

# verbundjournal

## Aus dem Labor auf den Weltmarkt

Kooperationen mit der Industrie stärken den Standort Berlin



## Editorial



Liebe Leserin, lieber Leser,

im Juni fand in Berlin der Nationale MINT-Gipfel statt, um die Bildung in den Bereichen Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik zu fördern. Sogar die Kanzlerin war dabei und hat das Anliegen unterstützt. Schon lange gibt es die Forderung, möglichst früh die Begeisterung der Kinder für Technik zu stärken, damit wir den Technologiestandort sichern können. Es gibt zahlreiche Initiativen, die das direkt in Schulen und Kindergärten umsetzen, wie etwa das „Haus der kleinen Forscher“.

Trotzdem stehen wir immer noch ganz am Anfang. Zwar können vielleicht 12 Kinder einer Schule in einer Nachmittags-AG spannende Experimente machen (für mehr ist kein Platz), aber im Schulalltag stehen immer noch Lesen und Schreiben, Geschichten-Erzählen und Malen ganz oben auf der Agenda. Technikbegeisterte Kinder, deren Handschrift krakelig ist, die nicht gern lesen und eher grob malen, dafür aber ihr Fahrrad selbst reparieren können, bekommen ihre Unzulänglichkeiten auf dem Zeugnis bescheinigt. Ihr Talent kommt dort nicht vor.

Wenn technisch begabte Kinder von Beginn an motiviert würden, kämen sicher mehr von ihnen bei den Technischen Hochschulen und Forschungsinstituten an. Das lohnt sich für die gesamte Gesellschaft, wie die Beispiele aus dem Forschungsverbund Berlin in diesem Verbundjournal eindrücklich zeigen.

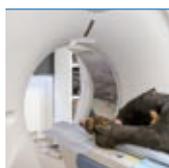
*Viel Spaß beim Lesen  
wünschen Ihnen  
Karl-Heinz Karisch und  
Gesine Wiemer*

## Inhalt

### FORSCHUNG AKTUELL

Nachrichten.....	3
Direktorenkolumne: „Alles Leben ist Problemlösen“ Von Günther Tränkle.....	5

### TITEL – Aus dem Labor auf den Weltmarkt



*Durch eine Industriekooperation mit Toshiba kann das Leibniz-Institut für Zoo- und Wildtierforschung gestochen scharfe Bilder vom Inneren ihrer tierischen Patienten machen. Seite 10 »*

Wissenschaft als Motor für die Wirtschaft.....	6
WIAS: Mathematik für mehr Power.....	9
IZW: Präzise Einblicke in Leib und Leben.....	10
FBH: Schnelle Schaltungen mit Sandwich-Chips.....	12
FBH: Meine Doktorarbeit: UV-LEDs für Medizin und Wasserdesinfektion....	14
FMP: Individualisierte Medizin für den Krebspatienten.....	16
FMP: Roboter suchen nach Wirkstoffen.....	17
IKZ: Schicht um Schicht zur Transparenz.....	18
WIAS: Die Anwendung mathematischer Methoden in der Industrie fördern...	20

### BLICKPUNKT FORSCHUNG



*Im polnischen Flachland treffen zwei Laubfroscharten aufeinander. Dabei entstehen Hybridfrösche, die Geschlechtschromosomen von beiden Arten in sich tragen. Seite 22 »*

MBI: Die Quantenschaukel.....	21
IGB: Sex mit der anderen Art.....	22

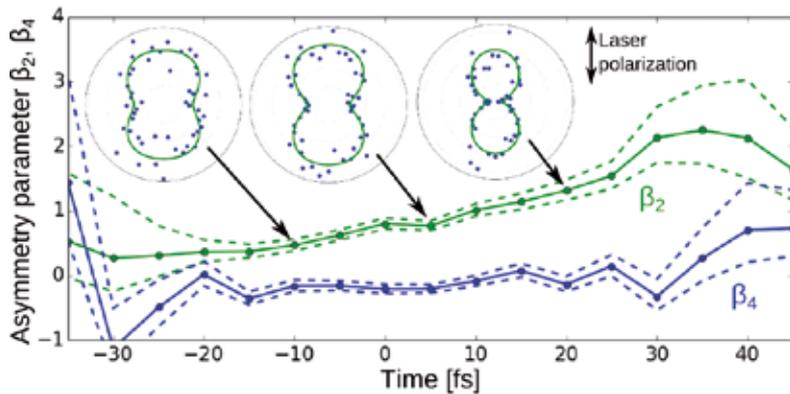
### VERBUND INTERN



*In Berlin entsteht derzeit der neue Leibniz WissenschaftsCampus GraFOx zur Erforschung von Oxiden. Deren Eigenschaften haben das Potenzial zum Material für die Elektronik der Zukunft. Seite 26 »*

„Die Begeisterung der Wissenschaftler überträgt sich auf die Verwaltung“...	24
PDI, IKZ: Das Material der Zukunft – Made in Berlin.....	26
WIAS: Michael Hintermüller leitet das Weierstraß-Institut.....	27
FVB: Medien-Workshop für junge Wissenschaftler.....	28
IGB: Großes Kino für wilde Flüsse.....	28
IGB: Fließgewässer effizienter renaturieren.....	29
FMP: Berliner Chemie-Asse auf dem Weg nach Rostock.....	29
Aus der Leibniz-Gemeinschaft.....	30
Personen.....	30

# Nachrichten



## MBI

### Ultraschnelle Photoelektronenspektroskopie enthüllt Ringen zwischen verschiedenen Autoionisationskanälen

Mit Hilfe von zeit-, energie- und winkelaufgelöster Photoelektronenspektroskopie gelang es Forschern vom Max-Born-Institut in Kooperation mit Kollegen aus Mailand und Padua, Schnappschüsse von gekoppelten Rydbergorbitalen während ultraschneller Autoionisation aufzunehmen.

Elektronische Autoionisation ist ein Prozess, bei dem die Bewegung von mehreren angeregten Elektronen in einem Atom oder Molekül mit Verzögerung zur Emission eines einzelnen Elektrons führt. Trotz einer langen Forschungshistorie birgt die theoretische Beschreibung dieses Prozesses auch heute noch Schwierigkeiten. Dies trifft insbesondere auf den Fall von energetisch überlappenden autoionisierenden Resonanzen zu. Die Schwierigkeiten sind fundamentaler Natur, denn ihr Ursprung liegt in den fundamentalen Problemen der Beschreibung eines dynamischen Prozesses im Energieraum. Den Forschern gelang es nun, durch neue technische Entwicklung im Bereich von ultrakurzen XUV-Pulsen erstmals diesen ultraschnellen dynamischen Prozess auch direkt im Zeitraum nachzuweisen.

In ihrer neuen Publikation in den *Physical Review Letters* wird ein neu konstruierter zeitverzögerungskompensierender Monochromator genutzt, der es er-

möglicht, eine einzelne autoionisierende Resonanz in Stickstoffmolekülen selektiv durch einen XUV-Puls anzuregen. Die Dynamik wird daraufhin durch Ionisation des Moleküls mit einem zweiten IR-Puls innerhalb eines Pump-Probe Experiment abgebildet. Dies geschieht auf einer Zeitskala unterhalb von 15 fs. Weitergehende Experimente und verbesserte theoretische Beschreibung sollen ergründen, inwieweit die jetzt im Experiment beobachteten Phänomene von genereller Natur sind und damit von hoher Bedeutung für das allgemeine Verständnis von Autoionisation in Molekülen wären.

DOI: [10.1103/PhysRevLett.116.163003](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.116.163003)

## MBI/PDI

### Verstärkung von Schallwellen bei extremen Frequenzen

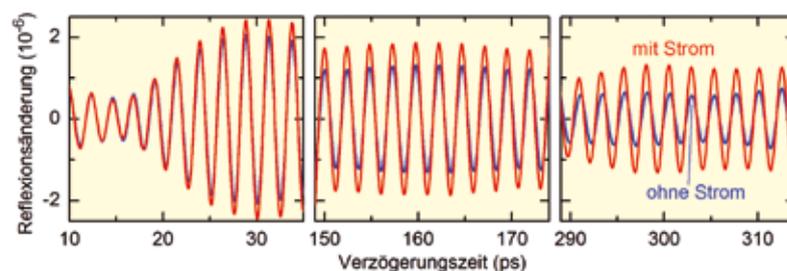
Ultraschall besteht aus akustischen Wellen mit einer Frequenz weit über der Grenze, die von Menschen gehört werden kann. Ultraschall im Megahertz-Bereich (1 MHz =  $10^6$  Hz = 1 Million Schwingungen pro Sekunde) findet breite Anwendung in der Sonographie, z. B. für die medizinische Bildgebung der

Organe im Körper und für die zerstörungsfreie Prüfung von Materialien. Die räumliche Auflösung des Bildes ist begrenzt durch die Wellenlänge des Ultraschalls. Um Objekte im Nanobereich (1 Nanometer =  $10^{-9}$  m = 1 milliardster Teil eines Meters) abbilden zu können, sind Schallwellen mit einer Frequenz von mehreren hundert Gigahertz (1 Gigahertz (GHz) = 1000 MHz) erforderlich. Um solche Wellen als Diagnosewerkzeug verwenden zu können, müssen neue Quellen entwickelt werden, die eine ausreichende Schallintensität liefern.

Forscher aus dem Max-Born-Institut haben zusammen mit Kollegen aus dem Paul-Drude-Institut und der École Normale Supérieure (Paris) eine neue Methode für die Verstärkung solcher hochfrequenter Schallwellen gezeigt. In einer speziell entwickelten Halbleiter-Struktur, die aus einer Folge von Nanoschichten besteht, werden Schallwellen mit einer Frequenz von 400 GHz mit kurzen optischen Impulsen aus einem Laser erzeugt und nachgewiesen. Der Schall wird durch Wechselwirkung mit einem elektrischen Strom verstärkt, der durch den Halbleiter in der gleichen Richtung wie die Schallwellen fließt. Diese Verstärkung basiert auf einem Prozess namens „SASER“ (Sound Amplification by Stimulated Emission of Radiation), analog zur Verstärkung des Lichtes in einem Laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation).

Sobald solche Quellen verfügbar sind, kann Sonographie mit einer Ortsauflösung im Bereich der Größe von Viren betrieben werden, also auf einer Längenskala viel kürzer als die Wellenlänge des sichtbaren Lichts.

DOI: [10.1103/PhysRevLett.116.075504](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.116.075504)





## IGB

### Gewässerschutz auf der Woche der Umwelt 2016

Bundespräsident Joachim Gauck lud ein und 12.000 Besucher kamen am 7. und 8. Juni in den Park von Schloss Bellevue zur „5. Woche der Umwelt“. Die Teilnehmer lobten die „tolle Atmosphäre, fast wie auf einer riesigen Gartenparty“. Aus über 600 Bewerbungen hatte die Jury 190 Aussteller aus Wirtschaft, Wissenschaft, Zivilgesellschaft, Politik und Medien ausgewählt, die ihre innovativen Vorhaben im Bereich Umwelt und Nachhaltigkeit vorstellten. Mit dabei war auch das Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB), das die Projekte SEELABOR und MONERIS präsentierte. Mit dem Seelabor, einer großen Freiland-Versuchsanlage, werden die Auswirkungen des globalen Umweltwandels auf Seen erforscht, während bei MONERIS Fließgewässer und deren Nährstoffbelastungen im Fokus stehen. Beide Projekte werden u.a. vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert.

## FMP

### Transatlantisches Bündnis für ultra-sensitive MR-Bildgebung

Wissenschaftler des Leibniz-Instituts für Molekulare Pharmakologie (FMP) in Berlin-Buch und des California Institute of Technology (Caltech) in Pasadena kooperieren zukünftig bei der Entwicklung neuester Biosensoren für die individualisierte Medizin und die Medikamentenentwicklung. Das interdisziplinäre Team aus Physikern, Chemikern und Biotechnologen wird an einem neuen Typ von Kontrastmitteln arbeiten, um wesentliche Durchbrüche in der MR-Tomographie zu erzielen, da diese Sensoren mit etwa 3-millionenfacher gesteigerter Empfindlichkeit nachgewiesen werden können. Hierfür wird die Kooperation künftig über drei Jahre mit insgesamt 750.000 US\$ vom Human Frontiers Science Program (HFSP) gefördert.

Die wachsenden Erkenntnisse aus Biochemie und Zellbiologie über Ausbruch und Verlauf von Krankheiten sowie über die Wirksamkeit neu entwickelter Medikamente lassen sich bislang nicht zufriedenstellend in Methoden der diagnostischen Bildgebung integrieren. Viele Verfahren wie die Magnetresonanztomographie (MRT) liefern zwar guten Kontrast zur Differenzierung verschiedener Gewebe, können aber nicht die Verteilung bestimmter Biomarker visualisieren.

Die kalifornischen Wissenschaftler entdeckten kürzlich eine neue Klasse von Kontrastmitteln, die zunächst als luftgefüllte Gas-Bläschen in der Ultraschall-Diagnostik Einsatz fand. Das eigentliche Potential entpuppte sich aber erst, als diese Vesikel mit einer MRT-Methode detektiert wurden, die u.a. federführend am FMP in Berlin entwickelt wird. Hierbei kommt laser-polarisiertes Xenon, zum Einsatz das sich in sehr geringen Mengen nachweisen lässt.

Die Gutachter hoben das Potential der Methode hervor, um einen „entscheidenden Durchbruch in der biomedizinischen Bildgebung und tiefgreifende Veränderungen für das Gebiet“ zu erzielen.

## IZW

### Kleine Luchspopulationen führen zu genetischer Verarmung

Um Luchse erfolgreich wiederanzusiedeln, spielt die Anzahl an ausgewilderten Tieren eine entscheidende Rolle. Werden nur wenige Luchse freigelassen, um eine neue Population zu etablieren, so ist die genetische Vielfalt zu gering, um ihren Bestand langfristig zu sichern. Dies hat ein internationales Forscherteam kürzlich im Fachmagazin „Conservation Genetics“ veröffentlicht. In ihrer Studie betonen die Autoren die Notwendigkeit, neu etablierte europäische Luchspopulationen durch das Aussetzen weiterer Luchse und durch andere Schutzmaßnahmen zu stärken.



Wissenschaftler des Berliner Leibniz-Instituts für Zoo- und Wildtierforschung (IZW), des Nationalparks Bayerischer Wald, der Polnischen Akademie der Wissenschaften sowie der Russischen Akademie der Wissenschaften haben zwei Europäische Luchspopulationen im Böhmer-Bayerwald und im Pfälzerwald-Vogesen-Gebiet genetisch untersucht. Der Eurasische Luchs (*Lynx lynx*) ist die größte europäische Katzenart und steht seit 1992 in der EU unter Schutz. Sein ursprünglich ganz Europa umfassendes Verbreitungsgebiet ist heute im Wesentlichen auf Schutzgebiete, wie z. B. Nationalparks, beschränkt.

Die Forscher plädieren dafür, die illegale Tötung von Luchsen zu bekämpfen und weitere Luchse in beide Populationen umzusiedeln, um deren genetische Vielfalt direkt zu stärken. Indirekte Schutzmaßnahmen wie die Einrichtung von Wildtierkorridoren können darüber hinaus den genetischen Austausch zwischen benachbarten Populationen ermöglichen und so ebenfalls zur Stärkung des Luchsbestandes beitragen.

DOI: 10.1007/s10592-016-0839-0

## IZW

### Migrationskorridore von Fledermäusen

Zeig mir, was Du gefressen hast und ich sag' Dir, wie Du hierhergekommen bist. So lautet, vereinfacht gesagt, der Ansatz der neuesten Fledermausstudie des

## Direktorenkolumne

### „Alles Leben ist Problemlösen“

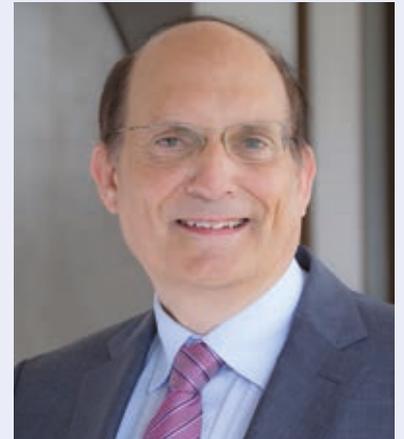
Leibniz-Instituts für Zoo- und Wildtierforschung (IZW) in Berlin. Wissenschaftlern um Christian Voigt gelang es anhand von Isotopenanalysen unterschiedlicher Gewebetypen, die bevorzugten Habitate von drei Fledermausarten zu ermitteln. Anlass der Studie ist die hohe Zahl von Schlagopfern an Windkraftanlagen, an denen pro Jahr geschätzte 250.000 Fledermäuse sterben. Siebzig Prozent der Verunglückten gehören migrierenden Arten an, die Deutschland im Frühjahr und Herbst auf ihrer Wanderung vom Nordosten Europas in den Südwesten kreuzen. Die Forscher wollten herausfinden, ob es Gebiete gibt, in denen Windkraftanlagen besser nicht stehen sollten, weil dort eventuell Migrationskorridore liegen.

Die Isotopenzusammensetzung eines lokalen Nahrungsnetzes hat ein für die Region charakteristisches Muster. Es ist quasi ihr Fingerabdruck, der von Boden, Düngung und Witterungsverhältnissen geprägt wird. Über die Nahrungskette Pflanze-Insekt-Fledermaus wird diese Signatur weiter gegeben. „Wir können aus den Analysen also rückschließen, in welchen Lebensräumen sich die Tiere auf ihren Wanderungen hauptsächlich aufhielten, bevor sie verunglückten“, sagt Christian Voigt.

Je nach Fledermausart fanden die Forscher unterschiedliche bevorzugte Wanderrouten. Es zeigten sich sowohl typische Muster terrestrischer Gebiete als auch aquatischer Gebiete. Bestimmte Arten hangeln sich gewissermaßen an nährstoffreichen Seen und Flüssen entlang. Windpark-Standorte in Gewässernähe sind daher ungünstig. Zusätzlich fordern die Wissenschaftler, die Anlagen bei schwachem Wind abzustellen – denn nur dann ziehen die Fledermäuse. Gleichzeitig produzieren die Anlagen dann so gut wie keinen Strom. Bei starkem Wind machen die Fledermäuse Pause, und die Windräder sind effizient. Klimaschutz und Artenschutz passen also gut zusammen.

DOI: 10.1890/15-0671

Das sagte der Philosoph Karl R. Popper und brachte unter diesem Buchtitel seine Gedanken zu Erkenntnis, Geschichte und Politik prägnant auf den Punkt. Diesen Satz verstehe ich auch als einen wesentlichen Ansporn für die Wissenschaft. Wenn wir neue Erkenntnisse gewinnen, begreifen wir immer besser, was die Welt im Innersten zusammenhält. Für mich wird es aber erst richtig spannend, wenn wir auf der Basis dieses Verständnisses auch Problemlösungen anbieten können.



Als Wissenschaftler sehe ich uns sogar in der Pflicht, unsere moderne Gesellschaft und damit die Welt positiv weiterzuentwickeln. Das ist nicht nur Verpflichtung, sondern macht auch Spaß, wenn unsere Forschungsergebnisse und die daraus entstehenden Produkte und Lösungen weltweit wahrgenommen werden. Damit gelingt es uns tatsächlich, viele Probleme zu beseitigen. Beispiele aus den Instituten des Forschungsverbundes belegen die große Bandbreite.

So erforscht das IZW vom Aussterben bedrohte Geparde, deren Verhalten im Revier und Bewegungsmuster. Farmer fürchten um ihr Vieh und schießen diese traditionell. Jetzt allerdings gibt es andere Möglichkeiten, die Raubkatzen von Nutztieren fernzuhalten. Ein Team des IZW markiert die Geparde mit GPS-Sendern, aus den Positionsdaten erstellen die Forscher Karten, wo sich die Tiere bewegen und verhindern so unliebsame Begegnungen. Eine Studie belegte zusätzlich, dass auf dem Speiseplan von Geparden ohnehin kaum Weidevieh steht – das hilft auch, Vorurteile bei den Farmern abzubauen.

In seiner Aquakulturforschung beschäftigt sich das IGB mit der Frage, wie Wasser und Ressourcen besonders nachhaltig genutzt werden können. Dabei spielt auch das Tierwohl eine zentrale Rolle. So lässt sich Aquakultur gewinnbringend und umweltverträglich mit Gemüse- und Fischzucht kombinieren. Die geschlossene Kreislaufanlage zur Fischproduktion in Verbindung mit einer Hydroponikanlage zur Pflanzenzucht ist eine klimafreundliche und nachhaltige Lösung, die Synergieeffekte nutzt. Das Institut vermarktet das System unter dem Namen „Tomatenfisch“.

