



LASERPHYSIK

ULTRAKURZER WELTREKORD

Nachwuchsphysiker entwickelt den leistungsstärksten Ultrakurzpulsfaserlaser

DIGITALISIERUNG

3D-DATENBANK FÜR ANTIKE KEILSCHRIFTEN

Tontafeln aus dem Zweistromland gehen online

MIKROSKOPIE

EINBLICKE IN DEN MIKROKOSMOS

Fotogalerie zeigt Forschungsbilder, die dem bloßen Auge verborgen bleiben

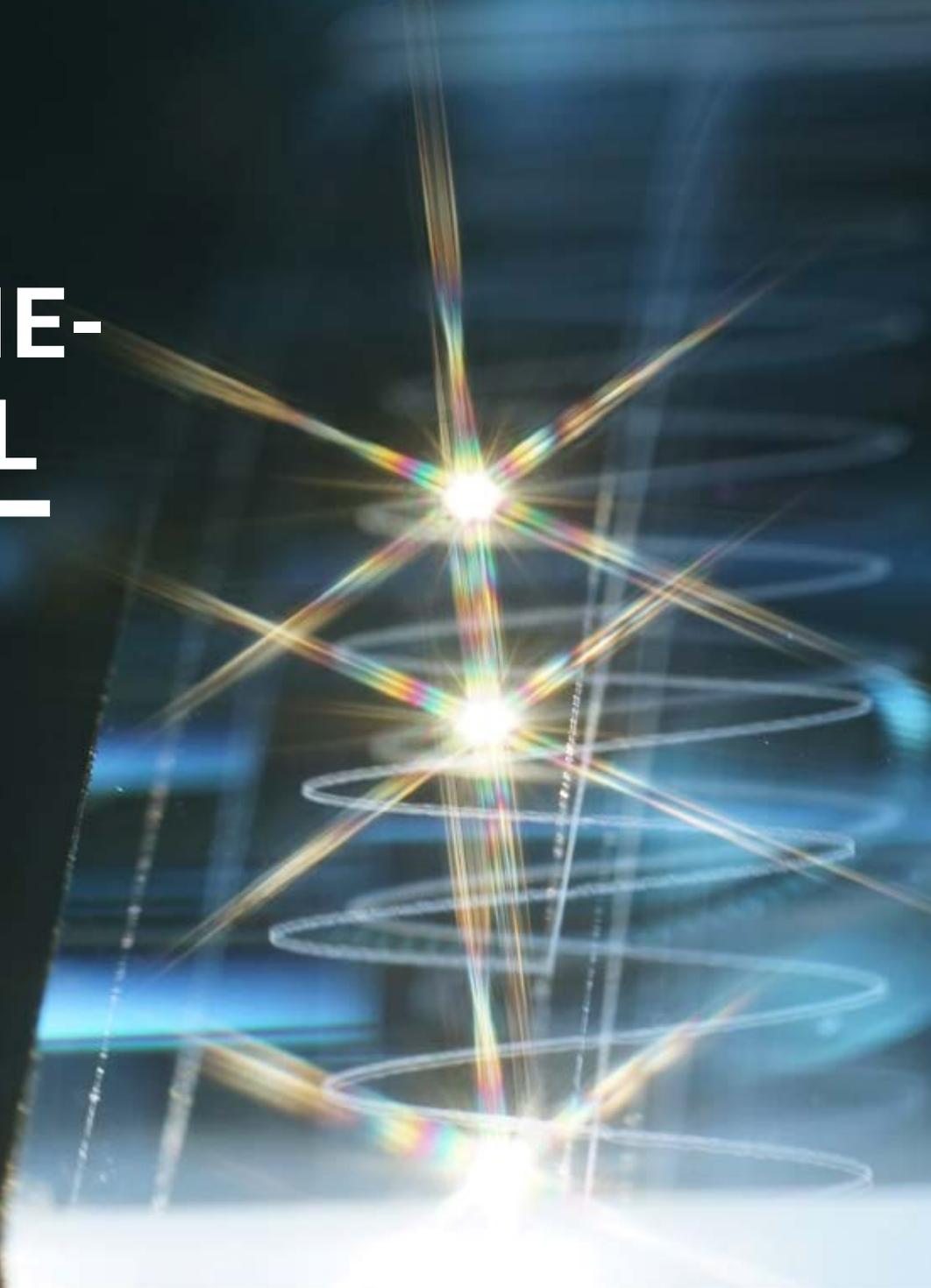


SCHWERPUNKT

ENERGIE- BÜNDEL

Licht ist universelle Energiequelle und hochpräzises Werkzeug. Licht ist superschneller Informationsträger und Lebenselixier.

Licht ist mehr als ein physikalisches Phänomen.



MINT

FESTIVAL JENA

11. – 13.09.2018

DAS WISSENSCHAFTS- FESTIVAL FÜR SCHÜLER

Campus am Ernst-Abbe-Platz, Jena

Mitmach-Experimente, spannende Vorträge, Workshops,
Wettbewerbe, Show & Unterhaltung rund um die MINT-Disziplinen
Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften & Technik

Schülerwettbewerb: »Zuverlässig zufällig« – Entwickelt einen
Zufallsgenerator und gewinnt tolle Preise für eure Schule!

TEILNAHME KOSTENLOS

Weitere Infos:

www.mint.uni-jena.de

FRIEDRICH-SCHILLER-
UNIVERSITÄT
JENA





Prof. Dr. Gerhard G. Paulus
Inhaber des Lehrstuhls für Nichtlineare Optik sowie
Sprecher der Steuerungsgruppe »Light« der Friedrich-
Schiller-Universität Jena

HERAUSGEBER:

Abteilung Hochschulkommunikation/Pressestelle im Auftrag
des Präsidenten der Friedrich-Schiller-Universität Jena

REDAKTION UND GESTALTUNG:

Dr. Ute Schönfelder, Juliane Dölitzsch, Stephan Laudien,
Axel Burchardt (v.i.S.d.P.), Liana Franke, Kai Friedrich,
Monika Paschwitz (Redaktionsassistentin) und Kerstin Apel
(Sekretariat)

GRAFISCHES KONZEPT: Timespin – Digital Communication
GmbH, Sophienstraße 1, 07743 Jena

ANSCHRIFT:

Friedrich-Schiller-Universität Jena
Fürstengraben 1, 07743 Jena
Telefon: 03641 9 - 31040, Telefax: 03641 9 - 31032,
E-Mail: presse@uni-jena.de

GESAMTHERSTELLUNG:

Druckhaus Gera GmbH, Jacob-A.-Morand-Straße 16,
07552 Gera

INTERNET: www.uni-jena.de/lichtgedanken

ISSN: 2510-3849

ERSCHEINUNGSDATUM: Juni 2018

FOTOS: Kasper (1, 3, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 16, 17, 18, 19, 23, 26,
27, 35, 38, 39, 48, 49, 50, 52, 54, 56, 57, 60, 61, 62), Scheere
(4, 5), Zilius (5, 44), Günther (8, 21, 29, 41, 43, 51, 53, 59),
Bernhardt (20), ART-KON-TOR (24), Kammel (25), Görtz (28),
Mugrauer (36, 37), Szabo (46, 60, 61), Brehm (55), Werther
(60), Wondraczek (61).

Nachdruck nur mit Genehmigung gestattet. Für unverlangt
eingesandte Manuskripte, Fotos u. Ä. wird keine Haftung
übernommen. Namentlich gekennzeichnete Artikel müssen
nicht mit den Auffassungen des Herausgebers und der Re-
daktion übereinstimmen. Für den Inhalt sind die Unterzeich-
ner verantwortlich. Zur besseren Lesbarkeit haben wir in den
Texten teilweise nur die männliche Sprachform verwendet.
Mit den gewählten Formulierungen sind Männer und Frauen
gleichmaßen angesprochen.

Motto und Lebensgefühl der Universität

Die Friedrich-Schiller-Universität hat sich mit Light – Life – Liberty ein, in aller Bescheidenheit, geniales Motto gegeben. Es beschreibt nicht nur griffig unsere Traditionslinien, sondern es umreißt und strukturiert unser Lehr- und Forschungsprofil – zumindest so, wie man es aus großer Flughöhe wahrnehmen könnte. Sicher, man kann immer mäkeln. Unsere Geisteswissenschaften unter dem Begriff Liberty zu subsumieren, da hat sicher auch der Stabreim nachgeholfen, und ob sich die Kollegen und Mitarbeiter, die von der Universitätsleitung der Profillinie Life zugeordnet wurden, in dieser Schublade alle wohlfühlen, hat vorsichtshalber noch niemand untersucht.

Sogar bei der Profillinie Light, der diese Ausgabe der LICHTGEDANKEN gewidmet ist, braucht es Kreativität. Licht umschreibt das, was die Optik- und Photonikforschung in Jena heute tun, nur aus einem eher romantisierenden, ich bin versucht zu sagen goetheesken Blick. Noch deutlich mehr Abstraktionsgabe und Kreativität ist erforderlich, wenn man die ebenso traditionsreiche wie leistungsstarke Gravitations- und Quantenfeldtheorie als Optik begreifen will – noch dazu, da wir in diesem Heft lernen, dass sie uns ewige Dunkelheit vorhersagt – in vielen Milliarden Jahren.

Bis dahin werden in Jena noch einige Rekorde auf dem Felde der leistungsstärksten Laser aufgestellt werden. Wobei Rekorde eher sportliche Kategorien sind, etwa so (un)wichtig wie Hirsch- und Impact-Faktoren. Entscheidend sind die Erkenntnisse, die mit neuartigen Lasern gewonnen werden können. Auch dazu hat die aktuelle Ausgabe Einiges zu berichten.

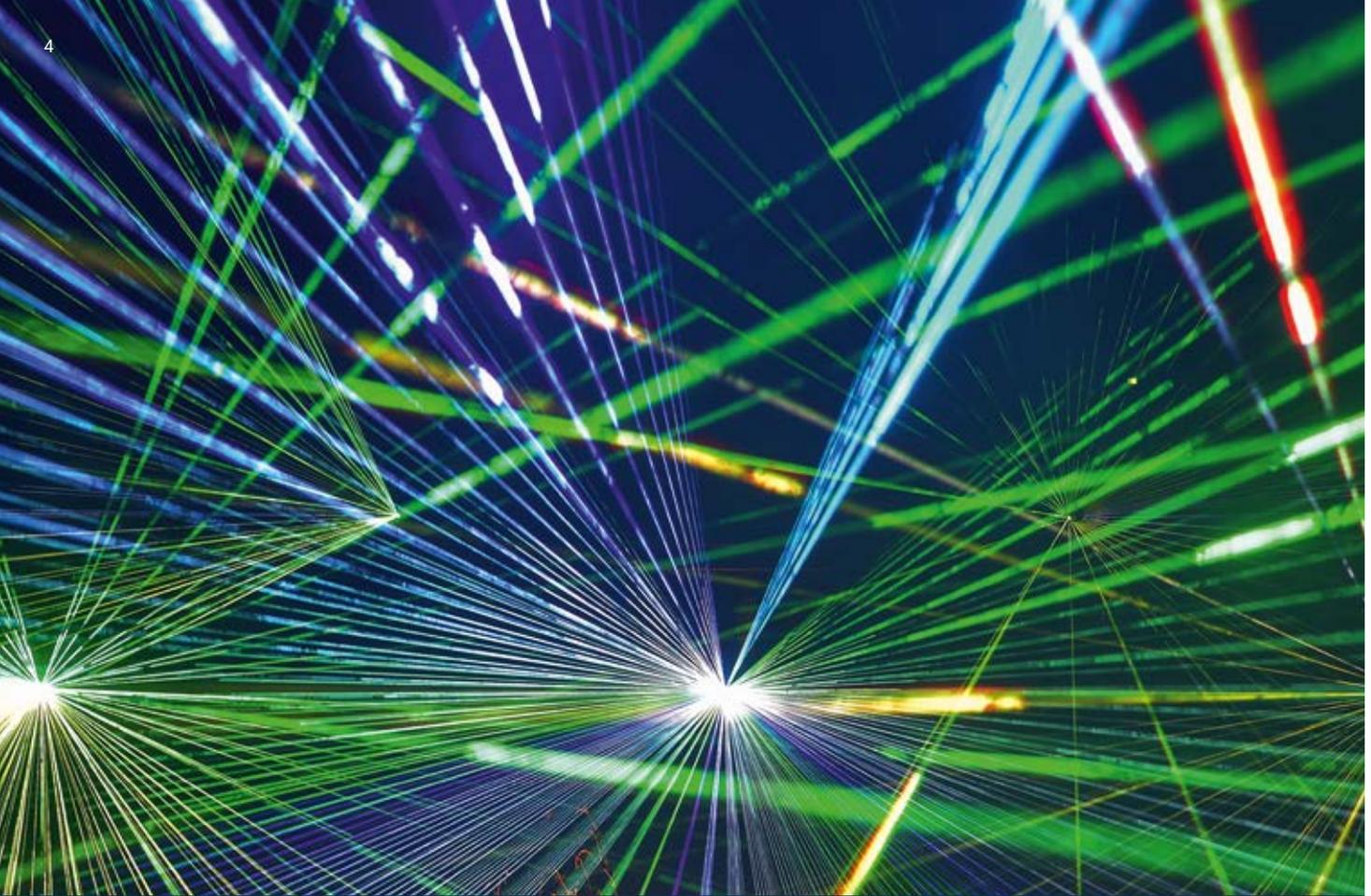
Eine bemerkenswerte Entwicklung an der Friedrich-Schiller-Universität ist die immer engere Verzahnung der Forschung in den Profillinien Light und Life. Gleich mehrere Beiträge belegen dies. Die Schubladen haben ausgedient. Die kürzliche Berufung von Professor Eggeling aus Oxford ist ein eindrucksvolles Beispiel. Christian Eggeling hat einen Lehrstuhl an der Physikalisch-Astronomischen Fakultät und forscht an supraauflösender Mikroskopie; das ist in Jena gleichsam die Herzkammer von Light. Interessant ist, dass diese Forschung ohne die Beiträge aus der Chemie und ohne die Fragestellungen aus den Lebenswissenschaften gar nicht denkbar ist.

Light – Life – Liberty nur als »Profillinien« gedacht, ist zu eng, nicht nur aus fachlicher Sicht. Light – Life – Liberty, das soll auch das Lebensgefühl an dieser Universität beschreiben und im Sinne von Aufklärung, Freiheit, Toleranz und Humanismus ist es ein Anspruch an uns selbst.

In diesem Sinne wünsche ich Ihnen eine angenehme Lektüre der LICHTGEDANKEN.

Ihr

Jena, im Juni 2018



SCHWERPUNKT

ENERGIEBÜNDEL LICHT

12 QUELLEN DER ERLEUCHTUNG

Licht in all seinen Facetten ist Teil des Forschungsprofils der Friedrich-Schiller-Universität, das Physiker, Materialwissenschaftler, Chemiker, Biologen, Mediziner und Informatiker vereint und sich nicht nur auf physikalische Phänomene beschränkt.

16 LICHT IST ENERGIE

Materialforscher entwickeln organische Solarbatterien. Die sind nicht nur umweltfreundlich, sondern auch sehr praktisch, ermöglichen sie doch die Sonnenenergie »to go«.

18 LICHT IST LEBENSELIXIER

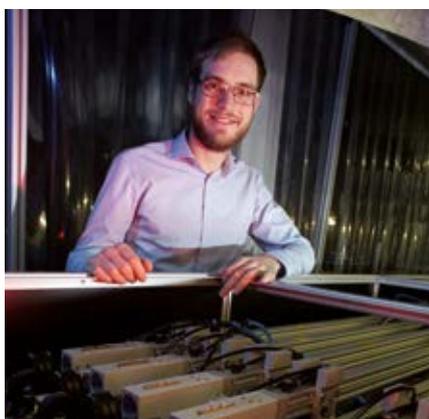
Grüne Pflanzen und Algen nutzen Licht für die Fotosynthese, produzieren lebensnotwendigen Sauerstoff und sichern die Nahrungskette. Licht ist auch der Taktgeber für die »innere Uhr« nahezu aller Lebewesen.

20 LICHT IST WERKZEUG

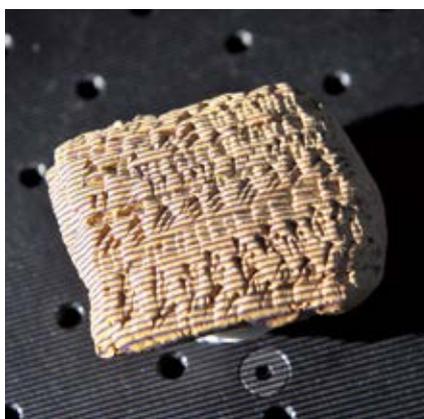
Mit ultrakurzen Laserpulsen lassen sich chemische Reaktionen in Superzeitlupe verfolgen und Luft zum Leuchten bringen, wobei dreidimensionale Bilder im freien Raum entstehen.

28 LICHT IST INFORMATION

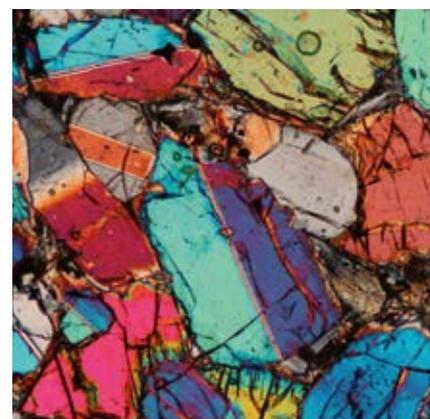
Licht ermöglicht Einblicke in den Makrokosmos, wie in den Mikrokosmos. Das Licht aus dem Universum liefert Informationen über ferne Sterne und Galaxien, wie beispielsweise die Reportage aus der Universitäts-Sternwarte beleuchtet (S. 32 ff). Den belebten und unbelebten Mikrokosmos nehmen Forscher mit unterschiedlichen Mikroskopen in Augenschein, wobei faszinierende Bilder entstehen (S. 30 ff.).



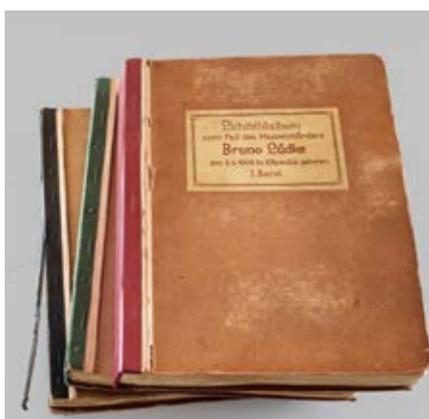
22 | LASERPHYSIK
**ULTRAKURZER
WELTREKORD**



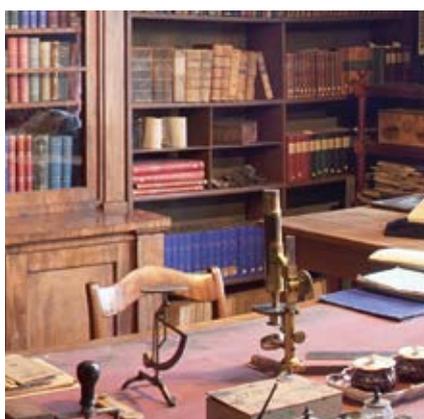
26 | DIGITALISIERUNG
**3D-DATENBANK FÜR
ANTIKE KEILSCHRIFTEN**



30 | MIKROSKOPIE
**EINBLICKE IN DEN
MIKROKOSMOS**



44 | MEDIENGESCHICHTE
**»FAKE NEWS« DER
NACHKRIEGSZEIT**



56 | WISSENSCHAFTSFOTO
**WO EINST ERNST
HAECKEL FORSCHTE**



58 | PORTRÄT
**LAMBERT WIESING UND DIE
PHILOSOPHIE DES LUXUS'**

NACHRICHTEN

06 Aktuelles aus Uni und Stadt

THEMEN

44 Die Faszination des Bösen
46 Stickoxide sind auch kurzzeitig eine Gefahr
48 Commissario Prefrontale ermittelt

PROJEKTE

50 Partner kann Depressionsrisiko senken

51 Warum Menschen in Ausland Deutsch lernen
52 Winzig und nützlich – aber auch unbedenklich?
53 Suchtprävention durch starke Persönlichkeit

HINTER DEN KULISSEN

54 Halbe Kraft voraus

NACHGEDACHT

55 Helle Nächte

WISSENSCHAFTSFOTO

56 Haeckels Arbeitszimmer wird saniert

PORTRÄT

58 Kein Luxusproblem

TICKER

60 Forschung kurz und knapp

DAS KALENDERBLATT

62 Promotion »in absentia«



Insekten – hier ein Exemplar eines »Gladiators« *Tyrannophasma gladiator* – haben es in der Natur mit einer Vielzahl von Gefahren zu tun. Wie sie damit umgehen, das entscheiden die Tiere in vielen Situationen individuell.

Wie Individualität das Überleben sichert

Ökologen untersuchen, wie es Lebewesen gelingt, sich an ihre Umwelt anzupassen und so die eigene ökologische Nische zu finden – Team um Prof. Dr. Holger Schielzeth ist als externer Partner an neuem Sonderforschungsbereich beteiligt

Eine Heuschrecke ist vielen Gefahren ausgesetzt. Wenn der Storch ihr nach dem Leben trachtet, kommt es darauf an, geschickt vorzugehen. Dabei ist es nicht immer der weite Fluchtsprung, der das Leben rettet. »Auf der Flucht ist es günstig, flexibel zu sein«, weiß Prof. Dr. Holger Schielzeth.

Überleben hängt oftmals auch vom Überraschungsmoment ab

Die Heuschrecke springt – mal länger, mal kürzer, mal mehr nach rechts, mal nach links – und versucht, in Deckung zu gehen. »Ihr Überleben hängt auch vom Überraschungsmoment ab und je-

des Tier folgt seiner eigenen Strategie«, sagt der Jenaer Professor für Populationsökologie.

Wie es Lebewesen gelingt, sich an die Umwelt anzupassen und die eigene ökologische Nische zu finden, das untersucht ein neuer Sonderforschungsbereich/Transregio, den die Deutsche Forschungsgemeinschaft in den kommenden vier Jahren mit insgesamt rund 8,5 Millionen Euro fördert. Der Verbund mit dem Titel »Eine neue Synthese zur Individualisation für die Verhaltensforschung, Ökologie und Evolution: Nischenwahl, Nischenkonformität, Nischenkonstruktion« ist in Bielefeld und Münster angesiedelt. Prof. Schielzeth ist als externer Partner einbezogen und

verantwortet zwei der insgesamt 19 Projekte. Dafür erhält er rund 350 000 Euro, die für zwei zusätzliche Doktorandenstellen verwendet werden.

In einem Projekt geht er der Frage nach, wie Verhaltensvariabilität das Überleben sichern kann. Schielzeth und sein Team untersuchen dafür das Fluchtverhalten von Heuschrecken. Die Forscher wollen herausfinden, ob und wie sich das Verhalten der Tiere vererbt.

In einem weiteren Projekt kommt die starke statistische Expertise der Jenaer Forscher zum Tragen. Das Syntheseprojekt soll eine Diskussionsplattform schaffen, auf der die Ergebnisse aller Teilprojekte zusammengeführt werden und in Metaanalysen einfließen. AB

Nachhaltige Entwicklung braucht Forschung

Die UNESCO ehrt die Universität Jena mit einem Lehrstuhl für Weltumfassendes Verständnis für Nachhaltigkeit (UNESCO-Chair »Global Understanding for Sustainability«)

Der neue Lehrstuhl, den der Sozialgeograph Prof. Dr. Benno Werlen innehat, wird in den kommenden vier Jahren dazu beitragen, die Sozial- und Geisteswissenschaften stärker in die Nachhaltigkeitsforschung einzubinden. Einen Anfang dafür hat Werlen bereits in den vergangenen Jahren als Initiator und Di-

rektor des »International Year of Global Understanding« (IYGU) gemacht. »Für die weltweit zahlreichen Initiativen im Rahmen des IYGU wird Jena dank des UNESCO-Lehrstuhls nun auch in Zukunft eine wichtige Koordinierungsstelle bleiben«, sagt Benno Werlen. Er sieht durch das Zusammenwirken von

Forschung und Gesellschaft eine große Chance, Nachhaltigkeit als elementares Kriterium für politische Entscheidungen zu etablieren. Deshalb will er als Lehrstuhlinhaber sowohl Forschungsprojekte als auch Bildungsoffensiven in den jeweiligen Regionen unterstützen und umsetzen. AB

Licht trifft Materie

Europäischer Forschungsrat fördert Projekt QUEM-CHEM mit 1,9 Mio. Euro – Chemikerin Prof. Dr. Stefanie Gräfe erhält als erste Frau an der Universität Jena einen ERC Grant

Wer in der Wissenschaft fundamentale Fragen klären und dadurch neue Theorien entwickeln will, braucht dafür einen langen Atem und die notwendigen Mittel. Zeit kann auch die EU nicht schenken, aber der Europäische Forschungsrat (ERC) hat eine seiner höchstdotierten Auszeichnungen, einen Consolidator Grant, an Prof. Dr. Stefanie Gräfe vergeben. Die Professorin für Theoretische Chemie ist – nach drei Wissenschaftlern – die erste Frau an der Uni Jena, die diesen raren Forschungsförderpreis erhält. Mit den rund 1,9 Millionen Euro will sie acht Stellen für Nachwuchskräfte einrichten, um im Bereich der nichtlinearen Optik neue Erkenntnisse zu erlangen. Ihr Projekt QUEM-CHEM (Zeit- und Raum-aufgelöste ultraschnelle Dynamiken in Molekül-Plasmon-Hybrid-Systemen) will in den nächsten fünf Jahren zunächst Grundlagen und neue Theorien schaffen, um dann Anwendungen, beispielsweise für eine hochsensible Sensorik, zu entwickeln. »Diese Förderung gibt mir die Möglichkeit, das Projekt zu realisieren, für das ich schon lange brenne«, sagt die 38-jährige Wissenschaftlerin, die dabei Elektromagnetismus mit Quantenmechanik »verheiraten« will.

Was passiert im Metall, wenn ein Lichtstrahl darauf trifft

Wenn Licht auf Materie trifft, kommt es zu Wechselwirkungen. Bei metallischen Nanoteilchen gibt es noch eine Besonderheit: Die Dichte der Ladungsträger im Metall kann nach Lichteinfall schwingen, so dass Physiker von plasmatischen Quasiteilchen reden. Dies führt zu Lichtverstärkung. Je kleiner das Nanoteilchen ist, umso größer ist die Lichtverstärkung. Stefanie Gräfe und ihr Team wollen im neuen Projekt QUEM-CHEM im Nanobereich fundamentale Fragen untersuchen, was nach Lichteinwirkung auf den Grenzflächen zwischen metallischem Festkörper



Als erste Frau an der Universität Jena wird Stefanie Gräfe mit einem Consolidator Grant der EU gefördert.

und Molekülen passiert. „Dazu gibt es bislang keine stimmige Theorie“, sagt die Expertin – und will genau dies ändern. Die Forschungen in Gräfes Arbeitsgruppe beginnen als Simulation im Computer. Ziel ist es, die plasmatische Dynamik, also die Licht-induzierten Bewegungen der Elektronen im Metall, zu berechnen. Zudem soll mit Hilfe quantenchemischer Methoden die Molekülstruktur berechnet werden. Anschließend will man diese beiden unterschiedlichen Methoden miteinander verbinden. Dies ermöglicht es, chemische Reaktionsmechanismen von Licht und dem Metall-Molekül-System aufzuklären. Für diese Plasmon-Katalyse möchte die Wissenschaftlerin mit experimentell arbeitenden Kollegen kooperieren, um die entwickelte Theorie direkt mit der Praxis vergleichen zu können. AB

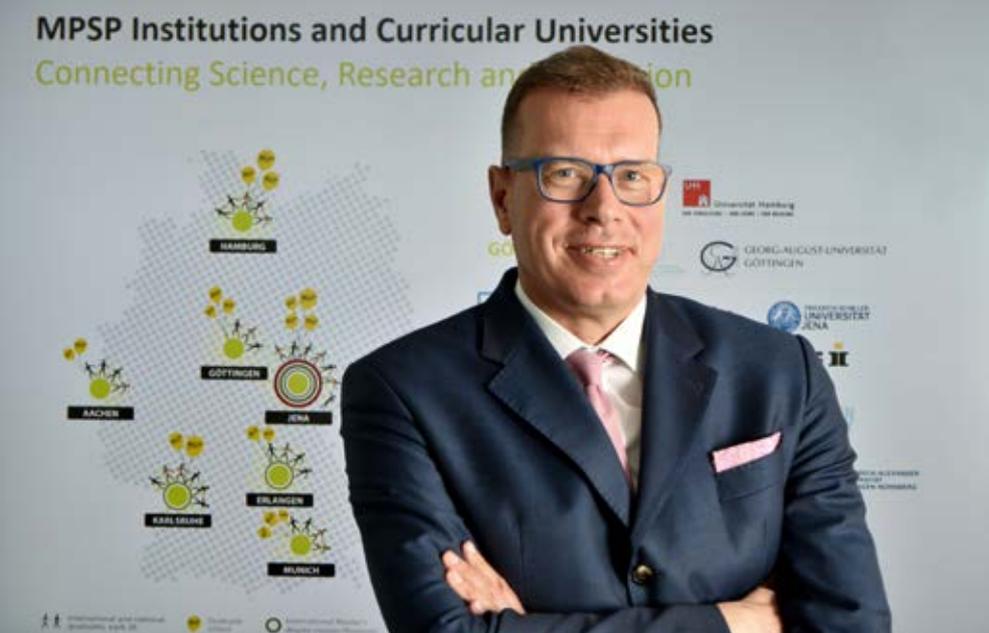
Wie Bäume kooperieren

Uni Jena beteiligt sich an internationalem Graduiertenkolleg der Uni Halle-Wittenberg

Die Interaktion von Bäumen untereinander und die Folgen davon für das Ökosystem stehen im Zentrum eines neuen internationalen Graduiertenkollegs der Universität Halle-Wittenberg. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) fördert das Doktorandenprogramm für die nächsten 4,5 Jahre mit rund 3,5 Millionen Euro. Das Kolleg wird in Kooperation mit der Universität der Chinesischen Akademie der Wissenschaften in Peking betrieben. Auf deutscher Seite haben die künftigen Promovierenden ihren Arbeitsort am Deutschen Zentrum für integrative Biodiversitätsforschung (iDiv) Halle-Jena-Leipzig.

Wälder sind die wichtigsten Ökosysteme der Welt: Sie binden Kohlendioxid, produzieren Sauerstoff und regulieren das Klima. Eine möglichst große Baumartenvielfalt verbessert diese Leistungen. Welche Rolle die Interaktion zwischen einzelnen Bäumen dabei spielt, ist bislang jedoch kaum erforscht. Hier setzt das neue Kolleg mit dem Namen „Tree Diversity Interactions: The role of tree-tree interactions in local neighbourhoods in Chinese subtropical forests“ (TreeDi) an: Die Nachwuchswissenschaftler wollen einerseits untersuchen, wie die Bäume über die Wurzeln sowohl Informationen als auch Nährstoffe austauschen, andererseits wie sie oberirdisch ein günstiges Mikroklima füreinander schaffen. Die Promotionsprojekte sollen die zugrundeliegenden Prozesse und Mechanismen dieser Zusammenarbeit beleuchten.

In der ersten Förderperiode werden Mittel für 18 Promotionsstellen zur Verfügung gestellt: Die Hälfte ist auf deutscher Seite angesiedelt, die andere Hälfte in China, wobei die Promovierenden mindestens ein halbes Jahr im jeweiligen Partnerland verbringen. PM



Prof. Dr. Andreas Tünnermann ist Lehrstuhlinhaber für Angewandte Physik, Direktor des Fraunhofer-Instituts für Angewandte Optik und Feinmechanik und seit neuestem auch Sprecher der Max Planck School of Photonics. Diese konnte sich in einem Wettbewerb durchsetzen und ist eine von nur drei Pilot-Schools.

