

DGaO

Deutsche Gesellschaft für angewandte Optik
The German Branch of the European Optical Society



EINLADUNG UND PROGRAMM **127. JAHRESTAGUNG**

HAW Hamburg, 26.05. – 29.05.2026

 **HAW**
HAMBURG

www.dgao.de

Unterstützer der 127. Jahrestagung der DGaO

Hauptsponsor



Sponsoren



Instruments You Can Trust



DGaO

Deutsche Gesellschaft für angewandte Optik
The German Branch of the European Optical Society



EINLADUNG

Die Deutsche Gesellschaft für angewandte Optik

Präsident: Prof. Dr.-Ing. Steffen Reichel

lädt ein

**zur 127. Jahrestagung der DGaO
vom 26. Mai bis 29. Mai 2026**

*und zur satzungsgemäßen
ordentlichen Mitgliederversammlung der DGaO
am 29. Mai 2026*

in Hamburg



Tagungsprogramm



Programm-Komitee 2026

Dr. Alexander Bielke	ASML Berlin GmbH (Vorsitz)
Prof. Dr. Christian Faber	Hochschule Landshut (vorm. Vorsitz)
Prof. Dr. Oliver Baumann	HAW Hamburg (Tagungsgeschäftsführer)
Dr. Christian Sinn	Köln Optik
Dr. Meike Hofmann	Technische Universität Ilmenau
Dr. Andrea Toulouse	Universität Stuttgart
Dr. Bernd Packroß	Lamtech Lasermesstechnik
Dr. Tobias Wiesendanger	jumavis
Dr. Oliver Lischtschenko	Coher Sense
Cornelius Hecker	Munich Surgical Imaging
Dr. Andreas Stark	Universität Jena
Dr. Tobias Biermann	Universität Hannover
Dr. Henning Rehn	Illuminatio Solutions
Marco Hanft	Carl Zeiss AG Jena
Dr. Jan Burke	Fraunhofer IOSB

DGaO-Proceedings – www.dgao-proceedings.de

Die Autoren haben seit dem Jahr 2004 die Gelegenheit, ihre Tagungsbeiträge in der DGaO Internet-Zeitschrift DGaO-Proceedings zu veröffentlichen. Die Beiträge werden als zweiseitige Manuskripte oder auch ab 2008 erstmalig als Poster veröffentlicht. Beiträge in den DGaO-Proceedings sind zitierfähig. Pro Jahr wird auf die Beiträge rund 10.000-mal zugegriffen.

Die Frist für die Einreichung der Beiträge von der geplanten Jahrestagung 2026 endet am 31.07.2026.

Eine Anleitung für die Erstellung der zweiseitigen Beiträge, weitere Hinweise sowie ein Template finden Sie in Kürze unter folgendem Link:

<http://www.dgao-proceedings.de/>

Eds.: G. Häusler, C. Faber

Tagungsleitung

Prof. Dr. Oliver Baumann, HAW Hamburg

Inhalt

Programmübersicht	4–5
Tagungsprogramm: Vorträge	6–7
Mittwoch	8
Donnerstag	38
Freitag	70
Tagungsprogramm: Poster	92
Autorenverzeichnis	122
Mitteilungen der Tagungsgeschäftsführung	130
Einladung zur DGaO-Mitgliederversammlung	152
In eigener Sache	153
Werbeseiten der Aussteller	154

Programmübersicht

Mittwoch, 27. Mai 2026

Zeit	Saal	Vortrag	Titel / Topic	Seite
09:00	A		Eröffnung	8
09:30	A	H1	<i>O. Baumann</i> : Angewandte Optik an der HAW Hamburg	8
10:00	A	H2	<i>U. Boehm</i> : Super-Resolution Insights into Cellular Architecture: The Role of iPALM in Understanding Focal Adhesions and Protein Transport	8
10:30	Kaffeepause			
11:00	A	A1-A6	Optische Messtechnik I	10
11:00	B	B1-B6	Biomedizinische Anwendungen	16
12:30	Mittagspause			
13:30	A	A7-A10	Optische Messtechnik II	24
13:30	B	B7-B9	Strahlung und Wirkung	28
14:30	Kaffeepause			
15:00	A	A11-A14	Quanten und KI	32
15:00	B	B11	Podiumsdiskussion	36
16:00 bis 18:00	Halle	Poster-Session		92

Donnerstag, 28. Mai 2026

Zeit	Saal	Vortrag	Titel / Topic	Seite
08:30	A	H3	<i>A. Toulouse</i> : 3D-printed micro-optical systems: Functional toolbox and fiber-optical applications	38
09:00	A	H4	<i>E. Langenbach</i> : Konzept für ein Dreispiegelobjektiv zur Fernerkundung	38
09:30	Kaffeepause			
10:00	A	A15-A20	Optikdesign (Modelle & Methoden)	40
10:00	B	B15-B20	Additive Fertigung und Materialbearbeitung	48
11:30	Pause			
11:45	A	A21-A25	Optikdesign (Beispiele/Designlösungen)	56
11:45	B	B21-B25	Interferometrie	62
13:00	Mittagspause			
14:00	Transfer zu Networking Event			
14:30	Networking Event			

Programmübersicht

Freitag, 29. Mai 2026

Zeit	Saal	Vortrag	Titel / Topic	Seite
08:30	A	S1-S3	Ehrensymposium zum 100sten Geburtstag von Prof. Adolf Lohmann	70
09:45	Kaffeepause			
10:15	A	S4-S6	Ehrensymposium zum 100sten Geburtstag von Prof. Adolf Lohmann	74
11:30	Pause			
11:45	A	A26-A29	Schwingungen und Vibrometrie	78
11:45	B	B26-B29	Optische Materialien	84
12:45	Mittagspause			
13:45	A		DGaO-Nachwuchspreis	
14:45	Pause			
15:00	A		DGaO-Mitgliederversammlung	
15:00	Halle		Postersession 2	
17:00	Transfer zu Gala-Dinner & Fraunhofer-Vorlesung			
18:00	Gala Dinner			

Tagungsprogramm

Dienstag, 26. Mai 2026

- ab 13:00 Uhr bzw. 15:30 Uhr **Führung beim DESY bzw. der Sternwarte Bergedorf**
- ab 16:00 Uhr **Registrierung im Tagungsbüro**
- 18:00 – 18:30 Uhr **Vortrag** „Astronomische Observatorien gestern und heute – von Hamburg bis Chile“, Prof. Dr. Jochen Liske (Hamburger Sternwarte)
- bis 19:30 Uhr **Fingerfood & Drinks**

Mittwoch, 27. Mai 2026

- ab 08:00 Uhr **Registrierung im Tagungsbüro**
- 09:00 Uhr **Begrüßung und Eröffnung der Tagung**

Donnerstag, 28. Mai 2026

- ab 14:00 Uhr **Networking Event (Rahmenprogramm)**
Schiffahrt ab Bergedorf über die Marschlande
in den Hamburger Hafen
Ausklang im Restaurant Rheinischer Hafen

Freitag, 29. Mai 2026

- 18:00 – 19:00 Uhr **Ankunft und Aperitif**
Hotel Hafen Hamburg, Foyer
- 19:00 Uhr **Fraunhofer-Vorlesung**
Hotel Hafen Hamburg, Elbkuppel
- 19:00 – 23:00 Uhr **Gala Dinner**
Hotel Hafen Hamburg, Elbkuppel

Registrierung

Registrierung

Eröffnungssitzung

A

H1
09:30**Angewandte Optik an der HAW Hamburg**

O. Baumann

HWI, HAW Hamburg
oliver.baumann@haw-hamburg.de

Die 1970 gegründete HAW Hamburg ist mit gut 16.000 Studierenden eine der größten Hochschulen für angewandte Wissenschaften in Deutschland und Mitglied der UAS7-Allianz. Die Ingenieurausbildung findet an den Standorten Berliner Tor, Bergedorf und Armgartstraße sehr breit gefächert statt, daher sind auch Lehre und Forschung zur angewandten Optik an der HAW Hamburg dezentral aufgestellt. Während Optik in vielen Ingenieurstudiengängen nur am Rande gelehrt wird, werfen Abschlussarbeiten mit messtechnischem Inhalt immer wieder vertiefte Fragen zur angewandten Optik oder Bildverarbeitung auf. Am Heinrich-Blasius-Institut besteht das Forschungs- und Transferzentrum „Optische Sensorik und Bildverarbeitung“, dessen Ziel es ist, experimentelle sowie theoretische Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten im Bereich der optischen Messtechnik an der HAW Hamburg zu fördern und zusammenzufassen.

H2
10:00**Super-Resolution Insights into Cellular Architecture: The Role of iPALM in Understanding Focal Adhesions and Protein Transport**

U. Boehm

Janelia Research Campus, USA
ulrike.boehm@zeiss.com

Interferometric photoactivated localization microscopy (iPALM) [1] is a key advancement in super-resolution microscopy, offering deep insights into the nanoscale architecture of cellular structures. This presentation will first explain the technology behind iPALM, detailing how it combines photoactivated localization microscopy (PALM) with interferometric techniques to achieve an axial resolution of 10 nm for precise 3D localization of fluorescent molecules.

Following the technological overview, the talk will highlight iPALM's capabilities through two recent studies. The first study [2] used iPALM to map protein layers in focal adhesions, uncovering front-rear polarization linked to signaling and actin-myosin activity. The second study [3] examined protein transport to the cell's leading edge, identifying a compartment with an actin-myosin barrier aiding fluid flow transport.

Both studies demonstrate iPALM's ability to provide unprecedented resolution and insight into cellular processes, enhancing our understanding of cellular architecture and function.

[1] Shtengel, G., et al. (2009). Interferometric fluorescent super-resolution microscopy reveals 3D cellular ultrastructure. PNAS.

[2] Galbraith, C., et al. (2026). Compartmentalized cytoplasmic transport directs soluble proteins. Nature Communications.

[3] Dent, L., et al. (2026). Front-rear polarization and acto-myosin activity influence the nanoscale heterogeneity of integrin adhesions. PNAS

10:30 Kaffeepause

Eröffnung
Steffen Reichel

Hauptvortrag: Biomedizinische Anwendungen

A

A1

11:00

Comparison of Readability and Sharpness of Different Professional Displays

S. Reichel*, K. Blankenbach**, A. Reber**

* Fakultät Technik, Hochschule Pforzheim

** Hochschule Pforzheim

steffen.reichel@hs-pforzheim.de

Professional displays must fulfill demanding specifications like readability in ambient light and sharpness of text. This is somewhat contractionary as anti-glare (AG) films are good for reflection reduction but reduce sharpness. We present measurements in dark room using a spotlight and large flat light source (both WLED) and an imaging light measurement device. The set-up is in specular geometry adapted from ISO 15008. The spotlight represents for example office lights and sun. Reflections from e.g., shirts, walls, windows, and sky are simulated by a flat lamp. The ambient light performance was rated by the reflectance characteristics (specular, haze, diffuse). The sharpness was measured using a macro lens via luminance profiles of neighboring pixels and the modulation transfer function (MTF). The results of four professional monitors for a safety-critical application in well light offices including an expert evaluation are: Anti-reflection (AR) has the highest sharpness, but it's sharp contours of reflections are annoying. AG-only displays results in a relative high reflectance and low sharpness. The combination of AR with moderate AG is the best, but most expensive solution.

A2

11:15

Deflectometric Measurement of Astronomical Mirrors: Comparison of Different Calibration and Evaluation Methods

G. Reinfurt, C. Faber

Fakultät ET/WI, Hochschule Landshut

s-greif@haw-landshut.de

Deflectometry is a well-established technique for the precise measurement of specular optical surfaces. When measuring astronomical mirrors, it is advantageous to place the sensor in the center of curvature of the specimen at 2f. In this contribution, the calibration-related challenges for this specific application are investigated.

The main focus lies on the comparison of different grayscale calibration strategies: A passive camera-side approach compensates "a posteriori" for system non-linearities and inhomogeneities, while an active approach directly drives the display to achieve the desired grayscale response. If aperture effects (circle of confusion on the screen) and gray-level quantization artifacts are also taken into account, intricate interactions emerge. Their impact on phase evaluation accuracy is investigated.

In addition, the optical performance is assessed via a direct PSF estimation based on the histogram of the reconstructed screen coordinates, without requiring a full geometric system calibration. The different approaches are compared experimentally using measurements of the parabolic primary mirror of a 400 mm Newton telescope at the university observatory.

A

A3

11:30

Konzeption, Aufbau und Kalibrierung eines multimodalen Messsystems zur in-situ-Rekonstruktion von Temperatur und Geometrie im induktiven Sinterprozess

J. Stegmann*, L. Hinz*, J. Uhe**

* Institut für Mess- und Regelungstechnik, Leibniz Universität Hannover

** Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen, Leibniz Universität Hannover

johannes.stegmann@imr.uni-hannover.de

Der Sinterprozess ermöglicht die pulvermetallurgische Herstellung von Bauteilen mit komplexer Geometrie bei hoher Werkstoffausnutzung und Maßgenauigkeit. Aufgrund der stochastischen Natur des pulverförmigen Ausgangsmaterials können sich Schwankungen des kompaktierten Materials fortpflanzen und zu Unsicherheiten in den resultierenden Bauteileigenschaften führen. Zur Untersuchung der Fehlerfortpflanzung und Ableitung optimaler Prozessfenster ist eine detaillierte Charakterisierung der Unsicherheitspropagation des Sinterprozesses erforderlich.

Für das Verständnis der Prozessdynamik sowie für die Bewertung und Prädiktion der resultierenden Bauteilqualität ist die fortlaufende in-situ-Rekonstruktion thermischer und geometrischer Größen entscheidend. In diesem Beitrag wird die Konzeption, der Aufbau und die Kalibrierung eines multimodalen Messsystems zur in-situ-Rekonstruktion von Temperatur und Geometrie während des induktiven Sinterns von Metallpulvern vorgestellt. Das Messsystem wird direkt mit der induktiven Sinteranlage verknüpft und kombiniert eine Thermokamera zur berührungslosen Temperaturmessung mit mehreren Lasertriangulationsensoren zur hochauflösenden Erfassung von Geometrieänderungen. Besondere Herausforderungen ergeben sich durch kurze Messdauern, hohe Bauteilkomplexität, elektromagnetische Störeinflüsse, hohe thermische Belastungen, wärmeinduzierte Lichtablenkungseffekte, die erforderliche Schutzgasatmosphäre sowie prozessbedingt veränderliche Emissions- und Reflexionseigenschaften der Pulverproben.

Neben der mechanischen und messtechnischen Integration der Sensorik werden das Messkonzept sowie die entwickelten Kalibrierverfahren vorgestellt und anhand exemplarischer Messergebnisse sowie korrespondierender Unsicherheiten validiert.

A4

11:45

Uncertainty contribution of surface form errors in refractive index measurement of solid prisms

M. Schake

4 Optik, Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)

markus.schake@ptb.de

The Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) in Braunschweig offers a calibration service for the refractive index of solid prisms. Such calibrated prisms are used as reference standards for refractometers. At PTB a combination of the prism's apex angle and its minimum deviation angle is employed to determine the refractive index of the material. The measurement uncertainty of the refractive index measurement is directly linked to the uncertainty of the apex angle and the angle of minimum deviation. Therefore, surface form errors on the prism's transmitting surfaces impact the measurement uncertainty in refractive index measurement with this method. This contribution presents a new modelling concept to estimate the refractive index uncertainty contribution of surface form errors, which are determined by a Fizeau interferometer.

A

A5

12:00

Zentrierprüfung optischer Systeme mittels rotierender Vorsatzoptik: Ein neuer Ansatz für komplexe Prüfscenarien

J. Heinisch, A. Kerkmann, P. Langehanenberg, A. Ruprecht

OMS, TRIOPTICS GmbH
josef.heinisch@trioptics.com

Die zerstörungsfreie Zentrierfehlermessung optischer Systeme ist essenziell für die Bewertung von Fertigungsqualitäten. Klassische Verfahren nutzen hierfür eine hochpräzise Referenzdrehachse, auf der der Prüfling rotiert wird. Dies limitiert das Verfahren jedoch bei Systemen, die eine feste Orientierung erfordern (z. B. Floating Elements) oder über eine permanente Kabelverbindung (z. B. in Thermokammern oder aktive Module) verfügen müssen. Alternativen, bei denen das gesamte Messsystem rotiert, sind aufgrund der komplexen Energiezuführung und Datenübertragung zum Rotor mechanisch instabil.

In diesem Beitrag wird ein dritter Weg vorgestellt: Hierbei verbleiben sowohl der Prüfling als auch die Basiskomponenten des Messsystems (Kamera, Beleuchtung) im ruhenden Laborsystem. Lediglich eine spezifische Vorsatzoptik wird auf einer hochpräzisen Drehachse rotiert. Diese gezielte Trennung minimiert durch eine kabelfreie Rotation mechanische Störeinflüsse. Somit eignet sich das Verfahren ideal für eine hochgenaue Zentrierprüfung selbst in unflexiblen Umgebungen. Darüber hinaus bietet das Konzept das Potenzial für eine zukünftige Integration in automatisierte Inline-Prüfprozesse, da die Anforderungen an die mechanische Handhabung des Prüflings deutlich sinken.

Der Vortrag erläutert das optomechanische Prinzip und präsentiert Messergebnisse an einem Referenzprüfling, welche die Vergleichbarkeit zur klassischen Zentrierprüfung im Sub-Mikrometerbereich belegen.

A6

12:15

Cavity-Ring-Down-Spektroskopie mit nichtlinearen Kristallen

S. Koenen, R. Burde, C. Vogt, R. Bergmann

BIAS - Bremer Institut für angewandte Strahltechnik GmbH
koenen@bias.de

Die präzise Messung von Gaskonzentrationen mittels optischer Sensorik bietet ein breites Spektrum etablierter und gut erforschter Methoden. Mit der Cavity-Ring-Down-Methode lassen sich beispielsweise besonders geringe Konzentrationen zuverlässig bestimmen. Dabei wird das zu analysierende Gas in einen optischen Resonator eingebracht, wodurch die Wechselwirkungstrecke zwischen Licht und Gas erheblich verlängert wird. Durch das Abschalten der Laserquelle kann das Abklingverhalten des Lichts im Resonator untersucht werden, aus dem sich über den Absorptionskoeffizienten die Gaskonzentration ableiten lässt. Die auftretenden Absorptionsbanden sind charakteristisch für spezifische Gase. Der mittlere Infrarotbereich eignet sich hierfür besonders, da die Absorption im Vergleich zum sichtbaren Spektralbereich deutlich stärker ausgeprägt ist. Die Messtechnik in diesem Bereich ist jedoch technisch aufwendig und kostenintensiv. Durch die Spontaneous Parametric Down-Conversion (SPDC), bei der in einem nichtlinearen Kristall ein sichtbares Pump-Photon in ein sichtbares Signal-Photon und ein infrarotes Idler-Photon zerfällt, kann eine spektroskopische Gasanalyse im mittleren Infrarotbereich mit vergleichsweise einfacher und kostengünstiger Messtechnik des sichtbaren Bereichs realisiert werden. Die Methode beruht auf der Korrelation der Photonenzahl im infraroten und sichtbaren Spektralbereich.

12:30-13:15 **Mittagspause**

B

B1

11:00

Optisches Design eines Stereo-Operationsmikroskops für Robotergestütztes Exoskopie

A. Khettal

Technologie und Forschung, ASML Berlin GmbH
ali.khettal@asml.com

In der modernen Neurochirurgie, Wirbelsäulenchirurgie, Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde und rekonstruktiven Mikrochirurgie ist ein robotergestütztes Exoskop mit fortschrittlicher 4K-3D-Bildgebung und Fluoreszenzvisualisierung unverzichtbar.

Dieser Artikel beschreibt das optische Design eines neuen digitalen Stereomikroskops für die Chirurgie. Zu seinen wichtigsten Merkmalen zählen ein leistungsstarker Zoom, ein variabler Arbeitsabstand ohne Bildverschiebung und ein konstanter Parallaxenwinkel. Das System ist für 4K-Auflösung und geringe Verzeichnung ausgelegt und mit einer Multisensorkamera kompatibel. Sein modularer Aufbau vereinfacht die Montage und Einrichtung des Gesamtsystems.

Keywords:

Exoskopie, Stereo- Operationsmikroskop, Optisches Design

B2

11:15

Direkte optische Messung von Cornea-Deformationen mit Laserlinientriangulation

M. Kluge, D. Stöbener, A. Fischer

Universität Bremen, Bremer Institut für Messtechnik, Automatisierung und Qualitätswissenschaft
m.kluge@bimaq.de

Ein erhöhter intraokularer Druck (IOD) kann ein Indikator zur frühzeitigen Erkennung eines Glaukoms sein. Da der Druck im Tagesverlauf schwankt, sind Mehrfachmessungen ideal, was mit den gängigen Tonometeruntersuchungen beim Ophthalmologen nicht möglich ist. Ein selbst vom Patienten nutzbares Tonometer, welches optisch die Schwingung der Cornea misst, existiert bislang jedoch nicht.

Ein Messprinzip für ein solches Tonometer liegt in der akustischen Schwingungsanregung des Auges und der Erfassung der gedämpften Corneaschwingung mittels Laserlinientriangulation. Hierbei besteht die Schwierigkeit, dass die Cornea eine glatte und transparente Oberfläche ist und folglich nur einen geringen Reflexionskoeffizient aufweist. Um die Machbarkeit der Methode an der Cornea zu überprüfen und den Zusammenhang zwischen Corneaschwingung und IOD zu untersuchen, wurden enukleierte Schweineaugen im normalen Druckbereich (15 mmHg) angeregt und die Schwingung erfasst. Dabei zeigte sich, dass ein zur Oberfläche orthogonal ausgerichteter Laserstrahl Störungen durch ungewollte Reflexionen verringert und es möglich ist, Cornea-Deformationen mit Laserlinientriangulation zu detektieren, wobei die ermittelte maximale Spitze-Spitze-Amplitude der gemessenen Schwingung mit 10,0 % ($k_p = 1,96$) variiert. Zukünftig soll untersucht werden, ob sich eine Unsicherheitsreduktion durch eine höhere Abtastrate und eine Verbesserung der Auflösung durch eine Vergrößerung des Triangulationswinkels erreichen lässt.

B

B3

11:30

Mikronadelarrays zur Medikamentenabgabe und optischen Konzentrationsmessung

C. Wittemann, S. Burkert, A. Heinrich

Hochschule Aalen, Aalen School of Applied Photonics

cordelia.wittemann@hs-aalen.de

Mikronadeln stellen ein vielversprechendes Mittel für eine effiziente intradermale Arzneimittelabgabe dar, insbesondere bei chronischen Erkrankungen wie Diabetes. Die biomedizinische Forschung zielt zunehmend auf kompakte und individualisierte Anwendungen ab. Vor diesem Hintergrund untersucht diese Arbeit Mikronadeln eines Arrays, das sowohl Medikamente verabreichen als auch Konzentrationen, beispielsweise den Glukosespiegel im Blut, optisch detektieren kann. Alle vorgestellten Nadeldesigns werden mittels Zwei Photonen Polymerisation 3D gedruckt. Zur Evaluation der Funktionsweise werden zwei Versuchsreihen durchgeführt. In der ersten werden hohle Mikronadeln zur Medikamentenabgabe hinsichtlich ihrer Stabilität untersucht. Hierbei unterliegen sie uniaxialen Kompressionstests mit Kräften über 3,00 N. Zur genaueren Betrachtung der kritischen Nadelspitzen deformation wird eine FEM Simulation erstellt. Die hohlen Mikronadelvarianten zeigen experimentell eine sehr hohe Stabilität und erreichen alle mindestens 3,00 N, während die Simulation eine eintretende Instabilität der Nadelspitzen zwischen 0,6 N und 1,0 N ergibt. In der zweiten Versuchsreihe werden Mikronadeln mit integrierter Mikrooptik designt und ihre Effizienz in der Signalverarbeitung zunächst simuliert. Die optische Einheit der Sensornadeln ist auf Absorptionsmessungen bei 940 nm (Glukosepeak) ausgelegt. Die Herstellbarkeit, sowie die prinzipielle Signalverarbeitungsfähigkeit der Nadeln wird durch einen experimentellen Aufbau, in dem eine Signal-aussendende und eine Empfängernadel in einer wässrigen Lösung mit variierender Glukosekonzentration gegenüberstehen, evaluiert.

B4

11:45

Möglichkeiten der intraoperativen multispektralen Bildgebung zur Differenzierung von malignem und gesundem Gewebe

A. Rüdinger, K. Holstein, A. Tarnorzki, N. Lösch, T. Haist, S. Reichelt

Institut für Technische Optik (ITO), Universität Stuttgart

andrea.ruedinger@ito.uni-stuttgart.de

Bei Brustkrebserkrankungen ist die Resektion des Tumors ein Teil des multimodalen Therapieansatzes. Um das Risiko von Rezidiven zu minimieren, ist eine vollständige Resektion der Tumore und damit die Kenntnis über die Tumorränder erforderlich. Zur Unterstützung des Chirurgen bei der Entfernung der Tumore, wird hierzu an einem multispektralen Messsystem zur intraoperativen Verwendung geforscht.

Anhand von ex vivo Gewebeproben wurden mittels eines hyperspektralen Referenzmessaufbaus im sichtbaren bis nahinfraroten Spektralbereich (450–1450 nm) die Spektren der verschiedenen Gewebearten gemessen. Dabei konnten spektrale Unterschiede identifiziert werden, wodurch eine Gewebeklassifikation ermöglicht wird. Durch die Reduktion der Anzahl der verwendeten Spektralkanäle, soll ein miniaturisiertes und potentiell echtzeitfähiges Messsystem zur intraoperativ endoskopischen Anwendung entwickelt werden. Während bei der vorangegangenen Tagung die Methodik der Aufnahme der Referenzspektren sowie die prinzipielle Möglichkeit der Gewebedifferenzierung bei voller spektraler Information präsentiert wurde, werden nun im Rahmen des Vortrags zunächst verschiedene potentiell geeignete Systeme der hyper- und multispektralen Bildgebung vorgestellt und anschließend detaillierter auf ein beleuchtungs- und ein abbildungsseitiges System eingegangen.

Multiplexed light source for flexible coupling into fan-out fiber bundles in biomedical optical imaging

Ö. Atmaca, A. Zimmermann, M. Großmann, A. Herkommer

Institut für Technische Optik (ITO), Universität Stuttgart
oemer.atmaca@ito.uni-stuttgart.de

Multimodal endoscopic imaging enables robust intraoperative tissue differentiation. Different modalities, such as hyper- or multispectral imaging, spatial frequency domain imaging, fringe projection elastography, or fluorescence-based methods, pose different illumination requirements. Fan-out fiber bundles combined with 3D-printed microoptics offer a flexible solution for multimodal illumination by using each core for one modality at a time while being easily integrable into the working channel of surgical endoscopes. However, due to the varying and sometimes overlapping requirements of each modality, options to couple many different light sources into every core are not readily available.

This work presents two flexible coupling setups using incoherent and coherent sources. The setups consist of dichroic filters to combine the optical paths of each source and a rotatable mirror to control the coupling into each cores. Both systems are characterized and tested on tissue-mimicking silicone phantoms to simulate tissue differentiation using different modalities. The systems show negligible chromatic aberrations while providing high output powers, which results in robust differentiation.

Bestimmung der hardwarebedingten Leistungsgrenzen eines LS-FLIM-Systems hinsichtlich der Bildaufnahmegeschwindigkeit bei der Fluoreszenzlebenszeitmessung

Z. Zhang, M. Hofmann, S. Sinzinger

Fachgebiet Technische Optik, TU Ilmenau
zeyu.zhang@tu-ilmenau.de

LS-FLIM (Lichtschicht-Fluoreszenzlebenszeitmikroskopie) ermöglicht eine hochpräzise, dreidimensionale Fluoreszenzlebenszeitbildgebung bei gleichzeitig reduzierter Phototoxizität. Die Aufnahme eines dreidimensionalen Bildstapels erfordert für jedes Einzelbild eine nicht vernachlässigbare Messzeit, da für jedes Bildvoxel eine hinreichende Photonenzahl zur statistisch belastbaren Berechnung der Fluoreszenzlebenszeit erforderlich ist.

In diesem Beitrag wird ein standardisierter methodischer Ansatz zur quantitativen Bestimmung der hardwarebedingten Leistungsgrenzen eines bestehenden LS-FLIM-Systems vorgestellt. Dabei werden die Bildaufnahmegeschwindigkeit sowie der Zusammenhang zwischen der Photonenzahl pro Voxel und dem statistischen Fehler der Fluoreszenzlebenszeit analysiert.

