

30. März 2001

Wie Basler Forscher sich die Nano-Welt erobern wollen

Die einen ziehts ins Weltall. Andere - darunter eine Basler Forschergruppe - haben sich dem Mikrokosmos oder vielmehr der Nano-Welt verschrieben. Das ist die Dimension, in der mit Millionstel Millimetern gemessen wird, Grössenordnungen, in denen sich biologische Prozesse im Massstab 1:1 beobachten, verstehen und nachahmen lassen.



Diese kleinsten Rotationsmotoren in der Natur haben einen Durchmesser von sieben Nanometern (Milliardstel Meter). Sie wandeln letztlich Sonnenenergie in ATP um, den Treibstoff der Natur. Diese Aufnahme der auf einer Membran fixierten Nanomaschinen wurde von Daniel J. Müller am Maurice E. Müller Institut im Biozentrum der Universität Basel, mit einem Rasterkraftmikroskop gemacht. Foto zVg

In loser Folge werden wir die Nationalen Forschungsschwerpunkte (NFS) beschreiben, die Bundesrätin Ruth Dreifuss und Staatssekretär Charles Kleiber vergangenen Dezember verabschiedet haben. Mit Budgets von vorerst 12 bis 50 Mio. Franken sind NFS die grössten Forschungsprogramme, welche die offizielle Schweiz jemals angeregt hat. Neu an den Programmen ist deren Netzwerk-Struktur, die der schweizerischen Forschung ihren Platz im globalen Wettbewerb sichern soll. Fünf Schwerpunkte sind den Lebenswissenschaften gewidmet, je einer den Themen nachhaltige Entwicklung, Informationstechnologie, Materialwissenschaften und Optik. Wir starten unsere Serie mit der Vorstellung des einzigen NFS der Universität Basel: «Impulse für Lebenswissenschaften, Nachhaltigkeit, neue Informations- und Kommunikationstechnologien thm

Basel. «Small is beautiful» lautete in den 70er Jahren der Schlachtruf gegen die verhasste Grosstechnologie. «Noch kleiner ist noch besser» gilt inzwischen in Wissenschaft und Technik. «Mikro», also die Welt in der Dimension von Tausendstel Millimetern, ist bereits gewohnter Alltag - etwa in der Computertechnik. Unbekanntes Territorium ist dagegen noch in der Nano-Welt zu erobern, wo ein Millionstel Millimeter (oder ein Milliardstel Meter) die Masseinheit bildet, eine Grössenordnung, in der sich bereits einzelne Moleküle und Atome messen lassen.

«Nanowissenschaften» nennt sich folglich die Forschungsrichtung, die das beinahe unvorstellbar Kleine zu ergründen sucht. Der Wettlauf in die neue kleine Welt ist weltweit bereits in vollem Gange, winkt den Siegern doch reiche Beute. Denn die Nanotechnik wird in den kommenden zehn bis zwanzig Jahren treibende Kraft werden für die wirtschaftliche Entwicklung, darin sind sich die Experten in aller Welt einig.

Begonnen hatte die Reise in die Nanowelt in Rüschlikon, im dortigen Forschungszentrum der IBM. Dort hatten die Physiker Heinrich Rohrer und Gerd Binnig das so genannte Rastertunnelmikroskop erfunden, ein Instrument, mit dem dank einer speziellen Technik indirekt Objekte abgebildet werden können, die sich wegen ihrer Kleinheit der Beobachtung durch das Lichtmikroskop entziehen und auch mit anderen Techniken, etwa dem Elektronenmikroskop, nur schwer sichtbar zu machen sind. Die Rüschlikoner Erfindung fand weltweite Beachtung, wurde mannigfach mit spektakulärem Erfolg eingesetzt, verfeinert - kurz, war ein derart durchschlagender Erfolg, dass die beiden IBM-Physiker bereits 1986 mit dem Nobelpreis ausgezeichnet wurden.

Basel von Anfang an dabei

Auch in Basel, am hiesigen Institut für Physik, wurde das neue Instrument mit Begeisterung aufgenommen. Forscher um Prof. Hans-Joachim Güntherodt verfeinerten und modifizierten das Rastermikroskop, um spezifische Fragestellungen angehen zu

können. So entstanden etwa Rasterkraftmikroskope, mit denen Defekte in der Erbsubstanz DNS sichtbar werden. Ein anderes Modell ist imstande, die chemischen Eigenschaften einer Probe schon durch bloße Berührung mit der Mikroskop-Sonde zu bestimmen. Und erst vergangenen Sommer stellten die Basler Physiker ein Kraftmikroskop vor, das die Stärke einer chemischen Bindung zwischen zwei Atomen direkt messen kann (die BaZ berichtete).

