

# forschung

Das Magazin der Deutschen Forschungsgemeinschaft

4/2014



Griechische Porträtstatuen: Magische Präsenz | Wissenschaftspolitik 2014: Das Gute zum Schluss | Kohlenstoff-Nanoröhren: Zugfest, leitend, defektfrei | Extinktionslernen: Nicht vergessen ... | Internet der Zukunft: Von immenser Dynamik | „Future Earth“: Forschung im Dienste der Nachhaltigkeit | Leibniz-Preise 2015



*Titel: Ralf von den Hoff*

**Wunderwelt** Porträtstatuen: ausdrucksstarker Bildniskopf aus Hellas mit markierten Stiftlöchern, die ursprünglich der Anbringung von Kranzblättern dienten (Berlin, aus Pergamon, 2. Jh. v. Chr.).



**Kommentar**

*Peter Strohschneider*

**Das Gute zum Schluss**

2

Ein Blick zurück auf das wissenschaftspolitische Jahr 2014 – und ein Blick nach vorne

**Geistes- und Sozialwissenschaften**

*Ralf von den Hoff*

**Magische Präsenz**

4

Porträtstatuen der griechischen Antike als Teil der politischen Kommunikation

**Naturwissenschaften**

*Andreas K. Hüttel*

**Zugfest, leitend, defektfrei**

10

Warum die zahlreichen Eigenschaften von Kohlenstoff-Nanoröhren so nützlich sind

**Lebenswissenschaften**

*Onur Güntürkün*

**Nicht vergessen ...**

14

Den komplexen Mechanismen des Extinktionslernens auf der Spur

**Ingenieurwissenschaften**

*Bjoern Richerzhagen, Boris Koldehofe und Ralf Steinmetz*

**Von immenser Dynamik**

20

Forscher blicken auf die Herausforderungen für das Internet der Zukunft

**Im Brennpunkt: Nachhaltigkeitsforschung**

*Martin Visbeck und Bettina Schmalzbauer*

**Gesucht: Wissensbasierte Antworten**

24

„Future Earth“ – Leitgedanken eines neuen Forschungsprogramms

**Querschnitt**

**Nachrichten und Berichte aus der DFG**

26

Leibniz-Preise 2015 +++ Sprechertreffen der Exzellenzeinrichtungen

+++ Klausurtagung des Senats +++ Chancengleichheits-Monitoring

+++ Deutsch-Türkisches Wissenschaftsjahr +++ VIZE-Abschluss in Bonn

Peter Strohschneider

# Das Gute zum Schluss

*Rückblick auf ein Jahr, in dem politische Auseinandersetzungen zwischen Bund, Ländern und Parteien die konzeptionelle Weiterentwicklung des Wissenschaftssystems erst lange verzögerten, bevor es am Ende dann doch noch zu zukunftsweisenden Beschlüssen kam. Diese auszugestalten, ist Aufgabe für das kommende Jahr – in dem es auch Grund zum Feiern gibt.*

Die gute Nachricht kam Mitte Dezember, und wer wollte, konnte bei ihr durchaus vorweihnachtliche Freude empfinden: Mit ihren Beschlüssen zur Fortführung des Hochschulpaktes inklusive der Programmpauschale, des Paktes für Forschung und Innovation sowie der Exzellenzinitiative haben die Bundeskanzlerin und die Ministerpräsidentinnen und Ministerpräsidenten der Länder am Ende dieses Jahres ebenso wichtige wie lang erwartete Richtungsentscheidungen für das Wissenschaftssystem in Deutschland getroffen. Der Wissenschaft, den Wissenschaftsorganisationen allgemein und speziell der DFG eröffnen sie, endlich, Planungsperspektiven und lassen Zuversicht aufkommen, wo in den Monaten zuvor Unsicherheit und auch eine gewisse Sorge herrschten.

Es ist deshalb auch an dieser Stelle den Regierungsspitzen im Bund und in den Ländern zu danken, mindestens in gleicher Weise aber auch den für Wissenschaft und Forschung zuständigen Fachministerinnen und -ministern. Sie hatten sich Ende Oktober in der Gemeinsamen Wissenschaftskonferenz (GWK) auf das geeinigt, was nun bestätigt wurde. Vor allem auf eine Übereinkunft bei der Programmpauschale war dabei nicht unbedingt zu setzen gewesen. Denn so unverzichtbar, wie die Programmpauschale längst für die Forschung an den unterfinanzierten Universitäten geworden war – so sehr drohte ihre Fortführung am Streit zwischen Bund und Ländern zu scheitern. Dass sie nun unter Beteiligung der Länder sogar von 20 auf 22 Prozent aufgestockt wird, ist ein großer Erfolg, auch wenn sie in den allermeisten Projekten durchaus nicht die tatsächlichen Kosten deckt. Denn der politische Streit ging nicht um „22 oder 25 Prozent“ oder gar um „22 oder 40 Prozent“, sondern um „22 Prozent oder gar nichts“.

Nicht minder wichtig sind die beiden anderen Beschlüsse: Die dritte Phase des Paktes für Forschung und Innovation gibt der DFG und den außeruniversitären Forschungsorganisationen für weitere fünf Jahre ver-

lässliche Rahmenbedingungen für die Entwicklung ihrer Mittel, auf im internationalen Vergleich bemerkenswertem, mit drei statt fünf Prozent gleichwohl niedrigerem Niveau als bislang. Und der Grundsatzbeschluss zur Fortführung der Exzellenzinitiative sichert den seit 2012 geförderten Einrichtungen die Chance auf eine zweite Förderphase zu, stellt auch weiter ein wissenschaftsgeleitetes Verfahren in Aussicht und macht es möglich, auch zukünftig einen besonderen wissenschaftspolitischen Akzent auf die Förderung universitärer Spitzenforschung zu legen.

Mit diesen Beschlüssen hat ein Jahr doch noch einen positiven Abschluss gefunden, in dem politische Auseinandersetzungen auf verschiedenen Ebenen – zwischen Bund und Ländern sowie zwischen den Parteien – die konzeptionellen Diskussionen über die Zukunft des Wissenschaftssystems lange in den Hintergrund treten ließen. Anstatt die im Vertrag der Großen Koalition in Berlin richtig und einvernehmlich, aber doch auch recht allgemein formulierten Leitlinien für eine weitere Prioritätensetzung des Bundes bei Bildung, Wissenschaft und Forschung und für eine engere Kooperation mit den Ländern rasch zu konkretisieren, herrschte über Monate unfruchtbarer Stillstand. Erst die Ende Mai geregelte Verteilung der „Bildungsmilliarden“ und die zugleich eingeleitete Aufhebung des „Kooperationsverbots“ im Grundgesetz brachten einen Durchbruch, dem nun die Beschlüsse zu den Pakten folgten.

Gewiss: Auch jetzt bleiben wichtige Punkte weiter offen, zumal beim Grundsatzbeschluss zur Fortführung der Exzellenzinitiative. Umso wichtiger ist es, die Grundzüge rasch zu konkretisieren und sodann gemeinsam mit der Wissenschaft auszugestalten. Dennoch ist mit den jüngsten Beschlüssen die Wissenschaft und sind Wissenschaftssystem und Wissenschaftspolitik einen sehr wichtigen Schritt vorangekommen.



Zu diesem Erfolg – so wird sich bei aller Zurückhaltung doch feststellen lassen – hat das wissenschaftspolitische Handeln der DFG das Seine beigetragen. In ihrer doppelten Funktion als größte Forschungsförderorganisation und als zentrale Selbstverwaltungsorganisation für die Wissenschaft in Deutschland hat die DFG auch 2014 immer wieder die Interessen, Erwartungen und Forderungen, aber auch die Sorgen, das Unverständnis und den Unmut der Wissenschaft artikuliert: in zahlreichen direkten Gesprächen mit der Politik, aber auch in öffentlichen Auftritten wie dem mit Wissenschaftsrat und Hochschulrektorenkonferenz in der Bundespresskonferenz vor den Entscheidungen im Mai oder wie mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern bei der Sprechertagung der Exzellenzeinrichtungen kurz vor der GWK-Sitzung im Oktober (siehe Seite 28).

Zugleich hat die DFG, aufbauend auf ihrem Positionspapier zur Zukunft des Wissenschaftssystems von 2013, ihre Vorschläge zur künftigen Berücksichtigung der Förderfunktionen von Graduiertenschulen und Exzellenzclustern in einer dann weiterentwickelten Exzellenzinitiative ebenso präzisiert, wie sie, zuletzt Mitte November auf einer Klausur des DFG-Senats (siehe Seite 28), die Diskussion über eine systematischere und dabei flexiblere Anlage des Förderportfolios fortsetzte.

**D**ie in dieser Weise 2014 gelegten Grundlagen jeweils weiter auszugestalten, dies lässt sich schon jetzt als wichtige Aufgabe von Wissenschaft und Wissenschaftspolitik sowie speziell auch der DFG im kommenden Jahr beschreiben: einem Jahr übrigens, in dem es auch einen Grund zum Feiern gibt.

2015 wird das Gottfried Wilhelm Leibniz-Programm der DFG, in dessen Rahmen wir den Leibniz-Preis verleihen, 30 Jahre alt. Dieses Jubiläum wollen wir in der DFG, mit der Wissenschaft und allen an der Wissenschaft Interessierten in Politik und Gesellschaft auf verschiedenste Weise feiern, bei der Verleihung der Leibniz-Preise 2015 in Berlin (zu den Preisträgern siehe Seite 26f.), bei einem wissenschaftlichen Leibniz-Kolloquium und einem großen Leibniz-Fest in Bonn, aber auch etwa mit Beiträgen oder Porträts von Leibniz-Preisträgerinnen und -Preisträgern in unserem DFG-Magazin, das damit bereits in dieser Ausgabe den Anfang macht (siehe Seite 14ff.).

Leibniz-Programm und Leibniz-Preis sollen dabei immer in doppelter Hinsicht im Fokus stehen: einerseits als die renommierteste Auszeichnung für Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in Deutschland mit weit darüber hinausgehender Sichtbarkeit – andererseits aber auch als eine herausragende Form der Anerkennung für das forschende Individuum, ohne dessen Neugier und Ideenreichtum es keinen wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn geben kann und um das es der DFG auch bei allem Engagement für die Rahmenbedingungen von Wissenschaft und Forschung stets und zualtererst zu tun ist.

A handwritten signature in blue ink, which appears to read "Strohschneider".

**Professor Dr. Peter Strohschneider**  
ist Präsident der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

**Ralf von den Hoff**

# Magische Präsenz

Verehrt und bekränzt, aber auch verleumdet, umgestaltet und zerstört: Porträtstatuen von Herrschern und Denkern waren im antiken Griechenland ein wichtiger Teil der kulturellen, sozialen und auch politischen Kommunikation. Ein deutsch-französisches Forschungsprojekt von Klassischen Archäologen, Althistorikern und Epigrafikern nimmt nun den entsprechend facettenreichen Umgang mit den Bildnissen in den Blick.





*Metamorphosen auf der Spur: Bildniskopf eines Königs in mehreren Umarbeitungsphasen (Berlin, aus Pergamon, 2. Jh. v. Chr.) – v.l.n.r.: zunächst ein Zustand mit Königsdiadem und Stiftloch (zeichnerische Rekonstruktion); dann kommen für eine neue Frisur Anstückungsflächen hinzu (Stiftlöcher modern); schließlich ein zweiter Zustand mit neuer Frisur.*



Foto: von den Hoff

Der Rat der griechischen Stadt Erythrai fasste wenige Jahrzehnte nach dem Tod Alexanders des Großen im Jahr 323 v. Chr. einen folgenreichen Beschluss: Ein gewisser Philites hatte vor Jahren einen Mann, der sich zum Tyrannen von Erythrai aufschwingen wollte, ermordet und so die Demokratie gerettet. Dafür hatten die Bürger Philites mit einer Statue geehrt, die ihn als Tyrannenmörder mit einem Schwert in der Hand zeigte. Bei einem erneuten Umsturzversuch zerstörte man das Schwert der Statue – ein symbolischer Akt für die Entwaffnung der Bürgerschaft. Die Geste sei gegen sie gerichtet gewesen, behaupteten die Bürger.

Nachdem auch dieser Umsturz gescheitert war, beschlossen die Erythraier, die Statue des Philites mit ihrer Waffe wiederherzustellen. Das Bildnis solle – so die Bürger – fortan regelmäßig gereinigt und ihm an jedem ersten Monatstag und bei allen Festen ein Kranz aufgesetzt werden. Damals bekränzte man nicht nur siegreiche Athleten, sondern auch Bürger für ihre Verdienste um die Stadt. In Erythrai wurde die bronzene Statue des Philites gepflegt und geehrt, als ob sie lebendig sei. So erinnerte man beständig und sinnfällig daran, dass jeder zur Verteidigung der Demokratie aufgerufen ist.

Die Geschichte der Philites-Statue war in der Antike kein Einzelfall. Ungezählte Ehrenstatuen prägten seit dem 4. Jahrhundert v. Chr. die Städte und Heiligtümer

Griechenlands. Sie verliehen den Dargestellten Ansehen; und sie waren zugleich Mittel der politischen Kommunikation. Entsprechend wohlüberlegt behandelte man die Bildnisse: Sie wurden an bestimmten Tagen bekränzt oder verehrt, aber auch bewusst zerstört, repariert, umgearbeitet oder durch andere ersetzt. Ehrenstatuen fungierten als Leitbilder, wie die des Philites. In Athen verbot man beispielsweise, Bildnisse neben die Statuen der berühmten Tyrannenmörder aus dem frühen 5. Jahrhundert zu stellen; niemand in der demokratischen Bürgerschaft sollte deren Status erlangen.

Die Botschaft bestimmter Statuen konnte sich im Laufe ihres Lebens auch ändern. Gegen 280 v. Chr. hatte man den Redner Demosthenes in Athen mit einer Statue geehrt, die ihn in beherrschter Geste mit gefalteten Händen zeigte, programmatisch neben einem Bild der Friedensgöttin. Demosthenes' Biograf Plutarch berichtet später, dass ein Soldat sein erspartes Geld in die Hände der Statue gelegt und es nach Monaten unangetastet vorgefunden habe. Das verstand man als Beweis der Unbestechlichkeit des Demosthenes – obwohl die Geste ursprünglich anders gemeint war. Den Caesarmördern Cassius und Brutus gewährten die Athener im Jahr 44 v. Chr. Ehrenstatuen neben den Tyrannenmörderbildnissen – gegen ihr altes Gesetz. Damit brachten sie die damals mehr als 400 Jahre alten Statuen in die aktuelle politische Debatte ein.

Offenbar hatten Bildnisstatuen nicht nur eine Art magische Präsenz, die sich zum Beispiel darin zeigte, dass Statuen zerstört wur-

*Markant und eindrucksvoll: der bekränzte Kopf der bronzenen Bildnisstatue eines Athleten (Izmir, Museum, 1. Jh. v. Chr.).*

*Oben: Antike Zeugnisse auf der Kykladen-Insel Delos – Marmorbasen mit Stand- und Ausbruchspuren bronzener Bildnisstatuen am Eingang zum Apollonheiligtum (3.–2. Jh. v. Chr.). Unten: Französische Studierende zeichnen auf Delos Statuenbasen ab.*

den, wenn man die Erinnerung an den Dargestellten tilgen wollte (sog. *damnatio memoriae*). Vielmehr integrierte man sie aktiv in den Alltag der Bürger, man verstärkte oder änderte ihre vorbildhafte Wirkung bis zu ihrer Zerstörung, ihrem „Tod“: Man gab ihnen gewissermaßen eine Biografie. Dieses wechsellvoll-dynamische Leben der Bildnisse vom Zeitpunkt ihrer Aufstellung bis zu ihrer Zerstörung wurde bislang kaum erforscht. Gerade dieses Leben aber legt Zeugnis ab über sich verändernde politische Positionen, historische Wandlungen und neue Vorstellungen derer, in deren Leben die Bildnisse standen und genutzt wurden.