Kooperation und Wettbewerb

Die Max Planck School of Photonics mit Hauptsitz in Jena ist Teil eines neuartigen nationalen Exzellenznetzwerks, den Max Planck Schools. Diese sind ein neues Instrument der Exzellenzförderung in Deutschland, das gemeinsam unter Federführung der Max-Planck-Gesellschaft durch außeruniversitäre Forschungseinrichtungen, Universitäten und das Bundesministerium für Bildung und Forschung entwickelt wird. Im Interview erläutert Sprecher Prof. Dr. Andreas Tünnermann, wie es gelingen kann, die Nachwuchsförderung auf Weltniveau zu bringen und konkurrenzfähig zu amerikanischen Eliteeinrichtungen zu werden.

INTERVIEW: AXEL BURCHARDT

Die Jenaer Physik ist weltweit bereits sehr gut vernetzt. Nun ist mit der Max Planck School of Photonics ein neues Netzwerk hinzugekommen. Was ist das Besondere an diesem?

Wissenschaft lebt von Kooperation und Wettbewerb. Die Max-Planck-Gesellschaft und weitere außeruniversitäre Einrichtungen wie die Fraunhofer-Gesellschaft sind zusammen mit deutschen Universitäten angetreten, ein einzigartiges Netzwerk im Bereich der Graduiertenausbildung zu entwickeln. Die Idee hinter den Max Planck Schools ist, regional übergreifend Standorte in Deutschland zu verknüpfen, die in einer Fachdisziplin eine gemeinsame Doktorandenausbildung entwickeln, um die Besten der besten Nachwuchswissenschaftler anzuwerben. Hierbei stehen nicht einzelne Einrichtungen im Mittelpunkt, sondern die handelnden Personen: die Betreuer und Betreuerin-

nen der Promotionsarbeiten. Die Schule wird mitgetragen von Nobelpreisträgern und Leibniz-Preisträgern – Forschern, die ein weltweites Renommee haben und innerhalb der wissenschaftlichen Community sehr präsent sind. So sind in der Max Planck School of Photonics herausragende Wissenschaftler engagiert, die in Deutschland für rund ein Drittel aller Publikationen in dem Fachgebiet stehen. Vereint erreichen unsere Wissenschaftler einen größeren wissenschaftlichen Einfluss im Bereich der Photonik als etwa die bisher führenden Elite-Einrichtungen wie Harvard oder Caltech.

Das neue Netzwerk soll zukünftig mit Eliteeinrichtungen wie der Harvard University und dem Massachusetts Institute of Technology konkurrieren. Wie kann diese Vision Realität werden?

Neben der wissenschaftlichen Exzellenz der betreuenden Forscherinnen und Forscher zeichnet sich gerade die Photonikforschung in Deutschland durch ein enges Netzwerk zwischen Wissenschaft und Wirtschaft aus. Dies gibt uns die Möglichkeit, mit unserer Forschung nicht nur grundlegende Fragestellungen zu bearbeiten, sondern mit Innovationen Dinge zu bewegen und den Status Quo zu verändern. Zudem werden Anforderungen an die Bewerber und der Bewerbungsprozess mit dem internationalen System synchronisiert und bereits im beginnenden Frühjahr (März/April) die Zulassungen versandt.

Wer kann sich im September 2018 bewerben?

Wie international üblich können Bachelor-Studierende aus dem 5. Semester sich für die Promotion mit integriertem Masterstudium bewerben. Master-Studierende können sich direkt für die Aufnahme ins Promotionsprogramm bewerben. Wir erwarten aufgrund unserer Erfahrungen mit der Abbe School of Photonics, dass wir etwa 1 000 Bewerbungen aus der ganzen Welt erhalten werden und daraus die Besten der Besten auswählen können.

Wie viele Plätze wird es denn im ersten Durchgang geben?

In der Aufbauphase werden pro Jahr 20 Studierende in das integrierte Master-Programm und etwa 20 Studierende direkt in das Promotionsprogramm der Schule aufgenommen und über den Bund gefördert. Über assoziierte Part-

Die Max Planck School of Photonics

Die Max Planck School of Photonics verbindet an **sieben Standorten in Deutschland** nationale und internationale Graduiertenprogramme. Ziel ist es, die **Photonikforschung** zu einem interdisziplinären, orts- und einrichtungsübergreifenden Verbund zu verknüpfen.

Die Partner der Max Planck School of Photonics sind neben der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen, der Friedrich-Schiller-Universität Jena und dem Karlsruhe Institut für Technologie, an denen ein Masterabschluss erlangt werden kann, die Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, die Georg-August-Universität Göttingen, die Universität Hamburg und die Ludwig-Maximilians-Universität München. Eingebunden sind außerdem die Fraunhofer-Institute für Angewandte Optik und Feinmechanik sowie für Lasertechnik, die Max-Planck-Institute für biophysikalische Chemie, die Physik des Lichts und für Quantenoptik, das Deutsche Elektronen-Synchrotron, das Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung am Standort Jena sowie das Leibniz-Institut für Photonische Technologien.

ner der Schule werden wir zusätzlich noch Doktoranden in der gleichen Größenordnung aufnehmen. Im stabilen Zustand nach der Aufbauphase werden etwa 40 Masterstudierende und 100 bis 120 Promovierende integriert sein.

Werden diejenigen, die in der Master-Phase nach Jena wollen, zunächst in der Abbe School of Photonics ausgebildet oder direkt in der Max Planck School?

Das integrierte Master-Programm ist ein wesentlicher Bestandteil der neuen Max Planck School of Photonics. Innerhalb des Netzwerkes werden die Universitäten in Karlsruhe, Erlangen und Jena mit ihren etablierten und akkreditierten Master-Studiengängen die Möglichkeit bieten, einen internationalen Master im Bereich Photonics zu erwerben. Die Studierenden bewerben sich bei der Max Planck School of Photonics und können nach der Aufnahme entscheiden, ob sie in Jena, Erlangen oder Karlsruhe studieren. Eine gegenseitige Anerkennung von Prüfungsleistungen an den Partneruniversitäten wird ermöglicht. Ergänzt wird das Programm durch Spezialvorlesungen und übergreifende Netzwerkveranstaltungen der Max Planck School of Photonics, um Kontakte innerhalb der Schule zwischen den Studierenden an den unterschiedlichen Standorten miteinander aber auch mit den Wissenschaftlern an den beteiligten Universitäten zu knüpfen.

Welche Themen werden an der Max Planck School of Photonics erforscht?

Die zentrale Fragestellung widmet sich der Kontrolle von Licht in allen Skalen. Es wird darum gehen, Methoden und Techniken zu entwickeln, mit denen sich Licht in vielen Wellenlängenbereichen, vom Röntgenbereich bis in den Millimeterbereich, mit sehr hohen Leistungen in allen Zeitskalen kontrollieren lässt. Dazu müssen Optiken entwickelt werden, um das von der atomaren Größenordnung bis hin zu Abmessungen im Bereich von vielen Metern zu realisieren. Damit unterstützen wir natürlich auch Anwendungen in den Lebenswissenschaften, in der Kommunikationstechnik, in der Lasermaterialbearbeitung bis hin zur Grundlagenforschung.

Wo liegt der Schwerpunkt in Jena?

In Jena werden wir Fragen der Mikro- und Nanooptik erforschen. Außerdem werden wir im Bereich der Laser-Entwicklung arbeiten.

Die Max Planck School of Photonics erhält in der Pilotphase Fördermittel in Höhe von 15 Millionen Euro vom Bund. Wofür werden diese eingesetzt?

Diese Mittel dienen tatsächlich nahezu vollständig zur Finanzierung von Personal. In der Masterphase werden die Studierenden gut dotierte Stipendien bekommen und in der Promotionsphase soll es Vollzeitstellen geben. Die Forschung wird vor allem aus Mitteln der Betreuer finanziert werden müssen.

Nun haben Sie viele Institutionen mit im Boot, die nationale Wettbewerber

sind. Worauf muss man bei einer Kooperation achten, wenn aus Konkurrenten Partner werden?

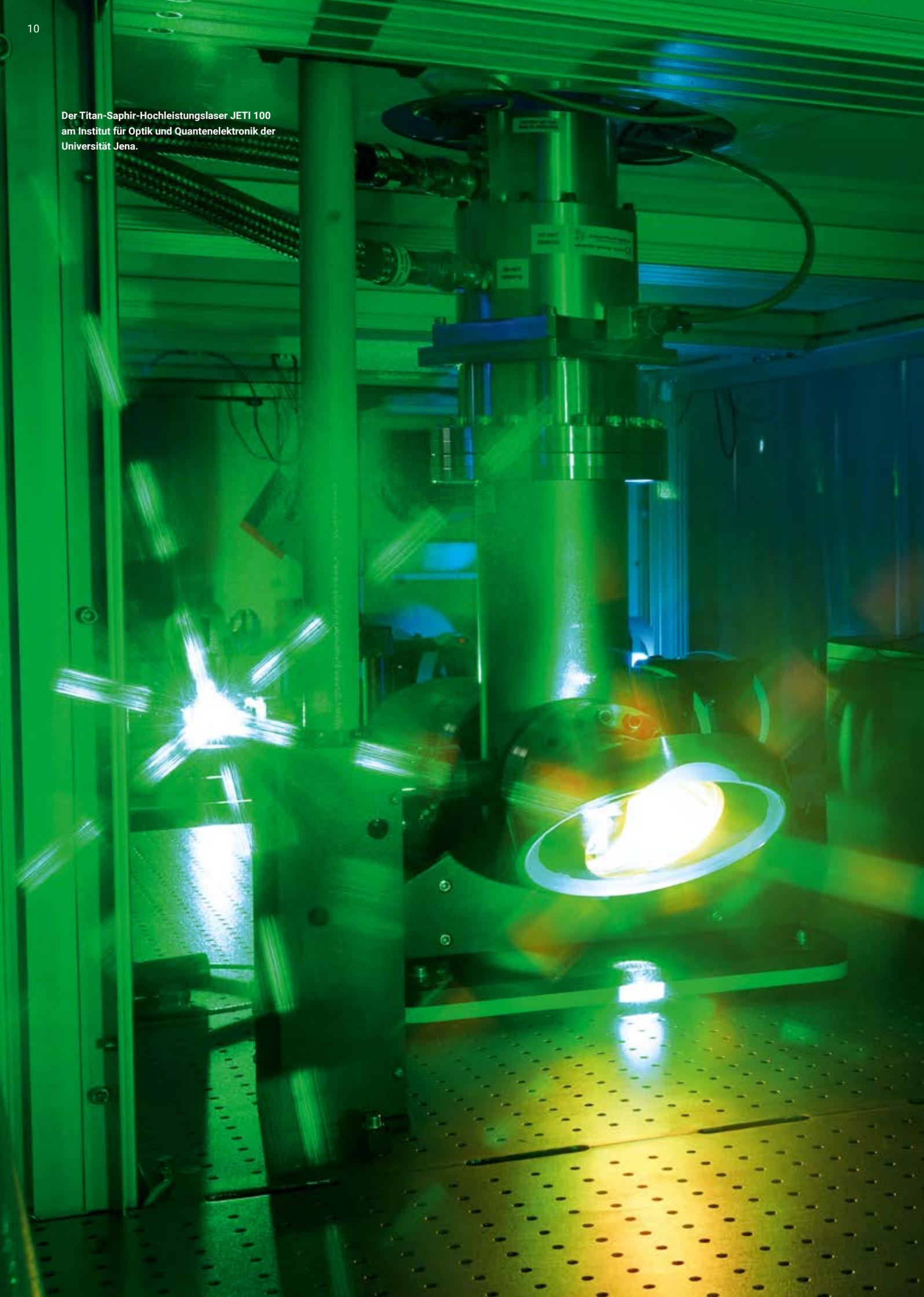
Da komme ich noch einmal zurück auf meinen Eingangssatz: Wissenschaft lebt von Kooperation und Wettbewerb. Und es ist tatsächlich so, dass es immer um die handelnden Personen geht. Es ist gut, wenn man sich kennt und in einem freundlichen Wettbewerb steht, aber auch gemeinsam Forschungsvorhaben vorantreibt. Das ist die Basis für die Zusammenarbeit in der Max Planck School of Photonics, die wir in den nächsten Jahren zu etablieren versuchen.

Es ist ganz entscheidend, dass man das Netzwerk, das bisher schon zwischen den einzelnen Personen und Institutionen im Bereich der Photonik besteht, noch enger strickt. Damit generiert man einen Mehrwert für die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, der sich in den Forschungsergebnissen niederschlägt.

Wie sollte in fünf Jahren das Fazit lauten, das Sie nach der ersten Förderphase ziehen?

Wir haben die Max Planck School of Photonics etabliert, erhalten Bewerbungen von den besten Studierenden aus aller Welt und können unter diesen die Besten für eine Promotion in Deutschland gewinnen. So treten wir in der Nachwuchsförderung in Konkurrenz zu den Elite-Institutionen der Photonik und bieten für unsere Promovierenden die weltweit attraktivsten Ausbildungs- und Forschungsrahmenbedingungen. ■

Der Titan-Saphir-Hochleistungslaser JETI 100
am Institut für Optik und Quantenelektronik der
Universität Jena.



SCHWERPUNKT

Energiebündel Licht

Licht erhellt die Welt, ist Werkzeug und Lebenselixier

Gebündelte und verstärkte Lichtwellen sind heute aus Forschung und Industrie, Medizin und Kommunikation nicht mehr wegzudenken. Laserstrahlen und gepulste Energiepakete ermöglichen Einblicke in elementare Prozesse auf subatomarer Ebene, helfen bei der Diagnose und Therapie von Krankheiten oder dienen als Präzisionsinstrumente bei der Produktion von Industriegütern. Lichtwellen transportieren aber auch Informationen aus den Tiefen des Universums und geben Aufschluss über dessen Beschaffenheit und Entwicklung seit dem Urknall. Auf der Erde ist das Licht der Sonne das Lebenselixier schlechthin: Von der einzelligen Grünalge bis zum Menschen schlägt das Leben im 24-Stunden-Takt. Künstliche Lichtquellen erhellen unsere Städte, leistungsfähige Mikroskope liefern detaillierte Abbilder aus lebenden Zellen und optische Datenautobahnen ermöglichen Kommunikation mit Lichtgeschwindigkeit.

»

Optik-Experiment im Grundpraktikum für Physik-Studierende des zweiten Semesters. Licht ist jedoch nicht nur für Physiker ein Forschungsgegenstand. An der Uni Jena vereint die Profillinie »Light« Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus fünf ihrer zehn Fakultäten.



Quellen der Erleuchtung

Wissenschaft bringt »Licht ins Dunkel«. Dem Forschenden »geht ein Licht auf« oder eine Idee »leuchtet ein«. Die Reihe der Licht-Metaphern in der Wissenschaft ließe sich leicht weiterführen, nicht zuletzt bis zum Titel des vorliegenden Forschungsmagazins. Denn auch die LICHTGEDANKEN stehen für erhellende Einfälle, aufgeklärten Geist und Erkenntnis. Doch Licht ist nicht nur Sinnbild. Licht in all seinen Facetten ist einer der Forschungsschwerpunkte der Friedrich-Schiller-Universität, der Physiker, Materialwissenschaftler, Chemiker, Biologen, Mediziner und Informatiker vereint und sich nicht nur auf physikalische Phänomene beschränkt.

TEXT: UTE SCHÖNFELDER

Licht ist das, was wir sehen: ein kleiner Ausschnitt aus dem Spektrum elektromagnetischer Strahlung, für die der menschliche Körper im Laufe der Evolution zwei Detektoren, die Augen, entwickelt hat. Neben der energiereicheren Strahlung im ultravioletten, Röntgen- und Gammabereich sowie der energieärmeren Infrarot-, Mikrowellen- und Radiowellenstrahlung macht der Bereich des sichtbaren Lichts nur einen Bruchteil des elektromagnetischen Strahlungsspektrums aus.

Elektromagnetische Strahlung besteht aus Wellen. Experimentell lässt sich der Wellencharakter des Lichts an einem Doppelspalt zeigen: Wird ein Lichtstrahl durch eine Blende in zwei geteilt, ergeben sich nicht einfach zwei neue Strahlen, sondern gleich mehrere in unterschiedlicher Helligkeit. Der Grund dafür liegt in der Wellennatur des Lichts. Dort, wo sich Wellenberg und Wellental der beiden resultierenden Strahlen auslöschen, bleibt es dunkel. Wo zwei Wellenberge einander verstärken, ist es hell. Der Abstand zwischen zwei benachbarten Wellenbergen oder Wellentälern ist die Wellenlänge, die zur Einteilung der elektromagnetischen Strahlung genutzt wird. Das sichtbare Licht hat eine Wellenlänge zwischen etwa 380 Nanometern (violette Licht) und 780 Nanometern (rotes Licht). Warum Menschen gerade diesen Teil des riesigen Spektrums elektromagnetischer Strahlung wahrnehmen ist einfach zu erklären: Es ist genau der Frequenzbereich, in dem die Sonne am intensivsten elektromagnetische Strahlung abgibt.

Licht lässt sich jedoch nicht allein als klassische Welle beschreiben. Schon Isaac Newton vertrat im 17. Jahrhundert die Ansicht, dass Licht aus winzigen

Teilchen besteht. Albert Einstein hat dann zu Beginn des 20. Jahrhunderts den Photoelektrischen Effekt erklärt: Die Energie des Lichts, ebenso wie die der übrigen elektromagnetischen Strahlung, liegt quantisiert vor, also in winzigen Portionen, den Photonen. Licht ist folglich beides, Welle und Teilchen.

Im Gegensatz zu anderen Materiebausteinen, wie Elektronen oder Protonen, haben Lichtteilchen keinerlei Masse. Im Vakuum bewegen sie sich mit fast 300 000 Kilometern pro Sekunde fort – der Maximalgeschwindigkeit im Universum.

Licht ist Energie, Werkzeug, Information

Etwa 1 300 Joule je Sekunde strahlt die Sonne im Schnitt pro Quadratmeter auf die Erde. Das Sonnenlicht ist die zuverlässigste und größte Energiequelle, die wir haben – sie nutzbar zu machen und zu speichern eine der Herausforderungen der wachsenden Menschheit. Forscher des Center for Energy and Environmental Chemistry Jena arbeiten an umweltfreundlichen Solarzellen und Batterien, um die Energie des Sonnenlichts für Anwendungen verfügbar zu machen (S. 16 in dieser Ausgabe).

Licht ist zugleich die Grundlage allen Lebens. Pflanzen, Algen und einige Bakterien nutzen das Sonnenlicht für die Photosynthese, um aus Kohlendioxid und Wasser energiereiche organische Verbindungen wie Zucker zu produzieren. Ganz nebenbei entsteht so der lebenswichtige Sauerstoff. Das Licht der Sonne nutzen Lebewesen, von der einzelligen Grünalge bis zum Menschen, um ihre innere Uhr zu synchronisie-

ren. Wie dieser Taktgeber funktioniert, das entschlüsseln Botaniker des Matthias-Schleiden-Instituts der Uni Jena (S. 18).

Licht wird von jeher als Werkzeug genutzt. Heute sind es vor allem Laser, die als Präzisionsinstrumente vielfältige Anwendung finden. Jenaer Physiker nutzen insbesondere gepulstes Laserlicht, das in schier unvorstellbar kurzen Blitzen enorme Energien freisetzt. Mit Laserpulsen von wenigen Attosekunden (Trillionstel Sekunden) lassen sich ultraschnelle chemische Prozesse abbilden und entschlüsseln (S. 20).

Nur wenig länger, im Femtosekundenbereich, sind die Pulse, die Physiker einsetzen, um Luft zum Leuchten zu bringen und so dreidimensionale Objekte in den freien Raum zu zeichnen (S. 24). Laserstrahlen kommen ebenfalls zum Einsatz, um antike Tontafeln zu digitalisieren und die jahrtausendealten Keilschriften aus dem Zweistromland zeitgemäß der Öffentlichkeit zu präsentieren (S. 26).

Licht ist Information. Die elektromagnetische Strahlung aus dem All, die wir auf der Erde detektieren, kann uns Informationen über ferne Sterne und Galaxien liefern. Astrophysiker schauen von der Universitäts-Sternwarte hinaus in die Tiefen des Universums und analysieren Sternenlicht (S. 34) und Sternenstaub (S. 40).

Dabei erhellt Licht nicht nur den Makrokosmos. Licht gewährt auch Einblicke in den Mikrokosmos: Ob lebende Zelle oder Nanopartikel, Meteoritengestein oder Polymerschicht – mit unterschiedlichsten mikroskopischen Verfahren werden winzige Details zu faszinierenden Bildern, wie die Fotogalerie in diesem Heft zeigt (S. 30). ■

LICHTGEDANKEN

In meinem Fach ist Licht die einfachste, aber prägnanteste Metapher für Erkenntnisanspruch und Erkenntnisgewinn.

Prof. Dr. Stefan Matuschek,
Literaturwissenschaftler

Licht ist der Ursprung allen Seins und erschafft das All um uns, so wie wir es sehen.

Prof. Dr. Kalina Peneva,
Chemikerin

Licht beobachten und vermessen, ist fast unsere einzige Möglichkeit, die Sterne zu verstehen.

Prof. Dr. Ralph Neuhäuser,
Astrophysiker

Licht ist das Werkzeug, um die Eigenschaften von Materie mit höchster raum-zeitlicher Auflösung zu erforschen.

Prof. Dr. Thomas Pertsch,
Physiker



Für meine Forschung bedeutet Licht die Kraft des tätigen Geistes, der sich auf der Grundlage von Begriffen und korrektem Schließen darum bemüht, zu solchen Erkenntnissen zu gelangen, die sich allgemein mitteilen und rechtfertigen lassen – im Unterschied zu vorgeblich müheloser, plötzlicher Einsicht aus Erleuchtung oder göttlicher Offenbarung.

Prof. Dr. Andrea Esser,
Philosophin

Licht ist der perfekte Schlüssel zum Verständnis der modernen Physik. Mit Licht lassen sich Dynamik und Strukturen von Materie auf atomaren Skalen aufklären.

Prof. Dr. Christian Spielmann,
Physiker

Licht ist die Bedingung von Erkenntnis und Verstehen: Wer etwas versteht, sieht etwas in einem bestimmten Licht. Die Theologie fragt danach, was es heißt, die Welt im Licht Gottes zu sehen und wie Menschen leben, welche die Welt im Licht Gottes sehen.

Prof. Dr. Miriam Rose,
Theologin

Licht ist lebenswichtig, doch auch zerstörerisch. Ich verwende Licht, um Nachtfalter anzulocken und ihre Vielfalt und Diversität zu untersuchen.

Dr. Gunnar Brehm,
Zoologe

Licht kann viel mehr sein als nur Informationsträger für unser Sehen. Es kann unvorstellbar hohe Kräfte entfalten, wenn wir es auf kleinsten räumlichen und zeitlichen Skalen konzentrieren.

Prof. Dr. Malte Kaluza,
Physiker

Licht ist die Voraussetzung für das Leben der meisten Organismen auf unserer Erde, insbesondere der Algen und höheren Pflanzen. Beide produzieren den für uns lebensnotwendigen Sauerstoff, entfernen das Treibhausgas Kohlendioxid aus unserer Umwelt und können als Nahrungsquelle dienen.

Prof. Dr. Maria Mittag,
Botanikerin

Sonnenlicht zum Mitnehmen

Am Center for Energy and Environmental Chemistry Jena (CEEC Jena) widmen sich Materialwissenschaftler und Chemiker seit Jahren der Entwicklung von organischen Solarzellen und organischen Batterien. Für eine effizientere Energiegewinnung bei kleinen Anwendungen haben sie nun in einem jüngst abgeschlossenen Forschungsprojekt beide Komponenten verknüpft und eröffnen mit den entwickelten Solarbatterien völlig neue Verarbeitungs- und Verwendungsmöglichkeiten.

TEXT: JULIANE DÖLITZSCH

Eine nachhaltige Energienutzung gehört zu den großen Herausforderungen unserer Zeit. Weltweit suchen Wissenschaftler nach Wegen, um erneuerbare Energien zu nutzen und selbstversorgende Systeme zu schaffen. Das Haus, das über Photovoltaik den eigenen Strom generiert, und das Elektroauto, das seine Energie mithilfe einer Batterie zu großen Teilen aus Wind-, Wasser- und Solarkraft bezieht, sind inzwischen häufig anzutreffen. Etwas kompakter denken derzeit Jenaer Materialwissenschaftler und Chemiker: Sie haben kleine, mobile Anwendungen im Blick.

Für Prof. Dr. Ulrich S. Schubert und Dr. Martin Hager liegt der Schlüssel in flexiblen Solarbatterien, die die Vorteile organischer Solarzellen beziehungsweise flexibler Solargewebe mit organischen Batterien bündeln. Die fünfköpfige Forschergruppe Solarbatterien, die in den vergangenen zwei Jahren im Rahmen einer Forschergruppe der Thüringer Aufbaubank mit Mitteln des Europäischen Sozialfonds und des Freistaates Thüringen gefördert wurde, sucht nach einer geeigneten Verbindung der beiden Komponenten und konnte bereits

vielversprechende Ergebnisse erzielen. Neben dem CEEC Jena war auch das Leibniz-Institut für Photonische Technologien beteiligt, das über Fertigungsmöglichkeiten für flexible Solargewebe verfügt.

Chemische Liaison: Solarzelle und Batterie heiraten

»Unsere Idee war es, ein integriertes System zu schaffen, das Stromerzeugung und -speicherung zugleich ermöglicht«, erklärt Martin Hager vom CEEC Jena. »Um das zu erreichen, haben wir Solarzelle und Batterie miteinander verheiratet und eine Solarbatterie entwickelt.« Zu den Vorteilen gehöre, dass kaum Kabel benötigt werden und sich die Batterie auch während der Nutzung in der Sonne selbst auflädt. So werde eine kontinuierliche Stromversorgung gewährleistet. »Die Batterie speichert die aufgenommene Energie, die dann auch außerhalb der Sonne weiter genutzt werden kann.«

Dazu haben die Forscher organische Polymersolarzellen oder ein Solargewebe

aus Silizium-Solarzellen direkt mit einer organischen Batterie verknüpft. Die Solarzellen liefern den Strom und können somit die Polymerbatterien aufladen. Auf diese Weise ist das fortwährende Laden in der Sonne und Entladen in deren Abwesenheit sichergestellt.

»Die Kombination ist insgesamt hochkomplex, viele Anpassungsprozesse sind nötig«, sagt Dr. Hager. »Für uns war in erster Linie wichtig, die Spannungen anzupassen.« So generiert eine Solarzelle maximal 0,7 Volt, während beispielsweise ein Handy 3,8 Volt benötigt, um zu laden. »Deshalb mussten wir mehrere Solarzellen verschalten, damit wir mit der Spannung hoch genug kommen.«

Die Solarbatterien sind dünn, leicht und flexibel – und eignen sich dadurch vor allem für kleine, leichte Anwendungen, die häufig für einige Zeit der Sonne ausgesetzt sind und für die geringe Energiemengen ausreichen. »Für Sicherheitsbekleidung mit Reflektoren, die von allein leuchten, ist die Solarbatterie ideal. Auch neue sensorische Funktionen wie die Verbindung mit der Smart Watch sind möglich«, zählt Prof.

Bild links: Das Sonnenlicht ist eine schier unerschöpfliche Energiequelle. Organische Solarbatterien sind ein Weg, diese Energie zu speichern und nachhaltig nutzbar zu machen.

Bild rechts oben: Die Polymere für die Solarbatterien werden an einer Inertgaspräparationsanlage («Glovebox») bearbeitet.

Bild rechts unten: Unter LED-Beleuchtung werden die Polymersolarzellen getestet.

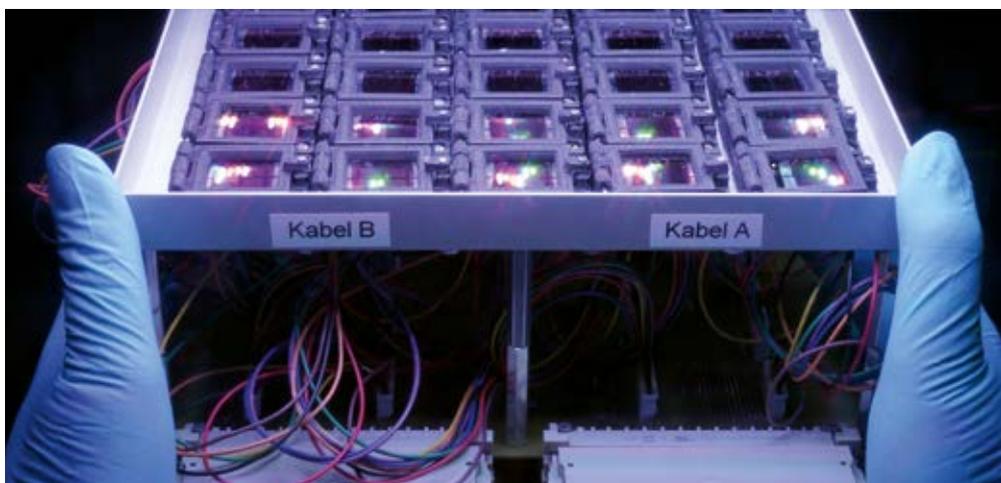


Schubert auf. »Darüber hinaus eignet sich alles, was man beschichten kann, wie Verpackungsmaterialien, Plakatwerbung oder Schilder, die dann nachts auch ohne Kabel leuchten können.«

Nachhaltiges Konzept: Solarbatterien schonen die Umwelt

Da die Polymerbatterien in der Lage sind, bis zu 1000 Mal zu laden und zu entladen, sind sie optimal auf die Produktlebenszyklen zugeschnitten. Voraussetzung für eine breite Nutzung sei, dass sich die Solarbatterien in der Produktion günstig auf die Materialien aufbringen lassen. In der Hinsicht zeigen sich Schubert und Hager optimistisch, erste Firmen hätten bereits Interesse angemeldet. »Die Technologie stellt dabei keine Konkurrenz zu klassischen Silizium-Solarzellen oder Lithium-Ionen-Akkus dar«, betont Schubert. »Die Solarbatterie eröffnet vielmehr völlig neue, komplementäre Verarbeitungs- und Anwendungsmöglichkeiten.«

Was nach funktional-verspielten Gimmicks klingt, ist nicht zuletzt äußerst nachhaltig: »Solarbatterien sind nicht



nur in der Nutzung umweltschonend, sondern schon bei der Herstellung«, erläutert Martin Hager. »Da wir organische Polymere nutzen, befinden sich keine anorganischen Materialien in der Batterie, die kritisch oder gar toxisch sind. Außerdem brauchen wir für die vergleichsweise kostengünstige Herstellung der polymeren, recycelbaren Kunststoffe weit weniger Energie als für herkömmliche Batterien.«

Zu den künftigen Herausforderungen gehört es nun, die Kapazitäten der So-

larbatterie zu optimieren und sich weitere Anwendungen zu überlegen.

»Auch im Internet der Dinge und in intelligenten Hausfassaden könnten Solarbatterien Einsatzmöglichkeiten finden. Sogar die Babywindel könnte über einen Sensor kommunizieren, dass sie voll ist«, so Hager. »Wobei es andere Wege gibt, das zu merken«, ergänzt er grinsend. Solange die Sonne vom Himmel strahlt, sind der Fantasie bei den Einsatzmöglichkeiten kaum Grenzen gesetzt. ■

Weiterführende Information:
www.ceec.uni-jena.de
www.schubert-group.de

Kontakt

Prof. Dr. Ulrich S. Schubert, Dr. Martin Hager
 Institut für Organische Chemie
 und Makromolekulare Chemie
 Humboldtstraße 10, 07743 Jena

Telefon: +49 36 41 9-48 201
 E-Mail: ulrich.schubert@uni-jena.de
martin.hager@uni-jena.de
www.chemgeo.uni-jena.de/iomc.html



Die innere Uhr

Ob wir wach sind oder schlafen, ist keine Frage reiner Willenskraft. Vielmehr wird unser Schlaf-Wach-Rhythmus maßgeblich von der inneren Uhr bestimmt, die in enger Beziehung zu Tageslicht und Dunkelheit steht. Die Uhr kleinster Grünalgen erforscht Prof. Dr. Maria Mittag. Im Interview spricht die Botanikerin darüber, was Einzeller und Mensch chronobiologisch gemeinsam haben, wie die innere Uhr ohne Licht-Dunkel-Wechsel weitertickt und warum sie einen Nobelpreis wert ist.

INTERVIEW: JULIANE DÖLITZSCH



Expertin für Mikroalgen und deren Tagesuhr:
Botanikerin Maria Mittag.

