

Dem Tanz der Atome zusehen

Im kalifornischen Stanford wird diese Woche der neue Röntgenlaser LCLS anlaufen. Wissenschaftler versprechen sich die ersten Filmaufnahmen von chemischen Reaktionen. *Von Leonid Leiva*

Es ist etwas, was Chemiker sich nur vorstellen, bisher aber nicht sehen konnten: wie einzelne Atome sich von dem Rest eines Moleküls trennen und neue Bindungen eingehen, das heisst: wie eine chemische Reaktion abläuft. Einen solchen Vorgang in Bilder zu bannen, würde eine Fülle neuer Erkenntnisse bedeuten. Direkte Anwendungen wären laut Chemieprofessor Jeroen van Bokhoven von der ETH Zürich bei der Entwicklung von effizienteren Katalysatoren für Autos und die chemische Industrie denkbar. Seit hundert Jahren, so van Bokhoven, werden Katalysatoren durch blosses Ausprobieren neuer Materialien entwickelt. «Wir möchten aber gezielter vorgehen, und dafür brauchen wir den Einblick in die Details dieser Reaktionen.»

Diesen Einblick gewähren kann nur eine ultraschnelle Kamera, welche zugleich einzelne Atome sichtbar machen kann. Im kalifornischen Stanford ist über die letzten Jahre ein solches Instrument gebaut worden. Die Linac Compact Light Source (LCLS) macht sich eine einen Kilometer lange Strecke eines Teilchenbeschleunigers zunutze, um Elektronen zuerst auf nahezu Lichtgeschwindigkeit und dann zur Ausstrahlung extrem kurzer Pulse von Röntgenlicht zu bringen. Erste Experimente mit dieser Röntgenkanone werden am 1. Oktober anlaufen.

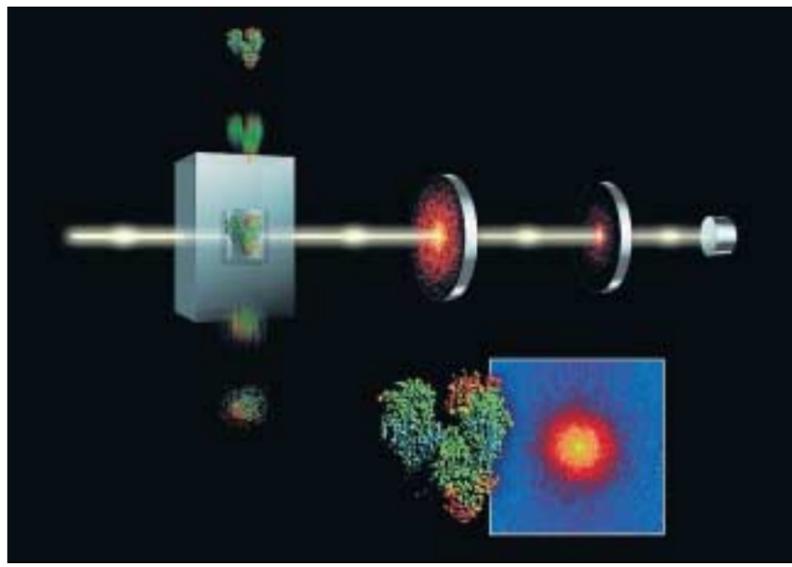
Raumstruktur von Proteinen

Gespannt auf den Start der LCLS sind nicht nur Chemiker. Auch Biologen versprechen sich von der neuen Lichtquelle die Erhellung wichtiger Fragen. So etwa die Aufklärung der atomaren Struktur von Zellmembran-Proteinen, welche etwa 30 Prozent aller Proteine ausmachen. Eine Fehlfunktion dieser Biomoleküle kann zu Krankheiten wie Diabetes, Alzheimer oder Herzfehlern führen. Zudem sind Membranproteine der Schlüssel zum Eintritt in die Zelle und somit für die Entwicklung allerlei neuer Medikamente von grosser Bedeutung.