Die kommunikative Rolle der Statuen in der Lebenswelt und -praxis ist das Thema des altertumswissenschaftlichen Forschungsprojekts EIKON. Klassische Archäologen, Althistoriker und Epigrafiker aus Frankreich und Deutschland untersuchen seit 2013 die Zeugnisse zum Leben griechischer Bildnisstatuen des 5. bis 1. Jahrhunderts v. Chr. Die Leitung des Projekts liegt bei den Klassischen Archäologen François Queyrel von der *École Pratique des Hautes Études* in Paris und Ralf von den Hoff von der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, die sich schon lange mit antiken Bildnissen beschäftigen.





Foto: von den Hoff

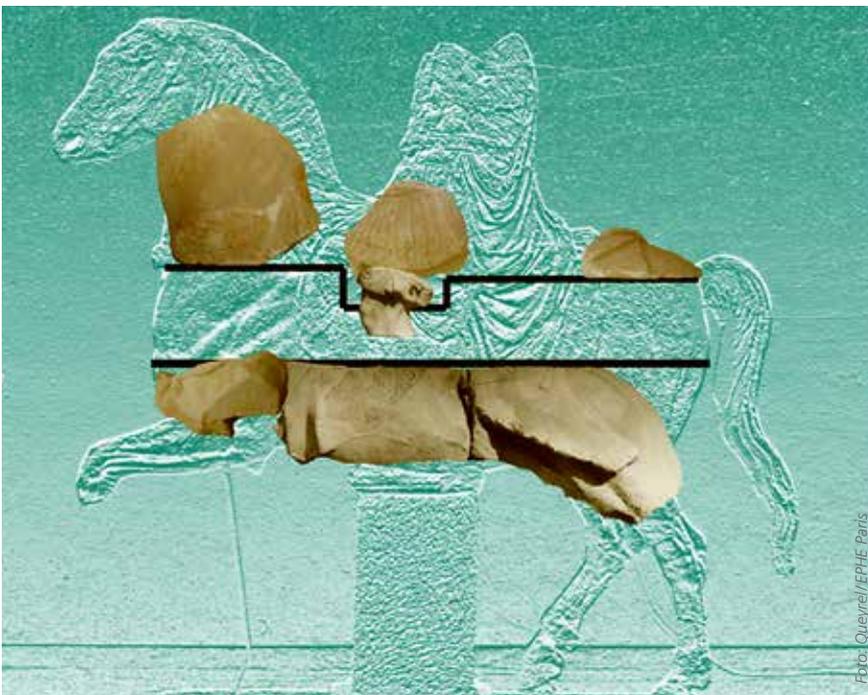


Foto: Queyrel/EPHE Paris

In paradigmatischen Einzelstudien beispielsweise zur Bekräftigung von Statuen, zur Pflege, zu Reparaturen und Neuaufstellungen in Heiligtümern wie Olympia und Delphi und in Städten wie Delos werden wichtige mit dem Thema verbundene Phänomene analysiert, die in ein Handbuch zum „Leben“ griechischer Bildnisstatuen münden sollen. Dargelegt werden dort die dynamischen Prozesse, durch die Bildnisse in die kulturelle, soziale und politische Praxis des antiken Griechenland eingebunden waren und damit auch als wichtige mediale Faktoren dieser Praxis anzusehen sind.

Die Überreste von Porträtstatuen aus der Antike, die erhalten sind – seien es Inschriften oder literarische Texte, Marmor- oder Bronze Fragmente –, sind naturgemäß spärlich, oft stark zerstört und aus ihrem antiken Kontext gerissen. Eine wesentliche Aufgabe des Vorhabens ist es deshalb, Indizien dafür zu bestimmen, wie die Bildnisse genutzt und umgearbeitet wurden. Das konkrete Leben von Bildnissen ist vor allem erschließbar aus tatsächlichen Überresten der Statuen selbst. Sie müssen rekonstruiert werden. In Inschriften, die regelmäßig auf ihren Basen angebracht waren, findet man nachträglich ausge-meißelte oder überschriebene Namen, die auf eine Umschreibung der Statue hinweisen. Diese Pra-

*Oben: Marmorner Bildniskopf mit experimentell markierten Stiftlöchern zur Rekonstruktion der ursprünglichen Anbringung von Kranzblättern (Berlin, aus Pergamon, 2. Jh. v. Chr.). Unten: Rekonstruktion einer Reiterstatue aus erhaltenen Fragmenten (Delos, 1. Jh. v. Chr.).*



*EIKON in progress: Studien an Bildnissen Alexanders des Großen in der Archäologischen Sammlung der Universität Freiburg (J. Griesbach, F. Herbin, R. Krumeich).*

xis war üblich und zeigt zudem, wie gering die Bedeutung des Individuellen beispielsweise in der Physiognomie der Gesichter war. Manche Basen wurden auch nacheinander für verschiedene Statuen verwendet.

Welche Bildnisse zerstörte man dabei? Wie lange blieben die Statuen überhaupt stehen? Bildnisköpfe und Statuen hat man dazu umgearbeitet, ihnen neue Attribute gegeben, unter Umständen aber unbedeutende Reste des alten Bestandes stehen gelassen. Wie geschah dies? Manche marmornen Bildnisköpfe besitzen Vorrichtungen wie Dübellöcher oder rinnenartige Vertiefungen, um ihnen Kränze aufzusetzen – ein Fall ähnlich demjenigen in Erythrai – oder Blätter von Kränzen dauerhaft

an ihnen zu befestigen. In welchen historischen Situationen und wie oft lässt sich solches nachweisen, und können wir die besondere Wirkung solcher bekränzter Bildnisse rekonstruieren?

Erste Ergebnisse dazu liefern Forschungen zu Bildnissen aus dem antiken Pergamon, die in der Berliner Antikensammlung stehen, unter ihnen der marmorne Bildniskopf eines Königs von Pergamon. Er konnte durch Studien zur Fundgeschichte nun dem großen Gymnasion der Stadt, der zentralen Ausbildungsstätte junger Bürger, zugewiesen werden, das im frühen 2. Jahrhundert v. Chr. errichtet wurde. Der Kopf gehörte zu einer Statue in militärischer Tracht, die im größten Raum neben weiteren Herrscherbildnissen stand. Mit einem Diadem als

Königsinsignie ausgestattet, besaß er ursprünglich eine kurzhaarigere Frisur. Erst in einer zweiten Bearbeitungsphase hat man die Haarflächen geglättet, um eine neue Frisur mit vollere Haar in kleinen Marmorstücken anzubringen. Dadurch erhielt die Statue eine an Götterbilder erinnernde Frisur, vermutlich zu einer Zeit, als der Dargestellte schon verstorben war, aber in besonderer Weise herausgehoben werden sollte: Der König bekam ein neues Image, das den Bedürfnissen der Betrachter besser entsprach.

Viel später dann, mehr als 400 Jahre nach ihrer Erstaufstellung, wurde die Statue – wahrscheinlich im 3. Jahrhundert n. Chr. – zerstört; ihre Fragmente verwendete man als Baumaterial. Das bedeutet, dass sie noch mehr als 400 Jahre an die ruhmreiche Königszeit Pergamons im 2. Jahrhundert v. Chr. erinnert hatte, als dort längst römische Kaiser herrschten. Die Pergamener sahen und aktualisierten in einem solchen Königsbildnis ihre Geschichte: Bildnisse konnten ein langes Leben haben.



**Prof. Dr. Ralf von den Hoff**

ist Professor für Klassische Archäologie an der Universität Freiburg.

Adresse: Institut für Archäologische Wissenschaften, Abteilung für Klassische Archäologie, Fahrenbergplatz, 79085 Freiburg

Förderung im ANR-DFG-Programm für die Geistes- und Sozialwissenschaften.



[www.eikon-anrdfg.eu](http://www.eikon-anrdfg.eu)

Andreas K. Hüttel



Foto: Schupp / Götz

## Zugfest, leitend, defektfrei

Kohlenstoff-Nanoröhren sind ein faszinierendes Material. In Experimenten bei ultratiefen Temperaturen versuchen Physiker, ihre verschiedenen Eigenschaften miteinander in Wechselwirkung zu bringen – und so Antworten auf grundlegende Fragen zu finden.

Wohin wir auch schauen – überall ist Kohlenstoff. Alles Leben ist aus organischen Kohlenstoff-Verbindungen aufgebaut, auch in seinen reinsten natürlichen Ausprägungen, als Diamant oder Graphit, kennen wir das chemische Element aus dem täglichen Leben. Mit den Fullere-

nen, den „fußballförmigen“ Kohlenstoff-Molekülen, und mit dem perfekt flachen, zweidimensionalen Material Graphen sind zwei weitere Kohlenstoff-Varianten auch außerhalb der Wissenschaft bekannt geworden, letzteres spätestens 2010, als Andre Geim und Konstantin Novoselov für ihre

Untersuchungen zu Graphen den Physik-Nobelpreis erhielten.

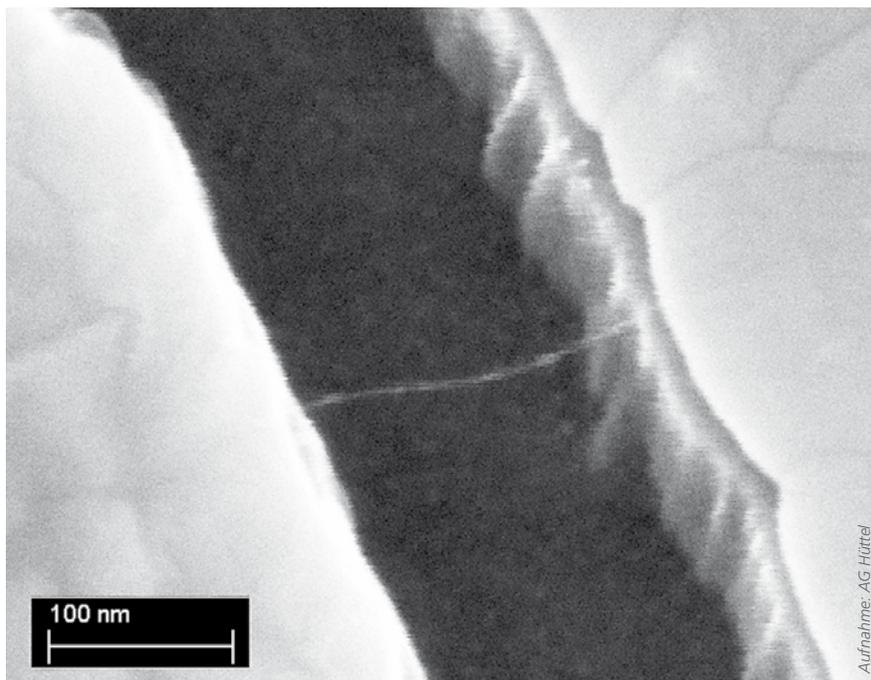
Dass als weitere Modifikation auch röhrenförmige Kohlenstoff-Makromoleküle existieren, ist hingegen in der breiteren Öffentlichkeit kaum bekannt. Die Wissenschaft weiß von ihnen bereits seit den 1960er-Jahren aus Ergebnissen

Links: Mit der Elektronenstrahlolithografie werden Strukturen auf die Oberfläche der Chips „geschrieben“. Rechts: Elektronenmikroskop-Aufnahme einer freihängenden Kohlenstoff-Nanoröhre; gut erkennbar sind die hellen Metall-elektroden und der dazwischen geätzte Graben. Unten eine Nanoröhre als Modell.

der Transmissions-Elektronenmikroskopie; 1993 entdeckten dann Sumio Iijima und Donald S. Bethune einwandige Nanoröhren, in denen eine einzelne Lage Graphen eine quasi eindimensionale, in sich abgeschlossene Röhre bildet.

In Technologie und Anwendung haben die Kohlenstoff-Nanoröhren längst Einzug gehalten. Sie besitzen zum einen eine sehr hohe Zugfestigkeit, was bereits in Surfbrettern oder schuss sicheren Westen ausgenutzt wird. Andererseits können sie auf kleinstem Querschnitt sehr hohe elektrische Ströme leiten, was sie beispielsweise für die Chipstechnologie interessant macht.

Einen besonderen Reiz haben Kohlenstoff-Nanoröhren aber für die Grundlagenforschung. Denn die Kohlenstoff-Ebene, die die Röhre bildet, ist in sich ab-



geschlossen – eine perfekte Form, bei der keine unebenen, undefinierten Kanten die elektronischen oder mechanischen Eigenschaften stören können. Und lässt man eine saubere Nanoröhre zusätzlich über einen Graben auf dem Chip wachsen, sodass sie frei hängt, dann schließt man Störungen durch Kontakt mit der Chipoberfläche ebenfalls aus und erhält ein System, in dem die quantenmechanischen Eigenschaften der Nanoröhre klar und detailliert hervortreten.

An diesem Punkt setzt die Arbeit einer DFG-geförderten Emmy Noether-Arbeitsgruppe am Institut für Experimentelle und Angewandte Physik der Universität Regensburg an. Sie arbeitet seit 2010 darauf hin, Nanoelektronik und Nanomechanik bei tiefsten Temperaturen zu kombinieren. Ihr Ziel: die elektronische Spektroskopie der Kohlenstoff-Nanoröhren zu realisieren und Wechselwirkungen zwischen der mechanischen Bewegung

einer schwingenden Nanoröhre und den durch sie fließenden Elektronen als den Trägern der elektrischen Ladung nachzuweisen.

Mit ihrer ausgezeichneten Infrastruktur von der Reinraum-Chipfabrikation bis hin zur Flüssighelium-Versorgung sowie durch die enge Zusammenarbeit mit anderen Arbeitsgruppen bietet die Regensburger Physik hierfür ein ideales Umfeld. Zudem ist in Regensburg bereits viel Erfahrung mit Nanoröhren vorhanden. Auf beidem baut die Emmy Noether-Arbeitsgruppe auf und fokussiert auf einen Fabrikationsprozess, bei dem die Eigenschaften der Nanoröhren bestmöglich sichtbar werden.

Hierzu werden zunächst auf Chips Metallelektroden und zwischen diesen Gräben hergestellt. Über diese lässt man danach chemisch Nanoröhren darüberwachsen. Diese wiederum fallen dann über die Elektroden und überbrücken die zwischen den Elektroden liegenden, ungefähr einen Mikro-



meter breiten Gräben. Auf diese Weise bleiben die Makromoleküle perfekt rein und unbeschädigt; keine weiteren Fabrikationsschritte können Defekte oder Verunreinigungen einbringen.