Der LS-FLIM-Messaufbau wird auf Basis etablierter LSM- und FLIM-Systemkonzepte eindeutig festgelegt und mit einem einheitlichen Messprotokoll betrieben. Als Referenzproben werden Fluoreszenzbeads mit definierter Fluoreszenzlebenszeit eingesetzt. Durch eine gezielte Variation der Photonenzahl pro Voxel wird der statistische Fehler der Fluoreszenzlebenszeit systematisch quantifiziert. Die resultierende Fehler-Photonenzahl-Abhängigkeit ermöglicht die Bestimmung minimaler Messzeiten und bildet eine übertragbare Entscheidungsgrundlage für den Kompromiss zwischen Messgenauigkeit und Bildaufnahmegeschwindigkeit in unterschiedlichen Anwendungsszenarien.

Die Untersuchungen erfolgen bei Anregungswellenlängen von 375 nm und 450 nm, um den Einfluss der Anregungswellenlänge auf die Systemleistung zu überprüfen. Die Ergebnisse definieren eine hardwarebasierte Referenz für LS-FLIM-Systeme und bilden die Grundlage für System- und Auswertoptimierungen sowie interlaboratorische Vergleichsstudien.

12:30-13:15 **Mittagspause**

A

A7

13:30

Speckle-basierte Wellenlängenmessungen

N. Borchers*, S. Böhm**, U. Vogl*, C. Glasenapp*, T. Haist**, S. Reichelt**

* Carl Zeiss AG

** Institut für Technische Optik (ITO), Universität Stuttgart

niklas.borchers@zeiss.com

Viele optische Messtechniken benötigen eine genaue Kenntnis und kontinuierliche Überwachung der Wellenlänge des im Sensor genutzten Laserlichts, um optimale Ergebnisse zu liefern.

Derzeit kommen hierfür entweder Gitterspektrometer zum Einsatz, deren Auflösung und Genauigkeit durch den verfügbaren optischen Weg begrenzt sind, oder interferometrische Wavemeter, die eine hohe Genauigkeit bieten, jedoch sehr kostenintensiv sind.

Die Position der Speckle, welche bei der Interaktion von Laserlicht mit optisch rauen Oberflächen entstehen, hängt nicht nur von der geometrischen Position des Lasers, der Kamera und der rauen Oberfläche ab, sondern auch von der Wellenlänge. Dies ermöglicht relative Messungen von Wellenlängenänderungen. Durch eine geeignete Wahl der Geometrie kann die Wellenlängensensitivität erhöht werden, und durch eine Kalibrierung ist eine absolute Messung möglich.

In dieser Arbeit werden der Aufbau des Sensors vorgestellt sowie erste Messergebnisse präsentiert, für die eine Messunsicherheit von unter 100 fm für ausgewählte Bereiche demonstriert werden können.

Zusätzlich wird ein Vergleich zwischen der speckle-basierten Wellenlängenmessung und etablierten Methoden gezogen.

A8

13:45

Experimenteller Vergleich von Methoden zur Speckleentfernung in Computergenerierten Hologrammen

M. Zimmermann, T. Haist, S. Reichelt

Institut für Technische Optik (ITO), Universität Stuttgart

zimmermann@ito.uni-stuttgart.de

Für viele Anwendungsfelder von holografischen Projektionen stellen Speckle ein erhebliches Problem dar, da sie die Projektionsqualität erheblich herabsetzen und durch klassische Berechnungsmethoden wie IFTA oder SGD nicht entfernt werden können.

In dieser Arbeit werden zwei Methoden vorgestellt, welche die Entfernung von Speckle in einem Zielbereich des Fernfelds erlauben. Die erste Methode basiert auf dem iterativen Glätten einer zufälligen Startphase, während die zweite Methode mittels Optimalem Transport eine Speckle-freie Phase erzeugt, die als Startphase für die Hologrammberechnung (IFTA) verwendet wird.

Die Methoden werden hinsichtlich erreichbarer Bildqualität und Beugungseffizienz verglichen. Des Weiteren wird der Einfluss verschiedener Aberrationen auf das Erscheinungsbild der Fernfeldprojektion untersucht und entscheidende Unterschiede beleuchtet.

A

A9

14:00

Vergleichende stereophotogrammetrische 3D-Messung im sichtbaren und ultravioletten Spektralbereich

A. Stark*, G. Gentsch*, A. Platz*, M. Guo*, D. Böttger**, G. Brehm**, C. Franke*

* Institut für Angewandte Optik und Biophysik, Friedrich-Schiller-Universität Jena (FSU)

** Phyletisches Museum, Friedrich-Schiller-Universität Jena (FSU)

andreas.stark@uni-jena.de

Stereophotogrammetrie ist eine etablierte Methode zur schnellen, dichten und genauen zersörungsfreien Oberflächenmessung. Allerdings können bestimmte Objekte, wegen ihrer optischen Eigenschaften nur eingeschränkt oder gar nicht in ihrer Form bestimmt werden. Insbesondere Objekte aus Glas und bestimmte biologische Strukturen werden so zu den unkooperativen Objekten gezählt. Wir präsentieren ein stereophotogrammetrisches 3D-Messsystem mit strukturierter Beleuchtung zur vergleichenden Vermessung von Objekten im sichtbaren (VIS) und ultravioletten (UV) Spektralbereich bei einer Beleuchtungs- und Beobachtungswellenlänge von 266 nm. Das System erlaubt die hochpräzise, kontaktlose 3D-Rekonstruktion sowohl kooperativer als auch unkooperativer Oberflächen. Die Leistungsfähigkeit und Vergleichbarkeit der Messungen im VIS und UV wird anhand von Standardobjekten mit definierter Geometrie und Rauigkeit (Ebene, Kugel) quantitativ untersucht und durch Referenzmessungen validiert. Darüber hinaus werden Objekte aus unterschiedlichen Materialien vermessen, darunter kooperative Oberflächen sowie unbeschichtetes Glas, das durch Stereophotogrammetrie im VIS kaum oder gar nicht messbar ist. Ergänzend wird die Anwendung auf biologische Proben mit transparenten Strukturen demonstriert. Die Ergebnisse zeigen, dass die stereophotogrammetrische 3D-Messung mit strukturierter Beleuchtung im UV eine mit dem VIS vergleichbare geometrische Genauigkeit erreicht und gleichzeitig neue Anwendungsfelder für die Vermessung optisch schwer zugänglicher Oberflächen eröffnet. Das System verdeutlicht das Potenzial UV-basierter 3D-Messtechnik für Anwendungen in Industrie, Materialwissenschaften und Biologie.

A10

14:15

3D-Partikelverfolgung und Größenbestimmung durch doppelbrechende Abbildung

J. König, C. Cierpka

Institut für Thermo- und Fluidodynamik, Technische Universität Ilmenau
Joerg.Koenig@tu-ilmenau.de

Die simultane, volumetrische Erfassung von Strömungsfeldern und Partikeleigenschaften mit begrenztem optischem Zugang stellt eine zentrale Herausforderung in der Mikrofluidik dar. Wir präsentieren eine neue, einfach integrierbare bifokale Abbildungsmethode für die simultane 3D-Partikelverfolgung und Partikelgrößenmessung. Der Ansatz basiert auf einer doppelbrechenden Platte im Detektionspfad, die zwei axial versetzte Fokusebenen erzeugt. Partikel erscheinen als Doppelbilder mit unterschiedlicher Defokussierung, woraus sich eine größenunabhängige Kalibrierfunktion für die Tiefenposition ableiten lässt. Dies ermöglicht die gleichzeitige Bestimmung von 3D-Position und Größe polydisperser Partikel. Validierungsmessungen an einer co-laminaren Strömung (Partikelgrößen: 1,14 μm und 2,47 μm) zeigten sehr geringe Messunsicherheiten im Geschwindigkeitsfeld und eine Präzision von 98,6 % bei der Größenunterscheidung. Ergänzend werden Messergebnisse mit der neuen Methode zu akustisch induzierten 3D-Strömungsfeldern in der Mikrofluidik mit akustischen Oberflächenwellen vorgestellt.

14:30-15:00 **Kaffeepause**

B

B7

13:30

Historische Röntgenbilder in das UNESCO-Weltdokumentenerbe aufgenommen

U. Busch*, M. Michels*, A. Kätker*, T. Döhring**, E. Stanik***

* Deutsches Röntgen-Museum

** Fakultät Ingenieurwissenschaften und Informatik, TH Aschaffenburg

*** NETZ Technologietransferzentrum für nachhaltige Energien

uwe.busch@remscheid.de

Wilhelm Conrad Röntgen wurde am 27. März 1845 in Remscheid-Lennep geboren und war ein Pionier der modernen Physik. Am 8. November 1895 entdeckte er die Röntgenstrahlen (engl.: X-rays), was eine wissenschaftliche Revolution in der Medizin und den Materialwissenschaften auslöste. Für seine Entdeckung erhielt Röntgen 1901 den ersten Nobelpreis für Physik. Das Deutsche Röntgen-Museum in Remscheid spielt eine zentrale Rolle bei der Bewahrung und Vermittlung von Röntgens Vermächtnis. Es dokumentiert Röntgens Leben und Werk und beherbergt über 155.000 Exponate, darunter 220 originale Bilder zur Erforschung der neuen X-Strahlen aus Röntgens Nachlass. Zu den bedeutendsten Bildern insbesondere der Medizingeschichte gehören Röntgens Aufnahmen seiner eigenen Hand und der Hand seiner Frau Anna Bertha. Außerdem begründeten die Röntgenbilder seines Jagdgewehrs die zerstörungsfreie Materialforschung. Im Jahr 2025 wurden daher sechs dieser Bilder in das UNESCO-Weltdokumentenerbe aufgenommen. Die offizielle Urkunde wurde am 10. September 2025 in Remscheid von der UNESCO dem Oberbürgermeister übergeben. Röntgens Entdeckung ist eine der bedeutendsten wissenschaftlichen Innovationen. Die Aufnahme in das UNESCO-Weltdokumentenerbe würdigt sein Erbe und diesen Meilenstein der Wissenschaftsgeschichte.

B8

13:45

Das Bürgerwissenschaftsprojekt Nachtlcht-BÜHNE untersucht Quellen künstlicher Beleuchtung in Deutschland

S. Bauer, C. Kyba

sicco.bauer@gmx.de

Nachtlcht-BÜHNE ist ein Co-Design Bürgerwissenschaftsprojekt, in dem künstliche Lichtquellen räumlich erfasst und kategorisiert werden. Dazu haben wir eine App entwickelt, welche die Erfassung verschiedener frei zugänglicher Lichtquellen in großen Gebieten ermöglicht.

Hintergrund:

Die Helligkeit des Nachthimmels nimmt weltweit zu. Die relative Abstrahlung verschiedener Lichtquellen (z.B. Straßenbeleuchtung, Werbung, Gebäudeanstrahlung und Fenster) und deren Anteil an der Aufhellung des Nachthimmels ist aktuell nicht bekannt.

Wir haben Außenbeleuchtung nach verschiedenen Typen und deren Eigenschaften kategorisiert. Während unserer Kampagne 2021 haben Freiwillige in vielen vorgegebenen Gebieten innerhalb und außerhalb Deutschlands Lichtquellen kategorisiert und gezählt.

Ergebnis:

Der Vortrag stellt die Ergebnisse der Zählkampagne von 2021 vor. Zudem vergleichen wir die erfassten Lichtquellen mit Satellitendaten des VIIRS Day-Night Band der NASA Earth Observation Group.

Abschließend zeigen wir den Vergleich der Beleuchtung der verschiedenen Gebiete mit deren Landnutzungsdaten (CORINE Land Cover).

Vergleich des Anflugverhaltens von Insekten auf Beleuchtungen mit unterschiedlichen Leuchtmitteln zur Erhöhung der Artenvielfalt

K. Blankenbach*, B. Rendgen-Heugle, F. Brümmer†**

* Display Lab, Hochschule Pforzheim

** Institut für Biomaterialien und biomolekulare Systeme, Universität Stuttgart

karlheinz.blankenbach@hs-pforzheim.de

Die künstliche Beleuchtung bei Nacht dient der menschlichen Sicherheit, jedoch lockt sie auch Insekten an. Dies führt in Folge zur erhöhten Mortalität, einem Rückgang der Artenvielfalt und zusätzlich zieht noch das lokal erhöhte Insektenaufkommen Fressfeinde wie Fledermäuse an. Wir haben die Auswirkungen künstlicher Beleuchtung an Straßen und Fußgängerwegen auf nachtaktive Insekten untersucht. Hierzu wurde das Anflugverhalten von Insekten an drei Lampentypen untersucht: HQL-Lampen (Hochdruck-Quecksilberdampf, mittlerweile verboten), NAV-Lampen (Natriumdampf) und LEDs. Die Untersuchung fand an einem Flussufer mit unterschiedlichen Lichtkonkurrenz-Bedingungen statt. An 54 Nächten wurden mit speziellen Luftelektroden insgesamt 38.032 Insekten gefangen und ausgewertet. Die Ergebnisse zeigen deutliche Unterschiede: HQL-Lampen lockten 61% aller Insekten an, NAV-Lampen 23% und LEDs nur 16%. Ein Ersatz von NAVs durch LEDs reduziert das Anflugverhalten im Mittel um 30%. Dies variiert jedoch stark je nach Insektengruppe: Während Dipteren nur moderat weniger angezogen werden (-13%), zeigen Köcher- und Eintagsfliegen sowie Schnabelkerfen teils drastische Reduktionen bei LED-Beleuchtung – ein starkes Argument für den Austausch "alter" Leuchtquellen. Ferner wurde an einem speziellen Aufbau untersucht, ob das Anflugverhalten von der Art des weißen Lichtes (weiße LED, RGB LED, s BY LEDs) sowie höherfrequentem Pulsen abhängt.

14:30-15:00 **Kaffeepause**

A

A11
15:00**Teaching quantum computing using a full adder as an example**

S. Reichel*, L. König*, K. Kappl**, C. Ludwig**, R. Nawrodt**

* Fakultät Technik, Hochschule Pforzheim

** 5. Physikalisches Institut, Universität Stuttgart
steffen.reichel@hs-pforzheim.de

Already in 2017, the German National Academy of Sciences Leopoldina and others clearly recommended that teaching quantum phenomena must be part in basic courses of engineering education. Since optics/photonics is well known from school basic experiments on interference and wave optics are used to derive the probability interpretation of the wave function $|\Psi\rangle^2$ (Born interpretation). Experiments from Grangier, Roger und Aspect (Nobel price 2022) show the particle behavior of light as well as interference and show that light propagates according to a wave equation (Schrödinger equation) and is detected as a particle. With this knowledge quantum bits (Qubits) are introduced and described in Hilbert space and by a transformation that preserves probability (length) and orthogonality: unitary matrices. We show some properties of unitary matrices and their impact on quantum gates and quantum registers. A first quantum circuit is a single- and three-coin toss simulation. We expand this knowledge to a full adder already proposed by Feynman in 1982. We simulate Feynman's proposal and our own solution of a full adder. The proposed way is a first step to teach engineers the quantum computing basics.

A12
15:15**Why Today's Laser Diagnostics Must Be Designed Differently**

O. Lischtschenko

Coher Sense UG

Oliver.Lischtschenko@cohersense.de

Laser diagnostics play a central role in modern photonics, quantum technologies and industrial laser systems. Most established diagnostic instruments were designed for laboratory environments with expert operators of the equipment. This makes instruments difficult to scale, costly to deploy, and highly dependent on the availability of expert users. As laser-based systems transition toward wide-spread adoption, fully automated operation and multi-laser architectures, these limitations increasingly constrain real-world applications. This contribution discusses why laser diagnostics must be designed fundamentally differently from traditional laboratory instruments. Rather than focusing solely on absolute precision, scalable diagnostics must balance temporal resolution, robustness, multi-parameter observability, ease of integration and cost as first-class design constraints. Drawing on experience from fusion plasma diagnostics and compact optical spectrometers, the transfer requirements into compact photonic sensors will be discussed. Key system-level considerations to enable reliable, operator-independent laser monitoring outside controlled laboratory environments are laid out.

The talk provides a perspective on how rethinking diagnostic design unlocks new applications in industrial process monitoring, distributed photonic systems and emerging quantum technologies. Without diving into implementation details, observable performance characteristics and architectural principles will be highlighted, illustrating the shift from laboratory instrumentation toward scalable, application-driven laser diagnostics.

A

A13
15:30**Integrated Silicon Nitride Optical Gyroscope: Design, Fabrication, and Path to Quantum Enhancement**

M. Voiculescu*, S. Kasireddy**, T. Fünning**, F. Thomsen**, F. Brauer***, A. Mai**, P. Heise****, M. Regehly***

* Photonik und optische Technologien, Technische Hochschule Wildau

** IHP - Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik

*** Technische Hochschule Wildau

**** Technische Hochschule Mittelhessen

mara.voiculescu@th-wildau.de

Optical gyroscopes, such as fiber-optic and ring-laser devices, exploit the Sagnac effect to measure rotation and are crucial for modern navigation systems. The growing demand for compact, low-cost, and high-precision inertial sensors, driven by autonomous systems and portable navigation, has sparked strong interest in miniaturized devices. Recent advances in photonic integrated circuits (PICs) have enabled the fabrication of optical gyroscopes at chip scale, leveraging mature platforms such as silicon-on-insulator and silicon nitride. Despite this progress, current integrated gyroscopes fall short of navigation-grade performance, primarily due to their limited effective area. Quantum metrology provides a pathway to improve the precision of the phase measurement to levels which would not be attainable using only classical light sources. By employing quantum states of light, such as entangled NOON states, these devices can surpass classical noise limits, paving the way for integrated gyroscopes that achieve high performance in a chip-scale format. In this work, we present the design, simulation, and initial fabrication results of an integrated interferometric optical gyroscope based on a silicon nitride waveguide coil and assess the feasibility of leveraging non-classical states of light within current technological constraints.

A14
15:45**Mehrstufiges Gedächtnis im optischen Reservoir Computing**

A. Bartelmei*, J. Schumacher**, S. Sinzinger*

* Fachgebiet Technische Optik, TU Ilmenau

** Strömungsmechanik, TU Ilmenau

anja.bartelmei@tu-ilmenau.de

Optische Datenverarbeitung hat viele Vorteile. Neben Verarbeitungsgeschwindigkeit, Parallelität und Energieeffizienz bietet sie mehrere Möglichkeiten für die Umsetzung neuer Berechnungsparadigmen. Eines davon ist das vom Gehirn inspirierte Reservoir Computing. Das Rückgrat dieser Berechnungsmethode ist ein wenig vernetztes rekurrentes neuronales Netz, das Reservoir, das (sequenzielle) Eingaben in einem hochdimensionalen Zustandsraum abbildet und dann Daten zur Vorhersage von z.B. Zeitreihen ausgibt. Im Gegensatz zu anderen Methoden des maschinellen Lernens muss nur die Ausgabegeschicht trainiert werden. Wir präsentieren die optische Umsetzung eines Reservoir Computing Modells. Dabei wollen wir die Abhängigkeit der Vorhersageleistung von der Datenanordnung auf unserem Eingabegerät (SLM) untersuchen. Indem wir unsere Eingabe und den rekurrenten vorherigen Zeitschritt nebeneinander laden und parallel durch das optische System verarbeiten, schaffen wir ein Kurzzeitgedächtnis mittels eines rekursiven Bildes. Dieser Effekt sorgt für eine mehrstufige Darstellung vorheriger Zeitschritte und eignet sich für die Vorhersage chaotischer Zeitserien, die im Rahmen dieser Arbeit diskutiert wird.

Podiumsdiskussion Karriereperspektiven in der Optik und Photonik

U. Boehm

Corporate Research & Technology, Carl Zeiss AG
ulrike.boehm@zeiss.com

Die Podiumsdiskussion „Karriereperspektiven in der Optik und Photonik“ richtet sich speziell an Master- und PhD-Studierende, die kurz vor ihrem Abschluss stehen und sich auf den Einstieg in den Jobmarkt vorbereiten möchten. Hier haben Sie die Gelegenheit, Fachleute aus Wirtschaft und Wissenschaft zu treffen, die ihre persönlichen Erfahrungen und wertvolle Einblicke teilen.

Im Fokus der Diskussion stehen die Herausforderungen und Chancen, die sich für angehende Experten in diesem spannenden Bereich ergeben. Erfahren Sie mehr über den erfolgreichen Berufseinstieg, die Möglichkeiten zur beruflichen Weiterentwicklung und die Strategien für den Aufstieg auf der Karriereleiter. Zudem werden wir die entscheidende Rolle von Netzwerken für Ihren Erfolg in der Optik und Photonik beleuchten.

Nutzen Sie die Gelegenheit, Ihre Fragen zu stellen und aktiv am Austausch teilzunehmen. Diese Podiumsdiskussion bietet Ihnen eine wertvolle Informationsquelle und praxisnahe Tipps, um Ihre Karriere in der Optik und Photonik erfolgreich zu starten. Seien Sie dabei und gestalten Sie Ihre berufliche Zukunft!

16:00-18:00 **Poster-Session**

Podiumsdiskussion
Ulrike Boehm

A

H3

08:30

3D-printed micro-optical systems: Functional toolbox and fiber-optical applications

A. Toulouse, M. Wende, V. Aslani, K. Doth, J. Trapp, O. Ghosh, Ö. Atmaca, F. Rothermel, A. Herkommer

Institut für Technische Optik (ITO), Universität Stuttgart
andrea.toulouse@ito.uni-stuttgart.de

3D printing of micro-optical systems has been evolving to be state of the art within the last decade, enabled by the dissemination of powerful commercial multiphoton 3D printers. In this work, we present latest additions to our functional toolbox, opening up new fiber-optical applications for 3D-printed micro-optics: We report on microfluidic integration to enable sealing, color filtering, color blocking, and magnetic structures. These enable application within liquids and robust coupling in rough environments, specialized illumination, microscopic and adaptive imaging. Freeform optical design, combined with custom measurement processes, facilitates highly sensitive spectroscopy and integrated light sheet beam shaping. Doping of commercial photoresists allows multimodal illumination and multiplexed sensing of temperature and redox ratios. Our advanced toolbox for functionalizing 3D printed micro-optical systems is a powerful companion to multiphoton 3D printing as such, enabling novel miniaturized applications spanning from integrated photonics over sensing to life science technologies.

D
O
N
N
E
R
S
T
A
G

H4

09:00

Konzept für ein Dreispiegelobjektiv zur Fernerkundung

E. Langenbach, N. Thomas*, A. Pommerol*, D. Piazza*, M. Blaukovitsch*

* Space Research and Planetary Sciences, Physikalisches Institut, Universität Bern
eckhard.langenbach@sunrise.ch

Im März 2016 ist mit der ESA-Raumsonde ExoMars Trace Gas Orbiter die an der Universität Bern entwickelte Kamera CaSSIS (Colour and Stereo Surface Imaging System) gestartet, die hochaufgelöste, farbige Bilder der Marsoberfläche liefert. Jetzt wird ein Nachfolgesystem konzipiert, das eine höhere Auflösung und gleichzeitig ein größeres Gesichtsfeld aufweist. Dazu wird bei einer ähnlichen Brennweite von knapp 1 m die Öffnung von 135 mm auf 200 mm Durchmesser erhöht, und das Objektfeld hat nun eine Diagonale von 5° statt 1.6° . Die Leistungssteigerung wird ermöglicht durch größere Systemabmessungen und kompliziertere Formen der Spiegelflächen. Die Optik besteht weiterhin aus drei außeraxial verwendeten Spiegeln, die einen Strahlengang ohne Pupillenabschattungen erlauben. Als reines Spiegelsystem ist die Optik farbfehlerfrei und soll in einem großen Spektralbereich von 400 nm bis 2000 nm eingesetzt werden. Auch bei kurzen Wellenlängen ist das System fast beugungsbegrenzt gut. Proportional zur Wellenlänge wachsen die beugungsbedingten Unschärfen an. Passend dazu werden für die Infrarotsensoren größere Pixel als im sichtbaren Spektralbereich vorgesehen.

Neben dem Aufbau des Systems werden die Abbildungsleistung sowie Überlegungen zum Streulichtverhalten und zu den zulässigen Toleranzen präsentiert. Ein Ausblick stellt mögliche Sensorkonfigurationen für mehrere Spektralbereiche und Anwendungsszenarien vor, die eine Kompensation von Bewegungsunschärfen ermöglichen.

Hauptvortrag: Additive Fertigung und Materialbearbeitung
Henning Rehn

D
O
N
N
E
R
S
T
A
G

Hauptvortrag: Optikdesign

09:30-10:00 **Kaffeepause**

A

A15
10:00

Block-wise Zernike polynomials supported by one Pascal's triangle
W. Chen

Carl Zeiss Meditec AG
wei-jun.chen@zeiss.com

Diese Arbeit deckt zwei bisher unbemerkte Fälle blockweiser Rekursion bei Zernike-Berechnungen auf. Basierend auf diesen Erkenntnissen wird ein neues Berechnungsschema für Zernike-Polynome vorgeschlagen. Es verwendet ein einziges Pascals Dreieck für alle internen Faktoren und vermeidet so Berechnungen von Fakultäten, Kosinus-/Sinusfunktionen, Matrixinversionen usw. Dank der inhärenten Rekursivität des Pascals Dreiecks bietet diese Arbeit sowohl eine direkte Transformationsmethode als auch eine blockweise rekursive Berechnungsmethode für Zernike-Polynome. Letztere eignet sich besser zur Berechnung von Basisfunktionen, während erstere besser für Operationen und Analysen optischer Oberflächen/Wellenfronten mithilfe ihrer Polynomkoeffizienten geeignet ist. Die Anwendung dieser beiden Methoden erfüllt die Anforderungen an Rechengenauigkeit, hohe Geschwindigkeit, geringen Speicherbedarf und Anwendungsflexibilität. Optische Anwendungen können von diesen neuen Erkenntnissen profitieren.

D
O
N
N
E
R
S
T
A
G

A16
10:15

Kugeln und Zylinder stapeln - ein hybrides Projektionsmodell für Fischaugenkameras
J. Schindler, L. Huber, T. Krings

Robert Bosch GmbH; Automated Driving Alliance
Johannes.Schindler@de.bosch.com

Bei der Entzerrung von Bildern von Umfeldkameras für Assistenzsysteme in Autos, die sehr stark fischaugenförmig verzeichnet sind, treffen konfliktierende Anforderungen aufeinander: einerseits ein Bildfeld von bis zu 180 Grad in beiden Raumrichtungen und gleichzeitig sollen vertikale Linien in der Welt im Bild vertikal erscheinen, sodass Objekte wie bspw. Fußgänger aufrecht zu sehen sind. Letzteres lässt sich durch eine zylindrische Projektion erreichen, die aber für derart große vertikale Öffnungswinkel nicht anwendbar ist. Dieses Problem wird gelöst durch ein Projektionsmodell, das in stetiger und näherungsweise differenzierbarer Weise eine zylindrische Projektion im Zentralbereich mit einer äquidistanten Projektion für größere Öffnungswinkel kombiniert. Es wird illustriert, welche Probleme bei einer zu einfachen Kombination der Modelle auftreten. Eine Lösung wird präsentiert, die den Anforderungen an die Bildqualität genügt und gleichzeitig mit einer handhabbaren Komplexität einhergeht und so eine echtzeitfähige Implementierung erlaubt.

A

A17
10:30

Systementwurf für Phase Retrieval mittels Wignerverteilung
T. Meinecke, S. Sinzinger

Fachgebiet Technische Optik, TU Ilmenau
thomas.meinecke@tu-ilmenau.de

Phase Retrieval ist ein iteratives Verfahren, mit dem die komplexwertige Amplitude eines 3-dimensionalen Wellenfeldes aus einem axial angeordneten Stapel von Intensitätsaufnahmen ermittelt wird. Es erlaubt, die komplexwertige Übertragungsfunktion eines kohärent beleuchteten Objektes oder dessen emittierte Wellenfront an einer beliebigen Position im Raum zu ermitteln. Mit Hilfe eines eingefügten optischen Systems können

- i) die Abmessungen des zu untersuchenden Objektes an die Sensorgröße der Kamera (Abbildungsmaßstab, Feld) angepasst,
- ii) die notwendige Auflösung der kleinsten Strukturdetails (Öffnung) eingestellt sowie
- iii) die erforderliche Defokussierung (axiale Positionierung des Bildstapels) und analoge/fourieroptische Filteroperationen gezielt durchgeführt werden.

Entlang der Signalkette dieses erweiterten Aufbaus sollen die einzelnen Komponenten und Prozesse (Propagation, Abbildung, Manipulation/Filterung, Rekonstruktionsalgorithmus) einen verlustfreien Informationsfluss realisieren. Nun wird jede Stufe entlang dieses Flusses durch ihre jeweils spezifischen Größen beschrieben, was den ganzheitlichen Designprozess des Setups erschwert. In diesem Beitrag untersuchen wir die Eignung der Wignerverteilung zur einheitlichen Beschreibung und Einschätzung des Verhaltens der einzelnen Systemkomponenten.