Technologieorientierte und anwendungsnahe Forschungseinrichtungen wie das FBH denken die Applikation ohnehin stets mit. Daher kooperieren wir von Anfang an eng mit Unternehmen, deren Rückmeldungen in den Entwicklungsprozess mit einfließen. Oder wir optimieren Bauelemente so, dass sie bestehende Lösungen verbessern. Wie etwa UV-Leuchtdioden, die zur Wasserdesinfektion und zur Oberflächenbehandlung eingesetzt werden können. Ist das Marktpotenzial hoch, gründen wir auch aus (s. S. 14 f). So stellen wir auf vielfältige Weise sicher, dass unsere Ergebnisse tatsächlich zur Anwendung kommen.

Wie diese Beispiele zeigen, bringt der Transfer von Wissen und von Technologien viele Vorteile. Damit lösen wir nicht nur vorhandene Probleme, sondern schaffen intelligente Lösungen, die das Leben zumindest in mancher Hinsicht leichter machen!

Prof. Dr. Günther Tränkle  
Direktor des Ferdinand-Braun-Instituts,  
Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik

KARL-HEINZ KARISCH

# Wissenschaft als Motor für die Wirtschaft

Die Berliner Wirtschaft ist auf Erfolgskurs. Für das laufende Jahr erwartet Wirtschafts-senatorin Cornelia Yzer ein Wachstum von zwei Prozent. Damit liegt die Hauptstadt deutlich über der Prognose von 1,7 Prozent für das Bundesgebiet. Als Motor für den Boom sieht die Senatorin „einen technologieorientierten Mittelstand und starke Forschungs-zentren, die an einem gemeinsamen Strang ziehen und damit Investitionen und Innovationen in der Hauptstadt voranbringen“. Wichtiger Teil dieser Innovationskraft sind die acht Leibniz-Institute des Forschungsverbundes Berlin e.V. (FVB).

**T**heorien und Grundlagenforschung revolutionieren unsere Welt, das haben schon vor mehr als 100 Jahren Max Planck und Albert Einstein gezeigt. Der Grundlagenforschung widmet sich vornehmlich das Max-Born-Institut

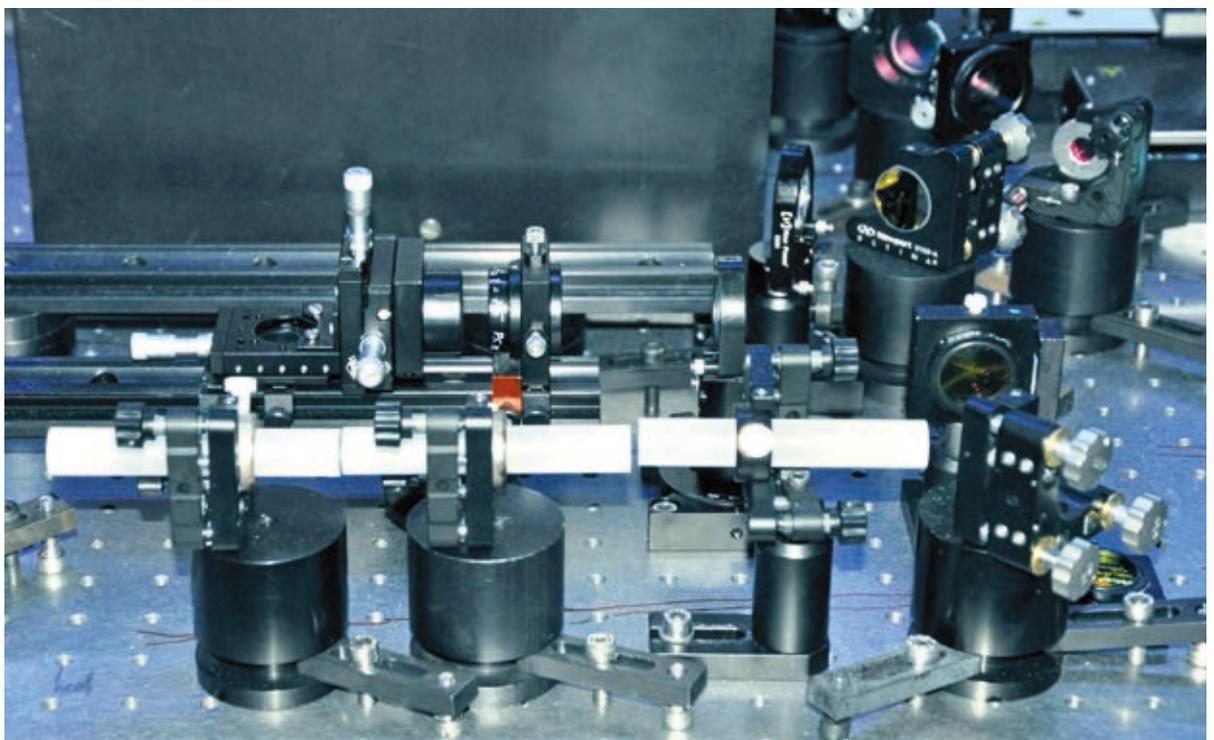
» *Mit Hilfe der am MBI entwickelten Röntgen-Technologie könnten Verfahren entstehen, die für die Herstellung einer neuen Generation von Computerchips relevant sind.*«

für Nichtlineare Optik und Kurzzeit-spektroskopie (MBI). FVB-Vorstands-sprecher und Direktor am MBI Prof. Marc Vrakking erläutert, warum dar-aus langfristig Auswirkungen auf die Industrie entstehen. „Wir haben 20 Jahre Femtosekunden-Laserphysik hinter uns, die auf der sogenannten Titan:Saphir-Technik beruht“, berich-tet er. In der Laserforschung finde derzeit der Wechsel auf eine völlig neue Technologie statt. Am MBI ar-beiten vier Gruppen daran, diese neue Technologie zu ent-wickeln, die sogenannte optisch parametrische Verstärkung (Oszillator).

Neue Lasersysteme, die auf diesem Prinzip beruhen, wer-den in einen Parameterbereich vordringen, der es er-lauben wird, kohärente Röntgenstrahlung mit hoher Effizienz und Brillanz zu erzeugen. Die Röntgenstrahlung wird da-bei durch neue Methoden erzeugt, etwa durch Erzeugung von Hohen Harmonischen (kohärent) und in Laser-Plasma Quellen (inkohärent). Diese Technologien ermöglichen es, Femtosekunden-Laser-Systeme aufzubauen, die eine viel höhere mittlere Leistung erreichen als Titan:Saphir-Laser-Systeme. „Wir erreichen künftig viel höhere Wiederho-lungsraten mit noch kürzeren Pulsen“, sagt Vrakking. Das füh-re zu neuen Anwendungen in der Grundlagenfor-schung (z. B. Attosekundenphysik) als auch in der Indus-trie (Materialbearbeitung). Die neue parametrische Laser-technologie erlaube es auch, neue Wellenlängenbereiche zu erschließen.

Ein Teil der dafür notwendigen Geräte wurde direkt mit der Industrie entwickelt, damit daraus kommerzielle Produkte entstehen können. Röntgenstrahlung, bzw. der

Die nächste Gene-ration der Laser-Physik verwendet die sogenannte optisch parametrische Verstärkung. Versuchsaufbau am Max-Born-Institut (MBI).





sogenannte EUV (extreme ultra-violett)-Bereich werde auch für die Halbleiter-Industrie immer wichtiger, berichtet Vrakking, wo zurzeit versucht werde, mit Hilfe von sehr kurzwelliger Strahlung die Strukturen von Computerchips und anderen Halbleitern noch weiter zu verkleinern. Dazu beitragen könnten möglicherweise auch die am MBI entwickelten Röntgen-Technologien.

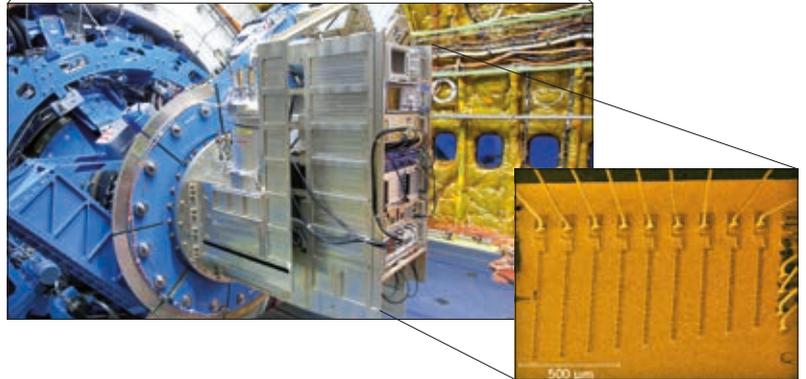
Ein weiteres Beispiel aus dem MBI ist die Zusammenarbeit mit dem Berliner Start-up Photonic Tools, das für industrielle Ultrakurzpuls-Laser die passenden Faser- und Kabel-Systeme für die Strahlführung in der Produktion anbietet. Dafür wurde gerade ein gemeinsames BMBF-Projekt eingeworben.

Der Grundlagenforschung zuzurechnen ist auch das Paul-Drude-Institut (PDI) für Festkörperelektronik. Die hier weltweit erstmals erzeugten stabilen Quantenpunkte oder aus nur einem Molekül bestehenden Transistoren wurden von der angelsächsischen Fachpresse aufmerksam registriert. Für das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Berlin hat das PDI einen Terahertz-Quantenkaskadenlaser entwickelt. Dieser stellt einen innovativen Baustein für das hochauflösende Heterodyn-Spektrometer GREAT (German Receiver for Astronomy at Terahertz Frequencies) im Stratosphären-Observatorium für Infrarot-Astronomie (SOFIA) dar, welches gemeinsam von der NASA und dem DLR betrieben wird.

Mit GREAT lässt sich elektromagnetische Strahlung aus dem Weltraum beispielsweise von atomarem Sauerstoff bei ungefähr 4,7 THz nachweisen. Daraus können Schlüsse auf die Bewegung von interstellaren Gaswolken gezogen werden. Um diese sehr schwachen Signale aus dem Weltraum zu verstärken, nutzen die Forscher Heterodyn-Technik bei 4,7 THz, die ohne den Quantenkaskadenlaser des PDI nicht möglich wäre.

Terahertz-Quantenkaskadenlaser werden seit ca. 15 Jahren entwickelt und haben ihre Entdeckung durch die Industrie noch vor sich. Da viele organische Moleküle charakteristische Absorptionsspektren im Terahertz-Bereich besitzen, eignet sich die THz-Spektroskopie in Verbindung mit bildgebenden Verfahren für medizinische Schnelltests, die Drogenfahndung und die industrielle Qualitätskontrolle.

Ganz vorne dabei ist das Ferdinand-Braun-Institut (FBH), das besonders eng mit der Industrie zusammenarbeitet und bereits zehn Ausgründungen hervorgebracht hat. Aus dem FBH stammen die weltweit mit Abstand leistungsfähigsten Diodenlaser für die Materialbearbeitung. Auch die Weltrekord-Datenautobahnen der europäischen Umweltsatelliten werden durch die Pumplaser-Technologie aus dem FBH gespeist. Ein wenig verblüfft blickt mittlerweile sogar das Weiße Haus in Washington nach Berlin. Dort wurde gerade eine Initiative zur besseren Nutzung von Forschungsergebnissen durch die Industrie gestartet. US-Präsidentenberater William Burgess von Power Techno-



Das Stratosphären-Observatorium für Infrarot-Astronomie (SOFIA) ist ein gemeinsames deutsch-amerikanisches Vorhaben zur Erforschung des Weltalls. Mit dem in eine Boeing 747 integrierten 2,7-Meter-Teleskop werden astronomische Beobachtungen oberhalb der störenden irdischen Lufthülle durchgeführt. Schwerpunkt ist die Erforschung von Milchstraßensystemen und interstellaren Molekül- und Staubwolken. Den für die Messungen entscheidenden Terahertz-Quantenkaskadenlaser entwickelten Physiker des Paul-Drude-Instituts (PDI).

logy Inc. lobte in der US-Fachzeitschrift Photonics mit Blick auf Deutschland ausdrücklich den erfolgreichen Transfer der wissenschaftlichen Erkenntnisse in die Industrie und nannte speziell das FBH: „Ich bete, dass der Integrated Photonics Manufacturing Innovation Hub in New York so erfolgreich sein wird, wie das Ferdinand-Braun-Institut.“

FBH-Direktor Prof. Günther Tränkle freut sich über das Lob: „Wahrscheinlich denken die, dass wir eine riesige Forschungseinrichtung sind. Auf der weltweit wichtigsten Fachkonferenz Photonics West in San Francisco waren wir gerade mit 19 Beiträgen vertreten.“ Mit rund 300 Beschäftigten ist sein FBH zwar vergleichsweise klein, dafür aber umso produktiver und kreativer. „Wir sind so etwas wie der Scheinriese aus Lumberland: Je weiter man weggeht, desto größer erscheinen wir“, sagt Tränkle schmunzelnd.

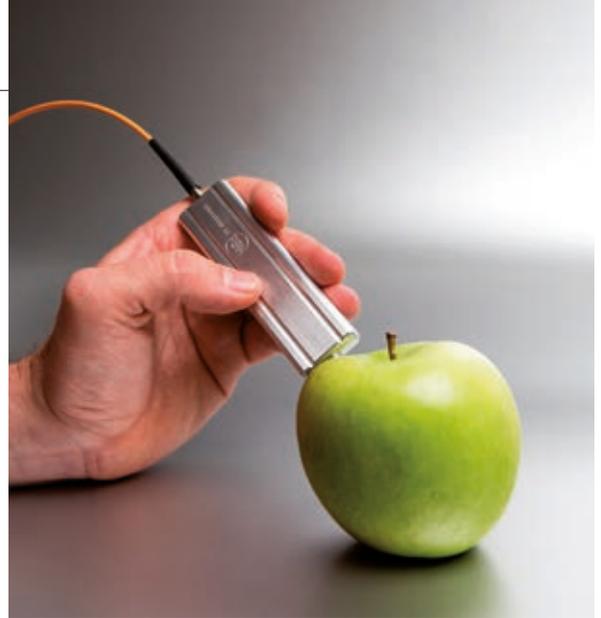
Ein schöner Vergleich, der die enorme Forschungsleistung nicht schmälern soll. Denn die schnelle Kommunikation im Weltraum beherrscht derzeit nur das Laser Communication Terminal (LCT) der deutschen Firma Tesat-Spacecom. Dieses Terminal ist das Herzstück der Datalinktechnologie zwischen europäischen Satelliten wie Sentinel oder dem Ende Januar gestarteten Eutelsat 9B und ermöglicht eine Datenübertragungsrate von bis zu 1,8 Gigabit pro Sekunde über eine Distanz von 45.000 Kilometern. „Da steckt viel Berliner Technologie drin“, berichtet FBH-Direktor Tränkle. Die Laserdioden sind von unserem FBH, die Fotodioden kommen vom Heinrich-Hertz-Institut und die optischen Komponenten liefert die Berliner Glas Gruppe. „Diese Standleitung der Europäischen Weltraum-

» Ein wenig verblüfft blickt mittlerweile sogar das Weiße Haus in Washington nach Berlin.«

organisation ESA ist natürlich sensationell“, meint der FBH-Direktor. Dadurch könnten enorme Datenmengen quasi in Echtzeit permanent zur Erde übertragen werden. Nicht einmal für Spionagesatelliten stehe den USA diese Welt-raumtechnologie bislang zur Verfügung.

Das FBH ist nicht nur im Weltraum erfolgreich unterwegs, auch der lokale Arbeitsmarkt wird positiv beeinflusst. Gerade hat der Weltmarktführer für Industrielaser TRUMPF sein neues Forschungslabor direkt neben dem FBH in Adlershof eröffnet. Leistungsstarke Diodenlaser, die am FBH entwickelt werden, sind für TRUMPF die Schlüsselkomponente für künftige Anwendungen und stellen einen Milliarden-Markt dar. „Dass die Firma jetzt auch noch ihre Software-Entwicklung hier ansiedelt, zeigt, dass Berlin eine enorme Sogwirkung entwickelt“, sagt Tränkle. Auch die Spin-offs Jenoptik Diode Lab oder eagleyard Photonics haben sich schon vor mehr als zehn Jahren in Adlershof in unmittelbarer Nähe zum Forschungspartner FBH niedergelassen. Für viele Komponenten wird FBH-Technologie benötigt. Im vom FBH koordinierten Konsortium Advanced UV for Life haben sich bundesweit mehr als 30 Forschungseinrichtungen und Firmen zusammengeschlossen, um UV-LEDs zu entwickeln und für Produkte nutzbar zu machen, von der Medizin bis hin zur Luft- und Oberflächendesinfektion. Ein Großteil der Beteiligten stammt aus Berlin und den neuen Bundesländern.

Das FBH ist F&E-Partner vieler regionaler Firmen. Beispielsweise hätte die Berliner Firma sglux SolGel Technologies GmbH, die kleine UV-Fotodioden herstellt, ohne die technische Hilfe des FBH nicht überleben können. Die für die Dioden notwendigen Wafer waren auf dem Weltmarkt nicht mehr zu bekommen. Deshalb wurden die Kristallscheiben vorübergehend am ebenfalls zum FVB gehörenden Leibniz-Institut für Kristallzüchtung hergestellt und werden bis heute am FBH prozes-



Medizin, Lebensmittelkontrolle oder Pharmazie: Für den Einsatz in miniaturisierten, portablen Lasermesssystemen (Raman-Spektroskopie) hat das FBH neuartige Diodenlaser entwickelt.

siert. Die Firma sglux verkauft die daraus hergestellten Messgeräte erfolgreich auf dem Weltmarkt. In Adlershof entsteht gerade ein neues Forschungs- und Produktionsgebäude von sglux, das es ohne die Technologiepartnerschaft wohl nicht geben würde.

„Unsere Komponenten sind oft Schlüsselkomponenten, die nachher eine große Wirkung entfalten“, sagt Tränkle. Die Liste der Pionierarbeiten ist lang, etwa Messungen in der Medizin mit Hilfe der Raman-Spektroskopie oder Atemgassensorik mit UV-LEDs, Energieeffizienz durch Leistungselektronik. „Wenn ich das alles zusammenzähle, dann haben das FBH und die anderen Institute des FVB eine starke Wirkung auf den Arbeitsmarkt, lokal in Berlin aber auch in der gesamten Bundesrepublik“, sagt Tränkle.

## Innovative Forschungsergebnisse führen zu Ausgründungen

Ausgründungen aus Forschungseinrichtungen werden von Bund und Ländern unterstützt. Die intensive Forschungsarbeit führte alleine am Ferdinand-Braun-Institut zu bislang zehn solcher Ausgründungen – viele davon öffentlich gefördert.

**BEAPLAS GmbH** entwickelt und vertreibt seit 2013 Verfahren und Geräte zur Herstellung dünner Schichten bei Atmosphärendruck (unterstützt durch EXIST-Forschungstransfer).

**BeMiTec AG** wurde 2006 zur Entwicklung, Produktion und Vermarktung leistungsstarker Galliumnitrid-Transistoren für künftige Mobilfunkanwendungen gegründet.

**Brilliance Fab Berlin GmbH & Co. KG** wurde 2013 im Rahmen einer Kooperation von FBH und Sino Nitride Semiconductor CO., LTD (China) gegründet. Im Zentrum stehen Laser für die Automobilbeleuchtung, Quanten-Sensorik sowie der Raman-Spektroskopie.

**eagleyard Photonics GmbH** wurde 2002 gegründet und ist heute ein international führender Anbieter von Hochleistungslaserdioden. Diese eignen sich u.a. für medizinische, industrielle und raumfahrttechnische Anwendungen.

**GloMic GmbH** wurde 2011 ausgegründet. Das Unternehmen fertigt und vermarktet Hochfrequenzbaugruppen und -systeme – insbesondere Leistungsverstärker.

**IXYS Berlin GmbH** ist eine frühere Tochter der IXYS Corporation (USA), die schnell schaltende Leistungs-Schottky-Dioden für elektrische Systeme entwickelt hat – 2002 ausgezeichnet mit dem Innovationspreis Berlin-Brandenburg. Der 2000 gestartete Betrieb wurde 2010 aufgrund der veränderten Marktnachfrage eingestellt.

**JENOPTIK Diode Lab GmbH** wurde 2002 als Tochterunternehmen der JENOPTIK AG gegründet – ein Ergebnis der jahrelangen erfolgreichen Zusammenarbeit zwischen FBH und JENOPTIK. Diode Lab produziert Hochleistungs-Laserdioden für Anwendungen in der Materialbearbeitung und Medizin.

**Three-Five Epitaxial Services AG (TESAG)** wurde 1999 gegründet und stellt Halbleiter-Schichtstrukturen als Basis für die Fertigung von Laserdioden, Leuchtdioden, Transistoren oder Schottky-Dioden her. TESAG wurde 2009 in den JENOPTIK-Konzern integriert.

