

DGaO

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



© RWTH Aachen

EINLADUNG UND PROGRAMM **125. JAHRESTAGUNG**

RWTH Aachen University, 21.05.–25.05.2024



Lehrstuhl für
Technologie
Optischer Systeme



www.dgao.de

Unterstützer der 125. Jahrestagung der DGaO

Partner



Hauptsponsor



Sponsoren





Präsidentin: Ricarda Kafka

Einladung

**zur 125. Jahrestagung der DGaO
vom 21. Mai bis 25. Mai 2024**

**und zur satzungsgemäßen
ordentlichen Mitgliederversammlung der DGaO
am 24. Mai 2024**

in Aachen

Programm-Komitee 2024

Prof. Dr. Christian Faber, Hochschule Landshut (Chair)
Prof. Dr. Carlo Holly, RWTH Aachen University TOS,
Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT (Conference manager)
Dr. Alexander Bielke, ASML Berlin
Dr. Robert Brüning, Carl Zeiss SMT GmbH Jena
Dr. Ulrike Böhm, Carl Zeiss AG Oberkochen
Adrian Grewe, Carl Zeiss AG Jena
Marco Hanft, Carl Zeiss AG Jena
Dr.-Ing. Christian Hinke, RTWH Aachen University LLT
Dr.-Ing. Oskar Hofmann, RWTH Aachen University TOS
Dr. Meike Hofmann, TU Ilmenau
Christof Pruß, ITO Universität Stuttgart
Dr. Henning Rehn, FISBA AG St. Gallen
Christian Schober, ITO Universität Stuttgart
Dr. Christian Sinn, Köln Optik
Dr. Martin Traub, Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT
Nicole Grubert, M.Sc., RWTH Aachen University TOS

unter Mitarbeit von:

Katja Richter, Sekretariat der DGaO

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. Im Jahr 2023 wurde auf die Beiträge über 10.000-mal zugegriffen.

Die Frist für die Einreichung der Beiträge von der geplanten Jahrestagung 2024 endet am 31.07.2024.

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/hinweise/hinweise_d.php

Eds.: G. Häusler, C. Faber

Tagungsleitung

Prof. Dr. Carlo Holly, RWTH Aachen University TOS, Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT

Inhalt

Programmübersicht	4–5
Tagungsprogramm: Vorträge	6–7
Mittwoch	8
Donnerstag	44
Freitag	68
Samstag	92
Tagungsprogramm: Poster	106
Autorenverzeichnis	132
Mitteilungen der Tagungsgeschäftsführung	136
Einladung zur DGaO-Mitgliederversammlung	158
Werbeseiten der Aussteller	164

Programmübersicht

Mittwoch, 22. Mai 2024

Zeit	Saal	Vortrag	Titel / Topic	Seite
09:00	Aula 1		Eröffnung	
09:30	Aula 1	H1	<i>C. Holly</i> : Data Driven Innovation – Die Verbindung von realer und digitaler Welt in der Photonik	8
10:00			Kaffeepause	
10:30	A	A1-A6	Digitale Photonische Produktion	10
10:30	B	B1-B6	Modellbildung und Simulation	16
12:00			Mittagspause	
13:00	Aula 1	H2	<i>E. Kuhn</i> : An den Grenzen der Auflösung: zwei Kugelinterferometer – ein Ergebnis?	22
13:30			Pause	
13:45	A	A7-A11	Interferometrie	24
13:45	B	B7-B11	Additiv gefertigte Optiken	30
15:00			Kaffeepause	
15:30	A	A12-A15	Interferometrische Sensoren	36
15:30	B	B12-B15	Anwendungen der 2-Photonen-Polymerisation	40
16:30			Wechsel zur Aula 1	
16:45	Aula 1		Poster-Session	

Donnerstag, 23. Mai 2024

Zeit	Saal	Vortrag	Titel / Topic	Seite
08:30	Aula 1	H3	<i>A. Harth</i> : Attosecond light-matter interaction	44
09:00	Aula 1	H4	<i>M. Hanft</i> : Sondertechnologien in optischen Systemen (Welcher Schlüssel passt in welches Schloss?)	44
09:30			Pause	
09:45	A	A16-A19	Optik für und mit EUV	46
09:45	B	B16-B19	Optikdesign	50
10:45			Kaffeepause	
11:15	A	A20-A23	Messung und Charakterisierung von Nanostrukturen	54
11:15	B	B20-B23	Designmethoden	58
12:15			Mittagspause	
13:15	A	A24-A27	Streifenprojektion	62
13:15	B	B24-B27	Podiumsdiskussion: Career in Optics	66
14:15			Wechsel zur Aula 1	
14:30	Aula 1		DGaO-Nachwuchspreis	
15:30			Networking Event: Altstadtführung Aachen	
18:30			Networking Event: Ratskeller, Aachen	

Programmübersicht

Freitag, 24. Mai 2024

Zeit	Saal	Vortrag	Titel / Topic	Seite
08:30	Aula 1	S1	<i>M. Kogel-Hollacher</i> : Optische Sensorik in der Lasermaterialbearbeitung: Neueste Konzepte und Herausforderungen der Prozessüberwachung	68
09:00	Aula 1	S2	<i>P. Buske</i> : Dynamische Steuerung und automatisierte Justage von diffraktiven neuronalen Netzwerken für effektive Laserstrahlformung	68
09:30	Aula 1	S3	<i>H. Schlüter</i> : Präzise Lasermarkierung durch synchronisierte Kaskadierung	70
10:00	Kaffeepause			
10:30	A	A28-A32	Diffraktive Optische Elemente	72
10:30	B	B28-B32	Design Optischer Systeme	78
11:45	Mittagspause			
12:45	A	A33-A36	3D-Messtechnik	84
12:45	B	B33-B36	Innovative Kamerakonzepte	88
13:45	Kaffeepause			
14:15	A		DGaO Mitgliederversammlung	
14:15	Aula 1		Poster/Kaffee	
18:00	Aula 1, Hauptgebäude		Fraunhofer-Vorlesung	
19:00	Aula Carolina		Gala Dinner	

Samstag, 25. Mai 2024

Zeit	Saal	Vortrag	Titel / Topic	Seite
09:00	A/B	H5	<i>C. Denz</i> : Von Quantensensoren zur Photovoltaik – Optische Präzisionsmesstechnik für eine digitale, sichere und nachhaltige Welt von morgen	92
09:30	A/B	H6	<i>J. Gottmann</i> : 3D-Präzisionsstrukturierung von Glas durch selektives laserinduziertes Ätzen und UKP-Laserschweißen von Glas für photonische Technologien	92
10:00	Kaffeepause			
10:30	A	A37-A41	Optische Messtechnik	94
10:30	B	B37-B41	Lasermaterialbearbeitung	100
11:45	Ende der Tagung			

Tagungsprogramm

Dienstag, 21. Mai 2024

- ab 14:00 Uhr **Vorab-Registrierung im ILT (Campus Melaten)**
- 15:00 – 17:00 Uhr **DGaO Vorstandssitzung**
Parallel: Institutsführungen Campus Melaten
(Startpunkt: Haupteingang ILT)
Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT, Steinbachstr. 15
- 18:00 – 18:45 Uhr **Treffen der bereits angereisten Teilnehmerinnen und Teilnehmer**
Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT, Steinbachstr. 15
- ab 18:45 Uhr **Begrüßungsabend mit kleinem Imbiss**

Mittwoch, 22. Mai 2024

- ab 08:00 Uhr **Registrierung im Tagungsbüro**
- 09:00 Uhr **Begrüßung und Eröffnung der Tagung**
Hauptgebäude RWTH Aachen, Aula 1
- 09:30 Uhr **Beginn der Tagung**

Donnerstag, 23. Mai 2024

- ab 15:30 Uhr **Networking Event (Rahmenprogramm)**
Altstadtführung Aachen, Treffpunkt: Markt Aachen
- ab 18:30 Uhr **Network-Dinner**
Ratskeller Aachen, Markt 40

Freitag, 24. Mai 2024

- 14:15 – 17:30 Uhr **Mitgliederversammlung der DGaO**
im Ford-Saal des SuperC, RWTH
- 18:00 – 19:00 Uhr **Fraunhofer-Vorlesung**
in der Aula 1, Hauptgebäude RWTH
- 19:00 – 22:00 Uhr **Gala Dinner**
in der Aula Carolina, Pontstraße 7

Registrierung

Begrüßungsabend

Registrierung

Eröffnungssitzung

Data Driven Innovation – Die Verbindung von realer und digitaler Welt in der Photonik

C. Holly

Lehrstuhl für Technologie Optischer Systeme TOS, RWTH Aachen University

carlo.holly@tos.rwth-aachen.de

Digitale Technologien und KI bedingen derzeit disruptive Veränderungen in der Wirtschaft und Forschung. Die Wertschöpfung verschiebt sich zu digitalen Services und Unternehmen erschließen KI für industrielle Lösungen - auch in der Photonik. Digitale Lösungen in Kombination mit innovativen Laserstrahlquellen, optischen Systemen, Sensoren und moderner Systemtechnik bieten einen ganzheitlichen Ansatz zur Steigerung der Produktivität, Effizienz und Qualität in der Lasermaterialbearbeitung. Welches Potenzial bietet die Verbindung von realer und digitaler Welt in der Photonik und welche Innovationen sind zu erwarten, wenn sich KI weiter so rasant entwickelt? Am Fraunhofer ILT und der RWTH Aachen University erforschen wir KI und datengetriebene Modelle für das automatisierte Optikdesign, optische neuronale Netze zur Strahlformung, Prozessüberwachung und -optimierung mittels neuronalen Netzen sowie die intelligente Versuchsplanung zur Realisierung selbstlernender Bearbeitungsanlagen. Der Beitrag gibt einen Überblick über die aktuellen Entwicklungen in Aachen und zeigt Perspektiven auf. Was wird zukünftig möglich sein, wenn sich KI weiterentwickelt und weiter Einzug in die Photonik erhält?

10:00 **Kaffeepause**

Eröffnung: Ricarda Kafka
Digitale Photonische Produktion
Christian Hinke

A

A1

10:30

Digital Photonics for next generation laser material processing

T. Kaster, L. de Andrade Both, L. Gorißen, M. Kröger, J. Schneider, P. Walderich

Lehrstuhl für Lasertechnik LLT, RWTH Aachen University

thomas.kaster@llt.rwth-aachen.de

The field of laser technology has reached a pivotal juncture, transitioning from a specialized tool to a widely accessible commodity, as evidenced by decreasing beam source costs and increasing component availability in a growing market. This evolution brings forth the imperative for novel system technologies that emphasize low cost, high productivity and scalable system technology. Digital Photonics addresses this by photonics-requirements-driven wholistic development of system technology. This novel system technology includes advancements in kinematic systems for scalable low-cost applications e.g. by using mobile robotics, optical system technology – e.g. cascading beam systems – to enhance precision and efficiency and sensory systems to increase accuracy such as speckle-based relative displacement sensing. Moreover, the software and system architecture landscape of laser systems need to undergo a significant transformation. Modular and flexible system design based on e.g., microservice or publisher-subscriber architecture lays the groundwork. Artificial Intelligence applications provide solutions to previously not solved problems in e.g. automated process parameter optimization.

A2

10:45

Kaskadiertes optisches System: rotierendes diffraktives optisches Element - Design, Evaluierung und Anwendung

N. Grubert*, F. Lange**, J. Stollenwerk* ***, C. Holly* ***

* Lehrstuhl für Technologie Optischer Systeme TOS, RWTH Aachen University

** SCANLAB GmbH

*** Fraunhofer-Institut für Lasertechnik

nicole.grubert@tos.rwth-aachen.de

Anpassbare Intensitätsverteilungen und Parallelisierung von Laserstrahlen sind für immer mehr Laseranwendungen von Interesse. Die Parallelisierung basierend auf strahlteilenden diffraktiven optischen Elementen (DOE) und einem 2D-Galvanometerscanner ist Stand der Technik. Die Verwendung eines strahlteilenden DOE mit einem 2D-Galvanometerscanner führt zu Problemen, die überwunden werden müssen, um ein zufriedenstellendes Ergebnis zu erzielen: Eine scannerinduzierte Verzerrung und eine Verdrehung der durch das DOE erzeugten Spotmatrix tritt in der Arbeitsebene auf in Abhängigkeit vom Ablenkwinkel der Scannerspiegel. Übliche Aufbauten verwenden statische Relay-Optiken oder zusätzliche Aktuatoren zur Erhöhung der Spotpositionsgenauigkeit. In diesem Beitrag werden beiden Ansätze kombiniert in einem kaskadierten optischen System mit einem dynamisch drehbaren DOE. Die erreichbare Genauigkeit wird mit einem Simulationswerkzeug für eine typische optische Konfiguration für die Multispot-Lasermaterialbearbeitung bewertet. Darüber hinaus wird ein erster funktionsfähiger Prototyp mit einem rotierenden DOE vorgestellt.

Digitale Photonische Produktion
Christian Hinke

A

A3

11:00

Plattform für die Adaptive Integration von Pulse Shaping on Demand in Ultrakurzpuls Bearbeitungssystemen

M. Kröger*, P. Buske**, L. Gorißen*, M. Kratz***, T. Kaster*

* Lehrstuhl für Lasertechnik LLT, RWTH Aachen University

** Lehrstuhl für Technologie Optischer Systeme TOS, RWTH Aachen University

*** Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT

Moritz.kroeger@ilt.rwth-aachen.de

Ultra-Kurz-Puls (UKP) Bearbeitungssystemen ermöglichen hochpräzise Bearbeitungsprozesse auf mikroskopischer Ebene. Diffraktive Neuronale Netzwerke (DNN) stellen eine vielversprechende Methode dar, die Laserstrahlverteilung in solchen UKP-Bearbeitungssystemen mittels Spatial Light Modulators zu optimieren. Insbesondere in Kombination mit zusätzlicher 3D Messtechnik zur Qualitätsüberwachung ermöglichen diese das „Pulse Shaping on Demand“. Die Integration von DNNs in Bearbeitungsmaschinen ist jedoch mit einigen softwarebedingten Herausforderungen verbunden. In diesem Beitrag werden daher eine softwaretechnische Architektur und deren Integration vorgestellt, die eine modulare Integration von DNNs in Anlagensteuerungen ermöglicht. Dies eröffnet Möglichkeiten für fortgeschrittene Methoden wie z.B. „Pulse Shaping on Demand“. Besonderer Wert wird dabei auf die Verwendung stabiler und erprobter Open-Source-Systeme gelegt, um so eine breitere Anwendung und Weiterentwicklung dieser Technologie zu ermöglichen.

A4

11:15

Auf zwei kaskadierten Phasenmodulatoren basierendes optisches Modul für die flexible Lasermaterialbearbeitung

M. Hesker*, P. Buske*, J. Stollenwerk* **, C. Holly* **

* Lehrstuhl für Technologie Optischer Systeme TOS, RWTH Aachen University

** Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT

mario.hesker@tos.rwth-aachen.de

Die Prozessanforderungen in der Lasermaterialbearbeitung nehmen im Zuge steigender Energiepreise, Umweltauflagen und dem Bedarf an Flexibilität stetig zu. Konventionell erfolgt die industrielle Umsetzung mit speziell für einen Bearbeitungsprozess optimierten optischen Systemen, sog. Bearbeitungsköpfen. In dieser Arbeit wird ein breit einsetzbares optisches System vorgestellt, das mit Hilfe von zwei kaskadierten Phasenmodulatoren (LCoS-SLM) für unterschiedlichste Ablations- und Umschmelzprozesse eingesetzt werden kann. Hierbei werden drei optische Kernprozesse in einem Optikmodul vereint: Einerseits wird durch die Berechnung von Phasenmasken mittels diffraktiven neuronalen Netzen (DNN) die Generierung beliebig komplexer Strahlprofile ermöglicht, die auf Robustheit oder Schärfentiefe optimiert sind. Bei Aufprägung linearer Phasenmasken wird eine aktive Strahlführung ermöglicht, wodurch in Kombination mit einer Fokussieroptik der Auftreffwinkel auf dem Werkstück variiert werden kann. Darüber hinaus ermöglicht die Verwendung regelmäßiger Phasenmasken durch die strahlteilende Wirkung in Kombination mit den vorher genannten Phasenmasken die simultane Bearbeitung mit mehreren Strahlen.

Digitale Photonische Produktion
Christian Hinke

A

A5

11:30

Productivity Analysis and Control of Advanced Scanning Systems for Digital Photonic Production

F. Lange* **, M. Zecherle*, H. Schlüter*, J. Stollenwerk** ***, C. Holly** ***

* Scanlab GmbH

** Lehrstuhl für Technologie Optischer Systeme TOS, RWTH Aachen University

*** Fraunhofer Institut für Lasertechnik ILT

f.lange@scanlab.de

The desired flexibility of a laser beam as a tool for materials processing as well as the steadily growing processing throughput requirements demand for advanced scanning systems. Suitable digital control concepts and corresponding scanner hardware enables new concepts of combining multiple scanners to address the challenges of digital photonic production for industrial applications. We present a control architecture for advanced optical scanning systems consisting of sequentially cascaded scanners that allow for increased scanning speeds as well as quasi-beam shaping features by ultrafast beam steering. This architecture shows potential to significantly increasing the productivity through freely programmable scan strategies that allow for new use cases in photonic production. Key to the improvements and flexibility in using advanced scanning systems are their zero-tracking-error controllers combined with a trajectory planning approach. This also facilitates the real time synchronization of diffractive and opto-mechanic scanning systems. A prototypic cascaded optical scanning system demonstrates various use cases for which reachable productivities are analyzed.

A6

11:45

Optimizing Motion Synchronization in Digital Photonics Production: Strategies for Enhancing Efficiency and Quality in Laser Material Processing

L. Both, T. Kaster

Chair for Lasertechnology LLT, RWTH Aachen University

lucas.de.andrade.both@llt.rwth-aachen.de

Digital Photonics Production (DPP) discusses the relation between costs, complexity and product improvement compared to conventional production. One interesting case study for DPP is the combination of a 2D galvanometer scanner head and XY servo stage, which stands out as a traditional method for laser material processing with solid applications. A recent approach of motion synchronization between both devices has brought a significant enhancement in the production, since it can reduce execution time and raise processing quality compared to traditional asynchronous techniques. On the other hand, splitting the motion between both devices is still a challenge. The aim of this paper is to succinctly summarize and review different strategies that can be employed to compute the trajectories for the scanner and stage. The focus of the addressed techniques is to describe methods to synchronize the motion while simultaneously considering the kinematic constraints of each device. Furthermore, this paper discusses the relation complexity and improvement of each technique in the context of DPP and finally presents the relevant requirements of trajectory planners for laser processing.

Digitale Photonische Produktion
Christian Hinke

B

B1

10:30

The anycentric camera: A unifying pinhole model for ento-, hyper- and telecentric lenses using Geometric Algebra

S. Hartel, C. Faber

Hochschule Landshut – University of Applied Sciences

simon.hartel@haw-landshut.de

Camera calibration is a crucial task when working with camera-based optical imaging and metrology systems. The widely used pinhole camera model has proven itself useful for this purpose, as it has a comparatively small number of parameters, yet accurately describes the desired system behavior. However, if non-entocentric lenses are to be calibrated, the pinhole model must be modified for hypercentric lenses, or it is not applicable at all for telecentric lenses. Instead, this contribution shows how the widely used pinhole camera model can be generalized for entocentric (converging chief rays), hypercentric (diverging chief rays) and telecentric (parallel chief rays) lens types by using the unifying methods of Plane-based Geometric Algebra. By mainly taking advantage of the algebra's inherently incorporated projective geometry to describe the intrinsic camera behavior, the proposed enhanced pinhole model contains a smooth transition between perspective projection and orthographic projection, making it well suited for the optimization process during camera calibration and resulting in a more complete and more general camera model without greatly increasing its complexity.

B2

10:45

Modellierung und Simulation von optischen Nanowirbeln

W. Spiller, J. Jahns

FernUniversität in Hagen

walspill@yahoo.de

Dielektrische Metaoberflächen (MO) bestehen aus nanoskaligen, die Wellenfront lokal steuernden Metaatomen (MA). Dabei rufen Diskontinuitäten der Dielektrika lokale Feldverwirbelungen hervor, eher als Begleiterscheinung. Optische Nanowirbel sind oft stabil, energetisch „träge“ und unterliegen eher wenig erforschten „Verhaltensregeln“. Diese können bei kurzen Pulsen und im stationären Zustand recht unterschiedlich sein. So könnte Beachtung, Beschreibung und Steuerung von Nanowirbeln ein wichtiges Mittel des MA-Designs werden. Neben herkömmlichen Beschreibungen benutzen wir die Zerlegung von komplexen Wirbeln nach spezifischen Wirbel-Moden und simulieren ihr individuelles Verhalten in Raum und Zeit. Unsere Ergebnisse deuten u.a. auf ursächliche Gemeinsamkeiten zwischen Wirbelmoden und unerwünschten Wechselwirkungen zwischen einzelnen MA, welche die Anzahl der Freiheitsgrade des Designs wesentlich mindern können. Wir streben hierbei sowohl ein physikalisches Verständnis an wie auch neue Wege der effizienten Simulation und Designs.

B

B3

11:00

Flexibility analysis on precision glass molding by finite element method (FEM) simulation

C. Marin Tovar*, M. Friedrichs*, T. Grunwald*, T. Bergs* **

* Fraunhofer Institute for Production Technology IPT, Aachen

** Manufacturing Technology Institute MTI, RWTH Aachen University, Aachen

carlos.marin.tovar@ipt.fraunhofer.de

In recent years, there has been a rising demand for complexly shaped precision glass optics, in sectors like automotive, lighting and laser technology as well as renewable energies. This increase represents significant challenges to the industry due to the growing complexity of geometries and escalating production costs.

Precision glass molding (PGM) has emerged as a promising solution for producing precise, and cost-effective glass optics. In this replicative manufacturing method, a glass preform is heated and deformed between a pair of mold inserts to obtain the desired lens geometry. However, the molding pair is limited to manufacturing a specific lens design under a de-fined set of molding parameters.

In this study, the influence of process parameters variations, including molding force and temperature, on the lens shape was analyzed by finite element method (FEM) simulation, aiming to determine the flexibility of the PGM process and optimizing its efficiency.

B4

11:15

Thermo-optical analysis of the radial-symmetric plane-parallel plate.

P. A. Lok*, L. A. Cacace* **

* Design for Precision Engineering, Mechanical Engineering, TU Eindhoven,

** AC Optomechanix, Eindhoven

p.a.lok@tue.nl

Predicting aberrations due to heating of optical components often requires complex models combining optics, opto-mechanics, and thermo-mechanics. This complicates taking thermo-optical effects into account early in the design. This work is part of a project to find design rules and scaling laws to simplify conceptual choices early in the design.

Aberrations are caused by thermal expansion and change of refractive index due to temperature and stress. Modelling of wavefront error requires combination of finite element methods with raytracing, including many variables for material properties, geometry, and heat transfer. Substantial complexity is the result. For a plane-parallel plate, parameter analysis is used to merge many of these variables into groups. This reduces model complexity and improves the understanding of underlying mechanisms. The thermal model is then analyzed with regular numerical solver techniques and resulting temperature fields are used to estimate wavefront error. The results agree with more complex finite element and ray-tracing methods. A future goal is to use the model as starting point for derivation of design laws for optimal thermo-optical behavior.

B

B5

11:30

Modellierung von externer Rückkopplung in Halbleiterlasern für Quantenschlüsselverteilungssysteme (CV-QKD)

M. Schossau, O. Hofmann, A. Bonhoff, C. Holly, J. Stollenwerk

Lehrstuhl für Technologie Optischer Systeme TOS, RWTH Aachen University

marvin.schossau@tos.rwth-aachen.de

Die Simulation von Halbleiterlasern mit externem Feedback erlangt aufgrund ihres potenziellen Einsatzes in CV-QKD Systemen eine zentrale Bedeutung. Um diese Systeme zu miniaturisieren, kommen sogenannte photonisch integrierte Schaltkreise (engl. PICs) zum Einsatz. Wir demonstrieren multiphysikalische Simulationen eines PIC, der aus einem Verstärkungschip und einem externen Resonator zur Frequenzstabilisierung besteht. Auf Basis von eigens entwickelter Halbleiterlaser Simulations-Software wird die Lichtpropagation im Verstärkungschip und im externen Wellenleiter simuliert und die Geometrien der beiden Elemente werden hinsichtlich der Kopplungseffizienz optimiert. Zudem wird mithilfe der Time Domain Travelling Wave Methode (TDTW) die aus dem Verstärkungschip ausgekoppelte Leistung zeitabhängig bestimmt. Das Ziel der vorgestellten Arbeit besteht darin, die Leistungsverluste zwischen Verstärkungschip und externem Wellenleiter zu reduzieren.

B6

11:45

Ellipsometrische Charakterisierung von Polydopamin für funktionelle technische Schichten

E. Ermilova*, A. Hertwig*, T. Döhring**, E. Stanik**, V. Cotroneo***, E. Gibertini****

* Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, D-12203 Berlin

** Technische Hochschule Aschaffenburg, D-63743 Aschaffenburg

*** INAF-Osservatorio Astronomico di Brera, I-23807 Merate, Italien

**** Politecnico di Milano, I-20131 Milano, Italien

thorsten.doehring@th-ab.de

Obwohl das organische Molekül Dopamin (3,4-Dihydroxyphenethylamin) allgemein eher als „Glückshormon“ bekannt ist, sind dünne Schichten aus Polydopamin heute zunehmend auch für innovative technische Anwendungen von Interesse. Ein Beispiel sind reflexionsverstärkende Beschichtungen für astronomische Röntgenspiegel. Bei der Herstellung durch eine Tauchbeschichtung wachsen die selbstorganisierenden Polydopamin-Schichten in Einzel- oder Mehrfach-Moleküllagen mit reproduzierbaren Dicken von wenigen Nanometern auf. Mit der Methode der spektroskopischen Ellipsometrie wurde die dielektrische Funktion von Polydopamin vom ultravioletten bis zum nahen infraroten Spektralbereich zunächst bei Modellschichten ausreichender Dicke vermessen. Über ein optisches Modell wurden diese Daten dann zur Bestimmung der Schichtdicken deutlich dünnerer Polydopamin-Schichten verwendet. Das Ergebnis dieser Studie ermöglicht ein besseres Verständnis des Zusammenhangs von Schichtdicken und Schichteigenschaften in Abhängigkeit von den gewählten Prozessparametern. Darüber hinaus wird ein Ausblick auf potentielle weitere technische Anwendungen des interessanten bionischen Materials Polydopamin gegeben.

12:00 **Mittagspause**

An den Grenzen der Auflösung: zwei Kugelinterferometer – ein Ergebnis?

E. Kuhn, A. Nicolaus

Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)

eva.kuhn@ptb.de

Seit 2019 basiert die Definition des Kilogramms nicht mehr auf dem Urkilogramm, sondern auf der Planck-Konstanten h und dem Volumen einer Siliziumkugel. Um die erforderliche Messgenauigkeit mit einer relativen Unsicherheit von $10E-8$ zu erreichen, wird eine Präzision von $0,3$ nm für den Durchmesser einer 93 mm Kugel angestrebt. Für diese Messungen werden sphärische Fizeau-Interferometer eingesetzt.

Zwei solcher Kugelinterferometer wurden entwickelt, die sich z.B. in den Aperturen der Fizeau-Objektive und der Anzahl der optischen Flächen unterscheiden. Diese Unterschiede haben einen Einfluss auf die Größe der Messbereiche, der Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Messungen. Durch Vergleichsmessungen, die das absolute Volumen der Kugel durch das Zusammensetzen von Daten aus 30 verschiedenen Orientierungen bestimmen, wurde eine Übereinstimmung im Bereich von einigen $10E-9$ erreicht – ein Beweis für die Präzision und Zuverlässigkeit der verwendeten Messmethoden. Die Auswirkungen der unterschiedlichen Eigenschaften der beiden Kugelinterferometer werden durch parallele Untersuchungen an identischen Messobjekten analysiert und Konsistenz und Genauigkeit der Messergebnisse weiter validiert.

A

A7

13:45

Der Einfluss der Wellenvektorsicherheit auf die Rekonstruktion der Oberflächenform bei einer MARs-Messung

N. Mitura*, A. F. Müller**, R. B. Bergmann** ***, C. Falldorf**, G. Ehret*

* Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Braunschweig

** BIAS - Bremer Institut für angewandte Strahltechnik GmbH, Bremen

*** University of Bremen, Faculty Physics and Electrical Engineering and MAPEX

nikodem.mitura@ptb.de

Messungen mit der Multiple Aperture Shear-Interferometry (MARs) [1] beruhen auf der Bestimmung der Wellenvektoren der durch den Prüfling geformten Wellenfront in der Fokusebene. Bei bekannter Lichtquellenposition, Fokusebene und Eingangswellenfront, kann jeder Wellenvektor zu seiner Quelle zurückverfolgt und die Prüflingsoberfläche rekonstruiert werden. Die Rekonstruktion der Oberflächenform mittels eines Optimierungsprozesses wirft zwei Fragen auf:

1. Gibt es zu einer gemessenen Wellenfront eine eindeutige zugehörige Oberfläche?
2. Wie propagiert die Unsicherheit der rekonstruierten Wellenvektoren in die Unsicherheit der rekonstruierten Oberflächenform? Um diese Fragen zu klären, wird in einem theoretischen Modell die Eindeutigkeit, der durch Reflektion an verschiedenen Prüflingsoberflächen entstehenden Wellenvektorfelder, überprüft. Zur Bestimmung der Anforderungen an die Wellenvektor-Messung wird der Einfluss von Messfehlern berücksichtigt.

[1] A. F. Müller, C. Falldorf, M. Lotzgeselle, G. Ehret, and R. B. Bergmann, „Multiple Aperture Shear Interferometry (MARs): a solution to the aperture problem for the form measurement ...“ Opt. Express 28 (2020)

A8

14:00

Single-Shot Tilted-Wave-Interferometer

C. Schober, C. Pruß, S. Reichelt

Institut für Technische Optik, Universität Stuttgart

schober@ito.uni-stuttgart.de

Die schnelle, kostengünstige und flexible Vermessung von Asphären und Freiformflächen ist eine wesentliche Anforderung in der modernen Optikfertigung. Bisher kann eine vollflächige interferometrische Vermessung in einem Kamerabild über den Einsatz einer Korrekturoptik in Form eines computergenerierten Hologramms (CGH) durchgeführt werden. Dabei wird für jedes zu vermessende Prüflingsdesign ein eigenes CGH benötigt, das extra gefertigt werden muss. Die Tilted-Wave-Interferometrie (TWI) ermöglicht die flexible Vermessung komplex geformten Oberflächen ohne zusätzliche Korrekturoptik, benötigt jedoch eine Messzeit im zweistelligen Sekundenbereich. In diesem Beitrag wird ein Konzept präsentiert, mit dem die flexible Messung mit der TWI über die parallele Auswertung der Informationskanäle: Polarisation, Wellenlänge und Phase des Lichts in einem Kamerabild durchgeführt wird. Dabei wird eine Kamera verwendet, die Superpixel mit Polarisations- und Farbfiltern besitzt. Mit diesem Prinzip lassen sich Aufnahmezeiten bei der Messung von weniger als 1 ms realisieren. Es wird die Realisierung eines Laboraufbaus vorgestellt, anhand dessen das Prinzip demonstriert werden kann.

