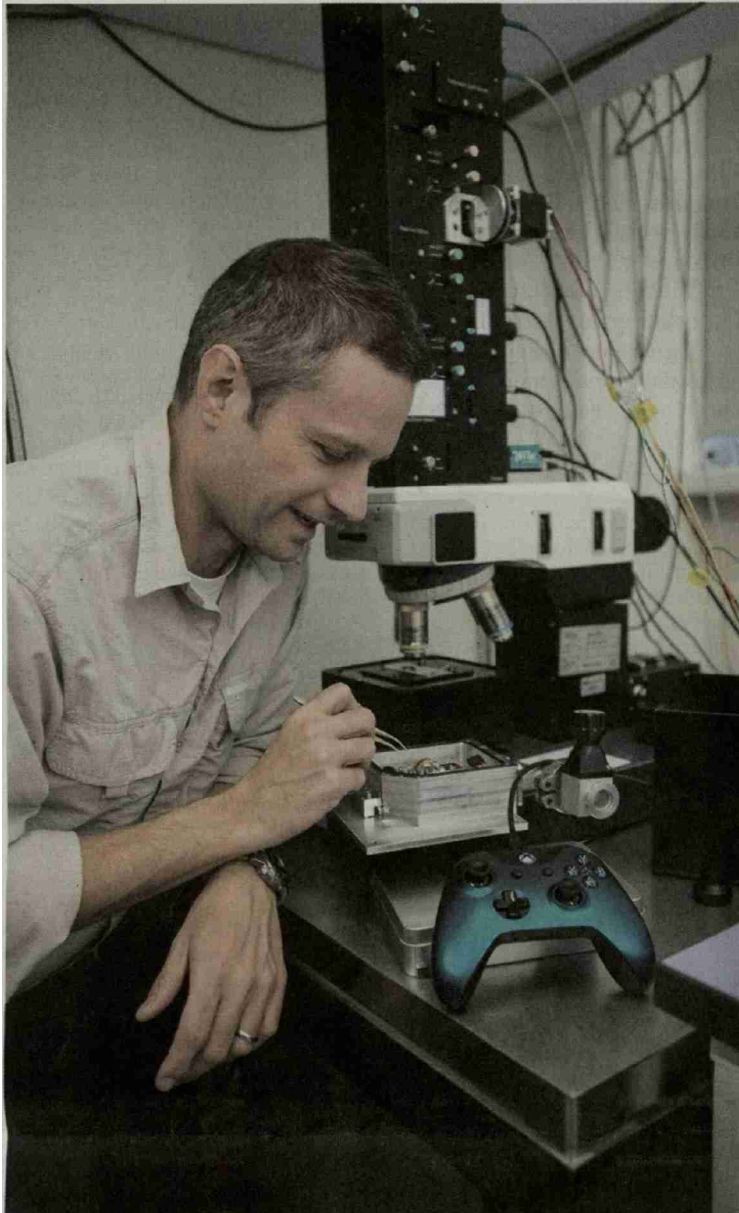


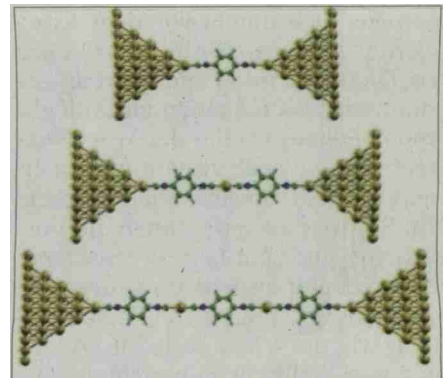
Handgestrickte Moleküle

Forschung: Chemie im Kleinstformat erlaubt neue Messungen



Michel Calame leitet die Empa-Abteilung «Transport at Nanoscale Interfaces». Er konzipierte und betreute den Versuch gemeinsam mit Marcel Mayor von der Universität Basel und Jaime Ferrer von der Universität Oviedo (Spanien).

(Bild: Empa)



Handgestrickte Moleküle: Zwischen zwei Nanometer-dünnen Goldspitzen bilden sich Ketten aus 1,4-Benzoldiisocyanat und einzelnen Gold-Atomen. (Bild: Nature)

Anzeiger von Wallisellen

Für gewöhnlich entstehen Moleküle in Reaktionskesseln oder Laborkolben. Einem Forscherteam der Empa ist es nun gelungen, Moleküle zwischen zwei mikroskopisch kleinen, beweglichen Goldspitzen herzustellen – gewissermassen als «handgestrickte» Einzelstücke. Die Eigenschaften der Moleküle lassen sich während ihres Entstehens in Echtzeit beobachten. Die Forschungsergebnisse wurden soeben in der Fachzeitschrift «Nature Communications» veröffentlicht.

Die Herstellung von Elektronikkomponenten ist bisher Feinarbeit im Speziallabor: Für Nano-Elektronik braucht es spezielle Fräswerkzeuge in Reinräumen; für Elektronik im noch kleineren, atomaren Massstab kommen Atomkraft-Mikroskope (AFM) und Rastertunnel-Mikroskope (STM) zum Einsatz. Chemiker hingegen sind Spezialisten in der Serienproduktion von Molekülen. Sie erschaffen immer eine grosse Zahl von Molekülen zugleich, die untereinander identisch sind. Einen Mittelweg hat es bisher nicht gegeben: die gezielte Synthese eines einzelnen Moleküls – bei der idealerweise auch der Bauprozess überwacht werden kann.