Kühlt man nun einen solchen Chip auf eine Temperatur von wenigen Hundertstel Grad über dem absoluten Nullpunkt ab, dann ist die thermische Energie der Umgebung so niedrig, dass sie nicht zum Aufladen der Nanoröhre mit einem einzelnen Elektron, der kleinsten Einheit der elektrischen Ladung, ausreicht. Die bereits auf der Nanoröhre gefangenen Elektronen bilden quantisierte Zustände ähnlich wie in der

Hülle eines Atoms – deshalb spricht man bei solchen Systemen auch von Quantenpunkten oder „künstlichen Atomen“. Durch Anlegen einer Gatterspannung kann man die Ladungszahl von außen beeinflussen; Strom fließt nur genau dann durch die Nanoröhre, wenn sich die Zahl der gefangenen Ladungen ändern kann, via „Einzelelektronentunneln“, dem Passieren eines einzelnen Elektrons nach dem anderen.

**Q**uantenpunkte gibt es in vielen Halbleitermaterialien. Das Besondere an Kohlenstoff-Nanoröhren ist ihre Defektfreiheit und ihre klar definierte Geometrie.

*Konzentration bei der Laborarbeit: Diplom-Physiker Daniel Schmid und Stefan Blien bereiten die Tieftemperatur-Apparatur für weitere Messungen vor.*

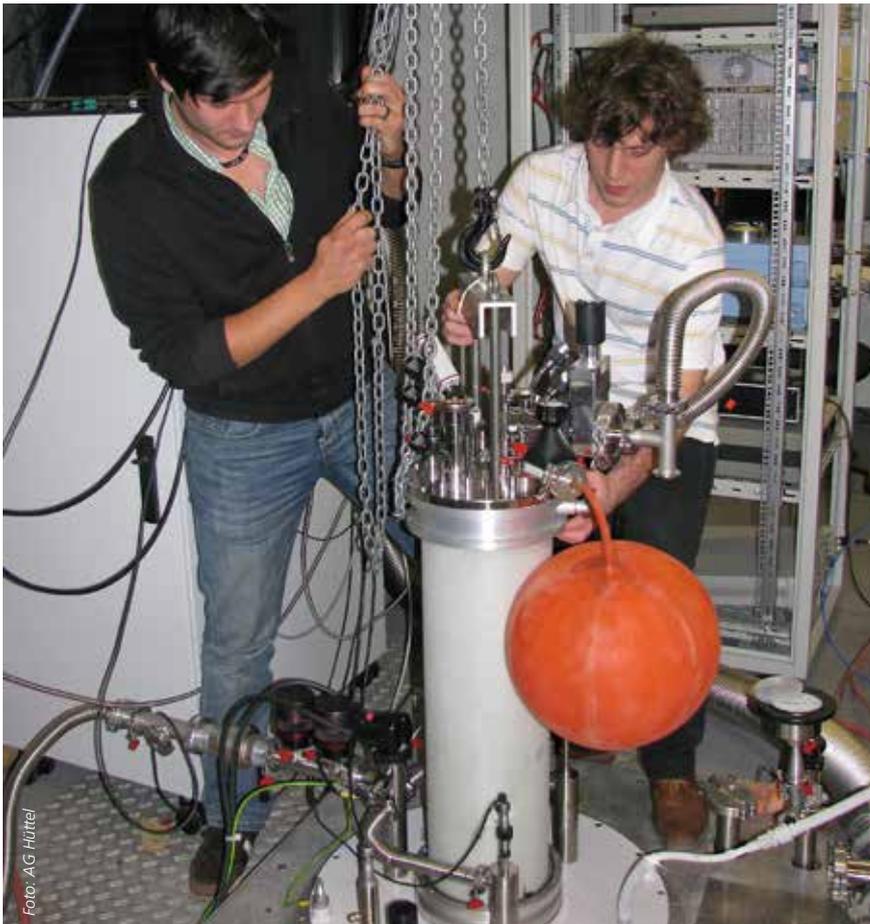
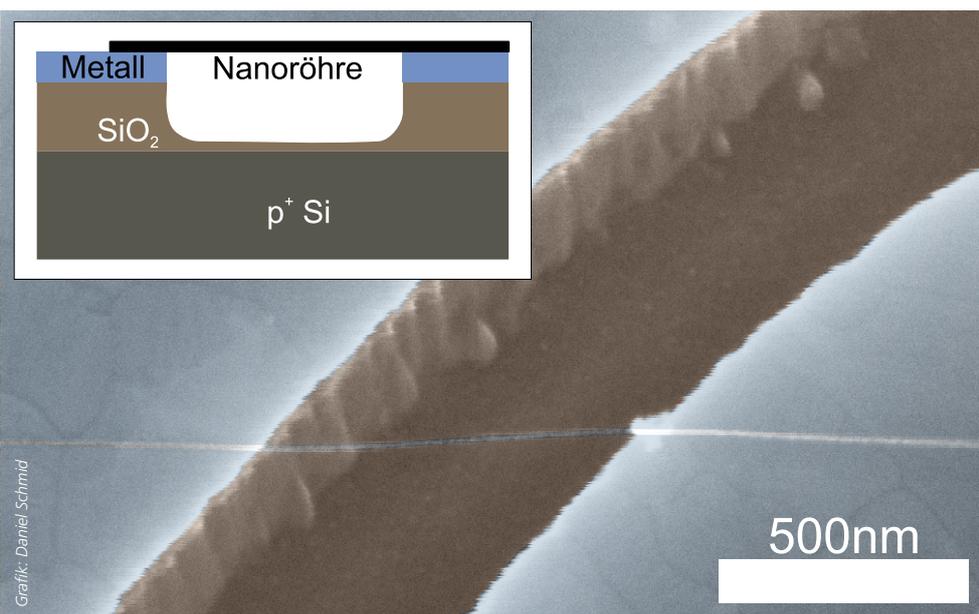


Foto: AG Hützel

Bei einem Durchmesser der Röhre von circa einem Tausendstel Mikrometer können die Elektronen in der frei hängenden Nanoröhre wie auf einer Schnur aufgereiht sein, in einem über die gesamte Länge des frei hängenden Stücks perfekten Gitters der Kohlenstoff-Atome. Wenn nun dieses System Schritt für Schritt mit einem Elektron nach dem anderen aufgeladen wird, lässt sich in elektrischen Messungen die Entwicklung des Zustandsspektrums dieses gefangenen Ladungssystems vom ersten Elektron an verfolgen, angefangen von Grund- und Anregungszuständen eines einzelnen Teilchens bis hin zu komplexen Vielteilcheneffekten.

Betrachtet man eine frei hängende Nanoröhre im Rasterelektronenmikroskop, so erinnert das Bild sofort an eine Gitarren- oder Klaviersaite, bei fehlender Spannung auch an ein Springseil. Genauso wie diese Gegenstände des täglichen Lebens kann – zusätzlich zu ihren elektronischen Eigenschaften – eine Kohlenstoff-Nanoröhre auch mechanisch schwingen. Speziell bei tiefsten Temperaturen, wie sie in den Experimenten der Regensburger Emmy Noether-Gruppe vorliegen, ist diese Schwingung mechanisch fast dämpfungsfrei. Hätte eine Klaviersaite eine ähnlich niedrige Dämpfung, dann würde man nach dem Anschlag den Ton noch mehrere Minuten lang hören! Schickt man einen elektrischen Gleichstrom durch die Nanoröhre, so kann spontane Selbstanregung auftreten; die Nanoröhre fängt an zu schwingen, ohne dass sie periodisch angetrieben wird. Dieser Effekt ist so stark, dass er bisweilen elektronische Spektroskopie-



*Filigran überspannt eine Kohlenstoff-Nanoröhre einen auf den Chip geätzten Graben. Oben links ist das grafische Modell zu sehen.*

messungen wie oben beschrieben empfindlich stört.

Aber auch die elektronischen Eigenschaften beeinflussen die Schwingung – insbesondere wenn man sich vergegenwärtigt, dass Strom durch einzelne Elektronen diskreter Ladung getragen wird. Wie unter anderem Forscher der TU Delft gezeigt haben, können die Elektronen auch aus der Nanoröhre direkt Schwingungsenergie „abtransportieren“. In Regensburg konnte nachgewiesen werden, dass bereits ein relativ kleines Magnetfeld zu Wirbelströmen und damit ebenfalls zu einer Dämpfung der Bewegung führt – sozusagen die kleinste Wirbelstrombremse der Welt!

**W**o soll dies alles hinführen? In rein elektronischen Systemen gibt es einerseits noch viele ungeklärte grundlegende Fragen. Wie wirkt sich das detaillierte Aufrollen der graphenarti-

gen Kohlenstoff-Ebene zu einer Nanoröhre auf die Elektronenzustände aus? Lässt sich aus den vorliegenden Messdaten auf den exakten Typ der Nanoröhre rückschließen? Wie interagieren die Elektronen, wenn man die Nanoröhre mehr und mehr auflädt? Andere reizvolle Fragen und Forschungsansätze ergeben sich dort, wo Kohlenstoff-Nanoröhren und magnetische oder supraleitende Materialien kombiniert werden. Dabei wird beispielsweise versucht, den Elektronenspin zu kontrollieren, also den Eigendrehimpuls der Elektronen, der für viele magnetische Effekte und Wechselwirkungen verantwortlich ist. Ein Ziel des entsprechenden Forschungsgebiets der Spintronik ist die Informationsverarbeitung auf magnetischer Basis, nicht nur mit elektrischen Ladungen wie in herkömmlichen Computersystemen.

Was schließlich mechanische Effekte betrifft, so ist der Über-

gang von der klassischen Physik zur Quantenmechanik ein sehr aktuelles Forschungsthema. Um sich ihm zu nähern, ist eine möglichst hohe Schwingungsfrequenz notwendig – kein Problem für Kohlenstoff-Nanoröhren, da gerade sie hohe Zugfestigkeit und niedrige Masse kombinieren. Zusätzlich muss auch hier eine möglichst niedrige Temperatur vorliegen, sodass keine thermischen Anregungen stattfinden. Die mechanische Schwingung eines derartigen Systems auszulesen und zu kontrollieren, ohne sie mit einem externen Signal stark anzutreiben und damit zu heizen – dies ist eine weitere Herausforderung, an der sich nun weltweit einige Arbeitsgruppen messen.



**Dr. Andreas K. Hüttel**

ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Experimentelle und Angewandte Physik der Universität Regensburg und Leiter der dortigen Emmy Noether-Arbeitsgruppe „Kohlenstoff-Nanoröhrchen als elektronische und nanoelektromechanische Hybridsysteme im Quantenlimes“.

Adresse: Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Universität Regensburg, 93040 Regensburg

DFG-Förderung im Rahmen des Emmy Noether-Programms sowie im Rahmen der Sonderforschungsbereiche SFB 631 „Festkörperbasierte Quanteninformationsverarbeitung: Physikalische Konzepte und Materialaspekte“ und SFB 689 „Spinphänomene in reduzierten Dimensionen“ sowie des Graduiertenkollegs 1570 „Elektronische Eigenschaften von Nanostrukturen auf Kohlenstoff-Basis“.

[www.physik.uni-regensburg.de/forschung/huettel/](http://www.physik.uni-regensburg.de/forschung/huettel/)





Onur Güntürkün

# Nicht vergessen ...

Im Alltag ist der Mensch ständig mit Situationen konfrontiert, in denen früher Gelerntes nicht mehr gültig ist – Psychologen sprechen vom „Extinktionslernen“. Die damit verbundenen Mechanismen auf Verhaltens-, Hirn- und Immunebene am Beispiel von Tauben und Menschen zu verstehen, fordert den Scharfsinn der Forscher heraus – und könnte langfristig auch der Therapie von Angstpatienten zugutekommen.



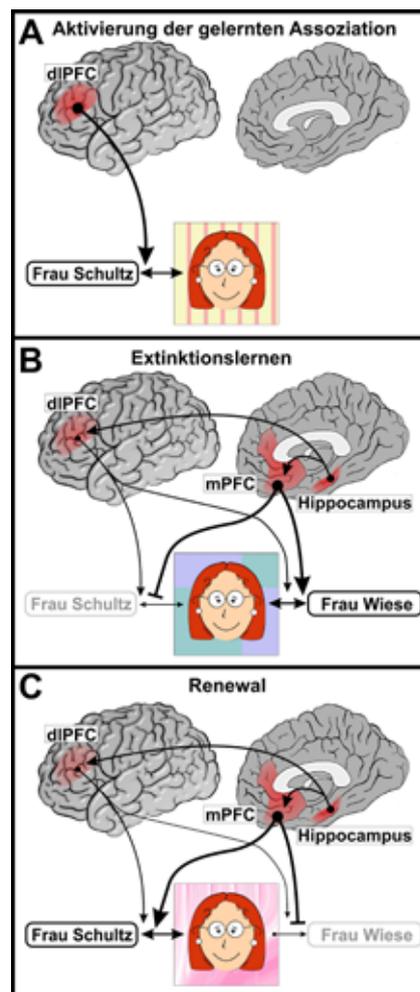
**W**ir alle kennen solche Situationen: Eine Kollegin heiratet und ändert ihren Nachnamen. Viele Wochen danach sprechen wir sie leider immer noch häufig mit ihrem alten Namen an. Das ist ein bisschen peinlich, aber irgendwann sitzt der neue Name und es passieren keine Fehler mehr. Doch Jahre später begegnen wir der Kollegin plötzlich in einer fremden Umgebung und sprechen sie wieder mit ihrem alten Namen an. Warum ist diese längst verschüttete Erinnerung jetzt wieder hochgekommen? Und warum fiel es uns so leicht, den ersten Namen der Kollegin zu lernen, aber so schwer sich ihren neuen Namen zu merken?

Diese Episode ist ein typisches Beispiel für Extinktionslernen. Dieser wenig bekannte, aber sehr wichtige Lernprozess wird in der DFG-Forschergruppe „Extinction Learning: Behavioural, Neural and Clinical Mechanisms“ auf Verhaltens-, Hirn- und Immunebene untersucht. Beim Extinktionslernen erleben wir, dass etwas früher Gelerntes nicht mehr gültig ist. In einer sich ständig verändernden Welt durchlaufen wir natürlich ununterbrochen Prozesse des Extinktionslernens.

Diese Lernform wird vor allem bei der Verhaltenstherapie von Angstpatienten angewandt, bei denen die gelernte Furchtreaktion des Patienten auf den phobischen Reiz extinguiert werden muss. Und auch hier tritt das im Beispiel geschilderte Problem auf: Ein Patient, der im Kontext einer therapeutischen Praxis seine Phobie besiegt hatte, kann zu Hause (also im alten Kontext) eine nahezu vollständige Rückkehr der Phobie erleben. Psychologen nennen diese Situation „Renewal“, da die Rückkehr in den alten Kontext häufig auch mit einer Rückkehr in die alte Angst einhergeht (Renewal = Wiederherstellung).

Um all diese Vorgänge besser zu verstehen, müssen wir zuerst die Vorgänge im Gehirn beim Erstlernen, beim Extinktionslernen und beim Renewal genauer erforschen.

