

reflexion

Jahresbericht 2022



Lösungen mit Licht

—

Collaborate & Create

Liebe Leserinnen, liebe Leser,



Prof. Dr. Jürgen Popp © Sven Döring



Frank Sondermann © Sven Döring

das Leibniz-Institut für Photonische Technologien, als eines der weltweit führenden Forschungseinrichtungen in der Photonik, strebt danach, mit nachhaltigen lichtbasierten Technologien allen Menschen ein gesundes Leben in einer gesunden Umwelt zu ermöglichen – kurz: „*Photonics for Life*“. Diese Vision ist es, die unserer Forschungsarbeit Sinn verleiht, die uns antreibt, uns verbindet und an der wir als Team zusammenarbeiten. Aber warum sind Zusammenarbeit, Partnerschaft und Teamwork wichtig für das Erreichen unserer Ziele? Wie begünstigen sie das Entstehen von Innovationen?

Eine exzellente wissenschaftliche Arbeit erfordert nicht nur eine motivierte Belegschaft, sondern auch ein Umfeld, welches es Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern ermöglicht, ihr volles Potenzial auszuschöpfen. Die enge Kooperation innerhalb unseres Institutes spielt hierbei eine bedeutende Rolle, indem sie sowohl den Austausch von Wissen und Expertise befördert als auch Synergien und neue Ideen hervorbringt.

Zudem ist die Zusammenarbeit mit externen Partnern von großer Bedeutung. Durch Kooperationen mit anderen Institutionen, Universitäten und Unternehmen können wir unsere Expertise erweitern und unsere Forschung breiter aufstellen. Dabei ist es uns wichtig, uns auf Augenhöhe zu begegnen und voneinander zu profitieren.

Neben Kooperationen mit externen Partnern spielt der wechselseitige Austausch mit der Gesellschaft eine wichtige Rolle. Unser Ziel ist nicht nur, unsere Forschungsergebnisse der Öffentlichkeit zugänglich, sondern auch für die Gesellschaft nutzbar zu machen. Hierbei ist die Zusammenarbeit mit Stakeholdern und Interessengruppen unerlässlich, um die Bedürfnisse der Gesellschaft zu verstehen und die Forschungsziele entsprechend auszurichten.

In unserem Jahresbericht finden Sie zahlreiche Beispiele für erfolgreiche Zusammenarbeit auf verschiedenen Ebenen, welche verdeutlichen, wie wichtig eine solche Kooperation für die Exzellenz der Wissenschaft, die Innovationskraft und die Umsetzung von Forschungsergebnissen ist.

Wir wünschen Ihnen viel Freude beim Lesen unseres Jahresberichts und bedanken uns bei allen internen und externen Partnern für ein konstruktives Miteinander im vergangenen Jahr.

Mit herzlichen Grüßen

Jürgen Popp

Wissenschaftlicher Direktor

Frank Sondermann

Kaufmännischer Direktor

Inhalt

6
Gemeinsam forschen, um das Leben sicherer und gesünder zu machen
Inspirierende Kooperationen schaffen Voraussetzungen für technologischen Fortschritt und dessen Translation in die Praxis



8
Ideen beflügeln und interne Kooperationen stärken
Institutsinterne Innovationsprojekte befördern Erfindergeist



10
Mit der Magie des Lichts
Auf der Suche nach der molekularen Signatur



12
Nanostrukturiert
Energie und Wasser der Zukunft gestalten



14
Regionale Zusammenarbeit in Jena
Tradition und Innovation



16
Spitzenforschung mit Licht: Marktreife Lösungen im Kampf gegen Infektionen
Das LPI vereint alle Entwicklungsschritte vom Konzept bis hin zum zertifizierten Medizinprodukt in einem ganzheitlichen Prozess



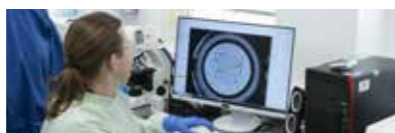
18
Photonik für die Infektionsforschung
Bundesforschungsministerin und Thüringer Wissenschaftsminister besuchen Leibniz-IPHT



19
Neuer Ansatz für frühe Erkennung von schwerem COVID-19



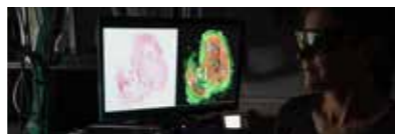
20
Kleine Punkte mit großem Potential
Wie Microarrays aus Thüringen die Diagnostik von Infektionskrankheiten verbessern



22
Genau hingehört
Kommunikation im Mikrouniversum



24
Ressourcenbündelung
Geballte Forschungsinfrastruktur bringt Licht in diagnostische Fragestellungen



26
National verwoben
Enges Kooperationsnetz lässt Spitzenforschung in Deutschland gedeihen



27
Gemeinschaftlich
Leuchttürme exzellenter Forschung erschaffen



28
Gebündelte Leibniz-Kompetenzen verbessern Diagnose, Therapie und Monitoring



30
Eng verwobene Exzellenzforschung
DFG-Sonderforschungsbereiche sind für das Leibniz-IPHT strategisch bedeutsam



34
Innovationssprung mit modernen Quantentechnologien
Auf dem Weg zu hochentwickelten und noch leistungsfähigeren Supercomputern



36
Weltoffen
Lebendige Forschungsgemeinschaft dank globaler Vernetzung



38
Jena-Davis-Alliance of Excellence in Biophotonics
Transatlantische Partnerschaft feiert fünfjähriges Jubiläum



40
Schnellere Diagnostik
Molekulares Abbild enttarnet Krebszellen



42
Cleverer Kleidung
Smarte Textilien sorgen für aufgeladene Akkus



44
Herzgesund
Mit smarterer Sensorik gegen Koronarerkrankungen



46
Dunkle Geheimnisse des Universums
Optische Magnetometer enthüllen verborgene Welten



48
Aufgedeckt
Risiko für Alzheimer- und Infektionskrankungen senken



49
Funktionalisierte Fasern verändern die Farbe des Lichts



Photonik-Forschung für den europäischen Mittelstand

50
Bildgebungsexpertinnen und -experten von morgen



52
Workshop Women in Photonics bringt weibliche Spitzenkräfte nach Jena



53
Lasertechnologiekonferenz ESULaB zieht internationales Publikum an



54
Auszeichnungen & Preise in 2022



56
Mikrokosmos unter der Lupe
Mikroskopie-Experte Prof. Dr. Christian Eggeling erhält Anerkennung für wissenschaftliche und akademische Leistungen



58
Institutshighlights 2022



60
Publikationshighlights 2022

72
Zahlen und Fakten 2022

74
Vereinsmitglieder 2022

75
Wissenschaftlicher Beirat

Kuratorium

76
Organigramm

Forschungseinheiten

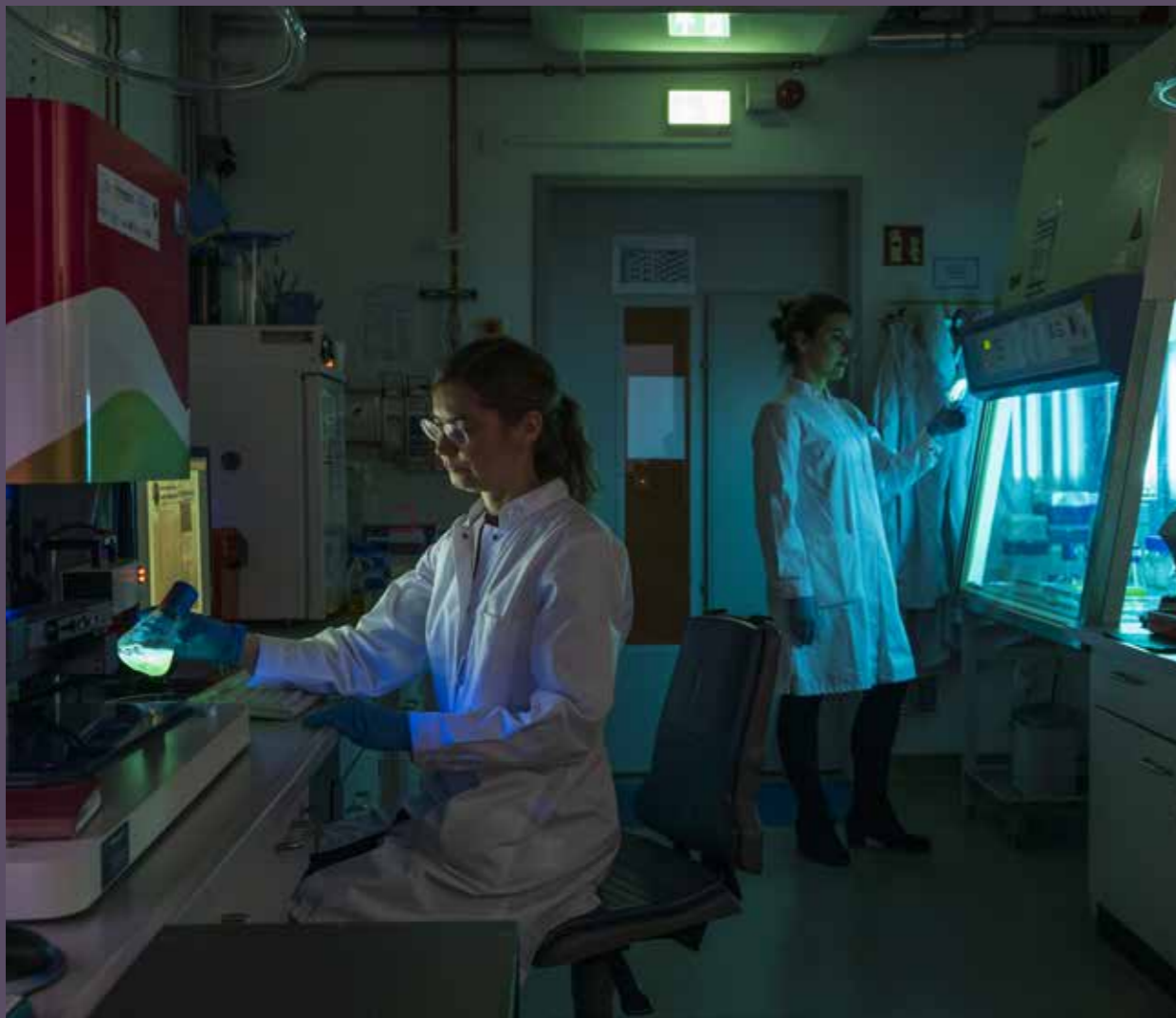
Technologiegruppen

Nachwuchsgruppen

77
Personal des Instituts 2022

78
Finanzen des Instituts 2022

79
Wir danken unseren Förderern



Eine enge Zusammenarbeit und ein erfolgreicher inspirierender Austausch zwischen Wissenschaft und Industrie bringt revolutionäre Erkenntnisse und Errungenschaften hervor, die zur Lösung globaler Herausforderungen beitragen.

© Sven Döring

Gemeinsam forschen, um das Leben sicherer und gesünder zu machen

Inspirierende Kooperationen schaffen Voraussetzungen für technologischen Fortschritt und dessen Translation in die Praxis

Der amerikanische Großindustrielle und Automobilpionier Henry Ford beschrieb im ausgehenden 19. und Anfang des 20. Jahrhunderts den Eckpfeiler wegweisender Entwicklungen

und Errungenschaften. Seine Worte „Zusammenkommen ist ein Beginn, zusammenbleiben ist ein Fortschritt, zusammenarbeiten ist ein Erfolg“ haben auch heute noch, mehr

als 100 Jahre später, ihre Gültigkeit nicht verloren.

Denn eine effiziente Zusammenarbeit, die kreative Köpfe, langjährige Expertise und Wissen unterschiedlicher Fachdisziplinen vereint, ist auch



Interne Innovationsprojekte

Die Innovationsprojekte am Leibniz-IPHT sind eine interne Institution. Sie ermöglichen den Forschenden des Instituts das Entfesseln kreativer Potentiale und schaffen den nötigen Freiraum, um neue Lösungsansätze auszuloten.



Nationale Aktivitäten

In national bedeutenden Projekten und Netzwerken erschließt das Leibniz-IPHT zusammen mit seinen Partnern neue Innovationspotentiale.



Regionale Kooperationen

Gemeinsam mit lokalen Akteuren und im Rahmen regionaler Forschungsk Kooperationen können die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Leibniz-IPHT bahnbrechende neue Technologien entwickeln und die Brücke hin zu marktfähigen Produkten schlagen.



Internationale Zusammenarbeit

Mehrwert mit gesellschaftlicher Relevanz wird auch gemeinsam mit internationalen Forschungspartnern aus Wissenschaft und Industrie rund um den Globus generiert.

heute das Fundament, um erfolgreich innovative Ideen zu erforschen. Eine vertrauensvolle Kooperation aller Partner lässt aus einer ersten Überlegung ausgefeilte neue Technologien oder zukunftsweisende Verfahren erwachsen.

Eine enge Zusammenarbeit zwischen Forschungsabteilungen und Wissenschaftsteams wird auch am Leibniz-IPHT gelebt, um Innovationskraft zu fördern und Ideen für neuartige Lösungen, beispielsweise für eine bessere medizinische Diagnostik oder sichere Medikamente,

den Weg zu ebnet. Werden technologische Kompetenzen zur Realisierung eines Vorhabens benötigt, über die das Institut nicht verfügt, werden diese Kompetenzen durch strategische Kooperationen mit Partneereinrichtungen ergänzt.

In diesem Sinne ist das Leibniz-IPHT im Rahmen externer Kooperationen in verschiedene Projekte, Netzwerke und Cluster eingebunden und arbeitet gemeinsam mit seinen Partnern an technologischen Fortschritten mit, die regionale, nationale und internationale Strahlkraft besitzen.

Das Titelthema „Collaborate & Create“ dieser Ausgabe stellt einige dieser erfolgreichen Kooperationen, in die die Forschenden des Leibniz-IPHT ihre wissenschaftliche Kompetenz einbringen, auf den folgenden Seiten näher vor. Die skizzierten Vorhaben, Allianzen und Netzwerke beleuchten, wie mit dem Erfolgsfaktor Zusammenarbeit neue kreative und lichtbasierte Lösungen für gesamtgesellschaftliche Herausforderungen in den Bereichen Gesundheit, Medizin, Umwelt und Sicherheit geschaffen werden.



Ideen beflügeln und interne Kooperationen stärken

Institutsinterne Innovationsprojekte befördern Erfindergeist

Unsere heutige und immer komplexer werdende Welt sieht sich mit einer Vielzahl an Herausforderungen konfrontiert: Klimawandel und die Verschmutzung unseres Planeten, die Gefahr zunehmender Infektionskrankheiten, Antibiotikaresistenzen und Krebserkrankungen sowie global drohende Krisen sind nur einige der ernstzunehmenden Probleme von gesamtgesellschaftlichem Interesse, denen begegnet werden muss.

Um diese drängenden Fragen effizient und mit Blick für die Zukunft beantworten zu können und neue Wege in Umwelt, Gesundheit und Sicherheit zu beschreiten, braucht es Raum zur Entfaltung kreativer Potentiale zur Entwicklung wirkungsvoller technologischer Lösungen.



„Ein Inkubator für frische Ideen – das bieten für mich die Innovationsprojekte am Leibniz-IPHT. Sie erlauben mir Gestaltungsspielraum, schaffen einen Ort der Begegnung, der Forschende unterschiedlicher Forschungsabteilungen zusammenbringt, und ermöglichen eine Initialzündung für das Entstehen fundamental neuer Lösungen, die mit Licht unsere Welt verändern können.“

Dr. Vladimir Sivakov, Leiter der Arbeitsgruppe Silizium-Nanostrukturen in der Forschungsabteilung Funktionale Grenzflächen am Leibniz-IPHT und Mitwirkender im Innovationsprojekt „Hydrogen Generation on Nanostructured Silicon (HyGS)“ auf den Seiten 12-13

Dieser Freiraum zur Umsetzung ausgefallener Ideen und innovativer Lösungsansätze wird den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern am Leibniz-IPHT seit mehr als einem Jahrzehnt im Rahmen des instituts-eigenen Innovationsmanagements gewährt. In einer offenen und kooperativen Atmosphäre haben Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter die Möglichkeit, vielversprechende Technologien zu erforschen, bisher unbekannte experimentelle Ansätze zu erproben und deren Potenziale auszuloten.

Den Rahmen hierfür bilden interne Innovationsprojekte, die das Institut in einem kompetitiven Verfahren jährlich mit insgesamt 50.000 Euro fördert. Ein Wesensmerkmal, das alle Vorhaben vereint: die Projektvorschläge müssen jeweils von mindestens zwei Forschungsabteilungen beziehungsweise Nachwuchsgruppen gemeinschaftlich eingebracht werden. Dies stärkt die Zusammenarbeit innerhalb des Institutes und fördert die Entstehung kreativer Ansätze.

Über die Abteilungsgrenzen hinaus erhalten die Forschenden so die Gelegenheit zum fachlichen Austausch, zur kooperativen Zusammenarbeit mit sich ergänzenden Kompetenzen und zum Generieren neuer Forschungserkenntnisse unabhängig von mit Drittmitteln geförderten Projektvorhaben. Diese impulsgebenden Ergebnisse gemeinsamer wissenschaftlicher Arbeit münden regelmäßig und seit vielen Jahren in diversen Publikationen, Patenten und öffentlich geförderten Anschlussprojekten. Damit schaffen die institutsinternen Innovationsprojekte kreative Voraussetzungen, um die Wissens- und Technologiebasis langfristig weiterzuentwickeln und bereits heute technologische Antworten auf Problemstellungen von morgen zu erarbeiten.

Zwei ausgewählte Innovationsprojekte aus dem Leibniz-IPHT werden auf den nachfolgenden Seiten vorgestellt.



„Um technologisches Neuland zu betreten, braucht es inspirierende Impulse, die durch intensiven Austausch und eine institutsweite Zusammenarbeit entstehen können. Die Innovationsprojekte erlauben uns, unkonventionelle Forschungsvorhaben zu erproben. Dieses Wissen versetzt uns in die Lage, neue Ideen zu erfolgversprechenden Technologien reifen zu lassen.“

Dr. Andrea Csáki, Leiterin der Arbeitsgruppe Molekulare Plasmonik in der Forschungsabteilung Nanobiophotonik und Mitwirkende im Innovationsprojekt „Hydrogen Generation on Nanostructured Silicon (HyGS)“ auf den Seiten 12-13



„Im Rahmen der internen Innovationsprojekte konnten wir gemeinsam mit unseren Kolleginnen und Kollegen hochspezialisiertes und wertvolles Know-how zur Herstellung komplexer und funktionaler Mikro- und Nanostrukturen entwickeln und aufbauen, von dem alle Forschungsabteilungen des Institutes auch für zukünftige Forschungsvorhaben profitieren. Die dabei entstehende enge Vernetzung mit den beteiligten Akteuren ist meiner Erfahrung nach für alle ein Gewinn.“

Dr. Uwe Hübner, Leiter des Kompetenzzentrums für Mikro- und Nanotechnologien am Leibniz-IPHT und Mitwirkender am Innovationsprojekt „Miniaturisiertes Infrarot-Spektrometer im Wellenlängenbereich 8-14 µm“ auf den Seiten 10-11



Die hier angegebenen Daten beziehen sich auf den Zeitraum 2013-2021.



Mit viel Fingerspitzengefühl platziert Henry John, Ingenieur in der Technologiegruppe Sensorforschung und Systemintegration am Leibniz-IPHT, die optischen Gitter in das Raman2Go-System.

© Sven Döring

Mit der Magie des Lichts

Auf der Suche nach der molekularen Signatur

Spektroskopie bietet enormes Potential für die medizinische Diagnostik, um schnell und zuverlässig den einzigartigen molekularen Fingerabdruck biologischer Proben zu bestimmen und damit beispielsweise Infektionserreger zu identifizieren. Optische Gitter bilden das technologische Herzstück spektroskopischer Systeme und helfen, das Licht optimal spektral aufzufächern.

Konventionelle Spektroskopie-Systeme sind in der Regel aufgrund ihrer Größe für portable sowie für Point-of-Care-Anwendungen wenig geeignet. Das Leibniz-IPHT arbeitete deshalb seit den frühen 2000er Jahren intensiv daran, kommerziell verfügbare spektroskopische Geräte zu miniaturisieren und sie universell für die Labordiagnostik einsatzfähig zu machen.

Um dieses Ziel zu erreichen, arbeiteten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus drei Forschungsabteilungen des Instituts im Rahmen eines internen Innovationsprojektes gemeinsam an einem kompakten spektroskopischen Design. Die Forschungsaktivitäten zielten darauf ab, ein kleines, leichtes und mobil einsetzbares Gitterspektrometer zu entwickeln, das gegen existierende Gerätekonzepte bestehen, diesen jedoch hinsichtlich ihrer spektralen Auflösung in nichts nachstehen sollte.

Ein zentrales Element eines solchen kleinen Spektrometers ist das optische Gitter. Verbaut im Inneren eines Spektrometers sorgen diese

diffraktiven optischen Elemente (DOE) durch Beugung des Lichts für seine Zerlegung in seine spektralen Bestandteile. Über eine weitere optische Einheit wird das in verschiedene Wellenlängen getrennte Licht auf einem empfindlichen Detektor abgebildet, der das erzeugte Spektrum in detektierbare Signale umwandelt. Diese können anschließend



Entscheidend ist das Gitter – als wichtiges zentrales Element von Spektroskopie-Systemen liegt ihre Aufgabe darin, das Licht in sein Spektrum optimal aufzuteilen.

© Sven Döring

zum Beispiel zur Erkennung von Infektionserregern genutzt werden.

Die Erforschung solcher spezialisierten Gitterstrukturen und ihrer ausgeklügelten technologischen Herstellungsverfahren wurde im Innovationsprojekt erfolgreich vorangetrieben. Durch den Einsatz der Elektronenstrahlolithographie im Wafermaßstab und plasmabasierten Tiefätzverfahren konnten anspruchsvolle und hocheffiziente optische Gitterstrukturen und -geometrien hergestellt werden, die neue Möglichkeiten für das Spektrometer-Design eröffneten. Die so fabrizierten oval-geformten opti-

schen Gitter haben in etwa die Größe einer 5-Cent-Münze und sorgen mit ihrer besonderen Architektur aus gekrümmten Gitterlinien und einem speziell strukturierten Gitterprofil für eine überaus effiziente Lichtbeugung. Sie ermöglichen es, die Komplexität der benötigten optischen Bauelemente eines Spektrometers zu reduzieren und dieses damit trotz hoher Auflösung deutlich kleiner zu gestalten.

Das gewonnene Know-how befähigte schließlich die Forschenden mit Raman2Go ein miniaturisiertes und tragbares spektroskopisches Set-up zu entwickeln. Als einfach zu handhabende Komplettlösung eignet sich Raman2Go für spektroskopische Untersuchungen im mobilen Einsatz sowie für Anwendungen außerhalb spezialisierter Labore.

Aktuell wird an der nächsten Generation des mobilen Spektroskopie-Systems Raman2Go gearbeitet, welches im neu entstehenden Leibniz-Zentrum für Photonik in der Infektionsforschung (LPI) zu einem marktfähigen Produkt weiterentwickelt wird. Forschende sollen damit ein schnelles und einfaches Instrument in der Beurteilung biologischer Proben und der patientennahen Infektionsdiagnostik erhalten.

Publikation:

Jahn, Grjasnow, John, Weber, Popp & Hauswald, Sensors, 21 (15), 5067, 2021, <https://doi.org/10.3390/s21155067>

Patente:

Popp, Weber, Riesenberg, Wuttig & Hübner, DE 10 2019 107 924 A1

Popp, Weber, Riesenberg, Wuttig & Hübner, WO 2020 193 677

Popp, Weber, Riesenberg, Wuttig & Hübner, EP 3 948 184 A1

Innovationsprojekt:

Miniaturisiertes Infrarot-Spektrometer im Wellenlängenbereich 8-14 µm



Nanostrukturiert

Energie und Wasser der Zukunft gestalten

Wasserstoff ist in den vergangenen Jahren mehr und mehr in das Interesse energiepolitischer Diskussionen gerückt und verspricht, in der Energieversorgung zukünftig eine wichtige Rolle einzunehmen. Am Leibniz-IPHT erforschen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler im Rahmen eines internen Innovationsprojektes, wie sich Wasserstoff durch die lichtgetriebene Wasserspaltung erfolgreich gewinnen lässt.

Am Leibniz-IPHT werden seit vielen Jahren Nanostrukturen auf Silizium-Basis sowie ihre Wechselwirkung mit Licht erforscht. Solche Halbleiterstrukturen im Nanometermaßstab sind beispielsweise als Komponenten für Solarzellen in der Photovoltaik, als biokompatible und innovative Strukturen in der Krebs-Theragnostik oder als selbstreinigende Materialien in der Materialwissenschaft von Interesse.

Auch für die Spaltung von Wasser in seine Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff mithilfe des Lichts, der sogenannten photokatalytischen Wasserspaltung, erweisen sich Halbleitermaterialien als wertvolle Schlüsseltechnologien. Forschende rund um den Globus arbeiten daran, die Herstellung von Wasserstoff durch Trennung des Wassers weiter zu verbessern, indem sie mit verschiedenen Katalysator-Materialien experimentieren.

Eine vielversprechende Option stellen Silizium-Nanostrukturen dar. Um ihr Potential für die photokatalytische

Wasserspaltung zu erschließen sowie Wege für eine effiziente Wasserstoffherzeugung aufzuzeigen, untersuchten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler am Leibniz-IPHT aus den Forschungsabteilungen Funktionale Grenzflächen, Nanobiophotonik und Nanooptik unter Laborbedingungen die Silizium-Nanostrukturen.

Aus einer Siliziumschicht beziehungsweise auf einem Wafer wurden hierzu hochfeine Nanodrähte von unter 100 Nanometern Größe mittels „top-down“ nasschemischer Ätzprozesse strukturiert und mit Silbernanopartikeln dekoriert. Durch diese Strukturierungs- und Veredlungsmethode können die chemisch-physikalischen Eigenschaften des Siliziums gezielt modifiziert werden. Die so erzeugten und mit metallischen Nanopartikeln verfeinerten Siliziumstrukturen brachten die Forschenden anschließend mit einer wasserhaltigen Lösung sowie künstlichem Licht in Kontakt.

In wissenschaftlichen Untersuchungen mithilfe mikroskopischer und spektroskopischer Methoden stellten sie fest, dass die mit Silbernanopartikeln gekoppelten Siliziumnanodrähte den Wirkungsgrad der Wasserstoffherzeugung deutlich steigern konnten. Die Menge des erzeugten Wasserstoffs wurde dank der mit Silber funktionalisierten Silizium-Nanostrukturen bei gleichzeitiger Bildung von Silizium-Suboxiden an deren Oberfläche während der ablaufenden chemischen Prozesse erheblich vergrößert. Die so erzeugte Rate der Wasserstoffherzeugung ist mindestens fünfmal höher als die in der Literatur beschriebenen

Werte und damit mit der Wasserstoffherzeugung auf Titanoxid-Basis, einem Halbleiter, welcher seit vielen Jahren als Katalysatormaterial bekannt ist, vergleichbar.

Das während des Projektes gewonnene detaillierte Verständnis der Nanomaterialien-Oberfläche bis hinunter auf atomare Ebene, der Wechselwirkungsprozesse an deren Oberfläche während der chemischen Reaktion sowie der ablaufenden photokatalytischen Prozesse liefern einen wichtigen Beitrag für die weitere Erforschung einer wirkungsvollen Wasserstoffgewinnung. Der auf diesen Prinzipien erzeugte Wasserstoff ließe sich speichern, zur Energieerzeugung, aber auch zur Wasserreinigung nutzen.

Das Innovationsprojekt legte den Grundstein für nachfolgende Projekte, die von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) und dem Zentralen Innovationsprogramm Mitteldeutschland (ZIM) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) gefördert wurden.

Publikationen:

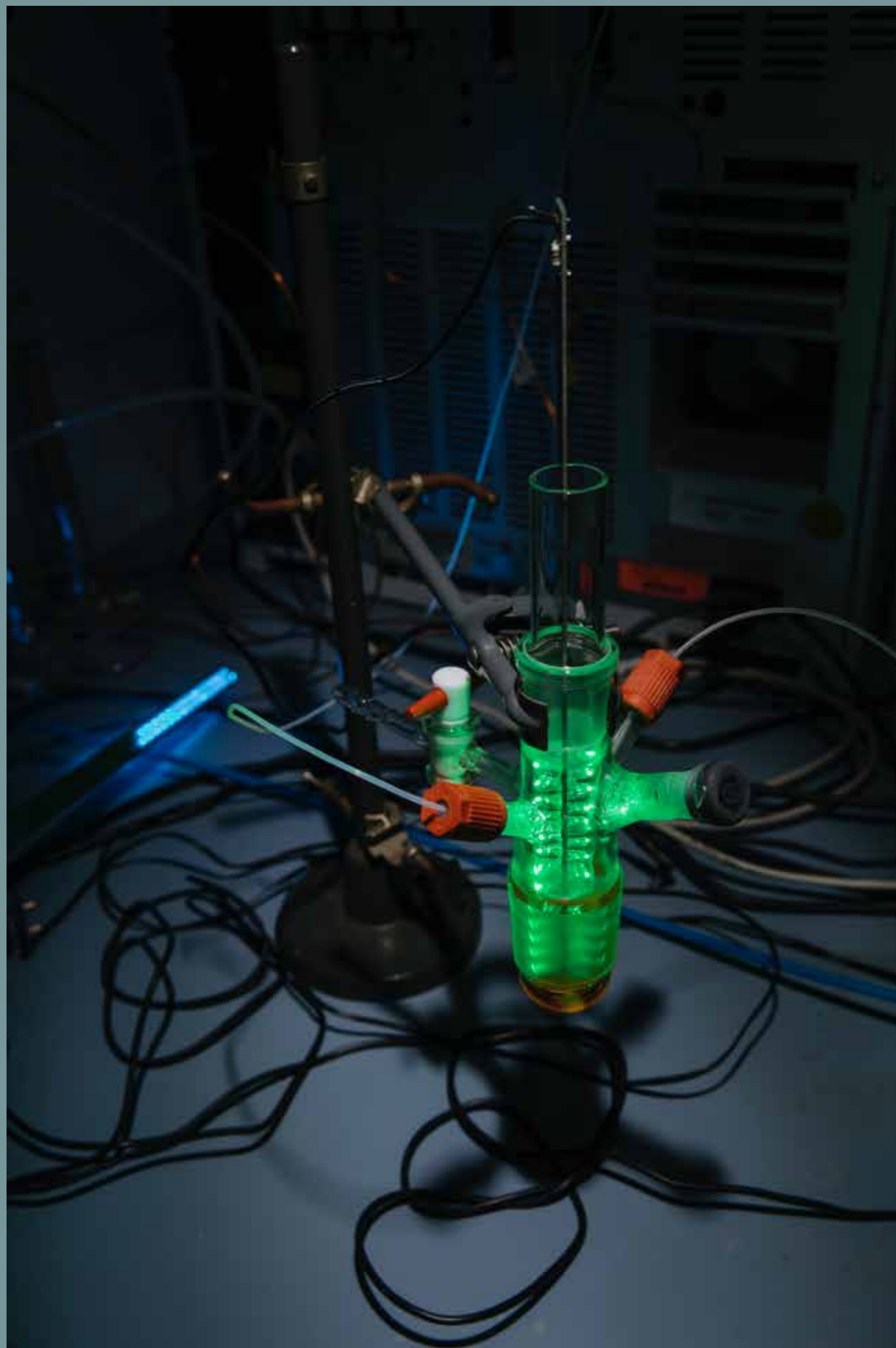
Ming, Dietzek-Ivanšić, Lu, Zuo & Sivakov, 2022, ACS Applied Energy Materials, <https://doi.org/10.1021/acsaem.2c00968>

Ming, Turishchev, Schlausener, Parinova, Koyuda, Chuvenkova, Schulz, Dietzek-Ivanšić & Sivakov, 2021, Small, <https://doi.org/10.1002/sml.202007650>

Turishchev, Parinova, Pisljaruk, Koyuda, Yermukhamed, Ming, Ovsyannikov, Smirnov, Makarova & Sivakov, 2019, Scientific Reports, <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44555-y>

Innovationsprojekt:

Hydrogen Generation on Nanostructured Silicon (HyGS)



In Laborversuchen konnten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler am Leibniz-IPHT Wasserstoff durch veredelte Silizium-Nanostrukturen erzeugen. © Sven Döring



Blick auf das Optical Valley Jena, der Wiege optischer und photonischer Technologien und Hightech-Standort in Mitteldeutschland.

