

Kreativ spinnen

Die Suche nach neuen Techniken
und Methoden in der Wissenschaft



Vorwort

Funkeln, Glitzern, Härte, Dauerhaftigkeit und vor allem – der Inbegriff von Schönheit: Kaum einem Material werden so viele herausragende Eigenschaften zugeschrieben wie Diamant. Mittlerweile haben die Preziosen jedoch eine ihrer Einzigartigkeiten verloren: Nicht mehr nur die Natur weiß sie herzustellen, auch Forscher vermögen das inzwischen. Sie kreieren sogenannte Nanodiamanten. Doch nicht nur deshalb werden Teams wie die in diesem Heft vorgestellten in Stuttgart und Ulm von der Stiftung gefördert, sondern vor allem weil sie einigspannende anstellen mit diesem Werkstoff.

Denn Diamanten leiten Wärme gut, das macht sie für elektronische Anwendungen interessant. Auch träumen Wissenschaftler von extrem schnellen Quantencomputern, die dank Diamanten bei Zimmertemperatur arbeiten und nicht auf Minusgrade gekühlt werden müssen – oder sie forschen am zielgenauen Transport von Medikamenten im Körper. Zukunftsmusik? Längst nicht alles! Was nicht und was doch und was vielleicht schon bald nicht mehr: Davon erzählen die Geschichten in diesem Magazin; ein Heft über außergewöhnliche, mit Unterstützung der Stiftung entwickelte Techniken und Methoden, die sich in der Forschung nicht nur rasant Bahn brachen, sondern Durchbrüche brachten.

Die Forscherpersönlichkeiten, denen Sie begegnen, wurden im Übrigen für ihre Leistungen mehrfach ausgezeichnet. Sie sind für uns beispielgebend. Schließlich gibt es noch viele wissenschaftliche Rätsel zu lösen – und nicht für alle existiert bereits das geeignete Handwerkszeug. Und so braucht es eben gerade jene, die immer mal wieder an der richtigen Stelle abbiegen.

Einer von ihnen ist Stefan Hell vom Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie in Göttingen. Gemeinsam mit zwei US-Amerikanern erhielt er für die Entwicklung der hochauflösenden Fluoreszenzmikroskopie gerade den Chemie-Nobelpreis. Ihn hat die Stiftung, das dürfen wir sagen, sehr früh gefördert, vor bald zwei Jahrzehnten schon, als kaum jemand an das glaubte, was er vorhatte. Die von ihm entwickelten Mikroskopietechniken liefern ganz neue Einblicke in die Funktionsweise von Zellen. Dank ihnen lassen sich heute

Vorgänge jenseits der Beugungsgrenze abbilden, von denen man früher annahm, sie wären mit Lichtmikroskopen niemals scharf darstellbar. So ermöglichen es diese Mikroskope, nach und nach das Uhrwerk des Lebens zu entschlüsseln.

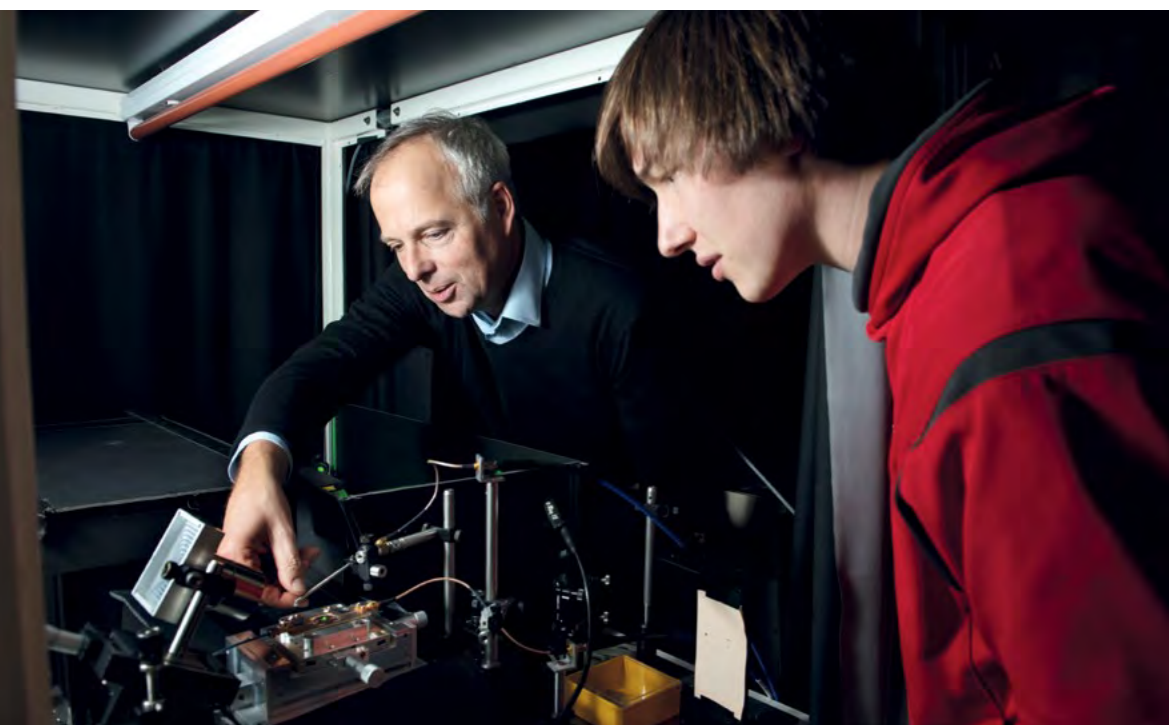
Heute verkündet die Wissenschaft beinahe im Wochenrhythmus neue Techniken und Methoden; eine spektakuläre Entwicklung löst die nächste ab. So hat etwa Stefan Hells Nobelpreisträger-Kollege Eric Betzig gerade einen Wunschtraum vieler Lebenswissenschaftler erfüllt: Ende 2014 stellte er den Prototyp eines sogenannten Gitterlichtscheiben-Mikroskops vor – ein Gerät, das beinahe alles auf einmal kann. Es bildet durch eine extrem hohe Auflösung subzelluläre Strukturen bis in die Tiefen äußerst scharf ab und ist dabei zugleich schnell genug, auch sehr rasch ablaufende Zellvorgänge einfangen zu können. Beides kombiniert war bislang nur möglich unter extrem starker Beleuchtung. Das aber stört wiederum Vorgänge im Inneren von Zellen massiv und setzt Proteine und andere Bausteine außer Gefecht, deren Aktivitäten man untersuchen will. Der neue Mikroskoptyp löst dieses Problem und bringt die konkurrierenden Anforderungen unter einen Hut.

An zwanzig biologischen Systemen wurde die Technik bereits getestet. Den Forschern gelangen bei verschiedenen Lebewesen atemberaubende Detailaufnahmen: von der Zellteilung bis zur Embryonalentwicklung. Durch diese und andere jüngst entwickelten Techniken und Methoden lassen sich Prozesse des Lebendigen auf molekularer Ebene erfassen. Es braucht das Verstehen im Kleinen, um das Große begreifen zu können. Und auch Geisteswissenschaftler wollen Prozesse, die das Leben formen, neu erschließen. Ihr Thema ist die Digitalisierungswelle, die ihre Fächer ergreift und manifest wird im Durchforsten riesiger Datensätze. Damit genug der Beispiele! Wir hoffen, Ihr Interesse ist geweckt. Für Techniken und Methoden in der Wissenschaft – und damit: für unsere Zukunft.

Eine anregende Lektüre wünscht: Ihr



Wilhelm Krull,
Generalsekretär der
VolkswagenStiftung



Inhalt

20

Hirnzellen außer Kontrolle

Neue Therapien gegen Hirnerkrankungen wie die Epilepsie – Lichtenberg-Professor Florian Mormann arbeitet an der Universität Bonn mit einem Verfahren, das europaweit einzigartig ist.

48

Moleküle nach Maß

Professorin Tanja Weil und ihr Team an der Universität Ulm haben einen Trick gefunden, wie Viren, die Nützliches in Zellen einschleusen, diese zuverlässiger entern. Zugleich erforscht die Chemikerin Transportmoleküle für klassische Wirkstoffe.

58

Quanten statt Klunker

Mit bloßem Auge nicht zu erkennen, aber von großem Nutzen: Forscher in Stuttgart um Professor Jörg Wrachtrup (links, mit Doktorand Florestan Ziem) und Ulm verblüffen seit Jahren immer wieder mit neuen Möglichkeiten, die Nanodiamanten eröffnen.

6

Am seidenen Faden

Mit der Hilfe von Spinnenseide wollen Ärzte abgetrennten Nerven oder transplantierten Nervenzellen die genaue Wachstumsrichtung weisen. Zwei Forscherinnen sind auf diesem Weg bereits weit vorangekommen.

20

Hirnzellen außer Kontrolle

Zu verstehen, wie das Gehirn funktioniert, ist ein Menschheitstraum. Den teilt auch Florian Mormann. Der Lichtenberg-Professor erforscht in Bonn die Aktivität einzelner menschlicher Nervenzellen mithilfe haarfeiner Mikroelektroden.

30

Zoom ins Lebendige

Proteine bei der Arbeit beobachten können; Moleküle und Elektronen als Bauteile für die Elektronik nutzen; eine Werkzeugpalette für genetische Schaltelemente schaffen: Drei Lichtenberg-Professoren haben Forschern weltweit neue Techniken und Methoden an die Hand gegeben.

48

Moleküle nach Maß

Viren lassen sich nutzen, um Erbinformation in Zellen einzuschleusen. Besonders gut gelingt das mithilfe maßgeschneiderter Nanofasern: Sie erleichtern den Transfer erheblich.

58

Quanten statt Klunker

Jörg Wrachtrup und Fedor Jelezko verbindet eine für Männer eher ungewöhnliche Leidenschaft: Diamanten. Doch ihre Klunker sind nanometerklein. In der Welt der Forscher aber hatten die Winzlinge schon spektakuläre Auftritte.

72

Zwischen den Zeilen

Viele Geisteswissenschaftler haben erkannt, dass die „Digital Humanities“ neue Forschungszugänge eröffnen. Auch Literaturwissenschaftler reflektieren den Nutzen quantitativer Methoden. Und plötzlich entstehen neue Allianzen.

Rubriken

16

Kompakt: zum Schwerpunkt

42

Fokus: „Niedersächsisches Vorab“

66

Spektrum: zur Wissenschaftsförderung

78

Publikationen

84

Veranstaltungen

88

Die Stiftung im Netz

89

Neue Ausschreibungen der Stiftung

90

Vorgestellt!

91

Impressum / Die Stiftung in Kürze

Mit Technik und Methode – Schwerpunktthema 1_2015

Vor zwanzig Jahren entstand der erste Hirnscan per funktioneller Magnetresonanztomografie (fMRT). Heute ist die Methode aus der Hirnforschung nicht mehr wegzudenken, und sie hat weiteren Techniken den Weg bereitet. Viele dieser Verfahren, die zunächst der Forschung dienen,

helfen inzwischen auch bei der Diagnose von Krankheiten und teils sogar deren Behandlung: neben dem MRT etwa die Positronen-Emissions-Tomografie (PET), die Computertomografie (CT), Ultraschall oder Röntgen. Beinahe täglich liest man von neuen Techniken und Methoden, die

zum Einsatz kommen in Medizin und Forschung – und zwar nicht nur in der natur- und ingenieurwissenschaftlichen. Und manchmal sind die Ideen der Forscher verblüffend. So wie die von Christine Radtke (links) und Manuela Gernert. Warum die beiden hier vor Geäst stehen und lächeln? Blättern Sie um!



Am seidenen Faden

Mit der Hilfe des Gespinsts von Spinnen wollen Ärzte abgetrennten Nerven die genaue Wachstumsrichtung weisen. Ab zum „Fadenziehen“ heißt es daher für Achtbeinerin Nathalie. Professorin Christine Radtke von der Medizinischen Hochschule Hannover nimmt sie dazu aus dem Netz.



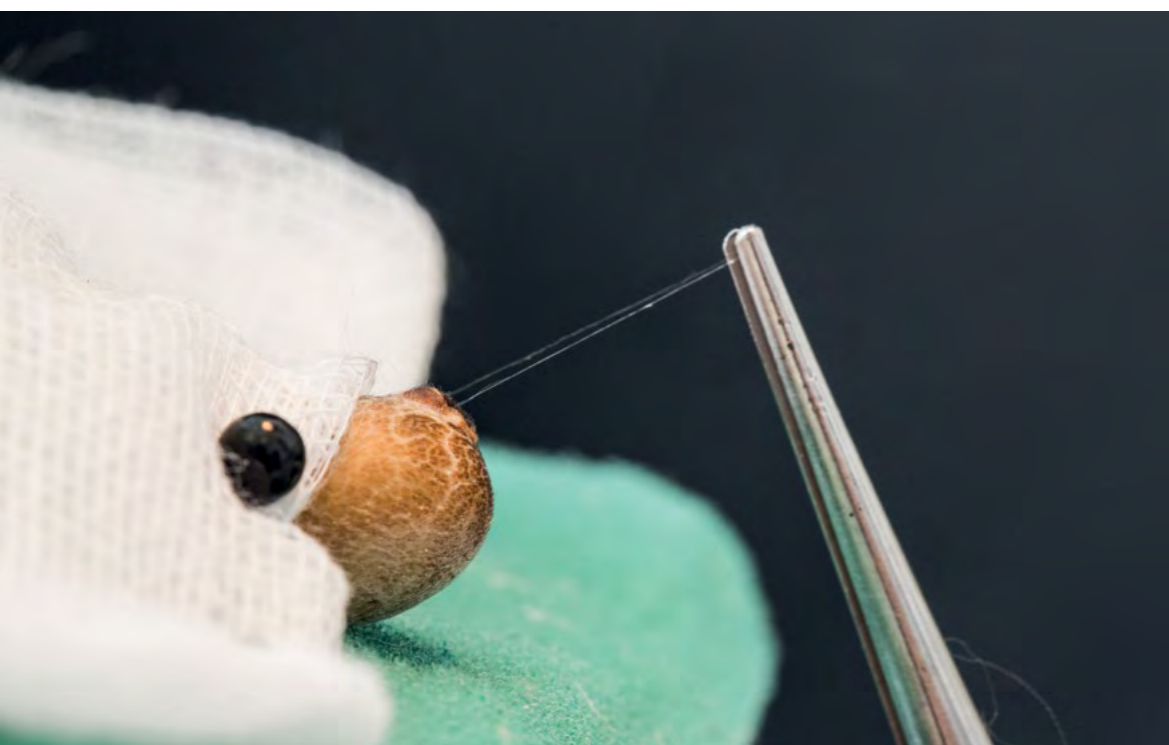


Nathalie muss heute zur Ernte. Sie ist das gewohnt und verharrt ruhig, als die Hand von Christine Radtke sich ihr langsam nähert. Die Forscherin bettet das Spinnentier vorsichtig auf einer Styroporplatte zwischen Schaumstoffkissen und Gazeband. Mit einer kleinen Pinzette wird der Faden am Hinterleib aufgenommen und auf eine Spule gespannt. Dann zieht eine Kurbel der Spinne die Seide langsam und gleichmäßig mit sanftem Zug aus der am Hinterleib gelegenen Drüse.

Nein, was hier vor sich geht, ist keine Spinnerei. Auch wenn es zunächst wohl ungewöhnlich anmutet, dass Achtbeiner wie Nathalie als Nutztier gehalten werden. Zugegeben, ein wenig klingt das nach „Unsere kleine Farm“ auf Modern und nach Wildwest. Doch dieses Wildwest liegt mitten in Norddeutschland und ist ein schlichtes Zimmer in einem Forschungstrakt der Medizinischen Hochschule Hannover (MHH). Dort lebt die Zweijährige mit gut 30 ihrer Artgenossinnen in einem weitgehend leeren Raum. Nur Zweige hängen hier überall von der Decke oder sind in Zimmerfluchten

platziert. Jedes Areal ist vom anderen ein kleines, sicheres Stück entfernt. Schließlich sind Spinnen Kannibalen, und dass sie einander verspeisen, das möchte man hier nicht. Nur ab und an stört etwas die Ruhe in dem Raum. Dann nähern sich Finger, die eine Pinzette halten. Und diese wollen an das Kostbarste, was Nathalie und ihre Kumpaninnen zu geben haben – ihre Seide. Die Hände gehören zum Beispiel den beiden hannoverschen Forscherinnen Christine Radtke und Manuela Gernert

Fortsetzung auf Seite 14 ...





Gerade einmal zwei Gramm schwer, misst das ausgewachsene Exemplar einer Goldenen Radnetzspinne von Beinende zu Beinende immerhin knapp neun Zentimeter – eine durchaus imposante Erscheinung.



Christine Radtke versorgt die Seidenlieferantinnen. Neben im Brutraum finden sich alle Stadien der Zucht: von Kokons (oben) bis zu munter umherkrabbelnden Achtbeinern jeglicher Größen – darunter auch Männchen für die Nachzucht.

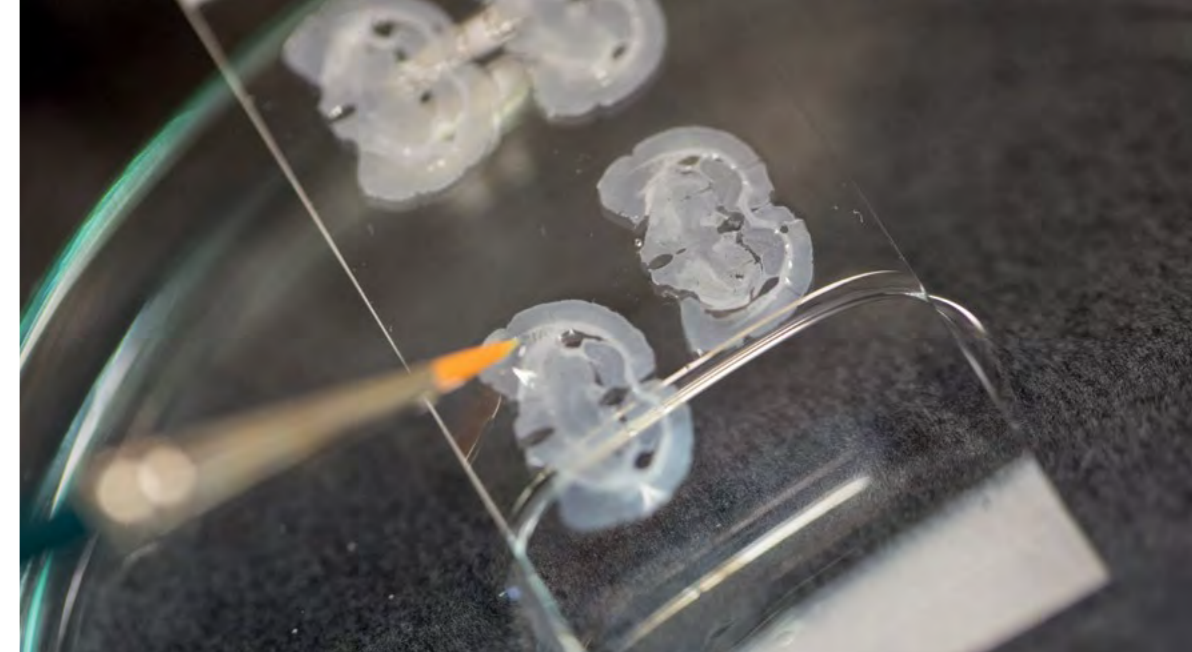


Auch Professorin Dr. Manuela Gernert von der Tierärztlichen Hochschule Hannover (unten) arbeitet mit Spinnenseide. In ihrem Fall soll das Material zum Einsatz kommen, um Epilepsiepatienten einmal besser behandeln zu können.





Professorin Manuela Gernert erörtert das Prinzip des „Spinnenseiden-Experiments“, wie es von ihren MHH-Kollegen entwickelt wurde, mit Annelie Handreck (die Doktorandin zieht im Bild links unten die nebenstehend auf allen drei Fotos abgebildeten Hirnschnitte von Ratten auf einen Objektträger): Die TiHo-Forscherin will Spinnenseide unmittelbar als Ankersystem nutzen, um transplantierte Nervenzellen im Gehirn von Epilepsiepatienten schnellstmöglich zu fixieren.

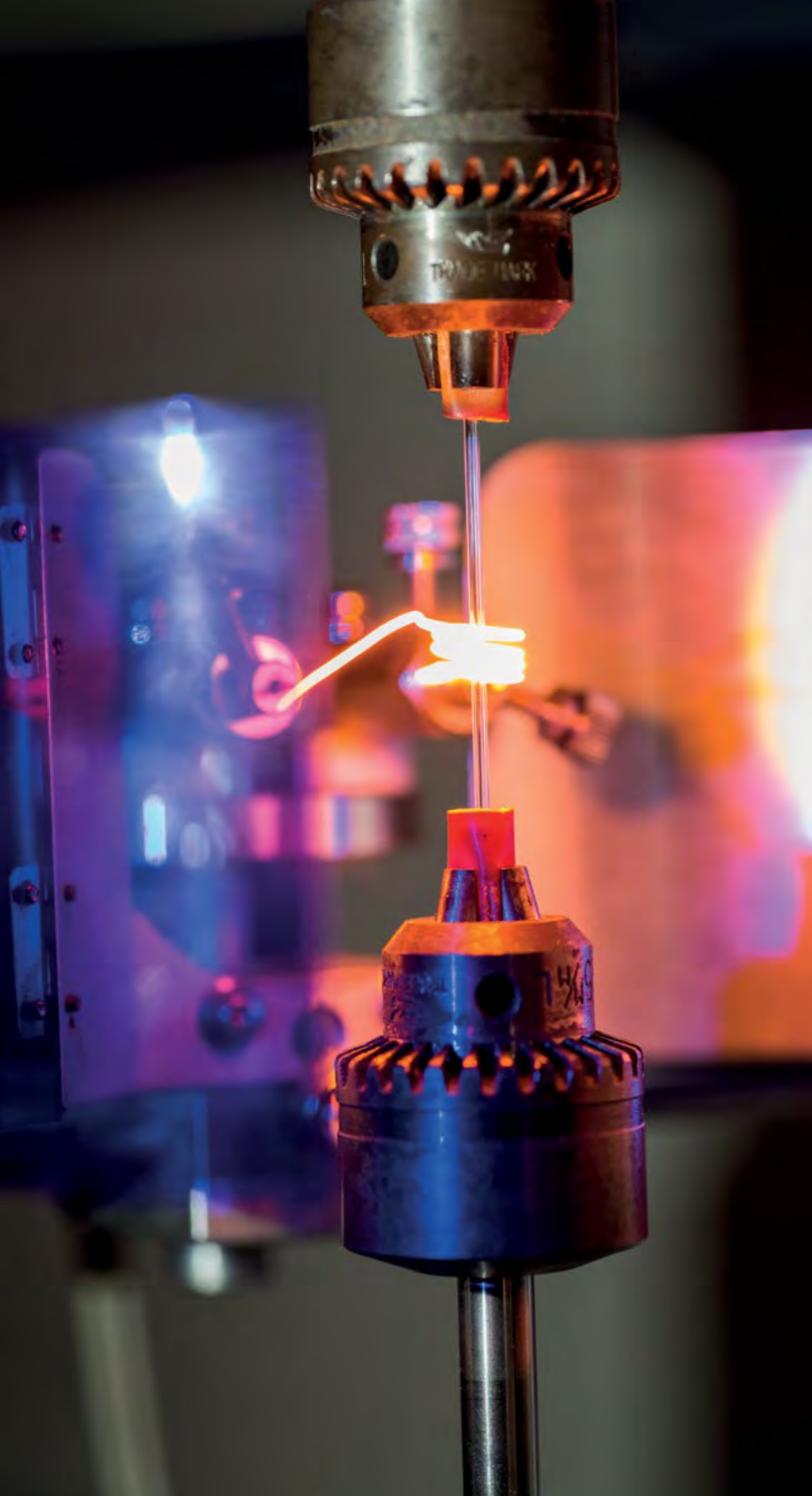


Die MHH-Kollegen um Christine Radtke hingegen wollen auf der Spinnenseide Nervenzellen zu regenerativen Zwecken entlang wachsen lassen. Dazu nehmen sie eine von sämtlichen Zellbestandteilen befreite Vene vom Schwein, durch die sie mehrere hundert Spinnenseidenfäden ziehen. Entlang dieser Leitschiene wachsen Nervenzellen in Richtung ihres Zielortes. Mithilfe einer spezifischen Fluoreszenzfärbung lässt sich die Einwanderung etwa von Schwann'schen Zellen als Teil des neuronalen Gewebes in die Venenpipeline sichtbar machen.



Die Schwann'schen Zellen sind selbst keine Nervenzellen, sondern umhüllen das Axon einer solchen Zelle in deren Verlauf. Anhand von Gefrierschnitten zu verschiedenen Zeitpunkten lässt sich erkennen, dass in das Venenrohr eingewanderte Schwann'sche Zellen sich in der Tat an den regenerierenden Nerven angelagert haben: Sie bilden umgehend die Isolierschicht, das Myelin der Axone. Auch die Nervenzellen selbst wachsen auf der Spinnenseide zügig entlang mit einer Geschwindigkeit von einem Millimeter pro Tag.





Mithilfe dieser Spule werden im Labor von Professorin Dr. Manuela Gernert Kapillaren für die mikrochirurgische Transplantation hergestellt.

Spinnenseide ist ein erstaunliches Material: fünf Mal so reißfest wie Stahl, etwa drei Mal so fest wie die besten synthetischen Fasern. Sie ist zugleich dehnbarer als Gummi, extrem elastisch. Schließlich muss solch ein Netz einiges aushalten. Wäre die Spinne so groß wie ein Mensch und übertrüge man die Körperverhältnisse, dann würde die Stärke des produzierten Fadens ausreichen, mit dem Netz einen Jumbojet beim Landeanflug abzufangen.

Und Spinnenseide hat noch mehr Qualitäten: Sie ist stabil bei extremen Temperaturen bis zu 250 Grad Celsius; wasserfest und hat dennoch ein hohes Wasseraufnahmevermögen, vergleichbar dem von Wolle; sie ist kaum durch chemische Prozesse angreifbar, widersteht mikrobiologischen Angriffen und ist doch biologisch abbaubar – und für den Menschen als Material so verträglich, dass die körpereigene Abwehr sie nicht als fremd erkennt und die Immunantwort nicht zuschlägt. Im Gegenteil: Sie gilt als wundheilungsfördernd, da die Seidenfäden bakteriostatisch wirken.

Seit mehr als zehn Jahren forscht die Ärztin für Plastische, Ästhetische, Hand- und Wiederherstellungschirurgie Christine Radtke mit ihrem inzwischen gut zwanzigköpfigen Team daran, das Naturprodukt therapeutisch zu nutzen. Man habe damals nach einem Trägermaterial gesucht, auf dem Nervenzellen im Zuge der Regeneration ganzer Nervenbahnen zielgerichtet entlangwachsen könnten. Denn auch wenn bei der Rekonstruktion von Nerven in jüngster Zeit Fortschritte gemacht wurden, bleibt der Ersatz von Nervenbahnen schwierig, und die Ergebnisse sind häufig suboptimal. Oft werden etwa bei Unfallopfern deren eigene Nerven verpflanzt – allerdings verwachsen zum einen die Enden manchmal nur schlecht miteinander, zum anderen können Störungen auftreten an jener Stelle, an der der Nerv entnommen wurde. Zudem lassen sich nur wenige Nerven für solche Zwecke überhaupt verwenden.

Immerhin können Nerven im peripheren Nervensystem – entgegen dem zentralen, also Rückenmark und Gehirn – von allein regenerieren; sie wachsen aber nur über kurze Entfernung zielge-

richtet. „Verletzte Nerven sprießen wie Wurzeln aus einem Stumpf, in alle Richtungen“, skizziert Christine Radtke den Vorgang plastisch. Und selbst unter optimalen Bedingungen bräuchten sie für einen Millimeter Strecke einen Tag. „Wenn sich die verletzten Nervenenden jedoch nicht schnell genug finden, degenerieren sie.“

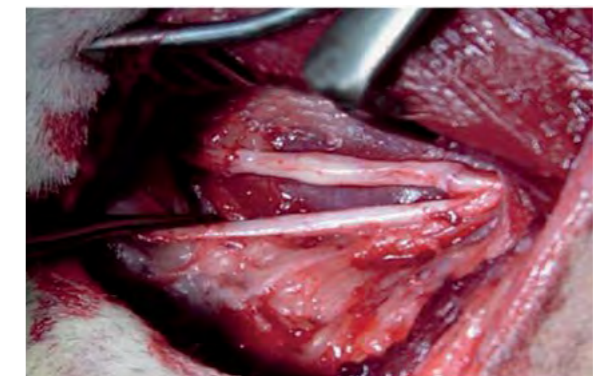
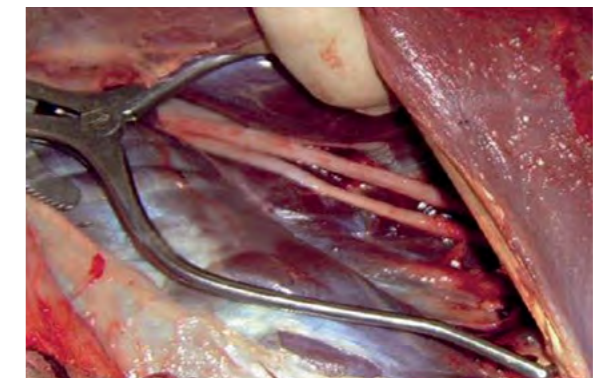
Inzwischen hat Christine Radtke gezeigt, dass Verbesserungen beim Prozess der Nervenregeneration möglich sind. Und eben hier kommt die Spinnenseide ins Spiel: „Wir benutzen sie als eine Art Leitschiene: Mit ihr geben wir die Wachstumsrichtung vor“, sagt die Wissenschaftlerin, die zugleich Leitende Oberärztin ist. Die Seide mit ihrer leicht klebrigen Oberfläche bietet den Zellen eine gute Haftung, unterstützt die Zellbewegung und fördert die Zellteilung.

Ein anderes therapeutisches Ziel verfolgt Professorin Dr. Manuela Gernert von der Tierärztlichen Hochschule Hannover, die auf der Expertise ihrer MHH-Kollegin aufsetzt. Sie will Spinnenseide quasi unmittelbar als Ankersystem nutzen, um transplantierte Nervenzellen im Gehirn von Epilepsiepatienten zu fixieren. Derzeit testen Wissenschaftler weltweit im Nagetiermodell einen neuen Ansatz: Sie transplantieren Vorläuferzellen von hemmenden Interneuronen in leicht erregbare Gehirnregionen. Diese Schaltneuronen unterdrücken die Reizübertragung auf die Nachbarzellen – und wirken damit anfallshemmend. Das Behandlungsziel ist also, Krampfanfälle in Folge einer Epilepsie möglichst zu vermeiden, epileptische Anfälle vielleicht sogar zu verhindern oder zumindest abzuschwächen.

Praktische Schwierigkeit dabei: „Die transplantierten Zellen sind sehr mobil und müssen so lange fixiert werden, bis sie sich in das neuronale Netz integriert haben“, sagt Manuela Gernert, die von der VolkswagenStiftung im Rahmen der Initiative „Experiment!“ unterstützt wird. Wenn es also auch hier gelänge, Spinnenseide in die betroffenen Gehirnregionen einzubringen, könnte sie dort in gleicher Weise wie zuvor beschrieben als eine Art Kleber für die Schaltneuronen dienen.

Die TiHo-Forscherin und ihr Team wollen die entsprechenden Transplantationsexperimente jetzt angehen und Interneurone und Spinnenseidefragmente im Verbund ins Gehirn applizieren. Dafür entwickeln sie eine mikrochirurgische Methode, die im Erfolgsfall ausgehend von den epileptischen auch bei anderen neurologischen Erkrankungen zum Einsatz kommen könnte.

Christine Radtke hat das System bereits an Ratten erprobt und an Schafen, denen sie ein längeres Stück vom Unterschenkelnerve entnommen und das Konstrukt aus Vene mit Spinnenseide eingesetzt hat. Acht, neun Monate nach dem Eingriff habe man das Gewebewachstum deutlich zeigen können, sagt sie. „Die motorischen Tests waren positiv, die Schafe konnten fast wieder normal laufen!“ Jetzt will sie zunächst untersuchen, wie schnell die sich regenerierenden Nervenzellen wachsen und wie zügig sich das Material Spinnenseide abbaut – um dann noch einen Schritt weiter zu gehen: „Wir wollen das Verfahren bald beim Menschen erproben!“ Christine Radtke hofft, einmal jede Entfernung durchtrennter oder fehlender Nervenstränge im Körper überbrücken zu können.



Ein neuer Nerv erreicht sein Ziel: Ein fehlendes Stück vom Unterschenkelnerve (hier beim Schaf) ist mithilfe der Spinnenseide wieder zielgerichtet gewachsen.

Fortsetzung von Seite 9 ...

Die beiden Wissenschaftlerinnen Christine Radtke und Manuela Gernert – die eine von der Medizinischen, die andere von der Tierärztlichen Hochschule Hannover (TiHo) – haben mit den Spinnen Spannendes vor: Sie wollen die Seidenfäden der Goldenen Radnetzspinne, die standesgemäß eigentlich in Tansania oder auf dem fünften Kontinent heimisch wäre, als therapeutisches Konstrukt nutzen. 50 bis 100 Meter Faden kann ein Erntegang bei einer einzelnen Spinne wie Nathalie ergeben.

Die Natur als Vorbild für künstliche Reflektoren: Blüten, die das Fledermausecho reflektieren

630 Anträge in der zweiten Ausschreibungsrunde: Nach wie vor hohes Interesse an der Initiative „Experiment! – Auf der Suche nach gewagten Forschungsideen“. 19 Projektvorschläge setzten sich diesmal im Wettstreit um eine Förderung durch.

Dr. Ralph Simon hat ein Ultraschallmikrofon neben einer Kaktusblüte (großes Bild) installiert, um Rufe der Blattnasen-Fledermaus (*Anoura geoffroyi*) bei Annäherung an die Blüte aufzunehmen. Der Kaktus ist auf die Sinnesleistungen des Tieres ausgerichtet; er präsentiert seine Blüte in einer schallabsorbierenden Wolle. Durch diesen Kontrastverstärkungsmechanismus nimmt das Tier das Ultraschallecho der Blüten lauter wahr als das der Umgebung. Unten links füttert der Forscher eine Kubanische Blumenfledermaus (*Phyllonycteris poeyi*) mit Nektar. Weiter zu sehen: die Blüte eines Nachtschattengewächses (oben links) mit einer Kleinen Blumenfledermaus (*Hylonycteris underwoodi*); oben rechts lockt *Mucuna holtonii* mit zu Echorefektoren umgeformten Blütenblättern eine Langzungen-Blumenfledermaus (*Glossophaga soricina*).

Extrem gefordert, dann gefördert: 19 aus 630 – soweit die nackten Zahlen. 19 „Experimente“ konnten in der zweiten Jahreshälfte 2014 an den Start gehen, darunter jenes von **Professorin Manuela Gernert** von der **Tierärztlichen Hochschule Hannover** (ins Bild gesetzt auf den Seiten 11-14). 630 Mitbewerberinnen und Mitbewerber hatten sich dem harten Auswahlverfahren gestellt. Nach 704 Anträgen in der ersten Runde, von denen 13 bewilligt wurden, zeigen die Zahlen: Das Interesse an der Initiative „Experiment!“ bleibt auch in der zweiten Wettbewerbsrunde hoch – die Erfolgsquote liegt bei drei Prozent gegenüber zuvor knapp zwei Prozent.

Bei vielen dieser „Experimente“ stehen neue Techniken und Methoden im Fokus. Zum Beispiel bei einem Projekt zur Konstruktion von Ultraschallreflektoren nach dem Vorbild echoreflektierender Blütenblätter. Fahrerlose Vehikel, Roboter und auch moderne PKWs besitzen heutzutage meist standardmäßig eingebaute Sonarsysteme zur Abstandsmessung; dies erfolgt per Ultraschallsignal. Doch das Potenzial ist bei Weitem nicht ausgeschöpft – Fledermäuse etwa, die sich mittels Ultraschallsensoren orientieren, nutzen vergleichbare Techniken weitaus differenzierter und ausgefeilter. Dies wiederum fordert evolutive Prozesse bei den Objekten ihrer Begierden in der Natur heraus: Nahrung liefernden Pflanzen.

