



INTERVIEW

LIGHT, LIFE, LIBERTY – CONNECTING VISIONS

Uni-Präsident Walter Rosenthal spricht über den Erfolg im Wettbewerb zur Exzellenzstrategie

REPORTAGE

OPERATION AM OFFENEN EI

Um die Biokompatibilität von Nanopartikeln zu testen, kommen Hühnereier zum Einsatz

WISSENSCHAFTSFOTO

MIKROBEN BAUEN SCHADSTOFFE AB

Epsilonproteobakterien machen FCKW unschädlich und brauchen dafür eine Umgebung ohne Sauerstoff



SCHWERPUNKT

MEDIKAMENTE NACH MAß

Jenaer Forscherinnen und Forscher arbeiten daran, Arzneistoffe in maßgeschneiderte Nanopartikel zu verpacken und diese zielgenau an den Krankheitsherd zu lotsen.



GAUNER, GÖNNER UND GELEHRTER.

Die Schenkung des Marchese Giovanni Pietro Campana

AUSSTELLUNG BIS 30. MÄRZ 2019



Aus dem Bestand antiker Kunstschatze, der auf die Schenkung des Marchese Giovanni Pietro Campana (1808 – 1880) zurückgeht, zeigt die Ausstellung rund 100 Exponate. Giampietro Campana, eine schillernde Figur der italienischen Kunstszene im 19. Jahrhundert, war schon in jungen Jahren päpstlicher Bank- und Leihhausdirektor und trug eine der größten Antikensammlungen seiner Zeit zusammen. 1846 übereignete er etwa 200 antike Vasen, Terrakotten, Gipsabgüsse, graphische Werke und Bücher an Herzog Joseph von Sachsen-Altenburg, der diese Schenkung dem damals neu gegründeten Archäologischen Museum der Jenaer Universität stiftete. Bis auf wenige Ausnahmen befinden sich diese Objekte noch heute in den Antikensammlungen der Universität.

Institut für Altertumswissenschaften, Fürstengraben 25, 07743 Jena |
dienstags bis donnerstags von 10 bis 12 Uhr, freitags von 14 bis 16 Uhr und
sonntags von 13 bis 15 Uhr, sowie nach Vereinbarung | Eintritt frei



Dr. Ute Schönfelder, Redakteurin
Abteilung Hochschulkommunikation
der Friedrich-Schiller-Universität Jena

Connecting Visions

Im Verbund zum Erfolg: Die Friedrich-Schiller-Universität Jena gehört mit ihrem Forschungscluster »Balance of the Microverse« zu den Gewinnern des Wettbewerbs der Exzellenzstrategie des Bundes und der Länder. Ab 2019 wird der Jenaer Forschungsverbund für sieben Jahre mit rund sechs Millionen Euro jährlich gefördert. Neben Berlin und Dresden ist Jena damit einer von lediglich drei Standorten im Osten Deutschlands mit einem Exzellenzlabel.

»Als einen großen Erfolg für das Forschungsprofil der Friedrich-Schiller-Universität«, sieht das Präsident Prof. Dr. Walter Rosenthal, den wir für die vorliegende Ausgabe der LICHTGEDANKEN interviewt haben (S. 7). Das Profil der Universität steht unter dem neuen Motto »Light, Life, Liberty – Connecting Visions« und knüpft vielfältige Verbindungen: zwischen den Profillinien Light, Life und Liberty, zwischen den zehn Fakultäten der Universität sowie außeruniversitären Forschungseinrichtungen, wobei es auch Einzelprojekte mit einbindet.

Eingebunden in große Cluster sind auch die zukunftsweisenden Forschungsarbeiten, die wir in unserem Schwerpunkt »Medikamente nach Maß« vorstellen. Auch im Jahr 2018 gibt es noch zahlreiche Krankheiten, für die es keine oder nur unzureichende Therapien gibt. Oft sind nicht fehlende Wirkstoffe das Problem, sondern die Schwierigkeit, die Wirkstoffe zielgenau und effizient an den Krankheitsherd zu platzieren. Forscherinnen und Forscher der Universität Jena gehen hier neue Wege, um genau dies zu verbessern: mit Präzisionstechniken analysieren sie die molekularen Schaltstellen des

Körpers, über die Stoffwechselprozesse gesteuert werden und an die körpereigene Signalmoleküle oder Wirkstoffe andocken. Andere Wissenschaftlerteams designen und testen Nanopartikel, die Wirkstoffe effizient verpacken und genau diese Schaltstellen im Körper ansteuern. So lassen sich Nebenwirkungen verringern und die Wirksamkeit von Medikamenten deutlich verbessern. Die vorliegende Ausgabe unseres Forschungsmagazins widmet sich diesen Projekten und stellt einige von ihnen exemplarisch vor (S. 12 ff.).

Verbindend agiert die Friedrich-Schiller-Universität doch auch auf anderen Gebieten. Durch den Austausch von Objekten aus ihren Forschungs- und Lehrsammlungen etwa hält sie Kontakte zu Museen und Forschungseinrichtungen weit über die Grenzen Deutschlands hinaus und verbindet zugleich Jahrtausende Kulturgeschichte (S. 58 ff.). Aktuell sind einige Ausstellungsstücke der Antikensammlungen der Universität sogar im weltberühmten Louvre in Paris zu sehen (S. 56).

Ich wünsche Ihnen eine interessante Lektüre und freue mich über Ihr Feedback, Anregungen oder Kritik. Sie erreichen das Redaktionsteam und mich unter: presse@uni-jena.de.

Jena, im Januar 2019

HERAUSGEBER:

Abteilung Hochschulkommunikation/Bereich Presse und Information im Auftrag des Präsidenten der Friedrich-Schiller-Universität Jena

REDAKTION UND GESTALTUNG:

Dr. Ute Schönfelder, Till Bayer, Stephan Laudien, Irena Walinda, 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

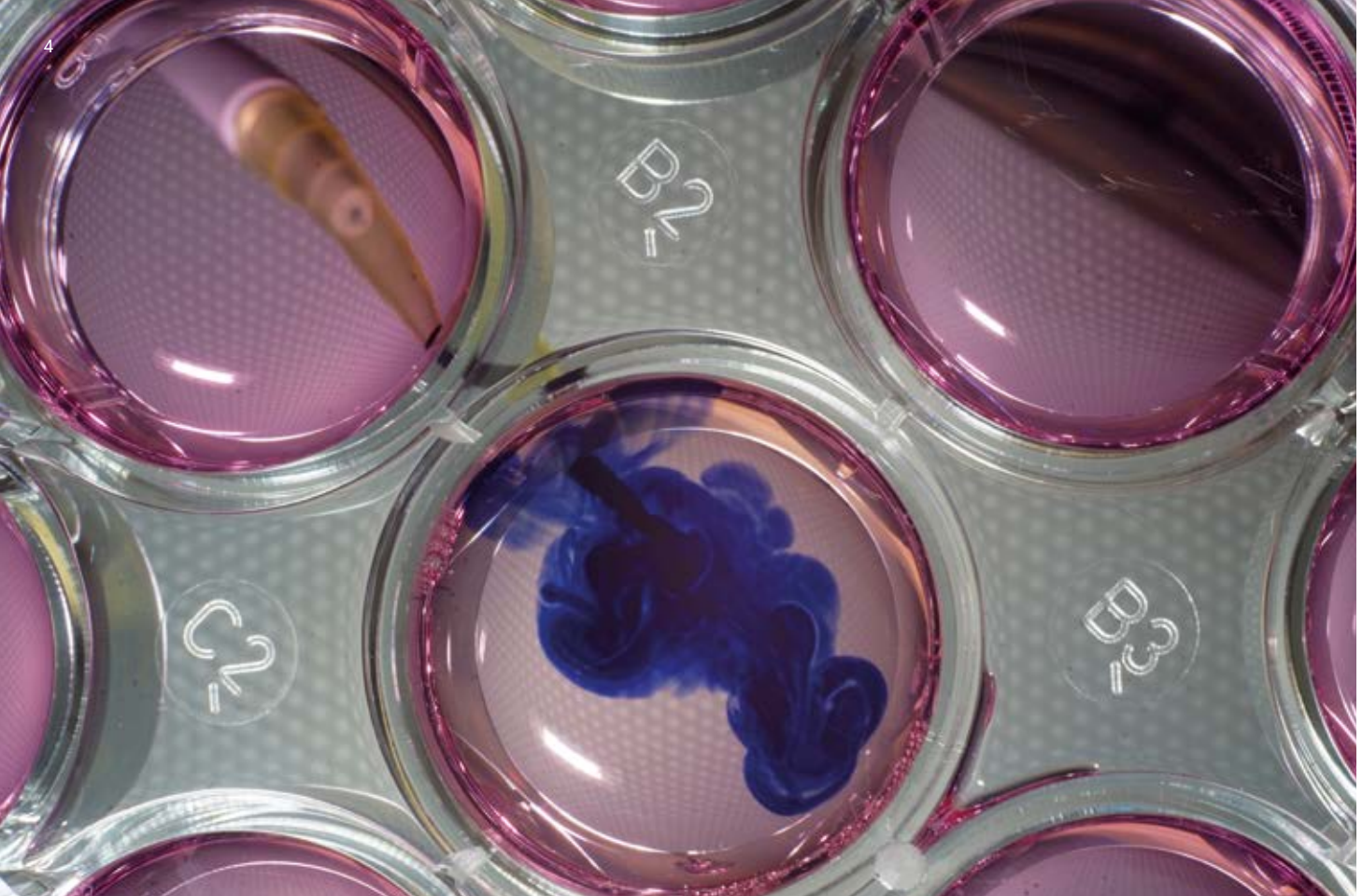
INTERNET: www.uni-jena.de/lichtgedanken

ISSN: 2510-3849

ERSCHEINUNGSDATUM: Januar 2019

FOTOS: Kasper (1, 3, 4, 5, 7–9, 10, 11, 12/13, 14, 15, 17, 20/21, 22–27, 31–33, 36, 37, 42, 44, 46, 51, 53–55, 62), Schoeler (6), Schulz (11), AG Sierka (18), Günther (19, 34, 39, 40, 45, 48, 52, 62), P. Scheere (28), von der Gönna (29, 30), Szabó (35), Kirsche (41), privat (43, 50, 55), NASA (47), Medenbach (54), Brehm (55), Winckler (55), Musée du Louvre/Antoine Mongodin (57).

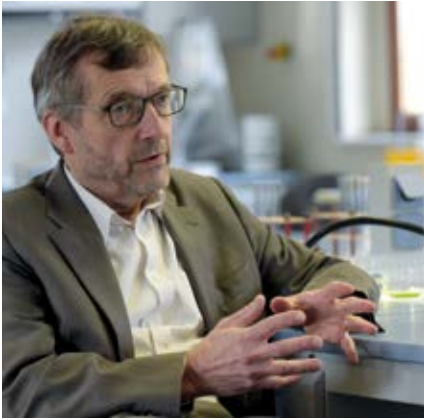
Nachdruck nur mit Genehmigung gestattet. Für unverlangt eingesandte Manuskripte, Fotos u. Ä. wird keine Haftung übernommen. Namentlich gekennzeichnete Artikel müssen nicht mit den Auffassungen des Herausgebers und der Redaktion übereinstimmen. Für den Inhalt sind die Unterzeichner verantwortlich. Zur besseren Lesbarkeit haben wir in den Texten teilweise nur die männliche Sprachform verwendet. Mit den gewählten Formulierungen sind jedoch alle Geschlechter gleichermaßen angesprochen.



SCHWERPUNKT

Medikamente nach Maß

- 14 NANOPARTIKEL MIT LICHTSCHALTER**
Polymere können Arzneistoffe sicher verpacken. Chemiker entwickeln Nanopartikel auf Polymerbasis, die ihre Wirkstoffe per Lichtsignal wieder freisetzen.
- 18 WIRKSTOFFE IM MABANZUG**
Interview mit einem Materialforscher, der Wirkstoffe und Polymere in idealer Paarung zusammenbringt und dafür kein Chemielabor braucht.
- 20 OPERATION AM OFFENEN EI**
Pharmazeuten nutzen Hühnereier als Modellsystem, um Nanopartikel auf ihre Bioverträglichkeit zu testen. Die Reportage nimmt die Leser mit zu einem Laborbesuch.
- 28 FEUER IM KOPF**
Mediziner konnten die molekularen Mechanismen bei der Entstehung einer seltenen Gehirnentzündung aufklären und tragen so zu einer besseren Behandlung bei.
- 30 WARUM DER SCHMERZ NICHT NACHLÄSST**
Ein Forscherteam findet heraus, warum bestimmte Schmerzmittel ihre Wirkung verlieren. Diese Erkenntnisse können helfen, bessere Medikamente zu entwickeln.
- 32 PERSONALISIERTE MEDIZIN**
Warum Vitamin E nicht bei jedem Menschen gleich wirkt, haben Pharmazeuten herausgefunden. Im Interview erläutert Prof. Dr. Oliver Werz Möglichkeiten und Grenzen individueller Therapien.



07 | INTERVIEW
**LIGHT, LIFE, LIBERTY –
CONNECTING VISIONS**



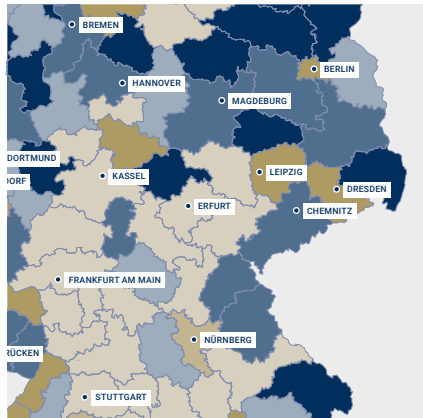
20 | REPORTAGE
**OPERATION AM
OFFENEN EI**



36 | WISSENSCHAFTSFOTO
**MIKROBEN BAUEN
SCHADSTOFFE AB**



38 | PORTRÄT
**ALTHÖFER
WÜRFELT!**



48 | STUDIE
**DIE PSYCHOLOGISCHE
DEUTSCHLANDKARTE**



56 | HINTER DEN KULISSEN
**LEIHGABEN FÜR
DEN LOUVRE**

NACHRICHTEN

06 Aktuelles aus der Universität

SCHWERPUNKT

12 Medikamente nach Maß

NACHGEDACHT

27 Kleine Narbe, große Wirkung

WISSENSCHAFTSFOTO

36 Mikroben bauen Schadstoffe ab

PORTRÄT

38 Althöfer würfelt!

DAS KALENDERBLATT

41 Feldpost an Professor Cartellieri

THEMEN

42 Förderliche Krisen

44 Arbeiterbewegung von rechts

46 Abkürzung im Schwefelkreislauf

48 Psychologische Deutschlandkarte

PROJEKTE

50 Kooperationen und Förderungen

TICKER

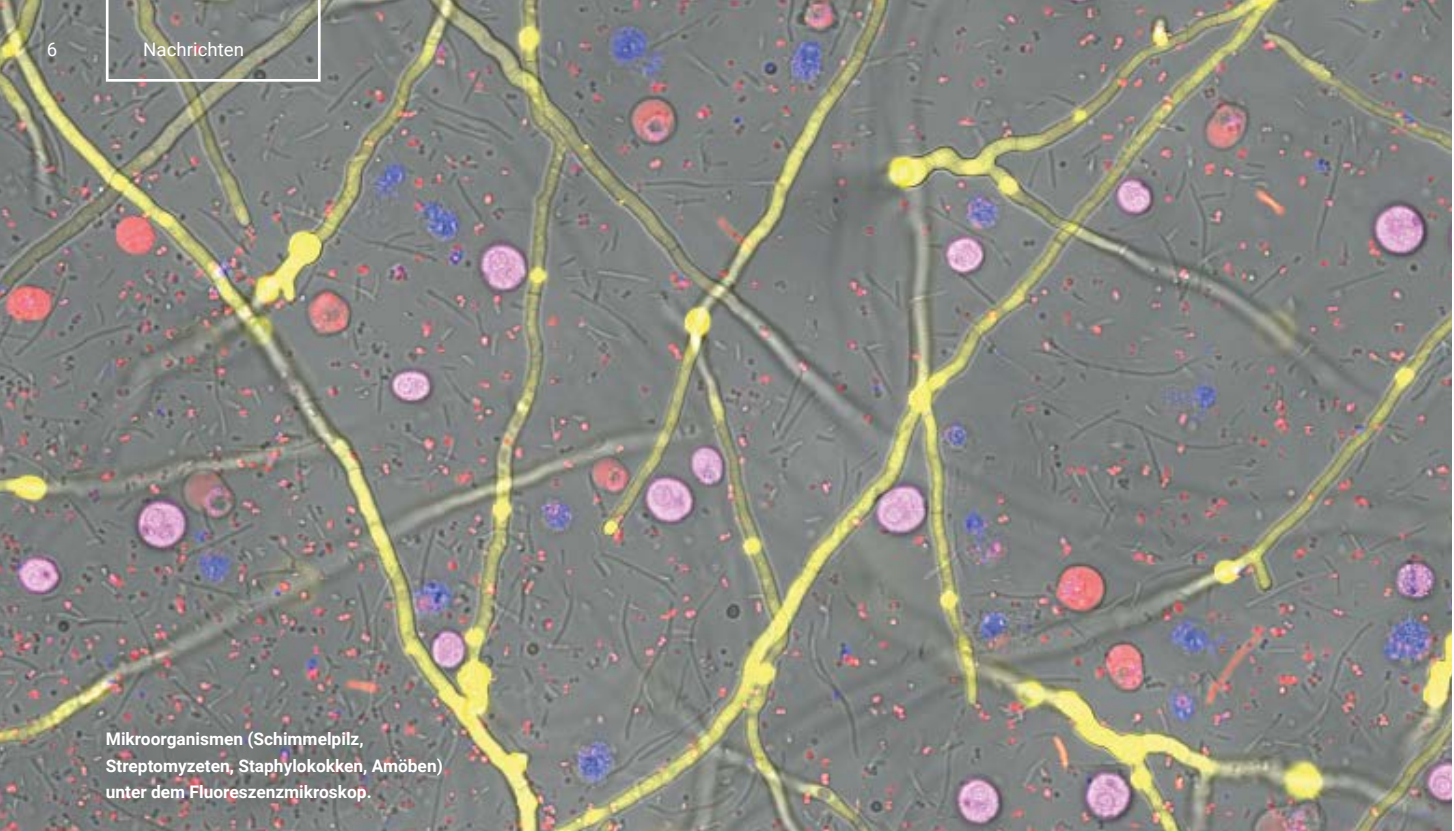
54 Forschung kurz und knapp

HINTER DEN KULISSEN

56 Leihgaben für den Louvre

GALERIE

58 Sammlungsobjekte auf Reisen



Mikroorganismen (Schimmelpilz, Streptomyzeten, Staphylokokken, Amöben) unter dem Fluoreszenzmikroskop.

Forschungscluster erhält Exzellenzsiegel

Die Friedrich-Schiller-Universität Jena hat den Zuschlag für einen Exzellenzcluster erhalten. Wie das Auswahlgremium am 27. September in Bonn bekanntgab, gehört der Clusterantrag »Balance of the Microverse« zu den 57 ausgewählten Verbänden, die in der Exzellenzstrategie des Bundes und der Länder in den kommenden sieben Jahren gefördert werden. Jena hat damit erstmals die Förderung für einen Exzellenzcluster erhalten.

»Das ist eine hervorragende Nachricht für die Universität, für den Forschungsstandort Jena und den Freistaat Thüringen«, freut sich der Präsident der Universität Jena Walter Rosenthal. Die Förderung bestätige die in den vergangenen Jahren erarbeitete Profilbildung der Forschung, die unter dem Motto »Light, Life, Liberty – Connecting Visions« steht. Dieser Erfolg mache die Wissenschafts- und Wirtschaftsregion Jena zu einem international sichtbaren Leuchtturm, ist sich der Präsident sicher.

Das große Ganze und die Kleinsten der Kleinen

Im Exzellenzcluster »Balance of the Microverse« geht es um die komplexen Lebensgemeinschaften von Mikroorganismen. Diese Mikrobiome haben einen stabilisierenden Einfluss auf Lebewesen und Umwelt, etwa die Gesundheit von Menschen, Tieren und Pflanzen, ebenso wie die Fruchtbarkeit

von Böden oder die Qualität von Gewässern. Die Erforschung der Funktionen und Dynamik solcher Systeme steht noch ganz am Anfang. Ziel des Forschungsclusters ist es herauszufinden, nach welchen übergreifenden Prinzipien mikrobielle Gemeinschaften interagieren. Fragen sind dabei, welche Faktoren solche Systeme stabilisieren und wie der Mensch gezielt eingreifen könnte, um ein aus der Balance geratenes Mikrobiom wieder zu reparieren. Das Forschungsprogramm entwickelt die Thematik der Exzellenz-Graduiertenschule »Jena School for Microbial Communication« und vier bestehender Sonderforschungsbereiche inhaltlich sowie methodisch weiter.

»Wir freuen uns natürlich sehr, dass unser Engagement der letzten Jahre durch das Exzellenzsiegel gewürdigt wird und wir damit einen Spitzenplatz in der Forschung einnehmen können«, sagt Prof. Dr. Axel Brakhage, der Sprecher des Microverse-Clusters. Über alle beteiligten Disziplinen und Institutio-

nen hinweg sei man zu einem großartigen Team zusammengewachsen. »Die Aufklärung der Funktion von Mikrobiomen wird ganz neue Wege der Prävention und Therapie von Krankheiten und im Umweltschutz eröffnen.«

Am neuen Forschungsverbund arbeiten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus der Fakultät für Mathematik und Informatik, der Physikalisch-Astronomischen Fakultät, der Chemisch-Geowissenschaftlichen Fakultät, der Fakultät für Biowissenschaften sowie der Medizinischen Fakultät der Friedrich-Schiller-Universität Jena zusammen. Als außeruniversitäre Partner sind die Max-Planck-Institute für chemische Ökologie, für Biogeochemie sowie für Menschheitsgeschichte, die Leibniz-Institute für Naturstoff-Forschung und Infektionsbiologie – Hans-Knöll-Institut sowie für Photonische Technologien, das Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik, das Helmholtz-Institut Jena und das DLR-Institut für Datenwissenschaften beteiligt. US

»Light, Life, Liberty – Connecting Visions«

Uni-Präsident Prof. Dr. Walter Rosenthal auf Stippvisite im Matthias-Schleiden-Institut für Genetik, Bioinformatik und Molekulare Botanik: Hier wird in Zukunft im Rahmen des Exzellenzclusters »Balance of the Microverse« an einzelligen Grünalgen geforscht. Im Interview spricht er über das Ergebnis des Wettbewerbs zur Exzellenzstrategie und die Profilbildung der Friedrich-Schiller-Universität.

INTERVIEW: UTE SCHÖNFELDER

Wenn Sie hier in diesem Labor stehen, wird da der Forscher in Ihnen wach?

Absolut. Es ist faszinierend zu sehen, dass eine Algenzelle vieles gemeinsam hat mit einer menschlichen Zelle. Alle Lebensprozesse sind Variationen eines »Themas«, das ist wie in der Musik. Es gibt universelle biologische Grundlagen, die in äußerst vielfältigen Formen in Erscheinung treten.

Für welche Aspekte interessieren Sie sich persönlich besonders, die im Exzellenzcluster »Balance of the Microverse« untersucht werden?

Das Tolle an diesem Cluster ist, dass es sehr grundlegende Fragen stellt. Etwa wie Einzeller, also sehr simple Organismen, hochkomplexe Gemeinschaften bilden können. Wir wissen, dass Mikroorganismen über chemische Moleküle miteinander kommunizieren, aber die Grundregeln, nach denen dies passiert, kennen wir noch nicht. Und genau das ist der Ansatz des Clusters, diese Grundregeln aufzuklären. Das ist spannend. Auch deshalb, weil dadurch vielfältige Anwendungen möglich werden. Denn diese Mikrobengemeinschaften sind nicht zuletzt für uns Menschen immens wichtig. Wir sind von Mikroorganismen besiedelt: im Mund, in der Lunge, im Darm. Die Mikrobengemeinschaften haben konkrete Auswirkungen auf unsere Gesundheit. Es ist der Reiz dieses Clusters, dass man grundlegende Fragestellungen mit konkreten Anwendungsaspekten verknüpft.

Wie haben Sie denn den 27. September erlebt, als das Ergebnis des Exzellenzwettbewerbs des Bundes und der Länder bekanntgegeben wurde?

Das war in erster Linie eine große Freude für mich. Ich war immer sehr zuver-



Einblick in ihre Forschungsarbeiten an den einzelligen Grünalgen *Chlamydomonas reinhardtii* geben dem Präsidenten der Universität Jena, Prof. Dr. Walter Rosenthal, Prof. Dr. Maria Mittag (l.), Doktorandin Yu Hou (r.) und Doktorandin Vivien Hotter (2. v. r.).

sichtlich, was unsere Erfolgchancen angeht. Allerdings ist das Ergebnis angesichts des harten Wettbewerbs alles andere als selbstverständlich. »Balance of the Microverse« ist das erste Exzellenzcluster der Friedrich-Schiller-Universität überhaupt. Und das haben wir auch gebührend gefeiert. Wir haben uns mit den beteiligten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern im Senatsaal getroffen; der Sprecher des Clusters, Prof. Axel Brakhage, der selbst an diesem Tag im Ausland war, war per Skype zugeschaltet. Das war ein toller Moment.

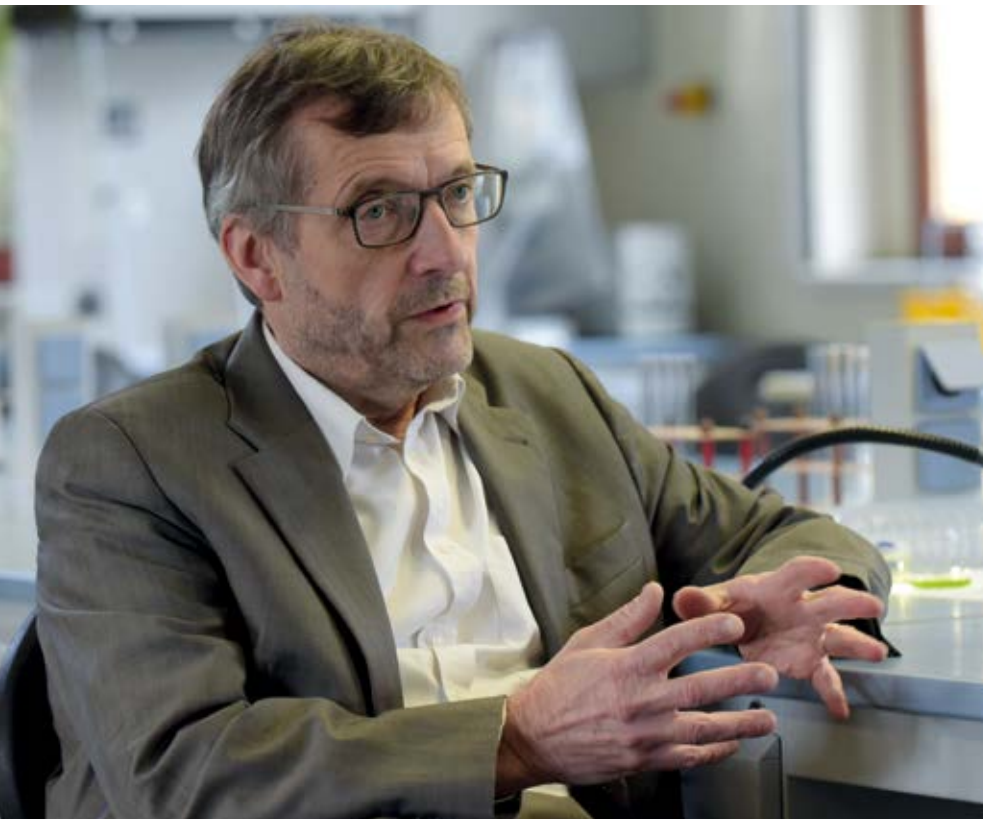
Dennoch gab es sicher auch enttäuschte Gesichter, denn der zweite Clus-

terantrag der Universität »Enlightening the Receptome« ist ja nicht zur Förderung ausgewählt worden.

