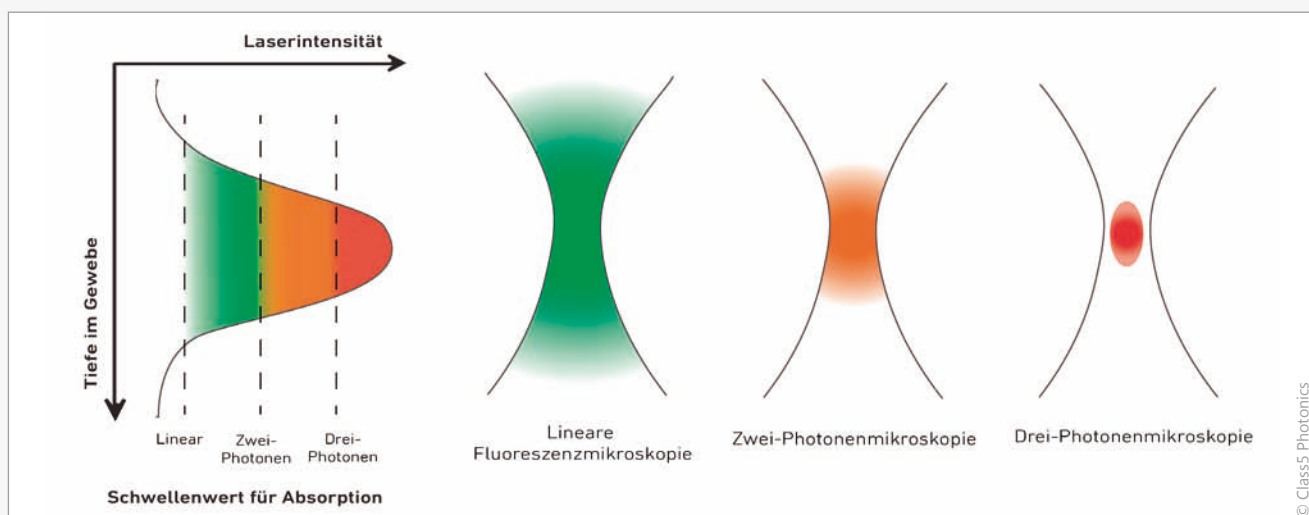
Fluoreszenz anregt. Ist genug Laserleistung vorhanden, erlauben verschiedene, neue Strategien der Strahl- und Pulsformung im Mikroskop die Abtastung sehr großer Volumina im mm^3 -Maßstab und annähernd in Echtzeit. Dies ermöglicht das Abrastern größerer neuronaler Populationen, in welchen massive parallele Prozesse ablaufen. Wissenschaftlerinnen und Biologen erwarten, dass dies zu einem tieferen Verständnis führen kann, wie auf neuronaler Ebene gleichzeitig Sensorikinformationen sowie Verhaltensinformationen ausgewertet werden. Eine neu demonstrierte, zukunftsweisende Technik ermöglicht zum Beispiel die Abtastung einer Hirnregion mit ca. 1 Millionen Neuronen innerhalb eines Volumens von 16 mm^3 bei einer Bildrate von 2 Hz [1].

Messen in der Tiefe

Ein Vorteil der Multiphotonenmikroskopie im Gegensatz zur linearen Fluoreszenzmikroskopie ist ein sehr hoher Kontrast in der Tiefe und somit die Messung tief im Inneren liegender Neuronen und Zellen. Denn sobald man mittels linearer Fluoreszenzmikroskopie in der Tiefe

misst, trägt bereits ein erheblicher Anteil der Laserintensität in oberen Gewebeschichten vor dem Fokus zur Fluoreszenz bei und verhindert daher eine gute Tiefenauflösung. Zudem werden die kurzen Wellenlängen für lineare Fluoreszenzmikroskopie im sichtbaren Bereich bei ca. 480 nm stärker vom Gewebe gestreut und reduzieren damit weiter die optische Auflösung. Bei der Zwei-Photonenmikroskopie, dem ersten Schritt in der Multiphotonenmikroskopie, wird die doppelte Anregungswellenlänge verwendet, welche üblicherweise im nah-infraroten Bereich bei 960 nm liegt. Dies verringert einerseits die Streuung, andererseits ist eine deutlich höhere Lichtintensität erforderlich, um die Fluoreszenz mittels Zwei-Photonenabsorption nichtlinear anzuregen. Dieser Schwellenwert wird erst sehr nah am Fokus erreicht, wie in Abb. 1 dargestellt ist. Die erreichten Tiefen mit Zwei-Photonenmikroskopie betragen zwischen 500 und 800 μm . In GECI-ausdrückenden Labormäusen, welche häufig als Modellsysteme verwendet werden liegen jedoch die wirklich interessanten Regionen, wie Teile des Hippocampus, deutlich unterhalb eines Millimeters Tiefe. Traditionell führte bislang kein Weg an invasiven Methoden vorbei, um diese relevanten Regionen freizulegen.

Abbildung 1: Prinzip der linearen Fluoreszenzmikroskopie im Vergleich zur Multiphotonenmikroskopie (Zwei-Photonen- und Drei-Photonenmikroskopie). In der Drei-Photonenmikroskopie kann gezielt in der Tiefe gemessen werden, da nur im Fokus genug Laserintensität erreicht wird um via Drei-Photonenabsorption zur Fluoreszenz anzuregen. Somit lässt sich Gewebe unterhalb eines Millimeters Tiefe abtasten.



Durchbruch in der Drei-Photonenmikroskopie

Heutzutage ermöglichen neuartige Hochleistungslaser und optische Systeme den Zugang zu diesen noch tieferen Bereichen mittels Drei-Photonenmikroskopie, der nächste Schritt gegenüber der Zwei-Photonenmikroskopie. Das Prinzip ist sehr ähnlich, nur dass Wellenlängen im kurzwelligeren Infrarot bei 1300 oder 1700 nm eingesetzt werden. Durch die noch höhere Laserintensität, die für Drei-Photonabsorption benötigt wird, wird die Fluoreszenz nur in einem sehr kleinen Fokalbereich angeregt. Eine Kontrastverringerng durch Fluoreszenzstreuung vor dem Fokus ist kaum vorhanden. In Abb. 2 ist eine Vergleichsmessung zwischen Zwei-Photonen- und Drei-Photonenmikroskopie gezeigt, und zwar im sogenannten Gyrus dentatus des Hippocampus einer Maus. Beide Abbildungen wurden mit dem gleichen Mikroskopaufbau der Rapp OptoElectronic GmbH aufgezeichnet. In der hier gezeigten Tiefe von 500 μm ist der Kontrast der Zwei-Photonenmessung bereits deutlich schlechter, als bei der Drei-Photonenmessung. Um jedoch die hohen erforderlichen Intensitäten zu erreichen um noch tiefer – unter

einem Millimeter – und weiterhin große Volumina abzurastern [2], werden neuartige Femtosekundenlaser benötigt, welche die genannten Spektralbereiche um ca. 1300 und 1700 nm mit genügend Pulsenergie und Leistung liefern.

Neue Hochleistungslaser

Die Class 5 Photonics GmbH hat sich darauf spezialisiert Laser für Drei-Photonenmikroskopie mit einigen μJ Pulsenergien und -repetitionsraten bis zu 16 MHz zu bauen. Die resultierenden mittleren Leistungen von 6 W sind einzig mittels der sogenannten optisch-parametrischen Verstärkung bei den eher exotischen Wellenlängen 1300 und 1700 nm zu erreichen, welches ebenfalls ein nichtlineares Verfahren darstellt. Das Unternehmen setzt diese Verstärkertechnik gezielt ein, um Hochleistungs-Femtosekundenlaser mit mittleren Leistungen von sogar bis zu 100 W zu realisieren. Der White Dwarf OPCPA (siehe Abb. 3) ist ein Lasersystem welches eigens für die Drei-Photonenmikroskopie entwickelt wurde und liefert die höchste Pulsspitzenleistung und -repetitionsrate für den Mikroskopiemarkt. Das für seine hohe Leistung sehr

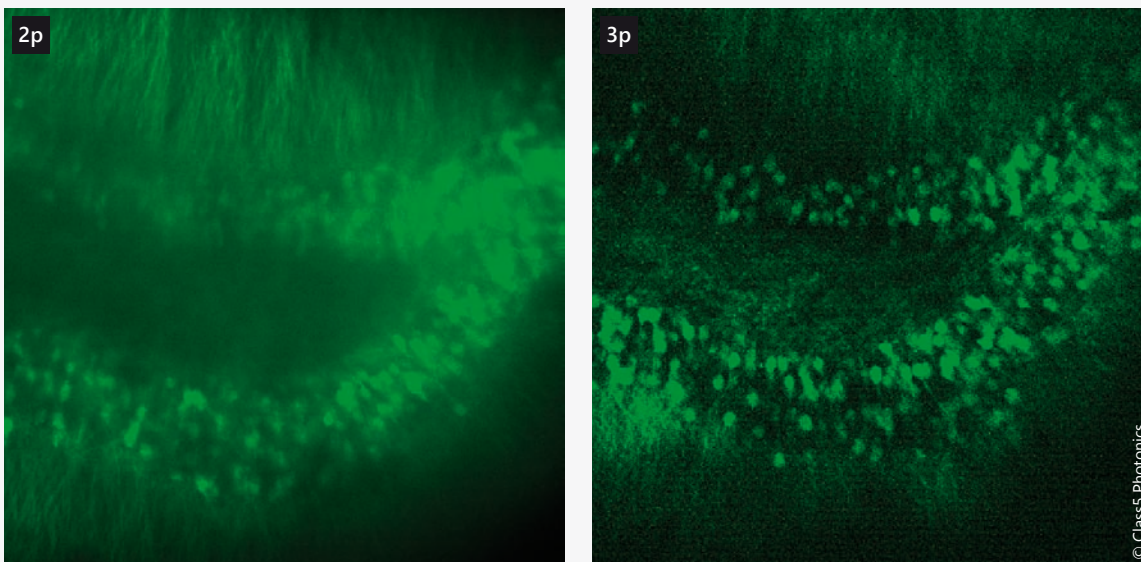


Abbildung 2: Zwei-Photonenmessung (2p) and Drei-Photonenmessung (3p) des Gyrus dentatus im Hippocampus der Maus. Gemeinsame Messkampagne von Rapp OptoElectronic GmbH und Class 5 Photonics GmbH in Hamburg. Die Probe wurde von der Universitätsklinik Hamburg-Eppendorf (UKE) bereit gestellt.

kompatte Lasersystem zeichnet sich nicht nur durch seine Leistungsparameter aus, sondern insbesondere durch seine einfache Bedienbarkeit und Wartungsfreiheit. „Unsere Technologie erlaubt es uns die Nutzererfahrung von heutigen Industrielasern auf cutting-edge Femtosekundenlaser zu übertragen. Damit ermöglichen wir in der Lasertechnik weniger erfahrenen Neurowissenschaftlerinnen und Biologen den Zugang zu modernster Drei-Photonenmikroskopie“, so Thomas Braatz, Produktionsleiter bei Class 5 Photonics. Die Drei-Photonenmikroskopie zu immer höheren Volumina und Geschwindigkeiten zu entwickeln stellt hohe Anforderungen an die Messtechnik und die Lasersysteme. Dank der überragenden Performance seiner Produkte ist das Unternehmen in der Position eine gestaltende Rolle im Drei-Photonenmikroskopiemarkt einzunehmen.

Zusammenfassung

Die Multiphotonenmikroskopie erreicht mittels fortgeschrittener Scan- und Messtechnik und modernster Lasersysteme volumetrische in-vivo Echtzeitmessungen neuronaler Aktivität in großen Volumina und für einzelne Neuronen. Damit erhoffen sich Neurowissenschaftlerinnen und Biologen in Zukunft komplexe Studien und Erkenntnisse zu fundamentaler Hirnaktivität, wie Lernen, Gedächtnis und anderer kognitiver Funktionen.

Literatur

- [1] Demas J., Manley J., Tejera F., and et al. High-speed, cortex-wide volumetric recording of neuroactivity at cellular resolution using light beads microscopy. Nat Methods, 2021.
- [2] Weisenburger et al. Volumetric Ca²⁺ Imaging in the Mouse Brain Using Hybrid Multiplexed Sculpted Light Microscopy. Cell, 177, 2019.



© Class5 Photonics

Abbildung 3: White Dwarf OPCPA Lasersystem welches eigens für die Drei-Photonenmikroskopie entwickelt wurde.

Class 5 Photonics GmbH

Class 5 Photonics baut hoch spezialisierte Laser für die Spitzenforschung. Zum Beispiel eröffnen die OPCPA Laserverstärker von Class 5 Photonics Neurowissenschaftlern ganz neue Mikroskopiemethoden oder ermöglichen Physikerinnen ultraschnelle Prozesse – auf Femtosekundenskala – in Molekülen und Festkörperstrukturen zu untersuchen. Class 5 Photonics wurde 2014 als Spin-off des Deutschen Elektronen-Synchrotron (DESY) und des Helmholtz-Institut Jena gegründet.



Autoren



Dr. Robert Riedel
CEO
Class 5 Photonics GmbH
Notkestraße 85
22607 Hamburg
robert.riedel@class5photonics.com



Luisa Hofmann
Sales Managerin
Class 5 Photonics GmbH
Notkestraße 85
22607 Hamburg
luisa.hofmann@class5photonics.com

Durchbruch in der Fusionsforschung

Am Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL) in Kalifornien ist in diesen Tagen ein Durchbruch in der Fusionsforschung geglückt. Erstmals konnte fast genau so viel Energie erzeugt werden, wie Laserenergie aufgewendet wurde – mehr als 1.300 Kilojoule. Professor Markus Roth, Physiker und Experte für Laserfusions-Forschung an der TU Darmstadt, hat am Bau des bei dem Experiment verwendeten Lasers mitgearbeitet. Die Fusionsforschung an der TU Darmstadt arbeitet seit vielen Jahren auf dem Gebiet der zivilen Nutzung der Fusion mit dem Lawrence Livermore National Laboratory zusammen. Dabei verfolgt die TU Darmstadt

das Prinzip des „direct-drive“, bei dem die Kapsel direkt von Laserstrahlen getrieben wird. Dieses Verfahren ist ein vielversprechender Ansatz für die kommerziell attraktive Energieproduktion und ist unbrauchbar für militärische Anwendung. Die TU Darmstadt hat darüber hinaus ein Verfahren entwickelt, welches verspricht, mit kleineren Laseranlagen und höherem Energiegewinn einen effizienteren Weg zur sauberen, sicheren und zuverlässigen Energieversorgung zu beschreiten.

[> Weitere Informationen](#)

ANZEIGE

Sie sind auf der Suche nach einer praxisnahen, spannenden und hochqualitativen Weiterbildung im Bereich Laserschutz?

Bei uns erwartet Sie Know-How direkt von einem der international führenden Laser-Spezialisten in Medizin, Biotechnologie und Industrie.

Mit über 20 Jahren Erfahrung mit Schulungen für Laserschutzbeauftragte gemäß den jeweils aktuellen gesetzlichen Vorschriften können wir individuell auf Ihre Anwendung eingehen – ob online oder vor Ort in unserem modernen Omicron TechCamp bei Frankfurt am Main.

Sie haben noch Fragen?
Unser Team freut sich auf Sie.

Tel.: +49 (0)6106 8224 0
Mail: sales@omicron-laser.de
www.omicron-laser.de

omicron
L A S E R A G E 



Neues Konzept für intensive XUV-Laser

© Balázs Major

Kompakte intensive XUV-Quelle. Ein NIR-Puls (rot) wird fokussiert und Höhere Harmonische werden in einem Jet von Atomen erzeugt, der sich vor oder hinter dem NIR-Fokus befindet. Auf diese Weise hat der erzeugte XUV-Strahl eine Größe und Divergenz, die der Größe und der Divergenz des NIR-Strahls ähneln. Aufgrund der kürzeren Wellenlänge ist der Fokus des XUV-Strahls jedoch viel kleiner als der Fokus des NIR-Strahls. Dies ermöglicht die Erzeugung von intensiven XUV-Pulsen die z. B. für die Multiphotonen-Ionisation von Atomen genutzt werden können (oberer Teil).

Ein internationales Team von Wissenschaftlern vom Max-Born-Institut (Berlin), ELI-ALPS (Szeged, Ungarn) und INCDTIM (Cluj-Napoca, Rumänien) hat ein neues Konzept für die Erzeugung von intensiver extrem-ultravioletter (XUV) Strahlung basierend auf Höherer Harmonischer Generation (HHG) demonstriert. Der Vorteil liegt darin, dass sein Fußabdruck viel kleiner als bei bisher genutzten intensiven XUV-Lasern ist. Forschern vom Max-Born-Institut ist es nun gelungen, einen intensiven XUV-Laser zu schrumpfen, sodass der gesamte Aufbau sich nur noch über zwei Meter

erstreckt. Das neue Schema ist einfach und könnte in vielen Laboren auf der ganzen Welt umgesetzt werden, was dem Feld der ultraschnellen XUV-Wissenschaft einen Auftrieb verleihen könnte.

Originalpublikation:

Compact intense extreme-ultraviolet source
B. Major, O. Ghafur, K. Kovács, K. Varjú, V. Tosa, M. J. J. Vrakking and B. Schütte
Optica 8 (2021) 960-965 (Open Access)
<https://doi.org/10.1364/OPTICA.421564>

> Weitere Informationen



Laserbiom

(R)evolutionierte Oberflächen

Autoren: Tim Kunze et al.
Fusion Bionic GmbH

immetik –



(c)

Motive: Pixabay/com/de

Abbildung 1: Beispiele biomimetischer Oberflächen.
 (a) Lotusblatt mit wasserabweisender Oberfläche. (b) Mottenaugen mit Anti-Reflexionsoberfläche.
 (c) Flügel des Morpho-Schmetterlings mit blauer Strukturfarbe.

IN der Natur haben sich im Laufe der Evolution vielfältige Strukturen und Prozesse entwickelt, welche optimal auf ihr Umfeld abgestimmt sind. Von diesen natürlichen Prinzipien kann der Mensch bei der Entwicklung neuer Technologien profitieren. Die Anwendung biologischer Phänomene in der Technik wird unter dem Begriff der „Biomimetik“ zusammengefasst.

Evolutionäre Oberflächen als Blaupause für technische Innovation

Heute, im 21. Jahrhundert, stellt die Biomimetik – im deutschen Sprachraum unter dem Begriff Bionik zusammengefasst – ein breites, wissenschaftliches Feld dar. Der Verein Deutscher Ingenieure (VDI) definiert Bionik als „interdisziplinäre Zusammenarbeit von Biologie und Technik mit dem Ziel, durch Abstraktion, Übertragung

und Anwendung von Erkenntnissen, die an biologischen Vorbildern gewonnen werden, technische Fragestellungen zu lösen“ [1].

Der Beginn der „modernen“ Biomimetik führt zurück in die 1950er und 1960er Jahre. In dieser Zeit wurden vor allem die Struktur und Fortbewegung von Lebewesen untersucht, um praktische Probleme im industriellen Kontext, wie in der Luft- und Raumfahrttechnik, zu lösen. Das wohl am weitesten verbreitete, biomimetischen Beispiel ist der sogenannte Lotus-Effekt (siehe Abbildung 1a). Entdeckt von Wilhelm Barthlott in den 1990er Jahren ermöglicht der Lotus-Effekt die Selbstreinigung von Oberflächen nach dem Vorbild der Lotuspflanze. Aber auch weitere biomimetische Effekte lassen sich beobachten: Beispielsweise zeigt sich am Mottenaugeneffekt (siehe Abbildung 1b), dass die Reflexion von Licht an einer Oberfläche kontrolliert reduzierbar ist. Darüber hinaus veranschaulicht der Flügel des Morpho-Schmetterlings (siehe Abbildung 1c), dass Farbeffekte auch allein durch

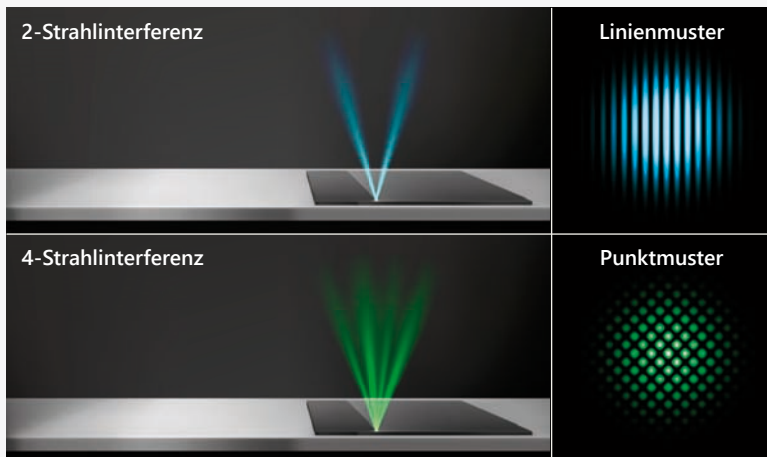


Abbildung 2:
 (links) Optische Überlagerung von Teilstrahlen derselben Laserquelle zum Ausprägen definierter Laserinterferenzmuster durch 2-Strahl- und 4-Strahlinterferenztechnologie.
 (rechts) Resultierendes Interferenzmuster im Laserspot.