Seit langem untersuchen Sie die innere Uhr von Grünalgen – womit beschäftigen Sie sich im Moment?

Wir untersuchen die Eigenschaften von Cryptochromen. Das sind Eiweiße, die in vielen Organismen vorkommen und entweder als Rezeptoren fungieren, die Lichtinformationen an die innere Uhr weiterleiten oder selbst Bestandteil der inneren Uhr sind. In der einzelligen begeißelten Grünalge *Chlamydomonas reinhardtii* gibt es unter anderem ein pflanzliches und ein tierähnliches Cryptochrom. Interessanterweise leitet das pflanzliche Cryptochrom nicht nur Lichtinformationen weiter, sondern scheint auch Teil der inneren Uhr zu sein.

Wie sind Sie zu diesen Ergebnissen gekommen?

Schon aus früheren Experimenten wissen wir, dass *Chlamydomonas*, die wir in Dauerdunkelheit versetzen, am subjektiven Tag auf Lichtpulse reagieren und auf sie zuschwimmen, während sie dies in der subjektiven Nacht nicht machen. Diesen circadianen Rhythmus nennt man Photoakkumulation. Kürzlich haben wir das pflanzliche Cryptochrom aus *Chlamydomonas* auf etwa zehn Prozent reduziert und gesehen, dass sich das circadiane Verhalten der Photoakkumulation dieser Grünalgen ändert: Die Periode verlängert sich auf etwa 28 Stunden und nach ein paar Tagen tritt arrhythmisches Verhalten auf. Das spricht dafür, dass das pflanzliche Cryptochrom die innere Uhr von *Chlamydomonas* im endogenen Oszillator entscheidend mitsteuert.

Und der Mensch verfügt auch über Cryptochrome?

Ja, in der Maus und im Menschen sind tierähnliche Cryptochrome als Bestandteil des endogenen Oszillators der inneren Uhr bekannt. Sie tragen damit direkt zum Wach- oder Schlaf-Zustand bei.

Brauchen wir das Licht für die innere Uhr?

Die innere Uhr wird über Hell-Dunkel-Zyklen synchronisiert. Wenn man den Organismus unter Dauerschwachlicht oder Dauerdunkelheit bringt, stellt sich zum Beispiel beim Menschen eine freilaufende Periode von etwa 25 Stunden ein,

in der er einen Schlaf-Wach-Rhythmus lebt. Das heißt, der Mensch überspringt irgendwann einen Tag. Das fand Jürgen Aschoff schon in den 1960er Jahren in Experimenten heraus, bei denen das Schlaf-Wach-Verhalten von Menschen über mehrere Tage in Bunkern beobachtet wurde. Häufig haben Studenten bei solchen Experimenten mitgemacht. Sie haben dann oft parallel für Prüfungen gelernt, mussten aber natürlich auch irgendwann schlafen. Je nach Organismus kann die Periode unter konstanten Bedingungen etwas länger oder kürzer sein als 24 Stunden. So bestimmt eine innere Uhr bei den meisten Organismen den Tagesablauf.

Inwieweit ist der Tag-Nacht-Rhythmus durch Licht beeinflussbar?

Im Grunde stellt jede Reise in eine andere Zeitzone eine Manipulation unserer inneren Uhr dar. Sind wir zwei bis drei Tage in den USA oder Australien überwinden wir den Jetlag und passen uns an den neuen Licht-Dunkel-Zyklus an, indem sich unsere innere Uhr neu synchronisiert. Das gilt für den Menschen ebenso wie für Grünalgen.

Grünalgen wüsstent in Australien, wie spät es ist?

Natürlich. Es gab auch Experimente von Sceptikern, die nicht an die innere Uhr glauben. Einmal wurden Bienenvölker in die USA geflogen, weil die Forscher meinten, sie würden dort einfach ihren Rhythmus weiterleben. Nach ein paar Tagen hatten sie sich jedoch an die neuen Bedingungen angepasst und ihre Uhr synchronisiert. Man hätte sie auch einfach in Deutschland in einen entgegengesetzten Dunkel-Licht-Zyklus versetzen können, um das zu testen, wie von dem Chronobiologen Colin Pittendrigh sehr passend bemerkt wurde. Algen waren auch schon im Weltall, weil Wissenschaftler dachten, ihr Rhythmus hinge vielleicht von der Erdanziehung ab. Allerdings lief der Rhythmus der Photoakkumulation von *Chlamydomonas* auch im All weiter, was Dieter Mergenhagen und seine Frau Elke zeigten. Dies bestätigte, dass er auch unter Schwerelosigkeit von einer inneren Uhr gesteuert wird.

Kulturflaschen und Petrischalen mit *Chlamydomonas reinhardtii*. Die einzellige Grünalge hat für den Tag-Nacht-Rhythmus ihren eigenen »Wecker«. Das haben die Wissenschaftler um Maria Mittag in einer Studie gezeigt (Original-Publikation unter: doi.org/10.1104/pp.17.00349).

Im vergangenen Jahr wurde der Nobelpreis für Medizin oder Physiologie an Jeffrey C. Hall, Michael Rosbash und Michael W. Young vergeben. Die drei Amerikaner forschen seit den 1980er Jahren zur Chronobiologie. Warum wurden sie jetzt mit einem Nobelpreis gewürdigt?

Fast jeder Organismus auf der Welt ist Licht-Dunkel-Zyklen unterworfen und die Anpassung daran ist mit Vorteilen verbunden – in Zeiten, in denen rund jeder Vierte Schichtarbeit nachgeht, eine wichtige Erkenntnis. Wenn die innere Uhr aus dem Takt gerät, können Schädigungen auftreten. Betroffene sind nicht nur müde, sondern auch anfälliger für Krankheiten. Man sieht inzwischen größere Zusammenhänge zwischen den circadianen Rhythmen und dem Befinden des Organismus. Es war an der Zeit, die Wissenschaftler zu würdigen, die das erste Uhren-Gen charakterisiert und entscheidend zum Verständnis des molekularen Mechanismus der inneren Uhr beigetragen haben.

Was bedeuten diese Erkenntnisse für die Medizin?

Dass man die innere Uhr für die Behandlung nicht außer Acht lassen sollte: Studien haben gezeigt, dass Patienten verschiedene Medikamente zu bestimmten Tageszeiten besser vertragen, da die Eiweiße, welche an der Aufnahme der Medikamente, ihrer Verteilung und ihrem Abbau beteiligt sind, von der inneren Uhr kontrolliert sein können. So wurde beispielsweise die sogenannte Chronotherapie auch bei der Behandlung bestimmter Krebsarten eingeführt, vor allem um Nebenwirkungen von Medikamenten zu verringern.

Momentan wird innerhalb der EU die Abschaffung der Sommerzeit wieder einmal heiß diskutiert. Was bedeutet die Zeitumstellung für den Organismus?

Im Grunde ist die Zeitumstellung eine Art Mini-Jetlag für den Körper. Das Aktivitätsprofil des Menschen wird dadurch gestört und muss sich neu synchronisieren. Zahlreiche Menschen sind dadurch belastet, sogar anfälliger für depressive Verstimmungen, auch die Zahl der Unfälle steigt. Andere stecken die Umstellung gut weg und haben keinerlei Probleme.

Was denken Sie über die Abschaffung der Sommerzeit?

Biologisch betrachtet wäre es sinnvoller, die Uhrzeit beizubehalten, um nicht Millionen Menschen dieser Störung ihres circadianen Rhythmus' auszusetzen. Mindestens genauso störend wie die Zeitumstellung ist es aber zum Beispiel, Handys oder bestimmte LED-Lampen um die Mitternachtszeit zu nutzen. Das Blaulicht, das sie ausstrahlen, verschiebt besonders effizient die Phase unserer inneren Uhr, macht uns dadurch nachts wach und am Tag müde. ■



Chronobiologie

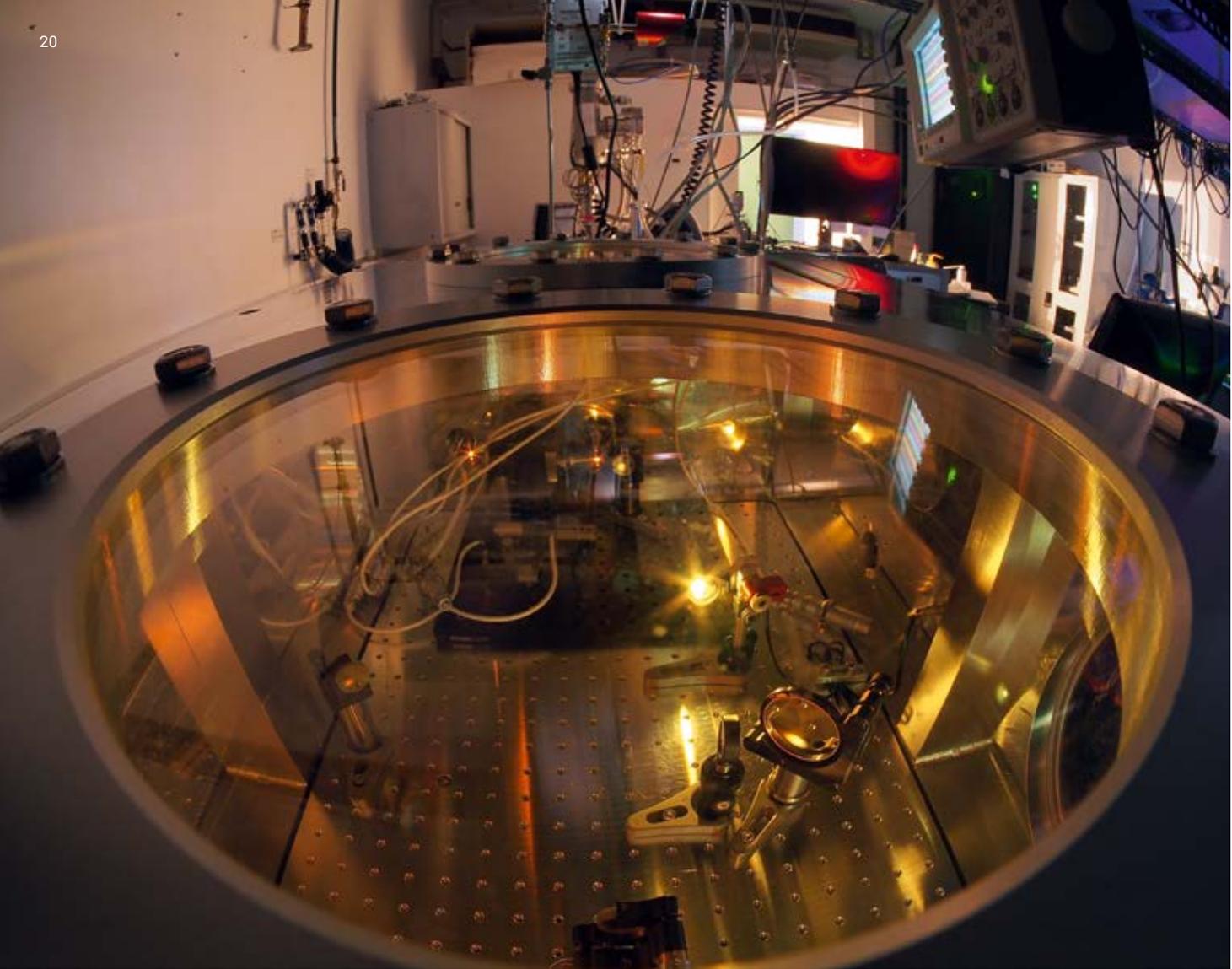
Die Chronobiologie untersucht **biologische Rhythmen** wie die innere Tagesuhr, sie beschreibt und erforscht also die Zeitstruktur von Lebewesen. Deren Organisation vollzieht sich in einem präzisen zeitlichen Raster periodisch sich wiederholender Vorgänge oder physiologischer Rhythmen; der Mensch und viele andere Organismen verfügen über einen **circadianen Rhythmus** – einen Tagesrhythmus, der im Freilauf ungefähr 24 Stunden lang ist. Dieser wird gesteuert durch den **endogenen Oszillator** der inneren Uhr. Dass Blattbewegungen der Pflanzen einem circadianen Rhythmus folgen, haben Gelehrte schon seit dem 18. Jahrhundert beobachtet – erstmals an der Mimose, die sowohl bei Licht-Dunkel-Experimenten als auch in steter Dunkelheit zur gleichen Zeit ihre Fiederblättchen zusammenfaltete (subjektive Nacht) und wieder öffnete (subjektiver Tag).

Algen und Licht

Das Verhalten von Algen ist vielfach lichtgesteuert. Sie nutzen **Licht als Informationsquelle**, um ihre innere Uhr zu synchronisieren, ihre Bewegungen zu steuern oder für ihren sexuellen Zyklus. Weiterhin brauchen sie **Licht als Energiequelle** bei der Fotosynthese. Jene ist ein physiologischer Prozess, bei dem höhere Pflanzen, Algen sowie einige Bakterien energiereiche Stoffe wie Kohlendioxid und Wasser in energiereiche Stoffe mit Hilfe von Licht umwandeln – wobei Sauerstoff als Nebenprodukt freigesetzt wird.

Bedeutung von Algen

Algen inklusive den Blaualgen (Cyanobakterien) erbringen etwa die Hälfte der **Fotosyntheseleistung** und leisten damit etwa 50 Prozent der **CO₂-Fixierung** auf der Erde. Die Algen (Phytoplankton) stehen zudem am Anfang der **Nahrungskette** im Meer und Süßwasser: Sie werden vom Zooplankton gefressen, das wiederum Krebstierchen als Nahrung dient, die dann von Fischen gefressen werden können.



Chemische Reaktionen in Superzeitlupe

Viele chemische Prozesse verlaufen so schnell, dass bisher nur ihr ungefährender Ablauf bekannt ist. Die verfügbaren Methoden, um sie zu analysieren, sind einfach viel zu langsam, um die entscheidenden ultrakurzen Momente einzufangen. Einem Team von Physikern aus München und Jena ist es jetzt gelungen, zwei verschiedene Spektroskopietechniken zu kombinieren, um so einen wesentlichen Teilaspekt chemischer Prozesse, die Ionisierung von Atomen, mit der Genauigkeit von einigen Trillionstel-Sekunden (Attosekunden) sichtbar zu machen und sogar zu kontrollieren. Diese Pump-Probe-Spektroskopie erstellt Momentaufnahmen, die sich zu einem Film in Superzeitlupe zusammenfügen lassen. Die neue Technik soll helfen, Prozesse wie die Fotosynthese besser zu verstehen oder schnellere Computerchips zu entwickeln.

TEXT: ANJA WAGNER

Mit Hilfe von Lichtenergie verwandeln grüne Pflanzen, Algen und Bakterien Kohlendioxid in energiereiche Biomoleküle und Sauerstoff. Dieser Prozess ist als Fotosynthese seit mehr als 200 Jahren bekannt und wissenschaftlich bereits intensiv erforscht: Ausgangsstoffe, Reaktions- und Zwischenprodukte sind

aufgeklärt, ebenso die Abfolge der chemischen Teilreaktionen.

Vergleichsweise wenig ist dagegen bekannt über die elementaren Prozesse, die sich in den an der Fotosynthese beteiligten Molekülen in den Pflanzenzellen abspielen. »Wir wissen, dass während der Fotosynthese, aber auch

bei zahlreichen anderen fotochemischen Reaktionen, Atome oder Moleküle ionisiert werden«, berichtet Junior-Professorin Dr. Birgitta Bernhardt. »Doch der Ablauf der Ionisierungsreaktionen ließ sich bislang nicht vollständig verfolgen.« Der Grund: Diese Reaktionen, bei denen Elektronen aus Atomen oder

Bild links zeigt eine der drei Vakuumkammern an der TU München, in der die isolierten Attosekunden-Lichtblitze erzeugt werden.
Bild rechts: Junior-Professorin Dr. Birgitta Bernhardt in ihrem Jenaer Labor am Institut für Angewandte Physik.



Molekülen herausgerissen werden, können extrem schnell ablaufen. Sie dauern nur wenige Femto- oder Attosekunden (Trillionstel-Sekunden). Das ist eine so unvorstellbar kurze Zeitspanne, dass sie Physiker oft mit einem eindrucksvollen Vergleich umschreiben: Eine Attosekunde verhält sich zu einer Sekunde wie die Sekunde zum Alter des Universums – und das ist fast vierzehn Milliarden Jahre alt.

Molekülkino im Laserlabor: Aus 300 Femtosekunden werden 35 Minuten

Einem Wissenschaftlerteam um die 37-jährige Physikerin vom Institut für Angewandte Physik und Kollegen von der Technischen Universität München ist es nun erstmals gelungen, ultraschnelle Ionisierungsprozesse in zuvor nicht möglichem Detailreichtum sichtbar zu machen. Wie sie im renommierten Fachmagazin *Nature Communications* schreiben, nutzen die Forscher dazu die sogenannte Pump-Probe-Spektroskopie und das gleich in doppelter Ausführung. Bei dieser Methode wird die

Probe, in diesem Fall das Edelgas Krypton, von einem ultrakurzen Laserpuls angeregt und damit die Ionisierung in Gang gesetzt. Ein zweiter, zeitversetzter Laserpuls fragt dann den Zustand des Prozesses ab.

»Wir messen so die Änderung der Absorption und die Ionenerzeugung im Edelgas in Abhängigkeit der Zeitverzögerungen dieser zwei Pulse«, erläutert Birgitta Bernhardt. Durch Wiederholungen der Messung mit unterschiedlichen Zeitverzögerungen ergeben sich viele einzelne Momentaufnahmen, die zu einem Video zusammengesetzt werden. Aus über 70 solcher Schnappschüsse hat das Forscherteam eine Videosequenz von rund 35 Minuten Länge erstellt, die in Echtzeit gerade einmal 300 Femtosekunden dauert.

Mit der Kombination der beiden Messtechniken können die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler nun nicht nur ultraschnelle Ionisierungsprozesse aufzeichnen. Durch die Variation der Intensität des zweiten, abfragenden Laserpulses können sie auch die Ionisierungsdynamik gezielt kontrollieren und auf diese Weise beeinflussen. »Die-

se Kontrolle ist ein sehr starkes Instrument«, erklärt Bernhardt. »Wenn wir schnelle Ionisierungsprozesse genau nachvollziehen und sogar beeinflussen können, lernen wir viel Neues über lichtgesteuerte Prozesse wie die Photosynthese – gerade über jene ersten Momente, die diese komplexe Maschinerie in Gang setzen und die bislang kaum verstanden sind.«

Silizium kontrolliert ionisieren zu können, verspricht bessere Computerchips

Auch für die Entwicklung neuer, schnellerer Computerchips, in denen die Ionisierung von Silizium eine wesentliche Rolle spielt, ist die von Bernhardt und ihren Kollegen entwickelte Technik interessant. Kann man Ionisierungszustände von Silizium innerhalb eines so kurzen Zeitfensters nicht nur abfragen, sondern auch kontrolliert setzen – wie es die ersten Experimente am Krypton nahelegen – könnten Wissenschaftler dies vielleicht einmal nutzen, um neuartige und noch schnellere Computertechnologien zu entwickeln. ■

Original-Publikation

Ultrafast Quantum Control of Ionization Dynamics in Krypton. *Nature Communications* (2018), DOI: 10.1038/s41467-018-03122-1

Kontakt

Jun.-Prof. Dr. Birgitta Bernhardt
Institut für Angewandte Physik
Albert-Einstein-Straße 6, 07745 Jena

Telefon: +49 36 41 9-47 818
E-Mail: Birgitta.Bernhardt@uni-jena.de
www.iap.uni-jena.de



Weltrekord mit Kurzpuls laser

Nachwuchsphysiker Michael Müller hat im vergangenen Jahr den weltweit leistungsstärksten Ultrakurzpulsfaserlaser gebaut – und belegte im Februar mit der Vorstellung dieser Forschungsergebnisse auf der Konferenz »Fiber Lasers XV: Technology and Systems« in den USA den zweiten Platz bei den Best Student Paper Awards. Wer seinen Rekord brechen könnte? »Momentan wohl nur ich selbst«, glaubt der Doktorand am Institut für Angewandte Physik.

TEXT: JULIANE DÖLITZSCH

Michael Müller ist 27 Jahre alt, Doktorand am Institut für Angewandte Physik – und hält momentan den Weltrekord für den leistungsstärksten Ultrakurzpulsfaserlaser. In der Arbeitsgruppe „Fiber and Waveguide Lasers“ (Faser- und Wellenleiterlaser) von Prof. Dr. Jens Limpert beschäftigt sich der junge Physiker seit drei Jahren mit der Erzeugung kurzer Laserpulse.

Grund abzuheben ist das für Müller nicht: »Es gibt eine große Zahl Forschungsgruppen, die sich mit der Entwicklung von Hochleistungslasern beschäftigen, doch wir verfolgen aktuell das erfolgreichste Konzept zur Leistungsskalierung«, begründet er.

Rekorde sind an der wissenschaftlichen Tagesordnung

Deswegen wird er es nach eigener Aussage wohl selbst sein, der den Weltrekord bricht: »Vielleicht in ein, zwei Jahren, wenn meine Kollegen und ich das nächste Lasersystem entwickelt haben.« Was ihm der Rekord bedeutet? Auch da ist der gebürtige Heiligenstädter, der bereits sein Bachelor- und Masterstudium an der Uni Jena absolviert hat, abgeklärt: »In einem sich so rasant entwickelnden Feld wie der Laserforschung stellen Wissenschaftler ständig die alten Ergebnisse in den Schatten. Da gibt es öfter mal Weltrekorde«, grinst er. Im Experiment ist es dem Nachwuchswissenschaftler und seinen Kollegen gelungen, einzelne Laserstrahlen durch Ausnutzung der Welleneigenschaften des Lichts zu überlagern. Dadurch konnte er Lichtpulse mit nur 220 Fem-

tosekunden (10^{-15} Sekunden) Dauer bei einer Durchschnittsleistung von 1,9 kW erzeugen und das bei bestmöglicher Qualität des Laserstrahls – eine noch nicht da gewesene Kombination.

Um so viel Lichtleistung in so kurzen Pulsen zu generieren, streckte er ein klassisches Faserlaserexperiment und verwendete mehrere Glasfasern, 16 an der Zahl. Denn eine optische Faser allein ist zu klein für so viel Energie, sie geht durch nichtlineare Effekte entweder kaputt oder der Puls wird zu lang. Dank der Kombination der 16 Laserstrahlen sind jedoch »ultrakurze Pulse in einem sehr schönen Laserstrahl« entstanden.

»Die technische Umsetzung, um nichtlineare und thermische Störeffekte zu umgehen, ist weit schwieriger als die Physik dahinter«, berichtet Müller, »da steckt der Teufel im Detail.« Das nächste Limit: »Bei noch höheren Leistungen ist der Laserstrahl in der Luft nicht mehr zu propagieren, dann können anschließende Versuche nur im Vakuum stattfinden.«

Was so theoretisch und weit entfernt von der Lebenswelt klingt, ist durchaus nah an der Realität. Bei der Erzeugung von kohärenter Röntgenstrahlung, der Mikroskopie winzig kleiner Strukturen und der Inspektion von Computerchips spielen ultrakurze Laserpulse eine große Rolle. Sicher nicht zuletzt aufgrund dieser Relevanz seiner Ergebnisse gewann der Jenaer Doktorand im Februar auf der internationalen Optik- und Photonikmesse »SPIE.Photonics West« in San Francisco einen Best Student Paper Award. Bei der Sub-Konferenz »Fiber Lasers XV: Technology and Systems«

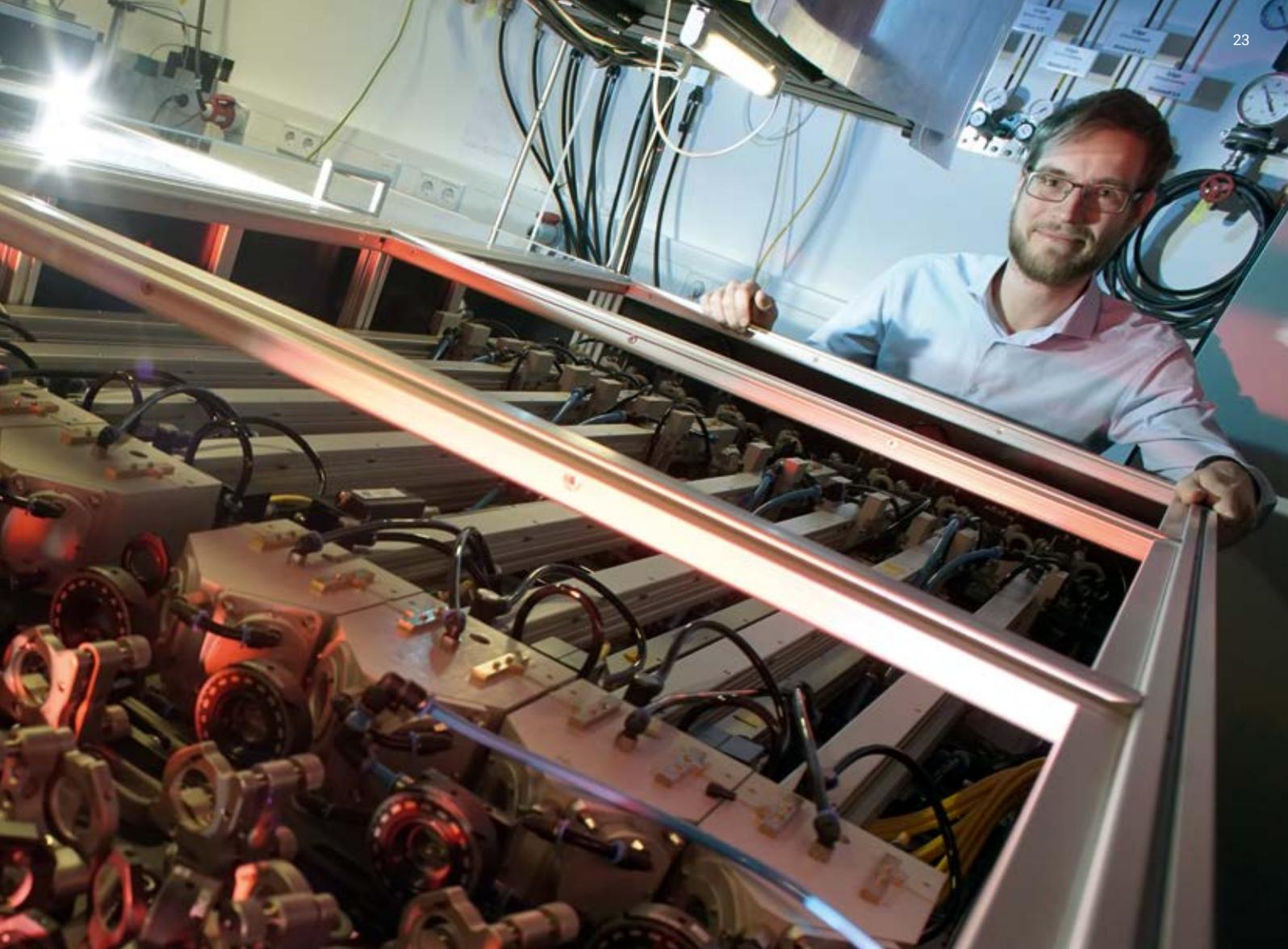


belegte er mit seiner Forschungsarbeit den zweiten Platz.

Schaulaufen der Laserkonstrukteure: Wer hat den besten?

Zu großen Konferenzen zu fahren, gehört für den Physiker nicht nur zum Wissenschaftsbetrieb, sondern auch zu den Höhepunkten desselben. Ein- bis zweimal im Jahr packt er darum seinen Koffer und fährt auf eine Messe – angefangen bei San Francisco in den USA, über Wien und München bis hin zu Nagoya in Japan. Das Ganze gleiche einem großen Schaulaufen: »Alle zeigen, was sie haben. Die große Frage ist, wer hat den besten Laser?«

Vorträge vor bis zu 100 etablierten Wissenschaftlern zu halten, findet er zwar immer noch aufregend, doch, wie so vieles, ist das Gewöhnungssache. Immerhin ist die Möglichkeit, das eigene Thema zu präsentieren, die Voraussetzung für einen Preis und Wahrnehmung in der Wissenschaftswelt. Überhaupt sei



die Messeatmosphäre etwas ganz Besonderes. »Bei so vielen Wissenschaftlern gibt es ständig neue Denkanstöße und so viele geniale und manchmal auch einfache Ideen. Da ärgert man sich manchmal, dass man nicht selbst darauf gekommen ist«, sagt Müller lachend. Gemeinsam mit seinen Kollegen grübelt der Thüringer schon über den kommenden Versuch. Statt wie zuletzt Laserpulse durch 16 Glasfasern mit 16 einzelnen Glaskernen zu senden, könnte er sich vorstellen, in einem nächsten Schritt nur einen Glasstab mit einer beliebigen Zahl an Faserkernen zu verwenden. »So wird das ganze System kleiner und es lässt sich kompakt integrieren.«

Eine Karriere in der Wissenschaft wäre Müllers großer Wunsch – wobei er der Zukunft entspannt entgegenseht. »Bis jetzt hat sich auch immer eine Tür geöffnet, die gut zu meinen Vorstellungen passte und in die ich reingehüpft bin. Ich hoffe einfach, dass es so spannend weitergeht.«

Bevor er nun seine Dissertation über den Ultrakurzpulsfaserslaser schreibt, möchte er selbst noch mit diesem experimentieren und »den kurzen Puls noch kürzer machen.« Sein Ziel ist es, noch mehr Spitzenleistung zu erzeugen, und das spornt ihn an – ob auf der Konferenz in den USA oder im heimischen Labor in Jena. ■

Weltrekordhalter Michael Müller und sein aus 16 Verstärkermodule bestehendes Lasersystem mit kohärenter Strahlkombination. Der 27-Jährige ist Doktorand am Institut für Angewandte Physik. Ziel seiner wissenschaftlichen Arbeit ist jedoch nicht allein die Jagd nach Rekorden. Er will leistungsstarke Kurzpuls laser entwickeln, die Anwendung in der Mikroskopie oder Herstellung von Computerchips und der Grundlagenforschung finden.



Weiterführende Information unter:
www.iap.uni-jena.de/fiber_waveguide+lasers.html

Kontakt
 Michael Müller, Prof. Dr. Jens Limpert
 Institut für Angewandte Physik
 Albert-Einstein-Str. 15, 07745 Jena

Telefon: +49 36 41 9-47647, +49 36 41 9-47811
 E-Mail: michael.mm.mueller@uni-jena.de,
 jens.limpert@uni-jena.de
www.iap.uni-jena.de



Zeichnen mit leuchtender Luft

Das Erfassen von Objekten in 3D ist technisch kein Problem mehr – ihre dreidimensionale Darstellung hingegen schon. Denn meist bedarf es für ihre Betrachtung entweder einer speziellen Brille oder man muss sich doch mit einem zweidimensionalen Bild auf einer flachen Oberfläche begnügen. Jenaer Physiker haben nun eine Methode entwickelt, durch die sie mit Laserstrahlung Körper im Raum darstellen können.

TEXT: SEBASTIAN HOLLSTEIN

Gemeinsam stehen die Mitarbeiter des Architekturbüros zusammen und sprechen über ein Projekt. In ihrer Mitte leuchtet eine dreidimensionale Abbildung des geplanten Gebäudes. »Verleg doch mal den Eingangsbereich zehn Meter nach links und den Fahrstuhl in den Ostflügel – vielleicht bleibt dann etwas mehr Platz für eine größere Terrasse«, sagt einer von ihnen. Der angesprochene Kollege bewegt seine Hände schwebend wie ein Dirigent durch den Raum, woraufhin sich die virtuellen Mauern des Modells verschieben und an anderer Stelle neu zusammensetzen. Zugegebenermaßen ist diese kurze Episode erfunden. Architekten grübeln heute nach wie vor entweder vor großen Papierbögen mit Konstruktionszeichnungen, betrachten zweidimensionale Abbildungen auf einem Bildschirm oder setzen Entwürfe in aufwendig hergestellten Modellen um. Doch was heute noch nach Science-Fiction klingt,

kann in ein paar Jahren schon alltägliches Werkzeug für viele Berufsgruppen sein.

