

jena**photonics**\*

# reflexion

Jahresbericht 2019



**Biophotonics for Future** 

# Von Jena in die Welt

\_

Von Oxford, Dundee und Kalifornien bis nach Taiwan und China, Indonesien und Australien: Das Leibniz-IPHT setzt Impulse in zahlreichen regionalen, nationalen und internationalen Netzwerken. Als profilierter Akteur auf dem Gebiet der Photonik in den Lebenswissenschaften ist das Institut ein attraktiver Arbeitgeber für internationale Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler und befördert die Zusammenarbeit mit Kooperationspartnern auf der ganzen Welt.



PHOTONICS FOR LIFE from Ideas to Instruments

# Liebe Leserinnen, liebe Leser,



Prof. Dr. Jürgen Popp

D © Sven Dör



Frank Sondermann

© Sven Döring

warum ist der Himmel blau? Warum ist Wasser nass? Warum ist die Banane krumm? Warum, warum, warum ...? Ab einem Alter von drei bis vier Jahren fangen kleine Kinder an, uns mit Fragen zu bombardieren. Sie sind getrieben von einer schier unstillbaren Neugier. Sie suchen nach Antworten und wollen verstehen – sie wollen wissen. Letztendlich geht es darum, die Welt um uns herum und auch die Welt in unserem Inneren zu begreifen. Nicht auf jede Frage wissen wir eine Antwort. Stattdessen offenbart die Suche nach Erkenntnis eine Vielzahl neuer Fragen, die wiederum weitere Fragen aufwerfen – eine unendliche Geschichte. Hätten die Naturphilosophen in der Antike bereits alle Antworten gefunden, dann bräuchte es heute keine Wissenschaft.

Wir leben in einer Zeit, die viele Fragen aufwirft, in der permanent alles hinterfragt wird und in der die Anforderungen und die Erwartungen an die Forschung riesig sind. Die Corona-Pandemie verdeutlicht dies gegenwärtig sehr eindrucksvoll. Wir stehen vor Herausforderungen, welche die Gesellschaft und somit auch die Wissenschaft in ihrer ganzen Bandbreite betreffen. Auf der Suche nach Lösungen sind Natur- und Lebenswissenschaften sowie Sozial- und Verhaltenswissenschaften gleichermaßen gefragt.

In einer globalen und vernetzten Welt können sich Krankheitserreger rasant verbreiten und erfordern neue Ansätze für die Diagnostik und Therapie. Dank der modernen Medizin sinkt zwar das Risiko, bereits in jungen Jahren zu sterben, dafür sehen wir uns mit einer Zunahme altersbedingter Krankheiten wie zum Beispiel Krebs, Alzheimer oder Herz-Kreislauf-Erkrankungen konfrontiert. Zugleich stellt uns der Klimawandel vor Herausforderungen, welche uns für viele Generationen beschäftigen werden. Die Anzahl der Probleme, für die wir dringend Antworten benötigen, erscheint unendlich.

Die Neugier und die Suche nach Antworten auf drängende Fragen motivieren uns am Leibniz-Institut für Photonische Technologien immer wieder aufs Neue. Wir wollen einen Beitrag leisten, um das Leben sicherer und gesünder zu machen. Unsere Mission ist die Erforschung photonischer Lösungen für eine schnellere und genauere medizinische Diagnostik, für sichere Medikamente, für eine neue Qualität der Lebensmittel- und Umweltanalytik sowie für innovative Sicherheitstechnik.

Welchen Fragen wir nachgehen und wie unsere Lösungsansätze aussehen, davon möchten wir Ihnen in dieser Ausgabe der "reflexion" berichten. Wir wünschen Ihnen viel Freude bei der Lektüre.

Bleiben Sie wissensdurstig, bleiben Sie neugierig und vor allem: Bleiben Sie gesund.

#### Jürgen Popp

Wissenschaftlicher Direktor

#### Frank Sondermann

Kaufmännischer Direktor

# Inhalt

#### Wir forschen für die Zukunft



Ich schau' Dir in die Augen

Clara Stiebing schickt Laserstrahlen ins Auge



12 Überträger

Forschende finden multiresistente Keime in Großstadtratten



Lösungen mit Licht -Gesundheit

Nachrichten aus der Forschung

#### 16 **Mit Licht Tumore** aufspüren und entfernen

Wie ein neues Endoskop Diagnose und Therapie vereinen soll



Hier sehe ich eine Lösung

Aikaterini Pistiki macht Keime sichtbar



Forschung übersetzen

Dahrendorf-Preis für europäisches Teamwork und eine neue Superheldin



24

"Gute Ideen aus der Forschung müssen schneller zu den Patienten"

Lückenschließer: das neue Leibniz-Zentrum für Photonik in der Infektionsforschung



# Viren im Livestream

Aufgelöst: wie der AIDS-Erreger sich im Körper vermehrt



"Künstliche Intelligenz wird die Medizin langfristig besser machen"

Über die Chancen von Photonic Data Science



36 Superauflösend

HD-Mikroskopie in Millisekunden



#### 40 Lösungen mit Licht -Vermitteln

Wir bringen Forschung in den Alltag

#### 42 Die Natur zum Vorbild

Forschende liefern Erkenntnisse für eine nachhaltige Energieerzeugung



46 Lösungen mit Licht -Umwelt

Nachrichten aus der Forschung

#### 48 Fingerabdrücke unter der Erde

Gassensoren entschlüsseln Leben in der Tiefe



**52** Ich seh' etwas, was Du nicht siehst ...

Mehr Augenmerk auf Mikroplastik



56 Netzwerk

Von Peking bis nach Kalifornien

## **57** Wenn Licht auf Materie trifft

Neuer SFB untersucht

nichtlineare Optik in kleinsten Dimensionen



58 Ideenschmiede für die Erforschung neuer Technologien

Unsere neue Reihe Biophotonics4Future

60 Personalia

62 **Ausgezeichnete Forschung** 

**Ausgewählte Publikationshighlights** 

66 Highlights der Forschung 2019 online

68 Zahlen und Fakten 2019

Leibniz ipht | G

**70** Organigramm | Wissenschaftlicher Beirat

71 Forschungseinheiten | Kuratorium

**72** Vereinsmitglieder 2019 | Persönliche Mitglieder

**73** Finanzen des Instituts 2019 | Institutionelle Förderung: Verwendung

74 Personal des Instituts 2019

**75** Wir danken unseren Förderern | Impressum

14



Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Leibniz-IPHT im Herbst 2019

#### © Sven Döring

# Wir forschen für die Zukunft

Die Corona-Pandemie verbreitet sich auf der Welt und verschärft die medizinischen, sozialen und ökonomischen Herausforderungen, vor denen wir stehen. Während das Virus uns in Atem hält, tritt die Klimakrise in den Hintergrund – und ist dabei so unaufschiebbar wie zuvor.

Nicht minder drängend ist die Bedrohung durch multiresistente Keime. Gleichzeitig werden die Menschen in den industrialisierten Wohlstandsgesellschaften immer älter; immer mehr von ihnen erkranken an Krebs oder Alzheimer. Unsere Lebensweise belastet die Umwelt. Plastikmüll gefährdet die Gewässer. Fossile Rohstoffe gehen zur Neige. Die verheerenden Folgen des menschengemachten Klimawandels sind bereits heute sichtbar.

Dies macht es notwendig, dass wir unsere Lebensweise wandeln. Dass wir nachhaltig leben und wirtschaften, ohne dass Gesundheit, Umwelt und Klima den Preis dafür zahlen. Dass wir unsere Ökosysteme für kommende Generationen so bewahren, dass auch sie diese als Lebensgrundlage nutzen können.

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler am Leibniz-IPHT arbeiten an Lösungen, die uns dabei unterstützen, diesen Wandel zu gestalten. Sie erforschen technologische Verfahren, um beispielsweise die Diagnose und Therapie von Krankheiten zu verbessern, um Mikroplastik in Gewässern aufzuspüren und die Qualität unseres Grundwassers zu sichern. Sie erarbeiten Ansätze, wie eine klimafreundliche Energieerzeugung aussehen könnte. Damit legen die Forscherinnen und Forscher heute den Grundstein dafür, wie wir in Zukunft leben wollen.

# Per Laserstrahl ins Fenster zum Gehirn

Ein Team vom Leibniz-IPHT zeigt erstmals, wie Raman-Messungen im Auge möglich sind. Forschungspartner in Wien bauen nun ein Gerät, das künftig Alzheimer erkennen soll

Das "Laser"-Schild über Clara Stiebings Labor leuchtet rot. Betreten nur mit Schutzbrille, bedeutet das. Nicht, dass ein Laserstrahl aufs Auge trifft. Drinnen indes experimentiert

Clara Stiebing genau damit: Was passiert, wenn sie mit einem Laser in ein menschliches Auge zielt? Genauer gesagt: Wie muss dieser Strahl beschaffen sein, damit er dem Auge eben nicht schadet, sondern dabei hilft. Hinweise auf Krankheiten sichtbar zu machen, die sich anders nicht feststellen lassen?

"Wir nutzen das Laserlicht, um umfassende Informationen über die biochemische Zusammensetzung der Netzhaut zu gewinnen", erläutert Clara Stiebing, die seit drei Jahren als Postdoc am Leibniz-IPHT arbeitet. "Die sind zum Beispiel wichtig, um eine

altersbedingte Makuladegeneration frühzeitig zu erkennen." Die Krankheit, die im anfänglichen Stadium kaum Symptome zeigt, ist die häufigste Ursache für schwere Sehbehinderungen oder sogar Erblindung. In den meisten Fällen wäre das vermeidbar, wenn die Veränderungen der Makula so früh wie möglich entdeckt würden.

Die Technologie, die diese verbesserte Die Idee, mit der die Jenaer in das Diagnostik künftig leisten soll, erforscht Clara Stiebing in einem Team vom Leibniz-IPHT und der Friedrich-Schiller-Universität Jena zusammen

Mit dieser Raman-Anlage bauten die Forschenden den optischen Pfad im Auge nach, um die Parameter im © Leibniz-IPHT Augeninneren zu simulieren.

mit der Medizinischen Universität Wien, der Niederländischen Organisation für Angewandte Naturwissenschaftliche Forschung in Leiden und der Radbourg-Universität in Nimwegen. Die Forschenden kombinieren zwei optische Verfahren, um hochaufgelöste, nicht-invasive Bilder aus dem Auge zu liefern: Raman-Spektroskopie und optische Kohärenztomographie.

gemeinsame Vorhaben starteten: per Raman-Spektroskopie einen molekularen Fingerabdruck der Netzhaut zu gewinnen. Dazu wird der Augenhin-

> tergrund mit Laserlicht bestrahlt, das die Moleküle der Netzhaut zu Schwingungen anregt. Das gestreute Licht zeigt charakteristische Muster, die - ohne dass das Auge berührt oder spezielle Marker eingesetzt werden müssen - die chemische Struktur der Netzhaut aufschlüsseln. Am Gehalt an Lipiden, Proteinen, Carotinoiden und Nukleinsäuren können Medizinerinnen und Mediziner dann wichtige Gesundheitsinformationen ablesen.

> Mit einem Laser am Auge zu messen, ist eine große Herausforderung: Augen sind empfindlich, mit einem Laser auf dieses Organ zu zielen, kann Ge-

fahren mit sich bringen. "Ein Laser mit zu hoher Leistung könnte zu Verbrennungen auf der Netzhaut und damit schlimmstenfalls zur Erblindung oder Trübungen der Linse führen", erläutert Clara Stiebing. Noch dazu seien die Bedingungen im Auge für optische Messungen nicht ideal. Anhand internationaler Sicherheitsstandards berechneten die Forschenden, wie stark ihr Laserstrahl bei einer Wellenlänge von 785 nm sein dürfte. Das Ergebnis: ein Milliwatt - zwanzigmal schwächer als Laser, die sie sonst für ihre spektroskopischen Messungen verwenden. "Wir waren skeptisch, ob das funktioniert", räumt Clara Stiebing ein.

Es funktionierte sehr gut: Die Raman-Messungen an menschlichen Netzhautproben lieferten aussagekräftige Spektren, die genaue Rückschlüsse

auf den Zustand der Netzhaut erlauben. "Das war für uns eine große Freude", berichtet Rainer Leitgeb von der Medizinischen Universität Wien, der das europäische Forschungsvorhaben MOON (Multimodale optische Diagnostik für altersbedingte Erkrankungen des Auges und des Zen-

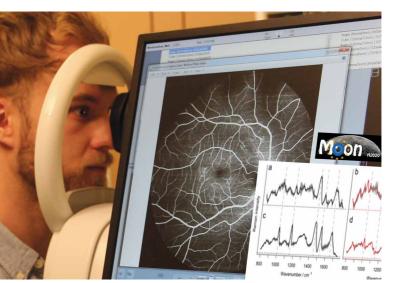
trainervensystems)

koordiniert. Diese belastbaren Ergebnisse hätten das Projekt entscheidend vorangebracht, so Leitgeb.

Für den erstmaligen Nachweis, dass Raman-Messungen im menschlichen Auge mit einer Wellenlänge von 785 nm theoretisch möglich sind, konstruierten die Forschenden im Jenaer Labor einen Aufbau, der die optischen Gegebenheiten des Auges nachbildet. Er simuliert, unter welchen Bedingungen das Licht im Auge angeregt und gesammelt wird.

Anhand dieser Ergebnisse entwickelt das Wissenschaftlerteam der Medizinischen Universität in Wien ein Gerät das künftig eine schnelle und berührungslose Diagnose per Augenscan ermöglichen soll: "Wir tasten das

Auge mit Licht ab und messen das Licht, das vom Auge zurückkommt. Und dieses zurückkommende Licht enthält alle Informationen, die ich für die Diagnostik brauche", erklärt Rainer Leitgeb. "Dabei bildet die Optische Kohärenztomographie die Morphologie des Augenhintergrunds sehr schnell ab. Dadurch lassen sich verdächtige Stellen identifizieren, die dann mittels der Raman-Spektroskopie molekular, das heißt chemisch, genauer analysiert werden können."



Demonstrator an der Medizinischen Universität Wien © Ewald Unger/Med. Uni Wien

Mit dem Gerät wollen die Forschenden erste Messungen an Menschen durchführen. Rainer Leitgeb ist überzeugt, dass Medizinerinnen und Mediziner so nicht nur Augenkrankheiten erkennen können, sondern auch Verfallserscheinungen im Gehirn. "Man sagt immer, das Auge ist das Fenster zum Gehirn. Das Auge selber ist Nervengewebe, das direkt mit dem Gehirn verbunden ist Das heißt also: Alle Veränderungen, alle Erkrankungen, die das zentrale Nervensystem betreffen, sind auch in der Netzhaut zu sehen."

So könnten neurologischen Erkrankungen wie Alzheimer an der Netzhaut ihre Spuren hinterlassen. Die typischen Eiweiß-Ablagerungen im Gehirn von Alzheimer-Patienten

kann man heute erst nach ihrem Tod erkennen. Mithilfe des Raman-Scans könnte man sie im Augenhintergrund schon früher sichtbar machen.

Bevor die Forschenden dies in Versuchen an Menschen zeigen können, lassen sie die geplante Studie von der Ethikkommission am Universitätsklinikum in Wien sorgfältig prüfen. An klinischen Studien dürfen aus ethischen Gründen nur Alzheimer-Patienten teilnehmen, bei denen die

> Krankheit noch nicht die Fähigkeit einschränkt, rationale Entscheidungen zu treffen. Weil das optische Verfahren so empfindlich ist, sind die Forschenden überzeugt, dass der Augen-Scanner in solch frühzeitigen Stadien bereits aussagekräftige Ergebnisse liefern und charakteristi-

sche Ablagerungen im Gehirn erkennen könnte.

Publikation: Clara Stiebing et al., Nonresonant Raman spectroscopy of isolated human retina samples complying with laser safety regulations for in vivo measurements, Neurophotonics, 6(4), 041106 (2019), https://doi.org/10.1117/1. NPh.6.4.041106

#### **MOON: Multimodale** optische Diagnostik für altersbedingte Erkrankungen des Auges und des Zentralnervensystems

Medizinische Universität Wien (Koordinator) | Leibniz-IPHT | The Netherlands Organisation for Applied Scientific Research TNO Carl Zeiss AG | Innolume GmbH | Horiba Jobin-Yvon, S.A.S. | Gefördert von der Europäischen Union im Programm Horizon2020

moon2020.meduniwien.ac.at



Ralf Ehricht und sein Team untersuchten Proben von Wiener Ratten im Labor und fanden multiresistente Keime. © Sven Döring

# Überträger

Ralf Ehricht und sein Team untersuchen Großstadtratten als Quelle für multiresistente Keime

Multiresistente Keime sind eine globale Bedrohung. Schon jetzt wirken gegen viele Bakterien bestimmte Antibiotika nicht mehr. Ratten könnten die Ausbreitung solcher multiresistenten Erreger in Städten beschleunigen. Zu diesem Ergebnis ist ein deutsch-österreichisches Forscherteam nach Untersuchungen von Rattenpopulationen in Wien gekommen. Ralf Ehricht und Stefan Monecke vom Leibniz-IPHT analysierten die Gene der Ratten und zeigten,

dass die Tiere Hochrisiko-Erreger in sich tragen, die gegen die meisten Antibiotika resistent sind.

Jede siebte Ratte, die in der Wiener Innenstadt zwischen 2016 und 2017 gefangen wurde, trug multiresistente Enterobakterien in sich, deren wichtigste Vertreter auch als Colibakterien bekannt sind. Das entspricht Keime in einer Petrischale einem Anteil von 14,5

Prozent und sei damit vergleichbar mit der Häufigkeit, die etwa in Berlin in früheren Studien erhoben wurde. Bei mehr als der Hälfte – knapp 60 Prozent – der Ratten in Wien wiesen die Forschenden gefährliche, multiresistente Staphylokokken nach.

"Wir haben Bakterien gefunden, die bereits gegen bis zu vier Antibiotikaklassen resistent waren", berichtet Ralf Ehricht, dessen Team für die Studie mit Forschenden der Vetmeduni Vienna, der Österreichischen Agentur für Ernährungssicherheit und der Freien Universität Berlin zusammenarbeitete. "Von diesen hochresistenten Erregern geht eine große Gefahr aus, da sie ihre Resisspezies übertragen können."

Die Jenaer Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler untersuchten Proben aus dem Darmtrakt und dem Nasen-Rachenraum von 62 Tieren. Dazu nutzten sie unter anderem einen am InfectoGnostics Forschungscampus entwickelten molekularen Resistenz-Test. Bei 39 Ratten (62,9 Prozent) identifizierten sie antibiotikaresistente Bakterien, 12 dieser Tiere wiesen mul-



tiresistente Varianten der Erreger auf.

© Sven Döring

Obgleich die Wechselwirkung zwischen multiresistenten Keimen in Ratten und dem Risiko für die menschliche Gesundheit noch nicht geklärt sei, beurteilen die Hauptautoren von der Vetmeduni Vienna die Häufigkeit multiresistenter Keime als besorgniserregend. "Eine der von uns untersuchten Ratten wurde etwa in einem Grünbereich gefangen, der im Sommer von Obdachlosen als Schlafstelle genutzt wird", berichten die Veterinärmediziner. "Diese besondere Situation erhöht das Risiko einer Übertragung der resistenten Bakterien." Grundsätzlich kämen für eine Übertragung aber

tenzgene auch auf andere Bakterien- auch eine Vielzahl weiterer Szenarien in Betracht. Die Bekämpfung von Ratten und anderer Nagetiere wie Mäuse sei in Städten deshalb nach wie vor sehr wichtig für die öffentliche Gesundheit.

> Um zu untersuchen, wie sich multiresistente Keime verbreiten und entwickeln, seien Wanderratten (Rattus norvegicus) besonders interessant, erläutert Ralf Ehricht. "Sie passen sich extrem gut an, sie vermehren

> > sich schnell, sie ernähren sich von menschlichen Abfällen und besiedeln das Abwassersystem. Dadurch kommen sie häufig mit menschlichen Fäkalien in Kontakt und können multiresistente Bakterien aufnehmen und verbreiten." Über die Rolle von Ratten in der Epidemiologie multiresistenter Keime ist indes bisher noch wenig bekannt.