© Fusion Bionic

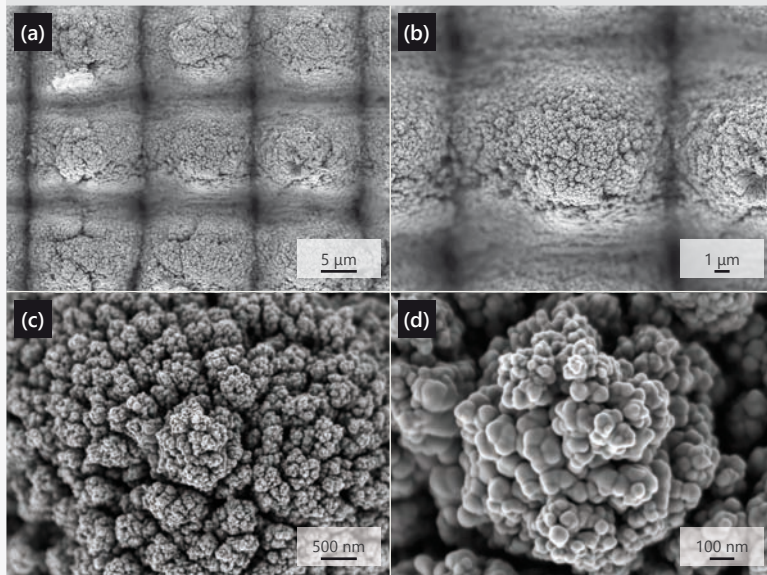


Abbildung 3: Verschiedene Vergrößerungen einer lasergenerierten Oberflächenstruktur nach Vorbild der Lotusblattes, welche mit Direkter Laserinterferenz (2-Strahl) auf Edelstahl realisiert wurde.

© Jeol (Germany) GmbH

Struktureffekte und gänzlich ohne Pigmente möglich sein können. Alle biomimetische Beispiele haben gemein, dass sie mit Oberflächenstrukturen mit Merkmalen im Mikrometer- und Nanometerbereich verknüpft sind.

Biomimetik trifft Lasertechnologie

Die im Zuge der Evolution entwickelten Oberflächenstrukturen können den Innovationsgrad von Produkten und Prozessen stark steigern. Um diese Potentiale zu nutzen, sind leistungsfähige Produktionstechnologien erforderlich, welche die bioinspirierten Strukturen schnell, präzise und mit hinreichender Auflösung auf technische Oberflächen übertragen. An dieser Stelle kommt der Laser als Werkzeug der Zukunft ins Spiel.

Die Fusion Bionic GmbH, ein Spin-off des Fraunhofer-Instituts für Werkstoff- und Strahltechnik IWS, stellt eine innovative Lasertechnologie bereit, die das effiziente Erzeugen biomimetischer Strukturen ermöglicht. Durch Nutzen des Direkten Laserinterferenzverfahrens (engl. Direct Laser Interference Patterning, DLIP) können Oberflächenmerkmale mit Strukturgrößen zwischen 300 Nanometer bis 30 Mikrometer mit Flächenraten von derzeit bis zu 0,9 m²/min und perspektivisch bis zu 2–5 m²/min erzeugt werden. Abbildung 2 zeigt beispielhaft die optische Überlagerung von Teilstrahlen derselben Laserquelle zum Ausprägen definierter Laserinterferenzmuster durch 2-Strahl- und 4-Strahlinterferenztechnologie sowie die zugehörigen, sich ausprägenden Interferenzmuster im Laserspot.

Das erzeugte Laserinterferenzmuster kann in nahezu alle Materialien, von Metallen über Polymere bis Keramiken, Beschichtungen und Glas, übertragen werden. Abbildung 3 demonstriert eine nach Vorbild des Lotusblattes erzeugte DLIP-Struktur auf Edelstahl in verschiedenen Vergrößerungen. Dabei zeigt sich die besondere

Detailtreue des laserbasierten Ansatzes, bei dem komplexe Strukturen von wenigen Mikrometern bis in den Nanometerbereich in einem Einzschritt-Prozess hergestellt werden können.

Je nach Anwendungsfall kann das DLIP-Verfahren zum Erzeugen von bioinspirierte Strukturen mit optimierten Oberflächeneigenschaften genutzt werden, so dass Selbstreinigung, Anti-Reflexion und Strukturfarben nach Vorbild des Lotuseffektes, des Mottenauges und Morpho-Schmetterlings auf technischen Produkten resultieren.

Applikationsbeispiel – Eisabweisende Oberflächen durch Lotusstrukturen

Eisbildung und -akkumulation auf technischen Oberflächen ist eine ernstzunehmende Gefahr in vielen Industriezweigen wie dem Energiesektor sowie Luft- und Raumfahrt. Vereisungsercheinungen auf Flugzeugoberflächen stellen ein deutliches Sicherheitsrisiko im Flugbetrieb dar, da bereits eine dünne Frostschrift auf neuralgischen Punkten wie dem Heck zu einer Beeinträchtigung der Aerodynamik führen kann. Deshalb müssen die Flugzeuge vor dem Start von Schnee und Eis befreit werden, was schätzungsweise in der Enteisungssaison von Oktober bis April 2019 allein in Deutschland zu Enteisungskosten von rund 1 Mrd. € führte. Vereisung tritt auch während des Fluges durch den Aufprall von unterkühlten Wassertröpfchen in Wolken auf, die entweder direkt beim Aufprall haften bleiben oder sich aufgrund der Oberflächenspannung in Rinnsalen sammeln können. In den meisten Fällen werden Eisschutzsysteme (engl. Ice Protection Systems – IPS) beispielsweise auf Basis elektrothermischer Prinzipien eingesetzt, um das angesammelte Eis zu beseitigen. Der große Nachteil dieser Heizelemente besteht jedoch darin, dass sie den Energie- und damit den

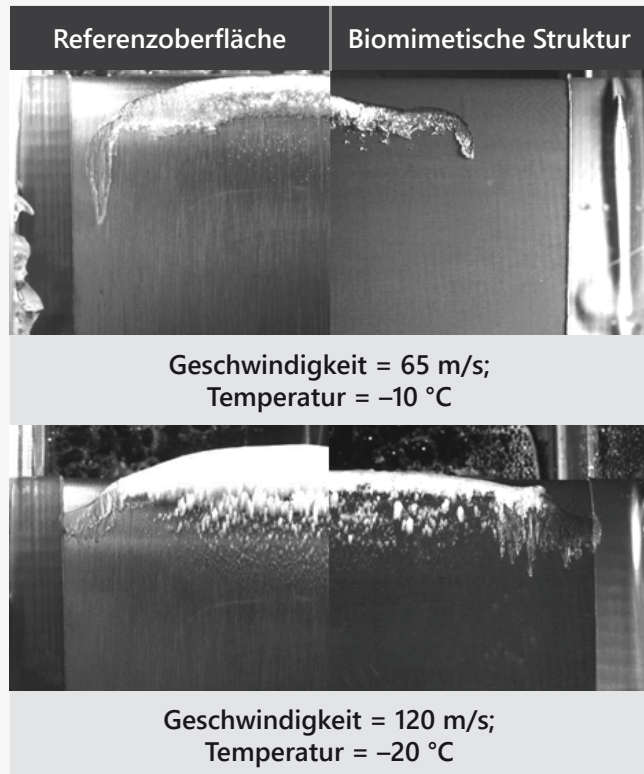


Abbildung 4: Vergleich einer unstrukturierten und laserstrukturierten Oberfläche auf Titan in Windkanaltests unter definierten Testbedingungen.

© AIRBUS R&T

Kraftstoffverbrauch erhöhen (ca. 4 W/cm²) und zudem ein unerwünschtes Zusatzgewicht mit sich bringen.

Hier können bioinspirierte Oberflächen nach Vorbild des Lotuseffektes eine Verbesserung bewirken, da stark wasserabweisenden Eigenschaften (so genannte Superhydrophobie) zu einer Verringerung der Eisanhaftung führen kann [2]. Zusätzlich existieren spezielle Regeln für die perfekte eisabweisende Oberflächenstruktur, bei der die Strukturgröße mindestens eine Größenordnung kleiner sein sollte als die durchschnittliche Größe der auftreffenden Tröpfchen, um die Wasserabweisung auch auf der Mikroskala zu ermöglichen [3]. Folglich führt eine Kombination aus wasserabweisender Oberfläche in Verbindung mit einer hochaufgelösten biomimetischen Struktur zu einem eisabweisen-

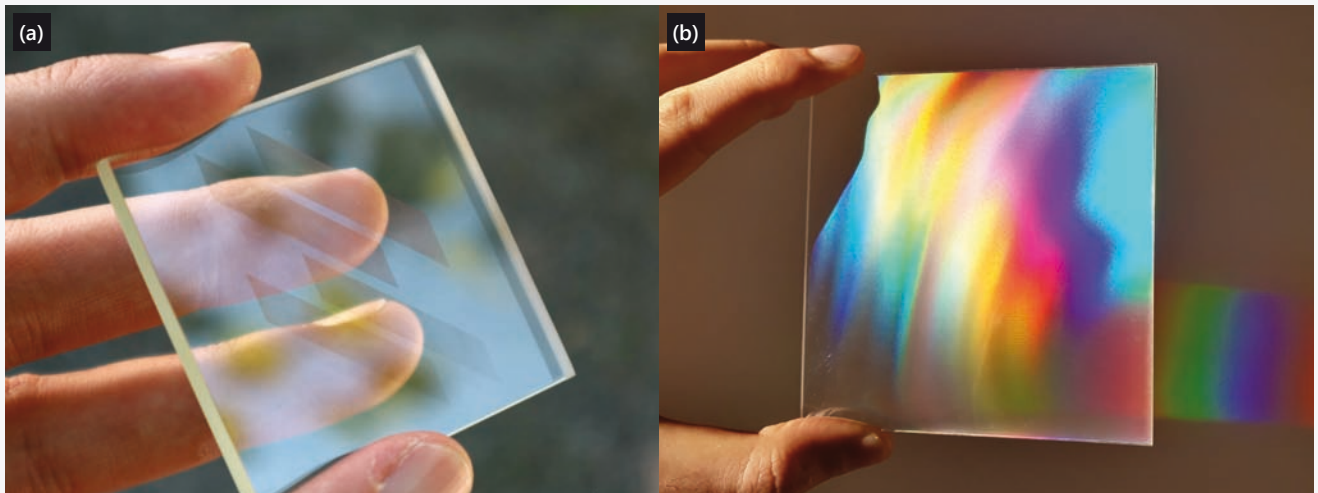


Abbildung 5: (a) Glasoberfläche mit Mottenaugenstruktur, welche lokal die Reflexion der Oberfläche reduziert. (b) Dekorative Oberflächenstruktur nach Vorbild des Morpho-Schmetterlings auf Polymer.

© Fusion Bionic

den Verhalten. Infolge kann die Anhaftvermögen von Eis (gemessen durch die Grenzflächenspannung) durch eine biomimetische Oberflächenstruktur (siehe Abbildung 3) um bis zu 88 % reduziert werden [3, 4]. Zusätzlich zeigen Vereisungstests im Windkanal, dass die Eisbildung um 15 s verzögert sowie die Eiwachstumsrate im Vergleich zur unstrukturierten Oberfläche um 34 % langsamer ausgeprägt ist [5]. Dadurch konnte erstmals nachgewiesen werden, dass das Eiwachstum infolge der biomimetischen Struktur selbstlimitierend ist und nach Erreichen einer bestimmten Dicke selbstständig abfällt, ohne dass eine aktive Unterstützung des IPS erforder-

lich ist (siehe Abbildung 4). Darüber hinaus kann der Enteisungsprozess unter Nutzen eines IPS bei konstanter Wärmeleistungsdichte um etwa 90 Prozent schneller realisiert und die erforderliche Heizleistung zum vollständigen Enteisen um bis zu 80 Prozent reduziert werden [5].

Weitere Applikationsbeispiele – Anti-Reflexionsoberflächen und Dekoration

Biomimetische Effekte nach Vorbild des Mottenaugeneffektes und des Morpho-Schmetterlings können mit der DLIP-Technologie ebenfalls realisiert werden. Dazu sind spezielle Oberflächenstrukturen erforderlich, welche das Licht so beugen, dass es kontrolliert zurückgeworfen oder besser in das Material eingekoppelt werden kann. Abbildung 5a zeigt eine beispielhafte Oberfläche, bei der in selektiv-ausgewählten Bereichen die Reflexion durch Laserstrukturierung verringert wurde. Die aufgebrachten Strukturmerkmale können dabei grundsätzlich auch innerhalb des Materials erzeugt werden, so dass diese vor äußeren Einflüssen geschützt bleiben.

Referenzen

- [1] VDI 6220 Blatt 1:2012-12
- [2] A. Volpe et al., *Materials* 2020, 13(24), 5692; <https://doi.org/10.3390/ma13245692>
- [3] V. Vercillo et al., *Adv. Funct. Mater.* 2020, 1910268; <https://doi.org/10.1002/adfm.201910268>
- [4] S. Milles et al., *Nanomaterials* 2021, 11(1), 135; <https://doi.org/10.3390/nano11010135>
- [5] S. Alamri et al., *Adv. Mater. Interfaces* 2020, 7, 2001231; <https://doi.org/10.1002/admi.202001231>

Abbildung 5b zeigt eine irisierende Polymeroberfläche, die zur kontrollierten Lichtbeugung eingesetzt werden kann.

Neue Anwendungsfelder durch Hochgeschwindigkeitslaserlösungen

Die Laserbiomimetik wird in Zukunft dazu führen, dass heutige Werkstoffoberflächen erheblich verbessert und, in einige Fällen, etablierte Prozessschritte zum Teil vollständig ersetzt werden können. Dies eröffnet neue Möglichkeiten, bestehende Probleme zu lösen und noch nie dagewesene Produkte zu schaffen. Die enormen Potentiale für bioinspirierte Oberflächen zeichnen sich bereits jetzt schon in der Luftfahrt, im Automobil- und Energiesektor sowie bei medizinischen Komponenten wie Implantaten ab. Schlussendlich werden fortschrittlichen Laserverfahren zum Bearbeiten von großen Flächen mit hohen Prozessgeschwindigkeiten gepaart mit biomimetischen Ansätzen das Umsetzen (r)evolutionierter Oberflächen nur noch weiter beschleunigen.

Fusion Bionic



Das Startup Fusion Bionic aus Dresden entwickelt und vertreibt Systeme zum Herstellen biomimetischer Oberflächen durch eine einzigartige Hochgeschwindigkeitslasertechnologie. Die angebotenen Lösungen sind bis zu 100-mal schneller als etablierte Verfahren und ebnet so den Weg für Hochleistungsoberflächen mit selbstreinigenden Eigenschaften, reduzierter Reibung, verbesserter Kontaktierung und mehr.



Autor:
Dr. Tim Kunze
Position: Geschäftsführer
Fusion Bionic GmbH



PRESSEMITTEILUNG

Das Startup Fusion Bionic aus Dresden, eine Ausgründung aus dem Fraunhofer IWS, entwickelt und vertreibt Systeme zum Herstellen biomimetischer Oberflächen durch eine einzigartige Hochgeschwindigkeitslasertechnologie. Die angebotenen Lösungen sind bis zu 100-mal schneller als etablierte Verfahren und ebnet so den Weg für Hochleistungsoberflächen mit selbstreinigenden Eigenschaften, reduzierter Reibung, verbesserter Kontaktierung und mehr. Fusion Bionic wurde kürzlich von Heraeus im Rahmen des konzerneigenen Accelerator-Programms 2021

aus über 1800 weltweit aktiven Start-ups für eine engere Kooperation ausgewählt. Zusätzlich konnte Fusion Bionic mit mehreren Investoren seine erste Finanzierungsrunde in siebenstelliger Höhe abschließen, so dass der Aufbau eines Anwendungszentrums für die laserbasierte Oberflächenfunktionalisierung sowie eine auf künstlicher Intelligenz basierenden Vorhersageplattform zur Beschleunigung der Entwicklung von Laserfunktionalitäten umgesetzt werden kann.

> <https://fusionbionic.com/press-release/funding/>

Forscherteam weist „Spin“ einer Nanoschallwelle erstmals in Echtzeit nach

Brückenschlag zwischen Akustik und Optik

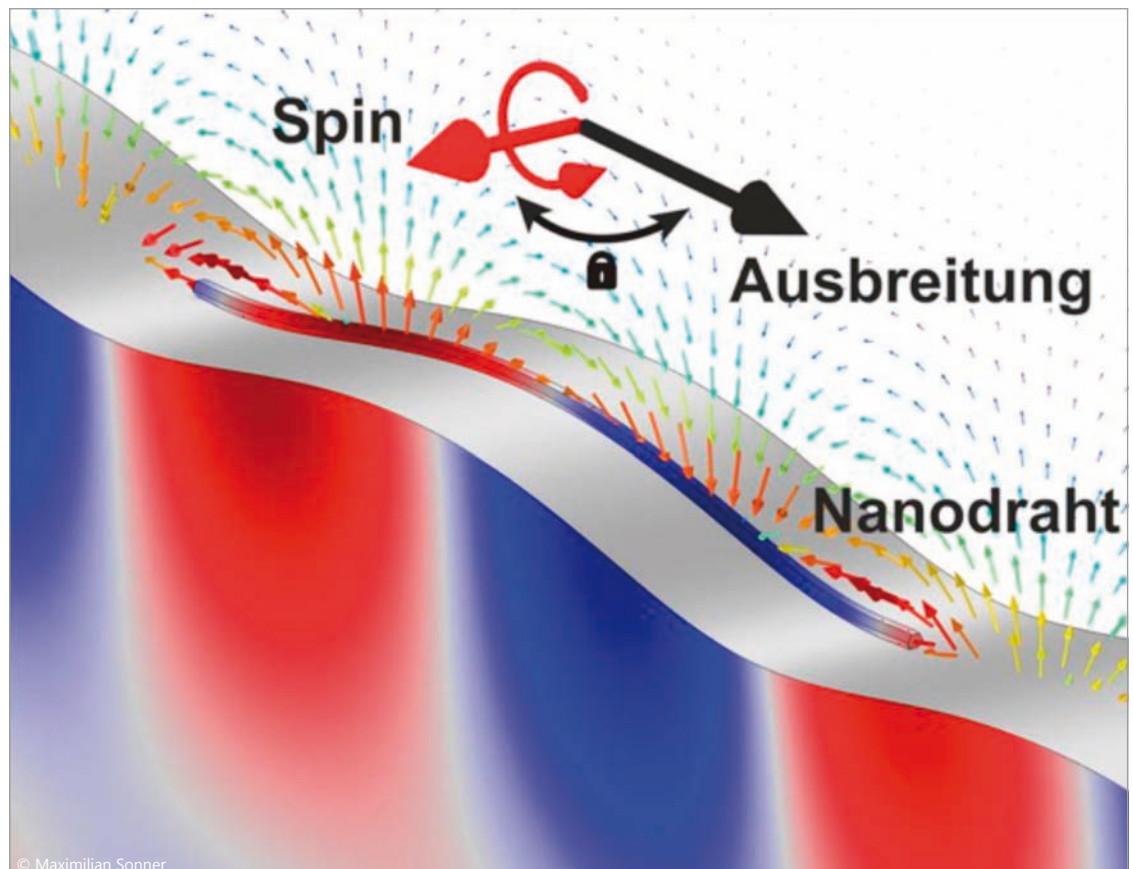
Einem deutsch-amerikanischen Forscherteam aus Augsburg, Münster, Edmonton, West Lafayette und München ist es gelungen, die rollende Bewegung einer Nanoschallwelle nachzuweisen, die der berühmte Physiker und Nobelpreisträger Lord Rayleigh 1885 vorhersagte. In einer in der Fachzeitschrift „Science Advances“ veröffentlichten Studie verwenden die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler einen Nanodraht, in dessen Inneren Elektronen durch den „Spin“ der Schallwelle auf Kreisbahnen gezwungen werden. Dieses nun nachgewiesene Phänomen kann beispielsweise in akustischen Quantentechnologien oder in sogenannten phononischen Bauelementen, mit denen sich die Ausbreitung akustischer Wellen kontrollieren lässt, gezielt verwendet werden.