Zumindest wenn es nach Prof. Dr. Stefan Nolte vom Institut für Angewandte Physik geht. Gemeinsam mit seinen Kollegen Dr. Robert Kammel und Dr. Roland Ackermann entwickelt er in der Arbeitsgruppe »Ultrafast Optics« eine neue Technologie zur Darstellung dreidimensionaler Objekte im Raum – eingebunden in das Projektkonsortium »3Dsensation«. »In dieser Allianz wollen wir gemeinsam mit Partnern aus verschiedenen Wissenschaftsbereichen Technologien entwickeln, die die Interaktion zwischen Mensch und Maschine verbessern und so die Lebens- und Arbeitswelten der Zukunft positiv beeinflussen«, erklärt Stefan Nolte die Vision von »3Dsensation«. Grundsätzlich dafür sei es dabei, dreidimensionale Objekte auch tatsächlich in 3D darstellen zu können.

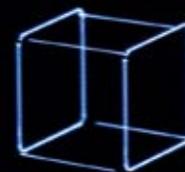
»Es gibt heute schon eine Menge Möglichkeiten, Gegenstände in 3D zu erfassen und Koordinaten zur dreidimensionalen Darstellung zu erzeugen. Mediziner wenden entsprechende Bildgebungsverfahren inzwischen tagtäglich an«, erklärt Robert Kammel. »Doch bislang ist es kaum möglich, diese Informationen adäquat in 3D wiederzugeben. Meist müssen wir uns dann doch mit einem zweidimensionalen Bild auf einer flachen Oberfläche begnügen oder aber die Bilder werden mithilfe von Displays erzeugt und können nur mit besonderen Brillen betrachtet werden.«

Unsichtbarer Laser ionisiert die Luft – Spiegel bewegen schnellen Lichtpunkt

Im Rahmen des Projektes »DiRLas – Untersuchungen zur Visualisierung von 3D-Objekten im freien Raum mittels Laser« haben Nolte, Kammel und Ackermann nun eine vielversprechende Methode entwickelt. Sie nutzen dafür einen Femtosekundenlaser, also einen Laser, der sehr kurze Laserpulse emittiert. Sein Licht bewegt sich im Infrarotbereich und ist für das menschliche Auge nicht sichtbar. Den Laserstrahl fokussieren die Wissenschaftler mit einer Optik auf einen bestimmten Punkt in der Luft. Dort ist seine Intensität nun so hoch, dass er Luftmoleküle ionisiert und sie somit auseinanderreißt. Elektronen trennen sich ab; ein Plasma entsteht. Sobald die Elektronen aber zurückkeh-

Bild links: Noch ist die dreidimensionale Darstellung von komplexen Objekten im freien Raum eine Zukunftsvision, die technischen Grundlagen sind aber bereits gelegt.

Bild rechts: Für kleine Objekte, wie diesen Würfel mit einer Kantenlänge von etwa einem halben Zentimeter, funktioniert das Verfahren, an dem Physiker des Instituts für Angewandte Physik und Kollegen des Fraunhofer-Instituts für Angewandte Optik und Feinmechanik arbeiten, bereits sehr gut. Die Jenaer Forscher werden bei ihren Projekten vom Bund gefördert.



ren und wieder zusammenfinden, senden sie sichtbares Licht aus. Mithilfe von Scannertechnik – also beweglichen Spiegeln – lässt sich dieser Lichtpunkt schließlich bewegen. Tut man das mit hoher Geschwindigkeit, dann erscheinen dreidimensionale Strukturen. Wie diese jeweils aussehen sollen, geben Computerdaten vor. »Vereinfacht gesagt bringen wir Luft zum Leuchten, um dann damit zu zeichnen«, sagt Roland Ackermann. Neben Luft haben die Jenaer Wissenschaftler auch verschiedene andere Gase ausprobiert, um herauszufinden, ob sich dadurch hellere Linien erzeugen lassen. Das Edelgas Argon etwa wäre besser geeignet. »Doch Luft hat einen großen Vorteil: Sie verlangt keine besondere Umgebung«, sagt Kammel.

Nachdem die Physiker in den vergangenen drei Jahren die Grundlagen für die neue Methode geschaffen haben, gilt es nun, sie weiterzuentwickeln und für die Praxis vorzubereiten. So sind die erzeugten 3D-Bilder bisher noch sehr klein. Der Würfel aus leuchtenden

Linien beispielsweise hat eine Kantenlänge von fünf Millimetern. Das wollen die Forscher im Rahmen des kürzlich gestarteten Folgeprojektes »EiM3D – eigen-haptische Manipulation ausgedehnter 3D-Strukturen im Raum« ändern. Dafür wollen sie einen – vom Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik entwickelten – adaptiven Spiegel mit einer verformbaren Oberfläche verwenden, der dabei hilft, die Lichtpunkte extrem schnell in die Tiefe abzulenken. Bisher müssen dafür noch Linsen mechanisch bewegt werden, was die Größe der darstellbaren Strukturen begrenzt und die Bilderzeugung ausbremst.

3D-Bilder sollen sich mit Gesten frei im Raum bewegen lassen

Außerdem konzentrieren sich die Forscher in den kommenden anderthalb Jahren auf eine zusätzliche Funktion, die über die reine Abbildung weit hinausgeht: »Gemeinsam mit dem Fraun-

hofer-Institut für Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut in Berlin entwickeln wir derzeit eine Steuerung, durch die wir die 3D-Bilder mit Gesten bewegen können«, erklärt Roland Ackermann. »Dabei erfasst ein Kamerasystem Handbewegungen, leitet die Informationen an den Computer weiter, der sie dann zur Veränderung der 3D-Struktur verwendet. Es entsteht ein interaktives Bildsystem.« Bewege man etwa die Hand auf den Würfel zu, so könne man ihn feinfühlig und berührungslos verschieben. Anwendungen, wie im Architekturbüro, könnten so Realität werden.

»Bis wir soweit sind, dass kompakte Systeme mit dieser Technologie in Büros oder Praxen stehen, dürften zwar mindestens noch fünf bis zehn Jahre ins Land gehen«, schätzt Robert Kammel. »Denn dafür müssen wir das System noch viel effizienter gestalten und beispielsweise die Anforderungen an den Laser senken.« Doch über die »Fiction« sei man schon weit hinaus. ■



Weiterführende Information unter:

www.3d-sensation.de

www.iap.uni-jena.de/Ultrafast+Optics.html

Kontakt

Prof. Dr. Stefan Nolte
Institut für Angewandte Physik
Albert-Einstein-Str. 15, 07745 Jena

Telefon: +49 36 41 9-47 820
E-Mail: stefan.nolte@uni-jena.de
www.iap.uni-jena.de

Laserstrahl trifft antike Tontafeln

Sie waren ein gängiges Kommunikationsmittel im antiken Zweistromland: Tontafeln, in die die Menschen vor mehr als 5 000 Jahren in Keilschrift ihre Texte ritzen. Alltagskorrespondenz, aber auch wissenschaftliche und literarische Texte sind so bis heute erhalten. Allein die Hilprecht-Sammlung der Universität Jena umfasst mehr als 3 000 Stücke. Diese wertvollen Zeugnisse sind in den vergangenen Jahren mittels Lasertechnik digitalisiert worden und werden in Kürze im Internet frei zugänglich sein.

TEXT: STEPHAN LAUDIEN

Sie sind Zeugnisse einer längst vergangenen Zeit, die Keilschrifttafeln aus dem Zweistromland. Zeugnisse, die zum Erbe der Menschheit gehören wie die Pyramiden von Gizeh oder die Tempel der Maya. Eine bedeutende Kollektion dieser Keilschrifttafeln und weitere Artefakte trug der deutsch-amerikanische Gelehrte Hermann Volrath Hilprecht (1859-1925) zusammen, die als Hilprecht-Sammlung Vorderasiatischer Altertümer heute zu den wertvollsten Sammlungen der Jenaer Universität gehört. In Deutschland ist die Hilprecht-Sammlung die zweitgrößte ihrer Art, nur übertroffen von der Sammlung im Vorderasiatischen Museum in Berlin. Auch weltweit braucht sich die Sammlung nicht zu verstecken: Wesentlich mehr Objekte gibt es weltweit nur in wenigen Sammlungen etwa in Bagdad, London, Paris, Philadelphia oder Yale.

Zu Hause in der Jenaer Hilprecht-Sammlung – frei verfügbar in der ganzen Welt

»Wir wollen die Sammlung nicht verstecken, sondern sie digital jedermann zugänglich machen«, sagt Prof. Dr. Manfred Krebernik. Der Inhaber des Lehrstuhls für Altorientalistik ist gewissermaßen der Herr über die Hilprecht-Sammlung, die etwa 3300 Exponate umfasst. Ein Teil der Exponate ist bereits auf dem Internet-Portal »cdli« (Cuneiform Digital Library Initiative) zugänglich. Diese Website ist ein gemeinsames Projekt der University of California, Los Angeles, der University of Oxford und des Max-Planck-Instituts für Wissenschaftsgeschichte in Berlin. Erfasst werden sollten ursprünglich nur die

Prof. Dr. Manfred Krebernik studiert eine der über 3 000 Keilschrifttafeln der Jenaer Hilprecht-Sammlung.



ältesten Keilschrifttexte aus dem 4./3. Jahrtausend v. Chr., die betreffenden Stücke der Hilprecht-Sammlung wurden bereits 1999/2000 auf konventionelle Weise eingescannt.

In Kooperation mit dem Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte (MPI) in Berlin wurde 2009 damit begonnen, die gesamte Sammlung mittels 3D-Scans zu digitalisieren. Der Anstoß für das aufwendige Projekt kam während eines Forschungsaufenthaltes Prof. Kreberniks am MPI. »Die Initiative ging von Peter Damerow aus«, sagt Manfred Krebernik. Der 2011 verstorbene Wissenschaftshistoriker sei äußerst interessiert an den Keilschrifttexten gewesen. Denn die Hilprecht-Sammlung ist im Vergleich zu anderen etwas Besonderes: Sie enthält zahlreiche wissenschaftliche und literarische Texte, darunter mehrere Vorläufer des Gilgamesch-Epos und den ältesten bekannten Stadtplan der Welt. Dieser Stadtplan von Nippur aus dem späten zweiten Jahrtausend vor Christus gehört zu den wertvollsten Exponaten der Sammlung. »Die Stadt Nippur war eine der bedeutendsten Siedlungen im Zweistromland vor Babylon«, sagt Prof. Krebernik. In Nippur befand sich das Kultzentrum des höchsten sumerischen Gottes Enlil, zudem muss es dort viele maßgebliche Schreiberschulen gegeben haben, denn die weitaus meisten uns erhaltenen sumerischen Literaturwerke stammen aus Nippur. Der Inhalt vieler der dort gefundenen Tontafeln lässt den Schluss zu, dass sie dem Studium der Keilschrift und der alten Traditionen dienten.

Im Jahr 1889 begann ein Team der Universität von Pennsylvania – dem Hermann Hilprecht als Philologe angehörte – mit den Ausgrabungen. Zahlreiche Fundstücke gelangten ins Kaiserlich-Osmanische Museum in Istanbul, das heutige Archäologische Museum (Istanbul Arkeoloji Müzesi). Hilprecht, der mit der Familie des Museumsgründers Osman Hamdi Bey befreundet war, erwarb zahlreiche Stücke oder erhielt sie geschenkt. Er hinterließ seine Sammlung 1925 der Universität Jena. Dort wurde sie durch Stücke ergänzt, die der Botaniker Heinrich Carl Haussknecht von seinen Forschungsreisen mitgebracht hatte und die der Orientalist Arthur Ungnad erworben hatte. Außer Keilschrifttafeln, die den weitaus größten Bestandteil der Sammlung ausmachen, umfasst sie archäologische Kleinfunde aus dem alten Orient (z. B. Terrakotten, Nadeln, Griffel und andere Geräte), sogenannte Zauberschalen mit Beschwörungen in aramäischer Sprache sowie osmanische Wandfliesen.

Die Artefakte werden mit einem speziellen 3D-Scanner erfasst. Dabei lesen zwei Laserstrahlen parallel die Oberfläche ab, wobei mehrere Aufnahmen gemacht werden. Mit Hilfe ei-

Eine etwa 3 700 Jahre alte Keilschrifttafel wird gescannt. Die Tontafel enthält eine mathematische Tabelle und stammt aus der Stadt Nippur im heutigen Irak.

nes Computerprogramms fügen die Wissenschaftler sodann die Einzelbilder zu einer 3D-Ansicht zusammen. Ein aufwendiges Verfahren. Bei den ersten Objekten gab es technische Probleme, etwa wenn sie zu tiefe Löcher aufwiesen. Wie Prof. Krebernik erläutert, können solche Leerstellen durch das immer weiter verbesserte Programm ergänzt werden.

Der Zustand der Artefakte ist unterschiedlich: Es gibt große Stücke und andere, die aus zahlreichen Bruchstücken bestehen. Manfred Krebernik sagt, dass sich der Erhaltungszustand der Tontafeln zudem verändert. Hohlräume im Inneren oder Kristalle erhöhen die Bruchgefahr – die Tafeln werden tatsächlich nur mit Handschuhen angefasst.

Für Forscher und wissbegierige Laien – umfangreiche Metadaten ergänzen die Digitalisate

Scanner und Software werden vom MPI zur Verfügung gestellt. Die Technik liefert hochauflösende Digitalisate, die bis zu fünf Gigabyte Datenvolumen haben. Für die Online-Präsentation werden die Originaldateien heruntergerechnet, damit sie schneller geladen werden. Die Originale können jedoch heruntergeladen werden.

Für die Jenaer Sammlung wird eine eigene, mit cdli verlinkte Online-Datenbank aufgebaut. Sie wird neben den 3D-Scans auch ältere Fotografien sowie zahlreiche Metadaten wie Inventarnummern, Maße, Datierungen, Objektbeschreibungen, Fundorte, Textumschriften und Sekundärliteratur enthalten. Die Erstellung der Datensätze ist aufwendig, auch muss streng darauf geachtet werden, dass die Zuordnung von Scan-Dateien und Metadaten korrekt und up-to-date ist. Bei der Bearbeitung ergibt es sich zuweilen, dass zwei oder mehr Bruchstücke zueinander passen. Waren sie bis dahin einzeln verzeichnet und eingescannt worden, so müssen nun ein neuer Scan und ein neuer Datensatz nebst Querverweisen erstellt werden. Insgesamt sollen etwa 3000 Objekte digital erfasst werden, sagt Manfred Krebernik. Ein großer Teil der Arbeit ist bereits geschafft, etwa 2500 Objekte sind eingescannt, doch für die Metadaten und für die Programmierung der Online-Datenbank sind noch einige Anstrengungen erforderlich. Ende 2019 soll das Projekt beendet sein. Die Schätze der Hilprecht-Sammlung werden dann weltweit für die Forschung und wissbegierige Laien digital verfügbar sein. Die wissenschaftliche Edition der Texte wird allerdings länger dauern; derzeit sind drei Bände der Reihe »Texte und Materialien der Hilprecht Collection« in Vorbereitung bzw. im Druck. ■



Weiterführende Information unter:
<https://hilprecht.mpiwg-berlin.mpg.de>
<http://sammlungen.uni-jena.de>
<https://cdli.ucla.edu/>

Kontakt

Prof. Dr. Manfred Krebernik
 Institut für Orientalistik, Indogermanistik, Ur-
 und Frühgeschichtliche Archäologie
 Zwätzengasse 4, 07743 Jena

Telefon: +49 36 41 9-44 871
 E-Mail: manfred.krebernik@uni-jena.de
www.oriindufa.uni-jena.de

Jenas Weg zur Lichtstadt

Die Tür zum Mikrokosmos aufgestoßen, hat die Entwicklung der Mikroskopie. Wissenschaftler nahezu sämtlicher naturwissenschaftlicher Disziplinen nutzen heute eine Vielzahl mikroskopischer Methoden. Wichtige Grundlagen dafür sind in Jena gelegt worden. Carl Zeiß, Ernst Abbe und Otto Schott gelten bis heute als Pioniere der Mikroskopie.

TEXT: SEBASTIAN HOLLSTEIN

Die erfolgreiche Zusammenarbeit von Wissenschaft und Industrie prägt nicht nur im 21. Jahrhundert den Weltruf der Lichtstadt Jena – sie hat ihn auch begründet. Beispielgebend stehen für die optische Forschung und Industrie in Jena zwei Namen: Carl Zeiß und Ernst Abbe. Ersterer, 1816 in Weimar geboren, eröffnete am 17. November 1846 eine eigene Werkstatt für Feinmechanik und Optik, nachdem er zuvor in Jena beim Hofmechanikus Friedrich Körner gelernt und an der hiesigen Universität einige Vorlesungen besucht hatte. Schnell nahm er auch Mikroskope in seine Angebotspalette auf. Motiviert hatte ihn dazu der Jenaer Botaniker Matthias Jacob Schleiden. Schleiden wies zum ersten Mal nach, dass Pflanzenteile aus Zellen bestehen, begründete die Zellbiologie mit und unterstrich dadurch die Dringlichkeit, bessere Mikroskope für die Wissenschaft zu entwickeln. Zeiß' Instrumente erfuhren schnell große Nachfrage – auch über die Grenzen des

Großherzogtums Sachsen-Weimar-Eisenach hinaus. Mit den Geschäftsbeziehungen wuchs sowohl das Unternehmen als auch der Anspruch an die Geräte. Zeiß wollte nicht mehr durch Probieren die richtige Kombination von Linsen für eine Mikroskop-Optik herausfinden (präbeln), sondern durch Berechnungen. Bei der Umsetzung dieser Idee unterstützte ihn ein 24 Jahre jüngerer Physiker: Ernst Abbe.

Herstellung von Mikroskopen revolutioniert – optische Forschung etabliert

Der gebürtige Eisenacher hatte unter anderem an der Universität Jena Physik, Astronomie und Philosophie studiert, dort schließlich habilitiert und ab 1863 als Privatdozent gelehrt. 1870 bekam er eine Professur. Vier Jahre zuvor hatten Zeiß und Abbe ihre Zusammenarbeit beschlossen und innerhalb weniger Jahre erste Erfolge verbucht:

Sie konnten den Herstellungsprozess durch spezialisierte Arbeitsteilung effizienter gestalten. Anschließend entwickelte der Wissenschaftler Prüfmethoden und Messgeräte, die ihm bei der Berechnung der Optiken helfen sollten. Stetige Forschung führte schließlich zu einer Theorie der Bildentstehung im Mikroskop, die Abbe und Zeiß gemeinsam in der Praxis umsetzten. Forscher und Geschäftsmann revolutionierten so die Herstellung von Mikroskopen, begründeten den Weltruf ihres Unternehmens – Abbe war inzwischen zum Teilhaber geworden – und etablierten die optische Forschung an der Jenaer Universität.

Einen Anteil am Erfolg hatte auch der Glasfabrikant Otto Schott. Der aus dem Ruhrgebiet stammende Chemiker, der an der Universität Jena promoviert wurde, eröffnete 1884 ein glastechnisches Labor in Jena, das für das Unternehmen Carl Zeiss moderne und qualitativ hochwertige optische Gläser entwickelte und später auch produzierte.

Die drei Pioniere legten mit ihrer Arbeit nicht nur den Grundstein für die optische Forschung, wie sie seit Ende des 19. Jahrhunderts in Jena gepflegt wird. Die neuen Möglichkeiten in der Mikroskopie eröffneten auch anderen Disziplinen neue Welten, beispielsweise der Biologie, wie Schleiden es angeregt hatte.

So schätzten die Naturforscher Charles Darwin und Ernst Haeckel die Instrumente aus dem Hause Zeiss. Zudem bereitete die Kooperation den Boden für immer wieder neue Innovationen. Beispielsweise entwickelten August Köhler und Henry Siedentopf – beide Mitarbeiter der Firma Zeiss und Professoren an der Universität Jena – das Fluoreszenzmikroskop, wodurch sie die Basis für neue Erkenntnisse und Methoden im Bereich der Biochemie und der medizinischen Diagnostik schufen. ■

Ernst-Abbe-Denkmal am Fürstengraben in Jena mit der Formel für die Auflösungsgrenze eines Lichtmikroskops.



»Wir wollen uns ein Bild machen.«

Biophysiker Prof. Dr. Christian Eggeling hat sich der hochauflösenden Fluoreszenzmikroskopie verschrieben. Damit schaut er Proteinen und anderen Molekülen live bei ihren Interaktionen zu. Diesem Verfahren verdankt er schon so manch faszinierenden Einblick in lebende Zellen – und eine Einladung zur Nobelpreisverleihung 2014 nach Stockholm.

INTERVIEW: UTE SCHÖNFELDER

Herr Eggeling, warum ist die Mikroskopie für die Wissenschaft so wichtig?

Wir Menschen sind visuelle Wesen. Wir wollen etwas sehen, wollen uns sprichwörtlich ein Bild von einer Sache machen. Erst dann wird sie für uns glaubhaft. Und das gilt natürlich insbesondere für die Forschung. Man kann mit den präzisesten Messmethoden noch so detaillierte Daten erheben und daraus Wissen generieren – erst wenn wir eine bildliche Darstellung vor Augen haben, können wir andere wirklich von etwas überzeugen.

Was können Forscher mit heutigen Fluoreszenzmikroskopen entdecken?

Zum Beispiel Proteine und andere Moleküle in lebenden Zellen. Bis vor wenigen Jahren war es nicht möglich, praktisch zuschauen zu können, wie diese miteinander interagieren. Heute können wir live dabei sein, wenn menschliche Immunzellen Krebszellen erkennen und attackieren. Vor allem können wir die dabei ablaufenden molekularen Abwehrmechanismen direkt beobachten, indem wir die beteiligten Proteine und ihre Strukturen abbilden und sehen können.

Wodurch sind diese Fortschritte möglich geworden?

In den zurückliegenden Jahren sind die Optiken der Fluoreszenzmikroskope immer besser geworden, ebenso die Laser und die gesamte Technik. Den entscheidenden Sprung hin zur superauflösenden Mikroskopie hat uns aber nicht nur die Physik, sondern auch die Chemie beschert: dank neuer Fluoreszenzfarbstoffe. Angestoßen hat diese Fortschritte Stefan Hell mit seinen Überlegungen, dass die einst von Ernst Abbe postulierte Auflösungsgrenze eines Lichtmikroskops durch die Verwen-

dung geeigneter Fluoreszenzmarker durchbrochen werden kann. Das hat sich inzwischen standardmäßig experimentell durchgesetzt.

Was besagte die Auflösungsgrenze?

Abbe hatte Ende des 19. Jahrhunderts festgehalten, dass sich zwei Punkte mit einem konventionellen Lichtmikroskop räumlich nicht mehr auflösen lassen, die weniger als 200 Nanometer voneinander getrennt sind. Dies ist durch die Welleneigenschaft und die Fokussierung des für die Beobachtung eingesetzten Lichts und dessen daraus resultierende Beugung bedingt. Moleküle und Zellbestandteile, die kleiner sind, lassen sich mit einem normalen optischen Mikroskop also nicht abbilden.

Mit der hochauflösenden Fluoreszenzmikroskopie aber schon?

Ja, die Proteinstrukturen, die uns interessieren, sind deutlich kleiner als 100 Nanometer. Um diese sichtbar zu machen, arbeiten wir mit der Möglichkeit, die zur Molekülmarkierung eingesetzten Fluoreszenzfarbstoffe mittels Laserstrahlung an- und abzuschalten. Damit wird das effektive fluoreszierende Beobachtungsfeld auf Größenordnungen kleiner als 200 Nanometer reduziert und somit die Auflösung entsprechend verbessert. Das war wirklich ein Durchbruch, für den Hell 2014 den Nobelpreis im Fach Chemie bekam.

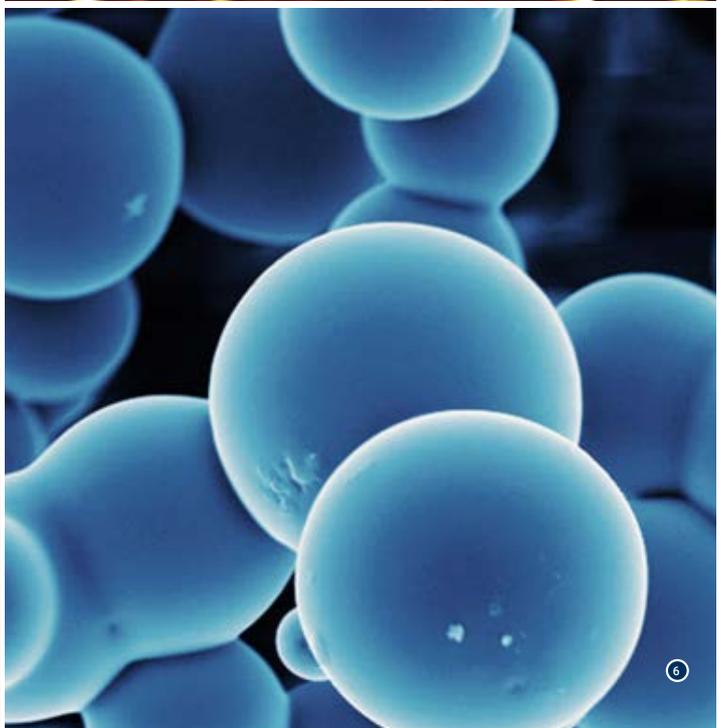
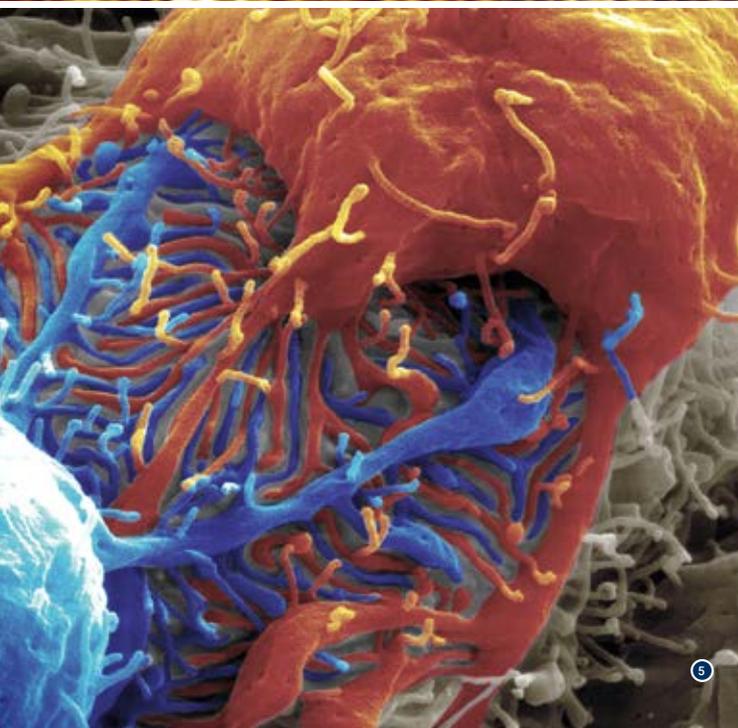
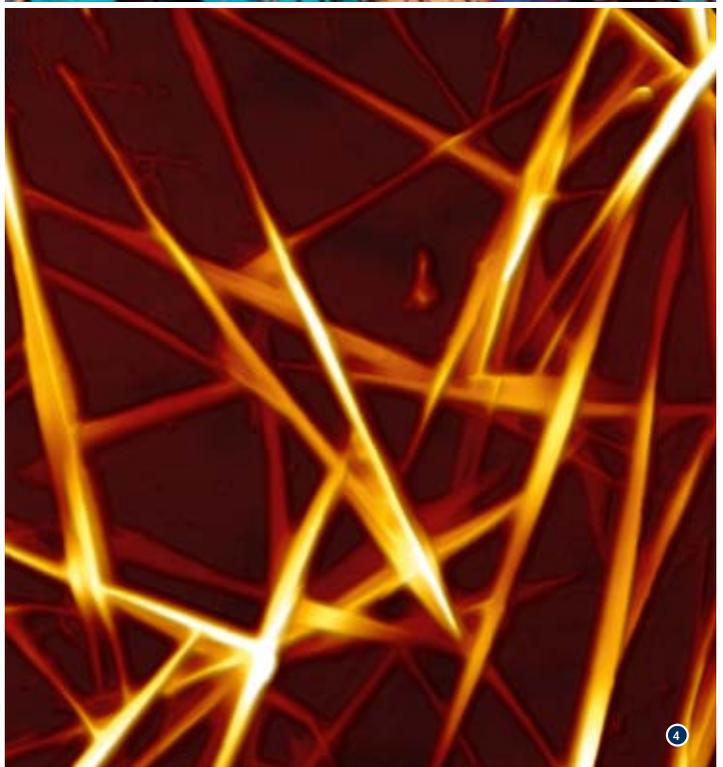
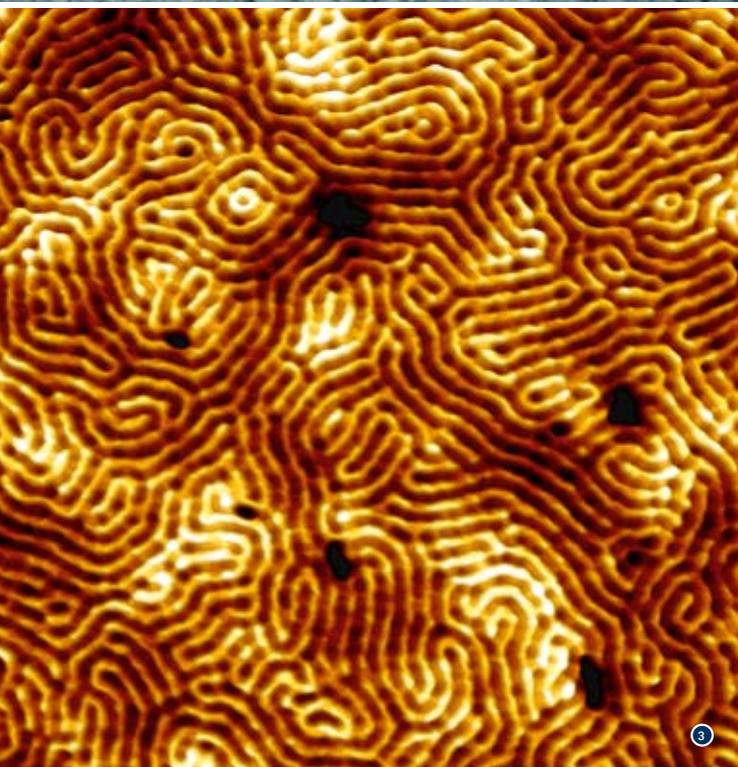
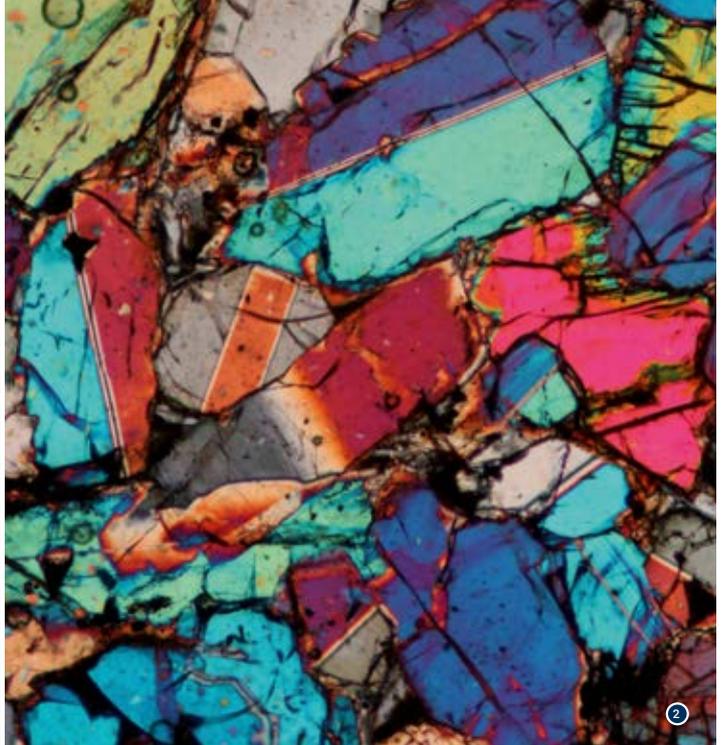
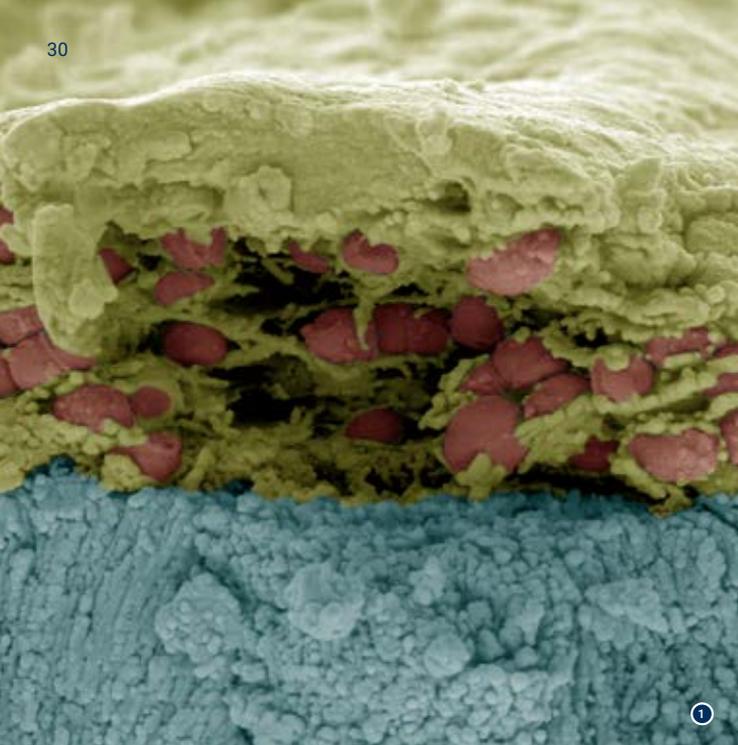
Und an dem Sie auch Anteil hatten!