Die Forschenden gehen davon aus, dass die zunehmende Urbanisierung in Zukunft vermehrt dazu führen könnte, dass Krankheitserreger verbreitet werden. Mehr als die Hälfte der Weltbevölkerung lebt heute in Städten, bis 2030 werden es 60 Prozent sein. Die hohe Bevölkerungsdichte, der engere Kontakt zur städtischen Tierwelt sowie das wärmere städtische Mikroklima begünstigten die Entstehung von Zoonosen – also Krankheiten, die von wild lebenden Tieren auf den Menschen übertragen werden.

Publikationen: Amélie Desvars-Larrive econ, rats (Rattus norvegicus) as possible source of multidrug-resistant Enterobacteriaceae and meticillin-resistant

# Gesundheit

# Speiseröhren-Erkrankungen schonend diagnostizieren

Beschwerden wie Sodbrennen oder Aufstoßen kennt fast jeder. Bei 10 bis 20 Prozent der Menschen in der westlichen Welt steckt dahinter eine Reflux-Erkrankung, bei der saurer Mageninhalt in die Speiseröhre zurückfließt. Um herauszufinden, wo die Ursachen liegen, müssen sich Patienten einer langwierigen und nicht sehr angenehmen Untersuchung unterziehen. Das Forscherteam der Arbeitsgruppe "Passive Fasermodule" arbeitet nun an einem neuen Diagnosegerät, das diese Prozedur schneller, aussagekräftiger und für die Patienten weniger belastend macht. Es soll auch bei Vorsorgeuntersuchungen für Speiseröhrenkrebs zum Einsatz kommen.

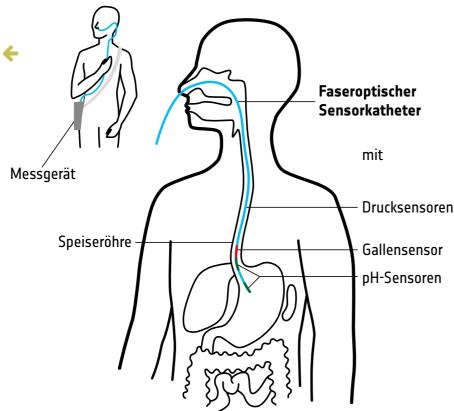
"Dass unser Drucksensorkatheter funktioniert, haben wir bereits vor einigen Jahren gezeigt", berichtet Faserforscher und -technologe Manfred Rothhardt, der das Projekt "Optimo" koordiniert. Darauf basierend entwickelt sein Team mit zwei Thüringer Unternehmen und Partnern aus Florenz nun ein handliches Gerät, das Patientinnen und Patienten für Langzeitmessungen zu Hause nutzen können. Dabei kommen jetzt zwei Arten von Sensoren zum Einsatz: Drucksensoren ermitteln das Zusammenspiel der Speiseröhrenmuskulatur. Faseroptische Sensoren im Bereich des Magens und kurz darüber messen pH- und Galle-Werte.

Indem die Werte gleichzeitig bestimmt und miteinander in Beziehung gesetzt werden können,



Interferometer, mit dem Faser-Bragg-Gitter in den Faserkern geschrieben werden. Sie stecken in den Sensoren, die den Druck in der Speiseröhre messen.

© Sven Döring



Der Katheter mit faseroptischem Sensor ermittelt die Druckverteilung über die gesamte Länge der Speiseröhre.

ermöglichen sie neue Erkenntnisse über medizinische Zusammenhänge

und Ursachen. In zwei Jahren wollen

die Forschenden das Diagnosegerät vorlegen, das dann über ein Jahr an Patienten getestet werden soll.

© Leibniz-IPHT



# Unsere Sonde ergründet das Herz

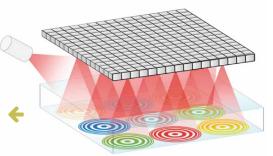
Wir entwickeln ein Endoskop, mit dem sich Herzgewebe optisch diagnostizieren lässt. Meine Vision ist es, damit jeden Teil des Herzens zu erreichen. Chirurgen würden dann so genaue Informationen erhalten, dass sie wirksamer operieren können und Patienten nicht mehr befürchten müssen, dass die Erkrankung nach der Behandlung wieder auftritt.

#### Für besseren Herz-Check

Ein Team vom Leibniz-IPHT erforscht eine multimodale bildgebende Fasersonde, um im menschlichen Herzen kritische Stellen für die Entstehung von Herzrhythmusstörungen zu diagnostizieren. Diese gelten als eine der Hauptursachen für den plötzlichen Herztod. In dem Projekt Multimodal fibre optic probe for highly resolved in vivo localization of cardiac fibrosis (MultiFib) arbeiten Iwan Schie, Ines Latka und David Vasquez Pinzon mit Partnern der Universitäten Bordeaux und Wien zusammen. "Wir wollen spezielle Katheter entwickeln, die während der Operation überwachen, ob eine Ablationstherapie, bei der die kritischen Stellen verödet werden, erfolgreich ist", erläutert Iwan Schie, der das europäische Forschungsprojekt koordiniert.

# Optisch-holografische Verfahren für eine aussagekräftige Diagnostik

Mehrere diagnostische Parameter gleichzeitig in wenigen Minuten erfassen: Das ist das Ziel des optisch-holografischen Verfahrens, das ein Team vom Leibniz-IPHT und dem Universitätsklinikum Jena in der Forschergruppe "MultiHoloDiag" erarbeitet. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler erforschen eine breit einsetzbare optisch-holografische Analyseplattform, die die Sensitivität und die Geschwindigkeit für markierungsfreie Anwendungen in der molekularen Diagnostik und Serologie deutlich steigern soll. "Dazu nutzen wir Interferenz- und Beugungseffekte des Lichts, die das Messsignal von Verunreinigungen isolieren", erläutert Karina Weber, die gemeinsam mit Ralf Ehricht, Walter Hauswald und ihrem Team an der Erforschung arbeitet. Mit Hilfe eines speziellen Phasengitters mit funktionalisierter Oberfläche soll so eine bis zu 25 Mal empfindlichere Messung von mehreren Parametern gleichzeitig vorgenommen werden können. Im Rahmen des InfectoGnostics Forschungscampus begleitet ein Industriebeirat mit Unternehmen aus der Region die Erforschung des neuartigen Diagnostikverfahrens und prüft Ergebnisse regelmäßig auf ihre Verwertbarkeit.



Auf dem Chip des digital-holographischen Sensors für den Nachweis von Biomolekülen werden Fängermoleküle für Erreger bzw. Keime (bunt) angeordnet. Sie sind so strukturiert, dass das Licht der beleuchtenden Laserdiode reflektiert, gebeugt und schließlich definiert auf dem darüber liegenden Bildsensor abgebildet wird. Durch die holografische Verstärkung kann die Sensitivität des Nachweissystems deutlich erhöht werden.

# Zelle für Zelle im Fokus

Diagnose und Therapie in einem: Ein neues Endoskop soll Tumorränder sichtbar machen und das kranke Gewebe Schicht für Schicht abtragen

Der Fortschritt lässt sich im Laserlabor von Tobias Meyer in zwei Schritten vermessen und auf einen Blick erkennen. Im Hintergrund steht ein silberner Rollwagen, obendrauf zwei schwarze Kästen und ein Monitor. Das mattschwarze kompakte Gerät auf dem optischen Tisch davor ist nicht einmal mehr ein Viertel so groß. Zweimal Medicars, Version 2015 und Version 2019: ein kompaktes Mikroskop für die schnelle operationsbegleitende Krebsdiagnostik.

"Gute Neuigkeiten aus der deutschen Krebsforschung". vermeldete die Bundesregierung im August 2019 und verwies auf die "Präzision durch Laserlicht". mit der das am Leibniz-IPHT erforschte Mikroskop krebsartiges Gewebe sichtbar macht, damit Chirurgen Tumore künftig noch exakter entfernen können. In

dem schwarzen Kasten steckt ein lichtbasiertes Werkzeug, mit dem sich die chemische und morphologische Zusammensetzung des Gewebes untersuchen lässt. Diese Informationen werden mit künstlicher Intelligenz ausgewertet und geben sofort Auskunft darüber, ob der Tumor komplett entfernt wurde – die Operation also erfolgreich war.

Tobias Meyer und sein Team vom Leibniz-IPHT, der Friedrich-Schiller-Universität Jena. dem Uniklinikum und dem Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik forschen bereits weiter. Sie kombinieren das bildgebende Verfahren mit einem minimal-invasiven chirurgischen Präzisionswerkzeug: für

eine laserbasierte Mikrochirurgie, um Krebserkrankungen schonend zu behandeln. "Unsere Vision", beschreibt es Institutsdirektor Jürgen Popp, "ist es, Licht zu nutzen, um den Tumor nicht nur zu identifizieren, sondern direkt zu entfernen."

Dazu kombinierte das Forscherteam erstmals die CARS-Bildgebung mit einem Femtosekundenlaser für die Gewebeabtragung. Die Femtosekundenlaser-Ablation,



Das weiterentwickelte Mikroskop

Medicars im Design von 2019

bei der Gewebe mittels gepulster Laserstrahlung abgetragen, also verdampft wird, sei in der Augenheilkunde derzeit das präziseste etablierte chirurgische Werkzeug, erläutert Tobias Meyer. Auf Basis der hochauflösenden, markierungsfreien CARS-Bildgebung konnten die Forschenden in unterschiedlichen Gewebetypen kleinere, krankhaft veränderte Bereiche mit mikrometergenauer Präzision selektiv abtragen.

Diesen Ansatz entwickelt das Forscherteam nun weiter, gemeinsam mit langjährigen Partnern vom Universitätsklinikum Jena, den Jenaer Optik-Firmen Grintech und Active Fiber Systems und dem weltweit operierenden Endoskop-Hersteller

Karl Storz. Ziel des vom Bundesforschungsministerium geförderten Projekts TheraOptik (Multimodale endoskopische Visualisierung und Laserchirurgie zur Diagnose und Therapie von Kopf-Hals-Tumoren) ist es, ein flexibles Endoskop zu entwickeln, mit dem sich Tumore im Kopf-Hals-Bereich hochauflösend darstellen und in einem mikrochirurgischen Eingriff direkt entfernen lassen: Diagnose und Therapie in einem Schritt.

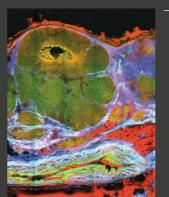
> Hand in Hand mit den Fasertechnologen des Leibniz-IPHT forscht das Team nun an Lösungen, wie die Abtragsraten erhöht und die Laser noch kleiner konstruiert werden können. Am Ende des Projekts soll ein Gerät stehen, das es in einer Kombination aus Endoskop, Ablationslaser und hyperspektraler Weitfeldbildgebung ermöglicht, Tumore an sen-

siblen Stellen schonend und präzise zu behandeln. "Mit dem Verfahren erreichen wir Auflösungen im Bereich einer einzelnen Zelle", erläutert Tobias Meyer. "Das bedeutet: Wir können gezielt eine Zelllage entfernen, ohne die nächste zu berühren und den Tumor so Schicht für Schicht abtragen." Vor allem bei Tumoren an funktionellen Stellen im Kopf-Hals-Bereich, etwa an den Stimmbändern oder entlang der Nervenbahnen könnte dies die derzeitigen Behandlungsmöglichkeiten und die Heilungsschancen für Patientinnen und Patienten entscheidend verbessern.

Publikationen: Tobias Meyer et al., CARS-imaging guidance for fs-laser ablation precision surgery, Analyst, 2019, 144, 7310. https://doi.org/10.1039/C9AN01545K

# Von der Idee zum Labormuster

## 2019



#### **Das Projekt** Theraoptik startet

Das Forscherteam entwickelt mit Partnern aus Anwendung und Industrie ein Endoskop für die multimodale Visualisierung und Laserchirurgie für die Diagnose und Therapie von Kopf-Hals-Tumoren.

2019

Fachmesse hervor.

2019



Kompaktes Mikroskop

Es macht krebsartiges Gewebe

mit Laserlicht sichtbar und ruft

großes Interesse auf der Laser-

Medicars



© Leibniz-IPHT

# 2018



Das Laser-Scanning-Mikroskop kann vom Laptop aus gesteuert werden.





Das Folgeprojekt Endocars\* zur Erforschung eines bildgebenden CARS-Endoskops startet.



# 2014 **Medicars**

2018

Kaiser-Friedrich-

**Forschungspreis** 

Für den optischen Ansatz zur

schnellen Gewebediagnostik an

das Forscherteam vom Leibniz-

IPHT, Fraunhofer-IOF, der Univer-

sität Jena und dem Universitäts-

klinikum für den optischen Ansatz

zur schnellen Gewebediagnostik



Labormuster des kompakten Mikroskops Medicars für die schnelle Gewebediagnostik

© Leibniz-IPHT



# 2009

#### **Das Projekt** Medicars\* startet

Das Ziel: Laserquellen für ein kompaktes CARS-Mikroskop für die Gewebediagnose in der Neurochirurgie zu erforschen

# 2013

## Thüringer Forschungspreis 2012

für das Multikontrast-Mikroskop für den klinischen Einsatz an das Forscherteam vom Leibniz-IPHT, Fraunhofer-IOF, der Universität Jena und dem Universitätsklinikum



\* Alle genannten Vorhaben wurden und werden gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung

# Hier sehe ich eine Lösung

Aikaterini Pistiki lernte das Leibniz-IPHT von Athen aus kennen: als Forschungspartnerin im gemeinsamen Sepsis-Projekt. Heute arbeitet sie selbst in Jena und will herausfinden, wie man multiresistenten Keimen auf die Spur kommt



Aikaterini Pistiki macht die Eigenschaften von Bakterien sichtbar.

© Sven Döring

"Gäste spülen nicht", verfügt Aikaterini Pistiki herzlich und nimmt dem Besuch im Zentrum für Angewandte Forschung die Tasse aus der Hand. Seit zwei Tagen ist die junge deutsch-griechische Wissenschaftlerin wieder zurück aus Athen. Und sie ist gerade noch dabei, sich wieder ans beschauliche Jena zu gewöhnen. "Der Lärm fehlt", sie lacht.

Vor einem Dreivierteljahr hat Katerina – wie sie sich ihren deutschen Kollegen vorstellt – als Post-Doc am Leibniz-IPHT angefangen. Ihr Forschungsgebiet: multiresistente Keime. Sie möchte herausfinden, wie man sensitive Keime schnell von multiresistenten unterscheiden kann. Wie man also innerhalb kürzester Zeit erkennt, welche Keime Mediziner mit gängigen Antibiotika noch gut behandeln können und gegen welche - wenn überhaupt - nur noch ganz wenige Präparate eine Wirkung zeigen. Dazu untersucht Aikaterini Pistiki die Bakterien mittels UV-Raman-Spektroskopie. Anhand der Art und Weise, wie eine Bakterienzelle das Licht streut, kann sie ihre chemische Zusammensetzung sichtbar machen – gewissermaßen ihren optischen Fingerabdruck gewinnen. Die Licht-Analysemethode ist raffiniert und das Leibniz-IPHT weltweit eines der profiliertesten Institute, das ihre Erforschung für Anwendungen in den Lebenswissenschaften vorantreibt.

Das war für Aikaterini Pistiki ein Grund, von Athen nach Jena zu wechseln. "Ich komme aus der klinischen Forschung und Routine", erzählt sie. "Ich kenne die Probleme in der Diagnostik. Und hier sehe ich eine Lösung." An einem Teil dieser Lösung hat sie bereits in Athen gearbeitet - gemeinsam mit einem Team vom Leibniz-IPHT. Die studierte Biologin war Doktorandin am dortigen Universitäts-

klinikum, als sie bei dem europäischen Forschungsprojekt Hemospec einstieg. Gemeinsam mit einem Forscherteam aus Jena und Athen und Partnern aus Frankreich, Italien, Dänemark und Portugal erarbeitete sie ein neues Verfahren, um Sepsis zu diagnostizieren.

Die Dissertation war fertig, Aikaterini Pistiki verteidigte und dann ging es schnell. "Am Montag bekam ich meine Urkunde, am Freitag bin ich nach Jena geflogen, um dort am Klinikum anzufangen." Am Center for Sepsis Control and Care (CSCC) erforschte sie zunächst für ein Vierteljahr, wie sich weiße Blutzellen mit Raman-Spektroskopie untersuchen lassen. "Die bluteigenen Immunzellen versuchen bei einer Infektion, den Erreger zu bekämpfen",



Das Hemospec-Team in Athen.

erläutert die Wissenschaftlerin. "Dazu mobilisieren sie molekulare Mechanismen, die zu einer Veränderung ihrer chemischen Zusammensetzung führen." Die lässt sich mit Raman-Spektroskopie erkennen und liefert einen Schlüssel, um herauszufinden, was für ein Erreger eine Sepsis auslöst.

Zurück in Athen, testete Aikaterini Pistiki ein Gerät für den Sepsis-Nachweis, das das Hemospec-Team in Jena und Italien gebaut hatte, in zwei klinischen Studien. Eine dritte folgte in Jena. Mit ihrem neuen Analyseverfahren konnten die Forschenden innerhalb kürzester Zeit feststellen, ob eine Sepsis vorliegt oder nicht. Anfang 2018 war das Projekt erfolgreich abgeschlossen; die Begeisterung der Biologin für die spektroskopische Analysemethode hielt an. "Mikrobiologische Analysen brauchen Zeit", sagt sie. "Ich sehe hier ein großes Potential für effektivere Diagnoseverfahren."

Darum geht es der Wissenschaftlerin auch in ihrem neuen Projekt. Ihr Ziel: multiresistente Keime per Raman-Spektroskopie schneller zu erkennen als es die bislang üblichen Labortests vermögen. Dafür ist sie im Herbst 2019 von Athen nach Jena gezogen, als Stipendiatin des europäischen Postdoc-Programms Multiply. Multiresistente Keime untersucht sie in einer weiteren Studie im Projekt Carbatech mit der Universität Thessalien in Larisa.

> Ihre Messungen laufen gut, erzählt Aikaterini Pistiki. Die Ergebnisse zeigen, dass ihr Ansatz aussagekräftige Ergebnisse liefern könnte. Demnächst wird sie wieder am Klinikum arbeiten, danach für ein paar Monate in einem wirtschaftsnahen Medizintechnik- und Biotechnologie-Forschungszentrum. "Es

zahlt sich aus", findet sie, "immer gleich einen Bezug zur Anwendung

Und Jena? Gefällt ihr. sie fühle sich schon gut angekommen, erzählt Aikaterini Pistiki auf der Dachterrasse des Zentrums für Angewandte Forschung. Zumal ihr Deutschland ja nicht neu sei. Sie war fünf Jahre alt, als sie mit ihrer Familie nach Metzingen gezogen ist, am Fuß der Schwäbischen Alb. "Nichts für mich", erinnert sie sich und lacht. Zum Studium ging sie zurück nach Griechenland. Jetzt sei ein neues Kapitel dran. "Nur das Wetter könnte besser sein", sagt Aikaterini Pistiki, während sie auf das wolkenverhangene Panorama des Saaletals blickt. "Aber dafür ist es in Jena schön grün."

# Forschung übersetzen

#### Bildungsministerin zeichnet Leibniz-IPHT mit europäischem Dahrendorf-Preis aus

Eine Glühbirne zeichnen können, eine Rakete und einen Totenkopf: Die Vorbereitung auf diese Preisverleihung sah für den wissenschaftlichen Direktor des Instituts diesmal etwas anders aus als üblich. Denn das Ministerium hatte den Gewinnern des europäischen Dahrendorf-Preises Hausaufgaben aufgegeben. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sollten erklären, was sie erforscht haben — anschaulich, unterhaltsam und bitte so kurz gefasst, dass es auf 33 x 33 Zentimeter passt. Für Jürgen Popp und Ute Neugebauer hieß das: HemoSpec auf einer Serviette.

