



Ideenschmiede in Rot

Das Frankfurt Institute for Advanced Studies (FIAS)

Der Frankfurter Elfenbeinturm ist knallrot. Dieser Gedanke könnte einem unbedarften Besucher jedenfalls auf den ersten Blick kommen: Die Farbe des Gebäudes, das die Wissenschaftler des „Frankfurt Institute of Advanced Studies“ (FIAS) beherbergt, leuchtet dem Besucher auf dem Riedberg-Campus von weitem entgegen. Und der Forschungszweck des FIAS sind schließlich die theoretischen Naturwissenschaften: Physiker, Biologen, Chemiker, Informatiker und Neurowissenschaftler widmen sich – über Disziplingrenzen hinweg – Fragen nach der Strukturbildung und Selbstorganisation komplexer Systeme. Der Gedanke an einen Elfenbeinturm liegt da nicht fern. Aber nur so lange, bis man mal genauer hinschaut und sich fragt, was in dem knallroten Gebäude in der Ruth-Moufang-Straße so alles bedacht und erforscht, herausgefunden und mitgeteilt wird.

Der Name „FIAS“ legt nahe, dass es für das Institut auf dem Riedberg-Campus ein berühmtes amerikanisches Vorbild gibt: das „Institute of Advanced Study“ (IAS) in Princeton, New Jersey, an dem immerhin so namhafte Wissenschaftler wie Albert Einstein und Robert Oppenheimer tätig waren. „Hessisch Princeton“ – sind das nicht ziemlich große Schuhe? Walter Greiner (75), Professor für Theoretische Kernphysik und zusammen mit dem Hirnforscher Wolf Singer (67) Gründungsdirektor des FIAS, antwortet auf diese Frage ohne Zögern: „Die Schuhe ziehe ich mir gerne an.“ Er erinnert sich an das Jahr 2003: Der damalige Präsident der Goethe-Universität, Prof. Rudolf Steinberg, entwickelte die Idee, ein solches Institut in Frankfurt zu gründen.

Steinberg erzählte Greiner und Singer von seiner Idee, und Greiner stimmte spontan zu. Ihn begeisterte vor allem die interdisziplinäre Ausrichtung des FIAS: „Für mich endet die Wissenschaft nicht in einem speziellen Problem der Biologie, Physik oder Chemie. Die Fragen ‚Was ist Leben? Wie entsteht und funktioniert es?‘ haben fundamentalen Charakter. Um sie zu beantworten, müssen Wissenschaftler interdisziplinär zusammenarbeiten. Da reicht es nicht, wenn sie nebeneinander arbeiten, ihr gelerntes wissenschaftliches Handwerk weitertreiben und bloß verwaltungsmäßig zusammengefasst sind.“ Und auch Singer stimmt zu: „Mir ging es zunächst vor allem um die Etablierung einer Professur für Theoretische Neurobiologie. An meiner eigenen Arbeit merkte ich, dass die Wissenschaft einen Entwicklungsstand erreicht hatte, der es notwendig und erfolgversprechend erscheinen ließ, die Fülle experimenteller Daten auch theoretisch zu durchdringen. Eine institutionelle Plattform zu gründen, auf der Theoretiker zusammengeführt werden, um an verschiedenen Modellen von komplexen Systemen zu forschen, belebten wie unbelebten, erschien als ideale Lösung, den dringenden Bedarf an disziplinübergreifender Forschung zu befriedigen.“

