

Dynamik in Echtzeit

Ziele und Aktivitäten des Exzellenzclusters „Centre for Ultrafast Imaging“ in Hamburg

Alexander Pawlak

Der Ruf einer Exzellenzuniversität blieb der Universität Hamburg bislang verwehrt, doch in der zweiten Runde der Exzellenzinitiative konnte sie mit dem Exzellenzcluster zur Klimaforschung CLISAP punkten.¹⁾ In der dritten Runde ging nicht nur CLISAP in die Verlängerung, sondern auch ein neuer Exzellenzcluster für Spitzenforschung im Bereich der Photonen- und Nanowissenschaft an den Start, das „Hamburg Centre for Ultrafast Imaging – Structure, Dynamics and Control of Matter at the Atomic Scale“, kurz CUI.²⁾ Insgesamt 25 Millionen Euro stehen dafür in fünf Jahren bis 2017 zur Verfügung. Bis zu hundert neue Stellen sollen besetzt werden.

„Die Natur ist nicht statisch. Das ist der Leitsatz für die Forschung des CUI“, sagt Klaus Sengstock, einer der drei Sprecher und einer der 19 „Principal Investigators“ des Exzellenzclusters. Wesentliches



In den Laserlabors in Bahrenfeld werden Experimente zur Abbildung und Kon-

trolle von Quantensystemen durchgeführt.

Ziel des CUI ist es, die Dynamik besonders relevanter Systeme an den Schnittstellen von Physik, Chemie, Biologie bis hin zur Medizin beobachten zu können. „Wir wissen sehr viel über statische Strukturen,

aber oft nicht, wie sie dynamisch funktionieren“, betont Sengstock. Beispiele dafür sind die Signalübertragung im Körper auf mikroskopischer Skala und die detaillierte Funktionsweise von Nanokatalysatoren. Für deren Verständnis ist es nötig, die Dynamik in Echtzeit verfolgen zu können.

Dem CUI stehen vor Ort eine Vielzahl passender Werkzeuge zur ultraschnellen Abbildung zur Verfügung, von fs-Lasersystemen im Labor bis zum Freien-Elektronen-Laser FLASH. Ab 2015 soll der European XFEL extrem intensive Röntgenlaserblitze erzeugen. Zudem nutzen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler internationale Einrichtungen wie die Linac Coherent Light Source (LCLS) in Stanford. „Dort haben Hamburger Kollegen derzeit die höchsten Anteile an Strahlzeit“, sagt Sengstock.

Eine gute Basis für viele CUI-Forscherinnen und Forscher ist das Center for Free-Electron Laser Science (CFEL) am Campus Bahrenfeld, das 2008 seine Arbeit aufgenommen hat und seit Juni 2013 in einem beeindruckenden, kreisrunden

1) CLISAP steht für „Clusters of Integrated Climate System Analysis and Prediction“. Mehr Infos auf www.klimacampus.de/clisap.html

2) www.cui.uni-hamburg.de

DER EXZELLENZCLUSTER „CUI“

Beteiligte Institutionen:

Max-Planck-Forschungsgruppe für Strukturelle Dynamik an der Universität Hamburg (MPSD); Deutsches Elektronen Synchrotron (DESY); European XFEL GmbH (XFEL); European Molecular Biology Laboratory (EMBL)

Sprecher: Prof. Dr. R. J. Dwayne Miller; Prof. Dr. Klaus Sengstock und Prof. Dr. Horst Weller (Die Sprecher des CUI gehören den Fachbereichen Physik und Chemie der Fakultät für Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft (MIN) der Universität Hamburg an.