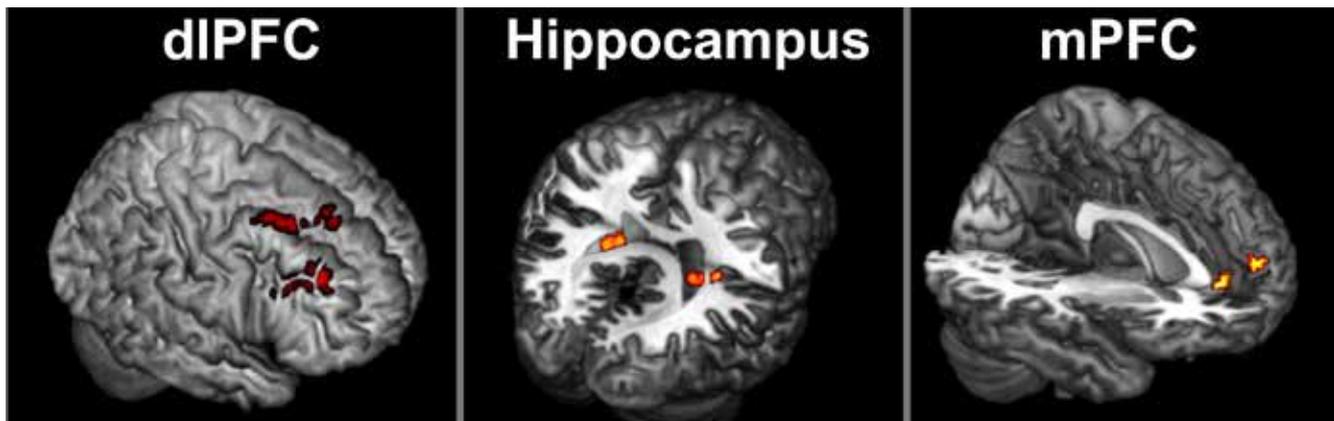
Beim Erstlernen des Namens einer Person verändern sich die Synapsen, also die Kontaktstellen zwischen Nervenzellen, in all den Hirnregionen, die etwas mit dem Aussehen und dem Namen dieser Person zu tun haben. Wenn wir uns später gezielt an diese Person erinnern wollen, aktiviert der dorsolaterale Präfrontale Cortex (dlPFC) diese spezifischen Gedächtnisspuren, sodass wir uns an das Gesicht, den Namen und an vieles mehr erinnern, das wir mit dieser Person assoziieren.



Beim Namenswechsel müssen diese Gedächtnisspuren modifiziert werden. Hierbei wird aber nicht der alte Name gelöscht, sondern nur gehemmt. Das hat drei Implikationen: Erstens ist somit Extinktionslernen ein neuer und zwar inhibitorischer Lernvorgang und kein Vergessen. Die Inhibition des alten Namens und die Reorganisation der Assoziation zwischen Person und neuem Namen wird dabei vom medialen Präfrontalen Cortex (mPFC) organisiert. Zweitens existiert der alte Name in unserem Gehirn noch weiter, auch wenn wir schon lange nicht mehr an ihn denken und eventuell sogar gar meinen, ihn vergessen zu haben. Drittens wird die Hemmung des alten Namens zusammen mit dem Kontext abgespeichert. Dieser letzte Punkt ist sehr wichtig und soll etwas genauer beleuchtet werden.

Das Lernen der Namensänderung passiert in einem bestimmten Kontext, zum Beispiel das Büro in dem wir und die Kollegin arbeiten. Beim Extinktionslernen speichert der Hippocampus also ab, dass es das gemeinsame Büro war, in dem die Namensänderung gelernt wurde.

*Schematische Darstellung der Hirnprozesse beim Lernen, dargestellt an der Seitenansicht (links) und der Medialansicht des Gehirns (rechts). (A) Der dorsolaterale Präfrontale Cortex (dlPFC) kann eine gelernte Assoziation zwischen einer Person und ihrem Namen aktivieren. (B) Beim Extinktionslernen encodiert der Hippocampus den veränderten Kontext (die Farbe des Hintergrundes hat sich verändert) und vermittelt diese Information dem PFC. Mediale Anteile des PFC (mPFC) unterdrücken die alte Assoziation und partizipieren an der Aktivierung der neuen. (C) Beim Renewal wird fälschlicherweise die alte Assoziation aktiviert, da die Person im neuen Kontext auftaucht.*



Fotos: Neurologie Bergmannsheil Uni Bochum

Während der dorsolaterale Präfrontale Cortex (dlPFC) am Erlernen und Abrufen einer Assoziation beteiligt ist, kodiert der Hippocampus den Kontext des Lernens. Teile des medialen Präfrontalen Cortex (mPFC) sind am Extinktionslernen und am Abruf der bereits extinguierten Assoziation beteiligt.

Somit ist das Extinktionslernen zusammen mit einem bestimmten Ort abgespeichert. Jetzt wird wahrscheinlich klar, warum wir in fremder Umgebung plötzlich die Kollegin mit ihrem alten Namen ansprechen: Unser Hippocampus signalisierte einen Kontext außerhalb des Büros. Dadurch entfiel die Hemmung des alten Namens durch den mPFC und die lange unterdrückte Gedächtnisspur mit dem alten Namen wurde reaktiviert. Wie die Experimente der Forschergruppe zeigen, erschwert Stress den Abruf aus dem Gedächtnis und erhöht zusätzlich die Beachtung von Kontextinformation, sodass die Fehleranfälligkeit in solchen Situationen mit Kontextänderung steigt.

**B**isher wurden das Verhalten und die relevanten Hirnareale dargestellt. Aber was passiert auf neuronaler Ebene in diesen Arealen? Um dies zu untersuchen, wurde in der Forschergruppe ein experimentelles Design entwickelt, bei dem Tauben in einer Konditionierungskammer lernen, bestimmte Bilder mit dem Bepicken einer Pickscheibe zur Linken oder zur Rechten zu assoziieren. So lernen die Tiere, dass sie auf

die linke Seitenpickscheibe picken müssen, wenn eine Palme oder ein Telefon gezeigt werden und auf die rechte, wenn sie ein Haus oder ein Baby sehen. Bei richtiger Wahl bekommt die Taube für einige Sekunden Futter, bei falscher Wahl geht dagegen das Licht in der Kammer kurz aus. Die Tauben sind somit motiviert, immer die richtige Wahl zu treffen. An einem Testtag durchläuft das Tier circa 1000 Durchgänge, und in jedem Durchgang sieht es eines der vier auf Seite 18 oben dargestellten Bilder. Die Tiere lernen rasch innerhalb eines Tages, welche Seitenpickscheibe sie bei jedem der vier Bilder wählen müssen.

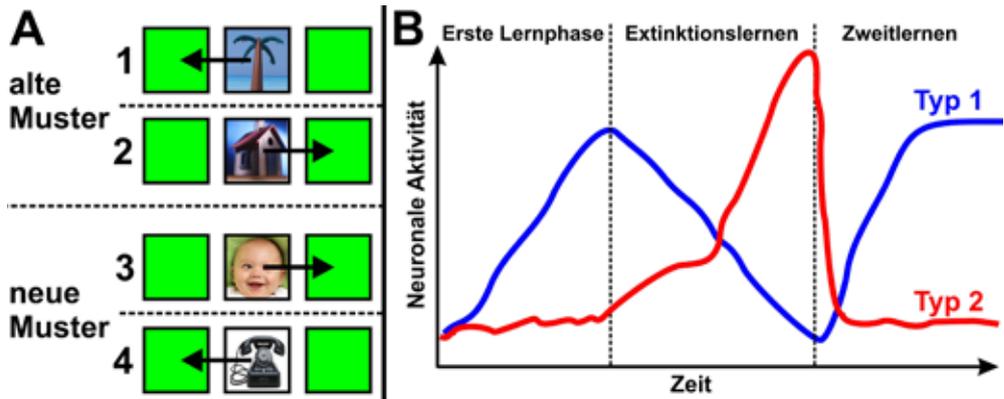
Am nächsten Testtag werden die Tauben wieder in die gleiche Testkammer gesetzt. Wieder tauchen die Palme / das Haus auf. Doch statt Baby und Telefon gibt es jetzt zwei neue Bilder, deren Links-Rechts-Zuordnung die Tiere neu lernen müssen. So geht es jeden Tag weiter. Die zwei „alten“ Muster (Palme, Haus) kennen die Tiere nach einer Weile so gut, dass sie kaum noch Fehler machen. Die Situation bei den jeweils neuen Bildern ist anders. Diese kennen die Tiere

am Morgen noch nicht und müssen durch Ausprobieren lernen, welche mit der linken beziehungsweise der rechten Pickscheibe assoziiert sind. Während des Lernens wird mit haarfeinen Elektroden die Aktivität einzelner Nervenzellen im vogeltypischen Äquivalent zum Präfrontalen Cortex und Hippocampus abgeleitet. Somit können wir Zeuge des zellulären Geschehens beim Erstlernen, Erinnern und Extinktionslernen werden.

Die Tauben durchlaufen jeden Tag drei aufeinanderfolgende Phasen – die erste Lernphase: Die Tiere wählen für die alten Bilder (Palme, Haus) die ihnen bekannten Seiten-



Grafik: Oliver Wrobel



Grafik: Lehrstuhl Biopsychologie Uni Bochum

(A) Experimentelles Design eines Extinktionsexperiments mit Tauben, bei dem die Tiere lernen, dass der mittlere Reiz mit einem der beiden Seitenreize assoziiert werden muss (Pfeile zeigen auf die richtige Seite). Es gibt zwei alte Reize, die den Tieren seit Wochen bekannt sind, und zwei neue Reize, die jeweils jeden Tag neu gelernt werden. Einer von diesen neuen Reizen wird nach dem Erstlernen extinguiert und danach ein zweites Mal gelernt. (B) Schematische Darstellung der Aktivität von zwei Zelltypen eines „präfrontalen“ Hirnareals bei Tauben während der drei Phasen des Experiments.

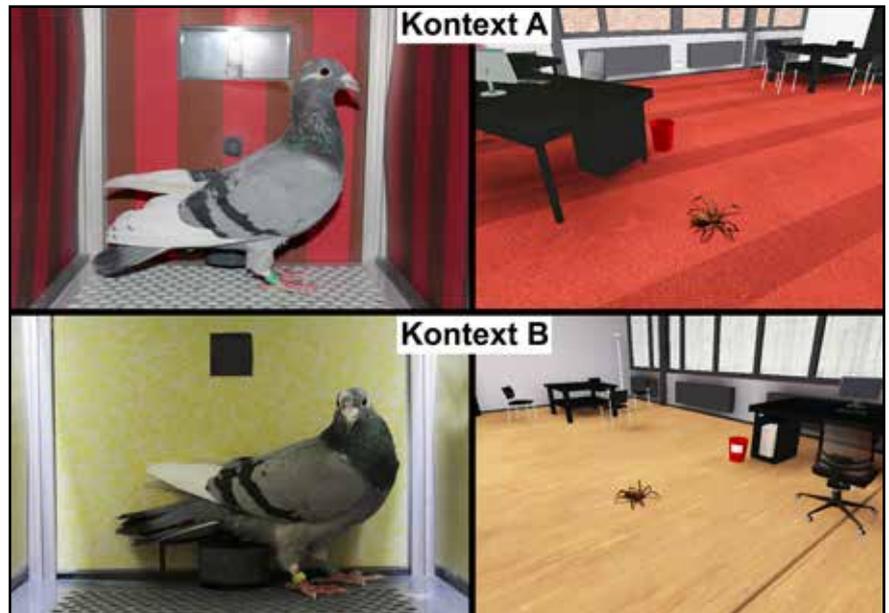
pickscheibe und lernen neu, mit welcher Seite die neuen Bilder assoziiert sind. Wenn alle vier Bilder richtig beantwortet werden, beginnt die zweite Phase – das Extinktionslernen: Reaktionen auf eines der beiden neuen Bilder werden weder belohnt noch bestraft, egal welche Seitenscheibe das Tier wählt. Für die drei anderen Muster ändert sich nichts. Für eines

der neuen Muster startet jetzt also ein Extinktionslernen. Nun geht es drittens um Zweitlernen: Nach Abschluss des Extinktionslernens für das eine Bild wird das Tier wieder bei allen vier Bildern für das Wählen der richtigen Seitenpickscheibe belohnt. Auch bei dem Bild, das gerade erfolgreich extinguiert wurde, bekommt die Taube wieder Futter, wenn sie richtig wählt.

Die Ableitungen einzelner Nervenzellen des Präfrontalcortexes zeigen die Vielfalt der neuronalen Prozesse während des Lernens. Hier sollen nur zwei Neuronentypen beschrieben werden, die uns einiges über die Grundlagen des Extinktionslernens erzählen. Typ 1 zeigt eine langsame Aktivitätssteigerung während des Erstlernens, einen Abfall auf fast das Ausgangsniveau bei der Extinktion und einen zweiten Anstieg beim Zweitlernen. Diese Zellen kodieren auch die Assoziation zwischen Muster und Seite. Das Interessante ist, dass ein und dieselbe Zelle sowohl beim Erst- als auch beim Zweitlernen aktiv ist. Somit ist das Zweitlernen kein Vorgang, bei dem neue Neuronen rekrutiert werden. Vielmehr behalten während des Extinktionslernens die Zellen ihre gelernten Assoziationen. Sie vergessen also tatsächlich nicht, werden aber wahrscheinlich gehemmt.

Typ 2 ist eine Zelle, die nur während des Extinktionslernens reagiert. Somit löst die unerwartete Verletzung einer Belohnungserwartung die Aktivität dieses Neurons

Untersuchung der Wirkung des Kontextes beim Extinktionslernen mit Tauben (links) und mit Menschen (rechts). Die Tauben lernen im Kontext A, für Futterbelohnung auf einen farbigen Schalter zu picken. Versuchspersonen mit milder Spinnenangst lernen im Kontext A, dass das Auftauchen von Spinnen einen schwachen elektrischen Schlag nach sich zieht. Im Kontext B werden sowohl Tauben als auch Versuchspersonen extinguiert (Picken auf farbigen Schalter wird nicht mehr belohnt; Spinnen ziehen keinen elektrischen Schlag nach sich). Zurück im Kontext A, kehrt bei Tauben und Menschen das im Kontext B gelöschte Verhalten wieder zurück. Die Tauben beginnen sofort wieder auf den Farbreiz zu picken und Personen fürchten sich erneut vor Spinnen.



Fotos: Lehrstuhl Biopsychologie Uni Bochum

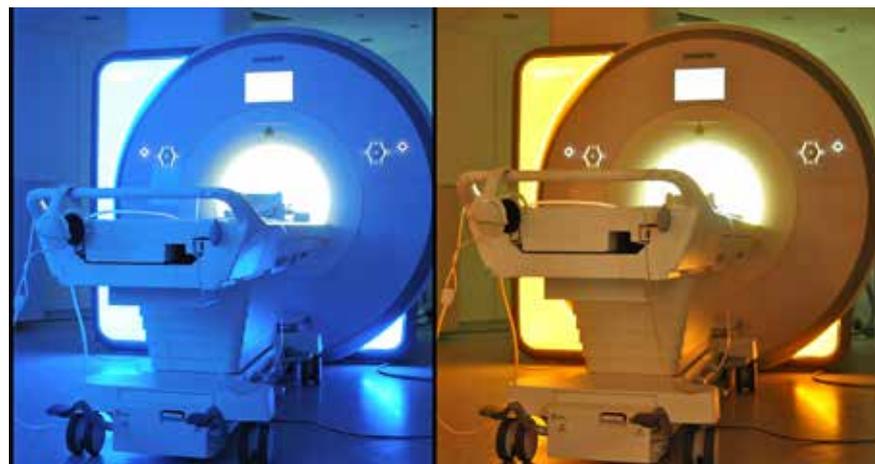
aus. Es ist möglich, dass Typ 2 aktiv am Aufbau der gelernten Inhibition beteiligt ist, mit der das frühere Wissen unterdrückt wird.