A

A9

14:15

Compensation of higher order rotationally symmetric Zernike coefficients caused by the defocusing of spherical sections

M. Schake

Physikalisch-Technische Bundesanstalt

markus.schake@ptb.de

The sphericity calibration of spherical sections at PTB involves a focus scan of the sample under test, during which the topography of the sample under test is retrieved at multiple points close to the ideal confocal position. By linear interpolation the form of the sample under test, represented by Zernike polynomials, in the confocal position is retrieved.

This is necessary, since defocusing gives rise to spherical aberrations represented by higher order, rotationally symmetric Zernike coefficients. The reason for this is, that the Zernike coefficient for defocus describes a full hemisphere above the unit circle. If spherical wavefronts with slightly different radius of curvature are compared in the same limited aperture, their difference does contain higher order rotationally symmetric Zernike terms and may not be described by pure defocus. In this article the influence of this effect on sphericity measurements of spherical sections is considered and a method is introduced to retrieve the topography of the sample under test for the condition of full compensation of the spherical wavefront part in the confocal position.

A10

14:30

Digitale holografische Vibrometrie – Auswertemethodik

J. May, F. Dötzer, S. Sinzinger

Fachgebiet Technische Optik, Technische Universität Ilmenau

florian.doetzer@tu-ilmenau.de

Mithilfe der digitalen holografischen Vibrometrie können mechanische Schwingungen mit Amplituden bis in den Subnanometerbereich orts aufgelöst und schnell detektiert werden. Dazu werden die einzelnen Frequenzanteile des vom schwingenden Messobjekt reflektierten Lichts in einem interferometrischen Aufbau getrennt voneinander holografisch aufgenommen. In der zeitlichen und räumlichen Struktur der so erhaltenen Messwerte sind die Informationen über dem Schwingungszustand des Messobjektes enthalten. Die Bestimmung der Schwingungsamplitude aus den holografischen Rohdaten wird maßgeblich durch den Einfluss externer überlagerter Störvibrationen erschwert. Hinzu kommt ein stark nichtlinearer Zusammenhang zwischen Hologrammhelligkeit und korrespondierender Schwingungsamplitude.

In diesem Vortrag möchten wir anhand eines beispielhaften Messobjektes vorstellen, wie aus den Hologrammreihen die Frequenzanteile der Objektschwingung isoliert und aus ihnen auf das Schwingungsprofil zurückgerechnet werden kann. Besonderes Augenmerk soll auf der Robustheit gegenüber Störungen liegen, die durch eine zusätzliche Referenzschwingung signifikant verbessert werden kann.

Detecting objects deep within scattering media via multi-wavelength intensity interferometry

C. M. Bett, W. Osten

Institut für Technische Optik, Universität Stuttgart

bett@ito.uni-stuttgart.de

Normally, two wavefronts interfere, if they are coherent. With the help of a scattering medium, though, an interferometric signal can be artificially generated by any two wavefronts, as long as they are within the memory effect range of the medium. Here, we exploit this phenomenon to gain information about objects hidden deep within scattering media.

Conventional memory effect protocols require the object to be within the memory effect range, which necessitates thin media. Moreover, they usually require the medium to interact with the far field pattern of the object. Both conditions are violated, if the object is immersed in an extended scattering medium. Here, we demonstrate that we can retrieve object information in such a scenario with the help of intensity interferometric measurements: We illuminate the scene with two wavelengths, which are within the spectral memory effect of the medium. By calculating the correlation coefficient of the resulting speckle patterns at several lateral positions, we are able to retrieve the diffraction pattern of the object in the difference wavelength and hence gain information about the object.

B

B7

13:45

Leiterplattenintegrierte gedruckte optische Lichtwellenleiter

A. Evertz*, L. Overmeyer*

* Institut für Transport- und Automatisierungstechnik, Leibniz Universität Hannover
andreas.evertz@ita.uni-hannover.de

Zur Steigerung der Integrationsdichte und störungsfreier und galvanisch getrennten High-Speed Kommunikation auf Leiterplattebene sind optischen Datenübertragungstechnologien unerlässlich. Um eine kosteneffiziente Produktionstechnologie für die Herstellung von elektro-optischen Leiterplatten zu etablieren, ist die additive Drucktechnik für planare optische Strukturen unabdingbar. Gegenüber dem Stand der Technik muss für die PCB-Integration auf PI Substrat unterer Mantel, Kern und oberer Mantel sequentiell drucktechnisch umgesetzt werden. Auf Basis des Flexodrucks wird eine Produktionsabfolge und Funktionsüberprüfung für gedruckte integrierte Lichtwellenleiter gezeigt. Die gemantelten Lichtwellenleiter werden exemplarisch in Leiterplatten eingebettet und ihre Funktion anhand optischer Transmissionsmessungen überprüft. Final wird ein Anwendungsszenario präsentiert, welches die weitere Produktionssystematik zur Anwendungs- und Kopplungstechnik skizziert.

B8

14:00

Brechungsindexverteilung von Mosquito-Lichtwellenleitern

L. Fütterer*, C. Zander**, A. Evertz*, G. Hohenhoff**, P. Jäschke**, S. Kaierte* **, L. Overmeyer* **

* Institut für Transport- und Automatisierungstechnik, Leibniz Universität Hannover
** Laser Zentrum Hannover e.V.

laura.fuetterer@ita.uni-hannover.de

Für die qualitativ hochwertige Herstellung von optischen Wellenleitern im Single- und Multimodebereich zeigt das Mosquito-Verfahren ein großes Potenzial zur Realisierung variabler optischer Interconnects. Bei dem Nass-in-Nass-Prozess wird eine Mikrodoziernadel in zuvor aufgetragenes Mantelpolymer eingeführt und ein höherviskoses UV-Polymer als Wellenleiterkern in den Mantel appliziert. Anschließend wird die gesamte Struktur durch UV-Bestrahlung polymerisiert. In dieser Arbeit wird das Verfahren für die Anwendung in 3D-optoelektronischen Schaltungsträgern qualifiziert. Dazu wird ein experimenteller Aufbau inkl. geometrisch relevanter Prozessparameter skizziert. Durch Diffusion von Kern- und Mantelmaterial werden Gradientenindex-Lichtwellenleiter erzeugt. Daher wird insbesondere der Einfluss der UV-Aushärtung auf die optischen Eigenschaften des Lichtwellenleiters in Bezug auf das Brechungsindexprofil evaluiert. Ergebnis dieser Arbeit ist ein Prozessdesign für die Herstellung geradliniger Wellenleiter, das in weiteren Forschungsarbeiten auf 3D-gekrümmte Strukturen übertragen werden kann.

Additiv gefertigte Optiken
Andrea Toulouse

B

B9

14:15

Evaluation des Brechungsindex während der Polymerisation von UV härtbaren Acrylaten

A. Heinrich

Zentrum für Optische Technologien, Hochschule Aalen

Andreas.Heinrich@hs-aalen.de

Die additive Fertigung von Polymeren erlaubt die Erstellung komplexer optischer Komponenten durch UV-Licht-ausgehärtete Polymerisierung. Dabei werden Monomere radikalisiert, um feste Polymerketten zu bilden.

Der Brechungsindex eines Materials korreliert mit seiner Permittivität und wird durch Faktoren wie Elektronenstruktur und Dipoldichte beeinflusst. Entsprechend ändert sich dieser bei der Polymerisation, da sich Doppel- zu Einfachbindungen wandeln und eine Materialkompaktierung entsteht. Es ergibt sich somit eine zeitliche Variation des Brechungsindex während der Aushärtung und ein Einfluss des Aushärtegrades auf den finalen Brechungsindex.

Hier wird einerseits die orts- und zeitabhängige Entwicklung des Brechungsindex während der Aushärtung an der Polymeroberfläche basierend auf Line Scan Focused Refractive Index Microscopy diskutiert. Die Aushärtung erfolgt dabei durch eine UV-Streifenprojektion. Dadurch kann zusätzlich über die Transmission und Beugung eines Laserstrahls durch die Probe über das Beugungsbild die zeitliche Variation des Brechungsindex n über das Volumen bestimmt werden. Die sich ergebenden n-Verteilungen werden zusätzlich über Simulationen verifiziert.

B10

14:30

Elektrisch deformierte Linsen für optimierte optische Faserkopplung

M. Dohmen*, A. Heinrich*, C. Neumann**

* Zentrum für Optische Technologien, Hochschule Aalen

** Lichttechnisches Institut, Karlsruher Institut für Technologie

mike.dohmen@hs-aalen.de

Die Kopplung optischer Fasern spielt eine entscheidende Rolle z.B. in Ausrichtstationen, in denen die Koppeffizienz stark vom Einfallswinkel beeinflusst wird. Dieser Beitrag präsentiert eine Methode zur Herstellung von auf Faserenden integrierten optischen Mikrolinsen, indem ein flüssiges Polymer auf das Faserende aufgebracht wird, mittels elektrischer Felder in eine definierte Form gebracht wird und anschließend im UV Licht ausgehärtet wird. Die Deformation des Polymertröpfchens ist abhängig von der elektrischen Feldverteilung, sodass auf dem Faserende unterschiedlichste Freiformflächen für die Mikrolinsen ermöglicht werden können. Die realisierten Linsen werden auf ihre Qualität und Leistung evaluiert, wobei eine 3D-Formrekonstruktion und Raytracing eingesetzt werden. Ein numerischer Ansatz zur elektrischen Feldberechnung während der Verformung wird ebenfalls vorgestellt. Die Kombination von Experiment und Modellierung zeigt die Möglichkeit zur Herstellung maßgeschneiderter optischer Fasern, außerdem gibt sie Einblicke in die Zusammenhänge zwischen optischer Leistung und elektrischer Feldcharakteristik.

Additiv gefertigte Optiken
Andrea Toulouse

Miniaturisierte Holografische Doppelfalle zum optischen Einfang von Mikropartikeln

K. Doth, T. Haist, A. Herkommer

Institut für Technische Optik, Universität Stuttgart

doth@ito.uni-stuttgart.de

Im Gesundheitswesen ist die Erkennung und Vermeidung von Pathogeninfektionen essentiell. Im Rahmen des BMBF-Projekts GeDeSens2Virus werden optische Methoden zur Pathogendetektion, sowie deren Miniaturisierung untersucht. Der miniaturisierte optische Sensor soll zusammen mit anderen Sensoren in ein Desinfektionsspendermodul integriert werden, um das Pathogenaufkommen in geschlossenen Systemen (wie z.B. Krankenhäusern) zu überwachen und gegebenenfalls präventive Maßnahmen wie zusätzliche Hygienevorschriften zu ergreifen.

In diesem Beitrag wird das Konzept einer miniaturisierten 3D-gedruckten holografischen Doppelfalle vorgestellt. Die mit Zwei-Photonen-Lithografie hergestellte Mikrooptik kombiniert refraktive und diffraktive Oberflächen um mit Kombination eines Spiegels eine Doppelfalle zu generieren. Vorgestellt werden das Systemkonzept, sowie experimentelle Ergebnisse zum optischen Einfang von Mikropartikeln. Die Möglichkeit zur Integration des Systems in mikrofluidische Kanäle wird diskutiert.

15:00 **Kaffeepause**

Additiv gefertigte Optiken
Andrea Toulouse

A

A12
15:30**Meta-optischer Sensorkopf für seismische Messungen für das Einstein-Teleskop**

A. C. Klein*, T. Flügel-Paul*, P. Birckigt*, J. Bäuerlein**, J. Carter**, R. Brüning*

* Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF, Jena

** Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik

antonia.clara.klein@iof.fraunhofer.de

Das europäische Projekt des Einstein-Teleskops ist ein Gravitationsobservatorium der dritten Generation in der Planungsphase, welches die heutige Sensitivität der Gravitationswellendetektion um das Zehnfache übertreffen soll und somit einen wichtigen Beitrag zur Erforschung des Beginns unseres Universums leisten wird. Um dieses Ziel zu erreichen ist die Bestimmung von Umwelteinflüssen (beispielsweise des seismischen und thermischen Rauschens) von zentraler Bedeutung. In diesem Vortrag wird der aktuelle Arbeitsstand eines zu diesem Zweck entwickelten neuartigen, ultrakompakten Sensorkopfs vorgestellt. Er ist Teil eines bei 1064nm betriebenen faserbasierten heterodynem Mikro-Interferometers zur Vermessung kleinster Abstandsänderungen. Der Sensorkopf besteht aus einer meta-optischen Komponente, die auf eine monomodale Faser gesplittet ist, und stellt somit eine quasi-monolithische Baugruppe dar. Die auf Silizium auf Glas basierende multifunktionale Metaoptik mit einem Aperturdurchmesser von 2mm dient sowohl zur Kollimation des Lichts aus der Faser als auch als Polarisations-Strahlteiler für Referenz- und Testarm des Interferometers.

A13
15:45**The topological design of a detector that allows for increased target speeds in a single-beam multi-DoF homodyne displacement measuring interferometer**

T. A. J. J. van Geel* **, K. Looman* **, L. A. Cacace* ***

* Design for Precision Engineering, Mechanical Engineering, TU Eindhoven

** Prodrive Technologies, Son

*** AC Optomechanix, Eindhoven

timvangeel@ziggo.nl

Three Degree-of-Freedom (3DoF) Displacement Measuring Interferometers (DMIs) are typically used in stage metrology to measure parasitic yaw and pitch rotations in addition to the intended relative displacement. Measuring these parasitic rotations allows for the correction of Abbe error, decreasing measurement uncertainty. An area image sensor as detector in a homodyne single-beam interferometer allows for simultaneous measurement of yaw, pitch and relative distance by capturing the fringe pattern of two laser beams interfering at a relative angle. Utilizing this technique for stage metrology is currently not feasible due to the limited frame rate of an area image sensor, restricting maximum target speed to the mm/s range.

Here, a novel algorithm is presented that achieves sub-nm and sub- μ Rad resolution using the data from only a single line of pixels. This allows using line image sensors, which are typically 10-100x faster compared to area image sensors. Experiments using a 300.000 Hz line camera validate the expected performance of this algorithm. The realization of custom MHz line image sensors will allow for 1 m/s target speed with manageable power dissipation.

A

A14
16:00**Design of a plane-mirror displacement measuring interferometer with enlarged angle acceptance.**

K. Looman* **, L. A. Cacace* ***, J. P. M. B. Vermeulen*

* Design for Precision Engineering, Mechanical Engineering, TU Eindhoven

** Prodrive Technologies, Son

*** AC Optomechanix, Eindhoven

k.looman@tue.nl

In Displacement Measuring Interferometry (DMI) a plane-mirror target allows motion perpendicular to the laser beam, which is a desirable property for motion platforms like XY-stages. However, tip and tilt acceptance of the target mirror for a typical system (double pass optics with a beam diameter of 6 mm and a range of 0.5 m) is limited to about ± 1.5 mRad. Enlarging the angle acceptance to ± 20 mRad increases the applicability of plane mirror DMI systems and enables use in new applications. This presentation introduces a DMI measurement head with active beam steering, achieving an angle acceptance of ± 20 mRad without increasing measurement head size. The opto-mechatronic design of this measurement head is discussed.

Measurement uncertainty due to geometrical effects is shown to be < 10 nm (3σ) for certain use cases. By employing a lock-in technique, active beam steering is achieved using only a steering mirror and a single photodiode. Measurements demonstrate the capability to track a mirror with < 25 urad orthogonality error using this method. Based on a tolerance analysis, angle-dependent measurement error is expected to be < 20 nm across the entire ± 20 mRad range.

A15
16:15**Innovative Sensor-Architektur für hochgenaue Messungen optischer Elemente**

P. Drabarek, F. Depiereux

fionec GmbH, Aachen

p.drabarek@fionec.de

Interferometrische, punktmessende Sensoren sind in Verbindung mit hochpräzisen Messmaschinen eine vielversprechende Alternative zu herkömmlichen Flächeninterferometern, insbesondere bei der Vermessung optischer Elemente wie Linsen und Spiegel. Präsentiert wird eine innovative Sensor-Architektur, nutzbar zur präzisen Vermessung eines Objekts und als Kontrollsensor einer hochpräzisen Messmaschine. Der kosteneffiziente Entwurf ermöglicht eine breite Anwendbarkeit in Industrie und Wissenschaft. Der Kontrollsensor basiert auf einem Laser-Interferometer, das eine hochpräzise Referenz für die Messungen bereitstellt. Der Objektsensor hingegen nutzt das Konzept eines kurzkohärenten Interferometers, das es ermöglicht, präzise Messungen direkt am zu untersuchenden Element/Bauteil durchzuführen. Beide Systeme erreichen Tiefenauflösung von $0,34$ nm bei einer Messfrequenz von bis zu 40 kHz. Erste messtechnischen Untersuchungen zeigen die Leistungsfähigkeit der präsentierten Sensor-Architektur und das Potenzial für präzise Messungen in Optik, Halbleiterindustrie und Forschung.

B

B12
15:30**Optische und mechanische Designstrategien zum 3D-Druck von Immersions-Mikrooptiken mittels 2-Photonen-Lithographie**

M. Wende* **, M. Heymann***, A. Toulouse* **

* Institut für technische Optik, Universität Stuttgart

** Stuttgart Research Center of Photonic Engineering (SCoPE), Universität Stuttgart

*** Institut für Biomaterialien und biomolekulare Systeme, Universität Stuttgart

marco.wende@ito.uni-stuttgart.de

Die 2-Photonen-Lithographie ermöglicht die additive Fertigung leistungsfähiger und vielfältig einsetzbarer Mikrooptiken. Ein mögliches Anwendungsgebiet besteht im Einsatz in flüssigen Medien, z.B. als optische Falle oder als intraoperative Messsonde. Der chemische Entwicklungsprozess 3D-gedruckter Mikrooptiken schließt jedoch intrinsisch die Herstellung monolithischer, abgedichteter Immersionsoptiken für derartige Anwendungen aus.

Zur Lösung dieser Problematik stellen wir ein Konzept zum mechanischen Design abgedichteter 3D-gedruckter Mikrooptiken für den Einsatz in Immersion vor. Zudem präsentieren wir effiziente Strategien für deren Optikdesign. Diese ermöglichen es, unter minimalem Fertigungs- und Messaufwand eine gute Formtreue und damit verbundene hohe optische Qualität der 3D-gedruckten Mikrooptiken zu gewährleisten. Darüber hinaus erlauben sie eine Nachoptimierung des Optikdesigns zur Anpassung der Mikrooptiken an Immersionsmedien mit unterschiedlichen Brechungsindizes, um eine gleichbleibend hohe optische Leistungsfähigkeit sicherzustellen.

B13
15:45**Herstellung von formtreuen freistehenden Mikrostrukturen für den Einsatz in der Nahfeldmikroskopie**

F. Thiemicke*, C. Falldorf*, R. B. Bergmann* **

* BIAS-Bremer Institut für angewandte Strahltechnik, Bremen

** Universität Bremen, MAPEX Center for Materials and Processes und Fachbereich 1:
Physik und Elektrotechnik, Bremen

thiemicke@bias.de

Das Auflösungsvermögen von klassischen Lichtmikroskopen konnte in den letzten Jahren mittels transparenter dielektrische Mikrostrukturen, wie beispielsweise Mikrosphären oder Solid-Immersion-Linsen (SIL), als Nahfeldoptiken, immer weiter verbessert werden. Um das volle Potenzial dieser Art von Mikrooptiken nutzen zu können, wird eine Erweiterung der Geometrie der verwendeten Mikrostrukturen von Sphären zu Freiform-Strukturen angestrebt.

Für den Einsatz von formangepassten mikrooptischen Komponenten in der Nahfeldmikroskopie und die hiermit verbundene Interaktion mit den evaneszenten Feldern an der Probenoberfläche werden hohe Anforderungen an die Formtreue und die Oberflächenqualität gestellt. Einen Ansatz zur Herstellung solcher Strukturen stellt die 2-Photonen-Polymerisation (2PP) dar. Mittels 2PP lassen sich mit geeigneten Fertigungsstrategien eine hohe Formtreue und Oberflächenqualität erzeugen. Im Rahmen dieses Beitrags stellen wir einen Ansatz zur Herstellung von freistehenden Mikrostrukturen mittels 2PP mit großen Krümmungen und einer hohen Formtreue vor.

B

B14
16:00**Verfahren zum Schutz von Objektiven für neue Fotolacke in der hochauflösenden Zweiphotonenlithografie**

A. Toulouse* **, S. Thiele***, V. Aslani* **, K. Hirzel****, M. Schmid***, K. Weber** ****, M. Zyrianova****, H. Giessen** ****, A. Herkommer* **, M. Heymann****

* Institut für Technische Optik (ITO), Universität Stuttgart

** Research Center SCoPE, Universität Stuttgart

*** Printoptix GmbH, Stuttgart

**** Institut für Biomaterialien und Biomolekulare Systeme (IBBS), Universität Stuttgart

***** 4. Physikalisches Institut, Universität Stuttgart

andrea.toulouse@ito.uni-stuttgart.de

Der Zweiphotonen-3D-Druck eröffnet neue Perspektiven für die Entwicklung und Fertigung komplexer Mikrooptiken. Hierfür ist die Optimierung neuer Fotolacke ein integrales Forschungsfeld, um neue Materialien beispielsweise als Aperturblenden oder integrierte Farbfilter verdrucken zu können. Bei der „Dip-in“-Lithografie etwa dienen die Fotolacke als Immersionsmedium und berühren die zum Druck verwendeten Mikroskopobjektive. Dies erschwert die Arbeit mit experimentellen Fotolacken und verhindert die Verwendung aggressiver Lösemittel. In diesem Beitrag wird ein einfaches, auf Klarsichtfolie basierendes Verfahren präsentiert, mit dem die Schreibobjektive vom Fotolack abgeschirmt werden können. Wir zeigen durch Simulationen und Experimente, dass ein großes Prozessfenster mit dem neuen, einfach nachrüstbaren Verfahren abdeckbar ist, ohne die Auflösung im Submikrometerbereich einzubüßen. Beispielhaft wird die erfolgreiche Herstellung von absorbierenden Filtern, farbfiltrenden Mikroobjektiven, biologischen Strukturen und Metalstrukturen gezeigt.

B15
16:15**3D-Druck von farbigen Mikrooptiken**

V. Aslani* **, A. Toulouse* **, M. Schmid***, H. Giessen** ****, T. Haist* **, A. Herkommer* **

* Institut für Technische Optik, Universität Stuttgart

** Research Center SCoPE, Universität Stuttgart

*** Printoptix GmbH, Stuttgart

**** 4. Physikalisches Institut, Universität Stuttgart

aslani@ito.uni-stuttgart.de

Das Verfahren der Zwei-Photonen-Lithografie erlaubt hohe Design-Freiheitsgrade bei der Herstellung komplexer miniaturisierter Mikrooptiken. Die für die kommerziellen Zwei-Photonen-3D-Drucker erhältlichen Fotolacke sind jedoch meist transparent und erlauben keine direkte Farbfilterung. Deswegen haben wir einen neuartigen Ansatz entwickelt, der es durch das Einfärben der etablierten transparenten Fotolacke ermöglicht, farbige mikrooptische Elemente zur spektralen Filterung herzustellen. Es werden verschiedene Einfärbemethoden vorgestellt und auf Eignung zur Herstellung 3D-gedruckter farbfiltrender Mikroobjektive und -elemente evaluiert. Die Analyse der optischen Leistung und die Ergebnisse der spektralen Filterung der gefertigten Strukturen zeigen, dass eine integrierte Farbfilterung realisiert und so der Anwendungsbereich 3D-gedruckter Mikrooptiken erweitert werden kann. Durch das Aufdrucken mehrerer verschiedenfarbiger Mikrooptiken auf einen Bildsensor könnte so ein kleinstes Chip-on-the-tip-Endoskop zur multispektralen Bildgebung realisiert werden, das denselben räumlichen Bereich bei unterschiedlichen Wellenlängen abbildet und dadurch einen zusätzlichen Informationskanal schafft.

16:45 **Poster-Session**

Aula 1

H3
08:30

Attosecond light-matter interaction

A. Harth

Aalen University, Zentrum für Optische Technologien

Anne.Harth@hs-aalen.de

Absorption and emission of light are two of the most fundamental processes, and it is a valid question to ask how fast these processes are. They are based on electron motion. Attosecond pulses allow the observation of attosecond dynamics of electron motion in a variety of different systems. One method to measure such ultrafast dynamics is based on the technique “reconstruction of attosecond beating by the interference of two-photon transitions” (also called RABBITT). As the name suggests, the RABBITT method is based on two-photon transition steps: a train of attosecond pulses ionizes the system, this is the first step, and a weak probe field drives a continuum-continuum dipole transition. In this presentation, I will introduce the basic concepts of the generation of attosecond pulse trains and their applications.

D
O
N
N
E
R
S
T
A
G

H4
09:00

Sondertechnologien in optischen Systemen

(Welcher Schlüssel passt in welches Schloss?)

M. Hanft, L. Wittig

Corporate Research & Technology, Carl Zeiss AG

marco.hanft@zeiss.com

Die Entwicklung optischer Systeme hat eine sehr lange Tradition und war immer von Innovationen geprägt. Das Innovationstempo in der Optik und Photonik ist hoch und nimmt tendenziell zu. Neue Technologien und Komponenten ermöglichen neue Möglichkeiten für die Architektur und das Design optischer Systeme.

Das Aufkommen neuer Technologien führt teilweise zu unrealistischen Erwartungen. Es gibt jedoch zahlreiche Beispiele für einzigartige Lösungen, wenn die Stärken der neuen Technologien passfähig eingesetzt werden. Deshalb ist es wichtig, den Charakter neu aufkommender Technologien mit ihren Stärken und Schwächen zu verstehen.

Dieser Vortrag gibt einen Rückblick und Überblick, was Sondertechnologien auszeichnet und wie sie Limitierungen überwinden können. Als aktuelles Beispiel wird der Einsatz von adaptiven Freiformoptiken für die Lichtblattmikroskopie motiviert und erläutert.

09:30 **Pause**

Optik für und mit EUV
Christian Faber

D
O
N
N
E
R
S
T
A
G

Optikdesign
Christian Faber

Entwicklungen und Herausforderungen in der EUV und X-ray nano metrologie für Lithographische Strukturen

V. Soltwisch, R. Ciesielski, M. Mulazzi, A. Fernandez-Herrero, A. Andriele, N. Abbasirad, V. Truong, L. Lohr, P. Hönicke, M. Kolbe, F. Scholze

Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Berlin

victor.soltwisch@ptb.de

Durch die kürzlich eingeführte EUV Lithographie geht die Fertigung von immer kleineren Strukturbreiten in der Halbleiterindustrie weiter. Die Entwicklung von metrologischen Systemen wird parallel auch von der PTB vorangetrieben, um die immer schärferen Anforderungen zu erfüllen. Es zeichnet sich ab, dass neben den üblichen Verfahren wie z.B. Elektronenmikroskopie auch zunehmend Techniken auf Basis von EUV und Röntgenstreuung eingesetzt werden müssen. Die Herausforderungen in der Entwicklung sind dabei vielfältig. Röntgenlicht ist durch die kurze Wellenlänge der Strahlung prädestiniert für hochpräzise Messungen. Klassisches GISAXS bei 8 keV ist für die meisten lithographischen Oberflächenstrukturen leider unbrauchbar durch den erforderlichen streifenden Einfall. EUV oder auch der weichere Röntgenbereich ist da vielversprechender. Streutechniken sind aber indirekte Messmethoden die eine theoretische Modellierung erfordern und eine präzise Bestimmung der optischen Konstanten. Hybride Techniken wie zum Beispiel die GI/GEXRF Analyse in Kombination mit elastischer Streuung sind interessante Ansätze die neben der Struktur auch mehr Informationen über die Materialien bestimmen können.

Charakterisierung nanoskaliger Proben mittels laborbasierter spektroskopischer EUV-Reflektometrie

S. Glabisch*, S. Schröder*, S. Brose* **, J. Stollenwerk* **, C. Holly* **

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

** Fraunhofer ILT - Institute for Laser Technology, Aachen

svен.glabisch@tos.rwth-aachen.de

Die fortschreitende Verkleinerung bei steigender Komplexität der funktionalen Strukturen in der Halbleiterindustrie macht die Erforschung leistungsfähiger Messtechniken erforderlich, die mit stetig steigenden Anforderungen mithalten können. Zu diesen Anforderungen aus Industrie und Forschung gehören die Charakterisierung neuartiger Materialien im EUV-Spektralbereich sowie die Bewertung von Strukturen, die in Abscheide-, Ätz- und Lithografieprozessen entstehen. Am Lehrstuhl für Technologie Optischer Systeme der RWTH Aachen University wurde ein kompaktes, breitbandiges Extrem-Ultraviolett (EUV)-Reflektometer realisiert, welches die kurzweilige Strahlung aus einer gasentladungsbasierten EUV-Quelle zur Vermessung des spektral aufgelösten Reflexionsgrades nutzt. Die zerstörungsfreie Messung unter variablen Einfallswinkeln bietet eine Grundlage für die hochpräzise modellbasierte Rekonstruktion der geometrischen Abmessungen und Materialeigenschaften von ultradünnen Schichten sowie nanostrukturierten Oberflächen. Der Autor stellt den experimentellen Aufbau und verschiedene Anwendungsgebiete der EUV-Reflektometrie vor.

A

A18
10:15

Hochauflösende EUV-Gitter durch 2D-Phasenkorrektur in der Linienverteilung

M. Burkhardt*, M. Steglich*, M. Helgert*, D. Lehr*, S. Sinzinger**

* Carl Zeiss Jena GmbH

** Fachgebiet Technische Optik, Technische Universität Ilmenau

matthias.burkhardt@zeiss.com

Beamline-Optiken stellen extreme Qualitätsansprüche an die optischen Oberflächen, wobei die aktuell verfügbaren Fertigungstechnologien zu drastisch variierendem Aufwand führen, je nachdem, welche geometrische Form benötigt wird. Unter Zuhilfenahme zusätzlicher Freiheitsgrade der Phasenfunktion in der Linienverteilung eines holografischen Gitters kann die Forderung an die Gestalt der Oberflächenform des Blanks hin zu vereinfachter Form beeinflusst werden. Somit stehen gegebenenfalls Lösungen zur Verfügung, die insgesamt fertigungstechnisch vorteilhafter sind. Zwischen gut beherrschbaren Planflächen und den aufwendigsten Freiformflächen gibt es viele Abstufungen. Wenn beispielsweise eine Kugel anstelle einer elliptischen oder torischen Oberfläche ausreicht, ist die Realisierung des Gitters sehr wahrscheinlich insgesamt ökonomischer. Die möglichen Technologie-Optionen durch einen holografischen Ansatz sind scheinbar nur in begrenztem Umfang den Anwendern bekannt. Wir diskutieren die Möglichkeiten zur Beschreibung holografischer Gitter mit zusätzlicher 2D-Phasenverteilung und zeigen auf, wie sich dabei die optische Leistungsfähigkeit des Beugungsgitters insgesamt steigern lässt.

DO
NN
ER
ST
AG

A19
10:30

Herstellung von (komplex) periodischen Strukturen durch Talbot-Lithografie mit kompakten EUV-Quellen

L. Lohmann*, B. Lüttgenau*, S. Brose* **, S. Danylyuk**, J. Stollenwerk* **, C. Holly* **

* RWTH Aachen University TOS – Lehrstuhl für Technologie Optischer Systeme

** Fraunhofer ILT – Institut für Lasertechnik

lars.lohmann@tos.rwth-aachen.de

Dichte periodische Nanostrukturen mit Strukturgrößen unter 100 nm sind für zahlreiche industrielle und wissenschaftliche Anwendungen unerlässlich, sowohl für die Qualifizierung von Fotolacken als auch für die Herstellung von Metamaterialien, Biosensoren, Quantenpunkt-Arrays oder künstlichen Kristallen. Für diese Anwendungen sind kompakte Nanostrukturierungsanlagen unter Verwendung von extrem-ultravioletter (EUV) Strahlung eine vielversprechende Option. Die an der RWTH Aachen entwickelte kompakte EUV-Belichtungsanlage verwendet eine plasmabasierte EUV-Strahlungsquelle für großflächige Nanostrukturierung mit sub-30 nm Auflösung.