© Sven Döring

Regionale Zusammenarbeit in Jena

Tradition und Innovation

Jena ist bekannt als Optical Valley und hat sich in den vergangenen Jahrzehnten zu einem international renommierten

Forschungs- und Wirtschaftsstandort entwickelt. Dabei ist die interdisziplinäre Zusammenarbeit ein zentraler Erfolgsfaktor.

Die Ursprünge dieser Zusammenarbeit reichen zurück bis ins 19. Jahrhundert als Carl Zeiss, Ernst Abbe und Otto Schott gemeinsam die Mikroskopie revolutionierten

und den Grundstein für den heutigen Standort legten. Damals schon adressierten sie mit ihren technologischen Lösungen Anwendungen in den Lebenswissenschaften und ermöglichten bahnbrechende Entdeckungen auf diesem Gebiet. Der Spirit von Zeiss, Abbe und Schott ist auch heute noch allgegenwärtig in der Saalestadt.

Als außeruniversitäre Forschungseinrichtung nimmt das Leibniz-IPHT eine zentrale Rolle in der regionalen Forschungslandschaft ein. Gemeinsam mit akademischen Partnern wie den Jenaer Hochschulen und außeruniversitären Instituten, medizinischen Forscherinnen und Forschern sowie Anwenderinnen und Anwendern im Universitätsklinikum Jena sowie Partnern aus der Wirtschaft

wie Zeiss, Jenoptik und zahlreichen mittelständischen Unternehmen und Start-ups, arbeiten die Forschenden des Leibniz-IPHT an innovativen optischen Lösungen für Anwendungen in den Lebenswissenschaften. Dabei treiben sie die Translation ihrer Ergebnisse in marktfähige Produkte voran.

Beispiele für eine solche enge regionale Zusammenarbeit sind der InfectoGnostics Forschungscampus Jena, der Kompetenzen aus Forschung und Industrie bündelt (Seite 20-21), der Leibniz-Wissenschaftscampus InfectoOptics, der Kooperationen zwischen Leibniz-Instituten und Hochschulen ermöglicht, das neu entstehende Leibniz-Zentrum für Photonik in der Infektionsforschung (Seite 16-19) oder das Exzellenzcluster Balance of the Microverse (Seite 22-23). Mit dem Zentrum für translationale Medizin (CeTraMed) sowie dem Abbe Center of Photonics verfügt die Lichtstadt Jena über weitere etablierte Infrastrukturen für Spitzenforschung. Darüber hinaus engagiert sich das Leibniz-IPHT in regionalen Graduiertenschulen bei der Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses.

Außerdem ist das Leibniz-IPHT in zahlreiche regionale Forschungsnetzwerke eingebunden und engagiert sich aktiv in der Lehre sowie bei der Ausbildung und Nachwuchsförderung am Standort Jena.

Der Erfolg des Forschungs- und Wirtschaftsstandorts Jena beruht auf einer über Jahre gewachsenen Kultur der Zusammenarbeit und Innovation. Das Erbe von Zeiss, Abbe und Schott inspiriert Forschende sowie Erfinderinnen und Erfinder in Jena auch weiterhin. Die regionale Zusammenarbeit bleibt ein entscheidender Erfolgsfaktor für das zukünftige Wachstum und die Entwicklung der Stadt als Exzellenzstandort für Wissenschaft und Technologie.



Nach der geplanten Fertigstellung im Jahr 2028 wird das LPI internationalen Forschungs- und Industriepartnern als Translationsinfrastruktur zur Verfügung stehen. © Sweco GmbH

Spitzenforschung mit Licht: Marktreife Lösungen im Kampf gegen Infektionen

Das LPI vereint alle Entwicklungsschritte vom Konzept bis hin zum zertifizierten Medizinprodukt in einem ganzheitlichen Prozess

Mit dem Leibniz-Zentrum für Photonik in der Infektionsforschung (LPI) entsteht in Jena eine weltweit einmalige Infrastruktur, um Lösungen für Infektionskrankheiten zu entwickeln. Während der Aufbauphase kommt es vor allem auf ein gemeinschaftliches Agieren der vier Kernpartner auf regionaler Ebene an. Hierbei handelt es sich nicht nur um Kooperation auf Projektebene, sondern um Teamarbeit. Nur durch eine enge Zusammenarbeit und einen regelmäßigen Austausch können die Potenziale der einzelnen Partner optimal genutzt und Synergieeffekte erzielt werden.

Infektionskrankheiten führen zu einer stetig steigenden Zahl von Todesfällen und gefährden die Weiterentwicklung der modernen Hochleistungsmedizin. Neben dem Auftreten bislang unbekannter Erreger ist die weltweite Verbreitung von Antibiotikaresistenzen ein zunehmendes Problem, welches die WHO zu einer der größten Gesundheitsbedrohungen für die Menschheit erklärt hat. Die Photonik ist ein leistungsfähiges Werkzeug für die Erforschung neuer Diagnoseverfahren und Therapeutika und hat das Potenzial, die Infektionsforschung zu revolutionieren, um der globalen Herausforderung begegnen zu können. Als weltweit einmalige Translationsinfrastruktur wird das LPI die Entwicklung kompakter Geräte und innovativer Lösungsansätze vorantreiben.

Das LPI rückt exzellente Forschung, Technologieentwicklung sowie den klinischen Alltag in unmittelbare Nähe zueinander. Es vereint die Kompetenzen der vier Kernpartner, dem Universitätsklinikum Jena und der Friedrich-Schiller-Universität Jena, dem Leibniz-Institut für Photonische Technologien (Leibniz-IPHT) und dem Leibniz-Institut für Naturstoff-Forschung und Infektionsbiologie – Hans-Knöll-Institut (Leibniz-HKI). Nach der geplanten Fertigstellung im Jahr 2028 wird das Zentrum internationalen Forschungs- und Industriepartnern zur Verfügung stehen.

Gefördert wird das Zentrum vom Bundesforschungsministerium im Rahmen der Nationalen Roadmap für Forschungsinfrastrukturen. Das BMBF begleitet den Aufbau des

LPI als verlässlicher Partner und Ratgeber. Jürgen Popp, Sprecher des LPI, traf sich im vergangenen Juni auf der Lasermesse LASER World of PHOTONICS in München mit Ministerialrätin Dr. Ulrike Geiger, um über die Grundzüge des LPI zu sprechen.

Ulrike Geiger: Lieber Herr Popp, für die Diagnose von Erregern wenden Sie mit dem Einsatz von Licht einen neuartigen Ansatz an – und erhalten Ergebnisse innerhalb kürzester Zeit. Das kann in vielen Fällen lebensrettend sein und reduziert die Anwendung von Breitband-Antibiotika. Wie funktioniert die Zusammenarbeit der LPI-Trägereinrichtungen?

Jürgen Popp: In Jena wird seit langer Zeit Optik- und Photonikforschung auf dem höchsten Niveau betrieben. Stärker als andere Standorte kooperieren diese Bereiche hier mit Anwenderinnen und Anwendern im Bereich der Lebenswissenschaften und der Medizin – bereits seit vielen Jahren. Ein Beispiel: Wir wissen, dass unsere weißen Blutzellen, unsere Immunzellen, sich durch die Wechselwirkung mit Pathogenen chemisch verändern. Diese Veränderung können wir mit lichtbasierten Verfahren sichtbar machen. Im Rahmen der LPI-Förderung haben Forschende des Leibniz-IPHT gemeinsam mit Medizinerinnen und Medizinern nun ein Labormuster gebaut, das diese Veränderung deutlich schneller als bisher sichtbar machen kann. In wissenschaftlichen Studien kommt es bereits zum Einsatz.

Geiger: Wir freuen uns, dass wir mit dem LPI den Forschenden die Möglichkeit geben, etwas zu realisieren, was sie sonst, als einzelne Einrichtung, nicht umsetzen könnten. In der Betriebsphase soll sich das LPI dann selbst tragen und für Wissen-

schaft und Wirtschaft zur Verfügung stehen. Welche Serviceleistungen wird es dann anbieten?

Popp: Derzeit bauen wir eine Rechtsform für das LPI auf, mit der es einerseits öffentlich geförderte und andererseits privatwirtschaftlich finanzierte Projekte umsetzen kann. In der Betriebsphase werden LPI-Technologie-Scouts laufend Ideen aus der Photonik für die Infekti-



Prof. Dr. Jürgen Popp im Gespräch mit Ministerialrätin Dr. Ulrike Geiger, Leiterin des Referates Quantentechnologien, Quantum Computing im Bundesforschungsministerium während der LASER World of PHOTONICS in München im Juni 2022. © Leibniz-IPHT

onsforschung bewerten. Passende Ansätze werden im LPI weiterentwickelt; dabei stellt das LPI alles zur Verfügung: Wird eine Mikrofluidik oder ein besonderes Auslesegerät benötigt oder fehlen Patientenproben? Das LPI kümmert sich auch um Ethikvoten und Qualitätsmanagement, so dass Anwenderinnen und Anwender schnell zu einem Prototypen gelangen. Auch die Industrie binden wir ein. Arbeiten wir alle auf Augenhöhe zusammen, können wir die Translation beschleunigen.

Geiger: Die Translation, also die Transferstrategien, sind dem BMBF sehr wichtig. Häufig sehen wir, dass Forschungsergebnisse nicht zur Marktreife kommen, weil es kritische Phasen zu überwinden gilt. Die können wir mit der Infrastruktur im LPI überbrücken. Die interdisziplinäre Zusammenarbeit in der Aufbauphase

des LPI finde ich faszinierend. Weil Forschende sich den Herausforderungen gleichzeitig aus unterschiedlichen Perspektiven widmen, haben wir noch bessere Chancen, künftige Epidemien schneller zu bekämpfen.

Popp: Momentan arbeiten mehr als 100 Forschende sowie Kolleginnen und Kollegen aus Technik und Verwaltung aus den vier unterschiedlichen Trägereinrichtungen am Aufbau der Basistechnologien. Auch die enge Zusammenarbeit mit dem BMBF und dem Projektträger VDI-TZ ist förderlich und es macht Spaß, gemeinsam die eine oder andere Hürde zu nehmen. Dieses besondere Zentrum aufbauen zu dürfen, motiviert insbesondere die jüngeren Mitarbeitenden, aber auch ich durfte in meiner ganzen wissenschaftlichen Laufbahn so etwas noch nicht gestalten.

Geiger: Auch aus unserer Sicht ist das LPI etwas Besonderes. Ich möchte allen Mitarbeitenden mit auf den Weg geben, neugierig zu bleiben und sich die Vision des LPI vor Augen zu halten, dass sie gemeinsam an Lösungen für den Umgang mit Infektionskrankheiten arbeiten.

Popp: Wir werden das Potenzial der Photonik nutzen, um Diagnostik und Monitoring sowie Therapie von Infektionskrankheiten zu revolutionieren. Da ist die Förderung des BMBF notwendig, denn in diesem großen Umfang könnte man das ohne sie nie stemmen.

Geiger: Ich wünsche weiterhin viel Erfolg!

Popp: Vielen Dank. Ich freue mich auf die weitere Zusammenarbeit.



Bundesforschungsministerin Bettina Stark-Watzinger im Gespräch mit Institutsleiter Prof. Dr. Jürgen Popp © Katrin Uhlig

Photonik für die Infektionsforschung

Bundesforschungsministerin und Thüringer Wissenschaftsminister besuchen Leibniz-IPHT

Um sich einen Überblick über den Forschungsstandort Jena als impulsgebenden Motor für smarte photonische Innovationen, speziell im Bereich der Infektionsforschung, zu verschaffen, besuchte Bundesforschungsministerin Bettina Stark-Watzinger gemeinsam mit ihrem Thüringer Amtskollegen Wolfgang Tiefensee im November 2022 die Wissenschaftsstadt und das Leibniz-IPHT.

Bundesforschungsministerin Bettina Stark-Watzinger zeigte sich beeindruckt von der Arbeit der Jenaer Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler: „Die Corona-Pandemie hat uns vor Augen geführt, wie wichtig exzellente Infektionsforschung ist. Damit Deutschland seine Spitzenposition auf diesem Gebiet in Zukunft weiter ausbauen kann, wollen wir das Leibniz-Zentrum für Photonik in der Infektionsforschung (LPI) gründen. Das LPI wird hochinnovativ und weltweit einmalig sein: Optische Technologien, Künstliche Intelligenz und Medizintechnik

werden hier zusammenwirken, um Ergebnisse aus der Forschung schneller in marktreife Anwendungen zu bringen und damit dazu beizutragen, dass Deutschland auch weiterhin international führend bleibt. Die Ansiedlung in Jena, umgeben von der umfangreichen Expertise aus den vor Ort bereits bestehenden Leibniz-Instituten für Photonische Technologien sowie für Naturstoff-Forschung und Infektionsbiologie, der Friedrich-Schiller-Universität und dem Universitätsklinikum Jena, schafft ideale Voraussetzungen dafür.“

Neuer Ansatz für frühe Erkennung von schwerem COVID-19



Der Immunantwort auf der Spur: High-Throughput Screening Raman Spectroscopy (HTS-RS) © Leibniz-IPHT

Ein interdisziplinäres Team von Forschenden des LPI untersucht, inwieweit spektroskopische Verfahren geeignet sind, frühzeitig den weiteren Verlauf einer Corona-Erkrankung vorherzusagen. Dabei untersuchen sie infizierte weiße Blutkörperchen mit einem Hochdurchsatz-Raman-System, um die Immunantwort zu analysieren.

Die Symptome einer Infektion mit COVID-19 können sehr unterschiedlich sein und reichen von leichten Atemwegsbeschwerden bis hin zu lebensbedrohlichen Lungendysfunktion. Bereits in einem frühen Stadium der Erkrankung könnten anhand der Immunantwort Rückschlüsse auf den weiteren Krankheitsverlauf gezogen werden. Im Rahmen gemeinsamer Projekte und klinischen Studien untersuchen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Leibniz-IPHT gemeinsam mit Kolleginnen und Kollegen aus dem Universitätskli-

nikum Jena die Einsatzmöglichkeiten photonischer Technologien zur Früherkennung von schweren COVID-19-Verläufen. Die gewonnenen Erkenntnisse könnten dazu beitragen, den Verlauf der Erkrankung besser zu verstehen und vorherzusagen sowie lebensrettende Maßnahmen frühzeitig zu ergreifen.

Für ihre Untersuchungen nutzten die Forschenden Raman-spektroskopische Verfahren, um Veränderungen in der molekularen Zusammensetzung weißer Blutkörperchen zu erkennen. Dafür infizierten sie neutrophile Granulozyten im Labor mit dem Corona-Virus und stimulierten die Immunantwort durch die Zugabe entzündungsfördernder Botenstoffe. Neutrophile Granulozyten sind die häufigste Art von weißen Blutkörperchen. Sie reagieren schnell auf Entzündungen und Infektionen, indem sie Bakterien oder andere Erreger absorbieren und zerstören. Mittels der High-Throughput Screening Raman Spectroscopy (HTS-RS) untersuchten die Forschenden die weißen Blutkörperchen in verschie-

denen zeitlichen Abständen. Die so gewonnenen Spektren wurden anschließend mithilfe maschineller Lernalgorithmen analysiert.

Deutliche Änderungen des Raman-spektroskopischen Fingerabdrucks der infizierten Immunzellen konnten nach drei und nach 24 Stunden beobachtet und voneinander unterschieden werden. Die Messdaten deuten auf eine phänotypische Veränderung der neutrophilen Granulozyten, hervorgerufen durch eine gesteigerte Produktion von Zytokinen, hin. Ein vermehrtes Ausschütten dieses Botenstoffes konnte in den mit SARS-CoV-2 infizierten Zellen nach drei Stunden biochemisch nachgewiesen werden. Nach weiteren 21 Stunden war die Produktion der für die Immunreaktion verantwortlichen Proteine nochmals signifikant gestiegen.

Anhand der Raman-Daten kann demnach nicht nur unterschieden werden, ob eine Zelle infiziert ist oder nicht. Auch die Schlussfolgerung, dass die Ramansignatur mit dem Zytokingehalt korreliert, ist naheliegend. Basierend auf diesen Erkenntnissen soll die Methodik und die Datenauswertung mithilfe künstlicher Intelligenz weiter trainiert und verbessert werden. Langfristig kann hieraus ein neues diagnostisches Werkzeug zur Früherkennung von schweren COVID-19-Verläufen entstehen, welches eine Alternative beziehungsweise Ergänzung zu vorhandenen biochemischen Verfahren sein könnte.

–
Publikation:

Pistikli, Hornung, Silge, Ramoji, Ryabchykov, Bocklitz, Weber, Löffler, Popp & Deinhardt-Emmer, Clinical and Translational Medicine, Volume 12, Issue 12, e1139, 2022, <https://doi.org/10.1002/ctm2.1139>



Mitarbeitende der Forschungsabteilung Optisch-Molekulare Diagnostik und Systemtechnologie bei der Microarray-Diagnose.
© Sven Döring

Kleine Punkte mit großem Potential

Wie Microarrays aus Thüringen die Diagnostik von Infektionskrankheiten verbessern

Infektionserreger detektieren, Resistenz- und Virulenzfaktoren erkennen oder den Impfstatus bestimmen – Microarrays sind die Multifunktionalitäten der molekularen Diagnostik und können flexibel für viele diagnostische Anwendungen angepasst werden. Experten für diese Technologie sind am Leibniz-IPHT die Wissenschaftlerinnen und

Wissenschaftler der Forschungsabteilung Optisch-Molekulare Diagnostik und Systemtechnologie. In 2022 hat das Team um Abteilungsleiter Prof. Dr. Ralf Ehricht gemeinsam mit den Entwicklerinnen und Entwicklern der INTER-ARRAY by fzmb GmbH aus Bad Langensalza gleich mehrere neue Tests auf Basis der Microarray-Technologie entwickelt.

So entstand beispielsweise im RESISTOVAC-Projekt des InfectoGnostics Forschungscampus Jena mit Unterstützung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) eine neue Testplattform, mit der sich der Impfstatus gegen verschiedenste Infektionserreger bestimmen lässt. Mit einem einzigen Tropfen Blut von Patientinnen und Patienten kann so getestet werden, ob das Immunsystem auf eine Impfung angesprochen hat und ob noch Antikörper gegen den Infektionserreger vorhanden sind.

Im Fokus stand dabei besonders die Immunantwort auf Krankheiten, gegen die Impfungen empfohlen werden: Mumps, Masern, Tetanus oder Diphtherie, aber auch die gleichzeitige Testung auf mögliche Corona-Antikörper durch Impfung oder natürliche Infektion.

Microarray für alle STIKO-Impfungen könnte Hinweise auf Impflücken geben

Die Leibniz-IPHT-Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler entwickeln dazu gemeinsam mit den fzmb-Forschenden einen speziellen Protein-Microarray: Auf diesem wenige Millimeter kleinen Chip sind verschiedene Fängermoleküle in kleinen Punkten aufgetragen und gebunden. Werden Antikörper aus dem Patientenblut mit den passenden Antigenen auf dem Chip zusammengebracht, verfärben sich entsprechende Testfelder auf dem Microarray – ein gesuchter Antikörper muss also im Blut vorhanden gewesen sein. Das entstehende winzige Muster auf den Microarrays kann mittels spezieller Auswertegeräte binnen weniger Minuten optisch analysiert werden.

Neben verschiedenen Oberflächenstrukturen des Coronavirus wurden auch Antigene von den Erregern für Diphtherie, Masern und Tetanus auf den Test gebracht, auf die geimpfte Personen typischerweise reagieren. Auch hier konnte eine entsprechende Antikörperreaktion bei geimpften Personen erfolgreich nachgewiesen werden. „Wir konnten so zeigen, dass wir den Test flexibel erweitern und verschiedene Antikörper während einer einzigen Testung im Patientenblut nachweisen können.“

In Zukunft könnte ein Mikroarray für alle von der Ständigen Impfkommission (STIKO) empfohlenen Impfungen zusammengestellt werden, mit dem schnell und günstig auf mögliche Impflücken gescreent werden könnte“, erklärt Sindy Burgold-Voigt, Doktorandin in der Forschungsabteilung Optisch-Molekulare Diagnostik und Systemtechnologie am Leibniz-IPHT.

InfectoGnostics Forschungscampus Jena

Das Leibniz-IPHT ist Gründungsmitglied des InfectoGnostics Forschungscampus, der als Thüringer Innovationscluster für Diagnostik und Biotechnologie gemeinsame Translationsprojekte in öffentlich-privater Partnerschaft initiiert und bis zur Anwendung begleitet. Über 30 Partner aus Industrie, Forschung und Klinik entwickeln und kombinieren im Forschungscampus photonische und molekularbiologische Verfahren, um Infektionserreger und Antibiotikaresistenzen zuverlässig zu detektieren und die Wirtsantwort (zum Beispiel bei Sepsis) besser zu verstehen. Im Dreiklang von Technologie, Anwendung und Herstellung entstehen so Labor- und Schnelltests für den Einsatz in der Human- und Veterinärmedizin sowie für die Lebensmittelsicherheit.

Vielseitiges Microarray-Prinzip lässt sich auch in Streifentest-Formate überführen

Doch das zugrundeliegende Microarray-System lässt sich auch flexibel für andere Tests anpassen: Sollen beispielsweise Resistenzfaktoren detektiert oder Untergruppen einer bakteriellen Spezies bestimmt werden, können Forschende passende Fängermoleküle definieren, die als Punktmatrix auf dem Micro-

array aufgetragen werden und eine parallele Messung von mehreren Parametern ermöglichen.

Die fzmb GmbH konnte so bereits einen marktreifen Test gemeinsam mit den Leibniz-IPHT-Forschenden entwickeln, mit dem sich genetische Eigenschaften des Bakteriums *Staphylococcus aureus* untersuchen und mehr als 700 Stämme dieses Erregers unterscheiden lassen. Virulenzfaktoren und Resistenzgene, auch der „multiresistenten“ Varianten (MRSA), können mit diesem sogenannten „INTER-ARRAY Genotyping Kit *S. aureus*“-Testkit schnell identifiziert werden. Für die Auswahl der Zielgene und -sequenzen sowie den Aufbau der Datenbank der Stämme kooperierte das Unternehmen mit den Leibniz-IPHT-Wissenschaftlern Prof. Ralf Ehricht und Dr. Stefan Monecke.

Microarray-Systeme bieten zudem den großen Vorteil, dass sie auch in verschiedenen diagnostischen Testformaten realisiert werden können. So kann das Prinzip in vereinfachter Form auch in ein kostengünstiges Streifentest-Format überführt werden, wie es von

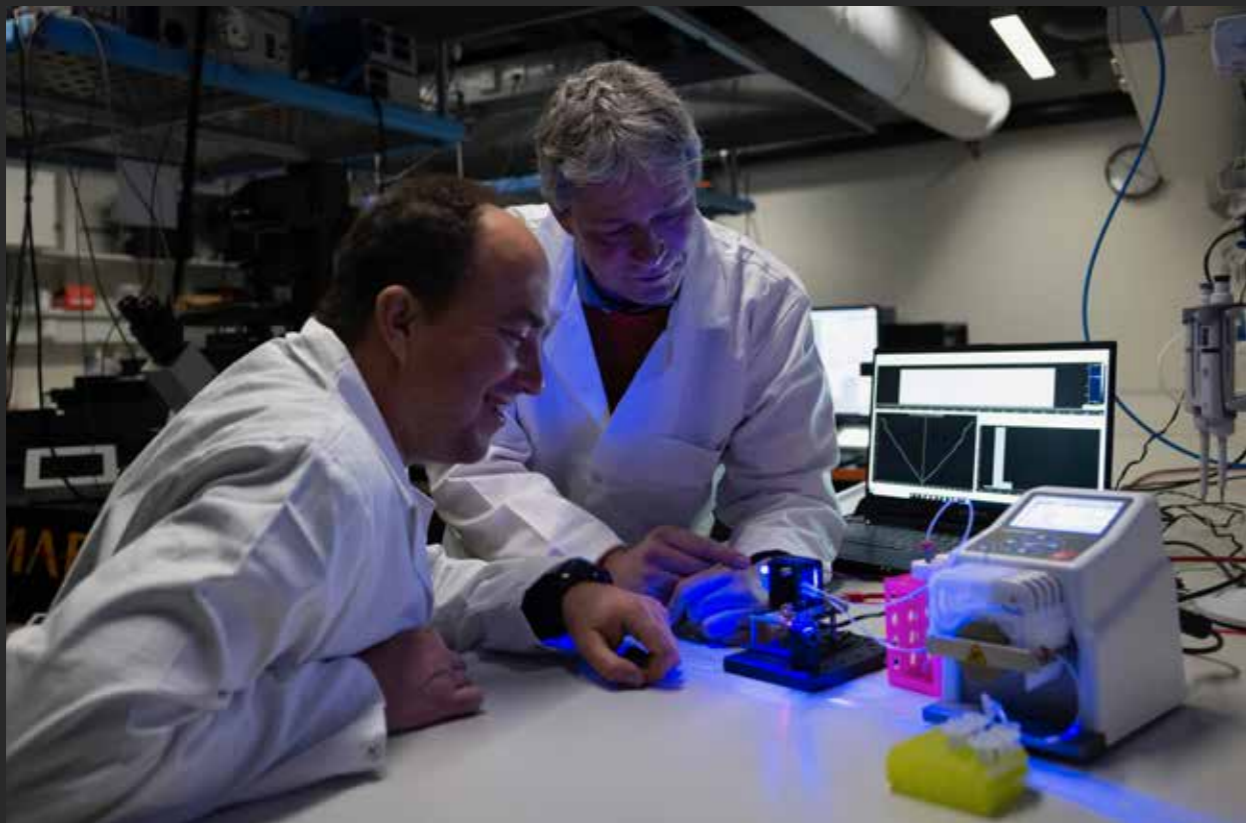
Corona-Schnelltests bekannt ist. Im Projekt RESISTOVAC wird diese Weiterentwicklung durch die Senova GmbH in Weimar übernommen, die auf solche Lateral-Flow-Testverfahren spezialisiert ist.

– Publikation:

Burgold-Voigt, Müller, Zopf, Monecke, Braun, Frankenfeld, Kiehltopf, Weis, Schumacher, Pletz, Ehricht & The CoNAN Study Group, *Scientific Reports*, 12, 8067, 2022, <https://doi.org/10.1038/s41598-022-10823-7>



Weitere Informationen zum InfectoGnostics Forschungscampus Jena:
www.infectognostics.de



Das linsenlose interferometrische Streumikroskop wurde im Rahmen des Microverse Imaging Center von Dr. Ondrej Stranik (links im Bild) und Prof. Dr. Rainer Heintzmann (rechts im Bild) aus der Forschungsabteilung Mikroskopie entwickelt. Das äußerst kompakte optische System ermöglicht es, labelfrei die Verteilung von Molekülen und Bakterien zu bestimmen und damit das Zusammenspiel zwischen Mikroorganismen über ihre molekularen Botenstoffe zu verstehen. © Sven Döring

Genau hingehört

Kommunikation im Mikrouniversum

Wie wichtig Kommunikation ist, zeigt sich im täglichen Miteinander: Sie dient dem Informationsaustausch, um Gefühle auszudrücken, Probleme zu lösen oder Erfolge zu feiern. Kommunikation ist essentiell, um in Kontakt zu treten und in Balance zu bleiben. Doch nicht nur für uns Menschen ist Kommunikation unentbehrlich, auch für das Mikrouniversum ist sie von entscheidender Bedeutung. Die Erforschung der Interaktion und Kommunikation von Mikroorganismen

ist Gegenstand des Jenaer Exzellenzclusters Balance of the Microverse.

Kleinstlebewesen können zu Millionen den menschlichen Körper besiedeln – ob auf der Haut oder als Teil der natürlichen Darmflora. In den meisten Fällen sind sie für den gesunden Menschen völlig ungefährlich und tragen zur unserem Wohlbefinden bei. Doch bei Menschen mit einem schwachen Immunsystem können manche eigentlich harmlose Organismen Krankheiten hervorrufen. Auch das Artensterben bestimmter Pflanzen oder die Verunreinigung von Gewässern durch unerwarte-

tes enormes Algenwachstum sind weitere Indizien für in der Natur plötzlich entstehende Dysbalancen, die enormen Einfluss auf das Funktionieren und die Gesundheit ganzer Ökosysteme haben.

Die Ursachen solcher Ungleichgewichte im Zusammenleben von Mikroorganismen versuchen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in Jena im Balance of the Microverse Exzellenzcluster (Gleichgewicht im Mikroversum) aufzudecken. Im Mittelpunkt ihrer Forschung stehen dabei die kleinsten Lebewesen – die Mikroorganismen. Diese leben in mikrobiellen Gemeinschaften zusam-

men, sogenannten mikrobiellen Konsortien bestehend aus einer Vielzahl winzig kleiner Organismen. Sowohl im menschlichen Mikrobiom als auch in Gewässern oder in der Pflanzenwelt bilden sie komplexe Verbände, in denen sie miteinander und mit ihrer Umwelt über molekulare Botenstoffe interagieren und kommunizieren. Ihr Zusammen- und Wechselspiel wird von den zehn am Exzellenzcluster beteiligten Forschungseinrichtungen untersucht.

„Wie entstehen in solchen mikrobiellen Universen harmonische Gleichgewichte, die für ein Funktionieren einer gesunden Umwelt essenziell sind? Welche Schlüsselfaktoren bringen diese Gleichgewichte ins Wanken und führen zu negativen Effekten für den Menschen und ganze Ökosysteme? Und über welche regulierenden Mechanismen verfügen mikrobielle Konsortien, um sich nach einer Störung wieder zu regenerieren? Mit all diesen Fragen beschäftigt sich das Exzellenzcluster Balance of the Microverse. Um darauf Antworten zu finden, stellen wir als Leibniz-IPHT mit Mikroskopie und Spektroskopie hochauflösende und hochempfindliche Bildgebungsmethoden bereit oder entwickeln diese gemeinsam mit den beteiligten Partnern stetig weiter. Damit schaffen wir die technologischen Voraussetzungen, um einen Einblick in die Kommunikation der Kleinstlebewesen gewinnen zu können“, erklärt Prof. Dr. Christian Eggeling, Leiter der Forschungsabteilung Biophysikalische Bildgebung am Leibniz-IPHT und Teilprojektleiter im Exzellenzcluster.

Zu diesem Verständnis wird das im Aufbau befindliche Microverse Imaging Center beitragen.

Das hochmoderne Mikroskopiezentrum für bildgebende Technologien soll die beteiligten Einrichtungen des Clusters auf ihrer Entdeckungsreise durch den Mikrokosmos unterstützen. In diesem finden Forschende

Projekte des Leibniz-IPHT im Rahmen des Exzellenzclusters Balance of the Microverse

Microverse Imaging Centre // Investigation of Microbial Interactions Using Raman Spectroscopy // High-throughput Multicontrast Spectroscopic Imaging Platform

Prof. Dr. Jürgen Popp, wissenschaftlicher Direktor und Leiter der Abteilung Spektroskopie/Bildgebung am Leibniz-IPHT

Microverse Imaging Centre // Quantitative Imaging of Microbial Dynamics in Organ-on-chip Models // Molecular Communication Involving Membranes and Lipid Rafts

Prof. Dr. Christian Eggeling, Leiter der Abteilung Biophysikalische Bildgebung am Leibniz-IPHT

Microverse Imaging Centre // Etalon-enhanced Mapping of Small Molecules

Prof. Dr. Rainer Heintzmann, Leiter der Forschungsabteilung Mikroskopie am Leibniz-IPHT

nicht nur kommerzielle Raman-spektroskopische und mikroskopische Instrumente zur Beantwortung ihrer Forschungsfragen, sondern es entstehen im Imaging Vision Room in enger Zusammenarbeit mit den Optik-Expertinnen und -Experten des Leibniz-IPHT auch neue zukunftsweisende Lösungen.