Extinktionslernen beinhaltet immer auch das Mit-Lernen des Kontextes. Das ist sehr sinnvoll, da ein einmal erworbenes Wissen (etwa „Die S-Bahn zu meiner Arbeit fährt um 7:43h ab.“) häufig kontextabhängig modifiziert werden muss („Im Sommerfahrplan fährt diese Bahn erst um 7:58h.“). Durch die Integration des Kontextes in das gelernte Wissen sind wir in der Lage, situationsabhängig der einen oder der anderen Regel zu folgen.

Doch die Fähigkeit zum kontextabhängigen Extinktionslernen bringt für die Psychotherapie auch ein enormes Problem mit sich: Das Extinguieren von krankhaften Ängsten findet ja immer in einem bestimmten Kontext statt, zum Beispiel einer psychotherapeutischen Praxis. Trotz aller Erfolge in dieser Praxis kann der Patient dann in seinem Alltag erneut den gleichen Ängsten ausgesetzt sein, weil diese ja nie vergessen, sondern nur kontextabhängig gehemmt wur-



Foto: Lehrstuhl Klinische Psychologie Umi Bochum



Fotos: Lehrstuhl Medizinische Psychologie, Umi Duisburg-Essen

*Die Veränderung der Raumfarbe während eines Experiments mit bildgebenden Verfahren ändert den Kontext, in dem gelernt wird, und kann alte Handlungsmuster wachrufen, die im alten Kontext gelernt worden waren.*

den. Dieses Problem wird dadurch vergrößert, dass Angstpatienten den kritischen Kontext stark beachten aber gleichzeitig Probleme mit dem Lernen von Extinktion haben. Genau diese ungünstigen Eigenschaften tragen wahrscheinlich dazu bei, dass sich aus normalen Ängsten pathologische Phobien entwickeln können.

Untersuchungen der Forschergruppe an Tauben und Menschen zeigen, wie dramatisch der Kontext während des Extinktionslernens die Rückfallquote in die alten Handlungsmuster bestimmt. Um dies genauer zu analysieren, wurden in einigen Untersuchungen mit bildgebenden Verfahren der ganze Raum in die eine oder die andere Farbe getaucht, um Kontextveränderungen zu erzeugen. Diese Studien belegen, dass der Grad der Aktivität des Hippocampus während des Ex-

*Phobien, zum Beispiel die vor Spinnen, lassen sich psychotherapeutisch durch Extinktionslernen gut behandeln. Aber die Rückkehr in den Kontext des eigenen Zuhauses kann manchmal einen Rückfall in die alten Ängste nach sich ziehen.*

tinktionslernens mit dem Ausmaß des Rückfalls in die ursprünglichen Handlungsmuster korreliert. All diese Untersuchungen zeigen uns zunehmend, wie das Extinktionslernen funktioniert. Um längerfristig Angstpatienten zu helfen, ihre Furcht in allen Lebenslagen zu besiegen, brauchen wir einen solchen umfassenden Forschungsansatz, der die Mechanismen des Extinktionslernens von der Zelle bis zum Patienten untersucht.



**Prof. Dr. Dr. h.c. Onur Güntürkün**

ist Professor für Biopsychologie an der Ruhr-Universität Bochum und Träger des Gottfried Wilhelm Leibniz-Preises 2013 und Träger des Communicator-Preises 2014.

Adresse: Biopsychologie, Institut für Kognitive Neurowissenschaft, Fakultät für Psychologie, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum

DFG-Unterstützung in der Einzelförderung.

[www.bio.psy.ruhr-uni-bochum.de](http://www.bio.psy.ruhr-uni-bochum.de)



Bjoern Richerzhagen, Boris Koldehofe und Ralf Steinmetz

# Von immenser Dynamik

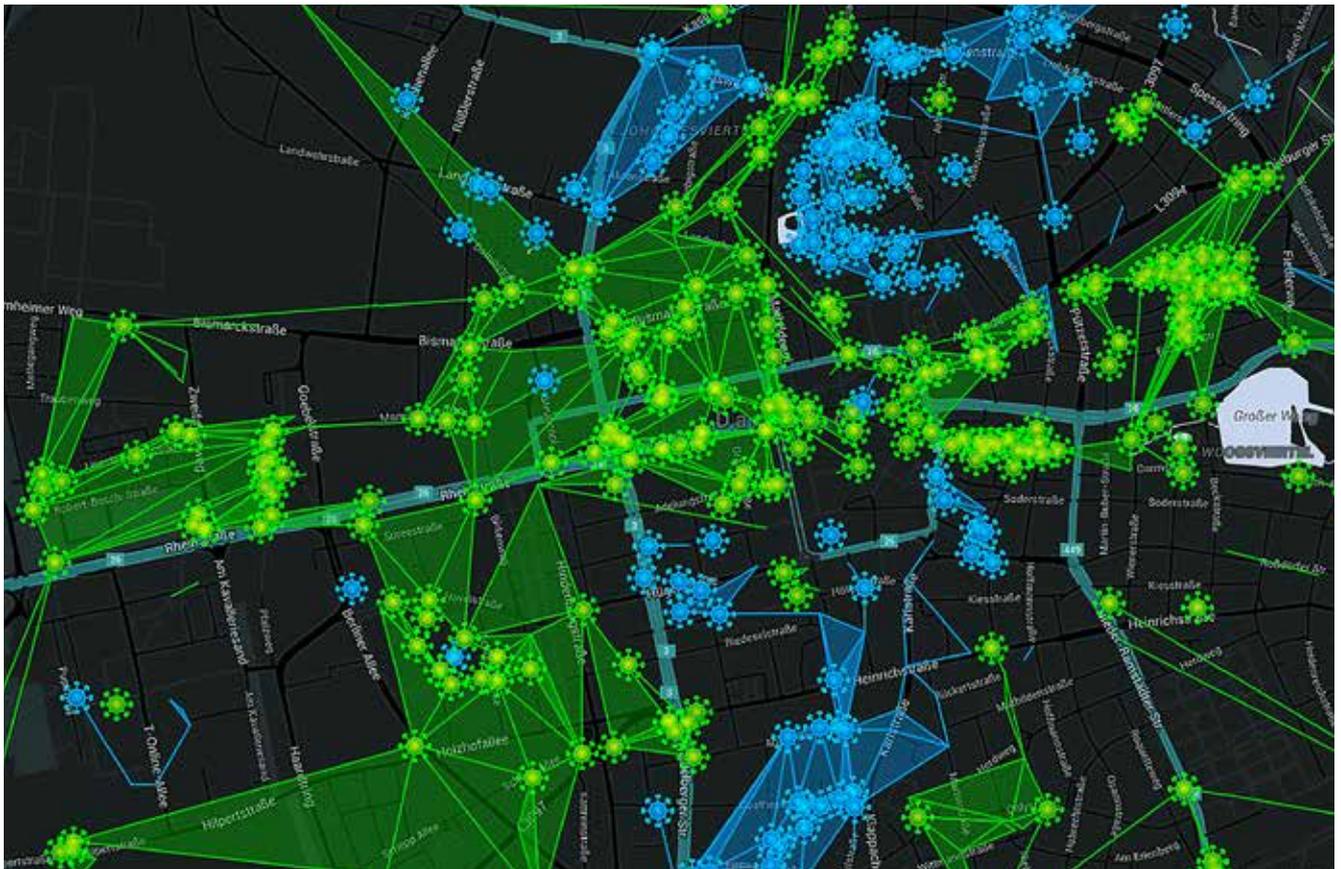
„Augmented Reality“: Wenn virtuelle Spielwelt und echte Welt direkt ineinander übergehen, sind die Kommunikationsnetze schnell überlastet. Doch was die größte Herausforderung für das Internet der Zukunft ist, bietet Forschern auch Ansätze zu ihrer Lösung.

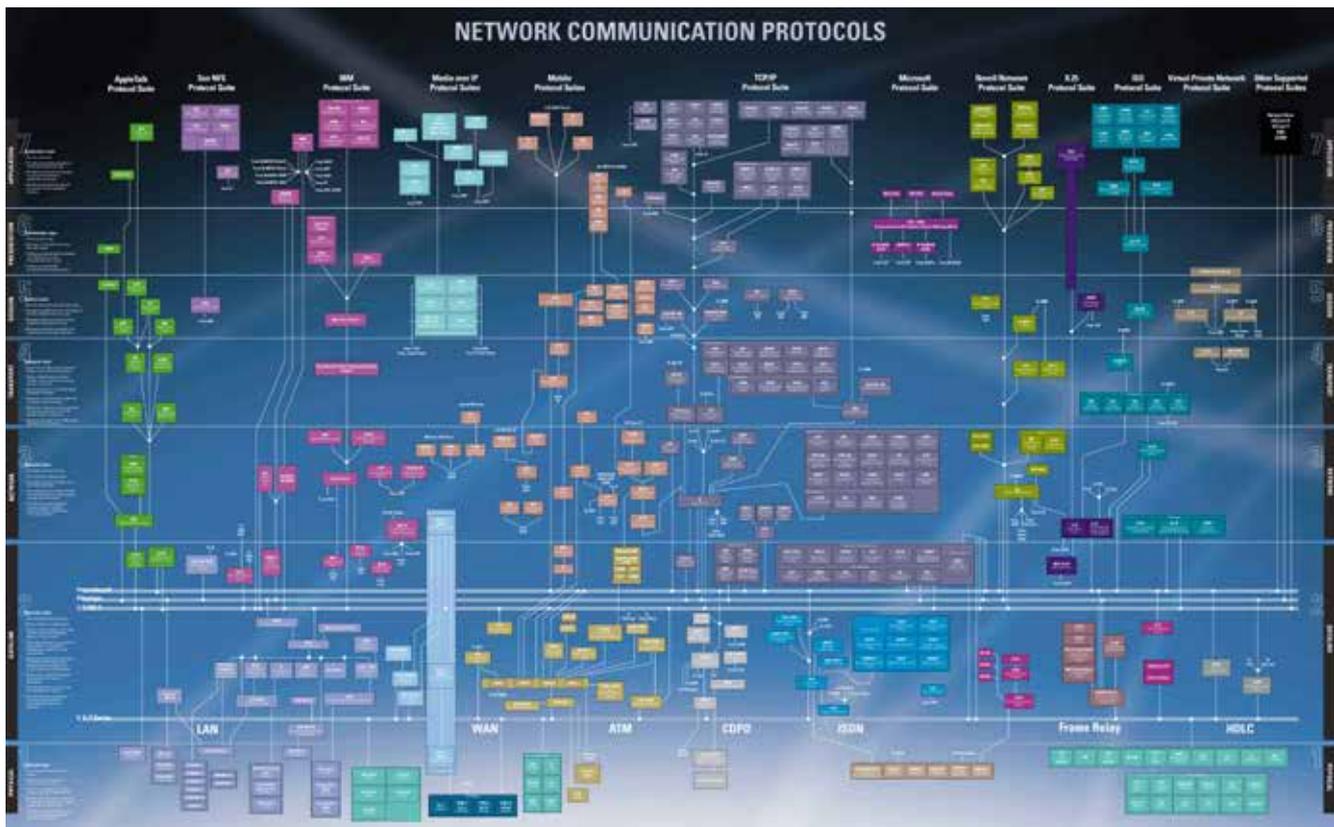
Sie ziehen in den frühen Morgenstunden durch die Städte und treffen sich in kleinen Gruppen an scheinbar zufälligen Orten. Schweigend starren sie auf ihre Smartphones, bis die Hände der Menschen wie durch ein geheimes Signal plötzlich in Bewegung geraten, zu tippen beginnen. Was passiert da gerade?, fragt der Außenstehende. Von „hacken“, von „Erleuchteten“ und „Portalen“ sprechen Eingeweihte. Eine Szene

wie aus einer fremden Spielfilm-Welt. Sie ist real und virtuell zugleich – und erwacht nur über das Smartphone und dessen Display zum Leben.

Die Rede ist von Spielern, die sich ausgestattet mit Smartphone und Tablet auf Plätzen und Straßen verabreden, um miteinander im Netz zu spielen. Das Alternate Reality Game „Ingress“ begeistert derzeit Webaffine in aller Welt. Erst 2012 hat Google das mobil-interaktive Spiel auf den

Markt gebracht – und damit den Nerv vieler Spieler getroffen. Dabei ist das Spielprinzip einfach: Spieler gehören zu einer von zwei möglichen Fraktionen und versuchen, für ihre Fraktion Gebiete zu erobern, indem sie mit bestimmten Orten im Spiel, sogenannten Portalen, interagieren. Spannend und unvorhersehbar wird das Spiel durch die Integration von Elementen aus der sogenannten „Augmented Reality“, der „erweiterten Realität“.





<http://gallery.penetrat.eu/varalbums/Technology/Information/Network%20Communication%20Protocols.gif?m=1296422099>

Die virtuelle Spielwelt ist direkt mit der echten Welt verknüpft. Plätze oder Gebäude der realen Welt werden in „Ingress“ zu Portalen, die es zu erobern gilt. Spieler beider Fraktionen tragen zum Beispiel virtuelle Kämpfe um das Brandenburger Tor oder den Eiffelturm aus. Dafür verabreden sie sich mit Mitspielern an strategisch wichtigen Orten. So steigt die Hoffnung, ganze „Regionen“ für die eigene Fraktion zu erobern. Die Fraktion, die am Ende die meisten Regionen besetzt hat, hat natürlich gewonnen. „Ingress“ ist ein Beispiel für eine neue Generation mobiler

*Links: Screenshot zum Alternate Reality Game „Ingress“, das zwei Fraktionen miteinander konkurrieren lässt. Oben: Eine bunte Vielfalt kennzeichnet die im Internet vorhandenen Kommunikationsprotokolle.*

Anwendungen, bei denen die nahtlose lokale Kommunikation mobiler Endgeräte im Fokus steht. Interagiert wird mit Menschen in der Umgebung und mit der Umgebung selbst. Die besondere Herausforderung für die technische Kommunikation solcher Anwendungen liegt in deren immenser Dynamik. Wenn sich viele Spieler „spontan“ an einem Ort versammeln oder wenn weltumspannende Aktionen (im Ingress-Jargon „Anomalien“ genannt) stattfinden, werden sowohl die zelluläre Infrastruktur als auch die Server des Dienstbieters stark belastet. Ereignisse im Spiel müssen dann an eine deutlich höhere Zahl von Geräten verteilt werden, da entsprechend viele Spieler die Aktion betrifft.

Dabei ist ein großer Teil der kommunizierten Information nur in der unmittelbaren Nähe der Spieler

wichtig. Deren Umweg über Server und Mobilfunkzellen ist also eigentlich überflüssig. Die Spieler schicken ihre Daten über die Infrastruktur des Mobilfunkbetreibers in das Rechenzentrum des Dienstbieters, und über den gleichen, langwierigen Weg kommt auch die Antwort des Dienstbieters zurück. Dieses zentralisierte Kommunikationsprinzip erzeugt unnötige Latenz bei Anbietern und Anwendern. Auch die Qualität und Stabilität der Datenübertragung ist in zentralisierten Netzen anfälliger, etwa weil die Spieler mit dem Smartphone in der Hand unterwegs sind und Signalstärke und Übertragungsgeschwindigkeit je nach Ort variieren.