In dieser Präsentation wird neben der allgemeinen Funktionsweise der Talbot-Lithografie eine rigorose simulative und experimentelle Bewertung von effizienten phasenschiebenden Transmissionsmasken gezeigt. Ziel ist es, sowohl die Auflösung als auch die Komplexität der Strukturordnungen durch Optimierung der Maskengeometrie und des Materialsystems schrittweise zu erhöhen. Diese Entwicklungen ermöglichen einen kompakten EUV-Belichtungsaufbau, der vielseitig für großflächige Nanostrukturierungen in diversen wissenschaftlichen Bereichen genutzt werden kann.

10:45 Kaffeepause

B

B16
09:45

Auswirkungen von Pupillenaberrationen bei Wellenfrontmanipulation

T. Nobis

Carl Zeiss AG, Konzernfunktion Forschung und Technologie

thomas.nobis@zeiss.com

Adaptive Elemente, zum Beispiel deformierbare Spiegel, werden seit einigen Jahren eingesetzt, um Wellenfrontfehler aktiv zu korrigieren. Derartige Bauelemente werden meist in einer konjugierten Pupillenebene benutzt. Im Optikdesign solcher Systeme tritt daher stets die Frage auf, welcher Korrekturzustand für die Pupillenabbildung benötigt wird.

Der Beitrag bietet eine systematische und quantitative Analyse des Einflusses von Pupillenaberrationen auf die Wellenfrontfehler im o.g. Anwendungsfall. Für den in der Praxis häufig auftretenden Fall von rotationssymmetrischen Korrekturen – zur Fokussierung oder zur Kompensation von sphärischer Aberration – werden analytische Ausdrücke für die jeweils induzierten Aberrationstypen hergeleitet, inklusive deren Pupillen- und Feldverlauf. Die Ergebnisse hängen sowohl vom konkreten Phasenprofil der Wellenfrontmanipulation als auch von der spezifischen Art der Pupillenaberration ab. Die Theorie wird anhand eines einfachen Designbeispiels erläutert und bestätigt. Mithilfe der Ergebnisse lässt sich zum Beispiel der zulässige Anteil der Pupillenaberrationen im Design quantifizieren oder im Sinne einer Toleranzrechnung budgetieren.

DO
NN
ER
ST
AG

B17
10:00

Zum Randlichtabfall im optischen System

H. Rehn

FISBA AG, St. Gallen

henning.rehn@fisba.com

Der natürliche Randlichtabfall (im Englischen «cos⁴ law») wird durch das Zusammenwirken einer Reihe von Effekten verursacht, darunter der schräge Lichteinfall gemäß des Hauptstrahlwinkels, ggf. Vignettierung, Verzeichnung und Pupillenaberrationen.

Die klassische Herleitung aus dem Lehrbuch ist für die Praxis oft nicht ausreichend. Wir analysieren die verwendeten Näherungen und schauen in die Literatur.

Es folgen Beispiele zur Wirkung des Effektes in optischen Anordnungen und eine Analyse von ähnlichen Optikdesigns mit und ohne Randlichtabfall und verschiedener Einflüsse wie des Beleuchtungssystems und einer Krümmung von Objekt und Bild.

B

B18
10:15

Auflösungs- und Schärfentiefe-Erweiterung telezentrischer Objektive durch Verwendung blauen LED-Lichts

C. Link

Vision & Control GmbH, Suhl

dr.link@vision-control.com

Der Einsatz telezentrischer Objektive für Messung oder Inspektion ergibt nur Sinn, wenn sie eine bestimmte Schärfentiefe aufweisen. Diese sollte idealerweise mit dem Telezentriebereich zusammenfallen. In diesem Vortrag zeigen wir, wie eine hohe Schärfentiefe und eine hohe Auflösung durch die Verwendung blauen LED-Lichts erzielt werden können. Denn normalerweise ist bekannt, dass sich mit blauem Licht eine hohe Auflösung auf Kosten der Schärfentiefe erzielen lässt und mit langwelligerem roten Licht eine hohe Schärfentiefe auf Kosten der Auflösung.

Hierfür wird in dem Artikel theoretisch hergeleitet, wie blaues Licht für eine Verdopplung der Schärfentiefe durch Halbierung der Wellenlänge verwendet werden kann. Dieser Zusammenhang wird sowohl anhand der wellenoptischen Formel zur Berechnung der Schärfentiefe als auch mit der geometrisch-optischen Formel zur Schärfentiefeberechnung gezeigt.

Des Weiteren wird eine Formel zur Abschätzung der Schärfentiefe telezentrischer Objektive abgeleitet, die zeigt, dass die Schärfentiefe bei diesen Objektiven symmetrisch zur Objektebene ist.

DO
NN
ER
ST
AG

B19
10:30

Grenzen axialer Farbzerlegung: Optimierungen von variablen zweilinsigen Hyperchromaten

L. Werner* **, H. Hillmer**, R. Brunner* ***

* Fachbereich SciTec, Ernst-Abbe-Hochschule Jena

** Institut für Nanostrukturtechnologie und Analytik (INA), Universität Kassel

*** Fraunhofer Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik (IOF), Jena

Lukas.Werner@eah-jena.de

Hyperchromate besitzen eine ausgeprägte axiale Dispersion, die meist in Abbildungssystemen als unerwünscht gilt, jedoch für Anwendungen zur Topographievermessung oder speziellen spektroskopischen Ansätzen unerlässlich ist. Die axiale chromatische Fokusspreizung lässt sich quantitativ durch die äquivalente Abbe-Zahl charakterisieren. Dieser Beitrag präsentiert Designstrategien und Lösungen zweilinsiger Hyperchromate, die extreme axiale chromatische Aufspaltungen in unterschiedlichen Wellenlängenbereichen ermöglichen. Die analysierten Systeme umfassen sowohl rein refraktive als auch hybride Konfigurationen, die refraktive und diffraktive Elemente kombinieren. Zur Ermittlung optimaler Parameter wurden numerische paraxiale Näherungsrechnungen durchgeführt. Die daraus abgeleiteten Designansätze wurden anschließend mittels ‚ray-trace‘ Methoden optimiert. In einem Wellenlängenbereich von 1,0 bis 2,2 μm erreichten die rein refraktiven Systeme eine minimale äquivalente Abbe-Zahl von 2,9, was weniger als 20 Prozent der Abbe-Zahl einer hochdispersiven Einzellinse entspricht. Die hybriden Hyperchromate zeigten eine noch höhere Leistung, mit einer minimalen äquivalenten Abbe-Zahl von 1,3.

10:45 Kaffeepause

A

A20

11:15

Machine Learning in der kohärenten Fourier-Scatterometrie zur Unterscheidung geometrischer Strukturen sphärischer Goldnanopartikel

S. Krämer*, K. Kroth**, S. Schiffner*, T. Sure*, P. J. Klar**

* Institut für Optik und Mikrosysteme, Technische Hochschule Mittelhessen

** I. Physikalisches Institut, Justus-Liebig-Universität Gießen

sandra.kraemer@zeiss.com

Der Nachweis von Nanopartikeln gewinnt in Bereichen der Halbleitertechnik oder Medizin immer größere Bedeutung. Eine schnelle, universell anwendbare Detektionsmethode wird benötigt. Klassische bildgebende Verfahren sind begrenzt hinsichtlich der Auflösung von Strukturen unterhalb der Beugungsgrenze. Gleichzeitig erweisen sich etablierte optische Nahfeldmethoden als mitunter aufwendig. Als aussichtsvolle Alternative zeigt sich eine Fernfeldmethode, die auf kohärenter Fourier-Scatterometrie basiert. Mit dieser Methode können unterschiedliche geometrische Anordnungen von Goldnanopartikeln klar voneinander unterschieden werden. In diesem Beitrag präsentieren wir ein Machine-Learning (ML) Modell, das die Messdaten den jeweiligen geometrischen Anordnungen der Partikel zuordnet. Hierfür wurde aus den Daten ein Trainingsset generiert, mit dem ein bestehendes ML-Modell mit dem Framework Detectron2 (basierend auf PyTorch) erfolgreich umgelernt wurde. Das Modell ordnet die Messdaten mit hoher Zuverlässigkeit den korrekten Geometrien zu. Diese Entwicklung markiert einen entscheidenden Schritt hin zur effizienten und möglicherweise automatisierten Zuordnung konkreter Partikelgeometrien.

A21

11:30

Scatterometry-based assessment of defective nanograss surfaces - a virtual experimentation setup for uncertainty analysis

T. M. H. Rahman, D. Stöbener, A. Fischer

Bremen Institute for Metrology, Automation and Quality Science (BIMAQ), University of Bremen
t.rahman@bimaq.de

Defects in nanosurfaces have to be detected in or close to their production process. For this purpose, scatterometry promises a non-contact approach with in-process capability. However, a reliable defect inspection of nanosurfaces with randomness such as the random positions of the rods of ZnO nanograss is challenging due to the inherent surface stochastics. To clarify the potential of a scatterometry-based classification of such defective surfaces, a statistical evaluation in combination with a virtual experimentation is proposed. The virtual experiments consist of a) multiple surfaces with the same defect grade, b) simulations of the surfaces' scattered light distribution, and c) data processing for obtaining the virtual measurement results. The proposed approach is demonstrated for ZnO nanograss surfaces, where the vacancy of nanograss is the studied defect as an example. As a central result, the surface-randomness-based minimum achievable measurement uncertainty is 20 % of the maximum defect value. Furthermore, the proposed method is universally applicable for any type of nanostructure/defect, to clarify the classification potential of surfaces with scatterometric measurements.

Accurate analysis of 10 nm emission zone features in OLED

L. Paniagua Rodríguez* **, D. Michaelis*, C. Pflumm***, W. Brütting**, N. Danz*

* Fraunhofer Institute of Applied Optics and Precision Engineering (IOF), Jena

** Institute of Physics, University of Augsburg, Augsburg

*** Merck Electronics KGaA, Darmstadt

luis.paniagua.rodriguez@iof.fraunhofer.de

Adjusting the emission zone (EMZ) is crucial for optimizing the efficiency and operation lifetime of active electroluminescent devices such as organic light-emitting diodes (OLEDs). Measuring EMZ details from OLED radiation patterns is challenging due to the thin active layer (thickness ~ 10 nm) and the resulting limited accessibility of the emission zone features, which complicates the comparability of different mathematical models. We use a polynomial description to estimate practical limits for resolving EMZ details. The normalization of the polynomial description leaves only two free parameters characterizing an EMZ. This allows tracking EMZ shifts, defining accessible optimization targets, and designing the OLED stack for emission zone analysis properly. The presentation will introduce the resolution limit and the visualization concept in a two-dimensional plane and illustrate practical applications, experimental procedures, and current dependent EMZ shifts.

Zerstörungsfreie multimodale Analyse von polymerbasierten Mikro- und Nanostrukturen für die Nanoimprint Lithographie

S. Burkert*, L. Schwörer*, T. Schubert**, J. Grundmann***, D. Stein****, A. Heinrich*

* Zentrum für optische Technologien, Hochschule Aalen

** Institut für Materialforschung, Hochschule Aalen

*** Physikalisch-Technische Bundesanstalt Braunschweig

**** Institut für Physik, Universität Augsburg

selina.burkert@hs-aalen.de

Bei der Bewertung von replizierten polymerbasierten Mikro- und Nanostrukturen ist es wesentlich, die Formtreue im Abformprozess quantifizieren zu können. Bislang werden häufig REM Methoden bei der Evaluation verwendet. Dadurch kann nur eine begrenzte Aussage über die Strukturen gewonnen werden. Um komplexe Polymerstrukturen mit hohen Aspektverhältnissen oder Hinterschnitten zerstörungsfrei und in weiteren Dimensionen (topologisch, optisch, ...) bewerten zu können, werden in diesem Beitrag alternative Messtechniken wie beispielsweise Weißlichtinterferometrie, Rasterkraftmikroskop, optische Kohärenztomographie und Mikro-Computertomografie miteinander in Bezug gesetzt. Die dafür notwendigen Teststrukturen wurden mit Zwei-Photonen-Lithografie hergestellt. Neben der Formtreue werden zusätzliche Bewertungskriterien wie die Auflösung und das Aspektverhältnis betrachtet. Anhand der hier diskutierten Messtechnologien ist es möglich, je nach Strukturtyp und Fragestellung ein geeignetes Messmittel zu wählen um die Mikro- und Nanostrukturen zerstörungsfrei zu evaluieren. Somit können weitere Erkenntnisse über das Abformverhalten von Polymerstrukturen eruiert werden.

B

B20
11:15

Teilautomatisiertes Optikdesign und Datenkette für eine laserbasierte Optikfertigung
L. Warnecke*, S. Klein*, M. Traub*, C. Holly**

* Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT

** Lehrstuhl für Technologie Optischer Systeme TOS, RWTH Aachen University

lucas.warnecke@ilt.fraunhofer.de

Die Fertigungs- und Lieferzeiten individualisierter Optiken betragen häufig mehrere Wochen bis Monate und können damit den Forschungs- und Projektfortschritt erheblich verlangsamen. In der hier vorgestellten Arbeit werden das teilautomatisierte Optikdesign eines asphärischen, achromatischen Zweilinsers und der digitale Schatten einer neuen und leistungsfähigen Prozesskette in einem Webserver verknüpft. Diese Prozesskette beinhaltet laserbasierten Volumenabtrag für die Oberflächenformgebung und individualisierte Beschichtungstechnologien, um die Produktion gegenüber konventionellen Methoden erheblich zu beschleunigen. Basierend auf der Brennweite und dem zu korrigierenden Wellenlängenpaar wird der Achromat aus N-BK7- und P-SF69-Rohlingen berechnet. Anschließend wird die Abtragsdauer unter Einhaltung der Anforderungen an die Abbildungsqualität minimiert. Ein User Interface des Webserver ermöglicht den Download aller für den Fertigungs- und Beschichtungsprozess notwendigen Daten wie die Winkelverteilung der ein- und austretenden Strahlung. Für die durchgängige Verfolgung der Produktion werden die in der Fertigung entstandenen Messungen mit dem Achromaten verknüpft.

DO
NN
ER
ST
AG

B21
11:30

Reinforcement Learning für die automatisierte Auslegung drei- bis fünflinsiger Systeme unter Berücksichtigung Seidelscher Aberrationen

C. Fu*, D. Onyszkiewicz*, J. Stollenwerk**, C. Holly* **

* Lehrstuhl für Technologie Optischer Systeme TOS, RWTH Aachen University

** Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT

cailling.fu@tos.rwth-aachen.de

Trotz des Einsatzes hochentwickelter Raytracing-Software sowie globaler und lokaler Optimierungsalgorithmen, ist das Design optischer Systeme auch heute noch zeitaufwändig und erfordert viele manuelle und iterative Schritte. Um dieses Problem anzugehen, soll bestärkendes Lernen (engl. Reinforcement Learning) verwendet werden. Dabei kann ein sogenannter „Agent“ Zusammenhänge selbstständig und ohne Trainingsdaten erlernen. Dem Agenten stehen dafür Aktionen zur Manipulation des Systems sowie die Seidel'schen Aberrationen zur Beobachtung der Abbildungsqualität zur Verfügung. Nach einer zeitintensiven Anlernphase ist der Agent in der Lage, binnen weniger Sekunden optische Systeme innerhalb des erlernten Anwendungsbereichs auszulegen. In diesem Beitrag wird der Einfluss verschiedener Parameter, wie die Aktionen des Agenten, das Lernverfahren oder das neuronale Netz, auf den Agenten präsentiert. Es werden Systeme mit unterschiedlicher numerischer Apertur (NA) und Abständen zur Bildebene (BFL) untersucht und resultierende Endsysteme mit drei bis fünf Linsen, im Vergleich zur Optimierung mit dem kommerziellen Programm Ansys Zemax OpticStudio, vorgestellt.

Entwurf einer robusten Kopplungsstrategie für einen Quantenpunktlaser mit einem faserbasierten externen Resonator

A. Bartelmei, M. Babin, M. Reibe, R. Brüning, E. Beckert

Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF

anja.bartelmei@iof.fraunhofer.de

Kurzpulslaser spielen eine entscheidende Rolle in der photonischen Realisierung von Quantentechnologien, insbesondere in den Bereichen Quantencomputer, Quantensimulation und Quantenkommunikation. Durch die Verwendung dieser Laser ist es möglich, die kohärente Kontrolle der zugrundeliegenden Quantensysteme zu ermöglichen und somit Schlüsselkomponenten für Einzelphotonenquellen zu schaffen. Solche Systeme sind auf eine gute und robuste Übertragung der optischen Strahlung zwischen allen Systemkomponenten angewiesen. Allerdings stellen Kopplungsstellen dieser Systeme oft einen Engpass dar, der die Übertragungseffizienz beeinflusst. Probleme wie unterschiedliche Modenfelder von Wellenleitern und Fasern, ihre relative Lage zueinander und Reflexionsverluste erschweren eine Justage im möglichen Toleranzbereich. Im Vortrag wird auf die genannten Probleme eingegangen, indem eine detaillierte Untersuchung der Kopplung zu einem faserbasierten externen Resonator eines Quantenpunktlasers durchgeführt wird. Dabei werden verschiedene Strategien miteinander bzgl. Leistungsfähigkeit und Integrationsaufwand verglichen und die vielversprechendste Methode im Detail diskutiert.

Simulative Entwicklung eines polymerbasierten, spritzgießfähigen Arrayed Waveguide Grating für den Einsatz in d. optischen Kurzsteckenkommunikation

K. Strathmann, S. Smarzyk, M. Haupt

Fachbereich Ingenieurwissenschaften, Jade Hochschule

katharina.strathmann@jade-hs.de

Die Bandbreite schneller optischer Datenübertragungen wird durch simultane Verwendung mehrerer Kanäle signifikant erhöht. Dieses als Wellenlängenmultiplexing (WDM) bezeichnete Verfahren ist in der glasfaserbasierten Langstreckenkommunikation etabliert. Hingegen ist für die polymerbasierte Kurzstreckenkommunikation derzeit kein solches Verfahren verfügbar. Ursächlich sind die gravierenden Unterschiede der optischen Eigenschaften von Glas und Polymeren, die eine komplette Neuauslegung aller Komponenten erforderlich machen. Hier setzt das Projekt „Opti-AWG 3D“ der Jade Hochschule an: Ziel ist es, ein WDM-Bauteil auf Basis eines spritzgegossenen Arrayed Waveguide Grating (AWG) für optische Polymerfasern (Polymer Optical Fiber, POF) zu entwickeln. Kommerziell verfügbare strahlenoptische oder wellenoptische Simulationssoftware können nicht die essentiellen physikalischen Prinzipien des AWG (Kohärenz und Interferenz) sowie die Multimodalität der POF bei der erforderlichen Bauteildimension und Wellenlänge abbilden. Daher wird ein geeigneter iterativer Simulationsansatz angestrebt. Die ersten Ergebnisse werden auf der Jahrestagung der DGaO vorgestellt.

12:15 **Mittagspause**

A

A24
13:15

Skalenübergreifende Streifenprojektion mittels Adaption der Triangulationsbasis

P. Shobowale, M. Kästner, E. Reithmeier

Institut für Mess- und Regelungstechnik, Leibniz Universität Hannover

peter.shobowale@imr.uni-hannover.de

Im Rahmen des Forschungsbaus SCALE kooperieren verschiedene Institute der Leibniz Universität Hannover interdisziplinär, um skalunenabhängige Prozessketten zu erforschen. Für die Umsetzung dieser Vorhaben ist die flexible Referenzierung und die Ableitung von Regelungs- und Prozessgrößen aus den multiskaligen, dreidimensionalen Geometrieigenschaften von Großbauteilen während der Bearbeitung erforderlich. Bisher genutzte optische Messsysteme stoßen hier aufgrund des Zielkonflikts zwischen der notwendigen lateralen und axialen Auflösung und der Größe des Messvolumens an ihre Grenzen.

In diesem Beitrag wird ein in Entwicklung befindliches absolutreferenziertes Streifenprojektionssystem mit variabler Triangulationsbasis vorgestellt und diskutiert. Die Grundidee des Systems besteht darin, die Posen der Projektionseinheit und der Kamera unabhängig voneinander mithilfe eines Lasertrackingsystems zu bestimmen und aktiv durch Aktoren zu beeinflussen. Dadurch sollen die Sensoreigenschaften in Bezug auf das Messvolumen und die Auflösung angepasst werden. Zusätzlich werden erste Ergebnisse aus den Machbarkeitsstudien präsentiert.

DO
NN
ER
ST
AG

A25
13:30

Flächenhafte, berührungslose Formmessung der Vorder- und Rückfläche von transparenten Objekten

H. Speck*, M. Landmann*, S. C. Das* **, S. Heist*, P. Kühmstedt*, G. Notni* ***

* Fraunhofer Institute for Applied Optics and Precision Engineering, Jena

** Friedrich Schiller University, Institute of Applied Physics, Jena

*** Ilmenau University of Technology, Department of Mechanical Engineering, Ilmenau

henri.speck@iof.fraunhofer.de

Die äußere Oberflächenform optisch unkooperativer, d. h. transparenter, reflektierender oder schwarzer Objekte kann durch die sequenzielle Projektion thermischer Streifen im langwelligen Infrarotbereich (LWIR) um $10,6 \mu\text{m}$ und die Beobachtung der reemittierten Muster mit Stereo-Wärmebildkameras innerhalb weniger Sekunden erfasst werden. Viele industrielle Prozesse erfordern zusätzlich die dreidimensionale Messung der Objektrückfläche und der damit einhergehenden Materialdicke.

Um Vorder- und Rückfläche gleichzeitig zu bestimmen, haben wir einen thermischen 3D-Sensor um eine Strahlenquelle erweitert. Deren Strahlung ($\sim 1 \mu\text{m}$) durchdringt handelsübliche Behältergläser, wird an der Rückfläche reflektiert und gelangt zurück zur Vorderfläche. Bei diesem Prozess wird die Strahlung teilweise absorbiert und hinterlässt eine Wärmespur. Zwei Infrarotkameras erfassen die erzeugte Wärme nur an der dem Sensor zugewandten Oberfläche. Aus den thermischen Signalen der Vorder- und Rückfläche bestimmen wir die Form dieser Flächen und letztendlich die Materialdicke. In diesem Beitrag untersuchen wir den neuen Ansatz anhand eines Simulationsmodells theoretisch und zeigen erste experimentelle Ergebnisse.

A

A26
13:45

Entwicklung eines starr-endoskopischen 3D-Streifenprojektionssensors zur automatisierten Flugtriebwerksinspektion

T. Thiel, M. Kästner, E. Reithmeier

Institut für Mess- und Regelungstechnik, Leibniz Universität Hannover

theresa.thiel@imr.uni-hannover.de

Für die automatisierte Triebwerksinspektion soll ein starr-endoskopischer 3D- Streifenprojektionssensor entwickelt werden. Eine Herausforderung stellt hierbei die geringe Größe der Zugänge zum Triebwerk dar. Für die Miniaturisierung des Messkopfes wurde in bisherigen Ansätzen eine Chip-on-Tip Kamera verwendet. Aufgrund der hohen Verzeichnung durch die Kamera wird im Folgenden ein neues Konzept eines starr-endoskopischen 3D-Streifenprojektionssensors vorgestellt. Im Gegensatz zur Chip-on-Tip Kamera wird hier eine hochauflösende Industriekamera, die mit einem Objektiv an das starre Boroskop gekoppelt ist, zur dreidimensionalen Rekonstruktion eingesetzt. Die Projektionseinheit basiert auf einem Mikrospiegelaktor, welcher strukturiertes Licht erzeugt, das mittels eines Bildleiters in die Messumgebung abgebildet wird. Vervollständigt wird der Aufbau durch eine translatorische Achse zum Hineinfahren des starren Endoskops ins Triebwerk und eine rotatorische Achse zur Realisierung unterschiedlicher Messposen.

A27
14:00

Projektionseigenschaften von Bildleitern bei der endoskopischen Streifenprojektion

J. Drangmeister, M. Kästner, E. Reithmeier

Institut für Mess- und Regelungstechnik, Leibniz Universität Hannover

jannis.drangmeister@imr.uni-hannover.de

Bei der Wartung von Maschinen oder Großbauteilen besteht häufig ein wirtschaftliches Interesse daran, Schäden im montierten Zustand zu detektieren. Die schlechte Erreichbarkeit von Bauteilen im Inneren kann jedoch die genaue Vermessung der Defekte erschweren.

Daher wird am IMR Hannover ein Messkopf entwickelt, welcher durch einen flexiblen endoskopischen Roboter durch kleine Wartungsöffnungen in beengte Platzverhältnisse eingeführt werden kann. Der Messkopf soll in der Lage sein, durch seine Umgebung zu navigieren, sowie Defekte zu lokalisieren und zu vermessen. Letzteres wird durch ein Streifenprojektionssystem bewerkstelligt. Während das Streifenmuster durch eine Chip-on-Tip Kamera direkt am Messkopf aufgenommen werden kann, wird das Streifenmuster selbst durch eine externe Projektionseinheit erzeugt. Der Transport des Musters zum Messkopf erfolgt durch einen Bildleiter. Am Messkopf angekommen wird das Muster aus dem Bildleiter ausgekoppelt und auf die Objekt Oberfläche projiziert. Der Beitrag befasst sich mit der Charakterisierung der optimalen Projektionseigenschaften des verwendeten Bildleiters.

14:15 **Wechsel zur Aula 1**

14:30 **DGaO-Nachwuchspreis**

15:30 **Networking Event: Altstadtführung Aachen**

18:30 **Networking Dinner: Ratskeller, Aachen**

B

B24-B27

13:15

Podiumsdiskussion: Karriereperspektiven in der Optik und Photonik

U. Boehm

Carl Zeiss AG, Oberkochen

ulrike.boehm@zeiss.com

Die Podiumsdiskussion zum Thema „Karriereperspektiven in der Optik und Photonik“ wird drei etablierte Personen aus Wirtschaft und Wissenschaft zusammenbringen, die ihre persönlichen Erfahrungen teilen werden. Die Diskussion wird sich auf die Herausforderungen und Chancen konzentrieren, die sich für Fachkräfte in diesem Bereich ergeben, insbesondere in Bezug auf die berufliche Entwicklung und das Vorankommen auf der Karriereleiter. Die Diskussion wird auch die Rolle der Weiterbildung und des Netzwerks im Hinblick auf den Erfolg in der Optik und Photonik beleuchten. Die Teilnehmer werden ihre eigenen Erfahrungen und Ratschläge teilen und die Diskussion wird eine Gelegenheit bieten, um Fragen zu stellen. Die Podiumsdiskussion dient somit als Inspiration und Informationsquelle für alle, die eine Karriere in der Optik und Photonik anstreben oder sich weiterentwickeln möchten.

14:15 **Wechsel zur Aula 1**

14:30 **DGaO-Nachwuchspreis**

15:30 **Networking Event:** Altstadtführung Aachen

18:30 **Networking Dinner:** Ratskeller, Aachen

**D
O
N
N
E
R
S
T
A
G**

Optische Sensorik in der Lasermaterialbearbeitung: Neueste Konzepte und Herausforderungen der Prozessüberwachung

M. Kogel-Hollacher

Precitec GmbH & Co. KG

m.kogel-hollacher@precitec.de

Die Überwachung industrieller Fertigungsprozesse ist entscheidend, um eine gleichbleibende Produktqualität sicherzustellen. Die gilt unweigerlich auch für die Lasermaterialbearbeitung. Typischerweise basieren kommerzielle berührungslose Laserüberwachungssysteme auf Kamera- oder Photodiodentechnologie. Die Einführung von In-Prozess-Messsystemen wie OCT hat die Fehlererkennung und Prozessregelung erheblich verbessert. Diese Systeme analysieren die physikalischen Effekte in der Prozesszone während der Bearbeitung, jedoch repräsentieren einzelne Informationen nicht allein die „Nahtqualität“, die durch mechanische, geometrische und metallurgische Eigenschaften der Naht definiert ist.

Indessen erwarten Nutzer mehr als eine binäre Bewertung nach „gut“ oder „schlecht“. Daher werden künstliche Intelligenz-Algorithmen eingesetzt. Diese Diskussion umfasst die Ableitung klassifizierter physikalischer Eigenschaften aus zuverlässigen Prozessinformationen.

Dieser Beitrag zur DGaO Jahrestagung beleuchtet neue optische Sensorikkonzepte für die Lasermaterialbearbeitung.

Dynamische Steuerung und automatisierte Justage von diffraktiven neuronalen Netzwerken für effektive Laserstrahlformung

P. Buske*, M. Kröger**, M. Trosin*, O. Hofmann*, J. Stollenwerk* ***, C. Holly* ***

* Lehrstuhl für Technologie Optischer Systeme TOS, RWTH Aachen University

** Lehrstuhl für Lasertechnik LLT, RWTH Aachen University

*** Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT

paul.buske@tos.rwth-aachen.de

Diffraktive neuronale Netzwerke (DNNs) sind eine Designmethode für Systeme aus kaskadierten diffraktiven optischen Elementen oder Spatial Light Modulators (SLMs). Diese Systeme ermöglichen komplexe räumliche Laserstrahlmodulation wie kombinierte Strahlteilung und -formung, hohe Schärfentiefe durch simultane Optimierung von Amplitude und Phase sowie Training auf mehrere Zielebenen für effektive 3D-Strahlformung.

In dieser Arbeit wird demonstriert, wie ein aus mehreren SLM bestehendes DNN-System dynamisch und flexibel über Microservices gesteuert und die Justage automatisiert werden kann. Diese Herangehensweise ermöglicht eine effiziente Steuerung des Systems, wodurch eine effektive Anpassung an unterschiedliche Anforderungen und Strahlformen möglich ist. Durch die Automatisierung der Justage werden zudem eine flexible Handhabung und eine höhere Genauigkeit gewährleistet.

Präzise Lasermarkierung durch synchronisierte Kaskadierung

H. Schlüter

SCANLAB GmbH, Puchheim

h.schlueter@scanlab.de

In der Lasermaterialbearbeitung stellt das begrenzte Scanfeld von 2D-Galvanometerscanköpfen eine Herausforderung dar, insbesondere in Kombination mit scannerbasierten Verzeichnungen und objektivbedingten Aberrationen. Die scannerbasierte und objektivbedingte Verzeichnung am Bildfeldrand führt zu Verzerrungen auf dem Werkstück, insbesondere bei großen Auslenkungen des Scanners. Die Problematik des Stitchings tritt auf, wenn das Scanfeld verfahren wird, was zu erkennbaren Übergängen zwischen den einzelnen Scanfeldern führt und die Genauigkeit beeinträchtigt. Zur Lösung dieser Herausforderungen wird ein innovativer Ansatz vorgestellt: die synchronisierte Kaskadierung von XY-Stage und Galvanometerscanner. Durch die präzise zeitliche Steuerung aller Achsen des Systems wird die Qualität der Lasermarkierung erhöht und gleichzeitig das Stitching-Problem und das begrenzte Scanfeld umgangen. Dieser Ansatz ermöglicht nicht nur eine verbesserte Präzision, sondern erhöht auch die Geschwindigkeit im Vergleich zu herkömmlichen Setups mit nur dem Galvanometerscanner. In diesem Vortrag wird die Problematik erläutert und das System vorgestellt.