D
O
N
N
E
R
S
T
A
G

A18
10:45

Efficient thermal optical design
T. Baldsiefen

RnD, Photonics Precision Engineering
tim.baldsiefen@ppe-jena.com

Generally, the desire for an increase in throughput of optical systems leads to the requirement of larger light power. This applies to systems of laser- and material-processing as well as imaging systems where the illumination needs to increase in power to ensure enough brightness in observation.

This larger power, due to absorption, leads to thermal changes which lead to an undesired, dynamic change of performance.

Simulation of these thermal effects is usually done by time-consuming FEA analysis, which slows down development speed, especially in the concept phase of projects.

This talk will present different approaches, from analytical estimates to fully integrated simulations, aimed at increasing efficiency and speed of optical system development.

Additionally, thermal effects on certain types of optical systems are presented and countermeasures, in optical- and system-design, are discussed.

Efficient end-to-end optimization of extended depth of field imaging systems and Wiener filter based deconvolution with weighted transfer functions

O. Waedt

oliwaedt@gmail.com

Extended depth of field (EDOF) is a critical requirement for modern compact imaging systems, often necessitating a holistic design of optical elements and digital reconstruction algorithms. This paper presents an efficient end-to-end, damped least square based optimization framework that combines a higher-order free-form phase plate and a Wiener deconvolution filter into a single computational imaging pipeline. The proposed forward model comprehensively incorporates the image sensor transfer function, sampling effects, and noise characteristics alongside the optical propagation.

A key contribution of this work is the joint optimization of the optical surface and the reconstruction parameters within a unified differentiable framework. Specifically, the Wiener deconvolution filter is optimized simultaneously with the phase plate, adapting its variably weighted system transfer function and Wiener SNR parameter to the specific optical aberrations introduced during the optimization process. We design the loss function based on the Structural Similarity Index (SSIM) to ensure perceptual image quality and employ standard optical system analysis metrics to validate the approach. Comparative results demonstrate that this co-design strategy yields significantly higher system performance than standalone optimization of the optical components. The proposed method offers a robust pathway for designing EDOF systems where optical coding and digital decoding are perfectly matched.

Ableiten des Digitalen Optischen Zwillings von Spiegelsystemen als Basis für eine automatisierte Justage

B. Schober, C. Penkert, A. Bonhoff, C. Holly

TOS - Chair for Technology of Optical Systems, RWTH Aachen
benedikt.schober@tos.rwth-aachen.de

Die Justage von optischen Systemen wird durch die gegenseitige Wechselwirkung und Beeinflussung von Bauteil- und Lagetoleranzen der eingesetzten Komponenten erschwert, weswegen sie zeitaufwendig und das Automatisierungspotenzial durch die Komplexität des Systems und die Anzahl von Komponenten begrenzt ist.

Der digitale optische Zwilling (DOT) ist ein virtuelles Abbild eines realen, physischen optischen Systems und enthält Informationen über die Eigenschaften und Positionierung der Komponenten, welche die Funktionalität bestimmen. Die Funktionalität eines optischen Systems wird maßgeblich von den Eigenschaften der Oberflächen und deren Lage zueinander beeinflusst.

Das optische System wird zur Ableitung des DOTs durch ein Messsystem überwacht und die gemessenen Daten in das ursprüngliche ideale optische Design zurückgeführt, woraus der Systemzustand in Form von Bauteil- und Positionseigenschaften ermittelt werden kann. Anhand der Information über den realen Systemzustand sowie der Abweichung zu dem im idealen Design festgelegtem Zustand können darauffolgende Justageanweisungen abgeleitet werden.

In diesem Beitrag wird das Konzept eines Digitalen Optischen Zwillings und dessen Einsatzmöglichkeiten bei einer automatisierten Justage vorgestellt und es werden unterschiedliche Ansätze zur Charakterisierung eines Spiegelsystems, hinsichtlich deren Eignung für die Ermittlung der Positionseigenschaften der einzelnen Komponenten, demonstriert.

11:30-11:45 **Pause**

B

B15
10:00

Xolographie: Schneller volumetrischer 3D-Druck optischer Elemente
M. Regehly

Technische Hochschule Wildau
martin.regehly@th-wildau.de

Konventionelle 3D-Druckverfahren sind weit verbreitet, stoßen jedoch in der Optikfertigung aufgrund schichtbedingter Defekte und geringer Produktionsgeschwindigkeiten an ihre Grenzen. Die Xolographie überwindet diese Einschränkungen durch ein zweifarbiges, volumetrisches Verfahren, bei dem photoschaltbare Photoinitiatoren durch die Überlagerung von Lichtstrahlen angeregt werden. Dies ermöglicht die schnelle, kontinuierliche Fertigung komplexer Objekte, die unmittelbar nach dem Druck isotrope Materialeigenschaften und Oberflächen in optischer Qualität aufweisen. Mit der Fähigkeit, Mehrkomponentensysteme innerhalb weniger Minuten mit Mikrometerauflösung herzustellen, besitzt die Xolographie das Potenzial, die Fertigung polymerer Freiformoptiken zu revolutionieren. Dieser Beitrag stellt den aktuellen Stand der Technologie vor und diskutiert zentrale Herausforderungen sowie Lösungsstrategien für die optische Fertigung.

D
O
N
N
E
R
S
T
A
G

B16
10:15

In-Situ Raman Spectroscopy for Process Optimization in Volumetric 3D Printing
N. Lange, T. Döhler, M. Regehly

Fachbereich Ingenieur- und Naturwissenschaften, Technische Hochschule Wildau
nele.lange@th-wildau.de

Volumetric 3D printing via Xolography enables the fabrication of complex objects with micrometer resolution in a matter of minutes. Dual-color photoinitiators (DCPIs) and two-wavelength irradiation are crucial for the spatial control of photopolymerization. To date, process optimization has largely relied on post-print evaluation, lacking real-time insights into the polymerization kinetics.

We present a novel methodology using in-situ Raman spectroscopy to characterize the dual-color curing response of spiropyran-based DCPIs. By implementing a dual-wavelength irradiation setup, we monitor the degree of curing (DoC) as a function of applied light doses and compare different resin formulations. Our results provide quantitative data on bond conversion and polymerization rates, allowing for the precise derivation of contrast parameters, efficiency as well as the process window for Xolography. This approach offers a robust framework for the rational design of resin compositions and the optimization of illumination protocols, ultimately enhancing the efficiency and reliability of volumetric additive manufacturing.

Zeitaufgelöste Analyse der Brechungsindexentwicklung und Diffraktionseigenschaften bei der Einphotonen-Polymerisation von Photopolymeren

A. Heinrich, A. Harth

Aalen School of Applied Photonics, Hochschule Aalen
andreas.heinrich@hs-aalen.de

Die Fotopolymerisation ermöglicht die Herstellung mikrooptischer Elemente, wie beispielsweise diffraktiver optischer Elemente oder Gradientenindex-Optiken. Dieses Verfahren nutzt die gezielte räumliche Modulation des Brechungsindex, welche mittels additiver Fertigung realisiert wird. Dabei ist ein tiefgreifendes Verständnis der dynamischen Prozesse während der Aushärtung essenziell, um die optische Funktion des präzise vorhergesagen zu können.

Diese Arbeit untersucht die Reaktionskinetik und die daraus resultierenden optischen Eigenschaften eines Photopolymers unter UV-Belichtung mittels eines DLP-Projektionsystems.

Der Ansatz kombiniert hierbei zwei Messmethoden: Zum einen wird die absolute Brechungsindexänderung zeitaufgelöst an der Grenzfläche eines Prismas bestimmt. Zum anderen wird die Ausbildung eines Phasengitters im Volumen des Polymers in Echtzeit durch die Analyse der Beugungsordnungen eines kohärenten Abtastlasers erfasst.

Die Ergebnisse zeigen einen charakteristischen sigmoidalen Verlauf der Brechungsindexänderung, welcher die Phasen der Polymerisation – Sauerstoffinhibierung, Selbstbeschleunigung und Verglasung – widerspiegelt.

Die Analyse der Beugungsmuster offenbart komplexe Intensitätsverläufe und Substrukturen innerhalb der Beugungsordnungen. Diese konnten experimentell sowie durch Simulationen auf die diskrete Pixelstruktur des DLP-Projektors und die vorhandenen Totzonen zwischen den Mikrospiegeln zurückgeführt werden. Weiterhin reproduziert das auf Basis der Fourier-Optik entwickelte Simulationsmodell die experimentellen Beugungsmuster und bestätigt die Hypothese, dass Streulicht und Radikaldiffusion zu einer zeitverzögerten Polymerisation in den theoretisch unbelichteten Bereichen führen. Dies resultiert in einer Reduktion des Brechungsindexkontrasts.

B

B18
10:45

Scientific Machine Learning zur Vorhersage von Freiform-Mikrolinsen

A. Dehm, M. Dohmen, L. Fischer, A. Heinrich

Aalen School of Applied Photonics, Hochschule Aalen
annika.dehm@hs-aalen.de

Bei der additiven Fertigung von Freiform-Mikrolinsen durch elektrische Deformation flüssiger UV-Polymere ist eine zuverlässige Vorhersage der resultierenden Linsengeometrie entscheidend. Die entstehende Form der Linse wird durch mehrere Prozessparameter beeinflusst, darunter die angelegte Spannung sowie die Position und Geometrie der Elektroden. Rein datengetriebene Ansätze wie Deep Learning bieten großes Potenzial zur Modellierung dieser komplexen Zusammenhänge, jedoch ist die physikalische Plausibilität der Vorhersagen nicht in jedem Fall gewährleistet (z.B. Verletzung der geometrischen Randbedingungen). In diesem Beitrag wird ein Scientific Machine Learning (SciML) Framework vorgestellt, das domänenspezifisches Wissen direkt in den Lernprozess integriert. Ein zentraler Aspekt der Arbeit liegt auf dem Vergleich verschiedener Netzwerkarchitekturen, darunter Multi-Layer-Perzeptron (MLP) und 1D U-Net Strukturen, wobei die Verlustfunktion um Nebenbedingungen erweitert wird, sodass die Modelle zu physikalisch konsistenteren Lösungen angeleitet werden. Der Beitrag gibt einen Einblick darüber, wie sich datengetriebene Modelle und physikalisches Hintergrundwissen in der Photonik wirksam kombinieren lassen.

D
O
N
N
E
R
S
T
A
G

B19
11:00

Precise integration of flexo-printed optical waveguides into printed circuit boards via opto-electrical layout registration

J. Kirstein, T. Schindler, L. Fütterer, L. Overmeyer

Institut für Transport und Automatisierungstechnik - ITA, Leibniz Universität Hannover
janka.kirstein@ita.uni-hannover.de

Due to increasing integration density, optical data transmission is the solution for interference-free data transmission and galvanic isolation at circuit board level. To establish this on the market, the process must be cost-effective and suitable for mass production. In addition, photonic integration should be integrable into the conventional circuit board manufacturing process. The rotative flexo printing process can be used to print planar optical waveguides additively onto rigid and flexible substrates. It offers the potential for high throughput and is also a cost-effective process due to local application of conventional printing varnishes. To integrate the optical waveguides into printed circuit boards (PCBs), they must be able to withstand the PCB pressing process at temperatures of 180°C. The substrates that can be used for this purpose are not suitable for use as optical waveguide cladding. Therefore, optical waveguides require a suitable cladding to enable optical transmission functionality. In this study, optical waveguides were manufactured using a new machine with optical alignment capabilities. By coordinating targets in the optical printing process and PCB manufacturing, it was possible to register optical waveguides in the PCB for the first time. This paves the way for the practical use of flexo printed waveguides in PCBs.

Effiziente, flexible und präzise Multistrahlbearbeitung durch Verwendung akustooptischer Modulatoren in Kombination mit Prismen-Arrays

M. Hesker, A. Bonhoff, C. Holly

TOS - Chair for Technology of Optical Systems, RWTH Aachen University

mario.hesker@tos.rwth-aachen.de

Die Multistrahlbearbeitung mit ultrakurzgepulster Laserstrahlung (< 10 ps) stellt einen etablierten Ansatz zur Steigerung der Produktivität bei gleichbleibend hoher Bearbeitungspräzision dar. Hierzu wird die Gesamtlaserleistung in ein Array von Teilstrahlen mit jeweils anwendungsoptimierter Leistung aufgeteilt, das mittels Galvanometerscanner auf der Werkstückoberfläche positioniert wird. Zur Realisierung nichtperiodischer Strukturen wird üblicherweise ein akustooptischer Modulator (AOM) in den Strahlengang integriert, der ein individuelles, pulsweises Schalten der einzelnen Teilstrahlen ermöglicht.

Da die einsetzbare Gesamtleistung bei Verwendung kommerziell verfügbarer AOMs derzeit auf etwa 100 W begrenzt ist, wird in dieser Arbeit ein Konzept zur parallelen Verwendung von acht AOMs mit jeweils acht unabhängig schaltbaren Kanälen vorgestellt. Die Beugungseffizienz von AOMs ist stark vom Eintrittswinkel sowie von der Divergenz der einfallenden Teilstrahlen abhängig, wodurch der Einsatz linsenbasierter Strahlführungskonzepte nur eingeschränkt geeignet ist. Darüber hinaus skaliert der erforderliche Linsendurchmesser pro eingesetzten AOM um etwa 55 mm, was zu einer erheblichen Zunahme der Systemgröße und -komplexität führt.

Vor diesem Hintergrund wird ein alternatives Strahlführungskonzept auf Basis neuartiger Prismenarrays demonstriert. Neben einer verbesserten Ausnutzung der Beugungseffizienz der AOMs ermöglicht dieses skalierbare Konzept eine kompakte Systemarchitektur sowie eine unabhängige Auslegung der Teilstrahlabstände auf der Werkstückoberfläche.

11:30-11:45 **Pause**

A

A21
11:45

Die Lichtverteilung und ihre Beeinflussung durch Aberrationen

J. Sprenger

Entwicklung, Carl Zeiss CMP GmbH
joerg.sprenger@zeiss.com

Obwohl im weitesten Sinne eine optische Abbildung die Lichtverteilung eines Objekts in eine Lichtverteilung in einem Bildraum umwandelt, fallen die Bewertungskriterien dafür wie bspw. die Strehlsche Definitionshelligkeit oder Helligkeitsabfall bzw. Verteilung der Beleuchtungsstärke in unterschiedliche optische Disziplinen.

Während in der Beleuchtungstechnik der Fokus auf der Verteilung des Lichtstroms liegt, geht die Abbildende Optik davon aus, dass ausreichend Lichtmenge zur Verfügung steht, und beschreibt die geometrischen Bild-Abweichungen mittels Aberrationen.

Wie sich auch ohne Vielstrahlrechnungen im Rahmen der Bildfehlertheorie Rückschlüsse auf die Lichtverteilung ergeben, soll dargestellt und diskutiert werden.

D
O
N
N
E
R
S
T
A
G

A22
12:00

TIR-Linsen für Etendue-begrenzte Anwendungen

H. Rehn

h.rehn@gmx.net

TIR-Linsen – zumeist aus Kunststoffen - sind beim Einsatz von LEDs für die Allgemeinbeleuchtung allgegenwärtig. Die Aufgabe für das Optikdesign besteht dabei in der gleichmäßigen Verteilung des Lichtstroms der Quelle auf ein Zielgebiet von vergleichsweise großer Etendue.

Bei Etendue-begrenzten Aufgaben scheinen TIR-Linsen im Vergleich zu klassischen Linsenformen das Nachsehen zu haben. Die Frage ist, ob das ein prinzipielles Problem ist oder nur Folge eines für die Aufgabe unpassenden Designs. Wir schauen uns das genauer an und entwickeln Designregeln.

Objektseitige und bildseitige Telezentrie – Wann ist die Kante symmetrisch?

C. Link, P. Merbach

Optikentwicklung, Vision & Control GmbH
dr.link@vision-control.com

Hartnäckig hält sich das Gerücht, bei objektseitig telezentrischen Objektiven wäre keine präzise Kantendetektion, wie sie für die optische Messtechnik erforderlich ist, möglich. Es käme bei ihnen bei Defokussierung zu einer Asymmetrie der Kantenbildfunktion. Dabei sind diese Objektive gerade durch ihren einfachen Aufbau bestens dafür geeignet. So ist die Ursache für eine Asymmetrie der Kante keinesfalls beim prinzipiellen Aufbau zu suchen, sondern hat, wenn sie denn auftritt, andere Ursachen. – Diese werden im Beitrag genauer betrachtet. Besonders der Einfluss der Beleuchtungsart auf den Kantenverlauf wird untersucht. Die Vor- und Nachteile beider Objektivkonstruktionen werden gegenübergestellt.

Superapochromat: Design, Glasauswahl und Toleranzbetrachtung am Beispiel eines 100x Mikroskopobjektivs

T. Sure

th.sure@t-online.de

In der optischen Messtechnik, insbesondere für die Halbleiterindustrie, werden in jüngster Zeit immer häufiger multispektrale Analyseverfahren eingesetzt. Man möchte über einen großen Wellenlängenbereich die Messdaten möglichst schnell erfassen, ohne den nötigen Zeitaufwand für eine Nachfokussierung für einzelnen Wellenlängenbereiche hinnehmen zu müssen. In Zusammenhang mit einer hohen räumlichen Auflösung erfordert dies hochaperturige Mikroskopobjektive mit einem sehr kleinen Farblängsfehler, für einen Spektralbereich der deutlich über das übliche Spektrum typischer Apochromate von 436 nm bis 656 nm hinausgeht. Objektive die für einen deutlich größeren Spektralbereich korrigiert sind, werden häufig als Superapochromate bezeichnet.

Vorgestellt wird eine Designstudie eines hochaperturigen Mikroskopobjektivs mit einer 100-fachen Vergrößerung, das für einen Wellenlängenbereich von 400 nm bis 900 nm einen Farblängsfehler kleiner 75 nm aufweist. Die für die geplante Applikation mit einem Objektfelddurchmesser von 80 μm geforderten Verzeichnung kleiner 0,015% konnte realisiert werden. Das Design zeigt auf der optischen Achse einen polychromatischen Strehlwert größer 99%, am Feldrand 98% und kann somit als auskorrigiert betrachtet werden. Es wird die Glasauswahl sowie die Toleranzanforderungen diskutiert.

A

A25
12:45

Farbkorrektur mittels Kinoform-Profilen im VIS-Bereich
N. Schuster

SUSTAR-OPTICS
dnorbertschuster@gmx.net

Kommerziell relevant ist der Einsatz von Kinoform-Profilen in Frontgruppen von langbrennweitigen Fotoobjektiven, z.B. [1]. Ihr Einsatz erleichtert die chromatische Korrektur durch Sammel- und Zerstreuungslinsen und reduziert das Gewicht. Die achromatisierte COP-Hybridasphäre [2] hat eine hohe Anzahl von Zonen, deren Breite am Rande nur noch 24µm beträgt.

Aussichtsreiche Einsatzfälle ergeben sich in Spezialoptiken für technische Prozesse. An einem telezentrischen Objektiv wird die klassische Lösung bestehend aus sieben Glaslinsen dem schrittweisen Kinoform-Einsatz gegenübergestellt. Die Linsenanzahl reduziert sich erheblich. Tendenzen und Grenzen dieses Prozesses werden aufgezeigt.

[1] AF-S NIKKOR 500 mm 1:5,6E PF ED VR (2025).

[2] Edmundkatalog #65-993 (2018).

D
O
N
N
E
R
S
T
A
G

13:00-14:00 **Mittagspause**
14:00-14:30 **Transfer zu Networking Event**
14:30-20:00 **Networking Event**

Linienlose Weißlichtinterferometrie an technischen Bauteilen

J. Bich*, A. Battling**, R. Bergmann**, C. Falldorf**

* OMOS, BIAS - Bremer Institut für angewandte Strahltechnik GmbH

** BIAS - Bremer Institut für angewandte Strahltechnik GmbH

bich@bias.de

Weißlichtinterferometrie (WLI) ist ein etabliertes und leistungsstarkes optisches Messverfahren zur topographischen Charakterisierung von Oberflächen. Es findet aufgrund seiner hohen Präzision mit Höherauflösungen im einstelligen Nanometerbereich unter anderem Anwendung in der optischen Qualitätssicherung. Die Technologie basiert auf komplexen Mirau-Objektiven zur Erzeugung von Abbildung und Interferenz. Dadurch werden entsprechende Systeme groß und teuer, sind empfindlich gegenüber Erschütterungen und erfordern eine hohe Messdauer.

Dieser Beitrag stellt ein neuartiges Verfahren zur linsenlosen WLI basierend auf digitaler Holographie vor. Der linsenlose Aufbau erlaubt kompakte, leichte Messsysteme, die weniger Einzelaufnahmen benötigen, wodurch die Messdauer und die Empfindlichkeit gegen Erschütterungen deutlich reduziert werden. Zudem können bei gleicher Auflösung größere Sichtfelder im Vergleich zu Linsensystemen aufgenommen bzw. übertragen werden. Der Einsatz dieses Systems wird am Beispiel von technischen Bauteilen demonstriert. Das Verfahren erlaubt somit neue und vielfältigere Einsatzmöglichkeiten ohne Verzicht auf axiale Auflösung.

Optimierung der absoluten Formmessung in der Tilted Wave Interferometrie

A. Brenner*, G. Scholz**, M. Meyer**, I. Fortmeier**, C. Schober*, C. Pruß*, A. Herkommer*

* Institut für Technische Optik (ITO), Universität Stuttgart

** Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)

andreas.brenner@ito.uni-stuttgart.de

Die flexible interferometrische Messung der Form von Asphären und Freiformflächen ist ein relevantes Thema in der Optikindustrie. Mit der Tilted Wave Interferometrie (TWI) hat sich über die letzten Jahre ein Verfahren entwickelt, das flächenhafte Formmessungen mit einer hohen Messgeschwindigkeit von wenigen zehn Sekunden ermöglicht. Wie bei allen interferometrischen Verfahren führt jedoch die Mehrdeutigkeit der interferometrischen Phase zu Messunsicherheiten. In diesem Beitrag diskutieren wir zwei Methoden im Kontext der flexiblen Interferometrie, die durch die Hinzunahme weiterer Informationen Mehrdeutigkeiten reduzieren, was zu einer höheren numerischen Stabilität führt, gleichzeitig aber auch neue Herausforderungen bei der Kalibrierung mit sich bringen kann. Die erste Methode basiert auf einer Prüflingsjustagestrategie und einer externen direkt gemessenen Abstandsinformation, während die zweite Methode die Mehrwellenlängeninterferometrie nutzt, um den Eindeutigkeitsbereich über synthetische Wellenlängen zu vergrößern. Die Methoden werden mit Hilfe spezieller Testoberflächen, deren Form mit etablierten Verfahren kalibriert wurden, untersucht.

Interferometrische Ermittlung der schalldruckinduzierten Brechungsindexmodulation durch Ultraschallfelder in Luft

M. Foith*, R. Schuster*, Y. Schrödel**, J. Doersam***, S. Soennecken***, M. Kupnik***, C. Heyl**, A. Harth*

* Zentrum für optische Technologien, Hochschule Aalen

** DESY (Deutsches Elektronen-Synchrotron)

*** TU Darmstadt

marius.foith@studmail.htw-aalen.de

In der statischen interferometrischen Metrologie werden unvermeidbare Luftdichteschwankungen und Vibrationen, die während einer Messung auftreten, als parasitäre Effekte eingestuft. Denn sie verursachen eine zusätzliche optische Weglängendifferenz (OPD) aufgrund der Beeinflussung des Brechungsindex und können somit die Messergebnisse verfälschen.

Wir zeigen in dieser Arbeit eine Möglichkeit, wie genau dieser zeitlich veränderliche Effekt in Verbindung zur Proportionalität zwischen Luftdichte und Luftdruck genutzt werden kann, um starke Ultraschallfelder in Luft zu charakterisieren.

Hierfür kommt ein Fizeau Interferometer zum Einsatz, das vom Ultraschallfeld getriggert wird und mit diesem zeitlich synchronisiert ist. Das ermöglicht die quantitative Ermittlung der vom Feld induzierten OPD im Moment der stärksten Auslenkung der zeitlich oszillierenden Dichteschwankungen.

Die Auswertung des zweidimensionalen Interferogramms erfolgt anschließend durch Anwendung der Fourier-Trägerfrequenzmethode (Takeda-Methode), welche eine Bestimmung der räumlich aufgelösten Phasenverschiebung ermöglicht. Diese neuartige optische Schalldruckmessung ermöglicht eine quantitative, berührungslose und zweidimensionale Aufnahme des 3D-Schalldruckfeldes innerhalb weniger Sekunden.

Kontaktlose Manipulation von Laserstrahlen mittels luftbasiertem akusto-optischen Modulator

R. Schuster*, C. Uber**, M. Foith*, Y. Schrödel***, S. Soennecken****, J. Doersam****, M. Kupnik****, C. Heyl***, A. Harth*

* Zentrum für Optische Technologien, Aalen School of Applied Photonics - Hochschule Aalen

** Aalen School of Applied Photonics - Hochschule Aalen

*** Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY

**** Technische Universität Darmstadt
regina.schuster@hs-aalen.de

Festkörperbasierte akusto-optische Modulatoren (AOM) werden u. a. zur beugungs-basierten Ablenkung von Laserstrahlen verwendet. Diese sind jedoch aufgrund der benötigten Festkörper-Materialien bzgl. der Laserleistung (Zerstörschwelle) und der Laserwellenlänge limitiert. Unter geeigneten Bedingungen lassen sich hochleistungsfähige Ultraschallfelder (490 kHz) auch in Luft zur kontaktlosen Laserstrahlmanipulation (1030 nm) einsetzen. Für eine effiziente und flexible Realisierung ist ein Erkenntnisgewinn bzgl. der zugänglichen Parameter erforderlich.

In dieser Arbeit untersuchen wir experimentell den Einfluss zentraler Parameter luftbasierter AOMs (Laserwellenlänge, Ultraschallfrequenz, Schalldruckpegel und Interaktionslänge) auf Beugungswinkel, Beugungseffizienz, sowie Beugungsregime. Der Einsatz von 40 kHz-Ultraschallwandler in Verbindung mit einer Laserwellenlänge von $10.6 \mu\text{m}$ führt zu einer Wechselwirkung im sogenannten Raman-Nath-Regime. Wir analysieren und evaluieren stern- und V-förmige Multi-Pass-Geometrien zur Vergrößerung der Interaktionslänge. Die Ergebnisse demonstrieren das Potenzial luftbasierter AOMs für die gezielte Laserstrahlmanipulation in der industriellen Photonik.

Materiewellenoptik mit levitierten Nanopartikeln

C. Vogt*, S. Hong**, R. Bergmann***

* Quantensensorik, BIAS - Bremer Institut für angewandte Strahltechnik GmbH

** Institute for Functional Matter and Quantum Technologies (FMQ), University of Stuttgart

*** BIAS - Bremer Institut für angewandte Strahltechnik GmbH

vogt@bias.de

Levitierte Optomechanik untersucht die Dynamik und Kontrolle von in optischen Dipolfallen im Vakuum gefangenen Silica-Nanopartikeln mit Durchmessern von etwa 50 nm bis 1 μm . Aufgrund ihrer extremen mechanischen Isolation eignen sich solche Systeme hervorragend für hochsensitive Kraft- und Beschleunigungssensoren. Darüber hinaus stellen sie eine vielversprechende Plattform für Materiewelleninterferometrie dar, insbesondere mit dem Ziel, quantenmechanische Effekte bei vergleichsweise großen Massen experimentell zu demonstrieren.

Bisherige Interferometrie-konzepte mit levitierten Nanopartikeln basieren überwiegend auf Nahfeldinterferometrie im Talbot-Lau-Schema und erfordern die Verwendung periodischer Gitterstrukturen. Diese Ansätze sind jedoch durch lange Evolutionszeiten limitiert, was sie anfällig für Dekohärenzeffekte wie Restgasstöße oder thermische Emission macht.

In diesem Vortrag stellen wir ein neuartiges Interferometrie-konzept für levitierte Nanopartikel vor, das vollständig ohne materielle oder optische Gitterstrukturen auskommt. Der vorgestellte Ansatz erlaubt die Realisierung der Interferenz in deutlich kürzeren Zeiten und reduziert dadurch die Auswirkungen von Dekohärenz signifikant. Dies eröffnet neue Perspektiven für skalierbare Materiewelleninterferometrie mit Nanopartikeln und stellt einen wichtigen Schritt hin zu interferometrischen Experimenten im bislang unerreichten Massenbereich dar, welche langfristig zum Beispiel als Gravimeter oder Trägheitkraftsensoren verwendet werden können.