„Unsere Bioimaging-Methoden sowie die damit gewonnenen Erkenntnisse des Wechselspiels der Mikroorganismen

öffnen neue Potentiale, zum Beispiel für die Erforschung alternativer Heil- und Behandlungsmethoden für Krankheiten, die infektiöse Erreger gezielt bekämpfen, während für das Immunsystem unverzichtbare Bakterien nicht angegriffen werden und damit die Balance im Mikrobiom erhalten bleibt“, so Prof. Dr. Christian Eggeling.

Angeschlossen an das Exzellenzcluster ist die Jena School for Microbial Communication (JSMC) an der Friedrich-Schiller-Universität Jena. Die Exzellenz-Graduiertenschule unterstützt mit einem umfassenden interdisziplinären Trainingsprogramm den wissenschaftlichen Nachwuchs auf seiner akademischen Karriere. Doktorandinnen und Doktoranden erhalten mit verschiedenen Workshops, Schulungen und Forschungsaufenthalten die Möglichkeit zur Weiterbildung und Vernetzung sowie zum wissenschaftlichen Austausch.

Das Balance of the Microverse Exzellenzcluster wird von der Deutschen Forschungsgemeinschaft mit 38 Millionen Euro gefördert.

Publikationen:

Matanfack, Taubert, Reilly-Schott, Küsel, Rösch & Popp, *Analytical Chemistry*, 94, 7759–7766, 2022, <https://doi.org/10.1021/acs.analchem.1c04097>

Wallace, Kopycinski, Yang, McCully, Eggeling, Chojnacki & Dorrell, *Scientific Reports*, 12, 18366, 2022, <https://doi.org/10.1038/s41598-022-23228-3>

Quansah, Ramoji, Thieme, Mirza, Goering, Makarewicz, Heutelbeck, Meyer-Zedler, Pletz, Schmitt & Popp, *Scientific Reports*, 12, 20416, 2022, <https://doi.org/10.1038/s41598-022-24846-7>

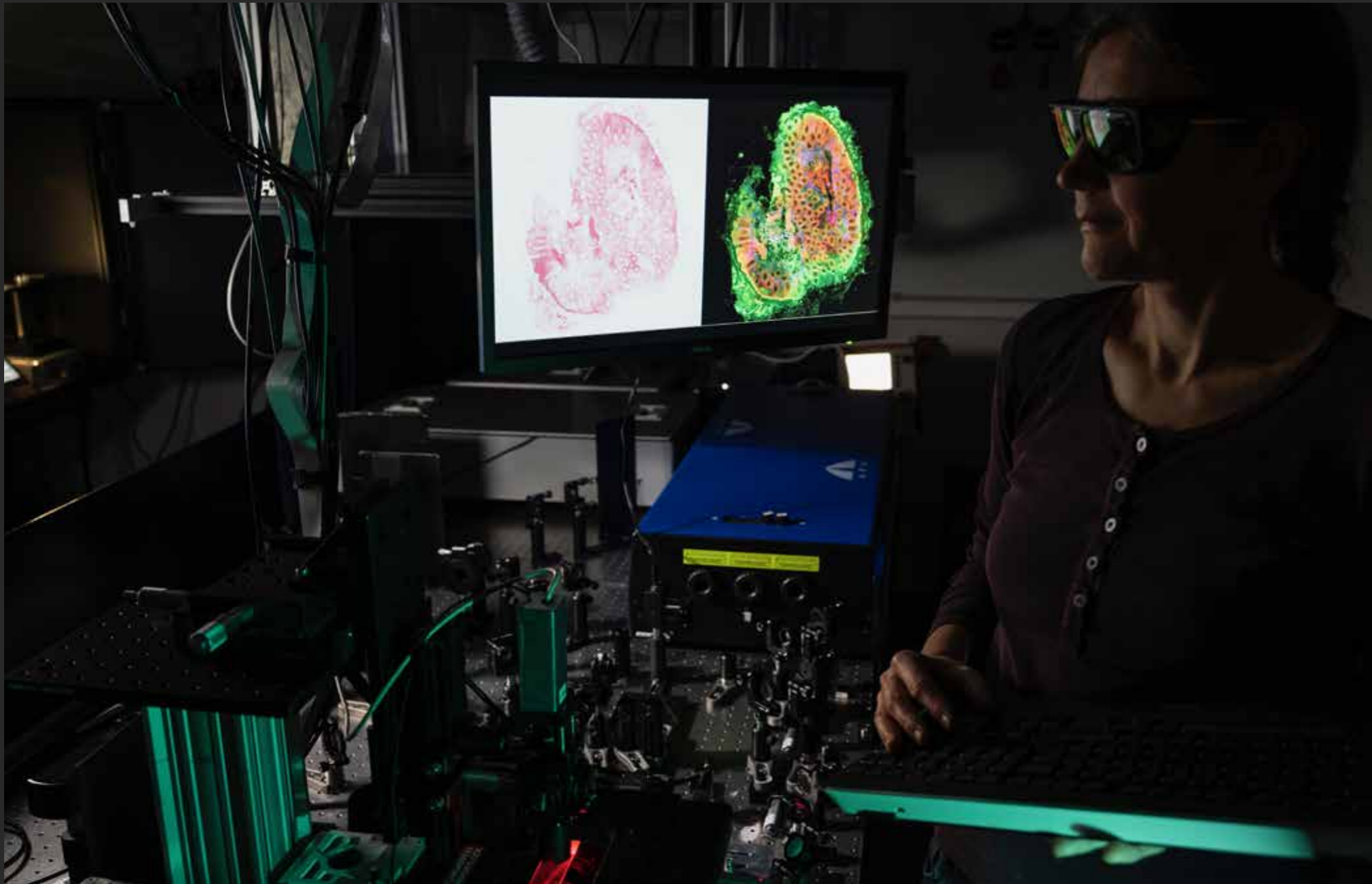
Salehi, Ramoji, Mougari, Merida, Neyret, Popp, Horvat, Muriaux & Cuisinier, *Communications Chemistry*, 5, 85, 2022, <https://doi.org/10.1038/s42004-022-00702-7>



Weitere Informationen zu *Balance of the Microverse*: www.microverse-cluster.de



Weitere Informationen zur *Jena School for Microbial Communication (JSMC)*: www.jsmc-phd.de



Das Intravitalmikroskop, im Bild mit Dr. Astrid Tannert, ermöglicht einen tiefen Einblick in Zellen, wie hier zum Beispiel in Darmgewebe, welches in Zusammenarbeit mit dem Universitätsklinikum Jena und der Forschungsabteilung Spektroskopie / Bildgebung vom Leibniz-IPHT mikroskopisch untersucht und mit etablierten histologischen Färbungen korreliert wurde. © Sven Döring

Ressourcenbündelung

Geballte Forschungsinfrastruktur bringt Licht in diagnostische Fragestellungen

Auf der Suche nach Infektionserregern, deren Resistenzen oder Tumorgewebe sind Forschende auf hochauflösende Mikros-

kopie und Spektroskopie angewiesen. Um Licht in solche medizinischen Forschungsfragen zu bringen, ist das Jena Biophotonics

and Imaging Laboratory für Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler rund um den Globus eine wichtige Anlaufstelle.

Das DFG-Gerätezentrum (Core Facility) Jena Biophotonics and Imaging Laboratory (JBIL) bündelt seit 2016 in der Thüringischen Saalestadt mikroskopische und spektroskopische Technologien. Hierfür vereinen die beteiligten Partner des JBIL, nämlich das Leibniz-IPHT, das Universitätsklinikum Jena sowie die Friedrich-Schiller-Universität Jena, ihre Stärken. Die nutzeroffene Plattform bietet Forschenden aus Jena sowie externen Partnern hochmoderne Arbeits- und Messplätze für Spektroskopie, Fluoreszenzmikroskopie sowie für multispektrale optoakustische Tomographie. „Dabei beraten wir nicht nur zur optimalen bildgebenden Methode, die genau auf die jeweilige wissenschaftliche Fragestellung zugeschnitten ist, sondern unterstützen bei der Vermittlung von Laborkontakten, die die Proben sachkundig analysieren und auswerten“, verrät Dr. Astrid Tannert, Wissenschaftlerin in der Forschungsabteilung Klinisch-Spektroskopische Diagnostik und Managerin des JBIL am Leibniz-IPHT.

„Für Forschungsfragen, die neue oder eine Kombination verschiedener Imaging-Methoden erfordern, entwickeln wir auch gemeinsam mit unseren Partnerinnen und Partnern innovative Lösungsansätze und Set-ups, die wiederum anderen potentiellen Anwenderinnen und Anwendern von großem Nutzen sein können. So bietet JBIL die Möglichkeit, bei der Bearbeitung komplexer Aufgabenstellungen neue Impulse zu setzen“, so Dr. Astrid Tannert weiter.

Auch ein individuelles Schulungsangebot gehört zum Service des JBIL: Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus Industrie und Forschung profitieren von der Erfahrung langjähriger Bildgebungsexpertinnen und -experten und werden von diesen

zum fachkundigen Umgang mit wissenschaftlichen Instrumenten oder zur richtigen Vorbereitung biologischer Proben in den Laboren geschult. In engem Austausch werden sie so in die Lage versetzt, Messungen selbstständig durchzuführen.

Die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses im Bereich Biophotonik und Bildgebung ist ein weiteres Kernanliegen von JBIL: So wird beispielsweise die technische Infrastruktur für das europäische Trainingsnetzwerk IMAGE-IN (Seiten 50-51) bereitgestellt, in dem fünf Doktorandinnen und Doktoranden gemeinsam mit Projektpartnerinnen und -partnern in Deutschland und Portugal verschiedenste spektroskopische und bildgebende Verfahren anwenden sowie geeignete Datenanalyseverfahren entwickeln. Um Promovierende schon frühzeitig mit den Methoden vertraut zu machen, bietet das JBIL mit Summer Schools, Symposien oder Vortragsreihen interessierten Forschenden die Möglichkeit, sich während ihrer akademischen Laufbahn kontinuierlich weiterzubilden.

Publikationen:

Dahms, Eiserloh, Rödel, Makarewicz, Bocklitz, Popp & Neugebauer, *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, Volume 12, 2022, <https://doi.org/10.3389/fcimb.2022.930071>



Weitere Informationen zum Jena Biophotonics and Imaging Laboratory: www.bil-jena.de

National verwoben

Enges Kooperationsnetz lässt Spitzenforschung in Deutschland gedeihen



Gemeinsamer Workshop von InfectoGnostics und Leibniz Gesundheitstechnologien: Das Leibniz-IPHT als Bindeglied zwischen regionalen und nationalen Kooperationsnetzwerken.

© Leibniz-IPHT

Deutschland genießt dank seiner Innovationskraft einen international ausgezeichneten Ruf. Der Schlüssel für diesen Erfindergeist und für wissenschaftliche Exzellenz bildet eine starke Forschungsgemeinschaft. Wissenschaft und Industrie arbeiten hierzu im Rahmen nationaler Netzwerke und Kooperationen eng zusammen, um komplementäre Kompetenzen zu bündeln und Synergien zu erzeugen.

Das Leibniz-IPHT pflegt deutschlandweit enge Verbindungen zu Forschungseinrichtungen und Industrie und prägt gemeinsam mit seinen Kooperationspartnern den Wissenschaftsstandort Deutschland. Als Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft (Seite 27) ist das Institut innerhalb der Gemeinschaft in zahlreichen

Verbänden, Initiativen und Arbeitskreisen aktiv, wie zum Beispiel im Forschungsverbund Leibniz-Gesundheitstechnologien (Seite 28-29). In dem vom Leibniz-IPHT koordinierten Verbund konzentrieren verschiedene Leibniz-Institute und Partnerfirmen ihre Expertisen zur Diagnose und Therapie von Krankheiten.

Regelmäßig engagiert sich das Institut darüber hinaus in Arbeitsgemeinschaften und Fachgesellschaften, wie der Deutschen Gesellschaft für Biophotonik und Lasermedizin (DGLM), die einen interdisziplinären Austausch mit Ärztinnen und Ärzten, Technologieentwicklerinnen und -entwicklern, Firmen sowie politischen und gesellschaftlichen Gremien ermöglicht.

Das Institut betreibt aktiv Politikberatung und trägt zum Dialog mit politischen Entscheidungsträgern auf Landes- und Bundesebene zu

aktuellen gesellschafts- und forschungsrelevanten Themen bei. So konnte das Leibniz-IPHT 2022 die Bundesministerin für Bildung und Forschung, Bettina Stark-Watzinger, sowie den Thüringer Minister für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitale Gesellschaft, Wolfgang Tiefensee, in Jena zu einem Austausch über optische Gesundheitstechnologien empfangen (Seite 18).

Nationale sowie internationale Sichtbarkeit erlangt das Institut durch die Beteiligung an wichtigen Branchen-Konferenzen oder Vortragsprogrammen relevanter Leitmesse, wie der LASER World of PHOTONICS in München oder der Medizintechnikmesse MEDICA in Düsseldorf. Fachvorträge und begleitende Rahmenprogramme schaffen dabei Gelegenheiten, wertvolle Kontakte zu überregionalen Partnerinnen und Partnern zu knüpfen.

Gemeinschaftlich

Leuchttürme exzellenter Forschung erschaffen



Haus der Leibniz-Gemeinschaft, Berlin

© Leibniz-Gemeinschaft / Oliver Lang

„Mit vielen Menschen gemeinsam erreichen wir mehr als allein“ – diese Weisheit des Dalai Lama gilt nicht nur für das Erreichen hochgesteckter Ziele im privaten und beruflichen Umfeld. Seine Leitidee lässt sich auch auf die Welt der Wissenschaft übertragen, in der der Teamgedanke und eine Kultur der Zusammenarbeit in Form von Kooperationen und Partnerschaften gelebt wird. Unter dem Dach der Leibniz-Gemeinschaft forscht das Leibniz-IPHT gemeinsam mit zahlreichen Instituten in einem engen Verbund, um wissenschaftliche Lösungen für gesamtgesellschaftliche Herausforderungen von nationaler und internationaler Bedeutung hervorzubringen.

Die Leibniz-Gemeinschaft verbindet 97 eigenständige Forschungseinrichtungen verschiedenster Disziplinen, wobei sich die Leibniz-Institute gesellschaftlich, ökonomisch und ökologisch relevanten Fragen widmen. Sie betreiben erkenntnis- und anwendungsorientier-

te Forschung, sind oder unterhalten wissenschaftliche Infrastrukturen und bieten forschungsbasierte Dienstleistungen an. Die Leibniz-Gemeinschaft berät und informiert Politik, Wissenschaft, Wirtschaft und Öffentlichkeit. Leibniz-Einrichtungen pflegen enge Kooperationen mit den Hochschulen – unter anderem in Form der Leibniz-WissenschaftsCampi, mit der Industrie und anderen Partnern im In- und Ausland. Aufgrund ihrer gesamtstaatlichen Bedeutung fördern Bund und Länder die Institute der Leibniz-Gemeinschaft gemeinsam. Die Leibniz-Institute beschäftigen knapp 21.000 Personen, darunter circa 12.000 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler.

Teil eines starken Bündnisses: Das Leibniz-IPHT in der Leibniz-Gemeinschaft

Seit 2014 ist das Leibniz-IPHT Teil der Leibniz-Gemeinschaft. Als Mitglied in der **Sektion D** „Mathematik, Natur- und Ingenieurwissenschaften“ ist das Leibniz-IPHT am fachlich-wissenschaftlichen Dialog beteiligt und gestaltet die wissenschaftspolitische Willensbildung aktiv mit.

Interdisziplinäre Kooperationen mit anderen Leibniz-Instituten sowie Hochschulen ergeben sich im Rahmen der **Leibniz-WissenschaftsCampus**. Der Leibniz-Wissenschaftscampus InfectoOptics, an dem das Leibniz-IPHT beteiligt ist, vereint optische und lebenswissenschaftliche Kompetenzen universitärer und außeruniversitärer Einrichtungen in Jena zur Erforschung von Infektionserkrankungen.

In den **Leibniz-Forschungsverbänden** vernetzen sich Mitgliedsinstitute und Partner fachübergreifend. Das Leibniz-IPHT wirkt im Verbund Leibniz-Gesundheitstechnologien (Seite 28-29) mit, der mit innovativen Gesundheitstechnologien die Diagnose und Therapie von Krankheiten verbessern will. Im Forschungsverbund „INFECTIONS in an Urbanizing World – Humans, Animals, Environments“, in dem das Leibniz-IPHT partizipiert, steht das Thema Infektionsforschung im Vordergrund.

Eine **Initiative** der Leibniz-Gemeinschaft ist das neu entstehende Leibniz-Zentrum für Photonik in der Infektionsforschung (LPI) (Seite 16-19), welches lichtbasierte Diagnoseverfahren und neuartige Therapieansätze zur Behandlung von Infektionskrankheiten revolutionieren wird.

Die Kolleginnen und Kollegen des Leibniz-IPHT sind darüber hinaus in zahlreichen **Arbeitskreisen** der Leibniz-Gemeinschaft aktiv, in denen sich die Mitgliedsinstitute regelmäßig fachspezifisch zu aktuellen Themen austauschen und beraten.



Weitere Informationen zur Leibniz-Gemeinschaft: www.leibniz-gemeinschaft.de



Gesundheitsökonominnen des Leibniz-ZEW (links) beim Austausch über miniaturisierte Bildgebungssysteme des Forschungsverbunds Leibniz Gesundheitstechnologien.

© Steffen Walther

Gebündelte Leibniz-Kompetenzen verbessern Diagnose, Therapie und Monitoring

Im bundesweiten Forschungsverbund Leibniz Gesundheitstechnologien nimmt das Leibniz-IPHT eine führende Rolle ein und profitiert von einer starken interdisziplinären Kooperation. In Leibniz Gesundheitstechnologien vereinen 16 Leibniz-Institute und drei Spin-off-Unternehmen ihre Stärken, um Forschungsergebnisse schneller in die Anwendung zu bringen.

Die Translation von Forschungsergebnissen in Medizinprodukte ist eine

herausfordernde Aufgabe: Neben der komplexen Entwicklung von Gesundheitstechnologien gibt es viele Hürden bei der Zulassung oder bei der Erstattung durch Krankenkassen.

An diesem Punkt knüpft der Leibniz-Forschungsverbund an und baut auf einer Stärke der Leibniz-Gemeinschaft auf – der wissenschaftlichen Vielfalt. Um Diagnose, Therapie und Monitoring zusammenzuführen und so die Lebensqualität von Patientinnen und Patienten zu verbessern, vereint Leibniz Gesundheitstechnologien Kompetenzen aus verschiedensten Wissenschaftsbereichen: Angefangen bei

Photonik, Biologie und Medizin über Mikroelektronik und Materialforschung bis hin zur Wirtschaftsforschung und angewandten Mathematik.

Insgesamt 16 Institute und drei Leibniz-Ausgründungen verknüpfen ihre Expertisen in fünf Technologiebereichen (Kompetenzfelder): Bildgebende Methoden, Biomarker, Point-of-Care-Technologien, Plasmamedizin und Bioaktive Materialien. Innerhalb dieser fünf zentralen Forschungssäulen entwickeln die Leibniz-Partner interdisziplinäre Kooperationsprojekte, die durch die enge Vernetzung des Verbunds mit Industrie, Kliniken,

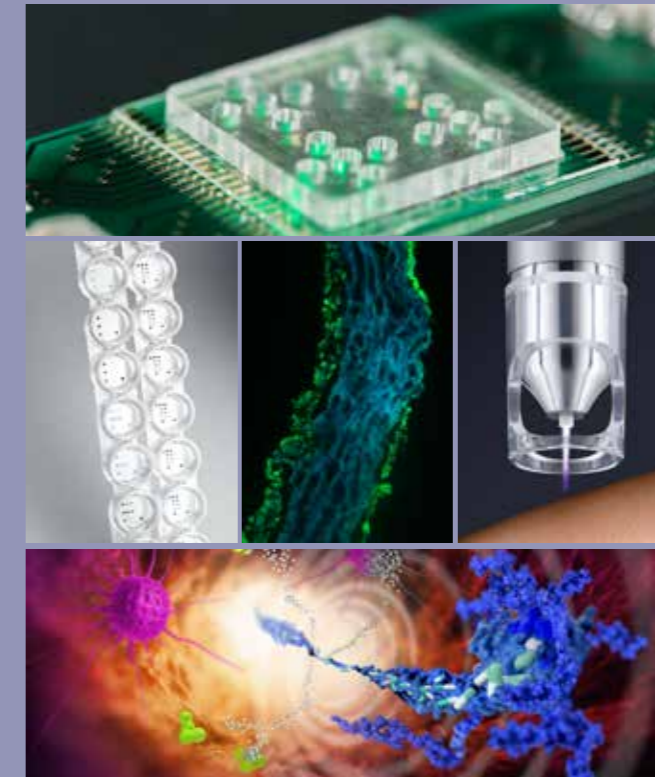
Versicherungen und Politik frühzeitig mit wichtigen Entscheidungsträgern abgestimmt werden können. Neue Technologien sollen so entlang einer lückenlosen Innovationskette schneller zur Marktreife geführt werden.

Das Leibniz-IPHT nutzt im Forschungsverbund beispielsweise Sensortechnologien oder Lichtquellen von Partner-Instituten wie dem Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik (Berlin) oder dem Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik (IHP, Frankfurt / Oder) für die Weiterentwicklung von photonischen Technologien. Zudem erschließt es auch direkt lebenswissenschaftliche und medizinische Anwendungsgebiete mit Partnern wie dem Leibniz-Institut für Naturstoff-Forschung und Infektionsbiologie Hans-Knöll-Institut (Jena), dem Forschungszentrum Borstel, Leibniz Lungenzentrum oder dem Leibniz-Institut für Neurobiologie (LIN, Magdeburg).

Für die Bearbeitung disziplinübergreifender Fragestellungen stellt Leibniz Gesundheitstechnologien mittlerweile spezielle Förderinstrumente zur Verfügung, die Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern Forschungsaufenthalte an Partnerinstituten, Konferenzteilnahmen oder Machbarkeitsstudien ermöglichen. So finanzierte der Verbund bereits einen intensiven Austausch zwischen Jenaer und Magdeburger Forschenden, der bildgebende und faseroptische Verfahren des Leibniz-IPHT mit einer

neuartigen Einzelphotonenkamera-Technologie und der neurobiologischen Expertise des LIN zusammengebracht hat.

In einer Kooperation mit dem Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie (INP, Greifswald) bringt



Technologien aus den fünf Kompetenzfeldern des Forschungsverbunds Leibniz Gesundheitstechnologien

© Leibniz Gesundheitstechnologien

das Leibniz-IPHT seine Kompetenzen im Bereich Bildgebung ein, um künftig ein therapiebegleitendes Monitoring der Therapie von Wunden mit kaltem Plasma zu ermöglichen.

Disziplinübergreifender Ansatz ermöglicht Betrachtung sozialer und ökonomischer Fragen

Parallel dazu erforscht Leibniz Gesundheitstechnologien die sozialen und ökonomischen Folgen der neuen medizinischen Lösungen, um deren Nutzen für Anwenderinnen und Anwender zu optimieren und eine breite gesellschaftliche Akzeptanz für neue Technologien zu schaffen.

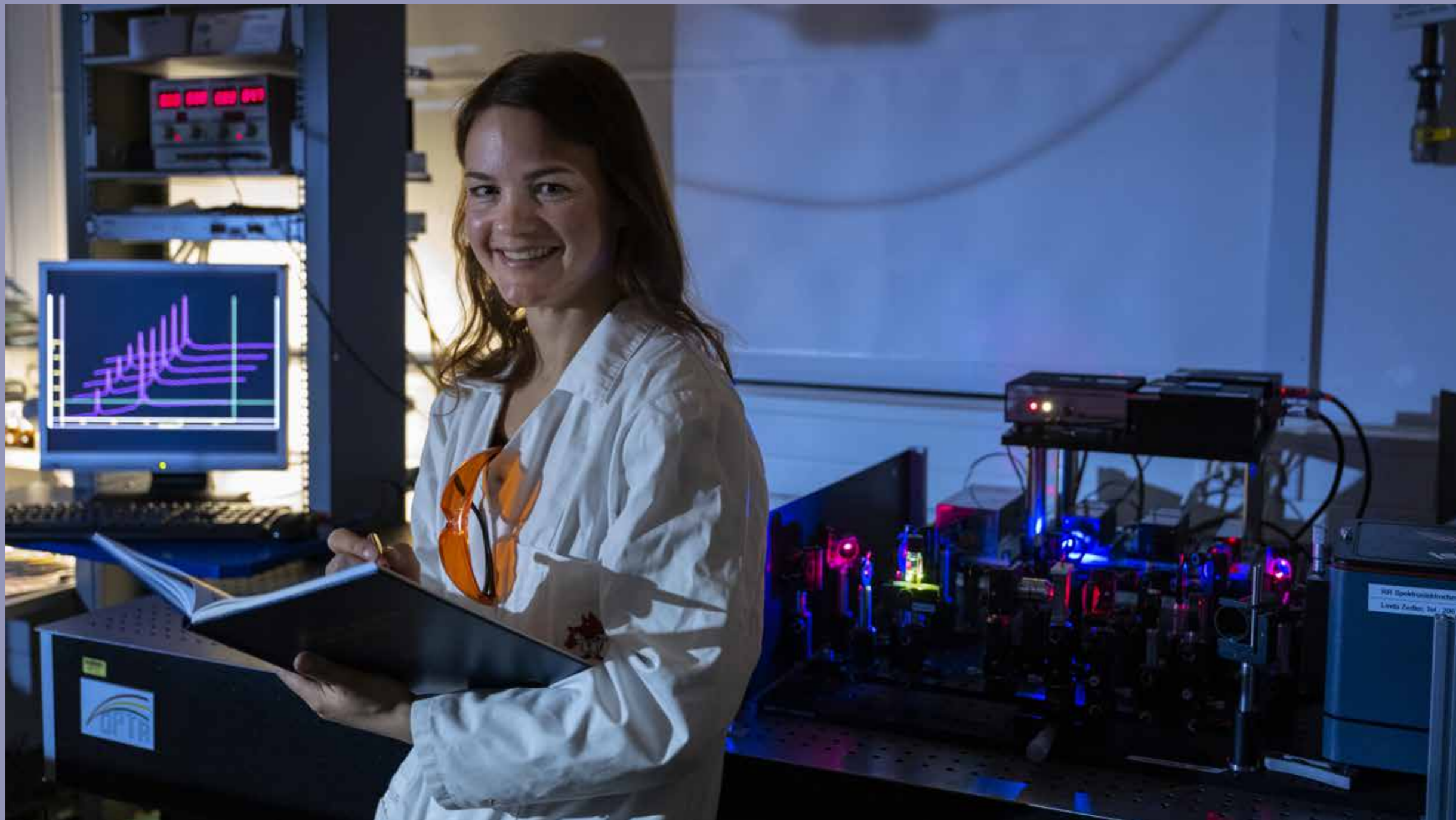
Mit dem Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW, Mannheim) als neuem Partner hat sich der Forschungsverbund deshalb im Jahr 2022 gezielt im Bereich der Gesundheitsökonomie verstärkt. „Vielversprechende Ansätze aus der medizinischen Forschung scheitern oft daran, dass sie schwer finanzierbar sind oder der genaue Bedarf im Gesundheitswesen nicht korrekt erfasst wird. Mit dem ZEW haben wir im Forschungsverbund einen Partner gewonnen, der wichtige Analysen des Gesundheitsmarkts und Empfehlungen zur praktischen Ausgestaltung der Gesundheitsversorgung liefern kann“, erläutert Prof. Dr. Jürgen Popp, wissenschaftlicher Direktor des Leibniz-IPHT und Sprecher des Forschungsverbunds Leibniz Gesundheitstechnologien.

Dass der Weg von der Forschung bis in die Anwendung gelingen kann, belegen Aus-

gründungen des Leibniz-IPHT: Mit biophotonics diagnostics als bereits gegründetem Unternehmen zur Analyse von Spektroskopiedaten und DeepEn, ein in Gründung befindliches Startup zur Entwicklung haarfeiner Endoskopfasern, kooperieren bereits zwei Leibniz-IPHT-Spin-offs im Forschungsverbund. Gemeinsam mit Leibniz Gesundheitstechnologien konnten beide Unternehmen ihre Entwicklungen auf Messen und Konferenzen als gelungenes Beispiel für Translation präsentieren.



Weitere Informationen zum Forschungsverbund Leibniz Gesundheitstechnologien: www.leibniz-healthtech.de



Dr. Linda Zedler, Wissenschaftlerin in der Forschungsabteilung Funktionale Grenzflächen am Leibniz-IPHT, untersucht im Sonderforschungsbereich CataLight mit spektroskopischen Methoden, wie Photokatalysatoren dabei helfen können, Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff aufzuspalten.

© Sven Döring

Eng verwobene Exzellenzforschung

DFG-Sonderforschungsbereiche sind für das Leibniz-IPHT strategisch bedeutsam

Um seine langfristigen Ziele zu erreichen, arbeitet das Leibniz-IPHT mit kooperierenden Hochschulen und regionalen Netzwerken

zusammen, um gemeinsam Forschungsvorhaben voranzutreiben und Akzente für die eigene Forschungsarbeit zu setzen. In diesem

Zusammenhang spielen die Sonderforschungsbereiche (SFB) der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) eine wichtige Rolle.

SFBs sind mehrjährig angelegte Forschungsvorhaben an Hochschulen, in denen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler fachübergreifend zusammen mit Forschenden außer-universitärer Einrichtungen global bedeutende Themen bearbeiten und erforschen. Sie werden durch die DFG in der Regel über eine Dauer von bis zu 12 Jahren gefördert. Aktuell ist das Leibniz-IPHT an den SFBs PolyTarget, AquaDiva, NOA und CataLight beteiligt.

Die Beteiligung an SFBs ist für das Leibniz-IPHT von großer strategischer Bedeutung, da sie eine enge Zusammenarbeit mit renommierten Forschenden ermöglicht und zur wissenschaftlichen Exzellenz, Netzbildung und Kooperation beiträgt. Im Rahmen der SFBs erhalten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler die Gelegenheit, ihre Expertise zu erweitern und sich mit anderen Forschenden austau-

schen, um gemeinsam Herausforderungen anzugehen und innovative Lösungen zu finden.

Die DFG legt bei den SFBs großen Wert auf wissenschaftliche Exzellenz der beteiligten Institute. Die Mitwirkung an den SFBs trägt dazu bei, die Reputation, Glaubwürdigkeit und Sichtbarkeit des Leibniz-IPHT zu verbessern. Das Engagement in den SFBs in den vergangenen Jahren hat dazu beigetragen, den wissenschaftlichen Ruf des Leibniz-IPHT als wichtigen Akteur in der Erforschung und Entwicklung neuer photonischer Technologien zu stärken und seine führende Rolle auf diesem Gebiet in Deutschland und weltweit zu festigen.

CataLight: Lichtgesteuerte molekulare Katalysatoren in hierarchisch strukturierten Materialien

Der SFB CataLight ist ein interdisziplinäres Forschungsprojekt mit dem Ziel, neue und effiziente Materialien für die Umwandlung von Licht in chemische Energie zu entwickeln.

In der Natur existieren zahlreiche Beispiele für die Umwandlung von Licht in chemische Energie, wie die Photosynthese. Die Entwicklung künstlicher Materialien, die in der Lage sind, diesen Prozess nachzuahmen, könnte zu einer nachhaltigeren Energiegewinnung beitragen.

Ein wichtiger Aspekt des SFB CataLight ist die Erforschung der Rolle von Katalysatoren bei der Umwandlung von Licht in chemische Energie. Katalysatoren sind Substanzen, die chemische Reaktionen beschleunigen, ohne selbst verbraucht zu werden. Durch die Entwicklung neuer Katalysatoren können Forschende die Effizienz der Umwandlung von Licht in chemische Energie weiter verbessern.

Ein wichtiger Schwerpunkt des SFB Catalight liegt auf der Entwicklung von sogenannten Hybridmaterialien. Diese Materialien bestehen aus zwei oder mehreren unterschiedlichen Materialien, die so kombiniert werden, dass sie zusammenarbeiten und dadurch in der Lage sind, Licht effizient in chemische Energie umzuwandeln.

Das Leibniz-IPHT beleuchtet im Rahmen des SFB Catalight photokatalytische Prozesse mit Hilfe von spektroskopischen Verfahren und trägt so zu einem besseren Verständnis der Reaktivität und Stabilität der neuartigen Materialien bei.