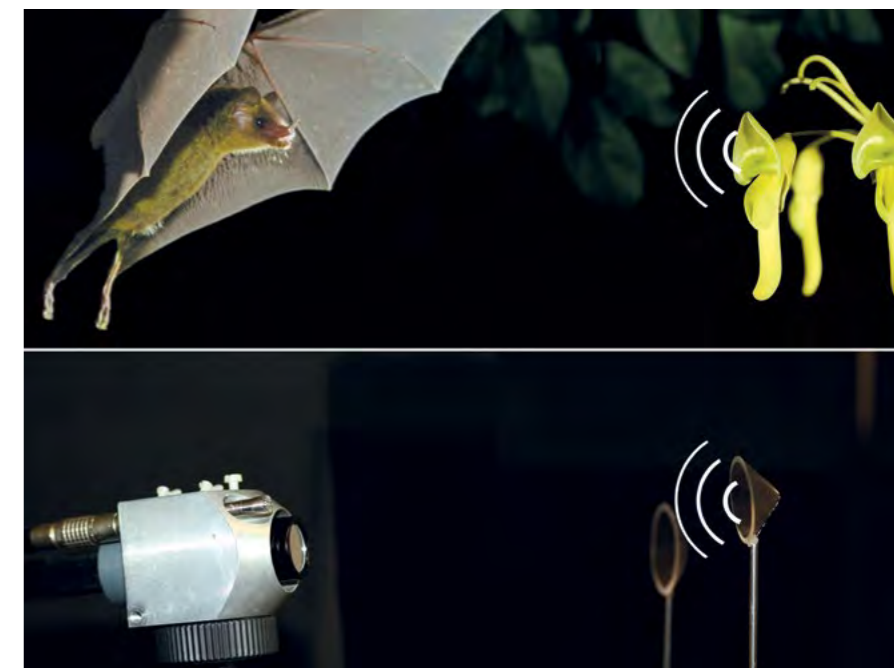
Dr. Ralph Simon und **Dr. Stefan J. Rupitsch** vom Lehrstuhl für Sensorik der **Universität Erlangen-Nürnberg** wollen den Pflanzen nun deren Tricks abschauen. Ziel ist es, bioinspirierte Ultraschall-

reflektoren für die Navigation von Robotern und fahrerlosen Fahrzeugen zu entwickeln. Als Vorbild dient ihnen die bis zu 15 Meter hohe, in Mittel- und Südamerika heimische Kletterpflanze *Marcgravia evenia*, die von Fledermäusen bestäubt wird. Ihre außergewöhnlich geformten Blütenblätter reflektieren Ultraschallsignale auf spezielle Weise: Das Signal erhält mit der „Antwort“ eine „spektrale Signatur“, mit der die Fledermäuse die Nektar tragenden Blütenstände von der sie umgebenden Vegetation unterscheiden können.

Die Idee der Forscher: Derartige echoreflektierende Blüten sollen als Muster für künstlich hergestellte Reflektoren dienen. Solche Reflektoren wären vermutlich günstig zu produzieren, leicht zu installieren, wartungsarm – und damit ideal geeignet für vielfältige Anwendungen. Simon und Rupitsch wollen unter anderem testen, ob und wie sich Roboter und später Fahrzeuge mithilfe von bioinspirierten Ultraschallreplikaten der natürlichen Blütenblattreflektoren durch eine künstliche Umgebung navigieren lassen. „Sollte das tatsächlich funktionieren, würde es die fahrerlose Fahrzeugnavigation revolutionieren“, sagt Ralph Simon.

Informationen zu allen 19 geförderten Projekten finden Sie in unserer Pressemitteilung vom 19. September 2014 unter www.volkswagenstiftung.de. Die 13 Projekte der ersten Auswahlrunde sind vorgestellt im Beitrag „Ein Experiment! Viel Rückenwind für Kreative“ in der Impulse-Ausgabe 2_2014.

Barbara Riegler



Chemie-Nobelpreis 2014 für Professor Stefan W. Hell vom Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie

Königlich-Schwedische Akademie der Wissenschaften würdigt die bahnbrechenden Arbeiten des Physikers auf dem Gebiet der ultrahochauflösenden Fluoreszenzmikroskopie. Der Jubel in Göttingen über die mit umgerechnet 880.000 Euro dotierte Auszeichnung war groß.



Stefan Hell verfolgte seine Ideen zunächst als „freier Erfinder“. Bereits früh von der VolkswagenStiftung unterstützt, entwickelte er nach seiner Zeit als Postdoktorand am EMBL in Heidelberg die jetzt prämierte STED-Mikroskopie ab 1993 zunächst in Turku, Finnland, dann ab 1997 am MPI für biophysikalische Chemie in Göttingen. Dort leitet er seit 2002 die Abteilung NanoBiophotonik.

Die Karriere des Nobelpreisträgers für Chemie **Professor Dr. Stefan W. Hell** begann mit dem spektakulären Bruch einer wissenschaftlichen Konvention. Rund zwei Jahrzehnte ist es her, da wagte er es, ein seit über hundert Jahren quasi unumstößliches wissenschaftliches Dogma anzuzweifeln: die „Abbe'sche Grenze der optischen Lösung“. Das Problem: Sichtbares Licht hat – je nach Farbe – eine bestimmte Wellenlänge von etwa 400 bis 700 Nanometern. Liegen nun zwei Objekte weniger als eine halbe Wellenlänge voneinander entfernt, ließen sie sich auch mit dem besten Lichtmikroskop nicht mehr einzeln trennscharf erkennen. Details unter 200 Nanometern blieben verschwommen – für Biologen und Mediziner eine massive Einschränkung, denn sie interessieren sich in lebenden Zellen für weitaus kleinere Strukturen.

Dies änderte sich mit Hells bahnbrechenden technischen Weiterentwicklungen in der Mikroskopie. Der Durchbruch kam 1999, als Hell die *Stimulated Emission Depletion Microscopy*, kurz: STED-Mikroskopie, entwickelte. Nun war es möglich, die bisherige Auflösungsgrenze optischer Mikroskope radikal

zu unterlaufen. Forscher können seitdem mithilfe der Fluoreszenzlichtmikroskopie und verwandter Techniken zahlreiche bis dato nicht abbildbare Vorgänge in lebenden Zellen studieren – etwa das komplizierte Zusammenspiel von Proteinen. Es wurde möglich, Zellstrukturen zu beobachten mit einer bis zu zehn Mal besseren Detailschärfe verglichen mit herkömmlichen Mikroskopen.

Mit Entwicklungen wie der STED-Mikroskopie und in der Folge weiteren Verfahren wie der 4Pi-Mikroskopie hat Hell ein Fenster in die Weiten des Nanokosmos lebender Zellen aufgestoßen. Insbesondere in der Erforschung der molekularen Ursachen von Krankheiten oder der Entwicklung von Medikamenten bietet die STED-Mikroskopie reichlich Potenzial, betont er: „Wenn sich direkt beobachten lässt, wie ein Medikament in der Zelle wirkt, könnte die Entwicklungszeit neuer therapeutischer Wirkstoffe enorm verkürzt werden.“ Die VolkswagenStiftung hat die Arbeiten Hells von Beginn an bis heute immer wieder gefördert.

@ mpibpc.mpg.de/de/nobelprize2014

Neue Technik macht's möglich: verloren geglaubte Schätze der Anna-Amalia-Bibliothek sind gerettet

Die Ausstellung „Restaurieren nach dem Brand“ in der zum Unesco-Welterbe zählenden Weimarer Bibliothek bilanziert die Folgen des Feuers. Die VolkswagenStiftung unterstützte die Entwicklung von Verfahren zur Restaurierung der Bücher mit einer Million Euro.



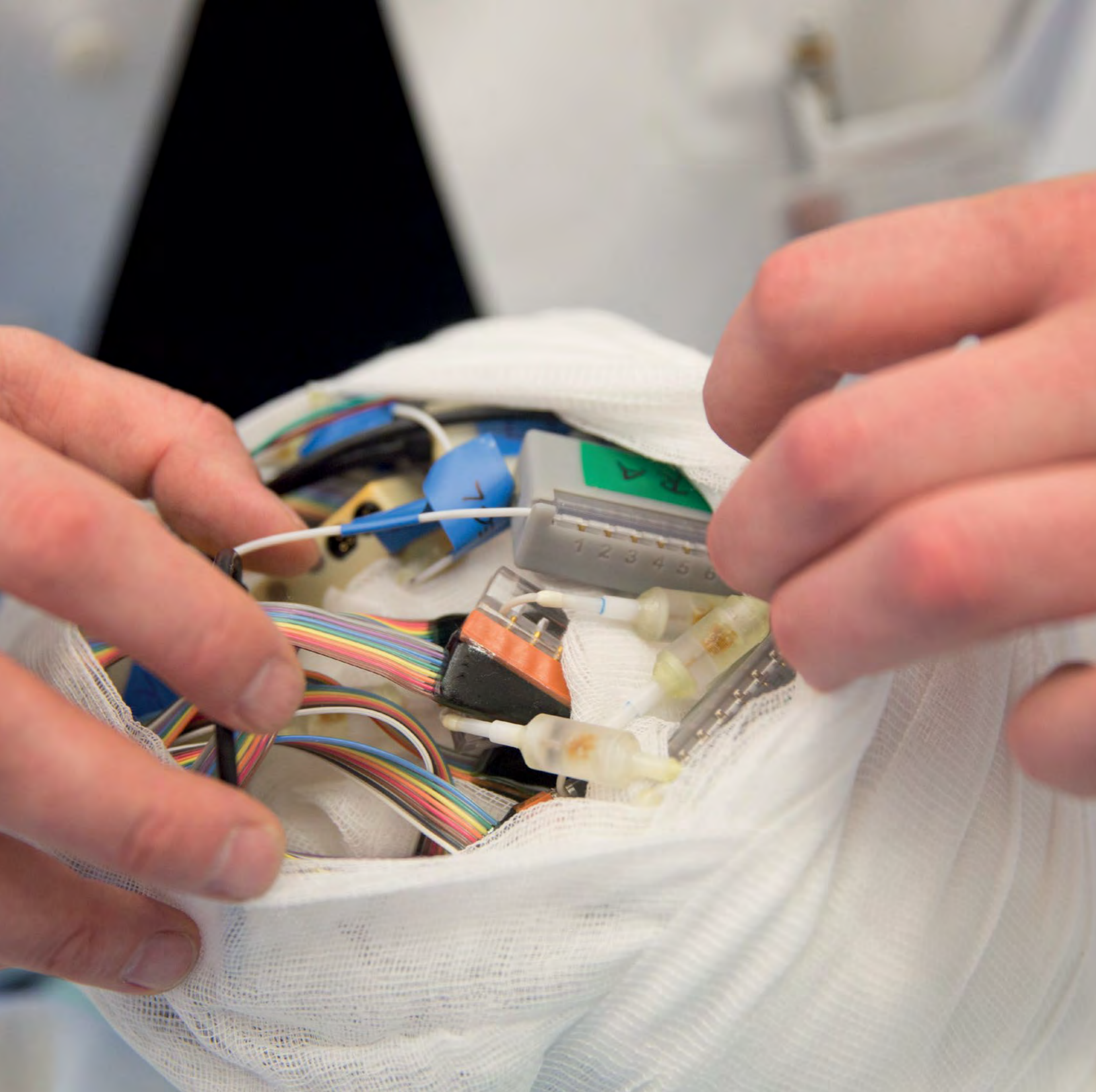
Die angekohlten und beschädigten Buchseiten werden vorsichtig mit einem Spatel voneinander getrennt, dann mit einem Pinsel gesäubert. Noch warten etliche Bücher auf eine solche Behandlung.

Vor zehn Jahren brannte die Herzogin-Anna-Amalia-Bibliothek in Weimar. Danach lief für die 118.000 geborgenen Bücher eine internationale Rettungskampagne an: Es gelang, einen Großteil der Preziosen zu restaurieren. Europaweit beteiligten sich 27 Werkstätten mit unterschiedlicher Expertise daran, dass beschädigte Bücher anhand gemeinsam erarbeiteter Kriterien den Weg zurück in die Regale finden. Die Stiftung stellte seinerzeit Gelder bereit für die Entwicklung und Etablierung neuer Restaurationsmethoden und -techniken.

Erfolge und Erfahrungen aus diesem Prozess sind aktuell in der **Ausstellung „Restaurieren nach dem Brand“** zu sehen, die noch bis zum **9. August 2015** in Weimar läuft (Platz der Demokratie 1; Dienstag bis Sonntag 9.30 bis 17.00 Uhr, Eintritt frei). Gezeigt wird zum einen, was Feuer und Wasser Büchern antun, deren Einbände aus Pergament, Leinen oder Leder angreifen oder zerstören. Die Schau verdeutlicht dies am Original, in Mikroskopaufnahmen, anhand von Grafiken, kurzen Filmen. Zum anderen werden verschiedene Restaurierungstechniken bis ins Detail vorgestellt. Dabei

wird dem Besucher immer wieder klargemacht, dass es zuallererst um „Mengenrestaurierung“ geht und ging, nicht um liebevolle Detailarbeiten. Entsprechend war es nicht das vordringliche Anliegen, Brandschäden unsichtbar zu machen – im Gegenteil: Sie dürfen den Büchern als Teil ihrer Geschichte durchaus eingeschrieben bleiben.

Wichtigstes Ziel war und ist es, die Werke langfristig im Original zu erhalten und benutzen zu können. Dies gilt umso mehr für die Aschebücher, deren Umschläge vollständig verbrannt sind und deren Papierkörper von außen her angebrannt wurde. Die Unterstützung der Stiftung machte es möglich, dass in einer Werkstatt der Anna-Amalia-Bibliothek ein Verfahren entwickelt wurde, mit dem im Massenbetrieb sogar stark angekohlte Seiten wieder in Form gebracht und geschmeidig gemacht werden. Auch dies wird eindrücklich vorgestellt. Darüber hinaus wird spürbar, dass es den Initiatoren ein Anliegen ist, ihre Erfahrungen aus diesem weltweit bislang größten Buch-Restaurierungsprojekt zu dokumentieren und für vergleichbare Herausforderungen nutzbar zu machen.



Hirnzellen außer Kontrolle

Zu verstehen, wie das Gehirn funktioniert, ist ein Menschheits-
traum, den Florian Mormann teilt. Der an der Universität Bonn ver-
ankerte Lichtenberg-Professor erforscht die Aktivität einzelner
menschlicher Nervenzellen mit-
hilfe haarfeiner Mikroelektroden. Er gewinnt so Erkenntnisse über
Wahrnehmung und Gedächtnis
– und bereitet zugleich den Weg
für neue Therapien gegen Hirn-
erkrankungen wie die Epilepsie.

Dass unser Gehirn gern als „Schaltzentrale“ bezeichnet wird, bekommt
bei diesem Blick in den Schädel eines Epilepsiepatienten eine etwas
anders gelagerte Bedeutung. An der Schnittstelle von Forschung und
Therapie sollen Mikroelektroden helfen, die Erkrankung zunächst
besser zu verstehen. Das Verfahren ist einzigartig in Europa.

Außerlich ist das menschliche Gehirn eine grau-weiße Masse, die weitgehend aus Wasser, Eiweiß und Fett besteht und gerade einmal rund 1500 Gramm wiegt. Sein Inneres jedoch ist voller Geheimnisse; hier verbergen sich etwa hundert Milliarden Nervenzellen, die durch Synapsen in Verbindung stehen. Diese Neurone kommunizieren über biochemische Botenstoffe und elektrische Signale. Wie die Zellen sowohl im Einzelnen als auch im großen, übergreifenden Verbund funktionieren, liegt noch weitgehend im Verborgenen; zahllose, teils äußerst komplexe Prozesse laufen hier ab, die manchmal kaum zu greifen, in jedem Fall aber unglaublich faszinierend sind.

Um den Geheimnissen der genialen grauen Zellen auf die Spur zu kommen, beobachten Wissenschaftler sie oft von außen – etwa mithilfe von Elektroenzephalografie (EEG) oder Magnetresonanztomografie (MRT). Manch einer kennt diese Geräte und Verfahren aus dem Klinikbetrieb, sie kommen jedoch ebenso in der Forschung zum Einsatz. Hingegen verbieten sich normalerweise Untersuchungs- oder gar Forschungsmethoden, die im Innern des menschlichen Schädels ansetzen beziehungsweise wirken. Viel zu empfindlich ist das Gehirn; seine Schädigung könnte zu schweren Ausfällen oder Krampfanfällen führen bis hin zu einem dauerhaften Verlust an Funktionen.

Was das heißen kann, erleben regelmäßig zum Beispiel mehr als 600.000 Epilepsiepatienten in Deutschland. Bei ihnen ist das Gleichgewicht der

elektrischen Ströme im Gehirn durcheinandergeraten. Es kommt zu Entladungen von Nervenzellgruppen über das gesamte Gehirn oder zumindest einige Teilregionen. Krampfanfälle, Bewusstseinsstörungen und funktionelle Ausfälle können die Folge sein. Das chronische Anfallsleiden tritt in jedem Alter auf, lässt sich in zwei Drittel aller Fälle jedoch gut medikamentös behandeln. Bei einem Drittel der Betroffenen wirken Tabletten hingegen nicht oder werden nicht vertragen. Zwanzig Prozent dieser schwer behandelbaren Patienten profitieren immerhin von einer Operation – bleiben zehn bis 15 Prozent „Epilepsie-Sorgenkinder“. Die Zahlen zeigen: Der Bedarf, Ursachen und Behandlung der Epilepsie zu erforschen, ist groß.

„Weltweit gibt es nur einige Dutzend Zentren, die sich auf diese Klientel und damit dieses Arbeitsgebiet spezialisiert haben“, betont Professor Dr. Dr. Florian Mormann. Die Klinik für Epileptologie der Universität Bonn, an der er seit 1998 mit Unterbrechungen forscht, ist eines davon. Auch für schwer behandelbare Patienten mit sogenannter fokaler Epilepsie – die Anfälle gehen von einem bestimmten Bereich des Gehirns aus und betreffen stets nur eine Hirnhälfte – ist die Bonner Klinik eine Anlaufstelle. „Die Betroffenen kommen mit dem Anliegen, den Fokus der Epilepsie zu lokalisieren und dann operativ zu entfernen, um anfallsfrei zu werden“, erklärt Mormann. Ob das möglich ist, lasse sich in den meisten Fällen mithilfe herkömmlicher Untersuchungsmethoden klären. Doch bei Jahr für Jahr



durchschnittlich etwa dreißig Patienten reicht der diagnostische Blick von außen nicht. Kann man den Betroffenen trotzdem helfen?

Elektroden in die Schläfenlappen – oder: Forschung, um den Anfall einmal ausbremsen zu können

Man kann. „Operation vor der Operation“ lautet die Antwort, und sie klingt zunächst überraschend. Doch nur so wird Mormanns Forschung im Inneren des menschlichen Hirns möglich. Zunächst pflanzen Neurochirurgen mit dem Ziel, die elektrische Hirnaktivität zu messen, im Zuge dieser prächirurgischen Epilepsiediagnostik zwölf Elektroden in die Schläfenlappen des Gehirns ein. Dieser Teil des Gehirns ist nicht nur der Ort, an dem die meisten fokalen epileptischen Anfälle ihren Ausgang nehmen; er spielt auch eine wichtige Rolle für die Wahrnehmung der Umgebung und das autobiografische Gedächtnis. Mormann ist bei diesem ersten Eingriff im OP schon mit dabei. Er selbst schiebt dann in einem zweiten Schritt in die Hohlräume der implantierten Elektroden – man könnte sie auch als Makroelektroden bezeichnen – die zusätzlichen, für seine Forschung entscheidenden Mikroelektroden. Für die Patienten stellt das kein zusätzliches Risiko dar.

Mit der Methode will er nun nicht nur die Fehlfunktion bei Epilepsie, sondern zugleich die normale Hirntätigkeit der Patienten untersuchen. Das Besondere ist: „Wir können auf diese Weise die

elektrischen Impulse einer einzelnen Nervenzelle beobachten“, sagt der Forscher mit leuchtenden Augen und deutet auf den Monitor, auf dem man neben „klinischen“ EEG-Kurven für die Epilepsiediagnostik nun auch zusätzlich jene sieht, die sich aus den Aufzeichnungen der Mikroelektroden ergeben. Er könne hier den Nervenzellen quasi beim Denken zuschauen, strahlt er nun übers ganze Gesicht. Und weiter im Takt: „Was wir hier tun, Einzelzell-Elektrophysiologie am Menschen, das ist vermutlich einzigartig in Europa!“ Noch bis vor Kurzem seien solche Messungen mit invasiven Mikroelektroden nur bei Tieren möglich gewesen. Dann wird er gleich wieder ernst. Diese Forschung sei wirklich *high end*: „Die lässt sich alles andere als mal so eben nebenbei leisten!“

Inzwischen hat der Nachwuchswissenschaftler aber die erforderliche Muße, die Zeit und reichlich Mittel. Seit Februar 2013 unterstützt ihn die VolkswagenStiftung als Lichtenberg-Professor für Klinische und Kognitive Neurophysiologie mit einer Fördersumme von insgesamt 1,2 Millionen Euro für fünf Jahre. Ziel dieser speziellen Form der Stiftungsförderung ist es, dass eine exzellente Wissenschaftlerin oder ein Wissenschaftler einen eigenen, neuen Forschungszweig innerhalb eines größeren Wissenschaftsgebietes aufbauen kann an einer dafür ausgewiesenen Hochschule der Wahl – was schon zeigt, dass jene wiederum klug gewählt sein will. Die Hochschule selbst erhält dadurch die Chance, ihr Profil auf diesem Arbeitsfeld zu schärfen.

Ulrich Mühlemeyer leidet schon lange unter schweren krampfartigen Anfällen; die elektrischen Ströme in seinem Gehirn geraten immer wieder aus dem normalen Takt. Der Epileptiker ist einer jener Patienten, denen Florian Mormann sogenannte Tiefenelektroden zur invasiven EEG-Ableitung im Zuge einer prächirurgischen Epilepsiediagnostik eingesetzt hat.



Professor Florian Mormann von der Universitätsklinik für Epileptologie in Bonn bespricht die letzten Patiententests mit Dr. Thomas Reber, Postdoktorand in seiner Arbeitsgruppe. Vor ihnen liegen Messungen lokaler Feldpotenziale; aus Kurven und Ableitungen destillieren sie das spezifische Entladungsverhalten einzelner Nervenzellen im Gehirn eines Epilepsiepatienten.



Mithilfe der implantierten Tiefenelektroden kann Florian Mormann zum Beispiel sehen, welche Nervenzellen auf bestimmte wiederkehrende Bilder reagieren, die den Patienten gezeigt werden. Mormann, der sowohl die Forschung als auch die Therapie im Blick hat, wird bei seiner Arbeit von zahlreichen Kollegen unterstützt. Hier tauscht er sich mit EEG-Assistentin Leonarda Parduzi aus, die das Patientenmonitoring begleitet.

Die Stiftungsgelder sichern dabei nicht nur Professur, Material und anderes mehr, sie ermöglichen auch den Aufbau einer Forschergruppe, in die Nachwuchswissenschaftler unterschiedlicher Qualifizierungsstufen bis hin zu studentischen Mitarbeitern eingebunden sind. Florian Mormann selbst, dreifacher Familienvater, hat an der Universität Bonn inzwischen Planungssicherheit und damit eine längerfristige Perspektive.

Die Chancen für ihn, auf diesem Weg mit einer dauerhaften Professur an einer deutschen Hochschule Fuß zu fassen, stehen jedenfalls gut. Es scheint fast so, als fundiere er seine Karriere ebenso handfest und zielorientiert, wie er sein Forschungsfeld samt Methode etabliert und kontinuierlich weiterentwickelt. Seine Vita spiegelt den engagierten Wissenschaftler wider: Neben Studium und Promotion sowohl in Physik als auch Medizin arbeitete er bereits als Arzt in der Epileptologie der Uniklinik Bonn; dort startete auch seine wissenschaftliche Karriere. „Hirnforschung hat mich schon immer interessiert“, betont der 41-

Jährige. Forschungsergebnisse veröffentlichte er mehrfach in renommierten Fachzeitschriften wie „Nature“ oder „Brain“. Bereits in recht frühen Phasen seiner wissenschaftlichen Ausbildung erhielt er nationale und internationale Auszeichnungen: darunter allein zwei Mal den *Young Investigator's Award* der *American Epilepsy Society*, mehrere *Travel Fellowships* und nicht zuletzt ein Stipendium am *California Institute of Technology* (Caltech) in den USA. Dort lernte er das Handwerkszeug für die Methode, die er später verfeinerte und nach Europa mitbrachte.

Der Clou der Methode: die Aktivität einzelner Neurone tagelang verfolgen zu können

Als unglaublich spannend bezeichnet er die Jahre 2006 bis 2009, in denen er als Postdoktorand renommierten Hirnforschern wie Christof Koch am Caltech und Itzhak Fried an der *University of California* (UCLA) „über die Schulter schauen“ konnte. Beide Koryphäen hatten bereits 2005

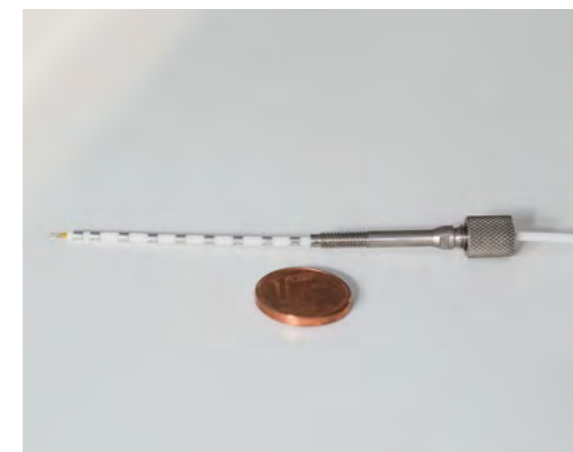
Patienten mit schwer behandelbaren Formen der Epilepsie untersucht. Um den Ursprung der epileptischen Anfälle aufzuspüren, erhielten acht von ihnen Elektroden ins Gehirn eingepflanzt. Zusätzlich setzten die klinischen Forscher jedem Betroffenen im Schläfenlappen Dutzende von Mikroelektroden aus Platin ein mit einem Durchmesser von nur 40 Mikrometern – so dünn wie ein menschliches Haar. Der Clou dabei: Die Mikroelektroden wurden einfach durch den Hohlraum im Inneren der Elektroden geschoben. „Man hätte diese Methode, die ja ein sehr effektives Verfahren ist, vielleicht schon vor dreißig Jahren anwenden können, nur hatte niemand die Idee“, sagt Florian Mormann. Die Technik biete die außergewöhnliche Chance, die Aktivität einzelner Neurone tagelang verfolgen zu können, während die Patienten Bilder auf dem Laptop betrachten, Erinnerungen wachrufen oder andere Aufgaben ausführen.

Nach der Operation zeigten die Wissenschaftler den Probanden zum Beispiel Fotos berühmter Menschen. Während die Patienten sich diese am Computer ansahen, wurden die elektrischen Ströme jener Nervenzellen gemessen, in deren Nähe die Elektroden lagen. Die Forscher stellten fest, dass einzelne Zellen als Antwort auf bestimmte Bilder elektrische Signale aussandten. So beobachteten sie bei einem Patienten Impulse auf Abbildungen der amerikanischen Schauspielerin Jennifer Aniston. Für jedes von sieben gezeigten Fotos „feuerte“ jeweils die gleiche Nervenzelle. Auf Dutzende anderer Berühmtheiten hingegen reagierte

diese Zelle nicht. Einen anderen Patienten ließ Jennifer Aniston dagegen völlig kalt. Seine Nervenzellen aktivierten ihr Potenzial bei Bildern des Bond-Girls Halle Berry. Bemerkenswert war, dass die Neurone selbst auf den gedruckten, teils sogar den gesprochenen Namen der Schauspielerin reagierten. Die Wissenschaftler vermuteten, dass die spezialisierten Nervenzellen in der untersuchten Region nicht nur das fotografische Abbild, sondern ein Konzept im Langzeitgedächtnis speichern – sie sprechen also auf jede Form der „Darstellung“ des Objekts an.

Große Netzwerke oder kleinere Zellverbände: Wie speichert das Gehirn Gedächtnisinhalte?

Spätestens seitdem streiten Neurowissenschaftler (wieder) darüber, wie das Gehirn Gedächtnisinhalte speichert. Einer Theorie zufolge wird die Repräsentation einer einzelnen Erinnerung über größere Nervenzellverbände, über Millionen oder gar Milliarden Neurone verteilt aufbewahrt. Dem standen nun plötzlich und stehen diese Erkenntnisse entgegen. Danach „reichen“ dafür relativ wenige – einige Tausend – Neurone. Dies erscheint durchaus plausibel, sagt Mormann. Denn Verbindungen über weit verteilte große Netzwerke zu erzeugen, sei offenkundig recht zeitaufwendig; „sparsam konstruierte“ Netze hingegen arbeiteten schneller und einfacher: Sie müssten nur wenige Bezüge zwischen den das jeweilige Konzept repräsentierenden Zellgruppen herstellen.



Detailaufnahme einer Tiefenelektrode mit Mikrofasern an ihrem Ende. Auf dem Bildschirm sind die von den Elektroden aufgezeichneten Aktionspotenziale zu sehen.



Im menschlichen Gehirn spielt der Schläfenlappen eine zentrale Rolle für die Wahrnehmung und das Gedächtnis. Zugleich ist er ein entscheidender Entstehungsort epileptischer Anfälle. Florian Mormann (rechts) erläutert Zuhörern, was seine Messungen des Entladungsverhaltens einzelner Nervenzellen im Gehirn von Epilepsiepatienten ergeben haben. Die Weitergabe von Wissen ist ihm wichtig. Besonders dankbar ist er Mutigen wie Ulrich Mühlemeyer (links), von deren Einsatz für die Wissenschaft noch viele profitieren werden.



Das Phänomen jedenfalls der seitdem so bezeichneten „Jennifer-Aniston-Zellen“ und die Einzelzellforschung faszinierten Florian Mormann derart, dass er sie in Deutschland etablieren wollte. „Ich bin aus den USA zurückgekehrt, weil ich in meiner Heimat einen interdisziplinären Forschungsbe- reich aufbauen möchte, den es in der deutschen Forschungslandschaft so noch nicht gibt“, hat er sich vorgenommen. Keine andere Hochschule, keine andere Klinik war dafür besser geeignet als seine Alma Mater. „Die Universitätsklinik in Bonn ist eines der wenigen Epilepsiezentren weltweit, das ausreichende Patientenzahlen für diese Untersuchungen hat“, erklärt er: Über 3000 von Epilepsie Betroffene aus dem In- und Ausland werden

hier jährlich betreut. 2011 war er dann soweit, die Methode dort selbst anwenden zu können.

Die Einzelzell-Elektrophysiologie beim Menschen: einzigartige Forschung mit Therapie als Perspektive

Florian Mormann setzt bei seiner Arbeit auf ein interdisziplinäres Forscherteam: „Die Mediziner bringen ihre Erfahrungen zum Krankheitsbild ein; die Psychologen entwickeln Testreihen für die Probanden; die Physiker sind gefragt, wenn es um die Auswertung der EEG-Kurven geht; die Biologen durchblicken die molekularen Prozesse.“ Dennoch lässt er es sich nicht nehmen, bei jeder

Operation, jedem Verbandswechsel, jeder Messung und Auswertung dabei zu sein. Dank seiner Doppelqualifikation als Physiker und Mediziner beherrscht er neben dem jeweiligen Fachwissen sowohl das handwerkliche Können des Mediziners als auch die Methoden und Techniken, die für die Experimente notwendig sind und für die Auswertung der Daten. Dabei stieß er immer wieder auch an Grenzen. „Jeder Fehler, jede Mauer führte dann aber letztlich wieder zu einer Verbesserung der Methode.“

Als Beispiel nennt er die haarfeinen Drähte der Mikroelektroden, die an den Anschlussstellen sehr schnell brachen und dadurch Messstörungen verursachten. In Kooperation mit dem Hersteller entwickelte Mormann eine wirksame Ummantelung aus Epoxidharz. Außerdem kreierte er mit einem Unternehmen für EEG-Messtechnik einen neuen Verstärker, der sowohl die klinischen als auch die wissenschaftlichen Ableitungen der Probanden auf dem Monitor für die mathematischen Ableitungen gleichzeitig darstellt. Mit diesen Änderungen sind die Messergebnisse nun genauer und rund um die Uhr sichtbar. „Eine so deutliche Darstellung der Signale findet man vermutlich nirgendwo sonst auf der Welt“, freut sich Florian Mormann.

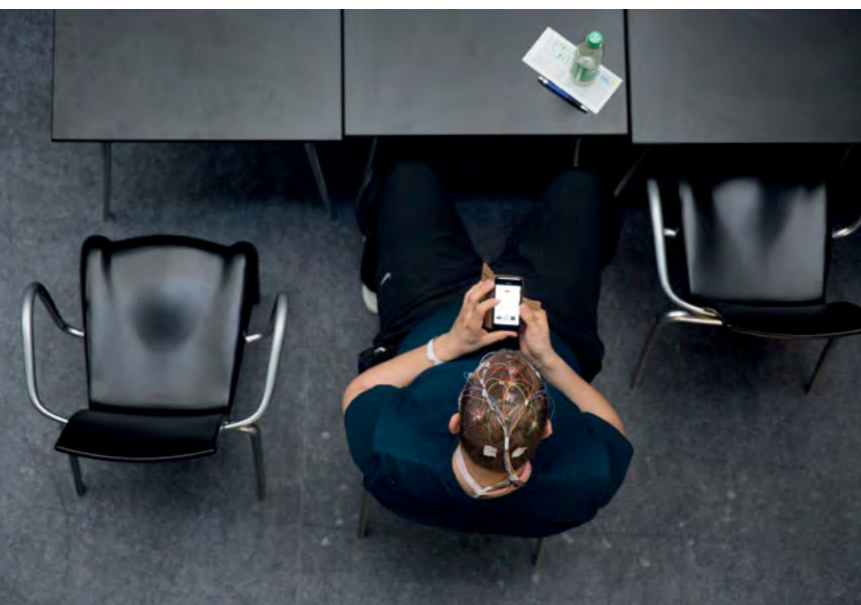
Auch die bereits vorliegenden Ergebnisse der ja noch recht „jungen“ Lichtenberg-Professur sind vielversprechend: „Wir haben herausgefunden, dass bestimmte Hirnregionen auf bestimmte

Stimuli stärker reagieren.“ Im Hippocampus sprechen die Neurone spezifisch auf Personen und damit verbundene Begriffe an. Die Region der rechten Amygdala reagiere auf Tiere, während Nervenzellen im Parahippocampalen Cortex eher bei räumlichen Abbildungen und Landschaften aktiv würden.

Ein weiteres Ziel: der Sprung zur Behandlung vieler Hirnerkrankungen – nicht nur der Epilepsie

„Wenn es uns gelingt, die Mechanismen der Gedächtnisspeicherung zu verstehen, könnte dies auch klinisch-therapeutische Bedeutung haben für andere Hirnerkrankungen wie Formen der Demenz“, gibt Florian Mormann zu bedenken. Möglicherweise ließe sich die Methode auch auf andere Hirnregionen übertragen: „Es gibt mehr und mehr Erkrankungen, bei denen Elektroden ins Gehirn eingesetzt werden; die meisten Erfahrungen gesammelt hat man bei Parkinson oder inzwischen auch bei Patienten, die an schweren Depressionen leiden.“ Und überall dort, wo man Elektroden zu diagnostischen oder therapeutischen Zwecken ins Gehirn implantiert, seien wiederum begleitende wissenschaftliche Untersuchungen denkbar.

Grundlegendes dazu haben Mormann und sein Team ohne Zweifel geleistet. „Die Einzelzell-Elektrophysiologie am Menschen ist ein einzigartiger Forschungsbereich, den es in Europa so kein zweites



Welche Nervenzellen reagieren auf welche Bilder? Tests, die auf die Beantwortung solcher Fragen zielen, stellen sich inzwischen einige Betroffene in der Bonner Klinik – hier ein Patient mit an der Kopfhaut angebrachten Oberflächenelektroden für EEG-Ableitungen.

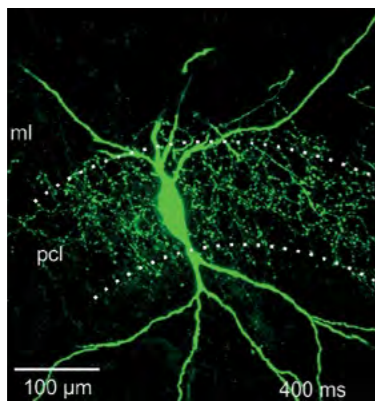
Mal gibt. Darauf bin ich stolz“, sagt der Lichtenberg-Professor. Die Förderung der Volkswagen-Stiftung habe Entscheidendes dazu beigetragen: „Zu den Ergebnissen und Erkenntnissen, die wir jetzt bereits vorweisen können, wären wir bei den üblichen Rahmenbedingungen von Wissenschaftsförderung wohl kaum gelangt“, setzt er mit Nachdruck hinzu. Bisher versteht Mormann seine Arbeiten als Grundlagenforschung. Doch er ist zuversichtlich, dass man bald schon viel bes-

ser durchschauen wird, wie epileptische Anfälle entstehen – und sich daraus dann zügig therapeutischer Nutzen ziehen lässt. Schon bald, hofft er, sei es weitaus detaillierter als bislang möglich, die beteiligten Regionen im Gehirn schneller und passgenau zu erkennen. Im besten Fall werde man irgendwann in absehbarer Zukunft individuelle Medikamente für jeden Patienten finden und die Behandlungsmöglichkeiten einer Epilepsie spürbar verbessern können.

Florian Mormann und sein Team nach der Mittagspause auf dem Rückweg durch ein Waldstück zur Klinik für Epileptologie: die Neurowissenschaftler Johannes Niediek und Simeon Knieling (vorn, von links) sowie Dr. Thomas Reber und Diplomphysikerin Kader Sara Tutar (hinten).