> [Weitere Informationen](#)

Darstellung des Spins einer Nanoschallwelle in einem Nanodraht auf einem piezoelektrischen Kristall.

Kleine Pfeile: Richtung und Stärke des gyrierenden elektrischen Feldes;

große Pfeile: Ausbreitungsrichtung und transversaler Spin





F&E September 2021

Paradoxe Wellen: Gefangene Lichtteilchen auf dem Sprung

Universität Rostock ist es in Zusammenarbeit mit Professor Stefano Longhi von der Universität Mailand (Italien) gelungen, ein neuartiges Verhalten von Lichtwellen zu beobachten, bei welchem Licht durch eine neue Art von Unordnung auf kleinste Raumbereiche begrenzt wird. Paradoxerweise kann das Licht trotzdem sprungartig seinen Ort ändern, was das aktuelle Verständnis über Lichtwellen auf die Probe stellt. Lichtsignale in einem fünf Kilometer langen optischen Kabel werden durch diesen neuartigen Effekt zunächst an einem spezifischen Punkt gesammelt und fokussiert, bis sie schlagartig zu einem anderen, weit entfernten Punkt springen. Die bahnbrechenden Entdeckungen stellen nach Ansicht der Forscher einen wichtigen Schritt in der Grundlagenforschung dar und heben das Verständnis über die Ausbreitung von Wellen – egal ob Licht, Schall oder Elektronen– auf eine neue Ebene.

> Originalveröffentlichung S. Weidemann, M. Kremer et al. Nature Phot. 16 (2021).

Schaltbare IR-aktive organische Pigmente

In der Photosynthese und der organischen Photovoltaik wandeln Pigmente Licht in elektrische Ladung um. Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen haben nun ein ungewöhnliches organisches Pigment hergestellt, das sich durch elektrische Ladung „anschalten“ und dann zu einem intensiven Farbstoff wird, der Licht im Nahinfrarotbereich absorbiert. Solche Systeme sind für neue Anwendungen für organische Leuchtdioden, in der Photovoltaik und der Sensorik interessant. Die Arbeit wurde in der Zeitschrift Angewandte Chemie publiziert.

> Originalveröffentlichung

Beleuchtung des Beobachtungsfeldes zur Aufnahme von spektral aufgelösten Bildern (Hyperspektrale Abbildungen)

Autoren:

H. Zeng, M. Hoppe, P. Rotsch
OSA Opto Light GmbH, Berlin

Die Verfahren der hyperspektralen Bildaufnahme haben in den letzten Jahren zunehmendes Interesse für verschiedenste Anwendungen, beispielsweise bei fertigungsbegleitender Messtechnik, gefunden. Die erheblichen Fortschritte bei den Bildaufnahmekameras und bei der Analyse der Daten ermöglichen neue Einsatzfelder. Neben der Erarbeitung der Algorithmen zur Auswertung der Spektraldaten ist die Wahl und Auslegung der Beleuchtungseinheit für die Qualität und Reproduzierbarkeit der Messdaten von entscheidender Bedeutung, so wie die Wahl der Lichtquelle für den Erfolg der Einführung einer automatischen Bildverarbeitung entscheidend ist. Im Folgenden werden drei mögliche Strahlungsquellen für eine breitbandige Beleuchtung verglichen, die thermischen Strahler (Halogen- oder Glühlampen), aus LED verschiedener Wellenlänge zusammengesetzte Strahler und Strahler aus breitbandigen LEDs. Deren Eigenschaften in der Anwendung werden diskutiert.

Die von einer Strahlungsquelle ausgehende Strahlung ist unter anderem durch ihr Spektrum beschreibbar, im Wellenlängenbereich der Strahlung 100 nm bis 1 mm wird zwischen UV, VIS (sichtbar) und Infrarot unterschieden (1). Als Licht im sichtbaren Bereich wird elektromagnetische Strahlung der Wellenlänge 380–780 nm definiert. Teilt man den sichtbaren Bereich in 3 Bereiche ein, kann eine Farbinformation erhalten werden. Diese Bereiche werden allgemein als Rot/Grün/Blau bezeichnet (2). Diese drei Farbkanäle sind Basis des menschlichen Farbsehens (2), der additiven Farbmischung (aktive Displays) (3) und der digitalen Farbfotographie (4). Dabei wird das Spektrum jedes Bildpunktes in 3 Farbkanäle unterteilt, d.h. die Fläche des Sensors je Bildpunkt wird, da diese nebeneinander liegen, aufgeteilt. Ein Farbfilter absorbiert das dem Farbkanal nicht entsprechende Licht. Bei mehr als 3 Farbkanälen/Bildpunkt wird von multispektralen Bildern gesprochen, die mit verschiedenen Technologien aufgenommen werden können (4). Wenn man nun dem Spektrum am Bildpunkt mehr als 100 Wellenlängenkanäle zuweist, wird der Begriff hyperspektrale Bildaufnahme verwendet (5). Dieser Begriff wurde erstmals 1988 verwendet, als das Verfahren für die satellitengestützte Fernerkundung und Luftbildaufnahmen entwickelt wurde. Dabei handelt es sich um die Analyse reflektierter Strahlung, wobei das Verfahren der Bildaufnahme aber ebenso auf Lichtquellen selbst und die Absorption bei Transmission (Untersuchung von Dünnschliffen und Gewebeschnitten) anwendbar ist. Das Potential dieser Technik kam auch im Innovationsforum Hyperspektraltechnologien für Prozessüberwachung und Medizintechnik (HyperInno) des Photonics BW e.V. zum Ausdruck, bei dem die Technik und potentielle Anwendungen dargestellt und diskutiert wurden (7) Der aktuelle Stand bei der Entwicklung von Kameras und Software wird auch im Heft 27/21 der Markt und Technik beschrieben (8).

Die hyperspektrale Bildaufnahme kann überall dort angewendet werden, wo aus den Absorptions- oder Reflexionseigenschaften relevante Informationen über die Eigenschaften des Objekts gewonnen werden können. Zur Illustration seien aufgelistet:

- Pflanzenzucht und Landwirtschaft, z. B. Bestimmung der Pflanzenart selbst, aber auch der Gesundheit und die Düngerversorgung der Pflanze (9), Bild 1
- Lebensmittelverarbeitung, z. B. Erkennung von Reifegrad und Druckstellen von Früchten (10)
- Elektronik, z. B. Erkennung thermischer Schäden auf Leiterplatten (Bild 2 OSA Opto Light GmbH)
- Medizintechnik, z. B. Analyse der Oberfläche von Haut, Wunden und Operationsfeldern (11)

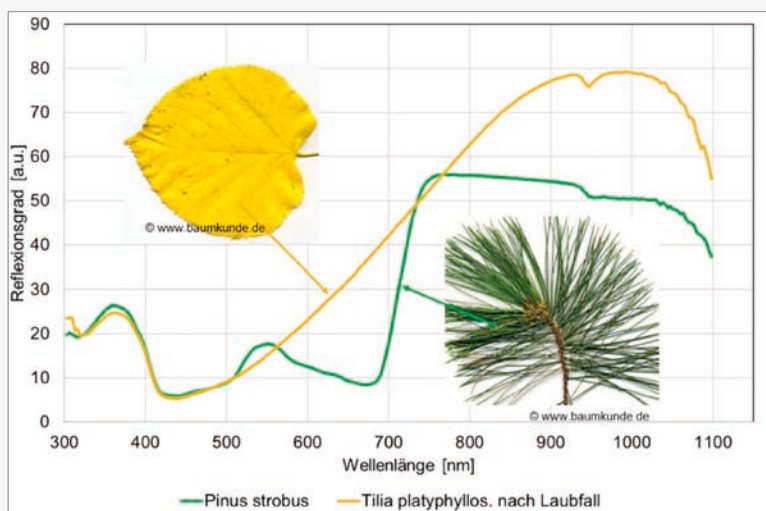


Abb. 1 Vergleich der Reflexionsspektren von Blättern, Bilder Sommerlinde Tilia nach Laubfall (12), Weymouths Kiefer Pinus strobus (13),

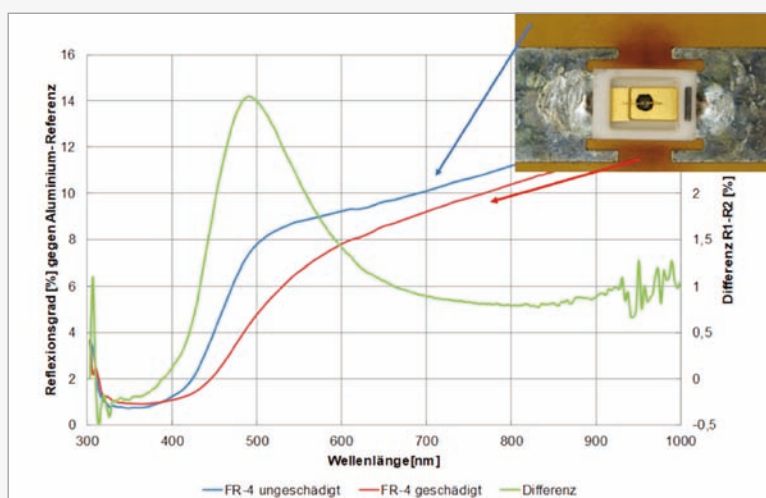


Abb. 2 Reflexionsspektrum und Bild einer geschädigten Leiterplatte

Gut verfügbare Detektoren basieren vorwiegend auf Silizium und III-V-Halbleitern wie (Ga,In)As für den nahen Infrarotbereich (14). Damit sind Strahlungswellenlängen von 220 nm (UVC) bis 4200 nm (Infrarot) adressierbar. Wählt man 120 Kanäle zur Bildaufnahme aus, umfasst bei einer Bildgröße von 1312x1082 Pixeln und 12 Bit Auflösung des AD-Konverters die reine Datenmenge ohne Adressdaten ca. 255 Mbyte. Damit wird verständlich, dass die Wahl der Parameter der Bildaufnahme und die des Auswertalgorithmus für einen erfolgreichen Einsatz entscheidend sind.

Die übliche Strahlungsquelle bei der Fernerkundung ist das gut beschriebene Sonnenlicht (15), Störungen, wie z. B. Einflüsse des Wetters und der Tageszeit werden durch Wahl des geeigneten Aufnahmezeitpunktes umgangen. Kann diese Strahlungsquelle nicht gewählt werden, müssen auf die Anwendung zugeschnittene, künstliche Strahlungsquellen eingesetzt werden. Der folgende Artikel konzentriert sich auf den Spektralbereich 400–1050 nm, der mit Silizium-Detektoren gut messbar ist.

Breitbandige Strahlungsquellen

Thermische Quellen

Unter thermischen Quellen werden vor allem Glühlampen und Halogen-Glühlampen zusammengefasst. Ihr Spektrum ist durch das Plancksche Strahlungsgesetz beschrieben (15), die entsprechenden Modellrechnungen und die Messwerte weisen eine gute Korrelation auf. Vor allem im roten Farbbereich und im NIR zwischen 660 und 2000 nm weisen thermische Strahler eine hohe Effizienz auf. Sofern keine Bande durch die Absorption eines Materials im Strahlengang hinzukommt, sind diese Quellen weitgehend homogen. Beispielsweise wird die Infrarot-Strahlung von Reflektoren wie im Bild 3 oben links bei Anwendungen der Allgemeinbe-

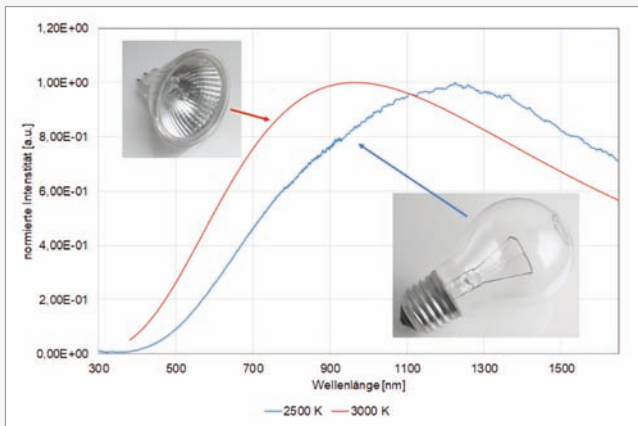


Abb. 3a: Thermische Strahler und ihre Spektren, Halogenglimmlampe mit Spektrum 3000 K (modelliert), Allgebrauchlampe mit Spektrum 2500 K (gemessen)

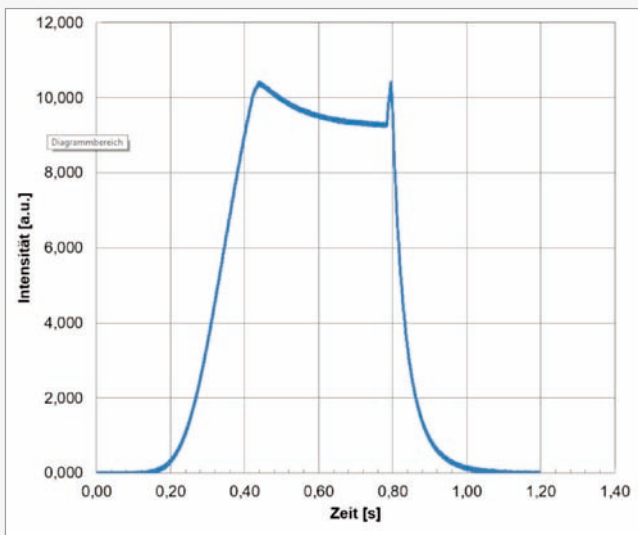


Abb. 3b: Schaltverhalten einer 2500 K Glühlampe, Einschaltzeit $t_{on} = 167$ ms, Abschaltzeit $t_{off} = 91$ ms

leuchtung gezielt abgeschwächt [(16), Folie 18]. So lange diese Lichtquellen einen wesentlichen Marktanteil an den Lichtquellen zur Allgemeinbeleuchtung aufwiesen, waren diese eine preiswerte Lösung bei sehr einfacher Ansteuerung.

Glühlampen als Lichtquellen emittieren nur einen geringen Anteil des Spektrums bei Wellenlängen unterhalb 500 nm, UV-Licht ist also kaum vorhanden (siehe Bild 3). Eine Erhöhung der Wendeltemperatur auf 3500 K erhöht das Signal im Blauen und Grünen Bereich erheblich, geht aber drastisch zu Lasten der Lebensdauer [(16) Folie 10]. Eine weitere Herausforderung

bei der Verwendung von Glühlampen ist das Ein- und Ausschaltverhalten. In Abb. 3b ist dieses gezeigt, neben der Schaltzeit von ca. 160 ms (hier an einer 2500 K Quelle mit 5 V und 12 W gemessen) ist eine längere Zeit erforderlich, bis die Glühwendel das thermische Gleichgewicht erreicht hat und die Emission gleichmäßig ist. Dies bedeutet entweder einen mechanischen Shutter oder eine thermische Belastung des Objektes, die vor allem bei Anwendungen in der Medizin und bei organischen Materialien unerwünscht ist. Ein weiterer Nachteil ist die geringe Lebensdauer, die sich durch Erschütterungen im Betrieb, wie Vibrationen an einem Transportsystem, zusätzlich erheblich verkürzen kann.

Multi-Chip-LED-Quellen

Ermöglicht durch die erhebliche Effizienzsteigerungen von LEDs im Bereich 365–1100 nm in den letzten Jahren ist es möglich breitbandige Strahlungsquellen aus mehreren LEDs zusammensetzen. Erste Anwendungen waren Sonnenlichtgeneratoren, die beispielsweise zum Testen von Solarzellen oder für Untersuchungen zum Langzeitverhalten von Materialien unter Lichteinfluss eingesetzt werden können. Da im Sonnenlicht auf der Erdoberfläche vergleichsweise wenig UVB und UVC-Strahlung enthalten ist, ist auch dieser Bereich mit LEDs gut darstellbar. Für die Emission eines Spektrums ähnlich dem des Sonnenlichts im Bereich 400–1100 nm sind LEDs mit 23 verschiedenen Wellenlängen („LED-Kanäle“) erforderlich, siehe Abbildung 4. Auf Grund der materialbedingt geringen Effizienz der direkt emittierenden LEDs im Bereich 520–580 nm werden häufig Konversions-LEDs für den grünen und gelben Bereich eingesetzt, am Beispiel im Bild 4 wurden LEDs mit einer Peak-Wellenlänge von 545 nm beziehungsweise 572 nm LED auf Konversions-Basis verwendet. In diesem Anwendungsbeispiel ist der UV-Bereich zwischen 265 und 385 nm noch nicht enthalten.

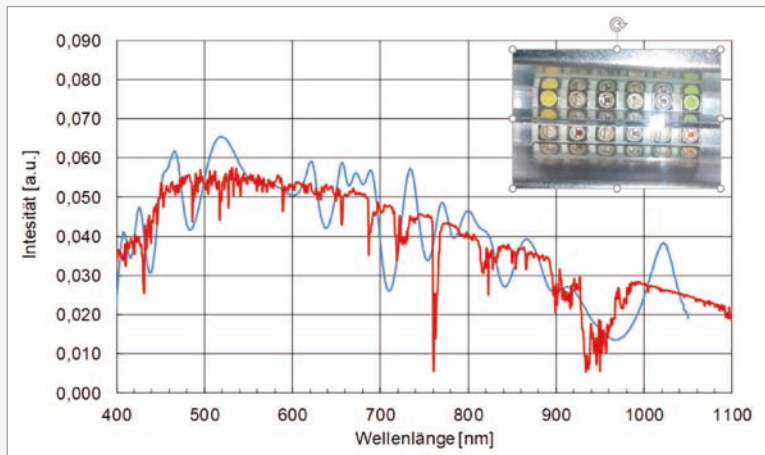


Abb. 4: Spektrum des Sonnenlichtes nach ASTM G-173-03 (17) und Emissionsspektrum (hier als Modell) einer LED-Anordnung mit 23 verschiedenen LEDs der Baureihe OCL-440. Eingefügt ist die Abbildung einer LED-Anordnung mit 12 Wellenlängen in der Baureihe OCL-440, die Konversions-LEDs mit gelber und grüner Emission sind gut zu erkennen.

Direkt emittierende LEDs zeichnen sich durch kurze Schaltzeiten aus, beispielsweise hat eine 635 nm LED mit 1 mm Kantenlänge des Chips bei einem Impulsstrom von 350 mA eine Schaltzeit $< 0,5 \mu\text{s}$. Dies ermöglicht eine Synchronisation der LEDs mit dem Kamera-Triggersignal. Ebenso kann in einer derartigen Anordnung ein Teil der LEDs, deren Emission für das konkrete

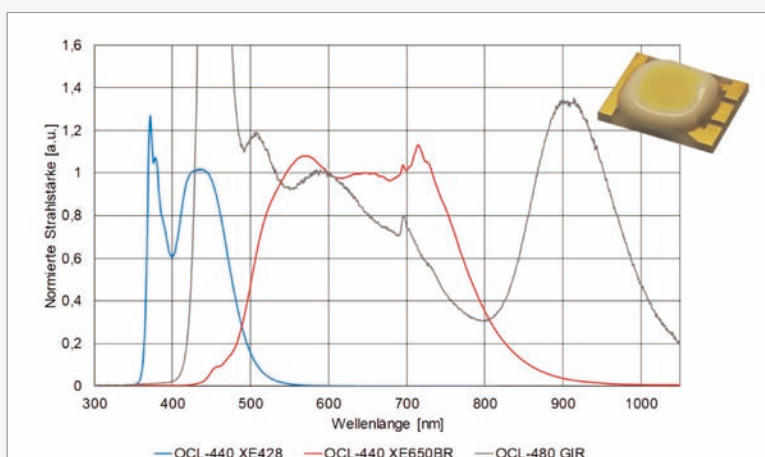


Abb. 5: Emissionsspektren von 3 verschiedenen Breitband-LED
 • OCL-440 XE428, Anregung 365 nm, Halbwertsbreite 70 nm
 • OCL-440 XE650BR, Anregung 450-460 nm, Halbwertsbreite 265 nm
 • OCL-480 GIR, Anregung 450-460 nm, Nutzbarer Wellenlängenbereich 440-1050 nm

Anwendungsszenario nicht benötigt wird, abgeschaltet werden. Dies reduziert den Aufwand für das thermische Management und den Energiebedarf erheblich. Weitere Vorteile dieses Designs einer Strahlungsquelle sind die Grundeigenschaften einer LED wie hohe Lebensdauer, Stabilität gegen Vibration und Schock und geringe Empfindlichkeit auf häufiges Ein- und Ausschalten.