Ja, aber die Arbeit, die wir hier investiert haben, ist dennoch nicht umsonst gewesen. Zum einen beinhaltet dieses Cluster einen ganz starken methodischen Teil auf dem Gebiet der hochauflösenden Mikroskopieverfahren. Diesen Bereich wollen wir weiter ausbauen. Davon werden die Lebenswissenschaften und angrenzende Bereiche profitieren, wie die Chemie, die Physik oder die Materialwissenschaften.

Und zum anderen hat uns die Tatsache, dass wir mit zwei Clustern im Rennen waren, als Universität insgesamt vorangebracht.

*Der Slogan »Light, Life, Liberty – Connecting Visions«
beschreibt die Hauptlinien der Friedrich-Schiller-Universität
als Volluniversität, die wir auch weiterhin bleiben wollen.*



Inwiefern?

Weil wir mit zwei bewilligten Clustern die Chance gehabt hätten, den Antrag auf Förderung zur Exzellenzuniversität zu stellen. Zur Vorbereitung darauf haben wir einen sehr breit angelegten Strategieprozess in Gang gesetzt, in den alle Statusgruppen der Universität einbezogen sind. Wir haben den Istzustand sehr genau analysiert und machen uns Gedanken über die Zukunft der Universität. Letztlich verdanken wir diesem zweiten Cluster auch einen intensiven strategischen Prozess, der noch längst nicht beendet ist.

Wie wird die Universität Jena ihre Profilbildung in den kommenden Jahren fortsetzen?

Wir erarbeiten ein Strategiepapier, das

Mitte 2019 verabschiedet werden soll. Darin beschreiben wir, wie wir unsere Universität in den kommenden fünf, sechs Jahren gestalten, nicht nur im Bereich Forschung, sondern auch in der Lehre oder der Nachwuchsförderung. Unser Motto dafür heißt »Light, Life, Liberty – Connecting Visions«.

Können Sie das etwas näher erläutern?

Der Slogan beschreibt die Hauptlinien der Friedrich-Schiller-Universität als Volluniversität, die wir auch weiterhin bleiben wollen.

Es geht nun darum, die Profillinien Light, Life, Liberty zu stärken. Sie sind bereits fakultätsübergreifend angelegt, haben aber jeweils eine spezifische thematische Richtung. Was wir nun in unserem Strategieprozess anstreben, ist,

die Profillinien, die in den zurückliegenden Jahren ja bereits Früchte getragen haben, miteinander zu vernetzen. Wir wollen ihnen Ressourcen in die Hand geben und sie strukturell verankern: Jede Profillinie erhält einen Sitz im Senat, neben den Fakultäten. Bei all diesen Maßnahmen ist »Connecting Visions« unser Leitgedanke.

Welche Rolle spielen »kleine Fächer« und Forschergruppen, die nicht den Profillinien zugeordnet sind, im Strategieprozess?

Jedes Fach der Universität hat seinen Platz. Wir wollen durch unsere Profilbildung keinesfalls ein Streamlining der Fächer an unserer Universität betreiben. Die disziplinäre Vielfalt ist unsere Stärke. Es gibt keinen Zwang, sich irgendwo einzuordnen. Jede Forscherpersönlichkeit entscheidet, wo oder ob sie sich einbringt. Ich selbst habe mich immer für die sogenannten »kleinen Fächer« engagiert und tue das auch heute. Sie sind wichtig und tragen letztlich auch zu großen Verbundprojekten bei.

An der Universität Jena bleibt also auch weiterhin Raum für die Einzel- forschung?

Unbedingt. Die Profillinien sind wichtig mit ihren großen Verbänden. Aber wir brauchen auch die Einzelforschung, um zu neuen Erkenntnissen und Ideen zu kommen. Wir haben aktuell über 260 Einzelprojekte an der Universität, die von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert werden. Und ich bin überzeugt, eine Universität muss immer beidem Raum geben: der Einzelforschung und der Verbundforschung. Sie stehen für mich absolut gleichwertig nebeneinander.

Wie sehen Sie die FSU mit ihrem Exzellenzcluster und ihrem Profil bundesweit und international aufgestellt?

Wir sind in bestimmten Forschungsbereichen weltweit sichtbar und wettbewerbsfähig. Und das nicht nur mit unserem Exzellenzcluster. Auch in den Geistes- und Sozialwissenschaften, etwa mit der Romantikforschung oder der Forschung zum sozialen Wandel und natürlich im Bereich Optik und Photonik. In diesen Bereichen rekrutieren wir international herausragende Forscherinnen und Forscher. Von unseren neu berufenen Professorinnen und Professoren kam im Jahr 2018 ein Viertel aus dem Ausland.

Und auch bundesweit werden wir als leistungsstarke Universität wahrgenommen: In allen großen Förderprogrammen des Bundes waren wir in der letzten Zeit erfolgreich, beispielsweise in der Förderinitiative »Innovative Hochschule«, bei der »Qualitätsoffensive Lehrerbildung«, im »Tenure-Track-Programm« für den wissenschaftlichen Nachwuchs oder bei den neuen »Max Planck Schools«, von denen eine von Jena aus koordiniert wird. Wir haben seit 2013 sechs Sonderforschungsbereiche neu eingerichtet. Das kann sich sehen lassen und bestätigt das vorhandene Forschungspotenzial an unserer Universität.

Wo wird die FSU in sieben Jahren stehen, wenn die erste Förderperiode für den Exzellenzcluster ausläuft?

Ich werde mich dafür einsetzen, dass sich die eben beschriebene Entwicklung fortsetzt und wir mittelfristig unter die Top 20 der Universitäten in Deutschland kommen. Dazu müssen wir weiterhin erfolgreich sein bei der Einwerbung von Einzelanträgen und Verbundprojekten. Ich hoffe, dass wir zwei bis drei neue Sonderforschungsbereiche in den kommenden zwei Jahren einwerben und dass wir 2025 in der Position sein werden, ein weiteres Exzellenzcluster zu beantragen. ■



Chemische Kommunikation zwischen Grünalgen und Bakterien

Fundamentale Kontrollmechanismen in komplexen Biosystemen aufzuklären, das ist das Ziel des **Sonderforschungsbereichs »ChemBioSys«** (s. S. 10). Dieser Forschungsverbund bildet eine wesentliche Säule des **Exzellenzclusters »Balance of the Microverse«**, der ab 2019 mit rund sechs Millionen Euro jährlich gefördert wird.

Das Team um Prof. Dr. Maria Mittag und Dr. Severin Sasso vom Mathias-Schleiden-Institut für Genetik, Bioinformatik und Molekulare Botanik widmet sich im Rahmen des SFB »ChemBioSys« dem Zusammenleben von einzelligen Grünalgen (*Chlamydomonas reinhardtii*) und anderen Mikroorganismen. Aktuell studieren die Forscherinnen und Forscher das Wechselspiel von Grünalgen und Bakterien der Art *Pseudomonas protegens*.

Dabei haben sie eine erstaunliche Entdeckung gemacht: Wenn die nur etwa zwei Mikrometer großen Bakterien die etwa fünf Mal größeren Grünalgen umzingelt haben, entsteht ein tödlicher Giftcocktail. Für die Algen geht die Begegnung nicht gut aus. Sie verlieren ihre Geißeln, mit deren Hilfe sie sich normalerweise schwimmend fortbewegen. Sie verformen sich, verlieren die Fähigkeit, sich zu vermehren und die meisten von ihnen sterben schließlich ab. In Kooperation mit dem Team um Prof. Dr. Christian Hertweck vom Leibniz-Institut für Naturstoff-Forschung und Infektionsbiologie – Hans-Knöll-Institut konnten Prof. Mittag und ihre Kollegen den dabei zugrundeliegenden chemischen Mechanismus aufklären. So fanden sie Hinweise, dass die Bakterien eine chemische Substanz freisetzen, die in den Algen bestimmte Ionenkanäle aktiviert. Das führt zu einem raschen Einstrom von Kalziumionen, was den Verlust der Geißeln zur Folge hat.

Die Abbildung oben zeigt eine Agarplatte mit einem dichten Rasen aus Grünalgen. Um das kleine runde Pad in der Bildmitte, das *Pseudomonas protegens* enthält, ist ein deutlich gehemmes Algenwachstum als Halo zu erkennen.

Chemisches Beziehungsgeflecht

Der Sonderforschungsbereich (SFB) »ChemBioSys« ist in eine neue Förderphase gestartet: Die Deutsche Forschungsgemeinschaft unterstützt den Verbund in den kommenden vier Jahren mit weiteren rund 9,5 Millionen Euro. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler untersuchen in 21 Einzelprojekten die komplexen Kommunikationswege und Wechselbeziehungen verschiedener Organismen und ihrer Umwelt. Im Fokus stehen dabei Naturstoffe, die hier als Vermittler dienen – praktisch als »chemische Sprache der Natur«.



Doktorandin Arite Bigalke arbeitet im SFB
»ChemBioSys« mit Algenkulturen.

Der SFB vereint Arbeitsgruppen der Universität Jena, des Leibniz-Instituts für Naturstoff-Forschung und Infektionsbiologie – Hans-Knöll-Institut (HKI), des Max-Planck-Instituts für chemische Ökologie und der Universität Potsdam. Die beiden Sprecher des Forschungsverbundes sind Prof. Dr. Christian Hertweck, Inhaber des Lehrstuhls für Naturstoffchemie der Uni Jena und Abteilungsleiter am HKI, sowie Prof. Dr. Georg Pohnert, Lehrstuhlinhaber für Instrumentelle Analytik/Bioorganische Analytik.

Grundlage der Kommunikationsmechanismen innerhalb von Biosystemen sind kleine chemische Moleküle. Während die bisherige Forschung vor allem den Austausch dieser Moleküle zwischen Organismen bzw. zwischen zwei Arten von Organismen analysiert hat, nehmen die Forschungsarbeiten im SFB die Beziehungsnetzwerke in ihrer Gesamtheit in den Blick und untersuchen, wie diese Gemeinschaftsstrukturen entstehen und ihre Vielfalt erhalten bleibt.

Mit diesem Forschungsansatz bildet der SFB »ChemBioSys« eine zentrale Säule des Forschungsclusters »Balance of the Microverse« (S. 6). US

Ernährungscluster in zweite Phase gestartet

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung finanziert den Kompetenzcluster für Ernährung und kardiovaskuläre Gesundheit »nutriCARD« für weitere drei Jahre mit insgesamt rund 5,6 Millionen Euro. Das Verbundprojekt der Universitäten Halle, Jena und Leipzig kann damit seine seit 2015 sehr erfolgreich laufenden Forschungs- und Entwicklungsarbeiten fortsetzen.

Ziel von »nutriCARD« ist es, die Gesundheit der Bevölkerung zu verbessern. Etwa 40 Prozent der Herz-Kreislauf-Erkrankungen sind ernährungsbedingt. In nutriCARD arbeiten rund 40 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler unterschiedlicher Disziplinen sowie 80 Praxispartner.

»Wir haben in den zurückliegenden drei Jahren bewiesen, was nutriCARD leisten kann: nutriCARD steht für valide, wissenschaftlich abgesicherte, evidenzbasierte Informationen. Dazu zählt Grundlagenforschung ebenso wie die praxisorientierte Entwicklung herzgesünderer Lebensmittel oder innovative Ansätze in der Kommunikation«, sagt Clustersprecher Prof. Dr. Stefan Lorkowski. Der Lehrstuhlinhaber für Biochemie und Physiologie der Ernährung betont den translationalen Ansatz. Das heißt: Erkenntnisse aus der Grundlagenforschung

werden direkt in neue Lebensmittel und Ernährungskonzepte überführt und für Verbraucher verständlich aufbereitet.

In der neuen Förderphase planen die Beteiligten, durch den Austausch von Nährstoffen und durch Rezeptoptimierung Produktgruppen wie Convenience-Produkte, Backwaren, Soßen und Eis im Sinne der Herzgesundheit zu verbessern: mit weniger Salz, Fett und Zucker, aber gewohntem Geschmack und bekannter Konsistenz.

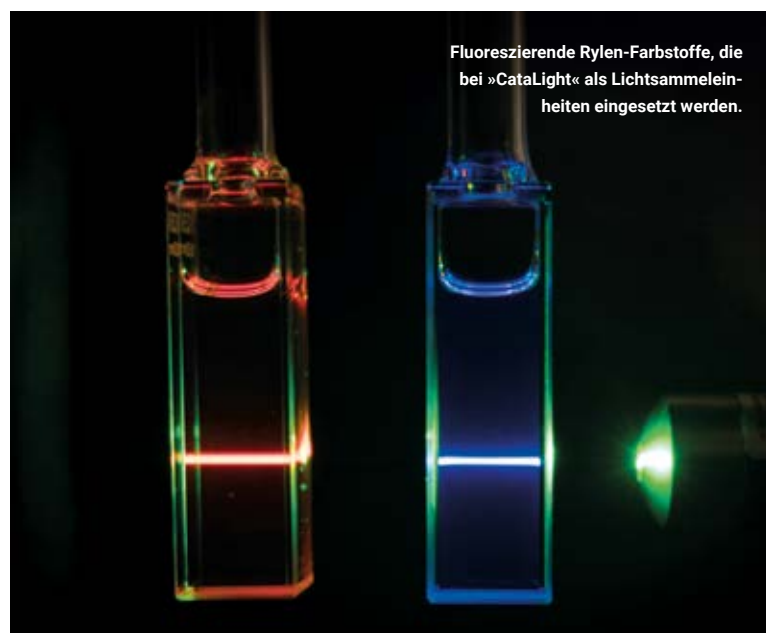
Im Bereich der Grundlagenforschung geht es in den kommenden drei Jahren um die Identifizierung und Validierung von ernährungsrelevanten Biomarkern und Gen-Nährstoff-Interaktionen. Den dritten Schwerpunkt bilden Ernährungsbildung und -kommunikation. Dafür werden Ernährungskonzepte für Institutionen wie Kindertagesstätten erarbeitet. PM

Mit Licht energiereiche Chemikalien herstellen

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft fördert den neuen Sonderforschungsbereich/Transregio (SFB/TRR) »CataLight« der Universitäten Ulm und Jena, der nachhaltige Energiewandler nach dem Vorbild der Natur erforschen will. Das Konsortium, zu dem auch die Universität Wien, das Max-Planck-Institut für Polymerforschung in Mainz sowie das Leibniz-Institut für Photonische Technologien e. V. in Jena gehören, wird in den kommenden vier Jahren mit rund zehn Millionen Euro gefördert.

Ziel des ortsübergreifenden Forschungsverbunds ist es, die grundlegende Funktionsweise innovativer photokatalytisch aktiver Materialien zu erforschen: Den Forschenden aus Chemie, Materialwissenschaft und Physik geht es darum, Licht zur Herstellung energiereicher Chemikalien zu nutzen und gezielt neue Materialien für eine nachhaltige Energiewandlung gestalten zu können. »CataLight« steht dabei für Light-driven Molecular Catalysts in Hierarchically Structured Materials – Synthesis and Mechanistic Studies.

Vorbild für die Forscherinnen und Forscher ist die natürliche Fotosynthese. Sie wollen molekulare Katalysatorsysteme entwickeln für die lichtgesteuerte Erzeugung von Wasserstoff und Sauerstoff aus Wasser. Im Mittelpunkt der Arbeiten steht das Wechselspiel zwischen molekularen Fotokatalysatoren und ihrer Polymer-basierten Umgebung. Das Fernziel der Entwicklung sind künstliche »Chloroplasten«, jene Zellorganellen, in denen bei Pflanzen die Fotosynthese stattfindet. Doch bis dahin ist zunächst viel Grundlagenforschung zum chemischen Prozess notwendig. Am Ende der ersten Förderphase sollen neue Erkenntnisse über diesen Prozess vorliegen. AB



Fluoreszierende Rylene-Farbstoffe, die bei »CataLight« als Lichtsammelheiten eingesetzt werden.

Nachwuchsteams revolutionieren Mikroskopie

Im Institut für Angewandte Physik haben zwei Forschungsgruppen ihre Arbeit zu innovativen Ideen im Bereich mikroskopischer Bildgebungsverfahren aufgenommen. In Kooperation mit Kolleginnen und Kollegen des Fraunhofer-Instituts für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF betreiben sie Grundlagenforschung zur Quantentechnologie und loten deren Potenziale für die Mikroskopie aus.

Die Gruppe »NanoScopeFutur-2D« unter der Leitung von Dr. Falk Eilenberger wird in den kommenden fünf Jahren vom Bundesministerium für Bildung und Forschung mit insgesamt 2,5 Millionen Euro gefördert und widmet sich Übergangsmetall-Dichalcogeniden. Diese können sehr stark mit Licht wechselwirken und beispielsweise Licht in einem Volumen sammeln, das deutlich geringer ist als die Wellenlänge des Lichts. Mit quantentechnologischen Anwendungen, die sich diese Eigenschaften zunutze machen, könnten Mikroskope etwa besser in den Nanobereich einer Probe vordringen. Zudem lassen sich Lichtquellen entwickeln, die anstatt Farbstoffen für die Fluoreszenzmikroskopie zum Einsatz kommen könnten. Damit ließen sich zum Beispiel Prozesse beobachten, die innerhalb einer Zelle ablaufen.

Die Gruppe »FOQUOS«, koordiniert von Dr. Frank Setzpfandt, besteht aus Forschenden der Uni Jena und der TU Ilmenau und wird von der Thüringer Aufbaubank mit 700000 Euro für die kommenden drei Jahre unterstützt. Hierbei steht die Erforschung von Abbildungen mit Quantenlicht im Mittelpunkt.

Da quantenmechanisch verschränkte Photonen immer paarweise auftreten, lässt sich eine Probe mit einem Photon beleuchten und das verschränkte, zweite Photon detektieren. Korreliert man diese Informationen, lässt sich ein Bild der Probe erstellen, ohne dass eine Kamera die eigentliche Probe beobachtet hat. So lassen sich z. B. auch Aufnahmen im Infrarotbereich erstellen, was für die Untersuchung biologischer und chemischer Prozesse relevant ist. sh

In einem Labor im Zentrum für Angewandte Forschung (ZAF) werden Zellproben in eine Mikrotiterplatte eingebracht. An Zellkulturen testen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler die Unbedenklichkeit von neuartigen Nanopartikeln, die als Arzneistoffträger zum Einsatz kommen sollen.



SCHWERPUNKT

Medikamente nach Maß

Passgenaue Wirkstoffe – zielsichere Therapien

Woher weiß die Kopfschmerztablette, wo sie wirken soll? Und wie gelangt der Wirkstoff aus dem Magen genau dort hin? Natürlich »weiß« die Tablette rein gar nichts und das Medikament verteilt sich überall im Körper – sowohl am erwünschten Ort als auch anderswo. Das ist im Falle der Kopfschmerztablette unproblematisch, hochtoxische Substanzen, etwa zur Behandlung von Tumorzellen, rufen so aber starke Nebenwirkungen hervor. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Universität Jena entwickeln deshalb neuartige Nanosysteme, mit denen sich auch solche Wirkstoffe zielgerichtet an den Ort ihrer Bestimmung lotsen lassen. Andere Forscherteams fokussieren sich auf Rezeptormoleküle – die Andockstellen für körpereigene Botenstoffe –, um sie für neue Diagnose- und maßgeschneiderte Therapieverfahren nutzbar zu machen. »



Nanopartikel mit Lichtschalter

Forscher um Prof. Dr. Felix Schacher und Prof. Dr. Benjamin Dietzek entwickeln Nanopartikel, die erst »auf Knopfdruck« ihren Wirkstoff im Körper freisetzen. Wie die Chemiker in ersten Laborstudien belegen, können sie die Freisetzung einer in die Nanopartikel verpackten Substanz bereits mit Hilfe von ultravioletter Strahlung steuern. Nun kommt es darauf an, das Konzept so anzupassen, dass es für den Einsatz in biologischen Systemen – etwa für medizinische Anwendungen – geeignet ist.

TEXT: UTE SCHÖNFELDER

Nanopartikel mit eingebautem Lichtschalter – so lässt sich das Konzept beschreiben, das das Chemikerteam um Felix Schacher und Benjamin Dietzek im Rahmen des Sonderforschungsbereichs (SFB) »PolyTarget« umsetzen will. Dazu entwickeln die Forscher photosensible Nanopartikel, die durch Bestrahlung mit Licht in definierter Wellenlänge angesteuert werden können und praktisch »per Knopfdruck« ihren Inhalt freigeben.

»Einer der großen Vorteile derartiger Nanopartikel ist, dass wir Größe, Form und Funktionalität kontrollieren können

und gezielt Wirkstoffe verpacken können«, sagt Schacher. Damit verhindere man beispielsweise, dass Wirkstoffe an unerwünschten Stellen im Organismus reagieren – also Nebenwirkungen verursachen. »Zum anderen lassen sich durch die Verpackung auch wesentlich größere Mengen an Wirkstoffen applizieren, weil sie nicht in gelöster Form, sondern hochkonzentriert zum gewünschten Ort transportiert werden.«

Doch dieser Vorteil kommt nur dann sinnvoll zum Tragen, wenn die sicher verpackten Substanzen dort, wo sie wirken sollen, auch gezielt freigesetzt wer-

den können. Dazu lassen sich verschiedene Strategien nutzen. Der einfachste Weg ist, dass sich die Verpackung nach einiger Zeit oder bei einem bestimmten pH-Wert, etwa im Magen, einfach auflöst und seinen Inhalt damit freisetzt. »Damit erreicht man aber vor allem eine zeitliche Kontrolle und die Wirkung bleibt oft unspezifisch, Nebenwirkungen inklusive«, so Schacher.

Weitaus vielversprechender sei es, einen Mechanismus in die Partikel zu integrieren, über den sich die Freisetzung gezielt von außen steuern lässt und somit zeitlich und auch räumlich kon-



Unter ultraviolettem Licht fluoreszieren farbstoffmarkierte Nanopartikel. Die Chemiker um Prof. Dr. Felix Schacher (Foto S. 14, l.) und Felix Wendler (r.) bringen mittels ultravioletter Strahlung Nanopartikel dazu, die in ihnen verpackten Substanzen freizusetzen. Dieses Konzept wollen die Chemiker nun so weiterentwickeln, dass die Partikel auch auf Strahlung im sichtbaren und infraroten Spektrum reagieren und damit gezielt zur Verabreichung von Arzneistoffen eingesetzt werden können.

trolliert werden kann. Die Jenaer Chemiker nutzen dafür kleine lichtsensible Moleküle, die durch eingestrahktes Licht angeregt werden und so die Freisetzung des Wirkstoffs stimulieren.

Fluoreszenzfarbstoff dient als Testsubstanz

Doktorand Felix Wendler hat dazu im Rahmen seiner Promotionsarbeit in Schachers Team lichtsteuerbare Nanopartikel aus sogenannten Terpolymeren hergestellt. Diese Polymere

bestehen aus drei unterschiedlichen Bausteinen, den Monomeren, die sich in wässriger Lösung selbstständig zu Nanostrukturen definierter Größe organisieren. Wendler hat für die Synthese dieser Polymere als einen Baustein lichtsensible Photosäuren verwendet. Zusätzlich war in die Partikel der Fluoreszenzfarbstoff »Nilrot« verpackt. »Der Farbstoff fungierte in diesem Experiment als Testsubstanz und als Sonde gleichermaßen«, erläutert Nachwuchschemiker Wendler. Solange der Farbstoff verpackt ist, lässt sich ein bestimmtes Fluoreszenz-Signal im Re-

aktionsgefäß messen. Wird dann das Gefäß mit UV-Licht bestrahlt, gehen die in die Partikel integrierten Photosäuremoleküle in einen angeregten Zustand über und verändern den lokalen pH-Wert. »Als Folge quellen die Partikel auf und der Farbstoff tritt in die umgebende Lösung aus, was sich als Änderung im Fluoreszenzsignal direkt verfolgen lässt«, sagt Wendler. Auch wenn sich die Photosäuren in mehreren Studien bereits als effiziente »Lichtschalter« für die Nanopartikel erwiesen haben, für Anwendungen in biologischen Systemen, etwa im menschl-

chen Organismus, sind sie noch nicht geeignet. »Über die Gesundheitsgefährdung durch UV-Strahlung weiß heute jeder Bescheid«, ist sich Schacher sicher. »Arzneimittel zu verabreichen, die im Körper erst durch intensive UV-Strahlung freigesetzt werden müssen, ist sicherlich keine Option.«

Ziel der Chemiker ist es daher, die Anregungswellenlänge für lichtensible Nanopartikel in den biologisch verträglichen Wellenlängenbereich zu verschieben – in den sichtbaren und nahen Infrarotbereich. In diesem »biologischen Fenster« seien kaum Wechselwirkungen mit dem Körpergewebe oder Blutbestandteilen zu erwarten, eine Bestrahlung mit Licht dieser Wellenlängen erlaubt Eindringtiefen in Gewebe bis zu zehn Millimeter und dürfte sich als gut verträglich erweisen.

Energiewandler setzen Reaktionskette in Gang

Photosensible Moleküle, die in diesem Wellenlängenbereich ähnliche Effekte erzielen, sind bislang jedoch nicht verfügbar. Schacher und sein Team gehen daher einen anderen Weg. Sie wollen zusätzlich in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe um Prof. Benjamin Dietzek in die Nanopartikel sogenannte Energiewandler integrieren – Moleküle oder kleine Kristallite, die in der Lage sind, unschädliches Infrarotlicht zu absorbieren und lokal in energiereiche UV-Strahlung umzuwandeln. Dies könnte die Photosäuren aktivieren und auf diese Weise die Freisetzung des Wirkstoffs aus dem Partikel induzieren. »Da dies ausschließlich lokal, innerhalb

der Partikel passiert, kann das UV-Licht dem Organismus keinen Schaden zufügen«, betont Felix Schacher. Hierbei wird das Team seit November 2017 von der Doktorandin Maria Sittig (AG Dietzek) und der Postdoktorandin Dr. Jessica Tom (AG Schacher) unterstützt.

Bauplan für Nanopartikel als Lego-Modell

Wie der Bauplan solcher lichtsteuerbaren Nanopartikel im Detail aussehen kann, erläutert der Chemiker an einem etwa 20 Zentimeter großen Modell aus farbigen Legosteinen (siehe Foto S. 17). Die Partikel sind aus mehreren Schichten aufgebaut, die unterschiedliche Funktionalitäten vereinen. Sie enthalten einen Kern aus Seltenerden-dotierten Nanopartikeln (NaYF₄:Yb,Tm) mit ca. 20 nm Durchmesser. Dieser Kern fungiert als Energiewandler, er absorbiert eingestrahktes sichtbares oder Infrarot-Licht und wandelt es in kurzwelligere ultraviolette Strahlung um. Um den Kern herum liegt die lichtensible aktive Schicht (rot), in der sich auch der potenzielle Wirkstoff befindet (grün). Werden die Photosäuren durch das UV-Licht »eingeschaltet«, quillt diese Schicht auf und der Wirkstoff wird aus dem Partikel freigesetzt. Um das Ganze für eine Anwendung als Arzneimittel-Transportsystem kompatibel zu machen, umhüllt schließlich eine weitere Schicht (gelb) die Nanopartikel. Diese Schicht aus Polyethylenglykol, kurz PEG, schützt die Partikel vor der Anlagerung von Eiweißen im Blut und kann dadurch ihre Zirkulationszeit verlängern. ■

Das Team um Prof. Dr. Felix Schacher ist nicht nur in Sachen Photochemie erfindungsreich: Um die Struktur der avisierten Nanopartikel mit »Lichtschalter« anschaulich zu machen, nutzen sie ein Modell aus Legosteinen. Hierbei stellen die grünen Bausteine die Photosäuren dar, die in einer Matrix aus einem Polymer eingebettet sind, das je nach pH-Wert seine Löslichkeit ändert (rote Steine).