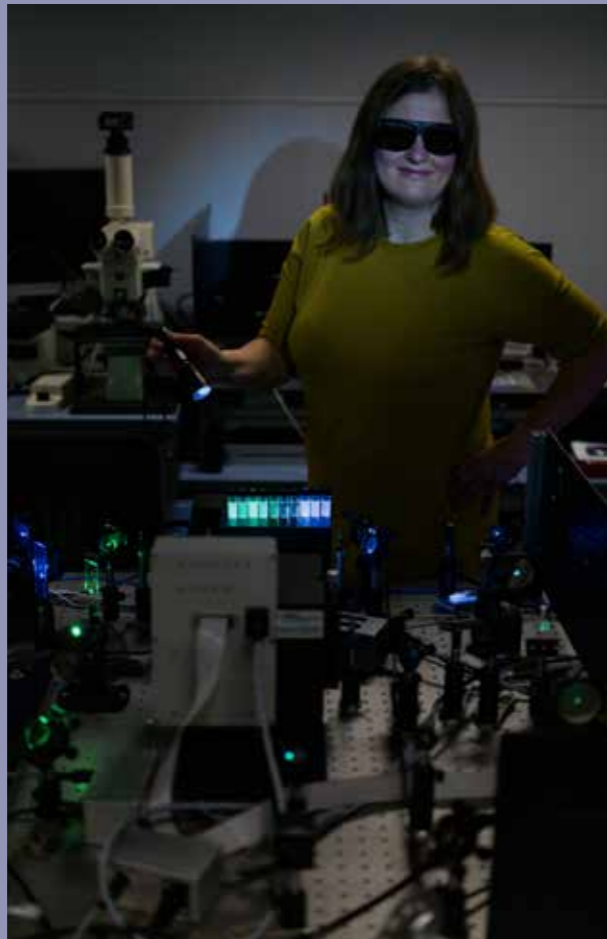
–
Partnereinrichtungen:

Friedrich-Schiller-Universität Jena, Universität Ulm, Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Universität Wien, Leibniz-IPHT und Max-Planck-Institut für Polymerforschung

PolyTarget: Polymerbasierte Nanopartikel-Bibliotheken für die Entwicklung zielgerichteter anti-inflammatorischer Strategien

Medikamente greifen oft auch gesunde Zellen an und verursachen unerwünschte Nebenwirkungen. Der Ansatz des SFB PolyTarget besteht darin, Wirkstoffe in Polymeren zu verpacken, die gezielt an bestimmte Zellen oder Gewebe binden und dort ihre Wirkung entfalten, ohne andere Bereiche des Körpers zu schädigen. Ein Schwerpunkt ist die Erforschung von polymerbasierten Wirkstoffen für die Krebstherapie. Krebszellen haben oft spezifische Merkmale, die sich von normalen Zellen unter-

scheiden und als Zielstrukturen für Wirkstoffe genutzt werden können. Durch die gezielte Ansprache dieser Zielstrukturen sollen die Wirkstoffe nur krankes Gewebe angreifen und gesunde Zellen verschonen.



Wissenschaftlerin Dr. Maria Sittig erforschte im Rahmen des SFB-Projektes PolyTarget auf Licht reagierende Nanostrukturen. © Sven Döring

Darüber hinaus werden im SFB PolyTarget Transportmechanismen erforscht, um die Polymer-Wirkstoff-Konstrukte in die Lage zu versetzen, den Körper zu durchdringen und ihre Wirkung an den Zielzellen zu entfalten.

Das Leibniz-IPHT widmet sich im Rahmen des SFB PolyTarget unter anderem lichtaktivierten Partikeln, deren spektroskopischer Charakterisierung sowie den Mechanismen lichtgesteuerter Reaktivität. Außerdem wird an der Untersuchung der nanoskaligen Zusammensetzung

polymerer Nanopartikel sowie der die Freisetzung von Wirkstoffen beeinflussenden Faktoren gearbeitet.

–
Partnereinrichtungen:

Friedrich-Schiller-Universität Jena, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Leibniz-FLI, Leibniz-HKI, Leibniz-IPHT und Universitätsklinikum Jena

AquaDiva: Verständnis der Verbindungen zwischen ober- und unterirdischer Biogeosphäre

Im SFB AquaDiva erforschen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler die Wechselwirkung oberirdischer und unterirdischer Lebensräume und wie diese die Biodiversität beeinflussen. Ziel ist es, ein tieferes Verständnis für Auswirkungen von intensiver Landwirtschaft, Pestizideinsatz und Wetterextremen auf unterirdische Lebensräume zu erlangen. Die Forschung des SFB hat wichtige Auswirkungen auf verschiedene Bereiche, wie zum Beispiel den Umweltschutz, die Trinkwasserversorgung und den Klima-

wandel, und bildet die Grundlage für eine nachhaltige Nutzung sowie den Schutz von Grundwasserressourcen.

Ein Schwerpunkt liegt auf der Erforschung der Strömungsprozesse und des Transportverhaltens von Wasser und gelösten Stoffen im Untergrund. Ein weiteres Ziel des SFB AquaDiva ist es, ein besseres Verständnis des Verhaltens von Mikroorganismen im Untergrund und ihrer Rolle bei der Verarbeitung und dem Abbau von organischen sowie anorganischen Stoffen zu gewinnen. Dazu werden modernste molekularbiologische und

photonische Methoden erforscht und angewandt, um die mikrobielle Vielfalt und die Funktionalität von Mikroorganismen im Untergrund zu untersuchen, besser zu verstehen und zu überwachen.

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus der Arbeitsgruppe Faserspektroskopische Sensorik am Leibniz-IPHT unter Leitung von Prof. Dr. Torsten Frosch erforschen im Rahmen des SFB AquaDiva optische Gassensoren, welche helfen, die Stoffwechselläufe und Austauschprozesse unter der Erde zu entschlüsseln.

–
Partnereinrichtungen:

Friedrich-Schiller-Universität Jena, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung, Leibniz-IPHT und Max-Planck-Institut für Biogeochemie

NOA: Nichtlineare Optik bis hin zu atomaren Skalen

Im SFB NOA untersuchen Forschende aus den Disziplinen Physik, Chemie und Ingenieurwissenschaften gemeinsam die Wechselwirkungen zwischen Licht und Materie auf atomarer und molekularer Skala, um Grundlagen für die Erforschung und Entwicklung neuer optischer Technologien zu schaffen. Dafür werden zum Beispiel modernste Laser- und Spektroskopie-Techniken eingesetzt, um das Verhalten von Licht und Materie in Echtzeit zu erfassen und zu analysieren.

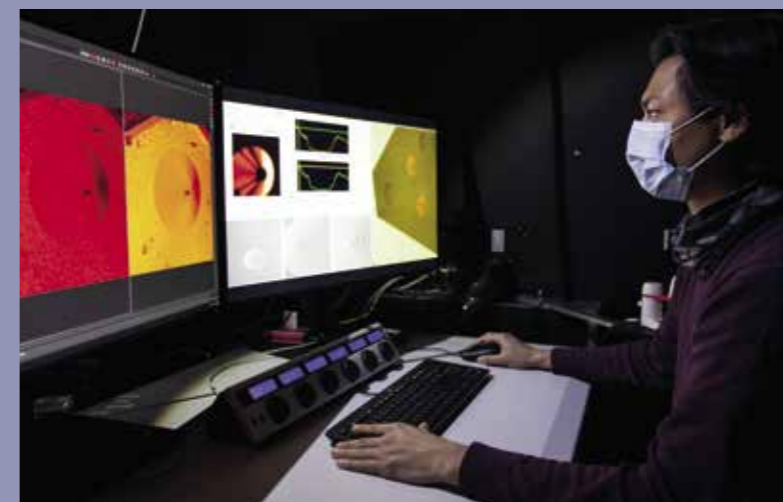
Das Leibniz-IPHT forscht im Rahmen des SFB NOA unter anderem daran, die oberflächenverstärkte Raman-Spektroskopie besser zu verstehen und zu nutzen, um zum Beispiel chemische Reaktionen von Einzelmolekülen und ihre Interaktionen mit bisher unerreichter Präzision untersuchen zu können.

–
Partnereinrichtungen:

Friedrich-Schiller-Universität Jena, Humboldt-Universität zu Berlin, Ludwig-Maximilians-Universität München, Leibniz-IPHT, Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF, Helmholtz-Institut Jena, Max-Born-Institut für Nichtlineare Optik und Kurzzeitspektroskopie im Forschungsverbund Berlin e.V. und Max-Planck-Institut für Quantenoptik



Das Team der Arbeitsgruppe Faserspektroskopische Sensorik beim Aufbau der Gassensorik im Hainich Critical Zone Exploratory (CZE), einer Forschungsplattform am Hainich Nationalpark, die im Rahmen des SFB-Projektes AquaDiva Einblicke in ober- und unterirdische Lebensräume liefert. © AG Frosch



Parijat Barman, Doktorand in der Forschungsabteilung Spektroskopie / Bildgebung am Leibniz-IPHT, forscht im SFB-Projekt NOA an der Optimierung der Raman-Spektroskopie. © Sven Döring

Ein zusätzlicher Schwerpunkt der Forschung liegt auf der Verwertung der Ergebnisse für weiterführende Anwendungsgebiete, wie zum Beispiel für optische Datenspeicherung, Kommunikation und Sensortechnik. Dazu werden neue Materialien und Technologien entwickelt, die auf den Erkenntnissen der nichtlinearen Optik basieren.



Dr. Gregor Oelsner, Leiter der Arbeitsgruppe Quantenschaltungen in der Forschungsabteilung Quantensysteme sowie Teilprojektleiter von QSolid am Leibniz-IPHT, bereitet den Kryostaten für ultratiefe Temperaturen zur Forschung an neuen supraleitenden Schaltungen für den Quantencomputer der Zukunft vor.

© Sven Döring

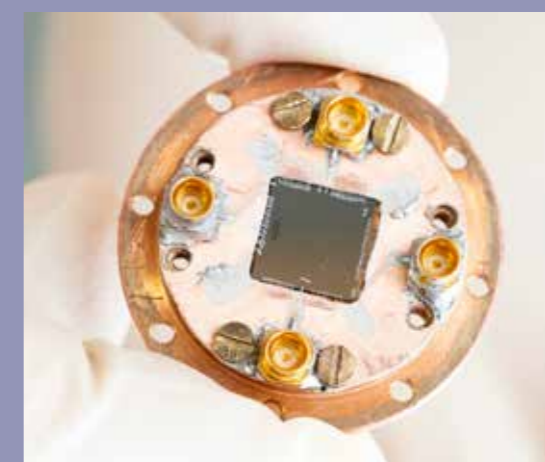
Innovationssprung mit modernen Quantentechnologien

Auf dem Weg zu hochentwickelten und noch leistungsfähigeren Supercomputern

Ob ultraschnelle Datenverarbeitung oder präzisere medizinische Diagnostik – Quantentechnologien gelten als eine der größten Errungenschaften der Physik des 20. Jahrhunderts und ermöglichen neue Anwendungen in vielfältigen Lebensbereichen. Am Leibniz-IPHT stehen bei der Erforschung von Quantensystemen vor allem biomedizinische Anwendungsfelder im Fokus. In den kommenden Jahren soll das Thema Quantenbiophotonik gestärkt und im Forschungsprofil des Institutes verankert werden. Aktuell beteiligt sich das Leibniz-IPHT an mehreren nationalen Verbundprojekten.

jährige Erfahrung im Design, in der Herstellung und Charakterisierung von supraleitenden Schaltungen in das Projekt ein. Durch die Entwicklung neuer Produktionsverfahren und Charakterisierungsprozesse zur Implementierung qualitativ hochwertiger supraleitender Schaltkreise, der zugrundeliegenden Schlüssel- und

Projektes **SuperLSI** (Hochintegrierte supraleitende Nanostrukturen für Quantentechnologien). Fünf deutsche Partner aus Forschung und Industrie arbeiten in dem dreijährigen Vorhaben an den Bausteinen supraleitender Quantensysteme. Mit der Erforschung und Entwicklung neuartiger präziser und standardisierter Herstellungsverfahren für hocheffiziente supraleitende Schaltungen bringt das Leibniz-IPHT seine umfassende Expertise im Bereich Quantentechnologien in das Projekt ein und erweitert zugleich seine Kompetenzen auf diesem Gebiet. Neben neuen Beschichtungs- und Strukturierungsverfahren arbeiten die Forschenden an einer DUV-Laserlithographie sowie supraleitenden Materialkonzepten für die Realisierung hochintegrierter robuster Quantenschaltungen von hoher Qualität.



Chips mit den vom Kompetenzzentrum für Mikro- und Nanotechnologien hergestellten neuartigen Quantenschaltungen werden auf spezielle Probenträger aufgebaut und mit notwendigen Anschlüssen versehen, bevor diese im Kryostaten zu Messungen nahe dem absoluten Temperaturnullpunkt genutzt werden.

© Sven Döring

Um die Rechenleistung heutiger Computer zu übertreffen und mathematische Aufgaben deutlich schneller zu lösen, arbeiten 25 führende deutsche Unternehmen und Forschungseinrichtungen in dem fünfjährigen Verbundprojekt **QSolid** (Quantencomputer im Festkörper) am ersten Quantencomputer aus Deutschland. Ausgestattet mit mehreren Quantenprozessoren, die auf supraleitenden Schaltungen beruhen, soll der neue Superrechner bisherigen Computern bei spezifischen Aufgaben weit überlegen sein. Das Leibniz-IPHT bringt seine lang-

Schaltungskomponenten sowie neuer Materialsysteme trägt das Team aus der Forschungsabteilung Quantensysteme gemeinsam mit seinen Partnern zur Realisierung des Spitzencomputers der nächsten Generation bei.

Die Entwicklung zuverlässiger Schlüsseltechnologien für leistungsfähige Quantencomputer, aber auch für äußerst empfindliche Quantensensoren für Explorations- und Navigationssysteme oder präzise diagnostische Verfahren, ist Teil des

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) fördert die beiden Verbundprojekte QSolid und SuperLSI mit insgesamt 81,9 Millionen Euro.



JeDis-Sommerschule

© Leibniz-IPHT

Weltoffen

Lebendige Forschungsgemeinschaft dank globaler Vernetzung

Umweltbelastungen, Infektions- oder Krebserkrankungen sind Herausforderungen, die Menschen auf der ganzen Welt betreffen. In länderübergreifenden Kooperationen arbeiten Forschungs- und Industriepartner gemeinsam an Ideen und technologischen Lösungen als Antwort auf globale Fragestellungen. Damit können wichtige Erkenntnisse und Fortschritte für eine bessere Gesundheitsversorgung oder zum nachhaltigen Naturschutz erzielt werden, von denen alle Menschen profitieren.

Wissenschaft lebt von einem intensiven und interdisziplinären Austausch, der revolutionäre Erkenntnisse, neues Wissen, unterschiedliche Sichtweisen sowie sich ergänzende Erfahrungen verschiedenster Akteure verknüpft und wertvolle Forschungskräfte mobilisiert. Dieser impulsgebende Dialog findet seinen Ausdruck in internationalen Kooperationen und Netzwerken sowie in Projekten und Allianzen, in denen Partner eng zusammenarbeiten, gemeinsam technologische Ressourcen nutzen und Synergien für die Schaffung zukunftsweisender Forschungsergebnisse entfalten. Auf diese Weise können fundamentale Erfolge zur

Lösung weltumspannender Fragestellungen – ob für Gesundheitsforschung oder Umweltanalytik – erreicht werden.

Über Ländergrenzen hinweg: Internationalisierung am Leibniz-IPHT

Internationalisierung ist ein wesentlicher Eckpfeiler der strategischen Gesamtausrichtung des Leibniz-IPHT. Das Institut ist hierzu in ein engmaschiges Netzwerk aus Kollaborationen, Clustern, Sonderforschungsbereichen und wissenschaftlichen Projekten eingebunden und pflegt Beziehungen zu Hoch-

schulen, renommierten Forschungseinrichtungen sowie -partnern auf der ganzen Welt. Der wissenschaftliche Austausch mit internationalen Spezialistinnen und Spezialisten sowie die so entstehenden Synergien sind der Motor für Innovationen, um mit Licht Lösungen mit Leuchtturmcharakter für drängende gesellschaftliche Probleme zu erforschen.

Beispiele für solche globalen Netzwerke, in die das Leibniz-IPHT involviert ist, sind das EU-Projekt CRIMSON (Seiten 40-41), das Marie Skłodowska-Curie Innovative Training Network LogicLab (Seiten 44-45), die europäische Initiative PhotonHub Europe® (Seite 49) sowie das europäische Netzwerk IMAGE-IN (Seite 50-51).

„Basis für diese Spitzenforschung sind unsere Kolleginnen und Kollegen. Mit ihrem fachlichen Know-how, ihrer interkulturellen Vielfalt und Erfahrung gestalten sie wissenschaftliche Fortschritte erfolgreich mit“, erklärt Gabriele Hamm, Referentin für Internationalisierung am Leibniz-IPHT. „In den vergangenen Jahren konnten wir einen deutlichen Zuwachs vor allem an Forschenden mit internationalen Wurzeln

verzeichnen. Der Anteil derjenigen Beschäftigten, die aus dem Ausland zu uns ans Leibniz-IPHT kommen, um hier zu forschen und zu arbeiten, beträgt aktuell über 50 Prozent. Diese Zahl unterstreicht die hohe internationale Ausrichtung, Sichtbarkeit und gute Reputation unseres Instituts als attraktiven Arbeitgeber und hervorragende Forschungseinrichtung, die Talente

aus der ganzen Welt anzieht.“

Um diesen Gedanken zu unterstützen und im Wettbewerb um die besten Fachkräfte zu bestehen, ist ein weltweites Recruiting Teil der Internationalisierungsstrategie des Leibniz-IPHT. Hieran knüpft die Workshopreihe „Women in Photonics“ (Seite 52) an, bei der die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuch-



© Leibniz-IPHT

Internationalität und Vielfalt sind die Triebfedern, um exzellente Forschung auf höchstem Niveau zu betreiben und dem Leibniz-IPHT damit einen Spitzenplatz in der deutschen und internationalen Forschungslandschaft zu sichern.

Gabriele Hamm ist Referentin für Internationalisierung und unterstützt strategische internationale Partnerschaften sowie Projekte am Leibniz-IPHT.

ses mit Wissenstransfer und Talent-scouting eng verknüpft sind.

Auch die wissenschaftliche Ausbildung am Leibniz-IPHT ist international geprägt: Um schon in einem frühen Karriereschritt interkulturelle Erfahrungen zu sammeln, bietet das Institut seinen Nachwuchsforschenden mehrmonatige Auslandsaufenthalte sowie die aktive

Teilnahme an internationalen Konferenzen und Tagungen an. Hierbei können multikulturelle Kompetenzen erworben werden, was zu einer weltoffenen Atmosphäre am Leibniz-IPHT beiträgt. Die gesammelten Erfahrungen ermöglichen den Studierenden, ihre berufliche Laufbahn nach Abschluss ihrer Promotion an namhaften Institutionen im Ausland fortzusetzen, was den Ruf des Instituts als exzellente wissenschaftliche Einrichtung und attraktiven Forschungspartner stärkt.

Regelmäßig begrüßt das Leibniz-IPHT renommierte internationale Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in Jena, die im Rahmen von Gastaufenthalten und Stipendien gemeinsam mit den Mitarbeitenden des Instituts Forschungsthemen und -projekte bearbeiten, wie zum Beispiel der Humboldt-Preisträger Prof. Hassan Azzazy von der American University of Cairo in Ägypten (Seite 48). In enger Zusammenarbeit können so wissenschaftliche Spitzenleistungen mit globaler Strahlkraft entstehen.

Darüber hinaus übernehmen Forschende des Leibniz-IPHT als Gastprofessorinnen und -professoren Forschungs- und Lehraktivitäten an international angesehenen Hochschulen, was den Ruf des Instituts als ausgezeichnete Einrichtung für hochkarätige Forschung von Jena hinaus in die Welt trägt. Durch diese Aktivitäten sowie die Teilnahme an Konferenz- und Vortragsprogrammen international bedeutender Messen, wie beispielsweise der SPIE Photonics West in San Francisco, USA, werden die Voraussetzung für das Knüpfen weltweiter Kontakte geschaffen.

Jena-Davis-Alliance of Excellence in Biophotonics

Transatlantische Partnerschaft feiert fünfjähriges Jubiläum



Die Jena-Davis-Alliance of Excellence in Biophotonics, eine transatlantische Kooperation zwischen dem Leibniz-IPHT und der University of California, Davis, USA, forscht seit fünf Jahren an neuen lichtbasierten Lösungen für Healthcare- & Life Science-Anwendungen. Das fünfjährige Jubiläum und damit der Abschluss der Projektlaufzeit bot die Gelegenheit für eine positive Bilanz und den Ausblick auf weitere gemeinsame Aktivitäten und Projekte.

Erfolgreiche deutsch-amerikanische Kooperation

Eine wesentliche Säule der gemeinsamen Zusammenarbeit zwischen dem Leibniz-IPHT und der UC Davis im Rahmen der JeDis-Initiative bildet die interdisziplinäre Vernetzung exzellenter Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler. Beide Einrichtungen ergänzen sich durch ihre Expertisen: So verfügt die UC Davis über langjährige Erfahrungen im Bereich des Fluoreszenz-Lifetime-Imaging. Das Leibniz-IPHT bringt seine Kompetenzen auf dem Gebiet der Raman-Spektroskopie und der multimodalen Bildgebung in die Partnerschaft ein. Durch die Kombination dieses Expertenwissens konnte in den vergangenen fünf Jahren die Erforschung neuer photonischer Lösungen zur Diagnose und Therapie von Krankheiten, insbesondere von Krebserkrankungen, weiter vorangetrieben werden.

den Marshall Plan (offiziell: European Recovery Program, ERP) zurückgeht.

Fortsetzung der transatlantischen Zusammenarbeit

Im Anschluss an die fünfjährige Förderphase Ende 2022 soll die Zusammenarbeit zwischen dem Leibniz-IPHT und der UC Davis weiter intensiviert werden. Die Ausgestaltung der Kooperation und die gemeinsame Zielsetzung waren ebenfalls Gegenstand der Gespräche während des Besuchs der Jenaer Delegation in Davis. So soll es auch in Zukunft Möglichkeiten für den Austausch von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern geben, um gemeinsam die Translation von photonischen Lösungen hin zu klinischen Anwendungen voranzutreiben. Geplant ist etwa, dass sich das Leibniz-IPHT in das von der UC Davis initiierte neue National Center for Interventional Biophotonic Technologies (NCIBT) einbringt, das die Entwicklung lichtbasierter Technologien für Life Science-Anwendungen zum Ziel hat.

„Im Sinne unserer Internationalisierungsstrategie hat die Kooperation mit der UC Davis eine besondere Bedeutung. Zum einen ergänzen sich unsere technologischen Ansätze. Zum anderen eröffnet das NCIBT und das zur Universität in Davis gehörende Medical Center an der Klinik im benachbarten Sacramento neue Möglichkeiten der Translation. Ich sehe darin eine gute Basis für eine erfolgreiche andauernde Partnerschaft“, fasst Prof. Dr. Jürgen Popp, wissenschaftlicher Direktor am Leibniz-IPHT und Mitinitiator der JeDis-Initiative, abschließend zusammen.

Die Jena-Davis-Alliance of Excellence in Biophotonics (JeDis) ist eine im Jahr 2018 initiierte transatlantische Initiative, in welcher das Leibniz-IPHT und die University of California, Davis (UC Davis), eng bei der Erforschung biophotonischer Verfahren und in der Lehre zusammenarbeiten. Zu den Zielen von JeDis gehört unter anderem die Kommunikation zwischen (Nachwuchs-) Forschenden, Multiplikatoren und jungen Führungskräften zu intensivieren, um langfristige Beziehungen zu stärken sowie den multidisziplinären wissenschaftlichen und interkulturellen Austausch über Kontinente hinweg zu fördern.

Anlässlich des Jubiläums reiste eine Delegation aus Jena im September 2022 zu den amerikanischen Kolleginnen und Kollegen nach Davis, um die gemeinsame Arbeit der vergangenen Jahre zu würdigen, auf die erzielten Forschungsergebnisse zurückzublicken und um zukünftige Ziele einer weiterhin engen Partnerschaft zu vereinbaren.

Im Rahmen von JeDis fanden mehrere gemeinsame Sommerschulen und Tagungen, wie zum Beispiel der Karriereworkshop Women in Photonics (Seite 52), statt. Darüber hinaus besuchten junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler für mehrmonatige Forschungsaufenthalte das jeweilige Partnerinstitut und arbeiteten an gemeinsamen Projekten. Der Erfolg der Zusammenarbeit beider Einrichtungen zeigt sich unter anderem in gemeinsamen Publikationen und einer Promotion.

Gefördert wurde das JeDis-Projekt im Rahmen des German Program for Transatlantic Encounters mit Geldern aus dem ERP Special Fund des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK), welcher auf



JeDis-Projekttagung an der UC Davis in Kalifornien anlässlich des fünfjährigen Bestehens der transatlantischen Kooperation © Leibniz-IPHT



Laborbesichtigung am Universitätsklinikum Jena im Rahmen der JeDis Summerschool „Clinical Biophotonics“



Am Leibniz-IPHT wurde 2022 ein erstes Breitband-CARS-Set-up realisiert, das dabei helfen wird, zelluläre Bestandteile zu charakterisieren und Krebs molekular zu entschlüsseln. © Sven Döring

Schnellere Diagnostik

Molekulares Abbild enttarnt Krebszellen

Ein Team von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus Italien, Deutschland, Frankreich und Großbritannien verfolgt im Forschungsprojekt CRIMSON ein ehrgeiziges und gesamtgesellschaftlich überaus bedeutsames Ziel: Dank innovativer Technologien soll die Krebsdiagnostik auf ein neues Level gehoben und Patientinnen und Patienten Hoffnung auf eine deutlich verbesserte Früherkennung gegeben

werden. Im Interview erklärt Dr. Tobias Meyer-Zedler, Leiter der Arbeitsgruppe Molekulare Bildgebung in der Forschungsabteilung Spektroskopie / Bildgebung am Leibniz-IPHT und Projektleiter in CRIMSON, wie neuartige Forschungsansätze eine vielversprechende Zukunft zur Detektion von Krebs liefern können.

Krebs gilt als eine der am weitesten verbreiteten Krankheiten unserer heutigen Zeit. Vor allem in der Alters-

gruppe zwischen 40 und 79 Jahren ist Krebs mit über 30 Prozent die häufigste Todesursache.¹ Für Therapieerfolg und Heilungschancen äußerst entscheidend ist daher, die Entstehung von Krebs auf zellulärer Ebene zu verstehen und die Krankheit in einem frühen Stadium zu diagnostizieren.

Welche Diagnosemethoden zum Aufspüren von Krebszellen existieren aktuell?

Bisherige diagnostische Verfahren zur Krebserkennung sind in der Regel mit Biopsien verbunden, in

denen Patientinnen und Patienten Gewebeprobe entnommen werden, die anschließend durch Pathologen histopathologisch beurteilt werden. Diese Untersuchung kann bis zu mehrere Tage dauern bis ein gesicherter diagnostischer Befund vorliegt. Daher wäre es von unschätzbarem Wert, wenn eine zuverlässige Beurteilung von Zellveränderungen schon während einer Operation erfolgen könnte oder erst gar keine Biopsien vorgenommen werden müssten und sich das Gewebe nichtinvasiv *in-vivo* untersuchen ließe.

Welchem Forschungsziel stellen sich die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, um die heutige Diagnostik zu verbessern?

In dem 2020 gestarteten vierjährigen EU-Projekt CRIMSON (Coherent Raman Imaging for the Molecular Study of the Origin of Diseases) soll ein neues biophotonisches, bildgebendes Instrument entwickelt werden, das perspektivisch die Krebsdiagnostik einen großen Schritt voranbringen wird. Mit dem zu entwickelnden System kann einerseits die Beurteilung von krankhaft verändertem Gewebe deutlich beschleunigt und eine frühzeitige Diagnostik gestützt werden. Andererseits lassen sich damit Krankheitsursachen auf zellulärer Ebene erforschen, um basierend auf diesen Erkenntnissen neue Ansätze für eine personalisierte Therapie zu generieren.

Welche technologischen Fortschritte sollen zur Erreichung dieses Ziels beitragen?

Geplant ist, eine Mikroskopie-Technologie basierend auf der kohärenten Raman-Mikroskopie, genauer gesagt der molekular sensitiven kohärenten

Anti-Stokes-Raman-Streuungs-Mikroskopie (CARS), zu entwickeln. Die zu untersuchende Probe wird dabei mithilfe zweier Laserpulse bestrahlt, wodurch charakteristische Molekülschwingungen in der Probe kohärent angeregt werden, deren Signale mit dem Mikroskop detektiert werden. Hierfür werden in CRIMSON neue kompakte Laserquellen zur Realisierung innovativer hyperspektraler CARS-Detektionsverfahren in Kombination mit auf künstlicher Intelligenz beruhenden Spektralanaly-



Wissenschaftler Dr. Tobias Meyer-Zedler forscht im Rahmen des CRIMSON-Vorhabens an der Breitband-CARS-Mikroskopie. © Sven Döring

lyseroutinen erforscht. Ziel ist es, ein hyperspektrales CARS-Mikroskop für eine schnelle Zell- und Gewebeklassifizierung mit beispielloser biochemischer Sensitivität zu entwickeln.

Von welchen Vorteilen werden Patientinnen und Patienten in Zukunft profitieren können?

Langfristig soll die neuartige mikroskopische Technologie in der Lage sein, lauffrei molekulare Bilder von subzellulären Kompartimenten in lebenden Zellen oder Organoiden sowie Gewebe mit biomolekularer Empfindlichkeit zu ermöglichen. Wenn sich Zellen zu bösartigem Gewebe weiterentwickeln, ändert sich ihr einzigartiger molekularer Fingerabdruck. Bei einigen Krebsarten kommt es dabei zu einer Zunahme bestimmter Moleküle. Diese Verände-

rungen lassen sich auch als molekulare Details in den CARS-Spektren nachweisen. Indem ein noch präziserer Einblick in Zellen ermöglicht wird, schaffen wir die technologischen Voraussetzungen, um Tumore sowie ihre Aggressivität noch besser beurteilen zu können.

Dank der hohen Aufnahmegeschwindigkeit, die das Mikroskop bieten wird, werden zudem dynamische Veränderungen von und in Zellen durch Zeitraffer-Aufnahmen sichtbar werden. Solche beobachtbaren Zellentwicklungen können Ärztinnen und Ärzten Hinweise auf eine mögliche Krebserkrankung geben. Eine frühzeitige zielgerichtete medikamentöse Therapie ließe sich unmittelbar anschließen.