In dem EU-geförderten Projekt erforschte das Wissenschaftlerteam vom Leibniz-IPHT gemeinsam mit dem Uniklinikum Jena und europäischen Partnern ein Verfahren, um Sepsis schnell zu diagnostizieren. Damit hätten sie gezeigt, "wie europäische Zusammenarbeit das Leben der Bürgerinnen und Bürger verbessern kann", sagt Bildungsministerin Anja Karliczek, die Ute Neugebauer und Jürgen Popp den Ralf-Dahrendorf-Preis für den Europäischen Forschungsraum am 14. Mai 2019 in Berlin

Den Preis hat das Bildungsministerium neu ins Leben gerufen und zwar mit einem doppelten Ziel: um herausragende Leistungen von Forschenden in europäischen Projekten zu würdigen und die Wissenschaftskommunikation zu fördern. Die Auszeichnung ist demnach ebenfalls eine doppelte: Sie

verliehen hat.

geht auch an das Kommunikationskonzept, das das Team der Öffentlichkeitsarbeit verfasst hat, um die Forschungsergebnisse "neuen, nichtwissenschaftsorientierten Zielgruppen in der Gesellschaft bekannt zu machen", wie es in der Ausschrei-

wichtig, betont Anja Karliczek bei der Preisverleihung. Denn Wissenschaft verständlich zu vermitteln,

bung hieß. Dies sei ihr besonders

sei die Grundlage dafür, "dass Bürgerinnen und Bürger mitreden

können" – und somit der beste Weg, gegen die sich verbreitende Wissenschaftsskepsis anzugehen.

#### Lasergirl jagt den Killerkeim

Das will das Leibniz-IPHT mit

seinem Konzept der Wissen-

schaftskommunikation erreichen. Dazu bringt das Team der Öffentlichkeitsarbeit Forschung in den Alltag der Menschen: mit einem Science-Pop-up-Shop, einem Wissenschaftscomic, Kurzfilmen und einer Social-Media-Kampagne. Im Superheldinnen-Comic, der Mitte 2020 erscheinen wird, kämpft Lasergirl gegen einen Killerkeim. Der temporäre Science-Shop LichtLabor bietet Besucherinnen und Besuchern jeden Alters Programm rund um das Thema "Forschen mit

Licht". Das LichtLabor

zu 50.000 Euro.

will informieren, für Forschung begeistern und zum Mitmachen anregen. Das Bundesministerium unterstützt die Umsetzung mit bis

- Laserlicht,

symbolisiert durch die Glühbirne - werden molekular-spektroskopische Fingerabdrücke der Leukozyten erzeugt und mithilfe von künstlicher Intelligenz interpretiert.

#### Die Europa-Flagge

Die Förderung durch die Europäische Union und die fruchtbare Zusammenarbeit mit dem Team vom Uniklinikum Jena sowie den in-

ternationalen Expertinnen und Experten aus Griechenland, Italien, Portugal, Frankreich und Dänemark haben die Erforschung dieses Verfahrens möglich gemacht.

© Hans-Peter Rickel/BMBF

#### Die Bombe

Es gibt einen dringenden medizinischen Bedarf: Infektionen, die zu einer Sepsis führen können, werden oft zu spät erkannt und

Wissenschaft auf einer Serviette erklärt

behandelt. Doch jede Stunde Wartezeit auf die richtige Therapie verschlechtert die Überlebenschancen drastisch.

#### Der Blutstropfen, die Glühbirne und der Roboter

Der europäische For-

schungsverbund HemoSpec hat eine Lösung gefunden. Aus einer Blutprobe gewinnt das Forscherteam mittels Laserlichtbestrahlung der Leukozyten innerhalb kürzester Zeit die Informationen. die Medizinerinnen und Mediziner brauchen, um gezielt zu behandeln. Mit biophotonischen Technologien

© Sandruschka

#### **Die Rakete**

Die technologische Lösung für den medizinischen Bedarf haben die Forschenden gefunden. Damit diese aber durchstarten und am Krankenbett zum Einsatz kommen kann.

> müssen die Forschenden ...

#### das Tal des **Todes**

... überwinden. Dafür jedoch fehle es an geeigneten Translationsstrukturen, sagte Jürgen Popp anlässlich der Preisverleihung. "Wir müssen neuartige strukturierte Translationsinstrumente schaffen, so dass Forscher ihre Ergebnisse

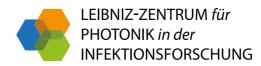
zusammen mit der Industrie schneller an den Markt bringen können." Vier Monate später setzte das Bundesministerium für Bildung und Forschung das neue Leibniz-Zentrum für Photonik in der Infektionsforschung (LPI) auf die nationale Roadmap für zukunftsweisende Forschungsinfrastrukturen. Der Bund fördert den Aufbau des nutzeroffenen Zentrums in Jena - damit gute Ideen aus der Forschung künftig schneller zu den Patienten gelangen (S. 24).

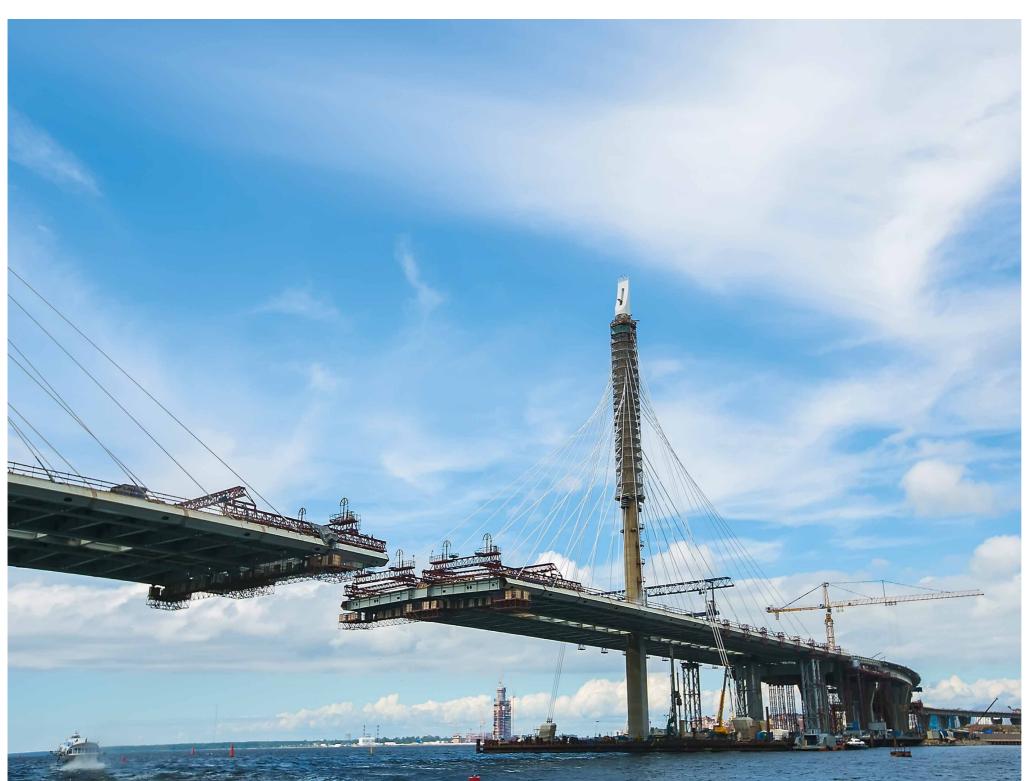
Lasergirl jagt den Killerkeim

© Sandruschka

# "Gute Ideen aus der Forschung müssen schneller zu den Patienten"

Zukunftsweisende Forschungsinfrastruktur: In Jena entsteht das neuartige Leibniz-Zentrum für Photonik in der Infektionsforschung (LPI)





Die Lücke schließen: Das neue Leibniz-Zentrum für Photonik in der Infektionsforschung soll die Umsetzung von Forschungsergebnissen in die klinische Anwendung erleichtern.

Gute Ideen aus der Forschung sollen künftig schneller zu den Patientinnen und Patienten gelangen. Dazu investiert der Bund in das neue Leibniz-Zentrum für Photonik in der Infektionsforschung (LPI) in Jena. Naturwissenschaftler, Technologieentwickler, Mediziner und Medizintechnikhersteller entwickeln dort künftig lichtbasierte Technologien für eine bessere Diagnostik und Therapie von Infektionskrankheiten. Das LPI setzte sich im nationalen Roadmap-Prozess für zukunftsweisende Forschungsinfrastrukturen des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) durch und soll in den kommenden Jahren mit etwa 150 Millionen Euro gefördert werden.

Die Corona-Krise führt uns die verheerenden Auswirkungen von Infektionskrankheiten vor Augen. Labore und Kliniken sind für eine solch enorme Belastung nicht ausgelegt, Testkapazitäten nicht ausreichend vorhanden. Ungleichheiten in der Gesundheitsversorgung werden verschärft. Tests, Behandlungen und Impfstoffe stehen nicht allen Menschen gleichermaßen zur Verfügung.

Eine weitere Bedrohung ist die Ausbreitung multiresistenter Keime. Jeden Tag sterben 2000 Menschen an den Folgen von Bakterien, gegen die kein Antibiotikum mehr hilft. Infektionskrankheiten zählen zu den häufigsten Todesursachen weltweit. Neue Ansätze für die Diagnostik und Behandlung werden dringend benötigt.

Photonische Technologien – also Methoden und Prozesse, die Licht als Werkzeug nutzen – können dazu beitragen, diese Probleme nachhaltig zu lösen. Lichtbasierte Verfahren messen schnell, empfindlich, berührungslos und tragen dazu bei, besser zu verstehen, wie Erreger uns krank machen, wie sich unser Körper wehrt und wie sich diese Prozesse beeinflussen lassen.

Bis die Fortschritte dieser Forschung beim Patienten ankommen, vergeht allerdings viel Zeit. "Bis aus einer Idee ein marktfähiges Produkt wird, dauert es im Schnitt 14 Jahre", erläutert Jürgen Popp, wissenschaftlicher Direktor des Leibniz-IPHT. Mit dem neuen Forschungszentrum soll sich das ändern. In Jena arbeiten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler verschiedener Disziplinen gemeinsam daran, der wachsenden Bedrohung durch Infektionskrankheiten besser begegnen zu können. Die Translationsinfrastruktur steht Nutzern aus Forschung und Industrie offen – und stellt damit einen Unterbau für die Erforschung innovativer Methoden bereit, der europaweit einmalig ist.

"Wir brauchen gute Ideen, unkonventionelle Ansätze und Lösungen, die zügig vom Labor ans Krankenbett gelangen", so Jürgen Popp. Dazu bündelt das neue Forschungszentrum Jenas Kompetenzen in Optik, Photonik und der Infektionsforschung. Am LPI arbeiten künftig Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler vom Leibniz-IPHT und der Friedrich-Schiller-Universität Jena, vom Universitätsklinikum und dem Hans-Knöll-Institut (Leibniz-HKI) im Team mit internationalen Spitzenforscherinnen und -forschern und Anwendern aus der Industrie – mit kurzen Wegen und klaren Übergabepunkten in einem strukturierten Prozess.

Die Idee für die innovative Translationsinfrastruktur entspringt einem dringenden medizinischen Bedarf. Sie bietet eine enorme Chance: schneller zu sein im Kampf gegen Infektionskrankheiten.

# Welche Chancen eröffnet das Leibniz-Zentrum für Photonik in der Infektionsforschung?



"In der Corona-Krise erleben wir, wie rasant sich eine Pandemie in unserer globalisierten Welt ausbreiten kann. So rasant, dass kaum Zeit bleibt, angemessen zu handeln. Das führt uns vor Augen, wie dringend wir bessere Möglichkeiten für die Diagnostik und Therapie von Infektionskrankheiten brauchen – und zwar überall auf der Welt. Das LPI eröffnet uns Wege, solche Verfahren und Technologien rasch zu entwickeln und auf den Markt zu bekommen."

**Prof. Dr. Jürgen Popp** | Wissenschaftlicher Direktor des Leibniz-Instituts für Photonische Technologien





"Das LPI ist ein wichtiger Baustein in der Entwicklungsstrategie für Jena. Es wird ein Anziehungspunkt für externe Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler werden, denn hier werden die Zukunftsthemen in der Medizin erforscht, etwa biologische Therapeutika. Wir wollen Vorreiter sein für Ansätze, von denen wir glauben, dass sie die medizinische Agenda der nächsten zehn bis 20 Jahre bestimmen werden."

Prof. Dr. Axel A. Brakhage | Direktor des Leibniz-Instituts für Naturstoff-Forschung und Infektionsbiologie – Hans-Knöll-Institut





"Das LPI könne die Diagnostik von Krankheitserregern revolutionieren, urteilte der Wissenschaftsrat. Dass dies in Jena geschieht, ist kein Zufall. Die Verknüpfung von photonischen Technologien, Grundlagenforschung und klinischer Anwendung zeigt die Stärken des Standorts. Universität, außeruniversitäre Forschungseinrichtungen und Wirtschaft sind hier gut vernetzt und machen den Standort für hochqualifizierte Wissenschaftler aus aller Welt attraktiv."

**Prof. Dr. Walter Rosenthal** | Präsident der Friedrich-Schiller-Universität Jena

FRIEDRICH-SCHILLER-UNIVERSITÄT JENA



"Das LPI entspringt einem dringenden medizinischen Bedarf. Mediziner brauchen schnellere und genauere Diagnose-Methoden. Informationen für einen zielgenauen Antibiotika-Einsatz etwa können helfen, uns aus der Resistenz-Misere zu befreien. Das LPI bietet die Möglichkeit, Diagnostik und Therapie zu verknüpfen. Aus medizinischer Sicht eröffnet das eine große Vision: bei therapeutischen Ansätzen ganz neue Wege zu gehen."

Prof. Dr. Michael Bauer | Direktor der Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin am Universitätsklinikum Jena



www.freepik.com

Forschende machen sichtbar, wie der AIDS-Erreger sich im Körper vermehrt. Das hilft, um Angriffspunkte für neue Therapien zu identifizieren

Die Immunschwäche AIDS wird von HI-Viren verursacht. Sie setzen die Immunzellen – die sogenannten T-Helferzellen – außer Gefecht. Statt andere Zellen des Immunsystems bei der Abwehr von Krankheitserregern zu steuern, produzieren infizierte T-Helferzellen neue HI-Viren in großer Menge. Wie es den Viren gelingt, sich zwischen lebenden T-Helferzellen zu verbreiten, konnte ein internationales Forscherteam um Christian Eggeling mithilfe von höchstauflösender Bildgebung nun in Echtzeit beobachten.

Mit der superauflösenden STED-Fluoreszenzmikroskopie liefern die Forschenden einen direkten Beweis dafür, dass der AIDS-Erreger zum Vervielfältigen ein bestimmtes Lipidmilieu schafft. "Das liefert uns Anhaltspunkte, um zu erforschen, wie sich diese Vermehrung potenziell verhindern lässt", sagt Christian Eggeling, der am Leibniz-IPHT, der Friedrich-Schiller-Universität Jena und der Universität Oxford forscht und lehrt.

Gemeinsam mit einem Team um
Delphine Muriaux und Cyril Favard
von der Université Montpellier und
seinem Kollegen Jakub Chojnacki
hat Christian Eggeling die Plasmamembran infizierter T-Helfer-Zellen
untersucht. In den Fokus nahmen
sie dabei die Schleuse, durch die das
HI-Virus (Human Immunodeficiency Virus) aus der Zelle heraustritt,
nachdem es sich darin vermehrt hat.
Als Marker diente ihnen dabei das
Protein Gag, das die Vorgänge beim
Zusammenbau der neu produzierten

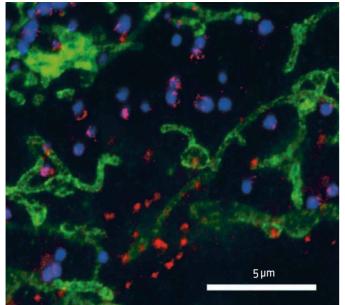
Viruspartikel koordiniert. "Dort, wo sich dieses Protein sammelt, laufen die entscheidenden Prozesse ab. die dazu führen, dass die Viren sich freisetzen und weitere Zellen infizieren", erläutert Christian Eggeling. Um diese Prozesse zu entschlüsseln, haben sich die Forschenden die Diffusion des Gag-Proteins an den Ort der Knospung

des "budding" – des Viruspartikels angesehen. Während des "budding" treten die Viruspartikel durch die Plasmamembran aus der Zelle und erhalten dabei ihre Lipidhülle. Wie Eggeling und sein Team nun herausgefunden haben, wechselwirken nur ganz bestimmte Lipide aus der Zellmembran mit dem HI-Virus. Zwar waren diese Lipide prinzipiell schon vorher bekannt, aber das Forschungsteam konnte diese Wechselwirkung nun erstmals direkt in lebenden Zellen beobachten.

#### Angriffspunkt, um die Vermehrung des Virus' zu verhindern

"Damit haben wir einen potentiellen Angriffspunkt, an dem antivirale Medikamente ansetzen könnten", so Christian Eggeling.

"Zu wissen, welche Moleküle das HI-Virus braucht, um aus der Zelle herauszutreten und sich zu vervielfältigen, ist eine entscheidende Voraussetzung, um zu erforschen, wie sich dies verhindern lässt. Mit unserer Technik können wir das jetzt direkt und live verfolgen." Mit seinem Team will Eggeling nun Anti-



STED-Mikroskopie-Aufnahme von Fibroblastenzellen. © Leibniz-IPHT

# STED-Mikroskopie

STED steht für "Stimulated Emission Depletion" und ist ein fluoreszenzmikroskopisches Verfahren, mit dem die von Ernst Abbe beschriebene optische Auflösungsgrenze unterschritten werden kann. Bei dem Verfahren werden Fluoreszenz-Farbstoffe durch Licht angeregt, die anschließend spontan Licht in einem energieärmeren Wellenlängenbereich abstrahlen. Diese spontane Abstrahlung lässt sich unterdrücken, wenn intensives Licht dieser energieärmeren Wellenlänge zusätzlich eingestrahlt wird. Das Abregungslicht wird ringförmig um den Fokus der zu untersuchenden Probe gelegt, wodurch sich die Emission von Fluoreszenzlicht auf den zentralen Bereich der Probe beschränkt. Dieser effektive Fokuspunkt ist durch diesen optischen Trick erheblich verkleinert und seine Ausdehnung liegt unterhalb der Abbeschen Beugungsgrenze.

körper entwickeln, die genau diese Moleküle angreifen – und so die Verbreitung des Virus unterdrücken.

"Wir wollen diese Antikörper nicht nur in medizinischer Hinsicht untersuchen, sondern herausfinden, wie man ihre biophysikalische Wechselwirkung nutzen kann, um ihre Wirk-

> samkeit zu verstärken", kündigt Eggeling an. Um auf molekularer Ebene zu verstehen, wie Krankheiten entstehen, kombiniert Christian Eggeling räumlich superauflösende Fluoreszenzmikroskopie-Techniken mit Methoden, die die Bewegung markierter Moleküle in Echtzeit verfolgen. Das STED-Mikroskopieverfahren hatte Eggeling während seiner Zeit im Labor des späteren Nobelpreisträgers Stefan Hell aus Göttingen mitentwickelt. Mit seinem Ansatz lassen sich einzelne Moleküle in lebenden Zellen räumlich und zeitlich untersuchen. "Das ermöglicht es uns, zelluläre Mechanismen auf molekularer Ebene zu enthüllen, die für bisherige Untersuchungsmethoden viel zu schnell sind und auf viel zu kleinen räumlichen Skalen ablaufen."

HIV-1 Gag specifically restricts PI(4,5)
P2 and cholesterol mobility in living for virus assembly. Science Advances (2019), DOI: 10.1126/sciadv.aaw865

#### Lösungen mit Licht

# Technologie

# und Telekommunikation

Forschende der Arbeitsgruppe "Aktive Fasermodule" arbeiten in dem europaweiten Projekt NCLas (Nanocrystals in Fiber Lasers) daran, Faserlaser mit neuen Wellenlängen zu erschließen. Die Faserlaser sollen den bislang erreichten Spektralbereich erweitern und neue Anwendungen in Medizin und Telekommunikation ermöglichen.

Die Forschenden bauen Nanokristallite in eine Faser ein. So wollen sie Bereiche erschließen, die für biomedizinische Anwendungen relevant sind, für die es aber bislang keine praxistauglichen Lösungen gibt. So zielt ein geplanter Faserlaser auf einen Spektralbereich, in dem Gewebe sehr transparent ist, so dass auch tief liegende Schichten sichtbar werden. Ein weiterer Faserlaser ist von hohem Interesse für die Telekommunikation, wo Informationen über die optische Faser übertragen werden. Die EU unterstützt das von Arbeitsgruppenleiter Matthias Jäger koordinierte Projekt, an dem Forschungspartner aus Spanien, Polen und Großbritannien mitarbeiten.

