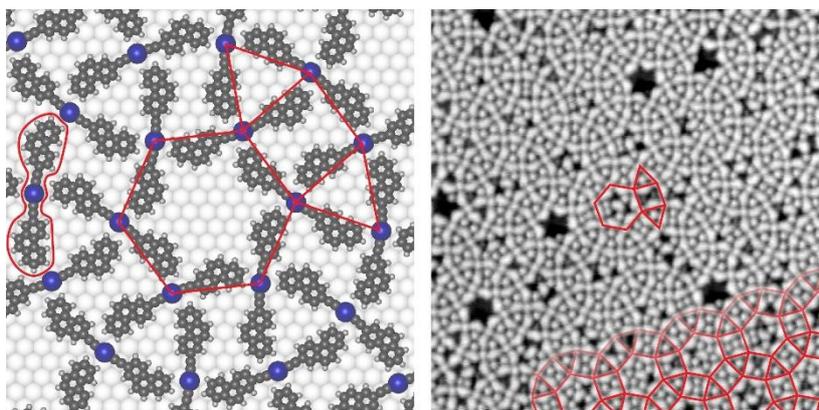


## Komplexe Parkettmuster – erstaunliche Materialien

Einfache organische Moleküle bilden komplexe Materialien durch Selbstorganisation – Veröffentlichung in Nature Chemistry



Aus einem Baustein (links, roter Umriss) – bestehend aus zwei Teilen und einem Silber-Atom (blau) – entstehen komplexe, halbreguläre „Parkettmuster“ (rechts, Mikroskopbild). (Bild: Klappenberger und Zhang / TUM)

**Parkett kennt man aus dem Wohnzimmer. Aber auch Materialien können eine mikrostrukturierte Parkettierung aufweisen. Diese können etwa für außergewöhnliche elektrische Leitfähigkeit, spezielle Lichtreflektion oder extreme mechanische Belastbarkeit sorgen. Solche Strukturen gezielt zu erzeugen, bedarf großer molekularer Bausteine, die meist nicht mit den konventionellen Herstellungsprozessen kompatibel sind. Im Fachmagazin Nature Chemistry erklären Forscher des KIT und der TUM nun, wie Moleküle selbstorganisiert ein komplexes Parkettmuster bilden.**

Das Team des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) und der Technischen Universität München (TUM) hat einen Reaktionsweg entdeckt, der aus einfachen zweidimensionalen Netzwerken exotische Schichten mit halbregulärer Struktur erzeugt. Solche Materialien sind interessant, weil sie häufig außerordentliche Eigenschaften be-

**Monika Landgraf**  
Pressesprecherin,  
Leiterin Gesamtkommunikation

Kaiserstraße 12  
76131 Karlsruhe  
Tel.: +49 721 608-47414  
Fax: +49 721 608-43658  
E-Mail: [presse@kit.edu](mailto:presse@kit.edu)

### Weiterer Pressekontakt:

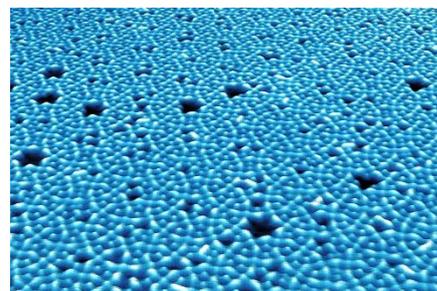
Kosta Schinarakis  
Themenscout  
Tel.: +49 721 608 41956  
Fax: +49 721 608 43658  
E-Mail: [schinarakis@kit.edu](mailto:schinarakis@kit.edu)

Dr. Andreas Battenberg  
Pressereferent, TU München  
Tel.: +49 89 289 10510  
E-Mail: [battenberg@zv.tum.de](mailto:battenberg@zv.tum.de)

sitzen. Bei dem Verfahren verbinden sich einfachere organische Moleküle zu größeren Bausteinen, die komplexe, halbreguläre Muster erzeugen.

Um eine Fläche mit gleichförmigen Kacheln lückenlos zu pflastern, kommen nur wenige geometrische Grundformen in Frage: Dreiecke, Vierecke und Sechsecke. Mit zwei oder mehr Kachelformen lassen sich wesentlich mehr und deutlich komplexere Muster erzeugen, die immer noch regelmäßig sind, die sogenannten Archimedischen Parkettierungen.

Auch Materialien können eine solche Parkettierung aufweisen und weisen dann häufig ganz besondere und erstrebenswerte Eigenschaften auf, zum Beispiel außergewöhnliche elektrische Leitfähigkeit, spezielle Lichtreflektion oder extreme mechanische Belastbarkeit. Doch es ist schwierig, solche Strukturen gezielt zu erzeugen. Dafür sind große molekulare Bausteine nötig, die nicht mit den konventionellen Herstellungsprozessen kompatibel sind.



