Livebilder aus dem Nanokosmos

Livebilder aus dem Nanokosmos
Forscherinnen und Forscher haben beim Deutschen Elektron-Synchroton der Helmholtz-Gemeinschaft (DESY) live beobachtet, wie sich fußballförmige Kohlenstoffmoleküle zu ultraglatten Schichten ordnen. Die Untersuchung an DESYs Forschungslichtquelle PETRA III ermöglicht zusammen mit theoretischen Modellrechnungen erstmals, diesen Wachstumsprozess grundlegend zu verstehen, wie die Gruppe um die beiden Erstautoren Sebastian Bommel (DESY und Humboldt-Universität zu Berlin) und Nicola Kleppmann (Technische Universität Berlin) im Fachblatt "Nature Communications" berichtet. Damit wird künftig auch die gezielte Konstruktion von Nanostrukturen aus diesen Kohlenstoffmolekülen möglich, die eine zunehmend wichtige Rolle in der zukunftsträchtigen Plastikelektronik und zum Beispiel in Handy-Displays spielen. An der Untersuchung waren die Humboldt-Universität zu Berlin, die Technische Universität Berlin, die Universität Tübingen und DESY beteiligt.
Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler haben sogenannte Buckyballs untersucht. Das sind kugelförmige Moleküle, die aus 60 Kohlenstoffatomen (C60) bestehen. Da sie an die geodätischen Kuppeln des US-Architekten Richard Buckminster Fuller erinnern, werden sie auch Buckminster-Fullerene oder kurz Buckyballs genannt. Mit ihrer Struktur aus abwechselnden Fünf- und Sechsecken ähneln sie außerdem winzigen, molekularen Fußbällen.
Mit DESYs Röntgenquelle PETRA III beobachteten die Forscherinnen und Forscher, wie sich aus einem Dampf von Buckyballs die kugelförmigen Moleküle auf einem Substrat ablagern. Tatsächlich entsteht dabei eine Lage nach der anderen, die Kohlenstoffmoleküle wachsen vorwiegend in Inseln mit einer Höhe von nur einem Molekül und bilden kaum Türmchen. "Die erste Lage ist zu 99 Prozent fertig gewachsen, bevor das erste Prozent der zweiten Lage entstanden ist", berichtet DESY-Forscher Bommel, der an der Humboldt-Universität in der Gruppe von Prof. Dr. Stefan Kowarik promoviert. Auf diese Weise bilden sich extrem glatte Schichten.
"Damit wir die Wachstumsprozesse wirklich live beobachten konnten, mussten wir die Oberfläche auf molekularer Ebene schneller vermessen, als eine einzelne Schicht wächst, was ungefähr im Minutenabstand stattfindet", erläutert Koautor Dr. Stephan Roth, Leiter der Messstation P03, an der die Versuche stattfanden. "Dafür ist die Röntgenstreuung besonders geeignet, mit der sich das Wachstum detailliert verfolgen lässt."
"Um die Entwicklung der Oberflächenformen auf molekularer Ebene zu verstehen, haben wir umfangreiche Simulationen im Nichtgleichgewicht durchgeführt, die den gesamten Wachstumsprozess der C60-Moleküle zu einer Gitterstruktur beschreiben", erläutert Nicola Kleppmann, Doktorandin in der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Sabine Klapp am Institut für Theoretische Physik der TU Berlin. "Unsere Ergebnisse liefern fundamentale Einblicke in die molekularen Wachstumsprozesse eines Systems, das ein wichtiges Bindeglied zwischen der Welt der Atome und derjenigen der Kolloide darstellt."
Dank der Kombination aus experimentellen Beobachtungen und Modellrechnungen konnten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler erstmals für ein derartiges System drei zentrale Energieparameter zugleich bestimmen: die Bindungsenergie der Fußballmoleküle untereinander sowie die sogenannte Diffusionsbarriere, die ein Molekül überwinden muss, wenn es sich auf der Oberfläche bewegen will, und die Ehrlich-Schwoebel-Barriere, die ein Molekül überwinden muss, wenn es auf einer Insel landet und von ihr herunterhüpfen will.
"Durch diese Werte verstehen wir jetzt erstmals wirklich, wodurch das Wachstum von Nanostrukturen bestimmt wird", betont Bommel. "Wenn man in die Zukunft denkt, ist es vorstellbar, mit diesem Wissen gezielt das Wachstum der Strukturen zu beeinflussen: Wie muss ich meine Parameter Temperatur und Depositionsrate verändern, um eine bestimmte Inselgröße wachsen zu lassen. Das könnte zum Beispiel für organische Solarzellen, die C60 beinhalten, interessant sein." Mit denselben Methoden wollen die Forscher in Zukunft auch das Wachstum weiterer molekularer Systeme erkunden.
Das Deutsche Elektronen-Synchrotron DESY ist das führende deutsche Beschleunigerzentrum und eines der führenden weltweit. DESY ist Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft und wird zu 90 Prozent vom BMBF und zu 10 Prozent von den Ländern Hamburg und Brandenburg finanziert. An seinen Standorten in Hamburg und Zeuthen bei Berlin entwickelt, baut und betreibt DESY große Teilchenbeschleuniger und erforscht damit die Struktur der Materie. Die Kombination von Forschung mit Photonen und Teilchenphysik bei DESY ist einmalig in Europa.
Originalarbeit:
"Unravelling the multilayer growth of the fullerene C60 in real-time"; Sebastian Bommel, Nicola Kleppmann et al.;"Nature Communications", 2014;

Kontakt
Prof. Dr. Stefan Kowarik
Humboldt-Universität zu Berlin
Tel.: 030 2093-4818
stefan.kowarik@physik.hu-berlin.de
M.Sc. Sebastian Bommel
DESY und HU Berlin
Tel.: 040 8998-3802,
  sebastian.bommel@desy.de
<img src="http://www.pressrelations.de/new/pmcounter.cfm?n_pinr_=580201" width="1" height="1">

Pressekontakt

Humboldt-Universität zu Berlin

10099 Berlin

Firmenkontakt

Humboldt-Universität zu Berlin

10099 Berlin

Weitere Informationen finden sich auf unserer Homepage