Der DFG-Sonderforschungsbe- reich „Multi-Mechanismen-Adaption für das künftige Internet“ (MAKI) rückt die hohe Dynamik in Kommunikationssystemen in den Mittel-



punkt seines Forschungsinteresses. Angesichts der wachsenden Zahl und Bedeutung von mobilen Endgeräten liegt die Relevanz auf der Hand. Informationswissenschaftlich gesprochen: Um mit stark schwankenden Anforderungen und Umgebungsbedingungen umzugehen, müssen die Kommunikationssysteme selbst wesentlich dynamischer werden. Die beteiligten Forscherinnen und Forscher sind überzeugt, dass die jahrzehntelang gewachsenen Webstrukturen ein völliges Neudesign des Internets verhindern werden. Darin unterscheidet sich die Herangehensweise des Sonderforschungsbereichs von bisherigen Forschungsansätzen, die von einem kompletten Neudesign für das „Internet der Zukunft“ ausgingen.

Um den Anforderungen heutiger und künftiger Anwendungen Rechnung tragen zu können, sollen – so die Prämisse der MAKI-Forscher – bestehende Mechanismen sinnvoll im laufenden Betrieb ausgetauscht werden. Durch den gezielten Wechsel zwischen Mechanismen, sogenannten Transitionen, kann das Kommunikationssystem damit auf neue Anforderungen reagieren. So kann bei „Ingress“ eine solche Transition beispielsweise die direkte Kommunikation der Teilnehmer über Bluetooth oder Wi-Fi

ad hoc bedeuten. Im Ergebnis werden Ressourcen eingespart und die tragende Infrastruktur entlastet.

Ein veranschaulichendes Beispiel: Im Teilprojekt „Informationszentrische Sicht“ werden die Auswirkungen von Lokalität der Informationen und des Interesses am Beispiel von Publish/Subscribe-Systemen untersucht. Publish/Subscribe ist ein mächtiges Kommunikationsparadigma, das die effiziente Vermittlung von Informationen unterstützt. Hierzu werden Anbieter und Konsumenten entkoppelt; sie müssen also den Ursprung beziehungsweise die Konsumenten

einer Information nicht kennen. Die Verteilung der Information wird zu meist von einer Broker-Infrastruktur übernommen. Bei mobilen und interaktiven Anwendungen wie „Ingress“ ergeben sich aber völlig neue Optimierungspotenziale, wenn Transitionen zu direkter Kommunikation der Teilnehmer untereinander ermöglicht werden.

Am Beispiel von „Ingress“ funktioniert das so: Spieler finden aus allen Teilen der Stadt zueinander, indem sie klassisch über den Mobilfunk Daten austauschen. Sobald die Spieler aber zueinander gefunden haben oder sich physisch in „Funk-

*Oben: Modellierung adaptiver Kommunikationssysteme. Unten: Augenfällige Präsentation bei der Einweihung des Forschungsprojekts MAKI an der TU Darmstadt.*



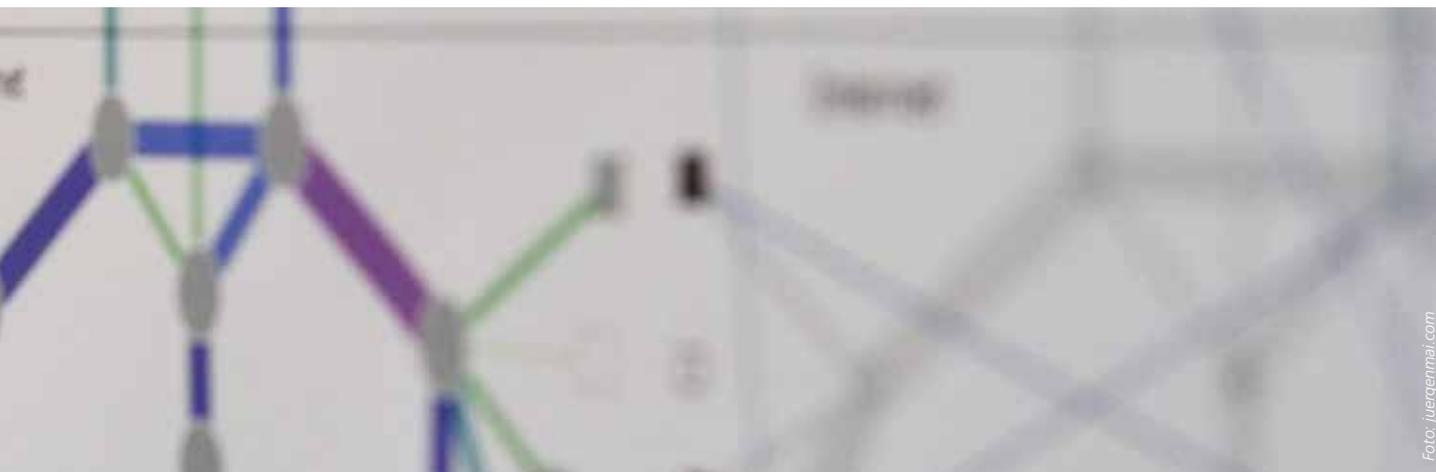


Foto: juergenmai.com

reichweite“ befinden, wird für die lokale Datenübermittlung nahtlos von Mobilfunk auf Bluetooth oder WLAN gewechselt. So wird nicht nur die zentrale Infrastruktur entlastet, sondern auch die Qualität der Übertragung verbessert.

Technologien wie Bluetooth oder Wi-Fi ad hoc haben unterschiedliche Vor- und Nachteile, mit Blick auf Energiebedarf, Reichweite und Datendurchsatz. Mithilfe der in MAKI entwickelten Transitionsmethodik soll abhängig von Anwendung und Umgebung zwischen diesen Verfahren umgeschaltet werden. Um das jeweils aktive Übertragungsverfahren nutzen zu können, muss das Publish/Subscribe-Protokoll auf den Wechsel reagieren.

**Z**iel von MAKI ist es, Adaption und Transition von Kommunikationssystemen als grundlegende Prinzipien im Internet der Zukunft zu etablieren. Damit verbindet sich die Vision, das „Internet der Zukunft“ in die Lage zu versetzen, flexibel auf Veränderungen zu reagieren und den je effektivsten Übertragungsweg eigenständig zu wählen. Dafür sollen die theoretischen und methodischen Grundlagen erforscht und entwickelt werden. Dabei stellen sich insbesondere in der Koordination und Planung von Transitionen spannende

Fragen: Wie dezentral kann und muss die Planung einer Transition sein? Wie sehen Abhängigkeiten verschiedener Mechanismen untereinander aus? Inwiefern können Zustände aktuell laufender Mechanismen genutzt werden, um die Transition weicher zu gestalten? Zur Beantwortung dieser Fragen wird auch der MAKI-Demonstrator genutzt. Dieser zeigt die Auswirkungen von Transitionen anhand mehrerer Anwendungen. Derzeit wird, neben dem vorgestellten Augmented-Reality-Spiel, auch Live-Videostreaming zu mobilen Geräten betrachtet. Die Anwendungen unterscheiden sich signifikant: So sind Datenraten im Videostreaming-Szenario deutlich höher; darüber hinaus werden Informationen von einer zentralen Quelle an alle Geräte verteilt, wohingegen im Falle des Augmented-Reality-Spiels die Informationen von jedem Teilnehmer erzeugt werden.

Die Forscher sind sich sicher, dass die Dynamik im Netz sowohl die zentrale Herausforderung als auch die Lösung für das Internet der Zukunft bietet: Die Kommunikationssysteme der Zukunft müssen ebenso dynamisch sein wie die Anwendungen, die diese Systeme nutzen. Nur so kann langfristig ein verlässliches Internet Realität werden. Da das Internet und digitale Welten unsere

Gesellschaft in allen Bereichen immer stärker durchdringen, ist diese Verlässlichkeit kein Luxus, sondern unverzichtbar, auch und gerade für den Alltag. Niemand kann sich anfällige, überlastete oder zu langsame Netze leisten – in der vernetzten Welt von morgen schon gar nicht.



#### **Bjoern Richerzhagen**

ist Mitarbeiter des Sonderforschungsbereichs „Multi-Mechanismen-Adaption für das künftige Internet“.

#### **Dr. Boris Koldehofe**

ist dessen Geschäftsführer und

#### **Prof. Dr.-Ing. Ralf Steinmetz**

Sprecher des SFB.

Adresse: TU Darmstadt, SFB 1053, Rundeturmstraße 10, 64283 Darmstadt

DFG-Förderung im SFB 1053.

[www.maki.tu-darmstadt.de/sfb\\_maki/index.de.jsp](http://www.maki.tu-darmstadt.de/sfb_maki/index.de.jsp)



Martin Visbeck und Bettina Schmalzbauer



Foto: Digital Vision

## Gesucht: Wissensbasierte Antworten

Zur Lösung der drängenden globalen Umweltfragen setzt „Future Earth“ auf internationale Zusammenarbeit, interdisziplinäre Forschungsk Kooperationen und vernetzte Grundlagenforschung – Leitgedanken eines neuen Forschungsprogramms

**G**lobales Wachstum der Bevölkerung und zunehmender Wohlstand führen zu einem eindeutig dokumentierten globalen Wandel. Zum Beispiel sind die Klimaveränderungen, zunehmende Ressourcenknappheit, die Ernährungssicherung und der Verlust der Biodiversität weltumspannende Probleme. Um auch für zukünftige Generationen eine ertragreiche Mensch-Umwelt-Beziehung zu sichern, wird nach wissenschaftlichen Lösungen gesucht, die eine global nachhaltig wirtschaftende Gesellschaft und ein gesundes und erfülltes Leben mit neun Milliarden Menschen auf der Erde ermöglichen würden.

„Future Earth“ ist ein neues Forschungsprogramm internationaler Dachorganisationen, das sich mit diesen großen und drängenden globalen Umweltfragen befasst, die nur durch internationale Zusammenarbeit gelöst werden können. „Future Earth“ schafft globales und regionales Wis-

sen durch verstärkte internationale Zusammenarbeit, interdisziplinäre Forschungsk Kooperationen und besser vernetzte Grundlagenforschung. „Future Earth“ bietet darüber hinaus eine Plattform, die internationale Kooperationen erleichtert und die internationale Sichtbarkeit von Forschungsergebnissen und Handlungsoptionen fördert.

► *„Innovation durch Integration“* der Wissenschaftsdisziplinen heißt die neue Strategie in der globalen Nachhaltigkeitsforschung, für die „Future Earth“ steht. Im Vordergrund steht, die Wissensbasis zu schaffen, aus denen nachhaltige, also ökologisch, ökonomisch und sozial verträgliche Entwicklungsszenarien abgeleitet werden können. Bei der Zusammenführung unterschiedlicher Wissensquellen ist der Diskurs zwischen Akteuren (aus Politik, Wirtschaft, Gesellschaft) und Wissenschaftlern vieler Disziplinen von besonderer Bedeutung. Gemein-

sam sollen Forschungsprioritäten erarbeitet werden, die es ermöglichen, unterschiedliche Entwicklungspfade aufzuzeigen.

► *Grundlagenforschung bildet ein essentielles Element in „Future Earth“*. Die interdisziplinäre Grundlagenforschung füllt wichtige Wissenslücken in „Future Earth“. Dass Grundlagenforschung eine wichtige Rolle bei der Bearbeitung von gesellschaftsrelevanten Problemen spielt, zeigt die Forschung zum Klimawandel. In den letzten 20 Jahren wurden viele Erkenntnisse auf kleiner und großer Skala über physikalische und chemische Prozesse und Zusammenhänge (z. B. Treibhausgase, Wolkenbildung) unterschiedlichster Systeme (z. B. Land, Ozeane, Kryosphäre) gesammelt. Die Studien zeigten eindeutig: Der Klimawandel ist anthropogen verursacht. Daraus folgt: Die Grundlagenforschung der Natur- und Sozialwissenschaften legt als Ausgangspunkt für Prognosen und

Abschätzungen eine notwendige Basis. Grundlagenforschung ist demnach in „Future Earth“ unverzichtbar.

► **Globale Problemlagen benötigen internationale Kooperationen, auch in der Grundlagenforschung.** Klima- und Umweltprobleme machen nicht an Länder- oder Kontinentengrenzen halt. Erfolgreiche, lösungsorientierte Forschung muss daher Kooperationen eingehen, um Wissen über nationale Grenzen hinweg arbeitsteilig zu generieren und frei auszutauschen. In der „Earth System Science Partnership“ der globalen Umweltprogramme wurde dazu der integrative, disziplinübergreifende Leitgedanke in der Umweltforschung diskutiert und weiterentwickelt. Folglich: Die reale Welt wächst immer stärker zusammen, mit „Future Earth“ bildet sich dies auch in der Umweltforschung ab.

► **Der deutsche Beitrag zu „Future Earth“:** Das Deutsche Komitee für Nachhaltigkeitsforschung in „Future Earth“ (siehe Info-Kasten rechts) hat es sich zur Aufgabe gemacht, die Forschungsprioritäten im Kontext von „Future Earth“ zu identifizieren. Die wissenschaftliche Community wurde aufgerufen, Themenvorschläge einzureichen. Diese wurden beim „German Future Earth Summit 2014“ diskutiert und werden momentan im Dialog weiterentwickelt. Das Komitee unterstützt hierbei integrative Forschungsinteressen und agiert als Ansprechpartner und Koordinator für mögliche neue Aktivitäten. Um Themen und Forschungsfragen zu erarbeiten, wird das DKN in „Future Earth“ die Selbstorganisation der deutschen Community weiterhin aktiv unterstützen.

► **Zum Schluss:** „Future Earth“ wird nicht alle Fragen beantworten können. Es bietet allerdings die Chance eines kooperativen international arbeitsteiligen Lösungsansatzes für hochkomplexe Probleme. Forschung



Foto: Schueller

## Im Dienst der Nachhaltigkeit

**A**ls nationale Kontaktstelle für das internationale Forschungsprogramm „Future Earth“ wurde 2013 das Deutsche Komitee für Nachhaltigkeitsforschung in „Future Earth“ (DKN in „Future Earth“) ins Leben gerufen – als DFG-Gremium. Es soll natur- und gesellschaftswissenschaftliche Forschungsergebnisse und Perspektiven für mehr globale Nachhaltigkeit zusammenführen, bündeln und sichtbar machen. „Future Earth“ wird im Jahr 2014/2015 die internationalen globalen Umweltprogramme (DIVERSITAS, IGBP, IHDP) und deren Verbund ESSP ablösen und enge Beziehungen zum Weltklimaforschungsprogramm WCRP etablieren.

Vor diesem Hintergrund warben beim „Climate Summit 2014“ der Vereinten Nationen im September 2014 in

New York DKN-Sprecher Professor Martin Visbeck, Klima- und Ozeanforscher am GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung in Kiel, und DFG-Generalsekretärin Dorothee Dzwonnek (oben links im Gespräch mit Bundesumweltministerin Barbara Hendricks) für eine stärkere Berücksichtigung wissenschaftlicher Expertise bei politischen Entscheidungen zu Fragen der Nachhaltigkeit.