Kurzschluss im Gehirn – wie Epilepsie auch ausgelöst werden kann



Hemmende Interneurone verschaffen unserer Denkkontrolle bei Überlastung eine Ruhepause.

Das Gehirn leistet täglich Enormes: zum Beispiel, wenn detaillierte Erinnerungen an vergangene Ereignisse abgerufen werden oder auf der Grundlage von Erkenntnissen und Erfahrungen argumentativ wohl durchdachte wichtige Entscheidungen zu treffen sind. Um solche Aufgaben zu meistern, müssen Nervenzellen im Gehirn eine ausgewogene und zeitlich präzise Balance zwischen Aktivitäts- und Ruhephasen einhalten.

Ist diese Balance gestört, kann es zu neurologischen Erkrankungen wie Epilepsie oder Schizophrenie kommen. Die **Lichtenberg-Professorin Marlene Bartos** sowie die Molekularmediziner **Jonas-Frederic Sauer** und **Michael Strüber** von der **Universität Freiburg** haben vor Jahresfrist herausgefunden, dass das Gehirn offenbar dringend benötigte Ruhephasen „erzwingen“ kann – in die Wege geleitet durch eine Art Kurzschluss.

„Dabei spielen Nervenzellen, die andere Zellen in ihrer Aktivität beeinflussen – sie also sowohl erregen als auch hemmen können –, eine größere und komplexere Rolle als bisher angenommen“, sagt Bartos. Gerade die Unterdrückung von Aktivität ist wichtig, damit das Gehirn überhaupt Informationen verarbeiten kann. Ohne eine solche Hemmung wären alle Nervenzellen gleichzeitig aktiv, und das Gehirn wäre effektiv lahmgelegt. Das Interesse der Forscher konzentrierte sich auf sogenannte Interneurone. Diese Zellen können einerseits für „Aktivität“ sorgen und andere Nervenzellen „erregen“; sie senden dann Signale aus, die das elektrische Potenzial der Empfängerzellen in eine positive Richtung verschieben. Demgegenüber garantieren sogenannte hemmende Interneurone besagte Ruhephasen im Gehirn.

Durch eine Kombination verschiedener Methoden und unter Verwendung dünner Gewebeschnitte vom Mäuse- und Rattenhirn untersuchten Bartos und Kollegen, wie diese Interneurone sich vernetzen und wie sich ihre Funktion auf das gesamte neuronale Netzwerk auswirkt. Bislang war von den Zellen im Wesentlichen nur bekannt, dass sie sich in Bau und Funktion stark voneinander unterscheiden. Eingangs ihrer Versuche vermuteten die Forscher noch, dass die aktivitätshemmenden Interneurone eine Blockierung verursachen, indem sie die

Spannung der Zielzelle in negativer Richtung verändern. Nun jedoch fand das Freiburger Forscherteam heraus, dass solche Interneurone ihre Zielzellen auch auf eine zweite Art zu bremsen vermögen – sie verursachen einfach ganz abrupt einen „elektrischen Kurzschluss“.

Die unmittelbare Folge: Die Zielzellen sind für einen kurzen Zeitraum überhaupt nicht für erregende Signale empfänglich. Damit greifen die Interneurone nicht nur stark in das Aktivitätsniveau, sondern gerade auch in den zeitlichen Ablauf von Erregungsmustern ein. Und nicht nur das: Da die unterschiedlichen Kombinationen, mit denen diese Zelltypen verknüpft werden, auch unterschiedlich arbeiten, ist die hemmende Wirkung viel flexibler und vielseitiger als bisher vermutet, fanden die Wissenschaftler heraus. Davon ausgehend gelangten sie gar zu der Hypothese, dass wahrscheinlich generell die Fähigkeit zur Informationsverarbeitung im Gehirn deutlich größer sein muss als bislang angenommen.

Welcher der beiden Wirkungsmechanismen von den Interneuronen im Übrigen verwendet wird, hängt offenbar von dem jeweiligen Hirnareal ab. Denn während die Interneurone im Hippocampus beispielsweise das elektrische Potenzial ihrer Zielzellen ins Negative verschieben, benutzen die Interneurone des benachbarten *Gyrus Dentatus* den elektrischen Kurzschluss zur Hemmung.

WEITERE PROJEKTE

Diese Gehirnregion ist dafür bekannt, dass Änderungen in der Balance zwischen Anregung und Hemmung zu Epilepsie führen können. Die Arbeit der Wissenschaftler um Marlene Bartos hilft somit dabei, klinische Störungen dieser Balance besser zu verstehen. Das kann künftig durchaus ein wichtiger Grundstein sein, effektivere Therapien zu entwickeln – gerade zur Behandlung bestimmter Formen der Epilepsie.

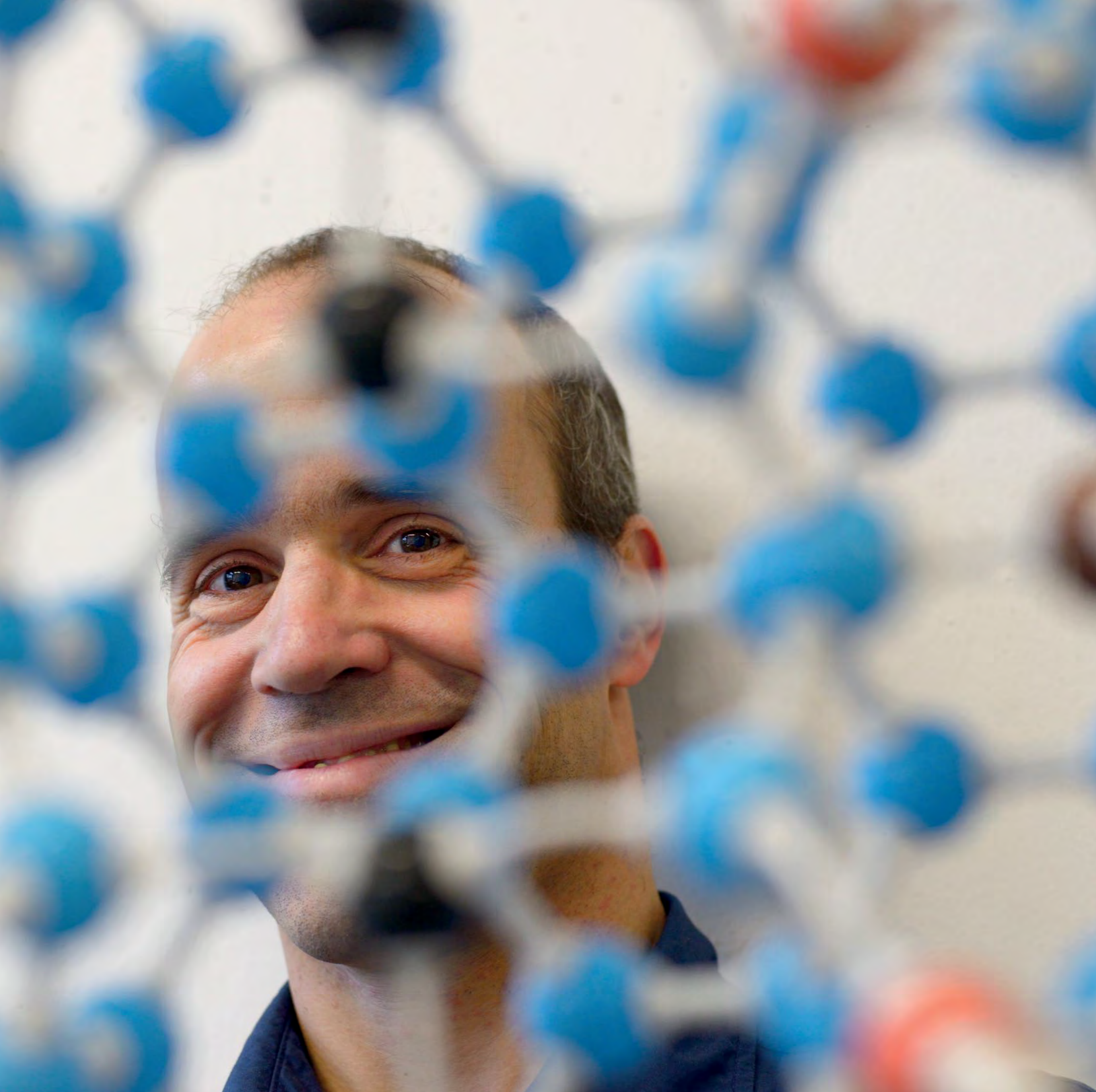
„*The Journal of Neuroscience*“: Savanthrapadian S, Meyer T, Elgueta C, Booker SA, Vida I, and Bartos M (2014) Synaptic Properties of SOM- and CCK-Expressing Cells in Dentate Gyrus Interneuron Networks. *Journal of Neuroscience* 34(24): 8197-8209; doi: 10.1523/JNEUROSCI.5433-13.2014

@ Originalveröffentlichung: jneurosci.org

Christian Jung



Für ihre Lichtenberg-Professur wechselte die Biologin Marlene Bartos 2009 von der Universität Aberdeen in Schottland an die Universität Freiburg. Zuvor forschte sie an der Universität von Pennsylvania in Philadelphia, USA.



Zoom ins Innere des Lebendigen

Moleküle und Elektronen als Bauteile für die Elektronik nutzen, Proteine bei der Arbeit beobachten können, eine Werkzeugpalette für genetische Schaltelemente schaffen: So wie Jascha Repp, Peter Güntert und Jörg Hartig haben viele Lichtenberg-Professoren Forschern weltweit durch die Etablierung neuer Methoden, Techniken und Verfahren Werkzeuge an die Hand gegeben, um spannende Fragen zu beantworten – und sie manchmal überhaupt erst stellen zu können.

Hat gut lachen: Er ist einer von denen, die vor Jahren den Grundstein gelegt haben für eine neue Elektronik. Lichtenberg-Professor Dr. Jascha Repp vom Institut für Experimentelle und Angewandte Physik der Universität Regensburg ist es mit seinem Team gelungen, Moleküle so zu „verdrahten“ und komplex zu verknüpfen, dass sie sich als Schalter nutzen lassen. Hier blickt er durch das Modell einer Siliziummolekül-Oberflächenrekonstruktion.

Auf der Suche nach immer kleineren und effizienteren Computern und anderen elektronischen Geräten greifen Wissenschaftler seit einigen Jahren nach Komponenten, die zunächst für einen solchen Einsatz ungewöhnlich erscheinen: Moleküle. Sie sollen die Bauteile der Zukunft sein; mit ihnen lassen sich Größenordnungen von nur noch wenigen Nanometern Schalterlänge erreichen. Entsprechend „konstruierte“ Schalter benötigten wohl allenfalls ein Hundertstel des Raumes, den ein moderner Siliziumschalter einnimmt, meinen die Fachleute aus Wissenschaft und Industrie.

Dass Schalter, Speicherelemente, Dioden oder Transistoren „auf Molekülbasis“ die Elektronik in der Tat schon bald in ungeahnte Dimensionen befördern könnten, dafür hat er bereits vor Jahren den Grundstein gelegt: Professor Dr. Jascha Repp vom Institut für Experimentelle und Angewandte Physik der Universität Regensburg. Er arbeitet an der Schnittstelle von Physik, Chemie und Elektronik. „Wobei die Elektronik, die wir hier betreiben, meilenweit entfernt ist von einem konventionellen Schaltkreis“, sagt er mit Nachdruck.

Mit einzelnen Molekülen hantierten Forscher schon eine Zeit lang erfolgreich in diese Richtung; am Aufbau komplexer molekularer Systeme scheiterte man jedoch wiederholt. Doch das ändert sich: Wissenschaftlern des *IBM Research Laboratory* in Zürich und von der Universität Regensburg gelang es in den vergangenen Jahren, bestimmte Moleküle in einem Rastertunnelmikroskop als Schalter zu benutzen und miteinander zu „verdrahten“. Dieser Erfolg ist nicht zuletzt Ergebnis der Lichtenberg-Professur, die Jascha Repp 2007 antrat. „In Regensburg wurden meine von der Stiftung geförderte Professur und ich mit offenen Armen empfangen“, betont er denn auch.

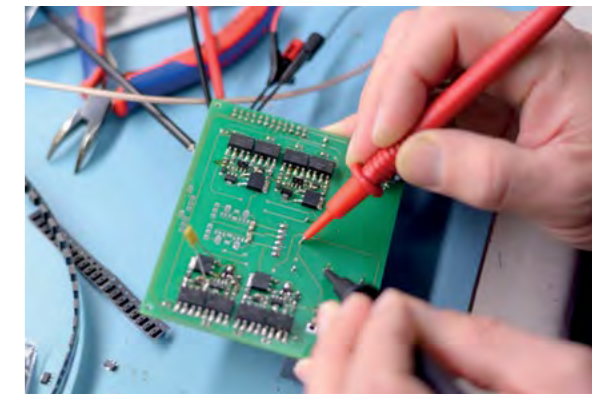
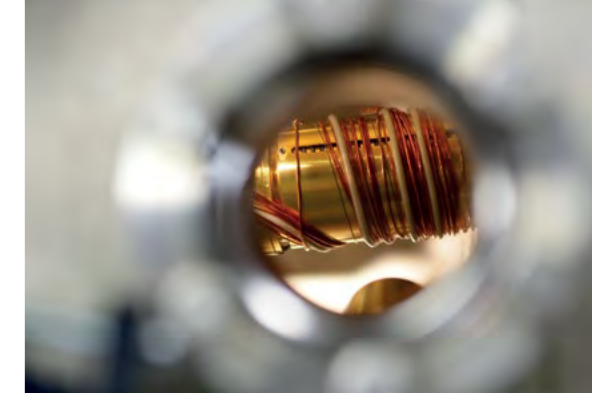
Moleküle als Bauteile für die Elektronik

Der Mechanismus bisher bekannter molekularer Schalter basiert meist auf drastischen mechanischen Verformungen: Die Struktur des Moleküls verändert sich dabei auch nach außen so sehr,

dass eine Kopplung mit weiteren Elementen unmöglich wird. Anders bei dem Ansatz des deutsch-schweizerischen Forscherteams. Vor etwa zehn Jahren begannen sie damit, für den Bau der Schalter Naphthalocyanin-Moleküle zu verwenden: organische Farbstoffmoleküle, deren Charakteristikum zwei Wasserstoffatome im Innern eines ringförmigen Moleküls sind.

Jascha Repp und Kollegen verfahren dabei wie folgt: Sie dampften diese Moleküle auf eine Schicht, die elektrischen Strom nur sehr schwach leitet. Die Moleküle befinden sich einzeln verstreut auf der Trägerschicht. Das Besondere an diesen kreuzförmigen Molekülen ist: Sie liegen einerseits vollkommen flach auf dem Untergrund, haben andererseits in ihrer Mitte eine freie Fläche, in der sich zwei bewegliche Atome befinden. Diese flexiblen Wasserstoffatome kann Jascha Repp durch leichte Stromstöße in ihrer Position verändern, kann sie hin und her klappen – und zwar so, dass der Rest des Moleküls sich nicht bewegt. Denn obschon mit der Positionsverlagerung eine Veränderung der Leitfähigkeit des Moleküls einhergeht, führt das Umschalten deshalb zu keinerlei Bewegung an der Peripherie des Moleküls, da sich die Wasserstoffatome, die für die Schaltstellung entscheidend sind, in einem geschützten Hohlraum befinden.

„Dieses Molekül funktioniert wie ein Schalter, da sich der Stromfluss durch das Molekül ändert, wenn die Wasserstoffatome umklappen“, bringt es der Physiker auf den Punkt. Für elektronische Anwendungen reicht ein einzelner Schalter freilich nicht aus. Erst wenn es gelingt, die Moleküle zu ganzen Schaltungen zu verdrahten, lassen sich auf diese Weise Informationen transportieren. Die Voraussetzungen für eine Kopplung mehrerer Schalter waren technisch-methodisch nun aber gegeben. Und so machten sich die Physiker in einem weiteren Experiment daran, nach dem ersten den zweiten Schritt zu gehen: Sie schoben mithilfe des Rastertunnelmikroskops mehrere Moleküle aneinander. Durch Strompulse in ein Molekül konnten sie ein benachbartes Molekül schalten – und dann noch eines und noch eines ...



Jascha Repp hantiert am sogenannten Manipulator, der dazu dient, im Vakuum eine Probe zu greifen und zu positionieren. Rechts oben: Blick durch ein Fenster in die etwa zwei Quadratmeter große Vakuumstahlkammer, darin ist der Arm des Manipulators erkennbar. Am Elektronikarbeitsplatz im Regensburger Hightech-Labor (links, mittleres Bild) ist er gerade mit filigranen Justierungen an elektronischen Bauteilen beschäftigt, die den Antrieb für ein Rastertunnelmikroskop steuern. Unten im Bild: Bauteil eines Verdampfers.

Heute fixieren Repp und seine Kollegen vom IBM-Forschungslabor in Zürich den Durchbruch auf jenen Moment, als sie drei solcher Moleküle aneinanderschieben konnten. „Es war zweifelsohne ein entscheidender Schritt hin zu komplexeren Schaltungen mit einzelnen Molekülen“, betont der 42-Jährige. Da überrascht es nicht, dass dieser Erfolg, diese Leistung seinerzeit umgehend zu einer Veröffentlichung im renommierten Wissenschaftsmagazin *Science* geführt haben.

Das Labor in Regensburg: eine Mischung aus Sciencefiction-Kulisse und U-Boot

Inzwischen weiß man: Der gefundene Mechanismus funktioniert für eine ganze Klasse ähn-

lich gebauter Moleküle und bildet damit die Grundlage für eine Reihe möglicher molekularer Schalter der Zukunft. Solche Schalter aus einzelnen oder mehreren Molekülen baut Jascha Repp natürlich nicht auf einem Labortisch. Das gesamte Labor an der Regensburger Uni mutet an wie eine Mischung aus Sciencefiction-Filmkulisse und U-Boot. Polierter Edelstahl ist das vorherrschende Material in dem Kellerraum des Instituts für Experimentelle und Angewandte Physik. Dicke Schrauben und Flansche halten die etwa zwei Quadratmeter große Stahlkammer zusammen, und nur ein paar Fenster gewähren den Forschern einen Blick in das Innere. „In dieser Kammer müssen wir alle Arbeiten durchführen“, erzählt Repp, „und zwar ohne selbst dort hinein und darin unsere Hände benutzen zu können.“



Eine der vielen Routineaufgaben, die Jascha Repp auch selbst übernimmt: das Befüllen der Titansublimationspumpe mit Stickstoff. Flüssiger Stickstoff und flüssiges Helium sind notwendig, um das Rastertunnelmikroskop stets extrem kalt zu halten.

Einen halben Tag brauche es, um eine Probe zu präparieren, sagt Jascha Repp. Die Arbeit ist folglich nichts für Ungeduldige und benötigt Feingefühl. Dennoch zehre das Präzision und eine ruhige Hand erfordernde Hantieren mit Greifern in einer Ultrahochvakuumkammer nicht übermäßig an seiner Aufmerksamkeit. Und auch wenn „sein“ Gerät, das er in Teilen eigenhändig gebaut hat, mal nicht funktioniert, verlässt ihn die Ruhe nicht.

Die braucht er wohl auch. Allein eine halbe Woche dauert es, bis er eine defekte Lötstelle überhaupt in Augenschein nehmen kann. Leere mit Luft zu füllen und von minus 270 Grad Celsius auf Zimmertemperatur aufzuheizen: Das funktioniert nicht in ein paar Minuten. „Viel schlimmer ist, dass wir hinterher die ganze Stahlkammer in einen riesigen Ofen stecken müssen, um das an den Wänden kondensierte Wasser herauszubekommen.“ Es klingt Freude mit ebenso wie berechtigter Stolz, wenn er sich an die vielen Stunden Löten, Schrauben, Fräsen, Drehen oder Kleben erinnert, in denen das Team die Apparaturen aufgebaut, gewartet und repariert hat: „Das hat schon etwas von Basteln für erwachsene Kinder“, schmunzelt er.

Repp machte wiederholt mit seiner Forschung von sich reden, so auch vor gut vier Jahren, 2010, mit einer spektakulären Veröffentlichung in *Nature Physics*. Darin beschrieb er, dass sich beim Stromfluss durch Moleküle deren Atomkerne und Elektronen nicht unabhängig, sondern gekoppelt bewegen – und dass diese Kopplung deutlich in Erscheinung tritt. Auch diese Entdeckung hat ganz praktische Bedeutung, bedenkt man etwa, dass elektronische Geräte wie Computer, Handy und Co. immer kleiner und effizienter werden.

Großen Anteil an dieser Entwicklung hatte bislang die Mikroelektronik – doch eine Miniaturisierung ist hier rein technisch bedingt nicht unbegrenzt möglich. Die absehbaren Grenzen zu überwinden, suchte Repp daher nach Alternativen zur herkömmlichen Halbleiterelektronik. Und genau hier liegt das Potenzial dieser Entdeckung – denn: Sie ebnet nicht weniger als den Übergang von der Mikroelektronik zur Molekularelektronik.

In der Mikroelektronik werden Elektronen durch Halbleiterstrukturen geschickt, die sich zwar bereits im Nanometerbereich befinden, bezogen auf atomare Maßstäbe jedoch immer noch sehr groß sind. Hier ist die Kopplung der Elektronen an die Kernbewegung naturgemäß relativ schwach ausgeprägt. In der molekularen Elektronik dagegen, bei der elektronische Schaltungen direkt aus einzelnen leitfähigen Molekülen verdrahtet werden, fällt diese viel größer aus. Aus Sicht der konventionellen Elektronik ist das ein Nachteil wegen der oft unerwünschten Erwärmung des Bauteils. Jedoch: Die Elektronik der Zukunft wird wohl nicht aus herkömmlichen Transistorbauelementen aufgebaut sein, sondern auf völlig anderen Mechanismen gründen. Insofern eröffnet die beobachtete Kopplung die Möglichkeit zu einer ganz neuen Funktionalität, bei der mechanische Bewegung in Molekülen eine Rolle spielen könnte.

Von der Mikro- zur Molekularelektronik – Jascha Repp hat Erfolg mit seiner Forschung

Für seine Arbeit, die sich mit dem schlanken Slogan „Moleküle als Bauteile für die Elektronik“ kurz und knapp plakativ umreißen lässt, wurde Jascha Repp bereits mehrfach ausgezeichnet. Besonders renommiert: der Feynman-Preis. Er wird jedes Jahr vom *Foresight Institute* in Palo Alto, Kalifornien, USA, für herausragende Forschung auf dem Gebiet

der Nanotechnologie verliehen und ist nach dem Physik-Nobelpreisträger Richard P. Feynman benannt. Repp erhielt die Auszeichnung 2012 für seine, so heißt es dort, „exzeptionelle Grundlagenforschung, bei der Schaltelemente von Halbleiterbauelementen durch Moleküle ersetzt werden“. Er teilte sich den Preis mit Dr. Leo Gross und Dr. Gerhard Meyer vom IBM Forschungslabor Zürich; mit beiden Wissenschaftlern arbeitet der Regensburger Physiker seit vielen Jahren eng zusammen. Insbesondere seine Erkenntnisse zum Elektronentransport beziehungsweise zum Stromfluss durch einzelne Moleküle wurden hervorgehoben. Repps Ziel ist es, absehbar sogar komplexe Molekülstrukturen auf der Oberfläche von Isolatorschichten zu platzieren und gezielt zu manipulieren.

Als Jascha Repp für seine Forschung und damit für die Verankerung der Lichtenberg-Professur zielsicher die Universität Regensburg wählte, wurde das von Hochschulleitung und universitärer Öffentlichkeit ebenso kraftvoll wie glaubwürdig begrüßt. Und bald schon waren auch die Medien und die außeruniversitäre Öffentlichkeit darauf aufmerksam geworden, welches Juwel sich da an ihre Hochschule gespült hatte. Solch laute und oft lautmalersche Begrüßungen sind in der Wissenschaft nicht an der Tagesordnung – Lichtenberg-Professorinnen und -Professoren hingegen erleben das durchaus. So auch Peter Güntert, der in Frankfurt am Main seine Zelte aufgeschlagen hat.

Jascha Repp diskutiert mit Doktorand Fabian Queck am Elektronikarbeitsplatz im Aufbau-labor des Instituts, aus welchen Werkteilen sich ein spezieller Verdampfer zusammensetzt. Das kleine Gerät wird benötigt, um Salzfilme im Vakuum auf Proben aufzubringen.

Mit klaren, knappen Worten und präziser Gestik demonstriert der Forscher, was dort vor sich geht. Er zeigt auf die kleinen, nur von außen zu bedienenden Metallgreifer. Mit ihrer Hilfe dampft er dann die Farbstoffmoleküle auf Isolatoren auf, um sie im Zentrum dieser unterkühlten Stahlkammer mit einer feinen Nadel zu stimulieren und zu bewegen. In der Mitte liegt das eigentliche Rastertunnelmikroskop. Es ist gerade einmal so groß wie eine Faust und erlaubt dem Regensburger den Blick auf die einzelnen Atome seiner Moleküle. Der gesamte Raum, in dem das Team mit den Greifern arbeitet, ist leer. Buchstäblich – denn gearbeitet wird unter Ultrahochvakuum. Und extrem kalt ist es außerdem. Die beschriebenen speziellen Schaltungen funktionieren nur bei Temperaturen nahe dem absoluten Nullpunkt, also bei etwa minus 270 Grad Celsius. Die Nadel des Rastertunnelmikroskops bewegt sich unendlich langsam über die Probe und tastet Atom für Atom auf der Oberfläche ab.



Als Professor Dr. Peter Güntert sich für die Universität in der Hessenmetropole entschied und dafür aus Japan nach Deutschland zurückkehrte, sprach die damals amtierende Hochschulleitung von einer großen „komplementären Bereicherung“ für das Fach und das Forschungsfeld – aber auch von einer Profilschärfung für die Hochschule als solcher und von einem Gewinn für den Forschungsstandort Frankfurt. Wie sein Regensburger Kollege forscht auch Güntert im Nanomaßstab – allerdings in einem vollkommen anderen Bereich.

Proteine direkt bei der Arbeit beobachten – die Entwicklung der *In-cell-NMR-Spektroskopie*

Wenn es darum geht, aus der Fülle von Messsignalen, die bei der Untersuchung komplizierter Proteine entstehen, eine räumliche Struktur abzuleiten, dann war Peter Güntert einer der Ersten, die das beherrschten – und er gehört nach wie vor zu den führenden Experten auf diesem Gebiet. „Mit der Software, die er während seiner Doktorarbeit entwickelt und im Laufe der Jahre immer weiter verfeinert hat, rechnet heute die halbe NMR-Community weltweit“, sagte einer der Spezialisten auf diesem Gebiet, Professor Volker Dötsch, als Peter Güntert vor sieben Jahren seine Lichtenberg-Professur an der Universität Frankfurt am Main antrat.

NMR, die *Nuclear Magnetic Resonance*- oder Magnetische Kernspinresonanzspektroskopie ist eine Methode zur Untersuchung der elektro-

nischen Umgebung einzelner Atome und deren Wechselwirkungen mit den Nachbaratomen. Dies ermöglicht es, die Struktur und Dynamik von Molekülen sowie Konzentrationsbestimmungen aufzuklären. Die NMR ist damit eines von zwei grundlegenden Verfahren zur Untersuchung und Entschlüsselung von Proteinstrukturen auf atomarer Ebene. Mit dem Biomolekularen Magnetresonanzzentrum (BMRZ) und einem halben Dutzend Professuren zum Thema hat die Universität Frankfurt eine international herausragende Expertise auf diesem Gebiet. Güntert passt dort hin wie der richtige Schlüssel ins Schloss.

Der 50-jährige Forscher steht – wie der soeben mit dem Nobelpreis für Chemie ausgezeichnete Göttinger Kollege Stefan Hell – dafür, dass eine weiterentwickelte Methode oder auch ein neues technisches Verfahren die Wissenschaft einen großen Sprung voranbringen kann. Durch Günterts Forschung, sein Denken und Arbeiten über Disziplingrenzen hinweg und sein gleichermaßen ausgeprägtes handwerkliches Geschick können Proteine seit wenigen Jahren nicht mehr nur isoliert betrachtet werden. Vielmehr ist es nun möglich, ihre Struktur in atomarer Auflösung zu ermitteln. Sogar – und das ist das Entscheidende – „bei der Arbeit“ in ihrer natürlichen Umgebung, der lebenden Zelle.

Den ersten großen Schritt ging bereits Günterts Frankfurter Forscherkollege Volker Dötsch mit der Entwicklung der *In-cell-NMR-Spektroskopie* – ein

Auch bei den Frankfurtern geht nichts ohne Kälte. Für eine Kernspinresonanzspektroskopie befüllt Techniker Manfred Strupf den Tank mit Kühlmittel (oben). Unterdessen diskutiert Peter Güntert (unten, rechts) mit Kollege Frank Löhr über eine Proteinprobe.



aus der NMR-Spektroskopie weiterentwickeltes Verfahren, das letztlich die Wirkstoffforschung revolutionieren sollte. Dötsch gelang es im Zuge der Etablierung dieser Methode, die Signale aus einer lebenden Zelle bestimmten Proteinen zuzuordnen. Dies war möglich, da er jene zuvor mit sogenannten schweren Stickstoffatomen (^{15}N) markiert hatte.

„Live-Schaltung“ zu den Detailabläufen biologischer Prozesse in lebenden Systemen

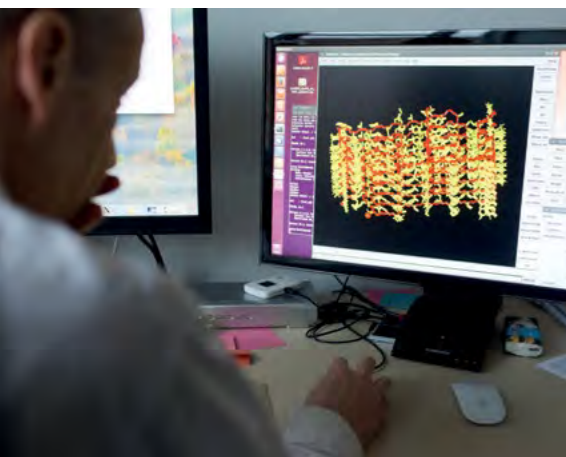
Allerdings ließ sich aus diesen Daten keine dreidimensionale Struktur errechnen. „Für ein mehrdimensionales NMR-Spektrum benötigt man eine Messzeit von durchschnittlich zwei Tagen“, erklärt Peter Güntert das grundlegende Problem. „Leider überleben die Zellen in einem NMR-Gerät ohne Sauerstoff und Nährstoffe nur fünf bis sechs Stunden.“ Also machte er sich mit Forscherkollegen in Japan daran, die Messzeit zu verkürzen. Und – sie schafften es: Inzwischen liegt sie unter zwei Stunden. Die drastische Verkürzung der Messzeit auf einen Bruchteil der eigentlich für ein vollständiges mehrdimensionales NMR-Spektrum erforderlichen Dauer konnten Güntert und Mitarbeiter kompensieren, indem sie das Spektrum anhand rechnerischer Methoden rekonstruierten. Im letzten Schritt ermittelten sie ausgehend davon wiederum mit einer eigens von ihnen zu diesem Zweck entwickelten Software die detaillierte dreidimensionale Struktur des Proteins im Innern einer Zelle – einer lebenden Zelle.

Das war zugleich der Durchbruch für die *In-cell-NMR-Spektroskopie*. Nachdem die Methode wie beschrieben stand, klärten Güntert und Forscherkollegen die Struktur eines im Innern einer Zelle aktiven Proteins am Beispiel des Darmbakteriums *Escherichia coli* auf. Die Wissenschaft schrieb das Jahr 2009, als nach außen drang, welcher Erfolg da gelungen war. Um das Exceptionelle daran richtig würdigen zu können, muss man wissen, dass die Funktion eines Proteins von zweierlei abhängt: sowohl von seiner Struktur als auch von den Molekülen, mit denen es in seiner Umgebung

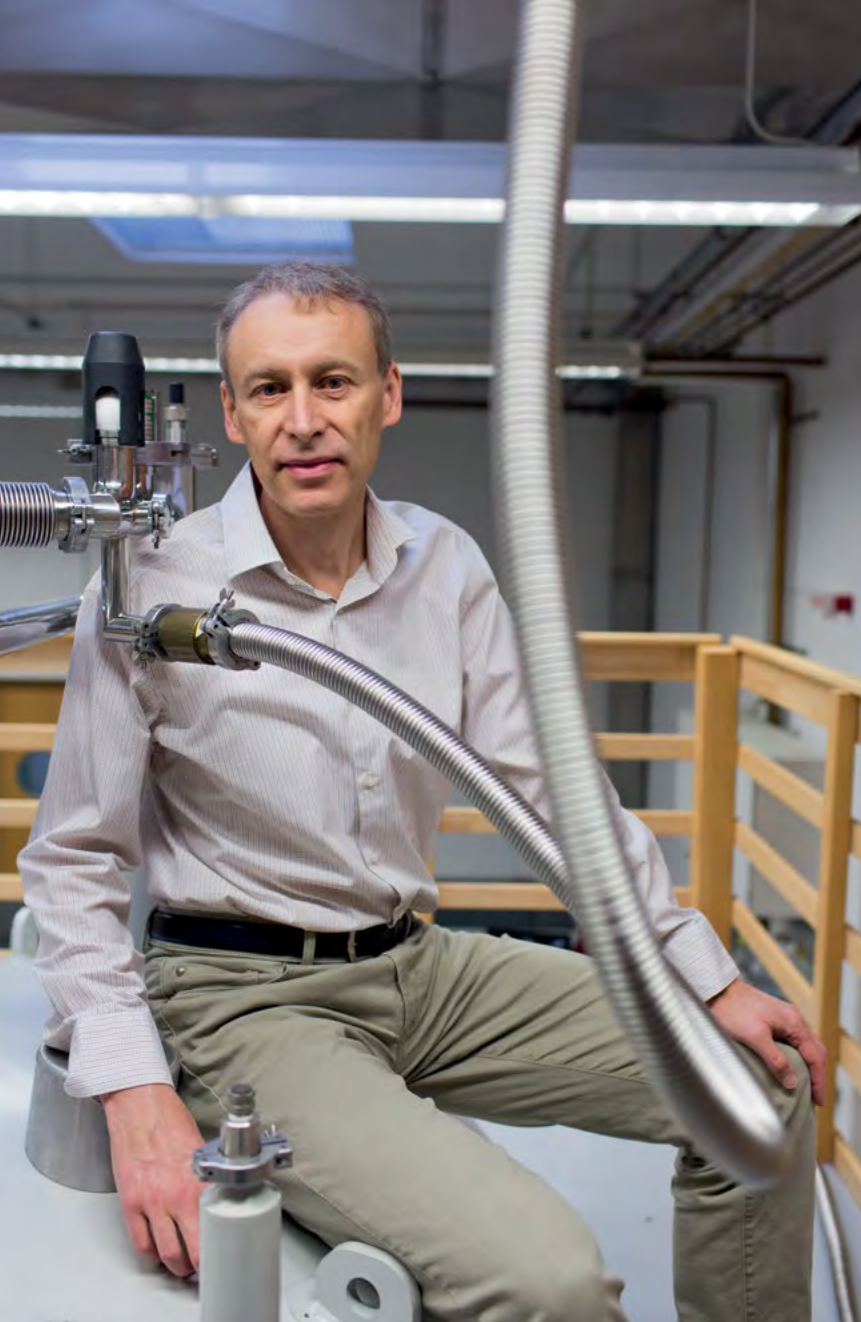


wechselwirkt. Für die Strukturbestimmung werden gewöhnlich Proteine aus der Zelle extrahiert, gereinigt und dann als Kristalle oder in Lösung untersucht. Die NMR-Spektroskopie wiederum registriert Signale von Wasserstoffkernen, die in organischen Molekülen in großer Zahl vorkommen.

Misst man nun in einer lebenden Zelle, ist es schwierig, zwischen dem interessierenden Protein und den zahlreichen anderen Proteinen in der „Suppe“ des Zytoplasmas zu unterscheiden. Dieses Problem war Güntert noch an seiner vorherigen Station als Wissenschaftler in Japan erfolgreich angegangen; beteiligt waren Kollegen von Forschungseinrichtungen in Tokio und Yokohama. Es gelang ihnen, das Gen für das zu untersuchende Protein eines Bakteriums in das Modellsystem *Escherichia coli* einzuschleusen. Dort wurde das besagte Protein – es dient vermutlich der Bin-



Professor Dr. Peter Güntert analysiert das dreidimensionale Spektrum eines Proteins; rechts: Blick in die Arbeitshalle des Instituts für Biophysikalische Chemie der Universität Frankfurt am Main.