10:00 **Kaffeepause**

A

A28
10:30

Berechnungsmethoden für Fernfeldhologramme – Gerchberg-Saxton Erweiterungen und Stochastic Gradient Descent Optimierer

M. Zimmermann, T. Haist, S. Reichelt

Institut für Technische Optik, Universität Stuttgart

markus.zimmermann@ito.uni-stuttgart.de

Verschiedene Berechnungsmethoden für Fernfeld Hologramme werden vorgestellt und verglichen. Es werden etablierte Erweiterungen für den Gerchberg-Saxton-Algorithmus erläutert. Dazu gehören das Konzept des Noise-Windows und die iterative Eliminierung von Specklen. Seit einigen Jahren werden erfolgreich Stochastic Gradient Descent Optimierer aus dem Bereich der Neuronalen Netze zur Berechnung von Hologrammen eingesetzt. Hier wird die Berechnung von Fernfeldhologrammen mittels eines Optimierers vorgestellt und die Ergebnisse werden mit den anderen Methoden verglichen.

A29
10:45

Berechnung und experimentelle Umsetzung von computergenerierten Mehrebenen-Hologrammen

X. Tong, T. Meinecke, J. Wüster, S. Sinzinger

Fachgebiet Technische Optik, Technische Universität Ilmenau

xiaofei.tong@tu-ilmenau.de

Beleuchtete Computergenerierte Hologramme (CGHs) ermöglichen die Erzeugung gewünschter Intensitätsverteilungen in einer oder mehreren axial hintereinander angeordneten Ebenen. Die dazu notwendigen CGHs werden mittels iterativen Fresnel-Ping-Pong Algorithmus (IFPPA), der auf dem Fresnel-Propagationsmodell zwischen den einzelnen Ebenen beruht, berechnet. Dabei sind folgende Herausforderungen zu beachten: i) „out-of-focus noise“ führt zu einer Wechselwirkung der Intensitätsverteilungen in den verschiedenen Ebenen. ii) das Signal zu Rausch Verhältnis verschlechtert sich mit der Zahl der Rekonstruktionsebenen aufgrund der begrenzten Freiheitsgrade in einer einzigen Hologrammebene. iii). Phase-only-Hologramme, die mit einem Spatialen Licht Modulator umgesetzt werden können sind, zusätzlich durch die Anzahl der Pixel begrenzt. iv) De-tour-Phasenhologramme ermöglichen durch die Implementierung von Amplituden- und Phaseninformation die Möglichkeit einer vergrößerten Anzahl an Freiheitsgraden für die Rekonstruktion. In diesem Beitrag diskutieren wir die Möglichkeiten der Erzeugung best-möglicher Wunschverteilungen in mehreren Ebenen und stellen eine Anwendung vor.

F
R
E
I
T
A
G

Modellbasierte Strahlformung mittels diffraktiver optischer Elemente für die Lasermaterialbearbeitung

R. Kurth*, J. Stollenwerk* **, C. Holly* **

* Lehrstuhl für Technologie Optischer Systeme TOS, RWTH Aachen University

** Fraunhofer Institut für Laser Technologie ILT

robin.kurth@tos.rwth-aachen.de

Für die Lasermaterialbearbeitung ist es vorteilhaft, eine an den jeweiligen Prozess derart angepasste Intensitätsverteilung zu verwenden, die auf dem Werkstück eine optimale Temperaturverteilung induziert. Diese angepasste Intensitätsverteilung wird im Rahmen der hier vorgestellten Arbeiten durch die Lösung des inversen Wärmeleitungsproblems bestimmt und ausgehend von einem ungeformten Laserstrahlprofil mit einem diffraktiven optischen Element (DOE) erzeugt. Dafür wird eine Phasenmaske bestimmt, die dem ungeformten Laserstrahl durch das DOE aufgeprägt wird. Auflösungsbedingt können bisherige Phasenmasken die gewünschte Intensitätsverteilung nicht exakt erzeugen, was wiederum zu einer Abweichung vom gewünschten Temperaturprofil führt. Die Abweichung zwischen Soll- und Ist-Intensitätsprofil steht dabei in einem nicht-linearen Zusammenhang mit der Abweichung zwischen Soll- und Ist-Temperaturverteilung. In dieser Arbeit wird die Abweichungen bei Optimierung hinsichtlich eines Intensitätsprofils quantifiziert. Darüber hinaus wird ein potenzieller Lösungsansatz vorgestellt, um die Abweichung vom resultierenden Temperaturprofil zu minimieren.

Stepped mask interference laser exposure (SMILE)

A. Savchenko, C. Pruß, A. Herkommer

Institut für Technische Optik, University of Stuttgart

savchenko@ito.uni-stuttgart.de

We present a proof-of-concept of a novel fabrication setup for polarization converters – stepped mask interference laser exposure (SMILE). The SMILE setup enables the cost-effective fabrication of polarization converters by means of standard laser interference lithography and dry etching processes. Key advantages of the proposed system include a large clear aperture diameter, limited only by the size of the lithography system, and a short fabrication time.

Lloyd's mirror interference lithography setup is modified by adding a mask with a circular sector opening. The mask and a substrate have independent rotation drives enabling the fabrication of segmented diffraction gratings with different grating line orientations. Each segment acts as a half-wave plate converting incident linear into radial polarization. Radial polarization is particularly beneficial in high-power laser applications, e.g. in material processing, as it provides higher cutting efficiency. Using SMILE we fabricated a segmented diffraction grating with a pitch below 500nm and a clear aperture diameter of 30mm. With an exposure time of 18s per segment, the resulting total processing time was below 5 minutes.

Design und Simulation eines konkaven polymerbasierten diffraktiven optischen Elementes zum Einsatz in der Spektroskopie

S. Smarzyk, K. Strathmann, M. Haupt

Jade Hochschule, Fachbereich Ingenieurwissenschaften, Wilhelmshaven

sebastian.smarzyk@jade-hs.de

An der Jade Hochschule wird im Rahmen des Projektes „Minispectral“ ein polymerbasiertes, miniaturisiertes Spektrometer entwickelt. Mittels moderner Spritzgusstechnik wird eine Polymerkuppel gefertigt, welche die Grundform des Spektrometers bildet. Auf der Oberfläche der Kuppel ist ein konkaves Beugungsgitter aufgebracht. Kuppel und Gitter weisen ein in den dreidimensionalen Raum verallgemeinertes Rowland-Kreis-Radius-verhältnis auf. Hierdurch wird ein Linseneffekt erzeugt. Die durch das Gitter in einzelne Wellenlängen zerlegten Strahlen werden so an der Oberfläche der Kuppel fokussiert und können dort detektiert und analysiert werden.

Die Grundform der Optik lässt sich mit Zemax Raytracing Simulationen abbilden. Um wichtige Parameter wie die Ausrichtung auf der Oberfläche der Polymerkuppel, Blazing sowie die Liniendichte des konkaven diffraktiven optischen Elements (DOEs) zu simulieren sind wellenoptische Simulationen notwendig. Diese wurden mit in Zemax eingebundenen Dynamic Link Libraries (DLLs) unter Verwendung der Rigorous-Coupled-Wave Analysis (RCWA) umgesetzt. Die Ergebnisse der Simulationsberechnungen werden auf der Jahrestagung der DGaO präsentiert.

11:45 **Mittagspause**

Efficient LED beam shaping with maskless irregular fly's eye condenser, its realistic modelling and stray-light analysis

D. Stefanidi**, L. M. Wilhelm*, R. Kundu*, P. Schreiber*, R. Brüning*

* Fraunhofer Institute for Applied Optics and Precision Engineering IOF Jena

** Institute of Applied Physics, Friedrich Schiller University Jena

dmitrii.stefanidi@iof.fraunhofer.de

Maskless irregular fly's eye condenser (iFEC) is a highly effective element for a beam shaping of arbitrary intensity profiles in the far field. The absence of absorbing masks ensures high transmittance for the pre-collimated LED source, and enables cost-effective monolithic mass production, such as high-precision injection molding.

However, completely maskless beam shaping introduces new challenges, especially in terms of stray-light suppression and analysis. The iFEC structure required to obtain the target intensity profile must be achieved without appearance of sag height jumps in the interlenslet areas due to the risk of pronounced stray-light features. Additionally, since in a maskless design the entrance lenslets themselves act as objects for constructing the far-field image of the beam, manufacturing limitations must be closely considered at the design stage and reflected in the micro-optics modelling. In this work we propose an exemplary system with iFEC as well as an established design and modelling approach for realistic beam simulation and stray-light identification.

Optische Simulation von Mikrolinsen-Arrays für die Fluoreszenzmikroskopie

A.-L. Fritze*, A. Evertz*, L. Fütterer*, B. Reitz*, L. Overmeyer*

*Institut für Transport- und Automatisierungstechnik (ITA), Leibniz Universität Hannover

annalena.fritze@ita.uni-hannover.de

Mit der Fluoreszenzmikroskopie werden Zellen in synthetischen Mikroumgebungen untersucht. Durch Randstrahlungen, die in nicht beobachteten Bereichen auftreten, kommt es derzeit zu übermäßigem photooxidativen Stress und Photobleichung der Zellen. In diesem Forschungsvorhaben wird daher eine Miniaturisierung und Parallelisierung der Mikroskopie angestrebt. Ein neuartiger Aufbau soll es ermöglichen, die Mikronäpfchen über eine Kombination aus Mikrolinsen- und MikroLED-Array selektiv mit einer homogenen Intensitätsverteilung ohne große Randstreuungen ($< 20\%$ in benachbarten Proben) mit unterschiedlichen Wellenlängen auszuleuchten. Diese Arbeit fokussiert sich auf die simulative Auslegung des Mikrolinsen-Arrays. Dazu wird eine Simulation konzipiert, in der die prozessrelevanten Parameter (Oberflächenrauheiten, Krümmungsradien, Brechungsindizes etc.) überprüft werden können. Mit einer FEM-Analyse wird außerdem die Komponentengeometrie der Mikrooptiken beurteilt. Abschließend soll auf Grundlage der Simulationsergebnisse ein, iterativ anhand der Prozesse angepasstes, optimiertes Design für das Mikrolinsen-Array identifiziert werden.

B

B30
11:00

Kollimatoren für Nano-Stack-Diodenlaser

E. Langenbach

eckhard.langenbach@sunrise.ch

Bei Nano-Stack-Diodenlasern werden in einem Chip mehrere Emissionszonen übereinandergestapelt, um die Ausgangsleistung des Lasers zu erhöhen. Multi-Chip-Nano-Stack-Diodenlaser steigern die Laserleistung weiter, indem mehrere Chips aufeinander montiert werden. Die vertikale Ausdehnung der Lichtquelle wächst dabei von etwa $1\mu\text{m}$ einer einzelnen Emissionszone auf etliche $100\mu\text{m}$ an. Die Strahldivergenz bleibt unverändert, und das Strahlparameterprodukt steigt proportional zur Höhe der Emissionsfläche an. Die Laserstrahlung lässt sich deshalb mit einer gemeinsamen Optik nicht auf kleine Brennpunkte fokussieren, da Abbildungen mit solchen Systemen das Strahlparameterprodukt unverändert lassen. Wenn man aber jede Emissionszone mit einer eigenen Optik kollimiert, lassen sich die großen Lücken zwischen den zu den einzelnen Emissionszonen gehörenden Strahlbündeln schließen. Das Strahlparameterprodukt des Gesamtsystems wird dadurch deutlich reduziert und die Fokussierbarkeit verbessert. Wegen der geringen Abmessungen kann ein solches System nicht mit konventionellen optischen Komponenten hergestellt werden, aber mit 3D-gedruckten Mikrolinsen ließe sich das System realisieren.

B31
11:15

Color corrected optical relay system for photolithographic DNA-synthesis

M. Funck*, M. Somoza**

* Funck Optics GmbH

** Leibniz-Institute for Food Systems Biology at the Technical University of Munich

m.funck@funck-optics.de

Synthetic creation of nucleic acids (e.g. DNA, mRNA) provides a means for accelerated research and engineering of biological materials as e.g. employed in genome analysis and RNA therapeutics. The creation of so-called DNA-microarrays can be efficiently performed on a large scale using maskless array synthesis (MAS): a digital mask is created by a digital micromirror device (DMD) which is illuminated with UV light and subsequently imaged onto target chemicals with an optical relay system. Hitherto, Offner relay systems have been used to realize a 1:1 imaging. Developing an advanced open-source MAS platform optical relay systems covering a larger numerical aperture and larger field of view have been studied. The developed catadioptric relay system suits the largest available DMDs and is corrected for first order axial and lateral color enabling the application of UV-LEDs as an inexpensive light source. This talk will elaborate on the optical design illustrating the design evolution, aberration correction and compare different relay alternatives. Results and measurements of the final imaging performance of the maskless photolithographic system will be presented.

B

B32

11:30

Optik-Design für eine skalierbare Anordnung optischer Pinzetten für das Quantum-Computing

T. Westphalen*, M. Adams*, M. Traub*, K. Ludwig*, H.-D. Hoffmann*, F. Meinert***, P. Ilzhöfer***, J. Zhao***, A. Scholz***, G. Unnikrishnan***, R. Kumar Gupta***, T. Pfau***, C. L. Haefner * **

* Fraunhofer Institut für Lasertechnik ILT

** Lehrstuhl für Lasertechnik LLT, RWTH Aachen University

*** Universität Stuttgart, 5. Physikalisches Institut

thomas.westphalen@ilt.fraunhofer.de

Die Entwicklung der auf Neutralatome n basierenden Quantencomputerplattform hat in den letzten Jahren rasante Fortschritte gemacht. Der Ansatz basiert auf optischen Pinzetten und Rydberg-Gattern, dessen Skalierbarkeit einen deutlichen Vorteil gegenüber anderen Konzepten darstellt. Um dies zu demonstrieren, wurde am Fraunhofer ILT zusammen mit der Universität Stuttgart ein optisches System zur Erzeugung von 20 x 100 optischen Pinzetten entwickelt.

Im ersten Teil des optischen Systems wird die Laser-Strahlung (592 nm) aus vier Singlemode-PC-Fasern auf 20 Kanäle aufgeteilt. Jeder Kanal enthält einen akusto-optischen Deflektor (AOD) zur Erzeugung einer Spalte von 100 Teilstrahlen. Die 20 Spalten werden über eine Spiegel-Kaskade räumlich zusammengeführt, so dass im Zwischenbild eine regelmäßige, telezentrische Anordnung von 2000 Laserspots erzeugt wird. Das Zwischenbild wird durch eine zweistufige, telezentrische Relay-Optik um den Faktor 50 verkleinert, so dass in der Vakuumkammer 20 x 100 regelmäßig angeordnete Laserspots mit 1,2 μm Durchmesser und 3,5 μm Abstand als optisches Pinzetten- bzw. als Rydberg-Atomfallen-Array genutzt werden können.

11:45 **Mittagspause**

Charakterisierung von Gestaltabweichungen technischer Oberflächen durch Strukturfunktions-Analyse

B. Gutiérrez-Cañas Pazos*, C. Falldorf*, R. B. Bergmann* **

* Bremer Institut für Angewandte Strahltechnik, Bremen

** Universität Bremen, Fachbereich 01: Physik und Elektrotechnik und MAPEX Center for Materials and Processes Bremen

gutierrez@bias.de

Zuverlässige Methoden zur quantitativen Erfassung von Gestaltabweichungen sind für die Qualitätssicherung essenziell. Zur Charakterisierung von Gestaltabweichungen bietet sich die Strukturfunktion (SF) an. Sie beschreibt gemittelte quadratische Höhendifferenzen in Abhängigkeit vom Abstand der zugehörigen Positionen. Die SF ist ein Werkzeug für die statistische Analyse von Form-Rohdaten und kann für beliebige Aperturen und Geometrien verwendet werden. Sie ermöglicht die Identifizierung lokaler und globaler Charakteristika in der Ortsfrequenz und somit die Gewinnung relevanter Parameter. Diese Arbeit zeigt die Eignung der SF zur Quantifizierung von Gestaltabweichungen nach DIN 4760 an technischen Oberflächen. Mit der SF lassen sich Rauheit, Formabweichungen und Welligkeiten auf beliebig geformten Oberflächen charakterisieren. Zudem lassen sich Oberflächenmerkmale durch geschickte Parameterwahl gezielt und effizient identifizieren. Eine Fensterung der Strukturfunktion ermöglicht lokale Aussagen über die Oberfläche bezüglich Fehlstellen und die hochpräzise Detektion von Rauheitsunterschieden.

Democratizing 3D Measurements in the Life Science – DIY & low cost 360° Stereophotogrammetry

G. J. Gentsch*, A. W. Stark*, M. Guo*, R. Kowarschik* **, C. Franke* ** ** *

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

** Abbe Center of Photonics, Friedrich-Schiller-Universität Jena

*** Jena Center for Soft Matter, Friedrich-Schiller-Universität Jena

gregor.joerg.gentsch@uni-jena.de

Among the available methods to measure the 3D-shape of an object, stereophotogrammetry (SPG) is distinguished because it provides very high precision from a gentle and contactless measurement. SPG has been utilized mainly in industrial applications but is working its way into the life sciences, enabling more quantifiable and therefore comparable analyses. So far, the relatively high cost and technical complexity of a high-end SPG setup prevented its widespread use for non-experts. We developed a low cost, DIY SPG setup, capable of 360° object reconstruction and provide our own reconstruction algorithm. All resources and assembly instructions will be published as a blueprint for reproduction. Consequently, all python code of the programs needed to control the setup and perform reconstructions are available open source too. This level of automation enables inexperienced users to acquire fast results and facilitate prolonged experiments focused on progression. We show that one iteration of the setup is able to resolve single mouse whiskers with a diameter of $\sim 20 \mu\text{m}$, while the latest variant is optimized to measure fruit flies – reaching isotropic (sub)-cellular resolution levels.

A

A35
13:15

Structured Illumination in microscopy: A Leap in nanoscopic Imaging

A. Platz*, A. W. Stark*, G. J. Gentsch*, R. Kowarschik* **, C. Geis***, C. Franke* ** *****

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

** Friedrich-Schiller-Universität Jena, Abbe Center of Photonics

*** Universitätsklinikum Jena, Klinik für Neurologie

**** Friedrich-Schiller-Universität Jena, Jena Center for Soft Matter

adrian.platz@uni-jena.de

In the realm of fluorescence-based microscopy, achieving precise 3D imaging of living cells is a central application. Super-Resolution Microscopy has greatly improved practical resolution limits, while also relying in some cases on chemical sample preparation or high photo-dosages that can severely damage or kill cells and microscopic organisms. Here, a new microscopy module is being developed to overcome these obstacles, offering high lateral and axial resolution while not relying on toxic sample preparation. The here presented technique employs repeatable structured illumination with patterns created with coherent light and a spatial light modulator as well as the overlapping of multiple structured illumination pattern, combined with the nonlinear response of fluorophores, enhancing resolution in all 3 dimensions while reducing phototoxicity. This patented innovation promises significant advancements in live-cell microscopy, particularly for studying neuronal plasticity and pharmacological effects in real time. In this talk the current state of the development of the module as well as the results from lateral resolution enhancement and nanoscopic 3D-reconstruction are presented.

A36
13:30
- ZURÜCKGEZOGEN -

F
R
E
I
T
A
G

13:45 **Kaffeepause**

14:15 DGaO **Mitgliederversammlung**

14:15 **Poster/Kaffee**

18:00 **Frauenhofer-Vorlesung**

19:00 **Gala Dinner:** Aula Carolina

Design und Realisierung einer kompakten katadioptrischen Multiaperturkamera mit großem Gesichtsfeld für den LWIR-Bereich

M. Hubold*, J. Karl*, H.-J. Quenzer**, R. Leitel*, R. Brüning*

* Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF, Jena

** Fraunhofer-Institut für Siliziumtechnologie (ISIT), Itzehoe

martin.hubold@iof.fraunhofer.de

Für Überwachungsaufgaben, z.B. industrielle Qualitätskontrolle, oder Fahrerassistenzsysteme werden ungekühlte Infrarotkameras im Bereich 8-14 μm eingesetzt, da in dem Spektralbereich keine Blendung durch die Sonne oder künstlicher Lichtquellen auftritt und zur beleuchtungsunabhängigen Personen- oder Wärmebrückenerkennung aufgrund der Eigen-Emission geeignet ist. Besonders im Automobilbereich werden lichtstarke Optiken $F/\# \leq 1$ mit hoher Winkelauflösung von 16 Pixeln/ $^\circ$ bei gleichzeitig großem Gesichtsfeld gefordert, welche zu großformatigen Linsen und großflächigen Bolometerarrays und folglich hohen Kosten führt. Unser Lösungsansatz nutzt einen mehrkanaligen katadioptrischen Systemaufbau basierend auf einem angepassten Zwei-Spiegel Cassegrain-Objektiv-Design vor State-of-the-Art Bolometerarrays. Die asphärischen Primärspiegel werden durch einen Glasfließ-Prozess und die integrierten Sekundärspiegel in den refraktiven Korrektur-elementen durch Grafton-Lithografie und Ätztransfer im Wafermaßstab hergestellt. Die Aufteilung des Gesichtsfeldes erfolgt durch transmittive Prismen. Wir präsentieren das Design und die Realisierung dieser kompakten Kameralösung.

Entwicklung eines Systems mit integrierter spektraler holografischer Detektion

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

* Fachgebiet Technische Optik, Technische Universität Ilmenau

** Carl Zeiss Jena GmbH

elisa.koethe@gmx.de

Ziel des Projekts ist es, ein System mit integrierter spektraler holografischer Detektion zu entwickeln. Dieses System soll wie ein bildaufgelöstes Spektrometer wirken. Es sollen Bilder mit spektraler Information zu jedem Pixel aufgenommen werden. Dafür wird ein System, bestehend aus zwei Hologrammen zur Lichtein- und -auskopplung und einem Substratglas zur Lichtlenkung, designt und hergestellt. Bei der Lichtbeugung an den Hologrammen wird die Eigenschaft genutzt, dass die effizienten Einfall- und Beugungswinkel wellenlängenabhängig sind. So kann jeder Einfallswinkel mit einer bestimmten Wellenlänge verknüpft werden. Um die spektrale Information für ein gesamtes Bild zu erhalten, muss ein Objekt daher unter verschiedenen Sichtwinkeln abgebildet werden.

Es wird festgestellt, dass tatsächlich spektrale Bilder mit dem hergestellten System aufgenommen werden können. Diese spektralen Bilder enthalten deutlich mehr Information als herkömmliche Farbbilder. Systeme dieser Art können außerdem nicht nur Information aus dem sichtbaren Spektralbereich, sondern beispielsweise auch Infrarotbilder aufnehmen.

Kostengünstige, multispektrale Lichtfeldkamera für medizinische Anwendungen

S. Kray, F. Blechschmidt, M. Gerlich

Hochschule Pforzheim, Institut für Smart Systems und Services (IoS³)

stefan.kray@hs-pforzheim.de

Lichtfeldkameras erfassen eine Szene aus mehreren Blickwinkeln und ermöglichen Informationen über die Bildtiefe. Multispektrale Lichtfeldkameras kombinieren diese verschiedenen Blickwinkel mit spektraler Filterung, um die spektrale Zusammensetzung des Messobjektes zu erfassen. Kommerzielle Multi- und Hyperspektralsysteme dieser Art haben stark begrenzte räumliche Auflösung und zeichnen sich durch hohe Kosten aus.

Diese Einschränkungen werden aufgehoben durch ein eigenentwickeltes Kameraarray mit spektraler Filterung, bestehend aus Raspberry Pi ZeroW-Modulen mit hardware-synchronisierbaren Kameras. Das Setup besteht aus derzeit 5 Kameras, die per Camera Serial Interface (CSI) verbunden sind zu je einem Pi ZeroW-Modul. Mittels Triggerleitung und einer Transistorlogik werden die Kameras synchron ausgelöst. Eine USB-Leitung versorgt die Module mit Strom und dient zur Kommunikation mit einem Steuerrechner.

Wir demonstrieren die simultane Detektion in 5 Spektralbereichen (460 nm, 550 nm, 630 nm, 730 nm, 850 nm). Wir erreichen Frameraten bis 20 Hz (entspricht 100 MPixel/s) und demonstrieren optische Pulsdetektion sowie Bestimmung der Blutsauerstoffsättigung an Gewebe.

Die Time-Gated Single Pixel Camera (TGSPC): Innovatives Konzept zur Objekterkennung durch streuende Medien

A. Birk*, C. M. Bett*, K. Frenner*, S. Reichelt*

* Institut für Technische Optik, Universität Stuttgart

alexander.birk@ito.uni-stuttgart.de

Die Single Pixel Camera (SPC) nach Duarte et al. ist eines der bedeutendsten Grundkonzepte des Compressed Sensing (CS). Unsere Arbeit im Zusammenhang mit der Sicht durch streuende Medien führte zur Entwicklung der Time-Gated Single Pixel Camera (TGSPC). Sie führt die Bildrekonstruktion aus stark komprimierten Datensätzen der SPC mit der tiefaufgelösten Abtastung von LiDAR-Systemen zusammen. Für die Datenauswertung stehen sowohl aus dem Bereich CS bekannte klassische Algorithmen, als auch moderne, deep-learning-gestützte Verfahren zur Verfügung, um verschiedene Einsatzbereiche zu erschließen.

Dank der Fortschritte im Bereich schneller Lichtmodulatoren sowie extrem schneller Signalerfassung von Photodetektoren sind wir in der Lage, die erstmalige Implementierung der TGSPC in Form eines Demonstratorsystems vorzustellen. Im Vortrag werden konzeptuelle Vorzüge unter suboptimalen Sichtverhältnissen besprochen und Herausforderungen hinsichtlich der Implementierung in Hardware diskutiert. Die mit unserer ersten Version erreichten Detektionsergebnisse werden gezeigt. Außerdem werden mögliche Einsatz-Szenarien und zukünftige Erweiterungen erläutert.

13:45 **Kaffeepause**14:15 DGaO **Mitgliederversammlung**14:15 **Poster/Kaffee**18:00 **Frauenhofer-Vorlesung**19:00 **Gala Dinner:** Aula Carolina

A/B

H5

09:00

Von Quantensensoren zur Photovoltaik – Optische Präzisionsmesstechnik für eine digitale, sichere und nachhaltige Welt von morgen

C. Denz

Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig

cornelia.denz@ptb.de

In der Metrologie ist der Einsatz von Präzisionsmesstechnik ein Schlüsselement, um definierte Unsicherheiten und die höchste Qualität der abgeleiteten Produkte zu erzielen. In der Optik ist dies von besonderer Bedeutung, da drei der sieben Basiseinheiten optisch definiert werden: die Sekunde, das Meter und die Candela. Damit hat die optische Präzisionsmesstechnik mit einem breiten Aufgabenfeld eine Vorreiterrolle: Optische Quantensensoren sind hochpräzise Universaltalente, die Quantenuhren, Quantencomputer und abhörsicherer Quantenkommunikation ermöglichen. In der Nanometrologie schaffen interferometrische, mikroskopische und spektroskopische Verfahren die Voraussetzung zur präzisen Formvermessung, und zugehörige digitale Zwillinge einen Zugang zur virtuellen, KI-basierten Messtechnik. Die angewandte Photometrie und Radiometrie wiederum ermöglichen die Messung essentieller Klimavariablen genauso wie die präzise Bestimmung der Effizienz von Solarmodulen.

Im Vortrag wird dieses Potential der optischen Präzisionsmesstechnik für die aktuellen Herausforderungen Sicherheit, Digitalisierung und Klimawandel an verschiedenen Beispielen illustriert.

H6

09:30

3D-Präzisionsstrukturierung von Glas durch selektives laserinduziertes Ätzen und UKP-Laserschweißen von Glas für photonische Technologien

J. Gottmann

LightFab GmbH

j.gottmann@lightfab.de

Selektives laserinduziertes Ätzen ist eine Kombination aus innerem 3D-Glasmodifizieren mit fokussierter Ultrakurzpuls-Laserstrahlung und anschließendem nasschemischen Ätzen. Der Laserfokus wird innerhalb des Glases in 3D bewegt, um das Volumen zu belichten, das im anschließenden Nassätzprozess selektiv entfernt wird. Beispiele für 3D-Glasbauteile sind V-Nuten und Klemmvorrichtungen zur Aufnahme von Lichtleitfasern sowie Montagekomponenten für Linsen oder Spiegel. In Kombination mit dem spaltüberbrückenden Verschweißen von Glas mittels Ultrakurzpuls-Laserstrahlung ermöglichen die LightFab 3D-Drucker die Herstellung präziser Mikrofluidik aus Glas und neuartiger Strukturen für Quantentechnologien und Sensorik.

S
A
M
S
T
A
G

10:00 Kaffeepause

Lasermaterialbearbeitung

A

A37
10:30

Geometry measurements with image processing and forward projection

S. Reichel, K. Blankenbach, C. Link, M. Winkle

Hochschule Pforzheim

steffen.reichel@hs-pforzheim.de

The automatic inspection of 2D or 3D geometries are used e.g. for component control in production processes. Often, such a visual inspection uses cameras and image processing to measure geometries. Geometry measurement methods use e.g. triangulation or stereo cameras.

We propose a new approach based on our presented camera calibration using re-projection as well as forward projection (e.g. DGAO Proceedings 2022). After calibration, the 2D image coordinates of a 3D object are forward projected into the 3D world. Only once the distance and one dimension of a 3D object needs to be known by our method. For different distances, the scaling value s from our forward projection algorithm indicates the new distance and thus we measure the geometry of the object. Even if the object is translated or rotated, the forward projection can predict the geometry of the object. We recognize different standard flat geometries using image processing. Then, we apply forward projection for different distances using our method to predict the geometric sizes of the object. We will present our results obtained from image processing and forward projection with real measurements and discuss precision.

A38
10:45

Automated Optical Qualification Method for Position Sensitive Diodes

J. Schneider, L. de Andrade Both, L. Gorißen, T. Kaster, P. Walderich

Lehrstuhl für Lasertechnik, RWTH Aachen

jan-niklas.schneider@llt.rwth-aachen.de

This study focuses on the automated optical qualification of a Position Sensitive Diode (PSD) concerning nonlinear distortion, a crucial process for ensuring the accuracy and reliability of PSDs in various applications. The method proposes a defined motion between PSD and a stationary laser spot, achieved by a hexapod. A comprehensive data acquisition process was conducted, which included recording measurements across equidistant positions along the x and y axes to provide a detailed assessment of the PSD's performance. The results demonstrated that the measured distortion of the PSD aligns qualitatively with the theoretical expectations in literature, indicating the validity of the theoretical models used in predicting PSD behavior. The study concludes that the system is capable of automatically performing a qualification process for PSDs. The optical resolution and dynamic of PSDs make them suitable for use as calibration inputs for laser beam positioning systems, e.g., galvanometer scanner, and as sensory inputs for a closed-loop control of laser spot positions. This highlights the versatility and efficiency of PSDs in precision applications.