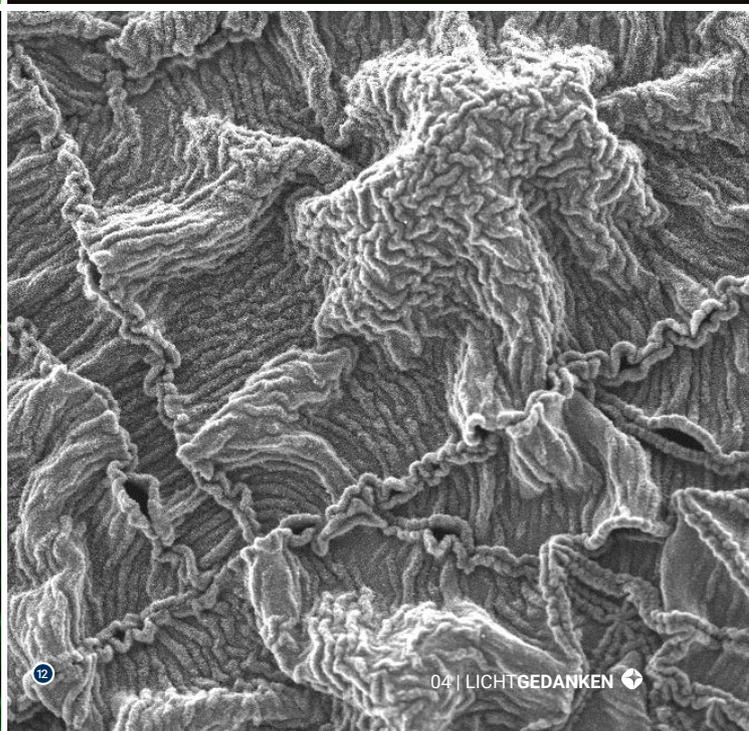
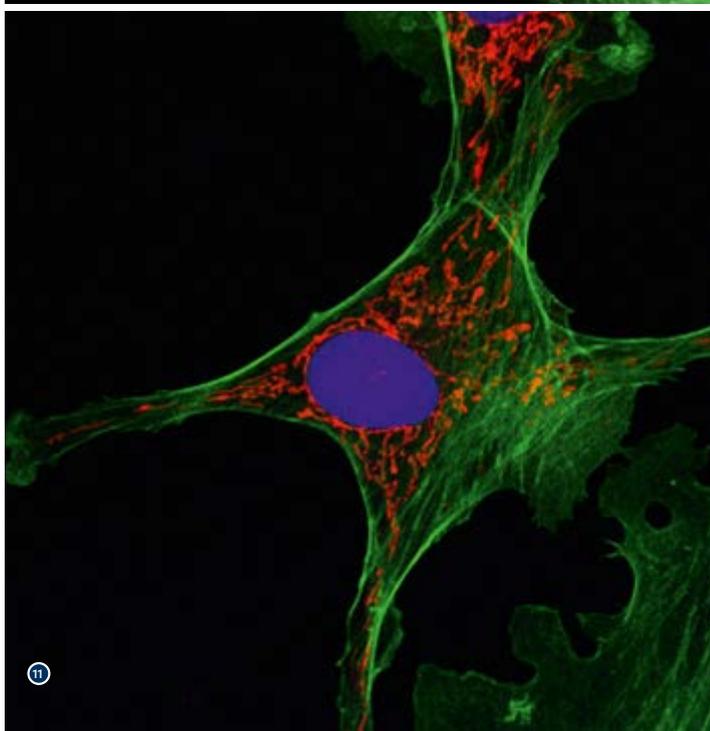
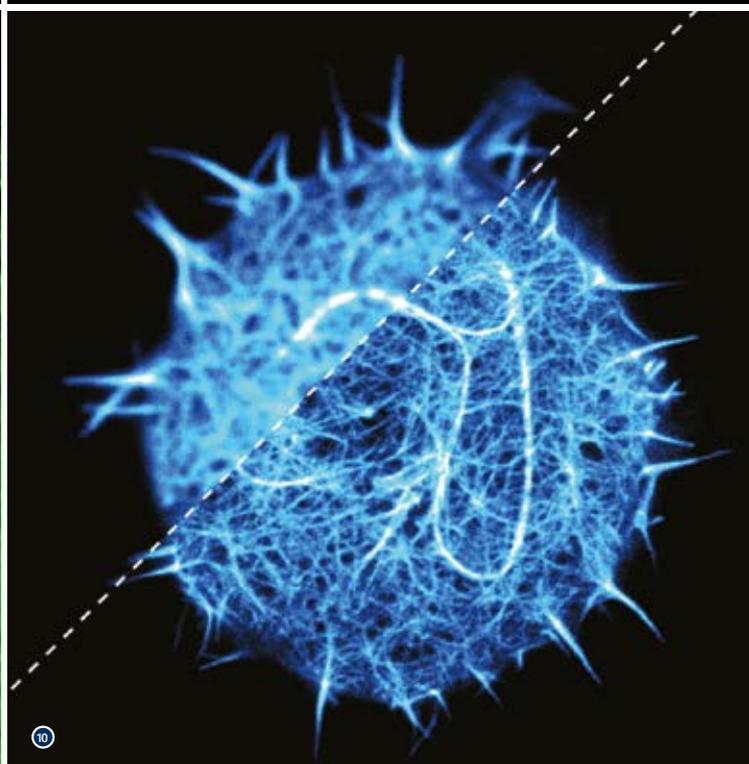
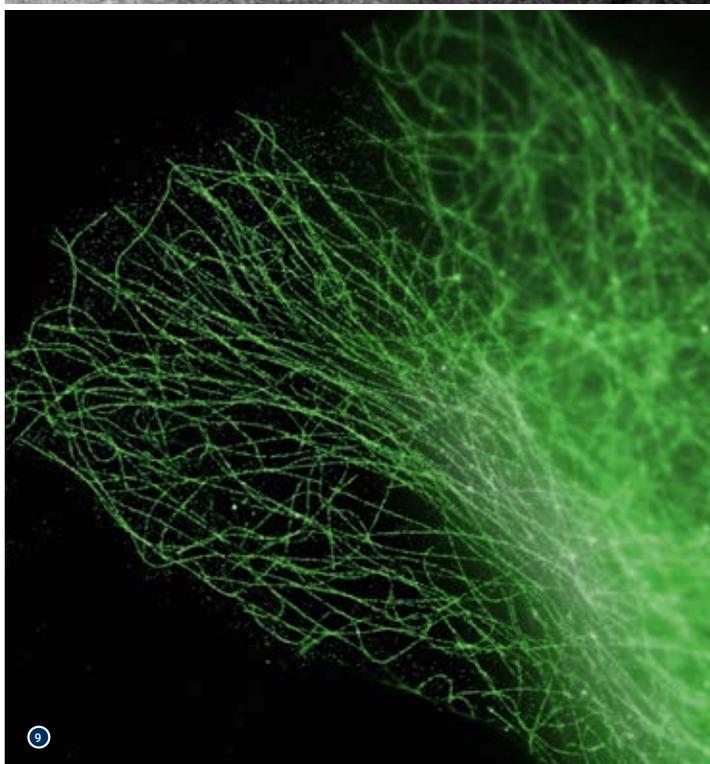
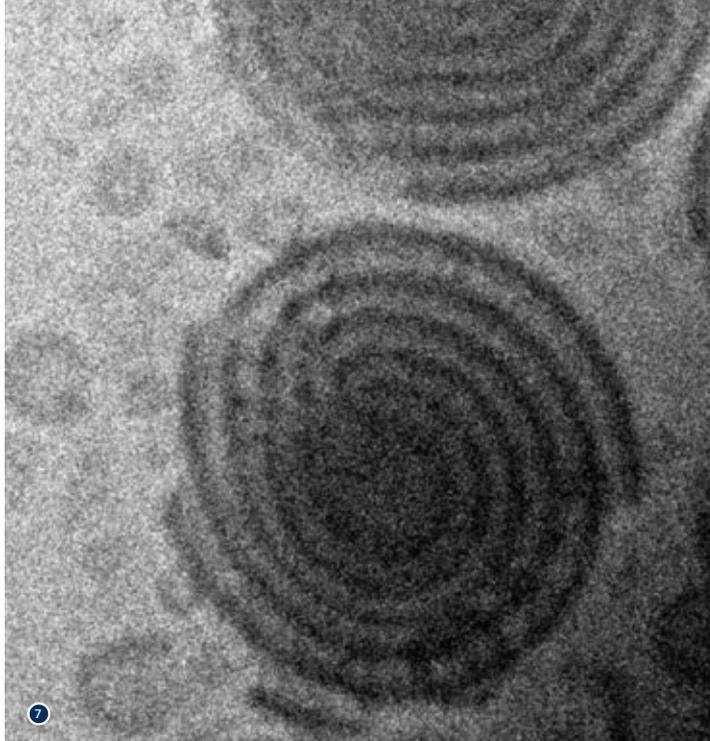
Ja, durchaus (*lacht*). Ich habe von 2003 bis 2012 in der Arbeitsgruppe von Hell in Göttingen gearbeitet und mit ihm und anderen Forschern die Methodik weiterentwickelt und in die Anwendung gebracht. Als er die Nachricht vom Nobelpreis erhielt, hat er mich nach Stockholm zur Preisverleihung eingeladen. Und als er die Medaille dann vom

schwedischen König überreicht bekam, da war ich selbst schon auch ein bisschen stolz! Das war ein sehr berührendes Erlebnis. ■



Prof. Dr. Christian Eggeling möchte die sogenannte STED-Mikroskopie (engl: Stimulated Emission Depletion) für neue Anwendungen nutzbar machen, beispielsweise für die direkte Diagnostik von Krankheiten an Patienten. Während seiner Zeit im Labor des späteren Nobelpreisträgers Stefan Hell in Göttingen hat er das hochauflösende Verfahren mitentwickelt. Eine mittels STED-Mikroskopie gemachte Aufnahme hat Eggeling zur Fotogalerie auf den folgenden Seiten beige-steuert (Nr. 10 auf S. 31).





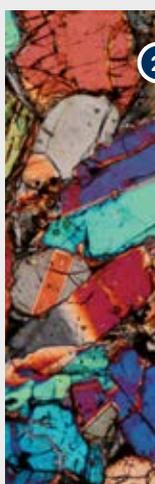
Fenster in den Mikrokosmos

Physiker und Materialwissenschaftler, Geologen und Biologen, Pharmazeuten und Mediziner nutzen Mikroskope, um winzige Strukturen sichtbar zu machen und zu untersuchen. Dabei spielt die klassische Lichtmikroskopie von Ernst Abbe und Carl Zeiß heute meist nur noch eine Nebenrolle. Stattdessen liefern hochauflösende Fluoreszenzmikroskopieverfahren Einblicke in lebende Zellen und Gewebe oder lassen Elektronenmikroskope detailreiche Abbilder belebter oder unbelebter Mikrowelten entstehen. Was dem bloßen Auge verborgen bleibt, zeigt die LICHTGEDANKEN-Bildergalerie auf den vorhergehenden Seiten.



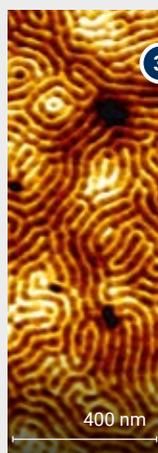
1 Zahnbelag

Die kolorierte rasterelektronenmikroskopische Aufnahme zeigt einen Biofilm aus bakteriellem Zahnbelag in 10 000-facher Vergrößerung. Zu sehen ist der Biofilm im Querschnitt (hellgrün und rot) auf einer Zahnoberfläche (grau). Die Dicke des Biofilms beträgt ca. 10 Mikrometer (0,01 Millimeter). Aufgenommen von Dr. Sandor Nietzsche/Elektronenmikroskopisches Zentrum des Universitätsklinikums Jena



2 Meteorit

Die Aufnahme zeigt einen Dünnschliff des Nakhla-Meteoriten unter dem Polarisationsmikroskop. Dieser Mars-Meteorit ist 1911 in Ägypten vom Himmel gefallen und besteht aus rund 1,3 Milliarden altem magmatischen Gestein. Es wird vermutet, dass Nakhla durch einen Asteroideneinschlag auf dem Mars ins All geschleudert und vor mehr als 100 Jahren von der Erde »eingefangen« wurde. Die Breite des gezeigten Ausschnitts beträgt etwa einen Millimeter. Aufgenommen von Prof. Dr. Falko Langenhorst/Lehrstuhl für Analytische Mineralogie der Mikro- und Nanostrukturen



3 Blockcopolymer

Die rasterkraftmikroskopische Aufnahme zeigt die Struktur eines lamellar-nanostrukturierten Diblockcopolymers bestehend aus Polystyrol und Polydimethylsiloxan. Mittels dieser nanostrukturierten Polymeroberflächen soll die Adsorption von Eiweißen an Materialoberflächen gezielt gesteuert werden, um diesen neue Eigenschaften zu verleihen, z. B. für die Biosensorik. Die Breite des gezeigten Ausschnitts beträgt etwa 1,5 Mikrometer (0,0015 Millimeter). Aufgenommen von Xiaoyuan Zhang/Lehrstuhl für Materialwissenschaft.

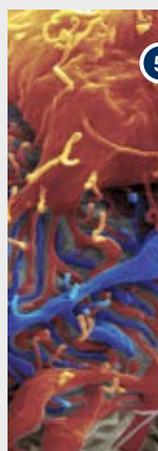
400 nm



4 Fasernetzwerk

Auf dieser rasterkraftmikroskopischen Aufnahme ist die Struktur eines Eiweiß-Netzwerkes aus denaturiertem Fibrinogen und Fibronectin zu sehen. Nanofasern haben viele potenzielle Anwendungen in der Materialwissenschaft und der Medizintechnik, etwa bei der Herstellung künstlicher Organe und Gewebe. Die Breite des gezeigten Ausschnitts beträgt rund 25 Mikrometer (0,03 Millimeter). Aufgenommen von Christian Helbing/Lehrstuhl für Materialwissenschaft

8 µm



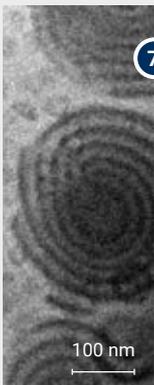
5 Nierenzellen

Die kolorierte rasterelektronenmikroskopische Aufnahme zeigt Zellen der Nierenkörperchen (Podozyten) einer Maus in 10 000-facher Vergrößerung. Die Zellen (orange und blau) sind über verzweigte Fortsätze miteinander verschränkt. In den Lücken zwischen den Fortsätzen befindet sich die Filtrationsbarriere der Niere. Die Größe der Zellkörper beträgt jeweils rund 6 Mikrometer (0,006 Millimeter). Aufgenommen von Dr. Sandor Nietzsche/Elektronenmikroskopisches Zentrum des Universitätsklinikums Jena



6 Hydrogel-Kügelchen

Das Bild zeigt eine kolorierte rasterelektronenmikroskopische Aufnahme eines dreidimensionalen Verbundes von Hydrogel-Partikeln. Die Kügelchen haben einen Durchmesser von rund 10 Mikrometern (0,01 Millimeter) und bestehen aus Polyoxazolin. Hydrogele können im Inneren ihrer Polymerstruktur große Mengen Wasser aufnehmen und speichern. Ihre Struktur verleiht ihnen zudem gewebeähnliche mechanische Eigenschaften. Aufgenommen von Steffi Stumpf/Jena Center for Soft Matter



7 Nanopartikel

Die kryo-elektronenmikroskopische Aufnahme zeigt schneckenartig aufgewickelte Mizellen aus Blockcopolymeren in wässriger Lösung, die sich durch Selbstorganisation gebildet haben. Der Durchmesser der Mizellen beträgt rund 200 Nanometer (0,2 Mikrometer bzw. 0,0002 Millimeter). Aufgenommen von Dr. Stephanie Höppener/Jena Center for Soft Matter



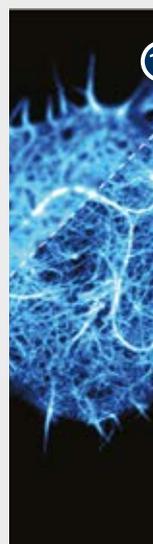
8 Kopf einer Fliege

Einblick in den Rachenraum einer Taufliege (*Drosophila melanogaster*) gibt diese mittels eines Lichtschichtmikroskops gemachte Aufnahme. Dabei wird die Probe seitlich von einem etwa einen tausendstel Millimeter schmalen verschiebbaren »Lichtkeil« durchstrahlt. Der Kopf ist einen halben Millimeter groß. Aufgenommen von Ulrich Leischer/Abteilung Mikroskopie, Leibniz-Institut für Photonische Technologien



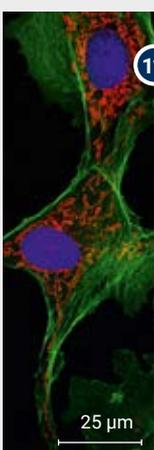
9 Zytoskelett

Die fluoreszenzmikroskopische Aufnahme zeigt sogenannte grüngefärbte Mikrotubuli. Das sind Eiweiß-Filamente des Zytoskeletts von Zellen, die zu ihrer Stabilität beitragen. Die Aufnahme vergleicht zwei mikroskopische Methoden. In der rechten Bildhälfte ist die Zelle wie mit einem gängigen Weitfeldfluoreszenzmikroskop aufgenommen dargestellt, während die linke Bildhälfte das Resultat hochauflöser Lokalisationsmikroskopie dSTORM (direct Stochastic Optical Reconstruction Microscopy) ist. Die Breite des gezeigten Ausschnitts beträgt etwa 40 Mikrometer (0,04 Millimeter). Aufgenommen von Patrick Then/Abteilung Mikroskopie, Leibniz-Institut für Photonische Technologien



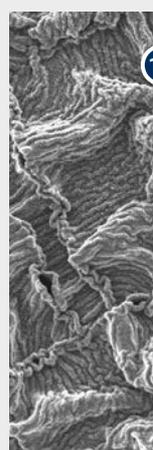
10 Immunzelle hochaufgelöst

Hochaufgelöste Aufnahme von fluoreszenzmarkierten Aktinfilamenten (Strukturproteine, blau) in weißen Blutkörperchen (T-Lymphozyten) in Suspension. Gezeigt ist eine 3D-Rekonstruktion aus gescannten Bilderstapeln. Links oben: Aufnahmen mit einem konfokalen Laserscanningmikroskop; rechts unten: Aufnahmen mittels hochauflöser STED-Mikroskopie (Stimulated Emission Depletion). Der Lymphozyt hat einen Durchmesser von etwa 10 Mikrometern (0,01 Millimeter). Aufgenommen von Marco Fritzsche/Mathias Clausen, AG Christian Eggeling/Institut für Angewandte Optik



11 Endothel-Zelle

Die fluoreszenzmikroskopische Aufnahme zeigt eine mit verschiedenen Farbstoffen eingefärbte Endothelzelle, die die Blutgefäße von innen auskleidet. Die Fluoreszenzfarbstoffe sind so gewählt, dass sie einzelne Zellbestandteile spezifisch einfärben. Auf der Aufnahme ist der Zellkern blau, die Zellmembranen grün und das Zytosol rot gefärbt. Die Zelle hat einen Durchmesser von etwa 50 Mikrometern (0,05 Millimeter). Aufgenommen von Martin Reifarh/Jena Center for Soft Matter



12 Katalysatorschicht

Die rasterelektronenmikroskopische Aufnahme zeigt eine Katalysatorschicht aus aktiviertem Nickelazetat. Durch Mikrowellenstrahlung wird eine Schicht aus Nickelazetat soweit erwärmt, dass dichte »Teppiche« aus kleinen Metallnanopartikeln entstehen. Diese können z. B. verwendet werden, um Kohlenstoffnanoröhren zu synthetisieren. Der gezeigte Ausschnitt hat eine Breite von etwa 50 Mikrometern (0,05 Millimeter). Aufgenommen von Almut Schwenke/Jena Center for Soft Matter

Nachtschicht unterm Sternenhimmel

In einem Waldstück nahe Großschwabhausen, abgeschirmt vom nächtlichen Leuchten der Lichtstadt Jena, betreibt die Universität ihre Sternwarte. Exoplaneten, junge Sternhaufen, Doppelsterne und gigantische Schwarze Löcher stehen hier in beinahe jeder klaren Nacht unter Beobachtung. Die Astrophysiker Markus Mugrauer und Susanne Hoffmann haben unsere Autorin bei ihrer Arbeit über die Schulter und durch das Spiegelteleskop in den Himmel schauen lassen. Was sie dort entdeckt hat, berichtet sie in dieser Reportage.

TEXT: UTE SCHÖNFELDER

Es ist ein lauer Frühlingsabend kurz nach Ostern. Gegen 19 Uhr erhellte die Sonne noch gleißend den Horizont, als ich von Jena aus Richtung Westen fahre. Ich passiere Remderoda und komme nach etwa zehn Kilometern in Großschwabhausen an. Die kleinen Ortschaften liegen ruhig und abgeschieden auf einer Anhöhe, dem Himmel schon ein gutes Stück näher als Jena in seinem Talkessel. Ländliche Idylle, frische Luft, Stille.

Ich rufe mir die Wegbeschreibung von der Website der Sternwarte in Erinnerung: Von der Landstraße sollte ein Weg abzweigen, der zur Sternwarte führt. Das Navigationsgerät zeigt mir trotzdem nur grüne Fläche an. Mit einem mulmigen Gefühl biege ich links ab, folge einem kaum drei Meter breiten Weg, direkt in den Wald, dicht gesäumt von hohen Bäumen. Nach etwa dreihundert Metern: Erleichterung. Zwischen den Wipfeln, hinter denen gerade die Sonne untergeht, entdecke ich die Kuppel des runden gelbgetünchten Gebäudes, das auf einer kleinen Lichtung steht.

In der »blauen Stunde« beginnen die Astrophysiker ihren Arbeitstag

Eine akkurat geschnittene Hecke führt zum Eingang. Im Gebäude begrüßt mich Dr. Markus Mugrauer, der heute Nacht gemeinsam mit seiner Kollegin Dr. Susanne Hoffmann den Himmel beobachten wird. In der Abenddämmerung, der »blauen Stunde«, beginnt für die Astrophysiker der Arbeitstag. »Wetterbedingt können wir hier in etwa 120 Nächten pro Jahr beobachten«, sagt Mugrauer. Er selbst plant die angekündigte Schönwetterperiode in den kommenden drei Tagen voll auszunutzen.

Es ist Freitagabend, stutze ich kurz, ein Wochenende im Dienste der Wissenschaft also. Etwas Besseres lasse sich mit einer klaren Nacht doch gar nicht anfangen, sagt Mugrauer mit Nachdruck und hintergründigem Schmunzeln und beginnt sogleich zu schwärmen von den Beobachtungsbedingungen in Chile, wo er zeitweise lebt und die zurückliegenden Wochen verbracht hat. »Keine Wolke, kein Dunst, von Sonnenuntergang bis -aufgang. Das haben wir hier nur in einer Handvoll Nächten im Jahr.« Umso wichtiger sei es, die optimal zu nutzen.

Die Leidenschaft für die Sterne, aber auch für die unterschiedlichen Techniken zu ihrer Beobachtung, ist Mugrauer in beinahe jedem Satz anzumerken. Schon in der Grundschule habe er angefangen, Sterne zu beobachten, damals in der Volkssternwarte seiner Heimatstadt München. Vor 32 Jahren sei das gewesen, »in kosmischen Dimensionen keine lange Zeit.«

Während seine Kollegin im Kontrollraum die Beobachtungen vorbereitet, führt mich Markus Mugrauer ins Innere der Kuppel, das Herzstück des Observatoriums, in dem das 90-Zentimeter-Spiegelteleskop steht: fünf Meter hoch, 13 Tonnen schwer. Per Knopfdruck fährt Mugrauer die drehbare Kuppel in Position, unmittelbar danach öffnet sich das Dach mit lautem Rumpeln. Von draußen kommt jetzt kaum noch Licht, dafür dringt abendliches Vogelgezwitscher herein.

Mugrauer erklimmt eine Aluleiter und nimmt den großen Metalldeckel ab, der den Tubus des Teleskops verschließt, um es vor Staub und Insekten zu schützen. »Wir betreiben hier drei Teleskope auf einer Montierung«, erklärt er. Neben dem großen 90-Zentimeter-Spiegel gibt

es noch zwei kleinere: ein Spiegel-Teleskop mit 25 Zentimetern Durchmesser, ein sogenanntes Cassegrain-Teleskop, sowie ein Linsenfernrohr mit 20 Zentimetern Durchmesser.

Uni-Teleskop ließe sich auch von Hawaii aus steuern

Seit 56 Jahren ist die Uni-Sternwarte in Großschwabhausen in Betrieb, das Teleskop samt Spiegel seit dem »first light« 1962 noch im Originalzustand. »Nur die Antriebsmotoren sind mittlerweile erneuert worden«, erklärt Mugrauer. Während die Forscher in den 1960er Jahren das Fernrohr von einem knapp zwei Meter breiten Pult in der Kuppel aus steuerten, lasse sich das heute bequem vom beheizten Kontrollraum, ein Stockwerk tiefer, aus machen. »Oder von Hawaii aus«, scherzt Mugrauer. Im Prinzip könne man das Uni-Teleskop von jedem Ort der Erde aus steuern.

Im Schein der Taschenlampe nehmen wir jetzt jedoch die Treppe nach unten. Nur im Kontrollraum brennt Licht, alles andere würde die Beobachtungen stören. Es gibt Kaffee. Mugrauer nimmt seinen Platz ein, mehrere Rechner summen, vier Monitore stehen dicht nebeneinander. Susanne Hoffmann hat bereits mehrere Kalibrationsmessungen gestartet. Noch zeigen die Bildschirme neben jeder Menge Reglern und Koordinaten nur graues Rauschen an. »Wir nehmen zunächst verschiedene Vergleichsbilder auf«, erläutert die Astrophysikerin. So wird in der Dämmerung die homogene graue Fläche des Himmels aufgenommen, um die unterschiedliche Empfindlichkeit der verwendeten CCD-Dektoren korrigieren zu können. Aufgezeichnete Dunkelbilder registrieren



zudem die Eigensignale der lichtempfindlichen CCD-Detektoren, die bei der Verarbeitung der Daten berücksichtigt werden müssen.

Parallel dazu kalibriert Mugrauer den Échelle-Spektrografen. Das Teleskop wird derzeit im Nasmyth-Modus betrieben: Zusätzliche Spiegel im Strahlengang lenken dabei das Licht, das vom Hauptspiegel gesammelt wird, aus dem Tubus heraus und fokussieren es auf eine Glasfaser, die mit dem Spektrografen verbunden ist. Dort wird das Licht in seine Spektralfarben zerlegt und die Spektren der Sterne aufgezeichnet.

Sonnenuntergang löst Betriebsamkeit im Kontrollraum aus

Ich fühle mich erinnert an ein Flugzeugcockpit, in dem kurz vor dem Start sämtliche Instrumente gecheckt werden müssen – fast herrscht ein wenig Hektik auf der stillen, inzwischen vollkommen dunklen Waldlichtung. Immer wieder richtet sich Mugrauers Blick auf die Anzeige, die den Sonnenstand wiedergibt. Was für mich »vollkommene Dunkelheit« ist, reicht den Astrophysikern noch längst nicht. Mehrere Testaufnahmen mit dem Teleskop werden gemacht und die Signalstärke für unterschied-

liche Farbbereiche überprüft. Dann – endlich – steht die Sonne zwölf Grad unter dem Horizont, es herrscht »nautische Dunkelheit« und wir starten die erste Beobachtung.

Dabei handelt es sich um die spektroskopische Untersuchung eines Doppelsterns mit einem unaussprechlichen Namen, bestehend aus drei Buchstaben und einer sechsstelligen Zahl. Markus Mugrauer lässt mich die Koordinaten des Zielobjekts in den Rechner eingeben, zwei Mausklicks später setzen sich Teleskop und Kuppel über uns ratternd und rumpelnd in Bewegung und sind sicherlich weit durch den nächtlichen Wald zu hören. Nach wenigen Sekunden ist es wieder ruhig und auf dem Monitor erscheinen tatsächlich die ersten Sterne.

Ein Blick in die Übersichtskarte im Beobachtungshandbuch und Mugrauer hat unter den hellen Punkten, die nun den Bildausschnitt füllen, schnell unser Zielobjekt identifiziert. Das liegt einige Dutzend Lichtjahre entfernt inmitten des Sternbildes Giraffe. Giraffe? Susanne Hoffmann zeigt mir auf einer Abbildung die riesige Giraffe, die über dem Nordhimmel das ganze Jahr über zu beobachten ist. Ich sollte mein Wissen über Sternbilder dringend auffrischen,



Dr. Markus Mugrauer leitet die Uni-Sternwarte in Großschwabhausen.

Bild oben: Das 90-Zentimeter-Spiegelteleskop ist fünf Meter hoch, 13 Tonnen schwer und seit 1962 in Betrieb.





Der große Emissionsnebel »M42«, ca. 1 400 Lichtjahre von der Erde entfernt, im Sternbild Orion.

Diese Aufnahme ist ein Farbkompositbild, das mit der Schmidt-Teleskop-Kamera am 90-Zentimeter-Spiegelteleskop der Universitäts-Sternwarte in drei Filtern (B, V, R) aufgenommen wurde. Der Orionnebel ist eine Geburtsstätte von Sternen und nur wenige Millionen Jahre alt. Der Nebel wird durch massereiche Sterne zum Leuchten angeregt, die sich bereits in seinem Zentrum gebildet haben. Im Laufe der nächsten Millionen Jahre werden hier aus den Gasmassen viele weitere neue Sterne entstehen.



Letzte Handgriffe vor dem Start der Beobachtung: Dr. Markus Mugrauer prüft das kleine Cassegrain-Teleskop, das seitlich neben dem großen 90-Zentimeter-Spiegel montiert ist. Rechts unten ist zudem das Linsenfernrohr (Refraktor) zu sehen.

nehme ich mir vor. Doch schon geht es weiter: Nach einer kurzen Testaufnahme wird unser Doppelstern auf den Glasfaser-Eingang des Spektrografen justiert, Mugrauer passt den Stern dazu per Pfeiltasten in ein Fadenkreuz auf seinem Monitor ein. Ein weiterer Klick und die Aufnahme des ersten Spektrums läuft.