Lichtenberg-Professor Peter Güntert ist bereit für die nächste Spektroskopie. Mit der Software, die er vor Jahren entwickelt und seitdem immer weiter verfeinert hat, rechnen heute die meisten Forscher, die Versuche mithilfe der Magnetischen Kernspinresonanzspektroskopie durchführen.

dung von Schwermetallen – „überexprimiert“, wie die Wissenschaftler es nennen. Das heißt, es wurde in überaus hoher Konzentration produziert; zudem war es in der Zelle nachweislich auch aktiv. Versuch gelungen, somit: Nachweis erfolgreich geführt. Fortan verfügte die Wissenschaft über ein „Werkzeug“, eine Methode, um Proteine quasi live bei der Arbeit beobachten zu können. „Die Strukturbestimmung von Proteinen mithilfe der *In-cell-NMR*-Spektroskopie eröffnet neue Wege, mit atomarer Auflösung zu untersuchen, wie Proteine an biologischen Prozessen in lebenden Systemen teilnehmen“, fasst Peter Güntert vom Biomolekularen Magnetresonanzzentrum (BMRZ) der Universität Frankfurt noch einmal zusammen. „Sie trägt ganz umfassend zum grundlegenden Verständnis der molekularen Grundlage des Lebens bei.“

Unterdessen haben die Forscher die Technik verfeinert und verbessert, sodass mit ihrer Hilfe inzwischen Wirkstoffe und Proteine effektiv in Säugerzellen eingeschleust und deren Wechselwirkung und Verteilung dort verfolgt und analysiert werden können. Einsatzmöglichkeiten sehen sie im *Drug Screening* und bei der Analyse der Proteinlokalisierung – aber auch mit Blick auf die Entwicklung neuer, gezielt wirkender Arzneimittel. „Indem die Wissenschaft über eine solche Methode verfügt, wurde ein grundlegendes Ziel der Molekularbiologie erreicht“, sagt Güntert noch heute im Rückblick auf damals. „Man darf schon behaupten: Das ist ein Meilenstein!“

Pannenhilfe bei der Antibiotikaproduktion entschlüsselt – ein weiterer Erfolg

Diese Leistung ist nicht sein erster großer Wurf. Schon zu Beginn seiner Lichtenberg-Professur hatte der Physiker in Kooperation mit anderen Forschern einen bis dato unbekanntes Mechanismus entdeckt, mit dessen Hilfe ein Antibiotikummolekül während der Synthese von einem Modul zum anderen weitergereicht wird. Dabei übernehmen kleine Transportproteine, sogenannte Peptidyl-Carrier-Proteine, die Aufgabe eines Förderbandes: Sie gewährleisten das Weiterreichen. Um die kontinuierliche Produktion dieser für die Mikroorganismen wichtigen Substanzen zu garantieren, hat die Natur sicherheitshalber einen Pannenservice eingerichtet für die Peptidyl-Carrier-Proteine. Er hält nach defekten Modulen Ausschau und setzt diese wieder in Stand.

2008 gelang es Dötsch und Güntert, die Wirkungsweise aufzuklären, nach der dieser Pannenservice bei der Antibiotikaproduktion in Mikroorganismen funktioniert: Sie identifizierten und beschrieben die molekularen Details dieses wichtigen Reparaturdienstes, ohne den die Produktion von Antibiotika in den Mikroorganismen nach Expertenberechnungen um rund achtzig Prozent reduziert wäre. Mithilfe wiederum der NMR-Spektroskopie ermittelten sie mit ihren Teamkollegen die Struktur des Reparaturproteins Thioesterase II

sowie eines Komplexes dieses Proteins mit einem Peptidyl-Carrier-Protein. Der wichtigste Teil des PCP-Transportproteins ist dabei ein spezieller Ko-Faktor (4'-Phosphopantethein), an den die Syntheseprodukte der einzelnen Module gebunden werden. Durch ihn kann die Weitergabe zum nächsten Modul erfolgen.

„Dieses Wissen um die Funktionsweise und die strukturellen Unterschiede zweier essenzieller Komponenten der Antibiotikasyntese-Kette ist insofern bedeutend, als man nun der gezielten Herstellung neuer, maßgeschneiderter Substanzen ein gutes Stück näher gekommen ist.“ Die unmittelbare, aktuelle Relevanz dieser Erkenntnisse liegt auf der Hand. Denn da viele krankheitserregende Bakterienstämme zunehmend Resistenzen ausbilden gegen die bekannten und zugelassenen Antibiotika, kommt der Suche nach neuen, geeigneten Substanzen mit antibakterieller Wirkung mehr denn je hohe Bedeutung zu.

Und hier schließt sich der Kreis zu Günterts aktueller Forschung. Als der Physiker für seine Lichtenberg-Professur vom RIKEN *Yokohama Institute* in Japan nach Frankfurt zurückkehrte, fokussierte er sein Interesse umgehend auf die Membranproteine als eben ganz besondere Gruppe von Eiweißen. Membranproteine sind für zahlreiche lebenswichtige Prozesse wie Zellatmung, Signalübermittlung und Stoffwechsel verantwortlich und konnten lange Zeit nur mithilfe von Röntgenkristallografie oder Elektronenmikroskopie untersucht werden. Nach wie vor sind erst relativ weni-

ge dieser speziellen Proteinstrukturen bekannt. Aktuell gilt ihre Erforschung in der Fachszene als „heiß“ – nicht zuletzt, da rund achtzig Prozent aller derzeit verfügbaren Medikamente dort ansetzen beziehungsweise angreifen. Um nun Neues zu erfahren, galt es, parallel die NMR-Spektroskopie voranzubringen. Damit wird deutlich, was Dötsch und Güntert geleistet haben durch die Entwicklung und Weiterentwicklung besagter Methoden, mit denen man Proteine eben auch in gelöster Form via modernster Spektroskopie zugänglich machen kann.

Die Lichtenberg-Professur: Kick und Sprungbrett für die wissenschaftliche Karriere

„Wir betreiben Grundlagenforschung unter sehr extremen Bedingungen“, betonen Güntert wie Repp abschließend unisono. In der Tat: Um wie im Falle der Arbeiten Jascha Repps einzelnen Molekülen mit der Nadel eines Rastertunnelmikroskops leichte Stromstöße zu versetzen mit dem Ziel, Wasserstoffatome zu klappen oder sie durch kräftigere Stromstöße so aneinanderzulegen, dass sie einmal im umfassenden Maßstab Schalter bauen – das klingt bei allem bisherigen Erfolg dann doch so, als würde noch etwas Zeit vergehen, bis am Ende etwa ein leistungsfähiger Computer vorzeigbar ist, der auf dieser Grundlage funktionstüchtig arbeitet. Aber wer weiß ... – in jedem Fall gilt: Nichts geht nun einmal ohne erste Schritte. Und eben hier leistet die Lichtenberg-Professur substantielle Bewegungshilfe.

Eine kleine Stahlkammer ist entscheidend für die Forschung von Jascha Repp und seinem Team. Hier schaut der Lichtenberg-Professor in die Vakuumkammer, in der das Rastertunnelmikroskop installiert ist. Zugleich hantiert Techniker Andreas Pöhlmann an dem Kryostat, der zum Kühlen des Experiments benötigt wird.



Für Jascha Repp, Peter Güntert, Jörg Hartig (siehe Kasten unten) oder auch Florian Mormann und Marlene Bartos (siehe Text ab Seite 20) sowie all die weiteren 46 Lichtenberg-Professorinnen und -Professoren, die sich seit dem Beginn der Initiative im Jahr 2002 im harten Wettbewerb um solch eine außergewöhnliche Förderung durchgesetzt haben, war diese Unterstützung der Stiftung zweifelsohne ein Schlüsselmoment ihrer Karriere. Das Tor

zur großen Wissenschaft stand ihnen spätestens ab jenem Moment offen. Viele haben die Chance hindurchzutreten eher früher als später genutzt. Allein die vielen Auszeichnungen und Preise, die Repp, Güntert, Hartig und ihre Lichtenberg-Kolleginnen und -Kollegen mit den Jahren für ihre Forschung – und manchmal auch als exzellent Lehrende – erhalten haben, sprechen hier eine überdeutliche Sprache.

Jascha Repp ist seit 2007 Lichtenberg-Professor an der Universität Regensburg. Nach seiner Promotion 2002 an der Freien Universität Berlin arbeitete der Physiker fünf Jahre lang an den IBM Research Laboratories in Zürich. Er hat bereits zahlreiche Auszeichnungen für seine Forschung erhalten, darunter neben dem renommierten Feynman-Preis im Jahr 2012 für seine herausragende Forschung auf dem Gebiet der Nanotechnologie (siehe Text) zuvor bereits Auszeichnungen der Ernst-Reuter- und der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung.



Jörg Hartig entwickelt Genschalter für krebsbekämpfende Viren

Auch Lichtenberg-Professor **Jörg Hartig** von der **Universität Konstanz** machte 2014 erneut international auf sich aufmerksam. Er stellte einen von ihm entwickelten künstlichen RNA-Schalter vor, der eine einfachere und präzisere Kontrolle der Genexpression in beliebigen Organismen ermöglicht. Eine Genexpression als solche erfolgt in zwei Schritten. Das Erbgut in Gestalt von Desoxyribonukleinsäure (DNA) wird zunächst in Ribonukleinsäure (RNA) umgeschrieben („Transkription“), die dann in eine Proteinsequenz in der Zelle übersetzt wird („Translation“). Bisherige Genschalter wirken zumeist mittels eines sogenannten Transkriptionsfaktors auf das erste Glied dieser Prozesskette ein: die DNS.

„Systeme, die auf Transkriptionsfaktoren beruhen, sind sehr leistungsfähig, haben aber Nachteile: Sie erfordern ein sehr feines Ausbalancieren der Konzentration des Transkriptionsfaktors in Bezug auf das Gen und funktionieren damit schlechter in Virensystemen, in denen die Vermehrung starken Schwankungen unterliegt“, erklärt Jörg Hartig.



Gemeinsam mit Kollegen vom Deutschen Krebsforschungszentrum (DKFZ) in Heidelberg gelang es ihm nun, über einen künstlichen Genschalter onkolytische Viren – das heißt Viren, die Krebszellen befallen und vernichten – zu steuern. Genschalter bieten die Möglichkeit zu regulieren, welche Gene einer Zelle ausgeprägt werden und welche Eigenschaften die Zelle besitzt: Gene können ein- und ausgeschaltet werden; die Zelle vermag das auch selbst zu tun. Mithilfe solcher Schalter lässt sich eine Zelle folglich „programmieren“.

Dem Biochemiker gelang es, künstliche RNA-Genschalter zu entwickeln, mit deren Hilfe sich sogar verschiedene Viren steuern lassen: „Unsere RNA-Schalter kommen dabei ohne Transkriptionsfaktoren aus. Das System wird dadurch einfacher und präziser, denn die Kontrolle findet auf der Ebene der RNA statt: Unsere Schalter sind Teil der proteinkodierenden RNA“, erläutert Hartig. Der von ihm entwickelte Genschalter bietet nun ein Sicherheitsnetz für den Einsatz onkolytischer Viren: Es verhindert, dass die Vermehrung der Viren außer Kontrolle gerät. Die Chancen für die Krebsforschung liegen auf der Hand – umso mehr, als die hohe Modularität der Schalter es erlaubt, sie auch in Bakterien, Hefen oder Säugetierzellen einzusetzen.

Mit Start im Jahr 2006 gehörte Jörg Hartig zu der zweiten „Auswahlgeneration“ von Lichtenberg-Professoren. Er hat sich an der Universität Konstanz schnell etabliert und erhielt dort schon vor Ablauf der Förderung eine reguläre Professur.

WEITERE PROJEKTE

RNA-Interferenz als Möglichkeit, Gene stillzulegen

Rückblende: Jörg Hartig konzentrierte sich im Rahmen seiner 2006 gestarteten Lichtenberg-Professur zunächst auf die Regulation von RNA-Interferenz-Phänomenen. Die RNA-Interferenz (kurz RNAi oder auch RNA-Silencing) ist zunächst einmal – auch wenn sie eher als experimentell genutztes Verfahren bekannt ist – ein natürlicher Mechanismus in den Zellen jener Lebewesen, die über einen Zellkern verfügen (sogenannte Eukaryoten). Er dient der zielgerichteten Abschaltung von Genen und ist ein Spezialfall der Genstilllegung. Die RNA-Interferenz beruht auf einer Wechselwirkung kurzer Stücke von Ribonukleinsäure (RNA) mit der Messenger-, also der Boten-RNA, die im Normalfall die Erbinformation einer Zelle unter Beteiligung mehrerer Enzymkomplexe überträgt. Als Folge der RNA-Interferenz nun wird die Messenger-RNA in mehrere Bruchstücke gespalten. Dabei wird entweder die zu übertragende Information zerstört oder aber deren Übersetzung in ein Protein verhindert.

Wissenschaftler machen sich diese natürliche Fähigkeit der Zelle seit einigen Jahren experimentell zunutze. Sie bedienen sich der RNA-Interferenz-Mechanismen, um gezielt ausgewählte Gene stillzulegen – das sogenannte *Gen-Knockdown*. Spannend zu beobachten ist derzeit in diesem Zusammenhang, dass sich neue, auf RNA-Interferenz basierende Therapien gegen bestimmte Erkrankungen in der klinischen Entwicklung befinden.

Im Verlauf von acht Jahren Forschung als Lichtenberg-Professor hat sich Jörg Hartig dann vornehmlich mit der Manipulation und Charakterisierung von Nukleinsäure-Funktionen beschäftigt. Zum einen untersuchte er ungewöhnliche viersträngige Nukleinsäure-Strukturen und im Detail, wie diese an Regulationsprozessen der Genexpression beteiligt sind. Zum anderen konstruierte er mit seinem Team wie beschrieben synthetische Schalter der Genexpression. Im Zuge seiner Forschung, auf Grundlage RNA-basierender Mechanismen künstliche Schalter der Geneexpression zu entwickeln, entstand nach und nach eine modulare „Werkzeug-Palette“ genetischer Schaltelemente. Zahlreiche Publikationen in hochrangigen Journalen zeugen von der erfolgreichen Arbeit.

Auch Jörg Hartig wurde mehrfach für seine Arbeiten ausgezeichnet; auch er kam – im Jahr 2006 – für die Lichtenberg-Professur aus dem Ausland zurück. 2008 erhielt er für sein Engagement im Zuge der Exzellenzinitiative den „Preis des Universitätsrates Konstanz“. In den Jahren darauf folgten unter anderem der Preis der Hellmut-Bredereck-Stiftung für Bioorganische Chemie als Würdigung seiner außerordentlichen Forschungsleistung, und er erlangte eines der über den Fonds der Chemischen Industrie vergebenen Karl-Winnacker-Dozentenstipendien, dotiert mit immerhin gut 70.000 Euro beziehungsweise alternativ ausgestattet mit einer Doktorandenstelle.

Christian Jung

Fokus „Vorab“

Aktuelles
aus der Förderung im
„Niedersächsischen Vorab“

Rekordfördersumme im „Vorab“: 137 Millionen Euro im Jahr 2014 für Niedersachsens Forschung

Im Fokus der letzten Bewilligungsrunde des vergangenen Jahres: eine Ausschreibung zur Stärkung der Forschung in der Medizin sowie Projekte zur Förderung erneuerbarer Energien – darunter auch Mittel für den gerade prämierten Verbund „ForWind“

Wissenschaftler aus Israel und Niedersachsen gehen seit fünf Jahrzehnten besondere Wege der Zusammenarbeit. Nahezu 400 Kooperationsprojekte über insgesamt rund 50 Millionen Euro etablierten ein Forschungsnetz quer über alle Disziplinen und viele Institutionen. Die nebenstehenden Eindrücke stammen aus zwei Projekten zur nachhaltigen Abwasseraufbereitung (oben) und zur Gewinnung nachwachsender Rohstoffe durch Algenzüchtung (Mitte und unten), an denen die Universitäten Lüneburg und Göttingen sowie das Technion in Haifa beteiligt sind. Im März 2015 wurde das Jubiläum im Schloss Herrenhausen mit mehreren Veranstaltungen gewürdigt. Zu diesem Anlass ist auch die Broschüre „Gemeinsam forschen – Verbindung stiften“ erschienen.

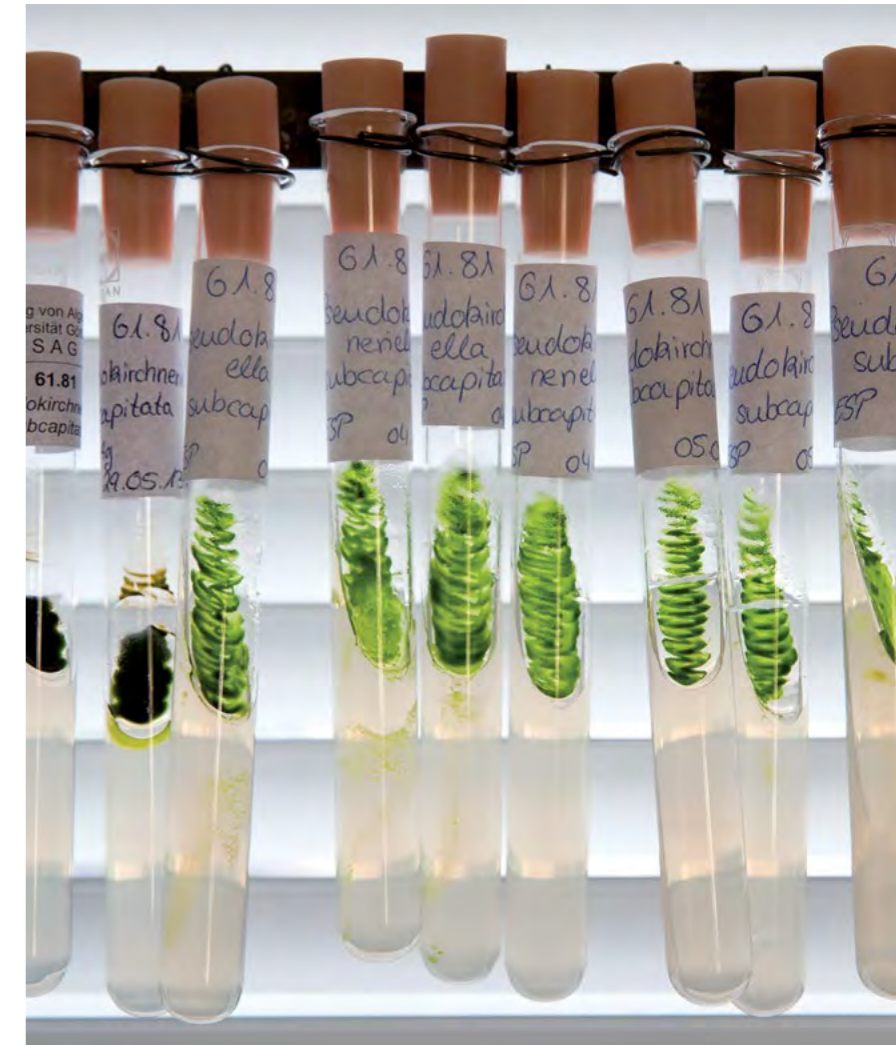
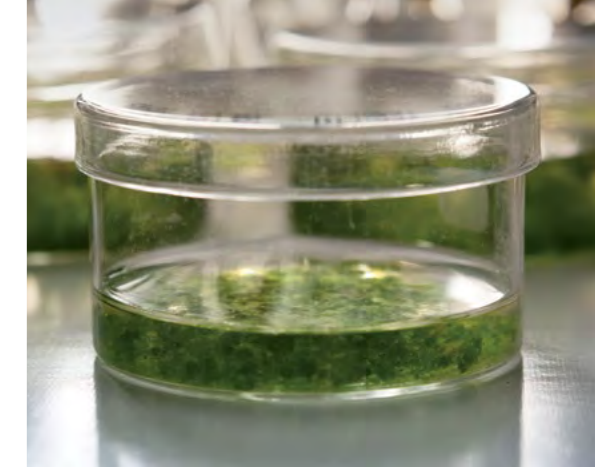
Beim „Niedersächsischen Vorab“ jagt ein Rekordjahr das nächste. Bereits 2013 wurde mit 112 Millionen Euro an Fördermitteln die 100-Millionen-Euro-Schallmauer erstmals geknackt. 2014 folgte erneut ein großer Satz nach vorn: 137 Millionen bewilligten das Land Niedersachsen und die VolkswagenStiftung für Forschungsprojekte an Niedersachsens wissenschaftlichen Einrichtungen – darunter allein 3,6 Millionen Euro für den **Verbund „ForWind“** (siehe Text S. 45). Die daran beteiligten Windenergieforscher aus Oldenburg, Hannover und Bremen wollen über die eingebundenen Institutionen hinweg ihren Blick auf die gesamte Prozesskette richten und dabei alle wechselseitigen Abhängigkeiten und Wirkungen prüfen – von der Energieerzeugung in der Anlage bis zur Netzanbindung. Der Verbund hatte seine Initialzündung vor bereits über einem Jahrzehnt.

Mit einer Million Euro wird unabhängig davon noch ein weiteres Vorhaben zum Thema gefördert: An der **Universität Hannover** suchen Forscher nach Lösungen, um komplexe elektromechanische Energiesysteme simulieren und vorausberechnen zu können. Ihr Augenmerk gilt Wechselstrom-Umrichtern, deren Einsatz mit steigender Stromerzeugung auf regenerativer Basis und an dezentralen Standorten zunimmt. Die Stromnetze der Zukunft müssen dafür dynamischer werden und gleichzeitig Stabilität bieten. Wie dieser Umbau vonstatten gehen kann und wie Stromnetze künftig aussehen müssen, lässt sich bislang nicht umfassend simulieren.

Beim ärztlichen Nachwuchs kommt die klinische Forschung meist zu kurz – Freistellungen sind selten und systematische Weiterbildungskonzepte vielerorts nicht vorhanden. Dieses Manko soll die **Ausschreibung „Clinical Scientist Niedersachsen“** beheben: Mit diesem Angebot, das mit einer Million Euro aus dem „Vorab“ unterfüttert ist, wollen Land und Stiftung dazu anregen, neuartig strukturierte Fortbildungsideen für Mediziner zu entwickeln und auf den Weg zu bringen. In entsprechenden Konzepten und Plänen sollen sowohl Zeiträume für klinische Forschung integriert sein als auch beispielsweise Freiräume, die etwa für individuelle Qualifizierungen genutzt werden können. Die Ausschreibung richtet sich an die drei universitätsmedizinischen Standorte des Landes in Hannover, Göttingen und Oldenburg (im Verbund mit Groningen).

„Mit Projekten in der Forschung zu erneuerbaren Energien und einer Ausschreibung zur Stärkung der Forschung in der Medizin setzen wir klare Impulse. Wir fördern da, wo wir großen Bedarf in der Gesellschaft sehen, und unterstützen den Wissenstransfer aus exzellenten Forschungsbereichen“, sagt die Niedersächsische Ministerin für Wissenschaft und Kultur, Gabriele Heinen-Kljajić. „Mit der aktuellen Bewilligungsrunde stärken wir die Wissenschaftsregion Niedersachsen aufs Neue“, ergänzt Stiftungsgeneralsekretär Wilhelm Krull. „2014 war ein wirklich starkes Jahr!“

Tina Walsweer



Die „Sonne“ kommt: Hightech-Forschungsschiff soll einzigartige Einblicke in die Tiefsee ermöglichen

Nach 35 Jahren im Einsatz bekommt das legendäre Forschungsschiff „Sonne“ einen Nachfolger. Der trägt zwar denselben Namen, doch ansonsten erinnert kaum etwas an seinen Vorgänger. Die Baukosten: insgesamt 124 Millionen Euro. Sieben Millionen Euro kamen aus dem „Vorab“



Im November 2014 wurde in Wilhelmshaven die „Sonne“ vom Stapel gelassen. Der Indische und Pazifische Ozean sind fortan die Haupteinsatzgebiete des hochmodernen Tiefseeforschungsschiffs.

Nach einer Bauzeit von zwanzig Monaten und mehrwöchigen wissenschaftlichen Erprobungsfahrten wurde Mitte November 2014 Deutschlands jüngstes Forschungsschiff der Wissenschaft übergeben: die „Sonne“. Das Boot, dessen „Heimatanbindung“ das Institut für Chemie und Biologie des Meeres der **Universität Oldenburg** ist, gilt sogar im weltweiten Vergleich als das modernste seiner Art.

Die erste Forschungsfahrt begann gleich Mitte Dezember 2014 unter Leitung des Meeresbodenexperten Professor Colin Devey vom Geomar Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung in Kiel. Ziel der Reise: der auf halbem Wege zwischen Afrika und Amerika gelegene Mittelatlantische Rücken. „Wir wollen herausfinden, wie Meeresböden entstehen. Verließ die Entwicklung homogen oder eher sprunghaft? Das Gebiet ist für solche Untersuchungen sehr gut geeignet, da hier die Trennlinie verläuft der Kontinente Amerika und Afrika, die sich immer noch voneinander weg bewegen“, sagt Devey. Hingegen möchte Professorin Angelika Brandt, Zoologin an der Universität Hamburg, dort zur gleichen Zeit erkunden, „ob

und gegebenenfalls wie sich die Zusammensetzung der Meeresfauna und -flora östlich und westlich des Mittelatlantischen Rückens unterscheidet“.

Anfang Januar 2015 nahm das schwimmende Hochleistungslabor dann im Indischen und Pazifischen Ozean Fahrt auf. Aktuell beschäftigen sich die Meeresforscher dort mit den Auswirkungen des Klimawandels auf die Ozeane, den Folgen des Abbaus von marinen Rohstoffen und Energieträgern; sie untersuchen Einflussfaktoren auf die Ökosysteme und erfassen und analysieren deren Veränderungen. Zur Ausrüstung zählen Forschungswinden mit Drähten und Kabeln von bis zu zwölf Kilometern Länge. Damit werden erstmals Messungen im äußersten unteren Rand des Weltmeeres möglich.

Neben hypermoderner Technik besticht das Schiff ebenso durch relativ große Wohnräume, Bibliothek und Besprechungszimmer nebst zahlreichen Aufenthaltsräumen. Schließlich sollen es die 35 Besatzungsmitglieder und bis zu vierzig Wissenschaftler auf den wochenlangen, arbeitsintensiven Fahrten so angenehm wie möglich haben.

Rückenwind für eine bessere Zukunft: „ForWind“ erhält den Norddeutschen Wissenschaftspreis 2014

Jubel bei den Wissenschaftlern vom „Forschungsverbund Windenergie“ in Oldenburg, Hannover und Bremen: Prämiert wird die seit Jahren erfolgreiche Zusammenarbeit von Energieforschern über Institutionen- und Ländergrenzen hinweg. Der Preis ist mit 50.000 Euro dotiert.

Das im September 2014 eröffnete Testzentrum für Tragstrukturen in Hannover-Marienwerder ist ein Kooperationsprojekt der Universität Hannover und des Fraunhofer-Instituts für Windenergie und Energiesystemtechnik Nordwest.



Die Verleihung des Norddeutschen Wissenschaftspreises 2014 hielt eine kleine Überraschung bereit. Ausgezeichnet wurde gleich ein ganzer Verbund: „ForWind“, der Forschungsverbund Windenergie. Die Forscherinnen und Forscher tüfteln unter anderem an einer neuen Generation von Rotorblättern. Ziel ist es, dass Windenergieanlagen möglichst effizient und geräuscharm arbeiten und letztlich ein optimales Zusammenspiel aller Windräder in einem Windpark erreicht wird. „Damit leistet die Forschungsallianz einen herausragenden Beitrag zum Gelingen der Energiewende“, freute sich Niedersachsens Wissenschaftsministerin Gabriele Heinen-Kljajić über die Auszeichnung.

Ein substanzieller Teil der Forschung läuft in Hannover-Marienwerder. Dort wurde im September vergangenen Jahres ein Testzentrum für Windparks auf hoher See eröffnet. „Wir erforschen dort, wie sich die Trägerstruktur der Windräder verbessern lässt“, erklärt Stephan Barth, Geschäftsführer von „ForWind“. In einer zehn Meter tiefen Sandgrube sollen die Belastungen nachempfunden werden, denen Anlagen unter Extrembedin-

gungen ausgesetzt sind. Das Besondere: In dem – weltweit wohl einmaligen – Testzentrum könnten solche speziellen Großversuche an Windrädern im Maßstab 1:1 gemacht werden, ergänzt Barth. Dabei gehe es etwa um deren sichere Verankerung im Boden oder eine längere Lebensdauer der Rotoren.

An dem Verbund beteiligt sind die **Universitäten Hannover, Oldenburg und Bremen**, sowie das Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik Nordwest und das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt. Gegründet wurde „ForWind“ 2003; seitdem wurde die vereinte Windenergieforschung einschließlich erster vorbereitender Arbeiten aus dem „Niedersächsischen Vorab“ mit bislang rund 20 Millionen Euro gefördert. Für das neue Testzentrum für Tragstrukturen in Marienwerder wurden im September 2014 insgesamt 26 Millionen Euro bewilligt – ein Teil davon Mittel aus dem „Vorab“. Daneben unterstützte hier vor allem das Land mit weiteren Geldern. Substantielle Förderung kam zudem von Bund und Europäischer Union – und auch die Universität Hannover steuerte 2,8 Millionen Euro bei.

Niedersachsen stärkt die Geschlechterforschung mit 1,5 Millionen Euro Förderung aus dem „Vorab“

Niedersachsen setzt Akzente in der Geschlechterforschung. Vier Forschungsverbünde haben sich im Wettbewerb durchgesetzt: Die Projekte laufen an der Technischen Universität Braunschweig und den Universitäten Göttingen, Lüneburg, Osnabrück und Oldenburg.



Zwanzig hochschulübergreifend zusammengesetzte Forschergruppen hatten sich dem Wettbewerb um Fördermittel gestellt. Darüber freute sich die Niedersächsische Ministerin für Wissenschaft und Kultur Gabriele Heinen-Kljajić (rechts), als sie Ende 2014 informierte, wer zum Schluss die Nase vorn hatte.

„**Geschlecht – Macht – Wissen**“ lautet der Titel des eindrucksvollen Programms von Land Niedersachsen und VolkswagenStiftung, in dessen Rahmen Projekte zur Geschlechterforschung unterstützt werden. Für die neu geförderten vier Verbundvorhaben mit einer Laufzeit von bis zu drei Jahren wurden Ende 2014 insgesamt rund 1,5 Millionen Euro aus dem „Niedersächsischen Vorab“ bewilligt.

„Die Resonanz auf die Ausschreibung war erfreulich groß“, unterstreicht die Niedersächsische Ministerin für Wissenschaft und Kultur, Gabriele Heinen-Kljajić. „Das Interesse und die Qualität der Anträge bestätigen das hohe Niveau der Genderforschung in Niedersachsen.“ Zwanzig Forschergruppen hatten sich zum ersten Stichtag überhaupt in diesem Arbeitsfeld beworben. Durchgesetzt haben sich, interdisziplinär begutachtet, die folgenden:

An den Universitäten Göttingen und Osnabrück beschäftigen sich künftig Forscherinnen und Forscher gemeinsam mit dem Thema „Die Krise ist weiblich. Soziale Struktur und diskursive Macht als Gender-Problem im klassischen Altertum“.

In einem weiteren Zusammenschluss von Teams beider Hochschulen war das Projekt „Interdisziplinäre Verbundforschung zur geschlechtsbezogenen Körper- und Bewegungssozialisierung in der Kindheit unter besonderer Berücksichtigung sozialer und ethischer Kategorien“ erfolgreich.

„Geschlechterwissen in und zwischen den Disziplinen: Kritik, Transformation und dissidente Partizipation“ lautet das Thema kooperierender Wissenschaftlerteams an den Universitäten Oldenburg und Braunschweig. Viertens und zu guter Letzt noch ein weiteres Mal die Universität Göttingen – diesmal im Verbund mit der Universität Lüneburg. Hier beschäftigen sich Forscherinnen und Forscher mit „*The Gender-Governance Link: Gender Equality and Public Goods Provision*“.

Die Förderlinie soll mit weiteren Ausschreibungen im Herbst 2015 und 2017 fortgeführt werden. Unterstützt werden bei einer Laufzeit von bis zu drei Jahren und einer Gesamtfördersumme von bis zu 500.000 Euro hochschulübergreifend Verbundvorhaben mit drei bis fünf Arbeitsgruppen.

Spannender Wettbewerb um eine „Wissenschaft für eine nachhaltige Entwicklung“: Acht Projekte setzen sich durch

Zwölf Millionen Euro für Forschung zum demografischen Wandel und zur Energiewende, zu Ernährung und Landwirtschaft, über Fragen der Mobilität von morgen oder das Leben in der Stadt und auf dem Land. Die Universitäten in Oldenburg und Lüneburg sind jeweils an vier erfolgreichen Kooperationen beteiligt.

Die 15 besten Projektgruppen stellten sich in der Endrunde des Wettbewerbs im Oktober 2014 in jeweils 15-minütigen Vorträgen den Fragen einer Jury aus Fachgutachtern, aber auch denen interessierter Bürgerinnen und Bürger – ein Novum bei einem Auswahlverfahren von Land und Stiftung.



66 – 15 – 8: soweit die nackten Zahlen. 66 Projekte standen zur ersten Auswahl; 15 Vorhaben, die diese Runde geschafft hatten, wurden im Oktober 2014 von ihren Protagonisten in einem Expertengespräch mit Bürgerbeteiligung präsentiert – und acht Projekte nahmen dort die letzte Hürde auf dem Weg zu den Fördermitteln. Die Rede ist von der ersten Runde im Programm „**Wissenschaft für eine nachhaltige Entwicklung**“, das unter dem Dach des „Niedersächsischen Vorab“ gemeinsam vom Land Niedersachsen und von der Volkswagen-Stiftung getragen wird. Beide Akteure betraten mit dieser Form des Auswahlverfahrens Neuland.

Auf die acht Verbundvorhaben entfallen insgesamt 12,1 Millionen Euro. Die erfolgreichen Forschergruppen arbeiten an folgenden Hochschulstandorten (*Zahl in Klammern gibt die Beteiligungen an einzelnen Projekten wieder*): Lüneburg (4), Oldenburg (4), Göttingen (2), Hannover (2), Braunschweig (1), Osnabrück (1) und Vechta (1). Die Wissenschaftlerteams beschäftigen sich mit aktuellen und künftigen Herausforderungen wie dem demografischen Wandel, der Energiewende,

Fragen von Mobilität, Ernährung und Landwirtschaft oder dem Leben in der Stadt und im ländlichen Raum. Details zu den acht exzellenten Forscherteams beziehungsweise Kooperationen der ersten Wettbewerbsrunde sind zu finden in der Pressemitteilung der Stiftung vom 21. November 2014 unter www.volkswagenstiftung.de.

Gefördert werden die einzelnen Vorhaben mit 500.000 bis 2,5 Millionen Euro bei Laufzeiten von drei bis vier Jahren. Die beiden Initiatoren des Angebots planen noch zwei Ausschreibungsrunden mit Stichtagen voraussichtlich im Frühjahr 2015 und 2016. Um Fördergelder im Programm „Wissenschaft für eine nachhaltige Entwicklung“ können sich niedersächsische Hochschulen bewerben, wobei Kooperationen mit wissenschaftlichen Partnern innerhalb und außerhalb Niedersachsens möglich und durchaus erwünscht sind. Das Verfahren – die Antragsteller präsentieren ihre Projektideen dem Gutachtergremium in einer öffentlichen Veranstaltung – soll bestehen bleiben. Immerhin haben rund 200 wissenschaftsinteressierte Zuhörer die Auftaktveranstaltung besucht.



Moleküle nach Maß

Viren lassen sich nutzen, um Krankheiten heilende Erbinformation in Zellen einzuschleusen. Besonders gut gelingt das mithilfe maßgeschneiderter Nanofasern: Sie erleichtern den Transfer. Ein Ulmer Forscherteam um Professorin Tanja Weil hat das Potenzial dieser Methode unlängst demonstriert. In einem weiteren Projekt erforscht die Chemikerin Transportmoleküle für klassische Wirkstoffe.

Eines der Moleküle, für die sich Professorin Dr. Tanja Weil interessiert, trägt sie als Halskette. Die Leiterin des Instituts für Organische und Makromolekulare Chemie der Universität Ulm arbeitet an der Schnittstelle von Chemie, Medizin und Molekularbiologie – den erhofften therapeutischen Nutzen eines maßgeschneiderten Moleküls für eine Erkrankung hat sie dabei stets im Hinterkopf.

Vor Viren hat Tanja Weil keine Angst. Zu-
mindest nicht vor jenen, mit denen sie in ihren
Laboratorien an der Universität Ulm zu tun hat.
„Wir arbeiten mit abgeschwächten Retroviren; die
machen nicht krank“, sagt die Leiterin des Instituts
für Organische und Makromolekulare Chemie der
Hochschule. „Im Gegenteil: Sie sollen sogar helfen,
Krankheiten zu heilen.“ Die Viren sind sozusagen
entschärft – sie haben ihr Gefahrenpotenzial
weitgehend verloren, vermögen aber virentypisch
gleich einem trojanischen Pferd, genetisches Mate-
rial in eine Körperzelle zu schmuggeln.

Eben das ist erwünscht. Denn auf diese Weise
erreichen bestimmte, dem Individuum fehlende
genetische Sequenzen, die etwa den korrekten
Bauplan eines Proteins kodieren, das Innere der
Zelle. Die fremden, man könnte beinahe sagen
„therapeutischen“ Gene werden dann im Opti-
malfall in das Erbgut der Zelle eingebaut. Der
solcherart verankerte „neue“ Code muss dann nur
noch richtig abgelesen werden. Am Ende entsteht
nach verschiedenen Abschriften das funktions-
fähige, weil richtig konstruierte Protein.