**Phasor Instruments UG** ist seit 2013 im Bereich der Netzwerkanalyse aktiv und entwickelt Messgeräte für die Mikrowellentechnik (unterstützt durch EXIST-Gründerstipendium).

**UVphotonics NT GmbH** produziert hocheffiziente und zuverlässige ultraviolette Leuchtdioden. Diese werden u.a. für die Wasserentkeimung, Desinfektion, medizinische Diagnostik und Fototherapie verwendet (siehe auch S. 14). Die Unternehmensgründung 2015 wurde im Rahmen von EXIST-Forschungstransfer gefördert.

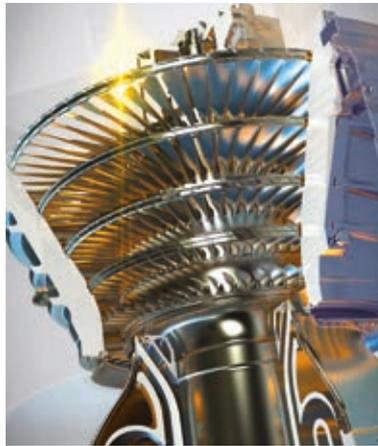
GESINE WIEMER

# Mathematik für mehr Power

Um Industriegasturbinen für Kraftwerke planen und steuern zu können, müssen die Prozesse simuliert werden. Dafür entwickelt das Weierstraß-Institut für die Firma ALSTOM Power eine Software, die ständig auf neue Problemstellungen der Turbinensimulation erweitert wird. Das macht die Turbinen effizient und zuverlässig, und damit auch umweltfreundlich.

Industriegasturbinen müssen möglichst effizient laufen. Die Firma ALSTOM Power (seit 2015 Teil von General Electric Power) nutzt dafür das Verfahren der sequentiellen Verbrennung: In das Abgas aus der ersten Brennkammer wird noch einmal Brennstoff injiziert und in einer weiteren Kammer für eine zweite Verbrennung genutzt. Um eine möglichst hohe Energieeffizienz zu erreichen, ist die Maschine auf einen Betrieb unter Vollast ausgelegt. Manchmal muss die Turbine allerdings auch im „Low Load“ laufen, etwa wenn der Bedarf gerade nicht da ist. Ab einem gewissen Punkt bricht dann die Verbrennung in der zweiten Brennkammer zusammen. Ein solcher Prozess ist schwer zu modellieren und zu simulieren.

Der Prozess-Simulator BOP (Block Oriented Process Simulator) ist ein Programm-Paket, das Mathematiker des Weierstraß-Instituts für Angewandte Analysis und Stochastik (WIAS) entwickelt haben und in einer Industriekooperation für die Firma ALSTOM Power ständig erweitern. Die Kooperation läuft mit 14 Jahren schon außergewöhnlich lange und ist bereits bis 2019 vertraglich gebunden. Jürgen Borchardt vom WIAS betont: „Seit 2008 verlässt sich ALSTOM vollständig auf unser Programm-Paket BOP. Üblicherweise stützen sich Industrieunternehmen nur auf Produkte großer Software-Unternehmen oder auf hausinterne Produkte, weil das Sicherheit verspricht.“ Borchardt kennt sich aus mit Industriekooperationen. Schon in der DDR hat der Mathematiker Simulatoren für industrielle Anwendungen entwickelt. Damals ging es um dynamische Speicherschaltkreise in der Mikroelektronik. In den neunziger Jahren stand dann die Simulation komplexer Destillationsanlagen der Bayer AG auf der Tagesordnung. Hierbei waren große Algebro-Differentialgleichungssysteme mit 100.000 und mehr Gleichungen zu lösen. Das war die Geburtsstunde des Simulators BOP. Jürgen Borchardt erklärt: „Wir zerlegten die Systeme, lösten die Teile und koppelten sie hinterher wieder zusammen. Dadurch konnten wir das Lösungsverfahren parallelisieren und die Simulation deutlich beschleunigen.“



Damit Gasturbinen effizient laufen, simulieren Mathematiker die Thermodynamik, also wie Wärme und Energie weiterverbreitet werden.

Beim aktuellen BOP Projekt stehen mittlerweile, neben der eigentlichen Prozess-Simulation der Gasturbine, abgeleitete komplexe Fragestellungen wie Sensitivitätsanalyse, Prozess-Optimierung und Modell-Kalibrierung im Fokus. Getrieben durch die Bedürfnisse der Industrie arbeiten dabei Mathematiker der angewandten Analysis und der Stochastik eng zusammen. Der WIAS-Mathematiker und Stochastiker Dr. Peter Mathé betont: „Das Spannende ist zu sehen, wie sich stochastische und deterministische Numerik in einer industriellen Anwendung ergänzen. Während deterministische Verfahren typischerweise nur optimierte Parameter berechnen, ist es mit Hilfe stochastischer Verfahren möglich, Vor-

aussagen über die Zuverlässigkeit dieser Parameter zu machen.“ Dies ist ein wichtiger Aspekt in der aktuellen Forschung.

Dabei ging es zu Beginn der Kooperation mit ALSTOM nur darum, einen kleinen mobilen Simulator für die Verkaufingenieure zu entwickeln. Er sollte auf Laptops laufend und schnell Kundenfragen vor Ort beantworten wie etwa: Was passiert bei veränderter Temperatur oder bei anderem Brennstoff? „Für uns war das mathematisch eigentlich nicht sehr spannend“, berichtet Borchardt. „Aber es hat uns die Tür geöffnet.“

Ganz wichtig für den Erfolg der Kooperation ist auch, dass die WIAS-Mathematiker die ALSTOM-Ingenieure verstehen. Das ist nicht selbstverständlich, denn die Ingenieure sprechen eine andere Sprache als die Mathematiker. Deshalb ist im WIAS die Informatikerin Gabi Blättermann mit im Boot. Sie hat einen Compiler geschrieben, wie er normalerweise für Programmiersprachen verwendet wird. Dieser Compiler „übersetzt“ die komplexe Prozessbeschreibung der Ingenieure in mathematische Gleichungen.

Der Ruf der Mathematik als trockene Materie wird hier aufs Neue widerlegt: Sie ist äußerst praktisch und trägt bei zu umweltfreundlicher Energie aus der Gasturbine.

CATARINA PIETSCHMANN

# Präzise Einblicke in Leib und Leben

Gestochen scharf zeichnete sich der Pfirsichkern im Dünndarm ab. Damit war die Ursache der Bauchkrämpfe des Malaienbären klar. Eine minimal-invasive OP folgte und dem Tier ging es bald wieder gut. „Der Bär gehörte zu den ersten Patienten, die mit Aquilion One, dem neuen Toshiba-Computertomographen am Leibniz-Institut für Zoo- und Wildtierforschung (IZW) untersucht wurden“, erklärt Prof. Thomas Hildebrandt, Leiter des Forschungszentrums Computertomographie am IZW.

Narkotisierter Malaienbär im CT. CT-Aufnahme des Malaienbären mit Pfirsichkern im Dünndarm (kl. Bild).



Mit diesem Gerät erreichen wir eine Schichtdicke von sagenhaften 0,25 Millimetern. Und pro Rotation, die lediglich 0,35 Sekunden dauert, werden gleich 16 Zentimeter gescannt“, sagt Guido Fritsch, Radiologe am IZW. Das bedeutet, dass auch die Narkose künftig auf ein Minimum reduziert werden kann, denn in nur 20 Sekunden ist selbst ein zwei Meter langes Tier virtuell in haarfeine Scheibchen geschnitten. Anschließend können die Tierärzte sein Inneres in 3D aus allen möglichen Richtungen im Detail betrachten.

Der im März 2015 eingeweihte und in Betrieb genommene Aquilion One ist das Modernste, was es derzeit auf dem CT-Sektor für die Tiermedizin gibt. Bereits seit 2009 besteht eine enge Industriekooperation zwischen Toshiba und dem IZW. Mit diesem Gerät beschreitet das Institut nicht nur innovative Wege in der Forschung, sondern auch bei der Finanzierung von Großgeräten. Denn der 1,5 Mio. Euro teure Computertomograph wurde von Toshiba geleast.

Eine Win-Win-Situation für beide Partner. „Die Kooperation ist ein Traum“, schwärmt Guido Fritsch. „Wir bekommen regelmäßig die neueste Software, Updates und jede Menge Support. Und wenn mal etwas nicht funktioniert, rückt sofort ein Team von Technikern mit Ersatzteilen an.“ Für Toshiba ist das renommierte IZW weit mehr als ein Aushängeschild. „Die

Entwickler profitieren vor allem von unserem heterogenen Patientengut“, erzählt Fritsch. Dazu gehören neben tierischen Patienten unter anderem auch Fossilien, wie Dinosaurierknochen aus dem Naturkundemuseum. Manchmal geht es im CT-Raum auch zu wie beim Spurensicherungsteam der Fernsehserie „CSI“, nämlich beim Totfundmonitoring von Wölfen. Jeder in Deutschland tot aufgefundene Wolf wird zum IZW geschickt, damit die Todesursache der unter Naturschutz stehenden Tiere ermittelt werden kann. Die meisten Wölfe sterben zwar durch Kollision mit Fahrzeugen, manche werden jedoch illegal von Jägern abgeschossen. Die im CT gut sichtbaren Schrotkugeln hinterlassen im Kadaver eine regelrechte Geschosswolke. Beweise, die Polizei und Staatsanwaltschaft sehr interessieren. Mit Gerichtsmedizinern in Berlin gibt es ebenfalls eine Forschungskooperation.

Meist hat die Humanmedizin einen Wissensvorsprung von zehn Jahren vor der Tiermedizin. „Technologien wie Ultraschall und CT werden bei uns deshalb erst viel später eingesetzt“, sagt Fritsch. „Aber in diesem Fall geht es mal anders herum: Untersuchungsprotokolle aus der Tiermedizin werden nutzbar gemacht für Spezialfragen in der Humanmedizin.“ Deshalb wird Guido Fritsch auch des Öfteren auf Ärztekongresse eingeladen und zeigt dem verblüfften Auditorium CTs von Geparden und anderen Wildtieren: „Tiere haben zum Teil ganz ähnliche Erkrankungen wie der Mensch.“

Ein besonders spannendes Feature von Aquilion One ist die Möglichkeit, die Röntgenröhre auf der Stelle rotieren zu lassen und somit in einem Bereich von 16 Zentimetern Breite dynamische Prozesse zu visualisieren. „Die Anwendung wurde eigentlich für die Untersuchung des menschlichen Herzens entwickelt“, erklärt Fritsch. „Aber auch vieles andere ist damit möglich. Das Anfluten von Kontrastmitteln oder die Bewegung von Gelenken lässt sich damit zum Beispiel gut untersuchen.“ „Belebte Bodenproben“ vom Leibniz-Institut für Agrarforschung standen ebenfalls schon auf der Liege. „Wir haben live beobachtet, wie sich Regenwürmer durch ihre Gänge bewegen.“

Einen typischen Alltag gibt's im IZW-CT-Labor nicht. Von der Tigerin mit Unterleibproblemen über den Gecko

» Aquilion One ist das Modernste, was es derzeit auf dem CT-Sektor für die Tiermedizin gibt.«



Einweihung des Aquilion One im IZW (v.l.n.r.): Der Präsident von TOSHIBA Medical Systems Europe Hiroyuki Tachikawa, der Präsident der Leibniz-Gemeinschaft Prof. Dr. Matthias Kleiner, der japanische Botschafter Seine Exzellenz Takeshi Nakane, IZW-Direktor Prof. Heribert Hofer, Dr. Jutta Koch-Unterseher, Abteilungsleiterin Technologie und Forschung in der Berliner Senatsverwaltung für Wirtschaft, Technologie und Forschung, der Direktor des Zoologischen Gartens und Tierparks Berlin Dr. Andreas Knieriem, Stefan Müller, Parlamentarischer Staatssekretär im Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und Bodo Amelung, Geschäftsführer von TOSHIBA Medical Systems GmbH Deutschland.

mit verletztem Hemipenis bis zur nur wenige Gramm schweren Fledermaus mit Bauchtrauma (sie war mit einem Windrad kollidiert) ist alles drin. Manche Patienten kommen von weit her, wie eine Schildkröte mit Harnblasenproblem aus dem Wiener Tierpark Schönbrunn. Grundsätzlich kann alles gescannt werden, was einen Durchmesser von weniger als 72 Zentimetern hat, nicht länger als zwei Meter ist und maximal 300 Kilo auf die Waage bringt.

Neben exotischen Wildtieren kommen auch ganz normale Haustiere, die von Berliner Tierärzten überwiesen wurden, in den Tomographen. „Das fängt an vom Yorkshire Terrier, der unglücklich vom Schoß gefallen ist, und geht bis zur lethargischen 90 Kilo schweren Dogge“, sagt Fritsch lächelnd. Wirbelsäulenverletzungen, Tumore und komplizierte Brüche sind die häufigsten Diagnosen bei Fiffi & Co. „Oft haben die Tiere bereits eine Odyssee ohne klare Diagnose hinter sich, bevor sie zu uns kommen“, sagt Fritsch.

Selbst von Wasserbewohnern werden CTs gemacht – im Bassin oder direkt auf der Pritsche. Im Vorgänger-Modell lag vor einiger Zeit ein 2,10 Meter langer *Arapaima*, ein südamerikanischer Süßwasserfisch. Im Zooaquarium war er aus dem Becken gesprungen und hatte seinen Übermut mit dem Leben bezahlt. „Während andere Tiere für pathologische Untersuchungen meist tiefgefroren angeliefert werden, kam er sozusagen ‚frisch tot‘ zu uns“, sagt Fritsch. Mit dem neuen CT will der Radiologe aber demnächst auch lebende Artgenossen untersuchen, denn ein paar Sekunden Narkose hält selbst ein großer „Flossenträger“ ohne Sauerstoffmaske aus.

Leider rettet selbst die schnellste, präziseste Diagnostik nicht immer das Leben des Patienten. Was nicht am CT liegt, sondern meist an einer verheerenden Diagnose. Und manchmal auch schlicht daran, dass es bei sehr vielen Tierarten noch keine Erfahrungen mit Narkose gibt. „Kürzlich hatten wir einen verstopften Pinguin aus dem Tierpark auf dem Tisch. Er hatte Federkiele verschluckt, die diagonal durch seinen Körper gingen und fast so lang waren wie er selbst“, erzählt Fritsch. Man entfernte die Fremdkörper in einer Not-OP – doch der kleine Pinguin wurde nicht wieder wach.

## Guck mal, wer da sitzt!

### Kooperationsprojekt zur Entwicklung elektronischer Gepardenfallen

Seit 15 Jahren erforschen IZW-Wissenschaftler in Namibia die Ökologie von Geparden. „Eine echte Herausforderung, denn große Teile Namibias sind in Besitz von privaten Farmen und es kommt zu Konflikten, weil die Geparden immer wieder Rinder reißen“, sagt IZW-Forscher Jörg Melzheimer. Das IZW sucht nach Lösungen für dieses Problem. „Dazu müssen wir einzelne Tiere fangen und besendern. Denn nur so können wir herausfinden, wie groß ihr Einzugsgebiet ist und wie sie die Fläche tatsächlich nutzen.“

Gar nicht so leicht, denn das Gebiet ist Namibia ist mehr als doppelt so groß wie Deutschland und das IZW-Team hat Fallen in allen Winkeln des Landes stehen, einige eine Tagesreise entfernt. Damit sie sich künftig nicht mehr unnötig auf den Weg machen müssen – weil versehentlich ein Stachelschwein, Erdferkel oder Affe festgesetzt wurde – entwickelt das IZW im Rahmen des Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand (ZIM), einer Förderlinie des Bundesministeriums für Wirtschaft, gemeinsam mit drei Partnern eine vollautomatische Lebendfalle für Wildtiere. Sie wird mit einem artspezifischen Bilderkennungssystem ausgestattet sein.

Am Institut für Angewandte Bauforschung in Weimar wird die Software für die Bilderkennung entwickelt. Die Gramm Fertigungstechnik GmbH (Bad Langensalza) arbeitet am elektromechanischen System – sprich: dem Schnappmechanismus, der an die Bilderkennung gekoppelt wird. Und die 4H-Jena Engineering GmbH steuert die elektronischen Komponenten bei.



Männliche Geparde leben oft in sogenannten Koalitionen. Hier sitzt eine solche Koalition von drei großen Gepardenmännchen in den Fallen. Kurz nach dem Fang werden die Tiere narkotisiert, Blutproben genommen und mit einem GPS-Halsband besendert.

Geparden lassen sich übrigens nicht so leicht wie Mäuse ködern. Schon gar nicht mit Käse, denn die Großkatzen fressen nur frisch Selbsterjagtes. Um sie dennoch fangen zu können, wenden die Forscher einen Trick an: Sie nutzen den Kommunikationsdrang der Tiere aus. „Geparden markieren bestimmte Bäume, um Artgenossen ihre Anwesenheit mitzuteilen“, erklärt Ruben Portas. Die Falle wird also dicht am Stamm eines entsprechenden Baumes aufgestellt und drum herum ein Kraal aus Dornenbüschen gebildet. Der einzige Weg zum Baum führt so zwangsläufig durch die Falle. Ist sie zugeschnappt, werden die Forscher künftig eine Nachricht auf ihr Smartphone bekommen – inklusive Schnappschuss des Gefangenen. C. P.

RUOLF KELLERMANN

# Schnelle Schaltungen mit Sandwich-Chips

Am Ferdinand-Braun-Institut haben Wissenschaftler eine innovative Methode gefunden, zweierlei Halbleiter-Materialien zu verbinden. Damit sind sie weltweit führend bei Schaltungen im 250 GHz-Bereich.

**O**b in der Breitbandkommunikation oder beim Radar, in der Medizintechnik oder in der Biologie – schnelle Chips verbessern viele Anwendungen. Dabei sind vor allem immer leistungsfähigere Schaltungen mit hoher Frequenz gefragt. Weltweit wird daher an deren Verbesserung gearbeitet. Am Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik (FBH) in Berlin ist es einem Team um Prof. Wolfgang Heinrich, Prof. Viktor Krozer und Dr. Nils Weimann in enger Kooperation mit dem Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik (IHP) in Frankfurt/Oder erstmals gelungen, InP-auf-BiCMOS-

Prozesse mit Schaltungen bei 250 GHz erfolgreich zu fertigen. Inzwischen können diesen Prozess auch externe Kunden und Partner als Foundry-Service nutzen.

Üblicherweise werden für elektronische Chips Wafer aus Silizium benutzt. Dieses Halbleitermaterial bietet hervorragende Eigenschaften, hat aber auch deutliche Einschränkungen, beispielsweise wenn es um die Erzeugung von

Sendeleistungen bei hohen Frequenzen geht. Für diese Anwendungen wird dann ein anderer geeigneter Halbleiter verwendet, wie bei der Sendestufe im Handy. Will man die Vorteile beider Materialien nutzen, müssen bisher zwei oder mehrere Chips aneinander gekoppelt werden. Das ist bei hohen Frequenzen schwierig. Nicht so mit den am FBH entwickelten Chips. „Wir haben Schaltungen entwickelt, die beide Vorteile vereinen, indem wir Wafer unterschiedlicher Materialien einfach wie ein Sandwich aufeinander schichten“, sagt Wolfgang Heinrich.