Wie sein amerikanisches Namensvorbild widmet sich das FIAS also der Grundlagen-

forschung, ohne eigene Spezial-Labors oder aufwendig ausgestattete Experimentiereinrichtungen zu besitzen. Allerdings gibt es auch grundlegende Unterschiede. Walter Greiner nennt den wichtigsten: „Hinter dem IAS in Princeton stand von Beginn an eine riesige amerikanische Stiftung, die das Institut bis heute finanziert. Wir sind dagegen auf ‚soft money‘ angewiesen, also auf Zuschüsse, die wir immer wieder einwerben müssen.“ So ist das FIAS als gemeinnützige Stiftung in Form einer „Public Private Partnership“ organisiert, die die Goethe-Universität mit privaten Stiftern und Sponsoren eingegangen ist. Das knallrote Gebäude wurde von der Stiftung Giersch errichtet, die auch noch die Eigentümerin ist. Sie hat das Gebäude an das FIAS vermietet. Das Institut wiederum erhält vom Land Hessen einen Zuschuss, der die Mietkosten abdeckt. Die Personalkosten hingegen werden durch Zuwendungen privater und institutioneller Förderer getragen, zum Beispiel das LOEWE-Programm des Landes Hessen (die Landes-Offensive zur Entwicklung Wissenschaftlich-ökonomischer Exzellenz), die Volkswagen- und die Hertie-Stiftung.

Und durch die Johanna-Quandt-Stiftung. Sie hat die Professur gestiftet, die das FIAS-Vorstandsmitglied Jochen Triesch (41) seit 2007 innehat, nachdem er im Jahr 2005 aus San Diego, Kalifornien, ans FIAS gekommen war; er zählt – auch wenn sein Alter das nicht unbedingt nahe legt – zum Kreis der Senior Fellows. „Theoretische Lebenswissenschaften“ heißt seine Arbeitsgruppe, doch die Fragen, mit denen sie sich beschäftigt, sind alles andere als theoretisch und trocken: Wie verarbeitet das Gehirn Informationen? Wie lernt es? Wie lassen sich Erkenntnisse über die Funktionsweise des Gehirns für technische Systeme nutzen? Hierzu untersuchen Triesch und seine



Mitarbeiter neuronale Netzwerkmodelle, das heißt vereinfachte mathematische Modelle des Gehirns, sie entwickeln neue Methoden des maschinellen Lernens und ergänzen ihre Forschung durch Experimente zu Wahrnehmung und Lernen. Sei es, dass sie die Aufmerksamkeit und das Kurzzeitgedächtnis von Versuchspersonen untersuchen, die die Aufgabe bekommen, Bauklötze zu sortieren: Bemerkten sie es, wenn sich die Farbe oder sonst eine Eigenschaft der Bauklötze verändert? Sei es, dass sie den Roboterkopf „iCub“ mit seinen „Augen“ – beweglichen Videokameras – einsetzen, weil sie wissen wollen, was im Gehirn eines Säuglings vor sich geht, wenn dieser lernt, mit seinen zwei Augen Objekte dreidimensional zu sehen. Für solch unterschiedliche Versuche braucht Jochen Triesch natürlich Mitarbeiter, deren Kenntnisse ein ebenso breites Spektrum abdecken. So besteht seine Arbeitsgruppe aus Physikern, Informatikern, Bioinformatikern, Elektrotechnikern, Biologen und Mathematikern, und nicht ohne Stolz zählt Triesch seine interdisziplinäre Publika-

tionsliste auf: „Unsere Forschungsergebnisse werden in Fachzeitschriften aus den Bereichen Neurowissenschaften, Informatik, Psychologie und Robotik veröffentlicht.“

Interdisziplinäre Forschung gibt es in gewissem Umfang auch am IAS, aber es gibt noch einen wichtigen Unterschied zwischen dem knallroten Gebäude auf dem Frankfurter Riedberg-Campus und dem IAS im amerikanischen Princeton: Das IAS bildet keine Doktoranden aus. Dem FIAS hingegen ist die FIGSS („Frankfurt International Graduate School for Science“) angegliedert, die rund 50 „Schüler“ hat; diese Nachwuchswissenschaftler werden am FIAS von einem Fellow oder Senior Fellow betreut, während sie ihre Dissertation anfertigen. Das liegt Walter Greiner am Herzen: „Wir erreichen so, dass unsere hochbegabten jungen, werdenden Wissenschaftler einen breiten Einblick in die naturwissenschaftlichen Forschungsgebiete um sie herum bekommen. Wir geben damit Anregungen für eine naturwissenschaftliche Breitenbildung!“