„Genmutationen führen oft dazu, dass Körper-
zellen fehlerhafte Proteine produzieren, die dann
wiederum die Ursache für viele Krankheiten sein
können: von Stoffwechselproblemen über For-
men der Demenz bis hin zu Krebserkrankungen“,
erklärt die Forscherin. Fehlerhafte Gensequenzen
können erworben sein – sie entstehen allerdings
laufend auch spontan. Solch fehlerhafte DNA
repariert der menschliche Körper normalerweise

ebenso automatisch wie zügig; alles in allem lau-
fen diese Prozesse hochgerechnet viele Milliarden
Mal am Tag ab. Doch manchmal versagen die
Reparaturmechanismen. Dann kann, wenn über-
haupt, nur ein Eingriff von außen helfen, der solch
eine Reparatur quasi ersetzt: eine Gentherapie.

Obwohl noch recht junges Forschungsfeld und
Therapieoption, lassen sich inzwischen – nach
allerdings einigen schweren Rückschlägen – erste
beachtliche, vor allem stabile gentherapeutische
Erfolge verzeichnen. In Europa ist bereits eine
Gentherapie gegen eine seltene Stoffwechsel-
krankheit zugelassen. In den USA, aber nicht nur
dort, sind in der Diskussion oder sogar schon in
der Pipeline Anträge auf Zulassung spezifischer
Gentherapien zur Behandlung verschiedener
Krebserkrankungen wie beispielsweise Formen
der Leukämie. Vor allem im Kampf gegen Immun-
defekte und Erbkrankheiten soll sich dieser Thera-
pieansatz künftig beweisen.

Es gibt allerdings noch eine Menge Herausforde-
rungen und Schwierigkeiten. Zum einen muss
eine Gentherapie individuell auf jeden Patienten
zugeschnitten sein. Auch lässt sich nicht ver-
meiden, dass gleichermaßen gesunde Zellen von
den Viren und ihrer besonderen Fracht infiziert
werden. Ein wirklich großes Problem stellt aber
eher die Kehrseite dieses Prozesses dar: Die Viren
tun sich oft erstaunlich schwer damit, eine Zelle
zu entern. „Das hat mich anfangs doch sehr über-
rascht. Ich dachte bis dahin, dass gerade Viren
Meister darin sind, ihre Erbinformation in Zellen

Ihr wissenschaftliches Inter-
esse ist breit: Zum einen
sucht Tanja Weil nach Wegen,
therapeutisch einsetzbaren
Viren den Zelleintritt zu
erleichtern; ebenso nach
Makromolekülen, die sich als
passgenaue Nanotherapeuti-
ka medizinisch nutzen lassen.
Übergeordnet konturiert sich
ihr Arbeitsfeld als die Suche
nach maßgeschneiderten
Hybridmaterialien, die aus
synthetischen und biologi-
schen Molekülen bestehen.



einzuschleusen“, sagt Weil. Eben dieses Problem
sind sie und ihre Ulmer Forscherkollegen Profes-
sor Dr. Frank Kirchoff, Professor Dr. Jan Münch
und Dr. Christian Meier inzwischen angegangen.

Neue Methode als wichtiger Meilenstein für die Gentherapie

Mit einem Trick gelang es ihnen, die enttäuschende
Performance der viralen Genvehikel beim Zellein-
tritt deutlich zu verbessern. Aus Aminosäuren – sie
sind die Basisbausteine der Proteine und an vielen
Prozessen im Organismus beteiligt – stellten sie
nanometerdünne Peptidfäden her. An diese kurzen
Aminosäureketten konnten sich zunächst die Viren
anheften. „Die Nanofibrillen bilden dann eine Art
Brücke zwischen Viren und Zellen und bringen die-
se so in räumliche Nähe. Dadurch steigt die Chance,
dass Viren in die Zelle eindringen können“, erläu-
tert die Chemikerin. Die Forscher vermuten, dass
vor allem entgegengesetzte elektrische Ladungen
die wechselseitigen Anziehungskräfte bewirken:
Dabei überbrücken die Fibrillen mit ihren positiv
geladenen Molekülteilen den Raum zwischen
Viren und Zellmembranen, die ihrerseits jeweils
negative Ladungen auf ihren Oberflächen tragen.

Weil betont, dass ein auf diese Weise verstärkt
ablaufender Virenterfer nicht nur für die Gen-
therapie, sondern gleichermaßen für die Grundla-
genforschung von Bedeutung ist. In dem von der
VolkswagenStiftung seit 2012 für zunächst drei

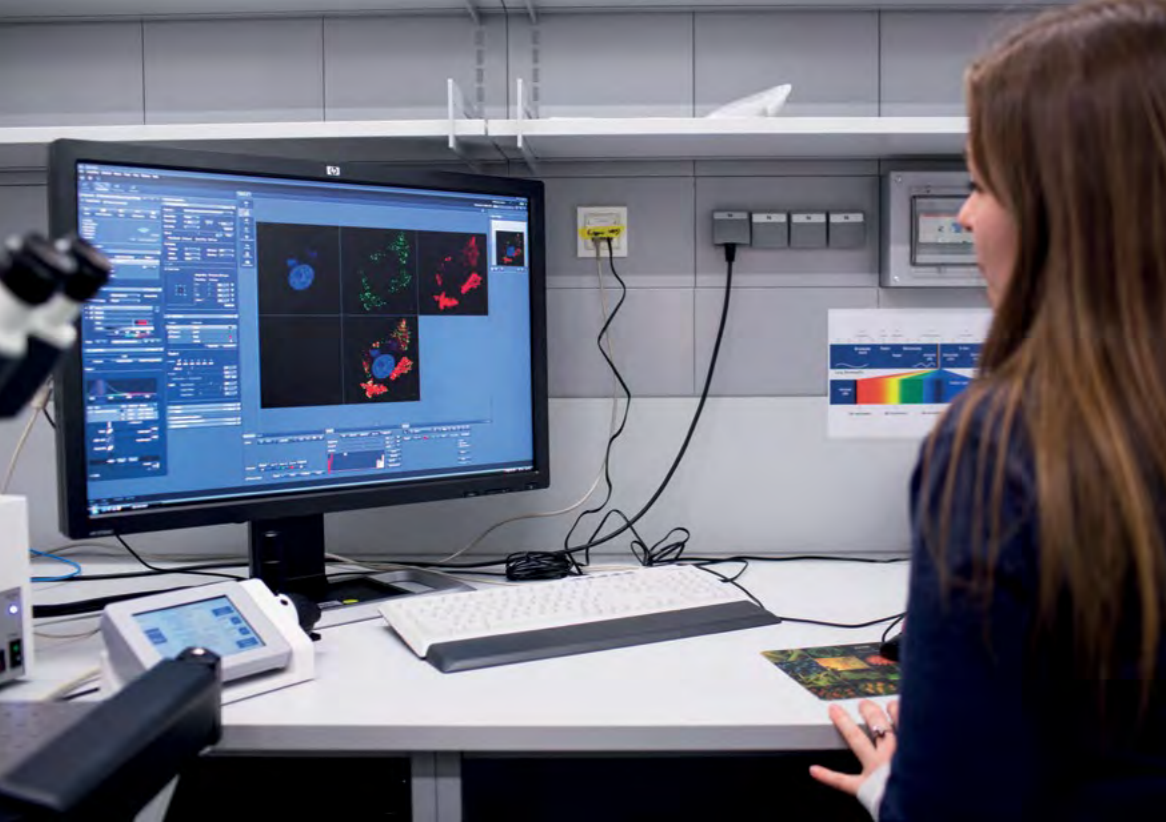
Jahre geförderten Projekt haben die Wissenschaf-
tler mit verschiedenen Mikroskopie- und Spektro-
skopiemethoden Länge und Änderungen in den
Aminosäuresequenzen bereits ebenso untersucht
wie die Verteilung der elektrischen Ladungen ent-
lang der Fibrillen und wie sich das im Einzelnen
auf die Effizienz der Virenübertragung auswirkt.
Dazu konstruierten die Forscher mithilfe verschie-
dener Techniken und „Tricks aus dem Methoden-
arsenal der Chemie“ zahlreiche Nanofibrillen aus
den Aminosäurebausteinen.

Um zu prüfen und zu erkennen, wie gut die ver-
schiedenen Fasern an den Retroviren haften und
wie effektiv das Konglomerat daraus in Zellen ein-
dringen kann, bauten die Forscher außerdem fluo-
reszierende Proteine in die Viren ein. Diese leuchten
grün, wenn sie mit Licht einer bestimmten Wellen-
länge bestrahlt werden. „So konnten wir sehen, wie
viele Viren es in die Zelle schaffen“, erläutert Weil.
Und letztlich sei es einfach eine schöne Möglichkeit,
optisch zu zeigen, dass das Prinzip funktioniert.

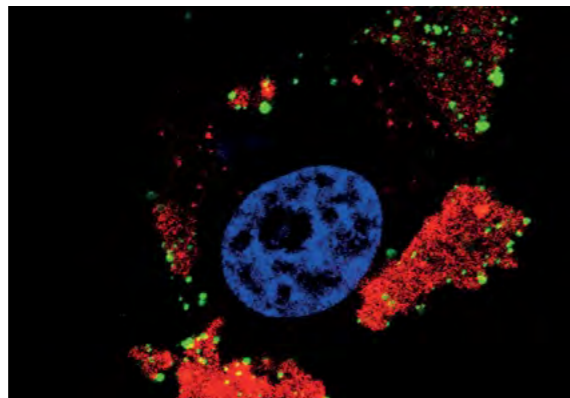
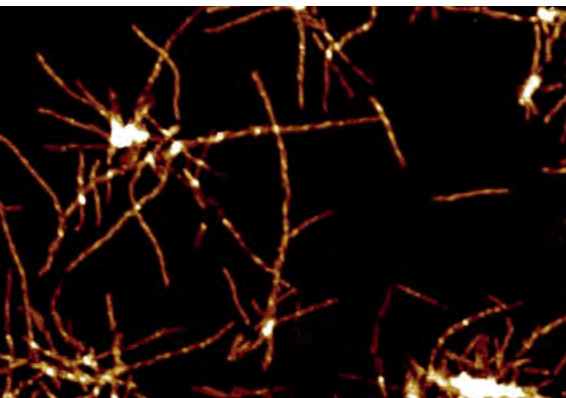
„Im Ergebnis haben wir festgestellt, dass der Viren-
transfer in Zellen durch die von uns konstruierten
Nanofibrillen um das Zwanzigfache verstärkt wur-
de“, betont die Ulmer Wissenschaftlerin. Und das
gelte sogar für den Typus Stammzelle. „Das ist eine
wirklich interessante Erkenntnis, da man von die-
sen wegen ihres therapeutischen Potenzials gerade
in jüngster Zeit äußerst intensiv erforschten Zellen
weiß, dass sie sich eigentlich nur schwer manipu-
lieren lassen.“ Zudem hätten die Versuche gezeigt,



Professor Dr. Ulrich Ziener und
Tanja Weil erörtern den Stand
der Dinge beim Treffen der
Forscherteams, die in die ver-
schiedensten von der Stiftung
inzwischen geförderten Pro-
jekte eingebunden sind.



Stefanie Sieste aus dem Team von Tanja Weil wertet im Labor Darstellungen von Peptiden aus, die mit einem Konfokalmikroskop gemacht wurden – einem speziellen Lichtmikroskop. Im Gegensatz zur konventionellen Lichtmikroskopie wird nicht das gesamte Präparat beleuchtet, sondern immer nur ein Bruchteil davon. Diese Beleuchtung wird Stück für Stück über das Präparat gerastert. Im Mikroskop entsteht also zu keinem Zeitpunkt ein vollständiges Bild. Das reflektierte Licht wird nacheinander an allen Orten des abzubildenden Bereiches gemessen, sodass eine anschließende Konstruktion des Bildes möglich ist. Letztlich entstehen optische Schnittbilder mit ausgesprochen hohem Kontrast. Inzwischen haben die Forscher Hunderte verschiedener Peptide synthetisiert und eine umfangreiche Peptid-Bibliothek erstellt.



dass die Nanofibrillen wenig bis gar nicht toxisch wirkten – ein großer Vorteil im Vergleich zu derzeit eingesetzten Transportverstärkern. Die Ergebnisse können sich in der Tat sehen lassen und sind längst sichtbar; sie wurden unter anderem veröffentlicht im renommierten Wissenschaftsmagazin *Nature Nanotechnology*.

Der Virentransfer wird spezifisch – nur bestimmte Zellen des Körpers sollen durchlässig sein

Mittlerweile haben die Forscher Hunderte verschiedener Peptide synthetisiert und eine umfangreiche Bibliothek erstellt, die neben Länge, Struktur und elektrischer Ladungsverteilung auch biologische Wirkungen der Fibrillen erfasst. Und doch ist das Potenzial längst nicht ausgeschöpft. „Wir möchten jetzt viele weitere Peptidvarianten herstellen und herausfinden, wie sich zum einen deren jeweilige biologische Wirkung durch chemische Verände-

rungen gezielt steuern lässt und über welche Ladungsverteilungen und mit welchen Strukturen wir den Virentransfer zum anderen möglicherweise weiter verbessern können“, lässt Weil die Breite geplanter Forschung aufscheinen. Vor allem aber will das Team die Fibrillen chemisch so „programmieren“, dass sie den Virentransfer nur in bestimmte Zellen des Organismus begünstigen – etwa selektiv den Eintritt in Krebszellen verstärken. „Diese besitzen auf ihrer Zelloberfläche häufig charakteristische Membranproteine, für die man die Fibrillen im Prinzip maßschneidern könnte“, erklärt die Chemikerin. Gesunde Zellen würden dann von der Therapie ausgenommen bleiben, unerwünschte Nebenwirkungen könnten deutlich milder ausfallen.

Und dann lieferten die Forscher ebenso überraschend wie unerwartet auch noch Erkenntnisse zu einem ganz anderen Themenfeld ab: der Immunschwächekrankheit Aids. Erstmals

überhaupt gelang im menschlichen Sperma der Nachweis von Peptidfibrillen, die HI-Viren binden. Analog zum zuvor Entdeckten scheint es den Wissenschaftlern denkbar, dass diese Fibrillen den Zellzutritt des Virus erleichtern und so eine HIV-Infektion verstärken. Auch diese Ergebnisse wurden bereits nachhaltig platziert: in der Fachzeitschrift *Nature Communications*.

Zahlreiche Biopolymere für die Nanomedizin – etliche Wissenschaftspreise für Tanja Weil

Erst kürzlich wurde Tanja Weil, die schon die Forschungs- und Entwicklungsabteilung eines Pharmaunternehmens geleitet und an der Nationalen Universität Singapur geforscht und gelehrt hat, mit dem Wissenschaftspreis der Stadt Ulm ausgezeichnet. „Ihre beeindruckenden Erfolge stärken das Ansehen des Wissenschaftsstandortes Ulm weit über die Region hinaus und stehen für das Potenzial internationaler Spitzenforschung an der Universität“, sagte der Oberbürgermeister der Stadt Ivo Gönner anlässlich der Preisverleihung. Ausdrücklich ausgezeichnet werde dabei nicht nur eine schon in jungen Jahren international sichtbare Forscherin, die über hundert Publikationen in namhaften Journalen listen kann, sondern gleichermaßen eine Hochschulmitarbeiterin, die sich unermüdlich in der Lehre engagiere: ob in der Chemie, der Biochemie oder der pharmazeutischen Biotechnologie, ist wiederum aus der Spitze der Hochschule zu hören.

An der Universität Ulm, an der die Mutter einer dreijährigen Tochter seit dem Jahr 2010 lehrt und forscht, belegt Tanja Weil mit Drittmittelwerbungen von inzwischen nahezu sechs Millionen Euro ab diesem Zeitpunkt einen der vordersten Plätze in der Akquise von Forschungsgeldern. Vergleichsweise kurz an der Hochschule, sei sie bereits federführend beteiligt gewesen bei der Gründung des Ulmer Zentrums für Peptid-Pharmazeutika sowie beim Aufbau des Zentrums für Quanten-Biowissenschaften, lobten die Laudatoren bei der Preisverleihung.

Tanja Weil steht als eine der Ersten in Deutschland für eine neue interdisziplinäre Forschungsrichtung, die eine Brücke schlägt zwischen Chemie, Molekularbiologie und Medizin. An der Schnittstelle erschließen sich aufregende Arbeitsfelder. Ihr übergeordnetes Forschungsziel sei die Entwicklung maßgeschneiderter Hybridmaterialien aus synthetischen und biologischen Makromolekülen, bringt es die engagierte Wissenschaftlerin auf den Punkt. Zugleich ist es die Suche nach Makromolekülen, die als passgenaue Nanotherapeutika medizinisch eingesetzt werden können: Biopolymere, bestehend aus biologischen Bausteinen wie Proteinen und Nukleinsäuren. „Die gewünschten Biomakromoleküle sollen im Körper wie kleine Nanomaschinen funktionieren, die sich chemisch programmieren und steuern lassen – etwa über den pH-Wert oder durch temperaturabhängige ‚Schalter‘“, fasst sie das große Ganze noch einmal verständlich zusammen und konkretisiert es im Nachsatz zugleich punktgenau.

Das neueste Projekt: Nanotransporter, die die Blut-Hirn-Schranke überwinden können

Können, Kreativität und Expertise der versierten Chemikerin haben auch bei der VolkswagenStiftung jüngst wieder zum Erfolg geführt. Seit dem vergangenen Jahr wird ein weiteres Projekt unterstützt, in das noch ihr Ulmer Kollege Professor Dr. Thomas Simmet und Professor Dr. Klaus Müllen vom Max-Planck-Institut (MPI) für Polymerforschung in Mainz eingebunden sind. Das Forschertrio interessiert sich für die biologische Wirkung winziger künstlicher Nanokugeln namens Polyphenyldendrimere. Diese Dendrimere haben eine dreidimensionale baumartige Struktur; in Größe und Form Proteinen durchaus ähnlich.

Was aber interessiert an diesen Molekülen mit dem sperrigen Namen? Nun, auch sie könnten einmal unmittelbar als Transportvehikel für medizinische Wirkstoffe zum Einsatz kommen. Dies zu erreichen, verändern die Forscher die Dendrimere ganz gezielt: Sie spicken sie zum Beispiel mit einem Muster aus positiven und negativen Oberflächen-



Die Arbeitsgruppen von Tanja Weil vereinen Nachwuchswissenschaftler aus allen Winkeln der Erde. Arbeitssprache ist seit Langem Englisch – ganz selbstverständlich verständigen sich so auch die Doktoranden Yu Tokura und Sabyasachi Chakraborty (links), die hier gerade am DNA-Synthesizer arbeiten.

ladungen oder wasserabweisenden oder -anziehenden Molekülgruppen. „Es ist bislang kaum verstanden, wie bestimmte chemische Texturen auf der Oberfläche dieser komplexen Moleküle mit den Zellen im Körper wechselwirken“, sagt Weil. Gemeinsam mit ihrem Ulmer Kollegen will sie die biologische Wirkung einer Vielzahl unterschiedlich strukturierter Dendrimere erforschen. Die Wissenschaftler in Mainz vom dortigen Max-Planck-Institut hingegen kümmern sich vor allem um Synthesestrategien und Analysen.

Erste Versuche haben gezeigt: Es sind wasserabweisende Oberflächengruppen, denen wohl künftig das Hauptinteresse gelten muss. Sie erleichtern es den Dendrimeren nicht nur, durch die Zellmembran zu dringen; sie begünstigen offenbar auch deren problemlose Freisetzung in den Zellen – „eine Grundvoraussetzung für den Wirkstofftransport“, freut sich die Chemikerin. Die kleinen Kugeln zeichnet aber noch etwas anderes aus: Sie können offenbar sogar die Blut-Hirn-Schranke überwinden. Diese Schranke,

Medikamente gezielt in Körperzellen transportieren: erste Ansätze

Die VolkswagenStiftung hat in den vergangenen Jahren zahlreiche Projekte rund um das Thema Wirkstofftransport im Körper und Transfer der Therapeutika an ihren Zielort gefördert. Exemplarisch zeigen das drei Verbundvorhaben, die sehr erfolgreich – und zu einem ausgesprochen frühen Zeitpunkt – die Entwicklung solcher auch als „Drug-Carrier-Systeme“ bezeichneten Transportsysteme voranbrachten.

Eines verbindet die Ansätze: Jenseits der Grundlagenforschung haben die Akteure die konkrete Anwendung stets im Blick gehabt und mitgedacht. Ihr Anliegen war es, künftig Wirkstoffe, Medikamente gezielt an erkrankte Regionen im Körper transportieren zu können. Und zwar bis in Zellzwischenräume oder sogar hinein in die einzelne Zelle, in der die Substanzen benötigt werden.

Die Forschungsansätze unterscheiden sich in der verfolgten Strategie beziehungsweise hinsichtlich der für das jeweilige System genutzten Materialien sowie der Techniken, Methoden und Verfahren, von denen etliche eigens im Zuge der geförderten Projekte entwickelt und etabliert wurden. Auf den Weg gebracht wurden diese drei Kooperationsvorhaben im Rahmen der von 2000 bis 2006 laufenden Förderinitiative „Komplexe Materialien“.

@ [volkswagenstiftung.de/foerderung/beendet/komplexe-materialien.html](https://www.volkswagenstiftung.de/foerderung/beendet/komplexe-materialien.html)

Projekt eins: das künstliche Virus

Bei der Gentherapie ist nach wie vor ein Hauptproblem der erfolgreiche Transfer der „therapeutisch wirksamen Gene“ in die Zielzellen des Körpers. Die entscheidende Barriere stellt die Zellmembran dar; sie behindert die Abgabe von Wirkstoffen, Proteinen oder auch genetischem Material in das Zellinnere.

Bereits 2002 starteten die Wissenschaftler **Edwin Donath (Leipzig)**, **Klaus Überla (Bochum)** und **Gerald Brezesinski (Potsdam)** Versuche, mithilfe von Viren diese Barriere zu überlisten. Es gelang ihnen, ein künstliches Virus herzustellen, das – vergleichbar dem Ansatz von Tanja Weil – zwar nicht mehr krankheitsauslösend ist, aber weiterhin die Fähigkeit besitzt, den Gentransfer zu leisten. Dazu bauten die Forscher zunächst durch sukzessive Beschichtung eines löslichen Templates eine Polyelektrolyt-Kapsel, die sie mit einer Lipidschicht belegten. In diese Oberflächenstruktur integrierten sie anschließend über eine sogenannte pH-gesteuerte Fusion die Membrankomponenten verschiedener Viren. Experimentiert wurde mit Rubella-, Influenza- und Baculoviren.

Den Erfolg ihres Ansatzes konnten die Forscher teils sogar unmittelbar miterleben. Mithilfe von Fluoreszenzverfahren demonstrierten sie eindrucksvoll, dass die künstliche Lipidschicht

beweglich ist – eine entscheidende Eigenschaft, damit verschiedene Membrankomponenten der Viren sich dort erfolgreich integrieren können. Darauf aufbauend verbesserten sie in weiteren experimentellen Schritten mehrfach Stabilität und Dynamik der Lipidschichten. Zudem gelang ihnen der Nachweis, dass die Epitope der Viren – ein Epitop ist ein bestimmter Bereich auf der Oberfläche, an den andere Akteure spezifisch andocken können – immunologisch in der Tat erkannt werden und dass sich auf diesem Weg über molekularbiologische Verfahren sogar Funktionen auf die Partikel übertragen lassen, die ursprünglich nicht auf den Viren vorhanden sind: etwa HIV-Antigene.

Ein entscheidender Erfolg der Arbeiten aber war, dass die Wissenschaftler detailliert darlegten, über welchen Weg die modifizierten kolloidalen Partikel den Weg in die Zellen fanden. Dieses Wissen ist unabdingbare Voraussetzung für die Entwicklung moderner Arzneimittelträger mit integrierter Rezeptorfunktion. Die Stiftung unterstützte das Vorhaben „*Biocomposite capsules as artificial viruses*“ seinerzeit mit 540.000 Euro.

Rückblick: Die Stiftung hat immer wieder Projekte gefördert, bei denen es um neue Ansätze des Transports von Therapeutika im Körper ging. Gut ein Jahrzehnt ist es her, dass diese drei Forschungsvorhaben rund um künstliche Viren, nicht-virale Transportsysteme und Nanocontainer für Aufmerksamkeit sorgten.

WEITERE PROJEKTE

Projekt zwei: nicht-virale Drug-Carrier-Systeme

Unter der Federführung von **Stephan Förster (Hamburg)** entwickelten Wissenschaftlerteams um **Markus Antonietti (MPI in Potsdam-Golm)**, **Christian Mayer (Duisburg-Essen)** sowie **Rolf Schubert** und **Regine Peschka-Süss (Freiburg)** Polymervesikel als vielseitige Trägersysteme. Die Polymervesikel, über die Wirkstoffe oder Gene in Zellen kontrolliert freigesetzt werden, entstehen – und das ist das Besondere – durch gesteuerte Selbstorganisation. Die Forscher fanden heraus, dass die Größe der Vesikel ein wichtiger Parameter ist für den erfolgreichen Zelleintritt. Für ihre Versuche nutzten sie nicht nur klassische Methoden für die Vesikelpräparation, sondern entwickelten Verfahren wie die *Drop-on-Demand*-Technik von Tintenstrahl Druckern und die Mikrofluidik.

Fortsetzung auf Seite 56 ...



eigentlich ein Schutz des Gehirns vor schädigenden Substanzen, erschwert oder behindert auch den Zutritt medizinischer Wirkstoffe. So ist sie zugleich ein großes Hindernis bei der Behandlung vieler neurologischer Erkrankungen – ob psychische Störungen, Hirntumore, Parkinson oder Alzheimer. Sie verhindert, dass mögliche therapeutische und diagnostische Substanzen das Zentralnervensystem erreichen. Gäbe es folglich wirkstofftransportierende Moleküle, die diese schützende Schranke überwinden könnten, ohne sie zu schädigen oder zu zerstören, wäre der therapeutische Nutzen enorm.

„Doch das ist noch Zukunftsmusik“, räumt Weil ein. „Aktuell wollen wir erst einmal die Transportmechanismen genauer untersuchen und verstehen.“ Und so mag – verständlicherweise – keiner der Forscher eine Einschätzung dahingehend abgeben, wie weit der Weg bis zu einem klinischen Einsatz letztlich noch ist: egal, ob der Blick nun den Vehikeln für den eher klassischen Medikamententransport gilt oder den Gentherapeutika. Auch Tanja Weil ist hier vorsichtig. Der Optimismus jedoch, dass absehbar ein Durchbruch durchaus gelingen kann, ist bei ihr und allen Beteiligten mit Händen greifbar.

Eine der vielen Team- und Gruppenleitersitzungen. Tanja Weil, die inzwischen mehrere Forschergruppen leitet und kontinuierlich Projektmittel einwirbt, spricht auch über die Kehrseite ihres Durchbruchs in der Wissenschaft: Viel Zeit verbringe sie inzwischen in Meetings, bei der Akquise oder verwohen in Organisatorisches, seufzt sie. Der Erfolg verlagert seine Kinder ...



WEITERE PROJEKTE

Von diesen inzwischen etablierten Methoden haben viele Forscherkollegen profitiert. Die Verfahren erlauben beispielsweise die direkte Herstellung von Vesikeln mit definierter Größe und enger Größenverteilung in dem für solche Versuchsansätze relevanten Bereich (etwa 50 bis 200 Nanometer Durchmesser). Weiterhin lassen sich mithilfe seinerzeit entwickelter Methoden Substanzen effizient unmittelbar an einem bestimmten Ort inkapseln. Auch gelang den Forschern experimentell die langsame und gleichmäßige Abgabe der inkapselten Wirkstoffe durch die Vesikelmembran am Zielort beziehungsweise in das umgebende Medium. Entscheidend dabei ist, den für eine kontrollierte Freisetzung wichtigen pH-Wert im umgebenden Zielmilieu steuern zu können. Auch hier waren die Forscher erfolgreich.



Zudem stellten sie fest, dass sich bei kleinen pH-Werten ($\text{pH} < 4$) die Vesikelmembran spontan auflöst – die inkapselten Stoffe werden sofort und vollständig freigesetzt. Das kann therapeutisch ebenso von Nutzen sein wie eine langsame und gleichmäßige Abgabe von Wirkstoffen.

Das Vorhaben zeichnete sich dadurch aus, dass die Forscher und ihre Teams Antworten auf wesentliche offene Schlüsselfragen im Bereich der nicht-viralen Drug-Carrier-Systeme fanden – etwa zu den Aspekten DNS-Bindung und Einkapselung, Vesikelgrößenverteilung und Stabilität, Biokompatibilität; des Weiteren zur Anbindung von Rezeptoren hinsichtlich deren Auswirkung auf die Effizienz des Gentransfers in verschiedene Zelllinien.

Blick auf einen Probenbehälter, wie er in einem Labor typisch ist – Arbeitsgegenstand vieler Lebenswissenschaftler.

Zum Einsatz kamen dabei eine Reihe innovativer Techniken und Methoden wie die Licht-, Neutronen- und Röntgenstreuung, des Weiteren Fluoreszenz- und Kryo-Elektronenmikroskopie sowie NMR- und Membran-Separationsverfahren zur Charakterisierung der Vesikel-DNS-Konjugate. Eigens entwickelt wurden die analytische Ultrafiltration und eine zeitaufgelöste NMR-Methode. Die *Nuclear Magnetic Resonance (NMR)-Tomografie* (magnetische Kernspintomografie) ist ein etabliertes Verfahren für chemische Analysen und medizinische Diagnosen. Die VolkswagenStiftung förderte das Kooperationsvorhaben „*Block copolymer vesicles with controlled uptake/release functions for drugs and genes*“ für drei Jahre mit 683.000 Euro.

Projekt drei: Nanocontainer mit gleich dreierlei „Fähigkeiten“

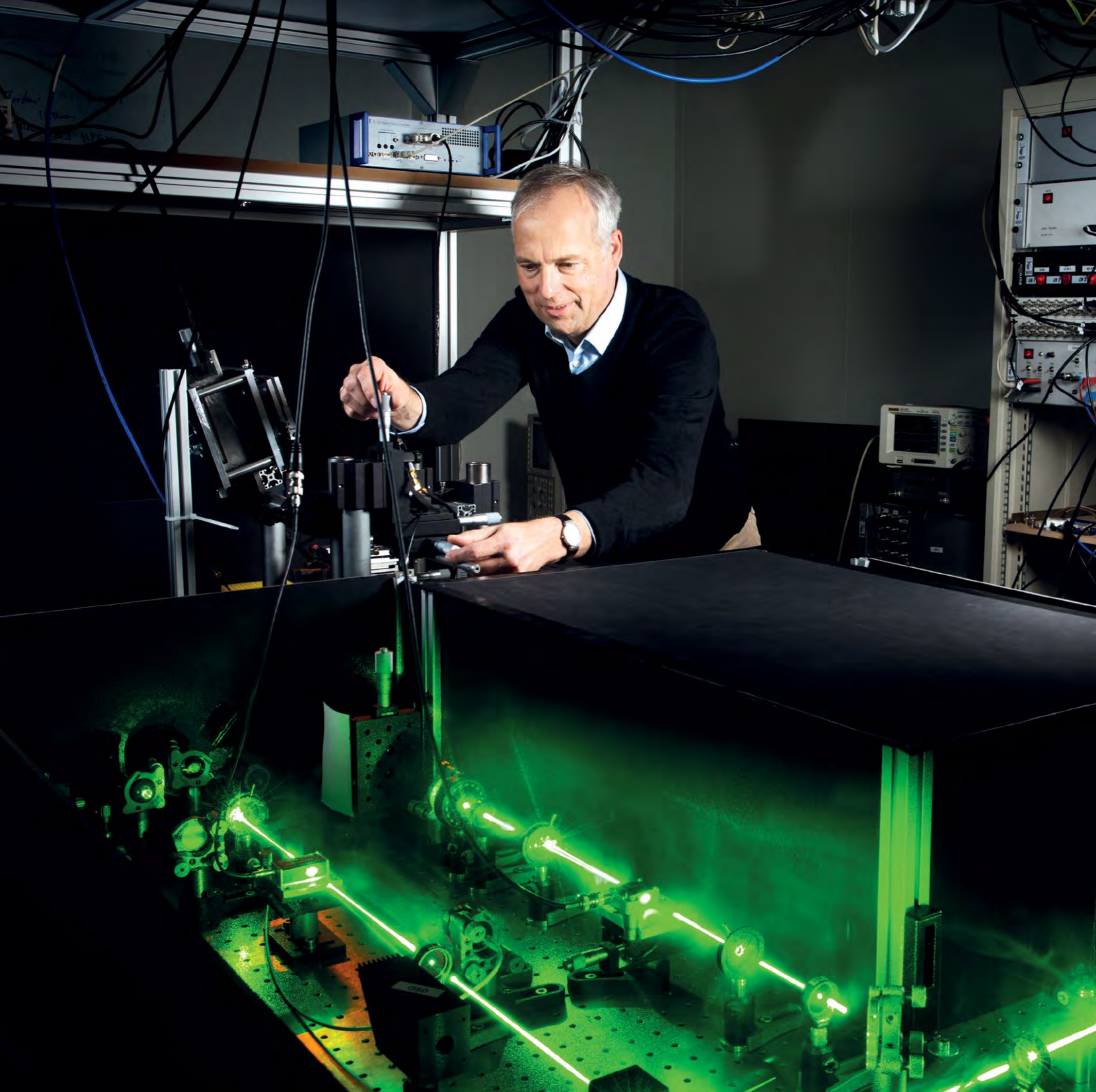
Zeitgleich startete ein weiterer Forscherverbund mit dem Ziel, multifunktionale Polymerkapseln als potenzielle *Drug Carrier* herzustellen. Der Clou: eingeschlossene Enzyme an einen Ort zu bringen, an dem jene Enzyme ungiftige Vorstufen von Medikamenten zu hochwirksamen Arzneimitteln umsetzen. Diese sogenannten aktiven Nanocontainer ermöglichen gleich dreierlei: die enzymati-

sche Katalyse am Ort, die kontrollierte Freisetzung von eingeschlossenen Chemikalien sowie den zielgerichteten Transport pharmazeutisch wirksamer Substanzen.

Elegant an dem Vorhaben war aber zum damaligen Zeitpunkt auch, mittels eingebauter leuchtender (lumineszierender) Kristalle einzelne Schritte des Prozesses unmittelbar verfolgen zu können. Zugleich unternahm das Team erste Versuche, die Nanocontainer mithilfe ebenfalls eingebauter magnetischer Nanopartikel über angelegte Magnetfelder extern zu steuern. Dies sollte den zielgenauen Transport der Kapseln in spezifische Zellkompartimente beziehungsweise Gewebereiche weiter verbessern.

An solchen Systemen arbeiten Wissenschaftler noch heute intensiv. Getragen wurde das von der Stiftung mit 695.600 Euro geförderte Verbundvorhaben „*Nanoengineered polymer capsules: tools for detection, controlled delivery and site specific manipulation*“ seinerzeit von einem Team an Nachwuchsforschern: **Gleb Sukhorukov (MPI Potsdam-Golm)**, **Andrey Rogach** und **Wolfgang J. Parak (München)** sowie **Mathias Winterhalter (Bremen)**.

Christian Jung



Schwerpunktthema

Mit Technik und Methode

Quanten statt Klunker

Zugegeben, selbst im Dekolleté von Marilyn Monroe kämen diese Diamanten, die sie einst als „*a girl's best friends*“ besang, kaum zur Geltung. Schließlich sind sie mit bloßem Auge nicht zu erkennen. In der Forschungswelt aber hatten Nanodiamanten schon einige spektakuläre Auftritte. Maßgeblich daran beteiligt sind zwei Forscher, deren Arbeit die VolkswagenStiftung in vier Projektverbänden unterstützt.

Das Lächeln in seinem Gesicht ist zweifelsohne dem Spaß an seiner Arbeit zuzuschreiben, an jenen Tagen aber gab es noch einen besonderen Grund zur Freude: Professor Dr. Jörg Wrachtrup vom Physikalischen Institut der Universität Stuttgart hatte den renommierten Max-Planck-Forschungspreis zugesprochen bekommen. Hier demonstriert er, wie das konfokale Lasermikroskop funktioniert.

Jörg Wrachtrup, Professor an der Universität Stuttgart, und Fedor Jelezko, Professor an der Universität Ulm, verbindet eine für Männer eher ungewöhnliche Leidenschaft: Diamanten. Allerdings interessieren sich die beiden weniger für Karatzahl und Klunkerqualitäten als für die physikalisch-chemischen Eigenschaften des Materials. „Diamant ist einzigartig. Er ist extrem hart und beständig und hat eine hohe Wärmeleitfähigkeit“, schwärmt Wrachtrup, der kürzlich mit dem Max-Planck-Forschungspreis ausgezeichnet wurde. Nicht zuletzt sind Diamanten chemisch sehr träge und biologisch gut verträglich, selbst wenn sie „im Körper getragen“ werden. Auf Nanoformat geschrumpft, eignen sie sich deshalb auch für medizinische Anwendungen. Mit ausgetüftelten Methoden wollen die Physiker die einzigartigen Edelsteine nun zum einen in pharmazeutische Vehikel verwandeln; ebenso in Spione, die Licht in biochemische Zellprozesse bringen – und sogar in Bausteine, aus denen die

Computer der Zukunft sind. Rund 15 Jahre forschen sie schon gemeinsam auf dem Gebiet. Seit 2008 werden sie von der VolkswagenStiftung gefördert.