Die hohe Anzahl der separat zu steuernden LED-Kanäle führen zu einer aufwändigen und kostenintensiven Ansteuerung und ebenso zu großem Aufwand bei der Steuersoftware. Wesentlich problematischer ist jedoch, dass durch das LED-Raster, welches je nach Package-Größe im Bereich einiger mm liegt, im Fall von nicht ebenen Messobjekten wie z.B. Pflanzen Farbschatten beobachtet werden, die die Interpretation der Messsignale erheblich erschweren. Durch sogenannte „Chip on Board“ Lösungen, bei der die Chips in einem gemeinsamen Gehäuse montiert werden, kann dieser Effekt bei deutlich höheren Kosten deutlich abgeschwächt werden. Zudem sind auch bei sehr hoher Anzahl von LED-Kanälen im Spektrum immer noch die Einzel-Kanäle erkennbar. Die Weiterentwicklung der LED-Chiptechnologie hin zu höheren Wirkungsgraden führt zumeist auch zu einer Abnahme der Halbwertsbreite der Emission, dies bedeutet, dass dieser Effekt auch in Zukunft bei Multi-Chip-LED-Quellen erhalten bleiben wird.

Breitband-LED-Quellen

Die Konversion von Licht oder Strahlung durch Leuchtstoffe wird sowohl bei Leuchtstofflampen (Konversion von UV-Strahlung in sichtbares Licht) als auch bei weißen LEDs (zumeist Konversion von blauem Licht in gelbes oder grünes und rotes Licht) angewandt. In den Leuchtstoffen finden dabei strahlende und nicht strahlende Energieübergänge statt, dabei regt ein Photon die Emission eines Photons längerer Wellenlänge

an. Die Kombination geeigneter Leuchtstoffe ermöglicht die Darstellung von breitbandigen LEDs sowohl im sichtbaren als auch im nahen Infrarot (NIR). In Abbildung 5 sind die Spektren 3 verschiedener, breitbandiger LEDs dargestellt, bei der durch Kombination geeigneter Leuchtstoffe mit einer Anregung mit blauem Licht (450–460 nm) oder mit UVA-Strahlung (365–375 nm) eine entsprechend breitbandige Emission erreicht wird.

Die Verschiebung der Wellenlänge des sekundären Photons wird als Stokes-Shift bezeichnet, die Energiedifferenz zwischen anregendem Photon und sekundärem Photon fällt als Verlustwärme an. Aus der Differenz der Wellenlänge lässt sich diese Wärmemenge einfach gemäß

$$\Delta E_{\text{Photon}} = hc \left(\frac{1}{\lambda_{\text{out}}} - \frac{1}{\lambda_{\text{in}}} \right) = 1,24 \cdot 10^3 \left(\frac{1}{\lambda_{\text{out}}} - \frac{1}{\lambda_{\text{in}}} \right)$$

bestimmen. In Tabelle 1 sind einige Energiedifferenzen bestimmt:

Tabelle 1 – Energiedifferenzen zwischen anregender und emittierter Photonenenergie			
anregendes Photon	emittiertes Photon	Energiedifferenz	
[nm]	[nm]	[eV]	[%]
455	580	0,587	21,6 %
455	780	1,136	41,7 %
455	900	1,347	49,4 %
365	900	2,019	59,4 %

Zahl der emittierten Photonen zur Zahl der anregenden Photonen größer 90 % unterstellend, ist die Konversion von Blau nach NIR mit einem Energieverlust von 40–50 % verbunden. Leuchtstoffe im sichtbaren Bereich erreichen diese Wirkungsgrade, Leuchtstoffe im NIR liegen häufig darunter. Diese Verlustwärme muss bei der Auslegung des Kühlkonzepts beachtet werden.

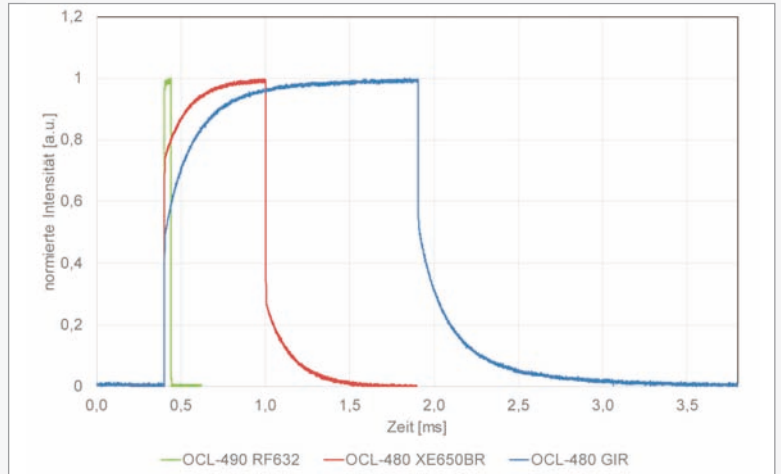


Abb. 6: Impulsverhalten von einem Direktemitter (OCL-490 RF632) und zwei Breitband – LEDs im Vergleich.

Direkt emittierende LEDs zeichnen sich in der Regel durch sehr kurze Schaltzeiten $< 1 \mu\text{s}$ aus. Ähnlich geringe Schaltzeiten haben Leuchtstoffe im sichtbaren Bereich. Leuchtstoffe im IR-Bereich haben längere Schaltzeiten, weiterhin weisen sie ein Nachleuchten aus. In Abbildung 6 sind die optischen Messsignale der Emission 3 verschiedener LEDs bei einem 350 mA Strom-Impuls dargestellt. Der eingesetzte Impulsgenerator erzeugt einen Strom-Impuls von 350 mA bei einer Anstiegs- und Abfallzeit kleiner $0,05 \mu\text{s}$, das Fotodiodensignal (Reaktionszeit kleiner 10 ns) wurde mit einem Digitaloszilloskop mit einer Abtastrate von 2,5 GSa/s aufgenommen. Die Pulslänge und das Tastverhältnis wurden so gewählt, dass das Nachleuchten vollständig abklingen kann.

Während bei der OCL-490 RF623 (direkt emittierende LED roter Emission) eine Schaltzeit kleiner $0,15 \mu\text{s}$ beobachtet wird (Intensitätsanstieg von 10 % Grundsignal auf 90 % des Maximumsignals), liegen die Schaltzeiten der Konversions-LED bei $t_{\text{on}} = 320 \mu\text{s} / t_{\text{off}} = 360 \mu\text{s}$ für die OCL-480 GIR und bei $t_{\text{on}} = 140 \mu\text{s} / t_{\text{off}} = 150 \mu\text{s}$ für die OCL-480 XE650BR. Wie in Abb. 6 zu erkennen ist, muss für ein stabiles Spektrum der Lichtquelle diese deutlich, beispielsweise ca. 1 ms im Fall der OCL-480 GIR, vor der ersten Aufnahme der Kamera eingeschalten werden.

Die Breitband-LEDs können in verschiedenen Gehäusen gefertigt werden, eine Auswahl ist in Abbildung 7 dargestellt. Die Baureihen OCL-440 und OCL-450 sind für Maximalströme im DC-Betrieb von 350 mA ausgelegt, die Baureihe OCL-480 für einen Maximalstrom von 500 mA. Bei der Baureihe OMC-744 sind 4 Chips auf einer Fläche von 2,3 x 2,3 mm angeordnet, die in Reihe geschaltet werden können. Somit ist eine kompakte Strahlungsquelle darstellbar, die in der Variante OMC-744 GIR eine optische Strahlungsleistung von 220 mW @ 350 mA erreicht.

Die Abstrahlcharakteristik dieser LEDs entspricht weitgehend der eines Lambert-Strahlers mit 120° Öffnungswinkel und die emittierende Fläche entspricht der Vergussfläche. Bei allen Baureihen kann durch Anwendung von Reflektoren die Abstrahlcharakteristik angepasst werden, derartige Reflektoren sind von verschiedenen Anbietern bekannt. Durch die OSA Opto Light GmbH wurde ein Reflektorarray mit 12 Reflektoren und einem Öffnungswinkel von 15–20° realisiert, mit dem durch den Anwender leistungsstarke Beleuchtungseinheiten realisiert werden können. Die Demonstratoren der OSA Opto Light GmbH, dort für den UVA und UVC-Bereich entwickelt, ermöglichen die Integration von bis zu 240 LEDs der Baureihe OCL 480 in einem Strahler mit einer Emissionsfläche von 38 x 1140 mm (Abbildung 8).

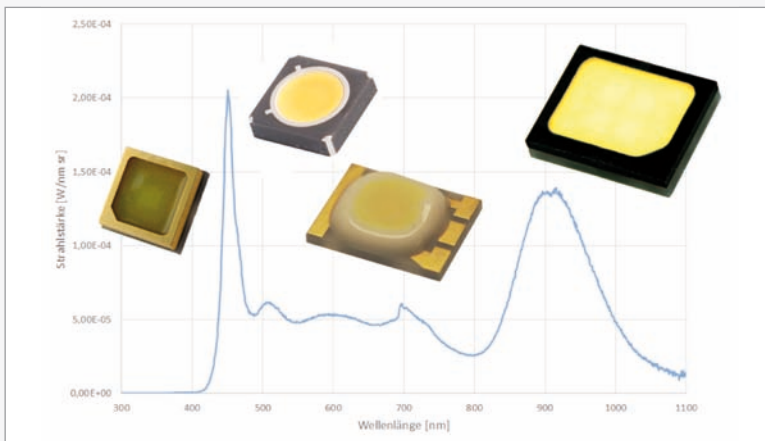


Abb. 7: Gehäusevarianten für Breitband-LED, von links die Baureihen OCL-440, OCL-450, OCL-480 und OMC-744



Abb. 8: Demonstrator eines wassergekühlten LED-Strahlers für 72 LEDs der Baureihe OCU-480 oder OMC-747. Dieser Strahler wurde ursprünglich für den Einsatz von UVA-LED entwickelt, ist jedoch für Breitband-LEDs ebenso einsetzbar.

Vergleich der Strahlungsquellen

In Tabelle 2 sind wesentliche Eigenschaften der Strahlungsquellen und Vor- und Nachteile bei der Anwendung vergleichend zusammengestellt. Neben diesen 3 Strahlungsquellen großer Leistung sollen hier noch die lasergepumpte Plasma-Lichtquellen erwähnt werden, die den Spektralbereich von 400 nm bis 2400 nm bandenarm abdecken können und bei vergleichsweise geringer Leistung für den Dauerbetrieb (mit Vorwärmzeit) ausgelegt sind und eher für kleine Bildfelder geeignet sind (18).

Anwendungsbeispiel für eine breitbandigen Lichtquelle

Die Auswirkung der Anwendung verschiedener Beleuchtungsquellen auf das Reflexionsspektrum soll an einem Beispiel gezeigt werden.

Die Reflexionsspektren der beiden Pflanzenblätter von Abbildung 1 unter Beleuchtung mit einem 2500 K thermischen Strahler und mit einer LED OCL-480 GIR sind in Abb. 8 vergleichend dargestellt. Zur Auswertung wird die Differenz zwischen den beiden Spektren herangezogen. Die maximalen Unterschiede zwischen den beiden Messobjekten bei den Wellenlängen

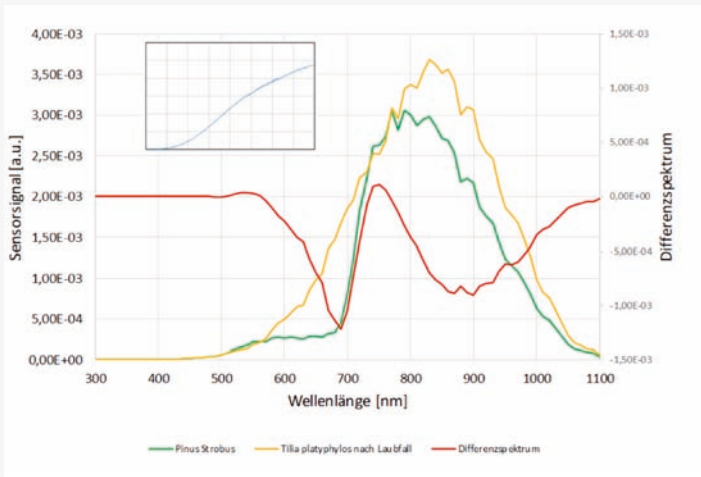


Abb. 9a: Reflexionsspektrum von Pflanzen bei Beleuchtung mit einem 3500 K thermischen Strahler

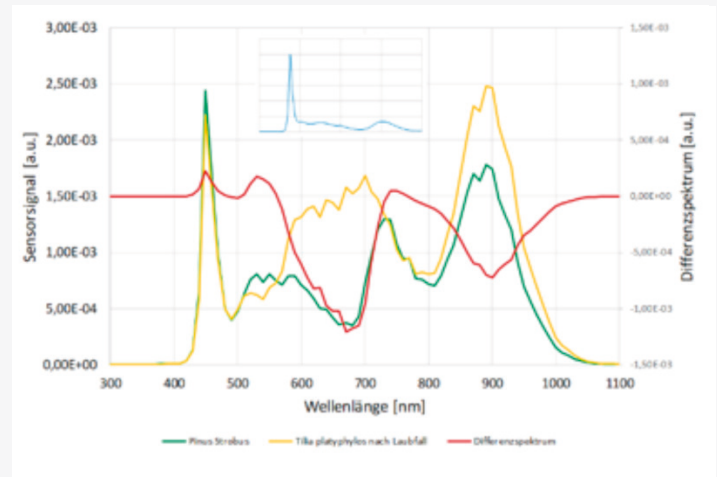


Abb. 9b: Reflexionsspektrum von Pflanzen bei Beleuchtung mit einer OCL-480 GIR

670 nm und 890 nm sind in beiden Beleuchtungsszenarien gut erkennbar, die Wellenlängen gleichen Reflexionsgrades, die als Helligkeitsreferenz genutzt werden können, sind 490 nm und 750 nm. Das Messsignal bei 750 nm lässt bei beiden Quellen ein geringes Signalrauschen erwarten

ten. Das Messsignal bei 490 nm ist bei Beleuchtung mit einer LED-Quelle hinreichend hoch, während bei Beleuchtung mit einer thermischen Quelle die Messwerte auf Grund der geringen Beleuchtungsstärke ein sehr hoher Rauschanteil zu erwarten ist.

Tabelle 2 – Vergleich der Strahlungsquellen

	Thermisch	Multi-Chip	Breitband-LED
Wellenlängenbereich	500–2400 nm	Prinzipiell von 265 nm UVC bis 1700 nm SWIR, hier 365–1100 nm vorgestellt	430–1050 nm mit einer LED, 400–1050 nm mit Effizienz Verlust oder 2 LEDs
Ansteuerung (Komplexität, Betriebsart)	Einfach, Gleichspannung	Komplex, DC oder Impulsbetrieb	Einfach, DC oder Impulsbetrieb
Triggerbar	Nein	Ja	Ja mit Einschränkung
Farbschatten bei 3D-Objekten	Nein	Ja	Nein
Temperaturabhängigkeit des Spektrums	Gering	Mittel	Gering
Spektrum an die Messaufgabe anpassbar	Nein	Ja, auch bei Wechsel der Applikationsaufgabe	Bedingt beim Design der LED, am fertigen Gerät nein
Verfügbarkeit	zunehmend kritisch	Gut	Sehr gut
Kosten	Noch gering	Diskrete SMD-LED gering, Ansteuerung und Software hoch	LED moderat, in der Tendenz fallend, Ansteuerung gering

Zusammenfassung

In diesem White Paper wurden die drei verschiedenen Lösungen für die künstliche Beleuchtung von Beobachtungsfeldern bei der Hyper- oder Multispektralen Bildaufnahme vorgestellt und diskutiert. Die LED-Technologie mit einer direkt vom Chip emittierten Strahlung und durch Leuchtstoffe konvertierter Strahlung ermöglicht effiziente Strahlungsquellen großer Bandbreite, mit denen die Vorteile breitbandiger Strahlungsquellen mit denen der LED-Technologie kombiniert werden können.

Diese LEDs ermöglichen Beleuchtungen mit:

- Kürzerer Belichtungszeiten durch getriggerten Impulsbetrieb der LED
- Geringerer thermischer Belastung des Objekts
- Mit im Vergleich zu thermischen Strahlern höherer Energieeffizienz und größerer Zuverlässigkeit
- Mit im Vergleich zu Multi-Chip Quellen vergleichsweise einfacher Ansteuerung
- Reproduzierbaren, stabilen und anforderungsspezifisch variierbaren Spektren

Bei der Auslegung der Ansteuerung und der Synchronisation mit der bildaufnehmenden Kamera ist das Einschaltverhalten der LED und das Nachleuchten der Leuchtstoffe, vor allem im infraroten Spektralbereich zu beachten.

Literatur

1. Fachverband für Strahlenschutz e.V. Leitfaden „Sichtbare und infrarote Strahlung“. Köln : Fachhochschule Köln – Forschungsbereich Medizintechnik und Nichtionisierende Strahlung, 15.12.2011.
2. Feynmann, Richard P, Leighton, Robert P. und Sands, Matthew. Feynman Vorlesungen über Physik Band 1. Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH : München, 2007.
3. Joachim Herz Stiftung. www.leifiphysik.de. [Online] Avonis – New Media, 2021. [Zitat vom: 24. 08 2021.] <https://www.leifiphysik.de/optik/farben/grundwissen/additive-farbmischung>.
4. Sony. www.sony.com. www.sony.com. [Online] 11. 06 2008. [Zitat vom: 24. 08 2021.] <https://www.sony.com/en/SonyInfo/News/Press/200806/08-069E/>.
5. JAI A/S. <https://www.jai.com>. [Online] 2021. [Zitat vom: 08. 08 2021.] <https://www.jai.com/multispectral-imaging-machine-vision-systems>.
6. Geladi, Paul I.M., Grahn, Hans F. und Burger, E. James. Multivariate Images, Hyperspectral Imaging: Background and Equipment. [Hrsg.] Hans F., Geladi, Paul L.M. Grahn. Techniques and applications of hyperspectral image analysis. 1. Chichester : John Wiley & Sons Ltd, 2007, S. 5.
7. Photonics BW e.V. [Online] 2021. [Zitat vom: 08. 08 2021.] <http://photonicsbw.de/projekte/hyperinno/>.
8. Knoll, Alexander. Von der Kamera zur Komplettlösung. Markt und Technik. 2021, Bd. 27, S. 30-31.
9. MicaSense. [Online] 23.02.2021. [Zitat vom: 08. 08 2021.] <https://micasense.com/researchers-and-academics/>.
10. Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme IPMS. Fraunhofer-Allianz Food Chain Management. [Online] 2020. [Zitat vom: 08. 08 2021.] https://www.fcm.fraunhofer.de/de/beispiele12/optische_analysemithilfedernahinfrarot-spektralanalytik.html.
11. Diaspective Vision GmbH. diaspective-vision.com. [Online] Diaspective Vision GmbH, 2021. [Zitat vom: 08. 08 2021.] <https://diaspective-vision.com/technologie/>.
12. Chris Gurk. www.baumkunde.de. [Online] Gurkcity Webdesign, 2021. [Zitat vom: 24. 08 2021.] https://www.baumkunde.de/Tilia_platyphyllos/Blatt_Herbst/.
13. Gurk, Chris. www.baumkunde.de. [Online] Gurkcity Webdesign, 2021. [Zitat vom: 24. 08 2021.] https://www.baumkunde.de/Pinus_strobus/Bild2/.
14. inno-spec GmbH. [Online] 2020. [Zitat vom: 08. 08 2021.] <https://inno-spec.de/produkte/hsi>.
15. Wyszecki, Günther und Stiles, W. S. Color Science, Seite 5 ff. 2000. New York : John Wiley & Sons Inc, 2000.
16. Jüstel, Thomas. FH Münster. [Online] [Zitat vom: 25. 08 2021.] https://www.fh-muenster.de/ciw/downloads/personal/juestel/juestel/4-InkohaerentLichtquellen-Glueh-_und_Halogenlampen.pdf.
17. National Renewable Energy Laboratory. www.nrel.com. [Online] [Zitat vom: 25. 08 2021.] <https://www.nrel.gov/grid/solar-resource/spectra-am1.5.html>.
18. NKT Photonics A/S. www.nktphotonics.com. [Online] [Zitat vom: 24. 08 2021.] <https://www.nktphotonics.com/lasers-fibers/product/superk-evo-industrial-supercontinuum-lasers/>.