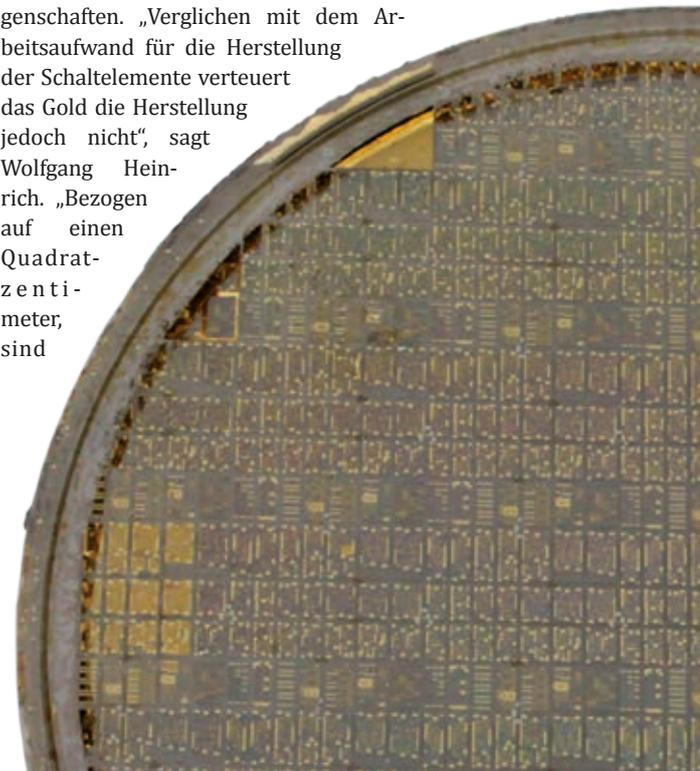
„Einfach“ ist natürlich sehr untertrieben, denn den Forschern ist damit eine weltweit einzigartige Verbindung zwischen der Silizium-Welt und dem Materialsystem Indiumphosphid gelungen. Hinzu kommt, dass diese Schaltungen auch noch im 250 GHz-Bereich arbeiten. Schneller geht es derzeit kaum und gängig sind Schaltungen mit dieser Geschwindigkeit ebenfalls noch nicht. Für die Forscher am FBH ist die jetzt erreichte Leistung allerdings keine endgültige Grenze. Sie sind überzeugt, dass sie die Grenzfrequenzen weiter vorantreiben können. „Wir wissen, dass wir mit unserem Verfahren im Gegensatz zu anderen Prozessen weniger Beschränkungen haben, da wir gerin-

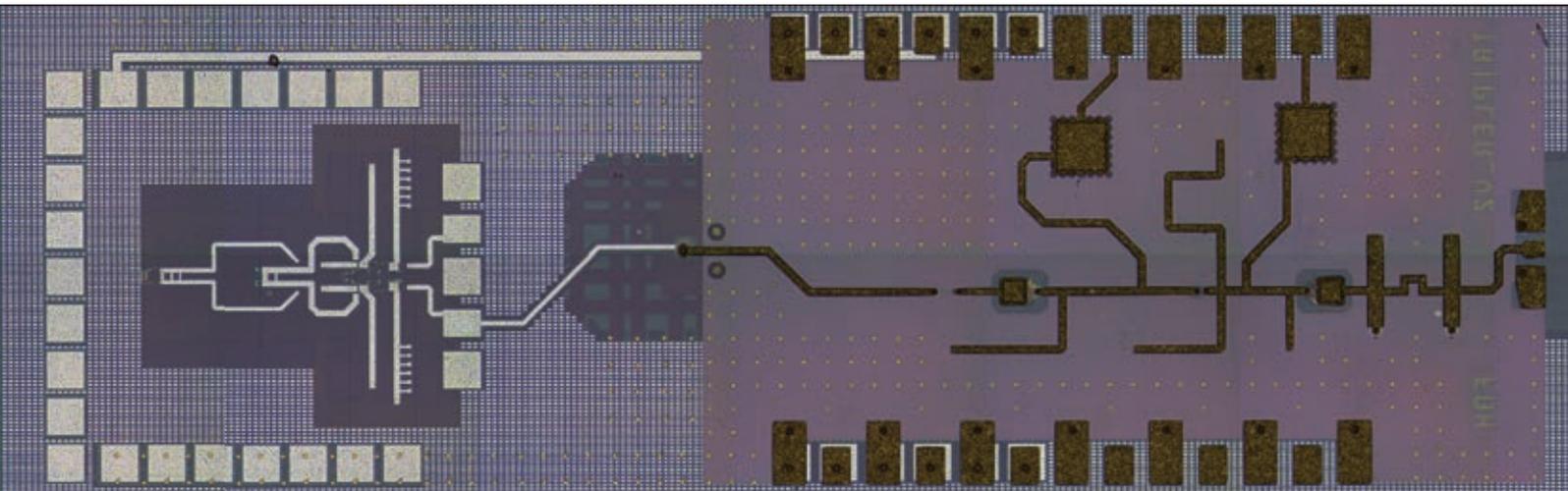
gere Anforderungen an die minimale Strukturgröße haben. Derzeit schauen wir schon in Richtung 500 GHz, das Ziel sind Schaltungen im Bereich von einem Terahertz. Das wäre absolutes Neuland“, so Viktor Krozer. Bis heute gibt es zwar vereinzelt schon Transistoren, die Grenzfrequenzen von einem THz haben, aber noch keine Schaltungen.

„Vor allem können wir mit unserem Prozess mehr Funktionalität als mit anderen Schaltungsträgern anbieten“, sagt Nils Weimann. Dafür wurden neben dem gängigen „Wafer-Bonding“ neue Methoden entwickelt, mit der die Substrate tatsächlich „verklebt“ werden. Die Wissenschaftler am FBH haben eine neue polymere Klebeschichtstruktur entwickelt, einige Herstellungsverfahren angepasst oder sogar neu entwickelt. „Unser Prozess hat beispielsweise zwei Besonderheiten. Zum einen erfolgt der erste Schritt des Prozesses für die Silizium- und die Indiumphosphid-Wafer parallel und völlig separat, zum anderen lassen wir den Silizium-Wafer vor dem Verbinden mit sehr hoher Genauigkeit vollkommen plan schleifen“, erklärt Viktor Krozer.

Um die Verbindungsebenen optimal zu gestalten, wird am FBH Gold verwendet und nicht Aluminium, wie in der Siliziumtechnologie üblich. Gold erhöht die Leitfähigkeit und hat als Edelmetall technologisch günstige Eigenschaften. „Verglichen mit dem Arbeitsaufwand für die Herstellung der Schaltelemente verteuert das Gold die Herstellung jedoch nicht“, sagt Wolfgang Heinrich. „Bezogen auf einen Quadratmeter, sind

» Die Forscher verwenden Gold für die Verbindungsebenen und Diamant zum Ableiten der Wärme. Damit können die Chips so winzig konstruiert werden, dass das Kosten einspart.«





Vereint zwei Technologiewelten auf einem Chip: links Silizium und rechts Indiumphosphid.

die Kosten im Vergleich zur Silizium-Technologie höher, aber wir sparen diese Kosten mehr als ein, da mit unserer Methode bei der Anwendung nur ein einziger Chip in ein Gehäuse gepackt werden muss," so Nils Weimann.

Mit Diamant setzen die FBH-Wissenschaftler ein weiteres hochwertiges Material ein, in diesem Fall zur Lösung des Problems der Verlustwärme. Diese effektiv und problemlos abzuführen ist eine weitere Herausforderung bei der Realisierung hochfrequenter Schaltungen. Hierfür wird eine weitere Schicht aufgebracht, die dank ihrer Beschichtung mit Diamant die Wärme auch bei höchsten Frequenzen effektiv ableitet. „Bei diesen Frequenzen ist Diamant verlustfrei und ein guter Isolator, der keinen Strom leitet“, erläutert Nils Weimann. Die Verwendung von Diamant ist relativ neu, aber die Wissenschaftler haben schon weitere Ideen, welche zusätzlichen Funktionen man mit anderen Materialien noch auf den Chip „kleben“ könnte.

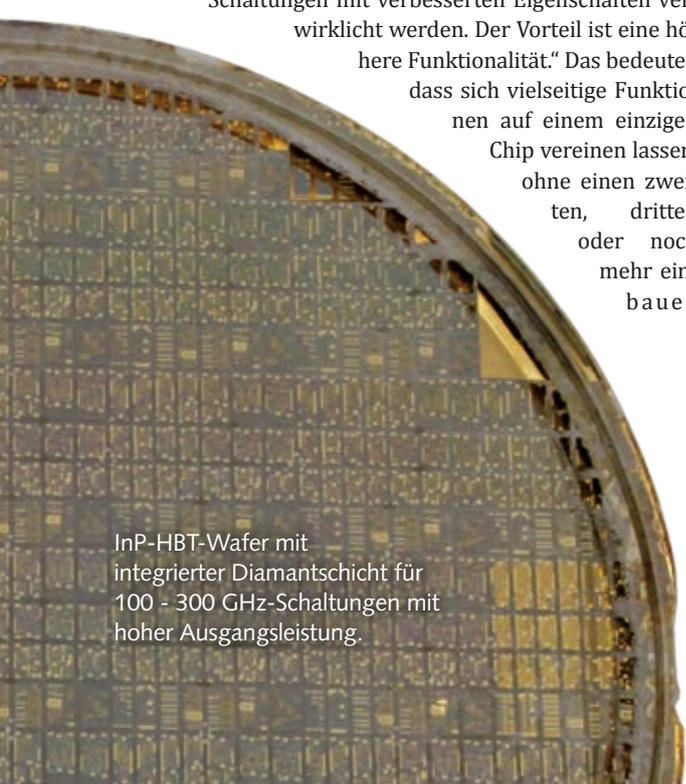
Zurück zur Gegenwart. Der Clou beim heutigen Stand ist laut Wolfgang Heinrich, dass „wir unsere Schaltungen in Silizium realisieren und lediglich die Anwendungen, die das Silizium nicht zulässt, mittels Indiumphosphid auf den Chip aufbringen. Dank des weiteren Halbleitermaterials können

Schaltungen mit verbesserten Eigenschaften verwirklicht werden. Der Vorteil ist eine höhere Funktionalität.“ Das bedeutet, dass sich vielseitige Funktionen auf einem einzigen Chip vereinen lassen, ohne einen zweiten, dritten oder noch mehr einbauen

zu müssen. Das verringert auch das Risiko, dass bei der Verknüpfung der einzelnen Chips Fehler entstehen. Denn die Verbindung von Chip zu Chip ist bei hohen Frequenzen technologisch extrem schwierig und deshalb sehr teuer. Das bedeutet, dass mit der am FBH und IHP entwickelten Methode mehr Funktionalitäten bei hohen Geschwindigkeiten verfügbar sind. Auch Fehlerquellen können so ausgeschaltet und die Kosten reduziert werden, denn die Geräte werden kleiner und kompakter. Die Herausforderung war also, die Silizium- und die InP-Welt zusammenzubringen. Da stoßen nach Erfahrung der drei Wissenschaftler nicht nur zwei unterschiedliche Technologien zusammen. „Es gibt teilweise sehr unterschiedliche Denkweisen, die wir unter einen Hut gebracht haben“, so Heinrich. Diese „interkulturelle“ Denkweise zeichnet die drei Wissenschaftler und ihre Arbeit am FBH ebenfalls aus. Der damit erzielte Erfolg zeigt, dass sie auf dem richtigen Weg sind.

Wie am Ferdinand-Braun-Institut üblich, forschen auch Wolfgang Heinrich, Viktor Krozer und Nils Weimann immer mit dem gezielten Blick auf die Anwendung. Sie entwickeln Chips für bestimmte Anwendungen, aber häufig generieren ihre Ergebnisse auch neue Ideen grundlegender Art. Beide Möglichkeiten schätzen die Wissenschaftler; denn, so Heinrich, man sei immer sehr gespannt, welche Möglichkeiten sich anhand der aktuellen Arbeiten für die weitere Forschung eröffnen. „Wir sind sehr anwendungsorientiert und machen dennoch gerne grundlegende Entwicklungen, die einem erlauben, vollkommen neue Sachen zu realisieren. Dabei arbeiten wir meist von Beginn an mit industriellen Partnern zusammen. Manchmal kommt sogar von ihnen die Idee, Themen auf eine bestimmte Weise anzupacken“, schildert Viktor Krozer.

In der Breitbandkommunikation beispielsweise wird das nutzbare Frequenzspektrum immer eingengerter durch die zunehmenden Anforderungen an die Bandbreite. Wenn nun mit der am FBH entwickelten neuen Technologie die Betriebsfrequenz und damit die Bandbreite erhöht werden, können künftig mehr Daten drahtlos übertragen werden. In verschiedenen Einsatzgebieten wird bereits mit den neuen 250 GHz-Schaltungen gearbeitet. Einige weitere Anwender sind in einer intensiven Beobachtungsphase, was bedeutet, dass sie sehr genau prüfen, wie weit ihnen diese neuen Chips helfen können. Sie stehen laut Viktor Krozer kurz vor der Anwendung der neuen Technologie.



InP-HBT-Wafer mit integrierter Diamantschicht für 100 - 300 GHz-Schaltungen mit hoher Ausgangsleistung.

NEYSHA LOBO PLOCH



# Neuartige UV-LEDs für Medizin und Wasserdesinfektion



Dr. Neysha Lobo Ploch (32) arbeitet derzeit als Postdoc am Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik (FBH). Im Rahmen ihrer Doktorarbeit entwickelte und optimierte sie das Design von UV-Leuchtdioden (LEDs). Betreut wurde sie dabei von Prof. Michael Kneissl im Rahmen des Joint Lab GaN Optoelectronics, das FBH und Technische Universität Berlin gemeinsam betreiben. Ihre Doktorarbeit „Chip designs for high efficiency III-nitride based ultraviolet light emitting diodes with enhanced light extraction“ (Chip-Designs für hocheffiziente III-Nitrid-basierte UV-LEDs mit verbesserter Lichtauskopplung) führte zu mehreren wissenschaftlichen Publikationen. Neysha Lobo Ploch wurde dafür im Februar mit dem Dissertationspreis Adlershof ausgezeichnet. Das von ihr gemeinsam mit drei Kollegen gegründete Start-up UVphotonics NT GmbH zur Vermarktung von UV-LEDs erhielt den Leibniz-Gründerpreis 2016, der mit 50.000 Euro dotiert ist.

**U**ltraviolette Strahlung (UV) hat eine breite Palette von kommerziellen Anwendungen. Beispiele sind die Desinfektion von Wasser, Luft und Oberflächen, die Therapie von Hautkrankheiten oder die Härtung von Kunststofffüllungen in der Zahnmedizin. Auch in der industriellen Produktion gibt es zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten. Laut dem Report „LED Demand and Supply Market Outlook“ erreichte der weltweite Markt für UV-Lampen bereits 2014 einen Umsatz von 815 Millionen US-Dollar (725 Millionen Euro), der durch neue Anwendungen einen weiteren Schub bekommen dürfte.

Die wichtigsten Faktoren für die Auswahl einer geeigneten UV-Quelle sind neben Lebensdauer und Kosten die für die Anwendung optimale Wellenlänge mit der erforderlichen Lichtleistung. Die herkömmlichen UV-Strahlungsquellen sind Quecksilber-, Xenon- und Excimerlampen. In den vergangenen zwei Jahrzehnten richteten sich die Forschungsbemühungen auf die Entwicklung von UV-Leuchtdioden, da sie deutliche Vorteile gegenüber konventionellen Quellen aufweisen. LEDs verfügen über ein abstimmbares und nahezu monochromatisches Emissionsspektrum, eine hohe Energieumwandlungseffizienz, lange Lebensdauer und vernachlässigbare Wärmeabgabe. Nach dem Einschalten liefern sie sofort Licht – und dabei sind sie auch noch sehr umweltfreundlich. Aufgrund ihrer geringen Betriebsspannungen, der kompakten Abmessungen und Robustheit sind sie ideal für transportable Geräte (Point-of-Use-Anwendungen).

Besonders stabil sind die Gruppe III-Nitrid-Halbleiter, nämlich Aluminiumnitrid (AlN), Galliumnitrid (GaN) und Indiumnitrid (InN) zusammen mit ihren Legierungen. Sie haben sich aufgrund ihrer Bandlücken, die sich über den Bereich von 0,7 eV bis 6,2 eV erstrecken, zu den aussichts-

reichsten Kandidaten für die Herstellung von LEDs für die Wellenlängenbereiche UV-A (320-400 Nanometer), UV-B (290-320 nm) und UV-C (200-290 nm) entwickelt. Die so produzierten UV-LEDs erzielten im Jahr 2014 bereits einen Anteil von 15 Prozent der verkauften UV-Lampen mit einem geschätzten Marktwert von 122 Millionen US-Dollar (108 Mio. Euro). UV-LEDs werden nicht nur herkömmliche Lampen ersetzen, sondern neue Anwendungsfelder erschließen wie zum Beispiel Wachstumslampen in der Pflanzenzucht, Vitamin-D-Synthese in der Haut und Desinfektionsanlagen.

Die Effizienz der UV-LEDs ist derzeit noch niedriger als die ihrer im sichtbaren Bereich arbeitenden Pendanten. Während UV-A-LEDs annähernd 60 % des Stroms in Licht umwandeln, verringert sich der Wirkungsgrad, wenn wir uns in Richtung der UV-B- und UV-C-Wellenlängenbereiche bewegen. Im UV-B-Wellenlängenbereich liegt die Umwandlungseffizienz der LEDs bei weniger als 10 %. Auch die kurze Lebensdauer der UV-B- und UV-C-LEDs ist eine große Herausforderung. Bislang liegt sie im Bereich von 100 bis 3.000 Stunden. Damit sich UV-LEDs am Markt durchsetzen können, zielen aktuelle Forschungen auf eine weitere Erhöhung von Effizienz und Lebensdauer.

Einer der Hauptgründe für den niedrigen Wirkungsgrad von UV-LEDs sind Schwierigkeiten, möglichst viel Licht aus der aktiven Zone, wo es erzeugt wird, herauszubekommen. Aufgrund der hohen Brechungsindices der Halbleiter bleibt Licht in der LED gefangen, da es an den Grenzflächen zwischen Halbleiter-Luft bzw. Substrat-Luft reflektiert wird. Um die Lichtausbeute zu erhöhen, wurden verschiedene Maßnahmen getestet und neuartige Geometrien entworfen.

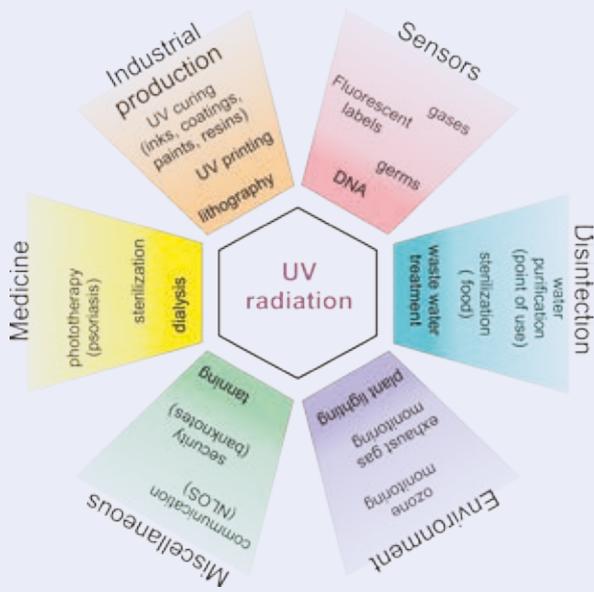


Abbildung 1: Anwendungen von UV-LEDs.

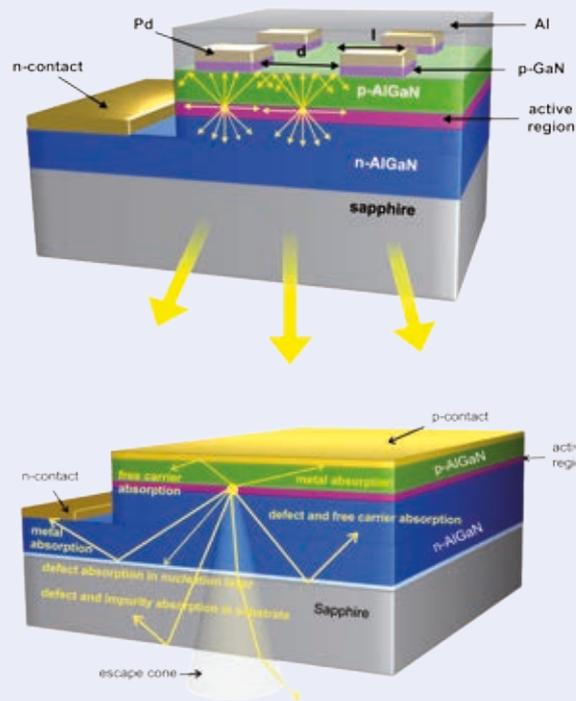


Abbildung 2: Schematischer Querschnitt durch eine Nitrid-basierte Nanopixel-UV-LED mit Pd-Kontakten und Al-Reflektorschicht.

Abbildung 3: Schematische Darstellung der Verlustquellen in einer UV-LED.

Als besonders effiziente Methode hat sich die Texturierung der Halbleiter- oder Substratoberflächen erwiesen. So wurde durch Aufrauen der rückseitigen Saphirsubstratoberfläche die Lichtleistung von 320 nm LEDs um 16 % erhöht. Simulationen ergaben weitere Leistungsverbesserungen durch die Strukturierung mit Mikro-Kegeln mit gekappter Spitze sowie die Verwendung von reflektierenden p- und n-dotierten ohmschen Kontakten. Der große Einfluss der Kontakt-Reflektivität auf die Lichtausbeute ist zwar bekannt. Jedoch ist die Realisierung derartiger Kontakte, die sowohl ohmsch – also einen niedrigen elektrischen Widerstand bieten – wie auch reflektierend sind, technologisch anspruchsvoll. Hierfür wurde ein neuartiges Nanopixel-Kontakt-Design entwickelt, das einen Metallreflektor mit ohmschen p-Kontakten verwendet. Verglichen mit der herkömmlichen quadratischen Kontaktgeometrie konnte damit die Lichtausgangsleistung bei 390 nm AlInGaN-LEDs um 90 % gesteigert werden.

