

VERÖFFENTLICHUNG

Nano-Architektur mit einzelnen Molekülen

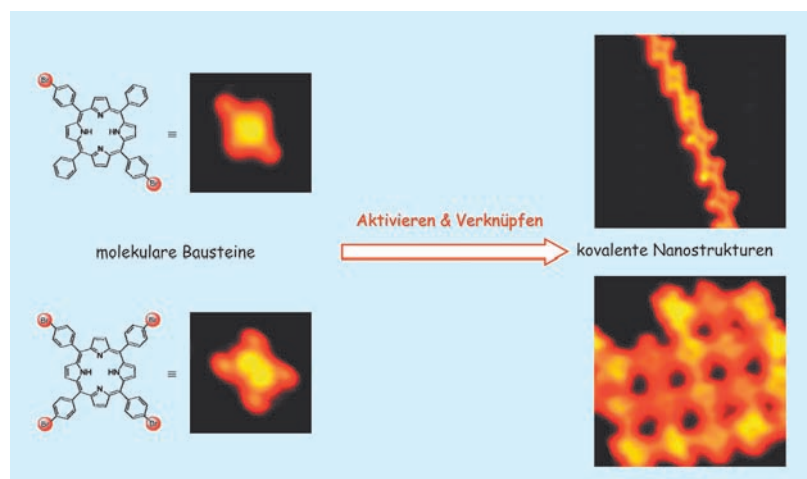
Die faszinierende Vision der Nanotechnologie besteht in der kontrollierten Anordnung von Materie auf der Nanometer Skala (1 nm = 1 Milliardstel Meter). Eine Kernidee besteht darin, stabile Strukturen aus einzelnen atomaren bzw. molekularen Bausteinen in einer vorgegebenen Architektur zu konstruieren. Sich daraus ergebende Anwendungen, wie Schaltkreise, Sensoren oder Nanomaschinen, würden aufgrund ihrer geringen Abmessungen die Tür zu völlig neuen Anwendungen und unbekanntem Technologien öffnen. Trotz des hohen Potentials für diese dramatische Form der Miniaturisierung, konnten bisher jedoch keine Moleküle auf einer Oberfläche in vorgegebenen Strukturen *chemisch* miteinander verknüpft werden.

Chemiker der Humboldt-Universität zu Berlin konnten nun – in Zusammenarbeit mit Physikern der Freien Universität Berlin und theoretischen Physikern der University of Liverpool – erstmals zeigen, dass sich eine solche Art der *bottom-up Nano-Architektur* realisieren lässt, indem einzelne molekulare Bausteine (mit einer Größe von etwa 1 nm) chemisch miteinander verknüpft werden. Dabei werden die einzelnen Moleküle in einer Art Baukastenprinzip (ähnlich wie LEGO-Bausteine) in einer präzise vorgegebenen Anordnung miteinander verbunden. Die Verknüpfung durch kovalente Bindungen ist dabei von großer Bedeutung, da solche chemischen Bindungen zum einen außerordentlich stabil sind und zum anderen Ladungstransport zwischen den Bausteinen ermöglichen, zwei zentrale Anforderungen an zukünftige Anwendungen.

Um diese Nanostrukturen aufzubauen, werden Moleküle mit einer gewünschten Zahl symmetrisch angeordneter Seitengruppen (»Beine«) auf eine Oberfläche aufgebracht. Durch geeignetes Erwärmen lassen sich einzelne Atome von den Seitengruppen kontrolliert abspalten, so dass »aktivierte« Beine, d.h. chemisch reaktive Stellen am Molekül, entstehen. Anschließend verknüpfen sich die reaktionsfreudigen Moleküle auf der Oberfläche und es bilden sich geordnete Strukturen mit definierter Form, da ausschließlich dann eine chemische Verknüpfung gebildet wird, wenn zwei »aktivierte« Beine aufeinandertreffen. Durch gezieltes Maßschneiden verschiedener molekularer Bausteine konnten die Forscher zeigen, wie sich die Form der erzeugten Strukturen exakt einstellen lässt, da sich die Anordnung der aktivierbaren Stellen am Molekül direkt in der Topologie der entstehenden Nanostrukturen

widerspiegelt. Auf diese Weise konnten zum Beispiel lange eindimensionale Ketten oder zweidimensionale Netzwerke auf der Oberfläche hergestellt werden.

Durch die disziplinenübergreifende, fruchtbare Zusammenarbeit von organischer Synthesechemie und Oberflächenphysik konnte in dieser Arbeit ein wesentlicher Durchbruch bei der Herstellung funktionaler Nanostrukturen erreicht werden. Obwohl die aktuellen Ergebnisse der Grundlagenforschung zuzuordnen sind, könnten diese aufgrund des enormen Fortschritts in der Miniaturisierung von großem Interesse für mögliche zukünftige Anwendungen sein. Aus den geringen Abmessungen der molekularen Bausteine ergibt sich

**Stabile Nanostrukturen:**

Erwärmen von Porphyrinen (links: chemische Formeln und STM-Bilder jeweils 5 x 5 nm) auf einer Goldoberfläche führt zur Abspaltung von Bromatomen (rot-markiert). Durch anschließende Verknüpfung dieser molekularen Bausteine an den aktivierten Positionen bilden sich eindimensionale Ketten (rechts oben, 10 x 10 nm) bzw. zweidimensionale Netzwerke (rechts unten, 8,5 x 8,5 nm).

eine Dichte von über 10^{13} Molekülen pro cm^2 in einem solchen Netzwerk – das ist mehr als 10.000 mal höher als die Dichte von Transistoren in aktuellen integrierten Schaltkreisen bzw. Computerchips. In möglichen Anwendungen könnten die einzelnen Moleküle in Zukunft mit Funktionen ausgestattet werden, um zum Beispiel als elektronische Schaltkreise oder Sensoren auf der Nanometerskala zu arbeiten.

Das Forschungsergebnis wurde jetzt in der Zeitschrift *Nature Nanotechnology* (Ausgabe November 2007) veröffentlicht: »Nano-architecture by covalent assembly of molecular building blocks«. Autoren: L. Grill, M. Dyer, L. Lafferentz, M. Persson, M. V. Peters, S. Hecht.
Internet: www.nature.com/nnano

Kontakte

Prof. Stefan Hecht, Ph.D.
Humboldt-Universität zu Berlin
Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät I
Institut für Chemie
Brook-Taylor-Straße 2
D-12489 Berlin
Tel.: +49 30 2093-7365
Fax: +49 30 2093-6940
E-Mail: sh@chemie.hu-berlin.de

Dr. Leonhard Grill
Freie Universität Berlin
Institut für Experimentalphysik
Arnimallee 14
D-14195 Berlin
Tel.: +49 30 838-52805
Fax: +49 30 838-56560
E-Mail: leonhard.grill@physik.fu-berlin.de