13:00-14:00 **Mittagspause**14:00-14:30 **Transfer zu Networking Event**14:30-20:00 **Networking Event**

Limits in Optics – How to Bargain with Nature

G. Häusler*, C. Faber**

* Institut für Optik, Information und Photonik, Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg

** Fakultät ET/WI, Hochschule Landshut

gerd.haeusler@fau.de

Alongside Gabor, Leith, and others, Adolf Lohman has laid the foundations for information optics. One key question in this context is: What are the physical limits for the extraction and transmission of information using optics? Understanding these limits delivers a precious present: They often come along in the form of uncertainty products, enabling us to “bargain with nature”. Their origins are, of course, connected with the “ingredients” at hand, such as the type of illumination, the light-object-interaction, the signal modality used, and the detection scheme. For the case of optical 3D-metrology, this has already been investigated in previous publications.

As the concept of exploring and exploiting limits has proven useful, we follow Lohmann’s spirit to “generalize” successful findings (“can we teach how to invent?”) - guided by overarching questions, such as:

Are there other interesting fundamental limits?

How to find – and reach – them?

How are these limits connected to established statistical bounds

(Fisher information / Cramér-Rao)?

Are there more “ingredients” than mentioned above?

Answering these questions, we learn to what extent there really is “no free lunch” in optics – and at the same time provide some guidelines how to get the meal you actually want.

A

S2

08:55

Fourier-Optik - einmal anders (oder: Fourier Optics with a twist)

J. Jahns, W. Spiller

FernUniversität Hagen

juergen.jahns@fernuni-hagen.de

Diese Präsentation ist dem Andenken an Adolf Lohmann anlässlich seines 100. Geburtstags gewidmet. Lohmann war einer der Protagonisten der Fourier-Optik. Dabei geht es um die Anwendung der linearen Systemtheorie auf die räumliche Optik, welche Konzepte wie die Übertragungsfunktion und die räumlichen Filterung hervorgebracht hat. Für ein 2D optisches Signal stellt die Fourier-Transformation (FT) bekanntlich eine Zerlegung nach ebenen Wellen dar. Das sich ergebende Modenspektrum (Winkelspektrum) liefert interessante Aufschlüsse über die Signalstruktur. Für manche Wellenfelder bzw. Objekte ist die konventionelle FT jedoch ungünstig, weil sich ein sehr komplexes Winkelspektrum ergibt. Daher verfolgen wir hier einen anderen mathematischen Ansatz: statt einer Zerlegung nach ebenen Wellen betrachten wir die Zerlegung eines 2D Signals nach Wellen mit i.a. spiralförmigem Phasenprofil. Die resultierende „spirale Fourier-Transformation“ (sFT) erweist sich als günstig für Objekte bzw. Wellenfelder mit gekrümmten Linien („runde Objekte“). Im Bereich der Optik eignet sie sich insbesondere für die Analyse von Wirbelfeldern, ebenso für den Entwurf von Bauelementen, welche aus zahlreichen Einzelemittlern bestehen (z.B. Meta-Oberflächen, „Photonensieb“). Im Bereich der digitalen Bildverarbeitung bieten sich Objekte aus Natur (z.B. Pflanzenbilder) und den Lebenswissenschaften (Zellaufnahmen) an. Die sFT-Analyse bietet in diesen Fällen insbesondere Vorteile für eine KI-basierte Informationsverarbeitung.

F
R
E
I
T
A
G

S3

09:20

Adolf Lohmann and the Return of the Optical Computer: Vision, Legacy, and Lessons for the AI Age

R. Völkel

In the 1980s, Adolf W. Lohmann envisioned optical computers and optical interconnects. Information processing based on light rather than electrons, exploiting massive parallelism inherent to optical systems. At the time, this vision was widely regarded as too visionary and economically unrealistic. Today, as AI drives exponential data growth and power demand, photonic processors and optical interconnects promise massive efficiency gains. This talk revisits Lohmann's fore-sight - from Fourier optics to photonic AI. Marking his 100th birthday, we pay tribute to Adolf W. Lohmann, a visionary whose ideas, once ahead of their time, continue to inspire future innovations.

09:45-10:15 **Kaffeepause**

A

S4

10:15

Die Lohmann'sche Erfindungsmaschine

U. Krackhardt

Sein Denkmodell materialisiert sich.

Adolf Lohmann hat sein Modell gelebt & geliebt: Identifiziere weiße Flecken eines Fachgebietes, und fülle sie mit passenden Lösungen aus anderen Fachgebieten. Aus dieser Transferleistung zog er seine Produktivität und rief stets zur Nachahmung auf.

Seit über 30 Jahren trägt die Überzeugung, dass die technischen Vorteile optischer Signalübertragung / -verarbeitung die elektronische auf breiter Front ersetzen wird. Bislang kam es nicht dazu. Allerdings weist das ‚nächste große Ding‘ in der Chip-Branche, die Chiplet-Technologie, den Weg zu einer realen Symbiose von Optik und Elektronik: Physik, Beherrschbarkeit UND Ökonomie weisen in seltener Einigkeit in diese Richtung.

Von einem ehemaligen Lohmann-Eleven in Sachen Optik und heutigem Unternehmer für Chip-Design zur Signalübertragung – insbesondere als Vorreiter für Chiplet-Anwendungen – wird der Versuch unternommen, einen konsolidierten Überblick von der Bedarfsanalyse, über Herausforderungen, Markt-Timing bis hin zur Symbiose von Elektronik und Optik zu geben. Die Vorreiter in der Industrie samt entsprechender Investoren sind mehr als bereit, optische Konzepte aufzunehmen – eine gute Zeit, Kooperationen einzugehen!

F
R
E
I
T
A
G

S5

10:40

In-memory Computing - der nächste große Sprung in den Prozessorarchitekturen?

D. Fey

Faculty of Engineering – Chair Computer Architecture, Friedrich-Alexander-University (FAU) Erlangen-Nürnberg
dietmar.fey@fau.de

Dem Ende der Dennard'schen Skalierung – d.h. Performanz-Zuwachs durch höhere Taktfrequenzen und Transistorendichten und Absenkung der Versorgungsspannung – wurde durch die Einführung von Multi-/Vielkern-Prozessoren begegnet. Die weitere Entwicklung brachte heterogene Rechnerarchitekturen mit Beschleunigerkernen. Der nächste Schritt in dieser Entwicklung ist vermutlich Energiegewahres Rechnen nahe oder im Speicher, sog. Near-/In-memory-Computing (IMC), das Energieintensiven Datentransport vermeidet. Memristive Bauelemente bieten hier bedeutende qualitative Vorteile: Nicht-Flüchtigkeit und Mehrbit-Fähigkeit.

Memristive Crossbar-Strukturen erlauben die quasi natürliche Umsetzung der Kernoperation der KI, eine Energiearme Matrix-Vektormultiplikation als IMC-Operation. Memristoren beim Rechnen bieten aber noch mehr: Ersatz von logischen Gattern und hochdicht rekonfigurierbarer Logik, z.B. durch Ausnutzen der Mehrbit-Fähigkeit. Im Vortrag werden aktuelle und mögliche zukünftige Entwicklungen für IMC aus anderen Arbeiten und der Arbeit am Lehrstuhl Rechnerarchitektur vorgestellt.

Ehrensymposium zum 100sten Geburtstag von Prof. Adolf Lohmann
Jürgen Jahns

F
R
E
I
T
A
G

Vom (Computer-)Hologramm zum optischen Reservoir (Gedächtnis) für die künstliche Intelligenz

S. Sinzinger

Fachgebiet Technische Optik, TU Ilmenau
stefan.sinzinger@tu-ilmenau.de

Die „detour Phase“ ist eine der zahlreichen Erfindungen von Prof. Adolf Lohmann, die die Entwicklung in der Optik äußerst nachhaltig beeinflusst hat. Sie hat bereits in den 1960er Jahren die Grundlage für eine rasante Entwicklung von Methoden zur optischen räumlichen Filterung, OTF-Synthese oder der Strahlformung und Computer Holographie gelegt. Mit einfachen technologischen Möglichkeiten wurde es mit ihrer Hilfe möglich, komplexe Wellenfronten nahezu beliebig zu formen und experimentell zu nutzen. Dadurch wurde eine enorme wissenschaftliche Kreativität weltweit entfacht, die zu rasanten methodischen und technologischen Entwicklungen geführt hat.

Gleichzeitig ist die „detour“ Phase und die Erfindung der Computerholographie ein Paradebeispiel für die Denkweise und methodische Herangehensweise des Wissenschaftlers Adolf Lohmann. Aus dem Zuhören und der messerscharfen Beobachtung hat er es verstanden mit großer wissenschaftlicher Kreativität Brücken zwischen den Disziplinen zu schlagen und innovative Forschungsthemen zu erschließen. Für mich war es eines der größten Privilegien in meinem beruflichen Werdegang die Arbeit des berühmten Wissenschaftlers und Hochschullehrers erleben und von ihm lernen zu dürfen.

In dem Beitrag möchte ich versuchen einige der Highlights und wissenschaftlichen Themen darzustellen, die sich für mich als Melange aus der Prägung durch Adolf Lohmann und dem jeweiligen wissenschaftlichen Umfeld entwickelt haben. Dabei werden Forschungsprojekte an innovativen diffraktiven Optiken und ihren Anwendungen bis hin zu aktuellen Arbeiten an optischen neuronalen Netzen für die künstliche Intelligenz angesprochen.

11:30 **Pause**

Ehrensymposium zum 100sten Geburtstag von Prof. Adolf Lohmann
Jürgen Jahns

F
R
E
I
T
A
G

Untersuchung des Photoakustischen Effekts durch Messung von Oberflächenschwingungen

F. Fritsch

ZOT, Hochschule Aalen
fabian.fritsch@hs-aalen.de

Der photoakustische Effekt beschreibt die Entstehung von Schallwellen in einem Material aufgrund von der Absorption von Photonen bzw. Licht. Der zugrundeliegende Prozess nach der Absorption ist eine thermoelastische Ausdehnung des Material. Dieser Beitrag diskutiert Untersuchung zur Licht-Materie Wechselwirkung und Erkenntnisse zu Materialeigenschaften basierend auf dem photoakustischen Effekt.

Zur Anregung dieser Ultraschallpulse wird ein gepulster Laser mit Nanosekundenpulsdauer verwendet, dessen Strahlung auf der Oberfläche einer Probe absorbiert wird. Der dadurch erzeugte Schallimpuls breitet sich in der Probe aus und wird an Grenzflächen zwischen unterschiedlichen Medien, wie z.B. der Unterseite der Probe, reflektiert. Die ursprünglichen, sowie die reflektierten Schallwellen erzeugen räumliche Auslenkungen an der Oberfläche der Probe, die durch ein La-ser-Doppler-Vibrometer gemessen werden können.

Der Einfluss von der Variation der Wellenlänge, sowie der Fokussierung, der Intensität und der Einfallswinkel des Lasers auf die induzierte Schallwelle wird untersucht. Außerdem soll die Position der Anregung relativ zur Messung variiert werden. Parallel zu den Experimenten werden mit der Matlab Toolbox „k-wave“ Simulationen durchgeführt und diskutiert.

Synthetic Wavelength Vibrometry – Towards Versatile Vibration Imaging

F. Dötzer*, M. Madabhushi Balaji**, P. Cornwall**, T. Wang**, S. Sinzinger*, F. Willomitzer**

* Fachgebiet Technische Optik, TU Ilmenau

** Wyant College of Optical Sciences, University of Arizona
florian.doetzer@tu-ilmenau.de

Mechanical and acoustic actuators, as well as vibrations in machinery such as engines or trans-formers, often exhibit displacement amplitudes on the order of micrometers. For most single-shot-capable incoherent topography measurement methods, this lies close to their lower detection threshold. Vibration measurements using interferometry, however, are more feasible for displacement amplitudes smaller than the wavelength. For larger amplitudes, many measurements per vibration period and camera frame rates much higher than the vibration frequencies are required for unambiguous results.

In this contribution, we introduce a novel vibrometry approach that exploits “Synthetic Waves” (SW) to address this challenge. A SW is the beat wave formed by two optical waves with closely spaced wavelengths. The complex-valued synthetic field can be computed from interferograms recorded at the two optical wavelengths. The resulting synthetic wavelength can be orders of magnitude larger than the optical carrier wavelengths and is freely tunable. This allows dynamic adaptation to applications with different displacement amplitudes. Using single-shot synthetic field acquisition, vibrations can be studied using conventional CMOS cameras at comparatively low frame rates.

We present first SW-vibrometry measurements on optically rough surfaces and discuss fundamental limits and trade-offs. Additionally, we show spatially resolved vibration measurements of objects hidden behind scattering media.

Vibrationskompensation bei der Weißlichtinterferometrie – eine Livebildbasierte Methode
S. Prekel, A. Tausendfreund, A. Fischer

Bremer Institut für Messtechnik, Automatisierung und Qualitätswissenschaft, Universität Bremen
s.prekel@bimaq.de

Die scannende Weißlichtinterferometrie (SWLI) ist ein hochgenaues Messverfahren für Oberflächentopografien, dessen Genauigkeit als zeitlich scannendes Verfahren jedoch durch Vibrationen beeinträchtigt wird. Dies schränkt die Einsatzmöglichkeiten von SWLI in vibrationsbehafteten Produktionsumgebungen stark ein. Um für jeden Bildpunkt einen genauen Höhenwert der Oberfläche berechnen zu können ist es hierbei entscheidend, jedem Bild die zum Zeitpunkt der Bildaufnahme zugehörige Position der Oberfläche zuzuordnen, wobei Änderungen der Oberflächenorientierung zunächst vernachlässigt werden. Deshalb wird eine Auswertung des Streifenmusters in den Livebildern des Scans vorgestellt, um die bildindividuell zugehörige axiale Messposition ohne eine zusätzliche Sensorik zu bestimmen. Der vorgeschlagene Lösungsansatz basiert darauf, dass sich das Streifenmuster abhängig von der axialen Messposition verändert, die Mustercharakteristik in jedem Einzelbild aber nicht verfälscht wird. Im Ergebnis ist es möglich, einen eindeutigen Zusammenhang zwischen axialer Messposition und Streifenmuster herzustellen, und so die axiale Messposition ohne Phasenambiguität zu detektieren. Die Messung der axialen Oberflächenposition wurde zunächst das Streifenmuster für eine gegebene Oberfläche und verschiedene axiale Schwingungsamplituden bei konstanter lateraler Position der Oberfläche simuliert, charakterisiert, und eine darauf fußende Kompensation des Schwingungseinfluss auf die SWLI-Messung realisiert. Anschließend wurde das Verfahren experimentell validiert. Im Ergebnis konnte der Bilderstapel auch bei starken Störbewegungen korrekt sortiert und damit erstmals verwertbare Korrelogramme rekonstruiert werden.

Einsatz einer Smart-Pixel Lock-In Kamera für die Interferometrische Schwingungsmessung
F. Seufert, F. Dötzer, S. Sinzinger

Fachgebiet Technische Optik, TU Ilmenau
fridtjof-jacob.seufert@tu-ilmenau.de

Die Seitenband-Interferometrie erlaubt die Untersuchung harmonischer Schwingungen im Megahertz-Bereich mit Amplituden von wenigen Pikometern und erzielt dabei schnelle Ergebnisse mit hoher Ortsauflösung (Megapixel). Die Information über die Objektschwingung ist im Seitenband-Frequenzspektrum des Lichts codiert, welches vom Messobjekt reflektiert und durch dessen Schwingung phasenmoduliert wird. Die relative Leistung des ersten Seitenbandes beträgt selbst bei 1 nm Schwingungsamplitude nur rund 0,01 %.

Um den daraus resultierenden geringen Interferenzkontrast dennoch detektieren zu können, wird durch Frequenzverschiebung des Referenzarms eine niederfrequente Schwebung erzeugt, die als Bilderstapel aufgenommen und in der Nachverarbeitung schmalbandig gefiltert wird (Lock-In-Prinzip). Durch den hohen Gleichanteil und die geringe, das Nutzsignal tragende Modulation wird der Dynamikbereich des Kamerasensors (Full-Well-Capacity und Bittiefe der Analog-Digital-Wandler) nicht effizient ausgenutzt. Die Auswirkungen von Schrot- und Quantisierungsrauschen begrenzen die Messgenauigkeit.

Die Verwendung einer Smart-Pixel-Kamera verspricht, die Auswirkungen der beschriebenen Effekte zu verringern. Das Nutzsignal wird hierbei in jedem Pixel durch analoge Lock-In-Technik vor der Analog-Digital-Wandlung elektronisch vom Gleichanteil und weiteren, nicht zum Signal beitragenden Frequenzanteilen bereinigt. Dadurch steht der Dynamikbereich ausschließlich für das Nutzsignal zur Verfügung. Das Signal-Rausch-Verhältnis wird günstig beeinflusst. Die vorverlagerte Verarbeitung reduziert außerdem den Rechenaufwand und damit die Messdauer. Die mit der Smart-Pixel-Kamera erzielten Ergebnisse werden denen einer konventionellen Kamera gegenübergestellt.

12:45-13:45 **Mittagspause**

13:45-14:30 **Nachwuchspreis**

14:45 **Pause**

15:00-17:00 **Mitgliederversammlung**

17:00-18:00 **Transfer zu Gala-Dinner**

18:00-22:00 **Fraunhofer Vorlesung und Gala-Dinner**

Entwicklungsergebnisse einer neuen ultrastabilen Variante von ZERODUR® für Anwendungen mit Pikometerpräzision

R. Jedamzik, F. Kanal, I. Mitra, C. Kunisch, M. Kurz, A. Carre, J. Krieg

SCHOTT AG

ralf.jedamzik@schott.com

Die LAS Glaskeramik ZERODUR® ist seit vielen Jahrzehnten das bevorzugte Substratmaterial für Präzisionskomponenten und Spiegelträger in Hightech-Anwendungen wie der Mikrolithographie, Messtechnik und Astronomie. Ausschlaggebend dafür sind die extrem niedrige thermische Ausdehnung und die ausgezeichnete Bearbeitbarkeit.

Eine neu entwickelte ZERODUR®-Variante zeichnet sich nun durch signifikante Fortschritte sowohl bei den thermischen als auch bei den mechanischen Eigenschaften aus. Der Temperaturbereich, in dem das Material nahezu keine thermische Ausdehnung aufweist, konnte erweitert werden. Zudem zeigt das Material im Bereich der Raumtemperatur keine thermische Hysterese und überzeugt durch eine verbesserte Langzeitstabilität. Damit ist das neue ZERODUR® besonders für Anwendungen geeignet, die höchste Stabilität im Pikometerbereich verlangen. In diesem Vortrag werden die Ergebnisse dieser Entwicklung präsentiert.

Antireflektive Strukturen zur Effizienzsteigerung optischer Hybridpolymere – Herstellung und Anwendungen

L. Werner*, M. Abend*, H. Wagner*, Z. Diao**, N. Hagen***, R. Busch****, R. Brunner*

* SciTec, Ernst Abbe Hochschule Jena - University of Applied Sciences

** Max Planck Institute for Medical Research

*** mcd - modern camera designs GmbH

**** Fraunhofer Institute for Microstructure of Materials and Systems (IMWS)

Lukas.Werner@eah-jena.de

Antireflektierende Oberflächen spielen eine zentrale Rolle in der Leistungssteigerung moderner optischer Systeme, da sie sowohl unerwünschte Reflexionen und Falschlicht reduzieren als auch die Transmission und damit die Gesamteffizienz erhöhen. Konventionell werden hierfür dünn-schichtbasierte Antireflexbeschichtungen eingesetzt. Diese weisen jedoch aufgrund ihrer begrenzten spektralen Wirksamkeit, ausgeprägten Winkelabhängigkeit sowie einer erhöhten Anfälligkeit gegenüber Umwelteinflüssen wie Feuchte oder Temperaturschwankungen entscheidende Einschränkungen auf.

Eine vielversprechende Alternative stellen antireflektierende Subwellenlängenstrukturen dar, die direkt in das Substrat der optischen Elemente integriert werden. Der vorliegende Beitrag untersucht Fertigungsstrategien und technologische Umsetzungen derartiger Strukturen, mit dem Ziel einer signifikanten Transmissionssteigerung über breite spektrale Bereiche und bei stark variierenden Einfallswinkeln. Ein besonderer Fokus liegt auf der Anwendung dieser Konzepte bei Hybridpolymeren, die insbesondere in der Herstellung von Mikrolinsen sowie in der Nanoimprint-Lithografie von hoher Relevanz sind. Mithilfe eines maskenlosen Trockenätzprozesses wurden in diesen Polymeren Subwellenlängenstrukturen mit kontrollierter Höhe erzeugt, die Transmissionseffizienzen von bis zu 95 % im Spektralbereich von 450 nm bis 2000 nm erreichen. Zusätzlich zeigten die strukturierten Oberflächen ausgeprägte hydrophobe Eigenschaften, wobei sich die Kontaktwinkel im Vergleich zu unstrukturierten Referenzen etwa verdoppelten. Dies erhöht die Robustheit der Oberflächen gegenüber Verschmutzung und unterstreicht ihre Eignung für anspruchsvolle optische Anwendungen.

Strukturierung von Lithiumniobat für mikrooptische Anwendungen

M. Hofmann, P. Feßer, N. Lukin, S. Sinzinger

Fachgebiet Technische Optik, TU Ilmenau
meike.hofmann@tu-ilmenau.de

Lithiumniobat ist ein nicht natürlich vorkommender über einen breiten Wellenlängenbereich transparenter Werkstoff und ein Schlüsselmaterial der modernen Optoelektronik. Es ist ein doppelbrechender uniaxialer Kristall mit nichtlinearen optischen, elektrooptischen und piezoelektrischen Eigenschaften. Hauptanwendungen umfassen elektrooptische Modulatoren, Laserfrequenzverdoppler und integrierte photonische Schaltkreise, oft in Form von Dünnschichten. Lithiumniobat zeigt einen photorefraktiven Effekt, der eine Brechungsindexmodulation im Volumen mittels Lichtprojektion ermöglicht. Auf diese Weise können Volumen hologramme erzeugt und wieder gelöscht werden. Durch eine zusätzliche Mikrostrukturierung wäre die Kombination statischer Phasenmodulationen auf der Oberfläche mit rekonfigurierbaren Volumen hologrammen möglich, beispielsweise für Anwendungen im Reservoir Computing.

Wir demonstrieren die Herstellung und Charakterisierung von zweistufigen Beugungsgittern in Lithiumniobat. Wegen der Ablagerung von Lithiumfluorid-Nebenprodukten während des auf Fluor basierenden ICP-RIE-Ätzprozess an den Seitenwänden sowie auf dem planaren Teil des Substrats ist Lithiumniobat nur schwer durch Trockenätzprozesse strukturierbar. Sowohl die Zusammensetzung der Metallschicht, die beim Ätzvorgang als Hartmaske dient, als auch Ätzparameter wie Gaszusammensetzung (Gaschemie), Bias-Spannung und Temperatur haben großen Einfluss auf die erzielten Strukturen. Wir zeigen ein optimiertes Trockenätzverfahren, das Elemente mit einer minimalen Strukturgröße von $2,5 \mu\text{m}$ und einer Rauheit von unter 10 nm erzeugt. Es werden Ätztiefen von 900 nm und Flankenwinkel von 75° erreicht. Wir diskutieren die erzielten Ergebnisse anhand der optischen Performance der Beugungsgitter.

Ultra-compact InP nanowire photonic crystal surface emitting lasers

H. Wagner*, N. Jayawardana*, M. Larson*, C. Tu*, W. Wong**, H. Tan**, C. Jagadish**, H. Schmitzer***

* Department of Physics, University of Cincinnati, USA

** ARC Centre of Excellence for Transformative Meta-Optical Systems, Department of Electronic Materials Engineering, Research School of Physics, The Australian National University, Australia

*** Department of Physics, Xavier University, USA
wagnerhp@ucmail.uc.edu

Growing internet traffic and rising data-center energy demands are increasing the need for high-performance, energy-efficient integrated circuits. One promising approach is the integration of silicon-on-insulator electronics with photonic components. Photonic crystal surface-emitting lasers (PCSELS) are strong candidates for compact, coherent on-chip light sources in emerging photonic integrated circuits.

Recently, we demonstrated optically pumped lasing from InP nanowire (NW) PCSELS grown by selective area epitaxy on InP substrates [1, 2]. This bottom up approach yields NWs with atomically smooth facets, reducing non-radiative recombination and scattering losses. Here, we present lasing from InP NW hetero-PCSELS composed of a small inner lasing array surrounded by a non-lasing photonic crystal region, as well as from ultra-compact NW PCSELS with array side lengths of only a few micrometers.

Hetero-PCSELS with inner arrays smaller than the pump-beam focus show reduced threshold power and threshold gain compared to large-area devices. This improvement arises from enhanced reflection at the interface between the inner PCSEL and the surrounding array, where the lasing energy lies within the outer array's photonic bandgap. In ultra-compact PCSELS, the threshold gain reduction is attributed to an improved back reflection of the laser emission at the photonic crystal array-to-air boundary.

12:45-13:45 **Mittagspause**

13:45-14:30 **Nachwuchspreis**

14:45 **Pause**

15:00-17:00 **Mitgliederversammlung**

17:00-18:00 **Transfer zu Gala-Dinner**

18:00-22:00 **Fraunhofer Vorlesung und Gala-Dinner**

P1 **Design concept: Additive manufacturing of a function-integrated, adjustable optomechanics lens/mirror mount**

M. Boll*, P. Xia**, U. Wüllner*, T. Biermann*, R. Lachmayer**

* Arbeitsgruppe Optical Systems, Institut für Produktentwicklung und Gerätebau, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover

** Institut für Produktentwicklung und Gerätebau, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover

boll@ipeg.uni-hannover.de

Fused filament fabrication (FFF) 3D printing is an additive manufacturing method to produce freeform objects. Low barriers of entry and cost when compared to traditional manufacturing methods make FFF an ideal tool for prototyping and small batch production. FFF-produced optomechanical components can be cost-effective, time-efficient alternatives to commercially available options. 3D-printed freeform structures also enable the design of function-integrated optomechanical setups such as mirror holders.

Increasing the level of function-integration is especially valuable from a production perspective, minimizing the number of parts and assembly steps necessary to build an optical system. This in turn directly reduces production cost. However, FFF has a serious disadvantage with respect to precision optomechanical systems: Lower dimensional accuracy compared to traditional production processes or other additive manufacturing methods. Directly integrating adjustment options for the optical components could mitigate that disadvantage.

This work describes the optomechanical concept for a 3D-printed lens or mirror mount with integrated adjustment options for compensation of positioning, tilt and/or decenter errors. The primary goal is to identify practical challenges of such a system, as initial step towards realizing function-integration into fully 3D-printed optomechanical systems.

P2 **Untersuchung zur Imprintcharakteristik von 2PP-gedruckten Stempeln mittels taktiler und optischer Messtechnik**

C. Karapatzakis, S. Burkert, A. Heinrich

Aalen School of Applied Photonics, Hochschule Aalen

Christos.Karapatzakis@hs-aalen.de

Zwei-Photonen-Polymerisation (2PP) ermöglicht die Herstellung komplexer 3D-Mikrostrukturen, welche als Stempel in der Nanoimprint-Lithographie (NIL) eingesetzt werden können. Dabei beeinflusst das Schreibdesign bei der 2PP Stempelherstellung die mechanischen Eigenschaften des Stempels. In dieser Arbeit werden die mechanischen Eigenschaften von eigenen Mikrogittern mit Referenzgeometrien aus der Literatur verglichen. Die 2PP-gedruckten NIL-Stempel werden sowohl optisch als auch mechanisch durch uniaxiale Kraftmessungen charakterisiert, um ihre Deformation und ihre Reaktion unter zyklischer Druckbelastung zu untersuchen. Hierfür wird ein modularer Versuchsaufbau entwickelt, der präzise Positionierung, definierte Kompressionszyklen und eine optische Erfassung der Stempeldeformation vorstellt. Der kombinierte Ansatz aus Bildgebung und Kraft-Weg-Messung erlaubt eine mechanische Charakterisierung, um Unterschiede in Replikationsqualität, Buckling-Verhalten und möglicher Schädigung der 2PP-Stempel bei wiederholter NIL-Belastung quantitativ zu erfassen.

P3 **Zwei-Photonen-Polymerisation funktionaler Nanokomposite für aktive Mikrooptiken**
C. Eder, A. Heinrich

Aalen School of Applied Photonics, Hochschule Aalen
christian.eder@hs-aalen.de

Die additive Fertigung von Mikrooptiken mittels Zwei-Photonen-Polymerisation (2PP) ermöglicht die Herstellung komplexer dreidimensionaler Strukturen mit Sub-Wellenlängen-Auflösung. Um diese Technologie für aktive optische Bauelemente zu erweitern, untersuchen wir den Druck funktionaler Nanokomposite auf Basis von Nanopartikeln, eingebettet in Photopolymere.

