

Maschinen benötigen ein Ultrahochvakuum, um zu funktionieren“, sagt Jones. Schon ein, zwei Fremdatome könnten hier denselben Effekt haben wie der sprichwörtliche Sand im Getriebe. Dennoch hat die Vision der Nanomaschinen die Wissenschaft nicht kalt gelassen. Leise und beharrlich tastet sie sich an sie heran.

Der neue Nanomaschinenbau

Manchmal gleicht der neue Nanomaschinenbau dem Versuch, das Rad neu zu erfinden. Gelungen ist dies im wahrsten Sinne des Wortes Wissenschaftlern vom Forschungszentrum CEMES in Toulouse und der FU Berlin: 2006 stellten sie zwei „Nanoräder“ vor, die sich, noch ein wenig holprig, über eine Kupferoberfläche rollen lassen. Dabei handelt es sich um Triptycen-Moleküle, die einem Rad mit drei Spei-

chen ähneln. Verbunden sind sie über eine Achse aus vier Kohlenstoffatomen. Der Antrieb kommt noch aus dem Makrokosmos: Die Spitze eines darüber befindlichen Rastertunnelmikroskops kann zu einem bestimmten Zeitpunkt eins der Räder zu einer 120-Grad-Drehung bewegen. „Um beide Räder gleichzeitig zu bewegen, ist der Energieaufwand noch zu hoch. Dafür wäre ein neues Design nötig“, sagt Christian Joachim, Physiker am CEMES. Immerhin seien die Radmoleküle so stabil, dass sie bei Zimmertemperatur nicht durch die Zufallsschwingungen der thermischen Bewegung gestört würden. Nach demselben Prinzip haben die Forscher auch Nanozahnäder entwickelt, die, ebenfalls angetrieben von einer STM-Spitze, über eine gezackte Kante aus Atomen abrollen.

Für Leonhard Grill, Physiker an der FU Berlin und einer der Schöpfer der Nanoräder, bilden diese nur einen

Zwischenschritt. Er will molekulare Bausteine finden, die zuvor entworfen, ausgedehnte Strukturen erzeugen können. „Dafür muss man aber die Positionierung der Moleküle steuern können“, sagt Grill. Die Nanoräder sind hierfür ein Proof of Principle. Inzwischen hat Grill mit seiner Gruppe die Idee der molekularen Bausteine weiterentwickelt – und sieht sich damit durchaus in dem von Drexler als molekulare Nanotechnologie gesteckten Rahmen.

Grill arbeitet mit Porphyrin, einem Molekül, dessen Gestalt an ein keltisches Kreuz erinnert. An den Kreuzenden können Halogen-Atome, zum Beispiel Brom, gebunden werden. Mittels Dampfablagerung werden die Porphyrin-Moleküle zunächst auf einer Oberfläche aufgebracht. Werden sie dann auf 610 Kelvin erhitzt, lösen sich die Halogen-Atome und die Moleküle gehen an den freigewordenen Kreuzenden eine feste Bindung ein. Wo zu-

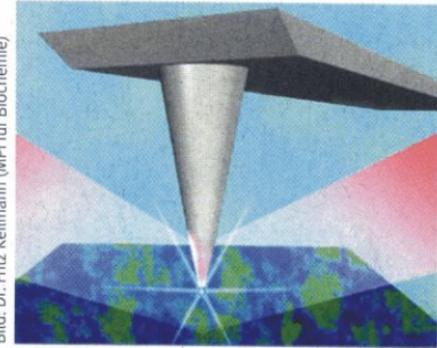


Bild: Dr. Fritz Keilmann (MPI für Biochemie)

Skizze eines Infrarot-Nanoskops, basierend auf einem Kraftmikroskop, dessen Tastspitze den Infrarotstrahl außerordentlich scharf nachfokussiert.

vor keine Halogen-Atome saßen, entsteht keine Bindung – auf diese Weise kann Grill die räumliche Anordnung der Porphyrin-Moleküle steuern. Versähe man die zusätzlich mit chemischen Ankerplätzen für molekulare elektronische Elemente, könnten so ganze Schaltkreise „von selbst“ entstehen.

NEMS

Während Grill aus einzelnen Nanobausteinen größere Strukturen her-