Original-Publikation:

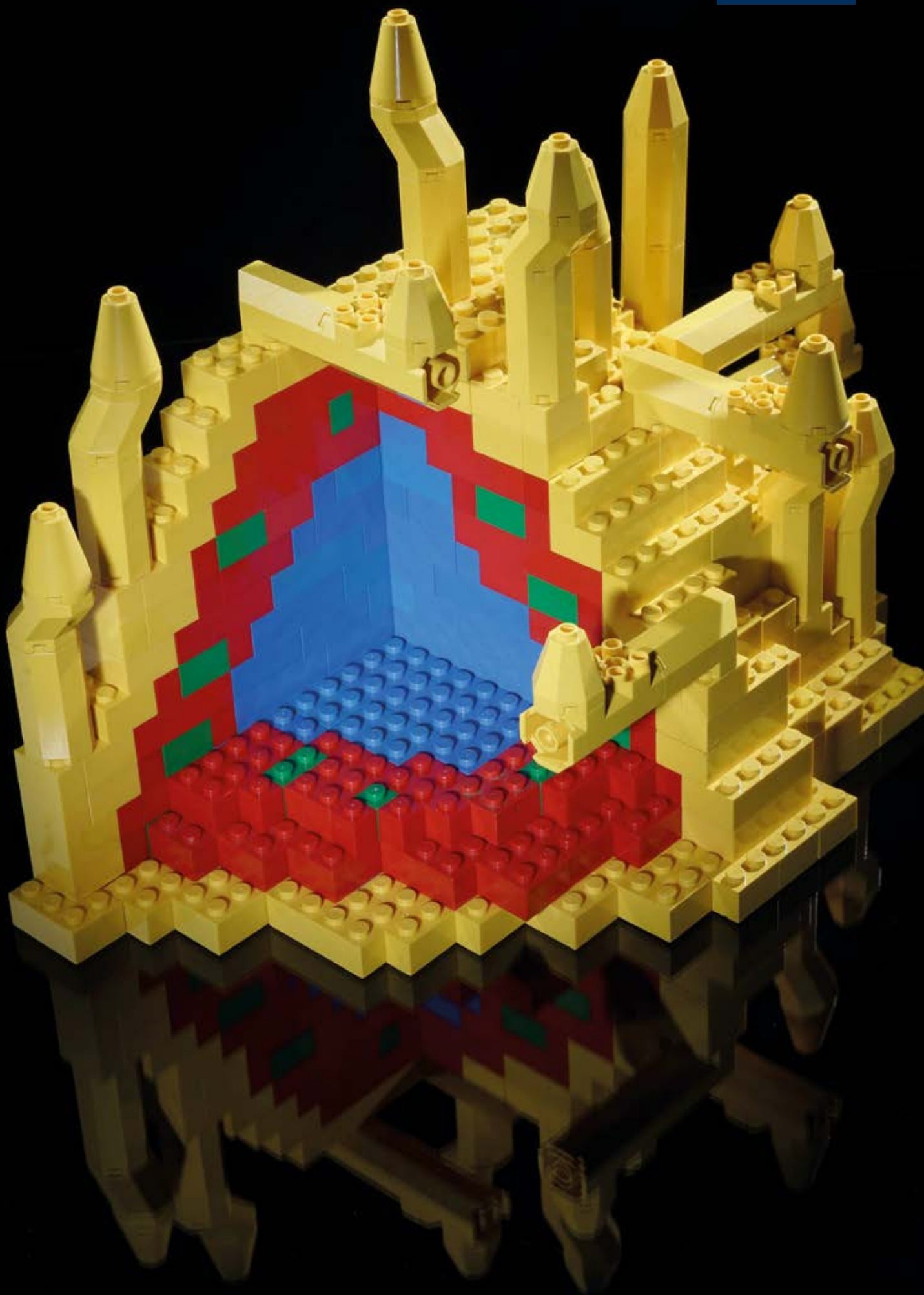
Light-Responsive Terpolymers Based on Polymerizable Photoacids, Polymer Chemistry (2017), DOI: 10.1039/c7py00571g

Kontakt

Prof. Dr. Felix Schacher
Institut für Organische Chemie und
Makromolekulare Chemie
Lessingstr. 8, 07743 Jena

Telefon: +49 36 41 9-48250
E-Mail: felix.schacher@uni-jena.de
www.jenano.de

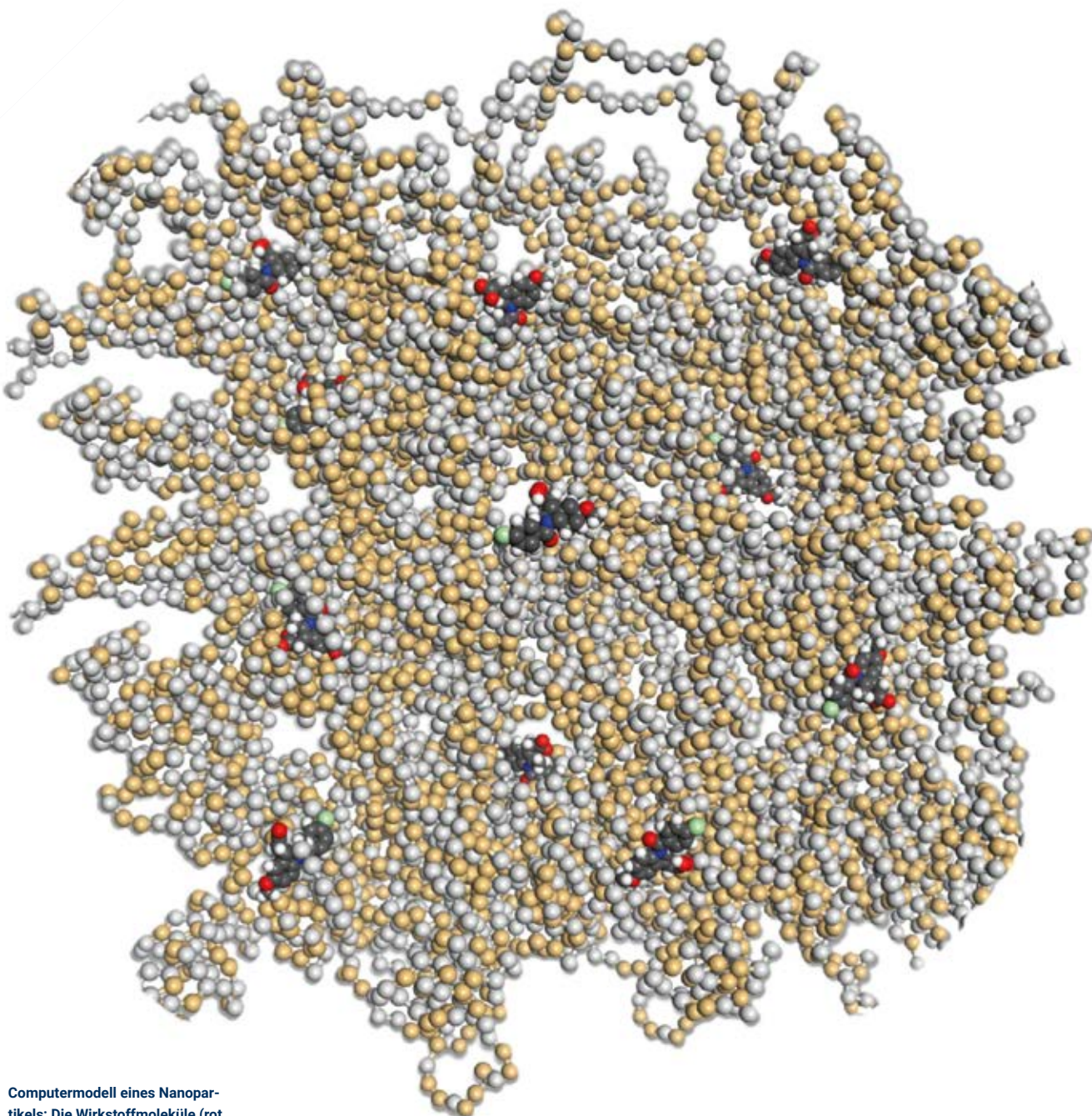




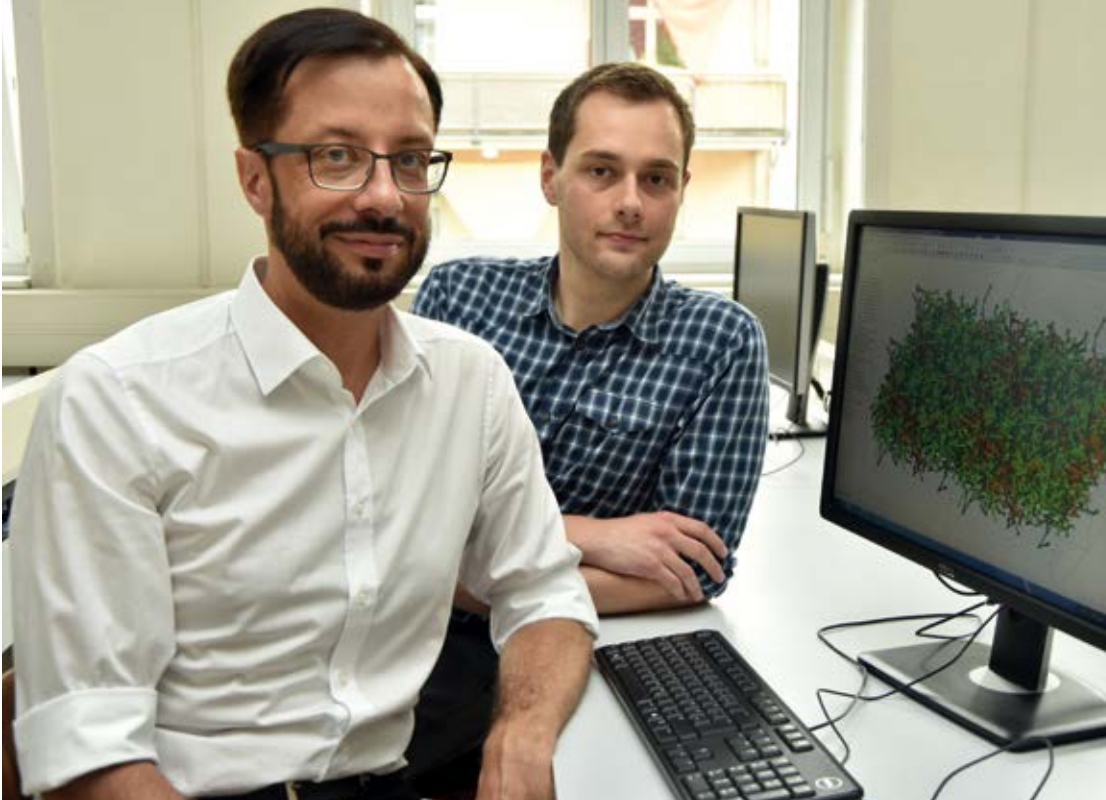
Wirkstoffe im Maßanzug

Großrechner statt Laborbank: Wenn Prof. Dr. Marek Sierka und sein Team an neuen Polymeren für Nanopartikel tüfteln, tragen sie weder Kittel noch Handschuhe. Statt zu experimentieren, entwickeln die Materialwissenschaftler neuartige chemische Strukturen in einer rein virtuellen Umgebung. Mittels Computersimulation suchen sie nach der optimalen Passfähigkeit von Wirkstoffen und Polymeren. Über die »chemische Partnervermittlung« spricht der Professor für Computational Materials Science im Interview.

INTERVIEW: UTE SCHÖNFELDER



Computermodell eines Nanopartikels: Die Wirkstoffmoleküle (rot, dunkelgrau, blau und grün) sind in Polymerketten (hellgrau und beige) verpackt.



Das »Labor« von Prof. Dr. Marek Sierka (l.) und Doktorand Andreas Erlebach ist ein PC – ergänzt durch ein Arsenal an Großrechnern, die in einem Serverraum im Jentower untergebracht sind.

Wie sehen Nanopartikel für einen Einsatz als Arzneimittel-Träger idealerweise aus?

Die Partikel sollten möglichst viel von der Wirksubstanz einschließen können. Ihre Oberfläche sollte so funktionalisiert sein, dass der Inhalt zielgerichtet dort ankommt, wo er wirken soll und genau dort muss sich der Wirkstoff aus den Nanopartikeln freisetzen lassen. Die übrigbleibenden Bestandteile der Partikel müssen zudem biokompatibel sein, das heißt verträglich für den Organismus.

Das sind ziemlich viele Anforderungen.

Und es wird noch komplizierter: Denn die chemische Vielfalt an Wirkstoffen, die mittels Nanopartikel in den Organismus gebracht werden, ist groß und entsprechend vielfältig müssen die Polymere sein, aus denen die Partikel bestehen.

Warum?

Nur wenn Wirkstoff und Polymer in ihren chemischen Eigenschaften und ihrer Struktur optimal zusammenpassen, lassen sich Arzneistoffe sicher »verpacken« und in hoher Konzentration verabreichen.

Das heißt also, Sie müssen optimale chemische Partnerschaften vermitteln?

Genau. Die kann ich durch Ausprobieren – nach dem Prinzip »Trial and Error« – herausfinden. Ich kann experimentell ausprobieren, welches Polymer zu welchem Wirkstoff passt. Das ist allerdings nicht sehr effizient.

Deshalb schlagen Sie einen anderen Weg ein?

Ja, denn chemische Synthesen dauern oftmals sehr lange, gerade wenn es sich um neuartige Polymere handelt. Es kann sein, dass ein Doktorand an einem bestimmten Polymer schon mal ein Jahr »kocht«. Und wenn sich anschließend vielleicht herausstellt, dass das Resultat doch nicht die erwünschte Passgenauigkeit zum Wirkstoff hat, dann ist viel Zeit vergangen, ohne dass man zu einem konkreten Ergebnis gekommen

ist. Indem wir die Bildung von Nanopartikeln im Computer simulieren, können wir das Verfahren wesentlich beschleunigen und systematisieren.

Welche Kriterien sind für das »Matching« zwischen Wirkstoff und Polymer denn ausschlaggebend?

Unser Ziel ist es, ein Maximum an Wirkstoffaufnahmekapazität und Freisetzungseffizienz aus den Polymer-Partikeln zu erreichen. In unseren Simulationen geht es darum, diese Eigenschaften für bestimmte Polymere vorherzusagen. Dazu wollen wir die Polymerstruktur systematisch variieren und die Kompatibilität mit ausgewählten Wirkstoffen ermitteln – und das alles im Computermodell. Ausgehend von einer Polymer-Grundstruktur aus Polyketalen und Polyesteramiden werden wir die Auswirkungen chemischer Modifizierungen an dieser Grundstruktur auf die Aufnahmekapazität für konkrete Wirkstoffe simulieren. Konkret geht es etwa um Veränderungen der Hydrophobizität der Polymere, also ihres Verhaltens gegenüber Lösungsmitteln wie Wasser.

Um welche Wirkstoffe handelt es sich dabei?

Wir nutzen einerseits Modell-Substanzen, beispielsweise Farbstoffe, um unser Verfahren zu prüfen und zu optimieren. Andererseits kommen auch echte Wirkstoffe zum Einsatz, die in anderen Teilprojekten des Sonderforschungsbereichs »PolyTarget« untersucht werden. So wollen wir unter anderem passende Polymere für die Substanz »Ex527« finden. Dieser Wirkstoff wird derzeit als mögliches Medikament zur Behandlung neurodegenerativer Erkrankungen untersucht.

Wie gelangen ihre Erkenntnisse anschließend in die Praxis?

Wir arbeiten von Beginn an mit einem großen Team an Synthesechemikern zusammen. Die Ergebnisse unserer Simulationen können wir also direkt experimentell überprüfen. Letztendlich gelangen wir nur zum Ziel, wenn Simulation und Synthese Hand in Hand gehen. ■



Operation am offenen Ei

Winzige Teilchen spielen eine immer größere Rolle in Medizin und Pharmazie: Nanopartikel sind sowohl bei der Diagnose als auch bei der Bekämpfung von Krankheiten nicht mehr wegzudenken. Doch um die perfekten Partikel für die passende Anwendung zu finden, müssen die Ausgangsmaterialien genau erforscht werden. Jenaer Pharmazeuten nutzen dafür eine ungewöhnliche Methode: Sie experimentieren mit Hühnereiern. Unser Autor hat die Wissenschaftler in ihren Labors besucht.

TEXT: SEBASTIAN HOLLSTEIN



Es ist ein Dienstagvormittag. Zwei junge Männer ziehen sich weiße Kittel über und betreten einen großen hellen Raum: Neonröhren tauchen ihren Arbeitsplatz in weißes Licht. Die Lüftung brummt leise vor sich hin und wehrt jedes andere Geräusch, das durch die breite Fensterfront von draußen hereingelangen könnte, ab. Es wird kein Wort gesprochen. Die beiden Männer verstehen sich auch so, die Arbeitsabläufe sind Routine. Während der eine eine Stiege brauner Hühnereier auf den Tisch stellt, hat der andere bereits Platz genommen und klappt ein Taschenmesser auf. Vorsichtig legt er es mit der scharfen Seite der Klinge nach oben vor sich auf den Tisch. Dann greift er ohne aufzuschauen nach einem der Eier, schlägt es mit einer knappen Handbewegung auf das Metall, öffnet den entstandenen Riss langsam und lässt Dotter und Eiweiß behutsam in eine kleine Glasschale gleiten. Schließlich stülpt er einen Glasdeckel darüber, schiebt das Gefäß zur Seite und greift nach dem nächsten Ei. Etwa 500 Hühnereier verwenden die beiden jungen Männer monatlich, manchmal mehr, manchmal weniger.

Doch Martin Rabel und Paul Warncke – so heißen die beiden – arbeiten nicht etwa in einer Bäckerei oder Großküche, sondern sie promovieren am Institut für Pharmazie der Universität Jena. Dabei

untersuchen sie Nanopartikel und erforschen, wie diese mit Gewebe und Blut interagieren und sich in einem Organismus verhalten. Die winzigen Materialien geraten bei der Entwicklung neuer Medikamente immer stärker in den Fokus. Mit ihnen lassen sich beispielsweise Wirkstoffe zielgerichteter dahin im Körper bringen, wo sie gebraucht werden (siehe Interview S. 25). Auch in Kontrastmitteln für Diagnoseverfahren findet man Nanopartikel. Bevor sie zum Einsatz kommen, muss aber nachgewiesen sein, dass sie dem Organismus nicht schaden. Doch wie verhalten sich die Kleinstteilchen im Körper? Können sie sich überhaupt durch ihn hindurch bewegen? Und was passiert, wenn die Partikel in ihre Bestandteile zerfallen? All diese Fragen müssen Wissenschaftler in umfangreichen Testreihen für jedes einzelne Material beantworten, um den idealen Partikel für die jeweilige Anwendung zu finden.

Die Sicherheit von Nanopartikeln überprüfen die Wissenschaftler zunächst mit zweidimensionalen Zellkulturen. Auf diese tragen sie die Partikel auf und beobachten über mehrere Tage, ob die Zellen absterben oder nicht. »Wir wissen dadurch aber noch nicht, wie sich das Nanomaterial in einer natürlichen Umgebung verhält, was passiert, wenn die Partikel an einer Zelle vorbei gespült werden, mit Bestandteilen des Blutes

wechselwirken und ob sie Blutgefäße beschädigen oder problemlos hindurchfließen«, erklärt Warncke.

Filigrane Blutgefäße auf dem Ei lassen sich als Testsystem nutzen

Um diese Vorgänge genauer unter die Lupe zu nehmen, greifen die Jenaer Wissenschaftler auf befruchtete Hühnereier zurück. »In der Regel sind die Eier, wenn sie bei uns eintreffen, einen Tag alt«, sagt Martin Rabel. »Wir lagern sie dann drei Tage in einem Inkubator, schlagen sie auf und schauen, ob sie sich normal entwickelt haben. Danach stellen wir sie noch einmal für 24 Stunden in die konstant warme Umgebung zurück.«

Der kompakte Brutschrank steht direkt neben ihrem Arbeitsplatz. Er ähnelt einem Tresor, in dem statt Gold das Eigelb in aufgestapelten Gläsern strahlt.

Dass sich in den Eiern bereits ein Blutgefäßsystem entwickelt, erkennt man mit bloßem Auge: Der leuchtend gelbe Dotter ist überzogen von feinen Blutgefäßen. In der Mitte dieses Netzes ist ein kleiner roter Knoten zu sehen, der das Blut durch das Gefäßsystem pumpt: das spätere Hühnerherz. Er sorgt bereits in diesem frühen Stadium für einen konstanten Blutfluss. Und genau den benötigten die beiden Wissenschaftler für

Bild links (v. l.): Doktorand Martin Rabel, Prof. Dr. Dagmar Fischer und Doktorand Paul Warncke untersuchen im Projekt »Biologische Elimination komplexer diagnostischer Nanopartikel« (NanoBEL) Langzeiteffekte von Nanopartikeln. Dazu nutzen sie Blutgefäße in befruchteten Hühnereiern als Modellgewebe.

Bild rechts: Martin Rabel begutachtet die wenige Tage alten befruchteten Hühnereier, die in einem Brutschrank gelagert werden.



ihre Arbeit, um Informationen darüber zu bekommen, wie sich Nanopartikel in einem Gefäßsystem verhalten.

Doch wie gelangen die kleinen Teilchen in die feinen Blutbahnen des Eis? Paul Warncke hat dafür ein vier Tage altes Ei aus dem Brutschrank geholt und sich an ein Mikroskop gesetzt. Die gefüllte Petrischale stellt er auf den Objektträger. Ein grelles Licht strahlt sie von unten an. Martin Rabel bringt ein Kistchen, in dem aufgereiht Ampullen stecken. Sie haben zur Identifizierung unterschiedlich farbige Deckel und sind mit Klebetiketten versehen. Darin befinden sich die Nanopartikel. Die Flüssigkeiten in den kleinen Plastikgefäßen sind hell- oder dunkelbraun. »Wir untersuchen hier vor allem unterschiedliche Eisenoxidpartikel, die in der Regel braunschwarz sind«, sagt Rabel.

Tiefes Blau strömt durch rote Äderchen umgeben von leuchtendem Gelb

Die Flüssigkeit mit den Partikeln lässt sich problemlos in eine Spritze aufziehen, die am vorderen Ende eines Mikroinjektors befestigt wird. Der kleine Apparat hat eine Kanüle an der Spitze. Da sich das Braun der Nanopartikel mit bloßem Auge nur schwer vom Rot des Blutes unterscheidet, haben sich die beiden Nachwuchswissenschaftler zu

Demonstrationszwecken heute für eine Methylenblau-Lösung entschieden.

Warncke blickt durch das Okular des Mikroskops und hält währenddessen den Injektor wie einen Stift in der rechten Hand. Langsam nähert er sich mit der Nadel dem Ei, durchstößt den Dotter und injiziert zwei Mikroliter der blauen Flüssigkeit direkt in die zum Herzen hinführende Vene.

Die Operation am offenen Ei erinnert an Gefäßchirurgie. »Es ist nicht einfach, die Vene genau zu treffen und dabei nicht durch sie hindurchzustechen«, sagt Warncke. Das Tempo und die Zielgenauigkeit lassen erahnen, dass er diesen Versuch schon häufig durchgeführt hat. Nach und nach verbreitet sich das Blau von der Einstichstelle ausgehend im Adernetz. Wäre stattdessen die braune Partikellösung zum Einsatz gekommen, würden jetzt Millionen Nanoteilchen durch die Adern fließen. Wie sie sich verhalten, das schauen sich die beiden Forscher unter dem Mikroskop genauer an – erst im Stundentakt, später im Abstand von Tagen. Zudem fotografieren sie regelmäßig das, was sie sehen. Etwa zehn Partikeltypen lassen sich durchschnittlich innerhalb einer Woche so erfassen.

Die Untersuchungen sind deshalb so umfangreich, da ein Partikel in der Regel aus einem Kern und einer Hülle besteht. Für beide gibt es verschiedene

Ausgangsmaterialien. Den Kern umgibt ein Polymer, das sein Innerstes schützt, den Transport durch den Körper erleichtert und die Verträglichkeit begünstigt. Gemeinsam bilden die beiden Bestandteile ein Nanosystem mit bestimmten Eigenschaften, die sich allerdings von denen unterscheiden, die die Stoffe aufweisen, wenn sie voneinander separiert sind. Und auch wenn sie im Verbund in den Körper gelangen, so können sie dort zerfallen, entweder unerwünschterweise beim Transport durch den Körper oder wenn der Partikel sein Ziel erreicht hat und abgebaut wird. Darüber hinaus lagern sich in Kontakt mit Körperflüssigkeiten Proteine und andere organische Bausteine auf dem Nanopartikel ab und bilden eine sogenannte Biomolekül-Korona, die ihm eine völlig neue biologische Identität gibt und etwa die Toxizität der Nanopartikel, Wechselwirkung mit Zellen und Verteilung im Körper beeinflussen kann. Im Idealfall verbessern diese Veränderungen die Wirkung des Nanopartikels, nicht selten stören sie aber auch. In jedem Fall bedeutet diese Vielzahl an Möglichkeiten viel Laborarbeit für die Wissenschaftler.

Während Warncke Kleinstteilchen in das Ei injiziert, setzt sich Rabel mit einem weiteren Ei in der Petrischale neben ihn. Er interessiert sich für die Oberfläche des Präparats. In der rechten Hand



Fingerspitzengefühl und eine ruhige Hand sind gefragt: Durch einen Ring von wenigen Millimetern Durchmesser erzeugen die Pharmazeuten auf dem Eidotter einen winzigen Pool, in dem sie beispielsweise die Toxizität von Nanopartikeln testen können.

hält er eine Pinzette und greift damit nach einem kleinen schwarzen Kunststoffring, den er schließlich ruhig auf dem Dotter ablegt. Danach tropft er mit einer Pipette ein wenig von der blauen Flüssigkeit in den winzigen Pool. Durch die runde Begrenzung kann nichts davon unkontrolliert auf der Oberfläche verlaufen – bei Versuchen bleiben die Nanopartikel also lokalisiert.

In Jena entwickelte Methode untersucht, ob Partikel toxisch sind

Diese Verfeinerung der Forschungsmethode haben die Jenaer Wissenschaftler selbst entwickelt. Nun können sie die Auswirkungen auf das Ei beobachten und Rückschlüsse darauf ziehen, was passiert, wenn die Partikel auf menschliche Schleimhäute, etwa in Mund oder Augen, treffen. »Sind die Nanopartikel toxisch, dann können sie die Oberfläche zerstören«, erklärt Rabel. »Oder sie dringen in den Blutkreislauf vor und bringen ihn zum Erliegen.« Zudem könnten verschiedene Prozesse das Blut oder Gewebe verklumpen lassen und eine Thrombose oder Embolie hervorrufen. Die Bandbreite der Reaktionen ist aufgrund der Vielfalt der Nanopartikel

groß. Im Rahmen eines Projektes haben die Pharmazeuten eine Vielzahl von Eisenoxid-Partikeln und ihren Polymeren getestet, die als Beschichtung dienen können.

Experimente am Hühnerei-Modell helfen, Tierexperimente zu reduzieren

Bereits seit zehn Jahren widmet sich das Team um Prof. Dr. Dagmar Fischer der Erforschung von Nanopartikeln. Ei-Experimente führen derzeit etwa zehn bis zwölf Mitarbeiter durch. »Wir legen Wert darauf, dass alle Nachwuchswissenschaftler in unserem Bereich ihre Versuche selbst machen, damit sie die Methode lernen und beurteilen können«, sagt Dagmar Fischer.