Für die Funktionalisierung verwenden wir Core/Shell NaYF₄-Nanopartikel dotiert mit seltenen Erden, wie Neodym, Erbium und/oder Ytterbium. Um eine hohe Dispersionsstabilität zu gewährleisten, wurden die Nanopartikel selbst durch Acrylat-Liganden oberflächenmodifiziert. Eine zentrale Herausforderung stellt hierbei die spektrale Überlappung der Absorptionsbanden der Seltenerd-Ionen mit der Wellenlänge des Schreiblasers (785 nm) dar. Der Schwerpunkt dieser Arbeit liegt daher auf der Bestimmung des Einflusses der Nanopartikelkonzentration auf die Polymerisation und damit auf die strukturelle Integrität und die Druckbarkeit des Nanokomposits.

Wir untersuchen den Einfluss der Partikeldichte auf den Polymerisationsgrad mittels Raman-Spektroskopie und evaluieren die Emissionscharakteristik der gedruckten Strukturen. Die Ergebnisse demonstrieren, dass unser Ansatz die Fertigung aktiver Mikrooptiken mit struktureller Integrität und spektralen Emissionseigenschaften ermöglicht.

P4 **Vergleich neuronaler Netzarchitekturen zur Vorhersage elektrisch deformierter Polymertropfen**

L. Fischer, A. Dehm, M. Dohmen, A. Heinrich

Aalen School of Applied Photonics, Hochschule Aalen
lucas.fischer@studmail.htw-aalen.de

Flüssige UV-Polymertropfen lassen sich elektrisch verformen, wodurch mikrooptische Bauteile additiv gefertigt werden können. Die resultierende Tropfengeometrie wird durch ein nichtlineares Zusammenspiel von angelegter Spannung, Elektrodengeometrie und der Materialeigenschaften des Polymers bestimmt, wodurch klassische Modellierungsansätze nur eingeschränkt einsetzbar sind. Deep-Learning-Methoden eröffnen hier eine datengetriebene Möglichkeit, diese komplexe Dynamik abzubilden.

In dieser Arbeit wird die Vorhersage von elektrisch deformierten Tropfenprofilen mit zwei komplementären neuronalen Netzwerkarchitekturen verglichen: einem 1D U-Net sowie einem Global Shape Transformer. Beider Modelle werden diskret vorgegebene elektrische und geometrische Randbedingungen bereitgestellt, um die räumlich aufgelöste Oberflächengeometrie des Polymertropfens vorherzusagen. Während das 1D U-Net primär lokale geometrische Strukturen verarbeitet, adressiert der Global Shape Transformer formweite Zusammenhänge auf Basis der gegebenen Eingangsgrößen.

Die Leistungsfähigkeit der beiden Ansätze wird anhand experimenteller Messdaten quantitativ bewertet. Der Vergleich liefert Einblicke in die Eignung unterschiedlicher Deep-Learning-Architekturen zur Modellierung elektrisch induzierter Deformationsprozesse und ermöglicht eine strukturierte Gegenüberstellung lokaler und globaler geometrischer Modellierungsaspekte. Damit bildet die Arbeit eine fundierte Grundlage für weiterführende datengetriebene und physikalisch informierte Lernansätze in der Mikrooptik.

P5 **Less can be more - Optical Reservoir Computing**

M. Zier* **, K. Lüdge*, L. Jaurigue**, S. Sinzinger***

* Theoretische Physik 2, Institut für Physik, TU Ilmenau

** CZS Nachwuchsgruppe für Interpretierbare Modelle für effiziente analoge Zeitserienvorhersage, Institut für Physik, TU Ilmenau

*** Fachgebiet Technische Optik, TU Ilmenau

maximilian.zier@tu-ilmenau.de

Die automatisierte Erkennung menschlicher Handlungen gewinnt aufgrund von Anwendungen in Bereichen wie Überwachung und autonomen Fahren zunehmend an Bedeutung. Moderne neuronale Netze erreichen bereits nahezu perfekte Ergebnisse, greifen dafür aber weiterhin auf aufwendige Vorverarbeitungen und Trainingsmethoden zurück. Im Gegensatz dazu legen Reservoir-Computing-Systeme den Fokus auf Effizienz und streben ähnliche Leistung bei reduziertem Rechenaufwand an, indem ausschließlich die Ausgangsbeschicht trainiert wird. Folglich werden Trainingszeit und Hardwareanforderungen drastisch reduziert und reale Systeme zur Datentransformation eingesetzt. In diesem Beitrag präsentieren wir Ergebnisse zur Erkennung menschlicher Gesten unter Verwendung eines hybriden optoelektronischen Systems basierend auf [1]. Ein derartiges System stellt eine Verarbeitung mit Lichtgeschwindigkeit und nahezu unbegrenzte Skalierbarkeit aufgrund der inhärenten Parallelität in Aussicht. Im Gegensatz zu gängigen Arbeiten verzichten wir auf jegliche digitale Vorverarbeitung und encodieren rohe Videodaten direkt in die optische Domäne. Die Kombination von Informationen der Realbidenebene und der Fourierebene ermöglicht die Klassifizierung vollständiger Videos anstatt einzelner Bilder. Im Hinblick auf die Klassifizierungsgenauigkeit wird unser System evaluiert und zeigt vor dem Hintergrund der effektiven Hardwarenutzung einen möglichen partiellen Ersatz digitaler Vorprozessierung im Vergleich zu anderen neuronalen Netzen auf.

[1] Antonik, P., Human action recognition with a large-scale brain-inspired photonic computer, Nat Mach Intell 1, 530–537

P6 **KI-basierte Analyse und Entwurf optischer Elemente mit zahlreichen Einzelemittlern: rechnerische Aspekte.**

W. Spiller, J. Jahns

Mikro- und Nanophotonik, FernUniversität in Hagen

walspill@yahoo.de

Für optische Bauelemente, welche aus zahlreichen (der Ordnung 10^6 - 10^9) Einzelemittlern bestehen, stellt die genaue Berechnung des erzeugten optischen Feldes eine Herausforderung dar. Hierzu gehören z.B. Meta-Oberflächen und Photonensiebe. Um den Rechenaufwand zu minimieren, verwenden wir eine "kollektive" Methode mit den folgenden Komponenten: 1. die individuelle Berechnung der Einzelbeiträge einer ausgewählten Basisgruppe von Emittlern, 2. eine modale Zerlegung ihrer individuellen Felder in sog. „Wirbelmoden“ unter Verwendung der spiralen Fouriertransformation (sFT), 3. die schnelle Gruppierung der Spektren aller Emittler unter Einsatz des azimutalen Verschiebungstheorems der sFT, 4. die Verwendung von Verfahren der Künstlichen Intelligenz (KI), hier speziell eines Neuronalen Netzes (NN) zum Lernen und Generalisieren von Spektren für andere Konfigurationen der Basisgruppe, z.B. durch Interpolation. Betrachtungen zu den rechnerischen Aspekten der Methode runden den Vortrag ab.

P7 **Framework for Automated Development and Modelling of Complex Photonic Systems**
J. Wohletz, C. Becker, K. Herrmann, T. Biermann, R. Lachmayer

IPeG, Leibniz Universität Hannover
wohletz@ipeg.uni-hannover.de

The complexity of photonic systems is increasing as a result of system miniaturization and the functional integration of components. Additionally, novel materials, processes, tools, and methods pose further challenges for developers. These challenges are often addressed through intuition or experience, which can lead to design approaches that prematurely exclude parts of the solution space without prior consideration. To avoid this, we propose an automated framework for the development and modeling of constraint-based optical systems.

To meet the growing demand for cross-domain functionality of components, a holistic development approach is recommended. This approach is enabled by deriving constraints directly from the requirements. These constraints restrict the solution space to feasible designs. Within this reduced solution space, each possible design is optimized and evaluated against the others using a loss function. This methodology enables the unbiased development of optical systems.

Furthermore, the framework can be embedded in a multi-agent system. Various agents take on tasks such as simulating the different designs or solving the constraint problems. The advantages here are that the agents negotiate and resolve conflicting goals (e.g., contradictory constraints) themselves. This defines an AI-based framework for constraint-based and unbiased development of optical systems.

P8 **Photons as Qubits for the Quantum Computer?**
E. Frins, W. Dultz, B. Hils, H. Schmitzer

Physikalisches Institut, Universität Frankfurt(Main)
erfrins@gmail.com

We analyze a simple and one of the oldest algorithms for the quantum computer to illustrate its principles and the requirements of its fundamental concept - the quantum bit or qubit. Single photons seem to be possible candidates for qubits: they can be superimposed, they evolve and interfere in a classical optical assembly with lenses, mirrors and optical fibers and they can be entangled in the quantum sense like qubits. The latter peculiarity is already applied for quantum cryptography and teleportation. In addition optical components and gates for the binary computer are well known. We discuss the possibilities of using photons in quantum computing and their limits with the help of the example of the Deutsch-problem and give an introduction into its quantum algorithm.

P9 Arrays of radially polarized beams – generation and characterization

P. Abhari, T. Meinecke, S. Sinzinger

Fachgebiet Technische Optik, TU Ilmenau
parisa.abhari@tu-ilmenau.de

Beams with spatially non-homogeneous polarization distributions are interesting for many applications, including microscopy, lithography, and plasmonics. Especially, radially polarized beams have attracted attention because of the generation of a significant longitudinal polarization component as a result of tight focusing. On the other hand, there is an increasing interest in parallelization of processes to increase the efficiency. We have designed and implemented a beam splitter based on diffraction which can generate a uniform array of such beams when combined with a commercial radial polarization converter. Having several degrees of freedom in the design of diffractive optical elements means that we can customize the specifications of this array to the problem in hand. Not only the intensity and phase distribution of spots, but also the exact location of each spot can be determined. It is also possible to define an arbitrary pattern for the overall arrangement of spots in the array. This is especially interesting for applications like lithography. In this work we are aiming to use a combination of phase retrieval and polarimetric measurements in order to characterize the quality of each of the spots in the array of radially polarized beams.

P10 Novel laser interference lithography setup on the basis of beam splitting Kösters-Prism

A. Savchenko, C. Pruß, S. Reichelt, A. Herkommer

Institut für Technische Optik (ITO), Universität Stuttgart
savchenko@ito.uni-stuttgart.de

The wavefront error of pulse compression gratings (PCGs) is a critical parameter for high-power ultrashort-pulse laser systems. Wavefront errors degrade focal spot quality and reduce peak intensity. Scanning beam interference lithography can minimize period variation across the grating and therefore lower the wavefront error. However, most systems rely on two-arm interferometers that require precision mirror positioning and are sensitive to misalignment. We present an alternative solution based on a beam splitting Kösters prism—two identical prisms bonded at the beam-splitting interface. The incident beam is split internally and undergoes total internal reflection at both hypotenuse surfaces, generating an interference pattern after exiting through the short output face. The common-path geometry equalizes optical path lengths, simplifies alignment, and reduces system cost. Our simulations predict that it is possible to achieve wavefront errors better than $PV \lambda/10$.

P11 **Validation of the virtual experiment of the tilted-wave interferometer**

I. Fortmeier, M. Stavridis, F. Hughes, M. Marschall

Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)
ines.fortmeier@ptb.de

Tilted-wave interferometry (TWI) is a promising but challenging measurement technique for the form measurement of aspheres. At the Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), the National Metrology Institute of Germany, a traceable reference measurement setup for the form measurement of aspheres based on tilted-wave interferometry is currently under development. Since the measurement principle combines special interferometric measurements with model-based evaluation principles, virtual experiments (VEs) play a crucial role in this application and, to ensure high-quality form measurements, the VE of the TWI must be validated.

Within the European ViDiT project, the VE of the TWI is validated by measurement of a calibrated reference surface. The results are assessed using uncertainty evaluation methods developed within the project, which account for the use of the VE. In this contribution, the validation method is demonstrated, and the validation results are presented. To this end, a calibrated spherical section is used for the validation of TWI measurements. The traceable reference measurements of the spherical section consist of independent measurements of the absolute radius and of the sphericity, i.e. its deviation from an ideal spherical surface. These reference measurements are subsequently used to validate the VE of the TWI.

P12 **Einsatz von Strahlungsdetektoren bei den Stratosphärenflügen des ASTRABAX Experiments**

L. Krivanekova, T. Döhring, G. Hildenbrand

Fakultät für Ingenieurwissenschaften und Informatik, Technische Hochschule Aschaffenburg
lucia.krivanekova@th-ab.de

Seit mehr als 100 Jahren erweisen sich stratosphärische Ballonflüge als ein adäquates Mittel, um die kosmische Strahlung und deren Auswirkungen zu untersuchen. Das Aschaffener Stratosphären-Ballon-Experiment („ASTRABAX“) ermöglicht es, Experimente zu Material- und Biowissenschaften in Höhen von bis zu 35 km durchzuführen. In den bisherigen ASTRABAX-Ballonflügen haben aktive und passive Strahlungsdetektoren auf der multimodalen Plattform die kosmische Strahlung erfasst – eine Kombination von Strahlung aus hochenergetischen Partikeln, Gammastrahlen und UV-Strahlung. Die Auswahl und Eignung der Strahlungsdetektoren wird maßgeblich durch die Parameter der Gondel, den Dosimetrie-Bereich und die Autarkie des Gerätes bestimmt. Der Einsatz der verschiedenen Strahlungsdetektoren wurde durch begleitende Laborexperimente ergänzt. Neben der Vermessung der Strahlungsintensität wurden auch deren Auswirkungen auf das Biopolymer Polydopamin sowie eine Bewertung der Dosisresponse und der Reparaturmechanismen bei menschlichen Zellen untersucht. Strahlungsexperimente unter den realen Bedingungen in der Stratosphäre sind von Relevanz für die strahlenbiologische Forschung, für Satellitenexperimente im erdnahen Orbit sowie für bemannte Raumfahrtmissionen.

P13 **Verknüpfte optische und thermische Simulationen von Infrarot-Heizöfen für Pulverbeschichtungs-Prozesse**

M. Kroneberger*, E. Stanik**, T. Döhring***

* digitX GbR

** NETZ Technologietransferzentrum für nachhaltige Energien

*** Fakultät für Ingenieurwissenschaften und Informatik, Technische Hochschule Aschaffenburg

amok@digitx.de

Infrarot-Heizöfen zum Aufschmelzen von Pulverlacken sind eine nachhaltige Alternative zu bisherigen mit fossilen Brennstoffen betriebenen Öfen. Um die nötige individuelle Steuerung der Infrarot-Strahler zu verwirklichen, müssen die kritischen Leistungsparameter erfasst und verstanden werden. Bisher wurde gezeigt, dass eine homogene Bestrahlungsstärke innerhalb einer hochreflektierenden oktogonalen Kammer auch bei komplexen Geometrien der zu erwärmenden Teile erreicht werden kann. Allerdings weichen die Messungen der Oberflächentemperatur aufgrund von Wärmeleitung innerhalb des Bauteils teilweise von den simulierten Temperaturverteilungen ab. Um auch diese Effekte in den Simulationen zu berücksichtigen, wurden die jeweils aus der optischen Simulation gewonnenen Verteilungen der Bestrahlungsstärke auf den Oberflächen einer weißen und einer schwarzen Probe als Eingabeparameter einer thermischen Simulation verwendet. Zusätzlich zu diesem Wärmefluss wurden auch Wärmestrahlung und Konvektion berücksichtigt. Mit diesem Modell wurden dann unterschiedliche Heiz- und Haltezeiten simuliert. Zum Vergleich der Simulationen mit den Messungen wurden im NAPUBEST Prototyp-Infrarotofen die realen Proben unter gleichen Bedingungen erhitzt und gemessen. Durch Anpassungen der optischen Parameter (BSDF) und Randbedingungen der thermischen Simulation werden die Simulationen mit den Messergebnissen abgeglichen. Ziel ist ein möglichst einfaches Simulationsmodell, welches schnelle und präzise Vorhersagen für die Steuerung einer späteren Produktionsanlage ermöglicht.

P14 **Holografischer Hyperspektraldetektor – Vergleich von Simulation und Experiment**

E. Köthe* **, P. Vojtisek*, S. Sinzinger**

* ZEISS Microoptics, Carl Zeiss Jena GmbH

** Fachgebiet Technische Optik, TU Ilmenau

elisa.koethe@tu-ilmenau.de

Holografische Wellenleitersysteme können in Kombination mit herkömmlichen optischen Detektoren zur spektralen Detektion eingesetzt werden. Zur Datenaufnahme muss dabei ein räumlich-spektrales Scannen durchgeführt werden. Ein Scan besteht dabei aus mehreren Einzelmessungen einer Szene unter verschiedenen Sichtwinkeln und jede Einzelmessung liefert eine spektral kodierte Karte der Szene. Mit geeigneter Verarbeitungssoftware wird aus den Rohdaten der gewünschte Spektraldatenwürfel erzeugt, aus dem wiederum Spektrogramme für einzelne Bildorte erstellt werden können.

Wir präsentieren die Vorgehensweise der Datenaufnahme und Datenverarbeitung zur Erzeugung eines aussagekräftigen Spektrogramms mit dem zuvor entwickelten holografischen Hyperspektraldetektor. Dabei gehen wir insbesondere auf dem Vergleich von Simulation und Experiment ein.

P15 **A New Approach for Efficient Evaluation of Switchable Privacy Displays**
K. Blankenbach*, S. Reichel**

* Display Lab, Hochschule Pforzheim

** Hochschule Pforzheim

karlheinz.blankenbach@hs-pforzheim.de

Switchable privacy displays (SPD) become increasingly popular due to unmatched user experience for both mobile (smartphones, laptops) and stationary (monitors) devices. SPDs can electronically control the emission angle of the light coming out of the display. This is important for safety critical data such as PIN entry, sensitive data, and personal photos especially in public spaces and offices. Today's displays provide either no protection or use louver films which are inconvenient in use. SPDs are also important for passenger information displays (PIDs) in cars.

The most critical parameters for SPDs are the on-axis luminance for the user, the off-axis luminance for intended collaborators, and blocking the content for potential shoulder-surfers (spying, off-axis observers). Dedicated measurements and evaluations are complex and time-consuming for automotive PIDs. Our new approach is based on proven evaluation results and optical measurements, which must be performed for qualification purposes. The only additional measurement is the viewing angle characteristics in blocked (private) mode. Our method is highly efficient, as it involves extracting only a few, but most relevant luminance parameters towards acceptable threshold values.

This project was carried out in collaboration with the Switchable Privacy Task Group of the Displayforum (www.displayforum.de).

P16 **Optomechatronische Erzeugung von 4D-Punktwolken für kompakte Lidar-Tests**
O. Oevermann*, V. Nyhof*, C. Meltebrink*, S. Viets**, T. Knieling**, A. Aschinger**,
Z. Dai**, T. Biermann***, U. Wüllner***, M. Jordine***

* Labor für Intelligente Sensorsysteme, Fakultät Ingenieurwissenschaften und Informatik,
Hochschule Osnabrück

** Scramblux GmbH

*** Optical Systems, Institut für Produktentwicklung und Gerätebau, Leibniz Universität
Hannover

ole.oevermann@hs-osnabrueck.de

Die Validierung von Lidar-Sensoren für das autonome Fahren erfordert zunehmend das Testen komplexer Objekterkennungsalgorithmen (Perception Stacks). Konventionelle physische Teststrecken stoßen aufgrund enormer Platzbedarfe an ihre Grenzen. Dieser Beitrag stellt einen neuartigen „4D-Punktwolkengenerator“ vor, der dynamische Szenarien auf kompaktem Bauraum optisch simuliert.

Technologische Basis bildet ein patentierter Kaleidoskop-Ansatz zur Strahlfaltung. Dieser wird durch die Kombination eines pixelbasierten Primärdisplays zur Erzeugung dynamischer 2D-Reflexionsmuster mit einem steuerbaren Sekundärdisplay zur Tiefenmodulation erweitert. Über eine adaptive Apertursteuerung wird dabei jedem Bildpunkt ein individueller Eintrittswinkel in das Kaleidoskop zugewiesen, was eine präzise Manipulation der optischen Weglänge erlaubt. Dies ermöglicht die Simulation virtueller 4D-Szenarien (3D-Raum + Zeit), die vom Sensor als reale, dynamische Objekte detektiert werden. Der Ansatz realisiert damit reproduzierbare kompakte Hardware-in-the-Loop-Tests von Lidar-Sensoren mit geringem Platzbedarf.

P17 **Eigenschaften von optischen Gläsern für Laseranwendungen**
R. Jedamzik, U. Petzold, H. Kaufmann

SCHOTT AG

ralf.jedamzik@schott.com

Optische Gläser stellen eine technisch relevante Alternative zu Quarzglas in strahlführenden Komponenten für Laseranwendungen dar. Bei der Auswahl des geeigneten Materials sind neben den optischen Eigenschaften insbesondere die Laserfestigkeit der Gläser entscheidend. Hierbei wird zwischen der laserinduzierten Schadensschwelle, welche unmittelbare Schädigungen am Glas verursacht, und Veränderungen der Transmission durch Solarisationseffekte unterschieden. Darüber hinaus ist der nichtlineare Brechungsindex ein wesentlicher Faktor bei der Materialauswahl für optische Gläser. Diese Präsentation bietet einen Überblick über die verfügbaren Daten zu optischen Gläsern der Firma SCHOTT für passive Laserkomponenten und berücksichtigt dabei auch aktuelle Anwendungen, wie beispielsweise die Materialbearbeitung mittels blauer Laserstrahlung.

P18 **Einstufung der Feuchtekorrosion empfindlicher Gläser**

R. Biertümpfel, C. Loho

SCHOTT AG

ralf.biertuempfel@schott.com

Die chemische Resistenz von empfindlichen Gläsern wird durch Resistenzklassen beschrieben, die im Fall von Beständigkeit gegen Säuren oder Laugen durch einfache Tests ermittelt werden können. Hingegen zeigt sich bei der Beständigkeit gegen Feuchtigkeit, das der übliche Klimakammertest von einer Reihe weiterer Faktoren abhängt, die starken Einfluss auf das Ergebnis des Feuchtetests haben. Es werden beispielhaft Ergebnisse zu Korrosionsuntersuchungen an phosphathaltigen Filtergläsern präsentiert, aus denen sich Hinweise für die Lagerung, Verarbeitung und Beschichtung von optischen Gläsern ergeben.

P19 **Experiencing Photonics: An Experimental Concept to Inspire the Next Generation of University and High School Students**

L. Dänzer, K. Kappl, S. Koppenhöfer, P. Scheiger, R. Nawrodt

5. Physikalisches Institut, Physik und ihre Didaktik, Universität Stuttgart

laureen.daenzer@pi5.uni-stuttgart.de

Photonic technologies represent central key enabling technologies for both research and industry, significantly shaping our daily lives in numerous ways. From a physics education perspective, photonics experiments are particularly attractive because they provide a more accessible and visual approach to modern technologies – for instance, in contrast to superconducting components in quantum technologies. However, academic and school curricula often lack the time for intensive, and above all, practical engagement with this field. Since sustainable interest among learners only develops through direct encounters and active exploration of a subject, a experimental concept has been developed to convey selected topics in photonics to both university students and high school students. To address the insufficient practical presence of optical technologies, various experiments are offered alongside didactically prepared materials. These modules can be flexibly integrated into university courses or student laboratory visits.

This contribution presents the overall concept, provides initial insights into experiments focusing on polarization, and discusses future ideas for expanding the portfolio.

P20 **Wellen-Analogie in Optik und Akustik**
A. Harth, R. Schuster

AASAP/ ZOT, Hochschule Aalen
anne.harth@hs-aalen.de

Die deutliche mathematische Analogie zwischen elektromagnetischen Wellen und akustischen Wellen, z.B. bei Laserpulsen und breitbandigem Ultraschall, ist beachtenswert.

Trotz unterschiedlichen physikalischen zugrundeliegenden Mechanismen, folgen beide Phänomene fundamentalen Wellengleichungen und der Fourier-Analytik.

Ein zentrales Merkmal ist das Zeit-Bandbreite-Produkt: Ein ultrakurzer Puls, ob optisch oder akustisch, erfordert zwingend ein breites Frequenzspektrum. In dispersiven Medien unterliegen beide Wellenarten der Phasengeschwindigkeitsvariation, was zur Ausbildung zeitlich ausgedehnter Pulse führt, während sich die Frequenzanteile linear über die Pulsdauer verteilen.

Räumlich können beide Systeme eine Strahltailie in der Amplitude ausbilden, die für die Fokusqualität entscheidend sind.

Die Reflexionen an Grenzflächen in beiden Domänen folgt strukturell identischen Gesetzen (Fresnel-Formeln).

In diesem Beitrag werden die analogen Größen der Materialinteraktion – der komplexen Frequenz abhängigen akustischen Impedanz und der komplexen Frequenz abhängigen optischen Impedanz – diskutiert.

was den Transfer von Methoden zwischen Laserphysik und Ultraschalltechnik motiviert.

P21 **Synergien zwischen hochpräziser Batterieforschung und europäischer Wissensvermittlung im Projekt AutoCove 2.0**

G. Bohn*, S. Gielinger**, S. Breitfelder**, T. Staab**

* Fakultät Elektrotechnik, Technische Hochschule Würzburg-Schweinfurt

** Technologische Hochschule Würzburg-Schweinfurt (THWS), Technologietransferzentrum Elektromobilität (TTZ-EMO)
gunther.bohn@thws.de

Die Mobilitätswende erfordert sowohl technologische Spitzenforschung als auch eine darauf abgestimmte Qualifizierung von Fachkräften. Dieser Beitrag präsentiert die synergetische Verknüpfung zweier aktueller Projekte am TTZ-EMO der THWS: Eine hochspezialisierte in operando Studie zur Charakterisierung von Lithium-Ionen-Zellen sowie das europäische Bildungsprojekt AutoCove 2.0.

Im technischen Teil der Arbeit wird eine kombinierte Messmethodik vorgestellt, die synchrotronbasierte Röntgendiffraktion (XRD) mit hochpräziser interferometrischer Expansionsmessung (Dilatometrie) vereint. Ziel ist die Untersuchung der Korrelation zwischen strukturellen Phasenübergängen im Elektrodenmaterial (z. B. -Intensität) und der makroskopischen Zellgeometrie unter verschiedenen C-Raten. Die interferometrische Messung ermöglicht hierbei eine Auflösung der Zellexpansion im Nanometerbereich, was essenziell für die Validierung mechanischer Modelle und die Verbesserung der Lebensdauerprognosen ist.

Parallel dazu adressiert das Projekt AutoCove 2.0 die daraus resultierende Diskrepanz zwischen aktuellem Wissensstand und benötigten Kompetenzen in der Industrie. Basierend auf einer umfassenden Skillgap-Analyse in sieben europäischen Ländern werden innovative Lernmodule entwickelt, die komplexe Themen wie Batteriemangement, Diagnostik und Sicherheit (Fire Safety) für die berufliche Bildung aufbereiten. Die THWS fungiert hierbei als Brückenkopf, indem sie wissenschaftliche Erkenntnisse aus der Forschung direkt in praxisorientierte „Teach-the-Teacher“-Programme und Student-Mobility-Konzepte überführt.

Der Beitrag zeigt auf, wie optische Messtechnik auf höchstem Niveau die Grundlage für fundierte Bildungsstandards in der nachhaltigen Mobilität bildet.

P22 **Control the uncontrollable – An anachronistic approach for contemporary automation**
H. Dierke

Physikalisch-Technische Bundesanstalt PTB
hanno.dierke@ptb.de

Many measurement instruments can now be operated remotely using the remote desktop functionality provided by contemporary computer operating systems. This makes the use of such instruments very convenient, as the status of the measurement can be monitored remotely. In addition, changes in environmental conditions can be avoided when presence at the instrument is no longer required for operation.

However, there are some well-established proprietary measurement systems in use that use "historical" hardware that does not provide such functionality. The radius measurement setup for spherical sections at PTB is an example of such a system. The Fizeau interferometer of the setup is controlled by a Windows 2000 personal computer. Although it is connected to a (restricted) network, it lacks the ability to interact remotely with the measurement software. In this contribution we show how it is possible to provide rudimentary remote control of the interferometer using automation freeware tools such as Autolt or AutoHotkey.

P23 **Strahlung des Jahres 2026 – UV-Strahlung**
C. Sinn*, G. Franke**, B. Keller***, P. Knuschke****, C. Strehl*****, L. Udovicic*****,
D. Weiskopf*****

* Köln.Optik Ingenieurbüro

** Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse (BG ETEM)

*** ehem. Referat "Anwendung ionisierender Strahlung am Menschen, Nichtionisierende Strahlung", BMUV

**** ehem. AG Experimentelle Photobiologie der TU Dresden

***** Inst. f. Arbeitsschutz der DGUV

***** ehem. Bundesanstalt f. Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

***** FG Optische Strahlung im Bundesamt f. Strahlenschutz

buer0@koeln-optik.de

Wissenschaftsgeschichte

Der Fachverband für Strahlenschutz kürt seit 2023 jedes Jahr eine Strahlung des Jahres. Meist gibt es ein mit dieser Strahlung verbundenes Jubiläum. Nach der Röntgenstrahlung, der Lichtverschmutzung und der Gammastrahlung, soll 2026 das Jahr der UV-Strahlung sein. Vor 225 Jahren entdeckte Johann Wilhelm Ritter in Jena eine unsichtbare Strahlung jenseits des sichtbaren Lichts, die eine Art Fotopapier schwärzte und nannte diese „Ultraviolette Strahlung“.