Forschungsgebiete:

■ **Abbildung und Kontrolle von Quantensystemen:** Photogetriebene Dynamik mit Kopplung an elektronische Anregungen; Chemische Dynamik in komplexen Umgebungen in Echtzeit; Abbildung der lokalen und globalen Kohärenz von suprafluider Materie – Dynamik und Kontrolle von Quantenmaterie; Gekoppelte zweidi-

mensionale Supra-

leiter (Koordinator: Prof. Dr. Markus Drescher)

■ **Strukturdynamik mit atomarer Auflösung:** Struktur-Funktions-Korrelationen in biologischen Systemen (Atomar aufgelöste Reaktionsdynamik von Modellsystemen; Atomistische Perspektive auf biologische Funktion; Organisation auf großen Längenskalen); Erweiterung der strukturellen Basis der Biologie mit neuartigen Strahlungsquellen; neue Methoden der Bildgebung mit atomarer Auflösung (Prof. Dr. Henry Chapman)

■ **Dynamik der Ausbildung von Ordnung auf der Nanoskala:** Korrelationen und Dynamik in ungeordneten Modellsystemen; Strukturbildung in Nanomaterialien (anfängliche Nukleationsereignisse und Form und Phasentransformationen von Nanoteilchen); Ultraschnelle Spindynamik in magnetischen Nanosystemen (Prof. Dr. Gerhard Grübel)

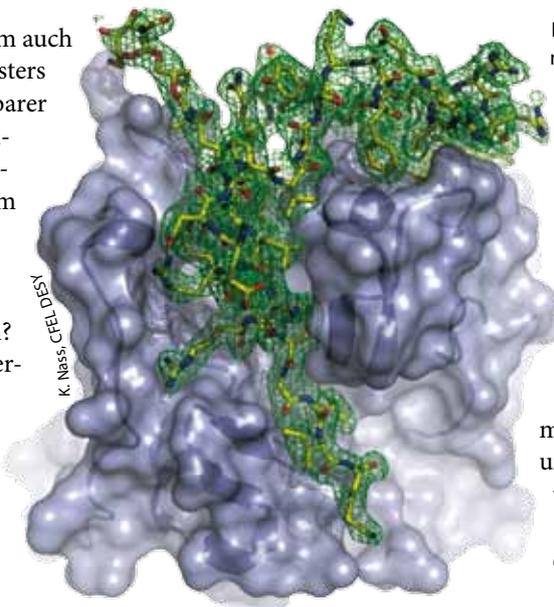


den Neubau residiert, in dem auch Mitglieder des Exzellenzclusters unterkommen. In unmittelbarer Nachbarschaft liegt das Zentrum für Optische Quantentechnologien (ZOQ), an dem Sengstock arbeitet.

Was kann ein Exzellenzcluster in einem solchen Umfeld an Mehrwert bieten? „Neu sind ganz klar der interdisziplinäre Austausch und Projekte genau an den Schnittstellen der Disziplinen. Erst im Rahmen von CUI können etwa Physiker mit Medizinern zusammen einzelne medizinisch relevante Substanzen dynamisch untersuchen“, sagt Sengstock. Generell gibt es nur kooperative Projekte, in denen jeweils drei bis sechs Principal Investigators unterschiedlicher Forschungsfelder kooperieren. Das CUI baut zwar auf der etablierten Forschung zur ultraschnellen Dynamik auf, möchte aber Neuland erobern, indem es sich auf die dynamische Analyse von nicht-trivialen Systemen konzentriert und da, wo es nötig ist, die Methoden weiterentwickelt.

Ein Ziel besteht darin, den Einfluss der Dynamik auf die Beziehung zwischen Struktur und Funktion für Proteine zu ergründen. Den Übergangszustand bei chemischen Reaktionen direkt zu beobachten, ist gewissermaßen der „Heilige Gral“ der physikalischen Chemie und bietet das Potenzial, Biologie und Chemie auf molekularer Ebene zu verbinden. Daher möchten es die CUI-Forscher ermöglichen, grundlegende biologische Prozesse in lebenden Zellen mit einer Auflösung im Nanometer- und Nanosekundenbereich direkt zu beobachten.