Über die Arbeit an der eigenen Forschung, etwa im Rahmen des Sonderforschungsbereiches »PolyTarget« hinaus, testen sie auch für andere Disziplinen, beispielsweise die Materialwissenschaften oder Photonik und andere Forschungseinrichtungen sowie für private Unternehmen.

Dabei ist inzwischen eine umfangreiche Datenbank entstanden, in der Informationen über Nanopartikel gesammelt werden. Trotz der vielen wichtigen Er-

kenntnisse, die durch die Hühnerei-Modelle gewonnen werden, müssen Wissenschaftler auch in Zukunft im letzten Schritt auf Tierversuche zurückgreifen, um endgültig herauszufinden, wie die verschiedenen Kleinstteilchen auf den menschlichen Körper wirken. Dank der Ei-Experimente können sie aber erheblich reduziert werden. »Wir klären bereits sehr viele Eigenschaften der Partikel im Vorfeld ab«, sagt Martin Rabel. »Das beschleunigt die Forschung und macht sie kostengünstiger.« Außerdem unterstreiche es das ethisch verantwortungsvolle Handeln, das bei der Arbeit mit den Eiern allgegenwärtig ist.

Die Gewissenhaftigkeit im Labor merkt man den beiden trotz der Routine an. Ruhig und überlegt gehen sie vor. Jeder Handgriff muss sitzen – auch um nicht mehr Eier als nötig zu verbrauchen. Paul Warncke hat bereits wieder damit begonnen, einen Stapel Petrischalen mit der transparenten Nährlösung zu füllen, die das Ei versorgt und nicht austrocknen lässt, solange es darin liegt. Einige hundert Eier werden die Doktoranden heute noch aufschlagen. »An solchen Tagen landet bei mir mit Sicherheit zuhause kein Ei in der Pfanne«, sagt Martin Rabel. ■



Weitere Informationen im Internet:

[www.pharmazie.uni-jena.de/Abteilungen/Pharmazeutische Technologie/Prof_Dr_Dagmar Fischer/Forschung.html](http://www.pharmazie.uni-jena.de/Abteilungen/Pharmazeutische%20Technologie/Prof_Dr_Dagmar_Fischer/Forschung.html)

Kontakt

Prof. Dr. Dagmar Fischer
Institut für Pharmazie
Lessingstr. 8, 07743 Jena

Telefon: +49 36 41 9-49901
E-Mail: dagmar.fischer@uni-jena.de
www.pharmazie.uni-jena.de

Barrierefrei zum Zielgewebe

Nano ist nicht gleich Nano. Welche Nanomaterialien am besten geeignet sind, ihr Ziel im Organismus zu erreichen, wie sich die Partikel im Blutstrom des Körpers verhalten und warum es bislang so schwierig ist, sie im menschlichen Organismus einzusetzen, darüber spricht Pharmazeutin Prof. Dr. Dagmar Fischer im Interview.

Dagmar Fischer hat die Professur für Pharmazeutische Technologie und Biopharmazie inne. Zu ihren Forschungsschwerpunkten gehören die Entwicklung und Anwendung von Nanopartikeln, die Wirkstoffe kontrolliert freisetzen können.

INTERVIEW: UTE SCHÖNFELDER

Nanomaterialien sind bereits länger im Einsatz. Warum braucht es überhaupt neue Nanopartikel?

Richtig, man kann durchaus sagen »Nano« ist in der Pharmazie ein »alter Hut«: Nanopartikel aus Titanoxid sind etwa in Sonnencremes zu finden, Siliziumdioxid in Kosmetika oder in Tablettenmatrices. Was neu ist und woran derzeit intensiv geforscht wird, sind Nanomaterialien, die als Transportmittel von Wirkstoffen eingesetzt werden, um Wirkstoffe besser dosieren zu können oder um sie gezielt über biologische Barrieren zu transportieren.

Wie funktioniert das?

Durch die Verpackung von Wirkstoffen in Nanopartikel können toxische, instabile oder schwer lösliche Substanzen überhaupt erst in den Organismus gebracht werden. Zum anderen können Nanopartikel mit einer Zielsteuerung versehen werden, die sie direkt an die gewünschten Zellen oder Gewebe andocken lässt. Durch die Verpackung wird verhindert, dass toxische Wirkstoffe, wie Chemotherapeutika, gesundes Gewebe schädigen und Nebenwirkungen verursachen. Letzteres funktioniert im Zellmodell bereits sehr gut, im Menschen aber oftmals nur bedingt.

Woran liegt das?

Ich denke, dass wir einfach noch zu wenig darüber wissen. Wir benötigen eine valide Systematik, welche Polymere, mit welcher Kettenlänge, mit welchen Verzweigungen für welche Anwendung am besten geeignet sind. Wir müssen systematisch erfassen, wie Form, Größe, Ladung, Liganden der Partikel ihre Eigenschaften bestimmen. Dann könn-



te man eine Art Baukastensystem entwickeln, aus dem sich optimale Partikel je nach Anwendung zusammensetzen lassen. Daran arbeiten wir derzeit intensiv im Rahmen des Sonderforschungsbereichs »Polytarget«.

Was das gezielte Targeting von Nanopartikeln – also der gezielte Transport zum Zielgewebe und die Überwindung von biologischen Barrieren – im Menschen angeht, das bleibt immer noch eine Herausforderung. Vermutlich weil das System Mensch sehr komplex ist. Wir sehen beispielsweise, dass Nanopartikel, sobald sie in die Blutbahn appliziert werden, vom Körper verändert werden. Sie werden mit einer dichten Hülle von Proteinen versehen, die die Eigenschaf-

ten der Partikel völlig verändern kann. Außerdem spielen der Blutfluss und die Blutgefäße eine Rolle: Der Mensch ist ein recht großer Organismus, Nanopartikel müssen – gemessen an ihrer Größe – extreme Entfernungen überwinden und das unter Flussbedingungen, da kann unterwegs viel schief gehen.

Wie lassen sich diese Herausforderungen meistern?

Nur durch verstärkte Grundlagenforschung und bessere Modelle. Es reicht eben nicht aus, sich die Effekte von Nanowirkstoffen im Zellkulturmodell anzuschauen. Wir brauchen Modelle, mit denen sich das Verhalten von Nanomaterialien auch nach der Veränderung

im Körper, durch die genannte Protein-hülle, oder im Fluss in den Blutgefäßen simulieren lässt. Das müssen aber nicht zwangsläufig Tierversuche sein.

Sondern?

Wir haben ein Hühneri-Modell entwickelt, das uns Einsicht in das Blutgefäßsystem ermöglicht und mit dem wir das Verhalten und die Wirkung von Nanopartikeln direkt beobachten können (siehe Reportage S. 20 ff.). Damit lassen sich viele Fragestellungen beantworten, die mit einer klassischen Zellkultur nicht zu beantworten wären und wir können die Zahl der dennoch notwendigen Tierversuche deutlich minimieren.

Welche Nebenwirkungen können Nanomaterialien denn haben?

Das kommt ganz darauf an, um welche Art von Materialien oder Partikeln es sich handelt, wozu sie abgebaut werden und wie lange sie im Kontakt mit dem

Körper verbleiben. Es gibt Nanopartikel, die aus biokompatiblen und bioabbaubaren Polymeren bestehen. Sie werden nach kurzer Zeit im Körper abgebaut und ihre Bestandteile verstoffwechselt. Diese sind erwartungsgemäß eher unbedenklich. Daneben aber gibt es auch Partikel aus Metallen oder Metallverbindungen, die z. B. als Kontrastmittel bei verschiedenen Diagnostikverfahren eingesetzt werden. Diese bleiben teilweise mehrere Monate im Körper und können unter Umständen toxisch sein oder Immunreaktionen hervorrufen.

Wie lassen sich solche Nebenwirkungen vermeiden?

Auch das ist eine unserer Forschungsaufgaben bei »PolyTarget«. Ein bereits bekannter Weg ist es, die Oberfläche der Partikel für das Immunsystem praktisch »unsichtbar« zu machen. Das funktioniert, indem man wasserlösliche Moleküle, wie Polyethylenglykol, auf der Oberfläche verankert. Gelangen

solche Partikel in die Blutbahn »sieht« der Organismus die Partikel nicht mehr und Immunreaktionen bleiben aus. So wie Tarnflugzeuge, die für Radar unsichtbar sind, werden diese Partikel »Stealth«-Partikel genannt.

Für welche Anwendungen von Nanopartikeln in der Medizin sehen Sie das größte Zukunftspotenzial?

In der Behandlung von Krebs und Infektionen. Der Grund dafür ist, dass Tumorzellen, aber auch entzündete Gewebezellen eine gestörte Blutgefäßbarriere aufweisen. Vereinfacht gesagt, haben sie Löcher. In Tumorgewebe können diese Löcher so groß werden, dass sie Eintrittspforten für Nanopartikel sein können. Intaktes Gewebe, ohne Löcher, kann die Partikel nicht aufnehmen und die Wirkstoffe, wie hochpotente Chemotherapeutika, könnten nur im Tumorgewebe wirken, ohne in gesunden Geweben Nebenwirkungen zu verursachen. ■

Probengefäße mit Nanopartikeln.



Kleine Narbe, große Wirkung

Jahrhundertlang waren Infektionskrankheiten eine Geißel der Menschheit, die Millionen Opfer forderte. Seit gut 150 Jahren gibt es Impfstoffe, eine scharfe Waffe gegen das Leid. Wir sollten darauf achten, dass diese Waffe wirksam bleibt.

KOMMENTAR: STEPHAN LAUDIEN

Irgendwann, in diesem verflucht heißen Sommer, irgendwo in einem Freibad, fragte mich Ivo, unser Jüngster, was ich da auf dem rechten Oberarm hätte. Diese kraterförmige Narbe, kaum so groß wie ein Cent-Stück. Ich sagte ihm, das sei eine Erinnerung an meine Pockenimpfung und wollte fortfahren, über Impfungen im Allgemeinen und die Pocken im Speziellen zu erzählen, doch der Dreimeterturn war viel spannender als eine Krankheit, die seit 1980 weltweit als ausgerottet gilt.

Seit Menschengedenken haben Infektionskrankheiten immer wieder Tausende, manchmal Millionen Opfer gefordert. Die Pest war die Geißel des Mittelalters, die gerade in Notzeiten wütete. In der Endphase des Ersten Weltkrieges, also vor 100 Jahren, grassierte die sogenannte Spanische Grippe, die bis zu 25 Millionen Todesopfer forderte. Heutzutage lassen immer mal wieder Berichte über das Ebola-Virus in Afrika aufhorchen. Viele dieser Krankheiten haben für uns ihren Schrecken verloren, die Kinderlähmung gehört dazu, die Pocken oder die Masern. Verbesserte hygienische Bedingungen und sauberes Trinkwasser haben dazu beigetragen. Die schärfste Waffe gegen die heimtückischen Viren sind jedoch die Impfungen. Versuche, mit abgeschwächten Krankheitserregern eine Immunisierung zu erzielen, gab es schon sehr früh. In China soll schon vor über 2000 Jahren versucht worden sein, den Schorf verkrusteter Pockennarben als Impfstoff zu verwenden. Mit dem Nachweis der Erreger und einem wachsenden Verständnis des Wechselspiels zwischen Krankheitserreger und Immunsystem wurden schon im 18. und vor allem im ausgehenden 19. Jahrhundert die ersten Impfstoffe entwickelt.



Impfungen schützen – nicht nur die eigene Gesundheit. Eine hohe Impfquote verhindert auch, dass sich Krankheiten ausbreiten.

Zu den Wissenschaftspionieren auf diesem Feld gehören Robert Koch, Louis Pasteur, Edward Jenner, Paul Ehrlich und Georg Friedrich Ballhorn. Wahrlich segensreich waren ihre Erkenntnisse, von denen nicht wenige in heroischen Selbstversuchen erzielt wurden.

Als zuverlässige Impfstoffe entwickelt worden waren, blies die WHO, die Weltgesundheitsorganisation, zum Angriff gegen die Epidemien. In einer weltweiten Kampagne wurde mittels Impfpistole dem Pockenerreger der Krieg erklärt. Eine Mammutaufgabe, zumal die Welt damals in der Zeit des Kalten Krieges in feindselige Lager aufgespalten war. Dennoch führte die Impfkampagne zum Erfolg: Für das Jahr 1977 ist der letzte natürliche Krankheitsfall do-

kumentiert, drei Jahre später wurde der Sieg über die Pocken verkündet.

Ich kann mich nicht erinnern, seit wann die kleine Narbe auf meinem Oberarm prangt. Sehr gut erinnere ich mich hingegen an die ersten Impfungen meiner Kinder. Erinnere mich an die Fragen der Ärztin, ob wir mit den Impfungen einverstanden sind. Was für eine Frage! Natürlich habe ich von Impfgegnern gehört, von Menschen, die die Wirksamkeit von Impfungen in Frage stellen, die glauben, die Impfungen nützten vor allem der Pharmaindustrie. Von Impfgefahren ist die Rede, mögliche schwere Nebenwirkungen werden beschworen. Dennoch gab es für meine Frau und mich nur eine Antwort: Wir sind mit den Impfungen einverstanden! ■



Feuer im Kopf

Der Film »Feuer im Kopf« rückte 2016 eine bis dahin nahezu unbekannte Krankheit in die Öffentlichkeit: eine autoimmun-bedingte Gehirnentzündung mit dem komplizierten Namen Anti-NMDA-Rezeptor-Enzephalitis. Diese seltene Krankheit führt zu Symptomen wie Atemstörungen oder Wahnvorstellungen und ist bis heute nur schwer zu diagnostizieren. Ein deutsch-spanisches Wissenschaftsteam um den Jenaer Neurologen Prof. Dr. Christian Geis konnte nun wesentliche molekulare Mechanismen der Krankheit aufklären.

TEXT: UTA VON DER GÖNNA

Unter dem Titel »Feuer im Kopf« erschienen die Autobiografie der kanadischen Journalistin Susannah Cahalan und der darauf basierende Film in Deutschland, im Original »Brain on fire«. Die Kritiker fanden den Film nicht überragend, aber er rückte eine erst seit einem guten Jahrzehnt bekannte Krankheit in das Licht der Öffentlichkeit: eine seltene, autoimmun-bedingte Gehirnentzündung. Ausgelöst durch bestimmte Tumore oder Virusinfektionen, werden Antikörper gegen Neurotransmitter-Rezeptoren im zentralen

Nervensystem produziert. In Susannah Cahalans Fall gegen den NMDA-Rezeptor, was zu Verwirrtheit, Psychosen, Koma und Atemstörungen führt. »NMDA« steht für N-Methyl-D-Aspartat. Diese Substanz bindet spezifisch an diesen Rezeptor. Inzwischen kennt die Neurologie eine ganze Reihe verschiedener Unterformen dieser autoimmunen Gehirnentzündungen, bei denen das Immunsystem einen Rezeptor auf Nervenzellen attackiert. Eine Forschungsgruppe aus Jena, Barcelona, Würzburg und Leipzig konnte

jetzt die Mechanismen der Autoimmunerkrankung aufklären, bei der der AMPA-Rezeptor zur Zielscheibe wird. »AMPA« ist die Abkürzung für α -amino-3-hydroxy-5-methyl-4-isoxazolepropionic acid. Der AMPA-Rezeptor zählt wie der NMDA-Rezeptor zu den Glutamatrezeptoren und steuert die Übertragung von Nervenimpulsen im Gehirn, ist also unerlässlich für Lern- und Gedächtnisprozesse. »Die betroffenen Patienten leiden an Krampfanfällen, Verwirrtheit, Gedächtnisstörungen und Wesensveränderung«, beschreibt Prof. Dr. Christian Geis, Neurologe am Universitätsklinikum und Seniorautor der Arbeit, die Symptome der Erkrankung.

Aus Patientenproben gewonnene Antikörper eingesetzt

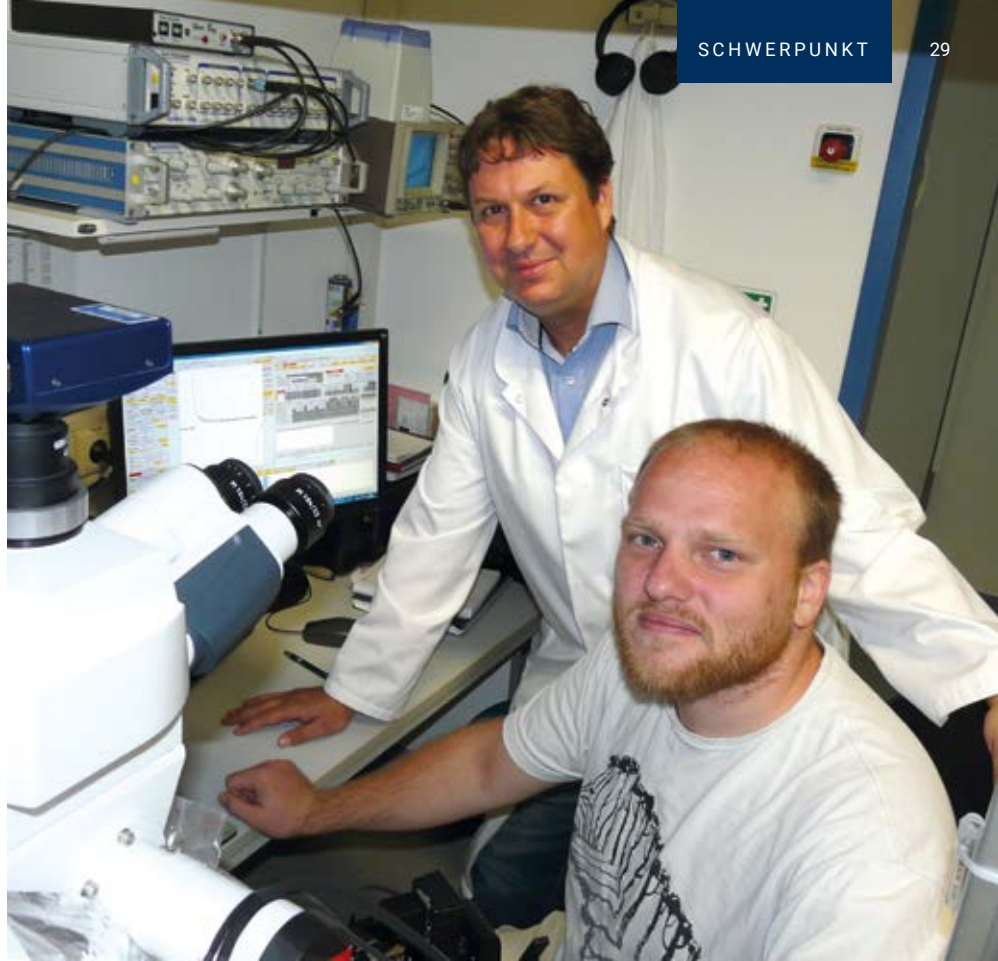
Für ihre Untersuchungen setzten die Forschenden aus Patientenproben gewonnene Antikörper ein, die hochspezifisch gegen eine Untereinheit des AMPA-Rezeptors gerichtet sind, die besonders für die elektrischen Eigenschaften des Rezeptors von Bedeutung ist. Rezeptoren mit dieser Untereinheit sind vor allem in der Synapse, der Kon-

Symbolbild links: Probandin bei einem Elektroenzephalogramm (EEG). Bei einer Enzephalitis sind Veränderungen in den Hirnströmen messbar.

taktstelle zweier Nervenzellen, verbaut und für die schnelle Impulsweiterleitung zwischen den Nervenzellen unabdingbar.

Zunächst studierte das Wissenschaftsteam Nervenzellen in der Zellkultur. »Wir konnten Schritt für Schritt nachweisen, wie die Antikörper den Rückzug der AMPA-Rezeptoren mit dieser Untereinheit in die Zelle auslösen und eine Kette von Kompensationsmechanismen in Gang bringen, in deren Folge AMPA-Rezeptoren ohne die Untereinheit die Erregungweiterleitung in der Synapse übernehmen«, so der Biologe Dr. Holger Haselmann. »Mit fatalen Folgen für die Funktion und Erregbarkeit der Synapse.« Im nächsten Schritt induzierten die Forscher die Krankheit im Tiermodell und untersuchten die Nervenzellen im Gehirn von Mäusen, denen der Antikörper verabreicht wurde. Hier zeigten sich die gleichen Umorganisationsprozesse der AMPA-Rezeptoren wie in der Zellkultur.

Im Tiermodell wurden dann auch die Folgen dieser Umorganisation deutlich. Holger Haselmann: »In den erkrankten Mäusen war die Fähigkeit der Synapsen, sich an Aktivitätsanforderungen anzupassen, im Vergleich zu gesunden Mäusen verringert.« Diese als synaptische Plastizität bezeichnete Eigenschaft ist eine Voraussetzung für Vernetzungsprozesse im Gehirn. In Verhaltenstests schließlich offenbarten die Tiere mit der Krankheit Einschränkungen bei kognitiven und Gedächtnisleistungen. Zum Vergleich:



Prof. Dr. Christian Geis und Dr. Holger Haselmann (vorn)

Patienten mit AMPA-Rezeptor-Autoimmunenkephalitis leiden unter Verwirrtheit und Problemen mit dem Kurzzeitgedächtnis.

Pathophysiologie der seltenen Autoimmunerkrankung aufgeklärt

Die Wissenschaftler sind in den von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Sonderforschungsbereich »ReceptorLight« in Jena und Würzburg eingebunden, der die Funktion von Rezeptoren mittels High-End-Mikroskopie untersucht. So gelingt es mit höchstauflösender Fluoreszenzmikroskopie, die AMPA-Rezeptoren im Bereich der Synapse mit einer Auflösung von 40 Nanometern darzustel-

len. »Diese hochmodernen Bildgebungstechniken erlauben es, klinisch relevante Fragen auf der Ebene der Moleküle zu bearbeiten und zu beantworten«, betont Christian Geis. »Hier konnten wir die zugrundeliegende Pathophysiologie einer seltenen Autoimmunerkrankung aufklären.«

Damit können die Wissenschaftler zu einer schnelleren Diagnose der Autoimmun-Gehirnentzündungen beitragen, deren Symptome mitunter schwierig einzuordnen sind und gelegentlich missinterpretiert werden. Der Verdacht darauf lässt sich durch Immuntests inzwischen schnell abklären. Und ist die Autoimmunerkrankung sicher erkannt, kann sie, wie auch im Fall von Susannah Callahan, zumeist erfolgreich behandelt werden. ■

Original-Publikation:

Human Autoantibodies against the AMPA Receptor Subunit GluA2 Induce Receptor Reorganization [...], *Neuron* (2018), DOI: 10.1016/j.neuron.2018.07.048

Kontakt

Prof. Dr. Christian Geis
Klinik für Neurologie
Am Klinikum 1, 07747 Jena

Telefon: +49 36 41 9-32 34 13
E-Mail: christian.geis@med.uni-jena.de
www.neuro.uniklinikum-jena.de



Warum der Schmerz nicht nachlässt

Wirkungsvolle Schmerzmittel sind für die Medizin ein Segen – haben aber auch eine ausgeprägte Schattenseite. Über einen bestimmten Zeitraum eingenommen, verlieren sie ihre Wirkung und können zur Abhängigkeit führen. Ein Wissenschaftsteam aus Jena, Sydney, Melbourne und Marburg hat jetzt molekulare Details der Toleranzentwicklung gegen Opiate aufgeklärt. Die Ergebnisse könnten dabei helfen, synthetische Wirkstoffe mit geringer Toleranzentwicklung und reduziertem Suchtpotenzial zu entwickeln.

TEXT: UTA VON DER GÖNNA

Für die Behandlung starker Schmerzen, zum Beispiel nach Operationen oder bei Krebserkrankungen, sind Opiate wie Morphin oder synthetische Opioide nach wie vor die wichtigsten Schmerzmittel. Ihr Nutzen wird jedoch stark eingeschränkt durch eine Verlangsamung der Atmung und das große Suchtpotenzial. Vergrößert wird die Gefahr dieser Nebenwirkungen noch durch einen Gewöhnungseffekt. Die Toleranzentwicklung kann eine Verzehnfachung der Dosis notwendig machen, um die gewünschte Schmerzlinderung zu erzielen. Dies sind die Schlüsselfaktoren

für Todesfälle infolge einer Opioidüberdosis, deren Zahl vor allem in den USA im letzten Jahrzehnt dramatisch gestiegen ist.

Spezifische Andockstellen für Schmerzmittel an Nervenzellen

Die Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Stefan Schulz am Universitätsklinikum Jena erforscht seit Jahren die molekularen Mechanismen der Regulation von Opioidrezeptoren, den spezifischen Andockstellen für diese Wirkstoffe auf

der Oberfläche von Nervenzellen. »Es ist ein eigentlich sinnvoller Schutzmechanismus der Zelle vor einer Dauerreizung, dass sie bei einem Überangebot von Botenstoffen die Rezeptoren weniger empfindlich macht«, beschreibt der Professor für Pharmakologie und Toxikologie den Prozess, der die Wirkung der effektiven Schmerzmittel immer mehr abschwächt. Nach der Aktivierung des Rezeptors durch den Wirkstoff sorgen Enzyme dafür, dass Phosphatgruppen an Bereiche des Rezeptormoleküls gebunden werden, die im Zellinneren liegen. Dann wird das Gerüstprotein Arrestin an den Rezeptor gebunden, welcher schließlich in die Zelle aufgenommen wird. »In früheren Arbeiten konnten wir zeigen, dass dieser Prozess bei synthetisch hergestellten hochwirksamen Opioiden wesentlich ausgeprägter ist als beim natürlich vorkommenden Wirkstoff Morphin«, so Stefan Schulz, »die Signalwege für die Toleranzentstehung unterscheiden sich für diese Wirkstoffgruppen.«

Dr. Elke Miess ist Erstantorin der internationalen Studie zur Desensibilisierung von Opioidrezeptoren. Sie und ihre Kollegen konnten zeigen, dass Morphin und synthetische Opioide über unterschiedliche Mechanismen einen Gewöhnungseffekt erzeugen.



Mechanismen der Toleranzentwicklung mit biooptischen Methoden geklärt

Gemeinsam mit Kollegen aus Sydney, Melbourne und Marburg konnten die Jenaer Forscher jetzt weitere Details der an der Toleranzentwicklung beteiligten Mechanismen aufklären. In ihren Untersuchungen konzentrierten sie sich dabei auf die genauen räumlichen und zeitlichen Abläufe der Bindungsprozesse. »Wir fanden Phosphorylierungsmuster, die hochspezifisch für die verschiedenen Wirkstoffe sind und ein ausgeklü-



geltes Zusammenspiel der Enzyme und Gerüstproteine ansteuern. Im Vergleich zu Morphin bewirken synthetische Opiode eine höhere Enzymaktivität und eine schnellere Desensibilisierung der Rezeptoren«, fasst die Erstautorin der Studie, Dr. Elke Miess zusammen. Neben den molekulargenetischen Standardverfahren, die in der Zellkultur zum Einsatz kamen, nutzen die Wissenschaftler auch hochempfindliche biooptische Methoden für ihre Untersuchungen. Den Nachweis, dass im Einzelfall

eine Bindung des Proteins Arrestin an den Rezeptor stattgefunden hatte, führten sie mit gleich drei voneinander unabhängigen Verfahren.

»Wir konnten wesentliche molekulare Details der Toleranzentstehung gegen Opioid-Analgetika aufklären«, wertet Stefan Schulz die Ergebnisse der Arbeit. »Sie liefert hilfreiche Ansätze für die weiterführende Entwicklung von Opioiden, die weniger Toleranz und Abhängigkeit auslösen.« ■

Hier gezeigt sind verschiedene Medikamente. Arzneimittel mit schmerzlindernder Wirkung, die aus Opium gewonnen oder synthetisch hergestellt sind, heißen Opiode. Ihre Effekte beruhen auf der Bindung der Wirkstoffe an endogene Opioid-Rezeptoren.