Einer, der seine Doktorarbeit am FIAS bei Walter Greiner geschrieben hat, ist Ilia Solov'ov (26). Das war von November 2004 bis Februar 2008, als er seine Promotion mit Auszeichnung abschloss. Auch heute noch forscht er an dem Thema seiner Dissertation, das als ein Musterbeispiel für die Interdisziplinarität des FIAS gelten kann; künftig wird er diese Studien an der Universität von Urbana, Illinois, fortsetzen. Er beschäftigt sich mit dem Magnetsinn von Vögeln, arbeitet also daran, eine typisch biologische Frage mit Hilfe von physikalischen und numerischen Methoden zu beantworten: Wie schaffen es Zugvögel, dass sie auf ihrer langen Reise in den Süden und zurück nicht die Orientierung verlieren? Als Antwort stellen Solov'ov und sein Doktorvater Greiner einen Mechanismus vor, der sich zum einen auf ein sowohl magnet- als auch lichtempfindliches Protein in der Netzhaut der Vögel gründet, zum anderen auf das Wirken von winzigen Magnetitkristallen, die sich im oberen Teil des Schnabels der Vögel befinden. Solov'ov und Greiner weisen nach,

„Die Fragen ‚Was ist Leben? Wie entsteht und funktioniert es?‘ haben fundamentalen Charakter. Um sie zu beantworten, müssen Wissenschaftler interdisziplinär zusammenarbeiten.“



Wie schaffen es Zugvögel, sich auf der Reise in den Süden nicht zu verirren? Dieser Frage gehen Dr. Ilia Solov'ov (links) und Prof. Walter Greiner nach



Das FIAS (links) lockt mit seinen Forums-Vorträgen regelmäßig zahlreiche Besucher auf den Campus Riedberg, darunter auch Prominenz wie das dem Haus eng verbundene Stifterehepaar Giersch, erste Reihe, zweite und dritter von rechts.



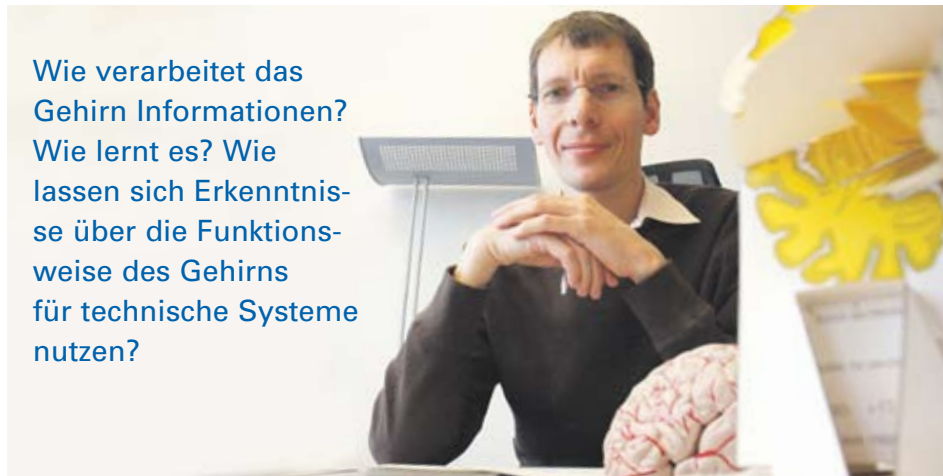
dass die Vögel so das Erdmagnetfeld und noch bis 50 Mal kleinere Magnetfelder wahrnehmen können, so dass sie Norden von Süden unterscheiden können. Und nicht nur beim Vogelzug wird das „magnetische Auge“ benutzt, sondern auch bei der lokalen Orientierung, zum Beispiel zwischen Häusern, Autobahnen und Hügeln.