Schon heute können Forscher die räumliche Struktur einiger Biomoleküle mit Röntgenlicht aus Synchrotronquellen ermitteln wie etwa an der Swiss Light Source vom Paul-Scherrer-Institut (PSI) in Villigen (AG). Dazu müssen allerdings viele Moleküle unter grossem Aufwand kristallisiert werden. Membranproteine lassen sich jedoch nur schwer in ein Kristallmuster zwingen. «Die Herstellung der Kristalle kann bis zu zehn Jahre Arbeitszeit kosten», sagt Janos Hajdu, Professor für Biochemie an der Universität Uppsala in Schweden. Das führe dazu, dass



Oben: Ingenieure beim Installieren der Magnete des Röntgenlasers LCLS in Stanford, Kalifornien. Der Röntgenlaser wird holografische 3-D-Bilder von einzelnen Molekülen liefern. Links: Modell zum Injizieren einzelner Moleküle in den Laserstrahl.



die lebenswichtigen Membranproteine bis heute Terra incognita auf der Karte der Strukturbiologie bleiben.

Der neue Röntgenlaser von Stanford umgeht dieses Problem. Sein Lichtstrahl ist so stark und kompakt gebündelt, dass er mit einem einzigen Schnappschuss einzelne Moleküle abbilden kann, was die Kristallisation

überflüssig machen würde. Janos Hajdu hat ein Verfahren mitentwickelt, um die Moleküle nacheinander über eine Art Pipeline in den Laserstrahl zu injizieren. Weil sie jeweils in einer anderen Ausrichtung durch den Strahl fallen, erhält man am Schluss durch Kombinieren der einzelnen Aufnahmen ein dreidimensionales Bild.

Synchrotronquellen. Zum Vergleich sei gesagt, dass Synchrotronquellen wiederum 1 Million Mal brillanter sind als die in der Medizin üblichen Röntengeräte.

Beim FEL fungieren dicht gepackte Klumpen von Elektronen als Strahlungsquelle. Sie werden zunächst auf einer geraden Strecke in einem Vakuumrohr unter der Erde beschleunigt. Eine spezielle Anordnung von Magneten bringt dann die Elektronenhäufchen auf einen Slalomkurs, bei dem sie intensive, stark fokussierte Blitze von Röntgenstrahlung abgeben. «Unser Laser wird sogar die Studie exotischer Materiezustände erlauben», sagt der deutsche Physiker und LCLS-Direktor Joachim Stöhr. «Wir können zum ersten Mal 3-D-Bilder von dichten Plasmen aufnehmen, wie sie im Innern von Planeten vorkommen.» Solche Plasmen können bereits im Labor erzeugt werden, sind aber für herkömmliche Laser undurchsichtig.

Ein Swiss FEL für die Schweiz

Die Kombination von schnellen Pulsen und hoher räumlicher Auflösung ist ebenfalls ideal für die Untersuchung innovativer Konzepte von magnetischen Speichermedien, welche eine viel höhere Speicherdichte bieten würden als etwa heutige DVD. Bruce Patterson, Physikprofessor an der Universität Zürich und Forscher am Paul-Scherrer-Institut, weist auf Computersimulationen hin, die solche Ideen als machbar erscheinen lassen. Man müsse sie bloss experimentell überprüfen, sagt Patterson. Auch dazu seien Röntgenlaser wie die LCLS nötig.

Von der breiten Palette ihrer Anwendungen überzeugt, kämpft Patterson zurzeit für den Bau eines Freielektronen-Lasers in der Schweiz. «Wir wollen eine nationale Anlage bauen, um Schweizer Forschern den Zugang zu einer solchen Wundermaschine zu erleichtern», sagt der gebürtige Kalifornier und Wahlschweizer, der vom PSI damit betraut worden ist, den wissenschaftlichen Nutzen der Anlage auszuloten. Der Swiss FEL, wie das Projekt heisst, soll kompakter und viel kostengünstiger sein als die LCLS. Der Bau, sollte er genehmigt werden, wäre bis 2016 vollendet. Für einen Schweizer Röntgenlaser plädiert auch ETH-Chemiker van Bokhoven. Nur so könne man im internationalen Wettbewerb an der Spitze bleiben. Das haben auch andere gemerkt: Japan baut bereits seinen eigenen Röntgenlaser. Und ein europäischer FEL im Röntgenbereich soll bis 2014 für eine Milliarde Euro in Hamburg entstehen.