Doch nicht nur komplexe Biomoleküle bieten große Herausforderungen, sondern bereits Wasser und andere molekulare Flüssigkeiten. So vermutet man, dass sich in Wasser verschiedenartige lokale geordnete Strukturen ausbilden können, die wiederum für die einzigartigen Eigenschaften von Wasser verantwortlich sein sollen. Simulationen und spektroskopische



Untersuchungen untermauern die Bedeutung lokaler Strukturen. Am CUI soll es um eine direkte experimentelle Bestätigung gehen. Seit Freie-Elektronen-Laser für harte Röntgenstrahlung zur Verfügung stehen, ist es erstmals möglich, Schnapsschüsse der instantanen Struktur von Wasser aufzunehmen.

Spannende Schnittstellen finden sich nicht nur zwischen den Disziplinen, sondern zwischen physikalischen Forschungsfeldern. Ein Beispiel dafür ist Sengstocks Forschungsgebiet der Quantengase. Um hier mit Femtosekundenlasern ultraschnelle Dynamik untersuchen zu können, ist ein völlig neuer Aufbau nötig. Sengstock kooperiert hier unter anderem mit seinem Hamburger Kollegen Markus Drescher.

Das Augenmerk des Exzellenzclusters liegt auf der Suche nach den besten Köpfen. Allerdings mussten das CUI sowie die anderen Exzellenzcluster der dritten Runde eine Kürzung der Mittel um 20 Prozent hinnehmen. Statt wie geplant drei werden nun nur noch zwei W3-Professuren und fünf statt sechs Juniorprofessuren (W1) besetzt. Hier ist bereits viel auf den Weg gebracht: Die beiden W3-Rufe sind ausgesprochen, ebenso drei Rufe für W1.

„Uns geht es ganz besonders darum, den wissenschaftlichen Nachwuchs zu fördern“, sagt Sengstock: „Das Gebiet der ultraschnellen Dynamik ist noch jung und die Community nicht so groß. Daher

Ein Ziel von CUI ist es, die Dynamik medizinisch relevanter Makromoleküle zu untersuchen, etwa von „Trypanosoma brucei“, einem Protein, das für die Bekämpfung der Schlafkrankheit eine wichtige Rolle spielen könnte. Seine Struktur wurde 2012 vom Team um CUI-Forscher Henry Chapman entschlüsselt, der den Forschungsbereich „Strukturphysik mit atomarer Auflösung“ koordiniert.

möchten wir junge Leute ausbilden und damit Knowhow und Expertise in die Welt hinaustragen.“ Dafür leistet sich der Cluster eine eigene Graduiertenschule.

Auch die Gleichstellung haben sich die CUI-Verantwortlichen auf die Fahne geschrieben. „Das haben wir nicht nur auf dem Papier stehen, sondern wollen dies bei unseren Berufungen umsetzen“, betont Klaus Sengstock. So soll mindestens eine der W3-Stellen an eine Frau gehen, und bei den Juniorprofessuren ist das erklärte ehrgeizige Ziel, zur Hälfte Forscherinnen zu berufen. „Im Vergleich zu Chemie und Medizin hat die Physik hier einen enormen Nachholbedarf“, bedauert Sengstock. Die neue Mildred-Dresselhaus-Gastprofessur ist speziell für Frauen eingerichtet und lädt Spitzenwissenschaftlerinnen dazu ein, am CUI zu forschen.

Schon jetzt bietet sich dem CUI eine gute Perspektive über die bewilligten fünf Jahre hinaus. Die Freie und Hansestadt Hamburg hat sich ganz klar zu einer Verstärkung bekannt und bereits erste Zusagen gemacht.

DIE EXZELLENZCLUSTER

In loser Folge stellt das Physik Journal die Cluster der dritten Runde der Exzellenzinitiative mit Schwerpunkt in der Physik bzw. starker Beteiligung von Physikern vor:

- Center for Advancing Electronics Dresden (cfaed), Dresden
- Hearing4all, Oldenburg
- Precision Physics, Fundamental Interactions and Structure of Matter (PRISMA), Mainz (Juni 2013, S. 24)
- Ruhr Explores Solvation (RESOLV), Bochum
- The Hamburg Centre for Ultrafast Imaging (CUI), Hamburg