Solche Forschungsergebnisse gehen einerseits weit über das hinaus, was Lehrer im Schulunterricht vermitteln können. Andererseits will das FIAS auch Schüler allgemeinbildender Schulen an aktuellen Ergebnissen von der Forschungsfront teilhaben lassen: „Wir wollen so die jungen begabten zukünftigen Studenten auf die aufregenden Forschungsprobleme aus Biologie, Physik, Chemie aufmerksam machen und sie von den Naturwissenschaften faszinieren“, sagt Walter Greiner. Davon, dass das FIAS den Kontakt zu den Forschern von morgen sucht, haben die Schüler der Taunusgymnasiums in Königstein bislang zweimal profitiert: Sie erfuhren Wissenswertes über das menschliche Immunsystem sowie über Quarks und Gluonen, und demnächst lernen sie, wie sich Zugvögel mit Hilfe des Erdmagnetfelds orientieren – wenn Ilia Solov'yov ihnen eine Doppelstunde lang berichtet, was er, Walter Greiner und Klaus Schulten (Urbana, Illinois), Adjunct Fellow des FIAS, erforscht haben und erforschen.

Aber nicht nur an naturwissenschaftlich interessierte Schüler wendet sich das FIAS, um von seinen Forschungen zu berichten – die breite Öffentlichkeit spricht das Institut beim FIAS-Forum an: Jedes Jahr finden fünf bis sechs Vorträge statt, bei dem jeweils ein am FIAS forschender oder dem FIAS nahestehender Wissenschaftler in einem Hörsaal in dem knallroten Gebäude über sein Forschungsgebiet berichtet. Da trägt dann zum Beispiel Wolf Singer zur Frage „Wer regiert im Kopf? – Philosophische Implikationen der Hirnforschung“ vor, oder der Physiker und FIAS-Vorstandsvorsitzende Dirk Rischke verrät, warum in der physikalischen Forschung der Blick „Von kalten Atomen zu Neutronensternen“ aufschlussreich ist. Oder Thomas Haberer, Direktor des Heidelberger Ionenstrahl-Therapiezentrum und Adjunct Fellow des FIAS, spricht über „Schwerionen-Therapie am Beispiel von Krebsbehandlungen bei Kindern“.

Kinder leiden nämlich in der konventionellen Strahlentherapie besonders stark unter den Nebenwirkungen: Bei der konventionellen Therapie werden sehr energiereiche Photonen eingesetzt. Wenn diese gesundes Gewebe schädigen – beispielsweise Wachstumsfugen oder Hirngewebe – so drohen bei Kindern Wachstums- und Entwicklungsstörungen. Nicht nur für Kinder, sondern für alle Krebspatienten gilt: Die Bestrahlung soll den Tumor vernichten, das übrige Gewebe jedoch möglichst wenig angreifen. Die Strahlung aus

Wie verarbeitet das Gehirn Informationen? Wie lernt es? Wie lassen sich Erkenntnisse über die Funktionsweise des Gehirns für technische Systeme nutzen?



energiereichen Photonen wird allerdings umso mehr abgeschwächt, je weiter sie in das Gewebe eindringt. Ihre zerstörende Wirkung ist also an der Körperoberfläche am stärksten – die Tumoren liegen hingegen oft schwer zugänglich im Körperinneren, zum Beispiel in der Nähe des Hirnstamms oder an der Prostata. Ein Ausweg bietet sich, wenn man den Krebs nicht mit Photonen, sondern mit Kohlenstoffionen bestrahlt, die sich beinahe mit halber Lichtgeschwindigkeit bewegen: Der Schwerionenstrahl durchdringt den Körper zunächst mit sehr geringer Energieabgabe, bevor er nach einer ganz bestimmten Strecke seine Energie auf einen Schlag abgibt. Die Strahlenergie muss also so eingestellt werden, dass das genau im Tumor passiert.