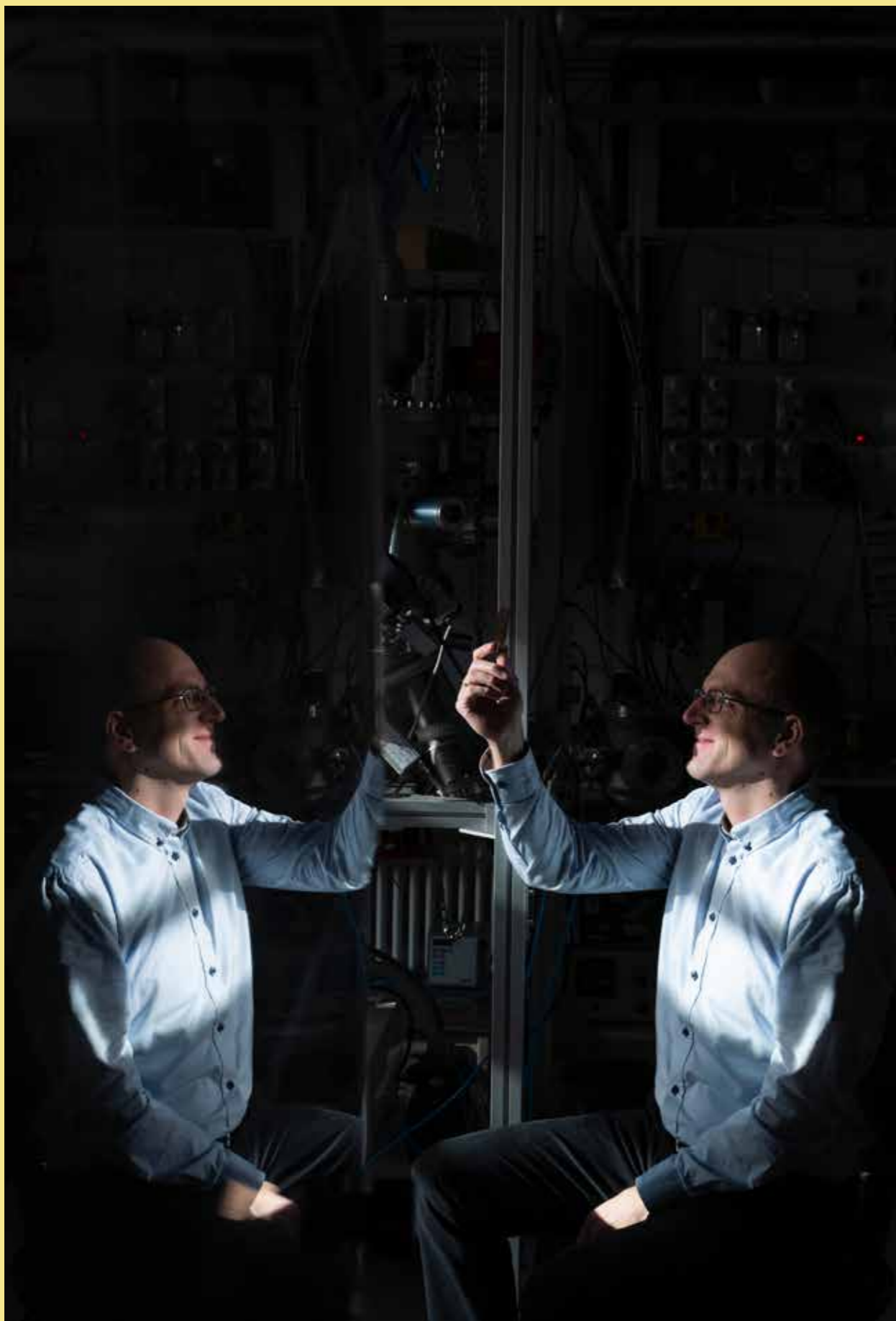
Die zu entwickelnde technologische Lösung ist sowohl als Operationsmikroskop als auch als endoskopisches Instrument angedacht. Damit bietet es beispielsweise den Vorteil, bereits während einer endoskopischen Untersuchung auffälliges Gewebe direkt zu erkennen und sofort weitere Schritte einzuleiten. Während einer operativen Tumorentfernung könnten Chirurginnen und Chirurgen noch direkt im Operationssaal binnen weniger Minuten beurteilen, ob das krankhafte Gewebe vollständig entfernt wurde und keine Tumorzellen im Körper verbleiben.

Die Europäische Kommission fördert das Projekt mit mehr als fünf Millionen Euro.



Weitere Informationen zum CRIMSON-Projekt: www.crimson-project.eu

¹Vgl. Statistisches Bundesamt (Destatis): Weltkrebstag: Zahl der stationären Krebsbehandlungen 2021 auf neuem Tiefstand, Pressemitteilung vom 2. Februar 2023, https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2023/02/PD23_N007_231.html [15. Februar 2023]



Wissenschaftler Dr. Jonathan Plentz, Leiter der Arbeitsgruppe Photonische Dünnschichtsysteme, im Beschichtungslabor des Leibniz-IPHT, in dem die intelligenten Stoffe erforscht und verschiedene Materialien als dünne Schicht auf textile Substrate aufgebracht werden. © Sven Döring

Clevere Kleidung

Smarte Textilien sorgen für aufgeladene Akkus

Sie zählen Schritte, überwachen Vitalfunktionen oder übernehmen die Navigation zum Zielort – kleine, intelligente Computertechnologien wie Smartwatch, Fitnessarmband oder Schrittzähler bieten im Sport- und Wellnessbereich viele nützliche Funktionalitäten, um den Alltag noch angenehmer zu gestalten. Um diese Wearables als ständige technische Begleiter jederzeit verfügbar zu machen und mit Strom zu versorgen, bieten Textilien der nächsten Generation ungeahnte Potentiale, indem sie den Menschen als Energiequelle in den Mittelpunkt rücken.

Neuartige Materialien können die abgegebene menschliche Körperwärme unter Nutzung thermoelektrischer Effekte in Strom umwandeln.

nischer Geräte für Gesundheit oder Sport jederzeit decken.

Der textile thermoelektrische Effekt kann auch durch Anlegen einer Spannung zur Kühlung und Temperaturregulierung genutzt werden. Diese kühlenden Eigenschaften machen die innovativen und cleveren Materialien vor allem für sicherheits- und temperaturkritische Anwendungsszenarien in der Industrie oder für Gesundheit und Medizin interessant. Intelligente Kleidung und thermoelektrische Textillösungen könnten so beispielsweise dazu beitragen, die Körpertemperatur besser zu regulieren oder Fieber zu senken.

Die Entwicklung wurde im Rahmen des Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand (ZIM) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) gefördert.



Smartes Gewebe: 3D-Abstandsgewirke aus Polyester, thermoelektrisch beschichtet sowie mit Kupferkontakten versehen, sind die Ausgangsbasis für clevere Kleidungsstücke, die sich für Energiegewinnung und aktive Kühlung eignen. © Sven Döring

Mobile und nah am Körper getragene miniaturisierte elektronische Geräte sollen sich in Zukunft noch einfacher mit Energie versorgen lassen, selbst dann, wenn keine externe Stromversorgung zur Verfügung steht. Forschende des Leibniz-IPHT haben gemeinsam mit der ITP GmbH – Gesellschaft für Intelligente Textile Produkte aus Weimar und dem Textilhersteller E. CIMA aus Barcelona, Spanien, eine intelligente textilbasierte Lösung entwickelt, die die Energiegewinnung autark macht:

Auf textilen Geweben werden hierzu Dünnschichtbeschichtungen von weniger als einem tausendstel Millimeter in Form von aluminiumdotiertem Zinkoxid als thermoelektrisch aktive Funktionsschicht aufgebracht. Integriert in High-Tech-Kleidung können diese thermoelektrischen Generatoren aufgrund der Temperaturunterschiede zwischen der Hautoberfläche des Nutzers sowie der Umgebungstemperatur Energie erzeugen. Diese lässt sich in einem Akku speichern und kann den Strombedarf elektro-

– Publikationen:

Schmidl, Gawlik, Jia, Andrä, Richter & Plentz, Smart Materials and Structures, Volume 29, Number 12, 125003, 2020, <https://doi.org/10.1088/1361-665X/abbdb5>

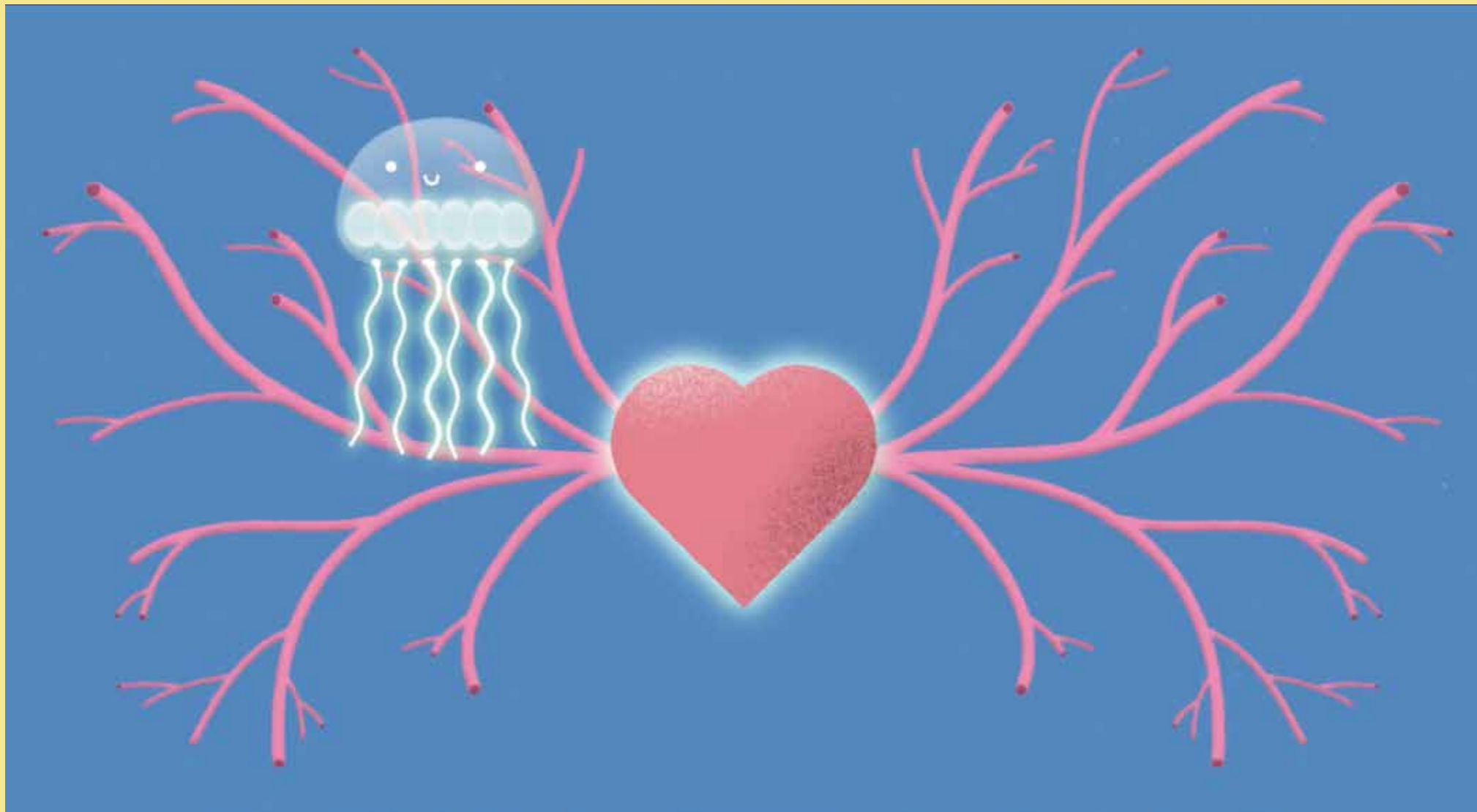
Schmidl, Jia, Gawlik, Andrä, Richter & Plentz, materialstoday ENERGY, Volume 21, 100811, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.mtener.2021.100811>

Schmidl, Jia, Gawlik, Lorenz, Zieger, Dellith, Diegel & Plentz, Materials, 16, 13, 2023, <https://doi.org/10.3390/ma16010013>

– Patente:

Plentz, Andrä & Richter, DE 10 2021 204 511 B4

Plentz & Andrä, DE 10 2013 113 816 A1



Mit funktionalisierten Sensormolekülen arbeiten Forschende des LogicLab-Wissenschaftsnetzwerks daran, koronare Krankheiten schon frühzeitig zu erkennen. © aloopvideo.com

Herzgesund

Mit smarter Sensorik gegen Koronarerkrankungen

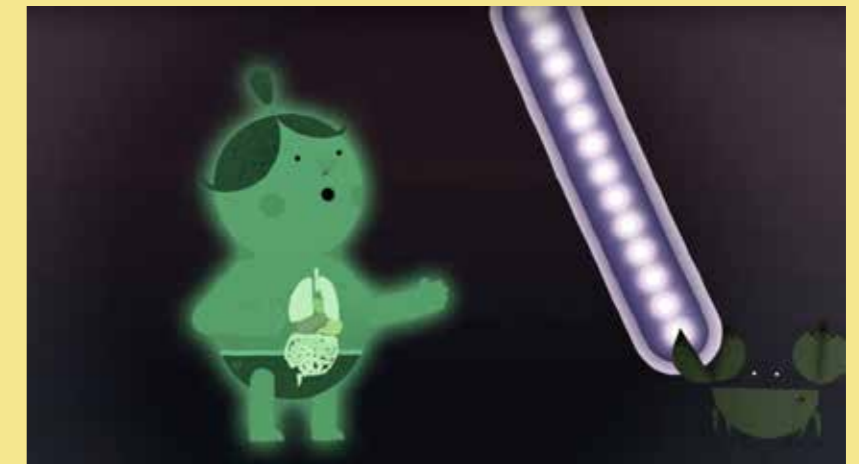
Mit mehr als 30 Prozent zählten im Jahr 2021 Herz-Kreislauf-Erkrankungen, wie Herzinfarkte, zur häufigsten Todesursache in Deutschland.¹ Verantwortlich für Myokardinfarkte sind in der Regel Ablagerungen in den Gefäßinnenwänden der Arterien, die zu Verengungen in den Blutgefäßen, zu einer gestörten Durchblutung

des Herzmuskels bis hin zu einem Verschluss der Herzkranzgefäße führen können. Um die Diagnostik für koronare Erkrankungen voranzubringen und damit das Risiko für Herzinfarkte zu senken, arbeitet das europäische Netzwerk LogicLab mit ausgeklügelten Sensoren an einem Wendepunkt.

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Marie Skłodowska-Curie Innovative Training Network LogicLab (Molecular logic lab-on-a-vesicle for intracellular diagnostics) forschen hierzu seit 2018 an innovativen molekularen Logiksensoren für die Früherkennung. „Diese Moleküle besitzen die besondere Eigenschaft, auf Stimulation, zum Beispiel chemischer Art, auf andere Moleküle oder Licht, mit einem zielgerichteten Wechselwirkungsverhalten zu reagieren. Über

eine Anregung mit Licht könnten sie beispielsweise Aufschluss über bestimmte Krankheitsparameter geben. Indem wir diese Moleküle funktionalisieren, können wir sie mit maßgeschneiderten Eigenschaften versehen, die im Rahmen einer diagnostischen Abklärung Antworten liefern können“, erklärt Prof. Dr. Benjamin Dietzek-Ivanšič, Leiter der Forschungsabteilung Funktionale Grenzflächen am Leibniz-IPHT und wissenschaftlicher Koordinator von LogicLab.

Die gewonnenen Erkenntnisse sollen dazu beitragen, die endotheliale Dysfunktion über die Identifizierung bestimmter Botenstoffe diagnostizieren zu können. Diese Störung der Blutgefäße auskleidenden Zellschicht



ist eine der Ursachen für Arterienverkalkung. Ihre frühzeitige Diagnose sowie unmittelbar eingeleitete Therapiemaßnahmen können das Risiko einer gefährlichen Verengung der Blutgefäße, die zu einem Herzinfarkt führen können, senken.

Erstklassiges Ausbildungsprogramm für wissenschaftlichen Nachwuchs

15 Partnerorganisationen aus Deutschland, Irland, den Niederlanden, Polen und der Slowakei bringen ihre Kompetenzen in das Wissenschaftsnetzwerk, koordiniert vom Leibniz-IPHT, ein. Gemeinsam ermöglichen sie den 14 Nachwuchsforschenden, die im Rahmen von LogicLab mit Gastaufenthalten, wissenschaftlichen Weiterbildungsangeboten sowie Gelegenheiten zum Netzwerken und fachlichen Austausch ein einzigartiges Trainingsprogramm erhalten, den Grundstein für ihre wissenschaftliche Karriere zu legen.

Das fünfjährige Projekt LogicLab wird von der Europäischen Union mit mehr als 3,5 Millionen Euro gefördert.

Gut zu wissen: Wenn Arterien verkalken

Die Arterienverkalkung wird auch als Arteriosklerose bezeichnet. Dabei lagern sich Kalk, Bindegewebe und

Fett in den Innenwänden der Blutgefäße ab. Diese Ablagerung, die sogenannten Plaques, führen zu einer Verengung der Arterien und damit zu einer schlechteren Durchblutung und Unterversorgung der Organe mit Sauerstoff. Wird das Herz nicht richtig versorgt, der Blutfluss gestört oder entsteht ein Verschluss, kann ein Herzinfarkt drohen. Die endotheliale Dysfunktion, eine Funktionsstörung des Endothels, das heißt der Gefäßwand, kann sich zu einer Arterienverkalkung entwickeln.

Publikationen:

Yang, Valavalkar, Romero-Arenas, Dasgupta, Then, Chettri, Eggeling, Ros, Pischel & Dietzek-Ivanšič, Chemistry Europe, 2022, <https://doi.org/10.1002/chem.202203468>

Kumar Jha, Prabhakaran, Burke, Schulze, Schubert, Keyes, Jäger & Dietzek-Ivanšič, The Journal of Physical Chemistry C, 126 (8), 4057-4066, 2022, <https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.1c09897>

Yang, Chettri, Radwan, Matuszyk, Baranska & Dietzek-Ivanšič, Chemical Communications, 57, 6392-6395, 2021, <https://doi.org/10.1039/D1CC01907D>



Weitere Informationen zu LogicLab: www.logiclab-itrn.eu



https://youtu.be/C3_u0cFwdUs



<https://youtu.be/g0snyU021us>

¹Vgl. Statistisches Bundesamt (Destatis): Todesursachenstatistik 2021: 7% aller Todesfälle gehen direkt auf COVID-19 zurück, Pressemitteilung vom 16. Dezember 2022, https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2022/12/PD22_544_23211.html [21.02.2023]



Die Atome befinden sich in einer speziellen gläsernen Dampfzelle, die in einem magnetisch sehr gut abgeschirmten Aufbau Signalen der exotischen Materie nachspüren.

© Sven Döring

Dunkle Geheimnisse des Universums

Optische Magnetometer enthüllen verborgene Welten

Schon seit Menschengedenken löst der Blick in den Nachthimmel eine magische Faszination und Sehnsucht aus. Heute liefern moderne Raumsonden und Satelliten immer hochauflösendere Bilder und Informationen von Himmelskörpern und Galaxien, die unser Wissen über das Weltall stetig erweitern. Dennoch sind zentrale Fragen zur Entstehung und Entwicklung des Universums noch immer ungeklärt, welche Forschende mithilfe innovativer Technologien entschlüsseln wollen.

„Zahlreiche astronomische Beobachtungen und realistische Modelle zur Entstehung des Weltalls legen den Schluss nahe, dass der direkt beobachtbare Teil des Universums nur einen Bruchteil des gesamten Kosmos ausmacht und ein Großteil aus unbekannter, nicht sichtbarer, sogenannter dunkler Materie besteht“, erklärt Dr. Theo Scholtes, Leiter der Arbeitsgruppe Quantenmagnetometrie aus der Forschungsabteilung Quantensysteme am Leibniz-IPHT. „Während die Existenz dieser dunklen Materie in der Wissenschaft weitgehend akzeptiert wird, ist ihre Natur bislang unklar. Weltweit wird daher in zahlreichen und sehr verschiedenen Experimenten nach ihr gesucht.“

Eine physikalisch gut motivierte Hypothese ist, dass es sich bei dunkle Materie-Partikeln um sogenannte Axionen oder Axion-

ähnliche Teilchen handelt, Teilchen mit sehr kleiner Masse, die in der Lage sein könnten, Strukturen, wie Axionen-Wände oder -Sterne, zu bilden und mit den Spins



Um dunkle Materie-Teilchen auffindig zu machen, forscht Dr. Theo Scholtes, Leiter der Arbeitsgruppe Quantenmagnetometrie, an optischen Magnetometern.

© Sven Döring

„herkömmlicher“ Atome zu wechselwirken. Mit dem Globalen Netzwerk optischer Magnetometer für die Suche nach exotischer Physik (GNOME) fahnden Forschende derzeit nach Signaturen solcher exotischen Objekte. Dazu verbindet GNOME rund um den Globus derzeit bis zu 17 Stationen mit hochsensitiven optischen Magnetometern miteinander. Eine dieser Stationen betreibt das Leibniz-IPHT am Geodynamischen Observatorium Moxa der Friedrich-Schiller-Universität Jena. „Die erste Version des Aufbaus entwickelte ich als Postdoktorand an der Universität Freiburg (Schweiz) und konnte mit Rückkehr ans Leibniz-IPHT die Arbeiten nahtlos weiterführen. Dafür bin ich beiden Seiten sehr dankbar“, so Dr. Theo Scholtes.

Tritt die Erde durch eine Struktur exotischer Materie, kann diese mit dem in den GNOME-Magnetometern enthaltenen atomaren Gas interagieren. Die sich dabei ändernden optischen Eigenschaften der Atome in den synchronisierten Sensoren werden mittels Laserlicht detektiert. Die Suche nach Korrelationen in den Daten der Stationen erlaubt die Detektion kosmischer Ereignisse und damit Rückschlüsse zu dunkler Materie.

In ersten umfassenden Langzeitmessungen konnten noch keine exotischen kosmischen Ereignisse beobachtet, jedoch bereits freie Parameter einiger Dunkle-Materie-Modelle eingegrenzt werden. Derzeit arbeitet die Kollaboration daran, die Magnetometer noch deutlich empfindlicher gegenüber exotischen Wechselwirkungen zu machen. So soll die Suche nach dunkler Materie in Zukunft weiter vorangetrieben und ihre Natur aufgeklärt werden.

Neben der Suche nach dunkler Materie unterstützen optisch gepumpte Magnetometer auch biomedizinische Anwendungen und können kleinste magnetische Signale, wie Herz- und Gehirnaktivitäten, detektieren.

–
Publikation:

Afach, Buchler, Budker, Dailey, Derevianko, Dumont, Figueroa, Gerhardt, Grujić, Guo, Hao, Hamilton, Hedges, Kimball, Kim, Khamis, Kornack, Lebedev, Lu, Masia-Roig, Monroy, Padniuk, Palm, Park, Paul, Penafior, Peng, Pospelov, Preston, Pustelny, Scholtes, Segura, Semertzidis, Sheng, Shin, Smiga, Stalnaker, Sulai, Tandon, Wang, Weis, Wickenbrock, Wilson, Wu, Wurm, Xiao, Yang, Yu & Zhang, Nature Physics, 17, 2021, <https://doi.org/10.1038/s41567-021-01393-y>

Aufgedeckt

Risiko für Alzheimer- und Infektionserkrankungen senken



Prof. Hassan Azzazy von der American University in Kairo arbeitet daran, mobil einsetzbare diagnostische Lösungen zu entwickeln.

© The American University in Cairo

Schätzungen von Alzheimer's Disease International zufolge leiden weltweit circa 50 Millionen Menschen an Demenz.¹ Eine der häufigsten Formen ist Alzheimer, bei der das Gehirn unwiderruflich durch den Abbau von Nervenzellen geschädigt wird, was zu kognitiven und motorischen Einschränkungen führt. Das Vorkommen von Schwermetallen im Wasser kann als Risikofaktor eine Alzheimer-Erkrankung begünstigen. Mit optischen Chemosensoren könnten Fortschritte zum Monitoring von Gewässerverunreinigungen und damit zur Vorbeugung der neurodegenerativen Erkrankung erzielt werden. Erforscht werden diese in der Forschungsabteilung Nanobiophotonik am Leibniz-IPHT zusammen mit der American University in Kairo, Ägypten.

Quecksilber, Blei oder Arsen sind hochgiftige Schwermetalle, die Gewässer

belasten – mit dramatischen gesundheitlichen Folgen. Eine regelmäßige Kontrolle zur Sicherstellung der Wasserqualität und möglicher Kontaminationen ist deshalb geboten. Optische Chemosensoren sind geeignet, um den Gehalt an toxischen Metallen im Wasser zu überprüfen. Sie sind überaus empfindlich und in der Lage, kostengünstig und schnell geringfügige Konzentrationen, auch mehrerer toxischer Metalle, nachzuweisen.

„Solche Sensoren sind zum Beispiel in Form von Nanopartikeln denkbar, die ihre optischen Eigenschaften in Anwesenheit von Schwermetallen ändern. Indem wir ihre Oberfläche modifizieren und spezielle Fängermoleküle anbinden, ließe sich in kurzer Zeit feststellen, ob in einer zu untersuchenden Wasserprobe ein toxisches Metall enthalten ist. In diesem Fall bindet sich das Metallmolekül an das Fängermolekül an, wodurch ein Farbumschlag der Nanopartikel entsteht“, erklärt Prof. Dr. Wolfgang Fritzsche, Leiter der Forschungsabteilung Nanobiophotonik am Leibniz-IPHT. Gemeinsam mit Hassan Azzazy, Professor für Chemie an der American University in Kairo, der für seine Verdienste

mit dem Georg Forster-Forschungspreis der Alexander von Humboldt-Stiftung geehrt und im Rahmen eines Forschungsaufenthaltes am Leibniz-IPHT forscht, untersucht er das Thema der optischen Chemosensoren.

Prof. Hassan Azzazy beschäftigt sich ebenfalls mit Nanotechnologien und arbeitet daran, erschwingliche und schnell einsetzbare diagnostische Lösungen für sein Heimatland zu entwickeln. Speziell im Nahen Osten und Nordafrika (MENA-Region) könnte die Zahl der Alzheimer-Betroffenen bis zum Jahr 2050 um 400 Prozent zunehmen.² Dank optischer Chemosensoren kann ein wertvoller Beitrag geleistet werden, um Schlüsselfaktoren für die Entstehung von Alzheimer zu reduzieren.

In Zusammenarbeit mit Prof. Hassan Azzazy konnte am Leibniz-IPHT ein tragbares System zum Vor-Ort-Nachweis mittels eines kolorimetrischen Assays entwickelt werden. Dieses wurde von den Forschenden erfolgreich für den DNA-basierten Nachweis des Bakteriums *Legionella pneumophila* demonstriert. Eine Infektion mit diesem Erreger erfolgt über kontaminiertes Wasser und kann sich bis zur Lungenentzündung ausweiten. Die entwickelte Lösung basiert ebenfalls auf der Nutzung von Edelmetall-Nanopartikeln, deren Farbänderung das Vorhandensein des Bakteriumgenoms nachweist.

–
Publikation:

El-Sewify, Radwan, Elghazawy, Fritzsche & Azzazy, RSC Advances, 12, 32744-32755, 2022, <https://doi.org/10.1039/D2RA05384E>

–
¹Vgl. Statista: Statistiken zum Thema Demenz weltweit, <https://de.statista.com/themen/2032/demenzkrankungen-weltweit/#topicOverview>, 28.11.2022 [24.02.2023]

²Vgl. Deutsche Welle: Demenz wird zu immer größerer Herausforderung in Nahost und Nordafrika, <https://www.dw.com/de/demenz-wird-zu-immer-gr%C3%B6%C3%9Ferer-herausforderung-in-nahost-und-nordafrika/a-60717312>, 11.02.2022 [24.02.2023]

Funktionalisierte Fasern verändern die Farbe des Lichts



Funktionalisierte Fasern

© Jens Meyer, Universität Jena

Einem internationalen Forschungsteam unter Beteiligung des Leibniz-IPHT ist es gelungen, optische Fasern so zu funktionalisieren, dass sie mittels 2D-Materialien unsichtbares Infrarot-Licht in rotes Licht verwandeln. Die Spezialfasern könnten künftig als Miniatur-Lichtkonverter nutzbar sein. Erforscht und entwickelt wurde dieses Konzept von der Friedrich-Schiller-Universität Jena

und dem Leibniz-IPHT in Kooperation mit Partnern am Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF in Jena sowie an den Universitäten in Sydney und Adelaide, Australien.

Die Lichtleitfasern wurden von den Forschenden speziell konstruiert und „aufgerüstet“, um neue Funktionen übernehmen zu können. „Mit den

funktionalisierten Fasern können wir optische Frequenzverdopplungen realisieren, so dass Licht seine Wellenlänge halbieren und seine Farbe verändern kann. So wird zum Beispiel aus Infrarot Rot generiert“, erklärt Prof. Dr. Markus Schmidt, Leiter der Forschungsabteilung Faserphotonik am Leibniz-IPHT. Damit sind die Forschenden die ersten weltweit, denen es gelungen ist, optische Fasern dergestalt zu funktionalisieren, dass sie in Zukunft als nichtlineare Lichtkonverter auf Basis von 2D-Materialien nutzbar sein können. Ihre Forschungsergebnisse veröffentlichten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in der renommierten Fachzeitschrift Nature Photonics.

–
Publikation:

Ngo, Najafidehaghani, Gan, Khazaei, Siems, George, Scharfner, Nolte, Ebendorff-Heidepriem, Pertsch, Tuniz, Schmidt, Peschel, Turhanin & Eilenberger, Nature Photonics, 16, 769–776, 2022, <https://doi.org/10.1038/s41566-022-01067-y>

Photonik-Forschung für den europäischen Mittelstand

In der europäischen Initiative PhotonHub Europe® unterstützen das Leibniz-IPHT und 52 weitere führende internationale Photonik-Einrichtungen kleine und mittelständische Unternehmen bei der Entwicklung und Einführung lichtbasierter Technologien. Die Großinitiative, Nachfolger des Photonik-Programms ACTPHAST, wird mit 19 Millionen Euro aus dem Programm Horizont 2020 der Europäischen Union gefördert. PhotonHub Europe® bietet Orientierung und Unterstützung bei der Umsetzung photonischer Lösungen in Form von Aus- und Weiterbildungen sowie einem breiten Spektrum an Angeboten in Bereichen wie Investitionen

und Innovationen entlang der gesamten Wertschöpfungskette, vom Produktkonzept bis zur Markteinführung.

Schon unter ACTPHAST begann eine fruchtbare Kooperation zwischen dem Laser-Hersteller Bloom SAS und der Arbeitsgruppe Optische Fasermaterialien und -Strukturen unter Dr. Katrin Wondraczek. Die erfolgreiche Zusammenarbeit wird im Frühjahr 2023 mit einem Follow-on-Projekt im Rahmen von PhotonHub weitergeführt.

Seit dem Start der Initiative 2021 kooperiert auch Dr. Francesco Reina, Wissenschaftler in der Forschungsab-

teilung Biophysikalische Bildgebung am Leibniz-IPHT, eng mit Alessandro Rossetta, Gründer des italienischen und auf Mikroskopie und Spektroskopie spezialisierten Start-ups FLIM LABS. Gemeinsam testen sie neu entwickelte Laserdioden am Leibniz-IPHT, die in bildgebenden Verfahren zur Laseranregung verwendet werden. So ist inzwischen ein Prototyp für die Durchführung von lebensdauerbasierten Fluoreszenzmessungen entstanden, der in naher Zukunft im Labor und in der Feldforschung validiert werden wird.



Weitere Informationen zu PhotonHub Europe® www.photonhub.eu

Bildgebungsexpertinnen und -experten von morgen

Das europäische Netzwerk IMAGE-IN (Marie Skłodowska Curie European Training Network for Imaging Infections: Integrated, multiscale visualization of infections and host response) bildet die nächste Generation von Forschenden aus, die Bildgebungstechnologien für medizinische Anwendungen vorantreiben. Damit soll die Grundlage für neue diagnostische und therapeutische Ansätze geschaffen werden, um Infektionen besser zu verstehen und zielgerichteter zu behandeln. Das IMAGE-IN-Konsortium setzt sich aus akademischen Partnern und Industriepartnern aus Deutschland und Portugal zusammen, die eine gemeinsame Betreuung und Ausbildung von Promovierenden anbieten. Koordiniert wird das Netzwerk von Prof. Dr. Ute Neugebauer, Leiterin der Forschungsabteilung Klinisch-Spektroskopische Diagnostik am Leibniz-IPHT. Sie ist überzeugt von der Qualität des Angebots: „Die Promovierenden erhalten einen umfassenden Einblick in spektroskopische Techniken und erwerben die Fähigkeit mit großen, multidimensionalen Daten umzugehen sowie diese präzise zu analysieren. Mehr als die Hälfte ihrer Zeit verbringen die Promovierenden im nicht-akademischen Bereich. Damit sammeln sie wertvolle Erfahrung für ihre Karriere in der akademischen und industriellen Forschung, ergänzt durch Mentoring-Programme und Karriereberatung.“

Die Europäische Union fördert das Vorhaben über Horizont 2020.

Das IMAGE-IN-Konsortium

Beteiligte Partner im IMAGE-IN-Training-Netzwerk sind BMD Software Ltd., das Universitätsklinikum Jena, die Friedrich-Schiller-Universität Jena, die Chemometrix GmbH, die Universidade de Aveiro, die Universidade de Coimbra, das Universitätsklinikum Bonn sowie das Leibniz-IPHT.