Kurzdarstellung der OSA Opto light GmbH

Die OSA Opto light GmbH entwickelt und fertigt an ihrem Firmensitz in Berlin vorwiegend kundenspezifisch angepasste LED Chips und SMD-LED, beispielsweise auch für Anwendungen, bei denen eine langfristige Verfügbarkeit entscheidend ist. LED Chips werden mit Peak-Wellenlängen von 560–1150 nm gefertigt, eine Besonderheit sind Punkstrahler im Durchmesserbereich 10 µm–150 µm. Die Peak-Wellenlängen der SMD-LED decken die Bereiche UVC-SWIR (265–1650 nm) ab, die in verschiedenen Baureihen gefertigt werden und bei denen bis zu 7 Chips in einem Gehäuse kombiniert werden können. Neu im Produktportfolio sind Breitband-LED für den VIS und VIS-NIR-Bereich mit elektrischer Leistung von 1–5 W.

Autoren:

P. Rotsch, H. Zeng, M. Hoppe
(alle OSA Opto Light GmbH, Berlin)

Kontakt:

Dr. P. Rotsch
OSA Opto Light GmbH | Köpenicker Straße 325 Haus 201 | 12555 Berlin
e-mail p.rotsch@osa-opto.com | Website www.osa-opto.com

Satelliten zur Erkennung von Waldbränden



Der Mikrosatellit TUBIN der TU Berlin startete am 30.06.2021 von Cape Canaveral mit einer Falcon-9-Rakete der Firma SpaceX. Seine Mission ist die Beobachtung von Großfeuern wie zum Beispiel Waldbränden. Mittlerweile hat das Kontrollzentrum auf dem Campus Charlottenburg erste Signale von ihm empfangen. Der 22,5 Kilogramm schwere Mikrosatellit TUBIN mit einer Größe von etwa 31 x 47 x 47 Zentimetern hat sich nach dem Abtrennen von der Oberstufe der Rakete erfolgreich initialisiert und sendet aus seiner Umlaufbahn in 530 Kilometern Höhe Signale zur Erde. An Bord befinden sich zwei Infrarot-Kameras. Zusätzlich dazu ist noch eine Kamera für den sichtbaren Spektralbereich vorhanden.

Jeder Pixel der eingesetzten Wärmekameras ist ein temperaturabhängiger elektrischer Widerstand. Auf dem Erdboden deckt solch ein Pixel eine Fläche von 150 x 150 Quadratmetern ab. Unter idealen Bedingungen können allerdings auch Feuer kleineren Ausmaßes detektiert werden. Dabei unterstützt die optische Kamera mit einer Auflösung von immerhin 40 x 40 Quadratmetern pro Pixel die Infrarotkameras. Bei der Charakterisierung der Aufnahmen helfen zusätzlich spezielle Algorithmen für die Erkennung von Wolken, Wasser und eben Feuer.

Der Klimawandel sorgt in vielen Regionen der Welt für verlängerte Waldbrandperioden und eine höhere Zahl solcher Brände. Neben den jährlichen großen Vegetationsbränden im Südwesten Australiens und dem Westen der USA sind auch europäische Länder wie Deutschland immer stärker durch Großfeuer gefährdet. Die TUBIN Mission soll nun verstärkt europäische Waldbrände beobachten.

- > [Video vom Start](#)
- > [Weitere Informationen](#)

ANZEIGE

Optik & Beleuchtung

**KUNSTSTOFF
INSTITUT
LÜDENSCHIED**

Ihr Partner für innovative Lösungen

Kunststoff-Institut Lüdenscheid | Karolinenstr. 8 | 58507 Lüdenscheid | +49 (0) 23 51.10 64-191 | mail@kimw.de | www.kimw.de

shutterstock.com/Who_is_Danny



Verbesserte Ladefähigkeit von Batterien durch laserbasiertes Verfahren

Halbzeit beim Forschungsvorhaben „structur.e“ an der Hochschule Aalen mit vielversprechenden Ergebnissen nach knapp zwei Jahren Projektdauer: Die beiden Forscher-Teams vom LaserApplikationsZentrum (LAZ) und dem Institut für Materialforschung (IMFAA) Aalen beschäftigen sich in diesem vom Bundesministerium für Wirtschaft (BMWi) mit rund einer Million geförderten Projekt mit der Frage, wie sie die Schnellladefähigkeit von Lithium-Ionen-Batterien verbessern können – etwa um lästige Wartezeiten an den Ladesäulen für Elektroautos zu verkürzen. Sie setzen dabei unter anderem auf ein laserbasiertes Verfahren, das bereits zum Patent angemeldet wurde. Vor allem die Autoindustrie brauche für den wachsenden Markt der Elektromobilität Traktionsbatterien, die möglichst viel Energie in möglichst kurzer Zeit aufnehmen könnten. Wie schafft man es also, mehr Energie in noch kürzerer Zeit in eine solche Batterie zu bekommen? Die Forscher haben auf der Suche nach der Antwort eine ganze Reihe von Versuchen durchgeführt u. a. haben sie mit dem Laser die Oberflächen der Elektroden im Innern der Batterien aufgeraut und perforiert, um den Austausch der Lithium-Ionen zwischen den Elektroden beim Be- und Entladen zu verbessern. Untersuchungen zur Schnellladefähigkeit deuten darauf hin, dass die so bearbeiteten Batterien spürbar schneller geladen werden können.

> [Weitere Informationen](#)

Smarte Optiken mit Nanostrukturen für kostengünstiges Lichtmanagement

Rund ein Fünftel des weltweiten Energieverbrauchs entfällt auf die Beleuchtung. Ob in Fußballstadien, öffentlichen und privaten Gebäuden oder Fahrzeugen – gefragt sind smarte, kostengünstige Lichtmanagementsysteme, die den Beleuchtungsbedarf erkennen und darauf reagieren. In solchen Systemen werden lichtlenkende Optiken verwendet, die über komplexe, dreidimensionale Oberflächenstrukturen verfügen. Ein Team am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT entwickelte ein neues Verfahren, das die Fertigung von Lichtmanagement-Optiken deutlich kostengünstiger macht. Auch in der Mikrofluidik und zur Herstellung antibakterieller Oberflächen ist die Anwendung des Verfahrens möglich.

Ein gutes Lichtmanagementsystem gibt Licht nur dorthin ab, wo es tatsächlich benötigt wird und steuert gleichzeitig auch die Beleuchtungsintensität. Die Optiken solcher Systeme müssen das Licht je nach Bedarf lenken und streuen. Dazu werden die Optikoberflächen üblicherweise mit Nanostrukturen versehen, die das Licht in gewünschter Weise leiten.

Im Forschungsprojekt »INTENSE« entwickelte ein Team des Fraunhofer IPT gemeinsam mit Projektpartnern einen neuen Prozess zur Herstellung von Optiken mit solchen Nanostrukturen für den Einsatz in Lichtmanagementsystemen. Das Ergebnis am Ende des Projekts waren komplexen Nanostrukturen, die gleich mehrere Funktionen, etwa Streuung bei gleichzeitiger Lenkung, übernehmen können. Durch Spritzguss lassen sich die Optiken auch kostengünstig und in Serie herstellen.

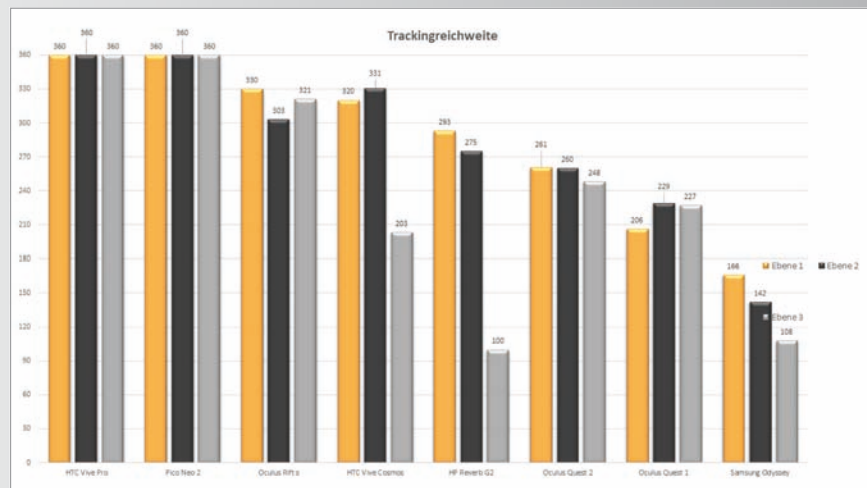
> [Weitere Informationen](#)



Head-Mounted Displays im direkten Vergleich: Welches System hat die beste Reichweite und Präzision?

Das Virtual Dimension Center (VDC) Fellbach hat eine aktualisierte Messung für die Genauigkeit der Trackingreichweite sowie die räumliche Präzision bei VR-Trackingsystemen vorgenommen. Die bisherige Testreihe wurde um zusätzliche Systeme ergänzt, sodass mittlerweile Vergleichswerte für neun Systeme vorliegen. Die Ergebnisse werden in den aktualisierten Werkstattberichten #02 und #06 des Projekts Applikationszentrum V/AR vorgestellt.

> [Weitere Informationen](#)



ANZEIGE



Aktives Ausrichten von Kameramodulen mit unserem Einstiegsystem

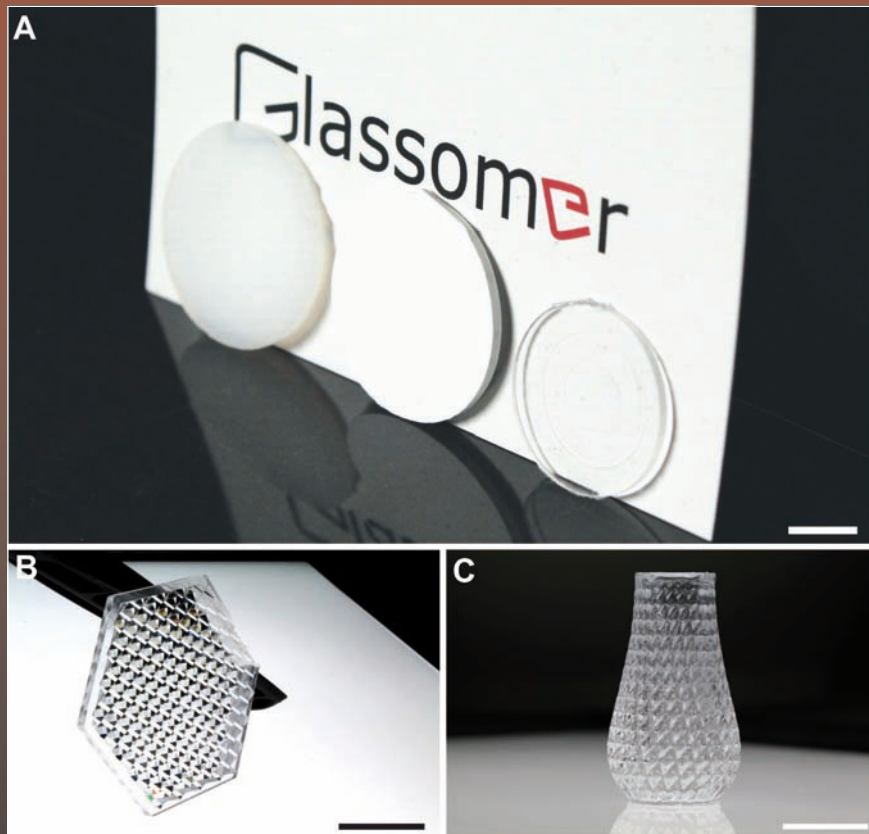
ProCam® Lab

Mit ProCam® Lab bieten wir die ideale Lösung für unsere Kunden, die die kritische Herausforderung des aktiven Ausrichtens und die Fertigung von hochpräzisen Kameramodulen von geringen Stückzahlen meistern wollen. Dies erleichtert den Einstieg in das Kamerageschäft erheblich und die Prototypen können für die spätere Serienproduktion optimiert werden.



www.trioptics.com
A member of the JENOPTIK Group

Thermoplastische Nanomaterialien für die Massenfertigung transparenter Gläser



Autoren:
Frederik Kotz und Markus Mader
Glassomer GmbH

Glas ist eines der ältesten Werkstoffe der Menschheit und zeichnet sich durch eine hohe Transparenz sowie hohe chemische, mechanische und thermische Stabilität aus. Aufgrund dieser Eigenschaften sind Gläser jedoch schwierig zu verarbeiten und benötigen zeit- und energieintensive Schmelz-, Schleif- oder Ätzprozesse. Besonders komplexe dreidimensionale oder mikroskopische Strukturen sind oft nicht oder nur über komplizierte, langsame Verfahren, die nicht-massenfertigungstauglich sind, herstellbar. Im letzten Jahrhundert gab es kaum Innovation im Bereich der Glasverarbeitung – ganz anders als bei der Kunststoffverarbeitung: Mit dem Spritzguss wurde ein hocheffizientes Verfahren entwickelt, welches es ermöglicht große Stückzahlen schnell, kosten- und energieeffizient herzustellen. Dies sorgt dafür, dass heutzutage oftmals Kunststoffe verwendet werden, auch wenn Gläser – insbesondere in der Optik und Photonik – deutlich bessere Eigenschaften aufweisen.

Hier setzt die neuartige und patentierte Technologie der Glassomer GmbH an. Die Glassomer GmbH hat neue Nanomaterialien, die sogenannten „Glassomere“ entwickelt, welche bis zu 60 vol% aus Glaspulver in einer Kunststoffmatrix bestehen. Diese Materialien können mittels klassischer Verfahren der Kunststofftechnik, z.B. 3D Druck^{1,2}, Gussverfahren³ oder subtraktiver Verfahren⁴ in Form gebracht werden. In einer thermischen Nachbehandlung, analog zu bereits etablierten Keramik-Verarbeitungsprozessen, werden die geformten Glassomere durch Entbinderung und Sintern bei 1300 °C zu einem hochreinen und transparenten Quarzglas umgewandelt (siehe Abb. 1). Die Glassomer Technologie ermöglichte erstmals die hochaufgelöste dreidimensionale Formgebung von transparentem Glas. Bisher wurde die Technologie v.a. für Prototypen und Kleinserienfertigung eingesetzt. Durch die Entwicklung der neuesten, auf thermoplastischen Kunststoffen basierenden Glassomer Generation⁵, kann dieser Prozess nun auch für den, bei Kunststoffen bereits wohl bekannten, Spritzguss eingesetzt werden. Dadurch werden reine Quarzgläser erstmals für die industrielle Massenfertigung zugänglich gemacht.

Abb. 1: Der Glassomer Prozess zur Strukturierung von transparentem Quarzglas. (A) Die Glassomer Nanomaterialien erlauben die Formgebung mittels herkömmlicher Polymerprozesstechnologien (Grünling, linke Scheibe). Durch einfache Entbinderungsprozesse wird der Kunststoffbinder entfernt (Braunling, mittlere Scheibe) und nach Sintern bei 1300 °C wird transparentes Quarzglas erhalten (rechte Scheibe). Maßstabsbalken: 10 mm. (B) Quarzglas Reflektor über UV-Casting hergestellt. Maßstabsbalken: 25 mm. (C) Quarzglasvase über Stereolithographie 3D-Druck hergestellt. Maßstabsbalken: 25 mm.

Glassomere für den Spritzguss

Um die effiziente Massenfertigung der Glassomer Technologie zu ermöglichen wurden neue thermoplastische Glassomere (Granulate) entwickelt, welche mittels klassischem Kunststoffspritzguss verarbeitet werden können. Das Glassomer-Granulat kann analog zu Kunststoffen bei geringen Temperaturen im Bereich 130–150 °C aufgeschmolzen und verarbeitet werden (siehe Abb. 2A). Dabei benötigt der Prozess keine speziellen Maschinen, sondern kann auf bereits etablierten kunststoffverarbeitenden Maschinen

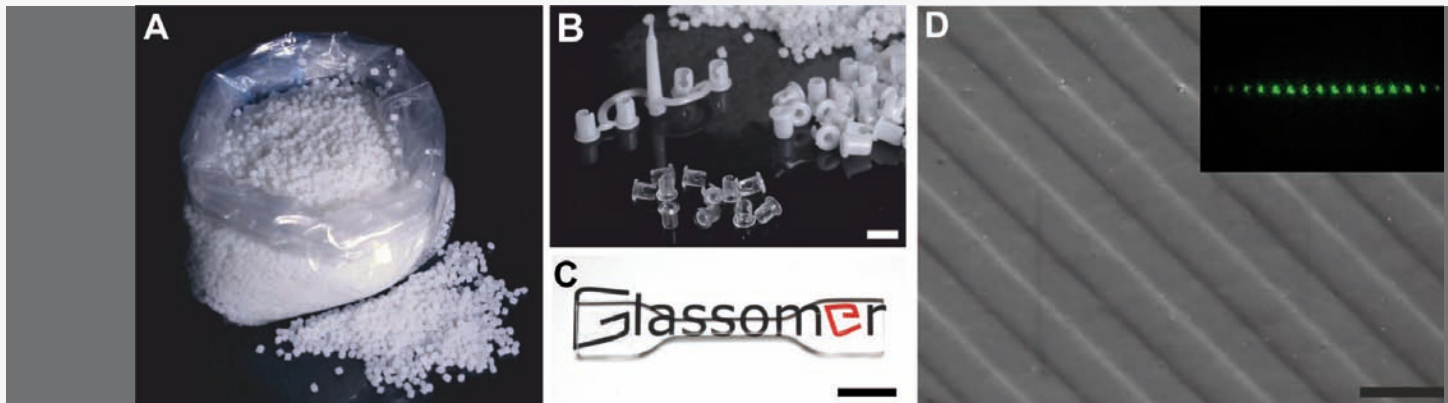


Abb. 2: Thermoplastische Glassomere für den Spritzguss: (A) Glassomer-Granulat für den Spritzguss von Glasbauteilen im Hochdurchsatz. (B/C) Exemplarische gespritzte und gesinterte Glasbauteile. Maßstabsbalken: 10 mm. (D) Elektronenmikroskopieaufnahme einer spritzgegossenen, mikrostrukturierten Quarzglasstruktur. Bei Durchleuchtung mit einem Laser erscheint das charakteristische Diffraktionsmuster der Optik. Maßstabsbalken: 20 μm .

eingesetzt werden. Der Spritzguss der Glassomere ermöglicht die Formgebung komplexer Glaskomponenten vollautomatisiert in wenigen Sekunden. Die geformten Bauteile werden anschließend durch einfache und schnelle Entbinderungsprotokolle von der organischen Binder Matrix befreit, ohne dass dabei die Form der Komponenten beeinträchtigt wird. Ein Großteil des organischen Binders wird hierbei wiedergewonnen, wodurch CO₂ Emissionen des Prozesses deutlich verringert werden. Die Verdichtung der Pulver findet abschließend in einem Sinterschritt statt. Die benötigten Temperaturen liegen hierbei signifikant unterhalb der Schmelztemperatur von Quarzglas, wodurch der Prozess zudem signifikante Mengen an Energie einspart. Erste Kalkulationen zeigen, dass der Energieverbrauch im Vergleich zu Schmelzprozessen allein im Sinterschritt potentiell um mehr als

40 % gesenkt werden kann. Der Prozess erlaubt die Fertigung makroskopischer Glasbauteile mit Wandstärken bis 1 cm sowie auch die Herstellung von Mikrostrukturen in Quarzglas mit einer Auflösung von bis zu 1 μm (Abb. 2B-D).

Eigenschaften von gesintertem Glassomer Glas

Das gesinterte Glas aus dem Glassomer Prozess lässt sich chemisch und physikalisch nicht von kommerziellem Quarzglas unterscheiden. Sintern der Glassomere führt zu einem amorphen Glas mit voller Dichte ($2.204 \pm 0.002 \text{ g/cm}^3$) und hoher optischer Transparenz mit Transmissionen von > 90 % im sichtbaren und infraroten Spektrum von 400 – 3400 nm sowie > 80 % im ultravioletten Spektrum bei 200 nm (Abb. 3A). Die Qualität der gesinterten Glasoberflächen hängt ausschließlich von der Qualität des Formwerkzeuges ab. Formwerkzeuge mit Hochglanzpolitur ermöglichen hohe optische Oberflächenqualitäten mit Rauheiten $R_q < 5 \text{ nm}$ – ohne die in der Glasindustrie üblichen Nachbearbeitungsprozesse wie Schleifen und Polieren.