#### www.nclas-fetopen.eu

# Ausbildung

#### Karrieretraining für internationale Postdocs



Xue Qi, Oguzhan Kara und Aikaterini Pistiki (von links)

Aus der Türkei, aus Griechenland und aus China sind drei neue Postdocs als Fellows des Netzwerks

MULTIPLY (International Mobility and Training Programme in Photonics for Experienced Researchers) an das Leibniz-IPHT gekommen.

Oguzhan Kara arbeitet an ultrakurzen Faserlasern für neue Technologien im mittleren Infrarotbereich. Aikaterini Pistiki (S. 20) forscht an der Unterscheidung von methicillinresistenten und methicillinempfindlichen Staphylococcus-aureus-Stämmen mit Raman-Spektroskopie. Xue Qi arbeitet zur kohärenten Superkontinuum-Erzeugung in Fasern mit

maßgeschneiderter Dispersion über geometrisch induzierte Resonanzen.

Das Leibniz-IPHT ist mit 50 weiteren international führenden akademischen und industriellen Partnern aus Europa, China, Australien, Russland und Mexiko Teil des Konsortiums von MULTIPLY, das herausragende Forschende mit einem Karrieretraining unterstützt. Die EU fördert das Marie-Skłodowska-Curie-COFUND-Projekt im Programm Horizon 2020.

multiply.astonphotonics.uk

# Für neue Möglichkeiten in Diagnostik

erfolgreichste Laserkonzept, denn sie ermöglichen kompakte, robuste und energieeffiziente Lichtquellen. Ich bin überzeugt davon, dass wir mit unserer Forschung den Weg für Anwendungsmöglichkeiten von optischen Fasern bereiten, die heute noch Zukunftsvision sind.

© Sven Döring

Telpuiz hort | 31

Dr. Matthias Jäge

leitet die Arbeitsgrup

Wir erforschen

Zukunftsvisionen

Ich arbeite an der Entwicklung innovativer

Faserlichtquellen. Faserlaser sind derzeit das

Aktive Fasermodule

Laser für



Thomas Bocklitz leitet die Forschungsabteilung "Photonic Data Science".

© Sven Döring

# "Künstliche Intelligenz wird die Medizin langfristig besser machen"

Das Leibniz-IPHT setzt verstärkt auf die Erforschung künstlicher Intelligenz und lernender Systeme. Wie diese die Diagnostik der Zukunft voranbringen können, fragen wir Thomas Bocklitz, der die neue Forschungsabteilung "Photonic Data Science" leitet

Welche neuen Möglichkeiten eröffnet der Einsatz von Photonic Data Science für die Diagnostik?

Photonische Datenwissenschaft ist ein Potpourri, in dem mathematische und statistische Verfahren mit Algorithmen und Domänen-Wissen kombiniert werden, um Messdaten in nutzbare Informationen zu übersetzen. In unserem Fall werden photonische Daten meist in biomedizinische beispielsweise diagnostische – Informationen übersetzt. Durch die Übersetzung mit dem Computer lassen sich robust diagnostische Informationen extrahieren. Zum anderen können sehr kleine, winzige Details in komplexen Daten für eine Diagnostik nutzbar gemacht werden. Damit eröffnen sich neue Möglichkeiten.

Bei der Auswertung dieser Daten hilft dann künstliche Intelligenz (KI). Welche am Institut erforschten Verfahren basieren auf dem Einsatz von KI?

Infektionserregern werden maschinelle Lernverfahren und Algorithmen für die Datenvorbehandlung genutzt, um Raman-Spektren von Bakterien in eine Resistenzvorhersage zu übersetzen – also anhand der spektroskopisch aufgenommenen Daten vorherzusagen, um welchen Erreger es sich handelt und gegen welche Antibiotika dieser resistent ist. Für das kompakte

Mikroskop Medicars (S. 18) wenden wir tiefe und maschinelle Lernverfahren an, um multimodale Bilddaten in eine Gewebevorhersage für die Erkennung von Tumorrändern zu sern. Es existiert ein Kontrollverlust, übersetzen. In der Smartphone-Mikroskopie, die das Team um Rainer Heintzmann erforscht (S. 36), wird mittels tiefer Lernverfahren eine Bildverbesserung erreicht.

Woher stammen die Datensätze, mit denen derzeit hauptsächlich gearbeitet wird? Lassen sie sich für alle Patientinnen und Patienten gleichermaßen anwenden?

Die Datensätze werden in klinischen Studien erzeugt, die wir von Beginn an betreuen. Die Studien sind noch zu klein, um einen Gender-Bias auszuschließen, aber wir arbeiten am Experimental Design sodass es im Trainingsdatensatz keinen Gender-Bias gibt und wir hoffen, dass die Modelle dann auch keinen Bias generieren.

Birgt die automatisierte Beim laserbasierten Schnelltest von Auswertung von medizinischen Kontrolldaten auch ein Risiko? Einen **Kontrollverlust?** 

> Natürlich birgt jede Technologie Risiken, wobei diese hier überschaubar sind. Die künstliche Intelligenz beziehungsweise maschinelle Lernverfahren funktionieren nur gut, wenn die neuen Testdaten den Trainingsdaten ähneln. Diesem Problem versuchen

wir zu begegnen, indem wir die nötige Ähnlichkeit durch Standardisierungen und Modelltransfer herstellen, um so die Vorhersagen zu verbeswenn die Modelle vollautomatisch angewandt werden. Aber mittelfristig werden die Modelle nur eine zweite Meinung darstellen, daher wird es keinen Kontrollverlust geben.

Können Mediziner die lernenden Systeme verbessern? Ist die Vorgehensweise von KI-Anwendungen für sie nachvollziehbar?

Teibniz | Ipht | 8

Mediziner können die Datenbasis erhöhen oder durch Pooling oder Voting die Unsicherheit der Metadaten – das heißt Labels – reduzieren, was zu besseren Modellen führt. Die Nachvollzierbarkeit der KI-Modelle ist ein großes Thema in der aktuellen Machine-Learning-Forschung - Stichwort "Explainable AI". Da wird versucht, diese Modelle zu entschlüsseln, um eindeutig nachvollziehbar zu machen, auf welche Weise maschinelle Lernmethoden und Deep-Learning-Systeme zu ihren Ergebnissen kommen.

Kann KI so perfektioniert werden, dass sie irgendwann bessere Diagnosen stellt als ein Mensch?

Ich denke ja, wenn die Daten ein hohes Maß an Standardisierung aufweisen. Eine weitere Herausforderung ist es, diese Verbesserung



Mit der Gründung der Abteilung "Photonic Data Science" um Thomas Bocklitz, verankert Institutsdirektor Jürgen Popp (rechts) die Erforschung künstlicher Intelligenz und lernender Systeme bewusst in der Strategie des Leibniz-IPHT.

© Sven Döring

nachzuweisen. Das verlangt recht lang angelegte klinische Studien und ist ethisch problematisch.

Könnte KI Ärzte irgendwann einmal ersetzen. anstatt sie nur zu unterstützen? Könnten zum Beispiel Operationen irgendwann von KI-gesteuerten

#### Robotern durchgeführt werden?

Ich denke nicht, da viele Unsicherheiten in einer Operation existieren, auf die flexibel reagiert werden muss. Das ist keine hervorstechende Eigenschaft der gegenwärtigen KI-Verfahren. Es ist eher wahrscheinlich, dass die OP-Roboter sehr konkrete Dinge auf Anweisung des Operateurs direkt umsetzen.

#### Wird KI die Medizin besser machen?

Langfristig, denke ich: ja. Aber zuerst wird sie die Diagnostik vergleichbarer machen und sie wird es auch erlauben, Daten nicht nur sequentiell zu verwenden, sondern kombiniert.

	Melanocytic	Melanocytic	Melanocytic Nevus	Dysplastic	Dysplastic Nevus	Melanoma	Melanoma In situ	Melanoma Level II	Melanoma	Melanoma Level III	Melanoma	Melanoma	Melanoma
HE	Nevus	Nevus	Nevus	Nevus	Nevus	In situ	in situ	Level II	Level II	Level III	Level III	Level IV	Level IV
Pathology Diagnosis	E word		Specie					7				100	
TPEF/SHG							AND THE PROPERTY OF THE PROPER	T		6			
Histogram					-								Control of the Contro
GLCM							100 m						A STR
Both			1	1								-725)? <b>**</b> (**********************************	

Mittels verschiedener Merkmalsextraktoren (lokale Grauwertematrix GLCM, Histogramm-Merkmale) werden maschinelle Lernverfahren erstellt. Sie übersetzen die multimodale Bilddaten (SHG/TPEF) in semantische Segmentierungen, welche die Verteilung von Gewebeklassen (Tumor, normal) repräsentieren.

#### Künstliche Intelligenz, maschinelles Lernen, tiefes Lernen

Entscheidungsfin-Künstliche Intelligenz Die technische Entwicklung intellige Maschinelles Lernen dung, Problemlösung, Lernen - dies sind Handlungen, die wir gemeinhin mit dem menschlichen Denken verbinden. Ihre 1960 1970 1980 1990 2000 1950 Automatisierung bezeichnen wir als künstliche Intelligenz (KI). Ein wichtiges

schaftler erforschen Algorithmen und statistische bzw. mathematische Medungen treffen, ohne explizit dafür

thoden, mit denen Computersysteme programmiert worden zu sein. Zum bestimmte Aufgaben lösen können. Einsatz kommen ML-Techniken etwa für die Spam-Erkennung in E-Mail-

Dazu konstruieren maschinelle Lernmethoden aus einem Beispieldaten-

Input

klassische Bilder der Standard-Diagnostik übersetzt. So werden Tumorränder sichtbar.

"Dazu trainieren wir gemeinsam mit Pathologen KI-Algorithmen", erläutert Thomas Bocklitz. "Wir nehmen Multimodalbilder einer Gewebeprobe mit unserem laserbasierten Multimodalmikroskop auf. In der Pathologie wird der Gewebeschnitt dann eingebettet, gefärbt und ein Bild des HE-gefärbten Gewebeschnitts gemacht (HE = Hämatoxylin-Eosin). Auf diesem kann der Pathologe Tumorgewebe erkennen. Dann

legen wir das Multimodal- und das

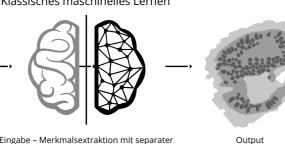
HE-Bild nebeneinander."

Ausgehend von der Analyse der Gewebestruktur- und -morphologie durch den Pathologen bringt das Forscherteam dem Algorithmus bei, welches Gewebe gesund und welches krank ist. "So lernt der Algorithmus in diesem überwachten Ansatz sukzessive, gesunde und kranke Bereiche zu unterscheiden." Mit Erfolg: Die Genauigkeit der Vorhersagen liegt nach Tests an einer kleinen Gruppe von Patienten bei mehr als 90 Prozent.

tisch-mathematisches Modell. Auf oder tiefe Lernen, bezeichnet eine dieser Basis können ML-Methoden Methode des maschinellen Lernens.

satz, den Trainingsdaten, ein statis-

Tiefes Lernen Lernen auf der Grundlage ein 2006 2010 2012 2017 Klassisches maschinelles Lernen



Eingabe - Merkmalsextraktion mit separatei Klassifizierung - Ausgabe

Vorhersagen erstellen oder Entschei-Konten, in der Bildverarbeitung und zur Analyse spektroskopischer Daten.

ersten, sichtbaren Schicht werden die Merkmale in den nachfolgenden, verborgenen Zwischenschichten dabei zunehmend abstrakt. Das Ergebnis wird in der letzten, wieder sichtbaren Schicht ausgegeben.

© Leibniz-IPHT

Deep Learning, das mehrschichtige

die ähnlich

vorgeht wie

das mensch-

liche Gehirn,

visuelle und

andere Reize

verarbeitet.

Künstliche

Neuronen

nehmen

Eingaben

entgegen,

sie und

verarbeiten

geben sie

an andere

Neuronen

Ausgehend

von einer

weiter.

wenn es

#### Mit KI Tumorgewebe sichtbar machen

Teilgebiet der KI

ist das Maschi-

nelle Lernen

(ML). Wissen-

schaftlerinnen

und Wissen-

Hat der Chirurg bei der Operation den ganzen Tumor entfernt? Um dies herauszufinden, kombinieren Forschende optische Methoden mit künstlicher Intelligenz (KI) und Datenvorbehandlungsverfahren. KI steckt etwa hinter dem kompakten Mikroskop Medicars für eine schnelle Krebsdiagnostik während der Operation. Hier werden Muster und molekulare Details einer mit Laserlicht bestrahlten Gewebeprobe automatisch ausgewertet und in

© Leibniz-IPHT



Rainer Heintzmann hält einen Spritzschutz vor die Jalousie. Das ergibt: einen Moiré-Effekt.

© Sven Döring

# Superauflösend

Wer feinste Details in der Zelle sichtbar machen möchte, stößt mit Standard-Lichtmikroskopen an eine Grenze. Als Doktorand entdeckte Rainer Heintzmann ein Verfahren, mit dem sich diese Grenze durchbrechen lässt. Heute hat er die Technik der superauflösenden Mikroskopie so verbessert, dass sie für die Anwendung in Biologie und Medizin nützlich ist

Um lebende Zellen bei der Arbeit zu zu beobachten — in Echtzeit und beobachten, müssen Forschende ein physikalisches Gesetz umgehen. Eine "Die Bilddaten lassen sich etwa der schnellsten Techniken, um die Auflösungsgrenze der klassischen Lichtmikroskopie zu überwinden, ist die hochauflösende

strukturierte Beleuchtungsmikroskopie. Sie macht Details in der Zelle sichtbar. die etwa hundert Nanometer winzig sind, hundert Millionstel eines Millimeters. Die aufgenommenen Daten wieder in Bilder zu übersetzen, kostete bislang allerdings viel Zeit. Rainer Heintzmann hat gemeinsam mit einem Forscherteam der Universität Bielefeld eine Technik entwickelt, mit der sich die Bilddaten direkt rekonstruieren lassen. Damit können Forschende biologischen Vorgängen in der Zelle quasi live zuschauen. "Das ermöglicht völlig neue bildgebende Arbeitsabläufe, die

kein anderes hochauflösendes Mikro- der bereits als Doktorand 1998 skopieverfahren derzeit so erlaubt", sagt Rainer Heintzmann.

Computerspielern verhilft die Grafikkarte zu einem tollen Spiele-Erlebnis. Die Forschenden nutzen sie, um kleinste Zellbestandteile in Aktion

mit einer sehr hohen Bildfrequenz.

zwanzigmal schneller rekonstruieren als dies auf einem PC dauern würde", erläutert Rainer Heintzmann,

# Strukturierte Beleuchtungsmikroskopie

Moiré bedeutet im Französischen "marmoriert" und bezeichnet einen Effekt, bei dem durch die Überlagerung von Mustern neue Muster entstehen: wie die Wellenlinien, die erkennbar werden, als Rainer Heintzmann fürs Foto einen Pfannen-Spritzschutz vor die Jalousie hält. Diesen Moiré-Effekt überträgt der Forscher auf die Mikroskopie, um Dinge erkennbar zu machen, die unterhalb der optischen Beugungsgrenze liegen. Bei der strukturierten Beleuchtung regt man Farbstoffe in einer Probe mit unterschiedlich verschobenen und unterschiedlich orientierten Streifenmustern an, so dass Moiré-Streifen entstehen. Diese werden aufgenommen und enthalten Informationen über winzige Strukturen in der Probe. Im Rahmen der Bildverarbeitung kann diese Information wiedergewonnen werden. Indem sie mehrere Moiré-Muster verarbeiten, erstellen Forschende ultrahochauflösende Bilder, die ein Auflösungsvermögen von bis zu 100 Nanometern erreichen können.

> die Grundlagen zum Verfahren der strukturierten Beleuchtung in der Hochauflösungsmikroskopie legte. Gemeinsam mit ihm baute das Bielefelder Forscherteam um Thomas Huser die Technik der superauflösenden strukturierten Beleuch-

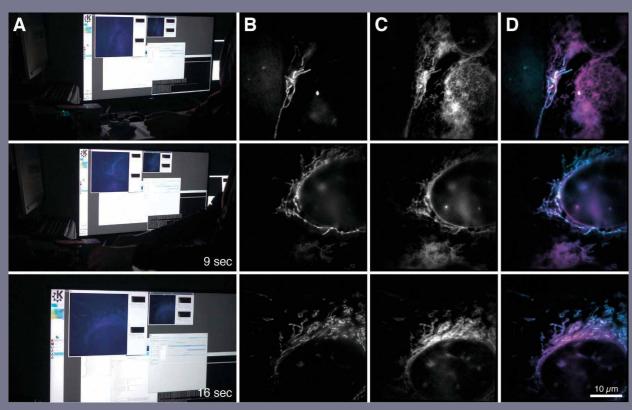
tungsmikroskopie (Super-Resolved Structured Illumination Microscopy, SR-SIM) nun weiter aus.

Bei dem fluoreszenzmikroskopischen Verfahren SR-SIM werden Objekte

> über ein spezielles Muster mit Laserlicht bestrahlt. Es regt besondere, fluoreszierende Moleküle in der Probe an, sodass sie Licht in einer anderen Wellenlänge wieder abgeben. Die mikroskopische Aufnahme zeigt dann dieses abgestrahlte Licht. Es wird zunächst in mehreren Einzelbildern aufgenommen und dann als hochaufgelöstes Bild auf einem Computer rekonstruiert. "Vor allem der zweite Schritt hat bisher sehr viel Zeit gekostet", sagt Andreas Markwirth von der Universität Bielefeld, Erstautor der Studie, die das Forscherteam im renommierten Fachmagazin "Nature

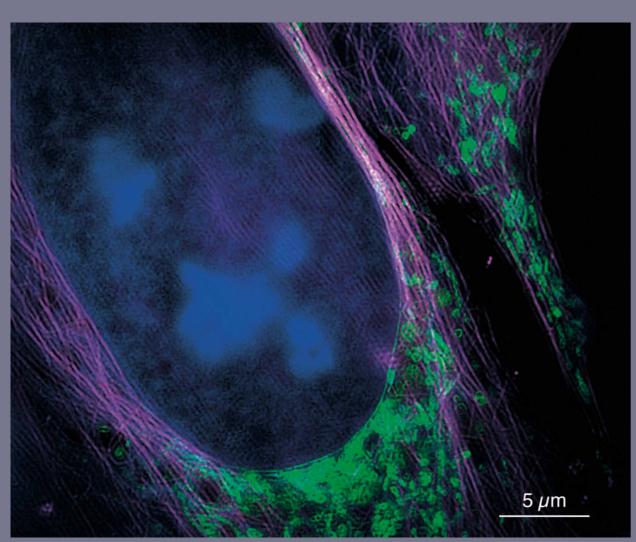
Communications" veröffentlichte.

Für das neue Mikroskop setzte das Forscherteam Parallelrechner-Verfahren auf modernen Grafikkarten ein und konnte so die Bildrekonstruktion deutlich beschleunigen. Eine minimale Verzögerung von 250 Millisekunden



Aufnahmen des Mikroskops: Links das Computerbild, rechts die Mikroskopbilder. Zu sehen ist eine Knochenkrebszelle mit Mitochondrien (blau) und endoplasmatischem Retikulum (rosa) zu unterschiedlichen Zeitpunkten.

Universität Bielefeld/W. Hübner



Diese Aufnahme des neuen Mikroskops zeigt eine lebende Knochenkrebszelle mit Zellkern (blau), Mitochondrien (grün) und Zytoskelett (magenta).

© Universität Bielefeld/W. Hübner

sei für das menschliche Auge kaum wahrnehmbar. Auch die Rohdaten lassen sich mit dem neu erforschten Mikroskop schneller erzeugen.

#### Strukturen, die für herkömmliche Mikroskope unsichtbar sind

"Das macht es möglich, Proben schnell zu vermessen und bereits während eines Experiments Versuchsbedingungen sofort anzupassen, anstatt diese erst im Nachhinein auswerten zu können", beschreibt Rainer Heintzmann den praktischen Nutzen der neuen Technik. Erst durch die schnelle Bildrekonstruktion werde "diese Art von Mikroskopie für die Anwendung in der Biologie oder Medizin auch wirklich nützlich", sagt Thomas Huser. "Denn das Problem ist bisher: Mikroskope, die eine ausreichend hohe Auflösung bieten, können Informationen nicht in der entsprechenden Geschwindigkeit darstellen."

