

NOBELPREISTRÄGER IN LINDAU

Auf Flügeln der Physik
ins Reich der Proteine

JOACHIM PIETZSCH

Die Physik ist die Mutter der Biochemie. Weit entfernt von aller Theorie haben ihre Grundlagenforscher den Baum des Lebens zugänglich gemacht. Proteine, die wichtigsten Moleküle des Lebens, waren bis über die Mitte des 20. Jahrhunderts hinaus *black boxes* mit unbekanntem Inhalt. Erst vor rund 50 Jahren, als der spätere Nobelpreisträger Johann Deisenhofer in Augsburg das Gymnasium besuchte, wurden im englischen Cambridge mit Hilfe von Röntgenstrahlen die Strukturen der großen Proteine Myoglobin und Hämoglobin entschlüsselt.

„Heute kennen wir die detaillierte Struktur von 51 491 Proteinen“, rief Deisenhofer beim 58. Nobelpreisträgertreffen in Lindau seinem Publikum zu – über 500 Nachwuchs-Physikerinnen und Physikern aus aller Welt. Und er ermutigte sie, ihre Phantasie der Strukturbiologie zuzuwenden. Besonders die neue Technologie der freien Elektronenlaser böte ein Erfolg versprechendes Forschungsfeld. „Denn noch immer kennen wir nur einen Bruchteil aller Proteine und haben deren Dynamik noch längst nicht verstanden.“

Proteine stützen das Skelett und steuern die Sinne, bewegen Muskeln, empfangen Signale, verdauen Nahrung, heilen Wunden und verarbeiten Gefühle. Sie sind rund wie ein Wollknäuel oder lang wie ein Zopf, fest wie ein Stahlseil oder elastisch wie ein Gummiband.

Als Spielmacher des Lebens unentbehrlich

Vor allem als Enzyme sind sie die unentbehrlichen Spielmacher des Lebens, denn diese Biokatalysatoren ermöglichen Reaktionen, die sonst, wenn überhaupt, millionenfach langsamer ablaufen würden. Um ihre Struktur mit Hilfe von Röntgenstrahlen bestimmen zu können, müssen sie in Form von Kristallen vorliegen.

Deisenhofer und seinen Kollegen Robert Huber und Hartmut Michel gelang es Mitte der 80er Jahre, erstmals die Struktur eines in der Zellmembran verankerten Proteins aufzuklären, was bis dahin als unmöglich galt. Dafür wurden die drei mit dem Nobelpreis ausgezeichnet, aber: „Man kann nicht vorhersagen, wie und ob ein Protein kristallisieren wird“, schränkt Deisenhofer ein. „Pro-



Begeisterte den Spitzennachwuchs: Johann Deisenhofer

teine sind eigentlich nicht dafür gemacht, um zu kristallisieren.“

Im Gegensatz zur Magnetresonanztomografie, die auch bewegte Proteine strukturell aufklären kann, liefert die Röntgenkristallographie immer nur Standbilder. Wenn diese jedoch schnell genug aufgenommen werden könnten, ließen sie sich eventuell zu einem Film verbinden. Grundlage sind die freien Elektronenlaser, deren strukturelle Anwendung derzeit als europäisches Großprojekt in Hamburg realisiert wird, angebunden an den Teilchenbeschleuniger DESY.

Jetzt wäre genau die Zeit, um hier einzusteigen

In einem auf minus 271 Grad gekühlten Tunnel werden Elektronen bis nahe Lichtgeschwindigkeit beschleunigt, bevor sie fächerförmig auf starke Magnetfelder verteilt werden, die sie zur Aussendung von Laserblitzen anregen. Diese von freien Elektronen ausgesandten Laser haben dieselben optischen Eigenschaften wie herkömmliche Laser, sind aber wesentlich energiereicher. In Hamburg sollen ab 2013 extrem kurze Röntgenblitze im Bereich von Billionstel Sekunden erzeugt werden, die auf einzelne Proteine gerichtet werden. „Die Proteine müssen nicht mehr kristallisiert werden“, erklärt Deisenhofer. „Sie laufen in einem Partikelstrom am Laserblitz vorbei wie bei einer Massenspektroskopie.“ Das Protein wird vom Laserblitz getroffen, sein Beugungsmuster abgebildet, danach explodiert es unter der Energie des Lasers, das nächste Proteinmolekül ist an der Reihe. „Ob dieses Verfahren eines Tages zur Routine wird, ist noch ungewiss“, sagte Deisenhofer seinem jungen Lindauer Publikum. „Aber für begabte Physiker wäre jetzt genau die richtige Zeit, um in die Experimente mit freien Elektronenlasern einzusteigen.“