Original-Publikation:

Multisite phosphorylation is required for sustained interaction with GRKs [...], Science Signaling (2018), DOI: 10.1126/scisignal.aas9609

Kontakt

Prof. Dr. Stefan Schulz
Institut für Pharmakologie und Toxikologie
Drackendorfer Straße 1, 07747 Jena

Telefon: +49 36 41 9-39 56 51
E-Mail: stefan.schulz@med.uni-jena.de
www.ipt.uniklinikum-jena.de





Alles nur Glückssache?

Es soll die Hautalterung bremsen, Gelenkverschleiß bei Rheuma und Arthrose lindern und sogar vor Krebs und Herz-Kreislaufkrankungen schützen. Seit fast 100 Jahren erforschen Wissenschaftler die Wirkungen von Vitamin E und haben die biochemischen Grundlagen seiner Wirkung in Zell- und Tiermodellen weitgehend geklärt. In klinischen Studien an Patienten überzeugt Vitamin E bisher allerdings nicht. Die Gründe dafür haben Biochemiker und Pharmazeuten aus Jena nun gemeinsam mit einem internationalen Team aufgeklärt.

TEXT: UTE SCHÖNFELDER

»Vitamin E ist ein Antioxidans, es neutralisiert zellschädigende freie Radikale«, erläutert PD Dr. Andreas Koeberle vom Lehrstuhl für Pharmazeutische Chemie. Was in Zell- und Tiermodellen unter Laborbedingungen hinreichend belegt ist, überzeugt in der Praxis bisher allerdings nicht: »In klinischen Studien finden wir sehr heterogene Ergebnisse«, sagt Koeberle. »Nicht nur, dass die positiven Effekte von Vitamin E oft nicht in der erwarteten Stärke auftreten, manchmal zeigen sich sogar nachteilige Effekte«, so der Biochemiker.

Eine mögliche Ursache dafür haben Dr. Koeberle und seine Kollegen nun gefunden: Wie das Jenaer Forschungsteam in einer breit angelegten interdisziplinären



Doktorand und Erstautor der Publikation Helmut Pein analysiert an einem Tandem-Massenspektrometer Stoffwechselprodukte von Vitamin E.

nären Studie gemeinsam mit Partnern aus Frankreich, Österreich, Italien und Deutschland belegt, beruht die Wirkung von Vitamin E, das als Tablette oder Kapsel eingenommen wird, gar nicht auf dem Vitamin selbst, sondern auf der eines Stoffwechselprodukts. Diese Sub-



Studienleiter PD Dr. Andreas Koeberle.

stanz mit Namen α -Carboxychromanol besitzt unter anderem eine vielversprechende entzündungshemmende Wirkung.

Personalisierte Medizin könnte Therapie erfolgreicher machen

α -Carboxychromanol wird in der Leber gebildet. »In welchem Maße das passiert, ist von Patient zu Patient aber sehr verschieden«, berichtet Prof. Dr. Oliver Werz, der die Studie gemeinsam mit Dr. Koeberle geleitet hat. Wie die Jenaer Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler gezeigt haben, weist der Spiegel des Metaboliten im Blut von Versuchspersonen eine sehr große individuelle Spannweite auf. »Wenn der Effekt von Vitamin E davon abhängt, in welchem Maße der bioaktive Metabolit gebildet wird, dann erklärt das sehr gut, wieso die gleiche Menge Vitamin E bei einer Person eine bestimmte Wirkung zeigt und bei einer anderen Person womöglich eine wesentlich geringere«, macht Werz deutlich. Dies belege, so der Jenaer Pharmazeut weiter, den großen Nutzen, den eine personalisierte Medizin zu bieten hat. »Wenn wir zuvor den

Stoffwechsel eines Patienten charakterisieren, lässt sich ein Therapieerfolg – nicht nur für Vitamin E – wesentlich präziser erzielen.«

In der vorliegenden Studie haben die Forschenden das entzündungshemmende Potenzial von α -Carboxychromanol detailliert untersucht. Der bioaktive Metabolit hemmt ein Schlüsselenzym von Entzündungsprozessen (5-Lipoxygenase, kurz 5-LO). Dies sei eine vielversprechende Erkenntnis, sagt Koeberle, denn die 5-LO spiele eine zentrale Rolle bei Entzündungserkrankungen wie Asthma oder Arthritis.

Von α -Carboxychromanol abgeleiteter Wirkstoffkandidat patentiert

»Bislang gibt es aber nur ein einziges zugelassenes Arzneimittel, das die 5-LO hemmt, das aber aufgrund starker Nebenwirkungen nur sehr eingeschränkt eingesetzt werden kann.« Die Forscher wollen ihre Erkenntnisse nutzen, um einen neuen Wirkstoffkandidaten für die Behandlung entzündlicher Erkrankungen zu entwickeln. Ein erster von α -Carboxychromanol abgeleiteter Kandidat sei bereits patentiert, so Koeberle. ■



Original-Publikation:

Endogenous metabolites of vitamin E limit inflammation by targeting 5-lipoxygenase. Nature Communications (2018), DOI: 10.1038/s41467-018-06158-5

Kontakt

PD Dr. Andreas Koeberle
Prof. Dr. Oliver Werz
Institut für Pharmazie
Philosophenweg 14, 07743 Jena

Telefon: +49 36 41 9-49815
E-Mail: andreas.koeberle@uni-jena.de,
oliver.werz@uni-jena.de
www.pharmazie.uni-jena.de

»Wenn der Hammer nicht den Nagel trifft ...«

Eine Diagnose – ein Medikament. So simpel funktioniert es in der Regel nicht. Die Wirkung von Arzneimitteln hängt von vielen Faktoren ab: Neben Alter und Körperbau spielt das Geschlecht eine wesentliche Rolle. Diese Faktoren berücksichtigt die »personalisierte« Medizin. Über deren Möglichkeiten und Grenzen spricht der Pharmakologe Prof. Dr. Oliver Werz im Interview.

INTERVIEW: STEPHAN LAUDIEN UND TILL BAYER

Was bedeutet personalisierte Medizin?

Personalisierte – oder besser stratifizierte Medizin – berücksichtigt bei der Behandlung die biologische Verfassung der Patientinnen und Patienten. Die Wirkung eines Medikaments und dessen Abbau im Körper werden von Faktoren wie Alter, Gewicht, Geschlecht und Körperfettanteil des Patienten beeinflusst. Ein Beispiel: Wenn eine kleine schlanke Frau und ein schwergewichtiger Mann dieselbe Dosis eines Medikaments einnehmen, erzielt man unterschiedliche Ergebnisse. Ich selbst forsche zu geschlechtsspezifischer Medizin.



Prof. Dr. Oliver Werz.

Wo kommt die stratifizierte Medizin zum Einsatz?

Als Behandlungsfelder stehen insbesondere die Krebstherapie und die Therapie viraler Erkrankungen im Fokus. Die Ausstattung der Gene der Patienten ist dabei von entscheidender Bedeutung. Wenn etwa ein Krebspatient ein entsprechend verändertes Gen nicht besitzt, an dem das Medikament angreift, ergibt eine zielgerichtete Therapie keinen Sinn. Man muss – bildlich gesprochen – nicht mit dem Hammer draufhauen, wo kein Nagel ist. Das Medikament greift nur dann, wenn eine entsprechende Funktion des Gens vorhanden ist. Inzwischen sind schon Tests vorgeschrieben, bevor die jeweiligen Medikamente verschrieben werden.

Wie wird in Jena konkret an der personalisierten Medizin geforscht?

Wir sind meines Wissens das einzige Institut für Pharmazie in Deutschland, das gezielt die Wirkung von Medikamenten in Bezug auf das Geschlecht erforscht. Wir haben festgestellt, dass insbesondere bei der Wirksamkeit von Medikamenten gegen Autoimmunkrankheiten wie Rheumatoide Arthritis Unterschie-

de zwischen Mann und Frau bestehen. Frauen sind von Autoimmunerkrankungen signifikant häufiger betroffen als Männer. Ein Grund dafür liegt darin, dass Frauen zwei X-Chromosomen besitzen und bestimmte Allele doppelt vorliegen. Zudem üben Sexualhormone einen großen Einfluss aus. Problematisch ist, dass sich die Entwicklung von Medikamenten noch immer am männlichen Organismus orientiert. Ein erster Schritt wäre es, die Dosierung geschlechtsspezifisch anzupassen.

Weshalb ist die Dosierung so wichtig?

Ein wichtiger Faktor für die Wirksamkeit von Medikamenten ist die Fähigkeit des Körpers, die Wirkstoffe zu metabolisieren. Es gibt unter den Patienten langsame, normale und schnelle Metabolisierer. Weil Wirkstoffe oft im Fettgewebe eingelagert werden, spielt zudem der Körperfettanteil eine Rolle. Dem »King of Pop« Michael Jackson, einem sehr schlanken Mann, wurde wohl die überhöhte Dosis eines an sich relativ harmlosen Medikaments zum Verhängnis. Dieses Medikament (Propofol) wird

von Frauen schneller abgebaut und aus dem Blut ins Fettgewebe umverteilt.

Wird in der Forschung das dritte Geschlecht berücksichtigt?

Zum dritten Geschlecht gibt es nur sehr wenig Studien. Bekannt sind zum Beispiel Untersuchungen zur Wirkweise von Sexualhormonen nach Geschlechtsumwandlungen. Das Problem liegt darin, dass zu wenig biologisches Untersuchungsmaterial, zum Beispiel Blutproben, existiert. Insgesamt betrachtet muss man leider sagen, dass Intersexuelle von der Forschung nur stiefmütterlich behandelt werden.

Wie ist es bei Kindern?

Für Kinder wird die Dosierung in der Regel angepasst. Ein bekannter Arzneistoff wie Paracetamol oder bestimmte Antibiotika gibt man abhängig von Alter und Körpergewicht. Manche Medikamente dürfen Kinder überhaupt nicht einnehmen, weil sie Wachstumsprozesse beeinflussen würden. Auch in diesem Punkt gibt es Verbesserungsbedarf. Zudem findet die Pubertät – also der Übergangsbereich zwischen Kindheit und Erwachsensein – nur wenig Beachtung.

Ein stärkerer Zuschnitt auf individuelle Merkmale wäre also notwendig?

Wir sehen den Handlungsbedarf ganz klar im Bereich der weichen Parameter. Gleichwohl handelt es sich bei der klassischen personalisierten Medizin, die sich auf individuelle Gegebenheiten konzentriert, um ein wichtiges Forschungsfeld. Man muss jedoch die praktische Umsetzung im Blick haben. Eine Genuntersuchung im Labor ist nicht günstig und auch eine ethische Frage. Viele Patienten wollen nicht, dass man ihre Gene untersucht. Sie verstehen oftmals nicht, dass dabei nur gezielt nach bestimmten Genen geschaut wird. ■



Prof. Dr. Bernd Gruhn, Oberarzt an der Klinik für Kinder- und Jugendmedizin (re.), konnte Yunas seltene, sehr unreife akute lymphoblastische Leukämie mit einer individuellen Antikörpertherapie erfolgreich behandeln. Links im Bild ist Yunas Vater zu sehen.

Therapie für Yuna

Die kleine Yuna und ihre Eltern können sich wieder freuen. Nach einer achtmonatigen Behandlung in der Klinik für Kinder- und Jugendmedizin lassen sich bei dem heute 17 Monate alten Mädchen keine Leukämiezellen mehr nachweisen. Bis dahin war es ein weiter Weg. Jenaer Mediziner haben Yuna mit einer individuell auf sie abgestimmten Antikörpertherapie das Leben gerettet.

TEXT: ANNE CURTH

Bereits im Alter von zehn Wochen diagnostizierten Ärzte bei Yuna eine seltene akute lymphoblastische Leukämie (ALL). Zusätzlich fanden sich Kennzeichen im Blut, die typisch für eine akute myeloische Leukämie (AML) sind. Akute Leukämien sind bösartige Erkrankungen des blutbildenden Systems. Die Leukämiezellen unterdrücken die normale Blutbildung im Knochenmark. Weder spezielle Chemotherapien noch eine Antikörpertherapie an einer Klinik in Valencia schlugen bei der hartnäckigen Leukämie an. Doch ihre Eltern gaben nicht auf. Da sie kurz vor Yunas Geburt von Deutschland nach Spanien ausgewandert waren, suchten sie in Deutschland nach einer Klinik, die ihrer Tochter mit der Transplantation von blutbildenden Stammzellen helfen kann – und erhielten nach zehn Absagen von anderen Kliniken in Deutschland vom Jenaer Universitätsklinikum eine positive Rückmeldung.

»Da es Yuna zu diesem Zeitpunkt trotz ihrer Erkrankung relativ gut ging, sahen wir eine Chance, ihr mit der Transplan-

tation von Blutstammzellen helfen zu können«, sagt Prof. Dr. Bernd Gruhn von der Klinik für Kinder- und Jugendmedizin. Ein 50-jähriger Mann aus Bayern wurde als optimaler Stammzellspender gefunden.

Individuell abgestimmte Antikörper zerstören Leukämiezellen effektiv

Um das Rückfallrisiko nach einer Transplantation zu senken, musste die Anzahl der Leukämiezellen vorab so weit wie möglich reduziert werden. Da Chemotherapien in Valencia nicht anschlugen, entschied sich der Jenaer Kinderonkologe für eine individuell auf Yunas Leukämiezellen abgestimmte Antikörpertherapie. In wöchentlichem Abstand erhielt die kleine Patientin die Medikamente mit einer Infusion. Drei verschiedene Antikörper – »Gemtuzumab«, »Daratumumab« und »Inotuzumab« – kamen zum Einsatz und brachten den Wirkstoff, ein Toxin, in die Leukämiezellen, um sie effektiv zu zerstören.

»Nicht nur die Kombination dieser Antikörper, sondern vor allem der Einsatz der Medikamente Daratumumab und Inotuzumab war dabei etwas Besonderes, da kein Kind bisher in Jena und nur wenige in Deutschland damit behandelt wurden«, macht Gruhn deutlich. Die individualisierte Antikörpertherapie war erfolgreich: Nach der letzten Infusion konnten keine Leukämiezellen mehr im Knochenmark nachgewiesen werden.

Doch die eigentliche Transplantation der blutbildenden Stammzellen stand erst noch bevor. Damit die neuen Blutstammzellen nicht abgestoßen werden, musste Yunas eigenes Knochenmark zerstört und ihr Immunsystem unterdrückt werden. Dafür setzten die Jenaer Mediziner eine erstmals in Deutschland genutzte Kombination aus vier verschiedenen Medikamenten ein. Anschließend transplantierten sie Yuna das Knochenmark des Spenders. 30, 60, 100 und 150 Tage später wird Yuna intensiv untersucht – immer mit dem gleichen Ergebnis: Ihr Knochenmark ist frei von Leukämiezellen. ■

Mikroben bauen Schadstoffe ab

In einem Labor des Instituts für Mikrobiologie bereitet Dr. Stefan Kruse eine Bakterienkultur für die Untersuchung in einer sogenannten Anaerobenkammer vor. Dort werden Epsilonproteobakterien in einer sauerstofffreien Umgebung kultiviert, die Schadstoffe, beispielsweise Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW), abbauen. Dabei entsteht Wasserstoff.



Althöfer würfelt!

Eigentlich wollte Ingo Althöfer Astronaut werden. Doch es kam anders. Statt die unendlichen Weiten des Alls durchstreift er die Sphären der Mathematik. Und ist, entgegen manchen Klischees, ein sehr bodenständiger Gelehrter. Dass er heute in Jena lehrt, verdankt die Universität einer Reihe von Zufällen – oder dem Wirken einer »höheren Macht«. Das Porträt stellt einen Forscher vor, dessen Neugier kaum Grenzen kennt.

TEXT: STEPHAN LAUDIEN

Wer Ingo Althöfers Büro betritt, dessen Blick fällt zunächst auf einen Globus. »Ich fordere meine Besucher gern auf, mir zu zeigen, wo sie herkommen«, sagt Althöfer. Das helfe meistens, das Eis bei der ersten Begegnung zu brechen. Womöglich hilft es auch, den ersten Schreck zu verdauen. Denn dass Althöfer Mathematische Optimierung lehrt, vermuten wohl die wenigsten, die das Chaos im Zimmer sehen. Doch Vorsicht: Es mag nicht aufgeräumt aussehen, aber Althöfer findet stets auf Anhieb, was er dem Gast zeigen will. Und – schöner noch – er kann zu jedem Artefakt eine Geschichte erzählen. So gibt es eine mit Kork-Scheiben beklebte Kugel, auf der Gäste zum Abschied einen Gruß hinterlassen können: in Form einer Primzahl. Neben dem Globus steht eine Kuchen-Transportbox. Die gehöre einem österreichischen Kollegen, sagt Althöfer. Sie stehe dort so exponiert, damit der Kollege sie beim nächsten Besuch nicht vergisst.

Dass Ingo Althöfer Mathematiker wurde, verdankt sich einer Reihe von Zufällen, sie mögen glücklich genannt werden. Als Kind hyperaktiv, verfolgte Ingo Althöfer die Apollo 8-Mission der Amerikaner und sein Berufswunsch stand fest: »Ich werde Astronaut!« Vom Vater kam der trockene Hinweis: »Dir wird doch schon beim Autofahren schlecht«, weshalb der Junior entschied, doch lieber Rechenlehrer zu werden. Vorbild mag der Großvater gewesen sein. Der hatte drei Tage dafür verwandt, ein perfektes Lottosystem zu entwickeln, aber nichts gewonnen. »In unserer Familie gab es eine große Toleranz für derlei Spinnereien«, sagt Ingo Althöfer. Er selbst hatte schon als Kind ein Faible für Zahlen, weshalb es für ihn vom verhin- derten Astronauten zum Mathelehrer kein so großer Schritt war. Vom Rektor seiner Schule in Lage/Lippe, dem Heimatort, gefördert und gefordert, wechselte Ingo Althöfer nach dem Abitur ins wenige Kilometer entfernte Bielefeld, um dort

Mathematik zu studieren. Den Ehrgeiz, es bis zum Professor zu bringen, stachelte der Vater an. Nachdem ein Cousin Professor geworden war, gab der Vater das gleiche Ziel aus. Über »Mathematische Grundlagen im Computerschach« wurde Althöfer 1986 promoviert, fünf Jahre später folgte die Habilitation, eine Arbeit über die Fehlerfortpflanzung in Spielbäumen und Rekursionsbäumen.

Seit Herbst 1994 lehrt Ingo Althöfer an der Friedrich-Schiller-Universität in Jena. Dabei, das räumt er freimütig ein, war Jena keineswegs sein Traumort. »Ich hatte mich in Dortmund und Passau beworben«, erzählt der 57-Jährige. Bei einer Fahrt mit der Kirchengemeinde ins Erzgebirge – Ingo Althöfer gehört der evangelisch-methodistischen Kirche an – fuhr der Bus auf der A4 an Lobeda vorbei und der Busfahrer verwies auf die Stadt Jena zur Linken. Damals war der Lobedaer Tunnel noch nicht gebaut, der Anblick der »Platte« wenig einladend. Später hielt Ingo Althöfer einen Vortrag in Jena und bekam danach eine Stelle angeboten. Er erbat Bedenkzeit und kam für eine Woche an die Saale, um das Gleitschirmfliegen zu erlernen. In jener Woche gab es ein paar Zufälle, die den Ausschlag für Jena gaben: Der FC Carl Zeiss gewann im Pokal in Dortmund und beim Stöbern in einer Bücherkiste fiel Althöfer das Buch »Der Untergang von Passau« in die Hände: unübersehbare Zeichen, die gegen die beiden Wunschorte sprachen. »Natürlich sehen das viele Leute als Zufälle an, aber ich glaube an das Wirken einer höheren Macht!«

Dank dieser höheren Macht pendelt Ingo Althöfer nun Woche für Woche von Lage nach Jena. Seiner Frau Beate wegen, die auf den Rollstuhl angewiesen ist, zieht er nicht nach Jena, sondern ist nur von Dienstagabend bis Freitag hier: »Am Dienstag freue ich mich auf meine Studenten, am Freitag auf meine Frau!«



Noch ist viel Platz auf der Kugel aus Kork, auf die Mathematiker Prof. Dr. Ingo Althöfer seine Gäste als Andenken Primzahlen notieren lässt.

Seinen Studentinnen und Studenten bringt Prof. Althöfer nicht nur die Grundlagen der Mathematischen Optimierung bei, er gibt ihnen zudem das Rüstzeug fürs spätere Leben mit auf den Weg: »Ich vermittele den Studierenden nicht nur Mathematik, sondern bringe ihnen auch bei, wie sie mit Nichtmathematikern kommunizieren können.« Althöfer weiß natürlich, dass Mathematiker gern als weltfremd gesehen werden, als Nerds, die sich in Aufgaben vergraben und darüber die Welt vergessen. Deshalb gilt bei ihm die Regel, dass Examensarbeiten am Anfang und am Ende allgemeinverständlich verfasst sein müssen – »in der Mitte darf gezaubert werden!«

Die Fähigkeit, sich in mathematische Probleme vergraben zu können, zeichnet auch Ingo Althöfer aus. Doch dabei bleibt er »weltlichen« Themen stets verbunden. So faszinierte den passionierten Schachspieler die Idee, mit einer Dreihirn-Methode gegen Internationale Großmeister zu spielen. Drei Hirne, das heißt, zwei Computer und Althöfer selbst treten gegen einen Schachprofi an. Die beiden Computer schlagen jeweils einen Zug vor, Prof. Althöfer entscheidet sich für einen. Damit gelang es ihm, im Jahr 1997 die deutsche Nr. 1 Artur Jusupow zu schlagen. Im Kulturstadtjahr 1999 sollte es dann ein Match gegen Garri Kasparow geben, das nicht zustande kam. »Kasparow hatte gegen Deep Blue verloren und wohl wenig Lust, schon wieder öffentlich gegen Computer anzutreten«, sagt Ingo Althöfer. Zudem wäre es schwierig geworden, die etwa 500000 Mark zusammenzukriegen, die das Spektakel gekostet hätte.

Nach den Dreihirn-Experimenten mit Schach wandte sich Ingo Althöfer dem Go-Spiel zu. Auch bei diesem Spiel haben die Computer inzwischen den Menschen besiegt. Ingo Althöfer hat aktuell eine deutsche Freistil-Go-Liga gegründet, das heißt, der Einsatz des Computers ist erlaubt. Er schätzt, dass die deutschen Informatikhochburgen Karlsruhe oder Pader-

born gewinnen werden; in Jena sei leider der Starttermin verpasst worden.

Spiele faszinieren Ingo Althöfer. Sein Lieblingsspiel ist »Stacheldraht«, das auch »Rauf-und-Runter« genannt wird, oder »Wizard of Oz«. Der Mathematiker hat selbst zahlreiche Spiele entwickelt, sein erfolgreichstes ist »Finale«, das sich über 240000 mal verkauft hat. Als sein schönstes Spiel bezeichnet Ingo Althöfer »EinStein würfelt nicht«, das er im Eigenverlag herausgebracht hat. Was ein gutes Spiel ausmacht? »Ich muss die Regeln in zwei Minuten verstanden haben und benötige keine 80-seitige Anleitung.« Beim Verhandeln mit den Spiele-Verlagen sei es für ihn von Vorteil gewesen, nicht mit der Tür ins Haus zu fallen, sprich, er verschwieg zunächst, Mathematiker zu sein: »Leute unserer Zunft gelten als verkopft und kompliziert, das schreckt schnell ab.« Dass Mathematik kein Hexenwerk ist, beweist Ingo Althöfer ab und zu auf der Bühne: Dreimal schon nahm er am »Einstein-Slam« teil, bei der Premiere 2015 in Jena gewann er mit »Roulette mit Physik«. Mit dem Vortrag »Physik und Mathematik von Highheels« holte er im Jahr darauf den 3. Platz und 2018 kam noch Platz 2 hinzu. Thema des Vortrages: »Legosteine in der Waschmaschine«.

Althöfers aktuelles Projekt hat nichts mit Spielen zu tun. Im nächsten Jahr möchte er eine Biografie des Mathematikers Lothar Collatz schreiben, dessen Nachlass er im Uni-Archiv Hamburg gefunden hat. »Mir war vorher nicht bewusst, welchen Spaß es macht, in Archiven zu wühlen.« Diesen Spaß möchte er an seine Leser weitergeben. Das Buch über den numerischen Mathematiker Collatz, der es auf über 1200 akademische Nachkommen brachte, soll ein kurzweiliges Lesebuch werden, auch für Nicht-Mathematiker. Es braucht keine prophetischen Gaben, dem bodenständigen Gelehrten Althöfer das Gelingen dieses Unterfangens vorauszusagen. ■



Forschen im Schatten Trumps

Als Geisteswissenschaftler in den USA: Historiker Dr. Alexander Schmidt (Foto) hat 2018 ein Sommerseminar an der Universität Chicago gehalten. Das stand zunächst auf der Kippe. Der Jenaer Forscher und sein Team konkurrierten plötzlich mit Donald Trumps Grenzwall zu Mexiko.

TEXT: STEPHAN LAUDIEN

Was bringt es, sich heute noch mit Rousseau zu befassen, welchen Nutzen versprechen Immanuel Kant oder Hegel? Im Zeichen von Effizienzgebot, Wachstumseuphorie und Spardiktat stehen die Geisteswissenschaften unter Beschuss. Das ist in Deutschland nicht viel anders als in den Vereinigten Staaten. Dennoch gibt es gravierende Unterschiede, sagt Dr. Alexander Schmidt, der am Forschungszentrum »Laboratorium Aufklärung« und am Historischen Institut lehrt und forscht. Schmidts Schwerpunkt ist die Ideengeschichte des langen 18. Jahrhunderts.

Im Juli 2018 war Alexander Schmidt zum wiederholten Male Gast an der University of Chicago, wo er gemeinsam mit dem Historiker Paul Cheney ein Sommerseminar mit dem Titel »Invisible Bonds: the Enlightenment Science of Society from Mandeville to Hegel« leitete. Ermöglicht wurde das an amerikanische Hochschullehrende gerichtete Seminar durch eine umfangreiche finanzielle Förderung, die Cheney und Schmidt 2017 beim National Endowment for the Humanities (NEH) eingeworben hatten.

Spannend sei schon die Auswahl der Teilnehmer gewesen, sagt Alexander Schmidt. Es habe über 40 Bewerbungen aus den ganzen USA und Übersee auf sechzehn mit Stipendien verbundene Plätze gegeben. »Es kam darauf an, die richtige Mischung aus akademischer Qualität, Kommunikationsfähigkeit und einem diversen Hintergrund zu finden, der die akademische Wirklich-

keit jenseits privater Eliteninstitutionen widerspiegelte«, betont Schmidt.

Als Bundesstiftung sehe sich der NEH einem wachsenden Druck ausgesetzt. Anfang 2017 plante die Trump-Regierung, die Mittel für den NEH und das National Endowment for the Arts komplett zu streichen. »Das Schicksal unseres Antrags war auf einmal mit Trumps Prestigeprojekt, der Finanzierung des Grenzwalls zu Mexiko, verknüpft.«

Wachsendes Akzeptanzproblem für Geisteswissenschaften in den USA

Alexander Schmidt spricht von wachsenden Akzeptanzproblemen für geisteswissenschaftliche Fächer in den USA, nicht zuletzt seit Trumps Präsidentschaft: »Gerade bei konservativen Think Tanks wächst die Auffassung, die Geisteswissenschaften zögen linksliberale Gegner heran, eine Förderung dieser Fächer sei Aufgabe von Philanthropen, nicht des Staates.«

Dabei, so Schmidt, spielten die Geisteswissenschaften in den Vereinigten Staaten traditionell eine überraschend wichtige Rolle. Die Liberal Arts Education ist vielerorts obligatorisch für alle Studienanfänger. Das heißt konkret, wer sich für Physik oder Medizin eingeschrieben hat, liest zunächst Texte von Homer und Platon. »Eine allgemeine humanistische Bildung wird als Grundlage einer demokratischen Gesellschaft angesehen«, sagt Schmidt. Es sei doch essenziell für eine funktionierende Demokratie, wenn

die Bürger in ihrer Urteilkraft gefördert werden, in ihren kreativen Fähigkeiten und im Vermögen, sich kritisch mit Problemen auseinanderzusetzen.