S
A
M
S
T
A
G

A

A39

11:00

Messung des spannungsoptischen Koeffizienten von optischem Glas: Neue Daten über einen großen Spektralbereich

R. Jedamzik, J. Weber, A. Engel, U. Petzold, H. Kaufmann

SCHOTT AG

ralf.jedamzik@schott.com

In diesem Vortrag wird eine neue Method zur Messung des spannungsoptischen Koeffizienten von optischem Glas vorgestellt. Die Methode basiert auf dem Verfahren C der Norm ASTM C770. Neu ist, dass durch die Verwendung eines Ellipsometers ein Spektralbereich von 245 nm bis 1670 nm genutzt werden kann. Die Messgenauigkeit hängt von einer Reihe von Einflussgrößen ab, welche im Rahmen des Vortrags diskutiert werden sollen. Die Ergebnisse werden mit einer Dispersionsformel nach Cauchy gefittet, wodurch der spannungsoptische Koeffizient für jede Wellenlänge im Gültigkeitsbereich berechnet werden kann. Es werden die Ergebnisse für eine ganze Reihe von optischen Gläsern von SCHOTT vorgestellt. Dabei ist zu beobachten, dass die Gläser besonders an der UV Kante eine unterschiedlich ausgeprägte Dispersion des spannungsoptischen Koeffizienten aufweisen, die im optischen Design mit polarisationssensitiven Anforderungen berücksichtigt werden kann.

A40

11:15

Analyse von YAG-Kristallen in einer Glaskeramik-Matrix mittels orts aufgelöster Fluoreszenzlebenszeitmessung

M. K. Hofmann*, Z. Zhang*, U. Brokmann**, A. Herrmann**, S. Sinzinger*

* Fachgebiet Technische Optik, Technische Universität Ilmenau

** Fachgebiet Anorganisch-nichtmetallische Werkstoffe, Technische Universität Ilmenau

meike.hofmann@tu-ilmenau.de

Die zeitkorrelierte Einzelphotonenmessung (time correlated single photon counting - TCSPC) ist eine Methode, um die Fluoreszenzlebensdauer zu messen. Da diese stark von der strukturellen Umgebung der Fluorophore abhängig ist, kann die Fluoreszenzlebenszeitmessung z.B. zur Strukturaufklärung in Festkörpern eingesetzt werden. Dazu wird eine fluoreszierende Probe mit einem gepulsten Laser angeregt und die emittierten Photonen werden gemäß ihres Zeitversatzes zum Anregungspuls in ein Histogramm einsortiert. Durch eine vielfache Wiederholung der Messung lässt sich eine Abklingkurve des Fluoreszenzsignals ermitteln aus der die Lebenszeit extrahiert werden kann. Am Beispiel einer Y3Al5O12 (YAG)-Glaskeramik wird die orts aufgelöste Messung der Fluoreszenzlebenszeit der in einer Glasmatrix isoliert vorliegenden Ce³⁺-dotierten YAG-Kristalle demonstriert. Es wird untersucht, ob und in welcher Weise dadurch Informationen zum Einbau fluoreszierender Ionen im Sinne der Strukturaufklärung gewonnen werden können, insbesondere an den Grenzflächen Kristall/Glas. Besonderes Augenmerk wird auch auf die Beleuchtungsmodalitäten der Probe und auf die Möglichkeiten einer Strahlformung gelegt.

S
A
M
S
T
A
G

A

A41

11:30

Minimalinvasive Visualisierung von Laserstrahlung in atmosphärischer Umgebung

A. Ausmeier, S. Sinzinger

Fachgebiet Technische Optik, Technische Universität Ilmenau

alexander.ausmeier@tu-ilmenau.de

Soll die Präsenz von intensiver Laserstrahlung in atmosphärischer Umgebung nachgewiesen werden, so ist man klassischerweise gezwungen einen Schirm, Sensor, o.Ä. direkt im Strahl zu platzieren. Diese Methodik ist jedoch zwangsläufig mit einer oberen Intensitätsgrenze verbunden, da die Materialien des Schirms eine Zerstörschwelle besitzen. Ein weiterer Nachteil ist, dass der Schirm bewegt und einzelne Bilder aufgenommen werden müssen, wenn die gesamte Intensitätsverteilung des Strahls erfasst werden soll. Aus dieser Motivation heraus wurden im Rahmen einer Diplomarbeit des Fachgebiets Technische Optik an der TU Ilmenau Interaktionen eines fokussierten Laserstrahls mit dem Propagationsmedium Luft untersucht. Ziel war dabei die Visualisierung der Intensitätsverteilung um die Fokusslage, ohne dass sich optische Bauteile oder andere ausgedehnte Festkörper im Bereich des Strahls befinden. Der Strahl wurde bei diesen Untersuchungen von der Seite betrachtet. Es wurden Versuche mit Rayleigh-Streuung, Thermischer Strahlung, Schlierenverfahren und Interferometer durchgeführt und ausgewertet.

11:45 **Ende der Tagung**

S
A
M
S
T
A
G

B

B37
10:30

Simulation des Einflusses von prozessangepassten Intensitätsverteilungen und Streueffekten beim Laserdurchstrahlschweißen

J. Dahlmanns*, A. Völl*, J. Stollenwerk* **, C. Holly* **

* Lehrstuhl für Technologie Optischer Systeme TOS, RWTH Aachen

** Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT

jacqueline.dahlmanns@tos.rwth-aachen.de

Beim Laserdurchstrahlschweißen werden Bauteile verschweißt, indem die Fügezone durch einen transparenten Kunststoff hindurch bestrahlt und durch Absorption in einem opaken Kunststoff erhitzt wird. Durch das berührungslose Verfahren können auf diese Weise auch komplexe Schweißnahtgeometrien umgesetzt werden. Dabei kommt es jedoch durch die aktuell in der Industrie ausschließlich eingesetzten symmetrischen Gauß-, Tophat oder M-shape Intensitätsverteilungen für kleine Nahradien oder hohe Materialdicken zu ungeeigneten Temperaturprofilen, wodurch das Prozessergebnis nachteilig beeinflusst wird. Um dieses Problem zu reduzieren, werden für ein ideales Temperaturprofil in der Fügezone mit Hilfe des inversen Wärmeleitproblems werkstoff- und bauteilangepasste Intensitätsverteilungen berechnet und diese durch ein optisches System entsprechend umgesetzt. Dabei wird insbesondere auch die Streuung im transparenten Fügepartner berücksichtigt und der Einfluss dieser auf das Schweißergebnis untersucht.

B38
10:45

Erzeugung schwarzer Markierungen durch UV-Laser Bestrahlung von TiO₂-haltigen handelsüblichen Gläsern

L. J. Richter, C. M. Beckmann, J. Ihlemann

Institut für Nanophotonik Göttingen e. V.

lukas.richter@ifnano.de

Eine Methode zur Erzeugung schwarzer Markierungen auf handelsüblichen titandioxidhaltigen Gläsern wird vorgestellt. Bei diesem Verfahren wird durch Bestrahlung mit einem UV-Excimer-Laser (Wellenlänge 193 nm, Pulsdauer 20 ns) eine hügelige Mikrostruktur auf der Glasoberfläche erzeugt. Diese Mikrostruktur entsteht durch Phasentrennung, die zu titan- und siliziumreichen Phasen führt, verbunden mit einer teilweisen Sauerstoffreduktion des Titandioxids. Es resultiert eine schwarze Markierung auf der Glasoberfläche, hervorgerufen durch eine erhöhte Absorption des sauerstoffarmen Titanoxids und einen Streueffekt der Mikrostruktur. Somit können kontrastreiche und beständige Markierungen für informative oder dekorative Zwecke erzeugt werden.

S
A
M
S
T
A
G

Abtragsfreie Oberflächenstrukturierung silikatischer Gläser mittels ultrakurz gepulster Laserstrahlung

M. Skiba*, S. Resche*, M. Seiler*, J. Bliedner*, A.-F. Lasagni**

* Fachbereich SciTec, Ernst-Abbe-Hochschule Jena;

** Institut für Fertigungstechnik, Technische Universität Dresden; Fraunhofer IWS, Dresden
marina.skiba@eah-jena.de

Die Bestrahlung dielektrischer Materialien mit hochenergetischen ultrakurzen Laserpulsen bietet vielfältige Möglichkeiten zur Mikro- und Nanostrukturierung. Entscheidend ist dabei die zeitliche und räumliche Energieverteilung auf der Oberfläche und im Volumen des Materials.

Die Arbeit zeigt erstmals eine abtragsfreie, großflächige Oberflächenmodifikation von Glas im Scanning-Verfahren mittels Ultrakurzimpulsstrahlung und untersucht die Veränderung der Oberflächentopographie auf der Ober- und Unterseite der Glasproben in Abhängigkeit von den gewählten Laserparametern.

Die erzeugten Strukturen zeigen sich in Form von Mikrowölbungen, die je nach eingebrachter Laserleistung unterschiedlich stark ausgeprägt sind. Ihre Charakterisierung erfolgt im Rahmen der Studie mit Hilfe der Weißlichtinterferometrie. Die Analyse der Spannungsdoppelbrechung, der Oberflächenrauheit und möglicher Tiefenschädigungen liefert wichtige Erkenntnisse zum Prozessverständnis.

Die Arbeit eröffnet neue Perspektiven für die Herstellung mikrooptischer Komponenten und bietet Ansätze für weiterführende Untersuchungen zur gezielten abtragsfreien Oberflächenstrukturierung.

Strahlformung für die Laser-Diode-Floating-Zone-Kristallzucht

F. Rackeseder* **, M. Traub**, T. Ito***, D. Hoffmann*, C. L. Haefner* **

* Lehrstuhl für Lasertechnik LLT, RWTH Aachen University;

** Fraunhofer Institut für Lasertechnik ILT

*** National Institute of Advanced Industrial Science and Technology AIST

florian.rackeseder@iit.fraunhofer.de

Das Laser-Diode-Floating-Zone- (LDFZ-) Verfahren ist ein Prozess zur tiegelfreien Züchtung von Einkristallen hoher Reinheit. Hierbei werden ein polykristalliner Nährstab und ein monokristalliner Impfling zusammengebracht und an der Kontaktstelle mit Lasern homogen über den Umfang bestrahlt, wodurch diese erwärmt und aufgeschmolzen wird. Der sukzessive umgeschmolzene Nährstab erstarrt monokristallin an der Unterseite der Schmelzzone gemäß der Kristallstruktur des Impflings. Die Anforderungen des Prozesses hinsichtlich Homogenität und Temperaturgradienten in der Schmelze lassen sich in ein spezielles Anforderungsprofil für die Intensitätsverteilung der Laserstrahlung im Fokus überführen. Zuerst werden Konzepte zur Strahlformung vorgestellt und analysiert. Anschließend wird das optische und mechanische Design eines realisierten 20kW-System für die Züchtung von Galliumoxid-Kristallen mit Durchmessern von bis zu 38 mm sowie die Ergebnisse der Kristallzuchtversuche vorgestellt. Abschließend wird ein alternativer Ansatz zur Erzeugung spezieller homogenisierter Strahlprofile für das LDFZ-Verfahren diskutiert, um hochschmelzende optische Isolatoren mit großer Verdet-Konstante herzustellen.

B

B41

11:30

Dynamische Fokuslagenmessung mittels Amplitudenmaske und neuronaler Netze

J. Hofmann*, P. Kara*, J. Stollenwerk* **, C. Holly* **

* Lehrstuhl für Technologie Optischer Systeme TOS, RWTH Aachen University

** Fraunhofer Institut für Lasertechnik ILT

joerg.hofmann@tos.rwth-aachen.de

Optische Systeme werden bei der Lasermaterialbearbeitung insbesondere zur Strahlführung und -formung eingesetzt. Bei mittleren Laserleistungen im Multi-Kilowatt-Bereich führt das in den optischen Elementen absorbierte Laserlicht zu deren Erwärmung. Dadurch entsteht der sogenannte thermische Linseneffekt, der zu einer Brennweitenänderung des optischen Systems und damit zu einer Verschiebung der Fokusslage relativ zum Werkstück führt. Somit verringert sich die Intensität der Laserstrahlung auf dem Werkstück, was zu einer verminderten Bearbeitungsqualität oder sogar zum Abbruch des Bearbeitungsprozesses führen kann. In diesem Beitrag wird ein optisches Messverfahren zur dynamischen Bestimmung der Fokusslage untersucht. Die Bestimmung der Fokusslage basiert auf einem Beugungsmuster, das durch eine Amplitudenmaske in der Fokusebene erzeugt wird. Außerhalb der Fokusebene findet eine charakteristische Verformung des Beugungsmusters statt. Das Beugungsmuster wird mithilfe zuvor trainierter neuronaler Netze ausgewertet.

11:45 **Ende der Tagung**

S
A
M
S
T
A
G

P1 **Possible Photon Trajectories in a System of Two Twisted Optical Slits**

W. Dultz, E. Frins*, B. Hils, H. Schmitzer**

Univ. Frankfurt,

* Univ. de la Republica Montevideo

** Xavier Univ. Cincinnati

requalivahanus@t-online.de

We compare four different ways of calculating the possible paths for photons in a twisted slit system with elementary Huygens light waves. The first way leads to a surface of the stationary phase and its geodesics in the Fresnel function approximation, and describes the classical channel of photon trajectories [1a-d]; the second way is similar but uses a graphical method instead of an integration, the third way is based only on momentum conservation at the slits [1e], and these three are opposed to the results of a numerical integration. Summing up we find momentum conservation [1e] to be the dominant effect in describing possible photon trajectories in a system of narrow slits in free space.

[1] E. Frins et al. DGaO-Proceedings (a2018, b2019, c2022, d2023, e2013)

P2 **A program-based solution for streamlining iterative challenges in optical design phases**

O. H. Yuksek

YKP Optics UG

o.halit.yukse@ykp-optics.com

Efficient optical design is pivotal for achieving optimal system performance, requiring iterative adjustments to merit function editor operands, targets, and weights. Recognizing the inherent challenges of this process, we propose an innovative, program-based optimization algorithm.

This algorithm revolutionizes the iterative nature of optical design by allowing users to input optical design specifications (first-order parameters, aberrations, polarization, glass selection, cost, etc.) and mechanical constraints, facilitating a customized optimization approach. Seamlessly integrated with Zemax OpticStudio, our program efficiently addresses the intricate steps involved in iterative design. Moreover, our optimization algorithm simplifies complexities inherent in the process, ensuring streamlined efficiency when tackling iterative design challenges. This comprehensive approach markedly reduces the time and effort invested in optical design, presenting a novel and practical solution for achieving optimal performance in optical systems.

P3 **Free space coupling into deformed whispering gallery mode disk resonators – analysis of the far field distribution**

T. Schamburek, S. Sinzinger

Fachgebiet Technische Optik, Technische Universität Ilmenau

tobias.schamburek@tu-ilmenau.de

Free space coupling of focused laser beams into optical microresonators has been shown to provide an alternative to conventional tapered optical fiber coupling. This results from the high stability of the resonator-beam alignment and a high coupling efficiency. We investigate a specific type of free space coupling using lithographically etched diffractive optical elements (DOE) integrated on top of the resonator. Choosing the correct DOE parameters, the overlap integral between the incident laser field and the excited whispering gallery mode needs to be maximized in order to enable efficient coupling. For a demonstration experiment, a deformed whispering gallery mode disk resonator exhibiting strong far-field emission into a single direction (also referred to as a shortegg resonator) is fabricated lithographically with the DOE integrated. The free space coupling efficiency is examined with the help of far-field intensity measurements. Finally, a comparison with simulations conducted in COMSOL Multiphysics is presented.

P4 **Phase Retrieval mit verstimmbarer Optik**

T. Meinecke, S. Sinzinger

Fachgebiet Technische Optik, Technische Universität Ilmenau

thomas.meinecke@tu-ilmenau.de

Phase Retrieval ist eine weit verbreitete Methode zur Gewinnung der komplexwertigen Amplitude des Wellenfeldes eines kohärent beleuchteten Untersuchungsobjekts. In diesem Verfahren wird ein Stapel von Intensitätsverteilungen defokussierter Bildebenen aufgenommen, aus denen mittels numerischer Propagation iterativ die komplexwertige Amplitude des Wellenfeldes ermittelt wird. Traditionell erfolgt die Aufnahme der defokussierten Bildebenen durch die mechanische Verschiebung eines Kamerasensors entlang der optischen Achse. Durch den Einsatz einer verstimmbaren Linse in einem Teleskop (4f System, Fourierebene) kann diese zeitaufwändige Defokussierung durch eine Brennweitenänderung der Linse realisiert werden. Bedingt durch ihren inneren Aufbau ändern sich dabei die Lage ihrer Kardinalelemente und damit die grundlegenden Abbildungseigenschaften und gewünschten Funktionalitäten des gesamten kollinearen Abbildungssystems. Wir untersuchen geeignete Kompromisslösungen und stellen diese vor.

P5 **Digitale holografische Vibrometrie – (technologische) Grenzen und Anwendungsbeispiele**
F. Dötzer*, J. May*, S. Sinzinger*

* Fachgebiet Technische Optik, Technische Universität Ilmenau
florian.doetzer@tu-ilmenau.de

Die holografische Vibrometrie ist ein berührungsloses interferometrisches Verfahren zur schnellen orts aufgelösten Messung von Oberflächenschwingungen ohne zeitintensiven Scanprozess. Je nach gewählter Konfiguration erlaubt sie die quantitative Charakterisierung von Schwingungen mit kleinen (μm) bis kleinsten (sub-nm) mechanischen Auslenkungen. Sie eignet sich besonders für Schwingungen mit hohen Frequenzen bei gleichzeitig jedoch niedriger Frequenzbandbreite.

Mögliche Anwendungen umfassen neben der Prüfung technischer Bauteile durch akustische Resonanztests bzw. der Untersuchung von Ultraschall- oder MEMS-Aktoren zum Beispiel auch die Charakterisierung akustischer Oberflächenwellen. Anhand ausgewählter Beispiele präsentieren wir unterschiedliche Ausführungen der holografischen Vibrometrie, die im Detail der jeweiligen Messaufgabe angepasst sind. Neben der Funktionsweise werden die Eigenschaften und Grenzen der Methoden diskutiert sowie konkrete Messergebnisse vorgestellt.

P6 **Absolute Form-Interferometrie für Asphären und Freiformflächen mit einem Tilted-Wave-Interferometer**

C. Schober, C. Pruß, A. Gronle, R. Beißwanger, A. Herkommer
Institut für Technische Optik, Universität Stuttgart
schober@ito.uni-stuttgart.de

Die Tilted-Wave-Interferometrie (TWI) ermöglicht die flexible und schnelle Vermessung von Asphären und Freiformflächen durch eine Nicht-Null Interferometrie Messung. Dabei wird der Prüfling über ein Punktlichtquellenarray mit axial verschobenen Punktlichtquellen unter verschiedenen Winkeln beleuchtet, um die lokalen Gradienten des Prüflings zu kompensieren. Aus den Messdaten wird über die Lösung eines inversen Problems die Formabweichung und der Justagezustand des Prüflings bestimmt. Um eine höhere Genauigkeit bei der Messung zu erreichen, ist es nötig, die einzelnen Teilinterferogramme in einen absoluten Bezug zu setzen. In diesem Beitrag wird ein Konzept vorgestellt, um diese Informationen über die Verwendung von Lichtquellen mit unterschiedlichen Wellenlängen bei der Messung zu gewinnen. Dazu wird die durch die Messungen mit den verschiedenen Wellenlängen entstehende synthetische Wellenlänge ausgewertet und als zusätzliche Information in die Lösung des inversen Problems eingefügt.

P7 **Weiterentwicklung des Doppelendinterferometers für die Kalibrierung von Referenzkugeln zur Rückführung des Meters**

T. Neupert-Wentz, G. Bartl, R. Schödel

Physikalisch-Technische Bundesanstalt

Tillman.Neupert-Wentz@ptb.de

Referenzkugeln in den Größen 10 mm und 30 mm sind ein Standardkalibriermittel für den Taststift eines Koordinatenmessgerätes (KMG). Dabei werden Referenzkugeln zur Rückführung der Form und des Durchmessers der Taststifte genutzt. Für diese Rückführung wird die Referenzkugel an diametralen Punkten angetastet. Aus der Geometrie der Referenzkugel lässt sich auf den Taststift zurückschließen. Die Kalibrierung der Geometrie der Referenzkugel hat dadurch einen direkten Einfluss auf die Messunsicherheit der KMG-Messungen.

Unter Verwendung eines modifizierten Doppelendinterferometers (DEI) soll die Kalibrierung mehr Daten bei geringerer Unsicherheit erzeugen. Das DEI wurde ursprünglich für die Endmaßkalibrierung entwickelt und besteht aus zwei gegenläufigen Twyman-Green-Interferometern. Durch die Verwendung fokussierender Optiken wird eine Messung an Kugeln ermöglicht. In einer Machbarkeitsstudie wurde dieses Messprinzip untersucht und Verbesserungsmöglichkeiten identifiziert. Diese Arbeit stellt die Implementierung der Verbesserungen sowie die Weiterentwicklung des Messprinzips vor. Dazu gehört die Verwendung von Parabolspiegeln und eine neue Auswertungsmethodik.

P8 **Neu konzipiertes Messprogramm für eine Nanopositioniermaschine mit fünf Dimensionen**

C. Fan, J. Leineweber, I. Ortlepp, T. Fröhlich

Institut für Prozessmess- und Sensortechnik, Technische Universität Ilmenau

chao.fan@tu-ilmenau.de

Für die 3D-Nanofabrikation auf stark gekrümmten oder freigeformten Oberflächen ist eine kontinuierliche und hochpräzise Antastung der Probenoberfläche erforderlich. Für minimale Messabweichungen soll der Messsensor in Echtzeit senkrecht zu den zu messenden Oberflächen stehen. Zu diesem Zweck wurde eine 5D-Nanopositioniermaschine entwickelt. Diese neu konzipierte Maschine basiert auf der klassischen 3D-Nanopositioniermaschine NMM-1 mit zwei zusätzlichen rotativen Freiheitsgraden, die dem Tool eine 360°-Drehung und eine 60°-Neigung um Hohlsäulen ermöglichen. Mit Hilfe eines optischen Abstandssensors (Fokussensor) können die Profilmessungen durchgeführt werden. Zusätzlich steht eine Hemisphäre aus Quarz mit drei Fabry-Pérot-Interferometern als In-situ-Referenzsystem zur Verfügung, mit dem die Position des Fokussensors während der Messung in Echtzeit bestimmt werden kann.

Diese Arbeit konzentriert sich auf das Programm zur Regelung des Systems, um eine Synchronisation zwischen den Polarkoordinaten des Referenzsystems und den kartesischen Koordinaten der NMM-1 herzustellen. Gleichzeitig wurde das System mit einer Stahlkugel von 9 mm Durchmesser kalibriert.

P9 **Kalibration eines Multipoint Photogrammetrischen Sensor für die industriellen Anwendungen**
B. Bertschinger*, J. Baumgärtner**, K. Hoffmann***, G. Kanagalingam***, S. Reichelt*

* Institut für technische Optik - ITO, Universität Stuttgart

** Institut für Produktionstechnik - WBK, Karlsruher Institut für Technologie

*** Institut für Systemdynamik - ISYS, Universität Stuttgart

bernd.bertschinger@ito.uni-stuttgart.de

Für die Forschung, Entwicklung und Herstellung neuer innovativer Produkte, werden höchstflexible Anlagen benötigt. Roboterarme sind aufgrund der flexiblen Konfiguration und geringen Raumbedarfs weit verbreitet. Im Einsatz wird die Position der Werkzeugspitze durch interne Drehmessgeber bestimmt. Aufgrund der Fehlerfortpflanzung der einzelnen Gelenkachsen ist die Positioniergenauigkeit jedoch eingeschränkt. Eine Alternative bieten hier externe Messverfahren. Laser-Tracker und Working Stations erlauben eine hohe Messauflösung, jedoch steht der hohe Kostenaufwand für diese Systeme einem flächendeckenden industriellen Einsatz im Wege.

Das Institut für optische Messtechnik hat mit der photogrammetrischen Verfahren der Multipoint-Messtechnik ein Alternative entwickelt. Eine Steigerung der Positionsgenauigkeit in der Koordinatenmesstechnik wurde an einem Portal-Koordinatenmessgerät bereits nachgewiesen. Für den industriellen Einsatz in der Roboter messtechnik ergeben sich jedoch eine Vielzahl von neuen Herausforderungen, wie Datenrate, Spektrum, Messvolumen, Achsteifigkeit und besonders Abschattung, welche einen neuen Ansatz für die Systemauslegung und Kalibration erforderlich machen.

P10 **Investigation of laser spot size and accuracy in laser speckle relative displacement estimation**

P. Walderich, A. Singh

Lehrstuhl für Lasertechnik (LLT) der RWTH Aachen

philipp.walderich@llt.rwth-aachen.de

As lasers become a commodity, there is a growing demand for affordable and precise position sensing in laser material processing. Digital Photonics is meeting this demand through a comprehensive development of system technology driven by photonics requirements. The focus lies on in-plane relative displacement sensing of a processing head in relation to a reference surface using laser speckle. This involves a template matching algorithm analyzing laser speckle images to track the template's position in sequential images. The study investigates the impact of laser spot diameter on sensing accuracy by executing reference trajectories and continuously capturing images at fixed gain and exposure time. Employing normalized cross-correlation template matching and a calibrated rotation matrix, displacement is calculated. The results indicate an increasing estimation accuracy with varying spot size (1 mm to 9 mm), revealing a minimum spot diameter of 3 mm with a corresponding maximum estimation error of 0.077 mm. The setup demonstrates simplicity and accuracy, making it highly promising to enable future digital photonic systems.

P11 **Advanced Escape Route System using Bistable E-Paper Displays and Dynamic Rerouting**

I. Mann, F. Forster, K. Blankenbach, S. Reichel
Fakultät für Technik, Hochschule Pforzheim
karlheinz.blankenbach@hs-pforzheim.de

Escape route signs provide orientation in a case of emergency. However, these signs are static and always direct people always in the same direction regardless of the actual situation. Dynamic escape route displays provide benefits in order to redirect people for an optimized route, e.g. by avoiding congestions and blocked routes.

We designed and prototyped an escape route system using wireless controlled e-paper displays (electrophoretic E Ink), fire detectors, cameras with artificial intelligence algorithms to identify e.g. congestions and persons lying on the floor and a system controller. Because e-paper is bistable, the default direction is always displayed even if no power is available. Therefore, even if the intelligent system is down or not available, the safety is the same as for static signs.

Optical measurements and evaluations on various monochrome and color e-paper displays have been performed. The green and white appearance of multi-particles e-paper is close to today's fixed printed signs. The white state reflectance was measured between 35 % (multi-particle) and 50% (monochrome), the contrast ratio is in the region of 10:1 which ensures good readability.

P12 **Einfluss der Temperatur auf die Bestimmung des Fokuspunkts bei der Messung der Modulationstransferfunktion**

H. Dierke, M. Schake

AG 4.21 - Form- und Wellenfrontmetrologie, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig
hanno.dierke@ptb.de

An der PTB wird eine Messeinrichtung für die rückgeführte Messung der Modulationstransferfunktion (MTF) von Objektiven entwickelt. Aktuell wird u.a. die MTF eines Referenzobjektivs ($f = 50 \text{ mm}$, Blende 4.0) im Bildfeld in einem Winkelbereich von bis zu 20° zur optischen Achse untersucht. Für die Untersuchung der Winkelabhängigkeit der Übertragungsfunktion ist die MTF für eine ausgewählte Ortsfrequenz an einem festen Referenzpunkt zu ermitteln. Eine übliche Wahl für diesen Referenzpunkt ist der Fokuspunkt P_f (vgl. [1]).

Eine wichtige Einflussgröße auf die Lage des Fokuspunkts ist die Temperatur. In der vorgestellten Messeinrichtung werden sowohl die Kamertemperatur [2] als auch die Umgebungstemperatur erfasst. Unser Beitrag stellt Untersuchungen zum Einfluss von Änderungen der Umgebungstemperatur auf die Lage des Fokuspunktes vor.

[1] Schake M., Schulz M., „Influence of camera temperature on MTF measurements with finite image distance“, European Physical Journal Web of Conferences, Vol. 266, p 10018 (2022)

[2] Dierke, H., Schake, M., „Bestimmung des Fokuspunkts bei Messung der Modulationstransferfunktion MTF“, Proceedings der 124. Jahrestagung der DGaO, Berlin, 124_b43 (2023)

P13 **Establishing a 3D BRDF database for Acktar's ultra-black coatings and foils**

A. Telle*, D. Katsir**, C. Orenshtein**

* ACM Coatings GmbH (subsidiary of Acktar Ltd.)

** Acktar Ltd. Israel

alexander.telle@acktar.de

Stray light is a significant challenge in optical systems, degrading image quality, contrast, and sensitivity. Acktar's ultra-black coatings and foils address this issue by absorbing almost all incident light, minimizing stray light and improving optical performance.

To facilitate accurate simulation of Acktar's ultra-black coatings and foils, we have developed a 3D BRDF and TIS database. This comprehensive database provides a detailed representation of the coatings' reflectance and scattering properties across a wide range of wavelengths and incident angles.

The 3D BRDF and TIS data were measured using a Synopsys instrument and are available in both raw format and integrated into various simulation software packages.

The database's accuracy has been validated against experimental data sets, demonstrating its reliable representation of Acktar's ultra-black coatings.

This 3D BRDF and TIS database empowers researchers, engineers, and designers to effectively incorporate Acktar's ultra-black materials into optical systems, optimizing their performance and minimizing stray light-induced artifacts. This ensures accurate simulation across diverse optical applications.

P14 **Diffraaktive optische Elemente mit anpassbarem Brechungsindex in amorphem Siliziumcarbid (SiC)**

J. Wüster, T. Handte, S. Sinzinger

Fachgebiet Technische Optik, Technische Universität Ilmenau

julian.wuester@tu-ilmenau.de

Siliziumcarbid findet derzeit als Material für Mikroelektronik und photonische Chip-Anwendungen viel Beachtung. Für die Optik und optoelektronische Anwendungen ist dabei von besonderem Interesse, dass sich während des Abscheidungsprozesses der Brechungsindex in einem hohen Maße einstellen lässt. Bei einem insgesamt hohen Brechungsindex bleibt SiC auch im sichtbaren Wellenlängenbereich transparent. Bereits demonstriert haben wir mit unseren Anlagen einen Verstimmbereich beispielhaft bei $\lambda=600$ nm von etwa $n=1,9$ bis $n=2,6$. [1]

Hochbrechende und dabei transparente Materialien sind für uns unter anderem für subwellenlängenstrukturierte DOEs mit hohem Aspektverhältnis oder auch für die Achromatisierung von DOEs interessant.

Wir stellen sowohl binäre als auch mehrstufige DOEs in Siliziumcarbid mit verschiedenen Brechungsindizes und ihre gemessene optische Performance vor. Wir zeigen anhand der hergestellten Elemente und mithilfe von RCWA-Simulationen Potentiale der Verwendung von amorphem SiC als Material der diffraktiven und subwellenlängenstrukturierten Optik auf.

[1] T. Handte et al.; euspen SIG Meeting Micro/ Nanomanufacturing, Technische Universität Ilmenau (2023)

P15 **Enhancing Plasmon-Exciton Interaction: Gold Nanotriangle Arrays Coupled with Monolayers of MoSe₂**

A. Stith*, S. Alyami*, M. T. Larson*, M. Karami**, Y. Pan**, L. He**, D. R. T. Zahn**, H. Schmitzer***, H. P. Wagner*

* Department of Physics, University of Cincinnati, Cincinnati, OH 45221, USA

** Semiconductor Physics and Center for Materials, Architectures, and Integration of Nanomembranes (MAIN), Chemnitz University of Technology, D-09107 Chemnitz, Germany

*** Department of Physics, Xavier University, Cincinnati, OH 45207, USA

schmitzer@xavier.edu

This research investigates the properties of hybrid nanostructures created by combining plasmonic elements with 2-dimensional transition metal dichalcogenides (TMDCs). The study involves integrating arrays of gold nanotriangles (NTs) with monolayers of mechanically exfoliated MoSe₂ on a sapphire substrate. The photoluminescence observed at room temperature from single and bilayer MoSe₂ samples reveals exciton emission wavelengths of 786 nm and 807 nm, respectively.