Die Lichtausbeute lässt sich weiter steigern, indem man die UV-LEDs mit einer optisch transparenten Kapsel umhüllt, die den Indexkontrast an den Grenzflächen Halbleiter-Luft oder Substrat-Luft verringert. Doch die Anforderungen sind hoch. Die Ummantelung muss im UV-Bereich optisch transparent sein, unter UV-Bestrahlung und bei hohen Temperaturen stabil bleiben, das Material muss sich chemisch inert verhalten – darf also nicht oder nur gering mit der Umgebung reagieren – und einen Brechungsindex gleich oder nahe dem Halbleitermaterial bzw. Substrat haben. Für sichtbare und infrarote LEDs stehen Epoxidharze oder Silikonharzlacke zur Verfügung. Deren Transparenz verringert sich jedoch drastisch bei Wellenlängen kürzer als 350 nm und verschlechtert sich weiter,

wenn UV-Licht und Wärme länger einwirken. Das Material Polydimethylsiloxan (PDMS) erfüllt nicht nur die physikalisch-chemischen Bedingungen, sondern stellt auch eine kostengünstige Lösung dar. Die Verkapselung mit PDMS erbrachte eine doppelte Lichtausbeute bei 380 nm LEDs. Kombiniert man die verschiedenen neu entwickelten Technologien kann eine Lichtausbeute von bis zu 70 % erreicht werden.

Ein weiterer Grund für den niedrigen Wirkungsgrad von UV-LEDs ist der große Spannungsabfall während des Betriebs. Ursachen dafür sind die hohen Widerstände der n- und p-leitenden Schichten mit hohen Aluminium-Gehalten und die Schwierigkeit, ohmsche Kontakte passend zur großen Bandlücke des Halbleitermaterials zu finden. Dies und die geringe Lichtleistung von UV-LEDs führen zur Selbsterwärmung der Geräte. Das verschlechtert die elektrischen Eigenschaften und die langfristige Zuverlässigkeit der LEDs. Um hohe Stromdichten und lokale Überhitzung zu vermeiden, muss die Geometrie der Kontaktstellen deshalb so konstruiert werden, dass die Wärme rasch abgeführt wird. Dazu wurde der herkömmliche großflächige LED-Aufbau ersetzt durch eine Matrix von miteinander verbundenen Mikrometer großen LEDs. Dadurch sind die Wärmequellen besser über die Fläche verteilt und die Wärme wird leichter abgeleitet.

Die in meiner Doktorarbeit dargestellten einzelnen Entwicklungsschritte haben zu den weltweit am effizientesten arbeitenden UV-B-LEDs geführt. Sie wandeln Strom in Licht mit hoher Quanteneffizienz um und verfügen über eine hohe Lebensdauer von durchschnittlich mehr als 10.000 Stunden. Aufgrund des großen potenziellen Marktes für diese Geräte erhielten die Technische Universität Berlin und das Ferdinand-Braun-Institut über das Programm EXIST-Forschungstransfer des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie eine Förderung, die die Gründung des Spin-offs „UVphotonics NT GmbH“ ermöglicht hat.

PETER OEHME UND SILKE OSSWALD

# Inividualisierte Medizin für den Krebspatienten

Die Entwicklung einer wirklich individualisierten Medizin steht erst am Anfang. Es sind noch erhebliche Bemühungen der Grundlagenforschung und der Umsetzung in den klinischen Alltag notwendig, um die mit dem Begriff der individualisierten Medizin verbundenen Erwartungen einzulösen. So das Resümee eines Forums, zu dem die Leibniz-Sozietät der Wissenschaften (LS) zu Berlin e.V. und das Leibniz-Institut für Molekulare Pharmakologie (FMP) eingeladen hatten.

Entsprechend dem Credo von Gottfried Wilhelm Leibniz „theoria cum praxi et commune bonum“ brachte das Forum zur individualisierten Medizin Akteure und Zuhörer aus der Grundlagenforschung, der Klinik und der Wirtschaft zusammen. Mitveranstalter waren neben FMP und LS die Klinik für Hämatologie, Onkologie und Tumorummunologie im Helios Klinikum Berlin-Buch sowie die BBB Management GmbH Campus Berlin-Buch. Eröffnet wurde die Veranstaltung durch den Präsidenten der Leibniz-Sozietät Prof. Gerhard Banse und den FMP-Direktor Prof. Volker Haucke.

Den Impulsvortrag hielt Prof. Wolf-Dieter Ludwig zum Thema „Die individualisierte Medizin zwischen Versprechen und Wirklichkeit“. Der Direktor der onkologischen Helios-Klinik und Vorsitzender der Arzneimittelkommission der deutschen Ärzteschaft stellte in seinem exzellenten Vortrag die Problematik sowohl aus der speziellen Sicht der Onkologie als auch aus dem allgemeinen Blickwinkel der individualisierten Medizin dar. In der anschließenden Diskussion wurde deutlich, dass es sich um eine wissenschaftlich wie gesundheitspolitisch hoch aktuelle Problematik handelt.

In der nachfolgenden Podiumsdiskussion vertieften die Teilnehmer aus der Grundlagenforschung, der Klinik und der Wirtschaft den Dialog mit dem Impulsredner Prof. Ludwig. Moderator der Diskussion war der dem Bucher Campus langjährig verbundene Pharmakologe und Wirkstoffforscher Prof. Peter Oehme (Mitglied der LS). Der Molekularbiologe und Kliniker PD Dr. Martin Janz erläuterte die in der Grundlagenforschung zur Krebsätiologie erreichten Fortschritte, wies aber zugleich darauf hin, dass der Begriff „individualisierte Medizin“ von der Pharmaindustrie als zentrales Ele-

ment ihrer Entwicklungs- und Verkaufsstrategie verwendet wird. In diesem Sinne unterstützte ihn der langjährig in der industriellen Pharmaforschung tätige Prof. Matthias Bräutigam. Dr. Jens Hoffmann, geschäftsführender Direktor des auf dem Berlin-Bucher Campus ansässigen Unternehmens EPO (Experimentelle Pharmakologie & Onkologie), belegte überzeugend den Stellenwert der translationalen Forschung, die sich interdisziplinär der Umsetzung von Forschungsergebnissen in den klinischen Alltag widmet. Prof. Dirk Roggenbuck, geschäftsführender Gesellschafter des auf Diagnostika spezialisierten Unternehmens „medipan“ und Konsortialsprecher der Parmenides-Initiative, unterstrich den Stellenwert geeigneter Biomarker für die weitere Entwicklung.

Aufgestellte Poster zu wissenschaftlichen Fragestellungen flankierten die Veranstaltung. Dr. Ronald Kühne und Dr. Dirk Schumacher präsentierten Projekte aus dem FMP und stellten Ansätze für die Tumorthherapie vor. Auf einem weiteren FMP-Poster erläuterte Dr. Leif Schröder neue diagnostische MRI-Möglichkeiten für die individualisierte Medizin.

In seinen Schlussbemerkungen betonte Prof. Oehme, dass trotz der unbestreitbaren Fortschritte in der molekularbiologischen Forschung die realen Ergebnisse in der Klinik noch gering sind. Zugleich wies er darauf hin, dass durch eine Überbetonung biologischer bzw. molekularer Krankheitsfaktoren die persönliche Arzt-Patient-Beziehung nicht aus dem Blick verloren werden darf. Am Ende machte er deutlich, dass durch die demografische Entwicklung schon in wenigen Jahren der Krebs die Volkskrankheit Nummer eins sein wird und damit neue Herausforderungen für die Politik und Gesellschaft und auch für die Forschung existieren.

Forum zur individualisierten Medizin (v.l.n.r.): Prof. Volker Haucke, Prof. Gerhard Banse, Prof. Matthias Bräutigam, Prof. Peter Oehme, PD Dr. Martin Janz, Prof. Dirk Roggenbuck, Dr. Jens Hoffmann, Dr. Ulrich Scheller.



VOLKER HENN

# Roboter suchen nach Wirkstoffen

Jeder dieser Tropfen ist ein eigenständiges Experiment. Feine Pipetten senken sich in die 384 Vertiefungen der Platte und befüllen sie.

Die Screening Unit des Leibniz-Instituts für Molekulare Pharmakologie (FMP) half der Schweizer Labortechnik-Firma TECAN bei der Entwicklung eines Messmoduls für Hochdurchsatz-Verfahren. Die Aufklärung von Krankheitsmechanismen wird dadurch ein Stück leichter.

Nicht ohne Stolz weist Jens von Kries auf die große Apparatur, in der ein mechanischer Arm gerade eine Platte aus einem hohen Stapel zieht: „Dieser Pipettier-Roboter führt bis zu 40.000 kleine Experimente am Tag aus.“ Der Roboter wird die Proben sogar präzise vermessen – dank eines Moduls, dessen Entwicklung von Kries und die von ihm geleitete Screening Unit tatkräftig unterstützt haben.

Hochdurchsatz-Verfahren, die vollautomatisch Tausende von Proben in kürzester Zeit analysieren, sind das Spezialgebiet der Screening Unit, die Bestandteil der Chemischen Biologie des FMP mit insgesamt 25 Mitarbeitern ist. Acht Mitarbeiter der Unit betreuen insgesamt fünf große Pipettier-Roboter, die mit sechs Plattenmessgeräten und drei automatisierten Mikroskopen kombiniert werden können. Eine Ausstattung, mit der in Europa kein anderes akademisches Labor mithalten kann.

Der Arm des Roboters hat mittlerweile eine Position erreicht, an der sich feine Pipetten in die 384 Vertiefungen der Platte senken und sie mit einem winzigen Tropfen Flüssigkeit befüllen. Jeder dieser Tropfen ist ein eigenständiges Experiment: Er enthält zwei Sorten von mikroskopisch kleinen Kügelchen, an deren Oberfläche unterschiedliche Proteine haften. Wenn die Proteine aneinander binden, geraten die Kügelchen in engste Nachbarschaft und lösen dabei nach Laserbelichtung eine chemische Reaktion aus, die schwache Lichtsignale erzeugt. Die Analyse dieser Signale gibt Aufschluss über den Verlauf des Experiments. Der Roboter transportiert dazu die Platte in einen Kasten, der von außen unscheinbar grau erscheint, in dessen Inneren sich aber modernste Messtechnik verbirgt. Ein erster Prototyp dieses Messmoduls wurde vor zwei Jahren von der Firma TECAN, die auf die Herstellung automatisierter Labor-Systeme spezialisiert ist, nach Berlin gebracht. Das neue Modell sollte dort unter strengen Bedingungen getestet werden.

Dass die Screening Unit des FMP als Partner ausgesucht wurde, kam nicht von ungefähr. „Wir haben Qualitätsstandards für Messmethoden entwickelt und etabliert, die auch für renommierte Unternehmen von großem Interesse sind“, erläutert von Kries. Eine dreimonatige Testphase war nötig, bis der Prototyp den höchsten Anforderungen genügte. Danach ging es schnell: Bereits ein halbes Jahr später konnte das ausgereifte Gerät zum Verkauf angeboten werden.

Auch in der Screening Unit läuft das Messmodul seitdem auf Hochtouren. Es ermöglicht die Analyse einer Bibliothek von 60.000 Wirkstoffen, die teils schon in der Medizin genutzt werden, meist aber noch auf eine Anwendung warten. Viele dieser Substanzen können die Interaktion von Proteinen stören, was sich in den Experimenten daran zeigt, dass die Stärke des Lichtsignals abnimmt. Dabei sucht von Kries explizit die Kooperation mit anderen Forschern, um dieses Verfahren praktisch anzuwenden: „Unsere chemisch-biologische Plattform kann unter anderem die Aufklärung von Krankheitsmechanismen vorantreiben.“ Als Beispiel nennt er ein Projekt aus der Krebsforschung. In Zusammenarbeit mit dem benachbarten Max-Delbrück-Centrum fanden die Forscher der Gruppe von Walter Birchmeier in der Wirkstoff-Bibliothek eine Substanz, die das Wachstum von Krebs-Stammzellen hemmt. Diese Zellen gelten als ein möglicher Grund, warum Tumore auch nach scheinbar erfolgreicher Behandlung zurückkehren.

Etwas 200 Kooperationen ist die Screening Unit bislang eingegangen, meist mit akademischen Partnern. Von Seiten der Industrie haben bislang nur drei Firmen diese Chance genutzt, aber von Kries nennt einen guten Grund, warum die Zahl bald steigen könnte: „Mit unserer Plattform bieten wir kleinen und mittleren Unternehmen den Zugang zu einer Technologie, die sonst nur großen Konzernen vorbehalten ist.“ Ein Angebot, von dem Industrie und Medizin gleichermaßen profitieren können.

PAUL JANOSITZ

# Schicht um Schicht zur Transparenz

Mit Hochdruck arbeiten die Forscher des Leibniz-Instituts für Kristallzüchtung (IKZ) daran, neue qualitativ hochwertige Kristalle für die Optoelektronik zu züchten und dabei effektive und möglichst wenig aufwendige Produktionsmethoden zu entwickeln.

Die IKZ-Ergebnisse sind wegen breiter Anwendungsmöglichkeiten auch industriell hoch interessant. Denn ob sich ein technisch vielversprechender Halbleiterkristall in der Mikroelektronik durchsetzt, hängt sehr davon ab, ob er sich bei vertretbarem Aufwand im großen Maßstab herstellen lässt. „Wir betreiben Materialforschung und entwickeln neue Werkstoffe für Schlüsseltechnologien wie Mikro- und Optoelektronik oder Lasertechnik“, sagt Dr. Günter Wagner, kommissarischer Leiter der Abteilung „Schichten und Nanostrukturen“, der sich seit rund 30 Jahren mit Züchtung und technischer Nutzung von Kristallen beschäftigt.

Ein besonders interessantes Feld ist die transparente Oxidelektronik. Hier geht es darum, Silizium oder andere kristalline Werkstoffe durch Metalloxide zu ersetzen. Solche transparenten Materialien könnten beispielsweise für in die Autoscheibe integrierte Navis oder für Displays verwendet werden, die samt Tastatur in Fensterscheiben oder Glastische eingebaut sind. Gelingt es, diese Materialien in einkristalliner Form mit halbleitenden Eigenschaften herzustellen, dann eröffnet sich neues Anwendungspotenzial für bestimmte Metalloxide, wie etwa Galliumoxid. Hier geht es um die Entwicklung energieeffizienterer und kostengünstiger zu produzierender Leistungsbaulemente sowie Sensoren für den tiefen UV-Bereich.

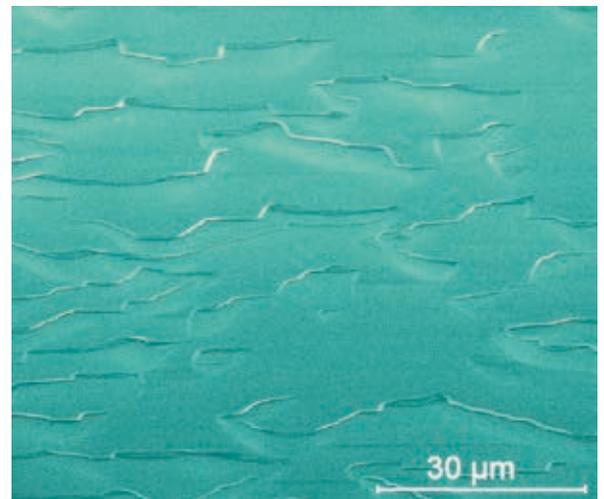
„Wir sind sicher, dass die Elektronik aus Oxidmaterialien viele Anwendungsbereiche haben wird“, sagt Matthias Bickermann, stellvertretender Direktor am IKZ sowie Professor am Institut für Chemie der TU Berlin für das Fachgebiet „Grundlagen und Methoden der Kristallzüchtung“.

Allerdings gebe es derzeit noch Schwierigkeiten, entsprechende Bauelemente herzustellen, weil viele grundlegenden Fragestellungen noch nicht gelöst seien. Es sei deshalb wichtig, geeignetes Material zur Verfügung zu stellen, um die physikalischen Eigenschaften messen zu können und dann Anwendungsmöglichkeiten zu finden. „Durch unsere Referenzmaterialien können wir zum Verständnis der Eigenschaften beitragen“, sagt der Werkstoffwissenschaftler. In den letzten Jahren wurde am IKZ bereits ein breites Spektrum von Oxidkristallen gezüchtet und untersucht, etwa Galliumoxid ( $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ ) oder Indiumoxid ( $\text{In}_2\text{O}_3$ ). Die

dabei entwickelten und patentierten Technologien und die so gezüchteten Oxidkristalle brachten das IKZ an die Weltspitze.

Mit derzeit vier Mitarbeitern betreibt Wagner das Projekt „Metallorganische Gasphasen-Epitaxie (MOVPE) von halbleitenden Galliumoxid-Schichten“. Von Epitaxie spricht man, wenn Kristalle auf kristallinen Substraten wachsen. Das Team um Wagner züchtet dünne kristalline Schichten aus Metalloxid, beispielsweise Galliumoxid, die auf Substraten, ebenfalls aus Galliumoxid, (Homoepitaxie) abgeschieden werden. „Aus Materialien mit derselben Gitterstruktur kann man wesentlich bessere Schichten machen“, sagt Bickermann.

Wagners Projekt wurde von der Leibniz-Gemeinschaft drei Jahre lang, bis 2015, gefördert und positiv bewertet. Nun feilt der Kristallograph an einem neuen Projektantrag zur weiteren Finanzierung der Arbeiten, um die technische Anwendbarkeit zu demonstrieren. Zunächst müssen relativ große Einkristalle für die Substratherstellung gezüchtet werden. Bei Galliumoxid sind das Kristalle mit bis zu 50 mm Durchmesser und 100 mm Länge, die aus Hochtemperaturschmelzen von mehr als 1800 °C nach dem Czochralski-Verfahren gezogen werden. Aus diesen Kristallen werden nun, in Kooperation mit der Firma CrysTec GmbH in der Wuhlheide, Scheiben, sogenannte Wafer, ge-



Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme einer Galliumoxid-Epitaxieschicht.

» *Doch auch die geschicktesten Halbleiter-Tüftler wären mit ihrem Latein am Ende, wenn die Kristalle nicht nahezu perfekt wären.«*



Galliumoxid-Einkristall.

schnitten, etwa einen halben Millimeter dick. Die Bearbeitung erfordert viel Know-how, da die  $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ -Kristalle leicht spaltbar sind.

Die Wafer werden zu Substraten mit perfekten Oberflächen für die Epitaxie präpariert. Darauf scheiden die IKZ-Forscher extrem dünne kristalline Schichten ab, die nur 100 bis 200 Nanometer dick sind, das sind ein bis zwei zehntausendstel Millimeter. Aus diesem Konstrukt lassen sich elektronische Bauelemente fertigen. „Dabei kooperieren wir mit dem Ferdinand-Braun-Institut (FBH) in Adlershof“, sagt Wagner. Die Experten des ebenfalls zum Forschungsverbund gehörenden Instituts bringen langjährige Erfahrung und die nötige technologische Ausrüstung mit, um neue mikroelektronische Bauelemente herstellen zu können.

Doch auch die geschicktesten Halbleiter-Tüftler wären mit ihrem Latein am Ende, wenn die Kristalle nicht nahezu perfekt wären. Die Substrate, auf denen die kristallinen Schichten abgeschieden werden, sollten möglichst keine Fehler enthalten, denn diese pflanzen sich in der wachsenden Schicht fort. Aber auch das „Rezept“ für das Schichtwachstum muss stimmen. Deshalb ist eine genaue Analyse der strukturellen Qualität der Schichten erforderlich, für die im IKZ ein Elektronenmikroskop neuester Technik eingesetzt wird.

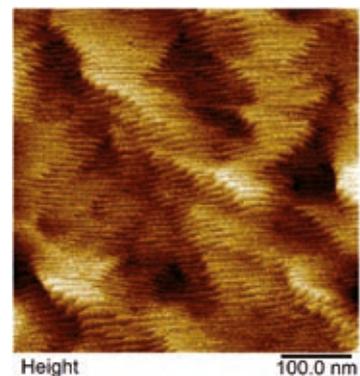
Die fürs Wachstum nötigen Galliumatome kommen aus gasförmigen metallorganischen Verbindungen. Das sind Spezialchemikalien wie Trimethylgallium. Sie werden ebenso wie der Sauerstoff in die Reaktorkammer eingeblasen und zersetzen sich bei Temperaturen um 800 Grad. „Gallium- und Sauerstoffatome diffundieren zum Substrat, suchen sich freie Bindungen, docken an und wachsen im Idealfall Atomreihe für Atomreihe weiter“, so schildert Wagner den Wachstumsprozess.