Wie geschärft all diese Instrumente sind, das konnte Alexander Schmidt in dem Seminar zur Aufklärung in Chicago erleben. Da sei beispielsweise diskutiert worden, ob die Ideen und Ideale der Aufklärung tatsächlich für alle Menschen gelten oder ob sie aus einem Zirkel »alter weißer Männer« kommen und etwa für Farbige, Sklaven oder Homosexuelle nicht mitgedacht wurden.

Das Seminar war selbst bunt gemischt mit Teilnehmern auf verschiedenen Stufen der akademischen Karriere: So war unter anderem ein aus Pakistan stammender Politikwissenschaftler dabei, der in Arizona Militärveteranen unterrichtet, ein kanadischer Professor von der American University Kairo sowie ein israelischer Postdoc aus New York. Ziel des Seminars sei es nicht nur gewesen, die Debatte über die Natur der Gesellschaft als zentrales Thema des aufklärerischen Denkens zu diskutieren, sondern den Teilnehmern zugleich Impulse für eigene Lehre und Forschung zu geben. Manche waren bereits glücklich, Zugang zur exzellent ausgestatteten Regenstein-Library der Universität zu haben. Denn durch die Kalkulationen effizienzorientierter Hochschulmanager sind vielfach etablierte Seminarbibliotheken auf die Streichliste geraten. Wer braucht noch gedruckte Bücher, wenn es doch den »Kindle« gibt? ■

Feldpost an Professor Cartellieri

Vor 100 Jahren endete der Erste Weltkrieg, der auch an der Universität Jena tiefe Narben hinterließ. Drei von vier Studenten hatten ihr Studium unterbrochen und kämpften als Soldaten. Über 400 von ihnen kehrten nicht zurück. An ihr Schicksal erinnern vier große Gedenktafeln im Innenhof des Universitätshauptgebäudes.

TEXT: TILL BAYER

15. April 1917, irgendwo in Russland. Die Einheit von Hans Müller kämpft seit Tagen gegen die russischen Verteidiger, deren Nation vom Ende der Zarenherrschaft erschüttert ist. Plötzlich steigen russische Infanteristen weiße Tücher schwenkend aus ihren Gräben und nähern sich dem Drahtverhau der kaiserlichen Armee. Die Deutschen begreifen schnell: Ihre Gegner beabsichtigen, mit ihnen das Osterfest zu feiern. Müller fühlt sich wie in einen »kindlichen Traum« versetzt: Die Soldaten werfen einhellig ihre Waffen zu Boden und reichen sich die Hände. Leider ist dieser Moment des Friedens nur von kurzer Dauer. Die russische Artillerie feuert auf ihre eigenen Truppen und zwingt die Soldaten dazu, die Gefechte fortzusetzen.

Der bemerkenswerte Bericht von Hans Müller ist Teil einer Sammlung von Feldpostbriefen, die Studenten aus dem Kriegseinsatz an den Jenaer Professor Alexander Cartellieri schickten. Der konservative Historiker bewahrte die Dokumente auf und ließ den Absendern im Gegenzug Süßigkeiten und kleine Geschenke zukommen. Heute befinden sich die Briefe in der Thüringer Universitäts- und Landesbibliothek.

Bei den Briefen handelt es sich um wichtige Zeitzeugnisse, denn sie berichten aus erster Hand von einem Krieg, an dem drei von vier der zwischen 1914 und 1918 an der Universität eingeschriebenen Männer teilnahmen. Unter anderem erzählen sie von den Grausamkeiten des Kampfes, den Strapazen des Marschierens oder dem Zeitvertreib zwischen den Einsätzen. Vor allem belegen die Briefe, dass das Fronterlebnis ganz unterschiedlich wahrgenommen wurde: Ernst Bischof behauptet etwa, noch nie »eine reinere, tiefere Freude« empfunden zu haben als im Schützengraben. Begeistert erzählt er von seinen heroischen Taten. Nach einem Bombeneinschlag bleibt er als einziger Offi-



Gedenktafeln erinnern an die Jenaer Studenten, die im Ersten Weltkrieg ihr Leben verloren.

zier seines Bataillons am Leben und hält es für eine »göttliche Fügung«.

Aus den Worten Heinrich Simons, der in Frankreich eingesetzt wurde, spricht dagegen Ernüchterung. Als er auszog, habe er »von Schlachten und Stürmen, vom Kampf Mann gegen Mann« geträumt. Die Realität sei ein Leben mit der Angst, als »Kanonenfutter« zu enden.

Lehrbetrieb war während der Kriegsjahre stark eingeschränkt

An der Universität Jena blieben die jungen Soldaten weiterhin immatrikuliert, um den Schein eines funktionierenden Betriebs zu wahren. Tatsächlich war die Universität in den Jahren des Krieges stark eingeschränkt. Veranstaltungen entfielen und die allgemeine Ressourcenknappheit sorgte dafür, dass die Mittel für Heizung, Beleuchtung und

Laborverbrauch gestrichen wurden. Dieser Zustand änderte sich erst nach der Niederlage Deutschlands und dem Ende des Ersten Weltkriegs am 9. November 1918, einem Datum, das zugleich den Übergang von der Monarchie zur Demokratie der Weimarer Republik markiert. Die realen Studierendenzahlen stiegen wieder und Universitätsreformen wurden auf den Weg gebracht. Auf die politischen Auseinandersetzungen, die mit diesen Reformen einhergingen, hatten die verschiedenen Kriegserlebnisse und -deutungen, die in den Briefen zum Ausdruck kommen, eine starke Wirkung.

Das Kriegsende im Jahr 1918 kam für über 400 Studenten zu spät. Von den Schlachtfeldern des Ersten Weltkriegs kehrten sie nicht wieder nach Jena zurück. Die Gedenktafeln, die im Innenhof des Universitätshauptgebäudes angebracht sind, erinnern noch heute an ihr Schicksal. ■



PSYCHOLOGIE

Förderliche Krisen

USA, Frankreich oder Australien? Ein Schuljahr im Ausland ist für Jugendliche ein großer Schritt. Der führt nicht nur in ein anderes Land, sondern nicht selten erst einmal in eine handfeste Identitätskrise. Warum es sich trotzdem lohnt, die vertraute Umgebung, Familie und Freunde für eine Zeit lang hinter sich zu lassen, das belegen Psychologen der Universität Jena jetzt in einer Studie.

TEXT: SEBASTIAN HOLLSTEIN

Es gibt viele gute Gründe für Jugendliche, ein Schuljahr im Ausland zu verbringen: Sie lernen andere Menschen und Kulturen kennen, verbessern ihre Sprachfähigkeiten, sie werden selbstständiger. Und sie erleben Identitätskrisen, die sie kurzzeitig erschüttern, schließlich aber nachhaltig stärken. Das fanden nun Psychologen der Universität Jena heraus. Im Rahmen des von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Projektes PIRATS – »Per-

Bild links: Die Welt entdecken, lohnt sich. Nicht nur für den Spracherwerb, sondern auch für die Persönlichkeitsentwicklung.

Bild rechts: Psychologe Prof. Dr. Franz J. Neyer plädiert dafür, die Förderung von Auslandsaufenthalten auszubauen.



sonality, Identity, and Relationship Experiences in Adolescent Trajectories« – befragten sie 741 Schülerinnen und Schüler im Alter von 14 bis 17 Jahren, 457 von ihnen absolvierten ein solches Auslandsjahr.

Selbstbild wird während des Auslandsaufenthalts deutlich hinterfragt

»In der Regel schreitet die Identitätsentwicklung während des Erwachsenwerdens relativ geradlinig fort«, sagt Prof. Dr. Franz J. Neyer, der die Studie gemeinsam mit seinen Kollegen Dr. Henriette Greischel und Prof. Dr. Peter Noack durchgeführt hat. »Doch wir konnten zeigen, dass es in diesem Prozess auch auf und ab gehen kann.« Erstmals sei dies nun im Längsschnitt belegt, da die Jenaer Psychologen die Schüler vor, während und nach dem Auslandsjahr befragten und somit auch die Transitionsphasen abbilden konnten.

Dadurch erfuhren die Forschenden, dass Jugendliche aufgrund der neuen Eindrücke ihr Selbstbild deutlich hin-

terfragten und somit »Identitätskrisen« durchlebten. »Währenddessen fühlen sich die Schüler nicht unbedingt gut – sie machen etwas durch. Aber die dabei gemachten Erfahrungen stellen sich später als positiv und wichtig heraus«, sagt Neyer.

Auf zwei Parameter konzentrierten sich die Jenaer Psychologen bei der Auswertung der Identitätsentwicklung besonders: die Beziehung zum Heimatland und das Freundschaftskonzept der Befragten. So identifizierten sich die Auslandsschüler besonders stark mit ihrem Heimatland, kurz nachdem sie es verlassen haben. Nach ihrer Rückkehr allerdings schwächten sich diese Werte deutlich ab.

»Durch die Erweiterung des eigenen Horizonts stellen sich die Schüler Fragen, über die die Daheimgebliebenen nicht nachdenken, etwa woher sie eigentlich kommen, ob sie gern in Deutschland leben oder ob sie sich auch ein Leben in einem anderen Land vorstellen können«, informiert der Jenaer Experte.

Ähnlich verhält es sich mit dem sozialen Umfeld. Auch die Bindungen zu

Freunden und Eltern verstärkten sich zu Beginn des Auslandsaufenthaltes, werden aber nach der Rückkehr stärker hinterfragt. Gedanken wie: Passt dieser Freundeskreis zu mir? und Wie sehr identifiziere ich mich über meine Freunde? kommen auf – und somit ein intensiver Reflexionsprozess, der sich später als wertvoll herausstellen kann. Bei der Vergleichsgruppe konnten die Wissenschaftler solche Effekte nicht feststellen.

Wer ins Ausland geht, ist meist schon vorher offen und extravertiert

Ihnen ist es aber wichtig zu betonen, dass sich Jugendliche auch ohne Auslandsjahr gut entwickeln. Nicht jede Person sei für eine solche Ausnahmesituation geschaffen. Die meisten Schüler, die ein Auslandsjahr absolvieren, seien auch vorher schon offener und extravertierter. »Doch unsere Forschungsergebnisse sprechen dafür, die Förderungen in diesem Bereich auszubauen, um Auslandsaufenthalte unabhängig vom Bildungs- und Einkommenshintergrund der Eltern zu machen«, sagt Neyer. ■

Original-Publikation:

Oh, the Places You'll Go! How International Mobility Challenges Identity Development in Adolescence, *Developmental Psychology* (2018), DOI: 10.1037/dev0000595

Kontakt

Prof. Dr. Franz J. Neyer
Institut für Psychologie
Humboldtstraße 11, 07743 Jena

Telefon: +49 36 41 9-45 161
E-Mail: franz.neyer@uni-jena.de
www.psychologie.uni-jena.de





SOZIOLOGIE

Arbeiterbewegung von rechts

Rechtspopulistische Positionen finden wachsende Verbreitung, auch unter gewerkschaftlich organisierten Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmern. Die soziale Frage, der Konflikt zwischen »Oben« und »Unten«, gerät zunehmend zu einem Konflikt zwischen »Deutschen« und »Migranten«, wie Soziologen der Uni Jena in einer Studie analysiert haben. Ein Trend, der nicht nur Gewerkschaften in ein Dilemma stürzt.

TEXT: SEBASTIAN HOLLSTEIN

Die Betriebsratswahlen im Frühjahr 2018 trieben im Vorfeld so manchem Arbeitnehmervertreter die Sorgenfalten ins Gesicht, wurde doch ein Rechtsruck in den Arbeitnehmervertretungen befürchtet. Denn, so zeigen Untersuchungen von Soziologen der Universität Jena, auch betrieblich aktive und gewerkschaftlich organisierte Arbeiterinnen und Arbeiter vertreten vermehrt rechtspopulistische Positionen. Aktuell belegt das eine Studie von Sozialwissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern um Prof. Dr. Klaus Dörre, die das Forscherteam im Berliner Journal für Soziologie veröffentlicht hat.

»Zwar haben sich nur wenige Kandidaten gefunden, die sich während der Betriebsratswahlen auf Listen offensiv dazu bekennen, rechte Positionen zu vertreten«, sagt Dörre. »Doch das bedeutet nicht, dass diese nicht existieren.« Allein 19 Prozent der Arbeitnehmer und 15 Prozent der Gewerkschaftsmitglieder haben bei der Bundestagswahl 2017 der AfD ihre Stimme gegeben – bei einem Gesamtergebnis von 12,6 Prozent für die Partei ein deutlich überdurchschnittlicher Wert.

In ihrer Studie zeigen die Soziologen, dass die Anhänger rechtspopulistischer Positionen innerhalb der Arbeiterschaft

bei weitem nicht nur auf den entsprechenden Wahllisten zu finden sind, sondern auch unter bereits etablierten und überzeugten Mitgliedern von Gewerkschaften und Arbeitnehmervertretungen. Während einer älteren Untersuchung aus dem Jahr 2006 hatten Dörre und Kollegen bereits rechtspopulistische Orientierungen bei der Arbeiterschaft festgestellt, bei aktiven Gewerkschaftern war das aber nicht zu erkennen. Inzwischen seien aber auch bei aktiven Minderheiten deutliche Sympathien für die Positionen der AfD und Gruppierungen wie Pegida erkennbar.

Bild links: Plakat bei einer Demonstration gegen einen Aufmarsch des fremdenfeindlichen Pegida-Ablegers Thügida in Jena. Wie Soziologen beobachten, finden rechtspopulistische Parteien und Gruppierungen überdurchschnittlich viele Anhänger unter Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmern.

Bild rechts: Arbeitssoziologe Prof. Dr. Klaus Dörre hat die aktuelle Studie geleitet.



»Wir beobachten eine Verfestigung von Deutungsmustern, durch die man zu den betreffenden Personen nicht mehr argumentativ vordringen kann«, erklärt der Jenaer Soziologe. »Im Vergleich zu unserer Vorgängerstudie müssen wir außerdem feststellen, dass sich Anhänger der rechtspopulistischen Strömungen als die wahren Demokraten betrachten.«

Während sie dem demokratischen Parlamentarismus innerhalb der Vorgängerstudie noch mit Vorbehalten begegneten, plädieren sie nun für mehr direkte Demokratie. Allerdings definieren sie den Begriff des Volkes nicht über die Zugehörigkeit zu einem Staat, sondern zu einer Ethnie. »Die Radikalität, mit der die Soziale Frage, also der Konflikt zwischen Unten und Oben, in einen Konflikt zwischen Innen und Außen – also etwa zwischen sogenannten Bio-deutschen und Migranten – umgedeutet

wird, hat eine neue Qualität gewonnen«, sagt Dörre. »Verstärkend kommt hinzu, dass die AfD etwa mit dem nationalsozialen Flügel um Björn Höcke gezielt versucht, die soziale Frage zu besetzen und mit völkischem Gedankengut aufzuladen.« Im Osten verstärken zudem die andauernde Lohnungleichheit und die Veränderung der Bevölkerungsstruktur die Rechtstendenzen.

Abgrenzung und offene Auseinandersetzung sind notwendig

Die Gewerkschaften selbst suchen noch nach einer Strategie, um diese Problematik anzugehen. Zwar bezieht immer noch eine deutliche Mehrheit ihrer Mitglieder gegen rechtspopulistische Orientierungen Stellung. Dennoch befinden sich die Gewerkschaften in einem Dilemma: »Einerseits müssen sie be-

fürchten, Mitglieder zu verlieren, wenn sie sich klar von rechtspopulistischen Positionen distanzieren«, erklärt Dörre. »Grenzen sie sich andererseits nicht ab, dann bestehen die rechtsorientierten Mitglieder möglicherweise verstärkt auf die politische Neutralität der Gewerkschaften, was für Druck von links sorgen dürfte.«

Doch die Arbeitnehmervvertretungen sollten offen die Auseinandersetzung suchen und klar machen, dass völkisches Gedankengut ein Sprengsatz für jede gewerkschaftliche Solidarität sei, die nur geschlechter-, ethnien- und nationenübergreifend funktionieren könne, ist Dörre überzeugt. »Die Gewerkschaften müssen ihre Mitglieder in die Lage versetzen, schlagkräftig gegen rechtspopulistische Positionen argumentieren zu können, um sie zu sezieren und das Demagogische dahinter offenzulegen.« ■

Original-Publikation:

Arbeiterbewegung von rechts? Motive und Grenzen einer imaginären Revolte, Berliner Journal für Soziologie (2018), DOI: 10.1007/s11609-018-0352-z

Kontakt

Prof. Dr. Klaus Dörre
Institut für Soziologie
Carl-Zeiß-Straße 3, 07743 Jena

Telefon: +49 36 41 9-45 521
E-Mail: klaus.doerre@uni-jena.de
www.sozioologie.uni-jena.de





CHEMIE

Abkürzung im Schwefelkreislauf

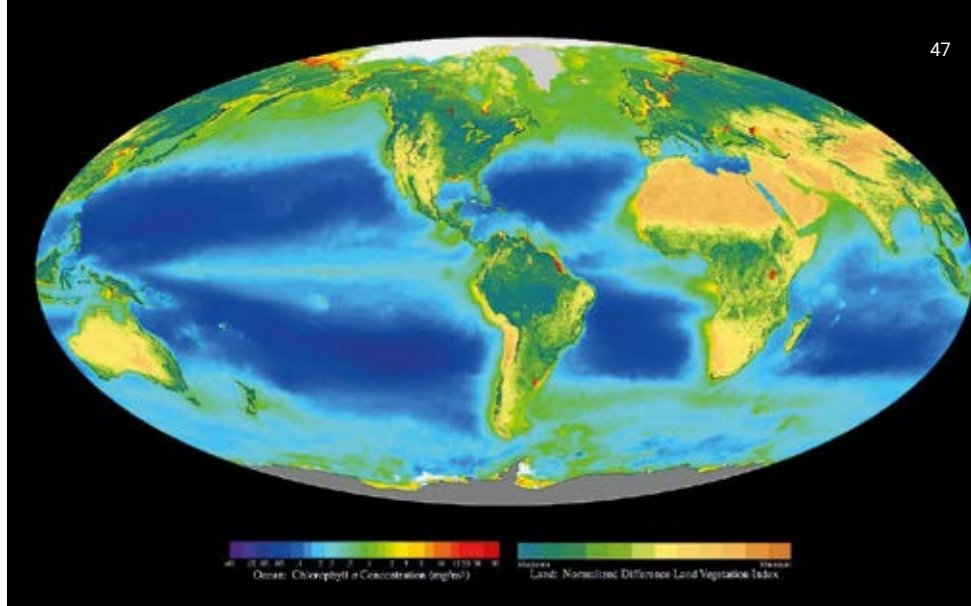
Plankton spielt eine wichtige Rolle im globalen Schwefelkreislauf. Obwohl dieser bereits seit langem bekannt und gut untersucht ist, haben Chemiker aus Jena jetzt eine unerwartete Entdeckung gemacht: Sie fanden in winzigen marinen Algen und Bakterien einen bislang unbekanntem Stoffwechselweg, der den globalen Schwefelkreislauf enorm beeinflusst.

TEXT: SEBASTIAN HOLLSTEIN



Bild links: Prof. Dr. Georg Pohnert inspiziert Algenkulturen, die in einem speziellen Container gezüchtet werden.

Bild rechts: Die Aufnahme der Weltraumagentur NASA zeigt die Menge an Chlorophyll, das von marinen Algen produziert wird, in den Weltmeeren. Außerdem stellen die winzigen Algen enorme Mengen der schwefelhaltigen Substanz DMSOP her.



Schwefel findet sich überall auf der Erde: sowohl in der Atmosphäre als auch in den Weltmeeren und an Land. Seine Erscheinungsformen sind in einem Kreislauf miteinander verbunden. »Aus einem Mineral wird das chemische Element Schwefel zunächst reduziert und in eine organische Form transferiert, anschließend von Organismen herumgereicht, bis es schließlich in die Atmosphäre gelangt und gelöst im Regen auf das Land und in die Meere zurückkehrt«, erläutert Chemiker Prof. Dr. Georg Pohnert den globalen Schwefelkreislauf. Er und sein Team vom Institut für Anorganische und Analytische Chemie haben nun gemeinsam mit Kollegen aus den USA in diesem schon lange bekannten Kreislauf eine »Abkürzung« entdeckt.

Entscheidend dafür sind winzige Organismen im Plankton des Ozeans. »Wir haben herausgefunden, dass bestimmte einzellige Algen und Bakterien, die als Teil des Planktons im Meer existieren, eine neue chemische Verbindung mit dem komplizierten Namen Dimethylsulfoxoniumpropionate, kurz DMSOP, produzieren«, sagt Pohnert. »Damit haben wir wertvolle Informationen über den globalen Schwefelkreislauf abgeleitet und wir können jetzt enorme Mengen im Schwefelfluss

neu erklären. Auch wenn eine Mikroalge nur verschwindend kleine Mengen der Verbindung produziert, sprechen wir hier in der Summe von mehreren Teragramm, also mehreren Milliarden Kilogramm pro Jahr.« Denn die einzelligen Algen sind in den Weltmeeren ungeheuer aktiv. Mit den Befunden der Jenaer Chemiker lässt sich somit der Schwefelkreislauf der Erde besser nachvollziehen, was wichtige Erkenntnisse für Atmosphären- und Klimamodelle liefert.

Ausgeklügeltes System als Stressschutz für Algen

Doch die Forschungsergebnisse bieten nicht nur Informationen für das Verständnis des Schwefelkreislaufs. Einen Grund für die Produktion des DMSOP fanden die Wissenschaftler, indem sie untersuchten, wie sich die Algen an ihre Umgebung anpassen. »Die Einzeller sind im Meer permanent in Bewegung und somit immer wieder unterschiedlichen Salzgehalten und oxidativem Stress ausgesetzt«, erklärt Pohnert. »Die neue Verbindung zeigt nun, wie dieser Stress mit einem ausgeklügelten System an chemischen Umsetzungen ausgeglichen werden kann.« Eine Möglichkeit

dafür ist, selbst Salze zu produzieren und abzubauen. DMSOP spielt dabei eine Schlüsselrolle.

Für ihre Forschung haben die Jenaer Wissenschaftler, deren Arbeit vom Sonderforschungsbereich »ChemBioSys« (s.S.10) unterstützt wurde, Wasserproben aus unterschiedlichen Regionen der Ozeane untersucht, um herauszufinden, ob die Produktion der schwefelhaltigen Verbindung ein weltweites Phänomen ist. »Wir haben von der Arktis bis zum Mittelmeer in allen Proben DMSOP gefunden«, informiert Prof. Pohnert. »Überall sind also die Produzenten der schwefelhaltigen Verbindung zu finden.«

Die Chemiker der Universität Jena haben durch diese neuen Ergebnisse wichtige Informationen darüber gewonnen, wie mikrobielle Gemeinschaften im Ozean funktionieren und sehen auch konkreten Bezug zur Anwendung. »Algen werden immer häufiger in Aquakulturen gezüchtet, sowohl als Futter- oder Nahrungsmittel als auch als Energiequelle. Deshalb ist es wichtig, deren Stoffwechsel umfassend zu verstehen«, sagt Chemiker Pohnert. »Die aktuellen Einblicke zeigen uns einmal mehr, welch unglaublich komplexes und gut funktionierendes System im Plankton verborgen liegt.« ■

Original-Publikation:

The metabolite dimethylsulfoxonium propionate extends the marine organosulfur cycle, *Nature* (2018), DOI: 10.1038/s41586-018-0675-0

Kontakt

Prof. Dr. Georg Pohnert
Institut für Anorganische und Analytische Chemie
Lessingstraße 8, 07743 Jena

Telefon: +49 36 41 9-48 170
E-Mail: georg.pohnert@uni-jena.de
www.chemgeo.uni-jena.de/iaac



Die psychologische Deutschlandkarte

Der Norddeutsche gilt als unterkühlt, der Süddeutsche eher als gemütlich – Großstädter sind weltoffen, Landbewohner dagegen reserviert. Es gibt nicht wenige Vorurteile gegenüber den Bewohnern einzelner Regionen in Deutschland, zum Beispiel auch im Ost-West-Vergleich. Doch wie viel Wahrheit steckt in solchen Zuschreibungen wirklich und wie kommt es zu regionalen Persönlichkeitsunterschieden? Eine Studie klärt auf.

TEXT: SEBASTIAN HOLLSTEIN

Wirtschaftswissenschaftler der Friedrich-Schiller-Universität haben gemeinsam mit Psychologen aus Australien, Großbritannien und den USA festgestellt: Viele der unterschiedlichen Bevölkerungsgruppen zugeschriebenen Stereotypen treffen zu. Die Forscher haben »psychologische Landkarten« erstellt, die die Ausprägungen fünf verschiedener Persönlichkeitsmerkmale betrachten. Dafür analysierten sie Daten von über 73000 Personen im Alter zwischen 20 und 64 Jahren, die an einer Online-Persönlichkeitsstudie im Rahmen des internationalen »The Big Five Project« teilgenommen haben.

»Die Forschung zu kulturellen Unterschieden von Regionen hat dank solcher großen Datensätze in den vergangenen Jahren wichtige Fortschritte gemacht«, sagt Prof. Dr. Michael Fritsch, der gemeinsam mit seinem Kollegen PD Dr. Michael Wyrwich an der Universität Jena forscht. »Im Fokus unserer Arbeit standen dabei die sogenannten Big Five. Dabei handelt es sich um fünf Persönlichkeitsmerkmale, die ab dem Erwachsenenalter relativ konstant bleiben und mit denen sich die Persönlichkeitsstruktur eines erwachsenen Menschen umfassend beschreiben lässt«, erläutert Prof. Dr. Martin Obschonka von der Queensland University of Technology. Diese fünf Persönlichkeitsmerkmale sind: Extraversion, also eine nach außen gewandte, aktive und gesellige Haltung, Verträglichkeit im Sinne von Kooperationsbereitschaft und Altruismus, Gewissenhaftigkeit, d. h. eine organisierte, sorgfältig planende und zu-

verlässige Haltung, Offenheit für neue Erfahrungen, die durch rege Fantasie, Wissbegierde und eine Vorliebe für Abwechslung gekennzeichnet ist sowie Neurotizismus (geringe emotionale Stabilität), also einer Tendenz zu Angst, Nervosität und Unsicherheit.

Verträgliche Bayern – gewissenhafte Mecklenburger

Betrachtet man nun die Ausprägungen der Eigenschaften auf der Landkarte, so ergeben sich – trotz großer Vielfalt – einige charakteristische Profile, die gängige Vorurteile teilweise bestätigen. So kann man etwa herauslesen, dass Süddeutsche und die Bewohner großer Städte, wie Berlin, Hamburg oder München, stärker nach außen gewandt sind als etwa die Menschen an der Küste. Ein ähnliches Gefälle zeigt sich auch zwischen Ost- und Westdeutschland, was das Bild vom introvertierten Ostdeutschen und dem eher extrovertierten Westdeutschen bestätigt. Die Verträglichkeit ist in Mecklenburg-Vorpommern beispielsweise weniger ausgeprägt als im südlichen Bayern, im Südwesten Deutschlands rund um Freiburg sowie auch im westlichen Sachsen-Anhalt. Im Gegensatz dazu erreichen die Bewohner der Mecklenburger Seenplatte beispielsweise höhere Werte bei der Gewissenhaftigkeit – anders als die Region rund um die baden-württembergische Landeshauptstadt Stuttgart. Auch sind Menschen in Südwestdeutschland im Durchschnitt emotional

stabiler als in Südthüringen oder in der Gegend um Bremerhaven. »In der Regionalverteilung von Neurotizismus in Deutschland sind wir auf eine Zweiteilung Deutschlands gestoßen, die überraschend klar der historischen Limes-Linie entspricht – mit niedrigeren Werten südlich des Limes. Dort weisen die Menschen also eine emotional stabilere Persönlichkeit auf, was mit Wohlbefinden und psychologischer Resilienz in Verbindung steht«, erläutert Fritsch.