Während der Messung können wir den Stern flackernd und funkelnd in seinem Fadenkreuz beobachten. Doch halt, war nicht von einem Doppelstern die Rede? »Es handelt sich tatsächlich um mindestens zwei Sterne, die umeinander kreisen«, bestätigt Mugrauer, »die allerdings so dicht beieinander stehen, dass man sie von der Erde aus nur als einen Stern sieht.« Ziel der aktuellen Beobachtung sei es, die Umlaufparameter der beiden Himmelskörper sehr genau zu bestimmen. Wie schnell, wie exzentrisch, mit welcher Periode kreisen sie umeinander – all das lasse sich aus den spektralen Daten ermitteln. Im Laufe der Nacht werden Susanne Hoffmann und Markus Mugrauer noch etwa ein

Dutzend weiterer solcher Objekte ins Visier nehmen.

Beobachter arbeiten in Zweiertteams für sich und die Kollegen

Dabei folgen die Beobachter einem genauen Prozedere: Sämtliche aktuellen Forschungsprojekte sind im Beobachtungshandbuch, einem dicken Aktenordner, zusammengefasst. »Wir arbeiten im Servicemodus«, sagt Susanne Hoffmann. Das heißt, in jeder Beobachtungsnacht nimmt das Team vor Ort für sämtliche laufenden Projekte Bilder und Spektren auf. »Da sich die Beobachter abwechseln, ist jeder einmal an der Reihe, für sich und die Kollegen Daten aufzunehmen.« Aktuell sind etwa zehn Mitarbeiter und Studierende als wechselnde Beobachter im Einsatz, wobei immer zwei Personen pro Nacht die Sternwarte besetzen.

Eines der umfangreichsten aktuellen Projekte ist YETI, das die Jenaer Astrophysiker in Kooperation mit Partnern

rund um die Erde betreiben. YETI steht für »Young Exoplanet Transit Initiative« und sucht nach jungen Planeten in jungen offenen Sternhaufen. Die in Betracht kommenden Sterne werden über mehrere Wochen hinweg kontinuierlich beobachtet und ihre Helligkeit genau gemessen. Umkreist ein Planet einen Stern, kann er diesen, von der Erde aus gesehen bedecken, wobei sich die Helligkeit des Sterns vermindert.

Mit dieser Transit-Methode sind inzwischen Tausende Planeten gefunden worden, allerdings vor allem aber bei alten Sternen. Die Jenaer Astrophysiker suchen mit ihren Partnern in YETI jedoch nach jungen Planeten. Wobei jung in diesem Fall bedeutet: weniger als 10 Millionen Jahre alt. An ihnen lassen sich die heutigen Modelle der Planetenentstehung und -entwicklung überprüfen.

Während wir uns unterhalten, sind bereits mehrere Doppelsterne spektroskopiert worden. Dann – gut zwei Stunden nach Beginn – sind die Bedingungen erfüllt, das Teleskop auf ein ganz besonderes Objekt auszurichten. Am Himmel über Großschwabhausen steht OJ287. Markus Mugrauer macht eine Übersichtsaufnahme: Dutzende Lichtpunkte zeichnen sich darauf ab, unterschiedlich hell, unterschiedlich groß. Einer der zunächst unscheinbarsten ist unser Objekt. OJ287 – ein Quasar, ein quasi stellares Objekt, ist also gar kein Stern. »Es handelt sich dabei um den hell leuchtenden Kernbereich einer Galaxie mit einem der massivsten Schwarzen Löcher, das wir kennen.«

Mit 18 Milliarden Sonnenmassen ist es mehr als 4000 Mal massereicher als das schon enorm große Schwarze Loch im Zentrum unserer Milchstraße. Eine gigantische Akkretionsscheibe – eine ro-

Vom Kontrollraum aus steuern Dr. Susanne Hoffmann und Dr. Markus Mugrauer die Instrumente, das Teleskop sowie die Kuppel der Sternwarte. In mehr als 120 Nächten pro Jahr beobachten Astrophysiker der Uni Jena den Nachthimmel.



tierende Scheibe, die gewaltige Mengen Materie in sein Zentrum transportiert – umrundet diesen Koloss. Und als wäre das nicht schon spektakulär genug, wird dieses gewaltige Schwarze Loch von einem zweiten Schwarzen Loch umkreist. Auch dieser Begleiter ist mit etwa 150 Millionen Sonnenmassen ein Gigant. »Das Spannende an dieser Konstellation ist, dass sich daran die Gültigkeit von Albert Einsteins Allgemeiner Relativitätstheorie quasi beobachten lässt.« Markus Mugrauer ist in seinem Element. »ART« sagt er, wenn er die Allgemeine Relativitätstheorie meint. »Immer wenn das kleinere der beiden Schwarzen Löcher die Akkretionsscheibe des größeren durchläuft, kommt es zu enormen Helligkeitsausbrüchen, die sich von der Erde aus beobachten lassen und die exakt mit den durch die ART errechneten Vorhersagen übereinstimmen.«

Licht des Quasars wäre auch vom »Ende des Universums« sichtbar

Auch ohne Einstein und seine Allgemeine Relativitätstheorie bin ich beeindruckt: OJ287 befindet sich rund 3,5 Milliarden Lichtjahre von uns entfernt. Das Licht dieses winzigen Lichtpunk-

tes, das ich gerade auf dem kleinen Monitor sehe, ist seit 3,5 Milliarden Jahren hierher unterwegs. Unvorstellbar diese Dimensionen von Zeit und Entfernung. Ebenso die der gewaltigen Kräfte, die all das steuern. »Das Objekt ist so hell, das könnten Sie auch ans Ende des Universums stellen und wir könnten es mit unserem Teleskop hier noch sehen«, ist Mugrauer überzeugt.

Doch genug philosophiert, jetzt wird noch einmal gemessen. Wir nehmen mehrere Helligkeitsmessungen von OJ287 vor. Aus denen werden später, zusammen mit den Daten anderer internationaler Partner, Lichtkurven erstellt. »So behalten wir OJ287 praktisch ständig im Blick.« Der letzte große Helligkeitsausbruch war 2015. Der nächste gut beobachtbare wird für 2022 erwartet. Wenn es dazu kommt, woran Markus Mugrauer keinen Zweifel hat, werden er und seine Kollegen von Großschwabhausen aus praktisch live dabei sein – wenn man von den 3,5 Milliarden Jahren Zeitverzögerung einmal absieht. Schon bald werden die beiden Schwarzen Löcher übrigens ineinander stürzen – exakt nach den Vorhersagen der ART versteht sich. »Kaum 10000 Jahre noch und wir können ein gigantisches Gravitationswellensignal messen«, verspricht Mugrauer. Ernsthaft.

Bis dahin aber füllen die Jenaer Forscherinnen und Forscher weiter fleißig astronomische Datenbanken mit ihren Beobachtungen. Trotz der immer wiederkehrenden Routinen verliert das nächtliche Beobachten für Markus Mugrauer nichts von seiner Faszination. »Jeder einzelne Stern, den wir uns anschauen, könnte der Mutterstern eines Planetensystems sein, das unserem eigenen System ähnelt.« Immer noch und immer wieder sei er gespannt darauf, sich neue Objekte anzuschauen und zu entdecken.

Diese Worte habe ich im Kopf, als ich eine Stunde vor Mitternacht Richtung Jena zurückfahre. Vielleicht gibt es auf irgendeinem dieser Planeten dort oben sogar Lebewesen, die mit raffinierten Instrumenten das Licht der Sterne einfangen, um sich ein Bild von der Welt zu machen. Die von Ferne unsere Sonne beobachten, einen mittelgroßen Stern im fortgeschrittenen Alter, und dabei entdecken, dass dieser Stern von einem Planetensystem umgeben ist. Die Sternhaufen und Doppelsterne sehen und rotierende Schwarze Löcher analysieren. Nach dem Blick ins All erscheint mir das im Moment gar nicht einmal so unwahrscheinlich. ■



Die Universitäts-Sternwarte im Internet:
www.astro.uni-jena.de/index.php/gsh-home

Kontakt
Dr. Markus Mugrauer
Astrophysikalisches Institut und
Universitäts-Sternwarte
Schillergässchen 2-3, 07743 Jena

Telefon: +49 36 41 9-47 514
E-Mail: markus@astro.uni-jena.de
www.astro.uni-jena.de

Radio-Antennen des »Atacama Large Millimeter/submillimeter Array« (ALMA) in Chile, gerichtet auf die Milchstraße. ALMA hat die asymmetrische Trümmerscheibe um Fomalhaut aufgenommen (Abbildung unten).

© ESO/B. Tafreshi (twanight.org)

Unwucht im Trümmerring

Zahlreiche Sterne sind von ringförmigen Trümmerscheiben umgeben: Gesteinsbrocken, Schutt und feiner Staub umrunden die Sterne, die mit ihrer Schwerkraft die Ringe wie riesige Hula-Hoop-Reifen auf Linie halten. Astrophysiker analysieren das Licht der Trümmerscheiben, das viel über die Sterne und ihre Planeten verraten kann, selbst wenn diese unsichtbar bleiben.

TEXT: UTE SCHÖNFELDER

Es ist der Außenposten unseres Sonnensystems: in rund sechs Milliarden Kilometern Entfernung verläuft der Kuiper-gürtel um die Sonne, eine Ansammlung von vielen Tausend tiefgefrorenen Zwergplaneten, Stein- und Eisbrocken. Immer wieder stoßen diese aneinander, werden zertrümmert und hüllen sich in gewaltige Staubwolken – seinem Namen einer Staub- bzw. Trümmerscheibe macht der Kuiper-gürtel alle Ehre. Neben ihm besitzt unser Sonnensystem mit dem Asteroidengürtel zwischen Erde und Mars ein weiteres Exemplar einer solchen kosmischen Schutthalde. Um etwa jeden vierten Stern haben Forscher bereits Trümmerscheiben aufgefunden gemacht, weitaus mehr werden noch vermutet. Was diese Objekte für die Wissenschaft interessant macht, erläutert Dr. Torsten Löhne vom Astrophysikalischen Institut. »Trümmerscheiben sind wesentliche Bestandteile von Planetensystemen. Doch anders als ferne Planeten lassen sie sich von der Erde aus vergleichsweise leicht beob-

achten.« Und das, obwohl die einzelnen Objekte meist wesentlich kleiner sind als Planeten. Den Grund dafür veranschaulicht der Physiker mit einem Vergleich: »Stellen Sie ein Kilo Mehl, verpackt in einer Tüte, mitten in ein Fußballstadion.« Vom Spielfeldrand ist das Mehl sicher noch zu erkennen, aber schon für einen Betrachter in den obersten Rängen dürfte es schwierig werden. »Verteilen Sie die gleiche Menge Mehl aber als Staubwolke, kann sie das ganze Stadion ausfüllen.« Wird dieser Staub zudem beleuchtet, ist die Wolke wesentlich weiter zu sehen, als das verpackte Mehl. »Genauso verhält es sich mit Planeten und Trümmerscheiben. Während der Planet viel Masse auf kleinem Raum konzentriert, verteilt sich die Masse in einer Trümmerscheibe über einen wesentlich größeren Raum.«

Aus der Beobachtung von Trümmerscheiben gewinnen Dr. Löhne und seine Kollegen Informationen über die Planetensysteme, die sie beherbergen. Form,



Asymmetrische Trümmerscheibe um den Stern Fomalhaut ©ALMA (ESO/NAOJ/NRAO); M. MacGregor

Größe und Dynamik der Staubringe lassen Rückschlüsse auf noch unentdeckte Planeten zu. Zudem liefern Trümmerscheiben auch Informationen über ihre eigenen Entwicklungsprozesse. Aktuell haben die Astrophysiker asymmetrische Trümmerscheiben untersucht. Ein solches Exemplar umrundet beispielsweise den Stern »Fomalhaut«, den hellsten Stern im Südlichen Fisch. Dieser rund 25 Lichtjahre entfernte Stern hat etwa die doppelte Masse unserer Sonne und besitzt einen beeindruckenden Staubgürtel, wie Infrarot-Aufnahmen zeigen, die das »Atacama Large Millimeter/submillimeter Array« (ALMA) in Chile gemacht hat. Beim genauen Blick fällt auf: Der Ring verläuft nicht radialsymmetrisch um seinen Stern, der etwas außerhalb des Ringzentrums steht.

In ihrer Studie haben Torsten Löhne und seine Jenaer Kollegen, gemeinsam mit Forschern der Uni Kiel, die Ursachen für diese Unwucht mittels Computersimulation analysiert. »Eine



Erklärung für die asymmetrische Trümmerscheibe ist das Vorhandensein eines Planeten zwischen Stern und Staubgürtel, der aufgrund seiner Gravitation den Ring verbiegt«, sagt Astrophysiker Prof. Dr. Alexander Krivov, in dessen Team Torsten Löhne arbeitet. »Es gibt allerdings weitere Effekte, die ebenfalls zur Entstehung dieser Form beitragen können«, so Krivov weiter. Während der formgebende Einfluss von Planeten bereits gut verstanden sei, sind die nicht-gravitativen, also nicht auf die Schwerkraft großer Objekte zurückzuführenden, Effekte bisher weit weniger gut erforscht.

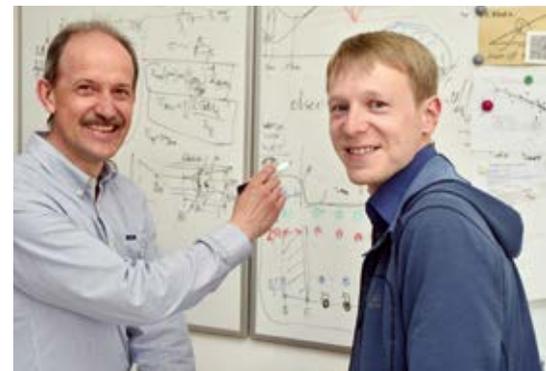
Und genau diesen Einflüssen sind Löhne und Krivov nachgegangen. Sie haben unterschiedlich stark verformte Trümmerscheiben modelliert und deren Entwicklung im Verlauf von einigen Hundert Millionen Jahren berechnet. »Dabei konnten wir eine Reihe von Faktoren ermitteln, mit denen sich die Ausprägung der Asymmetrie erklären lässt«, fasst Torsten Löhne zusammen. Und: die nicht-gravitativen Effekte spielen in der Tat eine signifikante Rolle. So bilden sich infolge ständiger Kollisio-

nen kleinere Fragmente und Staub, die vom Stern aufgeheizt und durch dessen Strahlungsdruck verweht werden, wodurch sich die Bahn des Staubes ändert und sich ein asymmetrischer Halo um den Stern ausbildet. Je nachdem in welchem Wellenlängenbereich dieser beobachtet wird, ist er deutlicher oder weniger ausgeprägt sichtbar.

»Unsere Kollisionsanalysen haben außerdem ergeben, dass sich die Bruchstücke innerhalb des Ringes nicht gleich verteilen«, fährt Dr. Löhne fort. So seien auf der Ringseite, die näher am Stern liegt, größere Staubkörner zu finden als auf der entfernteren Seite. Dies habe Einfluss auf die vorherrschende Temperatur, was sich ebenfalls auf das Erscheinungsbild von Trümmerscheiben vor allem im Infrarotbereich niederschlägt.

Trümmerscheiben geben Anhaltspunkte für die Planetensuche

Insgesamt, so das Fazit der Forscher, lassen sich dank ihrer neuen Erkenntnisse die Beobachtungsdaten von Trümmerscheiben zukünftig präziser inter-



Astrophysiker Alexander Krivov (l.) und Torsten Löhne berechnen Kollisionen in Trümmerscheiben.

pretieren – auch und gerade mit Blick auf die Entdeckung unbekannter Planeten. »Nur aus der genauen Kenntnis der Zusammenhänge zwischen Staubringen und Planetensystemen lassen sich Vorhersagen treffen, wo es sich lohnen könnte, nach Planeten zu suchen und welche Eigenschaften diese haben müssten«, macht Krivov deutlich. Ihre Ergebnisse wollen die Forscher nun in der Praxis überprüfen und so vielleicht den einen oder anderen wissenschaftlichen Staubschleier lüften. ■

Publikation: Collisions and drag in debris discs with eccentric parent belts, DOI: 10.1051/0004-6361/201630297
Weiterführende Information unter: www.astro.uni-jena.de/index.php/theory.html

Kontakt

Dr. Torsten Löhne
Astrophysikalisches Institut und
Universitäts-Sternwarte
Schillergässchen 2-3, 07743 Jena

Telefon: +49 36 41 9-47 531
E-Mail: tloehne@astro.uni-jena.de
www.astro.uni-jena.de



Irgendwann wird es vollkommen dunkel sein

Mit dem Urknall vor etwa 13,8 Milliarden Jahren ist neben Raum, Zeit und Materie die elektromagnetische Strahlung entstanden und damit auch das für uns sichtbare Licht. Sehen konnte man die ersten 300 000 Jahre davon aber nichts. Warum das Universum anfangs undurchsichtig war, was mit Licht passiert, das von einem Schwarzen Loch verschluckt wird, und wann im Universum das Licht wieder ausgeht, das erklären die Physiker Holger Gies und Martin Ammon im Interview.

INTERVIEW: UTE SCHÖNFELDER

War es vor dem Urknall dunkel?

Ammon: Niemand weiß, was vor dem Urknall war und ob es überhaupt ein »davor« gab. Laut heutigen Modellvorstellungen der Kosmologie sind mit dem Urknall das Universum, die Naturgesetze und auch die Zeit überhaupt erst entstanden. Vor dem Urknall existierten weder Zeit noch Raum. Nach dem Urknall dehnte sich das Universum nach den Gesetzen der Einsteinschen Allgemeinen Relativitätstheorie bis zur heutigen Größe aus.

Gies: Allerdings gehen wir heute davon aus, dass sich nicht allein mit Einsteins Theorie der Prozess des Urknalls beschreiben lässt. Diese stellt den Beginn des Universums als sogenannte Singularität dar: Masse und Raumzeit waren in einem unendlich kleinen Punkt konzentriert, Dichte von Teilchen und Strahlung dadurch unendlich groß. Um diese Konstellation zu beschreiben, müssen quantenphysikalische Effekte herangezogen werden. Aktuell bemü-

hen wir uns, und Physiker weltweit, die Relativitätstheorie Einsteins mit der Quantentheorie zu vereinen. Eine solche einheitliche Theorie, die Quantengravitation, gäbe uns vielleicht die Möglichkeit, die Frage nach dem »davor« sinnvoll zu stellen und Antworten zu suchen.

Also anders gefragt: Hat der Urknall das Licht im heutigen Universum entzündet?

Ammon: Ja, schon einen Wimpernschlag nach dem Urknall sind die uns heute bekannten Naturkräfte, unter anderem die elektromagnetische Kraft, und damit auch das Licht entstanden. Jedoch war das Universum noch eine ganze Weile undurchsichtig. Bis etwa 300 000 Jahre nach dem Urknall gab es zwar Lichtteilchen, aber dieses Licht konnte sich nicht frei ausbreiten.

Warum nicht?

Gies: Man kann es sich wie Milchglas vorstellen, durch das man nicht hin-

durchsehen kann. Die Materie lag in dieser Frühphase als sehr heißes Plasma vor, in dem die Atomkerne und die Elektronen voneinander getrennt waren. Erst zu einem späteren Zeitpunkt, nach etwa 300 000 Jahren, haben sich aus den Atomkernen und den freien Elektronen die Atome gebildet, und Lichtteilchen wurden nicht mehr verschluckt. Erst dann war das Universum durchsichtig.

Ammon: Und das gilt nicht nur für den Bereich des sichtbaren Lichts, sondern für alle elektromagnetischen Wellen. Das älteste Signal elektromagnetischer Strahlung, das wir empfangen können – gewissermaßen das älteste Licht der Welt – ist Mikrowellenstrahlung des kosmischen Hintergrunds. Die stammt genau aus dieser Zeit als das junge Universum rund 300 000 Jahre alt war.

In Ihrer Forschung befassen Sie sich unter anderem mit Himmelskörpern, die man als natürliche Feinde des Lichts bezeichnen könnte: den Schwar-

Bild links: Das Zentrum der Milchstraße. Hier befindet sich das zentrale Schwarze Loch »Sagittarius A*«, das rund vier Millionen Sonnenmassen schwer ist.
© NRAO/AUI/NSF

Bild rechts: Um zu erklären, was mit Licht und Materie in einem Schwarzen Loch passiert, versuchen Juniorprof. Dr. Martin Ammon (l.) und Prof. Dr. Holger Gies Einsteins Allgemeine Relativitätstheorie und die Quantentheorie zu vereinen.



zen Löchern. Warum verschlucken Schwarze Löcher das Licht?

Ammon: Ein Schwarzes Loch ist ein massereiches, sehr kompaktes Objekt, das die umgebende Raumzeit so stark verformt, dass laut Einsteins Relativitätstheorie weder Materie noch Licht dieses Objekt verlassen können. Schwarze Löcher entstehen am Ende der Lebenszeit massereicher Sterne, die aufgrund ihrer eigenen Gravitationskraft in sich kollabieren. Erreichen Lichtteilchen den Einflussbereich, den sogenannten Ereignishorizont, eines Schwarzen Loches werden sie entlang der Raumkrümmung abgelenkt und verschluckt, so wie Wasser in einem Strudel eines Abflusses verschwindet. Wenn Licht den Ereignishorizont überquert hat, also praktisch in das Schwarze Loch gefallen ist, kann es dieses nicht mehr verlassen.

Was passiert mit dem Licht im Schwarzen Loch?

Gies: Geleitet von der Mathematik und der Einsteinschen Relativitätstheorie können wir darüber nur spekulieren: Wie beim Urknall findet man auch im Inneren eines Schwarzen Lochs eine Singularität vor, in die alle Materie hineinzufallen scheint. Solche punktförmigen Singularitäten sind jedoch unvereinbar mit der Quantenmechanik. Daher suchen wir nach einer vollständigen Theorie der Quantengravitation, mit der sich die Auflösung solcher Singularitäten erklären lässt. Denn anders als es Einsteins Theorie besagt, wissen

wir inzwischen, dass auch Schwarze Löcher Strahlung abgeben.

Ein Schwarzes Loch ist also gar nicht schwarz?

Ammon: Genau. Plakativ ausgedrückt sind Schwarze Löcher nicht schwarz sondern vielmehr grau. Der jüngst verstorbene Physiker Stephen Hawking hat in einer bahnbrechenden Arbeit gezeigt, dass Schwarze Löcher durch einen Quanteneffekt Licht und Materieteilchen abstrahlen, die Hawking-Strahlung. Allerdings bewegt sich diese selbst bei großen Schwarzen Löchern im Bereich von Nanokelvin und ist mit heutigen Technologien bisher nicht experimentell nachweisbar.

Wie kann man Schwarze Löcher überhaupt beobachten?

Gies: Wenn wir ins Universum schauen, sehen wir das Licht, das die Himmelskörper emittieren. Da Schwarze Löcher nichts emittieren, was wir bisher messen können, können wir sie auch nicht direkt sehen. Wir sehen aber ihre Effekte, etwa wie sich andere Sterne um Schwarze Löcher bewegen. Oder wir sehen Gaswolken und andere Materieformen, die in Schwarze Löcher hineinfallen und dabei gigantische Röntgenblitze produzieren.

Können Schwarze Löcher unendlich viel Masse und Licht einfangen?

Ammon: Die Theorie sagt keine maximale Masse für Schwarze Löcher voraus. Tatsächlich beobachten wir Schwarze

Löcher mit einer Masse von einigen wenigen bis zu mehreren Millionen Sonnenmassen. Das Schwarze Loch im Zentrum unserer Galaxie zum Beispiel ist etwa vier Millionen Sonnenmassen schwer.

Werden Schwarze Löcher irgendwann alles Licht verschluckt haben?

Gies: Nein, das nicht. Dennoch wird es irgendwann vollkommen dunkel sein im Universum. Aber nicht wegen der wachsenden Zahl Schwarzer Löcher, sondern weil sich das Universum mit immer größerer Geschwindigkeit ausdehnt. Die Zahl an Sternen und Galaxien, deren Licht noch den Weg zu uns findet, nimmt auf lange Sicht ab. Es ist also die Expansion des Universums, die irgendwann das Licht ausknipst.

Wann wird das soweit sein?

Ammon: Das können wir heute nicht beantworten. Die beschleunigte Expansion des Universums wird der Dunklen Energie zugeschrieben, die etwa 70 Prozent der Energie des Universums ausmacht. Zum Vergleich: Die gewöhnliche Materie und das Licht machen nur etwa vier Prozent des Energieinhalts des Universums aus. Trotz intensiver Forschung wissen wir aber noch immer praktisch nichts über die Dunkle Energie und auch die Dunkle Materie. Um die Expansion des Universums genau vorherzusagen, müssten wir die Dunkle Energie überhaupt erst einmal verstehen. ■



GESCHICHTE

Die Faszination des Bösen

Der Berliner Kutscher Bruno Lüdke galt bis in die 1990er Jahre als der »größte Massenmörder der Kriminalgeschichte«. Journalisten hatten aus Artefakten der nationalsozialistischen Kripo True Crime Stories fantasiert; mit dem Spielfilm »Nachts, wenn der Teufel kam« wurde der Fall international populär. Ein Historiker, eine Kulturwissenschaftlerin und ein Grafikdesigner haben den Stoff für eine Fallstudie jetzt neu untersucht. Entstanden ist eine facettenreiche Visual History über rassistische Menschenbilder und Gewalt. Wie und warum konnten die »Fake News« vom vorgeblichen Massenmörder im Dritten Reich entstehen und sich auch in der Mediendemokratie durchsetzen? Die interdisziplinäre Studie zur Konstruktion des Anormalen plädiert zugleich für mehr Visualität in wissenschaftlichen Darstellungen.

TEXT: STEPHAN LAUDIEN

Das Böse übt seit jeher einen morbiden Zauber auf das Publikum aus. Egal ob fiktive Serienmörder wie Hannibal Lecter im Kinoerfolg »Das Schweigen der Lämmer« oder Berichte über reale Täter wie Jeffrey Dahmer oder Andrei Tschikatilo: Mit »Sex and Crime« lässt sich prima Kasse machen.

In der jungen Bundesrepublik ergötzen sich Leser und Kinogänger an der dämonischen Figur des Massenmörders Bruno Lüdke. »Spiegel«-Gründer Rudolf Augstein schrieb über Lüdke in einer Artikelserie über den Chef der deut-

schen Kriminalpolizei Arthur Nebe; der Journalist und Bestseller-Autor Will Berthold legte mit 15 »Tatsachenberichten« über Lüdke eine Leimspur für das Publikum. Und ein junger Schauspieler namens Mario Adorf brillierte 1957 als Lüdke in dem preisgekrönten Film »Nachts, wenn der Teufel kam« von Robert Siodmak.

Der Mensch Bruno Lüdke geriet bei dem Trubel vollends in den Hintergrund. Geboren wurde der Kutscher und Hilfsarbeiter Bruno Lüdke 1908 bei Berlin. Im Jahr 1940 wurde er auf

Beschluss eines Erbgesundheitsgerichts zwangssterilisiert, die Diagnose lautete »erblicher Schwachsinn«. Im Zuge einer Mordermittlung wurde Lüdke drei Jahre später verhaftet. In suggestiven Verhören nahm er 53 Mordfälle auf sich, vornehmlich an Frauen, seit 1924 im gesamten Reichsgebiet verübt. Mitte April 1944 wurde Bruno Lüdke im Wiener Kriminalmedizinischen Zentralinstitut insgeheim ermordet.

Wie wurde Bruno Lüdke zum »Teufel in Menschengestalt«? Welche Interessen verfolgten Polizei und Justiz im Dritten

Bild links: Im Berliner Polizeimuseum fanden sich zahlreiche Materialien zum Fall des vermeintlichen Serientäters Bruno Lüdke.

Reich? Und weshalb traf die Schauergeschichte vom »Monster« Lüdke in der Bundesrepublik den Nerv des Publikums?

Diesen und weiteren Fragen sind Dr. Axel Doßmann und Prof. Dr. Susanne Regener nachgegangen. »Fabrikation eines Verbrechers. Der Fall Bruno Lüdke als Mediengeschichte« heißt ihr kürzlich veröffentlichtes Buch. Darin klären der Historiker von der Universität Jena und die Kulturwissenschaftlerin von der Universität Siegen über Kriminalität, Gewalt und rassistische Menschenbilder im 20. Jahrhundert auf und das spannend wie in einer Detektivgeschichte. Die Argumente der Forschung erhalten durch die besondere Buchgestaltung von Markus Dreßen eine weitere Reflexionsebene; hier werden den Leserinnen und Lesern viele Quellen direkt und beziehungsreich vor Augen geführt: Tatortfotos, Verhörprotokolle, eine Büste Lüdkes von 1944, Geheimdokumente, Filmplakate und Zeitschriftenartikel der 1950er Jahre.

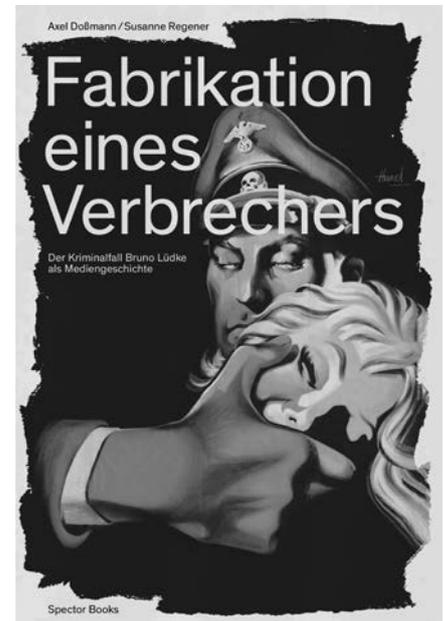
Bruno Lüdke war NS-Opfer und kein Massenmörder

Susanne Regener stieß bereits in den 1990er Jahren auf Bruno Lüdke. Für ihre Habilitationsschrift besuchte sie die Polizeihistorische Sammlung in Berlin und ging der Frage nach, welche gesellschaftliche und kulturelle Bedeutung »Verbrecherfotos« sowie ausgestellte Artefakte wie ein Handabguss Bruno Lüdkes haben.

Der Kriminalfall Bruno Lüdke macht die Fabrikation von Menschenbildern und Vorstellungen vom Bösen deutlich. So legen die Indizien nahe, dass rangho-

he Nazis aus dem Reichssicherheitshauptamt den Fall Lüdke als Vorwand nutzen wollten, um ein neues sozialrassistisches Gesetz gegen die sogenannten Gemeinschaftsfremden auf den Weg zu bringen. »Damit wäre es legal geworden, alle unangepassten Deutschen zu verfolgen und sie zu ermorden«, sagt Axel Doßmann. Als geisteskranker Massenmörder hätte Bruno Lüdke die passende Folie für dieses Gesetz geliefert.

Zweifel melden Regener und Doßmann auch in Bezug auf bisherige Thesen zur Ermordung Lüdkes an. Mit hoher Wahrscheinlichkeit starb Bruno Lüdke infolge eines Experiments mit vergifteter Munition. Ziel dieser »Geheimen Reichssache« war es, Attentate auf hochrangige Politiker zu erproben. »Zweifelloso war Bruno Lüdke ein NS-Opfer und kein Massenmörder«, konstatiert Axel Doßmann. »Doch nicht allein die Nazis, auch die bundesdeutsche Presse und Justiz haben Mitverantwortung am Mythos Serienkiller: Vor 60 Jahren, am 17. April 1958, hatte das Hamburger Oberlandesgericht die Fake News vom Massenmörder juristisch sanktioniert.« Bereits Mitte der 1990er Jahre hatte der niederländische Kriminalist Jan A. Blaauw in akribischer Kleinarbeit nachgewiesen, dass Lüdke wohl keine einzige der ihm zur Last gelegten Taten begangen haben kann. Das Buch von Doßmann und Regener beleuchtet diesen Kriminalfall jetzt in seinen historischen und medienwissenschaftlichen Dimensionen und lässt dabei Parallelen bis in die Gegenwart erkennen. Denn geistig behinderte Menschen und andere Außenseiter geraten auch heute noch unschuldig allzu leicht in die Mühlen von Strafverfolgung und Justiz. ■



»Fake News« der Nachkriegszeit: Der Jenaer Historiker Dr. Axel Doßmann und die Siegener Kulturwissenschaftlerin Prof. Dr. Susanne Regener haben den Kriminalfall Bruno Lüdke und die anschließende Medialisierung des Bösen neu bewertet: Der vermeintliche Serientäter war ein Opfer der NS-Kripo und der Mediendemokratie der 1950er Jahre. Hier zu sehen das Cover der aktuellen Publikation.