Dabei gibt es viele Faktoren, die vom Züchter beeinflusst und zur Perfektionierung der Kristallschichten genutzt werden können. Um optimale Bedingungen herauszufinden, arbeitet Wagners Team eng mit den Gruppen Elektronenmikroskopie und Physikalische Charakterisie-

rung zusammen. So konnten Kristallbaufehler eliminiert werden, die zunächst verhinderten, dass die Schichten elektrisch leitfähig wurden. Verunreinigungen der Kristalloberfläche etwa durch Kohlenstoff gilt es zu vermeiden, damit diese Fremdatome nicht in die wachsende Schicht gelangen. Silizium- oder Zinnatome werden dagegen gezielt eingebaut, da sich durch derartige Dotierungen die elektrischen Eigenschaften der Kristallschicht steuern lassen.

Die Konzentration der eingebauten Fremdatome und die elektrischen Eigenschaften der Schichten werden durch das Team der Physikalischen Charakterisierung unter die Lupe genommen. Mit raffinierten elektrischen und spektroskopischen Analysemethoden klären die Forscher auf, ob die Dotieratome an den richtigen Stellen sitzen und durch die kristalline Struktur nicht in ihrer Funktion behindert werden.

Welche Art von Dotierung führt zu besseren Ergebnissen? Wie lässt sich beeinflussen, wie schnell die Fremdatome eingebaut werden und wie schnell die Kristallschichten wachsen? „Der Prozess soll so schnell wie möglich, aber auch so perfekt wie möglich ablaufen“, definiert Wagner die Strategie. Derzeit dauert es ein bis zwei Stunden, bis die Schichten fertig gewachsen sind. Handelt es sich um Schichten mit unterschiedlichen Konzentrationen beispielsweise von Silizium, so kann man die gewünschte Anordnung von halbleitenden Schichten schon beim Wachstum herstellen. Einen derartigen Sandwich-Kristall zum fertigen mikroelektronischen Bauelement auszubauen, fällt in die Kompetenz der FBH-Experten.



Oberflächenmorphologie einer Galliumoxid-Epitaxieschicht; Aufnahme mit dem Rasterkraftmikroskop.

RUDOLF KELLERMANN

# Die Anwendung mathematischer Methoden in der Industrie fördern

Das „European Consortium for Mathematics in Industry“ will mehr Beachtung der Mathematik in den industriellen Anwendungen erreichen und fördert gleichzeitig den mathematischen Nachwuchs. Prof. Dietmar Hömberg vom Weierstraß-Institut für Angewandte Analysis und Stochastik ist für die nächsten zwei Jahre zum neuen Präsidenten des Konsortiums gewählt worden.



Die Mathematik bietet viele Lösungsansätze für die Industrie – dieses Bewusstsein will Prof. Dietmar Hömberg als Präsident der ECMI schärfen.

**E**s gibt Angewandte Mathematiker, die Grundlagenforschung betreiben und diese mit einer Anwendung motivieren“, sagt Prof. Dietmar Hömberg. „Ich bin eher der Mathematiker, der von den Problemen in der Industrie ausgeht und dann diese Probleme durchaus mit Grundlagenforschung zu lösen versucht.“ Hömberg forscht als Mitarbeiter am Weierstraß-Institut für Angewandte Analysis und Stochastik (WIAS) in Berlin, gleichzeitig ist er auch Mathematik-Professor an der Technischen Universität Berlin. Dort hält er regelmäßig Vorlesungen für nichtlineare Optimierung und Optimale Steuerung. Dank seiner Orientierung an aktuellen Problemen in der Industrie ist Dietmar Hömberg nun

für zwei Jahre zum Präsidenten des „European Consortium for Mathematics in Industry“ (ECMI) gewählt worden.

ECMI wurde vor mehr als zwanzig Jahren als ein Konsortium von akademischen Institutionen und Industrieunternehmen gegründet, das der gezielten Kooperation und dem Austausch zwischen mathematischer Forschung und industrieller Anwendung dient. Mitglieder im Konsortium sind Akademien, Universitäten und Unternehmen aus fast allen europäischen Ländern, doch auch außerhalb der EU. Konkrete Ziele sind die Förderung und der Einsatz der mathematischen Modellierung, Simulation und Optimierung in sozialen und wirtschaftlichen Bereichen. Außerdem will die Organisation auf europäischer Ebene in der Industrie ein Bewusstsein für die Vielfalt mathematischer Problemlösungsansätze schärfen.

Für besonders gelungen hält Prof. Hömberg das ECMI-Angebot sogenannter „Special Interest Groups (SIGs)“, bei denen sich Wissenschaftler und Industrievertreter zur Bearbeitung ganz gezielter Anwendungsprobleme zusammenfinden und europaweit agieren. Als Beispiel nennt er eine Gruppe, die sich mit der Entwicklung der Digitalen

Fabrik, also Industrie 4.0 beschäftigt „Es ist wichtig, auch den Kontakt zu den Technologieplattformen zu suchen, die eine wichtige Lobby bei der Vorbereitung der EU Forschungsrahmenprogramme bilden.“ Bei solchen Technologieplattformen war bisher nach Ansicht von Dietmar Hömberg die Mathematik etwas „außen vor“.

Ein weiteres Standbein des Konsortiums ist der Bereich „Education“, dem nach Meinung von Dietmar Hömberg eine besondere Bedeutung zukommt. Zum einen fördert die ECMI den Studierendenaustausch und unterstützt mit Masterprogrammen, jährlichen Modellierungswochen und Summer-Schools den Nachwuchs an hervorragenden Mathematikerinnen und Mathematikern. European Study Groups wurden auch schon von Prof. Hömberg und Prof. Barbara Wagner gemeinsam mit Mathematikern anderer Berliner Institute am Weierstraß-Institut organisiert und durchgeführt. Zu diesen Study Groups werden fünf bis sechs Vertreter verschiedener Unternehmen und Branchen eingeladen, die jeweils ein konkretes Problem aus ihrem Bereich vorstellen. Zu jedem Problem bilden Studierende, Wissenschaftler und Industrievertreter Arbeitsgruppen, die eine Woche lang sehr intensiv an Lösungsvorschlägen arbeiten. „Dies führt zu ganz unterschiedlichen Ergebnissen. Manchmal führt die Beschäftigung dazu, die Probleme besser zu verstehen, manchmal kommt es sogar zu konkreten Lösungsvorschlägen. Auf alle Fälle bilden sich daraus wunderbare Kooperationen, die die künftige Arbeit erleichtern“, schildert Hömberg.

So war die WIAS-Study-Group Ausgangspunkt für ein sehr erfolgreiches Projekt im Bereich der Photovoltaik. Für dieses Projekt finanzierte die Industrie sogar anderthalb Stellen über drei Jahre. „Solche Projekte will ich fördern und ausbauen und versuchen, dass sie Schule machen. Hier muss man den Bogen schlagen zu den bestehenden Technologieplattformen, an denen derzeit noch zu wenige Mathematikerinnen und Mathematiker beteiligt sind. Dies ist zwar manchmal etwas schwierig und ein langer Weg, aber schließlich haben von solchen Kooperationen alle Beteiligten einen großen Vorteil“, sagt Hömberg.

CARMINE SOMMA, GIULIA FOLPINI, KLAUS REIMANN, MICHAEL WÖRNER UND THOMAS ELSÄSSER

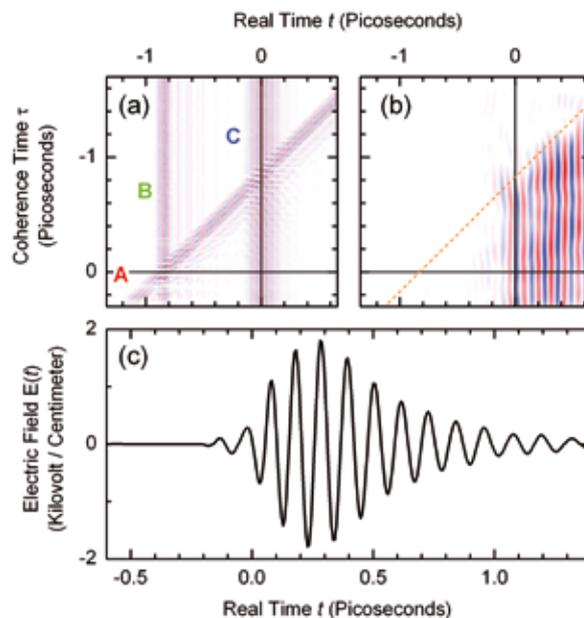
# Die Quantenschaukel – ein Pendel das gleichzeitig vor und zurück schwingt

Ultrakurze Terahertz-Impulse regen Zwei-Quanten-Oszillationen von Atomen in einem Halbleiterkristall an. Die von den bewegten Atomen abgestrahlten Terahertz-Wellen werden mittels einer neuen zeitaufgelösten Technik analysiert und zeigen den nicht-klassischen Charakter der Atombewegungen von großer Amplitude.

Das klassische Pendel einer Standuhr schwingt mit einer wohl definierten Auslenkung und Geschwindigkeit zu jedem Zeitpunkt vor und zurück. Während dieser Schwingung bleibt seine Gesamtenergie konstant, welche durch eine beliebig wählbare Anfangsauslenkung vorgegeben ist. Oszillatoren in der Quantenwelt der Atome und Moleküle verhalten sich völlig anders: Deren Energie hat diskrete Werte entsprechend der unterschiedlichen Quantenzustände eines Oszillators. Der „verschmierte“ Ort eines Atoms in einem Energieeigenzustand des Oszillators wird mit Hilfe der Wellenfunktion beschrieben, deren Amplitude keinerlei Schwingungen aufweist.

Schwingungsbewegungen in der Quantenwelt erfordern eine Überlagerung unterschiedlicher Quantenzustände – sogenannte Kohärenzen oder Wellenpakete. Die Überlagerung zweier benachbarter Oszillatorzustände entspricht einer Ein-Quantenkohärenz, bei der die Atombewegung dem klassischen Pendel sehr ähnelt. Viel interessanter sind Zwei-Quantenkohärenzen, eine waschechte nicht-klassische Anregung, bei der ein Atom gleichzeitig an zwei verschiedenen Orten sein kann. Seine Geschwindigkeit verhält sich auch nicht-klassisch, was bedeutet, dass es sich zur selben Zeit von links nach rechts und von rechts nach links bewegt. Solche Bewegungen existieren nur für sehr kurze Zeiten, weil die wohl definierte Überlagerung der Quantenzustände aufgrund der sogenannten Dekohärenz innerhalb weniger Pikosekunden ( $1 \text{ Pikosekunde} = 10^{-12} \text{ s}$ ) zerfällt. Solche Zwei-Phononen-Kohärenzen sind äußerst wichtig in dem neuen Forschungsgebiet der sogenannten Quanten-Phononik. Dort werden nicht-klassische Atombewegungen wie etwa „gequetschte“ oder „verschränkte“ Phononen untersucht.

In der Fachzeitschrift *Physical Review Letters* haben Forscher des Max-Born-Instituts in Berlin die neue Methode der Zwei-Dimensionalen (2D) Terahertz-Spektroskopie eingesetzt, um nicht-klassische Zwei-Phononen-Kohärenzen mit großen räumlichen Amplituden zu erzeugen und nachzuweisen. In den Experimenten wechselwirkt eine Sequenz von drei phasengekoppelten THz-Impulsen mit einem  $70\text{-}\mu\text{m}$  dicken Kristall des Halbleiters Indiumantimonid (InSb). Das elektrische Feld, das die bewegten Atome abstrahlen, dient als eine Sonde für die Atombewegung



Experimentell gemessene Kurven: (a) Zwei-dimensionaler (2D) Scan der Summe der elektrischen Felder  $E(\tau, t)$  der drei treibenden THz-Impulse A, B und C als Funktion der Kohärenzzeit  $\tau$  und der Realzeit  $t$ . Das Konturdiagramm ist rot gefärbt für positive elektrische Felder und blau gefärbt für negative elektrische Felder. (b) 2D-Scan des von der Zwei-Phononen-Kohärenz im Halbleiter Indiumantimonid nicht-linear abgestrahlten, elektrischen Feldes  $ENL(\tau, t)$ . Die orange Linie zeigt die Mitte von THz-Impuls A. (c) Elektrische Feldtransiente  $ENL(0, t)$  gemessen für Kohärenzzeit  $\tau=0$ .

in Echtzeit. Ein zwei-dimensionales Abrasterverfahren (ein sogenannter 2D-Scan), bei dem die zeitliche Verzögerung zwischen den drei THz-Impulsen variiert wird, zeigte ausgeprägte Zwei-Phononen-Signale und konnte deren Zeitstruktur aufdecken. Eine detaillierte theoretische Analyse brachte die Einsicht, dass nichtlineare Vielfach-Wechselwirkungen von allen drei THz-Impulsen nötig sind, um solche starken Zwei-Phononen-Kohärenzen anzuregen.

Die neue experimentelle Methode erlaubte zum ersten Mal Zwei-Phononen-Kohärenzen großer Amplitude in einem Kristall nachzuweisen. Alle experimentellen Beobachtungen sind in exzellenter Übereinstimmung mit der Quantentheorie. Dieser neue Typus von 2D-THz-Spektroskopie weist den Weg zur Erzeugung, Analyse und Manipulation von anderen Niedrig-Energie-Anregungen in Festkörpern, wie z.B. Magnonen oder optischen Übergängen in Exzitonen oder an Störstellen gebundenen Elektronen.

*Phys. Rev. Lett.* 116, 177401; *J. Chem. Phys.* 144, 184202

KARL-HEINZ KARISCH

# Sex mit der anderen Art

Laubfrösche mit artfremden Geschlechtschromosomen sind weniger fit

Der gewaltige Eisschild der letzten Eiszeit reichte einst bis in den Raum des heutigen Berlin. Erst sein allmähliches Verschwinden ermöglichte vor rund 20.000 Jahren eine Wiederbesiedlung der nördlichen Breiten durch viele Pflanzen- und Tierarten. Oft nahmen sie unterschiedliche Routen um die Gebirge herum, etwa die Karpaten – mit erstaunlichen Folgen für eine besondere Wiedervereinigung, die sich z.B. in Polen abspielt: Im Gebiet der Weichsel treffen sich hier zwei evolutionär junge Laubfroscharten.

Bei der Paarung des Europäischen (*Hyla arborea*) und des Östlichen Laubfrosches (*Hyla orientalis*) im polnischen Flachland entstehen Hybrid-Frösche, die Geschlechtschromosomen von beiden Arten in sich tragen. Sie pflanzen sich vermutlich seltener erfolgreich fort, sind also nicht so fit wie ihre beiden Ursprungsarten. Das hat Dr. Matthias Stöck, Heisenberg-Stipendiat der Deutschen Forschungsgemeinschaft am Leibniz-Institut für Gewässer-

ökologie und Binnenfischerei (IGB), mit Hilfe populationsgenetischer Methoden herausgefunden. Gemeinsam mit einem internationalen Team erforscht er das Zusam-

mentreffen der beiden Laubfrosch-Arten an der Weichsel. Für Dr. Christophe Dufresnes von der Universität Lausanne und Erstautor der Studie, die jetzt gemeinsam in Scientific Reports veröffentlicht wurde, zeigt dies erstmals, „dass die undifferenzierten homomorphen Geschlechtschromoso-

men dieser Laubfrösche stärker zur Evolution von neuen Arten beitragen als normale Chromosomen“.

„Wir haben große Anstrengungen unternommen und viele Nächte im Feld verbracht, um große Bereiche von Polen abzudecken, als wir die Speichelproben der beiden Laubfroscharten für die genetischen Analysen gesammelt haben“, berichtet Tomasz Majtyka, Doktorand der Abteilung Wirbeltierbiologie und Naturschutz der Universität Wrocław und Ko-Erstautor des Artikels.

Amphibienforscher Matthias Stöck weist darauf hin, dass der Genaustausch oder Genfluss zwischen diesen beiden jungen Laubfroscharten noch nicht vollkommen unterbrochen ist, was typisch für so junge Arten sei. „Dabei findet der geringste Genaustausch über die Geschlechtschromosomen statt, da sie bei Kreuzungen dieser Frösche mit den übrigen Chromosomen der fremden Art am schlechtesten kooperieren“, sagt er. In einem bestimmten Stadium der Evolution haben diese Arten einen Punkt of no return erreicht, von dem an sie nicht mehr vollkommen mit der anderen Art verschmelzen konnten. Dieser Punkt

» Matthias Stöck untersuchte die Frösche molekularbiologisch und stellte fest, dass es gravierende Unterschiede gibt.«

Der Europäische Laubfrosch (*Hyla arborea*) besiedelte die nördlichen Breiten nach der letzten Eiszeit von einem glazialen Refugium auf dem westlichen Balkan und und trifft die andere Art, den Östlichen Laubfrosch, im Gebiet der Weichsel in Polen.



Der Östliche Laubfrosch (*Hyla orientalis*) besiedelte die nördlichen Breiten nach der letzten Eiszeit aus einem Refugium am Schwarzen Meer und trifft die andere Laubfroschart, den Europäischen Laubfrosch, in der Region der Weichsel in Polen.

scheint bei den Laubfröschen in Polen überschritten zu sein, ihre Geschlechtschromosomen können sich nicht mehr einfach vermischen. Später werde es dann gar keinen Genaustausch mehr geben. „Bei den von uns untersuchten Laubfröschen ist erstaunlich“, sagt Stöck, „dass es Paarungen und Hybridbildung offenbar nur im polnischen Flachland gibt, hingegen extrem selten in Griechenland, wo beide Laubfroscharten ebenfalls aufeinandertreffen; dort aber vermutlich seit deutlich längerer Zeit.“ Dort gäbe es weniger gemeinsamen Nachkommen von *Hyla arborea* und *Hyla orientalis*.

Bis 2008 ging die Fachwelt davon aus, dass es sich bei den Laubfröschen nur um eine einzige Art handelt. Damals untersuchte Stöck die Frösche molekularbiologisch und stellte fest, dass es gravierende Unterschiede gibt, die zwei Arten rechtfertigen, die seit ca. 5 Mio. Jahren getrennt sind. Der bei uns heimische Laubfrosch (*Hyla arborea*) ist aus dem Mittelmeerraum kommend über das Donautal nach der Eiszeit nach Mitteleuropa eingewandert. Östlich der Weichsel in Polen und der Ukraine kommt die andere Art vor, *Hyla orientalis*, die sich ursprünglich aus der nördlichen Türkei und Kleinasien kommend vom Schwarzen Meer östlich um die Karpaten herum nach Norden ausgebreitet hat. Bereits die alten Taxonomen hatten vermutet, dass es sich um zwei verschiedene Arten handeln könnte. Deshalb gab es auch einen alten Namen für den Östlichen Laubfrosch, den IGB-Amphibienforscher Stöck „reaktivieren“ konnte. Seitdem ist *Hyla orientalis* wieder in der wissenschaftlichen Welt. Beide Arten unterscheiden sich äußerlich kaum, es sind sogenannte kryptische Arten.

Im polnischen Flachland sind beide Arten vor weniger als 14.000 Jahren zusammengetroffen. Evolutionsbiologisch gesehen ist das ein sehr junger Kontakt.

Doch wie bilden sich eigentlich neue Arten? Das ist eine der großen Fragen der Evolutionsbiologie. „Als Amphibienforscher möchte ich herausfinden, wie lange es bei Fröschen und Kröten dauert, bis durch geografische Isolation eine neue Art entsteht und was ihre genetische Eigenständigkeit, wir sprechen von ‚reproduktiver Isolation‘, ausmacht“, sagt Stöck.

Bei den Laubfröschen hatten die Wissenschaftler das Glück, natürliche Hybridzonen vorzufinden. Die Karpaten bilden eine perfekte Trennlinie zwischen *Hyla arborea* und *Hyla orientalis*. Wenn Populationen über lange Zeit getrennt werden (Allopatrie), dann häufen sich genetische Anpassungen an die Umwelt und zufällige Mutationen an. Wichtig ist auch die genetische Drift, bei der Zufallsprozesse auf Populationsebene eine Rolle spielen. Beide Gruppen machen unterschiedliche Entwicklungen durch, vor allem dann, wenn in einer Population nur wenige Tiere überleben, also durch einen „genetischen Flaschenhals“ gehen. Etwas Ähnliches ist einst Teilen der modernen



Menschheit wiederfahren, die Nachkomme relativ weniger Individuen ist.

Im Labor sind solche Prozesse kaum nachzustellen. Frösche, die sich im Terrarium kreuzen, würden das vielleicht in der Natur nicht machen – und umgekehrt. „In natürlichen Hybridzonen finden wir natürliche Artenkomplexe vor und können die genetische Konstitution untersuchen“, sagt Stöck. „Nach unserer Schätzung sind *Hyla arborea* und *Hyla orientalis* rund 5 Millionen Jahre getrennt gewesen.“ Überwintert hat *Hyla arborea* die Eiszeit in den südlichen Breiten am Mittelmeer, etwa in Griechenland, und *Hyla orientalis* rund um das Schwarze Meer. Nach der letzten Eiszeit haben sich beide Arten wieder nach Norden ausgebreitet und schließlich im Gebiet der heutigen Weichsel getroffen.