Wenn also Basel rund um die Gruppe Güntherodt den Zuschlag bekam für das NFS Nanotechnologie, so ist das nicht dem Zufall zu verdanken, sondern der intensiven und erfolgreichen Vorarbeit, welche die Basler Physiker auf diesem Gebiet bereits geleistet haben.

Naturwissenschaften wieder unter einem Hut

Relativ neu ist jetzt allerdings, dass die Nanowissenschaften nicht mehr bloss Sache der Physiker sein werden, sondern Chemiker, Biologen und Mediziner gleichermaßen in ihren Bann ziehen. Und zwar nicht bloss deshalb, weil die Ausschreibung für die NFS-Projekte ausdrücklich interdisziplinäre Vernetzung angemahnt hatte, sondern auch, weil auf dem Weg in die Nanowelt tatsächlich die Grenzzäune zwischen den einzelnen naturwissenschaftlichen Fächern fallen werden, fallen müssen. Prof. Hans-Joachim Güntherodt, der Leiter des Basler Nano-Projekts, ist überzeugt, dass Physik, Chemie und Biologie im Bereich der Nanometer-Dimensionen ineinander verschmelzen «und uns zu der eigentlichen Einheit der Naturwissenschaften zurückführen werden».

Nicht nur in der «harten» Welt

Und weiter erinnert Güntherodt im Projektbescrib Nanowissenschaften daran, dass die Natur eigentlich das beste Beispiel dafür ist, wie ein System im Nanometer-Bereich optimal funktioniert: Material- und Energieverbrauch sowie Datenverarbeitung sind in natürlichen Organismen vorbildlich und nachhaltig organisiert. Daran will man sich ein Vorbild nehmen.

Vehikel für die Reise in die neue Kleine Welt ist wie erwähnt das Rasterkraftmikroskop (vgl. Kasten Seite 3) mit seinen hochempfindlichen Sensoren, die über Oberflächen gerastert werden und dabei ein stark vergrössertes Abbild der Topographie erzeugen, einzelne Moleküle oder gar Atome sichtbar machen. Und dieses Prinzip funktioniert nicht nur in der «harten Welt» der Physik, sondern auch unter biologischen Bedingungen. «Wir planen, solche neue Mikroskope in Herzkatheter und Endoskope einzubauen, um so ganz neue Informationen zu gewinnen», schwärmt der Physiker Güntherodt vom geplanten Ausflug ins Reich der Medizin. Auf der Basis dieser neuen Mikroskope liessen sich Sensoren von nie gekannter Empfindlichkeit entwickeln, die Anwendung reiche von künstlichen Nasen bis zur DNS-Sequenzierung, ganz zu schweigen von der Revolution, welche die Nanowissenschaften bei Datenspeicherung und -verarbeitung auslösen werden (vgl. Artikel «Quantensprung im Rechnen»). Konkret ist das Basler NFS-Projekt Nanowissenschaften in fünf Hauptthemen gegliedert: Lebenswissenschaften/Molekulare Maschinen und Nanoroboter/Quantencomputer und Quantenkommunikation/Nanowissenschaften an den Grenzen der heutigen Herstellung, Manipulation und Messungen/Herstellung von Nanomaterialien von biologischen Systemen, Kohlenstoffnanoröhrchen bis zu Nanoclustern.

Unter Basler Führung

Das kann selbstverständlich nicht alles in Basel allein gemeistert werden, andere Schweizer Hochschulen und Institute werden mitarbeiten, so die Eidgenössischen Hochschulen von Zürich und Lausanne, die Universität Neuenburg und das IBM-Forschungslabor in Rüschlikon, wo ja alles seinen Anfang genommen hatte. Aber die Gesamtleitung wird in den Händen von Hans-Joachim Güntherodt liegen, der - so die Einschätzung der Schwerpunkt-Manager beim Nationalfonds - als «bestens ausgewiesener Wissenschaftler, Forschungsmanager und Initiator von Kollaborationen... bekannt ist». Dass die Gesamtleitung des Projekts Nanowissenschaften in den Händen

eines Physikers liegt, ist historisch bedingt und einsehbar, hat dieses Fach doch wie erwähnt bereits viel Vorarbeit geleistet und wird den Lebenswissenschaften bei der Entwicklung neuer Varianten von Kraftmikroskopen beistehen können. Etwa den Strukturbiologen Prof. Andreas Engel und Prof. Ueli Aebi, die mit ihrer jeweiligen Mannschaft Grosses vorhaben am Biozentrum.