Referenzen

1. Kotz, F. et al. Three-dimensional printing of transparent fused silica glass. *Nature* 544, 337–339 (2017).
2. Kotz, F. et al. Two-Photon Polymerization of Nanocomposites for the Fabrication of Transparent Fused Silica Glass Microstructures. *Adv. Mater.* 33, 2006341 (2021).
3. Kotz, F. et al. Liquid Glass: A facile soft replication method for structuring glass. *Adv. Mater.* 28, 4646–4650 (2016).
4. Kotz, F. et al. Glassomer-Processing fused silica glass like a polymer. *Adv. Mater.* 30, 1707100 (2018).
5. Mader, M. et al. High-throughput injection molding of transparent fused silica glass. *Science* 372, 182–186 (2021).

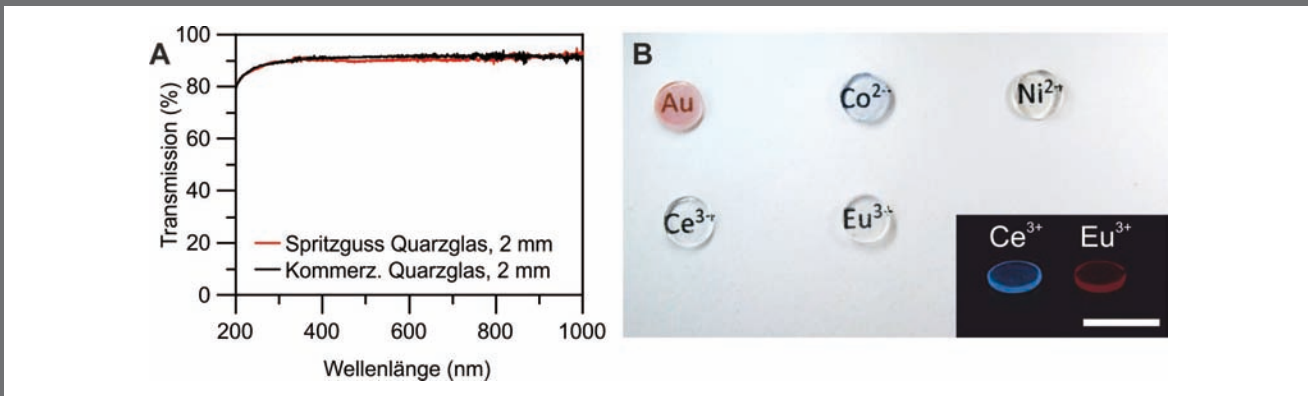


Abb. 3: Optische Eigenschaften der gesinterten Glassomere: (A) UV/Vis Transmissionsmessungen von gesintertem Glassomer im Vergleich zu kommerziell erhältlichem Quarzglas. (B) Dotieren mit Metallsalzen ermöglicht die Herstellung binärer Quarzgläser über Spritzguss, wodurch unter anderem farbige oder unter UV Licht lumineszierende Gläser möglich sind. Maßstabsbalken: 10 mm.

Binäre Quarzgläser

Binäre Quarzgläser, mit einstellbaren Eigenschaften, lassen sich durch das Einbringen von Metallsalzen herstellen (Abb. 3B). Dotieren der Komposite mit beispielsweise Gold- oder Kobaltsalzen führt nach dem Sintern zu rot bzw. blau gefärbten Gläsern. Einbringen von Kationen seltener Erden wie Cer oder Europium führt zu transparenten, farblosen Gläsern mit lumineszierenden Eigenschaften. Für UV-Filter Applikationen wird mit Nickelsalz dotiert wodurch das transparente Glas im ultravioletten Spektrum bei Wellenlängen < 300 nm intransparent wird.

in transparentes Quarzglas umgewandelt. Die Eigenschaften des so erhaltenen Glases entsprechen den Eigenschaften gängiger hochreiner, kommerziell erhältlicher Quarzgläser. Die Anwendungen im Bereich Optik und Photonik sind vielseitig: Von Beleuchtungsoptiken für die UV-Desinfektion oder im Automobilbereich, bis hin zu refraktiven und diffraktiven Linsenarrays für Präzisionsanwendungen. Durch die Biokompatibilität der Gläser eröffnen sich außerdem interessante Anwendungsgebiete im Bereich Biochips und Diagnostik, durch die thermische und chemische Stabilität ergeben sich weitere Möglichkeiten im Bereich Sensorik und chemischer Hochdurchsatzsynthese.

Zusammenfassung

Die Entwicklung thermoplastischer Glas-Nanokomposite, der sog. Glassomere, ermöglicht erstmals die Massenfertigung transparenter, komplexer Quarzglaskomponenten auf sowohl makroskopischer als auch mikroskopischer Skala mittels herkömmlicher Spritzgusstechnologien. Die spritzgegossenen Komposite werden durch einen Entbinderungs- und Sinterprozess

Autoren



Frederik Kotz



Markus Mader

Glassomer GmbH

Georges-Köhler-Allee 103
79110 Freiburg im
Breisgau / Germany
Tel. +49 761 203 7355

Fraunhofer IWS erprobt tausendfach schnellere Strahlformung

Online-Webinar und -Konferenz bieten Einblicke in erste Ergebnisse

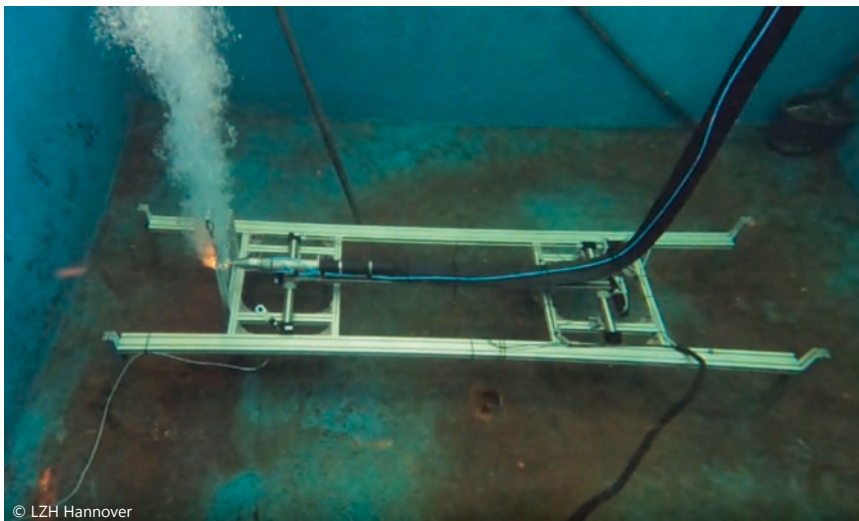
Das Fraunhofer IWS wird am 14. September 2021 den am Dynamic Beam Faserlaser interessierten Partnern aus Industrie und Forschung in einem Webinar vorstellen.

Dann wird es möglich sein, den Einsatz des CBC-Faserlasers für eigene Anwendungen beim Fraunhofer IWS zu erproben. Erste Erkenntnisse aus ihren Testreihen stellen die Fraunhofer-Wissenschaftler vom 7. bis 9. Dezember 2021 einem breiteren Fachpublikum bei der kombinierten Online-Veranstaltung Laser Symposium / ISAM 2021 in Dresden vor.

Laser-Experten aus Sachsen und Israel erproben derzeit gemeinsam am Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS in Dresden einen neuartigen Laser für den Industrieinsatz. Das System basiert auf der für Hochleistungslaser noch jungen Methode des »Coherent Beam Combinings« (CBC). Der 13-Kilowatt-Laser kann im laufenden Betrieb besonders schnell verschiedene Energieverteilungsmuster erzeugen und dadurch selbst anspruchsvolle Hightech-Materialien sehr präzise und schnell bearbeiten. Die Fraunhofer-Forscher wollen die innovative Lasertechnik aus Israel demnächst auch weltweit Unternehmen zur Verfügung stellen. Innerhalb eines europäischen Netzwerkprojekts untersucht das Fraunhofer IWS bereits mit dem Laserhersteller Civan Lasers und A. Kotliar Laser Welding Solutions die um ein Tausendfaches beschleunigte Strahlformung erstmals für das Additive Manufacturing.

[> Weitere Informationen](#)

Filteraufwand beim Reaktorrückbau durch Laserstrahlschneiden reduzieren



© LZH Hannover

Erfolgreicher Test im Unterwassertechnik Hannover, bei vier Metern Wassertiefe konnten die Wissenschaftler Edelstahlbleche erfolgreich durchtrennen.

Immer mehr Atomkraftwerke erreichen ihre maximale Lebensdauer oder werden durch den Atomausstieg stillgelegt. Um bei Demontagearbeiten den zusätzlichen Aufwand der Wasserfilterung beim direkten Rückbau zu reduzieren, haben Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Laser Zentrum Hannover e.V. (LZH) ein laserbasiertes Schneidverfahren entwickelt und validiert. Mit diesem gelangen beim Zerschneiden der Reaktorbehältereinbauten bis zu 95 Prozent weniger radioaktiv kontaminierte Sekundärabfälle ins Wasser.

[> Weitere Informationen](#)

MINIATUR- SPEKTROMETER fürs Smartphone

Gefälschte Arzneimittel enttarnen? Wasserproben selbst untersuchen? Die Luftqualität überprüfen? All das könnte künftig per Smartphone möglich sein – schnell, kostengünstig und unkompliziert. Möglich macht es ein nur ein Gramm schweres Spektrometer des Fraunhofer-Instituts für Elektronische Nanosysteme ENAS, das sich künftig über herkömmliche Chiptechnologien für etwa einen Euro in Massen produzieren lassen soll.

„Unser Infrarot-Spektrometer wiegt nur etwa ein Gramm und soll perspektivisch nicht mehr kosten als einen Euro“, sagt Dr. Alexander Weiß, Abteilungsleiter am Fraunhofer ENAS. „Damit ließe es sich beispielsweise in Smartphones integrieren.“

Zum Vergleich: Bisher wiegen Infrarot-Spektrometer einige Kilogramm, die Kosten liegen bei einigen Tausend Euro. Zwar gibt es bereits transportable Geräte, die etwas weniger auf die Waage bringen. Doch auch diese sind für den Massenmarkt ungeeignet – sowohl hinsichtlich der Kosten und der Größe als auch, was die Bedienung und Auswertung der Ergebnisse angeht.

Erste Spektrometer-Chips haben die Forscher bereits hergestellt, der Proof-of-Concept ist erbracht. Nun stehen

verschiedene Charakterisierungen auf dem Programm: Bewegen sich die einzelnen Komponenten wie gewünscht? Wird das Licht, das in die Wellenleiter eingekoppelt wird, in ausreichendem Maß weitergeleitet?

Das entsprechende Equipment für diese Charakterisierungen wurde von der Forschungsfabrik Mikroelektronik finanziert. Laufen diese Untersuchungen wie erhofft, könnte das Spektrometer in etwa zwei Jahren den Weg in den Massenmarkt finden.

[> Weitere Informationen](#)

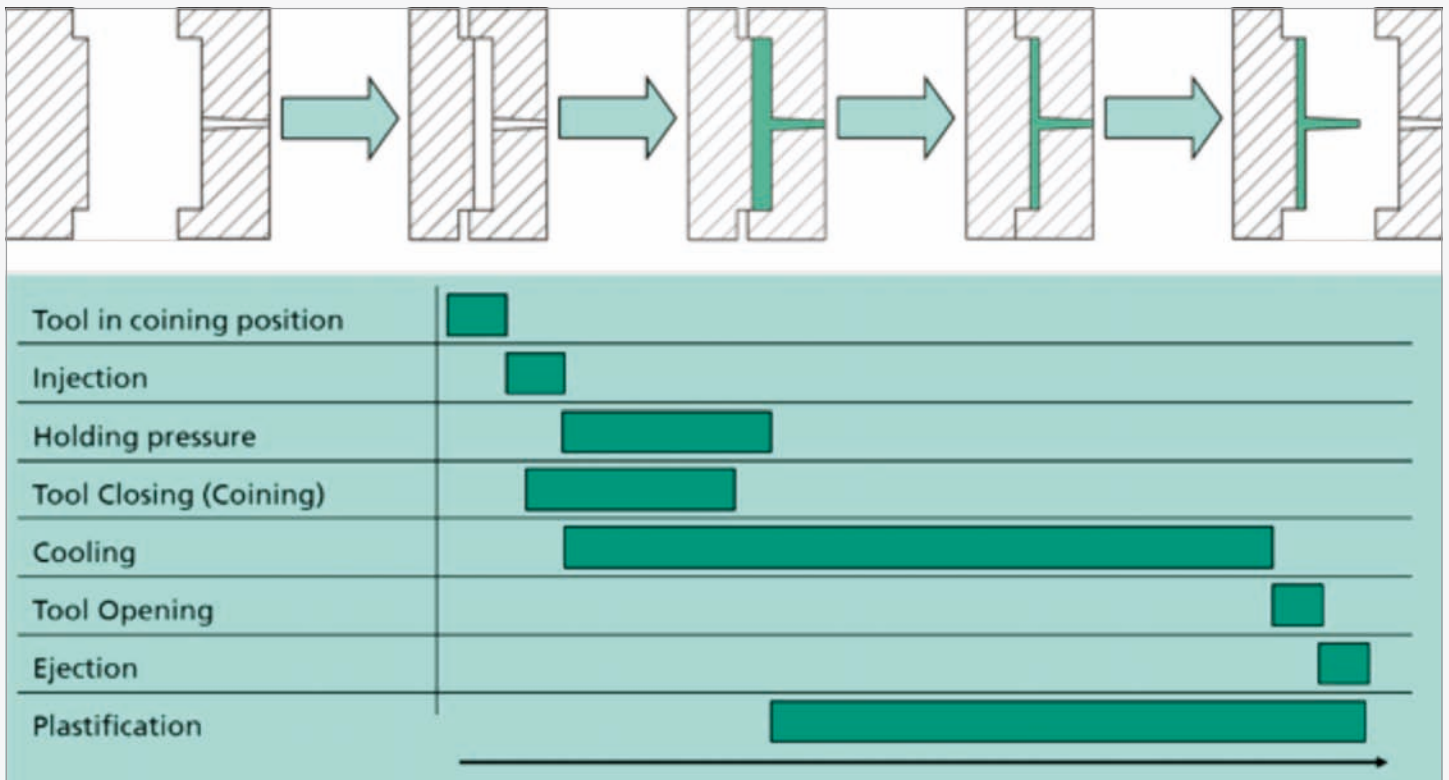
Kunststofflinsen für kostengünstigere Head-Up-Displays

Autor: Hendrik Möller
Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT



Fahrer von Nutzfahrzeugen verlassen sich heute darauf, dass die Bordelektronik ihnen verlässliche Informationen liefert. Die fortschreitende Digitalisierung führt inzwischen auch bei sogenannten Off-Highway-Vehicles wie Landmaschinen, Bulldozern oder Gabelstaplern dazu, dass immer mehr Informationen rund um das Fahrzeug und die Umgebung gesammelt, verarbeitet und bereitgestellt werden können. Damit der oder die Fahrzeugführende einen Mehrwert aus all diesen Informationen ziehen kann, müssen diese gut sichtbar angezeigt werden. Das Platzangebot in der Fahrerkabine ist jedoch eher gering, und so stoßen Bildschirm Lösungen schnell an ihre Grenzen. Augmented-Reality-Lösungen in Form von Head-Up-Displays (HUD) können hier von großem Nutzen sein.

Um den Bauraum, das Gewicht und nicht zuletzt auch die Herstellungskosten gering zu halten, können herkömmliche Glaslinsen für HUDs durch Kunststofflinsen ersetzt werden. Im ZIM-Forschungsprojekt »ARHO« hat das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT ein neues Verfahren zur Herstellung einer Fresnellinse aus Polycarbonat, die sich für den Einsatz in solchen Head-Up-Displays



© Fraunhofer IPT

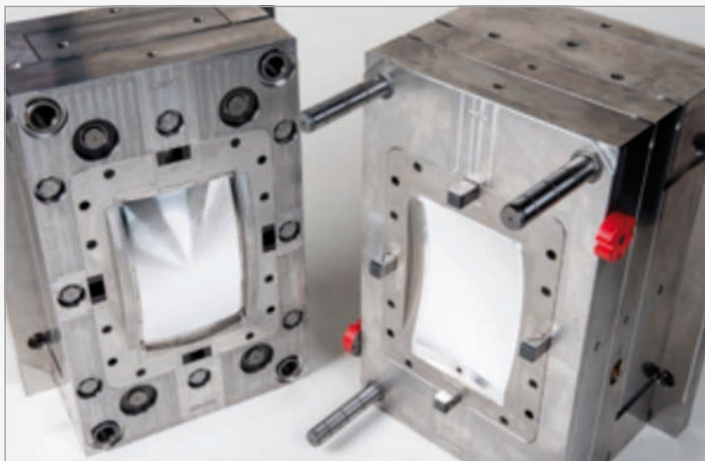
Abbildung 1: Schematische Darstellung des Spritzprägeprozesses

eignet, entwickelt. Dazu wurde ein innovatives optisches System ausgelegt und dessen Linse in einem Spritzprägeprozess repliziert.

Im Vergleich zum herkömmlichen Spritzgießen, bei dem die Kavität ein definiertes, unveränderliches Volumen aufweist, kann beim Spritzprägen das Volumen der Kavität noch während des Einspritzens verändert werden. In der Regel wird in eine vergrößerte Kavität eingespritzt, die zum Ende des Einspritzens auf das erforderliche Endmaß zugefahren wird und auf diese Weise das Kunststoffbauteil prägt. Dieses Spritzprägeverfahren wird Schließprägen genannt. Der Vorteil dieses Prozesses ist, dass die Schwindung des Materials durch das Prägen ausgeglichen wird und daher ein wesentlich niedriger Nachdruck ausreicht, um das Zurückströmen der Schmelze zu verhindern. Dies führt im Vergleich zum konventionellen Spritzgießen zu einem niedrigeren allgemeinen Druckniveau sowie einer gleichmäßigeren Druckverteilung in der Kavität. Die

daraus resultierenden geringeren Scherkräfte rufen weniger scherinduzierte Orientierungen der Molekülketten und Nachdruckorientierungen hervor. Diese Orientierungen führen zu inneren Spannungen in der Linse, die die optische Funktion trotz Einhaltung der Toleranzen beeinträchtigen.

Das Spritzprägewerkzeug, das in diesem Projekt am Fraunhofer IPT entwickelt wurde, verfügt über einen Federkavitätenrahmen, der die zusätzliche Prägekinematik ermöglicht. Der Prägehub wird über die Hauptachse der Maschine ausgeführt, die Federn stellen sicher, dass die Kavität vor dem Prägen vollständig abgedichtet ist. Außerdem ist das Werkzeug mit einem Heißkanal ausgestattet, der das dezentrale Anspritzen der Linsen ermöglicht. Für eine sichere Entformung ist eine Druckluftunterstützung im Werkzeug vorgesehen, die dabei hilft, die fertigen Optiken aus der Form zu lösen, ohne eingebrachte Mikrostrukturen zu beschädigen.



© Fraunhofer IPT

Abbildung 2: Spritzprägewerkzeug mit ultrapräzisionsbearbeitetem Formeinsatz

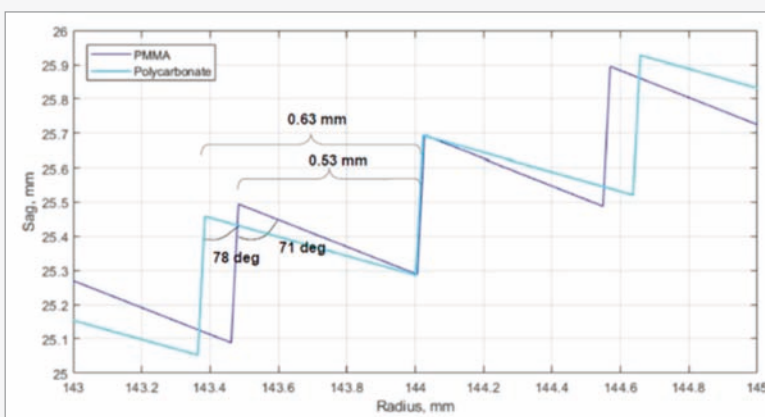
Bei der Auslegung der Fresnellinse, die in Zusammenarbeit mit dem schwedischen Anbieter für Head-Up-Displays Optea AB und dem Aachener Optik-Werkzeugbauunternehmen Innolite GmbH durchgeführt wurde, wurden zunächst zwei geeignete Linsenmaterialien definiert: Polycarbonat (PC) und Polymethylmethacrylat (PMMA). Für die Realisierung eines HUD, welches eine großflächige Mikrostruktur erfordert, ist PC besser geeignet. Aufgrund seines höheren Brechungsindex ist eine geringere Anzahl an Fresnelstufen notwendig, was sowohl den Werkzeugbau als auch den Abformprozess vereinfacht. Die zu replizierenden Strukturen wurden von Innolite mittels Ultrapräzisionstechnik in Aluminiumformeinsätze gedreht. Dabei entsteht prozessbedingt ein Radius im

Grund der Fresnelstufe von $10\ \mu\text{m}$. Dieser Radius dient für die spätere messtechnische Beurteilung als Qualitätsindikator.