© Leibniz-IPHT

„Das Hauptziel meines Projekts ist es, Infektions- und Sepsis-assoziierte hämatologische und morphologische Veränderungen im Herzen und in den Nieren mithilfe von MRT-Daten zu untersuchen. Zu diesem Zweck entwickle ich eine Segmentierungsmethode, die mit diesen Daten kompatibel ist, und konzentriere mich auf die Datenanalyse. Ich finde es sehr interessant, in einem akademischen Umfeld, wie dem Leibniz-IPHT und in der Wirtschaft, wie bei BMD Software in Aveiro, Portugal, zu forschen und zu arbeiten.“

Mahyasadat Ebrahimi aus dem Iran



© Leibniz-IPHT

„Mein Projekt hat zwei Hauptziele – die Entwicklung einer kollaborativen Plattform zur Unterstützung der digitalen Pathologieanalyse und die Erforschung neuer Algorithmen für die Datenauswertung. Wir nutzen verschiedene Web-basierte Technologien und kombinieren diese mit Verfahren der künstlichen Intelligenz, um Methoden für die Analyse von Gewebeproben zu entwickeln. Eigentlich habe ich mir das Projekt und nicht den Ort ausgesucht, aber jetzt gibt es viele Dinge, die ich an Portugal und vor allem auch an Jena schätze und liebe, wie zum Beispiel die Geschichte, die die Stadt mit namenhaften Größen wie Carl Zeiss verbindet, oder die schöne Landschaft, besonders im Herbst.“

Rodrigo Escobar-Diaz-Guerrero aus Mexiko



© Leibniz-IPHT

„Ich arbeite daran, die Interaktion zwischen Wirt und Erreger mithilfe von Raman-Spektroskopie-Daten zu analysieren. Dabei forsche ich an der Charakterisierung, Lokalisierung und Visualisierung von Immunzellen und Krankheitserregern.“

Rustam Guliev, Aserbaidzhaner aus Russland



© Sven Döring

„Ich bin Doktorand der Informatik und ich konzentriere mich im Rahmen meines Forschungsthemas auf Spektroskopie, Mikroskopie und Bildgebung. In diesem Zusammenhang entwickle ich einen Web-3D-Visualisierer mit einigen wichtigen Registrierungsfunktionen. Ich bin nach Jena und Aveiro gekommen, um Erfahrungen in einem hochtechnologischen Umfeld zu sammeln und um von erfahrenen Forschenden zu lernen. Ich kann das Leibniz-IPHT und die Universität Jena nur empfehlen, wenn man mehr über die Welt der Mikroskopie und Bildgebung erfahren möchte.“

Yubraj Gupta aus Nepal



© Leibniz-IPHT

„Ich untersuche die Lokalisierung von Bakterien mit markerfreien bildgebenden Methoden und marker-gestützten Verfahren sowie die Überwachung deren Wirtsreaktion bei Osteomyelitis (Knocheninfektionen). Ich habe bereits einige Erfahrung in der Bildverarbeitung und interessiere mich sehr dafür, wie Bilder erfasst werden. Dazu messe ich an infiziertem Knochengewebe, um Bakterien mit Hilfe der Raman-Spektroskopie zu identifizieren oder zu lokalisieren. Jena als Stadt der Optik und das Leibniz-IPHT als führendes optisches Institut mit dem Schwerpunkt Biophotonik sind für mich der ideale Ort, um meine Doktorarbeit zu schreiben.“

Shibarjun Mandal aus Indien



© Leibniz-IPHT

Workshop „Women in Photonics“ bringt weibliche Spitzenkräfte nach Jena

Mit dem Karriere-Workshop „Women in Photonics“ hat das Leibniz-IPHT eine international bedeutsame Veranstaltungsreihe zur Förderung von Nachwuchswissenschaftlerinnen geschaffen.

Über 100 Teilnehmerinnen und Teilnehmer aus Europa, Asien sowie Nord- und Südamerika hatten vom 22. bis zum 25. Mai 2022 die Chance, sich beim mittlerweile dritten „Women in Photonics“-Workshop am Leibniz-IPHT über ihre Forschung auszutauschen. Während der mehrtägigen Veranstaltung präsentierten 40 promovierte Teilnehmerinnen ihre wissenschaftlichen Arbeiten. Zudem berichteten Professorinnen, Entrepreneurinnen sowie Vertreterinnen und Vertreter lokaler und überregionaler Firmen wie Carl Zeiss, Jenoptik, Trumpf oder Leica über ihre Forschung und stellten ihre persönlichen Karrierewege vor.

Nach den Vortrags-Sessions hatten die Teilnehmerinnen die Gelegenheit, die Infostände der Industrie- und

Forschungspartner zu besuchen und über die Möglichkeit einer zukünftigen Zusammenarbeit zu sprechen. Parallel dazu wurden Laborführungen innerhalb des Leibniz-IPHT angeboten, die intensiv genutzt wurden. So konnten sich die jungen Forscherinnen beispielsweise den Reinraum, die Faserziehanlage, Labore zur CARS-Mikroskopie oder zur multimodalen Instrumentierung ansehen und mit den Forschenden ins Gespräch kommen.

„Proud to be a part of an amazing group of intelligent women. Go #WomeninPhotonics!“ twitterte Hannah O’Toole, UC Davis Biomedical Engineering PhD Candidate und Gewinnerin des Posterpreises des Workshops, direkt aus der Abendveranstaltung. Höhepunkt des Networking Dinners am letzten Abend war ein inspirierender Vortrag von Prof. Anita Mahadevan-Jansen, der Präsidentin der International Society for Optics and Photonics (SPIE), die von ihrem eigenen nicht immer einfachen Karriereweg berichtete und ihren jungen Kolleginnen mit auf den

Weg gab, sich nicht von widrigen Rahmenbedingungen unterkriegen zu lassen, sondern weiterhin mit Leidenschaft und Ehrgeiz ihre Ideen zu verwirklichen.

Mit dem Workshop „Women in Photonics“ vernetzt das Leibniz-IPHT nicht nur exzellente Nachwuchswissenschaftlerinnen untereinander und mit Führungskräften aus Forschungseinrichtungen und Unternehmen. Die Veranstaltung trägt außerdem dazu bei, talentierte Forscherinnen für das Leibniz-IPHT zu begeistern und zu gewinnen, so wie Dr. Maria Chernysheva, die über die Stationen Moskau und Birmingham nach Jena kam und jetzt die Nachwuchsgruppe Ultrakurzpuls-Faserlaser am Institut leitet. Auch die Teilnehmerin Dr. Hülya Yilmaz von der Sabanci University in Istanbul, Türkei, hat in der Zwischenzeit ihren Weg ans Leibniz-IPHT gefunden und forscht nun in der Forschungsabteilung Spektroskopie / Bildgebung.



Weitere Informationen zu Women in Photonics: www.leibniz-ipht.de/de/veranstaltungen/women-in-photonics-2023-3/



© Leibniz-IPHT

Lasertechnologiekonferenz ESULaB zieht internationales Publikum an

Das Leibniz-IPHT bringt weltweit renommierte Laserexpertinnen und -experten aus Forschung und Industrie zusammen, um Trends der Lasertechnologie in biophotonischen Anwendungen zu diskutieren.

Schwerpunkt des diesjährigen „European Symposium on Ultrafast Laser driven Biophotonics“ (ESULaB) war der Einsatz moderner Ultrakurzzeitlaser-Technologien zur Untersuchung komplexer biomedizinischer Proben von Organen, Gewebe, Zellen, Proteinen oder DNA.

Fast 200 Teilnehmerinnen und Teilnehmer aus 23 Ländern kamen vom 11. bis 14. September 2022 zur zweiten ESULaB 2022 nach Jena, organisiert vom Leibniz-IPHT in Zusammenarbeit mit dem Laserhersteller Coherent. Nach Abschluss der mehrjährigen Renovierungsarbeiten im Volkshaus Jena war dies die erste offizielle Veranstaltung, die im neu gestalteten Tagungs- und Konferenzzentrum stattfand.

Das Highlight des ersten Konferenztages war die Präsentation von Prof. Gérard Mourou, Pionier der Ultrakurzzeit-Laserphysik und der nicht-linearen Optik von der École Polytechnique in Paris. Für seine Forschungsarbeit zur Chirped Pulse Amplification (CPA) wurde Mourou 2018 mit dem Nobelpreis in Physik ausgezeichnet. Durch Mourous Forschung konnte der bisher intensivste Laserpuls entwickelt werden, auf dessen Grundlage heute viele Anwendungen in Medizin und Industrie basieren.

Prof. Dr. Jürgen Popp zeigte sich sehr zufrieden: „Die ESULaB ist eine wichtige Plattform, um die Kernthemen des Leibniz-IPHT zu präsentieren und dringende Problemstellungen mit internationalen Forschenden und Industrievertreterinnen und -vertretern zu diskutieren.“ Peter Vogt, Vertriebsdirektor bei Coherent, bestätigte, dass die Biophotonik ein sehr bedeutsames Anwendungsfeld für Laserhersteller ist: „Die ESULaB bot eine großartige Möglichkeit, sich mit Anwendern und potenziellen Laser-Nutzern über die besonderen Anforderungen in diesem Forschungsfeld auszutauschen.“

Auch Daniel Siegesmund, Leiter der Abteilung Öffentlichkeitsarbeit und Forschungsmarketing am Leibniz-IPHT, freut sich über die gelungene Veranstaltung: „Neben dem wissenschaftlichen Diskurs sowie der Möglichkeit der Begegnung haben Konferenzen für uns noch eine weitere Bedeutung: sie sind ein wichtiges Instrument im Sinne des Forschungsmarketings. Wir nutzen diese Veranstaltungen, um Kolleginnen und Kollegen aus aller Welt zu uns nach Jena einzuladen und ihnen dabei nicht nur die Stadt und den Standort vorzustellen, sondern insbesondere auch unser Institut als moderne Forschungseinrichtung und attraktiver Arbeitgeber. Jena hat bezogen auf Wissenschaft, Kultur und Wirtschaft viel zu bieten und kann auf eine lange Tradition vor allem auf dem Gebiet der Optik und Photonik zurückblicken.“

Die nächste ESULaB ist für den Herbst 2024 geplant.



Weitere Informationen zu aktuellen Veranstaltungen des Leibniz-IPHT: www.leibniz-ipht.de/de/veranstaltungen/

Auszeichnungen & Preise in 2022



© Sven Döring

Senior Mitgliedschaft bei Optica sowie 3. Platz beim Women in Ultrafast Science Global Award 2022

gehen an Dr. Maria Chernysheva in Anerkennung ihrer wissenschaftlichen Arbeit an Ultrakurzzeit-Faserlasern, die neue Möglichkeiten für Sensor- und Diagnoseanwendungen eröffnet.



© Christian Kuttke

Preisträger des Digital Innovation Hub Photonics (DIHP) Pitches 2022

ist das openUC2-Team um Dr. Benedict Diederich und Dr. René Lachmann für die erfolgreiche Fortentwicklung ihres Mikroskop-Baukastensystems openUC2, mit dem sich leistungsfähige bildgebende Instrumente für unterschiedlichste Anwendungen konzipieren und umsetzen lassen.



© Leibniz-IPHT

Gewinner des TheX Awards, DIHP Pitches und Science4Life Venture Cups

ist das Start-up DeepEn für sein Ausgründungsvorhaben, mit haarfeinen Endoskopen die Hirnforschung voranzutreiben: Das Team mit Dr. Sergey Turtaev, Dr. Hana Cizmarova, Patrick Westermann und Dr. Jiri Hofbrucker erlangte den zweiten Platz beim Thüringer Gründungspreis und gewann damit den TheX Award in der Kategorie „Gründen“. Von der Expertenjury des Digital Innovation Hub Photonics (DIHP) wurde das DeepEn-Team ebenfalls als Preisträger mit Forschungsbudget bedacht. Auch beim Venture Cup der Frankfurter Gründerinitiative Science4Life konnten sich die Leibniz-IPHT-Kolleginnen und -Kollegen zu den Gewinnern zählen.



© Leibniz-IPHT

Dissertationspreis für beste Doktorarbeit an Hochschulen in Portugal

der Portugiesischen Gesellschaft für Forschung und Entwicklung im Bereich Optik und Photonik ging an Dr. André Gomes, der mit seiner Arbeit die Grundlagen für eine neue Generation hochempfindlicher faseroptischer Sensoren gelegt hat.



© Sven Döring

Erster Platz bei der Optica Student Paper Competition

geht an Jisoo Kim für seine Forschungsarbeit, in der er untersucht, wie die Spektroskopie durch neuartige 3D-nanogedruckte Hohlkern-Wellenleiter mit Mikrosplatt noch schneller und zuverlässiger gemacht werden kann.



© Falk Ronneberger, Friedrich Schiller University Jena

ZEISS Ph.D. Award 2022 im Bereich moderne Optik

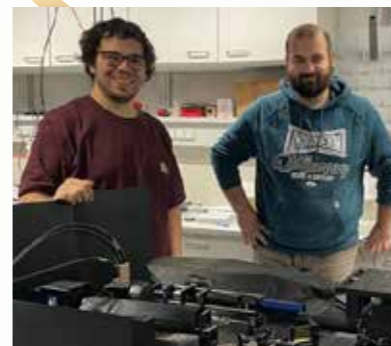
erhält Anindita Dasgupta für ihr Dissertationsvorhaben, in dem sie sich mit der technologischen Weiterentwicklung supraauflösender Mikroskopieverfahren beschäftigt.



© Fraunhofer IOF

Applied Photonics Award 2022

vergeben an Felix Wechsler für die beste Masterarbeit, in der er zeigt, wie ein handelsübliches Mikroskop durch ein Kaleidoskop aufgerüstet werden kann und sich so hochauflösende 3D-Bilder sowie weitere Bildinformationen gewinnen lassen.



© Leibniz-IPHT

napari-Plugin Foundation Grant der Chan Zuckerberg Initiative

erhalten Dr. Francesco Reina und Jacopo Abramo, die ein neues Plugin für die multidimensionale Bildbetrachtungssoftware napari entwickeln, um eine Brücke zwischen Software, Mikroskopie-Set-ups und den verwendeten Geräten zur Bildaufnahme und Bildgebung zu schlagen.

Mikrokosmos unter der Lupe

Mikroskopie-Experte Prof. Dr. Christian Eggeling erhält Anerkennung für wissenschaftliche und akademische Leistungen



Ausgezeichnet: Prof. Dr. Christian Eggeling

© Sven Döring

Um zu erfahren, was die Welt im Innersten zusammenhält, und die winzigsten Bausteine des Lebens erforschen zu können, braucht es hochauflösende Mikroskopie. Mit ihrer Hilfe kann detailreich in den Mikro- und Nanokosmos geblickt und das Verständnis zu zellbiologischen Geheimnissen erweitert werden. Bildgebungsspezialist Prof. Dr. Christian Eggeling, Leiter der Forschungsabteilung Biophysikalische Bildgebung am Leibniz-IPHT, beschäftigt sich seit mehr

als 20 Jahren mit Mikroskopie-basierten Methoden und trägt damit zu einer noch besseren Diagnostik und Therapie von Krankheiten bei. 2022 wurde der Wissenschaftler mit zwei Auszeichnungen geehrt. Im Interview verrät der Physiker, weshalb diese Preise ganz besondere Meilensteine für ihn sind. Herr Eggeling, Sie wurden mit dem Preis für Lichtmikroskopie der Royal Microscopy Society (RMS) ausgezeichnet. Herzlichen Glückwunsch zu diesem Erfolg. Wofür haben Sie diesen Preis erhalten?

Im Mittelpunkt meiner Forschungsaktivitäten steht die superaufgelöste Mikroskopie, die einen tiefen und hochgenauen Blick in die Nanowelt und das Innere lebender Zellen erlaubt. Wie sich Moleküle frei bewegen und wie sie miteinander interagieren, lässt sich dank der modernen Mikroskopie in allen Einzelheiten untersuchen. Hierzu konnte ich gemeinsam mit meinem Team die superaufgelöste STED-Mikroskopie (Stimulated Emission Depletion) mit der Einzelmolekül-Fluoreszenz-Spektroskopie (Fluoreszenz-Korrelations-Spektroskopie, FCS) kombinieren, anwenden und weiter optimieren. Mit dieser hochempfindlichen Me-

thode lassen sich zum Beispiel die Diffusions- und Interaktionsdynamiken von Lipid- und Proteinmolekülen in zellulären Membranen hochauflösend beobachten, was bislang so nicht möglich war. Solche Prozesse sind wichtig, zu erforschen, da sie die Grundlage für zelluläre Signalprozesse, wie die extrazelluläre Kommunikation oder das Eindringen von Krankheitserregern, wie Viren, sind. Dank unserer Verfahren können wir diese Strukturen nun mit sehr hoher Präzision beobachten. Die Auszeichnung der Royal Microscopy Society ist eine der höchsten Mikroskopie-Auszeichnungen in Großbritannien und eine wunderbare Ankerkennung und große Ehre für mich. Damit verbunden ist die Würdigung meiner bisher geleisteten Arbeit im Bereich der superaufgelösten Mikroskopie, in der wir wichtige Fortschritte für die moderne Bildgebung und der Auflösung kleinster Details erzielen konnten.

Sie haben viele Jahre an der Seite des Chemie-Nobelpreisträgers von 2014, Prof. Dr. Stefan Hell, gearbeitet, der neue Wege in der Mikroskopie beschritt. Wie hat Sie diese Zeit geprägt?

Mit Prof. Dr. Stefan Hell verbindet mich eine lange und intensive Zusammenarbeit am Max-Planck-Institut für Multidisziplinäre Naturwissenschaften (ehemals Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie) in Göttingen. In diesen knapp zehn Jahren konnte ich in seiner Gruppe die bahnbrechenden Arbeiten zur Überwindung der von Ernst Abbe postulierten Auflösungsgrenze von 200 Nanometern im Bereich der optischen Mikroskopie aktiv mitbegleiten. Insbesondere haben wir die superauflösende STED-Mikroskopie entwickelt und optimiert. Diese Zeit hat mich nachhaltig beeinflusst, denn sie hat mir

gezeigt, dass es sich lohnt, auch entgegen aller Skepsis weiter an eine Idee zu glauben.

Um die Stärken superaufgelöster Mikroskopie-Methoden herauszustellen, ist es wichtig, ihr Potential in zellbiologischen Anwendungen aufzuzeigen. Deshalb habe ich später einen Ruf auf eine Professur für Molekulare Immunologie und für die Leitung des Wolfson Imaging Centre Oxford am Weatherall Institute of Molecular Medicine an der University of Oxford in Großbritannien angenommen. Dies ermöglichte mir und meiner Gruppe, Mikroskopie-Methoden weiter für zellbiologische und vor allem immunologische Fragestellungen anzuwenden und anzupassen. Im interdisziplinären und auf photonische und infektiologische Forschung spezialisierten Umfeld des Standortes Jena habe ich nun das perfekte Umfeld, um diese Arbeit mit meinem hervorragenden Team und dem Mikroskopie-Zentrum der Microverse Exzellenz Initiative Jena, welches ich leite, weiter fortzuführen.

Welche Motivation steckt hinter Ihrer Leidenschaft für die Mikroskopie und dem Antrieb, diese weiter zu verbessern?

Elementar für unser aller Leben ist Gesundheit. Infektions- und Krebserkrankungen sind jedoch leider in unserer Gesellschaft allgegenwärtig und haben auch mich durch den Verlust sehr enger Familienmitglieder stark betroffen. Ich bin davon überzeugt, dass fortschrittliche Mikroskopie, wie die superaufgelöste Mikroskopie, dabei unterstützen kann, Krebserkrankungen sowie die Infektion von Zellen besser zu verstehen, zu erkennen und die zugrundeliegenden Mechanismen aufzudecken. Dies wird dazu beitragen, entsprechende Medikamente entwickeln zu können. Mit der Optimierung bestehender

Bildgebungsverfahren können wir einen Beitrag leisten, der Medizin präzise Werkzeuge bereitzustellen.

Außerdem haben Sie in diesem Jahr eine weitere Auszeichnung erhalten. Nämlich für Ihr Engagement in der Lehre.

Tatsächlich habe ich im Sommer von der Fachschaft der Medizin den Lehrpreis für meine Lehrleistungen als Betreuer im Physik-Praktikum für die Erstsemester im Fach Medizin an der Friedrich-Schiller-Universität Jena erhalten. Diese Auszeichnung war eine schöne Bestätigung, jungen Menschen Freude, Spaß und Neugierde im Bereich der Naturwissenschaften zu vermitteln. Ich finde es wichtig, sich in die Studierenden einzusetzen und ihnen möglichst anschaulich physikalische Grundlagen, wie die Funktionsweise und den Aufbau eines Mikroskops, zu vermitteln. Gerade Medizinerinnen und Mediziner sowie Nachwuchsforschende werden in ihrer Laufbahn immer wieder mit der Mikroskopie in Berührung kommen – umso wichtiger ist es, dass sie dieses elementare Wissen schon frühzeitig in ihrem Studium erlernen und motiviert werden, mehr davon zu entdecken.

Was möchten Sie jungen Nachwuchsforschenden und -führungskräften von morgen auf ihrem Karriereweg mitgeben, die ihr Studium und ihre ersten beruflichen Schritte noch vor sich haben?

Junge Menschen sollten vor allem eins: offen bleiben – offen für Neues. Sich nicht von Zweifeln von ihrem Weg abbringen lassen, sondern immer an sich und ihre Ideen und Überzeugungen zu glauben – das ist wichtig.

Vielen Dank für dieses Gespräch, Herr Eggeling.

Institutshighlights 2022

08.02.2022
Förderung des Europäischen Forschungsrats (ERC) für das Projekt WOKEGATE



© Sven Döring

Prof. Dr. Tomáš Čižmár, Leiter der Forschungsabteilung Faserforschung und -technologie am Leibniz-IPHT, erhält den renommierten und mit zwei Millionen Euro dotierten ERC Grant. Damit wird er seine Forschung an minimal-invasiven endoskopischen Instrumenten für die optische neurowissenschaftliche Diagnostik fortsetzen, die Beobachtungen neuronaler Zellen im Submikrometerbereich in noch nie dagewesener Detailtiefe ermöglichen. Die Entwicklung neuer Fasertypen, die direkt auf die Anwendung zugeschnitten sind, wird die experimentellen Möglichkeiten für die *In-vivo*-Neurowissenschaft in tiefen Hirnregionen weiter verbessern und die Technologie auf einen Reifegrad bringen, der ihre Umsetzung durch das Start-up DeepEn erlaubt.



Weitere Informationen

02.05.2022
Neue Nachwuchsgruppe mit Unterstützung der Nexus-Förderung der Carl-Zeiss-Stiftung



© Sven Döring

Als Leiter der neuen Arbeitsgruppe Smart Photonics arbeitet der ans Leibniz-IPHT zurückgekehrte Physiker Dr. Mario Chemnitz an der Schnittstelle von Biologie, Physik und Datenwissenschaften an der photonischen Diagnostik der Zukunft. Die Förderung der Carl-Zeiss-Stiftung in Höhe von 1,5 Millionen Euro ermöglicht es ihm, ein fachübergreifendes Team und ein hochmodernes Labor aufzubauen, um ein vollständig faser-integriertes, intelligentes Sensor- und Mikroskopiesystem zu entwickeln.



Weitere Informationen

31.08.2022
Starting-up: openUC2 erfolgreich ausgegründet



© Christian Kuttke

Dr. Benedict Diederich und Dr. René Lachmann gründeten im August 2022 die openUC2 GmbH aus dem Leibniz-IPHT aus. Unterstützt wurden sie dabei durch Fördergelder des Leibniz-Gründungspreises, mit dem sie für ihre Geschäftsidee eines modular aufgebauten optischen Baukastens, der leistungsfähige Mikroskope für unterschiedlichste Anwendungen ermöglicht, gewürdigt wurden. Die ersten von insgesamt 250 Optik-Baukästen erhielten zehn Schülerforschungszentren in Thüringen als Lehrmaterial für den MINT-Bereich, gefördert von der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung und unterstützt von der Stiftung für Technologie, Innovation und Forschung Thüringen (STIFT).



Weitere Informationen

09.09.2022
Maria Wächtler folgt Ruf an die Rheinland-Pfälzische Technische Universität Kaiserslautern-Landau



© Sven Döring

Mit Beginn des Wintersemesters 2022/2023 hat Prof. Dr. Maria Wächtler ihre Forschungsarbeit an der Rheinland-Pfälzischen Technischen Universität Kaiserslautern-Landau (RPTU) aufgenommen. Dabei knüpft sie eng an ihre gesammelte Expertise als Leiterin der Arbeitsgruppe Quantenbegrenzte Nanostrukturen in der Forschungsabteilung Funktionale Grenzflächen am Leibniz-IPHT an. In Zukunft wird sie ihren Fokus unter anderem auf die Untersuchung Halbleiternanopartikel-basierter photoaktiver Materialien für photokatalytische Anwendungen richten. Das von ihr betreute Teilprojekt im Sonderforschungsbereich CataLight wird an der RPTU weitergeführt.



Weitere Informationen

12.09.2022
Ronny Stolz zum Honorarprofessor der Technischen Universität Ilmenau bestellt



© Sven Döring

Mit der Berufung von Prof. Dr. Ronny Stolz an die Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik stärkt die Technische Universität Ilmenau seit dem Wintersemester 2022/2023 den Bereich des Quantenengineerings. In der von ihm geleiteten Forschungsabteilung Quantensysteme am Leibniz-IPHT stehen die Entwicklung von Quantensensoren basierend auf supraleitenden und optisch gepumpten Magnetometern als auch die Erforschung von supraleitenden Quantenschaltungen und Materialkonzepten im Mittelpunkt. Aktuell arbeiten er und sein Team unter anderem an den langfristig angelegten Projekten QSolid (Quantencomputer im Festkörper) und QGrad (Quanten-Gradiometer zur Geoexploration und Kampfmittelsuche).



Weitere Informationen

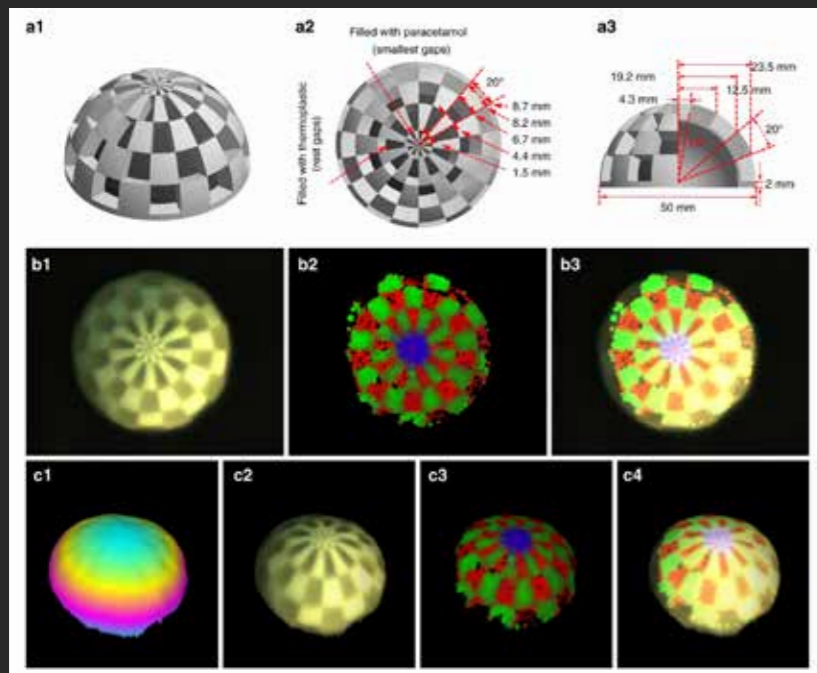
11.10.2022
Mathias Micheel zum Sprecher der yPC gewählt



© Leibniz-IPHT

Dr. Mathias Micheel aus der Forschungsabteilung Funktionale Grenzflächen übernimmt gemeinsam mit Katharina Meyer von der University of Wisconsin-Madison die Sprecherfunktion der Young Physical Chemists der Bunsen-Gesellschaft (yPC). Zukünftig soll der Kontakt mit anderen Nachwuchsorganisationen der Chemie und Physik intensiviert sowie mehr internationale Promovierende für die yPC und ihre Veranstaltungen begeistert werden.

Light: Science & Applications



© Light: Science & Applications_open access



Real-time Molecular Imaging of Near-surface Tissue Using Raman Spectroscopy

Wei Yang, Florian Knorr, Ines Latka, Matthias Vogt, Gunther O Hofmann, Jürgen Popp & Iwan W Schie

Die Raman-Spektroskopie hat großes Potenzial für die klinische *In-vivo*-Diagnostik aufgezeigt, da sie den molekularen Fingerabdruck einer Probe ohne Kontakt oder Zerstörung liefert. Die derzeitigen Raman-Systeme auf der Grundlage von Glasfasersonden sind jedoch technologisch begrenzt. In einer kürzlich in der Fachzeitschrift *Light Science & Application* veröffentlichten Studie entwickelte ein Team von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern unter der Leitung von Professor Dr. Iwan Schie in Zusammenarbeit mit Professor Dr. Gunther

Hofmann vom Universitätsklinikum Jena ein molekulares Echtzeit-Bildgebungssystem unter Verwendung der Raman-Spektroskopie.

Das von ihnen vorgeschlagene System liefert molekularsensitive Informationen, um Krebs von gesundem Gewebe zu unterscheiden. Die Bildgebungsplattform kombiniert molekulare Messungen, Positionsverfolgung, Datenverarbeitung in Echtzeit und Bilder der molekularen virtuellen Realität (MVR) mit einer räumlichen Auflösung von 0,5 mm in der Transversalebene und einer Topologieauflösung von 0,6 mm. Die MVR-Bilder können als erweiterte chemische Realität (AR) auf dem Computerbildschirm wahrgenommen oder direkt mit dem Gewebe überlagert werden, wodurch Mixed-Reality-Informationen (MR) entstehen, die in Echtzeit zu sehen sind.

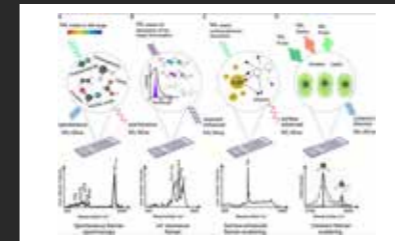
Die Forschenden implementierten auch ein photometrisches Stereo-

messsystem, um die molekularen Informationen auf einer 3D-Probenoberfläche abzubilden. Dieses System ermöglicht einen einfachen Zugang zu Patientinnen und Patienten und liefert biochemische Verteilungen aus der Region von Interesse für die Differenzierung von Krankheitsgewebe während der chirurgischen Resektion. Darüber hinaus ist der vorgeschlagene Ansatz universell und kann auch in nicht-medizinischen Anwendungen wie der Fertigung, Qualitätskontrolle oder in Verbindung mit anderen optischen und nicht-optischen Modalitäten eingesetzt werden.

Der Ansatz ermöglicht die handgehaltene Bildaufnahme, Echtzeitverarbeitung und Rekonstruktion molekularer Informationen und erlaubt eine intelligente und intuitive Visualisierung der Daten mittels AR und MR. Die Lösung bietet neue Möglichkeiten und kann ein potenzielles Werkzeug für die molekularspezifische klinische Echtzeitdiagnostik und die molekulare Grenzziehung sein.

Diese Arbeit umreißt eine neue zukünftige Richtung für Raman-basierte Anwendungen und bringt das Leibniz-IPHT an die Spitze der technischen Entwicklungen in der Schwingungsspektroskopie und der klinischen Umsetzung.

TrAC Trends in Analytical Chemistry



© TrAC Trends in Analytical Chemistry_open access



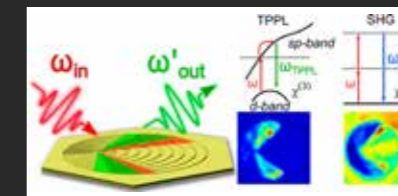
Trends in Pharmaceutical Analysis and Quality Control by Modern Raman Spectroscopic Techniques

Anja Silge, Karina Weber, Dana Cialla-May, Lisa Müller-Böttcher, Dagmar Fischer & Jürgen Popp

Im vorliegenden Übersichtsartikel werden Trends und Neuheiten der Raman-basierten Analytik erörtert und diskutiert, die insbesondere für moderne pharmazeutische Anwendungen und Prozesse von Interesse sind. Raman-Modalitäten, die ein großes Potenzial für Vor-Ort-Anwendungen in der pharmazeutischen Industrie sowie in Forschung und Entwicklung haben, werden im ersten Abschnitt vorgestellt. Der zweite Abschnitt gibt einen Überblick über innovative Raman-spektroskopische Instrumente und die vielfältigen Möglichkeiten in Bezug auf ihre analytischen Fähigkeiten und die Bestimmung von Probeneigenschaften. Die photonischen Datenwissenschaften sind eine wichtige Triebkraft für die Weiterentwicklung Raman-basierter Technologien und tragen zur Standardisierung der Raman-Spektroanalyse bei, die im dritten Abschnitt tiefgründiger behandelt wird.