Für ihre Studie haben die Wissenschaftler das Verfahren an biologischen Zellen getestet und die Bewegungen von Mitochondrien aufgezeichnet, den etwa einen Mikrometer kleinen Energiezentren der Zellen. "Wir konnten ungefähr 60 Einzelbilder pro Sekunde erzeugen – das ist eine höhere Bildfrequenz als bei Kinofilmen. Zwischen Messung und Bild liegen weniger als 250 Millisekunden, daher erlaubt die Technik Echtzeitaufnahmen", so Andreas Markwirth.

Bisher werden superauflösende oft mit herkömmlichen Verfahren kombiniert: Ein herkömmliches schnelles Mikroskop wird genutzt, um Strukturen zunächst zu finden. Danach können diese Strukturen über ein superauflösendes Mikroskop im Detail untersucht werden. "Manche Strukturen sind aber so klein, dass sie mit

Mikroskopen gar nicht erst gefunden werden können, zum Beispiel spezielle Poren in Leberzellen. Unser Verfahren ist sowohl hochauflösend als auch schnell - das ermöglicht Biologinnen und Biologen, solche Strukturen zu erforschen". so Thomas Huser. Eine andere Anwendung für das neue Mikroskop sei die Untersuchung von Virenpartikeln auf ihrem Weg durch die Zelle. "So können wir nachvollziehen, was bei Infektionsprozessen genau

herkömmlichen

Publikation: Andreas
Markwirth et al., Video-rate
multi-color structured illumination microscopy with simultaneous real-time reconstruction,
Nature Communications 10
(2019), https://doi.org/10.1038/
s41467-019-12165-x

passiert."



# Wir entwickeln eine schnelle Raman-Mikroskopie-Technik

Ein Prisma fächert das Licht nach Wellenlängen auf. Das ist der Kern der neuen Raman-Mikrospektroskopie-Technik, die ich erforsche. Ich kombiniere Lichtscheibenmikroskopie und integrale Feldspektroskopie. Ein Prisma oder Gitter zerlegt die unterschiedlichen Raman-Frequenzen, die jedes Molekül identifizierbar machen. Dieses neue Werkzeug ist viel schneller und effizienter als die herkömmlichen Systeme. Ich mache damit bakteriell infizierte Zellen sichtbar, um sie zu bestimmen. Im Sommer habe ich mir einen Traum erfüllt: Ich habe Jugendlichen und Studierenden in meiner peruanischen Heimat Grundlagen der Optik beigebracht. Sie experimentierten mit dem optischen Baukasten UC2, den unser Team am Leibniz-IPHT entwickelt hat. Am Ende konnten sie sich ihr eigenes digitales holographisches Mikroskop bauen, mit dem sie Pflanzen aus den Anden untersuchten.

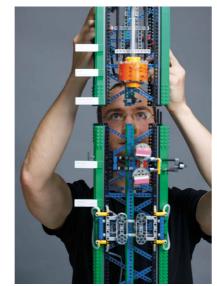
# Purz hut | 40

# Vermitteln

#### Hochtechnologie aus Lego-Steinen

Der Faserziehturm am Leibniz-IPHT ist 14 Meter hoch und gehört zu den modernsten Forschungsziehanlagen für Glasfasern in Europa. Adrian Lorenz hat ihn aus Lego-Bausteinen nachgebaut. Mehr als 3.600 Steine in über 40 Stunden, dann stand der 1,40 Meter hohe Miniatur-Faserziehturm. Entworfen hat ihn der Physiker aus der Abteilung Faserforschung und -technologie selbst, samt eigens designter und maßangefertigter Einzelteile.

"Die vielen Besucherinnen und Besucher in unserem Faserziehturm sind immer ganz fasziniert, wie dort aus einer starren Preform eine hochkomplexe, hochpräzise Faser entsteht", erzählt Adrian Lorenz. "Wie dieser Prozess funktioniert, lässt sich in einem Lego-Modell, das man anfassen und ausprobieren kann, schön spielerisch veranschaulichen." Dass die Idee aufgeht, zeigte sich zur langen Nacht der Wissenschaften 2019, bei der der Turm eingeweiht wurde.



© Sven Döring

# Wir in den Medien



Mit dem Chip für die Diagnose von Infektionserregern und ihren Antibiotikaresistenzen in der Bild-Zeitung ...



... und bei Leschs Kosmos im ZDF



Mit dem kompakten Mikroskop Medicars für die Krebs-Diagnostik während der Operation im Deutschlandfunk



Mit der Unterstützung unserer Forschenden für die "Fridays for Future"-Proteste für einen besseren Klimaschutz in der regionalen Presse



Mit dem laserbasierten Verfahren für eine schnelle Sepsis-Diagnostik bei 3sat

#### OSTTHÜRINGER Zeitung



Und mit dem Zuschlag des Bundes für das neue Leibniz-Zentrum für Photonik in der Infektionsforschung in Jena in regionalen und überregionalen Print- und Onlinemedien

# Forschung, die begeistert



© Leibniz-IPHT

#### Einstieg in die Wissenschaftskommunikation

Wie man Forschung anschaulich vermitteln oder mit einem mikrofluidischen Chip ein Labor ersetzen kann: Das lernten Schülerinnen und Schüler beim "Forsche Schüler"-Tag am 28. März 2019 am Leibniz-IPHT. Die einen übersetzten den komplexen Herstellungsprozess vom Quarzpulver bis zur Glasfaser für ein Poster in eigene Bilder. Die anderen übten im Labor nebenan das Pipettieren, erfuhren, wozu man Lab-on-a-Chip-Technologien einsetzen kann und schauten dem Mikro- und Nanotechnologie-Team im Reinraum über die Schulter.



Leibniz-IPHT

#### **Crashkurs im Optical Valley**

Biophotonik. Welche Bandbreite hinter diesem Begriff steckt, erfuhren mehr als 40 Schülerinnen und Schüler bei der Sommerschule der Universität Jena und des Leibniz-IPHT im Juni. Sie erhielten Einblick, wie sich mit optischen Technologien Krankheiten diagnostizieren oder Medikamenten-Fälschungen entlarven lassen und lernten das Optical Valley im Technologiestandort Jena von innen kennen: bei der Carl Zeiss AG und Jenoptik, an der Uni und in mehreren Forschungsinstituten. Wie das war, konnte man bei ihrem Insta-Takeover auf dem Instagram-Account des Instituts mitverfolgen.

reipuiz hht | 41

Experimente für Groß und Klein



@ Leibniz-IPHT

# Versteckte Waffen mit der Terahertz-Kamera zum Vorschein bringen, mit Molekülen rechnen oder mithilfe von Nanosensoren herausfinden, wie viel Zucker ein Getränk enthält: Zur Langen Nacht der Wissenschaften im November boten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Instituts den vielen kleinen und großen Besuchern Entdeckungen und Experimente rund um das Thema Forschen mit Licht.

**Gut besuchter Messe-Stand** 

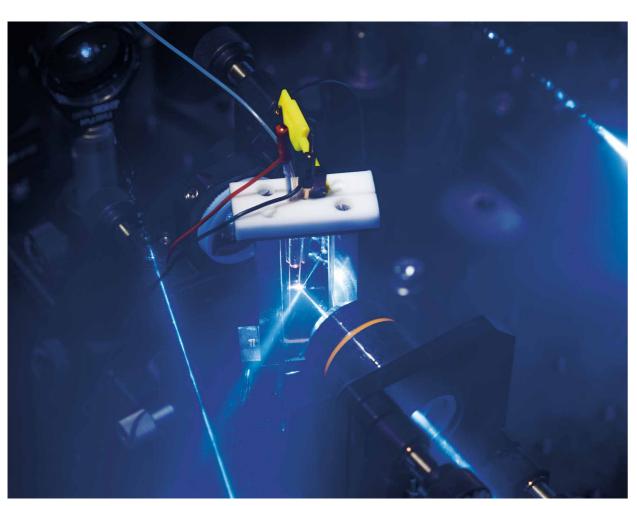


iz\_IDHT

Ein tragbares Raman-Spektrometer und ein Mikroskop für die schnelle Krebs-Diagnostik (S. 18) gehörten zu den Anziehungspunkten am Stand für Photonik in den Lebenswissenschaften auf der Weltleitmesse "Laser World of Photonics". Gemeinsam mit weiteren vom Bundesforschungsministerium geförderten Projekten präsentierten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Leibniz-IPHT dort Medien und Messegästen ihre Forschung.



Teipuiz hut | 45



Mehrstufige Multielektronen-Transfer-Kaskaden sind essentielle Reaktionsschritte in der photokatalytischen Erzeugung von Wasserstoff. Die Forschenden nutzen eine spektroelektrochemische Zelle, um Zwischenprodukte dieses Elektronenübertragungsprozesses herzustellen und sie dann mit spektroskopischen Techniken zu charakterisieren.

© Sven Döring

# Wie Licht chemische Reaktionen in Gang hält

Forschende machen ultrakurze chemische Reaktionen zeitaufgelöst sichtbar und liefern so grundlegende Erkenntnisse für die nachhaltige Erzeugung von Wasserstoff aus Sonnenlicht und Wasser

Um Menschen weltweit klimaverträglich mit Energie zu versorgen,
gilt Wasserstoff als Brennstoff der
Zukunft. Versuche, diesen umweltfreundlich aus Sonnenlicht und
Wasser zu erzeugen, sind bislang
allerdings wenig ergiebig. Linda
Zedler hat mit ihrem Team aus der
Forschungsabteilung "Funktionale
Grenzflächen" nun eine Metho-

de entwickelt, die grundlegende Prozesse entschlüsselt, um neue Materialien für die Nutzung von Sonnenenergie nach dem Vorbild der Natur zu erforschen. Mit einer Kombination spektroskopischer und elektrochemischer Techniken können die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler erstmals sichtbar machen, nach welchen Mechanismen

komplexe, mehrschrittige lichtgetriebene Prozesse funktionieren.

"Lichtgetriebene Prozesse haben wir bislang wahrgenommen wie einen Hundert-Meter-Lauf, bei dem man den Startschuss hört und dann erst wieder das Ziel-Foto zu sehen bekommt", erläutert Benjamin Dietzek, der die Forschungsabteilung leitet. Nach dem Vorbild der Photosynthese in der Natur werden in solchen mehrschrittigen photokatalytischen Prozessen durch Licht chemische Reaktionen ausgelöst. Wie diese ablaufen und welche Faktoren die Reaktivität von Zwischenprodukten beeinflussen, habe man aufgrund der extrem kurzen Lebensdauer dieser Zwischenprodukte bislang nicht untersuchen können. Das Forscherteam zeigt nun neue Ansätze auf, diese Reaktivität zu analysieren.

#### Prozesse, für die Forschende zuvor blind waren

"Es ist ein grundlegender Fortschritt, dass wir es geschafft haben, uns die Dynamik der durch Licht ausgelösten Prozesse in einem Zwischenprodukt anzuschauen", berichtet Maria Wächtler, die an der Erforschung des Verfahrens mitgearbeitet hat. "Die erste Hürde, die wir genommen haben, bestand darin, diese sehr reaktiven Zwischenprodukte überhaupt erst einmal in ausreichender Konzentration herstellen zu können." Erst dadurch gelang den Forschenden der Zugang zu dem Prozess nach dem Startschuss der Photoinduktion, für den sie zuvor blind gewesen sind.

Um solche ultrakurzen chemischen Reaktionen zeitaufgelöst sichtbar zu machen, kombinieren die Forschenden spektroelektrochemische Verfahren mit quantenchemischen Simulationen. "Wir haben damit eine Methode entwickelt, die im Prinzip auf alle mehrschrittigen photokatalytischen Prozesse anwendbar ist", so Benjamin Dietzek. Sie ermöglicht es Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, die gesamte katalytische Aktivität besser zu verstehen, indem sie Einblicke in den bislang weitgehend unverstandenen Ablauf

mehrstufiger Multielektronen-Transfer-Kaskaden liefert. Diese finden in der Atmungskette ebenso statt wie in der natürlichen und künstlichen Photosynthese oder in Solarzellen. Damit eröffnet die Methode neue Möglichkeiten, hochaktive und stabile Photokatalysatoren für die Produktion von Wasserstoff und eine klimafreundliche Energieversorgung der Zukunft zu erforschen.

Die Arbeit entstand innerhalb des Sonderforschungsbereichs (SFB) "CataLight" ("Light-driven Molecular Catalysts in Hierarchically Structured Materials – Synthesis and Mechanistic Studies"), in dem Wissenschaftlerteams des Leibniz-IPHT und der Universitäten Jena und Ulm nach dem Vorbild der natürlichen Photosynthese molekulare Katalysatorsysteme für die lichtgesteuerte Erzeugung von Wasserstoff und Sauerstoff aus Wasser entwickeln.

#### Die Vision: künstliche Chloroplasten

Im Mittelpunkt der Forschung von "CataLight" stehen das konstruktive Wechselspiel zwischen molekularen Photokatalysatoren und ihrer Polymer-basierten Umgebung, die eine hohe Kontrolle über die Reaktivität erlauben, aber verglichen mit photokatalytisch aktiven Metalloxiden relativ instabil sind. "Wir wollen einen neuen Weg gehen, solche molekularen Photokatalysatoren zu stabilisieren und Reparaturverfahren zugänglich zu machen", sagt SFB-Sprecher Sven Rau von der Universität Ulm. "Wir schauen, wie es die Natur macht", ergänzt Benjamin Dietzek, "und integrieren die molekularen Komponenten in weiche Materie, um so neue Konzepte für die photokatalytische Wasserspaltung zu etablieren."

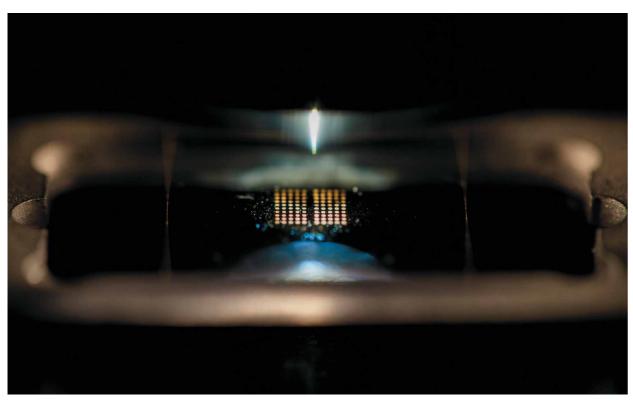
Das Ziel? "Die Energie des Sonnenlichts für die Wasserspaltung mit molekularen Maschinen nutzbar zu machen", sagt Sven Rau. "Wir wollen ein mechanistisches Verständnis der Wechselwirkungen von lichtgetriebenen molekularen Katalysatoren mit strukturierten weichen Materialien liefern." Bis die grundlegende Forschung zum chemischen Prozess in das Fernziel der Herstellung künstlicher Chloroplasten münde, müsse jedoch intensiv geforscht werden.

"Wir wollen Prozesse nachempfinden, die die Natur über Jahrmillionen entwickelt hat", betont Maria Wächtler. "Die Photosynthese ist hochkomplex, es greifen mehrere Systeme ineinander. Das mit vereinfachten Systemen effizient nachzuahmen, ist eine große Herausforderung. Aber wir sind überzeugt davon, dass der photokatalytische Ansatz, um Wasserstoff zu erzeugen, eine technologische Lösung sein kann."

Publikation: Linda Zedler et al., Unraveling the Light-Activated Reaction Mechanism in a Catalytically Competent Key Intermediate of a Multifunctional Molecular Catalyst for Artificial Photosynthesis, Angewandte Chemie, 58 (37), 2019. https://doi.org/10.1002/anie.201907247

#### \_\_\_

# **Umwelt**



Ein Mikroarray mit Spots aus plasmonischen Gold-Nanopartikeln. Die Spots werden parallel optisch ausgelesen. Jeder Messpunkt (Spot) dient dem Nachweis eines Wasserkeims.

© Sven Döring



# Keime im Gewässer aufspüren

In vielen Regionen der Erde ist Frischwasser mit mikrobiellen Infektionserregern belastet, die für Menschen eine Gesundheitsgefahr darstellen können. Damit die Wasserqualität künftig besser überwacht und gefährliche Krankheitserreger aufgespürt werden können, erforscht ein Team der Arbeitsgruppe Nanobiophotonik am Leibniz-IPHT in Zusammenarbeit mit Kolleginnen und Kollegen des israelischen Technologie-Instituts Technion in Haifa ein neuartiges schnelles Nachweissystem. Mit wie vielen Bakterien ein Gewässer belastet ist, bestimmen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler

anhand von Indikatoren für Fäkal-Verunreinigungen, die sie mit optischen Methoden sichtbar machen.

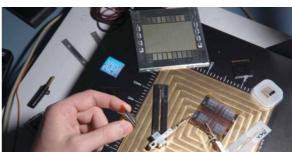
"Bislang werden Gewässer in der Regel allgemein auf Kontamination untersucht. Das liefert Hinweise auf Fäkal-Verunreinigungen, anhand derer sich die Wasserqualität und das Gefährdungspotenzial durch pathogene Bakterien und Viren bewerten lässt", erläutert Andrea Csáki, die am Leibniz-IPHT die Arbeitsgruppe Nanobiophotonik leitet. "Tests auf spezifische Pathogene werden normalerweise nicht im Routine-Screening durchgeführt, denn die verfügbaren Kulturmethoden sind langwierig — sie können bis zu einer Woche dauern - und

teuer. Außerdem können im Wasser übertragene Erreger wie Pseudomonas, Aeromonas und ein Teil der Vibrionaceae auch unabhängig von Fäkal-Verunreinigungen auftreten."

Ziel des deutsch-israelischen Forscherteams ist es, eine Diagnosetechnologie für den Einsatz vor Ort zu entwickeln, die gleichzeitig mehrere Erreger im Wasser schnell und spezifisch identifiziert. Im Projekt "Nanowater" führen die Jenaer Forschenden ihre Technologie plasmonischer Mikroarray-Chips mit dem Mikrobiologie- und Bioinformatik-Knowhow der israelischen Biotechnologie-Experten zusammen. Ein israelisches Ingenieur-Team steuert einen innovativen Ansatz für das Aufkonzentrieren der Zielmoleküle bei.

#### Sonnenlicht besser nutzen

Hochleistungsfähige Solartechnologie kostengünstiger zu machen: Daran arbeitet das Forscherteam der Arbeitsgruppe Photonische Dünnschichtsysteme am Leibniz-IPHT gemeinsam mit Partnern aus der Industrie und Forschung. "Wir wollen für die Energiewandlung neue Materialien und Systeme mit photonischen Prozessen entwickeln", erläutert Jonathan Plentz, der das von der EU geförderte Projekt FUN leitet. Kostengünstig hergestellte Silizium-Wafer in Kombination mit neuartigen laserkristallisierten Emitterschichten bilden die Grundlage für preiswerte und effiziente Solarzellen, die in Zukunft die konventionelle Siliziumphotovoltaik erweitern könnten.



Charakterisierung von Solarzellen



Smartphones sollen

Wir entwickeln Solartextilien. Das sind Dünnschicht-Solarzellen, die auf Textilien aufgebracht sind. Meine Vision ist es, dass diese Solargewebe die Energieversorgung von elektronischen Kleingeräten wie Smartphones flexibel und autark machen, auf eine umwelt- und nutzerfreundliche Weise. Und dass sie damit einen Beitrag zur Energiewende leisten. Immerhin machen diese Geräte einen beträchtlichen Teil unseres Energiebedarfs aus.