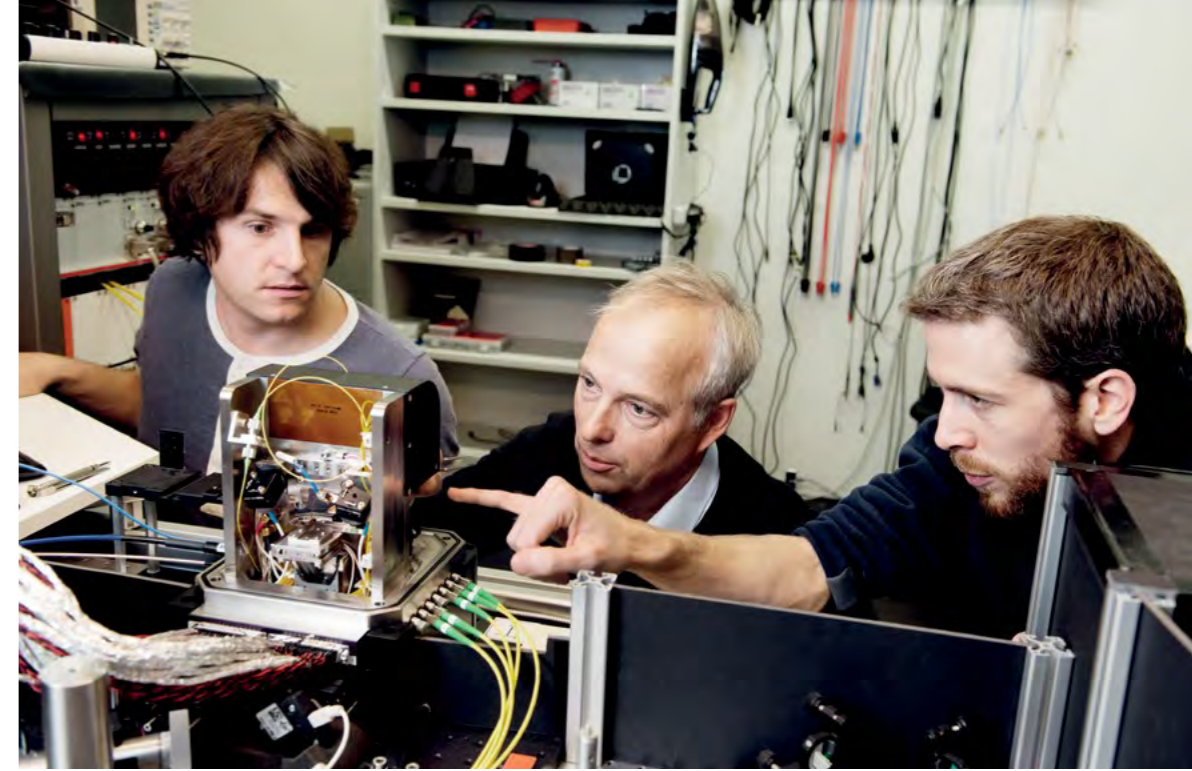
Das Material, dem die Wissenschaftler Außergewöhnliches abverlangen wollen, ist nichts anderes als reiner Kohlenstoff. Die Kohlenstoffatome sitzen in einem dreidimensionalen Netzwerk, alle exakt gleich weit voneinander entfernt angeordnet und gleich stark miteinander verbunden. Der entscheidende Trick der Forscher ist nun, das perfekte Diamantgitter zu stören und Fremdatome hineinzuschleusen – zum Beispiel Stickstoff. Wird ein auf diese Weise verunreinigter oder wie die Fachleute sagen „dotierter“ Diamant mit Licht geeigneter Wellenlänge bestrahlt, leuchtet er. „Solche Dotierungen kommen auch ganz natürlich vor; sie sind in hohen Konzentrationen zum Beispiel dafür verantwortlich, dass manche Diamanten pink aussehen“, erzählt Wrachtrup. Das Phänomen ist ein Quanteneffekt und heißt Fluoreszenz. Der gleiche Effekt lässt Textmarkerfarben im Tages- oder einen Gin Tonic im Schwarzlicht einer Diskothek leuchten.

Die Fluoreszenz der dotierten Diamanten sieht aber nicht nur schmeckbar aus, sondern liefert auch wertvolle Informationen über die unmittelbare „Umgebung“ der Teilchen: die molekulare Struktur, den atomaren Zustand. Denn wie stark der Effekt ausfällt, hängt vom Drehimpuls, dem Spin der negativ geladenen Elektronen des Fremdatoms ab. Und der wiederum reagiert äußerst empfindlich auf Änderungen im molekularen Umfeld, zum Beispiel in einer Körperzelle. Der Spin ist eine quantenmechanische Eigenschaft etwa von Elektronen und Atomkernen und macht diese Teilchen zu winzigen Magnetnadeln, die sich in einem äußeren Magnetfeld ausrichten. Wie viel Energie für einen Richtungswechsel notwendig ist, hängt dabei eben auch von der chemischen Umgebung eines Spins ab. Das macht man sich zunutze etwa bei der Kernspintomografie, die entsprechend ein detailliertes Bild der unterschiedlichen Gewebe im menschlichen Körper liefern kann.

Ein Kryostat wie dieser im Quantenoptiklabor der Universität Ulm steht auch bei den Stuttgarter Projektpartnern und ist in diesem Heft immer mal wieder zu sehen – so auch bei dem Bericht über die Forschung von Jascha Repp in Regensburg (siehe Beitrag ab Seite 30 ff.). Mit solch einem Kühlgerät können sehr niedrige Temperaturen erreicht und konstant gehalten werden. Gebraucht werden diese vor allem in der Tieftemperaturphysik, der Supraleittechnik und zur Kühlung von Infrarot-Detektoren.



Jörg Wrachtrup und die Doktoranden Thomas Häberle und Dominik Schmid-Lorch (links) am optischen Tisch im Stuttgarter Institutsgebäude. Sie bereiten einen Versuch vor, für den sie das Atomic Force Microscope und das konfokale Lasermikroskop (siehe Seite 62) kombiniert einsetzen wollen.



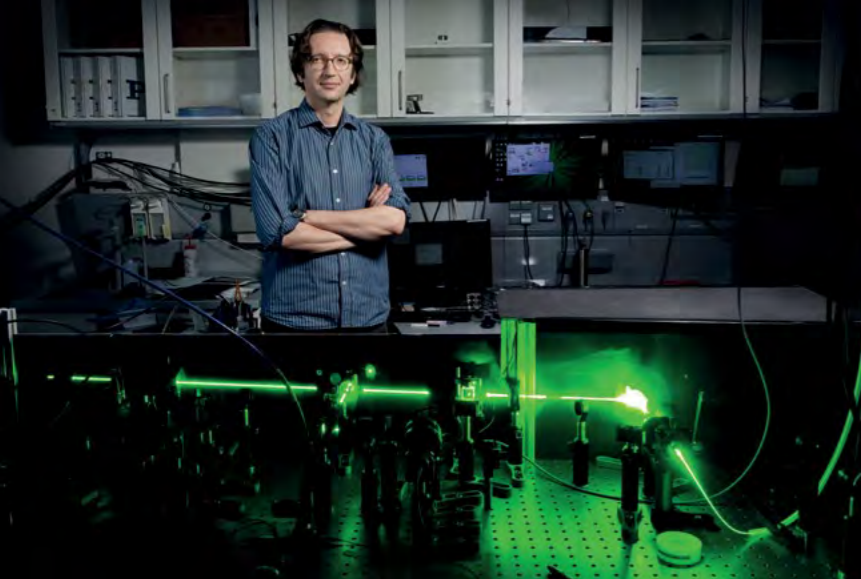
Am weitesten fortgeschritten sind die Versuche, die dotierten Nanodiamanten als Vehikel für medizinische Wirkstoffe einzusetzen. Wrachtrup und Jelezko wollen mit den Edelsteinwinzlingen zum Beispiel Zytostatika gegen Krebs in kranke Zellen schleusen. „Das schont gesundes Gewebe und verringert Nebenwirkungen, die oft sehr unangenehm sein können“, sagt Jelezko. Hierzu wurden die pharmazeutischen Wirkstoffe gezielt an den Oberflächen der Nanodiamanten angeheftet. Die Bindung zwischen Diamantoberfläche und Wirkstoffen ist dabei abhängig vom vorliegenden pH-Wert; freigegeben wird das Medikament nur im sauren Milieu der Krebszellen.

Einsatzfeld Nummer eins: Nanodiamanten als Vehikel für medizinische Wirkstoffe

Die diamantenen Vehikel haben aber noch einen weiteren großen Vorteil: Sie lassen sich wegen ihres Leuchteffekts leicht orten. Außerdem zeigt die Fluoreszenzstärke an, ob der Wirkstoff noch gebunden ist oder nicht. „So können wir letztlich alle Prozesse beobachten: von der Injektion über die Abspaltung des Wirkstoffs bis zu dem Moment, an dem der Diamant ausscheidet. Bisher gab es dafür noch kein elegantes Verfahren“, betont der Forscher. Der einzige Nachteil der Methode: Das Licht vermag nur eine relativ dünne Gewebeschicht zu durchdringen. „Wir können die Teilchen aber auch mit radioaktivem Phosphor markieren und dann in tieferem Gewebe messen“, erklärt er.

Eine dritte Möglichkeit wäre, die magnetische Kernspintomografie oder *Nuclear Magnetic Resonance*-Tomografie (NMR-T) zu nutzen. Daran arbeiten die Wissenschaftler im aktuellen Projekt. Die NMR-Tomografie ist eine etablierte Methode für chemische Analysen und medizinische Diagnosen. Dabei werden die Spins bestimmter Atomkerne mithilfe von magnetischen Messungen ausgelesen. Bisher liefern diese Geräte aber nur dann hochauflösende Bilder, wenn Proben aufwendig im Vakuum und bei Temperaturen nahe dem Nullpunkt gemessen wurden. Für Messungen an lebenden Zellen ist das ungeeignet.

Unterstützt man diese Methode, indem man Wrachtrups und Jelezkos leuchtende Nanodiamanten nutzt, sind auch hochauflösende Messungen bei Raumtemperatur möglich. „Mit solchen Sensoren können wir die Struktur und Dynamik biologischer Moleküle untersuchen, ohne störend in das bestehende System einzugreifen“, betont Wrachtrup. Erste biophysikalische Messungen seien äußerst erfolgreich verlaufen. „Künftig könnte man mit der Methode zum Beispiel beobachten, wie Ionenkanäle an Neuronen koppeln und wie die Impulsweiterleitung funktioniert – man hätte ein entscheidendes Werkzeug in der Hand, um Prozesse im Gehirn besser zu verstehen“, erklärt der Forscher. „Gelingt das, hätten wir sogar noch ein echtes ‚Glamourthema‘“, fügt er lächelnd hinzu. „Denn wie die Schaltzentrale der Menschen funktioniert, ist bestenfalls in den Grundzügen verstanden.“



Auch bei den Projektpartnern an der Universität Ulm geht nichts ohne ein konfokales Lasermikroskop. Zum Team von Professor Dr. Fedor Jelezko, dem Leiter des Instituts für Quantenoptik, gehören unter anderem die Doktoranden (von links): Kay Jahnke, Clemens Schäfermeier, Farzaneh Vaghefikia und Uwe Jantzen.

Nicht zuletzt haben die Forscher im Zuge der stiftungsgeförderten Projekte eine Erkenntnis gewonnen, mit der sie gar nicht gerechnet hatten und die zum Beispiel in der Krebsdiagnostik das Zeug zu einer kleinen Revolution hat. „Wir konnten zeigen, dass sich die Teilchen in den Zellen auch als Temperatursensoren eignen“, berichtet Wrachtrup. Die Temperatur von Zellen und deren Bestandteilen zu kennen ist wichtig: Sie zeigt unter anderem an, ob sich Zellen teilen, ob sie sterben oder gerade in großen Mengen bestimmte Proteine produzieren. „Wie die Körpertemperatur beim Menschen, ist auch die Temperatur in einer Zelle oder in bestimmten Zellorganellen ein wichtiger Indikator für den Allgemeinzustand“, erklärt der Wissenschaftler. Wenn sich zum Beispiel Tumorzellen entwickelten, könne man das schon in einem sehr frühen Stadium anhand von Temperaturveränderungen in den Mitochondrien, den Kraftwerken der Zellen, erkennen.

Arbeitsfeld Nummer zwei: die Entwicklung einer Methode zur Herstellung von Nanodiamanten

Natürlich gibt es zu allen Themen noch eine Menge Forschungsbedarf. Schließlich ist es gerade einmal zwei Jahre her, da gelang den Wissenschaftlern der entscheidende Coup: 2013 vermochten sie erstmals die dotierten Diamanten im Nanomaßstab herzustellen. „Kurz darauf konnten wir bereits zeigen, dass die nanometerkleinen Diamanten, wenn sie dotiert sind, die gleichen Quanteneffekte zeigen wie die großen“, berichtet Fedor Jelezko. Mittlerweile funktioniert die Herstellung der potenten Winzlinge reibungslos; das Basismaterial heißt Graphit und ist eine reine Kohlenstoffverbindung, wie sie beispielsweise auch in Bleistiftminen steckt.

Und so funktioniert's: Das Graphitmaterial wird bei hohen Temperaturen und hohem Druck zunächst zu einem künstlichen Diamanten geformt. Dieser Kunstdiamant wird zermahlen, dann werden die gewünschten Nanopartikel abzentrifugiert und chemisch nachbehandelt. „Die Art der Behandlung macht die Oberfläche bioverträglich; das wiederum ermöglicht eine Bindung zum medizinischen Wirkstoff“, umreißt der Physiker das Prozedere. Anschließend werden die Partikel ausgeheizt und mit Stickstoff-, Silizium- oder anderen Atomen beschossen und auf diese Weise dotiert.

Die Forscher testen derzeit außerdem eine Methode, mit der sich Nanodiamanten direkt herstellen lassen. Dabei werden kohlenstoffhaltige Stoffe unter hohem Druck und bei hohen Temperaturen zur Explosion gebracht. Der Kohlenstoff formiert sich in der Folge zu kleinen Diamantteilchen. „Die Verunreinigungen lagern sich bei diesem Verfahren schon während der Produktion ein“, berichtet Jelezko. „Der Nachteil ist, dass die Oberflächen dreckig sind und erst einmal gereinigt werden müssen.“ Zurzeit favorisieren die Forscher deshalb die Mahlmethode aus dem großen Kunstkristall.

Forschungsfeld Nummer drei: Diamanten als Bausteine für die Computerarchitektur von morgen

Für zwei weitere von der VolkswagenStiftung geförderte Projekte zu den dotierten Nanodiamanten haben sich Wrachtrup und Jelezko Verstärkung geholt: die Teilchenphysik-Pioniere um Professor Dr. Jan Meijer von der Universität Leipzig; als Vorreiter auf dem Gebiet der Arbeit mit Ionenfallen des Weiteren ein Team um Dr. Kilian Singer und Professor Dr. Ferdinand Schmidt-Kaler von der

Universität Mainz – sowie Professor Dr. Stefan Hell vom Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie in Göttingen, der 2014 als Erfinder der STED-Fluoreszenzmikroskopie den Nobelpreis für Chemie erhielt (siehe auch Seite 18). In solcherart versammelter hochkarätiger Expertise – das zweite Projekt läuft allerdings gerade erst an – werden die leuchtenden Diamanten nicht mit Blick auf einen medizinischen, sondern einen technischen Einsatz erforscht. Gehen die Pläne der Wissenschaftler auf, machen die edlen Winzlinge künftig auch in superschnellen Quantencomputern Karriere.

„Statt wie heute üblich Strukturen in Siliziumwafer hineinzulithografieren, wollen wir Atome, deren Elektronenspins wir im Diamantgitter optisch einstellen können, Atom für Atom zu einer neuen Computerarchitektur zusammenbauen“, skizziert Wrachtrup das Geplante. Die VolkswagenStiftung habe vor fünf Jahren als einzige das große Potenzial der Pläne erkannt. Offenbar hatte sie den richtigen Riecher, denn Tests haben schnell gezeigt, dass die Idee funktioniert. Schon heute können die Forscher zig Veröffentlichungen und eine große Resonanz darauf verbuchen.

Warum sich mit Spins prinzipiell viel schneller rechnen lässt als mit Nullen und Einsen, erklärt Projektleiter Kilian Singer: „Spins können nicht nur zwei Zustände, sondern zudem einen Überlagerungszustand einnehmen. Mit diesem Quantenbit lassen sich weitaus mehr Informationen verarbeiten.“ Bringe man noch ein zweites Fremdatom ein, ergebe sich eine Fülle weiterer Kombinationsvarianten und nicht zuletzt die Möglichkeit, parallele Rechenoperationen durchzuführen. „Ein solcher Quantencomputer könnte schon mit 50 Quantenbits Aufgaben bewältigen, mit denen ein Computer von heute schlicht überfordert wäre“, betont er.

Damit der Plan der Wissenschaftler aufgeht, müssen allerdings gezielt einzelne Stickstoffatome in den Diamanten geschossen werden – eine echte Herausforderung. Der Arbeitsgruppe aus Leipzig ist es bereits gelungen, zwei Stickstoff-Fremdatome auf einmal in einen Nanodiamanten einzubringen. Und Singers Team konnte Stickstoffatome aus einer sogenannten Ionenfalle aus lasergekühltem Kalzium fangen und einzeln in das Diamantmaterial schießen. Allerdings ließen sich die Atome bislang nicht genau genug platzieren. Daran arbeiten die Forscher noch.

Die Forscherteams in Ulm und Stuttgart haben inzwischen ganz neue Pläne mit den Nanodiamanten. Die edlen Winzlinge sollen künftig auch in superschnellen Quantencomputern Karriere machen. Doch Computer hin oder her: Um komplexe Vorgänge zu durchdringen, hilft immer auch das Rechnenkönnen „zu Fuß“. Darauf legen gestandene Wissenschaftler wie Fedor Jelezko Wert. Die Probe aufs Exempel macht hier Doktorand Ilai Schwartz am Whiteboard.





„Wir sind in kürzester Zeit sehr viel weiter mit unseren Projekten gekommen, als wir gedacht haben“, sagt Jörg Wrachtrup noch, bevor sich hinter ihm und seinem Team auf dem Weg zur nächsten Arbeitsgruppenbesprechung die Fahrstuhltür schließt.

Insbesondere für seine Arbeiten zur Quanteninformationstechnologie erhielt Jörg Wrachtrup – gemeinsam mit dem US-Amerikaner Robert J. Schoelkopf – unlängst den Max-Planck-Forschungspreis 2014; mit 750.000 Euro Preisgeld je Prämiertem einer der höchstdotierten Wissenschaftspreise in Deutschland. „Jörg Wrachtrup“, heißt es in der Laudatio, „gelang es als Erstem, die Orientierung eines einzelnen Spins in einem Diamanten auszulesen und zu schalten.“ Dieses Wis-

sen und Können wollen er und sein Team jetzt unter anderem nutzen für einen nanoskopischen Kernspintomografen für einzelne Zellen. Der sensible Kern dieses Kernspintomografen wird der einzelne Spin eines Diamanten sein. „Solche Quantensensoren könnten uns vollkommen neue Einblicke auf der Nanometerskala liefern, auch hinein in Materialien“, sagt der brillante Forscher. „Ich halte selbst den Einsatz in der Zellbiologie oder sogar im lebenden Gewebe für realistisch.“

Für Laien mag das alles nach filmreifer Science-fiction klingen. Doch wenn es so weiter geht wie bisher, wird selbst der diamantene Quantencomputer schon bald Wirklichkeit werden. Jörg Wrachtrup jedenfalls ist angesichts der rasanten Fortschritte der vergangenen Jahre optimistisch – und noch immer ein bisschen baff. „Wir sind heute viel, viel weiter, als wir selbst erwartet haben“, sagt er und eilt via Fahrstuhl ins nächste Labor. Die Fahrt führt natürlich nach oben.

Nanodiamanten im Körper verfolgen

Auf Nanodiamanten ruhen große Hoffnungen: Wie beschrieben, könnten sie zum Beispiel als Transporter Medikamente zielgerichtet in einzelne Körperzellen befördern und so Nebenwirkungen minimieren (siehe auch Beitrag „Moleküle nach Maß“ auf Seite 49). Wie aber bewegen sich Nanodiamanten im Körper? Wie lange bleiben sie an welchen Orten? Wie werden sie wieder ausgeschieden? Dies zu verfolgen und hierauf Antworten zu finden, müssen die kleinen Container sichtbar gemacht werden – Markierungen müssen her.

Neue Methoden und Techniken, mit denen sich solche Nanodiamanten explizit in ihrem Inneren markieren lassen, entwickelt seit Kurzem ein Team aus Physikern, Chemikern, Biochemikern und Medizinern an fünf Forschungsstandorten: in **Bochum, Herne, Leipzig, Ulm** und **Würzburg**. Ziel ist es dabei zugleich, dass die Markierungen mithilfe gängiger bildgebender Verfahren sichtbar gemacht werden können.

Schon jetzt lassen sich Nanodiamanten unter dem Fluoreszenzmikroskop verfolgen. Dazu muss man ihre Kristalle mit sogenannten Gitterdefekten ausstatten – das sind Stellen, an denen das normalerweise ausschließlich aus Kohlenstoffatomen bestehende Kristallgitter keine oder andere Atome enthält. Mithilfe der Fluoreszenzmikroskopie können Forscher das Verhalten von Nanodiamanten nun in Zellkulturen betrachten: Was geschieht dort genau mit den winzigen Partikeln, und wie

verläuft die Aufnahme und Abgabe von Nanodiamanten auf zellulärer Ebene im Detail? Ein weiteres Ziel ist es, das Gitter von Nanodiamanten so zu verändern, dass die Partikel auch mittels Magnetresonanztomografie oder Einzelphotonen-Emissions-Computertomografie (SPECT) sichtbar werden.

„Der große Vorteil der erprobten Markierungsmethoden ist, dass alle Markierungen im Inneren des Nanopartikels lokalisiert sind und nicht, wie oft üblich, an dessen Oberfläche“, erklärt Projektleiter **Dr. Patrick Happel** von der zentralen Einrichtung für Ionenstrahlen und Radionuklide der **Ruhr-Universität Bochum**. „Dadurch können sie sich im Körper nicht von den Partikeln lösen, was in der Folge zu fehlerhaften Signalen führen kann.“ Ferner erlaube die Markierung im Inneren der Nanodiamanten einen direkten Vergleich der Ergebnisse von Zellkulturen und lebendem Gewebe, da trotz unterschiedlicher Markierungen die biochemischen und biophysikalischen Eigenschaften sich nicht unterscheiden, fügt er hinzu.

Darüber hinaus lässt sich auch die Oberfläche der Nanodiamanten auf verschiedene Weise chemisch modifizieren, sodass zusätzlich zur innen liegenden Markierung weitere Funktionalitäten hinzugefügt werden können, die für einen erfolgreichen Einsatz in der Medizin notwendig sind. „Nanodiamanten bieten eine reichhaltige Oberflächenchemie. Sie ermöglicht es, neben medizinischen Wirkstoffen auch andere Funktionseinheiten anzubinden –

zum Beispiel solche für die gezielte Adressierung, also ‚Ansprache‘ bestimmter Zelltypen“, präzisiert die Chemikerin **Professorin Dr. Anke Krüger** von der **Universität Würzburg** diesen Aspekt.

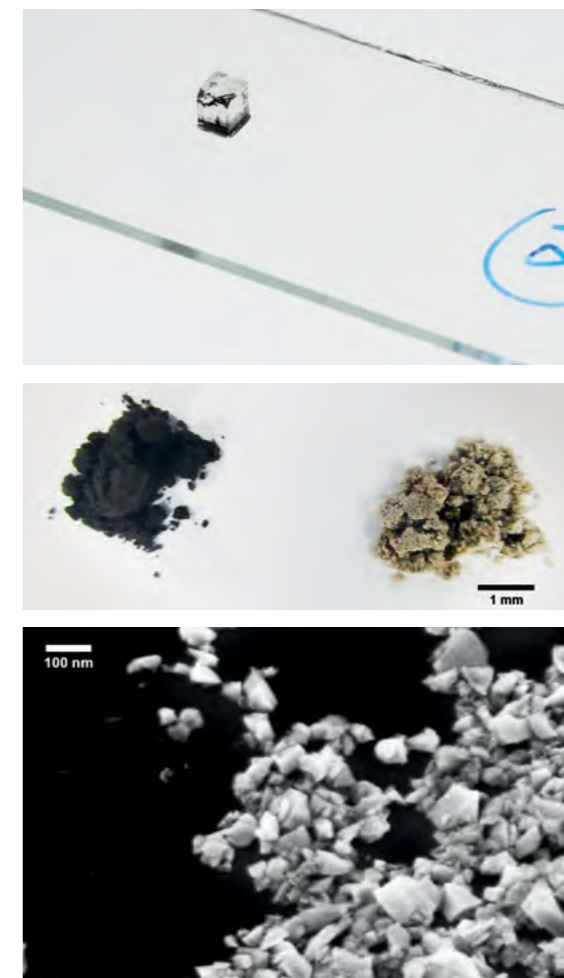
Entsprechend gilt das Augenmerk ihrer Forschergruppe der Entwicklung von Methoden, mit denen sich die Oberfläche von Nanodiamanten für einen bestimmten Zweck wie gewünscht manipulieren lässt. Außerdem befasst sich das Team mit der Herstellung stabiler, biokompatibler Nanodiamantmaterialien, die auch in wässriger Lösung zum Einsatz kommen können. Die Wissenschaftler vom Institut für Organische Chemie der Uni Würzburg haben in der Vergangenheit bereits Methoden etabliert, mit denen sich markierte und nicht markierte Diamantanopartikel herstellen lassen. Die Stiftung fördert das Mitte 2014 angelaufene Projekt „*Functionalized Nanodiamonds for biomedical Research and Therapy*“ mit 600.000 Euro.

Ebenso wie die verschiedenen Vorhaben der Forscherkonglomerate um Jörg Wrachtrup und Fedor Jelezko (siehe Haupttext) wird auch dieses Verbundvorhaben unterstützt in der **Förderinitiative „Integration molekularer Komponenten in funktionale makroskopische Systeme“**.

@ volkswagenstiftung.de/foerderung/herausforderung/komponenten.html

Christian Jung

WEITERE PROJEKTE



Oben: Natürlicher Diamantkristall; Mitte: Nanodiamantpulver, bestehend aus Nanodiamanten mit einem Durchmesser unter 50 nm; rechts unbehandeltes, links gereinigtes Nanomaterial, das für spektroskopische Experimente besser geeignet ist; unten: Nanodiamanten mit einem Durchmesser zwischen 50 und 150 nm.

„Die ‚Institution Museum‘ muss sich kraftvoller und mutiger öffnen, als das bislang zumeist der Fall ist ...“

Neue Zugänge für altes Denken: Die Wissenschaftlerinnen Dr. Susan Kamel und Christine Gerbich von der Freien Universität Berlin ziehen Bilanz zum Abschluss ihres ebenso erfolgreichen wie spannungsvollen fünfjährigen Projekts „Experimentierfeld Museum“.

40 Museen weltweit haben Dr. Susan Kamel und Christine Gerbich in den vergangenen fünf Jahren besucht. Das Ziel ihrer Reisen? Herauszufinden, wie Museen den Bedürfnissen, Interessen und Erwartungen ihres Publikums besser Rechnung tragen können und welche neuen Inhalte sie präsentieren müssen, um attraktiver zu werden. „Im Besonderen hat uns interessiert, wie allerorten islamische Kunst und Kultur aus- und dargestellt, letztlich also vermittelt wurde“, sagt Kamel. Eine zentrale Erkenntnis, die die Forscherinnen aus ihren wissenschaftlichen Betrachtungen destillierten: Die Museen, die islamische Kunst zeigen, erscheinen ästhetisch weitgehend gleichgeschaltet. Und: Sie lassen die Exponate meist für sich sprechen und den Betrachter damit oft allein.

Das Museum für Islamische Kunst im Pergamonmuseum in Berlin war Heimstatt des Projekts von Dr. Susan Kamel (im Bild oben, rechts) und Christine Gerbich (links; sie umrahmen hier Restauratorin Anna Beselin vom Archäologischen Zentrum Berlin). Über das Vorhaben informieren ein Beitrag in der Impulse-Ausgabe 1_2014 (Seite 80-89) und die Website www.experimentierfeld-museologie.org/6.html. Zur Abschlussveranstaltung des vielschichtigen Vorhabens, aus dem allein fünf Publikationen hervorgingen, kamen im September 2014 über hundert Museumsforscher aus aller Welt nach Berlin. Als Konsequenz aus den Erkenntnissen lautete eine zentrale Forderung: „Es ist überfällig, dass sich die ‚Institution Museum‘ viel kraftvoller und mutiger öffnet als bisher!“. Susan Kamel freut's, schließlich sollen „auch Nicht-Museumsaffine und neue Zielgruppen den Weg in Ausstellungen finden“, wie Christine Gerbich konkretisiert. „Junge deutsche Muslime etwa ...“

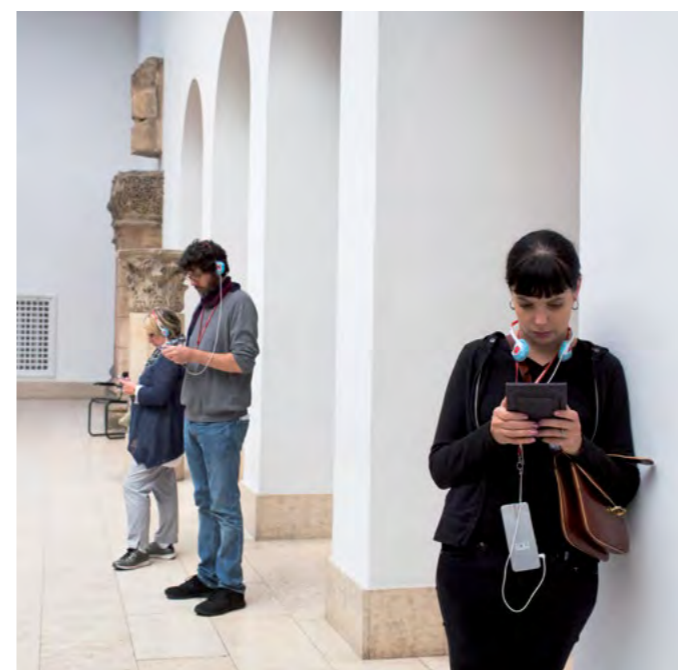
Gerbich und Kamel bezeichnen es als Glücksfall, dass sie eng mit dem Museum für Islamische Kunst in Berlin kooperieren konnten. Ein Ergebnis ihrer Arbeit findet sich etwa in der dortigen

Ausstellung über „Samarra“. Sieben kurze Filme der neu installierten Medienstation blättern Fach- und Alltagswissen auf. Die Filme fußen auf Gesprächen, die Christine Gerbich auf dem „Museumswiwan“ führte. Auf das Sofa bat sie Experten und Laien zum Interview – darunter Besucher vor und nach deren Besichtigung der Ausstellung.

Formen des Sammelns und des Kuratierens von Ausstellungen haben die beiden Frauen hingegen im Verlauf der von ihnen so bezeichneten fünf „Experimente“ auch selbst erprobt – etwa 2011 im Zuge der „Labor-Ausstellung NeuZugänge“ im Bezirksmuseum Friedrichshain-Kreuzberg. Um Sammlungen einmal neu zu lesen, trugen die Forscherinnen aus vier Berliner Museen unbeachtet gebliebene Objekte zusammen, die eine Geschichte erzählen über Migration und kulturelle Vielfalt. Um Leerstellen der Ausstellung zu füllen, steuerten darüber hinaus zahlreiche Hauptstadtbewohner mit Migrationshintergrund Objekte bei. Die Besucher ihrerseits konnten die Schau auf Plakaten kommentieren – auch so generieren sich Erkenntnisse ...

Den internationalen Charakter des Projekts illustrieren unterdessen zwei weitere Ausstellungen, die das Forscherinnen-Duo im Zuge ihrer fünf „Experimente“ kuratiert hat: sowohl die in Kooperation mit Museen in der Türkei entstandene Schau „Königreich Anatolien“ als auch die Fotoausstellung „Schuhgröße 37. Frauenfußball in Ägypten, Palästina, der Türkei und Berlin“.

Christian Jung



Zuerst die Federn, dann das Fliegen – die Evolution des Vogelflugs ist komplexer als bislang gedacht

Münchener Paläontologen um Dr. Oliver Rauhut haben das Federkleid eines Archaeopteryx untersucht. Ihre in *Nature* veröffentlichten Ergebnisse bieten überraschende Erkenntnisse zu der Frage, wie sich die Fähigkeit der Vögel entwickelt haben könnte, das Fliegen zu beherrschen.



Das Foto zeigt die vollständig erhaltenen Schwanzfedern des bislang jüngsten, erst im Jahr 2011 gefundenen fossilen Exemplars vom Urvogel Archaeopteryx. (Foto: H. Tischlinger)

Was war eigentlich zuerst da: Federn – oder die Fähigkeit zu fliegen? Bisher galt, dass sich beides in vielen Zwischenschritten im Zuge evolutionärer Prozesse wechselseitig entwickelte. Nun aber konnten Wissenschaftler zeigen, dass die Evolution in diesem Fall wohl doch anders ablief als bislang gedacht. Eine „klar getrennte zeitliche Aufeinanderfolge“ postulieren jetzt Forscher um **Dr. Oliver Rauhut** und sein Team vom Department für Geo- und Umweltwissenschaften der **Ludwig-Maximilians-Universität München** und der **Bayerischen Staatssammlung für Paläontologie und Geologie**.

Die Forscher untersuchten den bislang letzten fossilen Fund des Urvogels. Er zeigt das Urtier in einem äußerst gut erhaltenen Zustand, auch Federn finden sich als präziser Abdruck im Gestein wieder. „Einzigartig ist, dass erstmals Details der Federn an Körper und Schwanz und vor allem an den Beinen erkennbar sind“, sagt Paläontologe Oliver Rauhut. Dabei zeige der Abgleich mit Fossilien anderer gefiederter Raubdinosaurier, dass sich das Federkleid bei diesen Tieren an den verschiedenen Körperregionen von Art zu Art merklich unterschied. „Das deutet darauf hin, dass die Federn nicht zum

Fliegen, sondern in anderen funktionellen Zusammenhängen entstanden sind“, ergänzt der Münchener Kollege Dr. Christian Foth. Dem Archaeopteryx diene das Federkleid vermutlich zur Wärmeisolation, zum Halten der Balance beim schnellen Laufen, bei der Brut, als Tarnung oder Schmuck. Vermutlich konnte der Urvogel auch fliegen.

Die Wissenschaftler haben das rekonstruierte Federkleid des Fossils in eine Übersicht aller bislang bekannten Federformen bei Dinosauriern eingeordnet. Von denen hatten manche gefiederte Beine, andere lange Federn bis zu den Zehen, wieder andere daunenartiges Gefieder. „Wären Federn primär für das Flugvermögen entstanden, hätte es solch eine Variation aus funktionalen Gründen vermutlich nicht gegeben“, erklärt Foth. Vielmehr fand die Entwicklung genau umgekehrt statt: Erst entstanden die Federn; einmal da, wurden sie später irgendwann auch zum Fliegen genutzt.

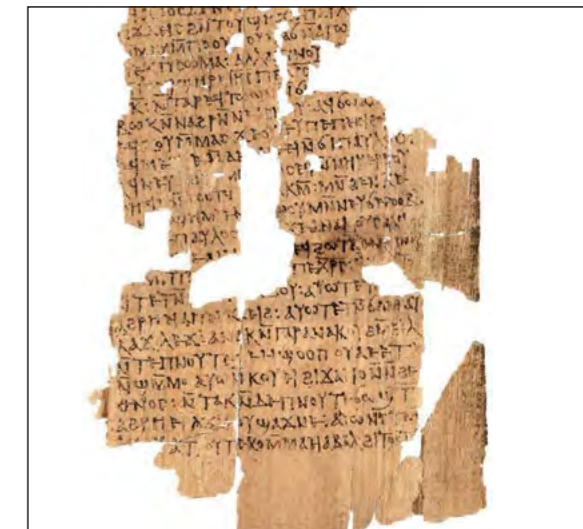
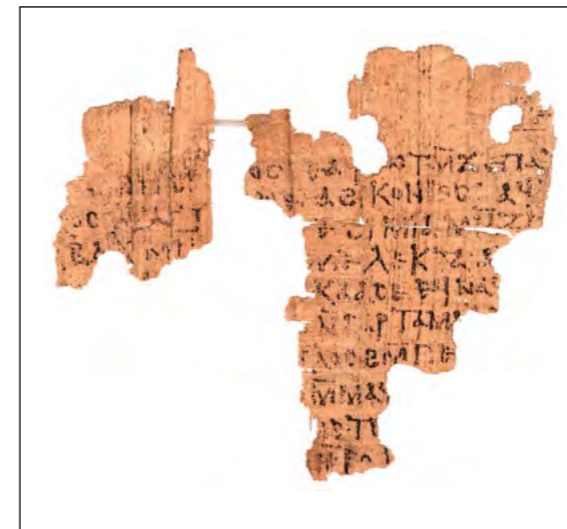
„New specimen of Archaeopteryx provides insights into the evolution of pennaceous feathers“

@ www.nature.com/nature/journal/v511/n7507/full/nature13467.html

Junge Museumsforscher arbeiten mit alten Beständen – und transportieren diese so auch ins Hier und Jetzt

Ob die Werke und Schriften des Künstlers Marcel Duchamp, Papyri oder Sammlungen von Kaulquappen: Eine bunte Vielfalt kennzeichnet die Sammlungsbestände, mit denen sich vier Postdoktoranden – von der VolkswagenStiftung mit insgesamt einer Million Euro gefördert – ab sofort beschäftigen können.