Bibliografische Angaben:

Fabrikation eines Verbrechers. Der Kriminalfall Bruno Lüdke als Mediengeschichte, Spector Books, Leipzig 2018, ISBN 987-3-95905-034-0

Kontakt

Dr. Axel Doßmann
Historisches Institut
Fürstengraben 13, 07743 Jena

Telefon: +49 36 41 9-44 483
E-Mail: axel.dossmann@uni-jena.de
www.histinst.uni-jena.de





MEDIZIN

Stickoxide sind auch kurzzeitig eine Gefahr

Dass dauerhaft hohe Stickoxidkonzentrationen in der Umgebungsluft der Gesundheit und insbesondere dem Herz-Kreislauf-System schaden, ist bekannt. Dass sich das kurzfristige Risiko etwa für einen Herzinfarkt jedoch bereits erhöht, wenn der Stickoxidgehalt in der Umgebungsluft innerhalb von 24 Stunden rasch ansteigt, hat nun eine Studie von Jenaer Medizinerinnen und Medizinern belegt. Dynamische Anstiege der Luftverschmutzung sind durch europäische Grenzwerte bisher jedoch gar nicht erfasst.

TEXT: UTA VON DER GÖNNA

In ihrem aktuellen Bericht zur Luftqualität listet die Europäische Umweltbehörde unter anderem die Lebensjahre auf, die die Luftverschmutzung die Bevölkerung kostet. Demnach verloren im Jahr 2016 die Europäer insgesamt über 800 000 Lebensjahre wegen der Belastung der Luft mit Stickstoffdioxid – bei konservativer Rechnung.

Stickstoffdioxid entsteht in der Europäischen Union vor allem in Verbrennungsmotoren von Kraftfahrzeugen, insbesondere von Diesel-PKWs sowie

in Heizanlagen. Das Gas reizt und schädigt nachweislich die Atmungsorgane und erhöht das Herzinfarktrisiko. Die europaweit geltenden Grenzwerte, 200 Mikrogramm pro Kubikmeter Luft als maximaler Stundenwert und 40 Mikrogramm im Jahresmittel, werden deshalb mit einem dichten Netz von Messpunkten überwacht.

In einer im »European Journal of Preventive Cardiology« veröffentlichten Studie haben Ärzte und Medizinstatistiker aus Jena nun nachgewiesen, dass auch der

schnelle Anstieg des Stickoxidanteils in der Luft Auswirkungen auf die Gesundheit haben kann. Dazu betrachteten die Wissenschaftler alle Patienten, die mit einem akuten Herzinfarkt in den Jahren 2003 bis 2010 im Jenaer Universitätsklinikum behandelt wurden. In die Auswertung flossen nur die Daten derjenigen Patienten ein, die aus einem Umkreis von zehn Kilometern stammten und für die sich der Zeitpunkt, zu dem die Beschwerden begannen, genau rekonstruieren ließ.

HINTERGRUND

Stickoxide (NO_x) entstehen hauptsächlich durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe, wie Kohle oder Öl, in geringerer Menge aber auch durch elektrische Entladungen in der Atmosphäre bei Gewittern. Unter Einwirkung ultravioletter Sonnenstrahlung tragen Stickoxide zur Ozonbildung (Sommersmog) vor allem in verkehrsreichen Innenstädten bei. Stickoxide sind zudem als Treibhausgase wirksam und für die Entstehung von »saurem Regen« verantwortlich.

Stickoxide reizen und schädigen die Atmungsorgane und können, wie die aktuelle Jenaer Studie belegt, auch das Risiko für einen Herzinfarkt deutlich erhöhen.

Bild links: Verbrennungsmotoren, vor allem von Diesel-PKWs, können die Stickoxid-Werte in der Luft kurzfristig stark erhöhen.

Die Daten dieser knapp 700 Patienten wurden dann mit den Aufzeichnungen der Immissionsdaten für Stickoxide (NO_x/NO₂), Ozon (O₃) und Feinstaub (PM₁₀) der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie abgeglichen, die diese Parameter für die Luftverschmutzung in Jena erfasst. Im Detail untersuchten die Wissenschaftler, ob sich die Konzentrationen der wichtigsten Luftschadstoffe kurz vor den ersten Herzinfarktsymptomen über einen Zeitraum von 24 Stunden ungewöhnlich stark verändert haben.

Auch in Jenas sauberer Luft gibt es kurzzeitig gefährlichen Smog

Als Studienort haben sich die Wissenschaftler bewusst eine saubere Stadt ausgewählt: In den betrachteten acht Jahren wurden die derzeit geltenden europäischen Grenzwerte für alle gemessenen Luftverschmutzungsparameter in Jena bis auf wenige Tage eingehalten. Die Mediziner vermuteten zu Beginn der Studie, dass das Risiko für Herzinfarkte mit der Änderung der Luftqualität zusammenhängt. »Die Deutlichkeit

des Zusammenhangs hat uns dann doch überrascht, sie ist nahezu linear«, so Dr. Florian Rakers, Seniorautor der Studie. Der Jenaer Wissenschaftler und Arzt forscht schwerpunktmäßig zum Einfluss von Umwelteinflüssen auf die Entstehung von Krankheiten.

Akutes Herzinfarktrisiko verdoppelt sich bei Stickoxidanstieg

Prof. Dr. Matthias Schwab, Leitender Oberarzt der Klinik für Neurologie und Koautor der Studie, erklärt: »Das akute Herzinfarktrisiko in unserer Studie verdoppelte sich in etwa, wenn die Stickoxidkonzentration innerhalb eines Tages um 20 Mikrogramm pro Kubikmeter anstieg«. »Rasche Anstiege der Stickoxidkonzentrationen treten auch in einer vermeintlich sauberen Stadt wie Jena etwa 30-mal pro Jahr auf. Verantwortlich hierfür ist wahrscheinlich ein ungewöhnlich hohes Verkehrsaufkommen oder meteorologische Faktoren, die eine Smogentwicklung begünstigen«, führt Dr. Rakers weiter aus.

Für Feinstaub und Ozon waren die Ergebnisse weniger eindeutig. »Ein Zu-

sammenhang zwischen einem schnellen Anstieg beider Luftschadstoffe und dem akuten Herzinfarktrisiko ließ sich nicht bestätigen. Nichtsdestotrotz sind hohe Konzentrationen von Feinstaub und Ozon insbesondere für Patienten mit Lungenerkrankungen schädlich«, betont Prof. Dr. P. Christian Schulze, Direktor der Klinik für Innere Medizin I und Koautor der Studie.

Mit ihrer Untersuchung erweitern die Jenaer Wissenschaftler das Wissen zur Gesundheitsschädlichkeit der Stickoxide. Dr. Florian Rakers: »Das Risiko für einen Herzinfarkt erhöht sich offenbar nicht nur, wenn Menschen kurz oder langfristig hohen Stickoxidkonzentrationen in der Umgebungsluft ausgesetzt sind, sondern auch, wenn der Stickoxidgehalt schnell ansteigt.« Auf diese Weise könnten sich Stickoxide auch in vergleichsweise sauberer Luft schädlich auswirken. Wegen der klinischen Relevanz der Ergebnisse, so die Autoren der Studie, sollten dringend Untersuchungen in größerem Maßstab und anderen geografischen Regionen durchgeführt werden, um dann gegebenenfalls die EU-Grenzwerte um eine dynamische Komponente zu erweitern. ■

Original-Publikation

Rapid increases in nitrogen oxides are associated with acute myocardial infarction: A case-crossover study. Eur J Prev Cardiol (2018), DOI: 10.1177/2047487318755804

Kontakt

Dr. Florian Rakers
Klinik für Neurologie
Am Klinikum 1, 07747 Jena

Telefon: + 49 3641 9-32 34 86
E-Mail: Florian.Rakers@med.uni-jena.de
www.neuro.uniklinikum-jena.de





NEUROBIOLOGIE

Commissario Prefrontale ermittelt

Was haben Leonardo da Vincis Mona Lisa, Charles Darwins Evolutionstheorie und ein Hobel gemeinsam? Sie alle sind Ausdruck und Ergebnis von Kreativität. Wie das menschliche Gehirn die kreativen Geistesblitze hervorbringt, das hat der Jenaer Neurowissenschaftler Konrad Lehmann erforscht und – mit tatkräftiger Unterstützung einer fiktiven Figur – zu Papier gebracht. Das Ergebnis ist eine unterhaltsame Reise in die Tiefen unseres Nervensystems.

TEXT: SEBASTIAN HOLLSTEIN

Ob Künstler oder Forscher, Handwerker oder Manager, Kreativität braucht jeder, sei es, um künstlerische Ausdrucksformen zu schaffen, wissenschaftliche Fragestellungen zu beantworten oder um alltägliche Probleme zu lösen. Doch woher stammt diese »Superkraft«, die in der Menschheitsgeschichte kulturellen Fortschritt erst möglich gemacht hat?

Dieser Frage widmet sich der Biologe Dr. Konrad Lehmann in seinem Buch »Das schöpferische Gehirn« auf äußerst kreative Art und Weise. Sieben Tage lang lässt der Autor den Leser gemeinsam mit Commissario Prefrontale nach den »Geheimnissen des Geistesblitzes« fahnden. »Ich wollte die neurobiologischen Kenntnisse, die ich sozusagen

von Berufs wegen habe, verknüpfen mit meiner lebenslangen Faszination durch den Reichtum kultureller Schöpfungen«, erklärt der Autor die Motivation hinter seinem neuen Werk. »Kreativität ist für mich eine der wunderbarsten menschlichen Fähigkeiten. Darum war ich begeistert, als ich entdeckt habe, dass Psychologen und zunehmend

Bild links: Im Kreativitätsnetzwerk im menschlichen Gehirn herrscht immer dann Betriebsamkeit, wenn das abstrakte Denken Pause macht.

auch Neurowissenschaftler seit einigen Jahren intensiv daran forschen, wie Kreativität im Gehirn entsteht. Dieses Wissen zu sortieren und fundiert aufzubereiten, dabei aber hoffentlich auch unterhaltsam und gut verständlich zu schreiben, hat mir viel Freude gemacht. Und intrinsische Motivation – das kann man im dritten Kapitel lesen – ist ja eine Voraussetzung für Kreativität.«
Rahmenhandlung und der lockere Ton des Buches erleichtern den Zugang zu wissenschaftlichen Fakten und Ergebnissen aktueller Forschung. Der erfahrene Hirnforscher lädt zur Spurensuche im Nervensystem ein und führt so Schritt für Schritt immer tiefer in die Materie ein. Unterwegs geht er etwa der Frage nach, warum kreative Einfälle oftmals plötzlich und im Moment überraschend auftreten.

Kreativität kommt nicht aus dem Nichts – Gute Ideen brauchen Zeit

Auch wenn eine Idee augenscheinlich aus dem Nichts erscheint, so liegt ihr doch ein aufwendiger Prozess zugrunde. Der englische Psychologe Graham Wallas hat diesen in den 1920er Jahren in fünf Phasen eingeteilt, die auch Lehmann aufgreift: Am Anfang steht dabei die Vorbereitung durch Lernen und das Sammeln von Informationen. Dem schließt sich eine Phase an, in der augenscheinlich erst einmal gar nichts passiert. Doch in dieser Inkubationszeit arbeitet es im Gehirn. Vorahnungen, der Lösung eines Problems nahe zu sein, be-

schleichen schließlich die Person – und dann ist sie da, die Erleuchtung. Nach eingängiger Überprüfung stellt sich die Bestätigung ein, dass man ein gutes Ergebnis gefunden hat.

Besonders die Inkubationsphase interessiert Neurologen, ist sie doch für den Überraschungseffekt des Geistesblitzes verantwortlich. Schließlich erwischt uns ein Ausbruch an Kreativität oft dann, wenn wir gerade nicht im Denkmodus verharren.

Und genau das könnte der Grund für die kreativen Eingebungen sein, wie Lehmann anschaulich beschreibt. So hat sich etwa der Hirnforscher Marcus Raichle als erster intensiv mit Arealen im Hirn beschäftigt, die aktiv sind, wenn der Mensch nichts tut. »Es gibt eine begrenzte Menge von Regionen, die immer dann in Schweigen verfallen, wenn Aufmerksamkeit gefordert ist«, erklärt Konrad Lehmann. »Im Umkehrschluss bedeutet das: Diese Gebiete sind immer dann aktiv, wenn gerade keine Aufmerksamkeit gefordert ist.« Gerade dieses Netzwerk von Hirnarealen, das verantwortlich ist für die Innenansicht und »ein stabiles, kontinuierliches Selbst«, lässt Freiraum für kreative Leistungen.

Auf solchen Ausflügen in unseren Kopf veranschaulicht Lehmann die verschiedenen Prozesse, die unseren Einfallsreichtum garantieren. Auch die Fragen nach Talent und genetischer Veranlagung greift er auf und liefert Antworten. Und ganz nebenbei entsteht so eine bunte Mischung aus Kulturgeschichte und moderner Hirnforschung. ■



Neurowissenschaftler Dr. Konrad Lehmann folgt den Spuren der Kreativität im Gehirn und wird dabei selbst als Autor kreativ.



Bibliografische Angaben:

Das schöpferische Gehirn. Auf der Suche nach der Kreativität – eine Fahndung in sieben Tagen, Springer-Verlag, Berlin 2018
ISBN 8-3-662-54661-1

Kontakt

Dr. Konrad Lehmann
Institut für Zoologie und Evolutionsforschung
Erbertstraße 1, 07743 Jena

Telefon: +49 36 41 9-49 131
E-Mail: konrad.lehmann@uni-jena.de
www.bpf.uni-jena.de



Einen starken Partner an der Seite zu haben, kann das Risiko, an einer Depression zu erkranken, abpuffern.

Partner kann Depressionsrisiko senken

In einer Langzeitstudie untersuchen Wissenschaftler mehrerer deutscher Universitäten Paarbeziehungen und deren Dynamiken. Zuletzt fanden sie zum Beispiel heraus, dass es oft nicht Krisensituationen sind, die zu Trennungen führen. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) hat die Förderung der Studie nun verlängert.

TEXT: SEBASTIAN HOLLSTEIN

Wie finden Paare zueinander? Wie gestalten sie ihre Beziehung? Warum bleiben einige zusammen und andere nicht? Seit zehn Jahren untersuchen Forscherinnen und Forscher verschiedener deutscher Universitäten innerhalb der auf 14 Jahre angelegten Längsschnittstudie »Panel Analysis of Intimate Relationships and Family Dynamics« (Pairfam) die Gestaltung von Partnerschaft und Familie in der Bundesrepublik. Dazu befragen sie jährlich 12.000 Personen, deren Partner sowie deren Eltern und Kinder. Nun hat die DFG die Finanzierung für das Projekt verlängert und eine Unterstützung von rund 7,6 Millionen Euro für die kommenden zwei Jahre zugesagt – 1,6 Millionen Euro davon gehen an die Uni Jena.

»Wir freuen uns sehr, dass die DFG dieses herausragende Forschungsunternehmen weiterhin finanziert, das nicht nur die Wissenschaftler im Projekt sondern auch viele Kollegen im In- und Ausland mit wertvollen Daten und Informationen versorgt«, sagt Prof. Dr. Franz J. Neyer, der seit 2014 mit Kollegen aus Bremen, Chemnitz, Köln und München an Pairfam beteiligt ist. Gemeinsam mit seiner Kollegin

Dr. Christine Finn und einigen Jenaer Nachwuchswissenschaftlern hat er bereits in den vergangenen zwei Jahren im Rahmen von Pairfam spannende Forschungsergebnisse erzielt.

»Zusammen mit kanadischen Kooperationspartnern ist es uns beispielsweise gelungen, die Wechselwirkung zwischen Selbstwertgefühl und Depression innerhalb einer Partnerschaft stärker offenzulegen«, informiert Neyer. »So verstärkt ein niedriges Selbstwertgefühl zwar häufig die Depressivität einer Person, ein Partner mit einem größeren Selbstwertgefühl aber kann durchaus eine positive Wirkung auf sie haben und das höhere Risiko, an einer Depression zu erkranken, abpuffern.«

Uneinigkeit der Partner ist häufig ein Trennungsgrund

Ein weiteres Ergebnis liefert Antworten auf eine der wohl wichtigsten Fragen für Beziehungen: Warum bleiben manche Paare ein Leben lang zusammen, während sich andere wieder trennen? »Ohne eine Langzeitstudie wie Pairfam lässt sich eine solche Pro-

blemstellung kaum näher beleuchten«, erklärt Christine Finn. »Denn nur so können wir die Entwicklung einer Beziehung vom Beginn bis zum Scheitern betrachten – und zwar aus der Perspektive beider Partner.«

Genau das hat sie getan und dabei festgestellt, dass die Wahrnehmung der Bedürfnisse des Einzelnen innerhalb einer Beziehung entscheidend ist für den Verlauf des gemeinsamen Weges. Paare, die sich einig sind, entwickeln sich synchron und »schaukeln sich nach und nach ein«. Nicht etwa einschneidende Krisensituationen seien also in der Regel verantwortlich für Trennungen, sondern eher persönliche Eigenschaften, die von Beginn an feststehen.

Für die Daten aus den Befragungen in den kommenden Jahren erhoffen sich die Jenaer Psychologen weiterhin aufschlussreiche Ergebnisse – nicht zuletzt, da es mit der fortgesetzten Finanzierung durch die DFG möglich ist, nun auch Personen, die um die Jahrtausendwende geboren wurden, befragen zu können. Diese Generation liefert völlig neue Einblicke, zum Beispiel welchen Einfluss das Internet auf Partnerschaften hat. ■

Warum Menschen im Ausland Deutsch lernen

Finanzwissenschaftlerin Prof. Dr. Silke Übelmesser untersucht in einem von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Projekt die Beweggründe fürs Deutschlernen im Ausland. Insbesondere geht sie der Frage nach, inwieweit der Spracherwerb durch eine potenzielle Migration motiviert ist.

TEXT: STEPHAN LAUDIEN

Die deutsche Sprache erfreut sich im Ausland wachsender Beliebtheit. Doch weshalb sind Kurse in Deutsch – das gemeinhin als schwierig zu erlernen gilt – in vielen Ländern ein Renner? Gibt es einen Zusammenhang zwischen Spracherwerb und Migration? In einem von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten Projekt möchten Prof. Dr. Silke Übelmesser und ihr Team von der Universität Jena diese Fragen untersuchen.

Das Forschungsprojekt »Investition in Sprachkenntnisse und Migrationsentscheidungen« ist Anfang Februar gestartet. Partner der auf zwei Jahre angelegten Untersuchung sind das ifo Zentrum für Internationalen Institutionenvergleich und Migrationsforschung in München, das von Prof. Dr. Panu Poutvaara geleitet wird, und ausgewählte Goethe-Institute. Von der DFG kommen Fördermittel in Höhe von knapp 160 000 Euro.

Steckt hinter dem Deutschlernen die Absicht auszuwandern?

Wie Silke Übelmesser, die den Lehrstuhl für Finanzwissenschaft innehat, erläutert, baut die neue Untersuchung auf dem Projekt »Spracherwerb und Migration« auf. Dieses Forschungsprojekt war 2015 begonnen und ebenfalls von der DFG gefördert worden.

Grundlage der bisherigen Forschung waren die Jahrbücher des Goethe-Instituts der Jahre 1965 bis 2014. Zunächst wurden lediglich die Daten erfasst und

auf aggregierter Ebene analysiert, ob es Zusammenhänge zwischen dem Erlernen der Sprache und Migration gibt. Die Ergebnisse sollen jetzt durch eine Untersuchung auf individueller Ebene ergänzt werden.

Silke Übelmesser erklärt: »Wir wollen Kursteilnehmer konkret nach ihren Motiven des Spracherwerbs fragen.« Diese Motive können sehr vielfältig sein: Vorteile im Beruf, persönliche Kontakte zu Deutschen, Interesse an der deutschen Kultur und Sprache, aber eben auch die Absicht, nach Deutschland auszuwandern.

Befragt werden Sprachkursteilnehmer aus zehn bis zwölf Goethe-Instituten, zwei Drittel in Europa, ein Drittel außerhalb des Kontinents. Zu den Auswahlkriterien gehören die sprachliche Entfernung zum Deutschen sowie die geografische Distanz. So rücken auch weit entfernte Länder wie Indien oder Japan in den Fokus. Befragt werden die Teilnehmer ganz klassisch mit Fragebögen.

Silke Übelmesser hofft mit den Antworten, die bisherigen Ergebnisse besser einordnen und interpretieren zu können. Unklar ist beispielsweise, wie wichtig eine beabsichtigte Migration als möglicher Grund ist und wie der konkrete zeitliche Zusammenhang aussieht. Anders gesagt: »Wollen die Sprachschüler mit Deutsch ihre Chancen im Falle von Migration verbessern oder lernen sie Deutsch, weil sie tatsächlich auswandern wollen?« Die Antworten der Sprachschüler versprechen spannend zu werden. ■



Prof. Dr. Silke Übelmesser untersucht den Zusammenhang zwischen Spracherwerb und Migration.



Dr. Thomas Schneider synthetisiert und charakterisiert im Rahmen des neuen Projekts Nanopartikel – hier zeigt er Lösungen mit Nanokügelchen aus Gold (links) und Silber.

Winzig und nützlich – aber auch unbedenklich?

Jenaer Ernährungswissenschaftler wollen mit einem Industriepartner Nanopartikel in Lebensmitteln aufspüren. Ziel des von der EU und dem Land Thüringen geförderten Projekts ist es, das Gefährdungspotenzial von Nanomaterialien in Lebensmitteln fundiert beurteilen zu können.

TEXT: UTE SCHÖNFELDER

Das Auge isst bekanntlich mit. Daher greifen Lebensmittelhersteller oft tief in die Trickkiste, um dem Verbraucher ihre Produkte auch optisch möglichst schmackhaft zu machen: Damit das Ketchup geschmeidig aus der Flasche fließt, die bunten Schokolinsen appetitlich glänzen oder das Pulver für den Instant-Cappuccino in der Packung nicht verklumpt, werden Silizium- oder Titandioxid zugesetzt. Diese Substanzen bilden feine Pulver, die den Lebensmitteln die gewünschten Eigenschaften verleihen. Das Problem dabei: Die Pulver sind so fein, dass sie – herstellungsbedingt – stets einen gewissen Prozentsatz an kleinsten Nanopartikeln enthalten.

Nanopartikel sind nur wenige Nanometer groß und damit kleiner als die meisten Moleküle, mit denen unser Körper ansonsten zu tun hat. »Gelangen Nanopartikel über die Nahrung in den menschlichen Verdauungstrakt können sie, aufgrund ihrer geringen Größe, die

Darmwand passieren und sich praktisch überall im Körper verteilen«, sagt Dr. Thomas Schneider vom Institut für Ernährungswissenschaften der Uni Jena. »Doch niemand kann bisher mit Gewissheit sagen, ob diese Partikel gesundheitlich unbedenklich sind oder ob und welche Gesundheitsgefahren von ihnen ausgehen.« Die Studienlage, so der Ernährungstoxikologe, sei bislang äußerst widersprüchlich, was vorwiegend an unzureichenden Testmethoden und fehlenden Möglichkeiten liege, die Nanopartikel im Organismus nachzuweisen und zu charakterisieren.

Um das zu ändern, hat sich Thomas Schneider gemeinsam mit seinem Kollegen Prof. Dr. Michael Gleis mit einem Industriepartner, der Analytik Jena AG, zusammengetan und ein Forschungsprojekt gestartet. Das neue Verbundvorhaben »Analyse von synthetischen Nanopartikeln in Lebensmitteln mittels Einzelpartikel-ICP-MS« wird für zweieinhalb Jahre vom Land Thüringen aus

Mitteln des Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung mit rund 615000 Euro gefördert. Rund 285000 Euro gehen an die Uni Jena.

Ziel des Projekts ist es, eine Analyseplattform für den Nachweis von potenziell gesundheitsschädlichen Nanomaterialien in Lebensmitteln zu entwickeln. Dafür wollen die Forscher die hochempfindliche Methode der Massenspektrometrie mit induktivgekoppeltem Plasma (ICP-MS) nutzen. »Dieses Analyseverfahren kann selbst geringste Spuren von Metallen, wie Titan, Gold oder Magnesium, nachweisen«, erläutert Dr. Schneider. Um die Methode für die Analyse von Nanopartikeln in Lebensmitteln zu verwenden, müssen die Forscher jedoch zunächst ein spezielles Probenzufuhrsystem sowie eine Software zur Datenanalyse entwickeln.

»Parallel dazu wollen wir die Nanopartikel hinsichtlich ihrer toxikologischen Eigenschaften beurteilen«, kündigt Prof. Gleis an. In seinen Labors werden die Partikel an Zellkulturen getestet. Dabei wird geprüft, ob und in welcher Weise sie das Wachstum der Zellen beeinflussen oder ihnen gar Schäden, zum Beispiel in der DNS, zufügen. Dafür sollen Darmzellkulturen zum Einsatz kommen, die als Modell der natürlichen Barriere des menschlichen Verdauungstrakts dienen. ■

Suchtprävention durch starke Persönlichkeit

Nach einer erfolgreichen Implementierung in Thüringer Schulen weiten Psychologinnen der Universität Jena ihr Programm zur Suchtprävention bei Jugendlichen bundesweit aus. Der Projektpartner Techniker Krankenkasse unterstützt »IPSY – Information und psychosoziale Kompetenz« mit rund 750 000 Euro in vier Jahren.

TEXT: SEBASTIAN HOLLSTEIN

Drogen sind gefährlich für Körper und Psyche. Man kann von ihnen abhängig werden. Nicht wenige lassen sich nur auf illegalem Weg beziehen. Über diese Fakten zu informieren, ist ein elementarer Bestandteil der Suchtprävention für Schüler.

Einen entscheidenden Punkt berühren die Aufklärungsprogramme aber oft nur am Rande: die eigentliche Ursache für den Drogenkonsum. Denn Jugendliche geraten meist in die Abhängigkeit, weil sie sich erhoffen, mit Rauschmitteln unter Freunden sozialen Status zu erlangen oder typische Probleme ihrer Lebensphase lösen zu können.

Genau hier setzt das Programm »IPSY – Information und psychosoziale Kompetenz« an, das an der Uni Jena im Rahmen eines Forschungsprogramms entwickelt und evaluiert wurde. Durch die Durchführung im Klassenkontext können Lehrkräfte die Persönlichkeit ihrer Schüler stärken und sie somit auch weniger empfänglich für Alkohol und Co. machen. Nach einem erfolgreichen regionalen Projekt mit der Techniker Krankenkasse (TK) in Thüringen zur Verbreitung des Programms an Thüringer Schulen, streben die Jenaer Psychologinnen an, IPSY nun auch bundesweit an den Schulen zu etablieren. Die TK unterstützt das Projekt seit März für vier Jahre mit rund 750 000 Euro.

Prävention ist mehr als Aufklärung – Lernen »Nein« zu sagen

»IPSY gehört zu den wenigen evidenzbasierten Präventionsprogrammen, deren Wirkung in langjähriger wissenschaftlicher Forschung belegt ist«, sagt Thomas Holm, Leiter Gesundheitsförderung in Lebenswelten bei der TK. »Nachdem wir zahlreiche positive Rückmeldungen aus der Modellregion Thüringen bekommen haben, freut uns

die offensichtlich erfolgreiche Verbindung von Forschung und Präventionspraxis umso mehr.«

»Suchtprävention wird oftmals darauf reduziert, über die Arten der verschiedenen Rauschmittel und die damit verbundenen Gesundheitsgefahren aufzuklären«, sagt Prof. Dr. Karina Weichold. »Doch ein solches Programm kann viel mehr. Lehrer können ihren Schülern so das Rüstzeug geben, das sie brauchen, um einfach Nein zu Drogen zu sagen und auch sonst gefestigter durchs Leben zu gehen.« Schüler sollten glücklich und zufrieden sein, gut durchs Leben kommen und außerdem erfahren, dass ihnen Drogen auf diesem Weg nicht helfen würden, so Weichold.

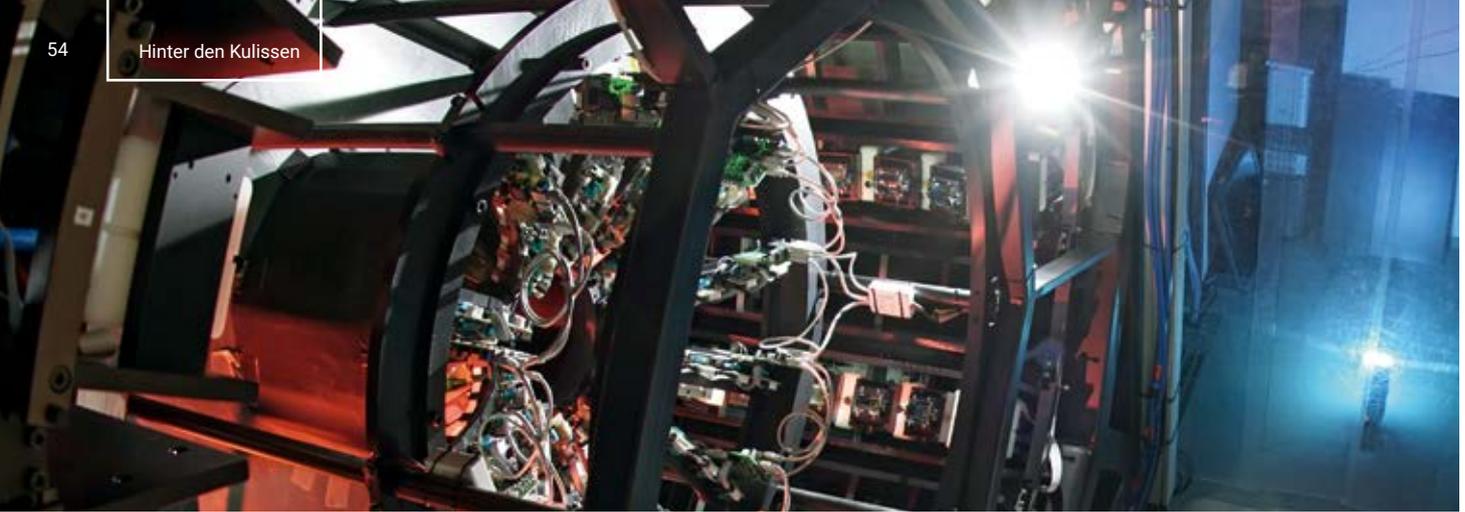
Langzeitstudie belegt den Erfolg – Drogenkonsum deutlich geringer

Dabei prägt gerade das Schulumfeld Kinder und Jugendliche besonders. »Uns war es deshalb wichtig, dass die Lehrer oder Sozialarbeiter selbst die Trainings durchführen und so die Persönlichkeitsbildung ihrer Schüler beeinflussen«, sagt die Wissenschaftlerin. Die Lehrkräfte arbeiten ressourcenorientiert, das heißt, sie müssen Stärken bei ihren Schülern erkennen und ihnen dabei helfen, diese zu festigen.

Dass ihre Herangehensweise erfolgreich ist, haben die Wissenschaftler nicht nur durch Rückmeldungen aus den Schulen erfahren, sondern auch mit einer Langzeitstudie belegt. »Untersuchungen zeigen, dass Schüler, die am IPSY-Programm teilgenommen haben, weitaus weniger zu Alkohol, Zigaretten und illegalen Drogen greifen.« Gründe für den Erfolg des Projektes sieht Karina Weichold in der intensiven wissenschaftlichen Entwicklung des Trainings und der guten Vorbereitung der Lehrer durch Schulungen. ■



Projektleiterin apl. Prof. Dr. Karina Weichold von der Universität Jena.



Letzte Verstärkerstufe
des Hochleistungslasers
POLARIS.

Halbe Kraft voraus

POLARIS ist eines der leistungsstärksten Lasersysteme überhaupt. Schon mehrere Weltrekorde haben Jenaer Forscher mit POLARIS erzielt. Im Normalbetrieb rufen sie die Spitzenleistung des Lasers aber nur selten ab. Warum eigentlich?