BÜCHER-ECKE

Auf einen Blick

Vor fünf Jahren schlug der dreibändige *Brockhaus Naturwissenschaft und Technik* als fulminantes handliches Nachschlagewerk in Spitzen-Qualität ein. Noch handlicher, in einem Band, zieht 2008 Brockhaus-Tochter Meyers Lexikonverlag nach. Ihr „Lexikon der Naturwissenschaften“ gibt sich wesentlich populärwissenschaftlicher, ohne dabei an Seriosität zu verlieren, setzt deshalb aber auch andere Akzente. Das beinhaltet Vorteile, schwerer aber könnten die Nachteile wiegen. Ob man in einem solchen Werk unbedingt zwei Spalten über Pferde finden möchte aber nur ein paar Zeilen über Max Planck? Ob Pflanzenschutz(-mittel) so weit ausgeführt werden muss, wenn für Albert Einstein wesentlich weniger Platz bleibt? Wie ge-

sagt – es ist eine Frage, was man dem Leser bieten will. Dass aber ein Bereich gänzlich fehlt, der in dieser Zeit aktuell ist wie kaum jemals, das sollte schon angemerkt werden. Die gesamte Astronomie und alle dazugehörigen Gebiete fehlen, man findet nicht einmal ein Stichwort dazu. Und was hilft dem nicht vorab einschlägig informierten Leser beim Stichwort „Fernsatellit“ der Hinweis, bevorzugt würde geostationäre Satelliten, wenn nicht erklärt wird, was es damit auf sich hat? Vielleicht hätte der Verlag besser ein „Lexikon der Naturkunde“ auf den Markt bringen sollen, das wäre dann eine echte Ergänzung zum o.a. Brockhaus gewesen. rms
Meyers Lexikon der Naturwissenschaften; Mannheim 2008; 1072 S., 29,95 Euro

Yellowstone-Park in der Simulation

Bochumer Wissenschaftlerin löst das Rätsel der Bewegungsrichtung zweier Blöcke der Erdkruste

An der Ruhr-Universität Bochum (RUB) gehören rechnergestützte Simulationen zu den „Leuchttürmen“. Unlängst erst ging das international beachtete neue Institut für Werkstoff-Simulation ICAMS an den Start, wo am Computer Materialien der Zukunft entworfen und entwickelt werden. In die Vergangenheit zurück dagegen ging Geophysikerin Andrea Hampel und fand mit Hilfe der Computersimulation eine Erklärung für eine ungewöhnliche Bewegung der Erdkruste.

ROLF-MICHAEL SIMON

Hier ist „klassisches“ Western-Land. Hier hätten die großen Hollywood-Regisseure ihre womöglich noch größeren Stars auf Abenteuer gehen lassen können. Schon die Namen der Region zaubern Kennern ein unverkennbares Glitzern in die Augen. Dabei ist das, worum es ihnen geht, erst ein paar Jahre her. Auch nicht wesentlich weiter entfernt (zeitlich) sind die originalen Geschehnisse aus dieser magisch scheinenden Ecke der USA, gerade einmal 200 Jahre oder weniger.