Der Heidelberger Museumsforscher Lajos Berkes will auch die Erwerbs- und Sammlungsgeschichte der betreffenden antiken Archive nachzeichnen. Nebenstehend abgebildet: eine arabisch-griechische Steuervorschrift aus dem frühen 8. Jahrhundert auf Papyrus.



Ein noch unerschlossener Teil der renommierten Heidelberger Papyrussammlung beschreibt das Zusammenleben von Christen und Muslimen im früh-arabischen Ägypten. Auf die Erforschung dieser Alltagszeugnisse aus der früh-arabischen Zeit (7.- 8. Jh.) konzentriert sich **Dr. Lajos Gyorgy Berkes** von der **Universität Heidelberg**. Berkes möchte die Dokumente zunächst entziffern und übersetzen sowie eine ausführliche historische und linguistische Kommentierung der Papyri vornehmen.

Der wohl bedeutendste Bestand an Werken und Schriften des Künstlers Marcel Duchamp (1887-1968) im deutschsprachigen Raum lagert in der Graphischen Sammlung der **Staatsgalerie Stuttgart**: 300 Werke im Kern sowie die 500 Dokumente des „Serge-Stauffer-Archivs“. Hier findet sich unter anderem die Übersetzung der „posthumer Notizen“ Duchamps. Die Auseinandersetzung damit ist spannend, übertrug Duchamp doch einige dieser Anmerkungen in den Kunstkontext, andere hielt er zeitlebens zurück. Eine Analyse dieser künstlerischen Strategie durch **Dr. Susanne M. I. Kaufmann** verspricht einen neuen Blick auf das Gesamtwerk.

In den beiden weiteren Projekten stehen Frösche und Kröten im Fokus des Interesses. **Dr. Arne Schulze** vom **Hessischen Landesmuseum in Darmstadt** wird anhand zahlreicher Sammlungsbestände von Museen in Deutschland, Österreich und der Schweiz der Frage nachgehen, ob Kaulquappen, die zu verschiedenen Arten gehören, einander morphologisch ähneln vornehmlich aufgrund von ökologischen und geografischen Einflüssen oder womöglich eher wegen enger verwandtschaftlicher Beziehungen.

Wie Amphibien, aber auch Reptilien einst auf Klimaveränderungen reagiert haben, welche Auswirkungen das hatte auf die Artenvielfalt oder etwa auch die Morphologie der Tiere bis hin zur individuellen Körpergröße: Dafür interessiert sich **Dr. Alexander Hastings** von den **Naturwissenschaftlichen Sammlungen der Universität Halle-Wittenberg**. Er nimmt den Zeitraum des „warmen Mittleren Eozäns“ in den Blick und forscht an rund 45 Millionen Jahre alten, zehntausenden Fundstücken aus dem in Sachsen-Anhalt gelegenen Geiseltal.

@ volkswagenstiftung.de/foerderung/personen-undstrukturen/forschung-in-museen.html

Mouritsen 1: Verwirrte Zugvögel – innerer Kompass wird durch elektromagnetische Strahlung gestört

Ein Forscherteam um Lichtenberg-Professor Dr. Henrik Mouritsen von der Universität Oldenburg zeigt am Beispiel des Rotkehlchens: Der einzigartige Orientierungssinn der Vögel wird bereits durch schwache elektromagnetische Felder massiv gestört.



Professor Dr. Henrik Mouritsen und sein Team von der Universität Oldenburg haben über ihre Forschung zur gestörten Navigationsfähigkeit von Rotkehlchen in Zusammenarbeit mit dem renommierten Magazin *Nature* auch einen Film gedreht.

Ein Dogma fällt. Lange Zeit galt, dass Elektrosmog unterhalb bestimmter Grenzwerte weder biologische Prozesse beeinflusst noch sich negativ auf die menschliche Gesundheit auswirkt. Nun jedoch fanden Forscher um **Professor Henrik Mouritsen** von der **Universität Oldenburg** heraus, dass elektromagnetische Strahlung bereits im Mittelwellenbereich den speziellen Orientierungssinn vieler Vögel – ihren Magnetkompass – stört. Und zwar selbst dann, wenn die Signale nur ein Tausendstel des von der Weltgesundheitsorganisation als unbedenklich eingestuften Grenzwerts betragen.

„Bei den Versuchsreihen stellten wir fest, dass Rotkehlchen in Holzhütten auf dem Hochschulcampus nicht ihren Magnetkompass nutzen konnten“, erklärt er. Zunächst schirmten Forscher die Versuchshütten und damit auch die Orientierungskäfige mit geerdeten Aluminiumplatten ab. Die Abschirmung ließ das für die Navigation der Vögel entscheidende statische Magnetfeld der Erde unberührt, dämpfte aber das zeitabhängige elektromagnetische Rauschen – den Elektrosmog – innerhalb der Hütten. Die Wirkung war verblüffend: Die Vögel konnten sich plötzlich wieder

orientieren und fanden ihre Zugrichtung. „Unsere Messungen deuteten darauf hin, dass wir ein biologisches System entdeckt hatten, das empfindlich auf vom Menschen verursachten Elektrosmog im Frequenzbereich von zwei Kilohertz bis zu fünf Megahertz reagiert“, fasst Mouritsen zusammen.

Die Forscher konnten zudem nachweisen: Die Störeffekte werden durch elektromagnetische Felder hervorgerufen, die einen viel breiteren Frequenzbereich in einer weit geringeren Intensität abdecken, als frühere Untersuchungen vermuten ließen. Dieses elektromagnetische Breitband-Rauschen ist im städtischen Lebensraum allgegenwärtig – dort, wo Menschen zuhause elektrische Geräte benutzen. Erwartungsgemäß schwächt es sich in ländlicher Umgebung deutlich ab: In Orientierungskäfigen ein bis zwei Kilometer vor den Toren der Stadt funktionierte der Magnetkompass der Rotkehlchen dann auch ohne Abschirmung und Erdung.

„*Anthropogenic electromagnetic noise disrupts magnetic compass orientation in a migratory bird*“

@ www.nature.com/nature/journal/v509/n7500/full/nature13290.html

Mouritsen 2: Auszeichnung für seine exzellente Forschung über die Navigationsfähigkeiten von Zugvögeln

Zugvögeln dient das Erdmagnetfeld zur Orientierung. Durch die Forschung Henrik Mouritsens weiß man, dass die Tiere es auf zweierlei Weise zu nutzen vermögen und vor allem, wie das im Detail funktioniert. Seit 2002 forscht und lehrt der Lichtenberg-Professor an der Universität Oldenburg.

Henrik Mouritsen (im Bild: Zweiter von rechts) trage maßgeblich dazu bei, dass sich die Universität Oldenburg in den vergangenen Jahren über die regionalen Grenzen hinaus einen Namen gemacht habe, sagte Stiftungsgeneralsekretär Dr. Wilhelm Krull in seiner Laudatio (hier mit Hochschulpräsidentin Katharina Al-Shamery und Michael Wefers von der Universitätsgesellschaft).



Der Biologe und Vogelforscher Professor Dr. Henrik Mouritsen erhielt im November 2014 den mit 5.000 Euro dotierten Preis der Universitätsgesellschaft Oldenburg für exzellente wissenschaftliche Leistungen. Mouritsen sei ein herausragender, international inzwischen hoch renommierter Forscher, der mit seinen bahnbrechenden Arbeiten im Bereich der Neurosensorik und Zugvogelnavigation viel zum Verständnis der besonderen Sinnesleistungen dieser Tiere beitrage, begründet die Jury ihre Entscheidung.

Ohne Zweifel: Mouritsen gilt als einer der weltweit führenden Wissenschaftler auf diesem Gebiet. Als Leiter der internationalen Nachwuchsgruppe Neurosensorik/Animal Navigation der Universität Oldenburg gelang es ihm und seinem Team nachzuweisen, dass Vögel das Erdmagnetfeld auf zweierlei Weise zur Orientierung nutzen. Über lichtempfindliche Moleküle im Auge und das visuelle System nehmen sie die Kompassrichtung des Magnetfelds wahr. Zusätzlich verfügen die Vögel über einen Magnetsensor im oberen Teil ihres Schnabels, der über Nervenbahnen mit dem Hirnstamm verbunden ist.

Seit 2007 ist der inzwischen 43-jährige Mouritsen mit einer Lichtenberg-Professur an der Universität Oldenburg verankert. 1,5 Millionen Euro an Fördermitteln helfen ihm seitdem dabei, seine Forschung voranzutreiben. Schon zuvor hatte ihn die Stiftung als Leiter einer Nachwuchsgruppe unterstützt. Damals gelang es dem noch jungen Forscher, sich auf seinem Arbeitsgebiet zügig einen Namen als exzellenter Wissenschaftler zu machen. Auch engagierte er sich früh in der Ausbildung von Nachwuchskräften, die er wann immer möglich in seine Projekte einband. Jene bekamen so ihrerseits oft schon in jungen Jahren die zumeist eher seltene Chance, sich in der Forschung zu qualifizieren.

Im Jahr 2011 erhielt Henrik Mouritsen den nach dem amerikanischen Nobelpreisträger benannten *Eric Kandel Young Neuroscientists Prize*. Berufungen in der jüngeren Vergangenheit auf renommierte Lehrstühle unter anderem an den Universitäten in Manchester, Kiel und Bayreuth lehnte er zugunsten Oldenburgs ab.

@ www.volkswagenstiftung.de/nc/lichtenberg-professuren.html



Zwischen den Zeilen

Viele Geisteswissenschaftler haben erkannt, dass die „*Digital Humanities*“ neue Forschungszugänge eröffnen. Auch Literaturwissenschaftler reflektieren darüber, wie quantitative Methoden auf den Erkenntnisfortschritt wirken. Und plötzlich entstehen auf diesem Weg neue Allianzen. Allmählich wird spürbar: Die Zugangsmöglichkeiten zur Literatur im digitalen Zeitalter verändern und vor allem, sie erweitern sich.

„**E**ine neue Qualität durch Quantität.“ Kürzer lässt sich der Epochenwandel in den Literaturwissenschaften kaum fassen – und kaum prägnanter das Forschungspotenzial skizzieren, das in quantitativen oder rechnerischen Verfahren steckt. Mögen sich auch einige emphatische Verfechter „klassischer“ Forschungsmethoden dem digitalen Zeitgeist noch verweigern: Die meisten haben erkannt, dass die „*Digital Humanities*“ in ungeahnter Breite spannende, oft überraschende Forschungszugänge eröffnen.

So formuliert sich auch das zentrale gemeinsame Resümee eines Forscherverbands, der den Netzwerken deutschsprachiger Exilautoren anhand der Briefwechsel von Hermann Kesten nachspürt. Über 10.000 Briefe hatte der Schriftsteller Kesten, der 1933 selbst aus Deutschland emigrieren musste, mit Exilautoren ausgetauscht. Dr. Vera Hildenbrandt vom Kompetenzzentrum für elektronische Erschließungs- und Publikationsverfahren in den Geisteswissenschaften an der Universität



Professor Toni Bernhart im Gespräch mit Dr. Marcus Willand (rechts) am Rande des Symposiums zu den Quantitativen Literaturwissenschaften.



Teilnehmer des Symposiums genießen bei bestem Wetter Anfang Oktober während einer Pause das angenehme Tagungsambiente von Schloss Herrenhausen in Hannover.

Trier nennt Kesten ein „Genie der Freundschaft“. Ihm sei es über viele Jahre gelungen, Kontakte zu Schicksalsgenossen auf der ganzen Welt zu pflegen. Anhand dieser einzigartigen Korrespondenz soll der Exilforschung nun ein neues Kapitel aufgeschlagen werden, berichtete Hildenbrandt Anfang Oktober vergangenen Jahres beim Fachsymposium „Quantitative Literaturwissenschaft in systematischer und historischer Perspektive“, das im Schloss Herrenhausen in Hannover stattfand. „Dazu entwickeln wir eine interaktive digitale Plattform zur Erschließung, Erforschung und Visualisierung sozialer, zeitlicher, räumlicher und thematischer Netzwerke.“ Ohne Zweifel ein richtungsweisendes Projekt für die Geisteswissenschaften.

Objektivierungsprozesse, neue Schnittstellen und vor allem: viel methodisches Neuland, das wartet

Mit quantitativen Verfahren gelangen zunehmend qualitative Wissenssprünge. „Neue Forschungsfragen können entstehen, wenn man die Texte rechnet oder mit den Texten rechnet“, stellt Dr. Roland S. Kamzelak, stellvertretender Direktor des Deutschen Literaturarchivs Marbach, fest. Gleichzeitig eröffne das Rechnen einen neuen Zugang zu „obskuren“ Codes und Mustern, die „unserem Auge bislang verborgen waren“.

So wurden etwa in Martin Mosebachs Roman „Was davor geschah“ allein durch Methoden der *Digital Humanities* Verbindungen zwischen den Protagonisten freigelegt. „Mit einem Algorithmus konnte nachgezeichnet werden, dass vier Personen erst in zwei Paaren nahe beieinander stehen, später auseinanderdriften und in neuer Konstellation zusammenfinden“, erläutert Kamzelak. „Zielgenau“ sei reproduziert worden, dass zwei Ehepaare sich trennen und danach zwei Personen zu einem neuen Paar liieren. „Die Software hatte die Figurenkonstellationen herausgefiltert, ohne dass vorher inhaltlich annotiert worden ist; ohne Kenntnis des Textes, des Autors oder des literarischen Gesamtzusammenhangs.“ Ein Triumph der Objektivität gegen die zwangsläufig subjektive Hermeneutik?

Rege Diskussionen in den Seminarräumen, auf den Gängen und im Außenbereich des Schlosses. Eine neue Qualität durch Quantität! – Eine neue Qualität durch Quantität? Die beiden Satzzeichen verdeutlichen etwa die Spanne, innerhalb derer die Erörterungen der Literaturwissenschaftler im Hinblick auf die weitreichenden Digitalisierungseffekte ihrer Wissenschaft verliefen.



An solchen „Objektivierungsprozessen“ haben sich immer schon die Naturwissenschaftler geübt. In den 1960er Jahren suchte etwa der Physiker Wilhelm Fucks mit statistischen Verfahren nach „objektiven Erkenntnissen“ in Lyrik und Prosa. Als Verfechter mathematischer Modelle in der Sprachforschung mischte er auch bei der Gründung der quantitativen Linguistik mit. Heute geben die Sprachwissenschaften an der Schnittstelle zur Mathematik und Informatik den Takt der Methodenentwicklung in den Geisteswissenschaften und damit auch den Literaturwissenschaften vor. Denn während die methodenaffinen Linguisten rechnerische Verfahren stetig vorantrieben, blieben die textbezogenen Literaturwissenschaftlerinnen und -wissenschaftler lange Zeit Zaungast und wagten nicht, methodisches Neuland zu betreten.

Doch mittlerweile entwickeln sich zwischen Sprach- und Literaturwissenschaftlern als auch Informatikern neue Schnittstellen sowie intensive Dialoge – etwa über maschinelle Verfahren und deren Möglichkeiten und Grenzen. Darin vertieft sich die Würzburger Computerlinguistin Dr. Annelen Brunner; sie müht sich um die automatische Erkennung von Redewiedergabe und Gedanken in literarischen Texten. „Allein das Anführungszeichen ist für maschinelle Methoden noch ein Problem“, erklärt Brunner vom Institut für Deutsche Philologie der bayrischen Hochschule. „Denn hin und wieder fehlt das Abführungszeichen.“ Das kann eine sprachliche Raffinesse sein, muss aber nicht. Bedeutungen unter der Oberfläche zu erkennen, einen lernenden Algorithmus zu entwickeln: Das bleibt eine methodische Herausforderung.

Noch aber kann nicht immer mit verlässlichen Korpora gerechnet werden. *Google Books* etwa, ein digitaler Bestand von weit über fünf Millionen Büchern aus mehreren Jahrhunderten, lässt sich mit dem Programm *Google Books Ngram Viewer* zwar flott durchsuchen, doch die Aussagekraft der Ergebnisse ist begrenzt. Denn wie sich die riesige digitale Bibliothek des US-amerikanischen Multimediagiganten zusammensetzt, ist nicht transparent, und nicht alle aufgenommenen Werke erlauben eine Volltextsuche. Ein Hemmnis für die auch politisch gewollte Forschung mit *Big Data*, monieren immer mehr Geisteswissenschaftlerinnen und Geisteswissenschaftler.

Quantitative Verfahren fördern auch den Demokratisierungsprozess der Wissenschaft

Seit einigen Jahren sind digitale Infrastrukturen für Geisteswissenschaften ein Politikum. Auf europäischer Ebene sorgt etwa das von der Europäischen Union geförderte DARIAH-EU für die technologische, inhaltliche und organisatorische Abstimmung der Forschungsnetzwerke in den „*e-Humanities*“. DARIAH-DE wiederum wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung finanziert, ebenso wie TextGrid, eine virtuelle Forschungsumgebung, die spezifisch auf die Arbeit von Editionsphilologen ausgerichtet ist. Doch ein jegliche Grenzen überwindendes Denkgerüst, ein Konzept für die nachhaltige Speicherung digitaler Daten aus den Geisteswissenschaften hat bislang weder die Politik noch irgendeine andere Seite vorgelegt.

Mit der weiter vorangetriebenen Digitalisierung des kulturellen Erbes gewinnen quantitative Verfahren jedenfalls unumkehrbar an Relevanz. Und ein Demokratisierungsprozess wird forciert – nicht nur durch den breiten Zugang zu Wissensbeständen. Auch der ehemals elitäre Status der Literaturwissenschaften schwindet mit der Möglichkeit, Millionen von Texten vielen zugänglich zu machen. Hinzu kommt, dass heutzutage zahlreiche Textdaten wie beispielsweise soziale Medien überhaupt nur noch digital vorliegen.

Das Verführungspotenzial kann sich im Übrigen noch weit banaler zeigen, wenn beispielsweise Rechnen mit *Big Data* zum Selbstzweck wird. Gegen den Sog, alles rechnen zu wollen, was sich rechnen lässt, stemmte sich etwa Dr. Wilhelm Krull, Generalsekretär der VolkswagenStiftung, zum Auftakt des hannoverschen Symposiums. Er erinnerte daran, dass Auswertungen nur dann wissenschaftlich bedeutsam sind, „wenn auch interessante Fragen an diese Daten gerichtet werden“.

Schloss Herrenhausen in Hannover hat sich in kürzester Zeit als Tagungsstätte in der wissenschaftlichen Community durchgesetzt. Nicht nur national, auch international strahlt es weithin aus.

Ohne hermeneutisches Wissen laufen quantitative Verfahren ins Leere. Entsprechend werden unterschiedliche Forschungsmethoden in den Literaturwissenschaften heute verknüpft. Doch: Indem Algorithmen über charakteristische Muster oder Systeme neue Bedeutungsschichten freilegen, gewinnen sie auch Interpretationsrelevanz. Und sollte Rechnen allein der Forschung künftig auf breiter Ebene neue Fragen aufschließen, könnten Algorithmen auch zu Wissens- und Bedeutungstiftern werden.



Eine Zukunft mit mehr Einsicht? – das Centre for Digital Humanities

Immer mehr kulturelle Objekte wie Bücher, Briefe, Bilder und Musik stehen in digitaler Form zur Verfügung – über entsprechende Infrastrukturen wie etwa digitale Bibliotheken oder neue Medien oft weltweit. Anders und vereinfacht gesagt: Unsere Gesellschaft wird immer digitaler. Die Digitalisierung von Wissensbeständen lässt Informationen aber auch auf neue Weise vielfältig verknüpft oder in neuen Kontexten und Zusammenhängen sichtbar werden. Gerade das stellt eine Herausforderung für die Wissenschaft dar, und so haben Forscherinnen und Forscher in der Tat einen entsprechend großen – und stetig wachsenden – Bedarf an digitalen und retrodigitalisierten Daten und den Möglichkeiten, die sich daraus ergeben.

Im Zuge der Digitalisierung ändern beziehungsweise erweitern sich aber nicht nur die Gegenstände, sondern auch die Methoden. Computergestützte Verfahren erlauben es zum Beispiel, Autorschaften



aufzuspüren und Stile miteinander zu vergleichen; kaum vorstellbar große Korpora nach Erzählmustern und deren historischer Entwicklung zu untersuchen; Motivketten und Zitationswege aufzuspüren oder Filme nach Figurenkonstellationen zu durchleuchten – bis hin zum Suchen nach Mustern in literaturkritischen Debatten, die online breit gestreut geführt werden. Die Liste ließe sich lang fortsetzen. Global greifbare, gigantische Datenbestände bereiten aber nicht nur den Boden dafür, neue Fragen zu stellen – sie erfordern gleichermaßen ein Nachdenken über Infrastrukturen, Verfügbarkeit, Langzeitarchivierung oder Qualitätssicherung digitaler Medien. Auch daraus ergeben sich wieder Fragen; nur sind dies eben ganz andere.

Das vom Land Niedersachsen und der VolkswagenStiftung geförderte **Göttingen Centre for Digital Humanities** (GCDH) sieht sich in der ganzen erforderlichen Breite diesen neuen, nicht nur hermeneutischen Fragestellungen und Methoden verpflichtet. Im GCDH treffen Forschungsgebiete aufeinander, die einander bis dato derart unmittelbar nicht begegnet sind: ob Ägyptologie oder Wirtschaftsinformatik, Musikwissenschaft oder Medienrecht, Linguistik oder Literaturwissenschaft.

Mit der weiter vorangetriebenen Digitalisierung steigt das Verführungspotenzial, alles nur noch „rechnen“ zu wollen ... Das GCDH hat sich zur Aufgabe gemacht, Geisteswissenschaftler bei ihrem Weg in und durch die *Digital Humanities* zu begleiten.

Aufgabe des GCDH ist es zum einen, *eResearch*-Vorhaben in den Geistes- und Sozialwissenschaften zu initiieren und zu unterstützen. Das kann ein extrem hochspezialisiertes Vorhaben wie aktuell die Erstellung eines Korpus des Koptischen sein oder die laufenden Editionsarbeiten zur geplanten Fontane-Gesamtausgabe. Das GCDH unterstützt derzeit des Weiteren Vorhaben in der Gebärdensprachen-Forschung und führt etliche eigene Projekte durch, etwa zur Kulturgeschichte des Romans.

Zum anderen ist es Ziel, den Aufbau virtueller Forschungsumgebungen oder die Etablierung von Grid-Technologien auch in den Textwissenschaften zu leisten. Mit gleicher Kraft arbeiten die Beteiligten daran, digitale Infrastrukturen vorzuhalten beziehungsweise diese von Basisdiensten bis hin zu speziellen Tools zusammenzuführen. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler erhalten auf diese Weise im GCDH gebündelt Antworten auf Fragen etwa nach geeigneten digitalen Methoden für ihre Vorhaben und damit Unterstützung für ihre Forschung.

Einen weiteren Schwerpunkt legte das ausschließlich drittmittelfinanzierte GCDH in seinen Anfangsjahren darauf, angepasst an die jeweiligen Fächerkulturen geeignete Lehrmodule und -inhalte zu entwickeln und zudem über modifizierte Studiengänge Studentinnen und Studenten neue Wege in die Geisteswissenschaften zu eröffnen.

WEITERE PROJEKTE

Vor Kurzem gelang es dem GCDH, als Partner ins *Digital Research Infrastructure in the Arts and Humanities*-Projekt (DARIAH) eingebunden zu werden. Das bedeutet nicht weniger, als sich am Aufbau einer erfolgreichen digitalen Forschungslandschaft in Deutschland und Europa zu beteiligen. Ziel von DARIAH ist es vor allem, nicht ortsgebundene geeignete Formen der Zusammenarbeit von Geisteswissenschaftlern zu etablieren ebenso wie neu konzipierte Curricula, die Studierende auf die digitale Forschungswelt des 21. Jahrhunderts vorbereiten. *Summer Schools*, Konferenzen oder eine Ringvorlesung zu den *Digital Humanities* mit Dozenten aus aller Welt runden das Engagement des GCDH ab.

Das GCDH wird institutionell getragen von der Staats- und Universitätsbibliothek und fünf Fakultäten der Georg-August-Universität Göttingen: der Philosophischen (federführend), Juristischen, Sozialwissenschaftlichen, Theologischen und der Wirtschaftswissenschaftlichen. Partner sind die Akademie der Wissenschaften zu Göttingen, die Max Planck Gesellschaft samt *Max Planck Digital Library* sowie die Herzog August Bibliothek Wolfenbüttel. Das Land Niedersachsen und die VolkswagenStiftung unterstützen das *Göttingen Centre for Digital Humanities* seit 2011 mit bislang 2,5 Millionen Euro.

Christian Jung

@ volkswagenstiftung.de/digitalhumanities.html

„Deckname Adler“: Wie deutsche Geheimdienste untergetauchte NS-Verbrecher schützten

„Opus primum“, der Buchpreis für die beste „Nachwuchspublikation“ im Jahr 2014, geht an Peter Hammerschmidt. Der Historiker erhält den zum vierten Mal vergebenen Förderpreis der VolkswagenStiftung für seine umfassende Biografie des NS-Verbrechers Klaus Barbie.



„Exzellente Sachbücher nehmen sich an Zeit und Raum, was sie brauchen“: Dr. Wilhelm Krull, Generalsekretär der VolkswagenStiftung (rechts), bei der Preisübergabe im Gespräch mit Autor Peter Hammerschmidt (Mitte) und Moderator Ulrich Kühn von NDR Kultur.

„Als junger Student ist man noch naiv genug, um einfach an den Bundesnachrichtendienst heranzutreten und zu fragen, ob er freundlicherweise die Akte eines Kriegsverbrechers vorlegen kann“, sagte Peter Hammerschmidt ganz trocken anlässlich der Preisverleihung Mitte November im Schloss Herrenhausen in Hannover. Diese Bitte und eine Anfrage an das Bundeskanzleramt hätten schlussendlich dazu geführt, dass er hochbrisante Unterlagen habe einsehen dürfen.

„Peter Hammerschmidt hat mit Beharrlichkeit und Ausdauer – er bezeichnet es als Leidenschaft – sein Ziel verfolgt“, sagte Professorin Dr. Doris Kaufmann in der Laudatio. Besonders die erstmals gesichteten außergewöhnlichen Quellen – neben den Memoiren und Briefen Barbies geheime Akten von Bundesnachrichtendienst und Verfassungsschutz

– sowie der vorbildliche Umgang mit den Materialien hätten den Ausschlag für die Auszeichnung gegeben, betonte die Historikerin von der Universität Bremen. „Dadurch hat der Autor bislang unbekannt Verflechtungen der westlichen Geheimdienste mit NS-Verbrechern aufgedeckt.“

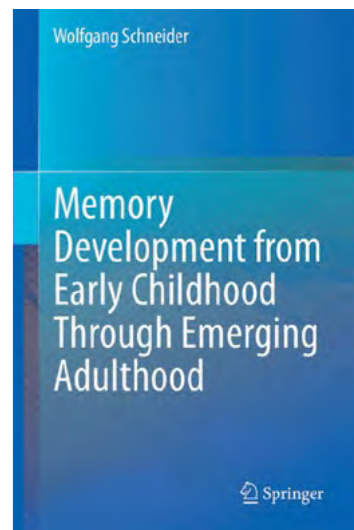
Hammerschmidt setzte sich mit seinem Buch unter 69 Einreichungen durch. Der Preis „Opus primum“ ist mit 10.000 Euro dotiert. Der Historiker hat bereits sein nächstes Forschungsprojekt im Auge: die mythologische Heldenverehrung in der Gegenwart um den NS-Verbrecher Otto Skorzeny zu untersuchen – und womöglich zu entzaubern.

Peter Hammerschmidt: „Deckname Adler. Klaus Barbie und die westlichen Geheimdienste.“ Frankfurt a. M.: S. Fischer Verlag, 2014. ISBN 978-3-10-029610-8

Neues über Naturheilkunde einst und heute und über die Gedächtnisentwicklung im Kindes- und Jugendalter

Zwei im Herbst 2014 in der Reihe „Opus magnum“ erschienene Bücher setzen den großen Erfolg dieses Förderangebots der Stiftung fort; es gibt Forschern Freiraum für die intensive Arbeit an einem wissenschaftlichen Werk bei gleichzeitiger Freistellung von anderen Verpflichtungen.

Zwei von inzwischen Dutzenden exzeptioneller Veröffentlichungen, die der Initiative „Opus magnum“ der Stiftung zu verdanken sind. Das Angebot wird auf Beschluss des Kuratoriums im Jahr 2014 für mindestens zwei weitere Ausschreibungsrunden fortgesetzt.



Krankheiten gibt es so lange wie das Leben selbst. Bereits vor Jahrtausenden haben die Menschen versucht, gezielt ihre Leiden zu bekämpfen. Und schon Urvölker bedienten sich dabei der Heilkraft der Natur, die heutzutage wieder vermehrt Aufmerksamkeit auf sich zieht. Professor Dr. Dr. Heinz Schott vom Medizinhistorischen Institut der Universität Bonn hat jetzt ein Buch veröffentlicht, das die „Magie der Natur“ in einer ausgehend von der Gegenwart immer weiter in der Zeit zurücklaufenden Betrachtung aufblättert. Im Mittelpunkt steht dabei die Naturheilkunde, also jene Heilkunde, die sich natürlicher Mittel bedient und sowohl prophylaktische als auch therapeutische Wirkung besitzt. Ihr kam bis Mitte des 19. Jahrhunderts in der Gesellschaft ein hoher Stellenwert zu. Ferner informiert der Autor in bunter Breite darüber, was die „natürliche Magie“ mit naturwissenschaftlich fundierter Medizin verknüpft.

Heinz Schott: „Magie der Natur – Historische Variationen über ein Motiv der Heilkunst.“ Band 1 + 2. Aachen: Shaker Verlag, 2014. ISBN 978-3-8440-2444-9

Wie entwickeln sich Gedächtnis und Erinnerungen? Auf welchem Weg, in welchen Zeiträumen bei jedem Menschen? In seinem „Opus magnum“ informiert Professor Dr. Wolfgang Schneider von der Universität Würzburg über grundlegende Mechanismen und Prozesse, die bei der Gedächtnisentwicklung von Kindern und Jugendlichen ablaufen. Was weiß man beispielsweise über die mit dem Alter zunehmenden Speicherkompetenzen des Gehirns? Akribisch sind aktuelle Studien sowie experimentelle Design-, Test- und Modellierungsansätze zusammengetragen. Spannend verknüpft er Theorien und Erkenntnisse etwa zum Thema Gehirn und Verhalten, kindliche Lernstile oder mögliche Effekte frühkindlicher Erfahrungen auf die Entwicklung der Psyche. Der Autor adressiert vornehmlich Forscher, Studierende, klinisch tätige Praktiker in Entwicklungs- und kognitiver Psychologie sowie in verwandten Disziplinen.

Wolfgang Schneider: „Memory Development from Early Childhood Through Emerging Adulthood.“ Berlin: Springer Verlag, 2014. ISBN 978-3-319-09611-7

Wenn Sprachen sterben, stirbt ein Stück kultureller Vielfalt: ein Buch über unwiederbringliche Verluste ...

... aber auch darüber, was Wissenschaftler gemeinsam mit der Sprechergemeinschaft vor Ort bewahren können. Nicholas Evans' Werk „*Dying Words*“ über die Schönheit und Kraft der bedrohten Sprachen dieser Welt ist mit Unterstützung der Stiftung auf Deutsch erschienen.



Nicholas Evans macht in seinem Buch deutlich, wie wertvoll jede noch so entlegene Sprache ist, da sie das Denken, Wissen und die Kultur derer enthält, die sie sprechen – und sei es nur noch ein einzelner Mensch.

Das Sterben von Sprachen und was wir mit ihrem Tod verlieren ist ein Thema, das den international renommierten Sprachwissenschaftler Nicholas Evans von der *National University* in Canberra, Australien, seit Jahrzehnten umtreibt. Sein Buch „*Dying Words*“, das in einer gelungenen Mischung sowohl Wissenschaftler als auch jeden am Thema Interessierten auf beinahe magische Weise anspricht, ist seit Langem weltweit ein Klassiker. Jetzt ist das Werk auf Deutsch erschienen.

Evans selbst, dessen Projekte mehrfach von der VolkswagenStiftung im Rahmen ihrer Initiative zur „Dokumentation bedrohter Sprachen“ gefördert wurden, hat sich mit den bedrohten Sprachen der Ureinwohner Australiens auseinandergesetzt. Über sein Buch sagt er: „Es thematisiert das gesamte Spektrum dessen, was wir verlieren, wenn Sprachen sterben. Es erklärt, warum uns das etwas angeht und welche Fragestellungen und Techniken unsere Reaktionen auf diesen drohenden Kollaps menschlicher Wissenssysteme bestimmen sollten. Ich glaube, dass diese Fragen nur dann vernünftig angegangen werden können, wenn wir der Unter-

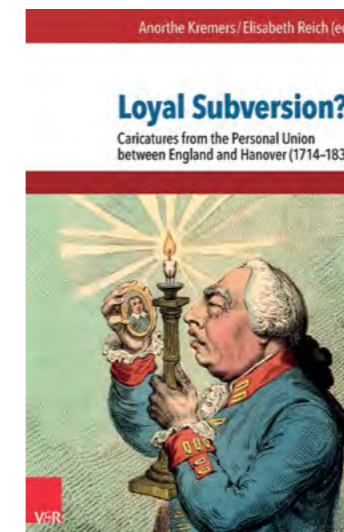
suchung von fragilen Sprachen und den vergessenen Geschichten von Völkern, die geräusch- und spurlos auf dieser Welt lebten, ohne ihre Worte Stein oder Pergament anzuvertrauen, ihren rechtmäßigen Platz im großen Konzert der menschlichen Ideengeschichte einräumen.“

Der Autor sucht zudem Antworten zu geben auf grundlegende Fragen: Wieso gibt es überhaupt so viele Sprachen auf der Welt? Was wissen wir über den Zusammenhang von Denken und Sprechen? Denkt man in unterschiedlichen Sprachen unterschiedlich? Kann die Varietät der Sprachen Auskunft geben über die Welt und die Geschichte? Nicht zuletzt fasziniert das Buch durch den Reichtum an Beispielen und das besondere Interesse des Autors an den Zusammenhängen von Linguistik und Anthropologie.

Nicholas Evans: „Wenn Sprachen sterben und was wir mit ihnen verlieren.“ Aus dem Englischen von Robert Mailhammer (mit zahlreichen Abbildungen, Karten und Tabellen). München: C. H. Beck, 2014. ISBN 978-3-406-65327-8

Deutsch-Britisches Jahr 2014: Karikaturen zur Personalunion – das etwas andere Buch zum Jubiläum

Kurzweiliger Zoom in die Vergangenheit. Der Sammelband „*Loyal Subversion?*“ zeigt britische Karikaturen aus der Zeit der Personalunion zwischen England und Hannover (1714–1837). Ko-Herausgeberin ist Stiftungsmitarbeiterin Anorthe Kremers.



Loyal Subversion? Caricatures from the Personal Union between England and Hanover (1714–1837)



123 Jahre dauerte die Personalunion zwischen England und Hannover an: von 1714 bis 1837. In dieser Zeit führte nicht zuletzt die Figur des „fremden Königs“ in England dazu, dass sich die Kunstformen Karikatur und satirische Zeichnung rasant weiterentwickelten. Anlass genug für die VolkswagenStiftung und das „Wilhelm Busch – Deutsches Museum für Karikatur und Zeichenkunst“ im vergangenen Jahr das Symposium „*Loyal Subversion? Caricatures from the Personal Union between England and Hanover (1714–1837)*“ zu veranstalten.

Zu diesem Anlass erschien ein Buch gleichen Titels. Mit 95 farbigen Abbildungen veranschaulicht es, ob und wie Karikaturen das Establishment bedrohten – als politische Waffe der Opposition ebenso wie als Sprachrohr der öffentlichen Meinung. Das Werk übernahm zugleich die Funktion eines Begleitbands zur Ausstellung „Königliches Theater. Britische Karikaturen aus der Zeit der Personalunion und der Gegenwart“, die 2014 im Wilhelm-Busch-Museum als Teil der über das ganze Jahr gestreuten Aktivitäten anlässlich des Jubiläums zur Personalunion zu sehen war.