Telpuiz hoht | 47 | 47 |



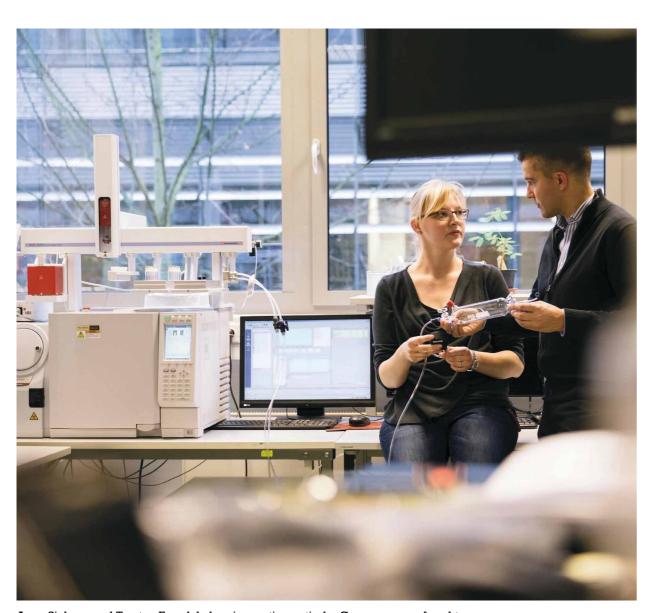
# Dr. Guobin Jia forscht in der Arbeitsgruppe Photonische Dünnschichtsysteme

© Sven Döring

# Wir bauen Elektroden aus Blättern

Ich habe die feinen, netzartigen Adern von Laubblättern mit Kupfer beschichtet. Die metallisierten Blattstrukturen erzielen hervorragende optische und elektronische Eigenschaften. Elektrisch leitfähige und optisch transparente Elektroden – die zudem aus nachhaltigen Materialien bestehen – könnten ganz neue Möglichkeiten im Bereich der flexiblen Optoelektonik eröffnen, zum Beispiel für Solarzellen, LEDs oder Displays. Das möchte ich weiterentwickeln.





Anne Sieburg und Torsten Frosch haben innovative optische Gassensoren erforscht, um biogene Gase unter der Erde zu analysieren.

© Sven Döring

# In die Tiefe

Gassensoren mit innovativen optischen Hohlkernfasern liefern einen Schlüssel für das Verständnis von Stoffwechselvorgängen und Austauschprozessen unter der Erde

Zwischen den Wipfeln der Bäume und dem Boden des Grundwassers - an der Schnittstelle von Atmosphäre und Geosphäre - befindet sich die kritische Zone: eine lebende, atmende, sich beständig weiterentwickelnde Umwelt, in der Gestein, Boden, Wasser, Luft und lebendige Organismen miteinander wechselwirken. Ihr komplexes Beziehungsgeflecht reguliert unseren natürlichen Lebensraum. Die kritische Zone bestimmt unsere Versorgung mit natürlichen Ressourcen und die Qualität unseres Trinkwassers. Und sie wird zunehmend beeinflusst und belastet von unserer Lebensweise.

Wie wirken sich intensive Landnutzung, Umweltverschmutzung und der Klimawandel auf das Grundwasser und den Lebensraum unter der Erde aus? Wie sicher sind die lebensnotwendigen unterirdischen Wasserreservoire? Was verraten Stoffwechselprozesse und Austauschvorgänge von Gasen über den Zustand des Ökosystems?

Um die Zusammenhänge zwischen Untergrund und Oberfläche, zwischen Umweltfaktoren und den Prozessen in der Vegetation, in den Böden und im Grundwasser besser zu verstehen, hat die Universität Jena mit dem Leibniz-IPHT und zwei weiteren Partnern im Thüringer Hainich-Nationalpark ein weltweit einzigartiges Freiluftlabor errichtet. In einem der letzten ursprünglichen Buchenwälder Deutschlands untersuchen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Sonderforschungsbereichs "AquaDiva", wie die ober- und unterirdischen Lebensräume von Pflanzen und Mikroorganismen bei unterschiedlicher Landnutzung zusammenwirken.

#### **Aufschluss über** Trockenstress von Bäumen

Die Forschungsplattform Hainich Critical Zone Exploratory (CZE) ist mit neuartigen Messeinrichtungen und Möglichkeiten der Probenentnahme ausgestattet, um Gase, Wasser- und Stoffproben aus dem Untergrund, den Böden und dem Grundwasser zu gewinnen und zu analysieren. Daraus wollen die Forschenden ableiten, wie wir diese lebensnotwendigen Ökosysteme für kommende Generationen so bewahren können, dass auch sie diese als Lebensgrundlage nutzen können.

Mit dabei sind Torsten Frosch und Andreas Knebl aus der Arbeitsgruppe "Faserspektroskopische Sensorik" des Leibniz-IPHT. In ihrem Team erforschen die Wissenschaftler innovative optische Gassensoren, um biogene Gase im Lebensraum unter der Erde zu analysieren. Die liefern Hinweise, um die Wechselwirkungen zwischen Lebewesen und Umweltfaktoren - etwa Klima oder Nährstoffkonzentration - in diesem Ökosystem zu entschlüsseln.

"Pflanzen, Tiere und Mikroorganismen produzieren und verbrauchen

verschiedene Gase, insbesondere Sauerstoff und Kohlendioxid", erläutert Torsten Frosch, der die Arbeitsgruppe leitet. "Mit innovativen Raman-Multi-Gassensoren können wir Tiefenprofile dieser Gase kontinuierlich vor Ort verfolgen und herausfinden, wie mikrobielles Leben unter der Erde mit der Umwelt in Verbindung steht."

"Wir messen Gase und isotopisch

markierte Verbindungen", berichtet Andreas Knebl. Um anhand von stabilen Isotopen den Gasaustausch von Pflanzen nachzuvollziehen und zu entflechten, entwickelte das Forscherteam der faserspektroskopischen Sensorik einen neuartigen Raman-spektroskopischen Gassensor, dessen Kernkomponente eine optische Hohlkernfaser bildet. Diese Sensorfaser ermöglicht es, den Sauerstoff- und Kohlenstoffdioxidaustausch von Pflanzen mit einer hohen Sensitivität und Selektivität in einem Experiment zu untersuchen. "Somit können wir mit dieser Methode auch den Atmungskoeffizienten bestimmen und die Auswirkungen von Trockenstress auf Bäume untersuchen", erläutert Torsten Frosch.

Mit der schnellen optischen Analysetechnik lassen sich Gase anhand ihres molekularen Fingerabdrucks eindeutig identifizieren. "Wir können alle relevanten Gase gleichzeitig mit einem Gerät überwachen, einschließlich der normalerweise nicht leicht messbaren Gase Sauerstoff, Stickstoff und Wasserstoff", so Torsten Frosch. "Deshalb eignet sie sich besonders, um den Gasaustausch von Bakterien und Pflanzen im Feldversuch zu messen", ergänzt Andreas Knebl.

Mit neuen Konzepten für eine hochempfindliche Raman-Gasspektroskopie will das Team den Austausch von

Gasen zwischen Atmosphäre, Boden und Grundwasser weiter aufschlüsseln. Dafür arbeiten die Forschenden mit den Fasertechnologen des Leibniz-IPHT an der Entwicklung spezifischer, im Haus gefertigter filigraner Hohlkernfasern.

Die Gassensoren sollen einen besseren Einblick in natürliche Prozesse ermöglichen. "Indem wir Gase und Isotopen zu unterschiedlichen Zeitpunkten messen, wollen wir weiter zur Mission von 'AquaDiva' beitragen", formuliert es Torsten Frosch. "Wir wollen besser verstehen, wie Untergrund und Oberfläche in Verbindung stehen und welchen Einfluss der Mensch auf dieses kritische Ökosystem hat."

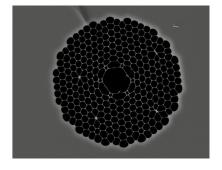
Publikation: Andreas Knebl et al., Fiber-Enhanced Raman Gas Spectroscopy for <sup>18</sup>O-<sup>19</sup>C-Labeling Experiments, Analytical Chemistry 2019, 91, 7562-7569, https://doi.org/10.1021/acs.

Feibniz | Ipht | 25

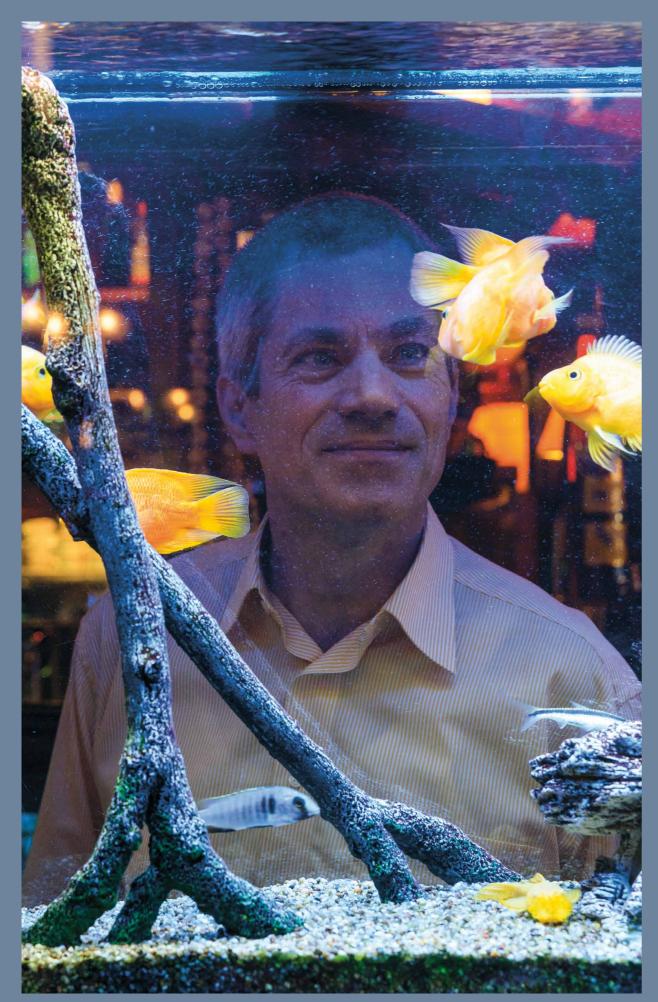
#### Sonderforschungsbereich **AquaDiva**

Friedrich-Schiller-Universität Jena | Leibniz-IPHT | Max-Planck-Institut für Biogeochemie | Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung Gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG)

www.aquadiva.uni-jena.de



Mikroskopaufnahme einer mikrostrukturierten photonischen Kristallfaser © Leibniz-IPHT



Fische beobachten kann Christoph Krafft mit bloßem Auge. Mikroplastikteilchen im Wasser ...

© Sven Dörine

# Ich seh' etwas, was Du nicht siehst ...

Im Boden, im Wasser und in der Luft, die wir atmen, finden sich winzige Plastikteilchen Wie viele es sind, wo sie herkommen und wie sie sich auf unsere Gesundheit und die Umwelt auswirken, darüber ist noch wenig bekannt – denn es fehlen Instrumente, um Mikro- und Nanoplastik zu erkennen und zu zählen. Christoph Krafft bildet gemeinsam mit europäischen Partnern junge Forschende zu Mikroplastik-Experten aus. Uns hat er erläutert, warum sie dringend benötigt werden



... werden erst unter dem Mikroskop sichtbar, hier bei zwei Vergrößerungen mit einem Digitalmikroskop. © Leibniz-IPHT

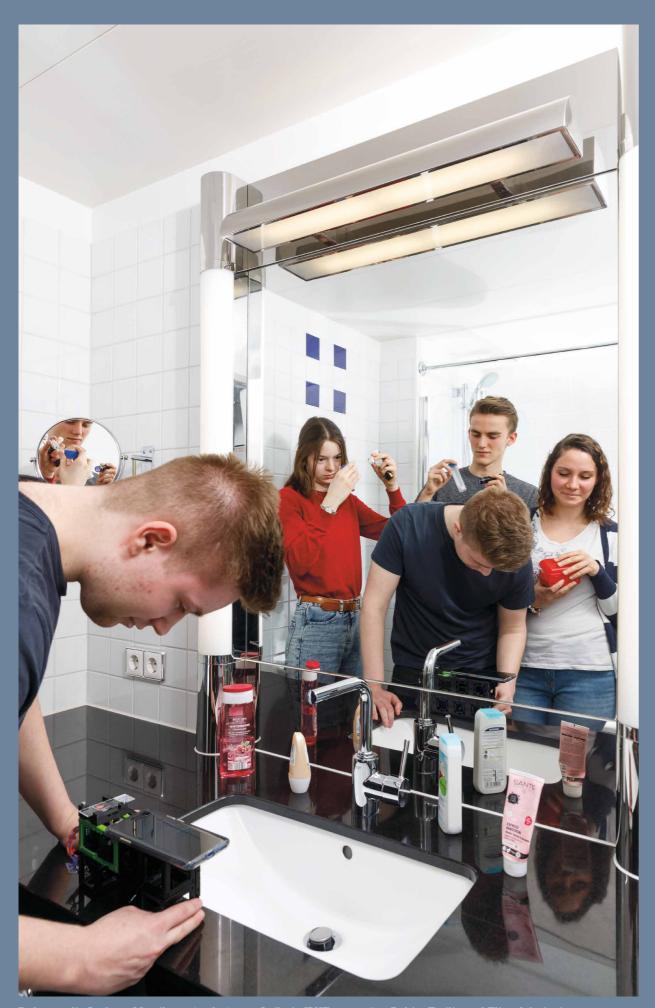
und Nanoplastik im Trinkwasser ist, will die EU künftig überwachen lasse: Dafür muss allerdings ers noch eine Messmethode festgelegt werden. Warum ist das so schwierig?

Es gibt verschiedene Methoden und Protokolle, um Mikroplastik nachzuweisen, aber noch keine sind standardisiert. Es geht derzeit noch zu wie im Wilden Westen, wie es unsere Forschungspartner an der dänischen Aalborg-Universität kürzlich formuliert haben, die zu den führenden Experten auf dem Gebiet der Mikroplastik gehören. Es fehlen einheitliche Regeln für die Analytik.

#### Was für Regeln sind das zum Beispiel?

Die Aufbereitung der Proben, das Extrahieren der Mikro- und Nanopartikel, ist sehr aufwändig. Wasser lässt sich filtrieren, aber etwa bei Sedimenten aus dem Meer dauert allein das Aufreinigen drei Monate. Und um und Labore beteiligt und die reproziente von die Frank zierbar und vergleichbar sind — et stärker und Vergleichbar sind — et stärker kontaminiert ist als das return tiv reine Trinkwasser aus der Leite Generell gibt es noch nicht genü-

sicherzustellen, dass man die Probe beim Aufbereiten nicht kontaminiert – etwa durch Mikroplastik-Partikel aus Synthetik-Kleidung oder Polystyrol aus der Petrischale –, müsste man eigentlich immer eine Blindprobe nehmen. Das wird aber noch nicht gemacht. Es fehlt an umfassenden Studien, an denen mehrere Institute und Labore beteiligt und die reproduzierbar und vergleichbar sind – etwa für Wasser aus Plastikflaschen, das stärker kontaminiert ist als das relativ reine Trinkwasser aus der Leitung. Generell gibt es noch nicht genü-



Doktorandin Barbora Marsikova (rechts) vom Leibniz-IPHT unterstützt Robin, Emilia und Elias dabei, ein Fluoreszenzmikroskop zu bauen, um Mikroplastik in Kosmetika nachzuweisen.

gend Forschungsergebnisse über die Vorkommen von Mikroplastik in der Umwelt und die möglichen gesundheitlichen Auswirkungen.

Mit welchen Technologien

Wie viel Mikroplastik in einer Probe enthalten ist, kann man mithilfe von Gaschromatographie und Massenspektrometrie herausfinden. Was für Teilchen das sind, wie ihre Größe, Form und Verteilung ist, erfährt man so jedoch nicht. Wir haben eine Methode entwickelt und patentieren lassen, mit der wir bis zu 4.000 Partikel in der Stunde mit Infrarot- und Raman-Spektroskopie identifizieren können. Und unser Forscherteam aus der Mikrofluidik hat ein Chip-basiertes System entworfen, das 3D-Aufnahmen der Partikel liefert. Damit kann man nicht nur die Art der Partikel, sondern auch

nehmen, die ihr Wasser

ihre Größe und Form bestimmen.

Derzeit würde das eine teure wissenschaftliche Laborausrüstung erfordern, für die man hoch qualifiziertes Personal bräuchte. Viele Unternehmen könnten das nicht

leisten. Sie brauchen robuste, einfach zen hinweg zusammenarbeiten. An zu bedienende und kostengünstige Geräte, deren Messungen direkt der EU-Richtlinie entsprechen. Weichen für die Entwicklung dieser Technologien stellen wir in unserem Projekt.

Ein Chip-basiertes System des Forscherteams aus der Mikrofluidik liefert 3D-Aufnahmen, anhand derer sich Mikroplastikpartikel bestimmen lassen.

Acht Forschungspartner aus sieben

# Mikroplastik auf der Spur

Elias Höfling, Robin Schröder und Emilia Walther (Foto links) aus der 11. Klasse der Jenaer Montessorischule wollen Kosmetika auf Mikroplastik untersuchen und bauen sich dafür ihr eigenes Fluoreszenzmikroskop. Um eine kostengünstige und vergleichbar einfache Methode für den Nachweis der Plastikpartikel zu erarbeiten, nutzen die drei den optischen Baukasten UC2, den die Doktoranden Benedict Diederich und René Lachmann vom Leibniz-IPHT konzipiert haben.

> Ländern vernetzen sich mit Technologie-Herstellern und Anwendern, etwa Wasseraufbereitungsfirmen.

Unser wichtigstes Anliegen ist es, die Expertinnen und Experten von morgen auszubilden. Um die dringend benötigten neuen Technologien und Methoden zu erforschen, brauchen wir Wissenschaftler- und Ingenieurteams, die über Fachgren-

einem solchen Umfeld mangelt es derzeit in der EU und weltweit.

von Kunststoffen, die Hunderte von Jahren brauchen,

> abgebaut zu wersichtlich verdrei-

Über die potenziellen Risiken, die Mikro- und Nanokunststoffe für uns, für die Tiere und die Umwelt darstellen, ist noch wenig bekannt. Wir wollen dieses Wissen voranbringen und dazu beitragen, die begrenzte Datenlage zu ergänzen. Und zwar möglichst umfassend: Während die Forschenden bei uns mit Technologien arbeiten, um Kunststoff nachzuweisen, untersuchen jene bei unseren

Partnern etwa, wie sich Kunststoffpartikel auf hormoneller Ebene auswirken. Damit unsere Daten und Ergebnisse möglichst viele Menschen erreichen und möglichst große Wirksamkeit entfalten können, stellen wir sie über eine Open-Science-Plattform frei zur Verfügung.

#### www.monplas.eu

# Wie war's bei ...

... der neuen deutschchinesischen Konferenzreihe "Science for Future" in Peking, Maria Chernysheva?



Marie Richard-Lacroix, Yang Du, Gregor Oelsner und Maria Chernysheva (von links) © Leibniz-IPHT

"Die "Science for Future" war keine Konferenz, wie wir sie normalerweise besuchen, sondern ein wissenschaftliches Forum. Junge und etablierte Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ganz unterschiedlicher Forschungsgebiete — darunter Nobelpreisträger aus Deutschland und China - kamen zusammen, um Politik und Strategien für eine offene internationale wissenschaftliche Zusammenarbeit zu diskutieren.

Die Präsentation unserer Ergebnisse auf der Konferenz war ziemlich aufregend. Wir sollten einen Elevator Pitch trainieren und hatten gerade einmal zwei Minuten Zeit, um das Interesse der Teilnehmer an unserem Forschungsgebiet zu wecken und es

als eine Priorität für internationale Innovationen ins Licht zu rücken.

Und natürlich ist ganz besonders die Gastfreundschaft der chinesischen Kolleginnen und Kollegen zu erwähnen, die uns mit täglichen Touren in Universitäten und Labors, mit Empfängen und Exkursionen zu den Sehenswürdigkeiten Pekings verwöhnten."

Die Reihe "Science for Future" haben die Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina und die Chinese Academy of Sciences (CAS) ins Leben gerufen. Maria Chernysheva, Marie Richard-Lacroix, Yang Du und Gregor Oelsner wurden für die Teilnahme mit einem Reisestipendium der Leibniz-Gemeinschaft und der Leopoldina ausgezeichnet.

#### ... der JeDis-Sommerschule an der UC Davis, Barbora Marsikova?





Oben: Ausflug nach San Francisco Unten: Preisträgerinnen Barbora Marsikova (links) und Alejandra Zegarra mit Jürgen Popp © Leibniz-IPHT

"Im August hatten wir die Möglichkeit, die University of California in Davis zu besuchen und an der zweiten Sommerschule über Biophotonik der "Jena-Davis-Alliance for Excellence in Biophotonics (JeDis)" teilzunehmen. In dieser Woche lernten wir viel über unterschiedliche optische und spektroskopische Techniken und ihre Anwendung in der klinischen Forschung und Medizin. Sehr beeindruckt haben mich die Besuche in den Laboren der UC Davis und der Rundgang über den Universitätscampus. Wir genossen die heißen Tage in Kalifornien und die zahlreichen sozialen Aktivitäten – präsentierten aber auch unsere Forschungsprojekte in Pitch-Vorträgen und einer Poster-Session.