Und generell gilt auch: Landbewohner weisen ein geringeres Maß an Offenheit für neue Erfahrungen auf als Städter. Als besonders offen haben sich die Menschen in Berlin und in den Metropolregionen um Hamburg, Köln, aber auch Leipzig und Dresden herausgestellt.

Ost-West-Unterschiede und Migrationsmuster

Unterschiede zwischen Ost- und Westdeutschland fallen relativ gering aus. Dennoch zeigt sich, dass die Ostdeutschen im Schnitt etwas weniger extrovertiert, weniger emotional stabil und weniger offen für neue Erfahrungen sind als Westdeutsche.

Die Wissenschaftler haben auch Migrationsbewegungen genauer unter die Lupe genommen. »Die Studie zeigt, dass Menschen, die auf dem Land geboren sind und in die Stadt gezogen sind, deutlich höhere Werte im Bereich Offenheit aufweisen, als die Menschen, die auf dem Land bleiben«, sagt Michael Wyrwich. »Bei Personen, die

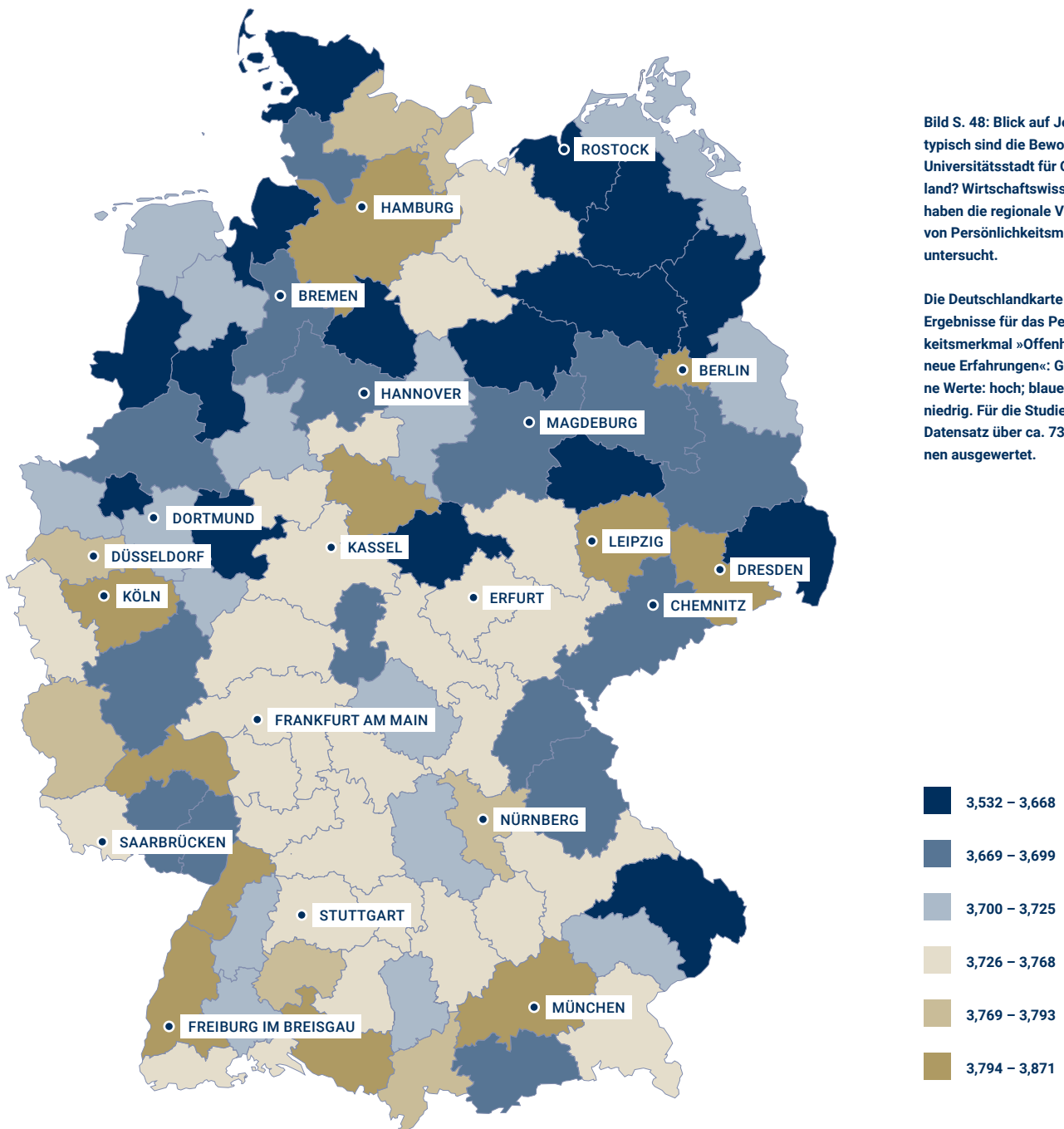


Bild S. 48: Blick auf Jena. Wie typisch sind die Bewohner der Universitätsstadt für Ostdeutschland? Wirtschaftswissenschaftler haben die regionale Verteilung von Persönlichkeitsmerkmalen untersucht.

Die Deutschlandkarte zeigt die Ergebnisse für das Persönlichkeitsmerkmal »Offenheit für neue Erfahrungen«: Goldfarbene Werte: hoch; blaue Werte: niedrig. Für die Studie wurde ein Datensatz über ca. 73 000 Personen ausgewertet.

den umgekehrten Weg von der Stadt aufs Land gehen, sind Extraversion, Offenheit und Verträglichkeit stärker ausgeprägt, und sie sind stärker belastbar.« Auch sind Ostdeutsche, die nach Westdeutschland ziehen, offener, emotional stabiler, gewissenhafter und extrovertierter als Ostdeutsche, die in ihrer Heimat bleiben.

Warum sich diese Eigenschaften abhängig von der Region unterschiedlich ausprägen, lässt sich durch die Studie nicht beantworten. »Möglicherweise können wir einen Zusammenhang zwischen einer niedrigeren Belastbarkeit und wirtschaftlich schwächeren Regionen herstellen, allerdings ist damit nicht klar, was zuerst da war«, so

Fritsch. »Trotzdem lassen sich aus den Ergebnissen durchaus ökonomisch relevante Informationen ableiten. Wenn wir uns etwa die Persönlichkeitseigenschaften in einer Region mit besonders hohen Gründerzahlen anschauen, dann lernen wir etwas über besonders unternehmerisch geprägte Persönlichkeitsstrukturen.« ■

Original-Publikation: Von unterkühlten Norddeutschen, gemüthlichen Süddeutschen und aufgeschlossenen Großstädtern [...], Psychologische Rundschau (2018), DOI: 10.1026/0033-3042/a000414

Kontakt

Prof. Dr. Michael Fritsch
Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät
Carl-Zeiß-Straße 3, 07743 Jena

Telefon: +49 36 41 9-43230
E-Mail: m.fritsch@uni-jena.de
www.wiwi.uni-jena.de



Grenzen überschreiten

Physiker Dr. André Großardt wagt den »Spagat« zwischen Quantenmechanik und Gravitationstheorie. Für eine unkonventionelle Forschungsidee erhält er ein mit knapp einer Million Euro gefördertes Freigeist-Fellowship der VolkswagenStiftung.

TEXT: JULIANE DÖLITZSCH



André Großardt versucht, zwei bislang als unvereinbar geltende Forschungsfelder zu vereinen.

Mit dem **Freigeist-Fellowship** fördert die VolkswagenStiftung außergewöhnliche Forscherpersönlichkeiten, die sich zwischen etablierten Forschungsfeldern bewegen, risikobehaftete Wissenschaft betreiben möchten und deren Promotion maximal vier Jahre zurückliegt. Durch vorausschauendes Agieren sollen die Freigeist-Fellows »zum Katalysator für die Überwindung fachlicher, institutioneller und nationaler Grenzen« werden, so die VolkswagenStiftung.

Zu Quantenmechanik und Gravitationstheorie besteht nicht nur bei vielen Laien Ratlosigkeit, auch für Physiker liegen dazwischen Welten. Während bei ersterer Moleküle mit 800 Atomen die größtmögliche Untersuchungseinheit bilden, werden zum Erforschen der Gravitationskraft erst Massen ab mehreren hundert Gramm relevant. »Das entspricht in etwa dem Verhältnis eines Salzkorns zum Mount Everest«, erklärt Dr. André Großardt.

Der theoretische Physiker möchte diese Diskrepanz deutlich verringern, »um in der Zukunft die Wechselwirkung von Quantenmechanik und Gravitation experimentell untersuchen zu können.« Für das außergewöhnliche Vorhaben hat er von der VolkswagenStiftung ein Freigeist-Fellowship erhalten. Die Stiftung fördert sein Projekt »Dekohärenz in gravitierenden Quantensystemen und Quantensystemen im Gravitationsfeld« über fünf Jahre mit einer Summe von rund 960 000 Euro. Aus rund 90 Bewerbungen aller Fachrichtungen wurden acht Fellows mit unkonventionellen und gewagten Forschungsideen ausgewählt.

Offene Fragen der theoretischen Physik klären

Großardt wird ab 2019 am Institut für Theoretische Physik eine Nachwuchsgruppe mit drei Doktoranden leiten. »Bislang gibt es für die allgemeine Relativitätstheorie keine Quantenbeschreibung. Umgekehrt wird auch die Quantenmechanik nur ohne Berücksichtigung der Gravitation untersucht«,

erläutert er. »Wir möchten bedeutende offene Fragen der theoretischen Physik klären und damit den Grundstein für Experimente legen, die bald möglich sein könnten.«

Die Vereinigung der bisher als unvereinbar geltenden Forschungsfelder könnte unter Nutzung des Superpositionsprinzips gelingen. »Durch Superposition können quantenmechanische Teilchen an zwei Orten zugleich sein. In diesem Zustand wollen wir die Anziehung untersuchen, um mit Hilfe von Laborexperimenten Einblicke in das Zusammenspiel von Gravitation und Quantentheorie zu erhalten«, sagt der 33-jährige Freigeist-Stipendiat.

In den anvisierten Experimenten würden Salzkorn und Mount Everest einander angenähert, so dass sich im Größenverhältnis eher Elefant und Freiheitsstatue begegnen. »Ein denkbares Ergebnis wäre, dass die Gravitation als Quantentheorie beschrieben werden kann: Die Teilchen würden ein ähnliches Verhalten an den Tag legen, wie es für die elektrische Kraft bereits untersucht und verstanden ist. Alternativ könnten die untersuchten Teilchen auch die Eigenschaften entsprechend der Relativitätstheorie behalten, dann entzöge sich die Gravitation der Quantentheorie und wäre von anderen Kräften grundsätzlich verschieden.«

André Großardt wurde dieses übergreifende Interesse in die wissenschaftliche Wiege gelegt: Während er sich in seiner Promotion mit Einsteins Relativitätstheorie befasste, verschrieb er sich als Postdoc vorrangig der Quantentheorie. Aktuell arbeitet er zudem eng mit Experimentalphysikern zusammen. ■



Dr. Michael Zürc h untersucht Halbleitermaterialien, die Silizium in Solarmodulen ablösen könnten.

Neue Solartechnik für die Energiewende

Deutsch-Französische Forschungsinitiative: Physiker der Universität Jena entwickeln und testen neuartige Materialien für einen möglichen Einsatz als hocheffiziente Solarzellen. Ihr Forschungsvorhaben »Quest for Energy« wird vom Deutschen Akademischen Austauschdienst (DAAD) bis 2022 mit etwa einer Million Euro gefördert.

TEXT: UTE SCHÖNFELDER

Weniger als zwei Grad soll sich die Erde im Vergleich zur vorindustriellen Zeit erwärmen. So sieht es das Pariser Klimaabkommen von 2015 vor. Um dieses Ziel zu erreichen, müssten weltweit die Emissionen klimaschädlicher Treibhausgase drastisch reduziert werden. Das wiederum setzt eine globale Energiewende voraus: Fossile Brennstoffe wie Öl, Gas und Kohle müssten weitgehend durch erneuerbare Energieträger ersetzt werden.

Bekanntermaßen hapert es jedoch an der Umsetzung der Klimaziele. Und das sei nicht allein fehlendem politischen Willen geschuldet, ist Dr. Michael Zürc h überzeugt. »Die Energiewende ließe sich mit Sicherheit beschleunigen, wenn wir bessere Solartechnik hätten«, sagt der Physiker. Er verweist darauf, dass heute eingesetzte Solarmodule auf Silizium-Basis einen Wirkungsgrad von maximal 20 Prozent haben. Anders ausgedrückt: Rund drei Viertel der Sonnenenergie lässt sich mit den heutigen Modulen überhaupt nicht nutzen. »Wir brauchen Alternativen zu Silizium, die eine effizientere Umwandlung von Sonnenenergie in Strom ermöglichen.«

Diese Alternativen hat Zürc h in den kommenden vier Jahren intensiv im Blick: Mit Kollegen am Lehrstuhl für Quantenelektronik sowie mit französischen und US-amerikanischen Partnern hat er das Forschungsprojekt »Quest for Energy« gestartet. Der Deutsche Akademische Austauschdienst (DAAD) fördert das Vorhaben im Rahmen der deutsch-französischen Forschungsinitiative »Make our planet great again« bis 2022 mit knapp einer Million Euro.

Zweidimensionale Halbleiternanomaterialien sollen Silizium ablösen

Eine vielversprechende Materialklasse, die Silizium in Solarmodulen ablösen könnte, sind Halbleiternanomaterialien, wie Prof. Dr. Christian Spielmann erläutert. »Diese nur wenige Atomlagen dicken zweidimensionalen Schichten besitzen ganz außergewöhnliche optische und elektronische Eigenschaften, die sie als Halbleiter bestens geeignet machen«, so der Physiker, in dessen Team Zürc hs Projekt nun angesiedelt ist. Bekanntes-

tes Beispiel solcher 2D-Nanomaterialien ist Graphen. Die Jenaer Physiker wollen jedoch eine neue, bislang kaum untersuchte Klasse dieser Materialien unter die Lupe nehmen: sogenannte Übergangsmetall-Dichalcogenide.

»Dabei handelt es sich um Verbundmaterialien, die je nach Zusammensetzung in ihren Eigenschaften variieren und so für verschiedene Anwendungen maßgeschneidert werden könnten«, erläutert Zürc h. Allerdings sei bisher nur wenig über die fundamentalen Vorgänge in diesen Materialien bekannt, wenn sie mit Licht wechselwirken. Aufgrund ihrer speziellen Nanoeigenschaften laufen die physikalischen Prozesse in diesen Materialien besonders schnell ab. Diese wollen die Physiker nun im Detail untersuchen, um ihre Eignung als Solarmaterial zu prüfen. »Uns geht es konkret darum, die Ladungsträger – sprich die Elektronen – in dem Material zu beobachten, wenn sie mit Licht beleuchtet werden.«

Langfristig wollen die Forscher damit den Weg für einen zielgerichteten Einsatz solcher Verbundmaterialien in der Solartechnik ebnen. ■



Prof. Dr. Stephan Fritzsche und sein Team wollen die theoretischen Entwicklungen und Berechnungen liefern, die unmittelbar der Vorbereitung und Analyse der laserspektroskopischen Experimente dienen.

Mit ISOLDE exotische Atomkerne erforschen

Mit über 2,4 Millionen Euro unterstützt das Bundesministerium für Bildung und Forschung sechs deutsche Universitäten – darunter die Friedrich-Schiller-Universität – bei ihren Forschungen an ISOLDE. So heißt eine Anlage zur Erzeugung radioaktiver Ionenstrahlung des Kernforschungszentrums CERN in Genf. Aus ihren Experimenten an »exotischen« Atomkernen erhoffen sich die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler unter anderem Erkenntnisse über kernphysikalische Vorgänge in Sternen.

TEXT: JÜRGEN REES

Die Abkürzung ISOLDE steht für »Isotope Separator On Line DEvice«. Das BMBF stellt die Mittel im Rahmen der Verbundforschungsförderung für drei Jahre bereit. Gefördert werden Arbeitsgruppen der Universitäten in Greifswald, Jena, Köln und Mainz sowie der Technischen Universitäten Darmstadt und München.

Hochempfindliche Detektoren entwickeln

Forschungsgegenstand sind »exotische«, das heißt kurzlebige, Atomkerne. Selbst mit modernsten Methoden gelingt ihre Herstellung am CERN oft nur mit sehr geringen Teilchenzahlen. Daher müssen hochempfindliche Detektoren entwickelt werden, um die kurzlebigen Atomkerne nicht nur nachzuweisen, sondern auch ihre Eigenschaften – zum Beispiel Größe, Masse und Anregungsspektrum – mit hoher Genauigkeit zu vermessen. Dabei sollen zum einen atomphysikalische Methoden wie Laserspektroskopie und Massenspektrometrie bei niedrigen Teilchen-

energien zur Anwendung kommen. Zum anderen werden neue Akzente im Bereich der hochaufgelösten Kernspektroskopie nach Kernstößen und -zerfällen gesetzt, nachdem ISOLDE vor kurzem zur sogenannten HIE-ISOLDE erweitert wurde: mit höheren (H) Intensitäten (I) sowie bei höheren Energien (E) der Teilchenstrahlen.

Beim Forschungsvorhaben an der Universität Jena werden insbesondere präzise theoretische Vorhersagen zur Isotopieverschiebung verschiedener offenschaliger Atome und Ionen durchgeführt. Diese theoretischen Grundlagen werden für die Planung und Auswertung der laserspektroskopischen Untersuchungen an ISOLDE sowie der superschweren Elemente Nobelium und Lawrencium benötigt. Erst präzise Strukturrechnungen zu den Isotopieparametern erlauben es in vielen Fällen, die Kerneigenschaften aus den experimentell gemessenen (Isotopie-) Verschiebungen der Übergangsfrequenzen zuverlässig zu extrahieren. »Die Isotopieparameter, die die elektronische Antwort auf die unterschiedli-

chen Massen und Ladungsverteilungen der Isotope beschreiben, hängen oftmals empfindlich von relativistischen Beiträgen und der Korrelation der Elektronen ab und können daher nur mit korrelierten Vielteilchenmethoden angemessen beschrieben werden«, erläutert der Jenaer Projektleiter Prof. Dr. Stephan Fritzsche. »Die in unserem Vorhaben geplanten theoretischen Entwicklungen und Berechnungen dienen unmittelbar der Vorbereitung und Analyse der laserspektroskopischen Experimente in den Arbeitsgruppen in Darmstadt, Heidelberg und Mainz«, ergänzt der theoretische Physiker, der an der Friedrich-Schiller-Universität und am Helmholtz-Institut Jena tätig ist.

Von den Experimenten erhoffen sich die Forschenden neue Erkenntnisse, etwa über die kernphysikalischen Vorgänge in Sternen. Über diese Grundlagenforschung hinaus werden die von ISOLDE zur Verfügung gestellten radioaktiven Kerne und die entwickelten experimentellen Methoden auch bei der Untersuchung von Festkörpern sowie medizinischen Fragestellungen genutzt. ■

Die Zukunft ist auch in der Lehre digital

Im Rahmen der Thüringer Strategie zur Digitalisierung im Hochschulbereich unterstützt das Land Pilotvorhaben an den Hochschulen, die dazu beitragen, Studierende auf eine digitalisierte Lebens- und Arbeitswelt vorzubereiten. Die Friedrich-Schiller-Universität erhält in diesem und im kommenden Jahr gleich für drei innovative Projekte eine Förderung von rund 180 000 Euro.

TEXT: AXEL BURCHARDT

Durch das Programm »Curricula der Zukunft« sollen Impulse für die Weiterentwicklung von Studieninhalten und akademischen Lehr- und Lernformen gesetzt werden. »Die Mittel wurden für drei innovative Projekte beantragt, die klare Potenziale für eine Übertragung auf andere Lehrbereiche bieten«, erklärt die Vizepräsidentin für Studium und Lehre Prof. Dr. Iris Winkler. »Zukunftsweisende Ideen zur Lehr- und Studiengangsgestaltung unterstützt die Universität auch durch interne Projektförderung. Die Akademie für Lehrentwicklung schreibt wiederkehrend verschiedene Förderlinien aus.«

Interdisziplinärer Modellstudiengang »EHealth and Communication«

Die Unterstützung aus dem Programm des Landes fließt zu einem Teil in die Entwicklung eines weiterbildenden Modellstudiengangs für akademische Berufsgruppen in der Gesundheitsversorgung. Der inhaltliche Fokus des geplanten Studienangebots »EHealth and Communication« liegt auf der Informationsvermittlung und Kommunikation in Behandlungs- und Betreuungsprozessen, welche zunehmend durch digitale Technologien bestimmt werden. Die Projektleitung hat die Medizinerin Prof. Dr. Jutta Hübner inne.

Darüber hinaus fördert das Land zwei Vorhaben zur Weiterentwicklung des Lehramtscurriculums: Das Projekt »Digitale Professionalisierung im Lehramtsstudium«, das von den Erziehungswissenschaftlern Prof. Dr. Alexander Gröschner und Prof. Dr. Nils Berkemeyer geleitet wird, strebt eine Neugestaltung der Module des bildungswissenschaftlichen Begleitstudiums an. Die Studierenden sollen da-



durch besser mit digitalen Werkzeugen des Lehrens und Lernens vertraut gemacht werden, um diese dann im beruflichen Alltag als Lehrpersonen reflektiert und kompetent einsetzen zu können.

»Global Campus« bereitet auf Heterogenität im Schulalltag vor

Gemeinsam mit der Universität Erfurt wird das Konzept »Heterogenitätssensibler Lehrer- und Lehrerinnenbildung« umgesetzt und Studienbausteine zum Themenbereich Heterogenität/Inklusion auf der digitalen Plattform »Global Campus« bereitgestellt. Die Leitung dieses Projekts liegt bei Prof. Dr. Bärbel Kracke (Pädagogische Psychologie). ■

Lehrende im Computerpool des Multi-mediazentrums. Nicht nur in den drei geförderten Projekten setzt die Universität Jena verstärkt auf den Einsatz digitaler Medien in der Lehre.



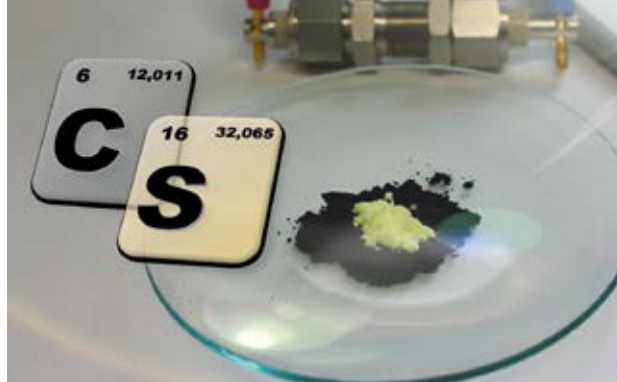
Genom vom Meersalat entschlüsselt

Ein internationales Wissenschaftsteam hat zum ersten Mal das vollständige Genom einer grünen, marinen Großalge sequenziert (DOI: 10.1016/j.cub.2018.08.015). Das Genom des Meersalats »Ulva« besteht aus 98 Millionen Basenpaaren und 12900 Genen. »Das entschlüsselte Genom des Meersalats ermöglicht uns neue Einblicke in entwicklungsbiologische Vorgänge und fördert unser Verständnis über Wachstum und Vermehrung der Alge«, erläutert Dr. Thomas Wichard von der Uni Jena (Foto oben), der Teil des Forscherteams ist. Der Meersalat ist sowohl von ökologischer Bedeutung als auch von kommerziellem Wert: Seine Fähigkeit extrem schnell zu wachsen, macht ihn beispielsweise zu einer wichtigen Nahrungsquelle. Meersalat wird erfolgreich als Tierfutter angebaut, ist aber auch für den Menschen zum Verzehr bestens geeignet. PM



Nützliches vom Hallimasch

Jenaer Pharmazeuten der Teams um Prof. Dr. Oliver Werz und Prof. Dr. Dirk Hoffmeister haben einen bisher unbekanntes Prozess in Immunzellen bei der Bildung entzündlicher Botenstoffe entdeckt – und zwar mit einem ungewöhnlichen Werkzeug. Sie nutzten Melleolid, eine hochwirksame Substanz, die vom Pilz Hallimasch (Foto oben: Pilz in der Petrischale) gebildet wird (DOI: 10.1016/j.chembiol.2018.10.010). Die Forschungsteams konnten nachweisen, dass der Pilzstoff gezielt mit dem Enzym 5-Lipoxygenase in den Immunzellen reagiert und dadurch die Leukotrienbildung hemmt. Leukotriene spielen eine entscheidende Rolle bei einer Vielzahl von entzündlichen Krankheiten und Autoimmunerkrankungen. Mit diesen Erkenntnissen lassen sich nun neue Arzneimittelentwicklungsstrategien auf den Weg bringen. sh



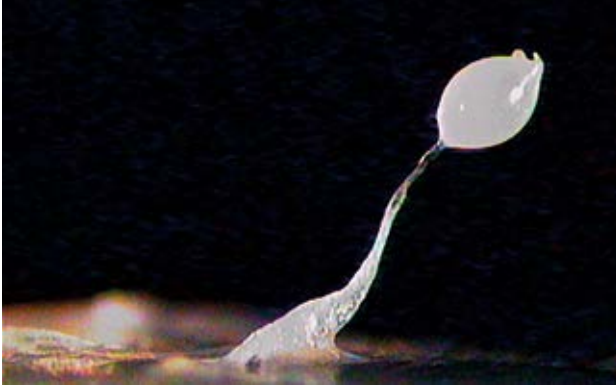
Kohlenstoff macht Schwefel amorph

Auf der Suche nach der Batterie der Zukunft testeten Chemiker und Materialwissenschaftler Metall-Schwefel-Kombinationen, von denen sie annehmen, dass sie einst mit den heute üblichen Lithium-Ionen-Akkus konkurrieren können. Ein Team aus Jena und Chemnitz um Prof. Dr. Philipp Adelhelm hat jetzt ein Phänomen in diesem Batterietyp entdeckt, das dessen Funktionsweise erheblich beeinflussen könnte (DOI: 10.1002/anie.201807295). Aufgrund der schlechten Leitfähigkeit von Schwefel muss dieser mit leitfähigem Kohlenstoff kombiniert werden. Dabei treten beide Stoffe in unerwarteter Weise in Wechselwirkung: Bereits nach wenigen Tagen verliert der Schwefel seine Struktur und wird amorph. Die Forscher gehen davon aus, dass dieses Phänomen Auswirkungen auf alle Arten von Metall-Schwefel-Batterien haben wird. sh



Gesichter erkennen auch im Alter

Psychologen der Universität Jena haben ein Training zur Verbesserung des Gesichtsgedächtnisses entwickelt, das auch im fortgeschrittenen Alter funktioniert (DOI: 10.1016/j.neuropsychologia.2018.08.010). Seniorinnen und Senioren zwischen 61 und 76 Jahren mussten sich für die Untersuchung zwölfmal innerhalb von vier Wochen verschiedene Gesichter sowie Namen und Zusatzinformationen einprägen. Für ihr Training setzen die Wissenschaftler fotorealistische Karikaturen ein. »Bei Karikaturen werden bestimmte charakteristische Merkmale eines Gesichts hervorgehoben, was ihre Wiedererkennung vereinfacht«, erläutert Studienleiter Prof. Dr. Stefan Schweinberger. Vor und nach den Trainingswochen erstellten die Psychologen ein Elektroenzephalogramm (Foto oben) der Probanden, um den Trainingserfolg nachzuweisen. sh



Parasit schont seinen Wirt

Parasitismus ist eine absolut einseitige Lebensform: Der Schmarotzer bereichert sich auf Kosten seines Wirtes. Jenaer Pharmazeuten haben nun aber herausgefunden, dass Parasiten unter Umständen auch Rücksicht auf ihren Wirt nehmen – im eigenen Interesse natürlich.