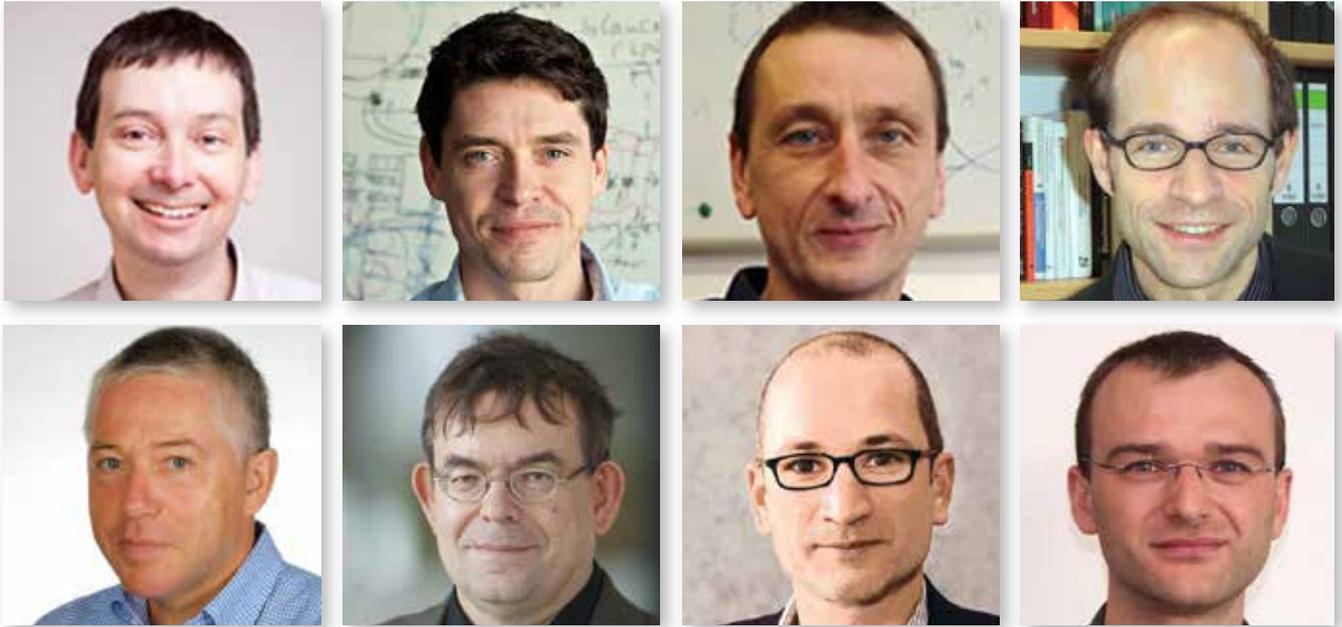
Voraussichtlich im April 2015 wird eine internationale Konferenz am Sitz der UN in New York, ausgerichtet von der DFG und der United Nations University (UNU), sich mit den wissenschaftlichen Möglichkeiten, Methoden und Instrumenten befassen, die aus Sicht von Wissenschaft und Forschung helfen, Nachhaltigkeit zu messen und zu optimieren. **RU**

in „Future Earth“ beschäftigt sich insbesondere mit dem Menschen-Umwelt-Komplex und wird neues Wissen generieren und helfen, neue mögliche Entwicklungspfade zu erarbeiten. Es fördert den Dialog zwischen Gesellschaft und Wissenschaft. Die integrative Forschung stellt Einzelne, aber auch das Wissenschaftssystem vor neue Herausforderungen und Weiterentwicklungsoptionen. Alle Wissen-

schaftlerinnen und Wissenschaftler sind eingeladen, „Future Earth“ zu nutzen. Die nächste Gelegenheit zur Vernetzung auf nationaler Ebene findet im Januar 2016 statt.

**Prof. Dr. Martin Visbeck** ist Vorsitzender und **Dr. Bettina Schmalzbauer** Wissenschaftliche Sekretärin des Deutschen Komitees für Nachhaltigkeitsforschung in „Future Earth“.

[www.dkn-future-earth.org/](http://www.dkn-future-earth.org/)



Fotos: Websites der Preisträger

## Leibniz-Preise 2015

Acht Wissenschaftler erhalten wichtigsten Förderpreis und je 2,5 Millionen Euro Preisgeld / Verleihung am 3. März / Appell für mehr Vorschläge herausragender Wissenschaftlerinnen

Die neuen Träger des wichtigsten Forschungsförderpreises in Deutschland stehen fest: Der Hauptausschuss der DFG erkannte am 10. Dezember in Bonn acht Wissenschaftlern den Leibniz-Preis 2015 zu. Von ihnen kommen jeweils drei aus den Naturwissenschaften und den Geistes- und Sozialwissenschaften und zwei aus den Lebenswissenschaften. Alle acht erhalten je ein Preisgeld von 2,5 Millionen Euro.

Den „Förderpreis im Gottfried Wilhelm Leibniz-Programm der DFG“ für das Jahr 2015 erhalten (siehe Fotos von links oben nach rechts unten):

- **Prof. Dr. Henry N. Chapman** (47), Biologische Physik/Röntgenphysik, Deutsches Elektronen-Synchrotron (DESY), Hamburg, und Universität Hamburg, der in seinen Arbeiten wegweisende Methodenentwick-

lungen und grundlegende wissenschaftliche Fragen verbunden hat;

- **Prof. Dr. Hendrik Dietz** (36), Biochemie/Biophysik, Technische Universität München, einer der weltweit führenden Wissenschaftler in der DNA-Nanotechnologie;
- **Prof. Dr. Stefan Grimme** (51), Theoretische Chemie, Universität Bonn, dessen Arbeiten in idealer Weise Theorie und Anwendung interdisziplinär verbinden;
- **Prof. Dr. Christian Hertweck** (45), Biologische Chemie, Leibniz-Institut für Naturstoff-Forschung und Infektionsbiologie – Hans-Knöll-Institut (HKI), Jena, und Universität Jena, der wesentliche Impulse für das bessere Verständnis und die Gewinnung von Naturstoffen gegeben hat;
- **Prof. Dr. Friedrich Lenger** (57), Neuere/Neueste Geschichte, Uni-

versität Gießen, einer der vielseitigsten deutschen Sozialhistoriker mit hohem internationalem Ansehen;

- **Prof. Dr. Hartmut Leppin** (51), Alte Geschichte, Universität Frankfurt/Main, einer der weltweit führenden Experten für die Spätantike und das antike Christentum;
- **Prof. Dr. Steffen Martus** (46), Neuere deutsche Literatur, Humboldt-Universität zu Berlin, der sich als richtungsweisender Vertreter seines Faches höchstes Ansehen erworben hat;
- **Prof. Dr. Tobias Moser** (46), Auditorische Sensorik/Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, Universität Göttingen, der erheblich zum besseren Verständnis der Grundlagen des Hörens beigetragen hat.

Die acht Preisträger waren zuvor vom zuständigen Auswahlausschuss

aus 136 Nominierungsvorschlägen ausgewählt worden. Die diesjährige Auswahlrunde war dabei dadurch gekennzeichnet, dass für die bis zu zehn möglichen Preise nur acht Kandidaten und überdies keine Wissenschaftlerinnen nominiert wurden.

Beides ist aus Sicht der DFG eine „Momentaufnahme“, wie Präsident Professor Dr. Peter Strohschneider vor der Entscheidung über die neuen Preisträger im Hauptausschuss betonte. Auf der Grundlage der eingereichten Nominierungsvorschläge und der daraufhin erfolgten internationalen Begutachtungen hätten in diesem Jahr nur die acht Preisträger

die „allerhöchsten Qualitätsansprüche“ für den Leibniz-Preis erfüllt. Dies habe nach intensiven Diskussionen dazu geführt, dass erstmals die Zahl der möglichen Preise nicht ausgeschöpft wurde.

Dass unter den nun Ausgezeichneten keine Wissenschaftlerin sei, betrachte allen voran die DFG selbst als „bedauerlich und unbefriedigend“, sagte Strohschneider und verwies darauf, dass etwa noch im vergangenen Jahr vier Wissenschaftlerinnen den Leibniz-Preis erhalten hatten. Um zu noch mehr Nominierungen herausragender Wissenschaftlerinnen zu kommen, will die DFG schon bei der

kommenden Preisrunde bei der Einreichung mehrerer Vorschläge durch eine Universität oder Wissenschaftsorganisation nur solche annehmen, die in gleicher Anzahl Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen benennen.

Verliehen werden die Leibniz-Preise 2015 am 3. März 2015 in Berlin. Die Preisverleihung ist im kommenden Jahr Teil einer Reihe von Veranstaltungen, mit denen die DFG 2015 das 30-jährige Bestehen des „Gottfried Wilhelm Leibniz-Programms der DFG“ feiern will, in dessen Rahmen der Leibniz-Preis alljährlich verliehen wird (siehe auch Heftrücken).



Foto: dpa

**Von Leibniz zu Nobel:** Es war derselbe 10. Dezember, an dem in Bonn die neuen Leibniz-Preisträger bekannt gegeben wurden, als in Stockholm Stefan W. Hell die weltweit bedeutendste Auszeichnung für einen Wissenschaftler entgegennehmen konnte: den Nobelpreis. Der Wissenschaftler vom Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie in Göttingen wurde im Fach Chemie zusammen mit seinen US-Kollegen Eric Betzig und William E. Moerner für die „Entwicklung der hochauflösenden Fluoreszenz-Mikroskopie“ ausgezeichnet. Die Nachricht vom Nobelpreis für Stefan Hell erreichte die DFG Mitte Oktober passenderweise auf der Tagung der Sprecherinnen und Sprecher der Exzellenzeinrichtungen – Hell ist einer der Sprecher eines DFG-Forschungszentrums, das in der Exzellenzinitiative als Exzellenzcluster gefördert wird – in Bad Honnef. DFG-Präsident Strohschneider bezeichnete in seiner Gratulation die Aus-

zeichnung für Hell als „großartige Bestätigung dafür, wie die Organisationen für die Förderung der universitären und außeruniversitären Spitzenforschung gemeinsam ein fruchtbares System schaffen, in dem solche hervorragenden erkenntnisgeleiteten Forschungen gedeihen können“. Für dieselbe bahnbrechende Entwicklung, die ihm nun den Nobelpreis eintrug, hatte Hell 2008 auch bereits den Leibniz-Preis der DFG erhalten (Foto unten bei der Preisverleihung mit dem damaligen DFG-Präsidenten Matthias Kleiner). Damit ist er der bereits siebte Träger des Leibniz-Preises, der danach auch den Nobelpreis erhielt – nach Hartmut Michel (Chemie, 1988), Erwin Neher und Bert Sakmann (beide Medizin, 1991), Christiane Nüsslein-Volhard (Medizin, 1995), Theodor Hänsch (Physik, 2005) sowie Gerhard Ertl (Chemie, 2007).



Foto: DFG/Querbach

## Vielfältige Impulse

Sprechertreffen der Exzellenzeinrichtungen: Positive Zwischenbilanz und dringender Aufruf zur Fortsetzung



Foto: DFG/Gueith

Die kalendarische Nähe war Zufall, beide Termine waren unabhängig voneinander geplant – und doch fügte es sich gut, dass das dritte und bisher größte Treffen der Sprecherinnen und Sprecher der in der Exzellenzinitiative geförderten Einrichtungen Anfang Oktober stattfand, drei Wochen, bevor die Wissenschaftsministerinnen und -minister von Bund und Ländern in der Gemeinsamen Wissenschafts-

konferenz (GWK) über die Fortsetzung und Weiterentwicklung eben der Exzellenzinitiative berieten.

Das von DFG und Wissenschaftsrat (WR) veranstaltete dreitägige Treffen in Bad Honnef gab der Politik denn auch vielfältige Erfahrungen und Wünsche aus der Wissenschaft mit auf den Weg in ihre Beratungen. Untereinander, mit DFG und WR und im direkten Austausch mit der Politik (unser Bild von der Abschlussdis-

kussion mit Vertretern des BMBF, der Länder und des Bundestages) zogen die Sprecherinnen und Sprecher von mehr als 100 Exzellenzeinrichtungen eine überaus positive Zwischenbilanz des seit 2006 laufenden Programms und speziell der 2012 begonnenen zweiten Förderphase. Fazit: Die Exzellenzinitiative hat vielfältige Impulse in das deutsche Wissenschaftssystem gegeben und die deutschen Universitäten als Orte der Spitzenforschung und Ausgangspunkte für Innovationen auch international deutlich sichtbarer und attraktiver gemacht.

Unter der Leitfrage „Exzellenzinitiative – und dann?“ wurden zudem die Rahmenbedingungen und Perspektiven diskutiert, die den Wettbewerb zur Stärkung der universitären Spitzenforschung in Deutschland nachhaltig machen.

Am Ende stand, flankiert von einer Petition der geförderten Einrichtungen, der dringende Appell zur Fortsetzung der Exzellenzinitiative nach 2017 – auf den sich Bund und Länder Ende Oktober in der GWK dann im Grundsatz einigten.

[www.dfg.de/pm/2014\\_42/](http://www.dfg.de/pm/2014_42/)

**Die Weiterentwicklung des Förderportfolios der DFG und der Exzellenzinitiative standen Mitte November im Mittelpunkt einer Klausurtagung des DFG-Senats auf dem Petersberg bei Bonn. Gemeinsam mit Vorstand, Präsidium und Mitgliedern weiterer Gremien diskutierten die Senatorinnen und Senatoren die Überlegungen, wie sich das Förderportfolio systematischer und zugleich flexibler anlegen lässt. Auch die Ausgestaltung der Förderlinien Graduiertenschulen und Exzellenzcluster in einer weiterentwickelten Exzellenzinitiative waren Thema intensiver Debatten. Darüber hinaus ging es um die Rolle und das Selbstverständnis des Senats als dem wichtigsten wissenschafts-politischen Gremium der DFG.**



Foto: DFG/Bastong

## Allianz I

Appell zum Urheberrecht an die Bundesregierung

Die Regierungsparteien haben in ihrem Koalitionsvertrag die Schaffung einer Allgemeinen Bildungs- und Wissenschaftsschranke im Urheberrecht zugesagt. Damit sollen die Belange von Wissenschaft und Forschung und die Ansprüche von Urhebern angemessen geregelt werden. Die Allianz appelliert an die Bundesregierung, über die nun auf den Weg gebrachte Entfristung von Paragraph 52a Urheberrechtsgesetz hinaus, zeitnah einen Gesetzesentwurf für eine Allgemeine Bildungs- und Wissenschaftsschranke vorzulegen. Konkrete Vorschläge dafür liegen vor.

[www.dfg.de/dfg\\_profil/allianz/berichte/2014/141201\\_allianz\\_bildungs\\_wissenschaftsschranke/index.html](http://www.dfg.de/dfg_profil/allianz/berichte/2014/141201_allianz_bildungs_wissenschaftsschranke/index.html)

## Allianz II

Kritik an Investitionsoffensive der EU-Kommission

Die Allianz der Wissenschaftsorganisationen hat die Pläne der EU-Kommission zur Finanzierung ihrer neuen Investitionsoffensive kritisiert. In einer Stellungnahme wendet sich die Allianz gegen die Absicht, dafür auch das Budget von Horizon 2020 heranzuziehen. Damit wären unter anderem die Mittel des Europäischen Forschungsrates (ERC) und das Marie Curie-Programm für junge Forschende betroffen. Die Allianz fordert daher, das Horizon 2020-Budget unangetastet zu lassen.