A precise array of gold NTs is thermally deposited on top of MoSe₂ monolayers by utilizing nanosphere lithography with polystyrene beads. The shape and height of the gold NTs are characterized by Atomic Force Microscopy (AFM) and Scanning Electron Microscopy (SEM). Transmission measurements explore the shift in the plasmon resonance of the gold NT arrays depending on the NT height and the exciton transition in the combined MoSe₂ monolayer/gold NT samples. The experimental findings are supported by COMSOL simulations. This research opens new avenues for the practical application of plasmon-coupled TMDC nanostructures.

P16 **Optimizing Lasing Thresholds: Exploring the Impact of Pitch and Nanowire Diameter in InP Photonic Crystal Arrays**

N. Jayawardana*, M. T. Larson*, N. Wang**, H. H. Tan**, C. Jagadish**, H. Schmitzer***, H. P. Wagner*

* Department of Physics, University of Cincinnati, Cincinnati, OH 45221, USA

** Department of Electronic Materials Engineering, Research School of Physics, The Australian National University, Canberra, ACT 2600, Australia

*** Department of Physics, Xavier University, Cincinnati, OH 45207, USA

schmitzer@xavier.edu

Electrically-driven 2D photonic crystal (PhC) lasers show promise for on-chip coherent light sources in photonic integrated circuits, addressing speed, performance, and miniaturization needs. This study explores Wurtzite (WZ) InP nanowire (NW) arrays via selective area epitaxy on an InP substrate, focusing on PhC lattice constant (pitch) and NW diameter impact on the 77 K lasing threshold.

NW arrays with pitches of 500, 570, and 630 nm, and diameters of 201, 187, and 175 nm, exhibit lasing at thresholds below $10 \mu\text{J}/\text{cm}^2$. Intriguingly, the lasing characteristics in certain PhC arrays cannot be explained by the conventional population inversion mechanism, suggesting a significant contribution of the valence B-band.

Arrays with the lowest thresholds result from a pitch/diameter combination with a slow Bloch mode (SBM) nearly resonant with either A- or B-band emission. PhC samples with off-resonant higher SBM energy display elevated thresholds, explained by considering carrier relaxation and lifetime in the A- and B-bands. Optimizing InP nanowire arrays for low-threshold operation is an important step in advancing electrically-driven PhC lasers.

P17 **Reduktion von ramp-up Phasen bei ultrapräzisen Fertigungsprozessen mithilfe Reinforcement-Learning**

T. Geerken*, M. Brozio**, R. Elschner**, D. Zontar*, C. Brecher*, C. Wenzel**

Fraunhofer Institut für Produktionstechnologie IPT; InnoLite GmbH

tim.geerken@ipt.fraunhofer.de

Hochlaufphasen, auch genannt „ramp-up“-Phasen, in Bearbeitungsprozessen sind oft erforderlich, um ein neu-entwickeltes Werkstück mit der gewünschten Qualität herzustellen. Gerade im Bereich der Ultrapräzisionsfertigung erfordern diese Hochlaufphasen Anpassungen in der Steuerung der Werkzeugmaschine. Die Regelparameter der Achs-Servoantriebe müssen im Hinblick auf den jeweiligen Fertigungsprozess optimiert werden. Dieser Einstellprozess erfordert eine hohe Expertise hinsichtlich des Maschinensystems, sowie der kinematischen Zusammenhänge des Fertigungsprozesses. Neuartige High-Tech-Produkte die funktionale Werkstückoberflächen mit komplexen Geometrien erfordern, steigern die Anforderungen an die Werkstücktoleranzen, was zu individuellen und meist bisher unbekanntenen Einstellungen in der Steuerung führt. In einem ersten Ansatz zur Automatisierung und Beschleunigung der „ramp-up“-Phase wird hier eine Lösung mit künstlicher Intelligenz auf Basis von Reinforcement-Learning-Techniken vorgestellt.

P18 **Hologramme zum Einsatz in Reservoir Computing Systemen**

N. Lukin, Z. Zhang, S. Sinzinger

FG Technische Optik, TU Ilmenau

nikolay.lukin@tu-ilmenau.de

Reservoir Computing (RC) stellt einen neuartigen Ansatz für die effiziente Umsetzung rekurrenter neuronaler Netzwerke dar und zeichnet sich durch neuromorphe, hirn-ähnliche Verbindungen einzelner Elemente des Netzwerks aus. Dabei wird das Eingangssignal auf einen höher dimensionaleren Raum durch die Dynamik nichtlinearer Systeme (Reservoir) abgebildet. RC-Systeme werden immer öfter für Zeitreihen-Analyse sowie für die Vorhersage chaotischer Systeme, wie Wetter oder Finanzmärkte, eingesetzt. Wesentlicher Vorteil dieses Computing-Paradigmas ist energie-effizientere Durchführung der Rechenoperationen u.a. mittels Verwendung verschiedener physikalischer Effekte. In den letzten Jahren haben vor allem photonische Reservoirs ein großes Potential für RC gezeigt, u.a. für die Anwendung in den Bereichen der Bild- und Videoerkennung. In diesem Beitrag demonstrieren wir die Realisierung eines Reservoirs mit Hilfe von Volumenholographie. Wir stellen den Prozess für die Herstellung eines solchen holographischen Reservoirs vor, zeigen welche nichtlinearen Eigenschaften der Volumenhologramme für RC verwendet werden und schildern Potential für die Weiterentwicklung der holographischen Reservoirs.

P19 **Hyperspektrales Messsystem zur Charakterisierung von gesunden und malignen Gewebespektren**

A. Rüdinger, T. Haist, S. Reichelt

Institut für Technische Optik, Universität Stuttgart

andrea.ruedinger@ito.uni-stuttgart.de

Brust-, Blasen- und Gebärmutterhalskrebs gehören zu den häufigsten in Deutschland auftretenden Krebserkrankungen. Für eine vollständige Resektion der Tumore ist die Kenntnis über die Tumorränder essentiell. Um besser zwischen gesundem und malignem Gewebe differenzieren zu können, wird im Graduiertenkolleg 2543 „Intraoperative multisensorische Gewebedifferenzierung in der Onkologie“ unter anderem die Entwicklung von neuartigen Sensorkonzepten angestrebt. Ziel ist es die verschiedenen Konzepte intraoperativ endoskopisch einzusetzen und so bei der Entfernung der Tumore zu unterstützen.

Eines dieser Sensorkonzepte beschäftigt sich mit der spektralen Information der verschiedenen Gewebetypen. Dabei soll anhand von wenigen aber möglicherweise komplexen spektralen Signalen im sichtbaren bis nahinfraroten Spektralbereich (400 – 1500 nm) verändertes Gewebe erkannt werden.

Um die Spektren der verschiedenen Gewebearten hochaufgelöst zu vermessen, wird im ersten Schritt ein Referenzsystem entwickelt. Dieses besteht aus einem Monochromator zur monochromatischen Beleuchtung des Gewebes und zwei monochromen Kameras (VIS/NIR und SWIR) zur räumlichen Detektion.

P20 **Elastografische Messungen mittels Fourier-Transformations-Profilometrie zur Gewebedifferenzierung in der Onkologie**

Ö. Atmaca*, V. Aslani*, V. Bahlinger**, A. Strauß**, A. Kielbik***, S. Matovina****, T. Haist*, A. Toulouse*, S. Brucker****, B. Amend***, F. Fend**, A. Herkommer*

* Institut für Technische Optik, Universität Stuttgart

** Institut für Pathologie und Neuropathologie, Universitätsklinikum Tübingen

*** Universitätsklinik für Urologie, Universitätsklinikum Tübingen

**** Universitäts-Frauenklinik, Universitätsklinikum Tübingen

oemer.atmaca@ito.uni-stuttgart.de

Blasen-, Brust- und Gebärmutterhalskrebs gehören in Deutschland zu den Krebserkrankungen mit der höchsten Inzidenz. Für eine vollständige Tumorresektion bei größtmöglichem Erhalt des gesunden Gewebes ist die Kenntnis über die Tumorränder essentiell. Tumorgewebe besitzt durch die auftretenden Zellveränderungen andere elastische Parameter als gesundes Gewebe. Dies dient als Ansatz zur intraoperativen Gewebedifferenzierung.

In Hinblick auf diesen Einsatz wurde ein Messsystem entwickelt und in Vorarbeiten bereits erfolgreich demonstriert. Das System besteht aus einem faserbasierten Mikrostreifenprojektor, der ein Streifenmuster auf das Gewebe projiziert, einer Zystoskopienadel zum Kräfteeintrag und einer Endoskopkamera. Bei Applikation eines Luftdruckimpulses über die Zystoskopienadel kann die von der Elastizität abhängige Gewebedeformation endoskopisch erfasst und mittels Fourier-Transformations-Profilometrie bestimmt werden. In diesem Beitrag wird das viskoelastische Verhalten verschiedener Proben aus der Urologie sowie Gynäkologie untersucht und verglichen. Die gesammelten Messdaten dienen als Basis für die automatisierte Gewebedifferenzierung mittels maschineller Lernverfahren.

P21 **Forschung zu Strahlenschäden mit dem Stratosphärenballon-Experiment ASTRABAX**
T. Döhring*, E. Stanik*, J. Pregler*, M. Stollenwerk*, G. Hildenbrand*

* Fakultät Ingenieurwissenschaften, Technische Hochschule Aschaffenburg, D-63743 Aschaffenburg

thorsten.doehring@th-ab.de

Das für die Jahre 2024 bis 2026 geförderte Projekt ASTRABAX („Aschaffener Stratosphärenballon- Experiment“) ist als multimodale Plattform der Material- und Biowissenschaften für Untersuchungen bei extremen Strahlenbelastungen in großer Höhe konzipiert. Dabei ist der UV-C-Spektralbereich von besonderem Interesse und wird mit Miniatur-UV-Spektrometern untersucht. Die Plattform des Ballonexperimentes umfasst eine gemeinsame Strahlungsdosimetrie, eine Stromquelle für die Bordelektronik und Abschirmungen für mehrere Bestrahlungskombinationen. Biologische Zellen werden Kombinationen aus Partikel-, Röntgen- und UV-Strahlung ausgesetzt. Nach dem Flug werden mögliche Veränderungen in der räumlichen Chromatinorganisation mittels hochauflösender Mikroskopie untersucht. Auswirkungen von Kombinationen aus hoch- und niederenergetischer Strahlung sind bisher nicht ausreichend erforscht und beschrieben. Zusätzlich werden auch für Satelliten relevante Materialproben bestrahlt. Untersuchungen unter solchen Bedingungen sind realistisch und relevant für Flüge in der Stratosphäre, für Raumflüge sowie für vergleichbare Expositionen bei anderen Objekten des Sonnensystems oder Exoplaneten-Habitaten.

P22 **Ein Besucherexperiment zur astronomischen Röntgenoptik für das Deutsche Röntgen-Museum**

E. Stanik*, T. Döhring*, J. Pregler*, A. Kätker**, U. Busch**, P. Friedrich***

* Technische Hochschule Aschaffenburg, D-63743 Aschaffenburg;

** Deutsches Röntgen-Museum, D-42897 Remscheid;

*** Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik, D-85748 Garching

thorsten.doehring@th-ab.de

Das Deutsche Röntgen-Museum in Remscheid ist eine weltweit einzigartige Institution, die das Leben und Werk des ersten Nobelpreisträgers Wilhelm Conrad Röntgen und die Auswirkungen seiner Entdeckung der Röntgenstrahlung erforscht und dokumentiert. Als integraler Bestandteil des Museums bietet das Museumslabor RöLab die Möglichkeit, durch eigene Experimente praktische Erfahrungen rund um Röntgenstrahlung, Optik und Technik zu sammeln. Im Rahmen eines gemeinsamen Entwicklungsprojekts konzipieren Studierende der Technischen Hochschule Aschaffenburg derzeit ein Besucherexperiment zur astronomischen Röntgenoptik für das Museumslabor. Optische Experimente mit sichtbarem Licht verdeutlichen das Fokussierungsprinzip von Röntgenteleskopen, z.B. für Weitwinkeloptiken nach dem Lobster-Eye Prinzip. Auf Schautafeln werden Optiken verschiedener Typen von Teleskopen mit Begleittexten und zugehörigen Abbildungen erläutert sowie moderne Röntgenobservatorien wie CHANDRA, XMM-Newton und eROSITA übersichtlich dargestellt. Das neue Besucherexperiment soll nach seiner Realisierung junge Forscherinnen und Forscher für die faszinierende Welt der Röntgenoptik und der Röntgenastronomie begeistern.

Biophotonik

Didaktik

POSTER

P23 **BaKaRoS: Open Source Optik Baukästen – Nachwuchsförderung an Schulen und Universitäten**

J. Trapp, S. Lotz, C. Reichert, A. Toulouse, A. Herkommer

Institut für Technische Optik – Universität Stuttgart

trapp@ito.uni-stuttgart.de

Wir präsentieren Optik Baukästen für die Nachwuchsförderung im Bereich Optik. Zielgruppe sind Schüler der Mittel- und Oberstufe, sowie Universitätsangehörige mit Interesse an Technik und Optik. Ziel ist es, durch Hands-on Erfahrungen für Begeisterung und Verständnis zu optischen Phänomenen und Prinzipien zu sorgen. Die Baukästen basieren auf der open source Plattform BaKaRoS (Baukastensystem zur Realisierung optischer Systeme). Nachdem die entsprechende Förderung durch das BMBF 2019 ausgelaufen ist, wurde BaKaRoS aufgrund seines Erfolges bis heute vom Institut für Technische Optik (ITO) fortgesetzt. Im Zuge eines Bottom-up Projekts des Innovationscampus mobilität (ICM) sollen 2024 neue Bausätze und Seminare entstehen. Das Poster gibt einen Überblick über bestehende Bausätze sowie einen Ausblick auf kommende Ereignisse im Kontext BaKaRoS.

Autorenverzeichnis

Name	Referat(e) auf Seite(n)	Name	Referat(e) auf Seite(n)
A		D	
Abbasirad, N.	46	Dahlmanns, J.	100
Adams, M.	82	Danylyuk, S.	48
Alyami, S.	120	Danz, N.	56
Amend, B.	126	Das, S. C.	62
Andrle, A.	46	Denz, C.	5, 92
Aslani, V.	42, 126	Depiereux, F.	38
Atmaca, Ö.	126	Dierke, H.	116
Ausmeier, A.	98	Dohmen, M.	32
B		Döhring, T.	20, 128
Babin, M.	60	Doth, K.	34
Bahlinger, V.	126	Dötzer, F.	26, 110
Bartelmei, A.	60	Drabarek, P.	38
Bartl, G.	112	Drangmeister, J.	64
Bäuerlein, J.	36	Dultz, W.	106
Baumgärtner, J.	114	E	
Beckert, E.	60	Ehret, G.	24
Beckmann, C. M.	100	Elschner, R.	124
Beißwanger, R.	110	Engel, A.	96
Bergmann, R. B.	24, 40, 84	Ermilova, E.	20
Bergs, T.	18	Evertz, A.	30, 78
Bertschinger, B.	114	F	
Bett, C. M.	28, 90	Faber, C.	2, 16
Birckigt, P.	36	Falldorf, C.	24, 40, 84
Birk, A.	90	Fan, C.	112
Blankenbach, K.	94, 116	Fend, F.	126
Blehschmidt, F.	90	Fernandez-Herrero, A.	46
Bliedtner, J.	102	Fischer, A.	54
Boehm, U.	66	Flügel-Paul, T.	36
Bonhoff, A.	20	Forster, F.	116
Both, L. de Andrade	10, 14, 94	Franke, C.	84, 86
Brecher, C.	124	Frenner, K.	90
Brokmann, U.	96	Friedrich, P.	128
Brose, S.	46, 48	Friedrichs, M.	18
Brozio, M.	124	Frins, E.	106
Brucker, S.	126	Fritze, A.-L.	78
Brüning, R.	36, 60, 78, 88	Fröhlich, T.	112
Brunner, R.	52	Fu, C.	58
Brütting, W.	56	Funck, M.	80
Burkert, S.	56	Fütterer, L.	30, 78
Burkhardt, M.	48	G	
Busch, U.	128	Geel, T. A. J. J. van	36
Buske, P.	5, 12, 68	Geerken, T.	124
Büttner, L.	86	Geis, C.	86
C		Gentsch, G. J.	84, 86
Cacace, L. A.	18, 36, 38	Gerlich, M.	90
Carter, J.	36	Gibertini, E.	20
Ciesielski, R.	46	Giessen, H.	42
Cotroneo, V.	20		
Czarske, J. W.	86		

Name	Referat(e) auf Seite(n)
Glabisch, S.	46
Gorißen, L.	10, 12, 94
Gottmann, J.	5, 92
Gronle, A.	110
Grubert, N.	10
Grundmann, J.	56
Grunwald, T.	18
Guo, M.	84
Gupta, R. Kumar	82
Gutiérrez-Cañas Pazos, B.	84
H	
Haefner, C. L.	82, 102
Haist, T.	34, 42, 72, 126
Handte, T.	118
Hanft, M.	4, 44
Hartel, S.	16
Harth, A.	4, 44
Hartl, G. R.	86
Haupt, M.	60, 76
He, L.	120
Heinrich, A.	32, 56
Heist, S.	62
Helgert, M.	48
Herkommer, A.	34, 42, 74, 110, 126, 130
Herrmann, A.	96
Hertwig, A.	20
Hesker, M.	12
Heymann, M.	40, 42
Hildenbrand, G.	128
Hillmer, H.	52
Hils, B.	106
Hirzel, K.	42
Hoffmann, D.	82, 102
Hoffmann, H.-D.	82
Hoffmann, K.	114
Hofmann, J.	104
Hofmann, M. K.	96
Hofmann, O.	20, 68
Hohenhoff, G.	30
Holly, C.	4, 8, 10, 12, 14, 20, 46, 48, 58, 68, 74, 100, 104
Hönicke, P.	46
Hubold, M.	88
I	
Ihlemann, J.	100
Ilzhöfer, P.	82
Ito, T.	102

Name	Referat(e) auf Seite(n)
J	
Jagadish, C.	122
Jahns, J.	16
Jäschke, P.	30
Jayawardana, N.	122
Jedamzik, R.	96
K	
Kaierle, S.	30
Kanagalingam, G.	114
Kara, P.	104
Karami, M.	120
Karl, J.	88
Kaster, T.	10, 12, 14, 94
Kästner, M.	62, 64
Kätker, A.	128
Katsir, D.	118
Kaufmann, H.	96
Kielbik, A.	126
Klar, P. J.	54
Klein, A. C.	36
Klein, S.	58
Kogel-Hollacher, M.	5, 68
Kolbe, M.	46
Köthe, E.	88
Kowarschik, R.	84, 86
Krämer, S.	54
Kratz, M.	12
Kray, S.	90
Kröger, M.	10, 12, 68
Kroth, K.	54
Kühmstedt, P.	62
Kuhn, E.	4, 22
Kundu, R.	78
Kurth, R.	74
L	
Landmann, M.	62
Lange, F.	10, 14
Langenbach, E.	80
Larson, M. T.	120, 122
Lasagni, A.-F.	102
Lehr, D.	48
Leineweber, J.	112
Leitel, R.	88
Ließ, K.	86
Link, C.	52, 94
Lohmann, L.	48
Lohr, L.	46
Lok, P. A.	18
Looman, K.	36, 38

Autorenverzeichnis

Name	Referat(e) auf Seite(n)	Name	Referat(e) auf Seite(n)
Lotz, S.	130	Resche, S.	102
Ludwig, K.	82	Richter, L. J.	100
Lukin, N.	124	Rodríguez, L. Paniagua	56
Lüttgenau, B.	48	Rüdinger, A.	126
M		S	
Mann, I.	116	Savchenko, A.	74
Matovina, S.	126	Schake, M.	26, 116
May, J.	26, 110	Schamburek, T.	108
Meinecke, T.	72, 108	Schiffner, S.	54
Meinert, F.	82	Schlüter, H.	5, 14, 70
Michaelis, D.	56	Schmid, M.	42
Mitura, N.	24	Schmitzer, H.	106, 122
Mulazzi, M.	46	Schneider, J.	10, 94
Müller, A. F.	24	Schober, C.	24, 110
N		Schödel, R.	112
Neumann, C.	32	Scholz, A.	82
Neupert-Wentz, T.	112	Scholze, F.	46
Nicolaus, A.	22	Schossau, M.	20
Nobis, T.	50	Schreiber, P.	78
Notni, G.	62	Schröder, S.	46
O		Schubert, T.	56
Onyszkiewicz, D.	58	Schwörer, L.	56
Orenshtein, C.	118	Seiler, M.	102
Ortlepp, I.	112	Shobowale, P.	62
Osten, W.	28	Singh, A.	114
Overmeyer, L.	30, 78	Sinzinger, S.	26, 48, 72, 88, 96, 98, 108, 110, 118, 124
P		Skiba, M.	102
Pan, Y.	120	Smarzyk, S.	60, 76
Petzold, U.	96	Soltwisch, V.	46
Pfau, T.	82	Somoza, M.	80
Pflumm, C.	56	Speck, H.	62
Platz, A.	86	Spiller, W.	16
Pregler, J.	128	Stanik, E.	20, 128
Pruß, C.	24, 74, 110	Stark, A. W.	84, 86
Quenzer, H.-J.	88	Stefanidi, D.	78
R		Steglich, M.	48
Rackerseder, F.	102	Stein, D.	56
Rahman, T. M. H.	54	Stith, A.	120
Rehn, H.	50	Stöbener, D.	54
Reibe, M.	60	Stollenwerk, J.	10, 12, 14, 20, 46, 48, 58, 68, 74, 100, 104
Reichel, S.	94, 116	Stollenwerk, M.	128
Reichelt, S.	24, 72, 90, 114, 126	Strathmann, K.	60, 76
Reichert, C.	130	Strauß, A.	126
Reithmeier, E.	62, 64	Sure, T.	54
Reitz, B.	78		

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

T

Tan, H. H.	122
Telle, A.	118
Thiel, T.	64
Thiele, S.	42
Thiemicke, F.	40
Tong, X.	72
Toulouse, A.	40, 42, 126, 130
Tovar, C. Marin	18
Trapp, J.	130
Traub, M.	58, 82, 102
Trosin, M.	68
Truong, V.	46

U

Unnikrishnan, G.	82
------------------	----

V

Vermeulen, J. P. M. B.	38
Vojtisek, P.	88
Völl, A.	100

W

Wagner, H. P.	120, 122
Walderich, P.	10, 94, 114
Wang, N.	122
Warnecke, L.	58
Weber, J.	96
Weber, K.	42
Wende, M.	40
Wenzel, C.	124
Werner, L.	52
Westphalen, T.	82
Wilhelm, L. M.	78
Winkle, M.	94
Wittig, L.	44
Wüster, J.	72, 118

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

Y

Yukse, O. H.	106
--------------	-----

Z

Zahn, D. R. T.	120
Zander, C.	30
Zecherle, M.	14
Zhang, Z.	96, 124
Zhao, J.	82
Zimmermann, M.	72
Zontar, D.	124
Zyrianova, M.	42

Mitteilungen der Tagungsgeschäftsführung

1. Tagungsort

Die **125. Jahrestagung der DGaO** wird vom 21. Mai bis 25. Mai 2024 an der RWTH Aachen University ausgerichtet. Tagungszentrum ist die oberste Etage des SuperC Gebäudes der RWTH Aachen. Einige Veranstaltungen finden auch in der Aula 1 (Aachen-Münchener Halle) im Hauptgebäude statt. Beide Veranstaltungsorte liegen auf dem Campus Mitte entlang des Templergrabens und befinden sich in unmittelbarer Nähe.

Tagungsbüro ILT (nur Dienstag)

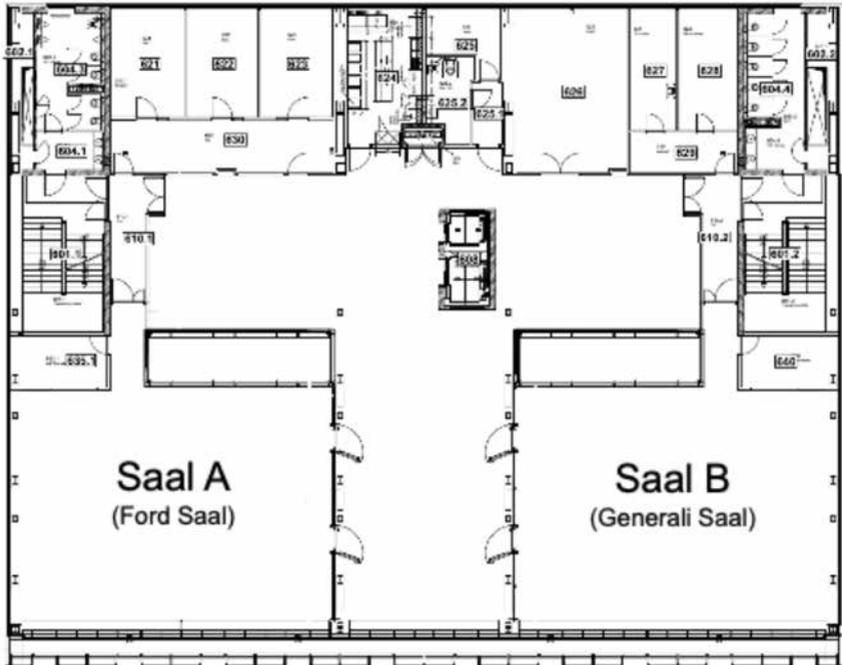
Das Tagungsbüro ILT ist besetzt: Di: 14:00 – 18:00 Uhr

Tagungsbüro Aula 1

Das Tagungsbüro Aula 1 ist besetzt: Mi: 08:00 – 13:00 Uhr
Do: 08:00 – 10:00 Uhr
Fr: 08:00 – 09:30 Uhr

Tagungsbüro SuperC

Das Tagungsbüro SuperC ist besetzt: Mi: 14:00 – 16:30 Uhr
Do: 10:30 – 13:30 Uhr
Fr: 10:00 – 14:30 Uhr



Etagenplan SuperC, 6. OG
Quelle: RWTH Aachen University

Raumübersicht

SuperC

Nutzung

Ford-Saal	Saal A
Generali-Saal	Saal B
Foyer 6. OG SuperC	Industrierausstellung Tagungsbüro SuperC



SuperC: Raumübersicht & Innenansicht (6. OG)

Quelle: RWTH Aachen University

Hauptgebäude

Nutzung

Aula 1	Hauptvorträge Posterausstellung Verleihung Nachwuchspreis Symposium Fraunhofer-Vortrag
--------	----------------------------------------------------------------------------------------------------

Links neben der Aula 1

Tagungsbüro Aula 1



Haupteingang Hauptgebäude

Quelle: RWTH Aachen University

Parkmöglichkeiten an der Universität

Wir empfehlen die Nutzung der öffentlichen Verkehrsmittel, um zur Universität zu kommen (Bushaltestellen „Technische Hochschule“ oder „Driescher Gässchen“). Direkt am Hauptgebäude gibt es keine Parkmöglichkeiten, jedoch ausreichend Fahrradstellplätze. In der Straße vor dem Hauptgebäude gibt es außerdem ein PKW-Verbot. Die Parkflächen der Universität sind den Mitarbeitenden und Studierenden mit Parkausweis vorbehalten. Es findet eine Überwachung des gesamten Parkraumes statt. Folgende öffentlichen Parkhäuser stehen zur Verfügung:

- APAG Parkplatz Pontstraße, Wittekindstraße 15 (rund um die Uhr geöffnet, ca. 7 Minuten Fußweg zum Hauptgebäude der RWTH)
- APAG Parkhaus Rathaus, Mostardstraße 5 (rund um die Uhr geöffnet, ca. 10 Minuten Fußweg zum Hauptgebäude der RWTH)
- CONTIPARK Parkhaus, Seilgraben 45 (rund um die Uhr geöffnet, ca. 10 Minuten Fußweg zum Hauptgebäude der RWTH)

Zum Be- und Entladen kann das Universitätsgelände von Industrieausstellern befahren werden. Zum Halten für das Be- und Entladen eignen sich die Haltemöglichkeiten neben und direkt vor dem SuperC.



Parkmöglichkeiten

Quelle: OpenStreetMap

Lage der RWTH Aachen

Der überwiegende Teil der RWTH Aachen University befindet sich in einem zusammenhängenden Bereich im nordwestlichen Teil der Innenstadt zwischen Stadtzentrum und Westbahnhof. Das historische Hauptgebäude der RWTH befindet sich im Bereich *Campus Mitte* auf dem Templergraben 55. Der *Campus Mitte* umfasst das SuperC, die Hochschulverwaltung der RWTH mit Studierendensekretariat und zentralem Prüfungsamt sowie die Hauptmensa und die Mehrzahl der Hörsäle, darunter der Audimax.



Lage der RWTH Aachen University - Hauptgebäude

Quelle: Open Street Map

2. Tagungsanmeldung

Wir bitten Sie, die Tagungsanmeldung bis zum 14.04.2024 ausschließlich über das Online-Formular auf der Internetseite www.dgao.de 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% MwSt)

Mitglieder der DGaO, DPG, EOS oder OSA:	€ 280,00*
Nichtmitglieder:	€ 350,00*
Studierende, Rentner:innen, Erwerbslose:	€ 150,00*
Rahmenprogramm/Networking: (kann auch für eine Begleitperson gebucht werden)	€ 65,00* p. P.
Fraunhofer Gala Dinner (Unkostenbeitrag) (kann für max. eine Begleitperson gebucht werden)	€ 15,00* p. P.

Bei Anmeldung nach dem 14.04.2024 wird ein Zuschlag von € 50,00* erhoben.

* Alle Preise verstehen sich als Nettopreise

Autor:innen, die studentische Mitglieder der DGaO sind, können durch Vorschlag des Institutsleiters gefördert werden. Der Förderbeitrag wird durch den Vorstand festgelegt.

3. Anreise zum Tagungsort

Das **Hauptgebäude der RWTH Aachen** ist das Haus *Templergraben 55* in Aachen. Im Hauptgebäude ist die Aula 1 (Aachen-Münchener Halle) zu finden. Direkt neben dem Hauptgebäude liegt das SuperC, das als Tagungszentrum dient. Beide Veranstaltungsorte liegen auf dem Campus Mitte entlang des Templergrabens und befinden sich in unmittelbarer Nähe. Das Hauptgebäude der RWTH befindet sich auf einer Straße mit PKW-Verbot, weshalb wir von einer Anreise mit dem PKW abraten. Öffentliche Parkhäuser für die Anreise mit dem PKW sind fußläufig ca. 10 bis 15 Minuten entfernt. Öffentliche Verkehrsmittel werden daher empfohlen. Fahrradstellplätze sind ausreichend vorhanden.

Anreise mit dem PKW

Das Hauptgebäude der RWTH Aachen ist über die Autobahnen A4 von Heerlen/Eindhoven beziehungsweise Köln und die A44 von Düsseldorf/Mönchengladbach oder Lüttich/Brüssel zu erreichen. Die Autobahn A544 ist aufgrund einer Brückenerneuerung zwischen Aachener Kreuz und Europaplatz gesperrt.

Am 1. Februar 2016 wurde die Umweltzone in Aachen eingeführt. Deshalb dürfen nur noch Fahrzeuge mit grüner Plakette oder Ausnahmegenehmigung in der Umweltzone fahren. Der überwiegende Teil des Hochschulgeländes befindet sich innerhalb der Umweltzone.

