

## Elektronische Bauteile aus dem Chemielabor

Seit der Erfindung des Halbleitertransistors sind die Dimensionen elektronischer Bauteile ständig geschrumpft. Statt mit immer aufwendigeren Methoden noch mehr Transistoren auf einem Chip unterzubringen, haben amerikanische Forscher jetzt einzelne Moleküle so angeordnet, dass sie ähnlich wie Transistoren arbeiten. Wissenschaftler in Deutschland haben zudem leitfähige Moleküldrähte synthetisiert, die sich selbständig mit einem molekularen Kabelmantel umhüllen.

Die heutigen Transistoren bestehen aus Schichten von dotierten Halbleitern wie Silizium. Durch Anlegen einer Spannung lässt sich der Strom zwischen zwei äusseren Elektroden nicht nur regulieren, sondern auch verstärken. Um zunächst die Kontrolle der Stromdurchlässigkeit auf die molekulare Ebene zu übertragen, wandten die Wissenschaftler um Paul McEuen und Daniel C. Ralph von der Cornell-Universität in Ithaca, New York, und der Universität von Kalifornien in Berkeley eine ausgeklügelte Methode an.<sup>1</sup> Zuerst erzeugten sie auf einer oxidierten Siliziumunterlage dünne Golddrähtchen. Diese wurden mit einer Lösung von stäbchenförmigen organischen Molekülen benetzt, die an beiden Enden an Gold bindende Gruppen trugen. Mit einem dieser Anker dockten die Stäbchen auf der Goldoberfläche an.

Nun schickten die Forscher einen Strom durch die Drähtchen, wodurch eine Bruchstelle entstand. Die Lücke war gerade so breit, dass sie von einem in ihrer Nähe auf dem Gold sitzenden Stäbchenmolekül überbrückt werden konnte. Mit seiner noch freien Bindungsstelle koppelte das Stäbchen an die gegenüberliegende Seite des Spalts. Damit die Elektronen bei Anlegen einer Spannung von einem Bruchstück des Golddrähtchens zum anderen wandern konnten, mussten sie den Weg über diese Molekülbrücke nehmen. Dies wurde durch ein im Zentrum der Stäbchenmoleküle sitzendes Kobaltatom ermöglicht, weil dieses Metall sowohl ein Elektron aufnehmen als auch wieder abgeben kann.

Während in einem Halbleitertransistor beim Anlegen einer Spannung eine Vielzahl von Elektronen zu fließen beginnt, ist dies bei einem Transistor aus einem einzigen Molekül nicht möglich. Hier können immer nur einzelne Elektronen vom Gold zum Kobalt und von hier auf die

andere Seite der Brücke gelangen. Der Stromfluss lässt sich steuern, weil die Aufnahme eines weiteren Elektrons durch das Kobaltatom einen bestimmten Energiebetrag erfordert. Diese Energie kann wie bei einem «normalen» Transistor durch Anlegen einer Spannung zugeführt werden.

Einen ähnlichen molekularen Transistor haben auch Hongkun Park und seine Kollegen von der Harvard-Universität in Cambridge und der Universität von Kalifornien in Berkeley konstruiert.<sup>2</sup> Sie verwendeten in einer vergleichbaren Anordnung ebenfalls eine langgestreckte molekulare Brücke, die aber statt Kobalt zwei Atome des Metalls Vanadium enthielt. Auch die Verwendung dieser Moleküle ermöglichte bei Anlegen einer Spannung die Steuerung des Elektronentransports. Obwohl mit beiden Molekülsorten die prinzipielle Realisierbarkeit von Molekültransistoren bewiesen wurde, ist es bisher nicht möglich, damit ein schwaches Stromsignal wie mit einem Siliziumtransistor zu verstärken.

Einem anderen elektronischen Bauteil haben sich Forscher um John A. Gladysz von der Universität Erlangen-Nürnberg zugewandt. Sie stellten starre Kohlenstoffketten her, an deren Enden sich je ein Platinatom befand.<sup>3</sup> Weil die Metallatome leicht Elektronen aufnehmen oder abgeben und diese Ladungen dann über die sich dazwischen befindende Kohlenstoffkette transportiert werden können, ähneln die Moleküle winzigen Drähten. Allerdings sind solche Moleküle sehr empfindlich gegen Luft und Chemikalien. Deshalb ist es mit ihrer Stabilität nicht weit her.

Um die Drähte wie mit einer Art molekularem Kabelmantel zu umhüllen, nutzten die Forscher freie Bindungsstellen an jedem der Platinatome. Daran konnten Anfang und Ende von zwei sehr flexiblen Kohlenstoffketten angeheftet werden. So wie sich eine Bohnenpflanze um eine Stange herumwindet, so schlangen sich die beiden Ketten um das zentrale starre Molekül herum. Da die gewundenen Ketten auf Grund ihres Molekülbaus nicht zum Ladungstransport befähigt sind und sie zudem die zentrale «Nano-Bohnenstange» ummanteln, wurde dieser empfindliche Molekülteil sicher geschützt und isoliert. *Reinhold Kurschat*

Quellen: <sup>1</sup> Nature 417, 722-725 (2002); <sup>2</sup> Nature 417, 725-729 (2002); <sup>3</sup> Angewandte Chemie 41, 1871-1876 (2002).