Das landläufige Wissen zu den Geschlechtschromosomen betrifft üblicherweise Säugetiere, bei denen sich die Geschlechtschromosomen unter dem Mikroskop deutlich unterscheiden. Das männliche Y-Chromosom beim Menschen ist im Vergleich zum X-Chromosom winzig klein. Diese heteromorphen, also unterschiedlich gebauten Geschlechtschromosomen, werden bei der Fortpflanzung überwiegend nicht mehr rekombiniert. Man geht davon aus, dass sie deshalb stark degeneriert sind.

Bei Fischen und Amphibien hingegen können sich unterschiedlichste Chromosomen in die Rolle des Geschlechtschromosoms begeben oder diese wieder verlieren. In der Folge haben die Geschlechtschromosomen im Grunde nicht die Zeit zu degenerieren, wie bei Säugetieren. Die Geschlechtsbestimmung lässt sich generell vereinfacht als eine geschlechtsdeterminierende Kaskade denken: „Oben sitzt quasi das Master-Gen, das festlegt, ob der Frosch Männchen oder Weibchen wird“, sagt Stöck. Es schaltet dann Netzwerke weiterer Gene an, die schließlich den weiblichen oder männlichen Phänotyp ausbilden. Erstaunlich konserviert sind dabei die Gene, die beispielsweise die Ausbildung der Eier oder die Spermienproduktion steuern. Starke Variationen gibt es hingegen am Anfang der Kaskade, also beim Master-Gen und auch dabei, auf welchem Chromosom es sich befindet.

In Hybridzonen können Stöck und seine Kollegen anhand der Laubfrosch-Geschlechtschromosomen „Evolution in Aktion“ beobachten.

*Scientific Reports* 6:21029; DOI: 10.1038/srep21029

GESINE WIEMER UND KARL-HEINZ KARISCH

# „Die Begeisterung der Wissenschaftler überträgt sich auf die Verwaltung“

Vor einem Vierteljahrhundert liefen die Vorbereitungen für die Gründung des Forschungsverbundes Berlin e.V. (FVB), der am 1. Januar 1992 an den Start ging. Ursprünglich nur als Provisorium für wenige Jahre gedacht, wurde der FVB zum Vorzeigemodell. Wir sprachen mit der FVB-Geschäftsführerin Dr. Manuela Urban über ihre Pläne zur Zukunft des Forschungsverbundes.

*Frau Dr. Urban, was macht Ihrer Meinung nach den FVB zum Erfolgsmodell?*

Wesentlich ist der gemeinsame Nutzen, den der FVB für seine acht Institute entfaltet. Das hat dazu geführt, dass bereits zwei Jahre nach der Gründung alle Institute beschlossen haben, diese Organisationsform beizubehalten. Als ich die Geschäftsführung vor dreieinhalb Jahren übernahm, habe ich die Direktoren offen gefragt, ob sie den Forschungsverbund in seiner gegenwärtigen Form immer noch für eine gelungene Idee halten. Die Antwort war eindeutig: Ja. Der FVB biete viele Vorteile. Neben einem gemeinsam organisierten administrativen Fundament sei er eine Plattform für den wissenschaftlich-strategischen Austausch, für wissenschaftspolitische Fragen und ein Beispiel für gute Governance. Wir bieten dafür eine exzellente Verwaltung, die professionell und effizient arbeitet. Es ist eine helle Freude, für Institute zu arbeiten, die durch die Evaluationen nachgewiesenermaßen international Spitze sind.

*War es von Anfang an so problemlos?*

Die erste Generation der Wissenschaftler hatte vielleicht einen etwas weniger ausgeprägten Gemeinsinn und war stärker auf die Individualität ihrer Institute bedacht. Das ist auch verständlich, man war als Provisorium gestartet und die Institute mussten sich zunächst etablieren. Die damaligen Bedenken der Gleichmacherei oder der Vereinnahmung haben sich glücklicherweise nicht bestätigt. Mittlerweile gibt es viele gemeinsame Initiativen des Vorstands: Gemeinsam wurde zu wissenschaftspolitischen



FVB-Geschäftsführerin  
Dr. Manuela Urban

Fragen Stellung bezogen und auch ein gemeinsames Positionspapier zu den Perspektiven des FVB erarbeitet. Das gemeinsame Auftreten erhöht die Sichtbarkeit jedes einzelnen Instituts.

*Was bietet der FVB den Wissenschaftlern, was ein einzelnes Institut nicht so könnte?*

Dass sich Vorteile ergeben, ist kein Selbstläufer, sondern muss immer wieder neu gelebt werden. Wir haben sehr verschiedene Institute mit individueller Kultur und fachlicher Ausrichtung. Insofern müssen wir ständig miteinander aushandeln, wo es sinnvoll ist, gemeinsam voranzugehen, und wo wir auf Besonderheiten Rücksicht nehmen müssen. Mit mehr als 1.900 Mitarbeiterinnen und Mitar-

beitern gehören wir zu den größten außeruniversitären Forschungseinrichtungen in Berlin. Als solches werden wir auch politisch stärker wahrgenommen. Es ist zunächst das Verdienst jedes Instituts für sich, dass unsere acht zu den besten innerhalb der Leibniz-Gemeinschaft gehören. Aber durch den Austausch untereinander auf allen Ebenen, vom Vorstand bis zu den Doktorandinnen und Doktoranden, gewinnt jedes unserer Institute hinzu und kann von den Erfahrungen der jeweils anderen profitieren. Von unseren Beiräten und Gutachtern bekommen wir bestätigt, dass die Institute wissenschaftlich und administrativ exzellent geführt werden.

*Können Sie Beispiele nennen, wo es sich für die Institute auszahlt, zu einem größeren Verband zu gehören?*

Im vergangenen Jahr hat der Vorstand ein Führungskräfteprogramm für Abteilungs- und Forschungsgruppen-

leiter gestartet, das wir in-house selbst entwickelt haben. Der erste Jahrgang mit acht Personen hat dieses soeben absolviert und mit sehr gut bewertet. Für Doktorandinnen und Doktoranden werden institutsübergreifend Workshops u.a. zum Thema Karriereentwicklung angeboten. Im administrativen Bereich zeigen sich die Vorteile schon auf Sachbearbeiterebene: Ein Beispiel ist das Management von Drittmitteln sowie die Unterstützung von Ausgründungen. Bei der enormen Bandbreite an wissenschaftlichen Fragestellungen – von der Wildtierforschung bis hin zur Quantenphysik – betreuen wir bei den Drittmitteln so ziemlich alles, was dieser Bereich zu bieten hat. Da gibt es Einwerbung von EU-Projekten, ERC Grants, BMBF- und DFG-Mittel, Erträge aus Software-Lizenzen, Patentverwertung, Ausgründungen – hier verfügen wir über eine Expertise, wie sie es ein kleines Institut in dieser fachlichen Breite einfach nicht haben kann. Nicht zuletzt ist der FVB mit einer im Verbund organisierten Verwaltung auch außerordentlich effizient: So beträgt der Anteil der Verwaltungsausgaben einschließlich zentraler IT-Aufgaben an den Gesamtausgaben lediglich 6 %.

*Die 25-Jahr-Feier im kommenden Jahr ist sicher ein guter Anlass, in die Zukunft zu blicken. Was haben Sie sich vorgenommen?*

Wir haben mit etlichen Projekten, die uns die kommenden fünf bis sieben Jahre beschäftigen werden, gut Fahrt aufgenommen. Wichtigstes Projekt ist die Gebäudesanierung und eine im besten Sinne nachhaltige Lebenszyklusplanung und Bewirtschaftung unserer Gebäude und technischen wie auch wissenschaftlichen Infrastruktur. Viele Bauten und Geräte sind in die Jahre gekommen, wir müssen die Investitionen, die in die Forschungsinfrastruktur getätigt wurden, langfristig sichern. Das ist ein Problem, das der gesamte öffentliche Bereich hat. Wir müssen aufpassen, dass wir nicht die Substanz auszehren. Unsere Institute betreiben Cutting-edge-Forschung, dafür müssen sie auch entsprechend ausgestattet sein, sonst können sie im internationalen Wettbewerb nicht bestehen.

*Sie haben sich effiziente Organisation und exzellenten Service auf die Fahnen geschrieben. Wie sieht das konkret für die Verwaltung aus?*

Es war mustergültig, was hier vor der Zeit der Digitalisierung an Serviceleistungen für die Institute aufgebaut worden ist. Jetzt müssen wir dies mit den heutigen technischen Möglichkeiten neu denken. Ein Beispiel ist der Be-

schaffungsprozess, der wegen des öffentlichen Vergabe-rechts besonders komplizierte Abläufe hat, die wir künftig elektronisch unterstützen möchten. Die Neuordnung und die digitale Unterstützung der Verwaltungsprozesse werden wir Schritt für Schritt für alle Bereiche umsetzen. Oder nehmen Sie die elektronische Rechnungsbearbeitung, die wir ebenfalls gerade einführen: Das Kopieren und Umherschauen von Bergen von Papier zwischen allen Beteiligten, in die Ablagen und bei jeder Prüfung wieder zurück entfällt dadurch. Dadurch bekommen die Mitarbeiter den Kopf frei für wichtigere Aufgaben als das ständige Suchen nach Belegen.

*Der Forschungsverbund hat die Belange der Familie und die Förderung von Frauen im Blick. Gibt es weitere Pläne?*

In den Naturwissenschaften ist es nach wie vor eine besondere Herausforderung, den Frauenanteil anzuhoben. Das ist ein Stück Kulturentwicklung, die an allen Stellen erfolgen und vor allem von den Führungskräften vorgelebt werden muss. Es gibt noch viel zu wenige Frauen in Führungspositionen, das ist ein langwieriger Prozess. Frauen müssen weiterhin frühzeitig gefördert und vor allem ermuntert werden, diesen Weg einzuschlagen. Das Thema Familie wiederum geht nicht nur die Frauen an, sondern auch die Männer. Wenn diese bereit sind, ihren Teil der Familienarbeit beizutragen, ist dies die beste Frauenförderung. Immer wichtiger wird zudem auch die Pflege von Angehörigen. Diversity, also soziale Vielfalt, bedeutet auch, dass bei uns Menschen mit unterschiedlichen Lebensentwürfen, Erfahrungen und kulturellen Hintergründen arbeiten. Deren Stärken möchten wir nicht nur für die Arbeit sinnvoll nutzen, sondern auch wertschätzen. Auch dies ist notwendig, um eine Kultur der Begeisterung wachzuhalten – das gilt für Wissenschaft und Verwaltung gleichermaßen.

*Jubiläen sind Haltepfiler im Strom der Ereignisse. Gibt es etwas, wofür Sie das kommende Jahr besonders nutzen möchten?*

Wir planen einen offiziellen Festakt, eine große Party für Freunde, Förderer sowie Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter und, über das Jahr verteilt, unsere wissenschaftliche Arbeit an verschiedenen Stellen Berlins auf neue Art in die Öffentlichkeit zu bringen. Die 25-Jahr-Feier bietet einen guten Anlass, auf die großartige Entwicklung der im Forschungsverbund vereinten Institute zu blicken und allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, auf ihren Beitrag stolz zu sein.

GESINE WIEMER

# Das Material der Zukunft – Made in Berlin

Smartphones, schnelles Internet, Medizintechnik – sie alle basieren auf modernen Halbleitern. Doch die Entwicklung der Halbleitertechnologie stößt an ihre physikalischen Grenzen. Im WissenschaftsCampus GraFOx der Leibniz-Gemeinschaft untersuchen Physiker Oxide, die einzigartige, bisher ungenutzte Eigenschaften besitzen.

**A**ufsehenerregende Forschungsergebnisse der letzten Jahre haben gezeigt, dass sich auf der Basis von Oxiden völlig neuartige Bauelemente für die Elektronik realisieren lassen. Diese Anwendungen reichen von Transistoren für die Leistungselektronik über Elektroden für die photoelektrochemische Wasserstoffherzeugung bis zu nichtflüchtigen Speichern, die in neuartigen Computerarchitekturen genutzt werden können. Möglich werden diese vielfältigen Anwendungen durch eine Kombination von halbleitenden, ferromagnetischen, ferroelektrischen und supraleitenden Eigenschaften, die es in sonst keinem Materialsystem gibt. Allerdings sind viele grundlegende Eigenschaften dieser Materialklasse bisher nicht gut untersucht. Das liegt auch daran, dass diese Materialien bislang nicht in ausreichender Qualität hergestellt werden konnten. Der vor kurzem



bewilligte Leibniz WissenschaftsCampus „Growth and Fundamentals of Oxides for electronic applications“ (GraFOx) adressiert daher sowohl die Herstellung hochperfekter Oxidschichten als auch fundamentale Untersuchungen zu deren physikalischen Eigenschaften. Beide Themen werden nicht nur experimentell sondern auch in grundlegenden theoretischen Materialsimulationen untersucht.

Dr. Martin Albrecht vom Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ) betont: „In Berlin haben wir Kompetenzen an einem Ort gebündelt, die in dieser Kombination weltweit einzigartig sind.“ So sei das IKZ der internationale Experte in der Herstellung von Volumenkristallen, die als Substrat dienen. Das Aufbringen von Schichten mithilfe von Epitaxie beherrschen das PDI sowie das IKZ. Das PDI kann zudem das Wachstum mithilfe von Röntgenbeugung am Speicherring BESSY II quasi live beobachten. Physiker des Fritz-Haber-Instituts sowie der Humboldt-Universität und der Technischen Universität Berlin übernehmen die theoretische Modellierung, die ein vertieftes Verständnis der Materialeigenschaften ermöglichen und verfügen über einzigartige Untersuchungsmethoden. Auch assoziierte Partner im Berliner Umfeld werden mit ihrer Expertise eingebunden. Dazu gehört das Ferdinand-Braun-Institut (FBH) als Spezialist in der Entwicklung von Bauelementen, um die Leistungsmöglichkeiten neuer Technologien für die Industrie veranschaulichen zu können.

In einem WissenschaftsCampus fördert die Leibniz-Gemeinschaft eine thematisch fokussierte regionale Kooperation von Leibniz-Einrichtungen, Hochschulen und weiteren Partnern. So wird die Forschung vor Ort gestärkt, die räumliche Nähe ermöglicht eine besonders enge Zusammenarbeit. Es wird bei GraFOx 15 Teilprojekte geben, zu denen jeweils ein Doktorand eingestellt wird. „So entsteht auch eine kleine Graduate School, da die Arbeiten alle aufeinander abgestimmt sind“, erläutert Henning Riechert. Der Start von GraFOx ist am 1. Juli 2016, zunächst sind vier Jahre bewilligt mit einer Option auf eine Verlängerung um weitere vier Jahre.



*Wir betreten mit  
unserem Forschungsvorhaben  
Neuland.«*

„Wir betreten mit unserem Forschungsvorhaben Neuland“, zeigt sich Prof. Henning Riechert, Direktor des Paul-Drude-Instituts für Festkörperelektronik (PDI), begeistert. „Aufbruchsstimmung liegt in der Luft.“ Er sieht die Parallelen zur Entwicklung der Nitride in den 1970er Jahren. „Aus den Erfahrungen von damals können wir heute profitieren“, betont Riechert. Damals sah man die Möglichkeiten der Nitride, die in der großen Bandlücke lagen. Den Physikern war bereits klar, dass man damit blaue Leuchtdioden herstellen könnte, aber die Materialqualität war völlig unzureichend. Deshalb setzt GraFOx auf ein grundle-

GESINE WIEMER

# Michael Hintermüller leitet das Weierstraß-Institut

Das Weierstraß-Institut für Angewandte Analysis und Stochastik (WIAS) hat einen neuen Direktor: Prof. Dr. Michael Hintermüller leitet das Institut seit Januar 2016. Der Mathematiker freut sich über seine neue Aufgaben am WIAS: „Das WIAS ist ein Leuchtturm der Mathematik mit weltweitem Ansehen. Ich freue mich über diese Gelegenheit, in ein exzellentes Institut einsteigen zu können.“

**S**tudiert und promoviert hat Michael Hintermüller Technische Mathematik in Linz an der Donau (Österreich). Als Postdoc ging er ins österreichische Graz. Dort wurde er auch zunächst Assistenzprofessor und dann außerordentlicher Professor. Als Visiting Professor verbrachte er einige Jahre in Houston (Texas/USA). Zurück in Österreich erhielt er 2005 den START-Preis, den höchstdotierten und anerkanntesten Wissenschaftspreis Österreichs für Nachwuchsforscher. „Die 1,2 Millionen Euro Fördergeld haben es mir erlaubt, sehr frei eine Gruppe aufzubauen. Es wurde ein



Prof. Dr. Michael Hintermüller.

sehr internationales Team mit Doktorandinnen und Doktoranden und Postdocs aus Argentinien, Frankreich, Marokko, China, Mexiko und Korea – und ein paar Österreicher waren natürlich auch dabei“, schmunzelt Hintermüller. „Das hat unheimlich viel Spaß gemacht.“ Durch den Preis übernahm Hintermüller schlagartig Verantwortung für viele junge Wissenschaftler. Nun galt es, nicht nur die eigene Forschung voranzutreiben, sondern sich auch mit Managementaufgaben auseinanderzusetzen: Arbeitspläne abstimmen, Budgets verteilen, Personalwechsel organisieren.

Das Forschungsthema lautete „Interfaces and free Boundaries“. Es geht dabei um Prozesse, bei denen Ränder und Grenzprozesse eine Rolle spielen, wie zum Beispiel in der mathematischen Bildverarbeitung. Dabei sollen automatisch Strukturen erkannt werden, etwa in der Medizintechnik, wo man verdächtige Gewebestrukturen identifizieren möchte. Ziel kann es dabei sein, bei Tumoren die Größe abzuschätzen oder Entwicklungen über die Zeit zu verfolgen. Eine weitere Anwendung sind Grenzprozesse in der Materialwissenschaft: Fährt ein Auto auf der Straße, drücken die Reifen auf den Asphalt. Es kommt zum Kontakt des festen Objekts, der Fahrbahn, mit dem elastischen Objekt, dem Reifen. Es gibt eine Kontaktzone und einen Bereich, in dem sie nicht in Kontakt sind. Beim mathematischen Modell muss man u.a. darauf achten, dass sich diese Materialien nicht analytisch durchdringen, was ja faktisch nicht möglich ist. Auch in der Finanzmathematik gibt es Ränder, die mathematisch analysiert werden können, wie

etwa den Rand des Bereiches, in dem man Optionen ausüben sollte oder nicht.

Nach einer Zeit als Professor in Sussex (England) kam der Österreicher 2008 als Matheon-Forschungsprofessor an die Humboldt-Universität zu Berlin. Er erinnert sich: „Berlin war für mich ein reichhaltiges Umfeld. Im europäischen Vergleich gibt es hier eine sehr sichtbare und aktive Umgebung, in der man gut miteinander kooperiert.“ Man könne sich mit Experten aller Richtungen zu verschiedenen Projektanträgen sehr schlagkräftig aufstellen. Dabei sei die

Flexibilität über Universitäten und außeruniversitäre Institute hinweg besonders ausgeprägt.

In Berlin hat sich Hintermüller mit Prozessen an fluiden Grenzflächen beschäftigt. Dabei geht es z.B. darum, wie sich Fluide verschiedener Dichten verhalten, wie sich Entmischungsvorgänge steuern lassen oder wie durchströmte Geometrien bestmöglich gestaltet werden. Für diese Fragen interessiert sich beispielsweise ein Autohersteller, der Strömungskanäle in Dieselmotoren optimieren will. Das Ziel ist eine maximale Leistung bei minimalem Druckverlust durch die Strömung. Die mathematische Aufgabe ist es dabei, ein geometrisches Objekt bei vorgegebenen Einström- und Ausströmbedingungen an die vorgegebene geometrische Umgebung im Motor optimal anzupassen.