An den letzten beiden Tagen hatten wir noch Zeit für Ausflüge nach San Franciso. Dort besuchten wir das Exploratorium - ein interaktives Wissenschafts- und Technologiemuseum - und den Lake Tahoe."

An der JeDis-Sommerschule nahmen zehn Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler des Leibniz-IPHT teil. Die Doktorandinnen Barbora Marsikova und Aleiandra Zegarra-Valverde aus der Arbeitsgruppe Mikroskopie wurden für ihr Poster und ihren Pitch-Vortrag jeweils mit dem 1. Platz ausgezeichnet. JeDis wird im Rahmen des Transatlantik-Programms der Bundesrepublik Deutschland gefördert; Ziel ist die Gründung einer Graduiertenschule zwischen Jena und Davis.

# Wenn Licht auf Materie trifft

Neuer SFB untersucht nichtlineare Optik in kleinsten Dimensionen



Blick in eine Targetkammer im Labor des Lasersystems JETI-40 am Institut für Optik und Quantenelektronik der Universität Jena.

© Jan-Peter Kasper/FSU

Phänomene der nichtlinearen Optik untersucht der Sonderforschungsbereich "Nonlinear Optics down to Atomic Scales" der Universität Jena. Forschende des Leibniz-IPHT sind als Partner daran beteiligt, ebenso wie das Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik, das Helmholtz-Institut Jena und die Ludwig-Maximilians-Universität München.

Phänomene der nichtlinearen Optik treten auf, wenn Licht auf Materie trifft, werden aber erst bei höheren Intensitäten sichtbar und wirklich

relevant. Neben dem ursprünglichen Lichtstrahl wird dann zum Beispiel auch Strahlung anderer und zum Teil viel kürzerer Wellenlängen erzeugt, ein Effekt, der mit steigender Leistung immer wichtiger und daher als nichtlinear bezeichnet wird.

"Die Wechselwirkungsprozesse zwischen Licht und Materie wollen wir mit atomarer Auflösung untersuchen, im Computer modellieren und schließlich sogar lernen zu kontrollieren", erläutert der Physiker Ulf Peschel, Sprecher des von der

Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG finanzierten SFB. Gelingt dies, könnte es viele attraktive Anwendungen ermöglichen: von winzigen Nanolasern über kompakte Röntgenquellen bis hin zur optischen Detektion weniger Atome. Am Ende ließen sich vielleicht sogar chemische Reaktionen zwischen einzelnen Molekülen in Echtzeit beobachten - eine Dimension, in die lineare optische Systeme bisher nicht vordringen können.

www.noa.uni-jena.de

## biophotonics 4 FUTURE Ideenschmiede für die Erforschung neuer Technologien

Mit der neuen Veranstaltungsreihe Biophotonics4Future will das Leibniz-IPHT internationale Expertinnen und Experten enger zusammenbringen



ESULAB 2019

Kreative und innovative Lösungen für die Zukunft entwickeln - das funktioniert am besten im gemeinsamen Austausch. Um den zu befördern. startet das Leibniz-IPHT die Veranstaltungsreihe Biophotonics4Future. "Wir wollen Photonik-Expertinnen und -Experten aus der ganzen Welt zusammenbringen und gezielt einen Raum schaffen, um die Diskussion zu aktuellen biophotonischen Fragestellungen anzuregen", so der wissenschaftliche Direktor Jürgen Popp.

Eine Ideenschmiede für die Weiterentwicklung lichtbasierter Anwendungen in der Medizin und in den Lebenswissenschaften soll die Reihe werden. Mit unterschiedlichen Formaten wie Konferenzen, Workshops und kleineren Veranstaltungen wollen die Macher eine rege wissenschaftliche Auseinandersetzung ankurbeln. "Anders als bei konventionellen Tagungen, auf denen sich Vortrag an Vortrag reiht, setzen wir auf zwei bis vier Keynotes von internationalen Fachleuten, um dann in kleineren interdisziplinären Gruppen gezielt in konkrete Fragestellungen einzusteigen", erläutert Marc Skupch vom Team der Öffentlichkeitsarbeit, der die Reihe *Biophotonics*4*Future* organisiert.

Im Fokus steht die Erforschung optischer Technologien, um die Ursachen von Krankheiten besser verstehen, diagnostizieren und behandeln zu können. Damit möglichst viele Forschende von den gemeinsam gewonnenen Erkenntnissen profitieren können, werden diese anschließend in einem White Paper festgehalten. Die Dokumente sollen verlässliche Informationen mit einen hohen Nutzwert für die wissenschaftliche Biophotonik-Community bereitstellen. "Damit wollen wir vorantreiben, dass Ergebnisse möglichst rasch in die Anwendung umgesetzt werden können. Diesen Prozess der Translation zu befördern, ist uns bei allem, was wir erforschen, besonders wichtig", betont Jürgen Popp.

Unter dem Dach von Biophotonics-4Future startet 2020 die EurAsian Conference of Nanophotonics (EACON). Die Konferenz will die Zusammenarbeit zwischen führenden europäischen und asiatischen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler unterschiedli-

cher Disziplinen auf dem Gebiet der Nanophotonik fördern. Die Partnerländer der EACON 2020 sind Deutschland und Taiwan. Expertinnen und Experten aus Chemie und Photonik sollen sich über die neuesten Fortschritte in der Erforschung von Nanomaterialien und Nanotechnologien austauschen und internationale Kooperationen aufbauen.

Eine nachhaltige Zusammenarbeit anzubahnen, ist auch das Ziel der "Women in Photonics". Der Workshop richtet sich an exzellente Wissenschaftlerinnen, die am Anfang ihrer Karriere stehen. Sie erhalten die Möglichkeit, ihre Forschung vorzustellen und gezielt Kontakte zu knüpfen zu Photonik-Expertinnen in Führungspositionen von Forschungseinrichtungen und Unternehmen. Im Austausch mit den erfahrenen Wissenschaftlerinnen können sie eigene Strategien für eine erfolgreiche berufliche Laufbahn entwickeln. Nachdem sich dieses Konzept beim ersten "Women in Photonics"-Workshop des Leibniz-IPHT 2018 als erfolgreich erwiesen hat, folgt nun 2020 virtuell und 2021 als Präsenzveranstaltung die nächste Auflage. Themenschwerpunkte sind diesmal biophotonische Verfahren wie Schwingungs- und Fluoreszenzspektroskopie und photonische Datenwissenschaft.

Ebenfalls im Portfolio der Biophotonics-4Future ist die zweite Ausgabe des 2019 erfolgreich gestarteten "European Symposium on Ultrafast Laser driven Biophotonics" (siehe Beitrag rechts), das das Leibniz-IPHT mit dem amerikanischen Laserhersteller Coherent ausrichtet. Sie soll 2021 stattfinden.

biophotonics4future.com

# Ultraschnelle Laser und Funktionsmaterialien für die Zukunft

Zwei große Tagungen richtete das Leibniz-IPHT 2019 in Jena aus



Organisationsteam und Preisträger der Bunsen-Tagung

#### © Leibniz-IPHT

#### Bunsentagung 2019

Wissenschaft mit Streetfood gab es bei der 118. Jahrestagung der Deutsche Bunsen-Gesellschaft für Physikalische Chemie im Mai 2019. Mehr als 600 Forschende aus Physik, Chemie, Material- und Ingenieurwissenschaften tauschten sich zum Thema Funktionsmaterialien aus. Dazu gehören Solarzellen und Batterien ebenso wie Biosensoren oder Im-

plantate. "Es war eine hervorragende Plattform. um Ideen zusammenbringen, um wissenschaftliche und gesellschaftliche Herausforderungen zu bewältigen", berichtet Benjamin Dietzek, der die Bunsentagung ausrichtete. Und das bei einem Programm, das aus dem Rahmen fiel: Statt Häppchen an weißen Tischdecken gab es Burger, Pommes und Eis. Das Leibniz-IPHT und die Universität hatten in der Goethe-Galerie

ein kleines Streetfood-Festival organisiert und das Einkaufs- zum Kongresszentrum gemacht.

Welches Potential ultraschnelle

#### **ESULAB 2019**

Lasertechnologie für Medizin und Lebenswissenschaften eröffnet und wohin die Entwicklungen auf dem Gebiet der Spektroskopie und Bildgebung gehen, diskutierten internationale Spitzenforschende auf Einladung des Leibniz-IPHT und des Laserherstellers Coherent vom 3. bis 6. September 2019 in Jena. Auf dem "European Symposium on Ultrafast Laser driven Biophotonics" - ESULaB 2019 - stellten unter anderem Nobelpreisträger Stefan Hell, Mihaela Zigman und Ferenc Krausz vom Max-Planck-Institut für Quantenoptik in Garching, Elisabet Romero vom Institute of Chemical Research of Catalonia (ICIQ) und Wei Min von der Columbia-University New York ihre neuesten Erkenntnisse vor.

reibniz ipht | 6



# Wir forschen an der drahtlosen Kommunikation der Zukunft

Die Magnetkugeln in meiner Hand sind einem Oktaeder aus Gold-Nanopartikeln nachempfunden, mit dem ich arbeite. Was ich erforsche, ist so klein, dass man es mit bloßem Auge nicht erkennen kann. Ich untersuche Nanostrukturen, um das Licht auf der Nanoskala zu steuern. So wollen wir bessere Wechselwirkungen von Licht und Materie erzielen. Meine Vision ist es, optische Nanobauteile für die drahtlose Kommunikation der nächsten Generation und optische Sensoren zu entwickeln. Es ist mir ein Anliegen, den wissenschaftlichen Austausch zwischen meinem Heimatland Taiwan und Deutschland zu befördern. Darum engagiere ich mich in dem Programm Dragon Gate, das jungen Forschenden Aufenthalte im Ausland ermöglicht und habe am Leibniz-IPHT die europäischasiatische Konferenz EACON ins Leben gerufen. Sie soll Expertinnen und Experten aus Chemie und Photonik miteinander vernetzen.

# Personalia

#### Künftige Laborantinnen

Das Leibniz-IPHT hat neue Azubis: Im August begannen Victoria Bohn und Tina Keilholtz ihre Ausbildung zur



Physik-Laborantin. Sie

erlernen etwa Techniken der Spektroskopie und

#### **Austausch mit** Texas

Zwischen Quantenchemie und Nano-Spektroskopie: Volker Deckert lehrt und forscht von September 2019 an für drei Monate im Jahr an der Texas



A&M University. Dort baut er unter anderem eine Plattform zur Detektion von Bioagentien am optischen Limit auf.

#### **Erneut** im **Vorstand**

Mikroskopie.

Der Infecto Gnostics Forschungscampus



Jena hat Jürgen Popp im Januar erneut in den Vorstand berufen. Partner aus Wissenschaft, Medizin und Wirtschaft entwickeln hier Diagnostikverfahren für Infektionen.

#### Vom Labor in den Hörsaal

Iwan Schie entwickelt optische Geräte für die biomedizinische Diagnostik und klinische Analytik. Seit dem Wintersemester ist er



zudem Professor für Biomedizinische Technik an der Ernst-Abbe-Hochschule Jena.

#### **Traditionsreiche** Vereinigung



Benjamin Dietzek ist zum Mitglied der Royal Society of Chemistry ernannt worden. So würdigt die 1841 gegründete britische Gesellschaft Forschen



de für herausragende Beiträge in der Chemie.

#### Forschung berät **Politik**

Jürgen Popp wurde im Oktober in die Deutsche Akademie der Technikwissenschaften gewählt. Die von Bund und Ländern geförderte acatech berät Politik



und Gesellschaft in technologiebezogenen Fragen

# Nachrichten

Gleiche Chancen für alle



Sarah Meinhardt nahm die Auszeichnung entgegen. © Kai Neunert/Total-E-Quality Deutschland

Zum zweiten Mal ist das Leibniz-IPHT 2019 mit dem Total-E-Quality-Prädikat ausgezeichnet worden. Damit bescheinigt der gleichnamige Verein dem Institut, dass es sich erfolgreich dafür einsetzt, Männer und Frauen gleich zu behandeln, Vielfalt zu fördern sowie die Voraussetzungen dafür zu schaffen, dass Mitarbeitende Arbeits- und Privatleben gut vereinbaren können.

"Bei uns arbeiten 401 Kolleginnen und Kollegen aus 36 Ländern.

Wir wollen, dass sie sich wohlfühlen", sagt Gleichstellungsbeauftragte Sarah Meinhardt. Dafür stellt das Institut

etwa ein Eltern-Kind-Arbeitszimmer und Belegplätze für die

oder gewährt Reisekostenzuschüsse, wenn Mitarbeitende auf Dienstreisen eine Kinderbetreuung benötigen. Wer sich um pflegebedürftige Angehörige kümmert, erhält ebenso Unterstützung wie jene, die nach längerer Krankheit wieder den Weg zurück ins Arbeitsleben nehmen.

Kita am Beutenberg zur Verfügung



Pappbecher

kommen mir nicht

unter die Maschine

Säckeweise Einweg-Müll habe ich früher unter

unserer Kaffeemaschine im Foyer entsorgt. Heute bekommt bei uns nur noch Kaffee, wer seine

eigene Tasse mitbringt. Im Arbeitsalltag keine

Ressourcen zu verschwenden, ist mir sehr wichtig.

elbniz hht | 61

### Von China nach Jena: Gastgeschenke für Verein **Grenzenlos versteigert**



Jürgen Popp mit den Geschäftsführerinnen des Vereins Grenzenlos

© Leibniz-IPHT

Ein kleiner Torbogen mit Bronzeglocke, eine bestickte Bildrolle oder ein goldener Elefant für den Schlüsselbund: Wenn Jürgen Popp von Reisen zu internationalen Forschungspartnern zurückkommt, hat er häufig ungewöhnliche Gastgeschenke im Gepäck. Die Gaben aus aller Welt

hat der wissenschaftliche Direktor des Leibniz-IPHT für eine Benefiz-Auktion zur Verfügung gestellt.

Auf dem Sommerfest des Instituts ersteigerten Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter die Mitbringsel, um den Jenaer Verein Grenzenlos zu un-

terstützen, der sich für behinderte Menschen einsetzt. 500 Euro kamen zusammen. "Wir freuen uns sehr", dankte ihnen Geschäftsführerin Ursula Müller, "dass Sie, die Sie im Leben stehen, auch an diejenigen denken, die es nicht so leicht haben.

# Ausgezeichnete Forschung





# Thüringer Forschungspreis

an das Forscherteam des Leibniz-IPHT, der Friedrich-Schiller-Universität und des Universitätsklinikums Jena für den RAMANBIOASSAY™ zur schnellen Erkennung von Infektionserregern und ihren Antibiotika-Resistenzen



# Goldmedaille der internationalen Erfinder- und Neuheitenmesse iENA 2019

an Thomas Bocklitz, Olga Chernavskaia, Tobias Meyer und Jürgen Popp für zwei Diagnostikverfahren zur schnellen Erkennung von Krebsgewebe sowie zur Haut-Untersuchung bei Schuppenflechte



Steffen Höpfner





# Friedrich-Hund-Dissertationspreis der Universität Jena

an Mario Chemnitz für seine wissenschaftlichen Beiträge zur Dynamik von Solitonen und sein Engagement in Forschung und Lehre



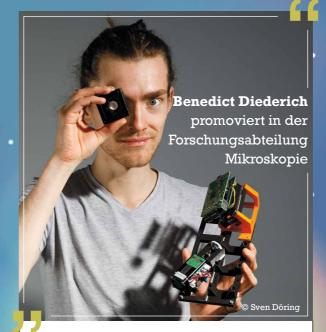


# 2. Preis beim eHealth-Hackathon des Jena eHealth Centre for Cancer Therapies

an Christoph Krafft und sein Team für ein Verfahren für die Erkennung von Blasenkrebs mit Infrarot- und Ramanspektroskopie



© IeCaThon



# Wir bauen eine kreative Mikroskopie-Community auf

Wir wollen mit unserem modularen optischen Baukasten UC2 die Welt der Mikroskopie für ein breites Publikum öffnen. Dazu setzen wir auf Quelloffenheit, 3D-Druck und das Smartphone als Kamera, um die Exklusivität von topaktueller Wissenschaft zu reduzieren. Unser System setzen wir ein, um Mikroplastik nachzuweisen, Lebendzellen zu beobachten oder im Physikunterricht. Mit unserem nächsten Schritt hin zur Massenproduktion setzen wir noch mehr auf die Kreativität der Nutzerinnen und Nutzer.

Mit Forschern aus Stockholm wollen wir Mikroskope mit dem Internet verbinden und so die Barriere zu dieser Technologie verringern und das Lab-in-the-cloud Konzept weiterentwickeln. Mit UC2 überzeugten wir zuletzt das Publikum beim "Elevator Pitch" der Photonics Days und freuen uns sehr über die 20.000 Euro Preisgeld, um die Umsetzung unserer Ideen noch weiter voranzutreiben.

useetoo.org



© Sven Dörind

# 1. Platz beim "Elevator Pitch" der Photonics Days 2019

an René Lachmann &
Benedict Diederich für ihren
modularen Optik-Baukasten
UC2 für Forschung und
MINT-Ausbildung

ww.freepik.com

# Ausgewählte Publikationshighlights



Unraveling the Light-Activated Reaction Mechanism in a Catalytically Competent Key Intermediate of a Multifunctional Molecular Ca-

Angewandte Chemie (International ed. in English) 58 (37), S. 13140-13148. DOI: 10.1002/anie.201907247.

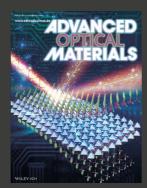
Linda Zedler | Alexander Klaus Mengele | Karl Michael Ziems | Ying Zhang | Maria Wächtler | Stefanie Gräfe et al. (2019)



Measuring nanoscale diffusion dynamics in cellular membranes with super-resolution STED-FCS

talyst for Artificial Photosynthesis Nature protocols 14 (4), S. 1054-1083. DOI: 10.1038/s41596-019-0127-9. - 11.334

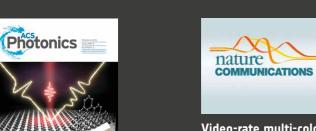
Erdinc Sezgin | Falk Schneider | Silvia Galiani | Iztok Urbančič | Dominic Waithe | B. Christoffer Lagerholm | Christian Eggeling (2019)



Stress-Induced 3D Chiral Fractal Metasurface for Enhanced and Stabilized Broadband Near-Field **Optical Chirality** 

Adv. Optical Mater. 7 (15), S. 1900617. DOI: 10.1002/adom.201900617.

Ming Lun Tseng | Zhan Hong Lin | Hsin Yu Kuo | Tzu Ting Huang | Yi Teng Huang | Tsung Lin Chung et al. (2019)



Boosting Light Collection Efficiency of Optical Fibers Using Metallic Nanostructures

ACS Photonics 6 (3), S. 691-698. DOI: 10.1021/acsphotonics.8b01560.

Ning Wang | Matthias Zeisberger | Uwe Huser | Marcel Müller (2019) Hübner | Markus A. Schmidt (2019)



Video-rate multi-color structured illumination microscopy with simultaneous real-time reconstruction

Nature communications 10 (1), S. 4315. DOI: 10.1038/s41467-019-12165-x.

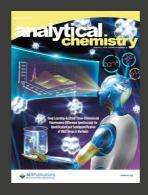
Andreas Markwirth | Mario Lachetta | Viola Mönkemöller | Rainer Heintzmann | Wolfgang Hübner | Thomas



Light-sheet microscopy of cleared tissues with isotropic, subcellular resolution

Nature methods 16 (11), S. 1109-1113. DOI: 10.1038/s41592-019-0615-4.

Tonmoy Chakraborty | Meghan K. Driscoll | Elise Jeffery | Malea M. Murphy | Philippe Roudot | Bo-Jui Chang et al. (2019)



#### Designable Spectrometer-Free Index Sensing Using Plasmonic Doppler Gratings

Analytical chemistry 91 (15), S. 9382-9387. DOI: 10.1021/acs. analchem.9b02662.