Der vorliegende Übersichtsartikel ist im Special Issue „On-site an *in-vivo* Instrumentation and application of TrAC Trends in Analytical Chemistry“ erschienen. Für eine breite und anwendungsorientierte Leserschaft werden wichtige Trends und Neuheiten der Raman-basierten Analytik mit dem Applikationsschwerpunkt Pharmazie aufbereitet und erklärt. Damit wird das Interesse an den drei Themenschwerpunkten des Leibniz-IPHT, Biophotonik, Faseroptik und Photonische Detektion, gefördert und eine breite Aufmerksamkeit für die optischen Gesundheitstechnologien generiert.

Nano Letters



© Nano Letters_open access



Nonlinear Optical Signal Generation Mediated by a Plasmonic Azimuthally Chirped Grating

Parijat Barman, Abhik Chakraborty, Denis A. Akimov, Ankit Kumar Singh, Tobias Meyer-Zedler, Xiaofei Wu, Carsten Ronning, Michael Schmitt, Jürgen Popp & Jer-Shing Huang

Im Rahmen dieser Publikation wird ein innovativer Ansatz zur Untersuchung des plasmonischen Verstärkungseffekts bei der nichtlinearen Signalerzeugung (NSG) an Goldgittern vorgestellt. Plasmonen-

verstärkte NSG erfordert speziell entwickelte plasmonische Nanostrukturen, um die optischen Nah- und Fernfelder optimal zu kontrollieren, sodass eine maximale NSG-Effizienz erreicht werden kann. In diesem Zusammenhang sind plasmonische Gitter optimal geeignet, da sie einen gut definierten Gitterimpuls für die Kopplung von Photonen mit Plasmonen ermöglichen. Das Design eines geeigneten plasmonischen Gitters für die nichtlineare Signalerzeugung ist jedoch eine Herausforderung, da NSG-Prozesse mehrere Frequenzen umfassen können, die einen breiten Spektralbereich abdecken. Um dieses Problem anzugehen und das optimale Gitterdesign zu finden, ist eine Plattform mit azimuthal gerippten Gittern (ACG) besonders geeignet, da sie azimuthal winkelabhängige Gitterperioden bietet und einen räumlich aufgelösten plasmonischen Verstärkungseffekt für NSG ermöglicht. In dieser Publikation haben die Forschenden den Verstärkungseffekt plasmonischer ACGs für die oberflächenverstärkte zwei Photonen angeregte Photolumineszenz (TPPL) und die Erzeugung der zweiten Harmonischen (SHG) im Detail untersucht.

Die Fähigkeit von ACGs, als räumlich und spektral aufgelöste Antenne zu fungieren, die die optischen Felder im Nah- und Fernfeld mehrerer Eingangs- und Ausgangsstrahlen mit unterschiedlichen Frequenzen vermittelt, konnte demonstriert werden. Die Ergebnisse zeigen unterschiedliche räumliche Verteilungen von SHG- und TPPL-Signalen, was die Unterschiede in den zugrundeliegenden Mechanismen verdeutlicht. Diese Informationen sind wertvoll für das gezielte Design effektiver plasmonischer Nanostrukturen für andere

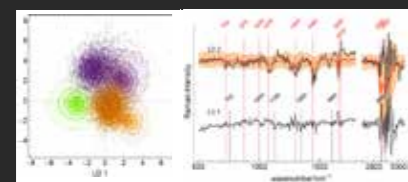
Publikationshighlights 2022

nichtlineare optische Prozesse wie z.B. die molekülsensitive kohärente Anti-Stokes-Raman-Streuung (CARS). Durch das Verständnis des komplizierten nichtlinearen Verstärkungseffekts plasmonischer Nanostrukturen will das Team weiterhin Nanostrukturen für oberflächenverstärkte CARS mit einer Empfindlichkeit bis hinunter zur Einzelmolekülebene entwerfen.

Diese Studie ist das Ergebnis einer erfolgreichen Zusammenarbeit zwischen den beiden Forschungsabteilungen Spektroskopie / Bildgebung und Nanooptik. Hier ergänzen sich das Know-how der Forschungsabteilung Spektroskopie / Bildgebung in der nichtlinearen Spektroskopie mit den Kompetenzen der Forschungsabteilung Nanooptik in der Plasmonik in nahezu idealer Weise. Darüber hinaus ist diese Studie auch von großer Bedeutung für den Sonderforschungsbereich CRC 1375 NOA, in dem das Leibniz-IPHT ein zentraler Partner ist.

Die Arbeiten wurden durch den SFB 1375 NOA (Teilprojekte C1 und C5) gefördert.

Analytical Chemistry



© American Chemical Society_open access



Looking Inside Non-Destructively: Label-Free, Raman-Based Visualization of Intracellular *Coxiella burnetii*

Nancy Unger, Simone Eiserloh, Frauke Nowak, Sara Zuchantke, Elisabeth Liebler-Tenorio, Katharina Sobotta, Christiane Schnee, Christian Berens & Ute Neugebauer

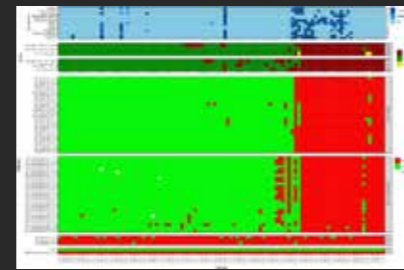
Intrazelluläre Krankheitserreger weisen einen oft komplexen Lebenszyklus auf und können – aufgrund des Schutzes der Zellumgebung – persistierende, schwer behandelbare Krankheiten verursachen. Die Charakterisierung der Pathogenesemechanismen erfordert aktuell arbeitsaufwändige Methoden, die meist mit einer Zerstörung der Wirtszelle einhergehen.

In der Publikation wird eine Ramanbasierte, markierungsfreie, nicht-invasive und zerstörungsfreie Methode zur Lokalisierung, Visualisierung und sogar Quantifizierung von intrazellulären Bakterien in drei Dimensionen innerhalb intakter Wirtszellen vorgestellt. Am Beispiel eines *Coxiella burnetii*-Infektionsmodells wurde das Potential der Methode demonstriert. *C. burnetii* sind obligat intrazelluläre Bakterien, die beim Menschen die Zoonose Q-Fieber verursachen. Die quantitative Analyse zu verschiedenen Zeitpunkten nach der Infektion ermöglicht es, den Infektionszyklus mit dem Übergang von der großzelligen, metabolisch aktiven Morphoform zur kleinzelligen, infektiösen Morphoform um den sechsten Tag herum und einer allmählichen Veränderung der Lipidzusammensetzung während der Infektion zu verfolgen.

Die Publikation trägt damit zur Erreichung der Leitziele im Programmbereich Biophotonik bei, indem sie ein innovatives, photonisches Verfahren höchster Spezifität, Sensitivität und Auflösung für die Anwendungen im Bereich

der Grundlagen- und angewandten Forschung in den Lebenswissenschaften und Medizin vorstellt.

Scientific Reports



© Scientific Reports_open access



Development of a New Antigen-based Microarray Platform for Screening and Detection of Human IgG Antibodies Against SARS-CoV-2

Sindy Burgold-Voigt, Elke Müller, David Zopf, Stefan Monecke, Sascha D. Braun, Katrin Frankenfeld, Michael Kiehnopf, Sebastian Weis, Thomas Schumacher, Mathias W. Pletz & Ralf Ehrlich

Die Strategien zur Eindämmung der aktuellen SARS-CoV-2-Pandemie stützen sich neben Impfungen auch auf molekulare und serologische Tests. Für jede Art von serologischer Testentwicklung ist die Suche nach dem optimalen Antigen wesentlich.

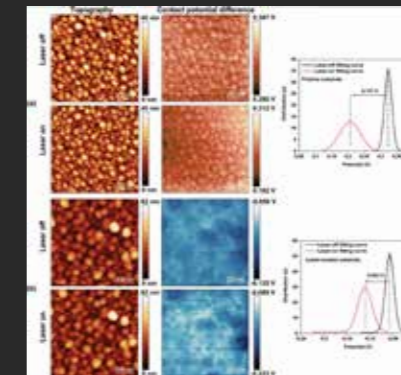
In der Arbeit wird die Verifizierung eines neuen Protein-Mikroarrays mit verschiedenen kommerziell erhältlichen Präparaten wichtiger Antigene von SARS-CoV-2 beschrieben. Auch Antigene anderer Krankheitserreger, gegen die es weit verbreitete Impfungen gibt, wurden einbezogen.

Der optimierte Assay wurde zur Bestimmung des Immunstatus von zuvor getesteten Personen und/oder des Impfstatus nach einer COVID-19-Impfung eingesetzt. Die Microarray-Auswertung der Antikörperprofile von COVID-19-Rekonvaleszenten und Seren nach der Impfung zeigte, dass sich die IgG-Antwort zwischen diesen Gruppen unterscheidet und dass die Wahl des Testantigens für die Leistungsfähigkeit des Assays entscheidend ist.

Außerdem zeigten die Ergebnisse, dass die Immunreaktion sehr individuell ist, von mehreren Faktoren (z.B. Alter oder Geschlecht) abhängt und nicht direkt mit dem Schweregrad der Krankheit zusammenhängt. Der neue Protein-Mikroarray bietet eine ideale Möglichkeit für das parallele Screening vieler verschiedener Antigene von durch Impfung vermeidbaren Krankheiten in einer einzigen Probe und für zuverlässige und aussagekräftige diagnostische Tests sowie für die Entwicklung von sicheren und spezifischen Impfstoffen.

In der Publikation geht es um die Entwicklung eines Verfahrens für die Anwendung in der klinischen Diagnostik, konkret um den Einsatz von Biosensorik mittels Mikroarrays, einem Kernthema am Leibniz-IPHT. Im Rahmen dessen werden wissenschaftliche Ergebnisse in Produkte umgesetzt, es findet also eine reale Translation statt. Die Publikation hat in den Medien sehr viel Resonanz auf unterschiedlichen Kanälen erreicht.

Small



© Small_open access



Targeted Suppression of Peptide Degradation in Ag-Based Surface-Enhanced Raman Spectra by Depletion of Hot Carriers

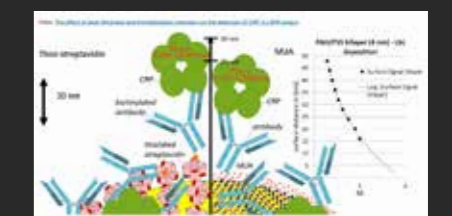
Xiaobin Yao, Christiane Höppener, Henrik Schneidewind, Stephanie Hoepfener, Zian Tang, Axel Buchholz, Annika König, Selene Mogavero, Marco Diegel, Jan Dellith, Andrey Turchanin, Winfried Plass, Bernhard Hube & Volker Deckert

In diesem Beitrag wird eine effiziente Methode zur Unterdrückung der Zersetzung von Peptiden mit Iodid vorgestellt und anhand einer systematischen Untersuchung in wässriger Lösung mittels oberflächenverstärkter Raman-Spektroskopie (SERS) demonstriert. Dabei wurde erstmalig bei SERS-Substraten unter Laserbestrahlung mit Hilfe der sog. Kelvin-Probe-Microscopy ein deutlicher, durch Ladungstrennung induzierter Unterschied der Oberflächenpotentiale beobachtet. Dies weist direkt auf einen plasmoneninduzierten katalytischen Effekt von Ag-SERS-Substraten hin. Auf der Grundlage der vorgestellten

Ergebnisse ergibt sich, dass ein plasmoneninduzierter Mechanismus den Peptidabbau in SERS-Experimenten in Flüssigkeit dominiert, und dass die nachgewiesene Unterdrückung des typischen SERS-Probenabbaus durch Iodid anhand der Energieniveaus des Substrats erklärt werden kann.

Die Biophotonik ist ein zentrales Forschungsgebiet am Leibniz-IPHT und SERS ist eine Schlüsseltechnologie für schnelle und zuverlässige Analysen. Bislang schränkt der unerwünschte Probenabbau unter SERS-Bedingungen die Anwendung in Bio-Anwendungen erheblich ein. Die Unterdrückung des Peptidabbaus mit Hilfe von Iodidionen in der aktuellen Studie und dem entsprechenden theoretischen Verständnis, wird daher voraussichtlich einen großen Einfluss auf die SERS-Studien am Leibniz-IPHT und allgemein auf zuverlässigere und reproduzierbare SERS-Experimente von Biomolekülen unter physiologischen Bedingungen haben.

Scientific Reports



© Scientific Reports_open access



The Effect of Layer Thickness and Immobilization Chemistry on the Detection of CRP in LSPR Assays

Stephan Kastner, Pia Pritzke, Andrea Csáki & Wolfgang Fritzsche

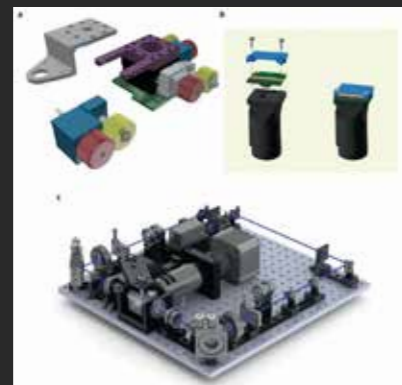
Die Arbeit demonstriert das Potential der lokalisierten Oberflächenplasmonen-Resonanz (LSPR)-basierten Sensorik hinsichtlich des Nachweises eines klinisch relevanten Entzündungs-Biomarkers, des C-reaktiven Proteins (CRP). Für die Messungen wird die Verschiebung des LSPR-Peaks im sichtbaren Wellenlängenbereich betrachtet ($\Delta\lambda$ in nm), es erfolgt eine Auftragung gegen die Zeit in einem Sensorgramm. Zunächst wurden die Nanopartikel-basierten Sensoren auf ihre Sensitivität gegenüber Änderungen des Brechungsindex im umgebenden Medium (Bulk) untersucht. Da mit zunehmender Entfernung zur Oberfläche die Sensitivität der Partikel abnimmt, wurde systematisch untersucht, wie sich verschiedene Immobilisierungsansätze der verwendeten Fängermoleküle (mit unterschiedlichen Abständen zum Partikel) auf die Signalstärke und somit Nachweisgrenzen auswirken.

Das in der Publikation präsentierte System kann für verschiedene Proben eingesetzt werden und ist regenerierbar, gebundene Analytmoleküle können also wieder entfernt werden. Selbst mit der Thiol-Streptavidin unterstützten Immobilisierung des CRP-Fängermoleküls, welche zu einem höheren Abstand zur Sensoroberfläche führt, konnte eine Nachweisgrenze von 300 ng/ml erreicht werden, welche im unteren klinisch relevanten Bereich liegt. Auf Grund der hohen zeitlichen Auflösung des Sensorgramms sind auch bindungskinetische Aussagen über die Fänger-Analyt-Interaktion möglich. Somit bietet das hier getestete LSPR-System großes Potential, sowohl für klinische Untersuchungen

im Labor und Point-of-Care-Anwendungen, als auch für komplexe Studien der Affinität und Dissoziation von interagierenden Molekülen in Forschungslaboren oder in der pharmazeutischen Entwicklung.

Diese Entwicklung demonstriert das Potential der LSPR-basierten Sensorik für den spezifischen Nachweis von Proteinen, also für klinisch relevante Biomarker. Dadurch wird das Anwendungspotential der LSPR-Sensorik erweitert, was zur Verstärkung von photonischen Nachweismethoden in der Diagnostik und somit dem Forschungsfeld der Biophotonik beiträgt.

Nature Methods



© Nature Methods, open access



CAD We Share? Publishing Reproducible Microscope Hardware

Benedict Diederich, Caroline Müllenbroich, Nikita Vladimirov, Richard Bowman, Julian Stirling, Emmanuel G. Reynaud & Andrey Andreev

In diesem Artikel wird erörtert, wie Mikroskope und verwandte

Hardware-Designs durch den Einsatz von CAD-Software (Computer-Aided Design) und eine verbesserte Veröffentlichung von Design-Dateien reproduzierbar gemacht werden können. Diskutiert werden die Einführung geeigneter Standards für die Veröffentlichung von Konstruktionsdateien und der Vorschlag, dass diese auch als Teil der Rohdaten der wissenschaftlichen Arbeit zu behandeln sind. CAD-Dateien liefern einen relevanten Teil der Informationen, um den Hardwareanteil eines wissenschaftlichen Systems zu reproduzieren, was von großem Wert ist, wenn es darum geht, die Verbreitung wissenschaftlicher Erkenntnisse zu beschleunigen. Zusätzlich soll durch die Wiederverwertung und Verbesserung die Reproduzierbarkeit zu geringeren Kosten ermöglicht und Innovationen im Bereich der biologischen Bildgebung gefördert werden. Abschließend wird in dem Artikel argumentiert, dass die Anforderung, vorhandene CAD-Dateien in ihrem ursprünglichen, bearbeitbaren Format sowie in exportierten Formaten, die einfacher anzusehen oder auszudrucken sind, den Wert für Leserinnen und Leser erhöhen und eine größere Reproduzierbarkeit, Optimierung und Anpassungsfähigkeit ermöglichen wird. Die Forschung wird – in weiten Teilen – mit öffentlichen Mitteln finanziert, daher sollten die Ergebnisse auch offen mit der breiten Öffentlichkeit geteilt werden. Bei vielen Studien ist dies nicht der Fall, was die Entwicklung bremst und eine gewisse Exklusivität schafft.

In dem Manuskript geben die Forschenden einen Good-Practice-Leitfaden, der die gemeinsame Nutzung von Designdateien der wissenschaftlichen Gemeinschaft fördern wird. Mit openUC2, einer modularen optischen

Toolbox, die am Leibniz-IPHT entwickelt wurde, wurden neue Standards in der Dokumentation und im Aufbau einer Community über die erste Version hinaus gesetzt. Das Ergebnis: Über 300 Replikationen weltweit und eine beschleunigte Entwicklung in der 3D-gedruckten Photonik. Im Rahmen dieses Beitrags betonen die Forschenden die Bedeutung und die Vorteile des offenen Austauschs von Dateien, diskutieren aber auch die Auswirkungen auf aktuelle Geschäftsmodelle – eine wichtige Frage auch für das Leibniz-IPHT.

Philosophical Transactions of the Royal Society a Math. Phys. Eng. Sci.



Polarized Illumination Coded Structured Illumination Microscopy (picoSIM): Experimental Results

Daniel Appelt, Elisabeth Ehler, Sapna Shukla Mukherjee, Rainer Heintzmann & Kai Wicker

Viele Mikroskopiemethoden erreichen besondere Fähigkeiten dadurch, dass man zeitlich getrennte Daten einer Probe aufnimmt und diese geeignet verarbeitet. Konfokale Mikroskope können optische Schnitte herstellen, die aussehen, als hätte man das zu untersuchende Objekt mit einem scharfen Skalpell in Scheiben geschnitten, die in etwa jeweils nur ein Hundertstel so dick sind wie ein Haar. Im konfokalen Mikroskop ist das durch ein geschicktes zeitliches

Abrastern (Scannen) jeder Schicht in Kombination mit fokussierter Beleuchtung und einem kleinen Detektor möglich, so dass man etwa 1 Million zeitlich getrennte Messwerte benötigt. Durch die Methode der strukturierten Beleuchtung kann man ähnliche gut optisch geschnittene Bilder erhalten, benötigt aber nur drei zeitliche Schritte, bei denen man jeweils ein Kamerabild aufnimmt und die Bilder dann miteinander verrechnet, um das störende Licht von außerhalb der Schärfeebenen rechnerisch zu entfernen. Man kann bei beiden Verfahren von einer zeitlichen Kodierung der nötigen Schnittinformation sprechen.

Zunächst schien mit nur drei Aufnahmezeitpunkten das Minimum erreicht zu sein.

In dieser Publikation wird ein Verfahren beschrieben, mit dem es möglich ist, solche optisch geschnittenen Bilder mit nur einem einzelnen Belichtungsschritt zu erzeugen. Dabei wird, wie bei dem oben erwähnten drei-Schritt Verfahren auf die strukturierte Beleuchtung zurückgegriffen. Jedoch wird die Information nicht zeitlich, sondern über die Schwingungsrichtung des elektrischen Feldes des Lichtes („Polarisation“) kodiert. Die Forschenden nutzen 2 Kameras, 4 Polarisationsfilter und eine spezielle polarisierte Beleuchtung. Weil sich die Polarisationsrichtung ortsabhängig ändert, ist es nun möglich, gleichzeitig vier Bilder mit der nötigen Schnittinformation aufzunehmen. Diese werden dann verrechnet, um einen optischen Schnitt zu erhalten, der weitgehend frei von Hintergrundlicht ist.

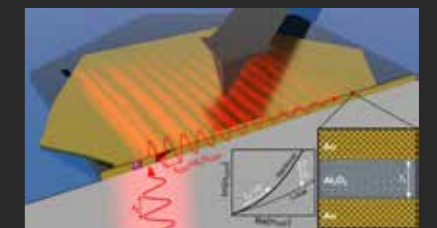
In der Veröffentlichung beschreiben die Forschenden das polarisations-

kodierte strukturierte Beleuchtungsmikroskopie-Verfahren („PicoSIM“) und zeigen PicoSIM Beispielbilder von optisch geschnittenen Muskelfasern.

Doch die Natur lässt sich, wie auch hier, nicht beliebig austricksen. Damit das Verfahren gut funktioniert, müssen die fluoreszierenden Moleküle in der Probe eine zufällige Orientierung aufweisen. Dies ist bei den meisten, aber eben nicht allen, Proben der Fall.

Die Publikation basiert auf Experimenten, die von zwei Doktoranden (S. Shukla Mukherjee und Daniel Appelt) am Leibniz-IPHT durchgeführt wurden. Das PicoSIM Verfahren lässt sich prinzipiell auf viele andere Bildgebungsbereiche (Lichtschicht-Mikroskopie, hochauflösende strukturierte Beleuchtung, Ramanmikroskopie) erweitern, um z.B. mit Femtosekundenbeleuchtung fast beliebig schnell werden zu können. Es bleibt aber der Wermutstropfen der Voraussetzung von zufällig orientierten Molekülen und eine vergleichsweise große Rauschanfälligkeit des Verfahrens.

Nature Communications



© Nature Communications, open access



Extremely Confined Gap Plasmon Modes: When Nonlocality Matters

Publikationshighlights 2022

Sergejs Boroviks, Zhan-Hong Lin, Vladimir A. Zenin, Mario Ziegler, Andrea Dellith, P. A. D. Gonçalves, Christian Wolff, Sergey I. Bozhevolnyi, Jer-Shing Huang & N. Asger Mortensen

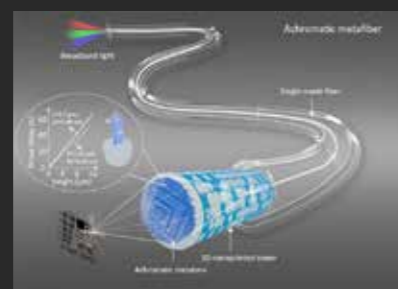
Wenn Licht in einen ultrakleinen Spalt zwischen zwei Metallplatten (< 5 nm) eingeschlossen oder "gequetscht" wird, treten aufgrund der nichtlokalen Reaktion des Elektronengases in Metallen quantenmechanische und nichtklassische Effekte auf. Dies kann zu einer Verschiebung der Plasmonenresonanzen und zusätzlichen Dämpfungsmechanismen führen, die eine grundlegende Einschränkung des Lichteinschlusses darstellen. Insbesondere die Landau-Dämpfung, d. h. der Energieverlust aufgrund der Relativbewegung zwischen Elektronenwellen und einzelnen Elektronen, wird aufgrund des hohen Modenindex in der Lücke als außerordentlich verstärkt vorausgesagt. Diese Dämpfung wird in der klassischen Elektrodynamik normalerweise vernachlässigt, ist aber in der Nanooptik von großer Bedeutung. Während die theoretische Behandlung dieser Phänomene recht gut etabliert ist, fehlen noch die experimentellen Nachweise und Überprüfungen.

Im Rahmen dieser Publikation konnten die Forschenden diese theoretisch vorhergesagten nichtlokalen Effekte bei der Ausbreitung von Oberflächenplasmonen in Metall-Dielektrikum-Metall (MIM)-Wellenleitern mit extrem kleinem Spalt – die ein allgegenwärtiges Element plasmonischer Bauelemente sind – zum ersten Mal experimentell verifizieren. Dazu müssen herkömmliche Materialverluste aufgrund von Oberflächenrauigkeit maximal unterdrückt werden, indem atomar

flache monokristalline Goldplättchen (Rauheit im Quadrat $< 0,5$ nm) und ultradünne Aluminiumoxidfilme zur Herstellung der MIM-Wellenleiter-Heterostrukturen verwendet wurden. Die komplexe Ausbreitungskonstante der Lückenplasmonen wurde mit einem hochmodernen optischen Nahfeldmikroskop charakterisiert. Durch den Vergleich mit den theoretischen Vorhersagen eines hydrodynamischen Modells für Plasmonen konnte die außerordentlich hohe Dämpfung aufgrund des nichtlokalen Effekts experimentell zum ersten Mal nachgewiesen werden.

Diese Arbeit demonstriert eine erfolgreiche institutsinterne Zusammenarbeit zwischen der Forschungsabteilung Nanooptik und dem Kompetenzzentrum für Mikro- und Nanotechnologie am Leibniz-IPHT sowie eine internationale Zusammenarbeit zwischen dem Leibniz-IPHT und der University of Southern Denmark (SDU). Darüber hinaus markiert diese Arbeit einen wichtigen Schritt in der Kombination der Leibniz-IPHT-Expertise in der Photonenforschung mit der Quanten-Nanooptik.

Nature Communications



© Nature Communications_open access



An Achromatic Metafiber for Focusing and Imaging Across the Entire Telecommunication Range

Haoran Ren, Jaehyuck Jang, Chenhao Li, Andreas Aigner, Malte Plidschun, Jisoo Kim, Junsuk Rho, Markus A. Schmidt & Stefan A. Maier

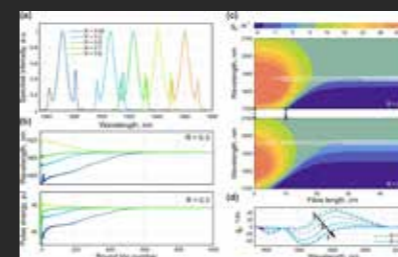
Die Dispersionstechnik ist für die Leistung der meisten modernen optischen Systeme, einschließlich faseroptischer Geräte, unerlässlich. Obwohl die chromatische Dispersion einer meterlangen Singlemode-Faser, die für endoskopische Anwendungen verwendet wird, vernachlässigbar ist, leiden optische Linsen, die an der Faserendfläche zur optischen Fokussierung und Bildgebung angebracht sind, unter starker chromatischer Aberration. Hier stellen wir das Design und den Nanodruck einer achromatischen diffraktiven 3D-Metalinse auf der Endfläche einer Singlemode-Faser vor, die in der Lage ist, eine achromatische und polarisationsunempfindliche Fokussierung über das gesamte Nahinfrarot-Telekommunikationswellenlängenband von $1,25$ bis $1,65$ μm durchzuführen. Dies entspricht dem gesamten Singlemode-Bereich der kommerziell genutzten Fasern.

Der freigeschaltete Höhenfreiheitsgrad in einem 3D-Nanosäulen-Metaatom erhöht die obere Grenze des Zeit-Bandbreiten-Produkts einer achromatischen Metalinse auf bis zu $21,34$, was zu einem breiten Gruppenverzögerungs-Modulationsbereich von -8 bis 14 fs führt. Darüber hinaus wird die Verwendung der kompakten und flexiblen achromatischen Metafaser für die faseroptische konfokale Bildgebung, die in der Lage ist, bei

breitbandiger Beleuchtung scharfe Bilder zu erzeugen, demonstriert. Diese Ergebnisse könnten das volle Potenzial der Faser-Metaoptik für weit verbreitete Anwendungen freisetzen, darunter hyperspektrale endoskopische Bildgebung, Femtosekundenlaser-gestützte Behandlung, Tiefengewebsbildgebung, faseroptische Kommunikation mit Wellenlängenmultiplexierung, Faser-Sensorik und Faserlaser.

In der Publikation wurde gezeigt, dass nanogedruckte Metastrukturen auf Fasern es ermöglichen, Licht über einen breiten Spektralbereich achromatisch zu fokussieren. Entscheidend ist dabei der Einsatz des Nanodruckverfahrens, welches es ermöglicht, flexibel Nanostrukturen mit sehr hohem Asbestverhältnis auf Faser abzuscheiden. Für das Leibniz-IPHT ergibt sich hier eine neue Möglichkeit, um die Strahleigenschaften am Ende einer Fasern maßzuschneidern.

Communications Physics



© Communications Physics_open access



Gain-controlled Broadband Tuneability in Self-mode-locked Thulium-doped Fibre Laser

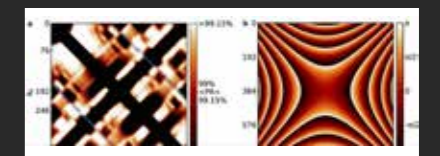
Dennis C. Kirsch, Anastasia Bednyakova, Petr Varak, Pavel Honzatko, Benoit Cadier, Thierry Robin, Andrei Fotiadi, Pavel Peterka & Maria Chernysheva

Das Erfordernis eines sättigbaren Absorbers zur Konstruktion von Ultrakurzpuls-Faserlasern stellt einen kritischen Flaschenhals dar, der ihre Flexibilität, Energiebeständigkeit und Leistungsskalierung beschränkt. Mit anderen Worten, es besteht ein dringender Bedarf an verbesserten sättigbaren Absorbern oder neuen ultraschnellen Modulationsverfahren. Die Selbstmodenkopplung könnte hier Abhilfe schaffen, da außer der ohnehin als aktives Lasermedium benötigten Seltenerd-dotierten Faser keine weiteren Komponenten erforderlich sind. In der Arbeit wurde ein fortschrittliches Konzept für einen selbstmodengekoppelten Thulium-dotierten Faserlaser ohne sättigbaren Absorber oder Modulator vorgestellt, der 350 fs kurze Solitonen erzeugt. Diese sind innerhalb eines 90 nm breiten Wellenlängenbereichs um 1900 nm abstimmbare, wobei neben einer durchschnittlichen Leistung von 80 mW auch eine hervorragende Langzeitstabilität besteht. Das einzigartige Design der Thulium-dotierten optischen Fasern mit gesteigerter Ionenpaarkonzentration gewährleistet die Erzeugung ultrakurzer Pulse, welche die Pikosekundengrenze durchbrechen. Darüber hinaus kann die einzigartige Niveaustuktur der Thulium-dotierten Faser so ausgenutzt werden, dass ihr Absorptions- und Emissionswellenlängenspektrum durch Veränderung des Grades der angeregten Thulium-Ionen verschoben wird. Durch Änderung der Leistung im Resonator über ein variables Verhältnis der Ausgangskopplung kann die Wellenlänge der Laserstrahlung ohne Spektralfilter

eingestellt werden. Die Erzeugung ultrakurzer Pulse wurde innerhalb des gesamten Wellenlängenbereichs von 90 nm sichergestellt.

Es konnte gezeigt werden, dass eine einzelne mit seltenen Erden dotierte Faser in einem Ultrakurzpuls-Laserresonator drei Funktionen erfüllen kann: Verstärkungsmedium, sättigbarer Absorber und Wellenlängen-Abstimmer. Ein solches Laserdesign stellt eine vielversprechende Plattform für zuverlässige, kompakte und einfach zu bedienende Ultrakurzpuls-Instrumente mit einer Vielzahl von Anwendungen dar. Darüber hinaus kann die Übertragung des vorgeschlagenen Konzepts auf andere Seltenerd-Ionen die Forschung an Lasern im mittleren Infrarot vereinfachen.