Auch als Direktor des WIAS wird Michael Hintermüller nicht auf eine eigene Forschungsgruppe verzichten. Er wird die Gruppe „Nichtglatte Variationsmethoden und Operatorgleichungen“ leiten, die am Institut neu eingerichtet wird. Im Frühjahr 2016 wird ein neues, von ihm koordiniertes DFG-Schwerpunktprogramm mit dem Titel „Nichtglatte und komplementaritätsbasierte verteilte Parametersysteme: Simulation und hierarchische Optimierung“ die Arbeit aufnehmen. Er betont: „Ich bin mit Herz und Seele Wissenschaftler und arbeite gern mit jungen Leuten in einem internationalen Team. Gleichzeitig kommen andere reizvolle Aufgaben in der Institutsleitung auf mich zu, bei denen sich mit langfristiger Forschungsplanung viel Gestaltungsspielraum bietet.“

## FVB

## Medien-Workshop für junge Wissenschaftler

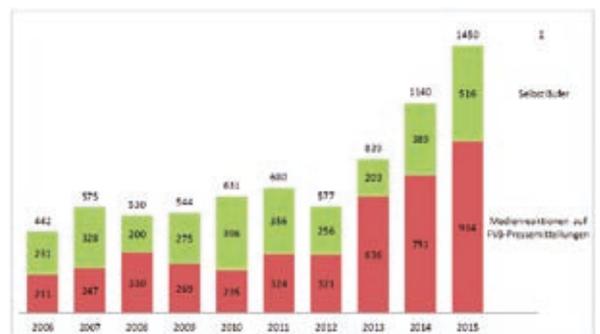


„Kleine journalistische Tricks, die sich auszahlen“ – die nahmen die Teilnehmerinnen und Teilnehmer des zweiten Medien-Workshops des FVB mit in ihre Institute. Denn der Wettbewerb auf dem Medienmarkt wird immer härter. Die Qualitätszeitungen beklagen seit rund 25 Jahren einen dramatischen Auflagenverlust. Ursachen sind veränderte Mediennutzungen, wobei das Internet als Informationsträger immer wichtiger wird. Gesine Wiemer und Karl-Heinz Karisch, die Pressereferenten des FVB, zeigten den jungen Wissenschaftlern, dass Klappern durchaus zum guten wissenschaftlichen Handwerk dazugehört. Die exzellente Arbeit der acht FVB-Institute wird von den jeweiligen Pressestellen gemeinsam möglichst verständlich aufbereitet. Mit ständig wachsendem Erfolg, wie die Abdruckstatistik ausweist.

Denn Wissenschaft im stillen Labor und für die Fachgemeinde wird immer seltener. „In Zeiten knapper Kassen wetteifern viele Gruppen um die Forschungsgelder“, sagte Karisch. „Unsere Wissenschaftler liefern internationale Spitzenergebnisse, das wollen wir möglichst breit kommunizieren.“ Politik, Geldgeber aber auch die Öffentlichkeit hätten ein Recht darauf, zu erfahren, dass mit dem

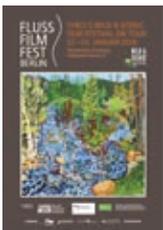
eingesetzten Geld grundlegende Erkenntnisse gewonnen werden. „Deshalb unser Appell an Sie und Ihre Kollegen in den Instituten“, sagte Gesine Wiemer, „melden Sie sich bitte mit Ihren Forschungsergebnissen nicht erst dann in der Pressestelle, wenn die DFG-Förderung ausläuft.“

Wiemer und Karisch stellten die wichtigsten journalistischen Formen für Wissenschaftler vor – Nachricht, Bericht, Feature, Reportage und Infokasten. An Beispielen zeigen sie, warum kurze und aktive Formulierungen den Leser besser erreichen. Aus all der journalistischen Theorie ging's dann in die Praxis. Die Teilnehmer hatten Texte für mögliche Pressemitteilungen mitgebracht. Gemeinsam wurde an den Schreibversuchen kreativ herumgebastelt. Eine echte Nuss war etwa mit diesem Thema zu knacken: „Erzeugung optischer Pikosekunden-Pulse mittels monolithisch passiv colliding-pulse moden-gekoppelten Halbleiterlasern mit geschirpten Quantengraben-Strukturen zur Anwendung in einem kompakten Time-Domain THz-Spektroskopiesystem.“ Daraus wurde schließlich die griffige Überschrift „Mobiles Spektroskopiesystem im Hosentaschen-Format“. Und auch für diese Meldung fanden die Teilnehmer eine bessere Lösung. Aus „Wie Körpergröße und Nahrung die Partnerwahl bei Nashörnern beeinflussen“ wurde „Auch beim Nashorn geht die Liebe durch den Magen“.



## IGB

## Großes Kino für wilde Flüsse



Das erste „Flussfilmfest Berlin“ fand im Januar statt. Über 30 Filme zeigten wilde Ströme, entlegene Gegenden und ganz besondere Menschen, die sich für den Erhalt dieser faszinierenden Lebensräume einsetzen. Einführungen und Diskussionsrunden thematisierten nicht nur die Schönheit frei fließender Flüsse, sondern lenkten den Blick auch auf die fortschreitende Zerstörung durch Staudämme, Verschmutzung oder Übernutzung. Impulse setzte zum Auftaktabend Prof. Dr. Klement Tockner: „Wir müssen die letzten Wildflüsse erhalten – nicht nur für zukünftige Generationen, sondern auch als Referenzsysteme für Renaturierungen“, sagte er. Zugleich warnte er vor dem rasanten Rückgang der biologischen Vielfalt. „Diese Vielfalt des Lebens umfasst die akkumulierte Information von mehreren

Milliarden Jahren Evolution“, so Tockner. Mit dem Verschwinden jeder Art und jeder Population gingen uns diese einzigartigen Informationen unwiederbringlich verloren. In einer FlussForscherMatinee diskutierten am Samstagvormittag IGB-Wissenschaftler mit dem Publikum über Nutzungskonflikte, Renaturierung und Wiederansiedlung. Organisiert wurde das Flussfilmfest von der GRÜNEN LIGA als Teil des aus Nordamerika stammenden „Wild & Scenic Film Festivals“.



ANGELINA TITTMANN UND SIMONE LANGHANS

# Fließgewässer effizienter renaturieren

Fließgewässer gehören zu den am stärksten gefährdeten Ökosystemen der Welt. Der wachsende Nutzungsdruck bedroht nicht nur die Artenvielfalt, sondern wird auch für den Menschen zum Problem: Trinkwassergewinnung, Hochwasserschutz oder Nährstoffrückhalt sind vielerorts eingeschränkt.

**D**urch Renaturierungen soll sich der Zustand der Fließgewässer verbessern – zum Wohl von Mensch und Natur. Doch die eingesetzten Maßnahmen müssen nicht nur Umweltziele erreichen, sondern sollten auch kosteneffizient sein. „Meist werden Renaturierungen nicht für den ganzen Fluss oder sein Einzugsgebiet geplant, sondern nur lokal und ad hoc, das heißt zum Beispiel an Stellen, an denen gerade Ufergebiet verfügbar ist“, erklärt Dr. Simone Langhans vom Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB). Das Verhältnis von ökologischem Gewinn und Kosteneffizienz würde dabei oft außer Acht gelassen. „Eine systematische Planung kann helfen, diese Aspekte miteinander zu verknüpfen und zu optimieren“, ist sich Langhans sicher.

In einem Beispielprojekt an Havel und Spree berechnete sie einen solchen kosteneffizienten Renaturierungsplan mit Hilfe der Software Marxan. Die von der University of Queensland entwickelte Software nutzt einen mathematischen Algorithmus, um Stellen auszuwählen, an denen die

ökologischen Ziele (z.B. die Wiederherstellung von Laichplätzen) mit dem geringsten finanziellen Aufwand erreicht werden können. Die Anwendung bei Fließgewässer-Renaturierungen ist gänzlich neu. Damit die Pläne später umgesetzt werden, wurden die Stellen für die Berechnungen im Vorfeld gemeinsam mit lokalen Experten identifiziert. Die von Langhans entwickelte Methode könnte auch bei anderen Fließgewässern helfen, Renaturierungen optimal zu planen.



Dr. Simone Langhans ist die Erste, die die Software Marxan für die Optimierung von Fließgewässer-Renaturierungen nutzt.

Infos zu diesem Projekt gibt es auch musikalisch: Knuts Koffer und Simone Langhans haben die Flussrenaturierungsplanung an Spree und Havel gemeinsam vertont unter [https://youtu.be/6MjkQOao\\_dw](https://youtu.be/6MjkQOao_dw)

## FMP

### Berliner Chemie-Asse auf dem Weg nach Rostock

Die Landesrunde der Chemie-Olympiade „Chemie – die stimmt!“ wurde Anfang März im Gläsernen Labor am Campus Berlin Buch ausgetragen. An dem Wettbewerb nehmen jährlich mehr als 2.500 Schüler der 8., 9. und 10. Klassen in mittlerweile 12 Bundesländern teil.

Besonders erfolgreich schnitten die Schüler des Heinrich-Hertz-Gymnasiums ab. Sie konnten 6 von 12 begehrten Treppchenplätzen ergattern. Zudem gab es mit Börries von Seggern von der Katholischen Schule Liebfrauen auch einen Überraschungssieger. Mit dieser herausragenden Leistung setzte er sich nicht nur gegen die harte Konkurrenz des Heinrich-Hertz- und des Käthe-Kollwitz-Gymnasiums durch. Auch wurde Börries durch Prof. Dorothea Fiedler, Direktorin am Leibniz-Institute für Molekulare Pharmakologie, ein Ticket zur viertägigen Finalrunde in Rostock im Juni 2016 überreicht. Dort wird er den Chemie-Asse aus Bremen, Brandenburg, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen und Schleswig-Holstein begegnen.



Die Chemie-Cracks der Berliner Schulen vor dem FMP.

Die vollständige Siegerliste finden Sie auf der Wettbewerbshomepage: [www.chemie-die-stimmt.de](http://www.chemie-die-stimmt.de)

# Personen

## IGB

### Von der Spree an die Donau – Klement Tockner neuer FWF-Präsident



**Prof. Klement Tockner**, Direktor des Leibniz-Instituts für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB) in Berlin, ist zum neuen Präsidenten des österreichischen Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (FWF) gewählt worden. Der FWF ist Österreichs zentrale Einrichtung zur Förderung der Grundla-

genforschung, ähnlich der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG). Auf Klement Tockner wartet eine verantwortungsvolle Aufgabe und eine große Herausforderung, gilt der FWF doch als chronisch unterfinanziert. Matthias Kleiner, Präsident der Leibniz-Gemeinschaft, gratulierte Klement Tockner zur Präsidentschaft: „Mit seiner exzellenten wissenschaftlichen Expertise und seiner langjährigen Erfahrung im wissenschaftspolitischen Kontext ist Klement Tockner bestens gerüstet für diese Herausforderung. Als engagierten Kollegen und hervorragenden Leiter eines unserer herausragenden Leibniz-Institute werden wir ihn in Berlin sehr vermissen, wünschen ihm gleichwohl viel Freude,

Erfolg und eine glückliche Hand bei der Bewältigung seiner neuen Aufgaben.“ Klement Tockner hat mehr als acht Jahre lang das IGB geleitet, international ausgerichtet und nachhaltig geprägt. Das Institut ist heute eine der weltweit führenden Forschungseinrichtungen im Bereich der Gewässerforschung, welche sich dem Schutz und der Nutzung der Binnengewässer widmet.

## MBI

### Preis für bahnbrechende Forschung zur Schwingungsdynamik

**Prof. Thomas Elsässer**, Direktor am Max-Born-Institut und Professor für Ex-

Foto: Leopoldina/Markus Scholz

## Aus der Leibniz-Gemeinschaft

### Neues Layout: leibniz

Zum Leibniz-Jahr 2016 hat die Leibniz-Gemeinschaft ihr Magazin neu gestaltet. In seiner ersten Ausgabe widmet sich *leibniz* dem Schwerpunkt „Gemeinschaft“. Das Thema ist in unserer Welt der Individualisten aktueller denn je. Menschen suchen in allen Bereichen des Lebens danach. In urbanen Gärten ernten sie nicht nur Obst und Gemüse, sondern auch ein Stück Miteinander. In Repair-cafés kommen Bastler zusammen, um ausrangierte Dinge funktionsfähig zu machen und sich darüber auszutauschen, wie sie leben wollen. Einer von ihnen ist Wolfgang M. Heckl, Generaldirektor des Deutschen Museums, einem der acht Forschungsmuseen der Leibniz-Gemeinschaft. Anlass für den Relaunch des Magazins ist das Themenjahr „die beste der möglichen Welten“, mit dem die Leibniz-Gemeinschaft das Leibniz-Jahr 2016 (370. Geburtstag und 300. Todestag von Gottfried Wilhelm Leibniz) begeht.

### Stärkung der geisteswissenschaftlichen Kompetenz

Der Wissenschaftsrat hat sich für die Aufnahme von fünf geistes- und sozialwissenschaftlichen Instituten in die Leibniz-Gemeinschaft und für die strategische Erweiterung von GESIS – Leibniz-Institut für Sozialforschung um eine integrierte Erhebungs- und Dateninfrastruktur ausgesprochen. Der Anstoß zu den sechs Begutachtungsverfahren ging von der Gemeinsamen Wissenschaftskonferenz von Bund und Ländern (GWK) aus. Unter den Aufnahmekandidaten sind auch das Zentrum für Allgemeine Sprachwissenschaft (ZAS) in Berlin und das Zentrum Moderner Orient (ZMO) in Berlin.



### Globales Zentrum der Dinomuseen

Berlin ist um zwei Publikumsmagneten reicher. Mit Tristan Otto (kurz Tristan) ist eines der weltweit am besten erhaltenen Exemplare des *Tyrannosaurus rex* in einer eigenen Ausstellung für jeden zugänglich. Der Superdino gilt unter internationalen Experten als einzigartiger Fund. Am Museum für Naturkunde, Leibniz-Institut für Evolutions- und Biodiversitätsforschung, wird das Skelett die kommenden Jahre durch ein eigenes Forscher-Team analysiert. Mit der Sonderausstellung Spinosaurus zeigt das Museum außerdem das weltweit erste nach wissenschaftlichen Erkenntnissen erstellte Skelettmodell des gigantischen, ca. 100 Millionen Jahre alten Raubsauriers aus der Kreidezeit.

Foto: Cornelia Radtke/MfN





perimentalphysik an der Humboldt Universität zu Berlin, erhält den Ellis R. Lippincott Award 2016 in Anerkennung

seiner „bahnbrechenden Beiträge zum Verständnis kohärenter und inkohärenter Schwingungsdynamik von Wasserstoffbrücken in Flüssigkeiten und Biomoleküle“. Damit werden seine Pionierarbeiten zur Aufklärung molekularer Prozesse und Wechselwirkungen in Wasser, Säuredimeren, Nukleinbasenpaaren und Biomolekülen in wässriger Umgebung, etwa DNA und Phospholipiden gewürdigt. Diese Untersuchungen beruhen auf Methoden der nichtlinearen Infrarotspektroskopie im Piko- und Femtosekundenzeitbereich.

Der international angesehene Ellis R. Lippincott Award wird seit 1975 gemeinsam von der Optical Society of America, der Coblenz Society und der Society for Applied Spectroscopy an Forscher vergeben, die bedeutende Beiträge zur Schwingungsspektroskopie geleistet und gleichzeitig methodische Innovationen demonstriert haben.

## FMP

### Zwei FMP-Doktorarbeiten ausgezeichnet

Die Chemikerin

**Dr. Nicole Nischan**

erhielt für ihre Doktorarbeit den Klaus-Grohe-Preis.

Den mit 2.000 Euro dotierten Preis

erhielt sie für ihre Arbeiten zur ortsspezifischen Modifikation von Peptiden und Proteinen, um funktionale Biomoleküle



herzustellen und zu evaluieren. Seit dem vergangenen Jahr forscht sie an der University of Texas Southwestern Medical Center in Dallas.



Der Max-Bergmann-Kreis verleiht **Dr. Jordi Bertrand-Vicente** den Friedrich-Weygand-Preis 2016 für seine

exzellente Doktorarbeit. Der Max-Bergmann-Kreis e.V. zur Förderung peptidchemischer Arbeiten (MBK) fokussiert sich auf die Förderung der Forschung von Peptiden und verwandten Gebieten, insbesondere biologisch bedeutenden Proteinen und kleinen, biologisch aktiven Pharmamolekülen.

## IGB

### Alina Hain neue Verwaltungsleiterin am IGB



Seit dem 1. April ist **Alina Hain** neue Verwaltungsleiterin am IGB. Die studierte Juristin befasste sich bisher mit

Wissens- und Technologietransfer, Unternehmensgründungen aus Wissenschaft und Forschung, mit Programmen zum Erhalt des Naturerbes und der Biodiversität sowie dem Auf- und Ausbau internationaler Beziehungen, insbesondere zwischen Deutschland und Polen. Sie war zuletzt am Ministerium der Justiz und für Europa und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg tätig. In den vergangenen Jahren organisierte die gebürtige Polin u.a. Wirtschaftsgespräche im Rahmen der Global Entrepreneurship Week, fungierte als Jurorin im Business-

plan-Wettbewerb Berlin-Brandenburg und begleitete die brandenburgisch-polnischen Verhandlungen zur Ausgestaltung der INTERREG-Zusammenarbeit. Seit Juni 2015 hatte Marlis Lange, Personalleiterin am IGB, die kommissarische Verwaltungsleitung inne.

### Robert Arlinghaus mit dem CULTURA-Preis 2016 ausgezeichnet

Woran denken Sie, wenn Sie ans Angeln denken? Vielleicht an einen stillen See, verschrobene Eigenbrötler in Gummistiefeln, Forelle Müllerin-Art oder liegengelassene



Wurmdosen? **Prof. Robert Arlinghaus** (HU Berlin und IGB) und sein Team sehen das ganz wissenschaftlich. Hinter dem Fischfang mit der Angel verbergen sich dynamische Mensch-Umwelt-Wechselbeziehungen, die es nachhaltig zu entwickeln gilt. Für seine disziplinübergreifende Forschungsarbeit erhält der „Angelprofessor“ den CULTURA-Preis 2016. Der Preis ist mit 25.000 Euro dotiert. Robert Arlinghaus beschäftigt sich seit mehr als fünfzehn Jahren mit den sozialen, ökonomischen und ökologischen Dimensionen der Hobbyangelei. In seinem Buch „Der unterschätzte Angler“ belegt er die überragende wirtschaftliche und soziale Bedeutung der Angelfischerei in Deutschland. Volkswirtschaftlich hängen hierzulande vom Hobbyangeln mehr Arbeitsplätze ab als von der gesamten sonstigen Fischwirtschaft. Die meisten Seen und Flüsse werden von Anglern genutzt und gehegt, und auch an der Küste nimmt die Zahl der Hobbyfischer stetig zu.

**Zum Titelbild:** Eine Industriegasturbine treibt einen Generator an und liefert Strom. Die Software für den optimalen Betrieb stammt vom WIAS. Das ist ein Schritt in Richtung umweltfreundlicher Energie.

## Impressum

verbundjournal wird herausgegeben vom Forschungsverbund Berlin e. V. Rudower Chaussee 17 · D-12489 Berlin Tel.: (030) 6392-3337 Fax: (030) 6392-3333

Vorstandssprecher: Prof. Dr. Marc Vrakking  
Geschäftsführerin: Dr. Manuela B. Urban (V.i.S.d.P.)  
Redaktion: Gesine Wiemer, Karl-Heinz Karisch

Titelbild: General Electric-Alstom  
Layout: unicom Werbeagentur GmbH

Druck: Druckerei Arnold  
Am Wall 15 · 14979 Großbeeren  
„Verbundjournal“ erscheint vierteljährlich und ist kostenlos. Nachdruck mit Quellenangabe gestattet. Belegexemplar erbeten.  
Redaktionsschluss dieser Ausgabe: 15. Mai 2016



Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik · Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei · Leibniz-Institut für Kristallzüchtung · Leibniz-Institut für Molekulare Pharmakologie · Leibniz-Institut für Zoo- und Wildtierforschung · Max-Born-Institut für Nichtlineare Optik und Kurzzeitspektroskopie · Paul-Drude-Institut für Festkörperelektronik, Leibniz-Institut im Forschungsverbund Berlin e.V. · Weierstraß-Institut für Angewandte Analysis und Stochastik, Leibniz-Institut im Forschungsverbund Berlin e.V.



Photoni-  
sche Kristallfa-  
sern haben die nichtlineare  
Optik revolutioniert. Unser elektro-  
nenmikroskopisches Bild aus dem Max-  
Born-Institut zeigt den Schnitt durch eine  
solche Hohlkernfaser, deren Nanostruktur  
„Kagome“ heißt – nach dem japanischen  
Wort für Korbgeflecht. Durch die feinen Luft-  
kanäle, in denen sich auch zu untersuchende  
Gase oder Flüssigkeiten befinden können,  
werden Laserimpulse geschickt. Dabei  
wechselwirken Licht und Gasatome, durch  
verschiedene Effekte wird ein Laserimpuls  
am Ende extrem kurz und intensiv. Die  
MBI-Physiker untersuchen damit das  
Verhalten von Elektronen in Atomen  
und Molekülen oder die  
Dynamik chemischer  
Reaktionen.

30  $\mu\text{m}$