In unserem Beitrag führen wir Quellen von UV-Strahlung und Anwendungsbeispiele auf. Außerdem gehen wir auf Gefährdungen durch UV-Strahlung und Schutzmaßnahmen vor dieser ein. Insbesondere beschreiben wir detailliert den täglich publizierten UV-Index, der als Orientierungshilfe dient, ob und wie lange man sich mit ungeschützter Haut im Sonnenlicht aufhalten sollte.

P24 **A 3D-Printed Dual-Fiber Probe for Background-Free Brillouin Spectroscopy**
Joshua Trapp*, Hadi Mahmodi*, Stephanie Geißler*, Marco Wende*, Luke McAlary***, Lezanne Ooi***, Jiawen Li****, Robert A. McLaughlin****, Alois Herkommer*, Andrea Toulouse*, Irina Kabakova**

* University Stuttgart, Institute of Applied Optics (ITO), Stuttgart, Germany

** School of Mathematical and Physical Sciences, University of Technology Sydney, Sydney, Australia

*** Molecular Horizons and School of Science, University of Wollongong, New South Wales, Australia

**** Institute of Photonics and Advanced Sensing, The University of Adelaide, Adelaide, Australia

trapp@ito.uni-stuttgart.de

Brillouin spectroscopy is a powerful non-invasive method for mapping micromechanical properties of biological samples, with potential in disease diagnosis. Its in vivo endoscopic use is limited by two issues: single-fiber probes produce strong parasitic signals that mask the weak sample response, while dual-fiber designs eliminate this background but suffer from poor excitation–collection overlap and thus very weak signals, when using conventional optics.

We developed a miniaturized dual-fiber Brillouin probe (285 μm tip) featuring a tailored freeform micro-lens fabricated via two-photon lithography (TPL) directly onto two single-mode fibers. This 3D-printed lens focuses both beams into a common focal spot, removing fiber background and boosting collection efficiency eightfold compared to a lensless dual-fiber setup.

The probe achieves sub-10 μm lateral and 43 μm axial resolution and enables clear, background-free Brillouin signals from polymer microstructures. It also produced the first 2D Brillouin maps of phase-separated DDX4 protein droplets using a fiber probe. We further address improving measurability of steep-slope surfaces in TPL-fabricated optics. This work advances endoscopic Brillouin imaging for biomedical and materials science applications.

Autorenverzeichnis

Name	Referat(e) auf Seite(n)
------	----------------------------

A

Abend, M.	86
Abhari, P.	102
Aschinger, A.	110
Aslani, V.	38
Atmaca, Ö.	20, 38

B

Baldsiefen, T.	42
Bartelmei, A.	34
Battling, A.	62
Bauer, S.	28
Baumann, O.	8
Becker, C.	100
Bergmann, R.	14, 62, 68
Bich, J.	62
Biermann, T.	92, 100, 110
Biertümpfel, R.	112
Blankenbach, K.	10, 30, 108
Blaukovitsch, M.	38
Boehm, U.	8, 36
Böhm, S.	24
Bohn, G.	116
Boll, M.	92
Bonhoff, A.	46, 54
Borchers, N.	24
Böttger, D.	26
Brauer, F.	34
Brehm, G.	26
Breitfelder, S.	116
Brenner, A.	62
Brümmer†, F.	30
Brunner, R.	86
Burde, R.	14
Burkert, S.	18, 92
Busch, R.	86
Busch, U.	28

C

Carre, A.	84
Chen, W.	40
Cierpka, C.	26
Cornwall, P.	78

Name	Referat(e) auf Seite(n)
------	----------------------------

D

Dai, Z.	110
Dänzer, L.	112
Dehm, A.	52, 96
Diao, Z.	86
Dierke, H.	118
Doersam, J.	64, 66
Döhler, T.	48
Dohmen, M.	52, 96
Döhring, T.	28, 104, 106
Doth, K.	38
Dötzer, F.	78, 82
Dultz, W.	100

E

Eder, C.	94
----------	----

F

Faber, C.	10, 70
Falldorf, C.	62
Feßer, P.	88
Fey, D.	74
Fischer, A.	16, 80
Fischer, L.	52, 96
Foith, M.	64, 66
Fortmeier, I.	62, 104
Franke, C.	26
Franke, G.	118
Frins, E.	100
Fritsch, F.	78
Fünning, T.	34
Fütterer, L.	52

G

Gentsch, G.	26
Geißler, S.	120
Ghosh, O.	38
Gielinger, S.	116
Glaserapp, C.	24
Großmann, M.	20
Guo, M.	26

H

Hagen, N.	72, 86
Haist, T.	18, 24
Harth, A.	50, 64, 66, 114

Name	Referat(e) auf Seite(n)
Häusler, G.....	70
Heinisch, J.....	14
Heinrich, A.....	18, 50, 52, 92, 94, 96
Heise, P.....	34
Herkommer, A.....	20, 38, 62, 102, 120
Herrmann, K.....	100
Hesker, M.....	54
Heyl, C.....	64, 66
Hildenbrand, G.....	104
Hils, B.....	100
Hinz, L.....	12
Hofmann, M.....	22, 88
Holly, C.....	46, 54
Holstein, K.....	18
Hong, S.....	68
Huber, L.....	40
Hughes, F.....	104
J	
Jagadish, C.....	90
Jahns, J.....	72, 98
Jaurigue, L.....	98
Jayawardana, N.....	90
Jedamzik, R.....	84, 110
Jordine, M.....	110
K	
Kabakova, I.....	120
Kanal, F.....	84
Kappl, K.....	32, 112
Karapatzakis, C.....	92
Kasireddy, S.....	34
Kätker, A.....	28
Kaufmann, H.....	110
Keller, B.....	118
Kerkmann, A.....	14
Khettal, A.....	16
Kirstein, J.....	52
Kluge, M.....	16
Knieling, T.....	110
Knuschke, P.....	118
Koenen, S.....	14
König, J.....	26
König, L.....	32

Name	Referat(e) auf Seite(n)
Koppenhöfer, S.....	112
Köthe, E.....	106
Krackhardt, U.....	74
Krieg, J.....	84
Krings, T.....	40
Krivanekova, L.....	104
Kroneberger, M.....	106
Kunisch, C.....	84
Kupnik, M.....	64, 66
Kurz, M.....	84
Kyba, C.....	28
L	
Lachmayer, R.....	92, 100
Lange, N.....	48
Langehanenberg, P.....	14
Langenbach, E.....	38
Larson, M.....	90
Li, J.....	120
Link, C.....	58
Lischtschenko, O.....	32
Loho, C.....	112
Lösch, N.....	18
Lüdge, K.....	98
Ludwig, C.....	32
Lukin, N.....	88
M	
Madabhushi Balaji, M.....	78
Mahmodi, H.....	120
Mai, A.....	34
Marschall, M.....	104
McAlary, L.....	120
McLaughlin, R. A.....	120
Meinecke, T.....	42, 102
Meltebrink, C.....	110
Merbach, P.....	58
Meyer, M.....	62
Michels, M.....	28
Mitra, I.....	84
N	
Nawrodt, R.....	32, 112
Nyhof, V.....	110

Autorenverzeichnis

Name	Referat(e) auf Seite(n)
O	
Oevermann, O.....	110
Ooi, L.....	120
Overmeyer, L.....	52
P	
Penkert, C.....	46
Petzold, U.....	110
Piazza, D.....	38
Platz, A.....	26
Pommerol, A.....	38
Prekel, S.....	80
Pruß, C.....	62, 102
R	
Reber, A.....	10
Regehly, M.....	34, 48
Rehn, H.....	56
Reichel, S.....	10, 32, 108
Reichelt, S.....	18, 24, 102
Reinfurt, G.....	10
Rendgen-Heugle, B.....	30
Rothermel, F.....	38
Rüdingler, A.....	18
Ruprecht, A.....	14
S	
Savchenko, A.....	102
Schake, M.....	12
Scheiger, P.....	112
Schindler, J.....	40
Schindler, T.....	52
Schmitzer, H.....	90, 100
Schober, B.....	46
Schober, C.....	62
Scholz, G.....	62
Schrödel, Y.....	64, 66
Schumacher, J.....	34
Schuster, N.....	60
Schuster, R.....	64, 66, 114
Seufert, F.....	82
Sinn, C.....	118
Sinzinger, S.....	22, 34, 42, 76, 78, 82, 88, 98, 102, 106
Soennecken, S.....	64, 66

Name	Referat(e) auf Seite(n)
Spiller, W.....	72, 98
Sprenger, J.....	56
Staab, T.....	116
Stanik, E.....	28, 106
Stark, A.....	26
Stavridis, M.....	104
Stegmann, J.....	12
Stöbener, D.....	16
Strehl, C.....	118
Sure, T.....	58
T	
Tan, H.....	90
Tarnoruzki, A.....	18
Tausendfreund, A.....	80
Thomas, N.....	38
Thomsen, F.....	34
Toulouse, A.....	38, 120
Trapp, J.....	38, 120
Tu, C.....	90
U	
Uber, C.....	66
Udovicic, L.....	118
Uhe, J.....	12
V	
Viets, S.....	110
Vogl, U.....	24
Vogt, C.....	14, 68
Voiculescu, M.....	34
Vojtisek, P.....	106
Völkel, R.....	72
W	
Waedt, O.....	44
Wagner, H.....	86, 90
Wang, T.....	78
Weiskopf, D.....	118
Wende, M.....	38, 120
Werner, L.....	86
Willomitzer, F.....	78
Wittemann, C.....	18
Wohletz, J.....	100
Wong, W.....	90
Wüllner, U.....	92, 110

Autorenverzeichnis

Name	Referat(e) auf Seite(n)
------	----------------------------

X

Xia, P.92

Z

Zhang, Z.22

Zier, M.98

Zimmermann, A.20

Zimmermann, M.24

Name	Referat(e) auf Seite(n)
------	----------------------------

Mitteilungen der Tagungsgeschäftsführung

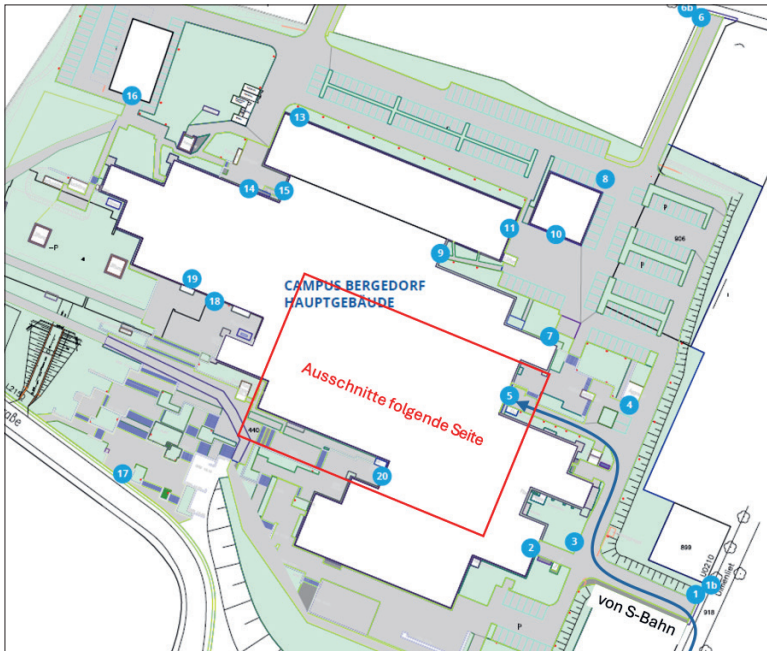
1. Tagungsort

Die **127. Jahrestagung** der DGaO wird vom 26. bis 29. Mai 2026 an der **Hochschule für angewandte Wissenschaften Hamburg, Campus Bergedorf**, ausgerichtet. Das Tagungszentrum befindet sich im Hauptgebäude des Campus Bergedorf, Ulmenliet 20, im Osten Hamburgs und ist in gut zehn Minuten vom Bahnhof / ZOB Bergedorf zu Fuß oder z. B. mit Bus Linie 332 oder X27 in etwa gleicher Zeit zu erreichen. Die Begrüßungsveranstaltung findet ebenfalls in diesem Gebäude statt.

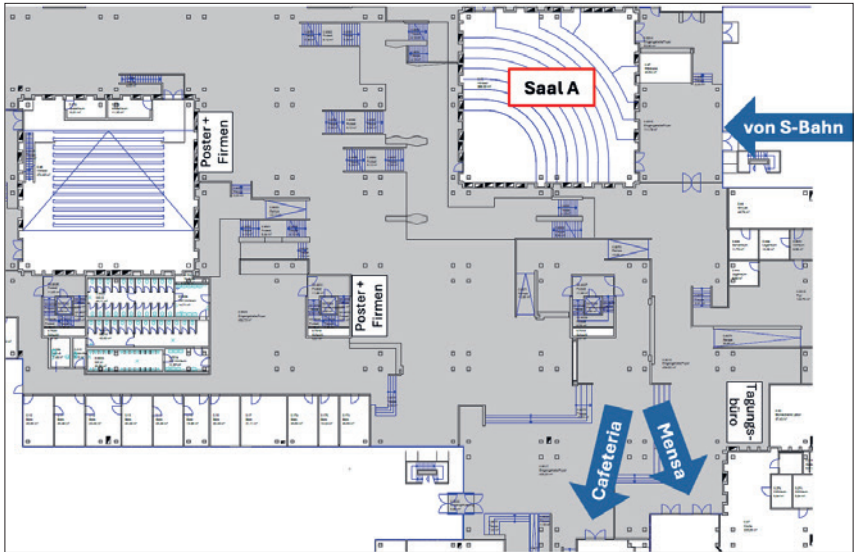
Tagungsort: **HAW Hamburg**
Campus Bergedorf
Ulmenliet 20
21033 Hamburg

Öffnungszeiten des Tagungsbüros
Foyer Ulmenliet 20

Di:	16:00 – 18:00 Uhr
Mi:	08:00 – 14:00 Uhr
Do:	08:00 – 14:00 Uhr
Fr:	08:00 – 14:00 Uhr

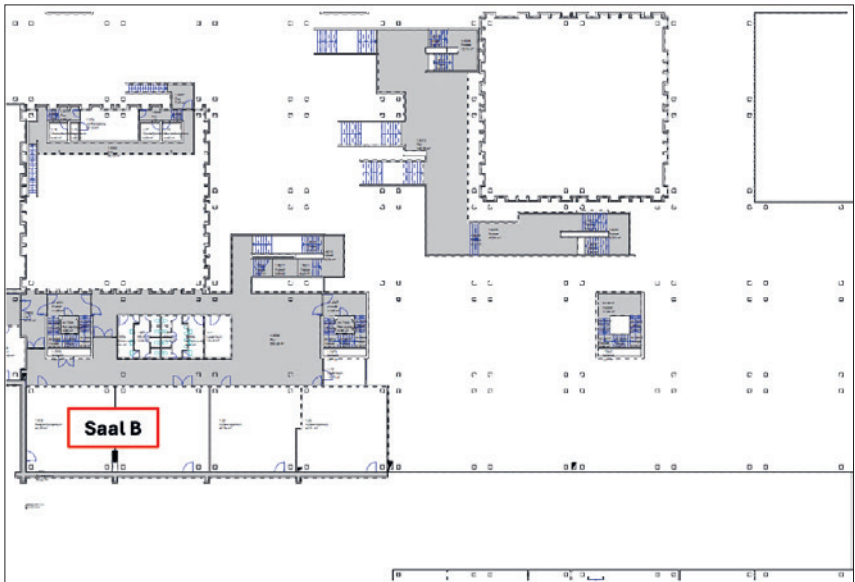


Lageplan des Campus Bergedorf
© HAW Hamburg



Ausschnitt Rauplan EG

© HAW Hamburg



Ausschnitt Rauplan 1. OG

© HAW Hamburg



Eingangsbereich Hauptgebäude

© HAW Hamburg



Vortragssaal A

© HAW Hamburg

Die DGaO Vorstandssitzung findet im Raum 1.01 im Hauptgebäude Campus Bergedorf von 14:00 bis 16.00 Uhr statt.

Die Registrierung ist von 16:00 – 18:00 Uhr im Foyer möglich.

Falls Sie sich für den Begrüßungsnachmittag zu einer Führung angemeldet haben, sind die Treffpunkte um

13:00 Uhr Forschungszentrum DESY in Hamburg, Notkestraße 85, 22607 Hamburg (ACHTUNG in Hamburg-Bahrenfeld im Westen Hamburgs!).

15:30 Uhr Hamburger Sternwarte, Gojenbergsweg 112, 21029 Hamburg (Diese befindet sich auch in Bergedorf im Osten Hamburgs).

Um 18 Uhr findet der Vortrag „Astronomische Observatorien gestern und heute – von Hamburg bis Chile“ von Herrn Professor Dr. Jochen Liske, geschäftsführender Direktor der Hamburger Sternwarte, am Campus Bergedorf statt.

Wir lassen den Tag mit Fingerfood und Drinks ausklingen.



HAW Hamburg, Campus Bergedorf

Konferenzort und Begrüßungsabend: Hauptgebäude, Ulmenliet 20, 21033 Hamburg

Konferenzdinner Hotel Hafen Hamburg, Elbkuppel

Adresse: Seewartenstraße 9, 20459 Hamburg

Anreise mit **S-Bahn** ab Bergedorf:

Bahnlinien S7 Richtung Altona bis **Haltestelle Landungsbrücken** (Fahrzeit knapp 30 min), ab da ca. 10 min Fußweg über Kuhberg und Venusberg in die Seewartenstraße zum Hotel auf der linken Seite.



Ausschnitt aus dem Linienplan des HVV um die Landungsbrücken

© HVV

2. Tagungsanmeldung

Wir bitten Sie, die Tagungsanmeldung bis zum 30.04.2026 ausschließlich über das von der Internetseite www.dgao.de verlinkte Online-Formular auf <https://express.converia.de/frontend/index.php?sub=1975> vorzunehmen. Sie erhalten anschließend eine Rechnung mit Angabe der Bankverbindung zur Überweisung der Tagungsgebühr (bzw. für Ihre zusätzlich hinzu gebuchten Kosten wie beispielsweise das Networking Event).

Tagungsgebühren (zzgl. 7% USt)

Mitglieder der DGaO, DPG, EOS oder OSA:	€ 280,00* (Frühbucher) € 330,00* (ab 27. April 2026)
Nichtmitglieder:	€ 350,00* (Frühbucher) € 400,00* (ab 27. April 2026)
Studierende, Rentner:innen, Erwerbslose:	€ 150,00* (Frühbucher) € 200,00* (ab 27. April 2026)
Rahmenprogramm/Networking: (kann auch für eine Begleitperson gebucht werden)	€ 60,00* p. P.
Fraunhofer Gala Dinner (Kostenbeitrag): (kann für max. eine Begleitperson gebucht werden)	€ 20,00* p. P.

* Alle Preise verstehen sich als Nettopreise und werden zzgl. 7% Ust. erhoben.

Autorinnen und Autoren, die studentische Mitglieder der DGaO sind, können durch Vorschlag des Institutsleiters gefördert werden. Der Förderbeitrag wird durch den Vorstand festgelegt.

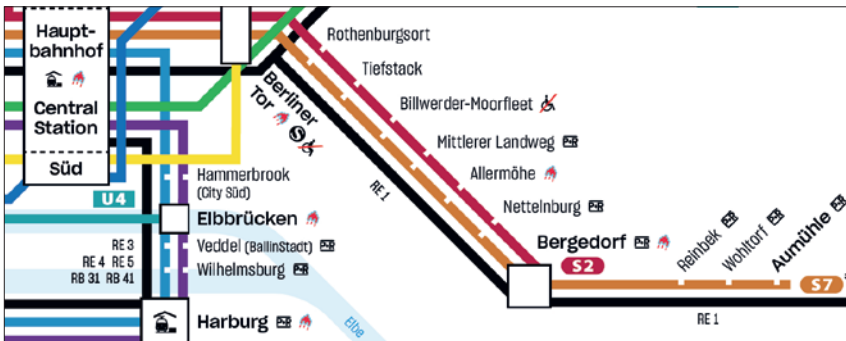
3. Anreise zum Tagungsort

Anreise mit dem PKW

Verlassen Sie die Autobahn A1 (Bremen – Lübeck) am Autobahnkreuz HH-Süd und folgen der A25 Richtung Geesthacht zur Anschlussstelle Bergedorf. Abfahrt Bergedorf (Curslacker Neuer Deich) nehmen, nach 500 m links Richtung Lohbrügge auf den Sander Damm fahren. Weiter unter der S-Bahnbrücke hindurch und die B5 überqueren. Nun liegt rechts die Feuerwehr, dann links in den Ulmenliet einbiegen. Nach ca. 300 m beim Wohnhaus Ulmenliet Nr. 21b links auf den kostenlosen Parkplatz der Hochschule für Angewandte Wissenschaften fahren. Es stehen nur einzelne Stellplätze für PKW zur Verfügung.

Anreise mit den öffentlichen Transportmitteln

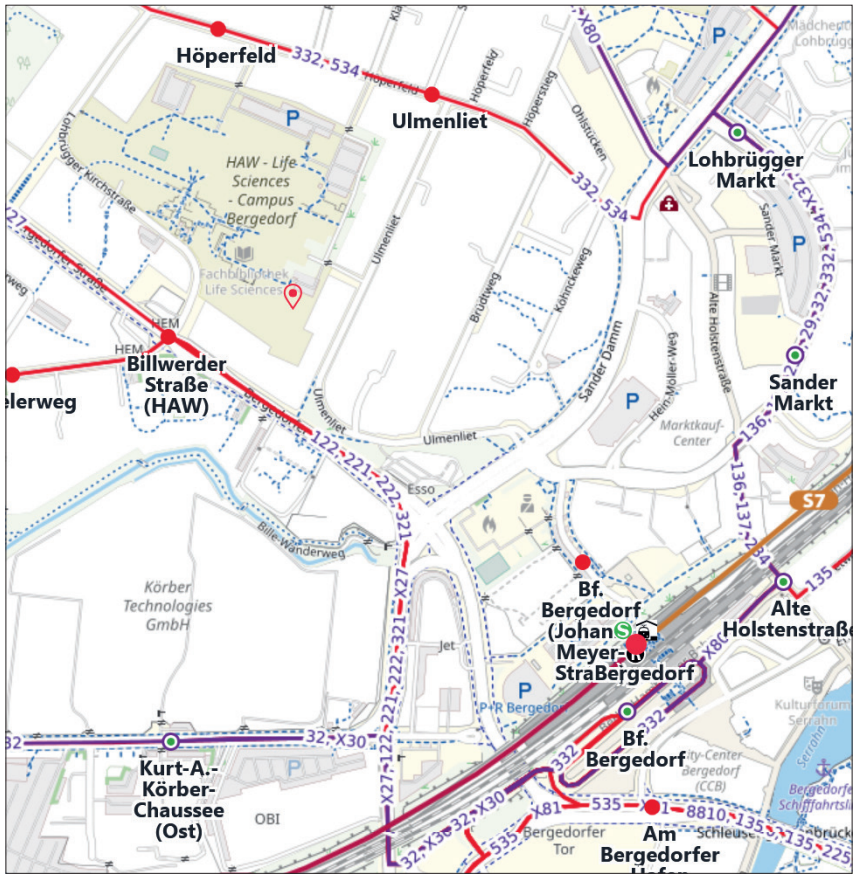
Ab Hauptbahnhof Hamburg mit den S-Bahn-Linien S2 oder S7 Richtung Bergedorf bzw. Aumühle (und ggf. wieder dem RE1 Richtung Rostock bzw. Schwerin) bis Haltestelle Bergedorf fahren. Die Fahrzeit mit der S-Bahn beträgt etwa 20 min. Von dort geht es in etwa 10 min zu Fuß zur Hochschule.



Ausschnitt aus dem S- und U-Bahn Linienplan des Hamburger Verkehrsverbunds

© HVV

Alternativ können vom ZOB Bergedorf die Buslinien 332 (bis Haltestelle Ulmenliet) oder X27 (bis Haltestelle Billwerder Straße (HAW)) genutzt werden, um den Tagungsort in etwa gleicher Zeit zu erreichen.



Ausschnitt aus dem Linienplan des HVV um Bergedorf

© HVV

4. Hotelpfehlungen in Hamburg

HOTELS IN DER UMGEBUNG DER HAW BERGEDORF		
Hotel & Kontakt	Telefon	Anreise & Dauer
H4 Hotel Hamburg Bergedorf Holzhude 2, 21029 Hamburg	Tel: +49 40 725950	ca. 19 Min. (Fußweg)
Vienna House Easy by Wyndham Weidenbaumsweg 9, 21029 Hamburg	Tel: +49 40 248480	ca. 13 Min. (Fußweg)
Alt Lohbrügger Hof Leuschnerstraße 76, 21031 Hamburg	Tel: +49 40 7396000	ca. 18 Min. (Fußweg)
Sachsenwald Hotel Reinbek Hamburger Straße 4 – 8, 21465 Reinbek	Tel: +49 40 727610	ca. 25 Min. (ÖPNV)
Hotel Jungclaus Hamburger Landstraße 21, 21465 Wentorf	Tel: +49 40 7200090	ca. 25 Min. (ÖPNV)
Hotel Kuhberg Hamburg Wiebekingweg 2a, 21029 Hamburg	Tel: +49 40 72698006	ca. 18 Min. (Fußweg)
Bettenburg Hotel Oberer Landweg 27, 21033 Hamburg	Tel: +49 40 33464750	ca. 15 Min. (ÖPNV)
Hotel Mediterran Rothenhauschaussee 32, 21029 Hamburg	Tel: +49 40 7202081	ca. 25 Min. (ÖPNV)
MY-BED Hamburg Kurfürstendeich 41, 21037 Hamburg	Tel: +49 40 36094022	ca. 30 Min. (ÖPNV)
Gästehaus Bergedorf 2 Leuschnerstraße 70, 21031 Hamburg	Tel: +49 172 9452987	ca. 15 Min. (Fußweg)
HOTELS IM STADTZENTRUM HAMBURG		
Hotel am Beatles-Platz (inkl. Tagungrabatt) Nobistor 8, 22767 Hamburg	Tel: +49 40 181283811	ca. 50 Min. (ÖPNV)
Holiday Inn HH Berliner Tor Wikingerweg 2, 20537 Hamburg	Tel: +49 40 3346490	ca. 45 Min. (ÖPNV)
Super 8 by Wyndham Mitte Wikingerweg 4, 20537 Hamburg	Tel: +49 40 3346480	ca. 45 Min. (ÖPNV)
Moxy Hamburg City Anckelmannstraße 11, 20537 Hamburg	Tel: +49 40 468965580	ca. 40 Min. (ÖPNV)
Motel One Hamburg-Fleetinsel Admiralitätstraße 55-56, 20459 Hamburg	Tel: +49 40 23830840	ca. 50 Min. (ÖPNV)
Hyperion Hotel Hamburg Amsinckstraße 39, 20097 Hamburg	Tel: +49 40 4142000	ca. 50 Min. (ÖPNV)
Courtyard by Marriott City Adenauerallee 52, 20097 Hamburg	Tel: +49 40 298420	ca. 45 Min. (ÖPNV)
Hampton by Hilton City Centre Nordkanalstraße 18, 20097 Hamburg	Tel: +49 40 3023720	ca. 50 Min. (ÖPNV)
IntercityHotel Hamburg Hbf Glockengießerwall 14/15, 20095 Hamburg	Tel: +49 40 248700	ca. 40 Min. (ÖPNV)
Prize by Radisson, HH City Recha-Lübke-Damm 28, 20097 Hamburg	Tel: +49 421 2222100	ca. 50 Min. (ÖPNV)

5. Kontakt

Tagungsgeschäftsführer

Prof. Dr. Oliver Baumann
HAW Hamburg
Ulmenliet 20 | D – 21033 Hamburg
E-Mail: oliver.baumann@haw-hamburg.de
E-Mail: tagung2026@dgao.de

DGaO-Sekretariat

c/o Hochschule Pforzheim
Tiefenbronner Str. 65
75175 Pforzheim
E-Mail: sekretariat@dgao.de

6. Vorträge

Für Vorträge steht in jedem Vortragsraum ein Beamer mit Rechner zur Verfügung. Die PDF- oder PowerPoint-Präsentationen sind per USB-Stick rechtzeitig in den Pausen auf die Rechner zu überspielen.