Für eine reproduzierbar gute Replikation haben sich eine stabile Temperaturführung und ein möglichst später Prägezeitpunkt als wichtige Faktoren erwiesen. Durch den Heißkanal ist der Wärmeeintrag in das Werkzeug im Vergleich zu einem Kaltkanalwerkzeug deutlich höher, sodass eine besonders leistungsstarke Werkzeugtemperierung erforderlich ist, die die Wärme abführt. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass die Prägekinematik, die in enger Toleranz gefertigt ist, funktionstüchtig bleibt. Hohe Werkzeugtemperaturen und eine lange vergrößerte Kavität erleichtern das Füllen des Bauteils; das späte und schnelle Prägen führt dann zu einer guten Abformung der Mikrostrukturen.

Die Beurteilung der Replikationsgüte erfolgt in zwei Schritten: Zunächst wurden Silikonabdrücke der Fresnelstrukturen mikroskopisch untersucht, um die Formabweichung der Bauteile vom Idealteil zu bestimmen. Dabei wurde vor allem der Radius, der auf den Spitzen der Strukturen entsteht, gemessen. Mithilfe geeigneter Prozessparameter konnte der Radius auf unter $45\ \mu\text{m}$ reduziert werden. In einem weiteren Schritt testeten die Aachener Forscher*innen die Funktion der Optiken anhand von Testbildern, um Replikationsfehler sichtbar zu machen.

Abbildung 3: Vergleich der Fresnelstufen bei PMMA und PC



© Fraunhofer IPT

Dazu wurde ein optisches Testsystem aufgebaut, mit dem sich die Abbildungsqualität anhand verschiedener Farben und Muster bewerten lässt. Als Beurteilungskriterien dienten hier vor allem die Schärfe des Bildes und die Gleichmäßigkeit der Abbildung in den Randbereichen.

Neben den Vermessungen in Laborumgebung erfolgte abschließend eine Qualifizierung im Feldversuch. Dazu setzten die Projektpartner ein Prototypensystem in der Fahrerkabine einer Landmaschine ein, um die Neuentwicklung in der praktischen Anwendung zu testen. Auf diesem Weg konnte das optische System erfolgreich integriert und getestet werden. Im nächsten Schritt soll das Produkt gemeinsam mit den Partnern zur Serienreife gebracht werden.

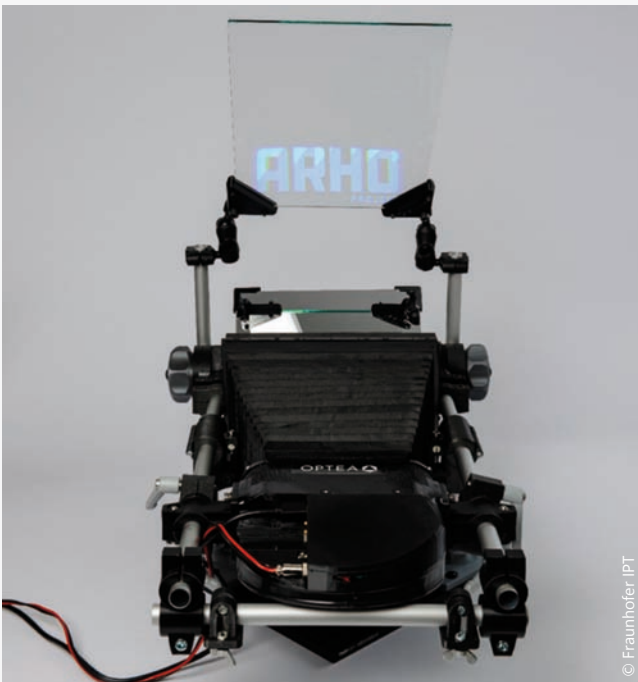


Abbildung 4: Optisches Testsystem zur Beurteilung der Abbildungsqualität

Fraunhofer-Institut für
Produktionstechnologie IPT

Hendrik Möller M.Sc.
Steinbachstraße 17
52074 Aachen
Telefon: +49 241 8904-412

ANZEIGE

OPTIK IST UNSERE ZUKUNFT



LASEROPTIKEN von Edmund Optics®

Edmund Optics® bietet eine Vielzahl optischer Komponenten ideal für Laseranwendungen.

- ✓ **Modernste Messtechnik zur konsequenten Einhaltung der Spezifikationen**
- ✓ **Versandfertige Standardkomponenten & kontinuierliche Erweiterung des Portfolios**
- ✓ **Kundenspezifisches Design & Fertigung bis zur Serienproduktion**
- ✓ **Innovative Partner im Bereich High-End-LIDT-Technologien**

Erfahren Sie mehr über
Laseroptiken von EO unter:

www.edmundoptics.de/LO

+49 (0) 6131 5700 0
sales@edmundoptics.de

EO® **Edmund**
optics | worldwide

INFRAROT-DETEKTOR für Smartphones und autonome Fahrzeuge

Jülicher Forscher haben gemeinsam mit italienischen und deutschen Kollegen einen besonders preiswerten Infrarot-Detektor entwickelt, der sich gut in bestehende Kamerachips und Smartphones integrieren lässt. Der neue Sensor macht gleich zwei technisch wichtige Bereiche der Infrarot-Strahlung sichtbar, die bisher von konventionellen Photodioden nicht abgedeckt wurden.

Die Basis für den neuen Detektor bildet eine dünne Schicht aus Silizium, dem Standardmaterial für Computerchips. Darauf werden weitere Lagen von Halbleitermaterialien abgeschieden, welche die Elemente Germanium und Zinn enthalten, im Periodensystem alle in derselben Hauptgruppe stehen wie Silizium. Weil sie auf Silizium basieren, lassen sie sich auch ohne größere Probleme auf bestehenden Chips integrieren.

So kann man aus den verschiedenen Halbleiter-Schichten Pixel auf Fotochips für Digitalkameras fertigen – die dann in der Lage sind, die gleichen Bilder in verschiedenen Bereichen des Infrarot-Spektrums aufzunehmen. Eine Besonderheit des Detektors ist dabei: er ist für zwei verschiedene Bereiche des infraroten Spektrums empfänglich. Dazu muss die Vorspannung, die an ihm anliegt, einfach nur umgepolt werden – und schon schaltet das Bauteil vom Nahen Infrarot (NIR) auf Kurzwelliges Infrarot (SWIR) um.



- > [Originalpublikation](#)
- > [Weitere Informationen](#)

Optronia macht digitale Rehkitz-Rettung möglich



© www.ingo-bartussek.de / stock.adobe.com

Das Innsbrucker Start-up Optronia hat sich auf die Entwicklung und Integration optischer Sensortechnik spezialisiert und sich dem verbreiteten Problem des Todes von Rehkitzen beim Einsatz von Mähmaschinen angenommen.

Der Tod von Rehkitzen während des Mähvorgangs ist nicht „nur“ ein moralisches Problem im Hinblick auf das Tierwohl. Auch wirtschaftlicher Schaden ist damit verbunden. Gerät ein Rehkitz in die Mähmaschine, wird die Ernte kontaminiert. Bei der Verwendung von Heu und Silo als Tierfutter droht dann die Gefahr, bakterielle Gifte vom Aas auf Stalltiere zu übertragen. Lösung bietet ein System von Optronia entwickeltes System. Mähmaschinen werden mit elektronischen „Augen“ ausgestattet, die

erkennen können, was sich hinter den Pflanzen verbirgt.

Die Sensoren des Sensosafe getauften Systems werden dazu als Balken vor den Mähwerken eines Mähdreschers oder Traktors montiert. Im Betrieb leuchten sie das Feld in Fahrtrichtung mit infrarotem Licht aus. Werden spezifische Wellenlängen, die mit Tieren assoziiert sind, zurückgeworfen, reagiert das System, das zudem auch die Form des gefundenen Objekts analysiert.

[> Weitere Informationen](#)

Hinterspritzte **OLEDs** für Beleuchtungen an Bedieneinheiten

Autor: Matthias Militsch | Kunststoff-Institut Lüdenscheid



© Kunststoff-Institut Lüdenscheid

Abb. 1: Navigationsblende zum Einsatz im automobilen Interieurbereich

Die KIMW Forschungs-gGmbH beschäftigt sich seit längerem mit der Beleuchtungstechnik an Bedieneinheiten z. B. für automobiler Innenräume. Im nachfolgenden Bericht werden zwei ausgewählte, geförderte Forschungsprojekte vorgestellt.

In automobilen Innenräumen und der Unterhaltungselektronik gewinnt das Lichtdesign mehr und mehr an Bedeutung. Im ausgeschalteten Zustand soll das Design unaufdringlich und elegant wirken, im eingeschalteten Zustand sollen die benötigten Informationen intuitiv und effizient an den Nutzer weitergegeben werden. Touch-Bedienelemente sorgen dafür, dass eine Bedienkonsole ohne Schalter auskommt und sich mit einer ununterbrochenen Oberfläche herstellen lässt.

Ein erstes gefördertes Forschungsprojekt zu dieser Thematik wurde im Jahr 2015 erfolgreich in einem Konsortium mit vier weiteren Partnern, im Rahmen des vom Land NRW sowie der Europäischen Union aus dem EFRE kofinanzierten operationellen Programm für NRW im Ziel 2 „Regionale Wettbewerbsfähigkeit und Beschäftigung“ 2007–2013 gefördertes Projektes „FIM-OLED“.

Der Prozess des Film-Insert-Molding (bedrucken, verformen, stanzen, hinterspritzen) und die sich daraus ergebende Möglichkeit, variabel geformte hochdekorative Kunststoffteile herzustellen, ist heutzutage aus den industriellen Bereichen: Automobilbau, Verbraucher-Elektronik und Elektrotechnik, sowie für Verpackung nicht mehr wegzudenken. Auf der anderen Seite erfreuen sich organische Leuchtdioden (OLEDs) noch immer wachsender Beliebtheit, was sich in stetig wachsenden Marktanteilen in den Bereichen Display- und Beleuchtungsanwendungen widerspiegelt. Diese beiden Schlüsseltechnologien können in „verheirateter“ Form völlig neue Anwendungsfelder erschließen sowie die bereits vorhandenen Marktanteile auf den erwähnten Gebieten ausbauen.

Im Gegensatz zur LED (Punktlichtquelle) emittiert die OLED das Licht flächig. Für Symbolbeleuchtungen bedeutet dies, dass auf Einkoppeloptik, Lichtleiter und Diffusoren sowie die zugehörigen Montageschritte weitestgehend verzichtet werden kann. OLEDs sind bei

geeigneter Materialauswahl mit vielen gängigen Herstellungsverfahren wie z.B. dem Drucken kompatibel. Außerdem werden die von der Automobilindustrie geforderten Helligkeitswerte mit geringen Betriebsspannungen ($< 9V$) erreicht. Herausforderungen bei der Herstellung der OLED auf polymeren Trägern ist jedoch die Empfindlichkeit für Feuchtigkeit, die die OLED zerstören kann. Daher ist zur Realisierung einer langlebigen OLED auf einem Kunststoffsubstrat, die Verwendung von Hochbarriereschichten essentiell und stellt eine der größten Herausforderungen dar. Durch die direkte Integration von OLEDs auf einer Barrierefolie, die anschließend in einem Spritzgießwerkzeug hinterspritzt wird, können variable Anzeigelayouts realisiert werden. Dazu wurden effiziente Schichtstapel der elektronischen Bauteile mit hoher mechanischer und thermischer Belastbarkeit entwickelt. Das System ermöglicht deutlich platz- und gewichtsparendere Bauteildesigns.

Der entwickelte Bauteilaufbau besitzt zwei Folieneinleger

- Rückseitig des Bauteils befindet sich der OLED-Stack, eingebettet in Barrierefolien, die das System gegenüber Feuchtigkeit und Sauerstoff schützen. Seitlich sind metallische Leiterbahnen für die elektrische Kontaktierung aufgedruckt.
- Frontseitig befindet sich eine Dekorfolie, die siebgedruckte Farben für das Design und gedruckte lichtdurchlässige Bereiche in Form der darzustellenden Symbole trägt.

Abbildung 1 zeigt den OLED-Einleger mit 6 mm großen Leuchtpunkten. Beide Folien werden nach weiteren Konfektionierungsschritten in eine Spritzgießform eingelegt und die durchleuchtbare Kunststoffmasse wird zur Bauteilkomplettierung zwischen diesen beiden Folien gespritzt. Wie an dem Demonstratorbauteil (Abbildung 1) – Navigationsblende zum Einsatz

im automobilen Interieurbereich – zu erkennen ist, konnten OLED-Bauteile erfolgreich in Kunststoff-Formteile integriert werden. Geforderte Leuchtdichten in der Größenordnung von bis zu 1200 cd/m^2 für Funktionsbeleuchtungen im Fahrzeug-Interieur lassen sich mit diesem Aufbau bei niedriger Betriebsspannung realisieren.

Das Demonstratorbauteil wurde von einem Projektkonsortium, bestehend aus vier Unternehmen und Forschungseinrichtungen entwickelt und realisiert.

In einem Nachfolgeprojekt wurde eine glasbasierte OLED verformt und in ein Kunststoffbauteil integriert. Die dahinterstehende Anwendung ist ähnlich: Die Bauteile sind mit einer Symbolbeleuchtung ausgestattet und sollen Bedieneinheiten für Haushaltsgeräte oder Automotive Interieur assoziieren. Die OLEDs sind dazu auf einer dünnen, biegbaren Glasfolie mit einer Dicke von $175 \mu\text{m}$ appliziert.

Das Projekt wurde vom Land NRW sowie der Europäischen Union aus dem EFRE-Programm (Operationelle Programm Nordrhein-Westfalens für die Förderung von Investitionen in Wachstum und Beschäftigung aus dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung) gefördert.

Der Bauteilaufbau besteht hier aus einer bedruckten Funktionsfolie, die sowohl Dekor als auch Touch- und Sliderbedienung ermöglicht.

Hierfür sind zahlreiche Drucklagen nötig, die das Dekor mit verschiedenen Tag und Nacht-designs beinhalten als auch elektrisch leitfähige Schichten im Wechsel mit isolierenden Schichten, aber auch andere Schutz- und Barrierschichten. Hier werden dann die OLEDs aufgebracht und mitsamt Folie verformt.

Im ersten Schritt wird die Folie mit einem PC/ABS hinterspritzt (Abbildung 2) und in einem zweiten Schritt mit einem Polyurethanlack überflutet. Dadurch wird die Klavierlackoptik erzielt. Weiterhin sind Strukturen wie Fühlhilfen zur Orientierung in das Werkzeug eingebracht und mit dem Lack abgeformt.

Die besondere Herausforderung bestand darin, neben der Formbelastung für die verwendeten Dünngläser, die Temperatur- und Druckbeständigkeit der OLED über vier Prozessschritte hinweg zu gewährleisten. Der Grenzflächenverbund stellte ebenfalls ein zentrales Thema dar. Der fertige Demonstrator besteht aus 6 Verbundflächen; zählt man die Schichten aus dem OLED- und dem Druckaufbau der Dekorfolie dazu, sind es mehr als 20 Grenzflächen, die im fertigen Demonstrator den Bauteilverbund und die Funktion gewährleisten müssen. Ein Großteil dieser Problemstellungen konnte im Projekt gelöst werden. Die Robustheit und letztlich die Langzeitstabilität der OLEDs bei Einwirkung der beschriebenen Belastungsarten bleibt jedoch weiterhin eine zentrale Herausforderung, die zukünftig durch weitere F&E-Arbeiten zu bewältigen ist.

Das Demonstratorbauteil wurde von einem Projektkonsortium, bestehend aus drei Unternehmen und Forschungseinrichtungen entwickelt und realisiert.

In beiden Projekten wurden die kunststofftechnischen Aspekte im KIMW Technikum umgesetzt. Hier stehen die Maschinen und Anlagen sowie die notwendige Peripherietechnik zur Verfügung.



Abbildung 2: Projektdemonstrator mit integrierter OLED und Touchbedienung im Tagdesign (links) und beleuchtetem Schriftzug im Nachtdesign (rechts)

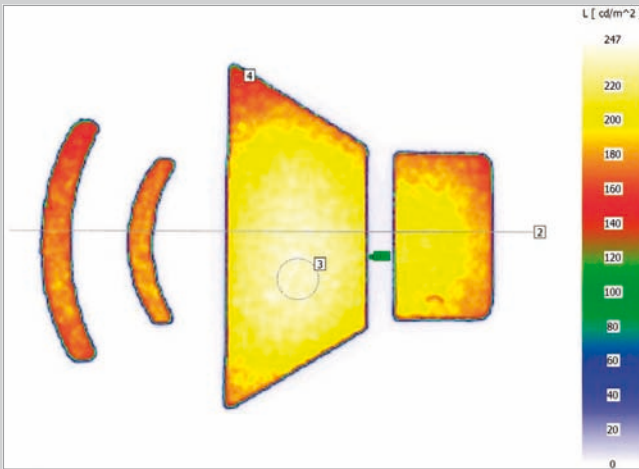


Abbildung 3: Ergebnis der Leuchtdichtemessung der Symbolbeleuchtung aus dem Projekt FIM-OLED

© Kunststoff-Institut Lüdenscheid

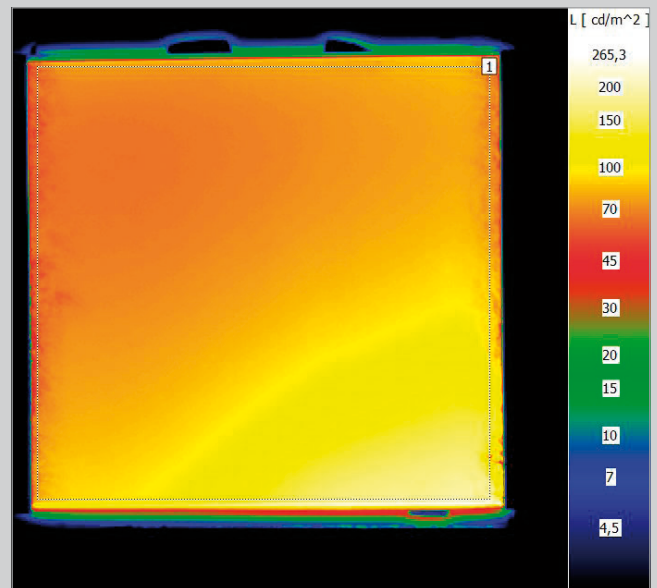


Abbildung 4: Ergebnis der Leuchtdichtemessung der OLED aus dem Projekt DekOLED

Die lichttechnischen Daten der beiden Demonstratoren wurde mit Hilfe einer Leuchtdichtemesskamera auf ihre Leuchtdichte, Gleichmäßigkeit und Farbtreue überprüft. Hierzu steht uns eine LMK5-5 Color des Herstellers Techno-Team zur Verfügung. Die Kamera hat eine Auflösung von 2448 x 2050 Pixel bei einem Dynamikbereich von 1:10.000.000 (~140 dB). Das System wird auf einer optischen Bank betrieben sodass die Kamera auf eine Entfernung von bis zu 2 m vom Bauteil entfernt positioniert werden kann.

Die Auswertung erfolgt mit der Software LMK Labsoft. Vorteil der Software ist die Aufnahme von im s.g. MultiPic Mode, hier werden mehrere Bilder des Messobjektes erzeugt um statistische Fehler einer Einzelmessung auszugleichen. Die Auswertung erlaubt es, mittels verschiedener Darstellungen die Ergebnisse zu visualisieren (logarithmische Skalierungen, Falschfarben und 3D Darstellungen). Die Auswertung der Ergebnisse kann mithilfe von Regionen erleichtert werden.



Weitere Informationen:

KIMW Forschungs-gGmbH
Lutherstraße 7
58507 Lüdenscheid
www.kunststoff-institut.de

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. (FH)
Matthias Militzsch
Tel.: +49 (0) 2351.10 64-105
Mail: militzsch@kimw.de

Beide Projekte wurden gefördert durch:



Die Landesregierung
Nordrhein-Westfalen



Niedersachsen

Erster Quantencomputer wird im Jahr 2025 enthüllt

Erste Prototypen eines Quantencomputers werden in der Region Hannover-Braunschweig bereits getestet und mit rascher Geschwindigkeit weiterentwickelt. Bis 2025 wird im Schulterchluss von Forschung und Industrie der erste Quantencomputer des Landes in Betrieb genommen, über die kommenden 10 Jahre sollen mehr als 1,5 Milliarden Euro in dieses Zukunftsfeld fließen.