Am Puls des Lebens

Engel und seine Kollegen wollen mit neuen Varianten von Kraftmikroskopen die faszinierenden Nanostrukturen näher unter die Lupe nehmen, die sich durch die Jahrtausende der Evolutionsgeschichte entwickelt haben, Bestandteile eines jeden lebenden Organismus (ein Beispiel, die «ATP-Turbine», ist auf der vorhergehenden Seite im Bild zu sehen) sind. Da das Prinzip des Rasterkraftmikroskops auch in wässriger Lösung in biologischer Umgebung funktioniert, lässt sich damit etwa die räumliche Struktur von Eiweissmolekülen in natürlichem Zustand studieren. Das ist neu, denn jetzige Methoden zur Protein-Strukturaufklärung, etwa Elektronenmikroskopie oder Röntgen-Kristallographie, funktionieren nur im Hochvakuum oder nach Kristallisation der Probe - Bedingungen, unter denen Proteine häufig ihre räumliche Struktur und damit ihre Funktion verlieren.

Die Strukturbiologen um Prof. Engel haben aber noch mehr vor: Sie wollen eine neue Generation von Geräten entwickeln, mit denen Biomoleküle nicht nur abgebildet, sondern in Aktion manipuliert werden können. Damit könnten die Forscher vom Biozentrum tatsächlich dem Leben den Puls fühlen, Enzyme bei ihrer Arbeit beobachten und aufzeichnen, wie sich Proteine zu Membranen zusammenbauen.

Vorstoss in die «Nano-Medizin»

Erst recht nach Science-Fiction tönt, was sich die Wissenschaftler in der Gruppe von Ueli Aebi aufs Programm geschrieben haben. Praktisch sämtliche Lebensprozesse - und damit auch das Krankheitsgeschehen - laufen in Nanometer-Dimensionen ab. Das gilt für die Produktion von Proteinen ebenso wie für die Bereitstellung von ATP, dem Brennstoff des Lebens. Oder für den Transport von Ionen und kleinen Molekülen durch Membrane, ein Vorgang, der unter anderem auch bei der Signalübertragung im Nervensystem eine unverzichtbare Rolle spielt. Die neuen Nano-Werkzeuge erlauben nun, solche Lebensprozesse im Masstab 1:1 zu beobachten und mit Glück und Geschick auch zu beeinflussen. Das käme einer Revolution der medizinischen Diagnostik und Therapie gleich.

Blutgefässe unter der Lupe

So will sich die Forschergruppe zum Beispiel Zusammensetzung und Wachstum von Knorpelmaterial genauer ansehen. Knorpelmaterial hat - sei es als Ohr-Gewebe oder Polster zwischen Gelenken - vielfältige Aufgaben im Körper. Brüche oder Arthritis können nun die Knorpelmasse so weit schädigen, dass Gelenke versteifen. Hier ist das Ziel, auf dem Prinzip der Kraftmikroskopie Sonden (Arthroskope und Endoskope) zu entwickeln, mit denen die Zusammensetzung des betroffenen Knorpelmaterials gleich im menschlichen Körper analysiert werden und das Leiden dort vor Ort behoben werden kann. Ein weiteres Projekt der Gruppe Aebi will die Ablagerungen - Plaques - in den Arterien unter die Lupe nehmen, die Gefässverschluss und Herzinfarkt zur Folge haben können. Hier schwebt den Forschern vor, über Katheter Mini-Kraftmikroskope in die Blutgefässe einzuführen und dort die Natur der Plaques - ob gefährlich oder harmlos - abzuklären. Und wenn nötig auch gleich - mittels Nano-Manipulatoren - den therapeutischen Eingriff vorzunehmen.

Das sind nur wenige Kostproben von dem, was die Basler Forscher auf dem Weg in die Nano-Welt alles erwarten könnten. Selbst wenn sich die Erwartungen punkto Nutzenanwendungen nicht ganz erfüllen sollten: Interessant wird die Reise allemal werden.
Ulrich Goetz

Von Ulrich Goetz

© 2001 National Zeitung und Basler Nachrichten AG