7. Posterausstellung

Die Posterausstellung findet am Mittwoch, dem 27. Juni 2026, ab 16 Uhr in der Halle, Ulmenliet 20 statt.

Die Autorinnen und Autoren werden gebeten, die Poster am **Mittwoch, 27.05.2026 zwischen 13 und 15 Uhr** zu befestigen und diese zur Ausstellungszeit **persönlich zu präsentieren**. Die besten Poster werden am 29. Mai 2026 im Rahmen des Konferenz-Dinners prämiert.

Die Poster können bis Freitag, 29. Mai an den Posterwänden verbleiben und wir bitten die Autorinnen und Autoren, die Poster am Freitag bis 17 Uhr abzunehmen.

Das Format der Poster soll DIN-A1 nicht überschreiten: DIN-A1 = 59,4 cm breit und 84,1 cm hoch.

8. Industrieausstellung

In der Industrieausstellung präsentieren sich verschiedene Aussteller. Die Ausstellung findet in der Halle des Hauptgebäudes, Ulmenliet 20 statt.

9. DGaO-Proceedings

Alle Autorinnen und Autoren haben die Möglichkeit, ihre Tagungsbeiträge in der Inter- netzeitschrift DGaO-Proceedings zu veröffentlichen. Die Beiträge werden als zweiseitige doppelspaltige Manuskripte oder auch als Poster veröffentlicht. Beiträge in den DGaO-Proceedings sind zitierfähig.

Die Frist für die Einreichung der Beiträge zur Jahrestagung 2026 für die DGaO-Proceedings endet am 31.07.2026. Weitere Hinweise sowie ein Template finden Sie in Kürze unter folgendem Link: <https://www.dgao-proceedings.de/>

10. DGaO Nachwuchspreis

Die DGaO verleiht auch im Jahr 2026 wieder den DGaO-Nachwuchspreis für die beste Dissertation und für die beste Masterarbeit des Jahres 2025 an einer Hochschule oder Universität im deutschsprachigen Raum im Bereich der angewandten Optik. Weitere Hinweise finden Sie unter www.dgao.de.

11. Rahmenprogramm der Tagung

Dienstag, 26. Mai 2026

Begrüßungsnachmittag und -abend

Am Nachmittag finden zwei Führungen statt, von denen nur eine bei der Tagungsanmeldung separat gebucht werden kann.

13:00 – 16:30 Uhr Führung am Forschungszentrum DESY,
Notkestraße 85, 22607 Hamburg
(ACHTUNG in Bahrenfeld im Westen Hamburgs: lange Fahrzeit!)

15:30 – 17:00 Uhr Führung an der Hamburger Sternwarte,
Gojenbergsweg 112, 21029 Hamburg
(Diese befindet sich auch in Bergedorf im Osten Hamburgs)

Alle Teilnehmenden der 127. DGaO-Jahrestagung 2026 sind zum Begrüßungsabend am Campus Bergedorf eingeladen. Dieser findet am Dienstag, den 26. Mai 2026 ab 18 Uhr statt.

ab 16:00 Uhr Registrierung im Foyer des Campus Bergedorf

18:00 Uhr Saal A:
Vortrag „Astronomische Observatorien gestern und heute – von Hamburg bis Chile“, Prof. Dr. Jochen Liske, geschäftsführender Direktor der Hamburger Sternwarte

ab 18:30 Uhr Musikalische Begleitung durch das
Jazz-Trio Mathias Beyerlein, Thomas Görne und Stephan Pareigis

ab 18:30 Uhr Fingerfood und Drinks

Mittwoch, 27. Mai 2025

ab 16:00 Uhr Postersession im Foyer der HAW in Bergedorf

Donnerstag, 28 Mai 2026

Networking Event

14:00 Uhr Fußweg zum Anleger Bergedorf, Serrahnstraße

14:30 Uhr Schifffahrt ab Bergedorf über die Marschlande in den Hamburger Hafen

Die Fahrt startet im kleinstädtischen Bergedorf am Hafen und führt über den alten und neuen Schleusengraben zur Krapphofschleuse. Die Fahrt geht weiter über den breiteren Flussverlauf der Dove Elbe durch die Marschlande, vorbei an Hausbooten, Yachthäfen, der Ruder- und Regattastrecke Allermöhe sowie weiten Feldern mit viel Natur, bis hin zur Tatenberger Schleuse. Über diese gelangen wir auf die Elbe und nehmen Kurs auf den Hamburger Hafen. Die Fahrt führt vorbei an den Highlights wie der Elbphilharmonie, der HafenCity, Blohm & Voss, den St. Pauli Landungsbrücken sowie dem Fischmarkt und Dockland. Ggf. ist auch ein Abstecher Richtung Containerterminal Altenwerder oder unter der Köhlbrandbrücke hindurch möglich.

17:30 Uhr Fußweg von Anleger Sandtorhöft zum Lokal

18:00 Uhr Restaurant Rheinischer Hafen
Stadthausbrücke 1-3
20355 Hamburg

Teilnehmer:innen am Social Event mit eingeschränkter Beweglichkeit melden sich gerne bitte vor der Tagung im Sekretariat (sekretariat@dgao.de). Wir versuchen, eine Alternative zum Fußweg zu organisieren.



Fahrt in den Vierlanden (links) und im Hamburger Hafen (rechts)

© Bergedorfer Schifffahrtslinie

Freitag, 29. Mai 2026

Fraunhofer-Vortrag und Festbankett

Hotel Hafen Hamburg, Elbkuppel und Foyer
Seewartenstraße 9
20459 Hamburg

- ab 18 Uhr Ankunft und Aperitif im Foyer der Elbkuppel
- 19 Uhr Begrüßung der Tagungsgäste durch den Präsidenten der DGaO
- anschließend Fraunhofer-Vortrag – Roman Schnabel, Institut für Quantenphysik der
 Universität Hamburg

Quantum Correlated Light – Routinely used in Gravitational Wave Detectors

Light with squeezed quantum uncertainty shows quantum correlations in its photon numbers and allows for the sensitivity improvement of laser interferometers. In 2010, the world's first "squeeze laser" for the continuous sensitivity improvement of gravitational wave detectors was realized. It was successively used in GEO600 in its joint search for gravitational waves with Virgo [1, 2]. The successful sensitivity improvement triggered the implementation of squeezed light also in Advanced LIGO and Advanced Virgo. In 2019, these observatories started their third observational run. Since then, they have been detecting more than one GW event per week. An increased event rate of up to 50% is due to the exploitation of squeezed states of light [3–5]. Squeezed light is fully described by quantum theory, however, observations on squeezed light represent physics that is not self-evident. I present a description of why a squeezed photon counting statistic is rather remarkable.

- [1] LIGO Scientific Collaboration, Nature Physics 7, 962 (2011);
- [2] H. Grote et al., Phys. Rev. Lett. 110, 181101 (2013);
- [3] M. Tse et al., Phys. Rev. Lett. 123, 231107 (2019);
- [4] F. Acernese et al., Phys. Rev. Lett. 123, 231108 (2019);
- [5] R. Abbott et al., Phys. Rev. X 11, 021053 (2021).

- 20 Uhr Beginn des Festbanketts
- 21:30 Uhr Prämierung der Poster
- 23:00 Uhr Ende der Veranstaltung

13. Essensmöglichkeiten in der Umgebung

Mensa und Cafeteria

Im Hauptgebäude des Campus Bergedorf betreibt das Studierendenwerk eine Cafeteria und eine Mensa. In der Mensa gibt es zur Mittagszeit eine Auswahl an verschiedenen Gerichten, darunter auch vegetarische und vegane Varianten. In der Cafeteria gibt es belegte Brötchen, kleine warme Gerichte, Kuchen und Snacks. Die Bezahlung vor Ort ist nur mit Karten (Giro, Visa, Master, ...) möglich.



Sitzbereiche der Mensa Bergedorf innen und außen

© Elke Stagat (links), Paula Markert (rechts) / HAW Hamburg

Mittags- und Abendangebot in der Umgebung

Schweinske Bergedorf

Bergedorfer Str. 112

21029 Hamburg

(ca. 10 Minuten zu Fuß vom Bahnhof Bergedorf)

Elbburger Bergedorf

Alte Holstenstraße 15

21031 Hamburg

(ca. 10 Minuten zu Fuß vom Bahnhof Bergedorf)

Italienisches Bistro - Café Bistro Casareccio

Lohbrügger Markt 1

21031 Hamburg

(ca. 12–15 Minuten zu Fuß vom Campus Bergedorf)

Vietnamesisches Restaurant - Viet No1

Lohbrügger Landstraße 32

21031 Hamburg

(ca. 12–15 Minuten zu Fuß vom Campus Bergedorf)

14. Attraktionen in Hamburg

Elbphilharmonie Plaza

Adresse: Platz der Deutschen Einheit 2, 20457 Hamburg

Preis: kostenlos

Website: <https://www.elbphilharmonie.de>

Die öffentlich zugängliche Plaza der Elbphilharmonie befindet sich in 37 Metern Höhe und bietet einen beeindruckenden 360-Grad-Panoramablick über Hafen, Speicherstadt, Innenstadt und Elbe. Die architektonisch spektakuläre Plattform ist ein zentraler Treffpunkt für Besucher und eignet sich hervorragend für Spaziergänge, Fotografie und das Erleben moderner Baukunst.



© Elbphilharmonie

Tierpark Hagenbeck

Adresse: Lokstedter Grenzstraße 2, 22527 Hamburg

Preis: ca. 29 € Erwachsene

Website: <https://www.hagenbeck.de>

Der Tierpark Hagenbeck ist weltweit bekannt für seine innovativen, gitterlosen Panoramalandschaften. Tiere aus allen Kontinenten leben hier in naturnah gestalteten Lebensräumen. Ergänzt wird der Park durch ein großes Tropen-Aquarium, großzügige Spielbereiche und gastronomische Angebote. Ideal für Familien, Naturfreunde und Tierliebhaber.



© Tierpark Hagenbeck

Miniatur Wunderland

Adresse: Kehrwieder 2, Block D, 20457 Hamburg

Preis: ca. 22 € Erwachsene / 13 € Kinder

Website: <https://www.miniatur-wunderland.de>

Das Miniatur Wunderland ist die größte Modelleisenbahnanlage der Welt und präsentiert faszinierende Miniaturwelten mit außergewöhnlicher Detailtreue. Besucher entdecken realistische Landschaften, Städte, Flughäfen und internationale Szenerien mit Tag-Nacht-Simulation, fahrenden Zügen, startenden Flugzeugen und unzähligen interaktiven Elementen. Ein absolutes Highlight für alle Altersgruppen.



© Miniatur Wunderland

Hamburger Kunsthalle

Adresse: Glockengießerwall 5, 20095 Hamburg

Preis: ca. 14 €

Website: <https://www.hamburger-kunsthalle.de>

Die Hamburger Kunsthalle gehört zu den bedeutendsten Kunstmuseen Deutschlands. Sie beherbergt eine umfangreiche Sammlung vom Mittelalter bis zur Gegenwart, darunter Werke von Rembrandt, Caspar David Friedrich, Monet, Picasso und zahlreichen zeitgenössischen Künstlern. Regelmäßige Sonderausstellungen ergänzen das vielseitige Programm.



© Hamburger Kunsthalle

Planetarium Hamburg

Adresse: Linnering 1, 22299 Hamburg

Preis: ca. 9–12 €

Website: <https://www.planetarium-hamburg.de>

Das Planetarium Hamburg liegt im Zentrum des Hamburger Stadtparks und zählt zu den modernsten seiner Art weltweit. Es bietet hochauflösende 360-Grad-Projektionen, eindrucksvolle Sternenshows, Musik-Events, wissenschaftliche Präsentationen und interaktive Programme. Ein faszinierendes Erlebnis für Kinder, Jugendliche und Erwachsene gleichermaßen. Zusätzlich ist eine Besichtigung der Aussichtsplattform möglich, um Hamburg aus einem ganz neuen Blickwinkel kennenzulernen.



© Stadtkuratorin Hamburg

Hafenrundfahrt Hamburg

Adresse: Landungsbrücken, 20359 Hamburg

Preis: ca. 18-25 €

Website: <https://www.hamburg-tourism.de>

Eine Hafenrundfahrt bietet eindrucksvolle Einblicke in den drittgrößten Hafen Europas. Die Tour führt vorbei an Containerschiffen, Werften, Kreuzfahrterminals und durch die historische Speicherstadt. Ein informativer Audiokommentar erklärt die maritime Bedeutung Hamburgs.



© Reeperbahn Hamburg

Internationales Maritimes Museum Hamburg

Adresse: Koreastraße 1, 20457 Hamburg

Preis: ca. 13 €

Website: <https://www.imm-hamburg.de>

Das Museum dokumentiert auf über zehn Etagen die faszinierende Geschichte der internationalen Seefahrt. Ausgestellt werden historische Schiffsmodelle, nautische Instrumente, Seekarten, Uniformen sowie interaktive Installationen, die maritime Technik und Navigation anschaulich vermitteln.



© Die lange Nacht der Museen Hamburg

15. Touren in und um Hamburg

Stadtführungen und Rundgänge

- Hop-on/Off City Tours: hamburg-citytours.de
- Kostenlose Stadtführungen auf Spendenbasis: hamburg.de
- Thematische Führungen: hamburggaenger.com

Spazier- und Wanderziele

- Alsterufer & Promenaden
- Parks & Grünflächen: Planten un Blomen, Hamburger Stadtpark, Altonaer Volkspark
- Hafenspazierweg & Elbufer: Landungsbrücken bis Fischmarkt, Elbphilharmonie, Altonaer Balkon
- Altstadt & Wallanlagen: Historische Gassen, Speicherstraßen und grüne Wege

Webseiten: plantenunblomen.hamburg.de
hamburg.de/stadtpark
hamburg.de/tourismus/spaziergaenge

Fahrradtouren

- Außenalster-Runde: ca. 7 bis 10 km, Rundfahrt entlang Parks und Alsterufer
- Geführte Fahrradtouren: optional mit Guide durch zentrale Sehenswürdigkeiten: happybikeshamburg.de

16. Bars und Kneipen in Hamburg

Im Zentrum Hamburgs:

The Bohemian

Deichstraße 36, 20459 Hamburg
<http://www.thebohemian.de/>

Liquid Garden – Cocktailbar

Mohlenhofstraße 6, 20095 Hamburg
<https://www.liquidgarden.de/>

Katze

Schulterblatt 88, 20357 Hamburg

Oma's Apotheke

Schanzenstraße 87, 20357 Hamburg

Ratsherrn Bar Mühlenkamp

Mühlenkamp 2, 22303 Hamburg
<https://ratsherrn.de/ratsherrn-gastro/>

Mojo Jazz Café

Reeperbahn 1, 20359 Hamburg
<https://www.mojo.de/mojo-jazz-cafe/>

In Bergedorf (Tagungsstandort):

Lola Bar

Lohbrügger Landstraße 8, 21031 Hamburg
<http://www.lolabarhamburg.de/>

Bergedorfer Stübchen

Hassestraße 1, 21029 Hamburg

AS Bar & Lounge

Weidenbaumsweg 15, 21029 Hamburg
<https://www.as-bar-lounge.de/>

Ordentliche Mitgliederversammlung der DGaO

am Freitag, den 29. Mai 2026, 14:00 Uhr,
HAW Hamburg, Hörsaal 0.43 – Saal A
Ulmenliet 20, 21033 Hamburg

Tagesordnung:

1. Eröffnung
2. Bericht des Vorstands
3. Neuaufnahmen
4. Kassenbericht des Schatzmeisters
5. Bericht der Kassenprüfer und Beschluss über Entlastung
6. DGaO Jahrestagung 2027 und folgende
(inkl. Wahl Tagungsgeschäftsführer 2027, Auswahl Themen und Programmkomitee)
7. Wahl der Kassenprüfer für 2026
8. Berichte aus den Arbeitskreisen
9. Verschiedenes

Bitte beachten:

Anträge zur Tagesordnung müssen mindestens 4 Wochen vor der Mitgliederversammlung schriftlich oder per E-Mail beim Schriftführer eingereicht werden:

Christof Pruß
Universität Stuttgart
Pfaffenwaldring 9
70569 Stuttgart
Mail: pruss@ito.uni-stuttgart.de

Termin für die Einreichung von Anträgen zur Tagesordnung:

1. Mai 2026

In eigener Sache

Liebe Mitglieder der DGaO, liebe Kolleginnen und Kollegen,

als ich vor zwei Jahren Stefan Sinzinger bat, die anstehenden Vorstandswahlen als Wahlleiter zu begleiten und dafür einen Aufruf "in eigener Sache" für unseren Tagungsband zu verfassen, hatte ich nicht erwartet, dass sich daraus eine regelmäßige Aufgabe für Past Presidenten ergeben würde.

Gern setzte ich das fort und nutze die Gelegenheit, mich bei allen zu bedanken, die unsere Gesellschaft so lebendig, neugierig und offen halten, dass wir uns jedes Jahr aufs Neue auf das Zusammentreffen und den Austausch während der Jahrestagung freuen können. Die wechselnden Tagungsorte machen auch das Drumherum immer wieder interessant.

Nach Aachen 2024 ganz im Westen, Stuttgart 2025 im Süden treffen wir uns dieses Jahr in Hamburg weit im Norden – Bootstour über die Dove-Elbe inklusive. Mit vielen neuen Gesichtern im Programmkomitee und neuer Konferenzsoftware haben wir erneut ein vielfältiges und hochkarätiges Tagungsprogramm zusammengestellt, das Sie gerade in den Händen halten – oder auf dem Bildschirm ansehen.

Neu ist auch, dass es dieses Jahr keine Vorträge mehr am Samstag geben wird. Die abnehmende Zahl an Anmeldungen sowohl für Vorträge als auch für Poster ist eine Tendenz, die schon in den Vorjahren zu beobachten war. 2026 werden wir die Tagung am Freitagabend beim Galadinner mit Blick über den Hamburger Hafen ausklingen lassen. Ich hoffe, Sie sind mit dabei.

Bis dahin wissen wir hoffentlich auch, wo wir uns 2027 treffen. Leider gestaltet sich auch das Finden einer geeigneten Kombination aus Orgateam, TagungsgeschäftsführerIn und Räumlichkeiten tendenziell schwieriger. Hier hilft aber ein großes Netzwerk wie es die DGaO ist und das Engagement vieler Mitglieder. Dass die Besetzung unseres Sekretariats schon wieder vakant ist, ist hoffentlich nicht groß aufgefallen. Wir hoffen aber, ab Herbst 2026 wieder eine dauerhafte Besetzung zu haben. Auf jeden Fall zollen wir Oliver Baumann und seinem Orgateam in Hamburg großen Respekt und danken auch allen, die sich im und um den Vorstand die im Verein anstehenden Aufgaben aufgeteilt und einfach gemacht haben.

Die verschiedenen Arbeitsgruppen sind in letzter Zeit etwas in den Hintergrund getreten, aber wir freuen uns auch hier über weitere Unterstützung - auch ganz ohne Vorstandswahlen dieses Jahr. Sprechen Sie uns gern mit Ideen und Vorschlägen an. Auf bald in Hamburg.

Herzliche Grüße im Namen des gesamten Vorstandes,
Ricarda Kafka
Past President

Forschung in Produktideen übersetzen.

Der Gesellschaft einen
Mehrwert bieten.

Forschung und Technologie bei ZEISS

Als Innovation Scout ist Sophia das Bindeglied zwischen Wissenschaft und Industrie. Am ZEISS Innovation Hub @ KIT verbindet sie Projekte aus beiden Welten und ermöglicht so, dass aus Austausch Innovation entsteht. Mit ihrer Forschung will sie die Gesellschaft von morgen gestalten – in Wachstumsfeldern der Zukunft, wie Digitalisierung, Gesundheit und Industrie 4.0. Das breite Portfolio bei ZEISS gibt ihr die Möglichkeit. Zwischen Augenoptik und Medizintechnik. Von der Mikroskopie über die industrielle Messtechnik bis zur Halbleiterfertigungstechnik. Das Forschen hinter dem Offensichtlichen geht immer weiter. Dafür sorgen Menschen wie Sophia. Die jeden Morgen Spaß daran haben, das Übermorgen zu gestalten.

Erfahre mehr über Jobs im Bereich Forschung & Technologie bei ZEISS:
zeiss.de/karriere





Seeing beyond



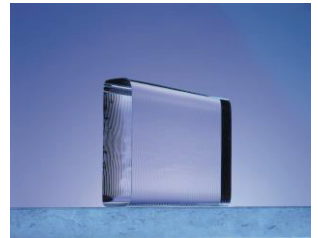


OHARA® - Your Supplier for Optical Materials and Components

For more than 80 years OHARA has been recognized as a worldwide leading provider of optical and technical materials. OHARA's materials have been designed into many challenging optical and optoelectronic key technologies.

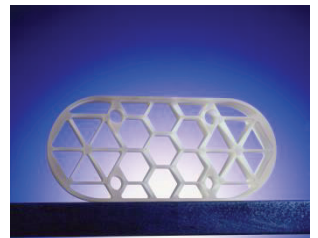
Optical Glass

With over 140 glass types, OHARA offers a broad portfolio of leading edge materials which are used in binoculars, camera lenses, microscopes, measurement devices, and all other classical optical applications. Special glasses like high UV transmitting Y-types are used in microlithography or astronomical applications. Over 20 different L-types are adapted to the requirements of low process temperature in precision moulding. OHARA's optical glasses are available in strip form, and also as near lens shape mouldings for economical use in the polishing processes at our customer's production site.



Glass-Ceramic

OHARA'S low-thermal-expansion glass ceramic CLEARCERAM-Z® offers superior properties including chemical resistance, dimensional stability, and machinability. Our material is specified when the highest performance is needed. For example, in reference elements for semiconductor production devices, as bodies for modern laser gyroscopes, or as mirror substrates for astronomical applications. OHARA supplies discs, and machined blanks, with diameters up to 2000mm.



Fused Silica

OHARA produces high quality fused silica utilizing the VAD production method. Our SK-1300 Fused Silica series offers excellent homogeneity and internal quality. Our materials are widely used in visible, infrared and laser applications. For fiber production, OHARA supplies various types of fused silica in the forms of tubes and rods.



Polished Wafer and Substrates

All OHARA materials are available in extremely thin double side polished substrates. Typical dimension ranges surface quality:

- diameter: 4 -12 inch
- thickness: 100 μ m \pm 10 μ m
- Ra>0.1 nm (available in square or round shapes - if requested, with SEMI orientation flat or notch and laser labelling of your specified serial number in barcode or clear writing formats)



NANOCERAM®

OHARA's latest development is a clear glass-ceramic material with embedded nano crystals. To use as cover glass for automotive lense, camera lense, or all applications where high strengthness as a protecting glass is needed. Not as hard as sapphire, but due to the special characteristic of this outstanding material, cracks on the surface won't grow.

Non-Browning Optical Glass

For optical elements used in high radiation environment, i.e. nuclear plant or space, OHARA offers non-browning optical glasses. In the portfolio are five different glass-types in the range nd 1.51..1.61 and vd 36.3 .. 64.1 available.

According to strategy and mission, OHARA aligns its continuous development of products according to the need of the international markets. Please contact OHARA with any kind of request.



OHARA GmbH
Im Langgewann 4
65719 Hofheim
Germany

Phone: +49 6192 9650-50
Fax: +49 6192 9650-51
info@ohara-gmbh.com
www.ohara-gmbh.com

OPTIK IST UNSERE ZUKUNFT



Edmund Optics® Partner für Hochschulen

Edmund Optics unterstützt Hochschulen und Labore:

- Maßgeschneiderte Rabatte und Partnerschaftsmöglichkeiten
- Campusbesuche durch unsere Experten vor Ort
- Umfangreiche Online-Ressourcen
- Persönliche Beratung durch IngenieurInnen 24/7

**Kontaktieren Sie uns, um mehr über unsere
Hochschulpartnerschaften zu erfahren!**



Léa Favé (Europa)
Business Development Manager
leaf@edmundoptics.co.uk



Randall Hinton (USA)
Business Development Manager
rhinton@edmundoptics.com



Jayesh J Nair (Asien)
Senior Product Support Engineer
jnair@edmundoptics.in

OPTIK IST UNSERE ZUKUNFT



Edmund Optics® Alles für Ihren Optik-Bedarf!

Produkte von über 40 führenden Marken aus einer Hand:

- Mehr als 34.000 Produkte mit stetig wachsendem Portfolio
- Schneller Versand aus unseren 9 globalen Distributionszentren
- Große Auswahl an optischen Filtern, Linsen, Fenstern und mehr
- Über 80 Jahre Erfahrung im Bereich Optik & Photonik

Entdecken Sie unseren Online-Shop:

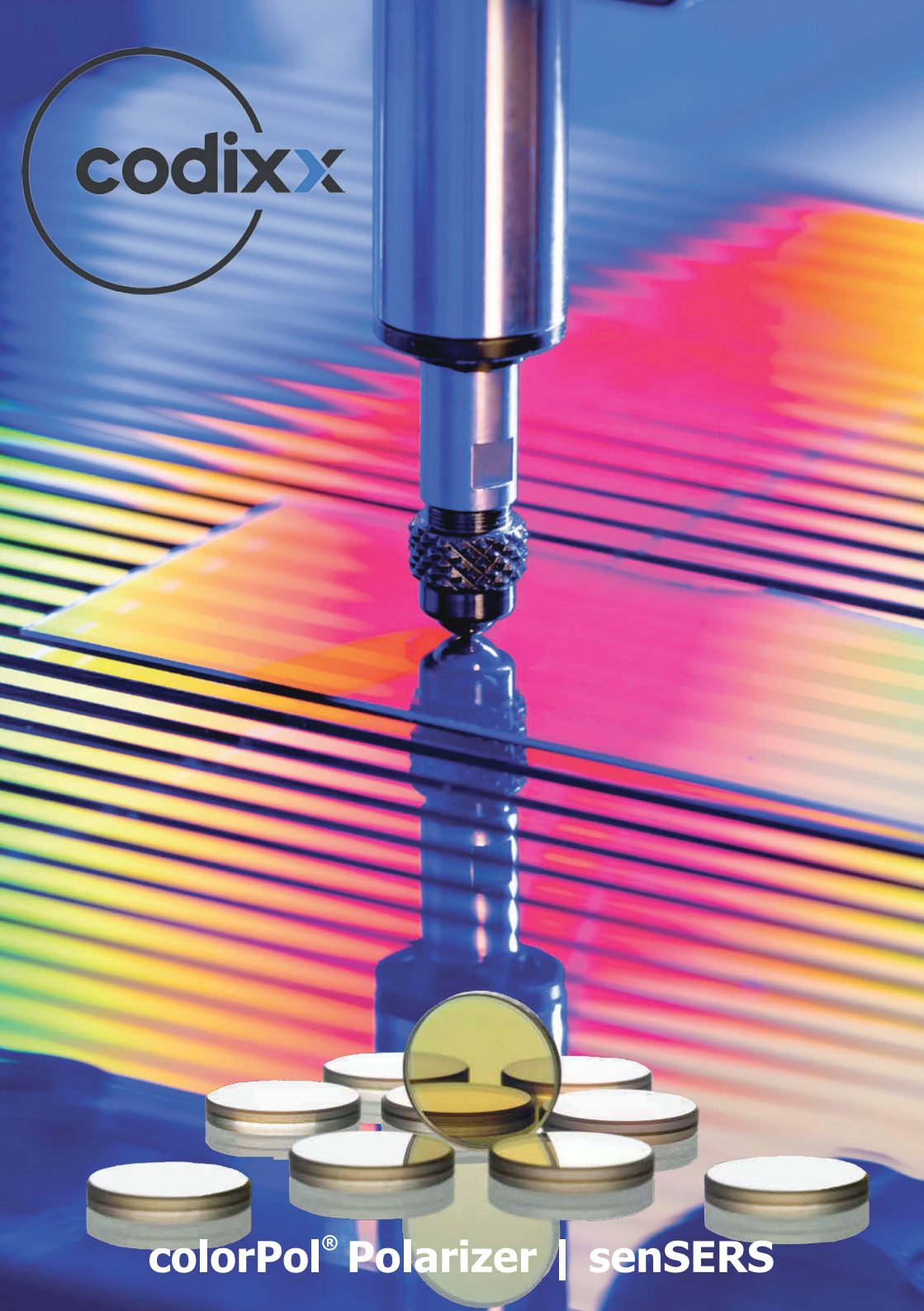
www.edmundoptics.de



**Bausteine für
moderne Labore –
von Mikroskopie bis
Messtechnik und
darüber hinaus!**

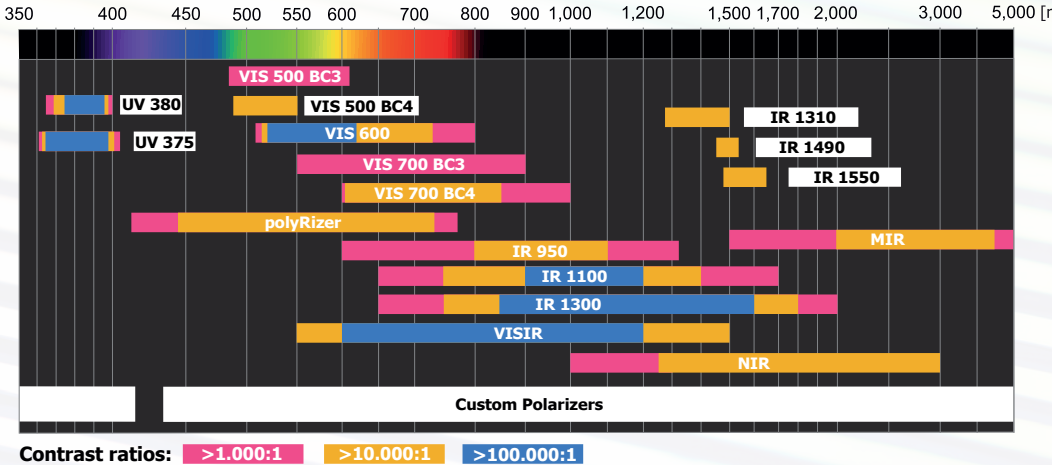


eo® **Edmund**
optics | worldwide



colorPol[®] Polarizer | senSERS

AVAILABLE WAVELENGTHS



colorPol[®] Polarizer

- **Excellent polarization** – codixx polarizers provide high contrast and high transmission.
- **Outstanding material properties** – Can be processed like glass or silicon wafers while being as thin as a foil polarizer.
- **Extremely durable** – Resistant to UV radiation and most chemicals.
- **High acceptance angle** – $\pm 20^\circ$ for versatile application possibilities.

senSERS

- **Reliable and reproducible signal enhancement** – consistent results across batches.
- **Excellent price-to-performance ratio** – Silver nanoparticles on the glass surface allow the substrate to be used on both sides.



codixx.com
sales@codixx.de
+49 39203 963 0

codixx



HAMAMATSU

Photonics
Innovation
Awards 2025



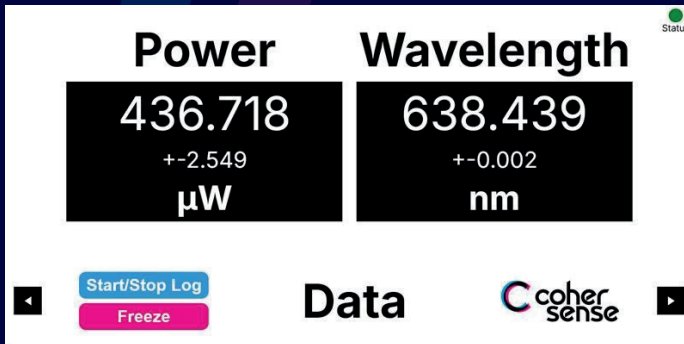
Winner

Category
ADVANCED
FEASIBILITY

Laser diagnostics

MADE SCALABLE.