Aber vor rund 640 000 (!) Jahren ereignete sich hier, im heutigen US-Bundesstaat Wyoming mit seinen legendären Städten wie Cheyenne oder Laramie, ein Vulkanausbruch, dessen Folgen heute noch die Geologen und Geophysiker beschäftigen. Zur Erinnerung: Die letzte Eiszeit ging vor ungefähr 14 000 Jahren zu Ende. Beide geo-historischen Großereignisse formten die Landschaft, die heute zwei berühmte Nationalparks der USA umfasst, den Yellowstone- und den Teton-Nationalpark. Eine junge Wissenschaftlerin der Ruhr-Uni Bochum ist einem Phänomen in dieser Region auf die Spur gekommen, das seit Jahren schon die Forscher beschäftigt hat.

Im Teton-Nationalpark existiert eine Bruchzone, eine sogenannte „Störung“ der Erdkruste. Hier, an der 70 Kilometer langen Teton-Störung,



„Baute“ den Nationalpark und seinen Untergrund im Computer nach, Andrea Hampel.



Eines der faszinierenden Naturschauspiele im Yellowstone-Nationalpark: Der Castle-Geysir. Die von Magmakammern abgegebene Wärme versorgt ihn und viele andere mit warmem Wasser. Aber diese Kammern können noch mehr... (Foto: Andrea Hampel)

bewegen sich zwei Krustenblöcke aneinander vorbei, wobei es sich nicht um eine horizontale Verschiebung handelt, wie beispielsweise bei der berühmten San-Andreas-Verwerfung an der Westküste Amerikas, sondern um eine vertikale Bewegung. Entstanden ist die Teton-Störung in Millionen von Jahren durch Dehnung der Erdkruste. Das allein wäre noch nicht aufsehenerregend, aber: Die Bewegungsrichtung wechselt, in den vergangenen 20 Jahren drei Mal. Andrea Hampel konnte gemeinsam mit Ralf Hetzel von der Uni Münster nachweisen, dass dieser Wechsel der Bewegungsrichtung durch ihrerseits wechselnde Druckverhältnisse

in den unterirdischen Magmakammern im Yellowstone-Nationalpark verursacht werden. Dieser ist weltberühmt durch seine heißen Quellen, seine Geysire, darunter *Old Faithful*, der einer der weltweit bekanntesten sein dürfte.

Vulkanische Aktivität und tektonische Störung

Der Nationalpark liegt, siehe oben, über einem vor 640 000 Jahren ausgebrochenen „Super-vulkan“, dessen Magmakammern gar nicht allzu tief unter der Erdoberfläche liegen. Durch die Wärme, die diese Magmakammern abgeben, werden beispielsweise auch die Geysire mit heißem Wasser

„versorgt“. Bei dem letzten großen Ausbruch des Yellowstone-Vulkans entstand nach Einsturz einer Magmakammer ein Krater, eine sogenannte *Caldera*. In diesem Krater bildete sich nach der letzten Eiszeit ein See, der Yellowstone-Lake.

Doch damit nicht genug. Der dort unter der Oberfläche herrschende und immer wieder wechselnde Druck führt auch zu Hebungen und Senkungen der Erdoberfläche. Erstmals in den 20er Jahren durch geodätische Verfahren nachgewiesen, wird diese Bewegung seit rund zwei Jahrzehnten per Satellit dokumentiert. Das ist das eine, aber es wurde noch eine zweite Bewegung weiter südlich nachgewiesen, in Jackson Hole, das

zu einem der beiden Krustenblöcke gehört, die sich entlang der Teton-Störung bewegen. Und hier kommt es immer dann zu Senkungen, wenn sich der Yellowstone-Krater hebt – und umgekehrt. „Wenn man sich die Daten vom zeitlichen Ablauf ansieht, muss man zwangsläufig an einen Zusammenhang denken“, kommentiert Andrea Hampel. „Auffällig an der Teton-Störung ist, dass sich dort zwei Krustenblöcke aneinander entlang schieben, die innerhalb weniger Jahre immer wieder die Richtung gewechselt haben.“ Frage: Wie kommt es zu einem solchen Zusammenhang von vulkanischer Aktivität auf eine tektonische Störung und: Wie kann man das nachweisen?.