Die Forscher haben sogenannte »mobile Elemente« untersucht. Das sind Abschnitte von DNA, die das Erbgut von Wirtszellen oder -organismen infiltrieren und sich darin eigennützig vermehren. In seiner Studie konnte das Forscherteam zeigen, dass sich »mobile Elemente« im Genom der Amöbe *Dictyostelium discoideum* (Foto oben) nicht wahllos einbauen und vermehren. Sie bauen sich nur an ganz bestimmten Stellen im Genom ein, nämlich dort, wo sie keinen Schaden für die Amöbe anrichten (DOI: 10.1093/nar/gky582). sh



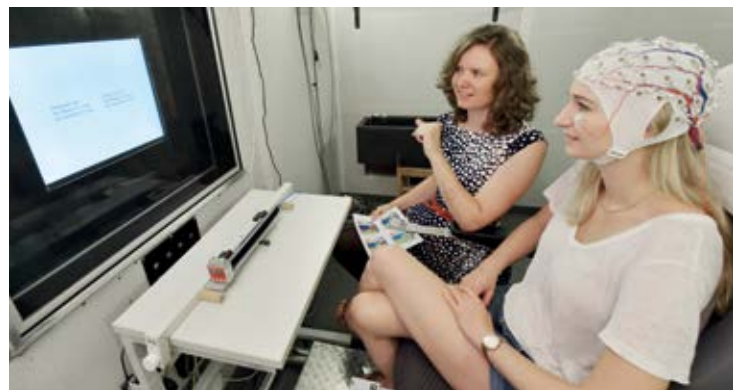
Höhenluft lässt Falter wachsen

Tropische Nachtfalter sind in den Bergen größer. Das ist das Ergebnis einer Studie, in der Jenaer Wissenschaftler zusammen mit Kollegen aus Marburg und Connecticut (USA) mehr als 19 000 Falter von 1 100 Arten vermessen haben (DOI: 10.1111/ecog.03917.). Sie wollten herausfinden, ob sich die Größe von tropischen Schmetterlingen mit der Meereshöhe ändert. »Die Körpergröße spielt eine zentrale Rolle in der Ökologie und Evolution von Organismen«, erläutert Dr. Gunnar Brehm, der Hauptautor der Studie ist. Offenbar gelte bei den Faltern die »Temperatur-Größen-Regel«, die bislang nur für Säugetiere und Vögel bekannt war. Diese besagt, dass Tiere sich bei tieferen Temperaturen zu größeren Individuen entwickeln. Die Forscher konnten den Trend nicht nur bei unterschiedlichen Arten, sondern auch innerhalb der Arten nachweisen. AB



Fliegende Keime

Armlehnen, Klappstühle, Gurte: Auf zahlreichen Oberflächen in Verkehrsflugzeugen siedeln zum Teil gefährliche Krankheitserreger. Mit dem stetig steigenden Flugverkehr reisen auch Keime rund um die Welt. Wo sie am häufigsten anzutreffen sind und wie sich die Keimbelastung in Flugzeugen reduzieren lässt, das haben Jenaer Materialforscher um Prof. Dr. Klaus D. Jandt erstmals systematisch analysiert (DOI: 10.1016/j.tmaid.2018.07.011). Als »infektiöse Hotspots« machten sie u. a. Sitzbezüge, Türgriffe und Toilettenspültasten aus. Die Überlebensfähigkeit der Mikroben hänge entscheidend von den Materialien und deren physikochemischen Oberflächeneigenschaften ab, so das Forschungsteam. Derzeit arbeiten die Wissenschaftler an neuen antimikrobiellen Materialkonzepten, die speziell in Flugzeugen zum Einsatz kommen sollen. AB



Risikoverhalten im Gehirn ablesen

Ängstliche Personen gehen weniger Risiken ein – an sich ist das keine überraschende Erkenntnis. Einem Psychologenteam um Dr. Barbara Schmidt (Foto oben, l.) ist es jetzt mit Partnern aus Würzburg und Victoria (Kanada) gelungen, diesen Entscheidungsprozess im Gehirn sichtbar zu machen – und somit auch das Verhalten einzelner Personen vorhersagen zu können (DOI: 10.1111/psyp.13210). Dafür führten die Forscher ein Experiment durch, um das Risikoverhalten der Probanden zu messen, und beobachteten währenddessen mittels Elektroenzephalografie (EEG) deren Hirnaktivitäten. Dabei zeigte sich, dass eine bestimmte Gehirnaktivität – die Frontal Midline Theta Power – während des Entscheidungsprozesses besonders erhöht ist. Sie zeigt kognitive Kontrolle – also ein intensives Abwägen – während des Entscheidungsprozesses an. sh

Leihgaben für den Louvre

Sieben Objekte aus den Antikensammlungen der Universität Jena sind derzeit auf Reisen: Per Spezialexpedition ging es Ende Oktober in den Louvre nach Paris. Dort sind die Stücke in der Schau »Un rêve d'Italie – la collection du marquis Campana« (Ein Traum von Italien – Die Sammlung des Marchese Campana) zu sehen. Die Ausstellung wird bis Februar 2019 gezeigt.

TEXT: STEPHAN LAUDIEN UND TILL BAYER

»Für uns ist es etwas Besonderes, diese Leihgaben an den Louvre zu geben«, sagt Dr. Dennis Graen, der Kustos der Antikensammlungen. Das herausragende Stück unter den Exponaten ist die bemalte Amphore des Töpfers und Vasenmalers Sophilos aus Athen, die aus einem etruskischen Grab stammt und um das Jahr 580 vor Christus entstanden ist. Sophilos sei einer der ersten Künstler gewesen, der seine Werke signierte, sagt Dennis Graen.

Weitere Stücke sind etruskische Keramiken, sogenannter *Bucchero*, darunter ein Räuchergefäß und eine Weinkanne. Ergänzt werden die Leihgaben für Paris durch drei weitere Exponate, die bereits seit Mitte des 19. Jahrhunderts zur Jenaer Sammlung gehörten, jedoch in den 1980er Jahren in den Besitz der Stiftung Preußischer Kulturbesitz gelangten. Eines der Exponate, der Gipsabguss einer Frauenbüste aus Etrurien, wird in Paris neben dem Original aus Terrakotta gezeigt.

Die Pariser Ausstellung vereint große Teile der Sammlung von Giampietro Campana (1808–1880), einer schillernden Figur der Kunstszene im 19. Jahrhundert. Campana wurde schon in jungen Jahren Bankdirektor und trug eine der größten Antikensammlungen seiner Zeit zusammen, er finanzierte sogar selbst Ausgrabungen. Eine Schenkung an Herzog Joseph von Sachsen-Altenburg bildete 1846 den Grundstock für das Archäologische Museum der Jenaer Universität.

Ein paar Jahre später verdüsterte sich der Himmel für Giampietro Campana. Seine Sammlung wurde verkauft, nachdem der Sammler 1858 wegen Veruntreuung angeklagt worden war. Campana hatte Geld seines Arbeitgebers verwendet, um seine Sammlung zu erweitern.

Dafür wurde er zu zwanzig Jahren Festungshaft verurteilt; den Großteil der Sammlung erwarb Napoleon III. für den Louvre. Nun, gut 150 Jahre später, werden die Exponate für eine Weile wieder vereint.

Die Jenaer Exponate im Detail – Das Bild rechts zeigt die Vitrine im Louvre

Untere Reihe von links nach rechts:

Oinochoe (650 bis 600 v. Chr.)

»Oinochoe« bezeichnet eine Kanne mit einer Öffnung in der Form eines Kleeblatts. Sie wurde zum Ausschütten von Wein verwendet. Die »Bucchero«-Oinochoe der Campana-Schenkung besteht aus einem eiförmigen Körper mit ringförmigem Fuß und breitem Griff. Der Bauch ist geriffelt und wird von mehreren konzentrischen Kreisen umschlossen.

Kelch (600 bis 570 v. Chr.)

Der Kelch besteht aus der schwarzen, mattglänzenden Keramik der Etrusker, die als »Bucchero« bezeichnet wird. Sein oberes Gefäß ist von drei konzentrischen Kreisen umschlossen und weist in seiner Mitte einen Buckel (»Omphalos«) auf. Eine Besonderheit des Kelches sind seine »Karyatiden«, weibliche Figuren, die eine tragende Funktion ausüben.

Amphora des Sophilos (600 bis 570 v. Chr.)

Die Amphore aus Terrakotta, die in einem etruskischen Grab gefunden wurde, stammt ursprünglich aus Athen. Auf der Vorderseite sind zwei Löwen abgebildet, die ihre Köpfe nach hinten drehen. Auf der Rückseite betrachten zwei Sirenen einander.

Schwarzfigurige Amphora (500 v. Chr.)

Die Amphore aus Terrakotta zeigt auf der Vorderseite Herakles im Ringkampf mit dem Meeresgott Nereus. Auf der Rückseite sind zwei Hopliten in Bewegung abgebildet.

Gipsabguss einer weiblichen Statuette (vor 1864)

Das Original der weiblichen Statuette befand sich ursprünglich in der Campana-Sammlung in Rom. Campana ließ von ihm diesen Gipsabguss anfertigen. Im Jahr 1864 wurde die Nachbildung dem Archäologischen Museum der Universität Jena gestiftet.



Obere Reihe, 2. von links

Palmetten-Antefix mit Delfinen (50 v. bis 100 n. Chr.)

Als »Antefix« bezeichnet man einen Ton- oder Steinziegel, der bei antiken Gebäuden an der Lage der untersten Dachziegel angebracht war, um die vordere Öffnung zu verschließen. Dieses Antefix gehört zu einem Typ, der in Rom und Umgebung weit verbreitet ist. Es stellt sieben Blätter dar, die zusammen eine Palmette bilden, ein in der antiken Kunst häufig verwendetes Motiv. Oberhalb des Sockels säumt jeweils ein Delfin die Palmette auf jeder Seite.

Obere Reihe, 1. von links

Antefix mit Frauenkopf in einem Kranz aus Blättern (300 bis 270 v. Chr.)

Das gut erhaltene Antefix ist mit einem lockigen Frauenkopf verziert, den ein Kranz aus Blättern umgibt. Das Gesicht soll mit seiner ovalen, ebenen Form, den mandelförmigen Augen und dem zart gebogenen Mund ein Ideal weiblicher Schönheit darstellen. Bei dieser Art der Gestaltung handelt es sich um eine kampanische Erfindung aus der Mitte des 6. Jahrhunderts. Wenig später wurde sie auch in Etrurien und im Latium übernommen.

Sammlungsobjekte auf Reisen

Die Friedrich-Schiller-Universität bewahrt und bearbeitet in ihren 42 wissenschaftlichen Forschungs-, Schau- und Lehrsammlungen mehrere Millionen Objekte. Die Sammlungen sind zentrale Anlaufstellen für vielfältige Forschungsfragen, werden für Lehrveranstaltungen genutzt und sind im digitalen Sammlungsportal der Universität frei zugänglich. Darüber hinaus werden Jenaer Sammlungsobjekte immer wieder für Ausstellungen angefragt. Die LICHTGEDANKEN-Bildergalerie auf den vorhergehenden Seiten stellt einige Objekte vor, die als Leihgaben die Universität verlassen haben und in Ausstellungen der interessierten Öffentlichkeit präsentiert werden.



Picener Doppelstier

Der etwa sechs mal fünf Zentimeter große Anhänger zeigt einen Doppelstier. Das Objekt stammt aus dem 6. Jahrhundert v. Chr. und gehört zur Sammlung eisenzeitlicher Grabbeigaben des mittellitalienischen Volkes der Picener (9. – 4. Jh. v. Chr.), die Anfang des 20. Jahrhunderts von dem Glaschemiker Otto Schott erworben und der Universität übertragen wurde. Heute gehören diese Stücke zur Sammlung Ur- und Frühgeschichte. Die Gräber wurden in Montegiorgio nahe Ascona entdeckt. Darin waren Helme, Waffen, Fibeln, Schmuck, Keramik und auch Objekte aus Bernstein gefunden worden. Der Bernstein hatte einen weiten Weg hinter sich: Er war von der Ostseeküste bis nach Mittelitalien gelangt und wurde dort zu kunstvollen Schmuckstücken verarbeitet.

Die etwa 150 Stücke aus der Schott-Sammlung sind 2005 erstmals in der Ausstellung »Schätze aus dem Picenum« in der Schott-Villa in Jena der Öffentlichkeit präsentiert worden.



Cerussit

Der neun mal acht mal sieben Zentimeter große »Cerussit« (auch Weißbleierz genannt) aus der Mineralogischen Sammlung stammt aus Russland. Das Mineral kam 1816 in einer Geschenksendung des Arnstädter Mineralogen Dr. Johann Lorenz von Pansner nach Jena. Pansner war Schüler des ersten Professors für Mineralogie an der Jenaer Universität, Johann Georg Lenz, und begab sich zu Beginn des 19. Jahrhunderts auf eine Reise durch das Baltikum bis nach Sankt Petersburg. Von dort schickte er einen Querschnitt der damals bekannten russischen Minerale an die »Societät für die gesammte Mineralogie zu Jena«.

Anlässlich des 200. Gründungsjubiläums dieser Societät wurde im weltbekannten Gornj-Museum in Sankt Petersburg von Oktober 2017 bis April 2018 eine Ausstellung gezeigt. Dafür kehrte der Cerussit mit weiteren Mineralen aus der Pansner-Geschenksendung von Jena nach St. Petersburg zurück.



Osmanische Münze

Die nur wenig mehr als ein Gramm leichte Goldmünze aus dem Orientalischen Münzkabinett ist 1730 in Istanbul geprägt worden. Das Jahr 1730 (entspricht dem Jahr 1143 nach islamischem Kalender) ist das erste Regierungsjahr des Sultans Mahmūd I, der das christlich geprägte, einstige Konstantinopel für den Islam beanspruchte. Indem Mahmūd I ausdrücklich »Islāmbūl« als Münzstätte angab, betonte er den islamischen Charakter seiner Herrschaft.

Die Münze ist neben weiteren Objekten aus dem Orientalischen Münzkabinetts derzeit an die Museen Schloß Voigtsberg in Oelsnitz (Voigtland) verliehen. Dort ist sie in einer Sonderausstellung zu den Vorläufern der industriellen Teppichproduktion noch bis April 2019 zu sehen

Habsburger Stammbaum

Die kolorierte Druckgrafik und Federzeichnung aus der Kunstsammlung der Universität zeigt den Stammbaum Kaiser Maximilians I. Der Stammbaum entstand auf Basis zweier Holzschnitte Jörg Breus d. J. um das Jahr 1535. Das Werk zeigt die Habsburger in ihren verwandtschaftlich-europäischen Verflechtungen sowie eine Kaisergenealogie von Friedrich I. bis zu Karl V. Der 1,20 mal 0,60 Meter große Werk besteht aus hochwertigen Materialien (Pergament auf Holz) und ist aufwendig koloriert. Es gelangte im Zuge der Verlegung der Bibliotheca Electoralis Mitte des 16. Jahrhunderts von Wittenberg nach Jena.

Dieses und weitere herausragende Objekte aus den Sammlungen der Universität sind 2016 in der Thüringer Landesausstellung »Die Ernestiner. Eine Dynastie prägt Europa« in Weimar und Gotha gezeigt worden.





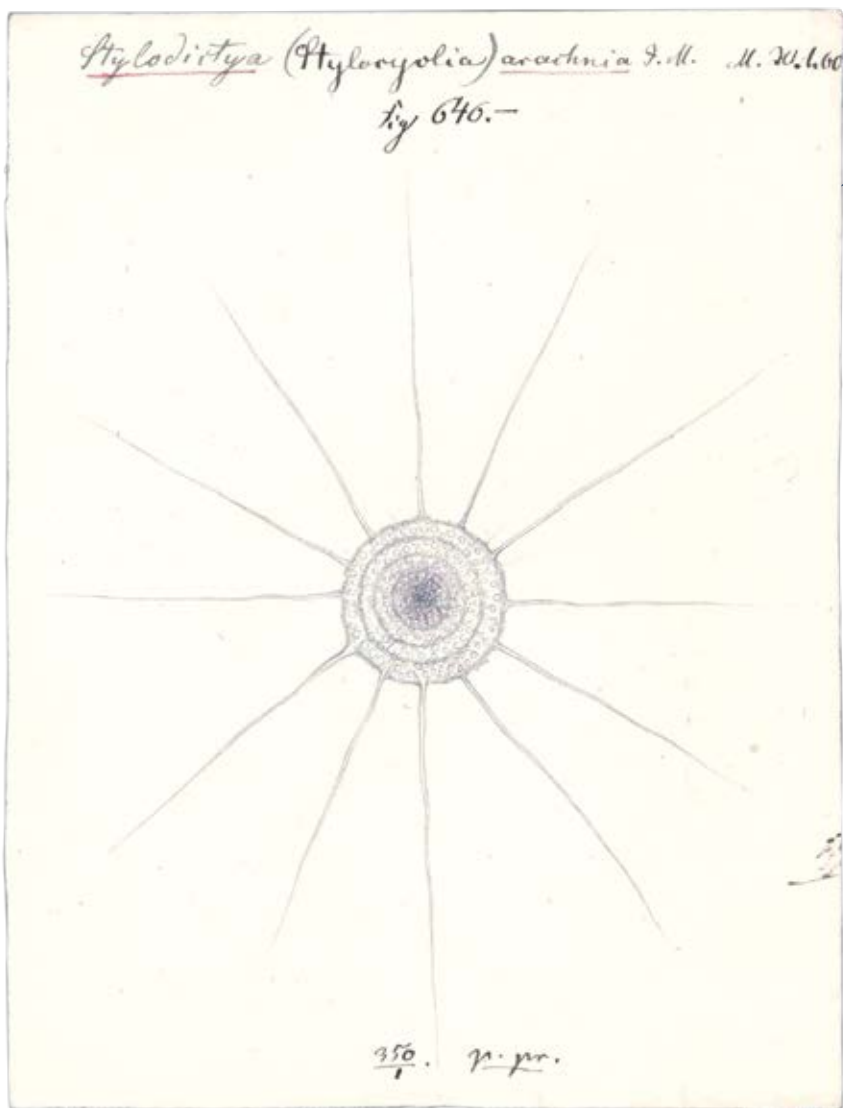
Mumie Ramses II

Die fotografische Aufnahme aus der Alphonstübel-Sammlung früher Orientphotographien zeigt den Kopf der Mumie Ramses II. Der ägyptische Pharaon regierte von 1279 bis 1213 v. Chr. Der Papierabzug ist 1881 von dem Ägyptologen Emile Brugsch angefertigt worden und hat eine Größe von knapp zwei mal zweieinhalb Zentimeter. Brugsch hatte 1881 zahlreiche Mumien entdeckt, darunter die Ramses II und seines Vaters Sethos I und ließ sie ins Museum nach Kairo bringen. Dort entstanden dieses und weitere Fotos, die zum Verkauf angeboten wurden. So gelangte die Aufnahme in die Sammlung des Geologen Alphonstübel und kam Anfang des 20. Jahrhunderts in den Besitz der Universität Jena.

Die Aufnahme wurde 2017 in der Ausstellung »Das unschuldige Auge. Orientbilder in der frühen Fotografie (1839 – 1911)« in der Kunstsammlung der Universität Göttingen gezeigt.

Schulterblatt eines Grönlandwals

Das über einen mal einen Meter große rechte Schulterblatt eines Grönlandwals stammt aus der Mitte des 17. Jahrhunderts. Es gehört zu den ältesten und bedeutendsten Objekten der Sammlung des Phyletischen Museums. Das Stück wurde entgegen seiner ursprünglichen anatomischen Lage für die Bemalung »auf den Kopf gestellt«. Oben ist die Jahreszahl der Bemalung zu erkennen; sie stammt aus dem Jahr 1646. Darunter ist ein Medaillon mit der Darstellung eines Weißstorchs sichtbar. Die Malerei zeigt Szenen des Walfanges. Der alt-niederländische Schriftzug am Rand des Schulterblattes heißt: »door gods zorggende hand vangtmen de walfisch an de noortkant«. Dies bedeutet: »Durch Gottes sorgende Hand fängt man den Walfisch an der Nordkante«. Mit dieser Kante ist vermutlich die arktische Packeisgrenze gemeint. Das Walschulterblatt ist in der ständigen Ausstellung des Phyletischen Museums zu sehen.



Skizze eines Strahlentierchens

Die Bleistiftzeichnung hat Ernst Haeckel 1859 während einer Forschungs- und Bildungsreise durch Italien angefertigt. Im Golf von Messina widmete er sich intensiv den Radiolarien (Strahlentierchen). Innerhalb von wenigen Wochen sammelte Haeckel über 100 bis dahin unbekannte Arten. In einem Brief an seinen Vater berichtet er am 15.12.1859 von seiner Arbeit mit diesen winzigen Tieren: »Diese höchst merkwürdigen und interessanten Geschöpfe stehen auf der untersten Stufe und an der Grenze tierischen Lebens und sind schon deshalb des sorgfältigsten Studiums wert.«

Die 23 mal 18 Zentimeter große Zeichnung aus dem Ernst-Haeckel-Archiv zeigt ein Exemplar der Art *Stylocyrtia (Stylocyrtia) arachnia* und war im Frühjahr 2016 zusammen mit sieben weiteren Radiolarien-Skizzen für mehrere Monate in der Ausstellung *Architecture of Life* im Berkeley Art Museum & Pacific Film Archive (USA) zu sehen.

Tontafel mit Keilschrift

Die aus der altbabylonischen Zeit stammende Keilschrifttafel (18./17. Jh. v. Chr.) gehört zum Bestand der Hilprecht-Sammlung. Die Tafel ist etwa 20 mal 15 Zentimeter groß und enthält eine epische Dichtung in sumerischer Sprache. Die sumerische Literatur ist die älteste schriftlich überlieferte: Literarische Keilschrifttexte in sumerischer Sprache sind seit ca. 2600 v. Chr. erhalten. Der Text berichtet, wie Lugalbanda ein sagenhafter König der Stadt Uruk, auf einem Kriegszug gegen das im östlichen Bergland (dem heutigen Iran) gelegene Aratta von Krankheit befallen und ohnmächtig in einer Höhle zurückgelassen wird, von göttlicher Hilfe aber gerettet wird.

Diese Tafel war zusammen mit weiteren Keilschrifttafeln mathematischen, medizinischen und juristischen Inhalts von September 2010 bis Januar 2011 in der Ausstellung »WeltWissen. 300 Jahre Wissenschaften in Berlin« im Martin-Gropius-Bau zu sehen.



Dr. Tilde Bayer

Sammlungsbeauftragte der Universität Jena

Wie oft werden Objekte aus den Sammlungen der Universität an externe Partner ausgeliehen?

Wenn man alles zusammennimmt, gibt es gut zwei Dutzend Leihvorgänge pro Jahr. Ein Leihvorgang kann dabei auch mehrere Objekte beinhalten.

Gibt es Objekte, die regelmäßig verliehen werden?

Der Stadtplan von Nippur etwa aus der Hilprecht-Sammlung war bereits mehrfach verliehen und wird immer wieder angefragt. Allerdings wird er die Sammlung wohl aus konservatorischen Gründen künftig nicht mehr verlassen. Generell kann man sagen, werden wir nicht nur wegen eines oder weniger Objekte nachgefragt, sondern wirklich aufgrund der Vielfalt unserer Sammlungen.

Welche Rolle spielt der physische Austausch von Sammlungsobjekten im heutigen »digitalen Zeitalter« überhaupt noch?

Eine ganz immense Rolle! Museen sind heute mehr denn je darauf angewiesen, durch attraktive Sonderausstellungen Besucher anzuziehen, was durch Dauerausstellungen allein nicht so einfach gelingt.

Die Digitalisierung unterstützt heute die Konzeption von Ausstellungen durch Recherche in Datenbanken, durch die Einblick in Bestände möglich ist. Der »Besuch im Netz« mag auch der interessierten Öffentlichkeit einen ersten Eindruck vermitteln, ersetzt aber nicht das sinnliche Erlebnis eines Museumsbesuchs mit echten Objekten und Ausstellungsstücken.



Der »älteste Stadtplan der Welt« ist diese fast dreieinhalbtausend Jahre alte Tontafel. Sie zeigt den Grundriss der Stadt Nippur im antiken Zweistromland im heutigen Irak. Die Tafel aus der Hilprecht-Sammlung ist ein weltweit gefragtes Ausstellungsstück.

Aktuell sind verliehen...

- fünf Objekte aus dem Ernst-Haeckel-Haus, darunter die Monistenbundtruhe an das Hygiene-Museum in Dresden und ein Stammbaum des Menschen von Haeckel aus dem Jahr 1874 an das Musée d'art et du Judaïsme in Paris
- sieben Objekte aus der Sammlung Antiker Kleinkunst an den Louvre in Paris (s. S. 56)
- sieben Objekte aus dem Museum Anatomicum Jenense an das Hygiene-Museum in Dresden
- zwei Objekte aus der Hilprecht-Sammlung an das Hygiene-Museum in Dresden
- ein Objekt aus der Astronomischen Sammlung an das Hygiene-Museum in Dresden. Dabei handelt es sich um die erste fotografische Aufnahme einer Sonnenkorona bei einer totalen Sonnenfinsternis vom 28. Juli 1851



KOCHBUCH »SO IS(S)T DIE WELT«

In Thüringen leben rund 5.500 Studierende mit internationaler Herkunft und weitere rund 900 Studenten haben als Bildungsinländer einen Migrationshintergrund. Viele von ihnen kommen oft und gern in die Mensen. Aber wer kennt das nicht, man befindet sich längere Zeit im Ausland und es überkommt einen Heißhunger auf das Leibgericht, das die Mutter zu Hause oft gekocht hat. Ein kulinarisches Heimweh kann jeden treffen, sowohl die internationalen Studierenden als auch all jene, deren Eltern eine internationale Herkunft haben, oder welche zum Teil im Ausland aufgewachsen sind.

Für uns als Studierendenwerk Thüringen war das Anlass genug, diese Studierenden zu fragen, was wir in unseren Mensen für sie auf den Tisch bringen können. Und so haben wir gemeinsam gekocht. Wir haben Studierende aus zwölf verschiedenen Esskulturen eingeladen, mit unseren Köchen ihre heimatischen Speisen authentisch interkulturell zuzubereiten. Das verlief nicht immer reibungslos. Die richtige Konsistenz von chinesischem Klebreis brachte uns schier zur Verzweiflung, wie auch das Formen von Pelmini keine leichte Angelegenheit war. Beides aber Aufgaben, die wir gemeinsam mit Unterstützung der Studierenden im interkulturellen Austausch gemeistert haben. Noch viele mehr dieser wunderbaren interkulturellen Erfahrungen durften wir sammeln und in diesem Kochbuch zusammenführen.

Herausgeber: Studierendenwerk Thüringen

Sprache: Deutsch und Englisch

Größe: 21 x 28 cm

Seiten: 252

Preis: € 14,95



Öffnungszeiten

Montag bis Donnerstag 11:00 – 15:30 Uhr

Freitag 9:30 – 14:30 Uhr

Adresse

Uni-Shop im Campus-Foyer

Carl-Zeiss-Straße 3

07743 Jena

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