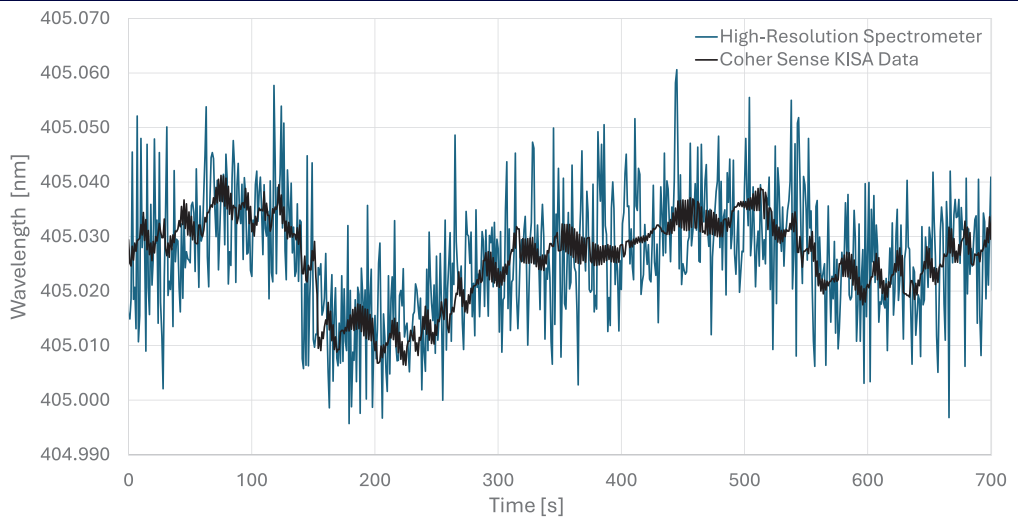
Cohersense develops compact interferometric spectral sensors ("KISA") for reliable laser diagnostics in research and industry. Our mission is to reduce complexity and cost barriers in photonics by turning advanced measurement principles into robust, easy-to-use tools.



See Our
Compact
KISA live
at DGaO.

Quantum & laser cooling | OEM photonics | Laser manufacturing
Industrial monitoring | Spectroscopy & sensing

info@cohersense.de



Compact KISA (1pm version) vs. high-resolution spectrometer measuring 405nm diode laser

Plug in. Start measuring.

UNDERSTAND YOUR LASER.

- Real-time monitoring of drift behavior
- Multi-parameter diagnostics (power + wavelength; optional bandwidth)
- Compatible with free-space or fiber-coupled setups
- Robust and portable – suitable beyond ideal lab conditions
- OEM-ready architecture and industrial integration options



See Our Compact KISA live at DGaO. Talk to us about custom configurations and wavelength ranges.

 **coher
sense**

info@cohersense.de

The who is who of THE BEST

JUMAVIS® – PARTNERS

OPTICAL QUALITY CONTROL



Flächen- und Zeilenkameras
 High-Speed-Kameras
 3D-Sensoren & Vision-Sensoren
 Objektive & Filter
 Beleuchtungssysteme
 (auch kundenspezifisch)
 Bildverarbeitungslaser

Mikroskopsysteme
 Software
 Framegrabber & Kabel
 Industrie-PCs
 Schutzgehäuse und Montagesysteme
 für Industrie, Pharma und Lebensmittel





jumavis[®] ist ein internationaler Distributor von Komponenten und Systemen der Bereiche

- intelligente Bilderkennung und -auswertung
- optische Qualitätskontrolle

jumavis[®] bietet umfassende Beratungskompetenz.

Von der Analyse der Aufgabenstellung über Planung, Auswahl und Machbarkeitsstudien.

Von Einzelkomponenten bis zur Komplettlösung.

Alles aus einer Hand – Präzise, zuverlässig, wirtschaftlich.



Hochpräzise optische Messsysteme – Präzision, der man vertraut

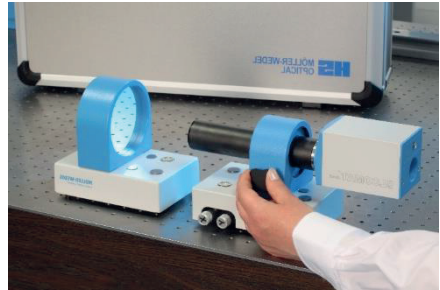
Möller-Wedel Optical GmbH ist ein international agierendes Unternehmen mit Sitz in Wedel bei Hamburg. Seit über 50 Jahren entwickeln, fertigen und vertreiben wir hochpräzise optische Messsysteme – unter anderem für den Maschinenbau, die Automobil- und Halbleiterindustrie, die optische Industrie, den Filmkameran Service sowie Kalibrier- und Forschungslabore.

Unsere Systeme genießen weltweit einen ausgezeichneten Ruf – dank technischer Exzellenz, Langlebigkeit und echter Präzision. Als nach DIN EN ISO 9001 zertifiziertes Unternehmen stehen wir für verlässliche Qualität auf höchstem Niveau.

Was uns antreibt: Wir wollen nicht nur Messinstrumente liefern, sondern Lösungen schaffen – passgenau, flexibel und mit einem tiefen Verständnis für die Anforderungen unserer Kunden. Unser interdisziplinäres Expertenteam aus technischer Optik, Optoelektronik, Messtechnik, Physik und Feinwerktechnik arbeitet kontinuierlich an neuen Entwicklungen, um auch komplexe Messaufgaben sicher zu lösen.

Dabei verbinden wir modernste Technologien mit traditionellen Fertigkeiten – für technische Lösungen, die heute und in Zukunft Maßstäbe setzen.





ELCOMAT® direct N

Elektronische Autokollimatoren der Produktreihe ELCOMAT® direct N bieten außergewöhnliche Vielseitigkeit. Mit Objektivbrennweiten von 90 mm bis 600 mm lässt sich für jede Kombination aus Messbereich und Messunsicherheit das passende Gerät finden. Sie erfassen bis zu zehn Winkel und messen Keilwinkel, Flächenparallelität, Linsenzentrierung und weitere Parameter mit hoher Präzision.

Im Autokollimationsmodus können Sie Winkel verschiedener optischer Oberflächen in kartesischen oder polaren Koordinaten sowie in Winkelsekunden, μrad oder mm/m messen. Toleranzfelder für absolute oder differenzielle Messungen können frei definiert werden. Die Linienschnittfunktion erleichtert die Signalanalyse und das präzise Ausrichten optischer Flächen. Der Zentriermodus ermöglicht Messungen der Linsenzentrierung oder des Taumelns von Drehachsen. Ein überlagertes Livebild mit automatisch ermittelten Messkreuzen sorgt für optimale Kontrolle.

ELCOMAT® direct N Autokollimatoren integrieren sich nahtlos in bestehende Prozesse: Messungen erfolgen über die ELCOdirect Software oder über die darüber zur Verfügung gestellten seriellen bzw. UDP-Schnittstellen. Ein SDK ermöglicht flexible, auch OEM-orientierte Integration – ideal für automatisierte Messprozesse.

ELCOMAT® ist eine eingetragene Handelsmarke (EUTM 018002083; CN Int.Reg. No. 1476462; US 6,010,398; JP 1476462).

mikrocp

prime
optic systems



Prime optic systems – made in Switzerland.

Precision down to smallest dimensions: in design,
manufacturing and assembly.

Integrated Solutions Provider

Your partner from optical design to prototyping and serial production

Optical Components

All types of optical components from Ø0.3mm: lenses, negatives, windows, prism, rod lenses, etc.

Optical Assemblies

Multi-element assemblies starting at Ø0.3mm: achromats, apochromats, triplets, rod-lens assembly, etc.

Micro Objectives

Tailored objective solutions: for CMOS / CCD camera formats from 1/4" down to 1/18", with Field-of-VIEWS (FOV) from 30° up to 210°

Micro Camera Solutions for e.g. OmniVision® OH01A10 Sensor

Micro objectives specifically adapted to different micro-camera sensors like e.g. OmniVision® OH01A10. Manufactured in optical glass, the objectives offer a brilliant image with maximum depth of focus & FOV's

Capabilities

To review all our capabilities please take a closer look at our website www.mikrop.com or contact us at info@mikrop.com

mikrop ag

Industriestrasse 22 • 9301 Wittenbach • Switzerland • Phone +41 71 292 10 80
info@mikrop.com • mikrop.com

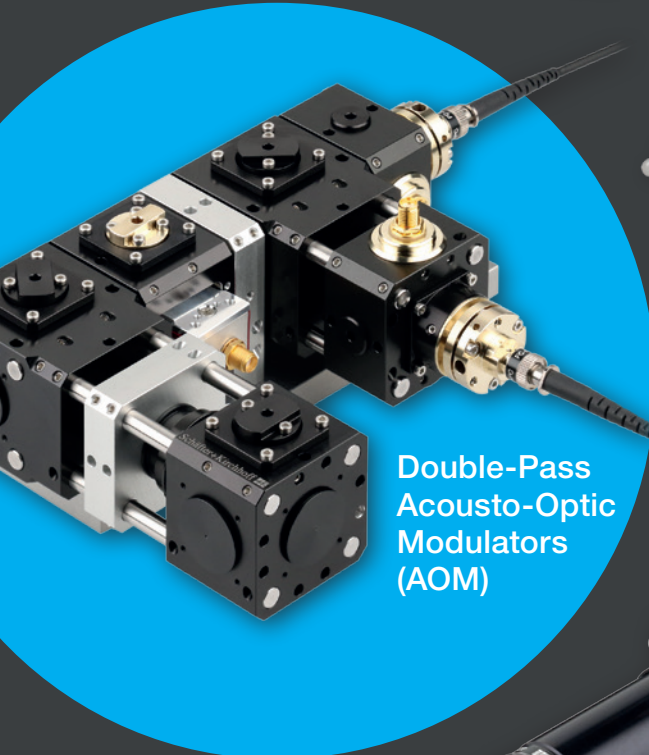
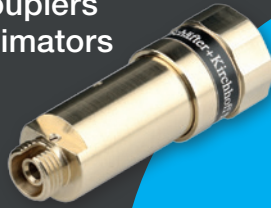


FIBER OPTICS FOR QUANTUM

Ultrastable light-conditioning systems



Fiber Couplers
and Collimators



Double-Pass
Acousto-Optic
Modulators
(AOM)



PCF Fiber Cables



Beam
Launchers

Schäfter + Kirchhoff



www.sukhamburg.com

SCHOTT



You think it.
We make you see it.



Learn how SCHOTT manufactures key parts
of today's smart glasses.

[schott.com](https://www.schott.com)

UA3P is widely used for Aspherical and Freeform measurement around the world

Ultrahigh Accurate 3-D Profilometer UA3P

In the 1980s, Panasonic was the first company in the world to commercialize glass-molded aspheric lenses. UA3P was developed under these efforts.

„No measurement, no precision, no production.“
This slogan was born during difficult challenges that Panasonic was facing.

UA3P has been used by customers around the world since its launching and has now gained their trust as the primary standard in the optical industry. For example, lenses are produced through the processes of creating molds with a processing machine and using a molding machine to form lens products. In order to control production conditions that is changing constantly, measuring equipment with higher precision that enables us to capture „changes“ is indispensable. We believe that high-quality manufacturing can only be achieved with high-precision measuring equipment.

The world's highest-level 3-D profilometer „UA3P“

In the years ahead, its nanometer-level reproducibility will contribute to the realization of the dreams about higher precision not only in the optical industry but in the wide range of customers in „Measurement“. Evolving UA3P is our mission to society.

The Panasonic UA3P profilometer series is designed to measure aspherical lenses & molds, freeform optics, mirrors and any other precision component requiring nanometer level accuracy ranging up to 600mm x 600mm (Measurement area 500 x 500mm). Different machine models are available to meet your optical & high aspect ratio metrology needs.



Scan QR-Code for more information!

A stable machine frame on a solid granite-base enables a world-leading metrology system on a nanometer level accuracy as a unique metrology tool: UA3P

The UA3P Series

ranging from standard to large-scale,
twin probe to high-accuracy equipment

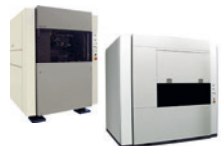
Standard equipment

UA3P-310 (50 × 50 × 20*)
UA3P-400 (100 × 100 × 35*)



Large-Scale equipment

UA3P-500H (200 × 200 × 45*)
UA3P-650H (400 × 400 × 120*)
UA3P-700H (500 × 500 × 120*)



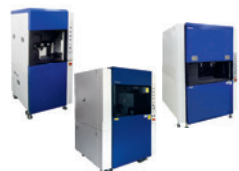
Twin probe equipment

UA3P-400T (100 × 100 × 35*)
Incl. top- and sideprobe

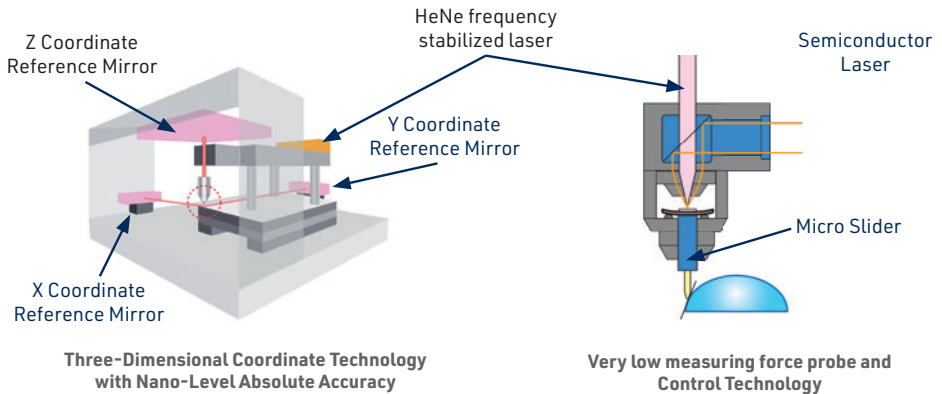


High-accuracy equipment

UA3P-3100 (50 × 50 × 20*)
UA3P-4000 (120 × 120 × 35*)
UA3P-5000 (200 × 200 × 50*)



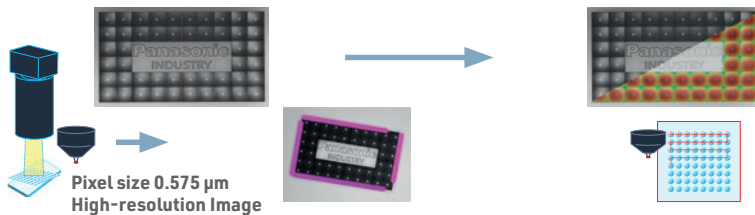
Nano-Precision Coordinates and Very Low Measurement Force Control Technology



Array lens measurement solution

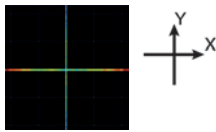
1. Lens-array Detect Location

2. Approach the stylus to each lens based on the detected position.



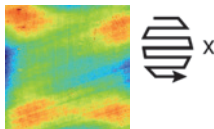
Short measurement approach to machining marks

On-Axis Measurement (Cutting)



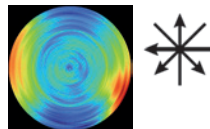
- Shape Correction Evaluation of mold and lens
- Ring line Evaluation

On-Plane Measurement (for various NC passes)



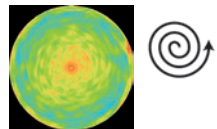
- Complex measurement area Evaluation

Pizza Cut Measurement (Cutting)



- ASU/Ring line Evaluation of mold and lens

Helix Measurement (Polishing/Grinding)



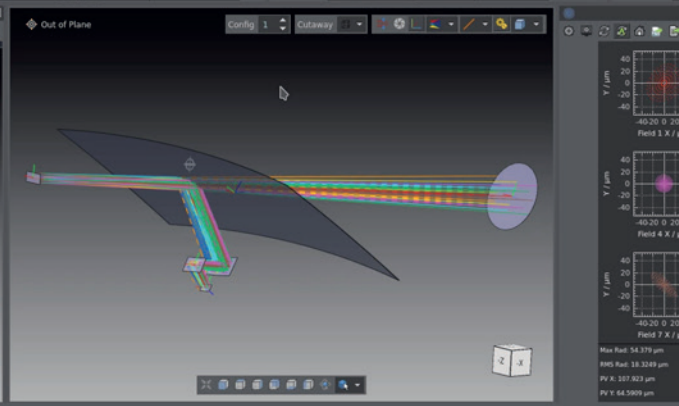
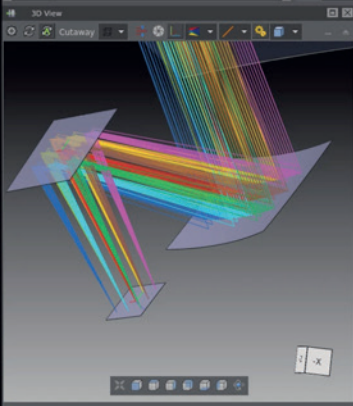
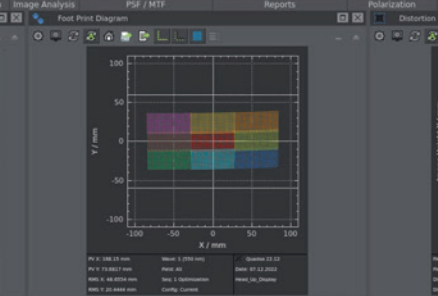
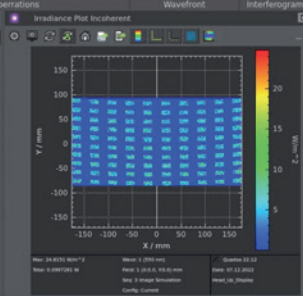
- High Speed/High Density Measurement
- Slope Evaluation

File Setup Construction Coating Sequence Analysis Optimization Tolerancing Mechanics Help DEBUG

Field / Lambda Foot Print OPD Fan Plot Longitudinal Distortion Fringes Fringes Incoherent FFT MTF Huygens MTF Scans System Map
Config / Field Ghost Transv. Ray Fan Long. Pupil Distortion 2D Fabrycolor Gradient Unwrapped Coherent Huygens MTF Scans Dimensions Transmission
Spot Diagram Ray Distribution Aberrations Wavefront Interferogram Image Analysis PSF / MTF Single Raytrace Dimensions Gaussian Beam Poincare Sphere
Field Vig. Seidel Lateral Petzval Curv Zernike Ghost Energy Reports Gaussian Beam Poincare Sphere

Optical Design Multiconfig Lookup

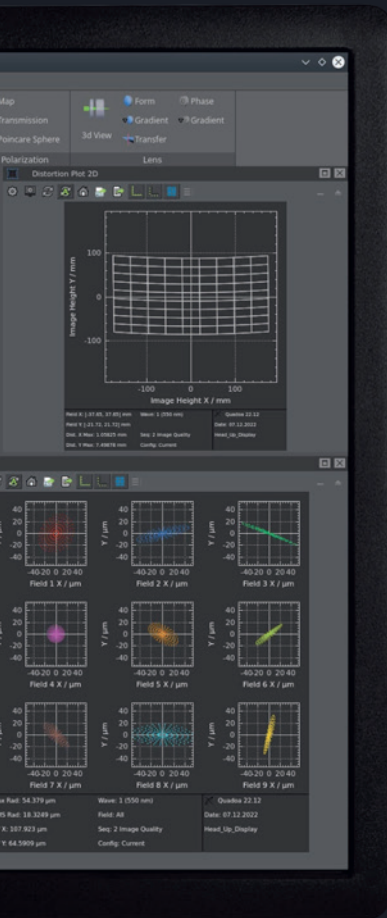
Surface	Virtual Image
Surface	Windshield
Surface	Eyebox
Surface	Eye
Surface	Field Stop
Surface	Mirror 1
Surface	Mirror 2
Surface	Display



Ray Tracing computed in 19 msec



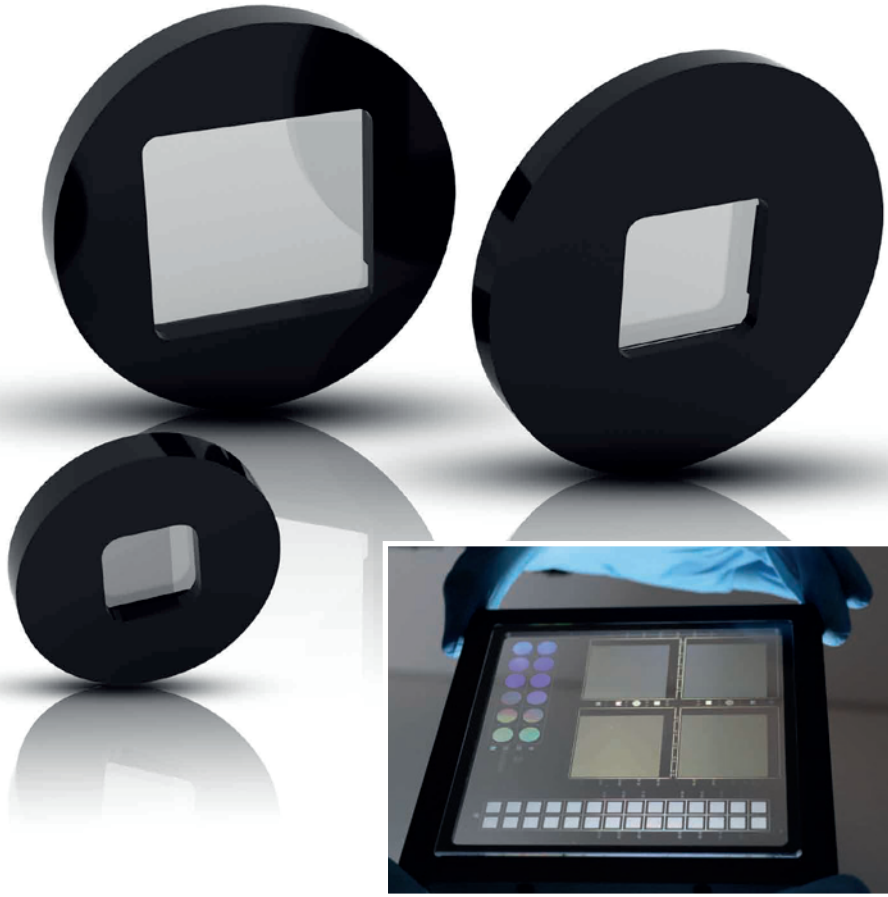
QUADOA
optical systems



the future of
optical design

Download your Free Trial at
www.quadoa.com



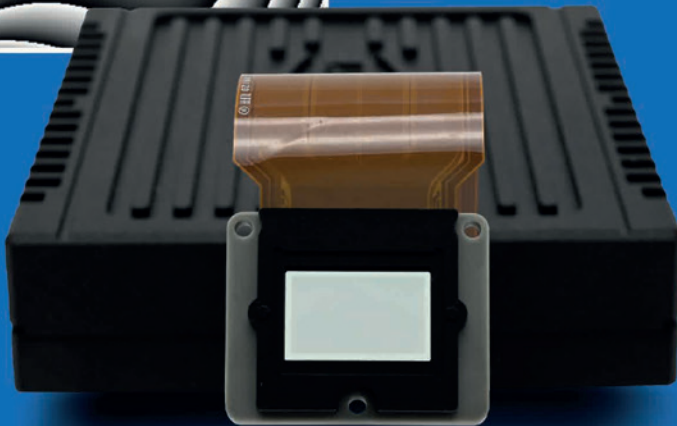


DIFFRACTIVE OPTICAL ELEMENTS

HOLOEYE offers a steadily growing range of affordable off-the-shelf standard Diffractive Optical Elements (DOE), either replicated using polymer materials or produced in glass materials. For requirements beyond the off-the-shelf product range, we offer the development and volume production of customized Diffractive Optics using different materials (polymers, fused silica) tailored to your application.

SPATIAL LIGHT MODULATORS

HOLOEYE offers a great variety of LCOS based Spatial Light Modulators. Versions for wavelength ranges starting at the UV at 355 nm up to versions for the short-wave infrared (SWIR) up to 2500 nm. Pixel pitches from 8 μm down to 3.74 μm and resolutions from 1920x1080 up to 4160 x 2464 pixel. There are also versions available featuring dielectric mirror coatings for use with higher power lasers.



HOLOEYE Photonics AG

+49 (0)30 4036 9380
contact@holoeye.com



holoeye.com

Korporative Mitglieder der DGaO 2026

iaob Institut für Angewandte Optik
und Biophysik

PeG
Leibniz Universität Hannover

Leica
Microsystems

EO **Edmund**
optics | worldwide

HENSOLDT
Detect and Protect.

PRINZ OPTICS

KLA+

TOS Lehrstuhl für
Technologie
Optischer Systeme

RWTH AACHEN
UNIVERSITY

TRIOPTICS
See the Difference

TOPAG
Lasertechnik

oblasersystems
LEADING PHOTONICS

GD optics
GD OPTICAL COMPETENCE GMBH

QUADOA
optical systems

DIN

Fraunhofer
FEP

Photonics
HUB

Fraunhofer
IOF

optence
Kompetenznetz
Optische Technologien
Hessen / Rheinland-Pfalz

ZEISS

HOT
Optical Technologies.

RICHARD WOLF

ASML

HABERSTOK
OPTIK ENTWICKLUNG

bias
Bremer Institut für
angewandte Strahltechnik



prime
optic systems



DGaO



Deutsche Gesellschaft für angewandte Optik
The German Branch of the European Optical Society



© Jonas Fischer / HAW Hamburg



© Paula Markert / HAW Hamburg



© Jonas Fischer / HAW Hamburg

 **HAW
HAMBURG**