Anorthe Kremers, Elisabeth Reich (Hrsg.): „*Loyal Subversion? Caricatures from the Personal Union between England and Hanover (1714–1837)*.“ Mit 95 farbigen Abbildungen. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht, 2014. ISBN 978-3-525-30167-8

@ Leseprobe „*Loyal Subversion?*“ (pdf) www.volkswagenstiftung.de/fileadmin/grafiken/news_bilder/Leseprobe_Loyal_Subversion.pdf

i Auszeichnung für Opus magnum

Die Entscheidung fiel traditionell ganz am Jahresende: Den renommierten „*Leonard Bloomfield Book Award 2014*“ der amerikanischen Gesellschaft für Sprachwissenschaft erhält das Nachschlagewerk „*The Oxford Reference Guide to English Morphology*“ von Ingo Plag vom Institut für Anglistik und Amerikanistik der Universität Düsseldorf, Laurie Bauer (*Victoria University, Wellington, Neuseeland*) und Rochelle Lieber (*University of New Hampshire, Durham, USA*). Das umfassende, im Rahmen einer „Opus magnum“-Förderung der VolkswagenStiftung verfasste Buch enthält ausführliche Beschreibungen aller Aspekte der englischen Morphologie sowie eine Fülle neuer Daten und Analysen. Bibliografische Angaben: Laurie Bauer, Rochelle Lieber und Ingo Plag „*The Oxford Reference Guide to English Morphology*.“ 2013, 704 Seiten. Oxford University Press.

Kinderalltag im Nationalsozialismus



Mit der Machtübernahme durch die Nationalsozialisten 1933 in Deutschland änderte sich der Alltag vieler Menschen massiv. Viel zu wenig Beachtung fand bislang, wie stark die brachiale Umgestaltung der Gesellschaft das Leben und Erwachsenwerden von Kindern beeinflusste. Sie mussten zum Beispiel lernen, auf die „einzig richtige“ Weise zu grüßen. Auch fanden Freundschaften durch die rassistische Politik ein jähes Ende. Zugleich waren selbst Kinder aufgefordert, andere zu denunzieren. Und man diskutierte politische Maßnahmen und Ereignisse im Kreis der Familie, was ebenfalls Konflikte mit sich bringen konnte. „Politik“ war im Alltagsleben der Kinder gegenwärtig – wenn auch in unterschiedlicher Intensität und auf verschiedenen Ebenen und ohne dass dies allen immer bewusst gewesen wäre.

Die Historikerin Heidi Rosenbaum hat in einer umfassenden, auf zahlreichen Zeitzeugengesprächen beruhenden Studie das Alltagsleben von Kindern untersucht. Die Autorin nähert sich dabei beispielhaft vier Milieus: dem gehobenen Bürgertum einer Universitätsstadt, der Arbeiterschaft einer Kleinstadt, einem protestantischen sowie einem katholischen Dorf in Niedersachsen. Dabei gelingt es ihr zu zeigen, dass und vor allem wie unterschiedlich stark Brüche und Kontinuitäten den Alltag der Kinder geprägt haben.

Heidi Rosenbaum: „Und trotzdem war's 'ne schöne Zeit.' Kinderalltag im Nationalsozialismus“. Frankfurt am Main: Campus-Verlag, 2014. ISBN 978-3-593500980

Russlands erste Fahrt in die Moderne



Als die Eisenbahn nach Russland kam, stand das Riesenreich Kopf – so hoch waren die Erwartungen, die sich damit verbanden. Die Zarenregierung träumte von einer Zusammenführung des Imperiums durch ein stählernes Schienennetz. Ingenieure und Planer beschworen die „zivilisierende Kraft“ moderner Infrastruktur. Alles in allem knüpften sich immense Hoffnungen an die Verheißungen, die der technische Fortschritt versprach. Tatsächlich brachte das neue Verkehrsmittel das Vielvölkerreich im wahrsten Sinne des Wortes in Bewegung. Die Eisenbahn erschloss vormals schwer erreichbare Regionen; die Mobilität der Menschen stieg sprunghaft. Dann aber kam das Jahr 1879 und mit ihm der Tag des Bombenanschlags auf den Zug des Zaren. Fortan war klar, wie verletzlich die technische Moderne doch zugleich ist.

In seinem Buch über den Beginn des Eisenbahnzeitalters in Russland setzt sich Frithjof Benjamin Schenk mit den vielfältigen und ambivalenten Folgen auseinander, die der Bau der Eisenbahn in Russland mit sich brachte. Seine Perspektive ist dabei eine kultur- und sozialhistorische; insbesondere geht Schenk der Neuordnung sozialer Räume im Zeitalter der Dampfmaschine nach. Damit leistet er einen wichtigen Beitrag zu aktuellen Debatten über die Geschichte räumlicher Ordnungen in Europa und fächert Spezifika von Russlands Aufbruch in die Moderne auf.

Frithjof Benjamin Schenk: „Russlands Fahrt in die Moderne. Mobilität und sozialer Raum im Eisenbahnzeitalter.“ Stuttgart: Franz Steiner Verlag, 2014. ISBN 978-3-515-10736-5

Zwischen Leben und Tod ...

Wo endet das Leben, wo beginnt der Tod? Diese Frage stellt sich nicht erst jetzt in einer Zeit allgegenwärtiger Debatten etwa um das Für und Wider von Sterbehilfe oder um die genaue Definition jener Grenze, ab der ein Mensch biologisch als tot gilt. Spätestens seit dem 19. Jahrhundert gerät das Lebendige gerade auch in seinen Randzonen und Überschneidungen mit dem Leblosen in den Blick: Mediziner untersuchen den Scheintod, Biologen beobachten Leben außerhalb des Organismus, Pathologen erforschen tödliche Bakterien. Man versucht, Leben künstlich zu verlängern oder es dort, wo es verschwunden ist, mit immer neuen Methoden wieder hervorzubringen.

Um solche und andere Formen „uneindeutiger Lebendigkeit“ drehen sich die Beiträge in dem von Peter Geimer herausgegebenen Band „Untot ...“. Es geht darin nicht um Leben oder Tod per se, sondern um jene beunruhigende Zone dazwischen. Die Beiträge handeln von scheinbaren Organismen und In-vivo-Experimenten, künstlicher Verjüngung und Techniken der Animation, von lebenden Bildern und Wachsfiguren, belebten Dingen und dem unheimlichen Blick, den präparierte Tiere auf uns richten.

Peter Geimer (Hrsg.): „Untot. Existenzen zwischen Leben und Lebllosigkeit.“ Berlin: Kulturverlag Kadmos, 2014. ISBN 978-3-931659-86-8



Welche Natur brauchen wir?

Welche Natur brauchen wir Menschen für unser Überleben als Spezies beziehungsweise in unseren Haltungen als selbstbestimmte Individuen? Diese ebenso naturphilosophische wie anthropologisch grundierte Kernfrage nehmen Gerald Hartung und Thomas Kirchhoff zum Anlass, um eine Debatte anzustoßen über das wechselseitige Verhältnis Mensch-Natur. Sie spannen dabei den Bogen von theoretischen Betrachtungen bis zur gesellschaftlich geübten Praxis. Ausgangspunkte sind Beiträge zu den Themen Natur als Resonanzraum, Natur als

Ressource und Wert, Natur als natürliche Umwelt, objektive sowie künstliche Natur, vergesellschaftete und verantwortete Natur. Dabei kommen neben namhaften Natur-, Geistes- und Gesellschaftswissenschaftlern auch zwei Theologen zu Wort.

Gerald Hartung, Thomas Kirchhoff (Hrsg.): „Welche Natur brauchen wir? Analyse einer anthropologischen Grundproblematik des 21. Jahrhunderts.“ Freiburg: Verlag Karl Alber, 2014. ISBN 978-3-495-48482-1



Zum Verhältnis von Wirtschaft und Politik

Lokal wie global lässt sich beobachten, dass politische und ökonomische Prozesse sich zunehmend verflechten, dabei immer undurchschaubarer werden. Ob die globale Krise der Finanzmärkte, die zunehmende Verschuldung von Staatshaushalten, Lobbyismus, Korruption – die Liste an Beispielen für die Marktabhängigkeit der Politik ließe sich lange fortsetzen. Erkennbar wird als wiederkehrendes Muster ein hochkomplexes Gefüge von zum Teil für die gesellschaftliche Öffentlichkeit unsichtbaren Strukturen wechselseitiger Beeinflussung. Unter dem provokanten Titel „Verbotene Liebe?“ widmeten sich die Hannah-Arendt-Tage 2013 in Hanno-

ver der Frage nach einem tragfähigen Verhältnis zwischen Politik und Wirtschaft. Dort diskutierten Experten aus Wissenschaft, Politik und Wirtschaft sowie der zivilgesellschaftlichen Öffentlichkeit die Frage der tatsächlichen, aber auch der angemessenen Beziehungen zwischen Politik und Wirtschaft.

Detlef Horster, Franziska Martinsen (Hrsg.): „Verbotene Liebe? Zum Verhältnis von Wirtschaft und Politik. Hannah-Arendt-Lectures und Hannah-Arendt-Tage 2013.“ Weilerswist-Mettlich: Verlag Velbrück Wissenschaft, 2014. ISBN 978-3-942393-88-1



Wir sind nicht alleine – ein „Herrenhäuser Forum“ zum menschlichen Mikrobiom

Der Mensch wäre nicht überlebensfähig, würden ihn nicht unzählige Mikroorganismen besiedeln. Wie dieses Zusammenleben aussieht, was es vor allem in naher Zukunft hier zu erforschen gilt und warum: Das erläuterten Expertinnen und Experten in Hannover.

Wie das zumeist friedliche, manchmal aber auch feindliche Zusammenleben zwischen Mensch und ihm besiedelnden Mikroorganismen aussieht, darüber informierte grundlegend Professor Dirk Haller von der Technischen Universität München (oben, links). Der Mikrobiologe und Immunologe Professor Mathias Hornef von der Medizinischen Hochschule Hannover (zweite Reihe, rechts) sprach über den Einfluss von Antibiotika auf das Mikrobiom. Den Rahmen der verschiedenen Forschungsansätze auf diesem Feld steckte Professor Karsten Kristiansen von der Universität Kopenhagen ab (dritte Reihe, links). Dr. Kerstin Berer vom Max-Planck-Institut für Neurobiologie in München berichtete über mögliche Zusammenhänge von Multipler Sklerose und Mikrobiom.

Der Mensch besteht nicht nur aus verschiedenen Körperzellen, auch Mikroorganismen nehmen einen großen Platz auf und in ihm ein. Allein im Darmtrakt tummeln sich durchschnittlich zwei Kilogramm dieser Mitbewohner – eine ohne Zweifel beeindruckende Zahl.

Die Gesamtheit aller den Mensch besiedelnden Mikroorganismen – auch Mikrobiom genannt – existiert aber nicht bereits zum Beginn unseres Lebens auf und in unserem Körper. „Bei der Geburt fangen wir bei null an, dann werden wir über die ersten Lebensjahre kolonisiert. Dies geschieht zum Beispiel durch Kontakt mit der Mutter, mit Haustieren; überhaupt generell mit der Umwelt“, erläuterte Professor Dr. Dirk Haller, Mikrobiologe und Ernährungswissenschaftler der Technischen Universität München, Anfang Oktober 2014 in Hannover.

Für die Forschung spielt eine wichtige Rolle, dass sich nicht nur die Mikrobiome von Mensch zu Mensch deutlich unterscheiden, sondern auch die jeweiligen „Sub-Mikrobiome“ eines Individuums – also jene auf der Haut, das intestinale (also das des Darms) oder auch das im Mund. „Sie charakterisieren uns und lassen sich sogar forensisch als eine Art mikrobieller Fingerabdruck nutzen“, berichtete Haller. Auch würden viele Erkrankungen wie Allergien, Asthma, Fettleibigkeit, Diabetes und weitere mit der Art der Kolonisierung durch Bakterien zusammenhängen.

Allergien oder Asthma im Blick, plädierte Professor Dr. Harald Renz von der Universität Marburg auch dafür, Schwangere in einen traditionellen Kuhstall zu bringen. „Das Immunsystem setzt sich frühzeitig und auf natürlichem Wege mit den Umweltkeimen auseinander und wird dadurch gestärkt“, betonte der Immunologe. Dr. Kerstin Berer, Biologin am Max-Planck-Institut für Neurobiologie in München-Martinsried, beschrieb einen zusätzlichen Weg, bei dem Teile des Mikrobioms auf unsere Gesundheit einwirken: „Bakterien beeinflussen über Stoffwechselprodukte unsere Immunzellen, diese werden dadurch fehlgeleitet und greifen bestimmte Proteine im Gehirn an.“ Das könne beispielsweise Erkrankungen wie Multiple Sklerose begünstigen.

Professor Dr. Mathias Hornef, Mikrobiologe und Immunologe an der Medizinischen Hochschule Hannover, verwies in diesem Kontext auf die Antibiotika-Problematik: ihren oftmals überflüssigen bis fatal fehlgeleiteten Einsatz in der Rinder- und Schweinemast ebenso wie ihre oft wenig sinnvolle Verordnung durch Ärzte. Bekanntermaßen führe das zu vermehrten Resistenzen der Keime gegen die Wirkstoffe. Am Ende der Veranstaltung taten sich alle schwer, einen allgemeingültigen, gesicherten Rat zu geben, wie sich der Mensch am besten verhalten und ernähren soll, um möglichst gesund und mit einem stabilen Mikrobiom zu leben.

Tina Walsweer



Veranstaltungen

Mit ihren derzeit fünf Veranstaltungsreihen im Schloss Herrenhausen in Hannover verfolgt die Stiftung das Ziel, Wissen in die Gesellschaft zu tragen, Forschern ein Forum für ihren fachlichen Austausch zu geben und die Verbindung von Wissenschaft und diversen Zielgruppen zu intensivieren. Eine Übersicht aller Veranstaltungen sowie Anmeldemodalitäten sind zu finden unter www.volkswagenstiftung.de/veranstaltungen. Hier ausgewählte Termine der nächsten Monate.

März

- 10.3.-13.3. Veranstaltungen zu 50 Jahren „Forschungsk Kooperation Niedersachsen-Israel“
- 24.3. Herrenhäuser Forum Politik – Wirtschaft – Gesellschaft: „Gesundheit! – Wohin entwickelt sich unser Gesundheitssystem?“
- 25.3.-27.3. Herrenhäuser Konferenz: „Big Data in a Transdisciplinary Perspective“

April

- 10.4.-11.4. Forschungs- und hochschulpolitisches Werkstattgespräch: „Vom Stiften und Zustiften – neue Partnerschaften zwischen Zivilgesellschaft und Wissenschaft“
- 22.4. Hannah Arendt Lecture zum Thema „Stadt und Stadtentwicklung“
- 23.4. Herrenhäuser Forum Mensch – Natur – Technik: „Von der Wunderwaffe zum stumpfen Schwert: auf der Suche nach neuen Antibiotika“

Mai

- 4.5. Herrenhäuser Forum für Zeitgeschehen: „Neubeginn? – Deutsche Universitäten nach Ende des Zweiten Weltkriegs“
- 12.5. Herrenhausen Late zum Thema „Windenergie“
- 18.5. Leopoldina Lecture zum Thema „Palliativmedizin“
- 18.5.-20.5. Nature Herrenhausen Symposium: „Cancer Genomics and Tumor Heterogeneity“
- 19.5. Universität Oldenburg und Akademie Leopoldina: „Bildung in einer Dienstleistungsgesellschaft“
- 28.5. Herrenhäuser Gespräch: „Gegen den Strich – von der Notwendigkeit zivilen Ungehorsams“

herrenhäuser
KONFERENZEN

Herrenhäuser Konferenzen

Die Herrenhäuser Konferenzen sind **Fachveranstaltungen**. Sie fokussieren mit besonderem Aktualitäts- und Zukunftsbezug wissenschaftliche Themen von hoher gesellschaftlicher Relevanz und öffnen neue Forschungsfelder.

herrenhäuser
SYMPOSIEN

Herrenhäuser Symposien

Die Herrenhäuser Symposien – ebenfalls **geschlossene Fachveranstaltungen** – bieten Forschern eine Plattform, Ideen zu entwickeln und neue Forschungsansätze zu diskutieren. Die Stiftung veranstaltet auch eigene Symposien.

herrenhäuser
GESPRÄCHE

Herrenhäuser Gespräche

Mit den Herrenhäuser Gesprächen präsentieren die Stiftung und NDR Kultur aktuelle Themen aus Wissenschaft und Kultur von Bedeutung für die Gesellschaft. Adressat ist hier zuvorderst die **wissenschaftsinteressierte Öffentlichkeit**.

herrenhäuser
FORUM

Herrenhäuser Forum

Mit verschiedenen Schwerpunkten begeistert das Herrenhäuser Forum ein **breites Publikum** für wissenschaftliche Fragen: zu Themen des Zeitgeschehens und Aktuellem aus „Politik – Wirtschaft – Gesellschaft“ und „Mensch – Natur – Technik“.

herrenhausen
LATE

Herrenhausen Late

„Herrenhausen Late – ScienceMusic-Friends“ zielt auf ein **junges Publikum**. Experten unterhalten aus überraschender Perspektive originell über Wissensthemen. Der Festsaal im Schloss verwandelt sich in eine Lounge mit kleiner Bühne, DJ und Bar.

Juni

- 4.6. Öffentlicher Abendvortrag: „Interdisciplinary perspectives on Children Born of War – From World War II to current conflict settings“
- 5.6. Herrenhäuser Forum für Zeitgeschehen Extra: „Die Rose der Freiheit“ – Indiens Weg zur Unabhängigkeit“
- 16.6. Herrenhäuser Forum Mensch – Natur – Technik: „Alles nur simuliert? Wie (Super)-Computer die Wirklichkeit abbilden“
- 21.6.-23.6. Konferenz zur Forschung in Museen: „Human Remains“

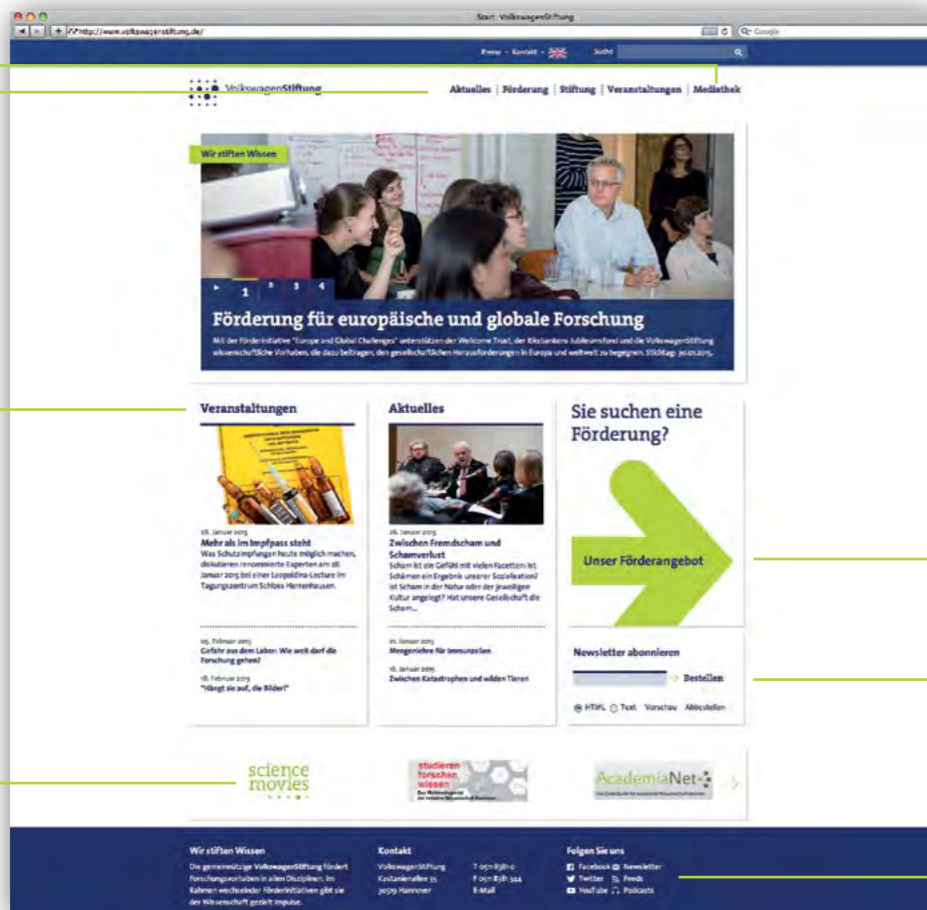
Juli

- 3.7. Herrenhäuser Symposium: „Madonna“
- 6.7.-7.7. Herrenhäuser Symposium: „Wissenschaft und Wiedervereinigung“
- 16.7. Herrenhäuser Gespräch: „Stunde Null? Über radikale Neuanfänge in Musik, Kunst und Kultur“
- 30.7.-31.7. ISSS Konferenz: „Governing the Anthropocene“

Vorschau 2. Jahreshälfte (Auswahl)

- 2.9.-4.9. Symposium: „Let's Walk Urban Landscapes“
- 3.9. Herrenhäuser Forum Mensch – Natur – Technik: „Mobilität: von der Zukunft eines Lebensgefühls“
- 16.9.-18.9. Tagung: „Zukunft der Philologie“
- 25.9.-26.9. Forschungs- und hochschulpolitisches Werkstattgespräch: „Karrierewege in der Wissenschaft: Pläne – Perspektiven – Personalstrukturen“
- 28.9. Leopoldina Lecture
- 29.9.-1.10. Nature Herrenhausen Symposium
- 8.10. Herrenhäuser Forum Mensch – Natur – Technik: „Gesund essen, gesund bleiben? – Auf den Spuren guter Ernährung“
- 13.10. Herrenhäuser Forum für Zeitgeschehen: „... und dann ein bißchen baedekern“ – zur Entwicklung von Reiseliteratur und Massentourismus“
- 19.10.-20.10. Öffentliche Gutachtersitzung zum Wettbewerb „Wissenschaft für eine nachhaltige Entwicklung“
- 20.11.-21.11. Herrenhäuser Konferenz: „Long-Term Processes of Socio-Economic Development: Stagnation, Growth, Divergence, and Crises“
- 25.11. Verleihung Förderpreis „Opus primum für die beste ‚Nachwuchspublikation‘“ der Stiftung

Einzelne Programmpunkte der – ansonsten als Fachveranstaltungen geschlossenen – Herrenhäuser Konferenzen und Herrenhäuser Symposien können für die Öffentlichkeit zugänglich sein.



Veranstaltungen

Herrenhäuser Gespräche, Foren, Konferenzen ... hier finden Sie Informationen über die Vielzahl unserer Veranstaltungen.

News

Aktuelle Nachrichten aus der Volkswagen-Stiftung, zum Beispiel zu laufenden Forschungsprojekten, neuen Ausschreibungen oder Publikationen

Mediathek

In unserer Mediathek finden Sie Fotos und Bildergalerien, Videos und Audios.

sciencemovies

In unserem Videoblog sciencemovies.de präsentieren sich acht von der Volkswagen-Stiftung geförderte Projekte aus unterschiedlichen Fachdisziplinen. Film ab!

Newsletter

Unser E-Mail-Newsletter informiert Sie regelmäßig über aktuelle Nachrichten und Veranstaltungen der VolkswagenStiftung. Jetzt anmelden!

Unser Förderangebot

Sie suchen eine Förderung? Dann nutzen Sie unsere Fördersuche, um eine passende Initiative für Ihr Forschungsvorhaben zu finden.

Unsere Audio-Angebote

Sie haben eine Veranstaltung verpasst? In unseren Podcasts „ListenToScience“ und „ScienceUncut“ stellen wir Ihnen Audio-Mitschnitte unserer Veranstaltungen zum Nachhören zur Verfügung.

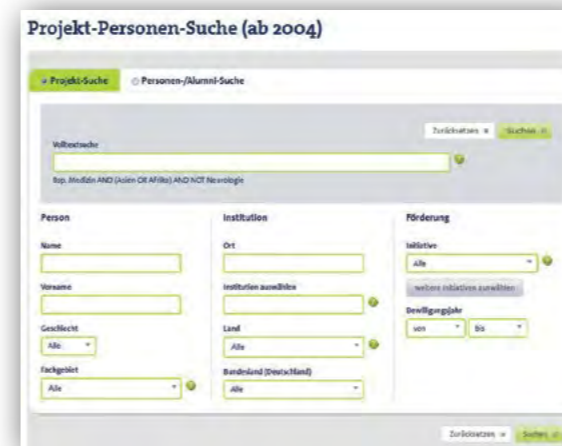
Gefällt mir!

Die VolkswagenStiftung finden Sie auch bei Facebook, Twitter und YouTube. Schauen Sie doch mal vorbei!

Neu bei volkswagenstiftung.de

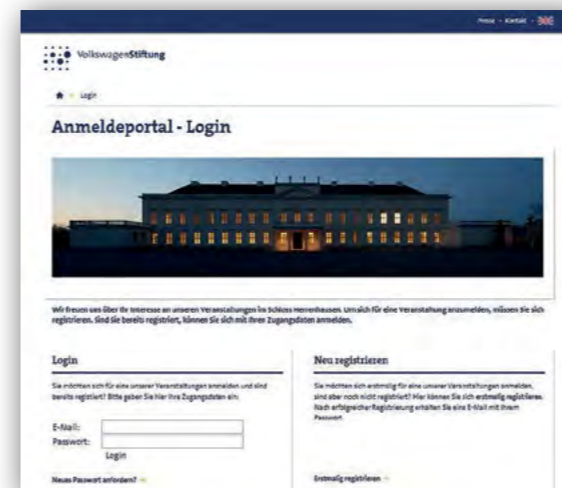
Die Projekt-Personen-Suche

Sie wollen wissen, welche Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler an Ihrer Forschungseinrichtung von der VolkswagenStiftung gefördert werden? Oder welche Projekte die Stiftung in den Ingenieurwissenschaften unterstützt – oder zum Beispiel in der noch jungen Förderinitiative „Experiment!“? Kein Problem. Mithilfe der „Projekt-Personen-Suche“ können Sie die von der Stiftung geförderten Forschungsvorhaben jetzt unter anderem nach Fachgebiet, Förderinitiative, Institution und Bewilligungsjahr durchsuchen.



Anmeldeportal für Veranstaltungen

Ebenfalls neu: Ein Portal, über das Sie sich jetzt online zu den wissenschaftlichen Fachveranstaltungen der VolkswagenStiftung an- oder abmelden können.



Neue Ausschreibungen der Stiftung

Ukraine, Russland und Deutschland

Die Stiftung hat Ende 2014 das **fachoffene Förderangebot „Trilaterale Partnerschaften – Kooperationsvorhaben zwischen Wissenschaftler(inne)n aus der Ukraine, Russland und Deutschland“** ausgeschrieben. Im Blick zum einen: zwei- bis dreijährige, mit bis zu 250.000 Euro geförderte Forschungsvorhaben, an denen mindestens eine Partnergruppe je Land beteiligt ist. Jede Gruppe ist dabei gefordert, von ihrer Seite Nachwuchswissenschaftler angemessen einzubinden. Neben Forschungsprojekten werden auch kleinere Veranstaltungen wie Workshops, Symposien und Sommerschulen unterstützt. **Stichtag für die Einreichung von Anträgen ist der 30. April 2015.**

Originalitätsverdacht?

„Originalität“ ist in den Geistes- und Kulturwissenschaften eines der zentralen Qualitätskriterien. Doch was heißt in diesen Disziplinen „originell“, „neu“ oder „innovativ“? Was gesichertem Fachwissen und gemeinhin akzeptierten Intuitionen widerspricht, mag genauso dazugehören wie die Entwicklung eines neuen Ansatzes, einer These, einer Theorie, die Beobachtung eines neuen Phänomens oder auch die Identifizierung von bisherigem Nicht-Wissen. Entsprechend möchte die Stiftung mit diesem zweigeteilten Angebot **Geistes- und Kulturwissenschaftler ermutigen, Vorhaben mit erkenntnisgewinnender Originalität zu entwickeln.** Förderlinie 1 „Komm! ins Offene ...“ – bis zu 80.000 Euro für maximal ein Jahr – bietet dem Einzelnen die Möglichkeit, ein Thema explorierend zu bearbeiten und in einem Essay darzulegen. Linie 2 „Konstellationen“ – bis zu 150.000 Euro für maximal 18 Monate – zielt auf Projektteams mit bis zu vier Antragstellern, die gemeinsam die Tragfähigkeit einer neuen Forschungsidee erkunden und in einem Text veröffentlichen wollen. **Erster Stichtag: 12. Mai 2015.**

Datenjournalismus

Die Stiftung schreibt einmalig einen Ideenwettbewerb „Wissenschaft und Datenjournalismus“ aus. Beide – Forscher wie Journalisten, insbesondere Wissenschaftsjournalisten – stehen vor der Schwierigkeit, mit immer umfangreicheren und komplexeren Datenmengen umgehen zu müssen. Beide haben eigene Herausforderungen zu bewältigen, sind teils aufeinander angewiesen – und können durchaus voneinander profitieren. Das ist ebenso Hintergrund wie Ausgangspunkt dieser Ausschreibung. **Stichtag zur Antrageeinreichung ist der 15. Juni 2015.**

Vorgestellt!



Fotograf **Franz Bischof**, ursprünglich aus Berlin, hat an der Hochschule Hannover Fotojournalismus studiert und lebt seitdem in der niedersächsischen Landeshauptstadt. 2007 hospitierte er bei der Frankfurter Allgemeinen Zeitung; er arbeitet für verschiedene deutsche Printmedien wie Mare, Geo und den Stern (2013 gewann er das Stern-Stipendium für junge Photographie). Franz Bischof ist Mitglied der Fotoagentur laif. Für die VolkswagenStiftung fotografierte er in dieser Ausgabe die hannoverschen Wissenschaftlerinnen Christine Radtke und Manuela Gernert mit ihren Spinnen.



Andrea Hoferichter schreibt als freie Wissenschaftsjournalistin Artikel für populärwissenschaftliche Forschungsmagazine und für Tageszeitungen, darunter die Süddeutsche Zeitung. Seit zehn Jahren ist sie Autorin für das „Impulse“-Magazin der Stiftung. Nach einem Chemiestudium an der TU Braunschweig – in ihrer Diplomarbeit beschäftigte sie sich mit solarer Wasserstoffproduktion – absolvierte sie 1998 den Studiengang Journalismus an der Hochschule für Musik, Theater und Medien Hannover. Vor zwei Jahren zog sie für neun Monate nach Detroit, USA, und arbeitete dort neben ihrer Autorentätigkeit in der Nachrichtenredaktion eines Radiosenders. Die Journalistin lebt und arbeitet in einem kleinen Ort nahe Braunschweig. In diesem Heft hat sie gleich zwei Beiträge platziert: In „**Moleküle nach Maß**“ berichtet sie über Wege, „therapeutisch aktiven“ Viren den Zellzutritt zu erleichtern. Im Text „**Quanten statt Klunker**“ hat sie Forscher besucht, die Nanodiamanten erfolgreich einsetzen – etwa zum Medikamententransport im Körper.



Dr. Anja Fließ betreut in der Stiftung die 2002 eingerichteten „**Lichtenberg-Professuren**“, von denen wir **sieben (insgesamt gibt es 46)** in diesem Heft auf den Seiten 20-39 und 70/71 vorstellen. Zudem ist sie zuständig für die Fächer Chemie und Biochemie. Beides hat sie studiert und eine Promotion in Molekularbiologie folgen lassen. In 25 Jahren Engagement für die Stiftung begleitete sie vor allem Initiativen in den Natur- und Ingenieurwissenschaften und der Medizin sowie das Nachwuchsgruppen-Programm. **Dr. Franz Dettenwanger** ließ dem Studium der Physik eine Promotion in Werkstoffwissenschaften folgen. Bevor er 2001 zur Stiftung wechselte, war der 48-Jährige zuletzt für die DECHEMA tätig. Er verantwortet die Fächer Ingenieur- und Materialwissenschaften und betreut – neben dem Bereich „Niedersächsisches Vorab“ – die Initiativen „**Funktionale makroskopische Systeme**“ und zuvor „**Komplexe Materialien**“. Die auf den Seiten 48-65 vorgestellten **acht Vorhaben** entstammen diesen beiden Initiativen.

Impressum

Herausgeber

VolkswagenStiftung
Kastanienallee 35
30519 Hannover
Telefon: +49 511 8381-0
Telefax: +49 511 8381-344
E-Mail: info@volkswagenstiftung.de
www.volkswagenstiftung.de

Vertreten durch

Kuratorium VolkswagenStiftung, vertreten durch den Generalsekretär Dr. Wilhelm Krull

Redaktion (Text und Schlussredaktion)

Dr. Christian Jung (cj)

Bildredaktion

Ina-Jasmin Kossatz

Kommunikation VolkswagenStiftung

Jens Rehländer (Leitung)

Gestaltung

Medienteam-Samieske, Hannover

Korrektorat

Cornelia Groterjahn, Hannover

Druck

gutenberg beuys feindruckerei gmbh
Hans-Böckler-Str. 52
30851 Hannover/Langenhagen

Bildnachweis

Die Fotos und Abbildungen wurden – soweit unten nicht anders angegeben – dankenswerterweise von den jeweiligen Instituten beziehungsweise Hochschulpressestellen zur Verfügung gestellt.

Seiten 1, 6-14: Franz Bischof, Hannover

Seite 3: Dennis Börsch

Seiten 4, 21-29: Christian Burkert, Hannover

Seiten 4, 19, 48-55, 57: Thomas Victor, Leipzig

Seiten 4, 58-65: Berthold Steinhilber, Stuttgart

Seite 5: K. Kaiser, Hannover

Seite 15: Radtke et al., PLoS One. 2011; 6(2): e16990

Seite 17: Ralph Simon, Erlangen

Seiten 28, 29 (Kasten): Bartos (privat)

Seiten 30-35, 39-41, 56: Stephan Sahn, München

Seiten 36-38, 67: Daniel Pilar, Hannover

Seite 43: Michael Löwa, Hannover

Seiten 46, 47: David Carreno Hansen, Hannover

Seite 68: H. Tischlinger, München

Seite 70: Shutterstock/Hergon

Seite 72: Matthias Heyde/Grimme Zentrum, Berlin

Seite 74-77: Nico Herzog, Hannover

Seite 78: Sven Stolzenwald, Hannover

Seite 80: DOBES/Aweti-Projekt; Rozilda Drude

Seite 85: Mirko Krenzler, Hannover

Seite 90 (oben und unten): Ina-Jasmin Kossatz, Hannover

Seite 90 (Mitte): Charlotte Kieslich, Cremlingen

Die Stiftung in Kürze

Die VolkswagenStiftung ist eine eigenständige, gemeinnützige Stiftung privaten Rechts mit Sitz in Hannover. Mit einem Fördervolumen von insgesamt etwa 150 Millionen Euro pro Jahr ist sie die größte private deutsche wissenschaftsfördernde Stiftung und eine der größten Stiftungen hierzulande überhaupt. In den mehr als fünfzig Jahren ihres Bestehens hat sie über 30.000 Projekte mit insgesamt mehr als 4,2 Milliarden Euro gefördert. Auch gemessen daran zählt sie zu den größten gemeinnützigen Stiftungen privaten Rechts in Deutschland.

Das Gründungskapital der Stiftung wurde von Bund und Land Niedersachsen im Rahmen des Privatisierungsprozesses der heutigen Volkswagen AG bereitgestellt. Es handelt sich bei der VolkswagenStiftung jedoch nicht um eine Unternehmensstiftung. Die Stiftungsgremien sind autonom und unabhängig in ihren Entscheidungen. Erwirtschaftet werden die Fördermittel der Stiftung einerseits – größtenteils zugunsten der „Allgemeinen Förderung“ – aus ihrem Kapital, derzeit circa 2,9 Milliarden Euro. Andererseits stammen sie aus den vom Land Niedersachsen gehaltenen und mit einem Vermögensanspruch der Stiftung versehenen gut 30 Millionen Volkswagenaktien samt ihrer Dividende (Teil des „Niedersächsischen Vorab“).

Die VolkswagenStiftung fördert gemäß ihrer Satzung Wissenschaft und Technik in Forschung und Lehre und setzt durch die von ihr bewilligten Mittel gezielte Impulse. Sie entwickelt mit Blick auf zukunftsweisende Forschungsgebiete eigene Förderinitiativen. Diese bilden den Rahmen ihrer Förderaktivitäten und werden im Weiteren als Teil des eigenen Veranstaltungsangebots thematisch aufgegriffen. Mit der Konzentration auf eine begrenzte Zahl von Initiativen sorgt die Stiftung dafür, dass ihre Mittel effektiv eingesetzt werden.

Besondere Aufmerksamkeit widmet die Stiftung dem wissenschaftlichen Nachwuchs sowie jenen Forscherinnen und Forschern, die im Zuge ihrer Arbeit und wissenschaftlicher Kooperationen inhaltliche, kulturelle und staatliche Grenzen hinter sich lassen. Ein Hauptaugenmerk gilt desgleichen der Verbesserung der Ausbildungs- und Forschungsstrukturen in Deutschland. Die Umsetzung der Ziele erfolgt oft im Austausch mit anderen Stiftungen und öffentlichen Einrichtungen der Wissenschaftsförderung.

Wir stiften Wissen

VolkswagenStiftung
Kastanienallee 35
30519 Hannover

Telefon 05 11/83 81-0
Telefax 05 11/83 81-344

mail@volkswagenstiftung.de
www.volkswagenstiftung.de