Einer Forschergruppe der Empa, der Universität Basel und der Universität Oviedo ist nun genau das gelungen: Die Forscher synthetisierten kettenförmige Moleküle zwischen zwei mikroskopisch kleinen Goldspitzen. Jedes Molekül ist dabei ein Einzelstück. Die Eigenschaften des entstehenden Atomverbands lassen sich während der Herstellung in Echtzeit beobachten und dokumentieren.

Mikro-Manufaktur zwischen goldenen Spitzen

Anton Vladojka, Jan Overbeck und Mickael Perrin arbeiten in der Em-

pa-Abteilung «Transport at Nanoscale Interfaces» unter der Leitung von Michel Calame. Für ihre Experimente nutzten sie eine Technik namens mechanisch kontrollierte Bruchkontakte («mechanically controllable break junction», MCBJ). Dabei wird eine nur wenige Nanometer dünne Goldbrücke in einer Flüssigkeit langsam gedehnt, bis sie zerreist. An den Bruchspitzen der Nano-Brücke können sich nun einzelne der in der Flüssigkeit gelösten Moleküle anlagern und chemische Reaktionen eingehen.

Die Empa-Forscher tauchten die Goldspitzen in eine Lösung von 1,4-Diisocyanobenzol (DICB), einem länglichen organischen Molekül mit starken elektrischen Dipolen an den beiden Enden. Diese stark geladenen Enden verbinden sich sehr leicht mit Goldatomen. Das Ergebnis: Beim Auseinanderreissen der Brücke löst ein «angedocktes» DICB-Molekül einzelne Goldatome aus dem Kontakt heraus und baut damit eine Molekülkette. Nach jedem DICB-Molekül kommt ein Gold-Atom, darauf erneut ein DICB-Molekül, ein Gold-Atom und so weiter.

Hohe Erfolgsquote

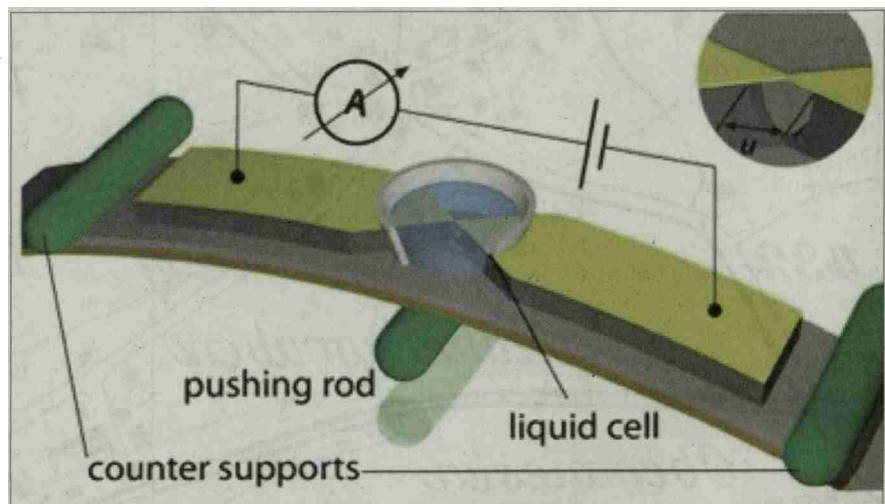
Bemerkenswert daran: Die chemische Synthese der DICB-Goldketten im molekularen Massstab war nicht von Zufällen abhängig, sondern lief immer gleich ab – und dies erst noch bei Raumtemperatur. Die Forscher öffneten und schlossen die Goldkontakt-Brücke mehrfach, um das Verfahren besser zu verstehen. Und in 99 Prozent aller Fälle bildeten sich die immer gleichen Molekülketten aus Gold und DICB. Dabei konnten die Forscher an der elektrischen Leitfähigkeit zwischen den Goldkontakten genau ablesen, wie lang die Kette geworden war. Bis zu drei Kettenglieder waren dabei messbar. Falls vier oder mehr

Anzeiger von Wallzellen

Kettenglieder entstehen, ist die Leitfähigkeit zu gering, und das Molekül bleibt im Rahmen dieses Versuchs unsichtbar.

Grundlage für chemische und physikalische Analysen

Die nun gefundene Methode erlaubt es, elektrisch leitfähige Molekülketten als Einzelstücke herzustellen und mit vielerlei Methoden genau zu charakterisieren. Dies eröffnet völlig neue Möglichkeiten, die elektrischen Eigenschaften von Molekülketten direkt vor der Messung («in situ») zu verändern und mit atomarer Präzision auf einen gewünschten Wert einzustellen – ein wichtiger Schritt auf dem Weg zur Miniaturisierung elektronischer Bauteile. Zugleich erlaubt die neue Methode einen tiefen Einblick in Transportprozesse auf atomarer Ebene. «Um neue Eigenschaften in Molekülverbänden zu entdecken, müssen wir zunächst in der Lage sein, molekulare Strukturen gezielt zu bauen», sagt Michel Calame. «Das haben wir nun geschafft.» (e.)



Versuchsaufbau: Die nur wenige Nanometer dünne Gold-Brücke ist von einer Flüssigkeit umgeben und wird von einer Mikromechanik immer wieder geöffnet und geschlossen – bis zu 50 Mal nacheinander. Zugleich wird die elektrische Leitfähigkeit gemessen. Zwischen den Kontaktspitzen bilden sich Molekülketten.