Das Pulsieren der Magmakammern

„Die genauen Ursachen für Druckänderungen um Magmakammern sind noch nicht ganz verstanden“, räumt Andrea Hampel ein. Aber: Gemeinsam mit Ralf Hetzel modellierte sie das Gebiet im Computer; „baute“ zwei Magmakammern unter dem Yellowstone-Krater in das Modell ein sowie die Bruchzone, die Teton-Störung; ließ Druckänderungen in den Magmakammern virtuell ablaufen und untersuchte mögliche Reaktionen darauf. Das Ergebnis: Die Bruchzone reagierte im Rechner so, wie es dem Ablauf in der Realität entspricht. Die Bewegungsumkehr an der Teton-Störung stimmt mit dem Wechsel zwischen den Druckschwankungen der Magmakammern und damit mit der Hebung und Absenkung des Yellowstone-Gebiets überein. „Die rechnerischen Änderungen näherten sich den natürlichen weitgehend an. Die zeitliche Korrelation stimmt ebenso überein wie die Größenordnung der Änderung. Somit besteht mit hoher Wahrscheinlichkeit ein enger Zusammenhang zwischen der intensiven magmatischen Aktivität im Yellowstone-Gebiet und aktiven Störungen in der Umgebung.“

Und diesen Nachweis erbrachten Andrea Hampel und Ralf Hetzel als erste. Sie berichteten darüber in der Fachzeitschrift *Geophysical Research Letters*.

Bereits im Vorjahr hatten die beiden in der gleichen Region ebenfalls mittels Computersimulation den Nachweis erbracht, dass das Schmelzen des riesigen Eispanzers am Ende der letzten Eiszeit zu Erdbeben in der Region geführt – und damit zur Entstehung der teils über 4000 Meter hohen Teton Mountains beigetragen hat.

Soyuz „dockt“ bald in Kourou an

26. Start-Erfolg für Ariane 5 in Folge als Vorgeschmack auf die kommende Trägerrakete am europäischen Weltraumbahnhof

ROLF-MICHAEL SIMON

Während die NASA die Termine für die letzten Shuttle-Flüge (bis 2010) bekannt gab, machte sich Europa auf den Weg, um seine Vorbereitungen für Soyuz-Starts in Kourou zu beschleunigen. In der kommenden Woche soll das Containerschiff *Fliunterland* mit 160 Frachtbehältern für den Startkomplex der Soyuz in Cayenne (Französisch-Guyana) ankommen. Das Material stammt vom Samara Space Center und den beiden russischen Hauptunternehmen des Projektes „Soyuz für Kourou“. Die Ladung ent-

hält unter anderem die Service-Kabine – wesentliches System für die Gewährung des Zugangs zum Träger auf dem Startkomplex – und eine Reihe von Infrastrukturgeräten für den Betrieb der Rakete und ihrer Oberstufe *Fregat*. „Damit zeigen die russischen Raumfahrtunternehmen, dass sie ihre Zusagen erfüllt haben“, wird Anatoly Perminov zitiert, Chef der russischen Raumfahrtagentur Roskosmos. „Zwei weitere Schiffsloadungen mit Infrastruktur-Elementen folgen. Russische Spezialisten nehmen die *Fliunterland* in Empfang und installieren mit den europäischen Partnern die Technik.“

Jean-Yves Le Gall, Chef von ArianeSpace: „Dieser Transport ist wesentlicher Meilenstein für das Soyuz-Programm. Damit nimmt die ArianeSpace-Trägerfamilie den Mittelgewichtler von konkurrenzloser Zuverlässigkeit auf; mehrere Verträge für seinen Einsatz haben wir schon in der Tasche.“

● Quasi als Vorgeschmack absolvierte die europäische Trägerrakete Ariane 5 parallel dazu ihren 26. erfolgreichen Start in Serie und brachte – mit dem Logo der französischen EU-Ratspräsidentschaft geschnückt – zwei TV- und Internet-Satelliten auf ihre Erdumlaufbahnen.



Noch eine Vision von Künstlerhand, aber so soll's einmal in Kourou aussehen, wenn Soyuz hier startet.