Fan-Cheng Lin | Kel-Meng See | Lei Ouyang | You-Xin Huang | Yi-Ju Chen | Jürgen Popp | Jer-Shing Huang (2019)



#### HIV-1 Gag specifically restricts PI(4,5)P2 and cholesterol mobility in living cells creating a nanodomain platform for virus assembly

Science advances 5 (10), eaaw8651. DOI: 10.1126/sciadv.aaw8651.

C. Favard | J. Chojnacki | P. Merida | N. Yandrapalli | J. Mak | C. Eggeling | D. Muriaux (2019)



#### Remote control of electronic coupling - modification of excited-state electron-transfer rates in Ru(tpy)2based donor-acceptor systems by remote ligand design

Chemical communications (Cambridge, England) 55 (16), S. 2273-2276. DOI: 10.1039/c8cc10075f.

Teipniz hbt 65

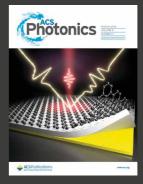
Yusen Luo | Jens H. Tran | Maria Wächtler | Martin Schulz | Kevin Barthelmes | Andreas Winter et al. (2019)



#### Molecular recognition of the native HIV-1 MPER revealed by STED microscopy of single virions

Nature communications 10 (1), S. 78. DOI: 10.1038/s41467-018-07962-9.

Pablo Carravilla | Jakub Choinacki | Edurne Rujas | Sara Insausti | Eneko Largo | Dominic Waithe et al. (2019)



#### Hollow Core Light Cage: Trapping **Light Behind Bars**

ACS Photonics 6 (3), S. 649-658. DOI: 10.1021/acsphotonics.8b01428.

Chhavi Jain | Avi Braun | Julian Gargiulo | Bumjoon Jang | Guangrui Li | Hartmut Lehmann et al. (2019)



#### corr2D: Implementation of Two-Dimensional Correlation Analysis in R

Journal of Statistical Software 90 (3). DOI: 10.18637/jss.v090.i03

Robert Geitner | Robby Fritzsch | Jürgen Popp | Thomas W. Bocklitz (2019)

# Highlights der Forschung 2019 auf www.leibniz-ipht.de



© Sven Döring

# Biophotonik

Loop-mediated isothermale DNA – Amplifikation für die vor-Ort-Detektion von humanpathogen Legionellen aus Wasserproben Cornelia Reuter | Thomas Henkel | Andrea Csáki | Wolfgang Fritzsche

Beobachtung und Modulierung einer Virusausbreitung mittels Superauflösungsmikroskopie

Pablo Carravilla | Christian Eggeling

MRSA-Superkeim vom indischen Subkontinent: "Bengal Bay"-Stamm vereint Eigenschaften von klinisch und ambulant erworbenen Erregern

Stefan Monecke | Elke Müller | Sascha Braun | Annett Reissig | Sindy Burgold-Voigt | Ralf Ehricht

Rattenplage in Wien: Infektionsforscher weisen multiresistente Erreger bei städtischen Wanderratten nach

Stefan Monecke | Elke Müller | Sascha Braun | Annett Reissig | Sindy Burgold-Voigt | Ralf Ehricht

#### Einzelmolekülstudien bei endogener hoher Konzentration

Francesco Reina | Christian Eggeling

Phänotypische Charakterisierung der Aktivierung von Immunzellen nach definierter bakterieller Toxin-Stimulation mittels Raman-Spektroskopie

Anuradha Ramoji | Astrid Tannert | Oleg Ryabchykov | Ignacio Rubio | Michael Bauer | Thomas W. Bocklitz | Jürgen Popp | Ute Neugebauer

Untersuchung der Wirkung biomimetischer Mineralisierung in menschlichen Zähnen mittels Raman-Mikroskopie

Christoph Krafft | Jürgen Popp

#### Multimodale nichtlineare Mikroskopie zur Therapieüberwachung der Behandlung mit kaltem atmosphärischem Plasma

Tobias Meyer | Hyeonsoo Bae | Sybille Hasse | Jörn Winter | Thomas von Woedtke | Michael Schmitt | Klaus-Dieter Weltmann | Jürgen Popp

Langzeitstabilität formanisotroper plasmonischer Nanopartikel

Andrea Csáki | Steffen Trautmann | Robert Müller | Ondrej Stranik | Wolfgang Fritzsche

Metabolit-Nachweis mittels SERS

Olga Žukovskaja | Izabella J. Jahn | Anna Mühlig | Karina Weber | Dana Cialla-May | Jürgen Popp

Markerfreie Identifizierung und molekulare Charakterisierung von Pollen Andreas Kleiber

Molekularer SERS-Sensor zum Nachweis von Cu(II)-Ionen

Vera Dugandžić | Thomas Henkel | Karina Weber | Dana Cialla-May | Jürgen Popp

Raman-Spektroskopie als Screening-Methode

Olga Žukovskaja | Thomas W. Bocklitz | Karina Weber | Jürgen Popp

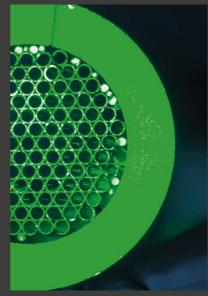
Open-Source-Implementierung der zweidimensionalen Korrelationsanalyse - Das corr2D-Paket in R Thomas W. Bocklitz

Merkmalsextraktion bei der Analyse von Raman-Spektraldaten

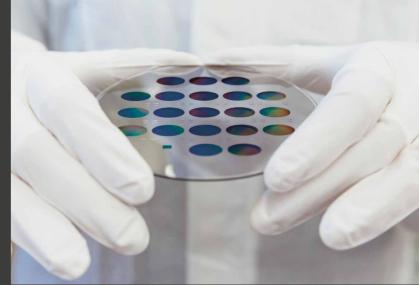
Shuxia Guo | Petra Rösch | Jürgen Popp | Thomas W. Bocklitz

Maschinelles Lernen und Deep Learning für die Analyse multimodaler Bilddaten

Pranita Pradhan | Elsie Quansah | Hyeonsoo Bae | Tobias Meyer | Michael Schmitt | Jürgen Popp | Thomas W. Bocklitz







© Sven Döring

# Faseroptik

#### Echtzeit-Charakterisierung der Dvnamik ultrakurzer Pulse und Anwendung für Gyroskopie und Navigation

Maria Chernysheva | Srikanth Sugavanam | Sergei Turitsyn

#### Der Photosensitivität in Cerdotierten Fasern auf der Spur

Tino Elsmann | Martin Becker | Olugbenga Olusoji, | Sonja Unger | Katrin Wondraczek | Claudia Aichele | Florian Lindner | Anka Schwuchow | Johannes Nold | Manfred Rothhardt

#### Normaldispersive Suspended-Core Fasern für nichtlineare Anwendungen: Uwe Hübner | Volker Tympel | Frank **Entwurf und Herstellung**

Alexander Hartung | Adrian Lorenz | Jörg Bierlich | Jens Kobelke | Matthias Jäger

Photodarkening in Yb-Fasern: Experimentelle Untersuchungen und Modellbetrachtungen

Martin Leich | Sylvia Jetschke | Anka Schwuchow | Sonja Unger | Ulrich Röpke | Matthias Jäger

# Photonische Detektion

#### Ein optisch isotropes Metamaterial durch Kombination von Top-Downund Bottom-Up-Ansätzen

Kay Dietrich | Matthias Zilk | Martin Steglich | Thomas Siefke | Uwe Hübner | Thomas Pertsch | Carsten Rockstuhl | Andreas Tünnermann | Ernst-Bernhard Kley

#### Hochtransparente MgF2-Filme für die Kombination von Super-Resolution-Mikroskopie und Multi-Elektroden-Array-Technologie

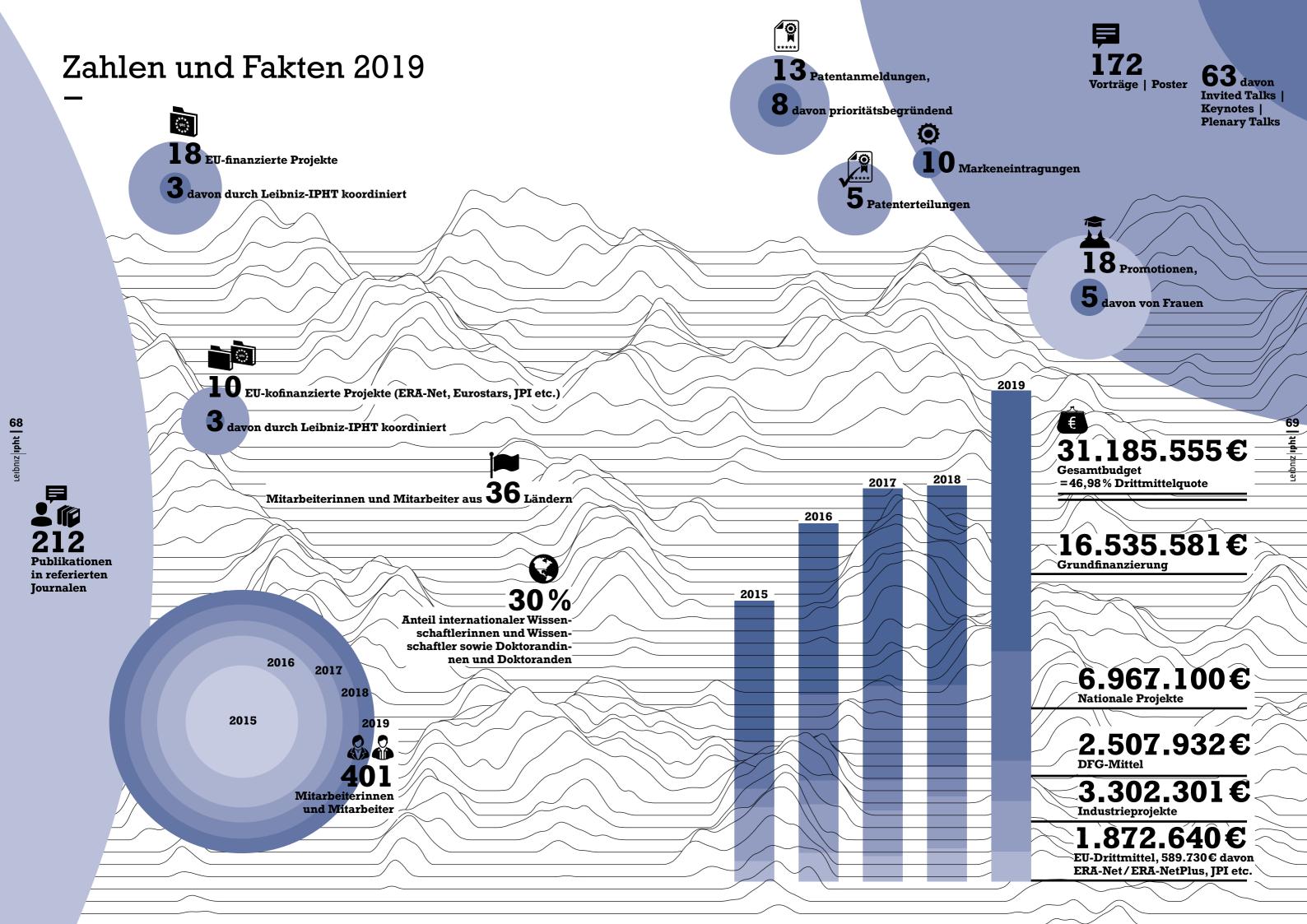
Gabriele Schmidl, Jonathan Plentz, Annett Gawlik | Jan Dellith | Schmidl | Lars Schmidl | Holger Haselmann | Christian Geis

#### Nanodraht-Einzelphotonendetektoren aus Niobnitrid mittels Atomlagenabscheidung

Emanuel Knehr | Artem Kuzmin | Denis Vodolazov | Mario Ziegler | Steffen Doerner | Konstantin Ilin | Michael Siegel | Ronny Stolz | Heidemarie Schmidt

#### Thermoelektrische Eigenschaften von mit porösem Platin electrochemisch beschichteten **AFM-Kantilevern**

Sarmiza Elena Stanca | Frank Hänschke | Andrea Dellith | Gabriel Zieger | Jan Dellith | Heidemarie



# Organigramm

Mitgliederversammlung	Kuratorium	Wissenschaftlicher Beirat			
	Dr. Bernd Ebersold // Vorsitzender	Prof. Dr. Cornelia Denz // Sprecherin			
Vorstand	Stellv. DirektorInnen	Verwaltung, Betriebstechnik			
Prof. Dr. Jürgen Popp // Vorsitzender und Wiss. Direktor	Prof. Dr. Ute Neugebauer // Stellv. Wissenschaftliche Direktorin	Frank Sondermann // Leiter			
Frank Sondermann // Administrativer Direktor	Prof. Dr. Benjamin Dietzek // Stellv. Wissenschaftlicher Direktor	Personalvertretung			
Vorstandsreferentinnen	Stabsstellen	Claudia Aichele // Vorsitzende des Betriebsrates			
Susanne Hellwage // Persönliche Referentin des Wissenschaftlichen Direktors	<b>Dr. Ivonne Bieber //</b> Wissenschaftliche Koordination	Sarah Meinhardt // Gleichstellungsbeauftragte			
Dr. Karina Weber // Vorstandsreferentin	Gabriele Hamm // Internationalisierung	Mario Ziegler // Promovierendenvertreter			
	Daniel Siegesmund // Öffentlichkeitsarbeit und Forschungsmarketing	(bis Ende 2019)  Tino Fremberg // Promovierendenvertreter (ab 2020)			

# Wissenschaftlicher Beirat

# Sprecherin

Prof. Dr. Cornelia Denz // Westfälische Wilhelms-Universität Münster

# Mitglieder

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

Eugen Ermantraut // BLINK AG, Jena

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

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

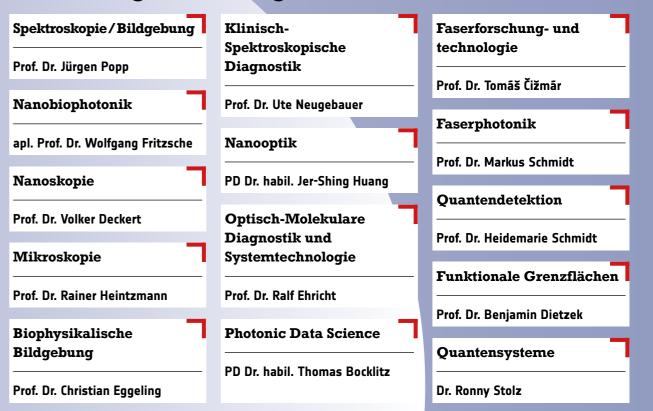
Prof. Dr. Monika Ritsch-Marte // Medizinische Universität Innsbruck, Innsbruck

Prof. Dr. Christian Spielmann // Friedrich-Schiller-Universität Jena, Jena

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

# Forschungseinheiten

# Forschungsabteilungen



# Nachwuchsgruppe

**Ultrakurzpuls-Faserlaser** Dr. Maria Chernysheva

# Kuratorium

## Vorsitzender

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

# Mitglieder

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

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

Dr. Ludwin Monz // Carl Zeiss Meditec AG, Jena

Klaus Berka // Jena

# 72 | the | zinqia

# Leibniz ipht 5

14.650,0

# Vereinsmitglieder 2019

# Institutionelle Mitglieder

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

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

Sparkasse Jena // vertreten durch Michael Rabich

CiS Institut für Mikrosensorik e. V., Erfurt // vertreten durch Prof. Dr. Thomas Ortlepp

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

Robert Bosch GmbH, Stuttgart // vertreten durch Hartmut Spennemann

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

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

Leibniz-Institut für Festkörper-und Werkstoffforschung e.V., Dresden // vertreten durch Prof. Dr. Oliver G. Schmidt

**Thüringer Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitale Gesellschaft, Erfurt** // vertreten durch Dr. Sebastian Stark

# Persönliche Mitglieder

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

Dr. Klaus Fischer // Jena

Elke Harjes-Ecker // Thüringer Staatskanzlei, Erfurt

Prof. Dr. Hans Eckhardt Hoenig // Erlangen

Bernd Krekel // Commerzbank AG, Jena

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 // Jena

# Finanzen des Instituts 2019

\_\_

gesamt

	in T Euro
Institutionelle Förderung (Freistaat Thüringen, Bund)	16.535,6
Drittmittel	14.650,0
gesamt	31.185,6
Institutionelle Förderung: Verw	endung
Personalmittel	8.778,8
Sachmittel	3.808,0
Investitionsmittel	3.948,8
gesamt	16.535,6
Drittmittel	
Bund davon 680,1 T€ für Projekte, finanziert von der Leibniz-Gemeinschaft	3.879,7
DFG Zusätzlich haben Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Leibniz-IPHT DFG-Mittel in Höhe von 855,8 T€ verausgabt	2.507,9 an der Universität Jena
Freistaat Thüringen davon für Umstrukturierung im Rahmen EFRE 1.757,4 T€	2.889,0
EU davon für EU-Maßnahmen wie ERA-Net/ERA-NetPlus, Joint Programming Initi	1.872,6 ativen u.a. 589,7 T€
Aufträge öffentlicher Einrichtungen	175,2
Sonstige Zuwendungsgeber	198,5
Unteraufträge in Verbundprojekten	225,1
F&E Aufträge inkl. wissenschaftlich-technischer Leistungen	2.902,0

# Personal des Instituts 2019

	Nach Vollbeschäftigungseinheit					
	Institutionelle Förderung		Professoren Professorinnen	Summe	Personen	
Wissenschaftlerinnen / Wissenschaftler	46,13	51,78	8,00	105,91	116	
Extern finanzierte Wissenschaftlerinnen*/Wissen	- nschaftler*	-	-	-	21	
Gastwissenschaftlerinnen**/ Gastwissenschaftler**	-	-	-	-	24	
Doktorandinnen/Doktoranden	10,10	26,63	-	36,73	65	
Extern finanzierte Doktorandin Doktoranden*	nnen*/ -	-	-	-	48	
Technisches Personal	40,92	34,96	-	75,88	82	
Extern finanzierte Mitarbeiter Mitarbeiter*	innen*/ -	-	-	-	1	
Kaufmännisches Personal	13,07	10,23	-	23,30	25	
Wissenschaftliche Koordinatio	<b>n</b> 4,75	2,88	-	7,63	8	
ÖA und Forschungsmarketing	3,38	3,00	-	6,38	7	
Auszubildende	2,00	-	-	2,00	2	
Vorstand	1,00	-	0,50	1,50	2	
Gesamtpersonal	121,35	129,48	8,50	259,33	401	

# Wir danken unseren Förderern



linisterium ir Wirtschaft, Wissenschaft nd Digitale Gesellschaft





























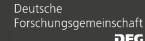














Carl Zeiss Stiftung



utscher Akademischer Austausch Dien rman Academic Exchange Service





**HORIZON 2020** 

# Impressum

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

**Standort:** Albert-Einstein-Str. 9, 07745 Jena

Postanschrift: PF 100 239, 07702 Jena

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

**Redaktion:** Lavinia Meier-Ewert, Manuela Meuters, Daniel Siegesmund

**Vertretungsberechtigte:** Jürgen Popp, Wissenschaftlicher Vorstand (Vorsitzender), Frank Sondermann, Kaufmännischer Vorstand

\_\_\_\_

Layout: Katrin Uhlig

**Titelmotiv:** Charlotte Siegesmund

Fotos: Sven Döring

© Leibniz-IPHT Jena \_06.2020 | www.leibniz-ipht.de

PHOTONICS FOR LIFE from Ideas to Instruments

<sup>\*</sup>Mitarbeiterinnen/Mitarbeiter, 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

<sup>\*\*</sup>Wissenschaftlerinnen/Wissenschaftler, die im Kalenderjahr 2019 bisher länger als einen Monat am Leibniz-IPHT tätig waren und von einer anderen Institution finanziert wurden. Keine Anwendung der Stichtagsregelung 31.12.2019

#### Leibniz-Institut für Photonische Technologien e.V.

#### Standort:

Albert-Einstein-Str. 9 07745 Jena

#### Postanschrift:

PF 100 239 07702 Jena

#### www.leibniz-ipht.de

♥ @Leibniz\_IPHT, **f** Leibniz-Institut für Photonische Technologien @LeibnizIPHT, @ leibniz\_ipht

Leibniz Gemeinschaft