TEXT: UTE SCHÖNFELDER

Gut zwei Jahre ist es her, da konnten Prof. Dr. Malte Kaluza und sein Team den letzten Weltrekord vermelden: Mit dem POLARIS-Laser hatten die Forscher vom Institut für Optik und Quantenelektronik und vom Helmholtz-Institut Jena die höchste Spitzenenergie eines vollständig Dioden-gepumpten Kurzpuls-Lasersystems erreicht. Über 50 Joule Pulsenergie konnte POLARIS erzeugen – jeder dieser Pulse kann im Prinzip auf 100 Femtosekunden komprimiert werden und hätte damit eine Leistung von mehreren 100 Terawatt – ein Vielfaches des weltweiten Stromverbrauchs.

Auch wenn POLARIS damit in der Liga der ganz großen Laser, in der Petawatt-Klasse, mitspielt, im alltäglichen Routinebetrieb wird er seinem Namen (Petawatt Optical Laser Amplifier for Radiation Intensive experiments) nur selten gerecht. Denn statt mit der maximal erreichbaren Laserenergie »schießen« die Physiker gerade einmal mit 15 bis 17 Joule je Puls, also nur mit 170 Terawatt. Wie kommt das?

Das habe vor allem mit der Komplexität des Lasers zu tun, wie Prof. Kaluza erklärt: »POLARIS, wie andere Lasersysteme auch, ist kein Gerät, das man einfach einschaltet und das jedes Mal, wenn es in Betrieb ist, automatisch in gleicher Weise arbeitet.« Vielmehr sei es eine enorme technische Herausfor-

derung, die Leistung des Laserstrahls in gleichbleibender Qualität über einen längeren Zeitraum zu halten, um ihn für reproduzierbare wissenschaftliche Messungen nutzen zu können. »Und das ist schließlich unser hauptsächliches Interesse.« POLARIS sei ein wissenschaftliches Werkzeug und Spitzenleistung kein Selbstzweck.

Hunderte optische Bauteile müssen justiert und gewartet werden

Etwa 170 Diodenstacks, mehrere 100 Spiegel und sieben Verstärkerkristalle oder -gläser müssen justiert und aufeinander abgestimmt sein, um dem Laserstrahl ein definiertes Profil und eine gleichbleibende Qualität zu garantieren. Knapp einen Kilometer läuft der Strahl durch die 240 qm große Anlage. POLARIS arbeitet nach dem »Chirped Pulse Amplification«-Verfahren. Dabei wird ein Startpuls mit niedriger Energie aber sehr kurzer Dauer zeitlich gestreckt und anschließend in mehreren Stufen verstärkt. Die verstärkten Pulse werden zeitlich komprimiert, wodurch die sehr hohe Pulsleistung erzeugt wird, »da die Energie in einem extrem kurzen Zeitraum freigesetzt wird«, wie Kaluza erklärt. Dass POLARIS derzeit nur mit »halber Kraft« laufe, liege vor allem an den empfindlichen optischen Bauteilen.

Spiegel, Gitter und Verstärkerkristalle könnten bei extremen Spitzenleistungen Schaden nehmen. »Schon kleine Defekte an der Beschichtung eines Spiegels können dazu führen, dass der nächste Schuss der letzte ist«, bringt es Kaluza auf den Punkt. Etwa die Hälfte der Betriebszeit investieren die sechs Wissenschaftler und Techniker daher in Justage, Wartung und Instandhaltung der Optik und versuchen diese so einzurichten, dass sich ein möglichst homogenes Strahlprofil im Laser ergibt. Denn: Je gleichmäßiger der Laser die empfindlichen Oberflächen ausleuchtet, umso weniger wahrscheinlich ist es, dass diese durch die Strahlung beschädigt werden. Ohne eine immerwährende Prüfung aller optischen Bauteile wäre es schlichtweg unmöglich, zu gegebenem Zeitpunkt Spitzenleistung punktgenau abzuliefern. Und erst wenn der Strahlquerschnitt gleichmäßig ausgeleuchtet ist, ist es möglich, mit POLARIS auch mit noch höherer Pulsenergie zu schießen und das System »mit voller Kraft« zu betreiben.

»Das ist viel Tüftlei, oft muss man auch einfach ausprobieren«, sagt Kaluza. Dabei seien nicht nur Fachwissen und Geduld gefragt, sondern auch eine gehörige Portion Spieltrieb. Aber was sind schon Weltrekorde, wenn man mit einem solch faszinierenden »Spielzeug« arbeiten könne? ■

Helle Nächte

Wenn es nachts nicht mehr dunkel wird, leiden Mensch und Tier. Was tun gegen die zunehmende Lichtverschmutzung?

KOMMENTAR: STEPHAN LAUDIEN

Wo viel Licht ist, da ist auch Schatten. Anders gesagt: Viel Licht hat seine Schattenseiten. Klingt nach einer Binsenweisheit und meint ein ernstzunehmendes Problem: Lichtverschmutzung. Das Übermaß an nächtlichem Licht stört Mensch und Tier. Besonders fatal sind die Auswirkungen auf nachtaktive Insekten. Obwohl Nachtfalter und andere Insekten nicht in den Lampen verbrennen, hat die Anziehungskraft der Lampen enorme Auswirkungen: »Die Tiere vernachlässigen die Nahrungssuche, die Partnersuche und sie bestäuben weniger Blüten«, sagt Dr. Gunnar Brehm, Zoologe vom Phyletischen Museum.

Verlässliche Daten für die Lichtverschmutzung in Deutschland gibt es nicht, ein Zusammenhang mit dem Rückgang bestimmter Arten ist jedoch überaus wahrscheinlich. Auch für die Menschen hat die zunehmende Lichtverschmutzung negative Folgen. »Durch die nächtliche Lichtintensität geht uns der Sternenhimmel verloren, die Milchstraße ist vielerorts nicht mehr zu sehen«, sagt Brehm. Hinzu kommen gesundheitliche Beeinträchtigungen, etwa durch eine gestörte Nachtruhe. Dabei ist die Masse der Lichtquellen nur eine Seite der Medaille. Mit dem zunehmenden Einsatz von modernen LEDs werden herkömmliche Natrium-Dampflampen verdrängt. Während die alten Lampen ein oranges Licht abgaben, strahlen die neuen weiß und wirken oft heller. »Gerade dieses kurzwelligere Licht der LEDs nehmen Insekten wahr«, sagt Gunnar Brehm. Doch wie könnten die Lichtverschmutzung eingedämmt und die Nächte wieder dunkler werden? Zum einen ließe sich die Straßenbeleuchtung in Neben-

straßen herunterdimmen. Zum anderen müsste die Beleuchtung nicht die ganze Nacht hindurch brennen. Das sieht auch Gunnar Brehm so: »Es geht nicht darum, die Städte nachts komplett zu verdunkeln«. Schon kleine Veränderungen könnten Wirkung zeigen. So würde die Verwendung von langwelligem Licht die Insektenwelt schonen. Dieses eher rote Licht wäre sicher gewohnungsbedürftig, seinen grundsätzlichen Zweck würde es dennoch erfüllen.

Der »Schutz der Nacht« ist erklärtes Ziel in der Lichtstadt Jena

In Jena hat jetzt der Stadtrat auf das Problem reagiert: Im Dezember 2017 ist ein Beschluss zum »Schutz der Nacht« gefasst worden. Bis Ende 2018 soll der Kommunal-Service Jena (KSJ) ein Beleuchtungskonzept für die öffentlichen Räume der Stadt vorlegen. Zur Zielstellung heißt es unter anderem, die Licht-

Anziehendes LED-Licht: Was Insektenforscher im südamerikanischen Regenwald nutzen, um Falter anzulocken, wird den Tieren in unseren hell erleuchteten Städten zum Verhängnis.

verschmutzung sei »weitestgehend zu reduzieren durch Vermeidung von übermäßiger Beleuchtung und ihre situationsangepasste Reduzierung«. Der Schutz der Fauna und Flora sowie der menschlichen Gesundheit solle durch angepasste Lichtspektren, Lichtverteilung und Betriebszeiten unter besonderer Beachtung naturnaher Räume, geschützter Naturräume und der Saaleaue erreicht werden. In der Begründung wird auf die Belastung durch biologisch wirksame blaue Farbanteile bei LEDs verwiesen, der auf Nachtinsekten anziehend wirkt. Von rund 700 Schmetterlingsarten im Stadtgebiet sind immerhin 620 nachtaktive. Die Beleuchtung von Brücken beeinflusst sogar die Fische in der Saale.

Nehmen wir uns doch ein Beispiel an der österreichischen Hauptstadt Wien. Dort wird nach 22 Uhr die Beleuchtungsstärke der Straßenlaternen halbiert – Beschwerden gibt es darüber kaum. Ein ermutigendes Zeichen. ■





Haeckels Arbeitszimmer wird saniert

Im kommenden Jahr jährt sich der Todestag von Ernst Haeckel (1834–1919) zum 100. Mal. Im Vorfeld wird das Wohnhaus des Zoologen denkmalgerecht saniert, wobei die historische Authentizität gewahrt werden soll. Die Panoramaaufnahme zeigt das Arbeitszimmer Haeckels vor der Sanierung in der »Villa Medusa«, dem Ernst-Haeckel-Memorialmuseum der Universität Jena, das 2019 wiedereröffnet wird.



Kein Luxusproblem

Der Jenaer Philosoph Lambert Wiesing erforscht ein ungewöhnliches Thema: Luxus. Gemeint sind jedoch nicht Protz und Prunk. Vielmehr sieht Wiesing Luxus als Ausweg aus dem Zwang zu Effizienz und Zweckmäßigkeit und damit als Ausdruck unmittelbaren Menschseins. Das Porträt stellt den diesjährigen Thüringer Forschungspreisträger vor.

TEXT: SEBASTIAN HOLLSTEIN

Eher funktional erscheint das Büro Lambert Wiesings. Keine aufwendige Sitzcke, keine teuren Schreibgeräte, kein Zierrat – im Gegenteil: In den Regalen reihen sich die Aktenordner, der Schreibtisch ist auffällig aufgeräumt. Nur an den Wänden hängen farbige Aquarelle und eine eingerahmte Plastik – Werke der Künstlerin Silke Rehberg, mit der Wiesing seit mehr als 20 Jahren verheiratet ist. Über seinem Computer haftet das Titelblatt eines Comics, den sie 2016 gemeinsam veröffentlicht haben. Doch ob der Bürobesitzer diese Bilder als Luxus betrachtet, verrät er nicht.

»Die Frage nach meinem ganz persönlichen Luxus bekomme ich häufig gestellt, aber ich habe sie noch nie beantwortet«, sagt Lambert Wiesing lachend, lehnt sich in seinem Schreibtischstuhl zurück und verschränkt für einen kurzen Moment die Arme über dem Kopf. Diese Verweigerung ist etwas überraschend für einen Philosophen, der hauptberuflich Antworten sucht und gibt. Wiesing hat in den vergangenen vier, fünf Jahren intensiv zum Thema Luxus geforscht, ein viel gelobtes Buch darüber im Suhrkamp Verlag veröffentlicht und kürzlich für seine Arbeit den Thüringer Forschungspreis erhalten. Er hat in letzter Zeit viel über das Thema gesprochen, mit Kollegen, Lesern und Journalisten. Auch wenn sich dabei Routine eingestellt hat, ist das Interesse am Austausch nicht verschwunden, die Begeisterung ungebrochen. Nur für diese eine ganz private Frage hat er sich eine Blankoantwort zurechtgelegt: »Ich sage dann immer, dass ich alte, in Leder gebundene Folianten liebe.«

Was nach klarer Grenzziehung klingt, wirkt letztlich nur wie eine dünne Membran zwischen dem Wissenschaftler und seinem Forschungsgebiet. Wiesing ist Phänomenologe. Vereinfacht gesagt, beschäftigt er sich damit, wie Menschen Dinge wahrnehmen, welche Erfahrungen sie dadurch machen und wie sich schließlich daraus eine Welt zusammensetzt. Dabei ist er immer sein eigener Forschungsgegenstand. »Der Phänomenologe geht von den persönlichen Erfahrungen aus, um

in den beobachteten Phänomenen Strukturen zu finden, die notwendig sind«, erklärt er. Das bedeutet, jede phänomenologische Erkenntnis ist immer auch eine kleine Selbstauskunft des Philosophen.

Gegen die Zwänge der Zweckmäßigkeit – Luxus als nach innen gerichtete Erfahrung

So stammt auch der Anstoß, sich mit dem Thema Luxus zu beschäftigen, aus unmittelbar Erlebtem. Wiesing hatte vor fünf Jahren als Gastprofessor im britischen Oxford geforscht und dort eine spannende Parallele zwischen Luxus und Bildung beobachtet: »Beides ist nur für jemanden zu haben, der sich dem Streben nach Effizienz und Zweckmäßigkeit verweigert«, sagt er. Nach längerer Beschäftigung mit diesen Gedanken habe er festgestellt, dass die Philosophie dem Luxus als Phänomen bisher kaum Beachtung geschenkt hat. Für einen Philosophen kommt das einem Sechser im Lotto gleich, denn nur noch selten lassen sich Gebiete entdecken, die nicht ausgiebig bearbeitet wurden.

Gerade in diesem Fall überrascht die Forschungsleerstelle, denn Luxus ist in der Gesellschaft sehr präsent. Allerdings beruht das oftmals auf einem Irrtum: »Luxus wird häufig gleichgesetzt mit Protz – also dem Zeigen von Wohlstand zum Prestigegewinn«, erklärt Wiesing. »Doch im eigentlichen Sinne hat er mit Selbstdarstellung nichts zu tun. Luxus ist eine zutiefst nach innen gerichtete Erfahrung, die Menschen auf ganz individuelle Weise machen können.« Während der eine einen teuren Sportwagen als Luxus betrachtet, findet ihn der andere, wenn er einen besonderen Käse verspeist. Obwohl unterschiedliche Zahlen auf dem Preisschild stehen, können die Käufer mit beidem die gleiche ästhetische Erfahrung machen, die man von außen nicht sieht: Beide besitzen und benutzen etwas, was sich der Zweckmäßigkeit entzieht, beide verwei-



Eher bescheiden lebt und arbeitet Luxus-Forscher Lambert Wiesing.

gern somit jeglichen Effizienzgedanken: »Luxus kann man nicht rational verteidigen. Luxus ist Verschwendung, Luxus ist irrational – und genau in dieser tiefgreifenden Erfahrung der Verweigerung von Effizienz liegt seine Bedeutung für den Menschen«, sagt der Philosoph. »Durch Luxus können wir aus den Zwängen der Zweckmäßigkeit ausbrechen. Und genau das macht ihn zu etwas elementar Menschlichem, denn nur der Mensch kann zu dem, was er für vernünftig hält, Stellung beziehen und sich entscheiden, ob er es auch verwirklichen will.« In letzter Zeit höre er oft den Satz »Das brauchen wir eigentlich nicht«, sagt Wiesing. »Das mag zwar oftmals stimmen, doch die Frage ist: Welches Menschenbild soll verteidigt werden, wenn wir uns darauf reduzieren, was wir brauchen? Sollen wir über Menschen reden wie über Maschinen, bei denen sich sagen lässt, was sie brauchen und verbrauchen?«

In der Tradition Schillers – die Freiheit des Spiels und die Freiheit irrational aufwendigen Besitzes

Der Philosoph liefert mit seiner Forschung nicht nur eine Definition des Begriffs Luxus, sondern er erweitert gleichzeitig die Palette der Möglichkeiten, durch die wir ästhetische Erfahrungen machen können. »Nach Kant kann einzig die interesselose, sinnliche Wahrnehmung einer Sache ästhetische Erfahrungen bewirken, etwa das Betrachten eines Bildes. Doch das bloße Besitzen kann ebenfalls eine ähnliche ästhetische Wirkung haben«, erklärt Wiesing, der sich neben der Phänomenologie der Bildtheorie widmet. Zudem stellt sich der Philosoph mit seinen Überlegungen zur »Selbsterfahrung des Menschseins« unter anderem in die Tradition eines berühmten Vorgängers. »Friedrich Schiller meinte, dass der Mensch in zweifacher Form verwahrlosen kann: Er kann entweder einseitig zu einem einzig triebgesteuerten, hedonistischen oder zu einem genauso einseitig rigorosen, rationalen Wesen werden. Und es

ist die ästhetische Erfahrung der Freiheit, die dies verhindert«, erklärt Wiesing. »Schiller sah vor allem im Spiel einen Weg, die Erfahrung der Freiheit zu machen. Inzwischen scheint für viele Menschen auch der Besitz von irrational aufwendigen Dingen diese Möglichkeit in sich zu bergen – möglicherweise nicht zuletzt aufgrund eines immer mehr um sich greifenden Effizienzdenkens.«

Im Namenspatron der Universität liegt ein wichtiger Grund, warum sich der gebürtige Münsterländer in Jena so wohl fühlt. »Zum einen bin ich immer wieder erstaunt, wenn ich erfahre, welchen ausgezeichneten Ruf Jena im Ausland genießt – nicht zuletzt wegen seiner Historie«, erzählt der 55-Jährige, der im kommenden Wintersemester eine Gastprofessur in den USA übernimmt. »Zum anderen halte ich das hiesige Institut für Philosophie für eines der spannendsten seiner Art in Deutschland.« Kaum einer kann das besser einschätzen als er, denn Wiesing ist bereits seit mehr als 20 Jahren an der Jenaer Universität. Nach seinem Studium in Münster habilitierte er in Chemnitz, übernahm schließlich verschiedene Jenaer Lehrstühle in Vertretung, erhielt 2001 seine eigene Professur und 2009 den Lehrstuhl für Bildtheorie und Phänomenologie.

Heute lebt Lambert Wiesing, der als Berufsbezeichnung nicht »Philosoph« sondern »Hochschullehrer« angibt, mit seiner Familie nach wie vor auf dem Land. Gerade diese Mischung stärke seine Arbeit. »Wenn ich in Jena bin, dann genieße ich es, sehr rege am Universitätsleben teilzunehmen. Und Zuhause kann ich mich zurückziehen und finde Ruhe zum Lesen und Nachdenken.« Denn eigentlich brauche er nicht viel mehr für seine Forschungen. Zudem profitiere er natürlich vom Austausch mit anderen Menschen. Dass gerade das Luxus-Buch auf so große Resonanz gestoßen ist, sei dabei sehr hilfreich. »Mir schreiben regelmäßig Leserinnen und Leser, die mich immer wieder mit neuen Beispielen und Sichtweisen bereichern«, sagt der Autor. Und vielleicht verrät er ihnen im Gegenzug auch irgendwann seinen ganz persönlichen Luxus. ■



Sicherer im Galopp

Bewegungswissenschaftler haben eine Antwort auf die Frage gefunden, warum wir Menschen, etwa beim schnellen Abwärtslaufen auf einer Treppe, in den Galopp verfallen, also mit einem Bein Schwung holen und das andere nachziehen (DOI: 10.1098/rsos.172114).

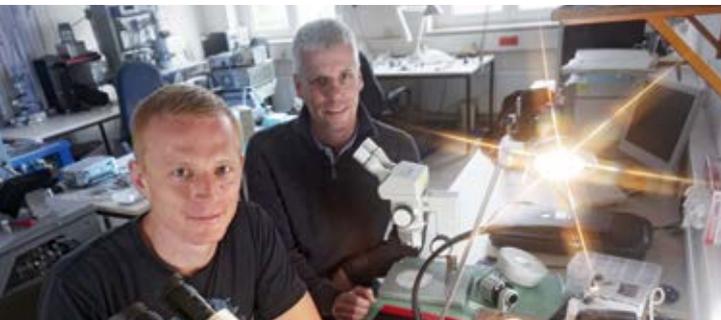
»Das Galoppieren verleiht uns eine größere Stabilität bei kleinerem Kontrollaufwand«, erklärt Dr. Roy Müller. Denn nur das Bein, das zuerst aufsetzt, nimmt Anpassungen vor, um Standfestigkeit zu gewährleisten. Diese einseitige Bewegung gehe aber nicht zulasten der Stabilität – im Gegenteil: »Wir haben unsere Beobachtungen auf ein Modell übertragen und herausgefunden, dass die gewählten Anpassungen das gesamte System robuster machen.« Einen Nachteil hat die Gangart jedoch auch: Für Erwachsene ist der Galopp auf Dauer zu anstrengend, da er mehr Energieaufwand erfordert und die Knie stärker belastet. sh



Karlsgraben blieb unvollendet

Die Studie eines Forscherteams aus Leipzig, Hildesheim, Jena, Kiel, Berlin und München belegt, dass der sogenannte Karlsgraben in Mittelfranken (Foto oben: Eichenpfähle der Uferbefestigung) nie vollendet wurde (DOI: 10.1016/j.quaint.2017.12.021).

Vor über 1000 Jahren wollte Kaiser Karl der Große einen Schiffahrtsweg vom Rhein zur Donau bauen. 792/793 n. Chr. in Angriff genommen, wurde das ambitionierte Bauvorhaben jedoch Opfer technischer Probleme: Auf mindestens 700 Metern zwischen den Resten des Kanals im Ort Graben und der Altmühl haben die Forscher mit geophysikalischen, archäologischen und physisch-geographischen Untersuchungen keinerlei Spuren eines schiffbaren Kanals gefunden und geschlossen, dass der Bau unvollendet blieb. Dennoch, so die Forscher, sei der Karlsgraben eine enorme Ingenieursleistung des Frühmittelalters. PM



Durchleuchtete Nano-Bauteile

Physiker haben eine Messmethode für aktive nanoskalige Bauteile entwickelt, wie sie in Chips, Dioden oder Transistoren von Handys und Computern verbaut sind (DOI: 10.1126/sciadv.aao4044). Damit können sie gleichzeitig Informationen über die Zusammensetzung der Elemente, über ihre Oxidationsstufe sowie über interne elektrische Felder abrufen – und das während sich das Bauteil im aktiven Zustand befindet. Die Untersuchungsmethode basiert auf der Wechselwirkung eines sehr feinen Röntgenstrahls mit dem Material, wie Prof. Dr. Carsten Ronning erklärt (auf dem Foto rechts, neben ihm Dr. Andreas Johannes, der die Experimente durchgeführt hat). Die Röntgenstrahlung induziert im Material einen elektrischen Strom. Zugleich sendet das angeregte Material ein charakteristisches Strahlungsspektrum aus, das anschließend analysiert wird. sh



Ohne Angst auf dem Zahnarztstuhl

In einer Metastudie haben Wissenschaftler des Uniklinikums die Wirksamkeit verschiedener nicht-medikamentöser Interventionen gegen psychische Belastung und Angst bei Zahnbehandlungen untersucht und kamen zum Ergebnis, dass ausführliche Information, Musik, Entspannung und Ablenkung gegen leichte bis mittlere Zahnarztangst wirken. Hypnose erwies sich als am wirksamsten (DOI: 10.1016/j.jdent.2017.11.005).

»Wir waren überrascht, dass nahezu alle Interventionen wirksam waren, um die psychische Belastung zu verringern«, so die Psychologin PD Dr. Jenny Rosendahl, die die Studie leitete. Mit ihrem Ergebnis wollen die Autoren Zahnmediziner bestärken, zusätzlich zur Standardbehandlung auch nicht-medikamentöse Maßnahmen für angespannte und ängstliche Patienten einzusetzen. vdG



Nur nachhaltig ist auch gerecht

Volkswirt Dr. Wolfgang Bretschneider vom Lehrstuhl für Wirtschaftspolitik hat ein Buch über die Versorgungsgerechtigkeit beim Zugang zu Trinkwasser vorgelegt (»Das Menschenrecht auf Wasser als Allokationsproblem«). Die Umsetzung des seit 2010 von der UNO anerkannten Menschenrechts scheitert bislang unter anderem daran, dass gar nicht geklärt ist, was damit konkret gemeint sei, so Bretschneider. »Uneingeschränkte und entgeltfreie Verfügbarkeit von Wasser ist nicht nur nicht umsetzbar, sondern auch nicht nachhaltig.« Das Menschenrecht lasse sich nur erfüllen, wenn sich die räumlichen, zeitlichen und pekuniären Hürden in einem für jeden einzelnen Menschen zumutbaren Rahmen bewegen und diese Hürden zugleich so funktional sind, dass damit ein nachhaltiger Umgang mit der wertvollen Ressource Wasser gefördert wird, unterstreicht der Forscher. US



Frühstart in den Frühling

Botaniker haben die Ursachen für den veränderten Blühbeginn von Pflanzen infolge des globalen Klimawandels untersucht. »Die Klimaveränderungen führen in der Regel zu einem früheren Blühbeginn«, sagt Patrizia König. Die Nachwuchswissenschaftlerin aus der Arbeitsgruppe Biodiversität der Pflanzen hat für ihre Studie Daten von über 550 Pflanzenarten von 18 Standorten in Europa und Nordamerika ausgewertet und untersucht, wie sich diese auf ändernde Umweltbedingungen einstellen (DOI: 10.1111/geb.12696). Entscheidend dabei sind funktionelle Merkmale der Pflanzen, wie Wuchshöhe und Blattgröße. Für Sträucher, Kräuter und Gräser gelte: je kleiner die Pflanze umso deutlicher die Verschiebung des Blühbeginns. Vermutlich, so die Erklärung der Forscherinnen, um der großwüchsigen Konkurrenz zuvorzukommen, die später das Sonnenlicht abschirmt. US



Wie fest zu flüssig wird

Materialwissenschaftler aus Jena haben gemeinsam mit einem internationalen Team von Fachkollegen detailliert beobachtet, was beim Schmelzen auf Molekülebene passiert (DOI: 10.1002/advs.201700850). Dem Wissenschaftlerteam ist es dabei gelungen, sich den Schmelzvorgang quasi in Zeitlupe anzuschauen. Sie deckten auf, dass dieser grundsätzlich in zwei Schritten erfolgt: »Erhöht man die Temperatur, so erreicht das System zunächst einen energetischen Zustand, der zufällig auftauchende gestörte Bereiche zur Folge hat, allerdings ohne dass die Teilchen, aus denen das Kristallgitter besteht, bereits größere Bewegungen vornehmen. Nur wenn diese Teilchen im zweiten Schritt auch die Freiheit erlangen, sich zu bewegen, verflüssigen sich die gestörten Bereiche«, erklärt Studienleiter Prof. Dr. Lothar Wondraczek vom Lehrstuhl für Glaschemie. sh



Wie Schmerz wahrgenommen wird

US-amerikanische Patienten geben nach identischen orthopädischen Operationen eine deutlich höhere Schmerzintensität an als Patienten in Europa. Obwohl die Patienten in den USA mehr Schmerzmittel erhielten, war ihr Wunsch nach mehr Schmerztherapie sogar noch höher als bei der Vergleichsgruppe. Diese Erkenntnisse sind das Ergebnis einer Auswertung von fast 14000 Patientenbefragungen im Rahmen des weltweit größten Akutschmerzregisters PAIN OUT, das am Jenaer Universitätsklinikum koordiniert wird (DOI: 10.1016/j.bja.2017.11.109). Eine mögliche Erklärung für diese Unterschiede könne in der vermehrten Einnahme von Opioiden vor der Operation bei den amerikanischen Patienten liegen. Dies könne die Wirkung der Schmerzmittel nach der Operation verringern, vermuten die Autoren. vdG

KARL MARX
1818-1883

ERWARB AN DER UNIVERSITÄT JENA
DIE PHILOSOPHISCHE DOKTORWÜRDE
15. APRIL 1841

Die Gedenktafel vor der Aula im Hauptgebäude der Universität Jena erinnert an den berühmten Promovenden.

Promotion »in absentia«

Vor gut 200 Jahren, am 5. Mai 1818, wurde Karl Heinrich Marx geboren. Der Philosoph, der seinen Kollegen vorwarf, die Welt nur verschieden interpretiert zu haben, während es darauf ankomme, sie zu verändern, hatte eine besondere Beziehung zur Universität Jena. Hier reichte er 1841 in Abwesenheit, »in absentia«, seine Doktorarbeit ein. Sie wurde mit »vorzüglich würdig« bewertet.

TEXT: STEPHAN LAUDIEN

»Ein Gespenst geht um in Europa – das Gespenst des Kommunismus.« Mit diesem vielzitierten Satz beginnt das Manifest der Kommunistischen Partei von Karl Marx und Friedrich Engels. Die programmatische Schrift – verfasst im Auftrag des Bundes der Kommunisten und 1848 erschienen – endet mit dem Aufruf: »Proletarier aller Länder, vereinigt euch!« Gelernten DDR-Bürgern war der Satz wohlvertraut: Er prangte rechts oben auf dem Titelblatt des »Neuen Deutschlands«. Doch nicht nur das »Organ des Zentralkomitees der Sozialistischen Einheitspartei Deutschlands« schmückte sich mit Karl Marx. Der Philosoph, der so gewaltige Werke wie das dreibändige »Kapital« verfasste, avancierte zum Säulenheiligen der kommunistischen Bewegung weltweit. Angereichert durch die Ideen von Wladimir Iljitsch Uljanow, genannt Lenin, wurde der Marxismus-Leninismus zur Heilslehre der Sowjetunion und später des gesamten Ostblocks. Die Lehre vom Klassenkampf war Schulstoff und gehörte als »ML« obligatorisch zum Stu-

dium in der DDR. Schon Schulkindern wurde Marx nahegebracht. Der Roman »Mohr und die Raben von London« war Pflichtlektüre. Ob Marx darüber hinaus tatsächlich gelesen wurde? Auf jeden Fall war Kritik an Marx sakrosankt; Lenin gab die Richtung vor: »Die Lehre von Marx ist allmächtig, weil sie wahr ist.«

In die Wiege gelegt war die spätere Berühmtheit dem jungen Marx sicher nicht. Geboren wird Karl Heinrich Marx vor 200 Jahren am 5. Mai 1818 in Trier. Der Vater Heinrich entstammte berühmten Rabbinerfamilien, er konvertierte zum Protestantismus. Die Mutter Henriette ist mit dem Dichter Heinrich Heine verwandt. Nach dem Abitur nimmt Marx 1835 in Bonn ein Studium der Rechtswissenschaften auf, das er an der Friedrich-Wilhelms-Universität Berlin fortsetzt. In Berlin vernachlässigt der Studiosus zunehmend die Jurisprudenz und wendet sich der Philosophie und Geschichte zu.

Im April 1841 kommt Marx in Verbindung mit der Universität Jena. Auf

Vermittlung des Literaturprofessors Oskar Ludwig Bernhard Wolff reicht der weithin unbekannt Student seine Dissertationsschrift »Differenz der demokratischen und epikureischen Naturphilosophie« bei der Philosophischen Fakultät ein. Die Arbeit wird mit dem Prädikat »vorzüglich würdig« bedacht, wie aus der Promotionsurkunde hervorgeht. Dieses Dokument wird heute in Moskau aufbewahrt, 1947 gelangte es in die russische Hauptstadt. Die Doktorarbeit selbst ist nicht mehr auffindbar. Eine weitere Verbindung von Karl Marx zu Jena ist eine Büste, die der Künstler Will Lammert 1953 schuf. Das Kunstwerk zierte zwischen 1959 und 1992 den Eingang der Universität und wurde per Senatsbeschluss ins Uni-Depot »verbannt«.

Marx beschließt sein bewegtes Leben am 14. März 1883 in London, wo er auf dem Highgate Cemetery seine letzte Ruhestätte findet. Bis heute ist die Grabstätte ein Wallfahrtsort von Marx-Jüngern aus aller Welt. Es heißt, es lägen immer frische Blumen auf dem Grab. ■

FRIEDRICH-SCHILLER-
UNIVERSITÄT
JENA

UNIVERSITÄTS- SOMMERFEST

MITTENDRIN

29. Juni 2018 | Einlass ab 18:00 Uhr
Eröffnung 19:30 Uhr

Griesbachgarten · Planetarium · Botanischer Garten

Eintritt: 14 Euro* / 7 Euro ermäßigt

Kartenvorverkauf:

- Uni-Shop im Campus-Foyer oder online unter www.uni-shop-jena.de
- Kassen des Botanischen Gartens und des Planetariums
- Jena Tourist-Information (zzgl. Vorverkaufsgebühr)
- Buchhandlung Thalia in der »neuen mitte«

Die Tickets gelten als Fahrausweise für den
Jenaer Nahverkehr für die Hin- und Rückfahrt.



www.sommerfest.uni-jena.de

Hauptsponsoren:



Sponsoren:



LICHTGEDANKEN

Das Magazin der
Friedrich-Schiller-Universität Jena

Online

Das Magazin der Friedrich-Schiller-Universität Jena –
auch als ePaper im Internet:

www.uni-jena.de/lichtgedanken



FRIEDRICH-SCHILLER-
UNIVERSITÄT
JENA