Parkmöglichkeiten

Die Parkflächen der Universität sind den Mitarbeitenden und Studierenden mit Parkausweis vorbehalten. Es findet eine Überwachung des gesamten Parkraumes statt. Folgende Parkhäuser stehen zur Verfügung: APAG Parkplatz Pontstraße, A-PAG Parkhaus Rathaus, CONTIPARK Parkhaus.

Anreise mit den öffentlichen Transportmitteln

Der Campus Mitte ist mit öffentlichen Verkehrsmitteln hervorragend zu erreichen. Die Bushaltestelle direkt vor dem Hauptgebäude heißt „Technische Hochschule“. Die nächstmögliche Bushaltestelle heißt „Driescher Gässchen“. Vom Aachener „Bushof“ fahren fast im Minutentakt Busse an das „Driescher Gässchen“. Der nächstgelegene Bahnhof zur RWTH Aachen ist der Bahnhof Aachen West. Von hier aus ist sowohl der zentrale Bereich der RWTH Aachen mit dem Hauptgebäude am Templergraben als auch der Campusbereich Hörn fußläufig, aber auch mit dem Bus zu erreichen. Der Campus Melaten ist von hier aus mit dem Bus in sechs bis zehn Minuten zu erreichen

Wichtiger Hinweis: Der Bahnhof Aachen West ist nicht barrierefrei. Der Hauptbahnhof Aachen ist mit der RWTH Aachen über diverse Buslinien verbunden. Die Busfahrt in alle Campusbereiche dauert circa 20 Minuten.

Fraunhofer-Institut für Lasertechnik

Der Lehrstuhl Technologie Optischer Systeme der RWTH Aachen befindet sich im Fraunhofer-Institut für Lasertechnik (ILT) in der Steinbachstraße 15 auf dem Campus Melaten. Hier findet die Institutsführung sowie der Begrüßungsabend am Dienstag, den 21. Mai 2024, 15:00 Uhr, statt.

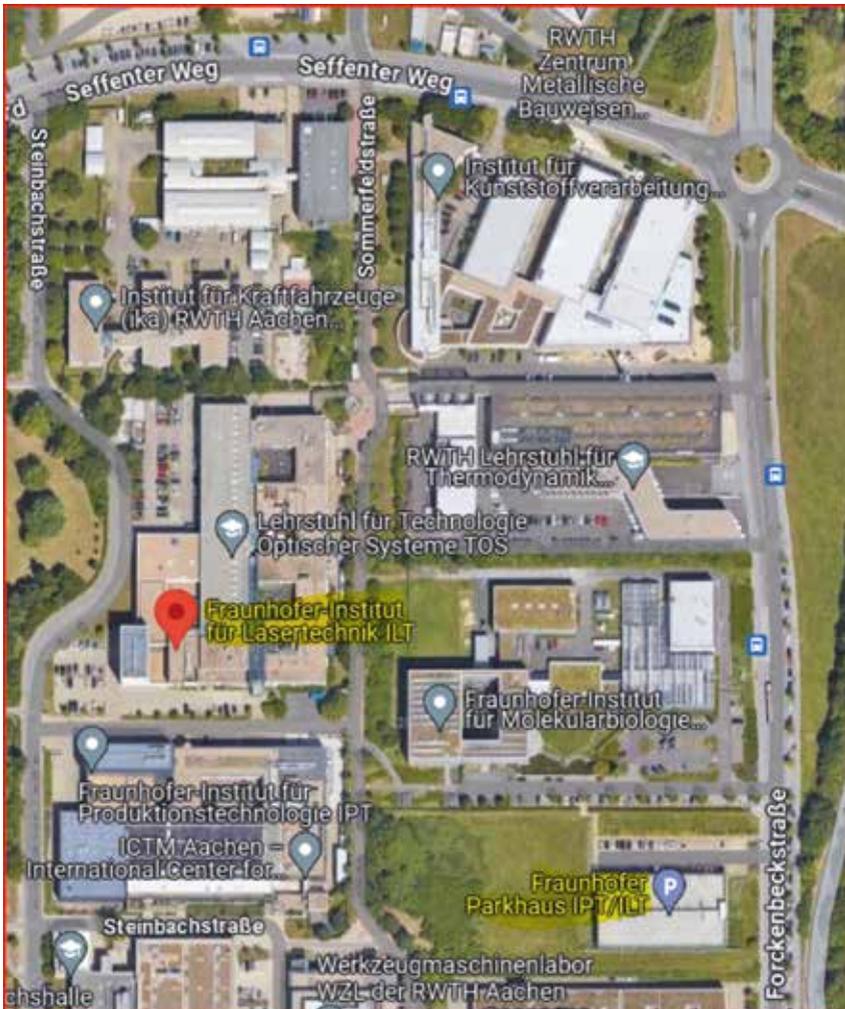
Anreise mit dem PKW

Das ILT kann über die Autobahn A44/A4 bis zum Kreuz Aachen, auf der A4 Richtung Antwerpen bis Ausfahrt Aachen-Laurensberg, erste Ausfahrt Richtung RWTH/Klinikum erreicht werden. Direkt hinter der Eisenbahnunterführung ist der Ausfahrt Richtung RWTH-Melaten/ Fraunhofer-Institute zu folgen. Danach wird im Kreisverkehr die erste Ausfahrt genommen, weiter geradeaus gefahren und die zweite Straße links in die Steinbachstraße abgebogen. Die Ausschilderung führt zum ILT. Besucher:innenparkplätze befinden sich auf der linken Seite.

Parkmöglichkeiten

Eine Zufahrt zum Parkhaus*, Forckenbeckstraße 8 ist über die Autobahn A4 und A44 möglich. Über das Autobahnkreuz Aachen führt die A4 Richtung Antwerpen/Heerlen mit der Ausfahrt 2 Aachen-Laurensberg, Richtung Laurensberg in Richtung des Fraunhofer ILT. Nach der ersten Ausfahrt rechts, Richtung Maastricht und der zweiten Ausfahrt, unmittelbar nach der Eisenbahnunterführung rechts, im Kreisverkehr die Ausfahrt (geradeaus) in die Forckenbeckstraße ist nach 100 Metern die Einfahrt zum Parkhaus auf der rechten Seite zu finden. Die Adresse lautet: Fraunhofer ILT/IPLT Forckenbeckstraße 8.

*Barrierefreie Parkmöglichkeiten sind direkt am Fraunhofer ILT über die Zufahrt an der Steinbachstraße zu finden. Es stehen auch Ladestationen für E-Autos zur Verfügung.



Lageplan ILT/TOS RWTH und Parkhaus

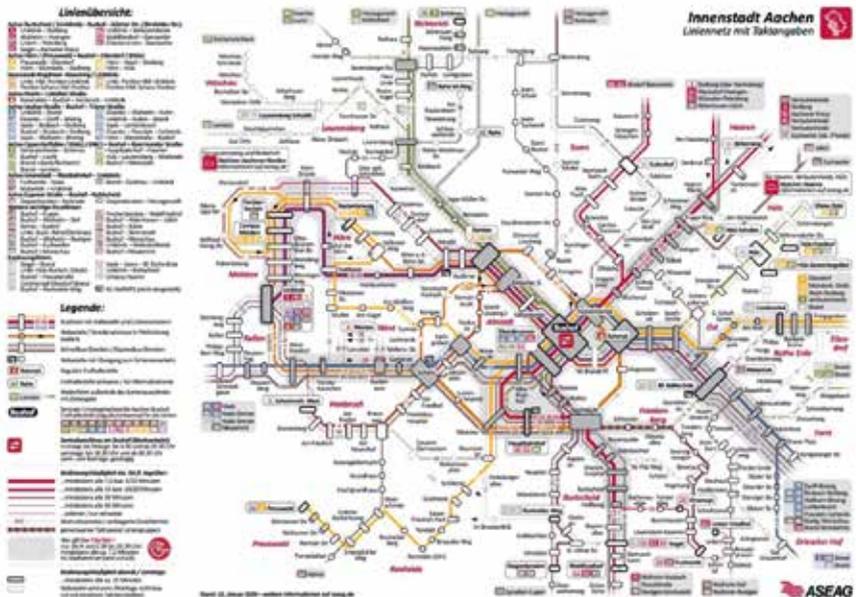
Quelle: Google Maps

Anreise mit den öffentlichen Transportmitteln

Der nächstgelegene Bahnhof zum Campus Melaten ist der Bahnhof Aachen West. Der Campus Melaten ist von hier aus mit dem Bus in sechs bis zehn Minuten zu erreichen. Wichtiger Hinweis: Der Bahnhof Aachen West ist nicht barrierefrei.

Ab dem Aachener Hauptbahnhof kann das ILT mit den Bussen der Fraunhofer-Linien 3A/3B oder 13A/13B bis Haltestelle Forckenbeckstraße, von dort zu Fuß ca. 300 Meter links den Seffenter Weg entlang und wieder links in die Sommerfeldstraße bis zur Steinbachstraße erreicht werden. Eine Taxifahrt vom Hauptbahnhof zum Fraunhofer ILT dauert ca. 15 Minuten.

Eine Fahrplanauskunft finden Sie unter: <https://www.aseag.de/fahrplanauskunft>



Linienetz des Innenstadtverkehrs

Quelle: ASEAG

4. Hotелеmpfehlungen in Aachen

» 2**-HOTELS

Ibis Aachen Marschierort

<http://www.ibis.com/de/hotel-1703-ibis-styles-hotel-aachen-cityindex.shtml>

Friedlandstraße 6-8, 52064 Aachen

Tel.: 0241 47880

Fax: 0241 4788110

h0967@accor.com

» 3***-HOTELS

Hampton by Hilton Aachen Tivoli

<http://s.fhg.de/Dsh>

Merowinger Straße 2, 52070 Aachen

Tel.: 0241 955930-0

Fax: 0241 955930-955

revenue@hamptonaachen.de

Motel One Aachen

www.motel-one.com/de/aachen

Kapuzinergraben 6-10, 52062 Aachen

Tel.: 0241 913896-0

aachen@motel-one.com

» 4****-HOTELS

Aquis Grana Cityhotel

<http://www.hotel-aquis-grana.de>

Büchel 32 / Buchkremerstraße, 52062 Aachen

Tel.: 0241 443-0

reservations@hotel-aquisgrana.com

INNSIDE Melia Aachen

<http://www.melia.com/de>

Sandkaulstraße 20, 52062 Aachen

Tel.: 0241 4758-4294

inside.aachen@melia.com

Leonardo Hotel Aachen

<https://www.leonardo-hotels.de/aachen/leonardo-hotel-aachen>

Krefelder Straße 221, 52070 Aachen

Tel.: 0241 18030

info@leonardo-hotels.com

Mercure Hotel Aachen Am Dom

<http://www.mercure.com/de/hotel-5326-mercure-hotel-aachen-am-dom/index.shtml>

Peterstraße 1, 52062 Aachen

Tel.: 0241 1801-0

h5326@accor.com

Novotel Aachen City

<http://www.novotel.com/de/hotel-3557-novotel-aachen-city/index.shtml>
Peterstraße 66, 52062 Aachen
Tel.: 0241 5159-0
h3557@accor.com

Parkhotel Quellenhof

https://www.parkhotel-quellenhof.de/?utm_source=gmb&utm_medium=gmb&utm_campaign=gmb
Monheimsalle 52, 52062 Aachen
Tel.: 0241 9132-0
info@parkhotel-quellenhof.de

5. Kontakt

Tagungsgeschäftsführer

Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Dipl.-Ing. Carlo Holly
RWTH Aachen University
Lehrstuhl für Technologie Optischer Systeme
Steinbachstraße 15, 52074 Aachen
Telefon: + 49 241 8906-0
E-Mail: carlo.holly@tos.rwth-aachen.de
E-Mail: tagung2024@dgao.de

Tagungsorganisation vor Ort

Nicole Grubert, M. Sc.
RWTH Aachen University
Lehrstuhl für Technologie Optischer Systeme
Steinbachstraße 15, 52074 Aachen
Telefon: + 49 241 8906-8337
E-Mail: nicole.grubert@tos.rwth-aachen.de

DGao-Sekretariat

Katja Richter
c/o Technische Universität Ilmenau
Fachgebiet Technische Optik
Postfach 100565, 98684 Ilmenau
Tel: + 49 (0)3677 692 491
E-Mail: katja.richter@dgao.de
E-Mail: dgao-sekretariat@dgao.de

6. Umgang mit der Corona-Pandemie

Die Tagung ist in Präsenz geplant und wird auch so durchgeführt. Die aktuellen Corona-Regeln der RWTH Aachen University entnehmen Sie bitte der Webseite:
<https://www.rwth-aachen.de/cms/root/die-rwth/aktuell/~gybjo/informationen-zu-corona-covid-19/>

7. Vorträge

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

8. Posterausstellung

Die Posterausstellung findet am Mittwoch, den 22. Mai 2024 ab 17 Uhr in der Aula1 statt.

Die Autor:innen werden gebeten, die Poster am Mittwoch, den 22.05.24 ab 13:30 Uhr zu befestigen und diese zur Ausstellungszeit persönlich zu präsentieren. Die besten Poster werden Freitag, den 24.05.24 im Rahmen des Konferenz-Dinners prämiert.

Wir möchten die Autor:innen bitten, ihre Poster am Freitag, den 24.05.24 zwischen 16:00 Uhr bis spätestens 18:00 Uhr direkt im Anschluss an die Poster-Session abzunehmen bzw. einzusammeln.

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

9. Industrieausstellung

In der Industrieausstellung präsentieren sich verschiedene Aussteller. Die Ausstellung findet im SuperC statt.

10. DGaO-Proceedings

Die Autor:innen haben die Möglichkeit, ihre Tagungsbeiträge in der Internetzeitschrift 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 2024 für die DGaO-Proceedings endet am 31.07.2024. Weitere Hinweise sowie ein Template finden Sie in Kürze unter folgendem Link: https://www.dgao-proceedings.de/home/home_d.php.

11. DGaO Nachwuchspreis

Die DGaO verleiht auch im Jahr 2024 wieder den DGaO-Nachwuchspreis für die beste Dissertation und für die beste Masterarbeit des Jahres 2023 an einer Hochschule/Universität im deutschsprachigen Raum im Bereich der angewandten Optik. Weitere Hinweise finden Sie unter www.dgao.de.

12. Rahmenprogramm der Tagung

Dienstag, 21. Mai 2024

Begrüßungsabend im Fraunhofer ILT

Alle Teilnehmenden der 125. DGaO-Jahrestagung 2024 sind zum Begrüßungsabend im Fraunhofer ILT eingeladen. Dieser findet am Dienstag, den 21. Mai 2023 ab 18:45 Uhr statt.

ab 15:00 Uhr Institutsführung am Campus Melaten, bei Industriepartner
ab 18:45 Uhr Begrüßungsabend am Fraunhofer ILT (Campus Melaten)

Mittwoch, 22. Mai 2024

ab 17:00 Uhr Postersessions in der Aula 1 (Hauptgebäude)

Donnerstag, 23. Mai 2024

ab 15:30 Uhr Networking-Event Stadtführung (Treffpunkt: Markt Aachen)
ab 18:30 Uhr Networking-Dinner im Ratskeller (Markt 40, 52062 Aachen)



Historische Altstadt Aachen

Quelle: Wikipedia

Freitag, 24. Mai 2024

Fraunhofer-Vorlesung und Gala-Dinner

18:00 Uhr Begrüßung durch die Präsidentin der DGaO,
Ricarda Kafka
Hauptgebäude, Aula 1

anschließend **Fraunhofer-Vorlesung**
Prof. Constantin Häfner
(Institutsleiter, Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT, Aachen)

„Laserefusion – vom Experiment zum Kraftwerk“

Die erfolgreiche Zündung der Fusion in der National Ignition Facility (NIF) am Lawrence Livermore National Laboratory ist ein bedeutender Durchbruch in der lasergetriebenen Trägheitsfusion. Dieses experimentelle Ergebnis, das nach jahrzehntelanger Forschung erreicht wurde, hat das Potential, die Energiegewinnung zu revolutionieren. Durch die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse eröffnen sich neue Möglichkeiten für die Entwicklung von effizienten und nachhaltigen Energieerzeugungssystemen.

In dem Vortrag werden die technologischen Innovationen und physikalischen Grundlagen präsentiert, die zu diesem Erfolg geführt haben, das sind insbesondere die Fortschritte in der Photonik und Laser-Technologie. Diese Technologien könnten nicht nur in der Energieerzeugung, sondern auch in anderen Bereichen wie der Materialbearbeitung, Medizin und Kommunikation Anwendung finden.

Insgesamt hat der Erfolg der Fusion in der NIF das Potential, Industrie und Gesellschaft grundlegend zu transformieren und eine nachhaltige und saubere Energiezukunft voranzutreiben. Die erzielten Fortschritte eröffnen neue Perspektiven für Schlüsseltechnologien und Innovationen, die weit über die Energiebranche hinausgehen.

19:00 Uhr Beginn des Festdiners in der Aula Carolina, Aachen

19:30 Uhr Prämierung der Poster

20:00 Uhr **Festdinner**

ca. 22:00 Uhr Ende der Veranstaltung

13. Essensmöglichkeiten in der Umgebung

» Cafés

Katapult

RWTH Aachen University,
Templergraben 57/Super C, 52062 Aachen
<https://www.instagram.com/katapult.kaffee/>

» Entfernung zum SuperC: 0,08 km

Nelas Coffee

Theaterplatz 5, 52062 Aachen
<https://www.nelascoffee.de/>
Tel.: 0241 99030419

» Entfernung zum SuperC: 1,1 km

Baristinho

Kleinmarschierstraße 48-52, 52062 Aachen
<https://www.baristinho.de/>
Tel.: 0241 99034065

» Entfernung zum SuperC: 0,8 km

Pausenbrot (Shop Aachen)

Pontstraße 5, 52062 Aachen
<https://pausenbrot.de/>
Tel.: 0241 53102902

» Entfernung zum SuperC: 0,5 km

Zaytouna

Pontstraße 2, 52062 Aachen
https://www.instagram.com/zaytouna_aachen/
Tel.: 0241 91991378

» Entfernung zum SuperC: 0,55 km

Elise – Coffee, Cakes & More

Friedrich-Wilhelm-Platz 11, 52062 Aachen
Tel.: 0241 99771019

» Entfernung zum SuperC: 0,9 km

Leni liebt Kaffee

Buchkramerstraße 6, 52062 Aachen
<https://leniliebtkaffee.de/>
Tel.: 0241 57600195

» Entfernung zum SuperC: 0,85 km

Café Dom

Schmiedstraße 20, Münsterplatz 25, 52062 Aachen
<https://www.instagram.com/cafedomaachen>
Tel.: 0241 91281844

» Entfernung zum SuperC: 0,6 km

Franky's Farm Spezialitäten Cafe & Frühstück Aachen

Pontstraße 137, 52062 Aachen
Tel.: 0241 91996148

» Entfernung zum SuperC: 0,45 km

» MITTAGSANGEBOT

Mensa Academia

Pontwall 3, 52062 Aachen

<https://www.studierendenwerk-aachen.de/de/Gastronomie/mensa-academica-wochenplan.html>

Tel.: 0241 80 93200

» Entfernung zum SuperC: 0,55 km

Mensa Bistro

Templergraben 55, 52062 Aachen

<https://www.studierendenwerk-aachen.de/de/Gastronomie/mensa-bistro-templergraben-wochenplan.html>

Tel.: 0241 80 93200

» Entfernung zum SuperC: 0,18 km

Essbar

Ponstraße 122-126, 52062 Aachen

<https://essbar-ac.com/>

Tel.: 021 4013141

» Entfernung zum SuperC: 0,28 km

Molkerei

Pontstraße 141-149, 52062 Aachen

<https://molkereicafe.de/>

Tel.: 0241 48982

» Entfernung zum SuperC: 0,45 km

» ITALIENISCH

Pizzeria Maranello

Pontstraße 23, 52062 Aachen

Tel.: 0241 46363642

<https://pizzeria-maranello.metro.rest/?lang=de>

» Entfernung zum SuperC: 0,45 km

Pasta Nudelmanufaktur

Jakobstraße 1, 52064 Aachen

Tel.: 0241 99791685

<https://pasta-aachen.metro.bar/?lang=de>

» Entfernung zum SuperC: 0,45 km

Gold of Naples - Pizza und Bar (Innenstadt)

Pontstraße 125, 52062 Aachen

Tel.: 0241 91991532

<http://www.goldofnaples.de/>

» Entfernung zum SuperC: 0,4 km

Trattoria Bar Centrale 46

Zollernstraße 46, 52070 Aachen

Tel.: 0241 56827680

<https://www.trattoriabarcentrale46.de/>

» Entfernung zum SuperC: 2,1 km

Napoli 72H

Oppenhoffallee 9-15, 52066 Aachen

Tel.: 0241 99030091

<https://www.napoli72h.de/>

» Entfernung zum SuperC: 2,2 km

Dalla Mamma Pizzeria & Trattoria

Pontstraße 153, 52062 Aachen
<http://www.dalla-mamma.de>
Tel.: 0241 24320

» Entfernung zum SuperC: 0,45 km

Pizzeria La Finestra

Pontstraße 123, 52062 Aachen
<https://www.la-finestra.de/>
Tel.: 0241 25845

» Entfernung zum SuperC: 0,4 km

» ASIATISCH**MANL**

Kockerellstraße 4, 52062 Aachen
<https://manl-aachen.eatbu.com/>
Tel.: 0241 46831061

» Entfernung zum SuperC: 0,4 km

Mei Choi

Pontstraße 168, 52062 Aachen
<https://www.meichoi.de/>
Tel.: 0241 46863759

» Entfernung zum SuperC: 0,4 km

XiAn Küche

Pontstraße 6, 52062 Aachen
<https://xian-kuche.business.site>
Tel.: 0241 47598939

» Entfernung zum SuperC: 0,55 km

Best friends

Pontstraße 77, 52062 Aachen
<https://www.bestfriendssushi.de/>
Tel.: 0241 4017705

» Entfernung zum SuperC: 0,28 km

Day Du

Kleinmarschierstraße 74, 52062 Aachen
<https://day-du.de/>
Tel.: 0241 99792692

» Entfernung zum SuperC: 0,9 km

Lemongrass

Jakobstraße 126, 52064 Aachen
<http://www.lemongrass-food.de/>
Tel.: 0241 92040888

» Entfernung zum SuperC: 0,75 km

Fat Baby

Oppenhoffallee 109, 52066 Aachen
<https://fat-baby.simplywebshop.de/>
Tel.: 0241 943124633

» Entfernung zum SuperC: 2,6 km

MalaBar

Marienbongard 24, 52062 Aachen
<https://www.instagram.com/malabar.ac/?hl=de>
Tel.: 0241 46317245

» Entfernung zum SuperC: 0,28 km

» **DÖNER/FALAFEL**

Ağa

Franzstraße 3, 52064 Aachen
<https://aga-aachen.eatbu.com/?lang=de>
Tel.: 0241 91793637

» Entfernung zum SuperC: 1 km

AKL Libanesisches Restaurant

Pontstraße 1-3, 52062 Aachen
<https://www.akl-orient.de/>
Tel.: 0241 46864844

» Entfernung zum SuperC: 0,55 km

Habibna

Pontstraße 151, 52062 Aachen
Tel.: 0241 46831346

» Entfernung zum SuperC: 0,4 km

Usta

Karlsgraben 10, 52062 Aachen
Tel.: 0176 93166446

» Entfernung zum SuperC: 0,65 km

» **SONSTIGES**

Extrablatt

Markt 45-47, 52062 Aachen
<https://cafe-extrablatt.de/standorte/details/cafe-extrablatt-aachen/>
Tel.: 0241 4002447

» Entfernung zum SuperC: 0,5 km

Sausalitos

Markt 52-54, 52062 Aachen
<https://www.sausalitos-staging.de/stores/aachen>
Tel.: 0241 16035516

» Entfernung zum SuperC: 0,6 km

Five Guys

Markt 46, 52062 Aachen
https://restaurants.fiveguys.de/nordrhein-westfalen/markt-46?y_source=1_MjYwMDYwMzktNzE1LWxvY2F0aW9uLndiYnNpdGU%3D
Tel.: 0241 46334338

» Entfernung zum SuperC: 0,6 km

Karls Wirtshaus

Markt 17, 52062 Aachen
<http://www.karls-wirtshaus.de>
Tel.: 0241 99 700 282

» Entfernung zum SuperC: 0,45 km

Maharaja

Alexianergraben 47, 52062 Aachen
<https://www.maharaja-aachen.restaurant>
Tel.: 0241 16980580

» Entfernung zum SuperC: 0,8 km

» **BÄCKEREIEN**

TH-Kaussen

Templergraben 50-52, 52062 Aachen

<https://www.kaussen.de>

Tel.: 0241 99772777

» Entfernung zum SuperC: 0,06 km

Nobis Backwaren & Printen Café

Pontstraße 96, 52062 Aachen

» Entfernung zum SuperC: 0,2 km

Bäckerei Moss

Krämerstraße 20, 52062 Aachen

» Entfernung zum SuperC: 0,7 km

13. Attraktionen in Aachen

Aachener Dom

Der Aachener Dom als UNESCO-Weltkulturerbe ist eine der ältesten Kathedralen in Europa und war die Kirche der Krönung für viele deutsche Könige. Der Dom ist bekannt für seine beeindruckende Architektur, die karolingische und gotische Elemente vereint. Domführungen finden in der Regel montags bis samstags zwischen 11 und 17 Uhr statt (zur vollen Stunde), sonntags von 13 bis 16 Uhr. Tickets sind tagesaktuell in der Dominformation erhältlich.

Mo-Sa: 11 Uhr – 18 Uhr | So: 13 bis 17:45 Uhr

Eine Besichtigung des Doms während der **Gottesdienste** ist nicht gestattet.

Mo-Sa: 7 Uhr, 10 Uhr | So: 8 Uhr, 10 Uhr, 11:45 Uhr, 18 Uhr

<https://www.aachenerdom.de/>

Aachener Dom-Schatz

Der Schatz des Aachener Doms ist eine der bedeutendsten kirchlichen Schatzkammern in Europa und beherbergt eine außergewöhnliche Sammlung sakraler Kunstwerke.

Mo: 10 bis 14 Uhr | Di-So: 10 bis 18 Uhr

<https://www.aachener-domschatz.de/>

Aachener Rathaus

Das gotische Rathaus von Aachen, das auf den Fundamenten der karolingischen Palast-aula Karls des Großen steht, ist ein beeindruckendes Gebäude, das die Macht und den Reichtum der Stadt in der Vergangenheit widerspiegelt.

Markt, 52062 Aachen

Besichtigung: täglich 10 – 18 Uhr

Führungen für Einzelgäste (01.04. – 31.12.): Sa und So 10.30 – 11.30 Uhr

<https://rathaus-aachen.de/>

Belvedere-Wasserturm

Ein historischer Wasserturm auf dem Lousberg, der eine fantastische Aussicht über die Stadt und die umliegende Region bietet.

Wasserturm Lousberg, Belvedereallee 5, 52070 Aachen

<https://www.aachen-tourismus.de/entdecken/sehenswuerdigkeiten/details/wasserturm-lousberg/>

Burg Frankenberg

Die Burg Frankenberg liegt im Aachener Stadtteil Burtscheid und ist ein historisches Gebäude mit einer reichen Geschichte. Ursprünglich im 12. Jahrhundert erbaut, diente sie verschiedenen Zwecken, unter anderem als Wohnsitz für Adlige und später als Krankenhaus. Heute beherbergt sie das Stadtteilzentrum Frankenberg und wird für kulturelle Veranstaltungen und Ausstellungen genutzt. Die Burg und ihre Umgebung bieten einen Einblick in die mittelalterliche Architektur und sind ein schöner Ort für einen Spaziergang.

Frankenb(u)erger e.V., Goffartstr. 45
Burg Frankenberg, 52066 Aachen
<https://burgfrankenber.de/>

Carolus Thermen

Moderne Thermalbäder, die Entspannung und Wellness mit dem heilenden Wasser der Aachener Quellen bieten.

Geöffnet täglich 09:00-23:00 Uhr
Einlass bis 21:30 Uhr | Badezeit bis 22:30 Uhr
Carolus SPA geöffnet täglich 11:00-20:00 Uhr
Passestraße 79, 52070 Aachen
<https://carolus-thermen.de/>

Centre Charlemagne

Das Centre Charlemagne präsentiert in einer musealen Ausstellung die Geschichte Aachens und die Rolle, die Karl der Große in ihr spielte. Da der „Mythos Karl“ nicht nur eine lokale, sondern eine europäische Erscheinung ist, spiegelt sich in der Geschichte Aachens ein Teil der Geschichte Europas. Wechselausstellungen, ein museumspädagogischer Bereich und ein Café ergänzen das Centre Charlemagne.

Neues Stadtmuseum Aachen
Katschhof 1, 52062 Aachen
Tel.: +49 241 432-4994
www.centre-charlemagne.eu

Couven Museum

Dieses Museum ist in einem wunderschönen Barockhaus untergebracht und zeigt die bürgerliche Wohnkultur des 18. und 19. Jahrhunderts.

Hühnermarkt 17, 52062 Aachen
Tel.: + 49 241 432-4421
Di-So 10:00-17:00 Uhr
<https://couven-museum.de/>

Dreiländereck

Das Dreiländereck, wo sich die Grenzen von Deutschland, Belgien und den Niederlanden treffen, ist eine beliebte Attraktion in der Nähe der Stadt.

Dreiländereck
Viergrenzenweg 97, 6291 AA Vaals
Niederlande
<https://www.aachen-tourismus.de/entdecken/sehenswuerdigkeiten/details/dreilaendereck/>

Elisenbrunnen

Im Herzen der Stadt gelegen, ist der Elisenbrunnen das Wahrzeichen der Kur- und Bade-stadt Aachen. Hier treten die heißen Quellen sichtbar zu Tage, die nicht nur Karl der Große, sondern schon die Römer zu schätzen wussten. Der klassizistische Bau mit seinen zwei Brunnen ist ein beliebter Treffpunkt.

<https://www.aachen-tourismus.de/entdecken/sehenswuerdigkeiten/elisenbrunnen/>

Internationales Zeitungsmuseum

Das Museum bietet einen faszinierenden Einblick in die Geschichte des Journalismus und der Kommunikation mit einer umfangreichen Sammlung von Zeitungen aus verschiedenen Epochen und Ländern.

Pontstraße 13, 52062 Aachen

Tel.: +49 241 432-4910

www.izm.de

Lindt-Schokoladenfabrik

Lindt & Sprüngli, ein weltberühmter Schweizer Schokoladenhersteller, betreibt in Aachen eine große Produktionsstätte. Obwohl die Fabrik selbst nicht immer für öffentliche Touren zugänglich ist, gibt es einen Lindt Outlet-Shop in Aachen, der Besucher:innen die Möglichkeit bietet, eine Vielzahl von Lindt-Schokoladenprodukten zu entdecken und zu erwerben, oft zu reduzierten Preisen.

Lindt Factory Outlet

Süsterfeldstr. 130, 52072 Aachen

<http://www.lindt.de/shops/>

Ludwig Form für Internationale Kunst

Ein modernes Kunstmuseum, das eine breite Palette von zeitgenössischer Kunst ausstellt, darunter Gemälde, Skulpturen und Installationen.