Neues aus der Wissenschaft

Wandernde Aale

Der Europäische Aal (*Anguilla anguilla*) wandert von Europa bis in die Sargassosee, die zwischen Bermuda und den Westindischen Inseln liegt. Bisher war es nicht möglich, diese Wanderung genauer zu erforschen, weil übliche Satellitensender für kleine Fische zu gross sind. Kim Aarestrup und seine Mitarbeiter von der Technischen Universität Dänemark haben nun mit einem Mini-Sender die Route der Aale erstmals über 1300 Kilometer Länge verfolgen können («Science», Bd. 325, S. 1660). Per Satellit konnten Signale von 14 Aalen empfangen werden, die westlich von Irland ins Meer gesetzt worden wa-

ren. Die Daten zeigen, dass die Aale jeweils während der Nacht an der wärmeren Wasseroberfläche blieben, um frühmorgens 200 bis 1000 Meter tief ins kühlere Wasser zu tauchen. Die Forscher vermuten, dass die Tiere den Tag im kalten Wasser verbringen, um die Reifung ihrer Keimzellen zu verzögern, bis sie das Laichgebiet in der Sargassosee erreichen. (kmr.)

Weniger Kriminalität

Anfang der neunziger Jahre begann die Kriminalitätsrate in den Vereinigten Staaten zu sinken – ein Trend, der sich bis in dieses Jahrzehnt fortsetzte. Über die Gründe des inzwischen als «great American crime decline» bekannten Phänomens lässt sich nur spekulieren. Amerikanische Forscher vermuten nun, dass Medikamente eine Rolle gespielt haben könnten. Bei Menschen mit psychiatrischen Erkrankungen besteht nicht nur ein grösseres Risiko, dass sie Gewalt anwenden, sondern auch, dass sie selber Opfer von Gewalt werden. Die sinkende Kriminalitätsrate fällt in eine Zeit, in der verschiedene neue Antidepressiva und Antipsychotika auf den Markt kamen und verschrieben wurden. Die Forscher kommen daher zum Schluss, dass die bessere Behandlung von Menschen mit psychiatrischen Leiden zwölf Prozent des Rückgangs erklären könne. (tlu.)



Briefe schreiben

Schreiben wir vor allem, wenn wir selbst einen Brief erhalten – oder hängt es von anderen Faktoren ab, ob und wann wir schreiben? Der Frage gingen Forscher der Northwestern University in Illinois nach, indem sie die Korrespondenz-Muster von 16 Grossen wie Darwin, Marx, Freud, Einstein, Proust und Hemingway analysierten («Science», Bd. 325, S. 1699). Die Korrespondenz-Muster erweisen sich zwar als individuell, zeigen aber auch allgemein menschliche Eigenschaften: So steigt die Wahrscheinlichkeit, einen Brief zu schreiben, mit jedem schon geschriebenen Brief an. Ein Vergleich mit 16 Schreibern von E-Mails zeigte auch weitgehend gleiche Muster bei Brief- und E-Mail-Korrespondenz. (kmr.)

Breit oder tief?

Sollen in der Schule möglichst viele Themen vorkommen, oder ist es besser, wenige Dinge, aber diese vertieft zu behandeln? Marc Schwartz hat bei 8300 amerikanischen Studienanfängern der Fächer Biologie, Chemie und Physik untersucht, ob es einen Zusam-

menhang gibt zwischen Studienerfolg und der Frage, ob der Stoff in der Schule eher «breit» oder «tief» behandelt worden war («Science Education», Bd. 93, 5). Ergebnis: In allen drei Fächern hatten jene Studierenden bessere Noten, die in der Schule mindestens einmal ein Thema ihres Faches vertieft behandelt hatten. (kmr.)

Schluss-Strich von Nicolas Mahler