[www.dfg.de/dfg\\_profil/allianz/erklarungen/index.jsp](http://www.dfg.de/dfg_profil/allianz/erklarungen/index.jsp)

## Daten zur Chancengleichheit

DFG veröffentlicht weiterentwickeltes Monitoring

Der neue Bericht mit dem Titel „Chancengleichheits-Monitoring 2013. Antragsstellung und -erfolg von Wissenschaftlerinnen bei der DFG“ fußt dieses Jahr auf verbreiteter Datengrundlage. Als Neuerung werden auch mehrjährige Entwicklungen beobachtet und sowohl die DFG-Programme als auch die Fächer noch differenzierter ausgewertet. Weitere Daten aus DFG-Erhebungen und vom Statistischen Bundesamt erlauben eine Be-



trachtung der Frauenanteile auf verschiedenen Karrierestufen und im (Wissenschafts-)Systemvergleich. Insgesamt bestätigen sich alte Befunde: Die Anteile des weiblichen wissenschaftlichen Personals wie auch weiblicher Antragstellender in DFG-Programmen liegen in den

meisten Fachrichtungen deutlich unter denen der männlichen. Besonders in jüngeren Alterskohorten nehmen Zahl und Anteil der Wissenschaftlerinnen allerdings zu. Für Wissenschaftlerinnen und für Wissenschaftler sinkt die Erfolgswahrscheinlichkeit bei der Antragstellung auf zuletzt circa 1:3. Ein Fünftel aller DFG-Anträge werden von Wissenschaftlerinnen gestellt. Der Anteil der bewilligten unter den beantragten Pro-

jekten, die sogenannte Förderquote, lag allerdings 2013 fast 4 Prozentpunkte unter der Förderquote der Antragsteller – ein Ergebnis, das die DFG mit Sorge betrachtet.

[www.dfg.de/foerderung/grundlagen\\_rahmenbedingungen/chancengleichheit/chancengleichheits\\_monitoring/index.jsp](http://www.dfg.de/foerderung/grundlagen_rahmenbedingungen/chancengleichheit/chancengleichheits_monitoring/index.jsp)

## Internationales Forschungsmarketing

Drei Universitäten für strategische Konzepte ausgezeichnet

Die DFG hat erstmals im Rahmen eines Wettbewerbs Ideen zum internationalen Forschungsmarketing ausgezeichnet. Drei Universitäten erhalten zur Umsetzung ihrer Forschungsmarketingkonzepte ein Preisgeld von je 75 000 Euro: die Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU), die Ru-

precht-Karls-Universität Heidelberg und die Eberhard Karls Universität Tübingen. Die Preise werden aus Sondermitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung finanziert. Der Wettbewerb ist Teil des Verbundprojekts „Internationales Forschungsmarketing“.

[www.dfg.de/pm/2014\\_51/](http://www.dfg.de/pm/2014_51/)

## Neu eingerichtet

Von der Erforschung von Mehrphasenströmungen in Wandnähe über Schwächediskurse und Ressourcenregime bis zum regenerativen Potenzial nach akutem Trauma reicht das Spektrum der **acht neu bewilligten Sonderforschungsbereiche**.

[www.dfg.de/pm/2014\\_47/](http://www.dfg.de/pm/2014_47/)

Zur weiteren Stärkung des wissenschaftlichen Nachwuchses richtet die DFG **14 neue Graduiertenkollegs** ein. Die Einrichtungen werden zunächst viereinhalb Jahre lang gefördert und erhalten in dieser Zeit insgesamt etwa 60 Millionen Euro.

[www.dfg.de/pm/2014\\_45/](http://www.dfg.de/pm/2014_45/)

Die DFG hat **14 neue Forschergruppen** und **vier Kolleg-Forschergruppen** bewilligt. In der ersten Förderperiode erhalten diese insgesamt 39,5 Millionen Euro. Im Ganzen fördert die DFG damit 186 Forschergruppen und 11 Kolleg-Forschergruppen.

[www.dfg.de/pm/2014\\_40](http://www.dfg.de/pm/2014_40) und [/2014\\_50/](http://www.dfg.de/pm/2014_50/)

## von Kaven-Preis

Pavel Gurevich ausgezeichnet

Mit dem von Kaven-Ehrenpreis 2014 der DFG ist PD Pavel Gurevich, Ph.D., geehrt worden. Der Mathematiker untersucht an der FU Berlin nichtlineare Partielle Differentialgleichungen und forscht

dabei insbesondere zu Hysterese-Phänomenen und Musterbildungsprozessen. Der mit 10000 Euro dotierte Preis wurde am 19. November 2014 im Rahmen der öffentlichen Gauß-Vorlesung der Deutschen Mathematiker-Vereinigung (DMV) in Karlsruhe zum neunten Mal verliehen.



Foto: [www.mi.fu-berlin.de](http://www.mi.fu-berlin.de)

## Gestalterin mit Herz und Verstand

DFG-Abteilungsleiterin Beate Konze-Thomas verabschiedet

Nach fast 35-jährigem Wirken in der DFG und für die Forschungsförderung ist Dr. Beate Konze-Thomas, Abteilungsleiterin Programm- und Infrastrukturförderung, zum 31. Dezember in den Ruhestand getreten. Die Biologin kam nach Studium und Postdoc-Aufenthalt in den USA 1980 als Fachreferentin für Medizin zur DFG; bereits im Folgejahr übernahm sie die Leitung des über lange Zeit größten Fachreferats, bevor sie 2000 an die Spitze der Sonderforschungsbereichs(SFB)-Gruppe trat. Seit 2004 war Konze-Thomas für die Abteilung III in der DFG-Geschäftsstelle verantwortlich.

Konze-Thomas habe über viele Jahre mit hoher Fachkompetenz,

ideenreich und mit der ihr eigenen Umsicht und Professionalität wegweisend inner- und außerhalb der DFG gewirkt, unterstrichen DFG-Generalsekretärin Dorothee Dzwonnek und Präsident Professor Peter Strohschneider bei ihrer Verabschiedung.



Foto: DFG/Grote

Die Exzellenzinitiative von Bund und Ländern und die Ausgestaltung der Wettbewerbsrunden mit „höchsten wissenschaftsgeleiteten Standards“ seien das „Meisterstück auf ihrem Karriereweg“ gewesen, betonte Dzwonnek. Konze-Thomas sei ein Vorbild an Initiativ- und Durchsetzungskraft in der DFG-Geschäftsstelle gewesen und zu einer „wichtigen Gestalterin“ im deutschen Wissenschaftssystem geworden. **RU**

## Fundort Göbekli Tepe

Symposium im Deutsch-Türkischen Wissenschaftsjahr / DFG-Präsident würdigt Wert der internationalen Zusammenarbeit

Der Göbekli Tepe ist eine außergewöhnliche frühneolithische Fundstätte, die von deutschen und türkischen Archäologen ergraben wird; seit 2009 auch im Rahmen eines Langfristvorhabens der DFG. Im „Deutsch-Türkischen Jahr der Forschung, Bildung und Innovation 2014“ war Ende September der Besuch am Göbekli Tepe der Höhepunkt des internationalen Symposiums „Bridging Continents Earliest Neolithic Communities Across Anatolia“ im osttürkischen Şanlıurfa. Ziel der Konferenz war, die archäologischen Forschungen am Göbekli Tepe im geografischen und kulturhis-

torischen Kontext zu diskutieren und damit auch seinen Entdecker Klaus Schmidt mit einem internationalen Symposium zu würdigen. Zur Eröffnung der Tagung zeigte sich DFG-Präsident Peter Strohschneider fasziniert von der Komplexität der Forschungsfragen: „Schon auf der Ebene ihrer Gegenstände überschreitet die Archäologie die Grenzen heutiger Nationalstaaten. Und es ist beeindruckend zu sehen, wie sie Forschende unterschiedlicher disziplinärer und auch kultureller Herkunft in der Feldforschung wie im theoretischen Diskurs zusammenführt.“

## Denkanstöße zur digitalen Gesellschaft

Experten und Laien diskutieren

Im Rahmen der Talkreihe „Follow me“ luden DFG und Deutsches Museum Bonn am 20. November 2014 zu einer weiteren Talkrunde in das Forum der Bonner Bundeskunsthalle. „Intelligente Dinge – Helfer oder Herrscher“ war das Thema der dritten und letzten Veranstaltung im Wissenschaftsjahr 2014 „Die digitale Gesellschaft“. ARD-Moderator Johannes Büchs konnte auch dieses Mal fast 500 Gäste begrüßen, die



einer lebhaften Diskussion auf dem Podium folgten und sich auch mit eigenen Beiträgen einbrachten. Auf dem Podium waren der Freiburger Informatiker und Robotiker Wolfgang Burgard, die Informatikerin und Sprecherin des Chaos Computer Club Berlin Constanze Kurz, der Philosoph und Wissenschaftstheoretiker Klaus Mainzer von der TU München und der Kunsthistoriker und Intendant der Bundeskunsthalle Rein Wolfs. Im Gespräch wurde deutlich, dass digitale Technologien längst viele Lebensbereiche unseres Lebens durchdringen: sei es das Navigationsgerät im Auto, das lernende Hörgerät im Ohr oder Google Streetview auf dem Display. Diese Technologien können aber auch das individuelle Selbstverständnis verändern. So stellen sich fundamentale Fragen neu, wie zum Beispiel: Wo endet mein Ich und wo beginnt die Technik? Was ist natürlich, was ist künstlich, was ist echt, was unecht? Zu solchen Fragen trug die Veranstaltung verschiedene Sichtweisen zusammen und gab Denkanstöße.

[www.dfg.de/follow\\_me/](http://www.dfg.de/follow_me/)



Foto: DFG / Unterstell

Im „Forum junger Forscher“ der WISSENSWERTE, Konferenz für Wissenschaftsjournalismus, konnten Ende November 2014 auch Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler ihre Arbeitsthemen in einem eher informellen Rahmen vorstellen. Auf Einladung der DFG stand dabei die Emmy Noether-Nachwuchsgruppenleiterin Gesine Marquardt (unser Bild ganz r.) Rede und Antwort zum Thema „Architektur für Selbstständigkeit im Alter“. Die 11. WISSENSWERTE, erstmals in Magdeburg ausgerichtet, bot fast 400 Journalisten und Kommunikatoren ein vielseitiges Programm mit Vorträgen, Podiumsdiskussionen, Werkstattgesprächen und Exkursionen, die sich sowohl mit übergreifenden Medienentwicklungen als auch handwerklich-professionellen Herausforderungen beschäftigten.



Foto: DFG / Lannert

**Abschluss der DFG-Ausstellung „Von der Idee zur Erkenntnis“ in Bonn:** Nach drei Jahren Wanderschaft und 15 Stationen verabschiedet sich die Ausstellung mit einer Präsentation im Zoologischen Forschungsmuseum Alexander Koenig. Bei der Eröffnung der noch bis zum 22. Februar 2015 zu sehenden Schau betonte DFG-Generalsekretärin Dorothee Dzwonnek, hier beim Rundgang mit dem Bonner Oberbürgermeister Jürgen Nimptsch (l.), Festredner Randolph Menzel (M.) und dem stellvertretenden Direktor des Museums Alexander König, Bernhard Misof (r.): „Mit dieser Ausstellung will die DFG auch zeigen, dass Grundlagenforschung nicht unbedingt nur graue Theorie ist, sondern dass sie Beiträge zur Lösung aktueller Fragen liefert, die unser Leben und unseren Alltag berühren.“ Damit rief Dzwonnek ein zentrales Anliegen der Wanderausstellung in Erinnerung, die bislang über 30 000 Besucherinnen und Besucher anzog.

## Die Deutsche Forschungsgemeinschaft

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) ist die größte Forschungsförderorganisation und die zentrale Selbstverwaltungsorganisation der Wissenschaft in Deutschland. Nach ihrer Satzung hat sie den Auftrag, „die Wissenschaft in allen ihren Zweigen zu fördern“.

Mit einem jährlichen Etat von inzwischen rund 2,7 Milliarden Euro finanziert und koordiniert die DFG in ihren zahlreichen Programmen rund 30000 Forschungsvorhaben einzelner Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie von Forschungsverbänden an Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen. Dabei liegt der Schwerpunkt in allen Wissenschaftsbereichen in der Grundlagenforschung.

Alle Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler an Hochschulen und Forschungseinrichtungen in Deutschland können bei der DFG Anträge auf Förderung stellen. Die Anträge werden nach den Kriterien der wissenschaftlichen Qualität und Originalität von Gutachterinnen und Gutachtern bewertet und den Fachkollegien vorgelegt, die für vier Jahre von den Forscherinnen und Forschern in Deutschland gewählt werden.

Die besondere Aufmerksamkeit der DFG gilt der Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses, der Gleichstellung in der Wissenschaft sowie den wissenschaftlichen Beziehungen zum Ausland. Zudem finanziert und initiiert sie Maßnahmen zum Ausbau des wissenschaftlichen Bibliothekswesens, von Rechenzentren und zum Einsatz von Großgeräten in der Forschung. Eine weitere zentrale Aufgabe ist die Beratung von Parlamenten und Behörden in wissenschaftlichen Fragen. Zusammen mit dem Wissenschaftsrat führt die DFG auch die Exzellenzinitiative des Bundes und der Länder zur Stärkung der universitären Spitzenforschung durch.

Zu den derzeit 95 Mitgliedern der DFG zählen vor allem Universitäten, außeruniversitäre Forschungsorganisationen wie die Max-Planck-Gesellschaft, die Leibniz-Gemeinschaft und die Fraunhofer-Gesellschaft, Einrichtungen der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren sowie wissenschaftliche Akademien. Ihre Mittel erhält die DFG zum größten Teil von Bund und Ländern, hinzu kommt eine Zuwendung des Stifterverbandes für die Deutsche Wissenschaft.

Weitere Informationen im Internet unter [www.dfg.de](http://www.dfg.de)

## Impressum

Herausgegeben von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG); „forschung“ erscheint vierteljährlich beim WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Postfach 10 11 61, 69541 Weinheim; Jahresbezugpreise siehe Wiley Online Library; [http://ordering.onlinelibrary.wiley.com/subs.asp?ref=1522-2357&doi=10.1002/\(ISSN\)1522-2357](http://ordering.onlinelibrary.wiley.com/subs.asp?ref=1522-2357&doi=10.1002/(ISSN)1522-2357)

Redaktionsanschrift: DFG, Bereich Presse- und Öffentlichkeitsarbeit, Kennedyallee 40, 53175 Bonn, Tel. +49 228 885-1, Fax +49 228 885-2180, E-Mail: [redaktionforschung@dfg.de](mailto:redaktionforschung@dfg.de); Internet: [www.dfg.de](http://www.dfg.de)

Redaktion: Marco Finetti (fine; Chefredakteur, v.i.S.d.P.); Dr. Rembert Unterstell (RU; Chef vom Dienst)  
Lektorat: Stephanie Henseler, Angela Kügler-Seifert  
Grundlayout: Tim Wübben/DFG; besscom, Berlin; Produktionslayout: Olaf Herling, Tim Wübben  
Redaktionsassistenten: Mingo Jarree

Druck: Bonner Universitäts-Buchdruckerei (BUB); gedruckt auf Inapa Oxygen silk, gestrichenes Recycling-Papier mit halbmatter Oberfläche aus 100% Altpapier, FSC Recycled.

ISSN 0172-1518