Jülicher Str. 97-109, 52070 Aachen

Tel.: 0241 / 1807-104

www.ludwigforum.de

Stadtheater Aachen

Das Stadttheater und das Sinfonieorchester Aachen bieten unter gemeinsamer Verwaltung eine vielfältige, abwechslungsreiche und sinnliche Auseinandersetzung zwischen Tradition und Moderne in Musiktheater, Schauspiel und Konzert. Im von Karl Friedrich Schinkel erbauten Theater befinden sich Bühne und Kammer in denen sowohl das klassische Repertoire gepflegt wird, als auch das zeitgenössische Theater eine Heimat hat.

Hubertusstr. 2-6, 52064 Aachen

Tel.: 0241 4784-409 (Sekretariat)

www.theater-aachen.de

Suermondt-Ludwig-Museum

Ein Kunstmuseum, das eine breite Palette von Werken aus dem Mittelalter bis zur moder-nen Zeit beherbergt, darunter Gemälde, Skulpturen und angewandte Kunst.

Wilhelmstraße 18, 52070 Aachen

Tel.: +49 241 47980-0

www.suermondt-ludwig-museum.de

Tivoli

Das Stadion des Fußballclubs *Alemannia Aachen*, das auch für kulturelle Veranstaltungen und Konzerte genutzt wird. Die Heimspielstätte von Alemannia Aachen Insgesamt 32.960 Plätze bietet der Aachener Tivoli.

Krefelder Straße 205, 52070 Aachen

<https://www.alemannia-aachen.de/tivoli/stadion/>

Uniklinikum

Das Universitätsklinikum Aachen, eines der größten Krankenhäuser Europas, ist nicht nur wegen seiner medizinischen Exzellenz bekannt, sondern auch architektonisch interessant. Das Klinikum ist ein Beispiel für moderne Architektur und gilt als eines der Wahrzeichen der Stadt. Das Gebäude, das in den 1970er Jahren erbaut wurde, ist bemerkenswert für sein innovatives Design, das eine offene und funktionale Struktur für die medizinische Versorgung und Forschung bietet. Obwohl das Uniklinikum in erster Linie eine medizinische Einrichtung ist, zieht seine einzigartige Architektur auch Besucher:innen an, die sich für moderne Baukunst interessieren.

Pauwelsstraße 30, 52074 Aachen

Zollmuseum Friedrichs

An den 22 Räumen und rund 3.000 Exponaten des Zollmuseums lässt sich die Geschichte der Zölle und ihre Entwicklung von der Einnahmequelle bis hin zum Schutz für die heimische Wirtschaft nachvollziehen. Als lebendiges Zentrum zur Erinnerung der Grenzgeschichte und Grenzgeschichten ist hier neben historischen Hintergründen auch viel Anschauliches ausgestellt.

Horbacher Straße 497, 52072 Aachen-Horbach

Tel.: 0241 / 9970615

www.zollmuseum-friedrichs.de

14. Touren in und um Aachen

Wandern und Radfahren in und um Aachen

<https://www.aachen-tourismus.de/entdecken/wandern-fahrradfahren/>

Stadtführungen durch Aachen

<https://www.aachen-tourismus.de/fuehrungen/>

Aachener Museen

<https://www.aachen-tourismus.de/entdecken/sehenswuerdigkeiten/museen/>

Carolus Thermen

<https://www.aachen-tourismus.de/entdecken/sehenswuerdigkeiten/carolus-thermen/>

Aachener Dom

<https://www.aachen-tourismus.de/entdecken/sehenswuerdigkeiten/aachener-dom/>

Aachener Rathaus

<https://www.aachen-tourismus.de/entdecken/sehenswuerdigkeiten/aachener-rathaus/#c6417>

Ordentliche Mitgliederversammlung der DGaO

am Freitag, den 24. Mai 2024, 14:15 Uhr,
RWTH Aachen University, Gebäude SuperC, 6. OG, Ford Saal
Templergraben 57, 52062 Aachen
(Tagungsort Saal A)

Tagesordnung:

1. Eröffnung
2. Bericht des Vorstands
3. Neuaufnahmen
4. Kassenbericht des Schatzmeisters
5. Bericht der Kassenprüfer und Beschluss über Entlastung
6. Beschlussfassung Erhöhung Mitgliedsbeiträge
7. Wahl des Vorstands für die nächste Amtsperiode
8. Jahrestagungen der DGaO 2025 und 2026
9. Bericht der Nachwuchs-Organisation Young-DGaO
10. Berichte zur EOS und ICO
11. Verschiedenes

Bitte beachten:

Anträge zur Tagesordnung müssen mindestens 4 Wochen vor der Mitgliederversammlung beim Schriftführer eingereicht werden:

Prof. Christian Faber
Hochschule Landshut
Am Lurzenhof 1
84036 Landshut
Fax: 0871-506 9672
Mail: christian.faber@haw-landshut.de

Termin für die Einreichung von Anträgen zur Tagesordnung:

26. April 2024

In eigener Sache – Wahlaufufruf

Liebe DGaO Mitglieder, liebe Kolleginnen und Kollegen,

der aktuelle Vereinsvorstand hat mich gebeten, das inoffizielle Amt eines kommissarischen Wahlleiters zu übernehmen. Als ausscheidendes Vorstandsmitglied stelle ich mich dieser Aufgabe gerne. Hintergrund ist die in der Mitgliederversammlung am 24. Mai 2024 in Aachen anstehende Wahl eines neuen DGaO-Vorstandes – und dieses Mal sind praktisch alle Positionen neu zu besetzen.

Hiermit ergeht somit der Aufruf, Kandidaten für

- Präsident/in
- Schriftführer/in
- Schatzmeister (gern auch eine Schatzmeisterin)
- unseren Vertreter bei der EOS
- und vier Beisitzer (für verschiedene weitere Aufgaben)

zu finden.

Ich möchte Sie bei dieser Gelegenheit darauf hinweisen, dass wir 2021 bei der Überarbeitung unserer Satzung festgelegt haben, dass eine Wiederwahl von Vorstandsmitgliedern in das gleiche Amt jeweils nur einmal erfolgen sollte. Diese mit großer Mehrheit verabschiedete Regelung hat zum Ziel, zu verdeutlichen, dass die DGaO eine Gesellschaft aller Mitglieder ist und dass eine quasi unbefristete Bekleidung von Vorstandsämtern nicht im Sinne der Partizipation aller Mitglieder ist. Ich halte dieses klare Bekenntnis zu einer Fluktuation in den Vorstandsämtern für eine sehr wichtige Regelung, die prägend ist für Leben und Kultur in der Gesellschaft. Allerdings bedeutet sie auch eine gewisse Verpflichtung für die Mitgliedschaft zur Beteiligung und Mitgestaltung der Geschicke der DGaO. Daher liegt es mir sehr am Herzen, Sie zu Ihrer Beteiligung und Ihrem Engagement aufzurufen. Aus eigener Erfahrung weiß ich, dass mit der Übernahme von Aufgaben für die Gesellschaft natürlich Arbeit, aber auch viel Freude am Gestalten einhergeht. Gemeinsam mit Kolleginnen und Kollegen macht das wirklich Spaß!

Stellen Sie sich für eine der neu zu besetzenden Positionen im Vorstand zur Wahl oder schlagen Sie (bitte in Absprache) Kolleginnen und Kollegen für die zu besetzenden Ämter vor. Wir brauchen Ihre Ideen und Vorstellungen für die Weiterentwicklung der DGaO. Wahlvorschläge mit einer kurzen Vita und zwei Sätzen zu Ideen und Gedanken zur DGaO können Sie bis zur Mitgliederversammlung jederzeit bei mir unter

stefan.sinzinger@tu-ilmenau.de

oder bei allen anderen Vorstandsmitgliedern einreichen.

Bis bald in Aachen – und wer mitradeln will, möge sich auch bei mir melden!

Stefan Sinzinger

WE ARE NOW PART OF SCHUNK



PULSAR
PHOTONICS
a schunk company



For our customers, suppliers and partners, this step means long-term stability in our business relationships. AIXEMTEC has now direct access to a worldwide service and support team. Furthermore, the company has now access to the required resources in order to optimize its products and services according to market and customer needs.

PRECISE. FLEXIBLE. PRODUCTIVE.

AIXEMTEC offers comprehensive solutions for photonics assembly and test automation, catering to all stages of the value chain and product lifecycle. Our machines are known for their precision, efficiency, and durability. The modular machine architecture sets new standards in terms of flexibility and scalability for high-precision assembly and test automation in photonics. Additionally, our software ensures easy integration and intellectual property protection.

ASSEMBLY & TEST AUTOMATION

- High mix of products and variants
- Turn-key solutions
- High-volume and high-mix
- Performance and ease-of-use

R&D

- Expert mode for professional developers
- Flexible and quickly reconfiguration
- Open access for third party equipment

MARKETS



AUTOMOTIVE/LIDAR



IMAGING SYSTEMS



QUANTUM PHOTONICS



MICROOPTICS



LASER SYSTEMS



PICS AND FIBERS

CONTACT

Start to enhance your production today! Thanks to our modular architecture our solutions allow flexible reconfiguration according to the daily needs of dynamic production environments.

*Start your customer journey with AIXEMTEC -
your reliable automation partner.*

HEADQUARTER

Kaiserstraße 100
52134 Herzogenrath
Germany

+49 2407 / 95 38 480
info@aixemtec.com
www.aixemtec.com

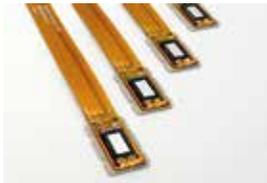
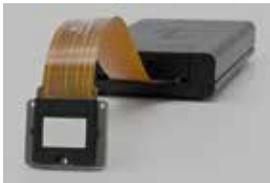


HOLOEYE Photonics AG

HOLOEYE supplies products and services in the fields of Spatial Light Modulators for phase and amplitude modulation, a broad range of standard Diffractive Optical Elements as well as customized design and fabrication services for Diffractive Optics and LCoS microdisplay components.

- ▶ Spatial Light Modulators
- ▶ Diffractive Optical Elements
- ▶ LCoS Microdisplay components

HOLOEYE offers highly specialized, most flexible and diversified standard solutions for academic and industrial R&D and provides the highest level of component customization, custom developments, and volume production for industrial integration.



www.holoeye.com



Pioneers in Photonic Technology

Pioneers in Photonic Technology

ERIS-1.1

Analog phase only Spatial Light Modulator

The updated driver firmware for the ERIS Spatial Light Modulator offers a real 120 Hz operation mode. The refresh rates for both, input frames via the HDMI graphics interface and the output on the phase SLM display are boosted to 120 Hz. The driver enhancement further reduces the latency of the fast and responsive ERIS SLM.

Resolution:	1920 x 1200 Pixel
Display Size:	0.717" (15.42 x 9.66 mm)
Pixel Pitch:	8.0 μ m
Fill Factor:	>92 %
Phase Levels:	256 (8-bit) or 1024 (10-bit)
Input Frame Rate:	60 Hz / 120 Hz Modes



ERIS SLM



Light-powered innovation



Our mission is to benefit society through the development of photonic technologies that capture, measure and generate various types of light.

We are one of the only companies in the world that develops a wide range of both light sensors, such as photomultiplier tubes and photodiodes, and light sources such as lasers and LEDs.

Our portfolio of more than 10,000 products includes components, modules and systems, designed to cover the entire optical spectrum. They are used in a broad range of applications, including everyday technology such as smartphones to medical instruments that support cutting-edge academic research.





Image sensors with the world's highest sensitivity mounted in the Subaru Telescope

The Subaru Telescope is a large-scale optical infrared telescope located at an elevation of 4205 meters atop Mauna Kea on the Island of Hawaii. This new generation telescope offers epoch-making high observation performance. Its ultra-wide-field prime focus camera contains CCD area image sensors made by Hamamatsu Photonics that boast the highest sensitivity in the world. The Subaru Telescope observed a galaxy that is 12.91 billion light-years away from Earth (about 750 years after the Big Bang).

Photo courtesy of National Astronomical Observatory of Japan

Photonic materials

In the interaction between light and matter, when the structure of a substance becomes equal or smaller than the nano-region or namely the light wavelength of interest, it exhibits completely different behavior from that on the macro scale seen so far. We call the world nanophotonics to refer to this mutual interaction between light and matter and between light and electrons in the nano-region. We are constantly researching new materials that utilize this interaction between light and matter.



Photo new semiconductor lasers iPMSEL®

Contact:
HAMAMATSU PHOTONICS
Deutschland GmbH

Arzbergerstr. 10 · D-82211 Herrsching
Phone: +49 8152 / 375-0
E-Mail: info@hamamatsu.de

mikrop

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

High-tech building blocks for quantum optics, quantum information and ultracold quantum gases



Fiber Couplers



PCF Fiber Cables



Fiber Port Clusters



Beam Launchers

Schäfter + Kirchhoff



www.sukhamburg.com

POLARIZATION ANALYZERS

for coupling into PM fiber cables,
multiple wavelength ranges 350 - 1660 nm



Schäfter + Kirchhoff 

www.sukhamburg.com

BE THE ONE

WHO FINDS
THE PERFECT
SOLUTION.

Wenn anspruchsvolle Anwendungen optisches Glas von höchster Qualität erfordern, verfügt SCHOTT über die Erfahrung und das technologische Know-how, um diese Anforderungen zu erfüllen.

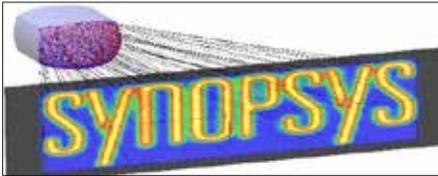


SCHOTT AG
Hattenbergstraße 10 | 55122 Mainz
Telefon +49 (0)6131/66-1812
info.optics@schott.com

schott.com

SCHOTT
glass made of ideas

SYNOPSYS®



The Synopsys Optical Solutions Group provides design tools that model all aspects of light propagation for high-accuracy optical product simulations and visualizations. With intelligent, easy-to-use solutions and an expert support team anchored by optical engineers, Synopsys helps organizations deliver superior optics to market faster.

Main activities

Our software packages include CODE V® imaging design software, LightTools® illumination design software, LucidShape® products for automotive lighting, the RSoft™ products for photonic device and optical communications design, and the PIC Design Suite for photonic integrated circuit design, simulation, layout, and verification.

Services

- Optical Scattering Measurements - Hardware and Services
- The Synopsys Optical Solutions Group provides precision light scattering data for materials and media used in optical systems. Customers have the option to purchase equipment from Synopsys to measure their own optical samples and import custom data into Synopsys optical software tools for high-accuracy optical product simulations and visualizations. Learn more at:
<https://www.synopsys.com/optical-solutions.html>
- Software support and software trainings
- Surface and volume scattering measurements (BRDF, BTDF, TIS)
- Refractive index measurements of polymers
- Optical developments as service provider

Main areas of research and development

- Scattering measurement equipment (Synopsys REFLET180S, High Specular Measurement System, Synopsys Mini-Diff Systems, Synopsys TIS Pro)
- Measurements and optimization algorithm for volume scattering materials
- Software based on sequential, non-sequential Raytracing, Optimization and Optimization algorithms

Special facilities

Synopsys REFLET Bench, Goniometer, High Specular Measurement System, Integrating Sphere with diameter up to 1.2m, Video Photometer.

Brand new: Synopsys TIS Pro for efficient measurements of reflectance, transmittance and absorption.

Ansprechpartner:
Rainer Födisch, Manager Optical Solution Sales

Synopsys GmbH
Karl-Hammerschmidt-Strasse 34
85609 Aschheim/Dornach, Germany
Email: foedisch@synopsys.com
www.synopsys.com/optical-solutions.html

Die Synopsys Optical Solutions Group bietet Optik-Design Software an, die für die Entwicklung hochpräziser optischer und lichttechnischer Systeme erforderlich sind. Mit intelligenten, benutzerfreundlichen Lösungen und einem expertengestützten Support-Team, das von Optikingenieuren geleitet wird, hilft Synopsys Unternehmen, komplexe optische Systeme zu entwickeln und diese schneller auf den Markt zu bringen.

Arbeitsgebiete

Zu unseren Softwarepaketen gehören die CODE V® Imaging-Designsoftware, die LightTools® - Beleuchtungsdesignsoftware, LucidShape® -Produkte für die Automobilbeleuchtung, die RSoft™-Produkte für das Design photonischer Geräte und optischer Kommunikation sowie die PIC Design Suite für das Design, die Simulation, das Layout und die Verifizierung photonischer integrierter Schaltkreise.

Leistungsangebot

- Optische Streumessungen - Hardware und Services
- Die Synopsys Optical Solutions Group liefert präzise Streulichtdaten für Materialien und Medien, die in optischen Systemen verwendet werden. Kunden haben die Möglichkeit, Geräte von Synopsys zu erwerben, um ihre eigenen optischen Proben zu vermessen und benutzerdefinierte Daten in die optischen Softwaretools für hochpräzise optische Produktsimulationen und Visualisierungen zu importieren. Erfahren Sie mehr unter:
<https://www.synopsys.com/optical-solutions.html>
- Software-Support und Software-Schulungen
- Oberflächen- und Volumenstrommessungen (BRDF, BTDF, TIS)
- Brechungsindexmessungen von Polymeren
- Optische Entwicklungen als Dienstleister

Forschungs- und Entwicklungsschwerpunkte

- Streu- Messgeräte (Synopsys REFLET180S, High Specular Measurement System, Synopsys Mini-Diff Systems, Synopsys TIS Pro)
- Mess- und Optimierungsalgorithmus für volumenstreuende Materialien
- Software die auf sequenziellem, nicht-sequenziellem Raytracing, Optimierung und Optimierungsalgorithmen basiert

Spezielle Ausstattung

Synopsys REFLET Bench, Goniometer, Hochspiegelndes Messsystem, Ulbrichtkugel mit einem Durchmesser von bis zu 1,2 m, Videophotometer.

NEU: Synopsys TIS Pro für effiziente Messungen von Reflexionsgrad, Transmission und Absorption.



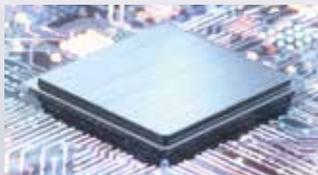
Wir machen aus **Sensorik** Zukunft.



Als führender Hersteller von Präzisionssensorik gestalten wir die Zukunft. Unsere Systeme werden dort eingesetzt, wo Genauigkeit und Performanz erfolgsentscheidend sind. Im modernen Maschinenbau und in der fortgeschrittenen Automatisierung genauso wie in der Satellitentechnik und bei der Herstellung der nächsten Generationen von Batterien und Halbleitern.



Laserbasierte Satellitenkommunikation



Halbleiter & Optik

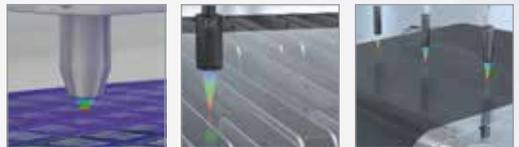


Batterien für Elektroautos der Zukunft

Hochpräzise Weg- & Dickenmessung für alle Oberflächen

confocalDT

- Konfokal-chromatische Sensoren zur Weg- & Abstandsmessung von matten & glänzenden Oberflächen
- Dickenmessung von Glas & transparenten Objekten
- Extrem kleiner Messfleck zur Erfassung kleinster Teile und Strukturen
- Integrierte Feldbus-Schnittstellen
- Bestes Preis-Leistungs-Verhältnis:
ideal für Maschinenbau & Automatisierung



Absolut-Interferometer für hochpräzise Abstands- & Dickenmessung

interferoMETER

- Absolute Abstandsmessung mit Subnanometer-Auflösung <30 Pikometer
- Abstandsunabhängige Dickenmessungen, auch bei Abstandsschwankungen
- Innovative Technologie ermöglicht hochpräzise Messung ohne Referenzierung
- Industrieoptimierte Sensoren mit robustem Gehäuse und flexiblen Kabeln



Forschen, wo sonst niemand forscht.

Präzision neu definieren.

Forschung & Entwicklung bei ZEISS

Es hat nicht viel gefehlt – beinahe wäre Kathrin Kamerafrau geworden. „Nach dem Abi musste ich mich entscheiden: Dokumentarfilm oder Physikstudium? Wissen vermitteln oder Wissen schaffen?“ Sie entschied sich für den Einstieg in die Wissenschaft – und forscht heute an der Halbleiterfertigungstechnologie von morgen. Mit ihrer Arbeit gehen sie und ihr Team immer wieder neue Wege. „Da wo wir hinwollen, geht kein anderer hin. Ich mag diese Herausforderung!“

Kathrin ist Gruppenleiterin für Optiktechnologie in der Halbleiterfertigungssparte von ZEISS. Gemeinsam mit ihrem Team forscht sie an der Optimierung von Politurprozessen und leitet Entwicklungsteams. „Ich manage kluge Köpfe. Gemeinsam treiben wir die Präzision der Halbleiter-Lithographie voran – auf Sub-Nanometer-Ebene.“

Erfahre mehr über Jobs bei ZEISS:
zeiss.de/naturwissenschaften



Seeing beyond



FISBA Innovators in Photonics

Von der Idee bis zur Serienfertigung

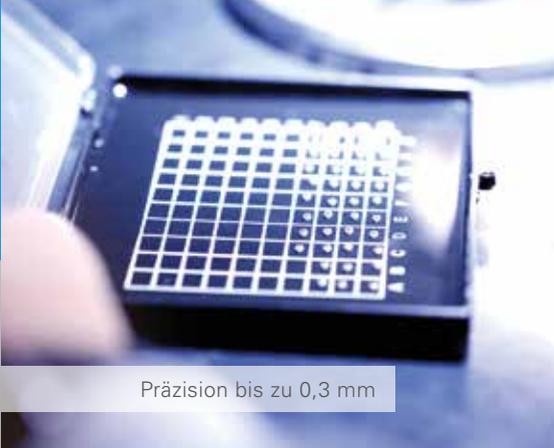
Wir bieten optische Lösungen die perfekt zu Ihren spezifischen Anforderungen und Wünschen passen – vom kundenspezifischen Design und Prototyping bis zur Serienfertigung. Wir sind der Spezialist in Glasoptiken und -systemen seit über 65 Jahren.

Was wir bieten

- Laser-System-Baugruppen
- Bildgebende Optik
- Präzisionsblankpressen
- Optische Beschichtung
- Messtechnik



Modernste Infrastruktur



Präzision bis zu 0,3 mm



Automatisierte Prozesse

ISO-9001 und ISO-13485 zertifizierte Schweizer Produktionsstätte

Unser oberster Anspruch ist ein konstant hohes Qualitätsniveau unserer Produkte. Dies erreichen wir mit klar definierten Prozessen; zum einen intern mit den modernsten Fertigungsverfahren und fortlaufenden Schulungen unserer Mitarbeitenden, zum anderen extern mit der ISO-9001 und ISO-13485 Zertifizierung.

Komplexe Komponenten und Baugruppen

Im Laufe der Zeit ist die Produktion anspruchsvoller geworden und die Grenzen des Machbaren haben sich weiter in Richtung immer kleinerer und somit präziserer Optiken verschoben. Mit kleinsten Durchmessern von 0,3 mm sind wir führend, wenn es um anspruchsvolle Mikrooptiken geht.

Über uns

FISBA zählt zu den weltweit führenden Anbietern in der Optikindustrie und steht für hervorragende Leistungen vom optischen Design und System Engineering bis hin zur hochpräzisen Serienproduktion und Beschichtung. FISBA fertigt Mikrolinsen bis zu 0,3 mm, komplexe Planoptiken, hochpräzise Verbundelemente, optische Systeme und kompakte Lasermodule und das alles aus einer Hand. Im breiten Feld der Optik konzentriert sich das Unternehmen auf Lösungen für Life Sciences, Industrial Applications sowie Aerospace and Defense.

Die FISBA agiert von ihrem Hauptsitz in der Schweiz und Niederlassungen in Deutschland, den USA und China. Das Unternehmen befindet sich in Privatbesitz.

LICHT. EINFACH



Optische Berechnungen.
Von der Idee bis zum fertigen Produkt.

Komponenten und Abbildungssysteme · Sensoroptik · Beleuchtungsoptik

Throl
optics

Throl optics GmbH • Bergstraße 10 • 35578 Wetzlar
Telefon 06441 / 9526896 • E-Mail: info@throl.de • www.throl.de

EINZIGARTIG.



**Produktion und Fertigung.
Präzise und zuverlässig.**

Präzisionsoptik für Foto, Elektronik, medizinische Instrumente und mehr.



TT optics GmbH • Am Wald 12b • 99880 Waltershausen
Telefon 036259 / 58839 • E-Mail: info@ttoptics.com



© Fraunhofer ILT, Aachen / V. Lammert.

sofSecciv vsm

**FORSCHUNGS
CAMPUS**
Öffentlich-private Partnerschaft
für Innovationen



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

WISSENSCHAFT UND WIRTSCHAFT UNTER EINEM DACH



© Forschungscampus DPP, Aachen.

Jetzt initiativ bewerben!
www.forschungscampus-dpp.de





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.

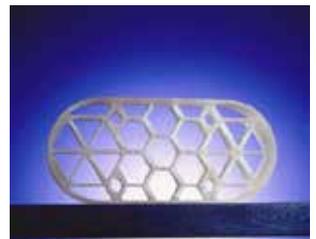
Optical Glass

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

Faseroptische Sonden

Kleine Bauform, großartige Performance

- ✓ Barefiber
- ✓ Protected Barefiber
- ✓ Enhanced Working Distance
- ✓ Sonderlösungen

Flexibilität und hohe Übertragungsraten – fionec bietet maßgeschneiderte lichtleiterbasierte Lösungen für die schnelle Daten- und Signalübertragung. Die Anwendungsfelder unserer speziell konfektionierten Faseroptik liegen schwerpunktmäßig in den Bereichen Messtechnik, Telekommunikation und Life Sciences. Passend zu Ihrem Anwendungsfall entwickeln wir Sonden mit definiertem Aufbau und Strahlprofil.

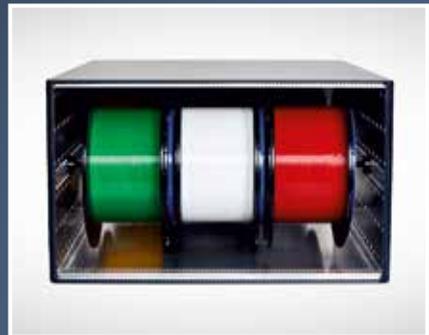


Lichtwellenleiter

Produkte aus dem Corning® Sortiment

- ✓ SMF-28® Fasern
- ✓ ClearCurve® Fasern
- ✓ High-Index Fasern
- ✓ PM Fasern, etc.

Als langjähriger Distributionspartner von Corning® bietet fionec das komplette Corning®-Portfolio der Sparten Optical und Specialty Fiber an. Zum Einsatz kommen die hochwertigen Lichtwellenleiter vorwiegend in den Bereichen Telekommunikation, Sensorik, Mess- und Lasertechnik. Auf Basis der Fasern konfektionieren wir faseroptische Kabel und Komponenten nach Maß.



RMP - Rauheitsmessplatz

Kompakte Rauheitsmessung in Hochgeschwindigkeit

- ✓ Profilbasierte Rauheitsmessung nach Norm
- ✓ Qualitäts-, Prozess- und Funktionalitätskontrolle
- ✓ Stand-Alone- und Inline-Lösungen

Mit dem Rauheitsmessplatz RMP bietet fionec ein hochgenaues faseroptisches Messsystem zur berührungslosen und normgerechten Auswertung von Rauheitsprofilen. Verglichen mit taktilen Messverfahren arbeitet das Messsystem bis zu zehnmals schneller. Die miniaturisierte Messsonde erreicht selbst kleinste Hohlräume ab einem Durchmesser von 0,15 mm. Für eine produktionsnahe Qualitäts- und Präzisionskontrolle.



FDM - Distanzmesssysteme

Messen auf kleinstem Raum

- ✓ Präzise und schnell
- ✓ Berührungslos und flexibel
- ✓ Automatisierbare 100-Prozent-Prüfung

Die faseroptischen Distanzmesssysteme der Serie FDM liefern hochgenaue Messwerte für Abstand, Form und Rauheit. Mit einem Durchmesser ab 50 µm können die miniaturisierten Sonden auch in schwer zugänglichen Anwendungen. Für eine Qualitätssicherung im Produktionstakt.





Interferometer for measurement of spheric, toric, and aspheric lenses, molds, and wafers

μPhase® VERTICAL PRO

- Automatic surface measurement with highest accuracy of 0.1 μm for sample radii up to 50 mm
- XY table for fully automated measurement of multiple samples in one batch



Multi Beam Interferometry for your measurement task



Length and angle measurements



Application for calibrations



Straightness measurements



Applications in vacuum



Measuring room qualification

SIOS develops and manufactures laser interferometric measurement technology and precision measurement devices for calibration and nano measurement technology for measuring length, angle, vibration, straightness, temperature, force and other measured variables with the highest resolution and low measurement uncertainty.

Scientists, engineers, metrologists, quality inspectors and procurement all over the world trust SIOS precision metrology.

Discover our full range of products at: www.sios-precision.com

Korporative Mitglieder der DGaO 2024





Throl
optics



mikrop
prime
optic systems



OPTOCRAFT
OPTICAL METROLOGY

opsira



DIOP TIC
www.dioptic.de

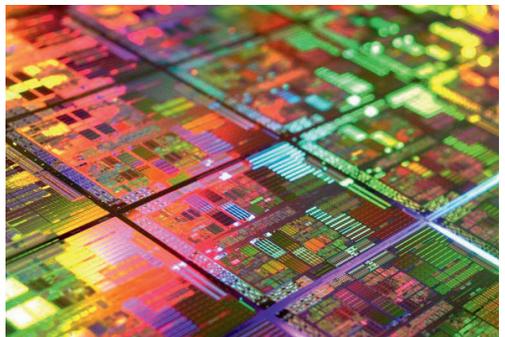
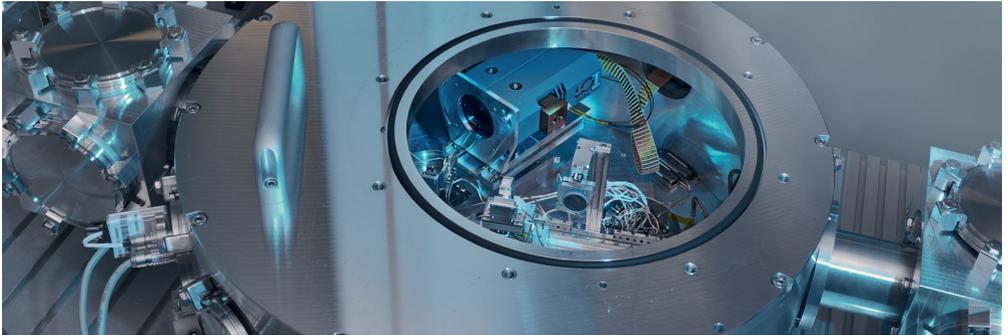
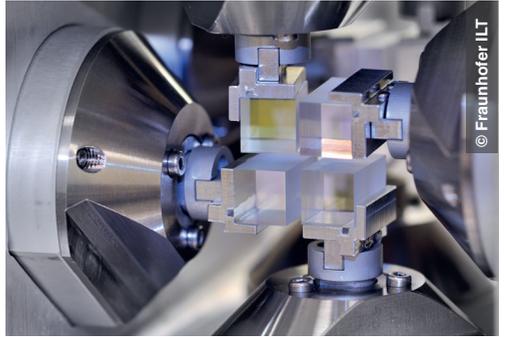


STORZ
KARL STORZ — ENDOSKOPE



DGaO

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



TOS | Lehrstuhl für
Technologie
Optischer Systeme

RWTH AACHEN
UNIVERSITY

www.dgao.de