Optics Express



© Optics Express_open access



Near Perfect Focusing Through Multimode Fibres

André D. Gomes, Sergey Turtaev, Yang Du & Tomáš Čižmár

Holographische Multimode-Faser-Endoskope sollen unter anderem hochwertige *In-vivo*-Bildgebung in bisher unzugänglichen Strukturen lebender Organismen ermöglichen. Im Kern dieser Technologie stehen

Publikationshighlights 2022

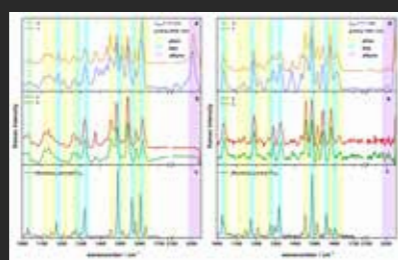
holografisch synthetisierte Lichtfelder, die sich nach der Propagation durch eine Multimode-Faser an gewünschten Positionen am Faser-Ausgang in beugungsbegrenzten Foki manifestieren.

Die Fokussierung hinter Multimode-Fasern führt jedoch zu einem hochintensiven Peak, der von einem bestimmten Maß an unerwünschtem Speckle kontaminiert ist und sich über das gesamte Sichtfeld erstreckt, während er einen erheblichen Anteil der optischen Leistung trägt. Die Reinheit und Schärfe der erzielten Foki sind ausschlaggebend für die Abbildungsleistung, was in den meisten Fällen zum Verlust des Kontrasts führt: ein „Showstopper“ für Anwendungen, die eine Abbildung mit hohem Dynamikbereich erfordern. Daher werden unter anderem alle grundlegenden und technologischen Beschränkungen untersucht, die daran hindern, einen perfekten Fokus frei von unerwünschten Verunreinigungen zu erreichen.

In dieser Arbeit wird der perfekte beugungsbegrenzte Fokus verfolgt, der nach der Propagation durch eine Multimode-Faser erzeugt wird, sowie seine Grenzen untersucht. Die Forschenden zeigen beugungsbegrenzte Foki, die mehr als 96 % der von der Faser abgegebenen optischen Leistung enthalten. Das ist der höchste bisher gemeldete Wert. Einige der Schlüsselfaktoren, die zu diesem Ergebnis beitragen, sind die Fähigkeit, gleichzeitig die Amplitude, die Phase und zwei orthogonale Polarisationszustände des in die Multimode-Faser eintretenden Lichtfeldes zu formen und zu kontrollieren.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass diese Arbeit einen Leitfadens für die Erzielung von hochreinen Foki mit reproduzierbarer Leistung bietet und eine umfassende quantitative und qualitative Studie über die Auswirkungen der verschiedenen Bedingungen des experimentellen Verfahrens enthält. Solche praktischen Erkenntnisse sind ein wesentlicher Schritt zur Übertragung von Ideen auf Instrumente. Die Ergebnisse haben den Weg der Technologie zu den Nutzerinnen und Nutzern in der Neurowissenschaft im Rahmen des Leibniz-IPHT-Transferprojekts „DeepEn“ bereits verkürzt.

Nature Communications



© Nature Communications_open access



Outpacing Conventional Nicotinamide Hydrogenation Catalysis by a Strongly Communicating Heterodinuclear Photocatalyst

Linda Zedler, Pascal Wintergerst, Alexander K. Mengele, Carolin Müller, Chunyu Li, Benjamin Dietzek-Ivanšić & Sven Rau

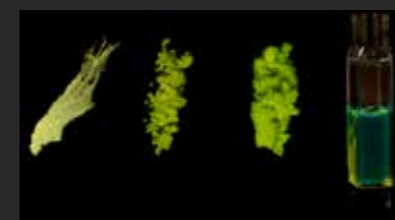
Photokatalysatoren sind von fundamentaler Bedeutung sowohl in großchemischen Analysen als auch

bei Stoffwechselprozessen in Lebewesen. Daher ist das Verständnis ihrer Funktionsweise von größter Bedeutung, nicht nur, um photokatalytische Prozesse zu optimieren, sondern auch, um stabilere, selektivere und effizientere Photokatalysesysteme zu entwickeln. In dieser Arbeit wurde unter anderem durch spezielle spektroskopische Untersuchungen von drei strukturell ähnlichen Photokatalysatoren, die sich lediglich in der Struktur ihrer Brückenliganden unterscheiden, wesentliche Elektronentransferprozesse verstanden. Entgegen der bisher in der Forschung vorherrschenden Meinung konnte gezeigt werden, dass nicht der erste Elektronentransferprozess, sondern die Geschwindigkeit des 2. Elektronenübergangs mit der photokatalytischen Bildung von NADH aus NAD⁺ korreliert. Eine zweite wichtige Erkenntnis lautet, dass der Komplex mit der schnellsten Photokatalyse nicht der mit dem schnellsten intramolekularen Elektronentransfer für das erste Elektron ist. Verschiedene Prozesse konnten identifiziert werden, die die Effizienz des Katalysators begrenzen. Damit legt diese Arbeit den Grundstein, um in Zukunft stabilere und effizientere Katalysatorsysteme für die Erzeugung nachhaltiger Energieträger zu realisieren.

In der Forschungsabteilung von Prof. Dietzek-Ivanšić wurde die Methode der Spektro-Elektrochemie (SEC), d. h. die UV-Vis-SEC, die Resonanz Raman-SEC und die transiente Absorptions-SEC etabliert und zur Untersuchung der Dynamik von lichtinduzierten Ladungstransferprozessen eingesetzt. Die Beherrschung der aufwändigen, empfindlichen und sehr aussagekräftigen

transienten Absorptions-SEC, die aber experimentell eine Herausforderung darstellt, ist weltweit einmalig. Damit hat dieses Alleinstellungsmerkmal die Sichtbarkeit des Instituts gefördert und wesentlich zur erfolgreichen Etablierung und Verteidigung des TRR-SFB CataLight und weiterer DFG-Projekte beigetragen. In der obigen Arbeit wird zudem die Brücke zur Biophotonik als Kernkompetenz des Instituts geschlagen, denn das Molekül NADH spielt beim Energiestoffwechsel lebender Systeme eine entscheidende Rolle. Somit ist diese Arbeit und die Methode auch für die biochemische Grundlagenforschung hochrelevant.

Angewandte Chemie



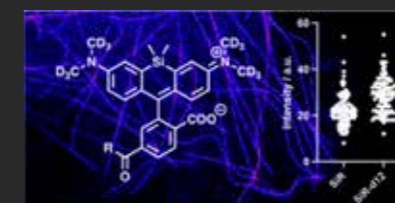
© Angewandte Chemie_open access



A Highly Fluorescent Dinuclear Aluminium Complex with Near-Unity Quantum Yield

Flavio L. Portwich, Yves Carstensen, Anindita Dasgupta, Stephan Kupfer, Ralf Wyrwa, Helmar Görls, Christian Eggeling, Benjamin Dietzek-Ivanšić, Stefanie Gräfe, Maria Wächtler & Robert Kretschmer

Chemical Science



© Chemical Science_open access



N-Methyl Deuterated Rhodamines for Protein Labelling in Sensitive Microscopy

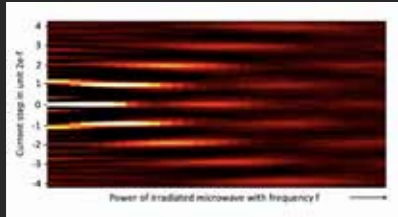
Kilian Roßmann, Kerem C. Akkaya, Pascal Poc, Corentin Charbonnier, Jenny Eichhorst, Hannes Gonschior, Abha Valavalkar, Nicolas Wendler, Thorben Cordes, Benjamin Dietzek-Ivanšić, Ben Jones, Martin Lehmann & Johannes Broichhagen

Die Entwicklung neuer molekularer Marker und Fluorophore für die Lebenswissenschaften trägt dazu bei, dass Strukturen und Prozesse in Zellen und – perspektivisch – Geweben immer besser untersucht und verstanden werden können. Hierbei sind die Anforderungen an solche molekularen Marker und Fluorophore mannigfaltig. Diese dürfen nicht toxisch sein, sollten charakteristische optische Eigenschaften und hohe Fluoreszenzquantenausbeuten aufweisen und idealerweise geeignet sein, nur bestimmte Zelltypen oder Zellbestandteile zu färben oder in Abhängigkeit von biologisch relevanten Umgebungsparametern ihre optischen Eigenschaften zu verändern.

Das Leibniz-IPHT trägt zu der Entwicklung solcher innovativer Fluorophore und Marker bei, in dem es in Kooperation mit synthetisch arbeitenden Gruppen, bspw. den Gruppen von Johannes Broichhagen am Leibniz-Forschungsinstitut für Molekulare Pharmakologie und Robert Kretschmer von der TU Chemnitz, die optischen Eigenschaften solcher neuen Moleküle charakterisiert und somit die Anwendbarkeit der Systeme eruiert. So konnte z. B. gezeigt werden, dass neue, deuterierte Silikonrhodamine deutlich verbesserte Fluoreszenzeigenschaften, bezogen auf die Helligkeit und die Emissionslebenszeit sowie ein vermindertes Ausbleichen aufweisen. Die Untersuchungen zu neuartigen Aluminium-enthaltenden Fluorophoren hat zudem gezeigt, dass diese Systeme eine bisher – für Aluminiumkomplexe – noch nie erreichte Fluoreszenzquantenausbeute von 1, den höchsten überhaupt erreichbaren Wert, aufweisen. Zusammen mit fluoreszenzmikroskopischen Untersuchungen konnten Einsatzszenarien dieser Fluorophore nicht nur in den Lebens- sondern auch in den Materialwissenschaften aufgezeigt werden.

Publikationshighlights 2022

Nature



© Nature_Measurement_RHUL_2022_open access



Quantized Current Steps Due to the a.c. Coherent Quantum Phase-Slip Effect

R. S. Shaikhaidarov, K. H. Kim, J. W. Dunstan, I. V. Antonov, S. Linzen, M. Ziegler, D. S. Golubev, V. N. Antonov, E. V. Il'ichev & O. V. Astafiev

Das quantenmechanische Tunneln von in supraleitenden Materialien existierenden Elektronenpaaren durch eine isolierende Barriere führt zu den Josephson-Effekten. Auf diesen beruht ein sehr breites Anwendungsspektrum, das von der Magnetoenzephalographie in der medizinischen Diagnostik über neue luftgestützte Methoden zur Rohstofferkundung bis hin zum Spannungsstandard in der Metrologie reicht.

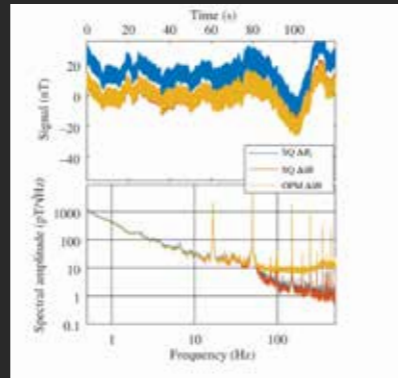
Das komplementäre quantenmechanische Phänomen – coherent quantum phase slip genannt – ist theoretisch ebenfalls lange beschrieben, konnte jedoch experimentell bisher nicht eindeutig nachgewiesen werden. In einem internationalen Forschungsteam ist hierzu nun ein Durchbruch gelungen, in dem erstmalig in einer nur nanometerbreiten Niobnitrid-Struktur unter

Mikrowelleneinstrahlung erzeugte Stromstufen in Strom-Spannungskennlinien gemessen werden konnten. Diese Stufen treten äquidistant bei Stromwerten von exakt $I_n = 2e \cdot f \cdot n$ auf, wobei $2e$ die elektrische Ladung eines Elektronenpaares, f die Frequenz der eingestrahlten Mikrowellen im Gigahertz-Bereich und n eine ganze Zahl ist, die die Stufenordnung bezeichnet. Die Stromstufen werden durch kohärentes Tunneln elementarer magnetischer Flussquanten quer durch den Nano draht hervorgerufen, was zu einem Phasensprung (engl. phase slip) der Wellenfunktion der Elektronenpaare um 2π entlang des Drahtes führt. Damit wird sowohl eindeutig der Nachweis des bisher kontrovers diskutierten Quanteneffekts erbracht, zugleich das Prinzip eines zukünftigen Quantenstandards für den elektrischen Strom demonstriert.

Das überzeugende Experiment wurde durch die Entwicklung von Niobnitrid-Nanoschichten am Leibniz-IPHT ermöglicht, die auf der Atomlagen-Beschichtung basieren. Die einzigartigen Eigenschaften des ultra-dünnen, ungeordnet-supraleitenden Materials legen so die Grundlagen für eine neue Generation von Quantentechnologien, die auf quantum phase slip und sehr großen kinetischen Induktivitäten beruhen. Beispiele hierfür sind die Realisierung des Quantencomputers und des quantenmetrologischen Dreiecks. In zukünftigen Quantenschaltkreisen könnten die Nanoschichten des Instituts zu einer noch breiteren Anwendung als die der Josephson-Effekte führen.

–

Physical Review Applied



© Physical Review Applied_open access



Integrated Optically Pumped Magnetometer for Measurements within Earth's Magnetic Field

Gregor Oelsner, Robbert IJsselsteijn, Theo Scholtes, André Krüger, Volkmar Schultze, Gerrit Seyffert, Gerald Werner, Max Jäger, Andreas Chwala & Ronny Stolz

Die hochempfindliche Detektion von Magnetfeldern ist in vielen Forschungsfeldern und Anwendungen wichtig. Beispiele liegen im Bereich des Biomagnetismus, wo Signale des Hirns oder des (fötalen) Herzens die medizinische Diagnostik unterstützen, und innerhalb der Geophysik, wo z.B. die genaue Charakterisierung von Anomalien im Erdmagnetfeld der Mineralexploration und der Archäologie dient.

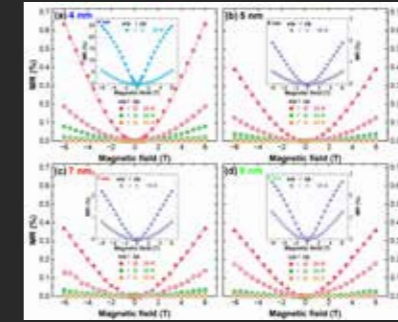
Der Artikel stellt eine systematische Untersuchung eines neuartigen photonischen Quantensensors dar, der für den Einsatz in diesen Anwendungsfeldern entwickelt wurde. Die extreme Herausforderung eines hochempfindlichen Sensorbetriebs im Erdmagnetfeld

– viele Größenordnungen stärker als die schwachen, zu messenden Signale – wurde mithilfe eines neuartigen Ausleseschemas und eines Sensordesigns angegangen, das eine tragbare und batteriebetriebene Realisierung ermöglicht und Rauschbeiträge reduziert. In umfangreichen Studien und mit einzigartigem Know-how von Projektpartnern aus der Thüringer Industrie haben die Forschenden einen vollintegrierten Demonstrator realisiert und dessen grundlegende Nachweismöglichkeiten durch theoretische Analysen evaluiert. Zudem ließen sie den neuartigen Demonstrator mit einem hochmodernen, bereits in Anwendung befindlichen Magnetfelddetektor auf Basis supraleitender Schaltkreise konkurrieren. Durch Messungen in abgeschirmter Umgebung identifizierten die Forschenden Rauschquellen und ermittelten ein Magnetfeldrauschen von $140 \text{ fT} / \sqrt{\text{Hz}}$ in einer Signalbandbreite von bis zu 250 Hz . So wird der Nachweis von Signalen ermöglicht, die etwa acht Größenordnungen kleiner als das Erdmagnetfeld sind, sowie die Leistungsfähigkeit der Quantensensoren unter realen Anwendungsbedingungen aufgezeigt. Im Zuge dessen wurde das Potential zur Optimierung der Signalqualität, Bandbreite und Magnetfeldauflösung für das im Bau befindliche Gerät der nächsten Generation identifiziert.

Die Arbeit zeigt den Weg von der Idee einer neuartigen Arbeitsweise atomarer Quantensensoren bis hin zur Demonstration der Einsatzbarkeit in realen Messszenarien auf. Der Artikel skizzierte so den Weg von einer grundlegenden Quantentechnologie hin zur Anwendung von Quantensensoren in den Umwelt- und Lebenswissenschaften.

–

Magnetochemistry



© Magnetochemistry_open access



Analysis of Low-Temperature Magnetotransport Properties of NbN Thin Films Grown by Atomic Layer Deposition

S. V. Vegesna, S. V. Lanka, D. Bürger, Z. Li, S. Linzen & H. Schmidt

In den letzten zwei Jahrzehnten wurden supraleitende Nano draht-Einzelphotonen-Detektoren (SNPD) aus Typ-II-supraleitenden Filmen hergestellt. Es gibt jedoch immer noch bisher nicht beantwortete, grundlegende physikalische Fragen, wie der "Hot-Spot"-Detektionsmechanismus in SNSPDs nach der Absorption von einzelnen Photonen mikroskopisch funktioniert. Bisher wurden makroskopische Modelle für die Analyse des Detektionsmechanismus in SNSPDs angewendet. Das Finden eines mikroskopischen Modells ist aufgrund der komplexen Verflechtung der verschiedenen beteiligten Arten von Anregungen in supraleitenden Filmen für die IR-Einzelphotonen-Detektion eine herausfordernde Aufgabe. In einem mikroskopischen Modell soll die „Hot-Spot“-Bildung mit photonindu-

zierten und mit magnetfeldinduzierten Vortex-Antivortex-Paarbildungen in Verbindung gebracht werden. Die Studie konzentrierte sich auf die Analyse von Wechselwirkungs- und Lokalisierungseffekten auf elektronische Störungen in unstrukturiertem NbN im normalleitenden Zustand bei Temperaturen von 50 K bis zur supraleitenden Übergangstemperatur. Durch Modellierung der temperatur- und magnetfeldabhängigen MR-Daten wurden die temperaturabhängigen Coulomb-Wechselwirkungskonstanten, Spin-Bahn-Streuenergie und Taldegenerationsfaktor extrahiert.

Die SNSPDs werden in aktuellen Messsystemen typischerweise sehr nahe am kritischen Strom betrieben. Das führt zu einer hohen Dunkelzählrate. Die vorliegende Magnetleitfähigkeitsstudie an NbN-Filmen ermöglicht es, den Betriebsbereich von SNSPDs zu erweitern, indem die Betriebsparameter für bestimmte Wellenlängen durch Einstellen des kritischen Bereichs von supraleitendem NbN mit angelegtem Magnetfeld und mit angelegtem Strom während der Bildung von "Hot-Spots" optimiert werden. Die Forschenden erwarten, dass Vortices, die durch ein externes Magnetfeld induziert werden, als zusätzliche einstellbare Einflussfaktoren für die photonisch induzierten Vortex-Antivortex-Paare und ihre jeweilige Bewegung wirken. Diese Arbeit bringt die Forschenden einen Schritt weiter, um das Magnetfeld als zusätzlichen „Einstellungsparameter“ zur Erhöhung der Empfindlichkeit von SNSPDs hauptsächlich für Einzelphotonen mit großer Wellenlänge zu nutzen.

–

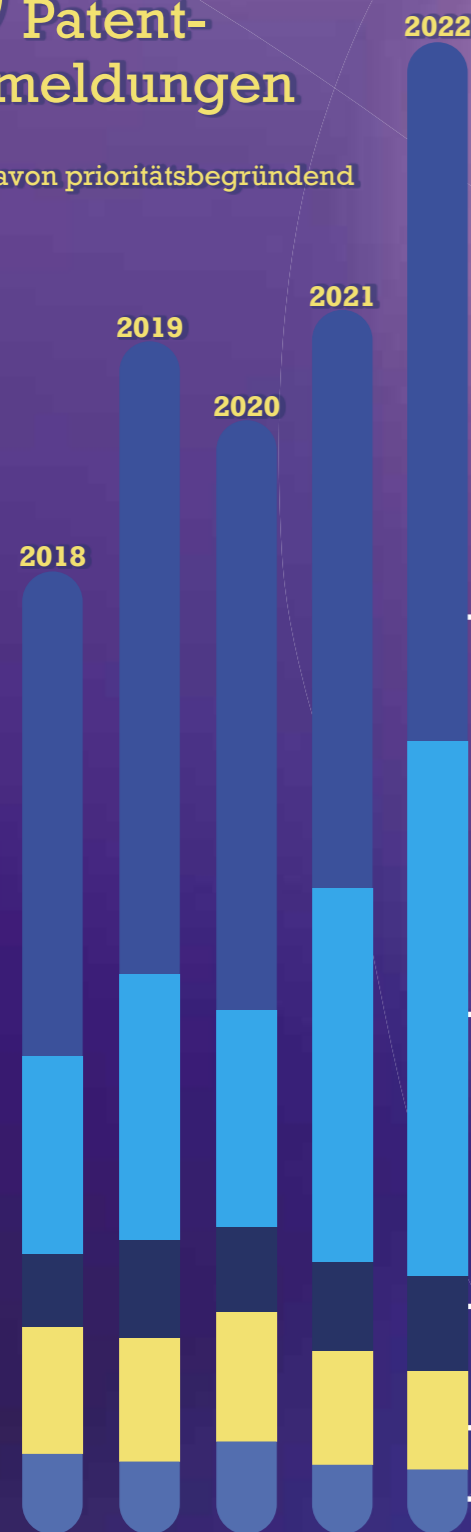
Zahlen und Fakten 2022

9  Patent-
anmeldungen
2 davon prioritätsbegründend

21  Patent-
erteilungen
8 davon national
13 davon international

426  Mitarbeiterinnen
und Mitarbeiter

51 %  Anteil internationaler
Wissenschaftlerinnen
und Wissenschaftler
sowie Doktorandinnen
und Doktoranden



18.254.784 €
Grundfinanzierung

14.050.293 €
Nationale Projekte, 5.285.804,95 €
davon für Leibniz-Zentrum für Photonik
in der Infektionsforschung (LPI)

2.404.155 €
DFG-Mittel


2.627.424 €
Industrieprojekte

1.669.435 €
EU-Drittmittel, 124.382 € davon
ERA-Net / ERA-NetPlus, JPI etc.

39.006.091 €
Gesamtbudget
= 53,20 % Drittmittelquote

35  Mitarbeiterinnen
und Mitarbeiter aus
Ländern

24  EU-finanzierte
Projekte
6 davon durch Leibniz-IPHT koordiniert

3  EU-kofinanzierte
Projekte (ERA-Net,
Eurostars, etc.)

1  Markenmeldungen
1 davon national

7  Markeneintragungen
3 davon IR- / Gemeinschaftsmarken

150  Vorträge | Poster
40 davon Invited Talks
13 davon Keynotes
2 davon Plenary Talks
95 davon Contributed Talks

15  Promotionen
8 davon von Frauen

223  Publikationen
in referierten
Journalen

112  Doktorandinnen
und Doktoranden

Vereinsmitglieder 2022

Institutionelle Mitglieder

4H Jena Engineering GmbH, Jena // vertreten durch Michael Boer

CIS Forschungsinstitut für Mikrosensorik GmbH // vertreten durch Prof. Dr. Thomas Ortlepp

Ernst-Abbe-Hochschule, Jena // vertreten durch Prof. Dr. Steffen Teichert

Friedrich-Schiller-Universität Jena // vertreten durch Dr. Jörg Neumann

j-fiber GmbH, Jena // vertreten durch Dr. Ulrich Lossen

Robert Bosch GmbH, Stuttgart // vertreten durch Hartmut Spennemann

Sparkasse Jena // vertreten durch Michael Rabich

Stadt Jena // vertreten durch den Oberbürgermeister Dr. Thomas Nitzsche

Thüringer Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitale Gesellschaft, Erfurt // vertreten durch Jana Podßuweit

Persönliche Mitglieder

Prof. Dr. Hartmut Bartelt // Leibniz-Institut für Photonische Technologien e.V., Jena

Dr. Klaus Fischer // Jena

Prof. Dr. Hans Eckhardt Hoinig // Erlangen

Bernd Krekel // Commerzbank AG, Gera

Prof. Dr. Jürgen Popp // Leibniz-Institut für Photonische Technologien e.V., Jena

Frank Sondermann // Leibniz-Institut für Photonische Technologien e.V., Jena

Prof. Dr. Herbert Stafast // Wiesbaden

Wissenschaftlicher Beirat

Sprecher

Prof. Dr. Werner Mäntele // Johann-Wolfgang-Goethe-Universität Frankfurt / DiaMonTech GmbH

Mitglieder

Prof. Dr. Jörg Bewersdorf // Yale University, USA

Prof. Dr. Cornelia Denz // Westfälische Wilhelms-Universität Münster; Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)

Prof. Dr. Heike Ebendorff-Heidepriem // University of Adelaide, Australien

Prof. Dr. Heinz-Wilhelm Hübers // Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Berlin

Prof. Dr. Werner Mäntele // Johann-Wolfgang-Goethe-Universität Frankfurt / DiaMonTech GmbH

Prof. Dr. Monika Ritsch-Marte // Medizinische Universität Innsbruck

Prof. Dr. Katja Schenke-Layland // Eberhard Karls Universität Tübingen

Prof. Dr. Christian Spielmann // Friedrich-Schiller-Universität Jena (bis 01.07.2022)

Prof. Dr. Frank W. Weichold // Food and Drug Administration, Silver Spring, USA

Kuratorium

Vorsitzender

Dr. Bernd Ebersold // Thüringer Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitale Gesellschaft, Erfurt

Mitglieder

Klaus Berka // Jena

Prof. Dr. Georg Pohnert // Friedrich-Schiller-Universität Jena

Dr. Petra Wolff // Bundesministerium für Bildung und Forschung, Bonn

Organigramm

Mitgliederversammlung

Vorstand

Prof. Dr. Jürgen Popp // Vorsitzender & Wiss. Direktor /// Frank Sondermann // Administrativer Direktor

Vorstandsreferentinnen

Susanne Hellwage // Persönliche Referentin des Wissenschaftlichen Direktors /// Dr. Karina Weber // Vorstandsreferentin

Wissenschaftlicher Beirat

Prof. Dr. Werner Mäntele // Sprecher

Verwaltung, Betriebstechnik

Frank Sondermann // Leiter

Stabsstellen

Dr. Ivonne Bieber // Wissenschaftliche Koordination /// Gabriele Hamm // Internationalisierung ///

Daniel Siegesmund // Öffentlichkeitsarbeit und Forschungsmarketing

Kuratorium

Dr. Bernd Ebersold // Vorsitzender

Stellv. Direktor*innen

Prof. Dr. Ute Neugebauer // Stellv. Wissenschaftliche Direktorin /// Prof. Dr. Benjamin Dietzek-Ivanšić // Stellv. Wissenschaftlicher Direktor

Personalvertretung

Claudia Aichele // Vorsitzende des Betriebsrates /// Sarah Meinhardt // Gleichstellungsbeauftragte /// Neus Allande Calvet // Promovierendenvertreterin

Forschungseinheiten

Biophysikalische Bildgebung

Prof. Dr. Christian Eggeling

Faserforschung & -technologie

Prof. Dr. Tomáš Čižmār

Faserphotonik

Prof. Dr. Markus Schmidt

Funktionale Grenzflächen

Prof. Dr. Benjamin Dietzek-Ivanšić

Klinisch-Spektroskopische Diagnostik

Prof. Dr. Ute Neugebauer

Mikroskopie

Prof. Dr. Rainer Heintzmann

Nanobiophotonik

apl. Prof. Dr. Wolfgang Fritzsche

Nanooptik

PD Dr. Jer-Shing Huang

Nanoskopie

Prof. Dr. Volker Deckert

Optisch-Molekulare Diagnostik und Systemtechnologie

Prof. Dr. Ralf Ehricht

Photonic Data Science

Prof. Dr. Thomas Bocklitz

Quantendetektion

Prof. Dr. Heidemarie Schmidt

Quantensysteme

Prof. Dr. Ronny Stolz

Spektroskopie / Bildgebung

Prof. Dr. Jürgen Popp

Technologiegruppen

Kompetenzzentrum für Mikro- & Nanotechnologien

Dr. Uwe Hübner

Kompetenzzentrum für optische Spezialfasern

Dr. Tobias Habisreuther

Sensorforschung und Systemintegration

Dr. Walter Hauswald

Nachwuchsgruppen

Ultrakurzpuls-Faserlaser

Dr. Maria Chernysheva

Smart Photonics

Dr. Mario Chemnitz

Personal des Instituts 2022

	Nach Vollbeschäftigungseinheit			Summe	Personen
	Institutionelle Förderung	Drittmittelförderung	Professorinnen Professoren		
Wissenschaftler*innen	39,81	61,79	8,00	109,60	122
Gastwissenschaftler*innen ²	–	–	–	–	48
Extern finanzierte Wissenschaftler*innen ¹	–	–	–	–	15
Extern finanzierte Mitarbeiter*innen ¹	–	–	–	–	2
Extern finanzierte Doktorand*innen ¹	–	–	–	–	43
Doktorand*innen	6,50	37,35	–	43,85	69
Technisches Personal	36,46	36,45	–	72,91	78
Kaufmännisches Personal	20,48	2,00	–	22,48	24
Wissenschaftliche Koordination	4,51	4,05	–	8,56	9
ÖA und Forschungsmarketing	4,50	0,75	–	5,25	6
Vorstand	1,00	–	0,50	1,50	2
Auszubildende	2,00	–	–	2,00	2
Gesamtpersonal	115,26	142,39	8,50	266,15	420

¹ Mitarbeiter*innen, die nicht über die Entgeltabrechnung des Leibniz-IPHT vergütet werden bzw. von einer anderen Institution (z.B. FSU) finanziert werden, aber ihren Arbeitsschwerpunkt am Leibniz-IPHT haben.

² Wissenschaftler*innen, die im Kalenderjahr 2022 länger als eine Woche am Leibniz-IPHT tätig waren und von einer anderen Institution finanziert wurden. Keine Anwendung der Stichtagsregelung 31.12.2022.

Finanzen des Instituts 2022

Institutionelle Förderung: Verwendung

Freistaat Thüringen, Bund

Ausgaben
in T Euro

18.254,8

Drittmittel

20.751,3

gesamt

39.006,1

Institutionelle Förderung: Verwendung

Personalmittel

9.038,1

Sachmittel

4.248,7

Investitionsmittel

4.968,0

gesamt

18.254,8

Drittmittel

Bund

11.888,5

davon 383,4 T€ für Projekte, finanziert von der Leibniz-Gemeinschaft

davon 5.285,8 T€ für Leibniz-Zentrum für Photonik in der Infektionsforschung (LPI)

DFG

2.404,2

Zusätzlich haben Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Leibniz-IPHT an der Friedrich-Schiller-Universität Jena DFG-Mittel in Höhe von 1.202,6 T€ verausgabt

Freistaat Thüringen

1.800,3

davon für Umstrukturierung im Rahmen EFRE 1.075,8 T€

EU

1.669,5

davon für EU-Maßnahmen wie ERA-Net/ERA-NetPlus, Joint Programming Initiativen u. a. 124,4 T€

Aufträge öffentlicher Einrichtungen

123,5

Sonstige Zuwendungsgeber

361,4

Unteraufträge in Verbundprojekten

22,8

F & E Aufträge inkl. wissenschaftlich-technischer Leistungen

2.481,1

gesamt

20.751,3

Wir danken unseren Förderern



Impressum

Herausgeber: Leibniz-Institut für Photonische Technologien e.V.

Standort: Albert-Einstein-Straße 9 | 07745 Jena

Postanschrift: PF 100 239 | 07702 Jena

Telefon | Telefax: 00 49 3641 206 00 | 0049 3641 206 399

Texte und Redaktion: Stefanie Miethbauer | Daniel Siegesmund | Andrea Borowsky | Christian Döring

Vertretungsberechtigte: Prof. Dr. Jürgen Popp – Wissenschaftlicher Vorstand (Vorsitzender) | Frank Sondermann – Kaufmännischer Vorstand

Layout: Katrin Uhlig

Titelmotiv: Charlotte Siegesmund

© Leibniz-IPHT Jena _07.2023 | www.leibniz-ipht.de



PHOTONICS FOR LIFE
from Ideas to Instruments

Leibniz-Institut für Photonische Technologien e. V.






Standort:

Albert-Einstein-Straße 9
07745 Jena

Postanschrift:

PF 100 239
07702 Jena

www.leibniz-ipht.de

 @Leibniz_IPHT  @LeibnizIPHT  leibniz_ipht  leibniz-ipht  IPHTJena