Führende Forschungseinrichtungen, Unternehmen und das Land Niedersachsen hatten sich im Oktober vergangenen Jahres zum Bündnis Quantum Valley Lower Saxony (QVLS) zusammengeschlossen, um die Expertise von mehr als 400 Wissenschaftlerinnen und

Wissenschaftlern in den beteiligten Institutionen zu bündeln. Ergänzend zu den Projekten und Investitionen der letzten Jahre von über 220 Millionen Euro haben das Land Niedersachsen und die VolkswagenStiftung im Dezember 2020 der Initiative 25 Millionen Euro als Kernfinanzierung für den Bau eines Quantencomputers bereitgestellt. Diese Summe soll im Rahmen der aktuell laufenden Bundesausschreibungen vervielfacht werden und die technologische Entwicklung weiter beschleunigen.

[> Weitere Informationen](#)



Grundstein für neues Forschungsgebäude gelegt

Fraunhofer IOF bekommt mehr Raum für Quantenforschung

Das Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF bekommt ein neues Forschungsgebäude. Mit zusätzlichen Labor- und Reinraumflächen wird auf dem Jenaer Beutenberg Campus Platz geschaffen für neue Forschungsarbeiten, insbesondere in wichtigen Zukunftsfeldern wie den Quantentechnologien. Am 15.07. erfolgte die feierliche Grundsteinlegung mit ausgewählten Vertretern aus Politik und Wissenschaft. Der neueste Erweiterungsbau des Fraunhofer IOF kostet 23 Millionen Euro und wird zu gleichen Teilen vom Land sowie dem Bund getragen..

[> Weitere Informationen](#)

Erste quantengesicherte Videokonferenz zwischen zwei Bundesbehörden

Initiative QuNET demonstriert Quantenkommunikation

In Bonn haben erstmals zwei deutsche Bundesbehörden quantengesichert per Video kommuniziert. Das Projekt QuNET, eine vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte Initiative zur Entwicklung hochsicherer Kommunikationssysteme, zeigt damit, wie Datensouveränität in Zukunft gewährleistet werden kann. Diese Technologie wird nicht nur für Regierungen und Behörden wichtig sein, sondern auch um Daten des täglichen Lebens zu schützen. Der Clou dabei: Versucht ein Angreifer auf die zur Datenübertragung verwendeten

Schlüssel zuzugreifen, so werden die Lichtteilchen manipuliert. Diese Manipulation kann von Sender und Empfänger nachgewiesen und ein Abhörversuch damit verhindert werden. Der Nachweis beruht dabei auf physikalischen Prinzipien. Wurde ein Lauschangriff entdeckt, wird der Schlüssel verworfen und ein neuer erzeugt. Mittels dieser Strategie wird eine langfristige Sicherheit der vereinbarten Schlüssel erreicht. Damit ist ein neuer Meilenstein für die Vertraulichkeit von Daten in einer digitalen Welt gesetzt.

[> Weitere Informationen](#)

ANZEIGE

HESSEN

TECHNOLOGIELAND HESSEN

VERNETZT.
ZUKUNFT.
GESTALTEN.

technologieland-hessen.de

Informieren, beraten, vernetzen

Das Technologieland Hessen unterstützt Unternehmen dabei, zukunftsweisende Innovationen zu entwickeln. Umgesetzt wird das Technologieland Hessen von der Hessen Trade & Invest GmbH im Auftrag des Hessischen Wirtschaftsministeriums.

Im Innovationsfeld Materialtechnologien unterstützen wir die hessischen Akteure bei der Entwicklung, Fertigung und Anwendung innovativer Materialien. Dabei legen wir einen besonderen Fokus auf Nachhaltige Materialien, Funktionsmaterialien und neue Fertigungsverfahren.

Hessisches Ministerium
für Wirtschaft, Energie,
Verkehr und Wohnen

Projekträger:
Hessen Trade & Invest GmbH

Instagram Facebook Twitter

Termine 2021/2022

Veranstaltung	Datum	Ort
SEPTEMBER 2021		
122. DGaO Jahrestagung	21.–23.09.2021	Bremen
30. Aachener Werkzeugmaschinen-Kolloquium	22./23.09.2021	Aachen/Hybrid
W3+ Rheintal	22./23.09.2021	Dornbirn
AI for Lasertechnology Conference	28./29.09.2021	virtuell
11. Wetzlarer Herbsttagung „Moderne Optikfertigung“	28./29.09.2021	Wetzlar
OKTOBER 2021		
VISION Stuttgart	05.–07.10.2021	Stuttgart
27th International Semiconductor Laser Conference – ISLC2021	10.–14.10.2021	Potsdam
SPIE OPTIFAB	18.–21.10.2021	Rochester
NOVEMBER 2021		
COMPAMED	15.–18.11.2021	Düsseldorf
4. OptecNet Jahrestagung	24.–25.11.2021	Hannover
DEZEMBER 2021		
International Laser Symposium 2021	06.–08.12.2021	virtuell
4th International Symposium Additive Manufacturing	06.–08.12.2021	Dresden
Laser World of Photonics India	16.–18.12.2021	Bengaluru, India

Termine 2022

Veranstaltung	Datum	Ort
JANUAR 2022		
SPIE Photonics West	25.–27.01.2022	San Francisco
MÄRZ 2022		
electronic displays Conference	16.–17.03.2022	Nürnberg
W3+	16.–17.03.2022	Wetzlar
APRIL 2022		
LASER World of Photonics	26.–29.04.2022	München
MAI 2022		
Control	03.–06.05.2022	Stuttgart
SEPTEMBER 2022		
Optatec	27.–29.09.2022	Frankfurt
NOVEMBER 2022		
12. Wetzlarer Herbsttagung „Moderne Optikfertigung“	08.–09.11.2022	Wetzlar

APPLIKATIONEN

SYSTEME FÜR BILDVERARBEITUNG UND MACHINE VISION



Omicron
+49 (0) 6106 8224-0
mail@omicron-laser.de
www.omicron-laser.de

SYSTEME FÜR BIOPHOTONIK, LIFE SCIENCE UND PHARMA



Omicron
+49 (0) 6106 8224-0
mail@omicron-laser.de
www.omicron-laser.de

SYSTEME FÜR DRUCKTECHNOLOGIE UND GRAPHIK



Omicron
+49 (0) 6106 8224-0
mail@omicron-laser.de
www.omicron-laser.de

SYSTEME FÜR FORSCHUNG UND WISSENSCHAFT



Omicron
+49 (0) 6106 8224-0
mail@omicron-laser.de
www.omicron-laser.de

SYSTEME FÜR DIE HALBLEITER INDUSTRIE



Omicron
+49 (0) 6106 8224-0
mail@omicron-laser.de
www.omicron-laser.de

APPLIKATIONEN

SYSTEME FÜR SENSORTECHNOLOGIE



Omicron
+49 (0) 6106 8224-0
mail@omicron-laser.de
www.omicron-laser.de

BELEUCHTUNG



Kunststoff-Institut Lüdenschaid
+49 (0) 2351 1064-191
mail@kunststoff-institut.de
www.kunststoff-institut-luedenschaid.de

INTELLIGENTE SYSTEME ZUR BELEUCHTUNGSSTEUERUNG



Omicron
+49 (0) 6106 8224-0
mail@omicron-laser.de
www.omicron-laser.de

LEDS UND KOMPONENTEN



Omicron
+49 (0) 6106 8224-0
mail@omicron-laser.de
www.omicron-laser.de

BILDGEBUNG

FASEROPTISCHE BELEUCHTUNG



Omicron
+49 (0) 6106 8224-0
mail@omicron-laser.de
www.omicron-laser.de

BILDGEBUNG

LED BELEUCHTUNG



Omicron
+49 (0) 6106 8224-0
mail@omicron-laser.de
www.omicron-laser.de

BIOPHOTONIK UND MEDIZINTECHNIK



Multiphoton Optics
+49 (0) 931 908792 00
info@multiphoton.de
www.multiphoton.de

BIOTECHNOLOGIE

ZELLBIOLOGIE



Omicron
+49 (0) 6106 8224-0
mail@omicron-laser.de
www.omicron-laser.de

MANIPULATIONS-TECHNIKEN

OPTISCHE PINZETTE



Omicron
+49 (0) 6106 8224-0
mail@omicron-laser.de
www.omicron-laser.de

BIOPHOTONIK UND MEDIZINTECHNIK

MEDIZIN

BIOCHEMIE



Omicron
+49 (0) 6106 8224-0
mail@omicron-laser.de
www.omicron-laser.de

DERMATOLOGIE



Omicron
+49 (0) 6106 8224-0
mail@omicron-laser.de
www.omicron-laser.de

HUMANGENETIK



Omicron
+49 (0) 6106 8224-0
mail@omicron-laser.de
www.omicron-laser.de

NEUROLOGIE



Omicron
+49 (0) 6106 8224-0
mail@omicron-laser.de
www.omicron-laser.de

PATHOLOGIE UND FORENSISCHE MEDIZIN



Omicron
+49 (0) 6106 8224-0
mail@omicron-laser.de
www.omicron-laser.de

BIOPHOTONIK UND MEDIZINTECHNIK

MEDIZIN

MEDIZIN, ANDERE APPLIKATIONEN



Omicron
+49 (0) 6106 8224-0
mail@omicron-laser.de
www.omicron-laser.de

MIKROSKOPIE UND BILDGEBUNG

ENDOSKOPIE



Omicron
+49 (0) 6106 8224-0
mail@omicron-laser.de
www.omicron-laser.de

LINEARE- UND NICHT-LINEARE FLUORESCENZ-BILDGEBUNG



Omicron
+49 (0) 6106 8224-0
mail@omicron-laser.de
www.omicron-laser.de

LINEARE- UND NICHT-LINEARE VIBRATIONSMIKROSKOPIE



Omicron
+49 (0) 6106 8224-0
mail@omicron-laser.de
www.omicron-laser.de

MIKROSKOPIE IM ALLGEMEINEN (WEISSLICHT, PHASENKONTRAST)



Omicron
+49 (0) 6106 8224-0
mail@omicron-laser.de
www.omicron-laser.de

BIOPHOTONIK UND MEDIZINTECHNIK

SPEKTROSKOPIE

FLUORESCENZSPEKTROSKOPIE



Omicron
+49 (0) 6106 8224-0
mail@omicron-laser.de
www.omicron-laser.de

PHOTOLUMINESZENZ



Omicron
+49 (0) 6106 8224-0
mail@omicron-laser.de
www.omicron-laser.de

RAMAN-SPEKTROSKOPIE



Omicron
+49 (0) 6106 8224-0
mail@omicron-laser.de
www.omicron-laser.de

THERAPIE

LASERBASIERTE THERMOTHERAPIE



Omicron
+49 (0) 6106 8224-0
mail@omicron-laser.de
www.omicron-laser.de



BIOPHOTONIK UND MEDIZINTECHNIK

THERAPIE

PHOTODYNAMISCHE THERAPIE



Omicron
+49 (0) 6106 8224-0
mail@omicron-laser.de
www.omicron-laser.de

PHOTOKOAGULATION



Omicron
+49 (0) 6106 8224-0
mail@omicron-laser.de
www.omicron-laser.de

DIENSTLEISTUNGEN



Kunststoff-Institut Lüdenscheid
+49 (0) 2351 1064-191
mail@kunststoff-institut.de
www.kunststoff-institut-luedenscheid.de

BEHÖRDEN, INSTITUTIONEN, ORGANISATIONEN



Technologieland Hessen
+49 (0) 611 95017-8672
info@technologieland-hessen.de
www.technologieland-hessen.de

DIENSTLEISTUNGEN, ANDERE



Technologieland Hessen
+49 (0) 611 95017-8672
info@technologieland-hessen.de
www.technologieland-hessen.de

DIENSTLEISTUNGEN

KUNDENSPEZIFISCHE LÖSUNGEN



IMM Photonics GmbH
+49 (0) 89 321412-0
sales@imm-photonics.de
www.imm-photonics.de

OPTIKDESIGN UND INGENIEURDIENSTLEISTUNGEN



Omicron
+49 (0) 6106 8224-0
mail@omicron-laser.de
www.omicron-laser.de

TECHNOLOGISCHE BERATUNG UND AGENTUREN



Technologieland Hessen
+49 (0) 611 95017-8672
info@technologieland-hessen.de
www.technologieland-hessen.de

DIODEN-LASER

DIODEN-LASER MODULE



Omicron
+49 (0) 6106 8224-0
mail@omicron-laser.de
www.omicron-laser.de

DIODEN-LASER SYSTEME



Omicron
+49 (0) 6106 8224-0
mail@omicron-laser.de
www.omicron-laser.de

DIODEN-LASER

GEPULSTE DIODEN-LASER



Omicron
+49 (0) 6106 8224-0
mail@omicron-laser.de
www.omicron-laser.de

FERTIGUNGSTECHNOLOGIEN FÜR OPTIKEN



Kunststoff-Institut Lüdenscheid
+49 (0) 2351 1064-191
mail@kunststoff-institut.de
www.kunststoff-institut-luedenscheid.de

BESCHICHTUNGEN VON STRAHLETLERN



Layertec
+49 (0) 36453 7440
info@layertec.de
www.layertec.de

DICHROITSCHES BESCHICHTUNGEN



Layertec
+49 (0) 36453 7440
info@layertec.de
www.layertec.de

DIELEKTRISCHE BESCHICHTUNGEN



Layertec
+49 (0) 36453 7440
info@layertec.de
www.layertec.de

FERTIGUNGSTECHNOLOGIEN FÜR OPTIKEN

HOCHREFLEKTIERENDE BESCHICHTUNGEN



Layertec
+49 (0) 36453 7440
info@layertec.de
www.layertec.de

METALLISCHE BESCHICHTUNGEN



Layertec
+49 (0) 36453 7440
info@layertec.de
www.layertec.de

BESCHICHTUNGEN, VERSCHIEDENE



Edmund Optics
+49 (0) 6131 5700 0
sales@edmundoptics.de
www.edmundoptics.de

FERTIGUNGSTECHNOLOGIEN FÜR OPTISCHE SYSTEME, SONSTIGES



Multiphoton Optics
+49 (0) 931 908792 00
info@multiphoton.de
www.multiphoton.de

FERTIGUNGSANLAGEN FÜR OPTIKEN, SONSTIGES



Multiphoton Optics
+49 (0) 931 908792 00
info@multiphoton.de
www.multiphoton.de

FERTIGUNGSTECHNOLOGIEN FÜR OPTIKEN

ULTRAPRÄZISIONSBEARBEITUNG



Multiphoton Optics
+49 (0) 931 908792 00
info@multiphoton.de
www.multiphoton.de

ULTRAPRÄZISIONSKOMPONENTEN



AMETEK
+49 6150 543 7060
<https://www.taylor-hobson.com.de/contactus/contactus>
www.ametek.de

KOMPONENTEN ZUR LASERSTRAHLANALYSE



Multiphoton Optics
+49 (0) 931 908792 00
info@multiphoton.de
www.multiphoton.de

KOMPONENTEN FÜR DIE OPTISCHE ÜBERTRAGUNG

FASERKOPPLER



Omicron
+49 (0) 6106 8224-0
mail@omicron-laser.de
www.omicron-laser.de

OPTISCHE FASERN



Omicron
+49 (0) 6106 8224-0
mail@omicron-laser.de
www.omicron-laser.de

LASERMATERIALBEARBEITUNG



Hamamatsu Photonics
+49 (0) 8152 3750
Info@hamamatsu.de
www.hamamatsu.com

LASER- SPEKTROSKOPIE UND -ANALYTIK, SPEKTROSKOPIE

FEMTO- UND PIKOSEKUNDEN-SPEKTROSKOPIE



Hamamatsu Photonics
+49 (0) 8152 3750
Info@hamamatsu.de
www.hamamatsu.com

LASERSYSTEME FÜR DIE FERTIGUNGSTECHNIK



Multiphoton Optics
+49 (0) 931 908792 00
info@multiphoton.de
www.multiphoton.de

LASER UND OPTOELEKTRONIK



Hamamatsu Photonics
+49 (0) 8152 3750
Info@hamamatsu.de
www.hamamatsu.com



IMM Photonics GmbH
+49 (0) 89 321412-0
sales@imm-photonics.de
www.imm-photonics.de

LASER UND OPTOELEKTRONIK

DIODENGEpumPTE FESTKÖRPERLASER



Omicron
 +49 (0) 6106 8224-0
 mail@omicron-laser.de
 www.omicron-laser.de

LASERKOMPONENTEN, SPIEGEL



Layertec
 +49 (0) 36453 7440
 info@layertec.de
 www.layertec.de

LASERKOMPONENTEN, VERSCHIEDENE



Edmund Optics
 +49 (0) 6131 5700 0
 sales@edmundoptics.de
 www.edmundoptics.de

LEDS UND KOMPONENTEN



Omicron
 +49 (0) 6106 8224-0
 mail@omicron-laser.de
 www.omicron-laser.de

NICHT-KOHÄRENTE LICHT- UND STRAHLEQUellen



Omicron
 +49 (0) 6106 8224-0
 mail@omicron-laser.de
 www.omicron-laser.de

OPTIK



Edmund Optics
 +49 (0) 6131 5700 0
 sales@edmundoptics.de
 www.edmundoptics.de

MEHRELEMENTLINSEN



Multiphoton Optics
 +49 (0) 931 908792 00
 info@multiphoton.de
 www.multiphoton.de

MIKROOPTISCHE KOMPONENTEN



Multiphoton Optics
 +49 (0) 931 908792 00
 info@multiphoton.de
 www.multiphoton.de

OPTISCHE SPIEGEL



Layertec
 +49 (0) 36453 7440
 info@layertec.de
 www.layertec.de

POLARISATOREN



Layertec
 +49 (0) 36453 7440
 info@layertec.de
 www.layertec.de

OPTIK

STRAHLTEILER



Layertec
 +49 (0) 36453 7440
 info@layertec.de
 www.layertec.de

OPTIKPRÜFGERÄTE

SpeKTROSKOPISCHE MeSSUNGEN



Hamamatsu Photonics
 +49 (0) 8152 3750
 Info@hamamatsu.de
 www.hamamatsu.com

OPTISCHE INFORMATION UND KÖMMUNIKATION

OPTISCHE TRANSMITTER, RECEIVER UND TRANSCIVER



IMM Photonics GmbH
 +49 (0) 89 321412-0
 sales@imm-photonics.de
 www.imm-photonics.de

OPTIKPRÜFGERÄTE

SpeKTROSKOPISCHE MeSSUNGEN



Hamamatsu Photonics
 +49 (0) 8152 3750
 Info@hamamatsu.de
 www.hamamatsu.com

OPTISCHE INFORMATION
UND KOMMUNIKATION

OPTISCHE TRANSMITTER,
RECEIVER UND TRANSCEIVER



IMM Photonics GmbH
+49 (0) 89 321412-0
sales@imm-photonics.de
www.imm-photonics.de

OPTISCHE MESSTECHNIK



Kunststoff-Institut Lüdenscheid
+49 (0) 2351 1064-191
mail@kunststoff-institut.de
www.kunststoff-institut-luedenscheid.de

INTERFEROMETER



AMETEK
+49 6150 543 7060
[https://www.taylor-hobson.com.de/
contactus/contactus](https://www.taylor-hobson.com.de/contactus/contactus)
www.ametek.de

SENSOREN, TESTS UND MESSTECHNIK

TESTSYSTEME FÜR OPTISCHE
KOMPONENTEN



AMETEK
+49 6150 543 7060
[https://www.taylor-hobson.com.de/
contactus/contactus](https://www.taylor-hobson.com.de/contactus/contactus)
www.ametek.de



Herausgeber

Photonics Hub GmbH
Ober-Saulheimer-Straße 6
55286 Wörrstadt

Handelsregister: HRB 48437
Registergericht: Amtsgericht: Mainz

Vertreten durch die Geschäftsführerin:
Daniela Reuter

Kontakt

Telefon: +49 67 32-93 51 22
Telefax: +49 67 32-93 51 23
E-Mail: info@photonics-hub.de
Umsatzsteuer-Identifikationsnummer
gemäß § 27 a Umsatzsteuergesetz:
DE320644526

Layout

Ulrike Speyer
Dipl. Grafik-Designerin
Am Rabenkopf 6
55270 Ober-Olm
E-Mail: ulispeyer@online.de