Entwickelt wurde das Verfahren seit den 1980er Jahren am GSI-Helmholtzzentrum in Darmstadt; dessen wissenschaftlicher Geschäftsführer Horst Stöcker gehört ebenfalls dem FIAS-Vorstand an. Thomas Haberer (50),

der sowohl Physik als auch Medizin studiert hat, hatte von 1997 bis 2005 die physikalisch-technische Leitung des GSI-Schwerionentherapieprojekts inne, in dem zwischen 1997 und 2008 mehr als 400 todgeweihte Krebspatienten erfolgreich behandelt wurden. Und zu diesem Erfolg hat auch das FIAS beigetragen: Senior Fellow Igor Mishustin, Fellow Andrey Solov'yov, der Moskauer Gastwissenschaftler Igor Psenichnov und Walter Greiner untersuchten theoretisch, wie man verhindern kann, dass sich die Krebszellen nach der Be-

Zum Board of Directors gehört Johanna-Quandt-Stiftungsprofessor Jochen Triesch (oben)

strahlung regenerieren. Dazu berechneten sie im Detail, welche Strahlendosis von den Kohlenstoffionen im Gewebe deponiert wird; das ist von entscheidender Bedeutung, wenn man die Behandlung eines Krebspatienten optimal planen will.

Von den Wissenschaftlern in dem knallroten Gebäude auf dem Riedberg-Campus wurde zudem modelliert, welche physikalischen Wechselwirkungen den Transport eines Ionenstrahls durch Gewebe beeinflussen. Und auch eine Weiterentwicklung der Krebstherapie mit Schwerionenstrahlen steht an: Künftig möchten die FIAS-Fellows berechnen, wie sich die Bestrahlung von bewegten Tumoren planen lässt. Bislang ist es nämlich unabdingbar, dass der Tumor bei der Bestrahlung seine Lage nicht verändert. Bei Tumoren im Gehirn

ist das unproblematisch – der Kopf des Patienten lässt sich fixieren. Was aber macht man, wenn man einen Tumor am Herzen oder an der Lunge bestrahlen will? Das Herz schlägt schließlich während der Bestrahlung weiter, und das Atmen kann der Patient auch nicht vorübergehend einstellen. Am FIAS sollen daher effiziente Rechen-Algorithmen sowie zeitabhängige, das heißt vierdimensionale Strahlentransportmodelle, entwickelt werden.

Wenn Thomas Haberer den Ionenstrahl auf bewegliche Tumore richtet, stellt das natürlich besondere Anforderungen an den Rechner, mit dem die Bestrahlung geplant wird. Zunächst wird die Bestrahlungsplanung von drei auf vier Dimensionen erweitert, und dafür sind sehr schnelle und verlässliche Rechner erforderlich. Den Simulationen, die Igor Mishustin, Walter Greiner und ihre Kollegen entwickelt haben, und somit den Patienten von Thomas Haberer wird da die Arbeit von Volker Lindenstruth (48) zugutekommen. Der ist nicht nur Vorstandsmitglied des FIAS, sondern auch Professor, zu 60 Prozent an der Goethe-Universität und zu 40 Prozent am GSI-Helmholtzzentrum. Sein Lehrstuhl ist eine HIC-for-FAIR-LOEWE-Professur und trägt offiziell den etwas sperrigen Namen „Architektur von Hochleistungsrechnern“, aber die inoffizielle Bezeichnung für sein Arbeitsgebiet ist um einiges aussagekräftiger: Volker Lindenstruth beschäftigt sich mit „Green IT“. Er konstruiert Computer, die ebenso leistungsfähig wie umweltfreundlich sind.

Zum Beispiel den „LOEWE-CSC“, der gerade im Industriepark Höchst in Betrieb genommen wurde (siehe diese Ausgabe Seite 3) und den auch die FIAS-Forscher für ihre Simulationen nutzen werden – sei es in Neurowissenschaften, Biophysik oder nuklearer Astrophysik. Der Superrechner braucht nur ein Viertel der Energie vergleichbar schneller Rechner, und er muss nur halb so viel gekühlt werden. Seine „power utility efficiency“ beträgt gerade einmal 1,1. Das heißt, nur 10 Prozent der Nutzleistung müssen für die Kühlung aufgewendet werden. Überdies wird für die Kühlung Mainwasser verdampft, und der Strom stammt aus regenerativen Energiequellen wie Klärschlamm und Biogas. Auch da beschäftigt sich das FIAS also mit Inhalten, die ganz dicht am Alltag sind. *Stefanie Hense*