*Das neue Verfahren bildet aus einfachen organischen Molekülen eine komplexe, halbreguläre 3.4.6.4 Parkettierung. (Bild: Klappenberger / Zhang / TUM)*

### **Komplexes Parkettmuster durch Selbstorganisation**

Bei einer Klasse supramolekularer Netzwerke ist nun einem internationalen Team um die Professoren Florian Klappenberger und Johannes Barth vom Lehrstuhl für Experimentalphysik an der TUM sowie Professor Mario Ruben vom Karlsruher Institut für Technologie ein Durchbruch gelungen: Sie brachten organische Moleküle dazu, sich zu größeren Bausteinen zu verbinden, die selbstorganisiert ein komplexes Parkettmuster bilden.

Als Ausgangsverbindung nutzten sie Ethynyl-Iodophenanthren, ein handliches organisches Molekül aus drei aneinandergeschlossenen Kohlenstoffringen, das ein Iod- und ein Alkin-Ende besitzt. Auf einem Silbersubstrat bildet dieses Molekül zunächst ein regelmäßiges Netz mit großen sechseckigen Maschen. Eine Wärmebehandlung setzt dann eine Abfolge chemischer Prozesse in Gang, die einen neuartigen, deutlich größeren Baustein erzeugen, der dann quasi automatisch und selbstorganisiert eine komplexe Schicht mit kleinen sechs-, vier- und dreieckigen Poren bildet. Dieses Muster wird in der Sprache der Geometrie als semireguläre 3.4.6.4 Parkettierung bezeichnet.

Die Arbeitsgruppe von Mario Ruben am Institut für Nanotechnologie des KIT war im Projekt für die maßgeschneiderte, zielgerichtete Synthese und Charakterisierung von mehrkernigen Molekülkomplexen verantwortlich, die als Bausteine des Parketts dienen. „Wir haben einen völlig neuen Weg entdeckt, um komplexe Materialien aus einfachen organischen Bausteinen herzustellen“, fassen Klappenberger

und Ruben zusammen. „Das ist wichtig, um Materialien mit neuen und extremen Eigenschaften gezielt synthetisieren zu können. Außerdem tragen diese Ergebnisse dazu bei, ein spontanes Auftauchen – der Emergenz – von Komplexität in chemischen und biologischen Systemen besser zu verstehen.“

Die an der TUM durchgeführten Rastertunnelmikroskopie-Messungen zeigen deutlich, dass am Molekülbau viele Reaktionen beteiligt sind, was normalerweise zu zahlreichen Abfallprodukten führt. Im neuen Prozess werden Abfallprodukte wiederverwendet, so dass der Gesamtprozess in einer hohen Atomökonomie zum gewünschten Endprodukt führt. Wie es dazu kommt, fanden die Forscher durch weitere Experimente heraus.

Mit Hilfe röntgenspektroskopischer Messungen am Elektronenspeicherring BESSY II des Helmholtz-Zentrums Berlin konnte entschlüsselt werden, wie sich Iod vom Ausgangsstoff abspaltet, Wasserstoffatome zu neuen Plätzen wandern und die Alkin-Gruppen ein Silberatom einfangen. Mit Hilfe des Silber-Atoms binden sich in der Folge zwei Ausgangsbauusteine zu einem neuen, größeren Baustein aneinander. Die neuen Bausteine bilden anschließend die beobachtete komplexe Porenstruktur.

Die Arbeiten wurden gefördert mit Mitteln der Deutschen Forschungsgemeinschaft (im Rahmen des Exzellenzclusters Munich-Centre for Advanced Photonics sowie des Schwerpunktprogramms SPP 1459, des Transregio TRR 88 3Met C5 und des DFG Projekts KL 2294/3) und des European Research Councils (ERC Advanced Grant MolArt). Die Synthese und Charakterisierung der Moleküle wurden in der Karlsruhe Nano Micro Facility durchgeführt.

Publikation: Yi-Qi Zhang, Mateusz Paszkiewicz, Ping Du, Liding Zhang, Tao Lin, Zhi Chen, Svetlana Klyatskaya, Mario Ruben, Ari P. Seitsonen, Johannes V. Barth, and Florian Klappenberger: Complex supramolecular interfacial tessellation through convergent multistep reaction of a dissymmetric simple organic precursor, *Nature Chemistry* 2017. DOI: 10.1038/nchem.2924

Link zum paper: <https://www.nature.com/nchem/>

**Als „Die Forschungsuniversität in der Helmholtz-Gemeinschaft“ schafft und vermittelt das KIT Wissen für Gesellschaft und Umwelt. Ziel ist es, zu den globalen Herausforderungen maßgebliche Beiträge in den Feldern Energie, Mobilität und Information zu leisten. Dazu arbeiten rund 9 300 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter auf einer breiten disziplinären Basis in Natur-,**

**Ingenieur-, Wirtschafts- sowie Geistes- und Sozialwissenschaften zusammen. Seine 26 000 Studierenden bereitet das KIT durch ein forschungsorientiertes universitäres Studium auf verantwortungsvolle Aufgaben in Gesellschaft, Wirtschaft und Wissenschaft vor. Die Innovationstätigkeit am KIT schlägt die Brücke zwischen Erkenntnis und Anwendung zum gesellschaftlichen Nutzen, wirtschaftlichen Wohlstand und Erhalt unserer natürlichen Lebensgrundlagen. lebensgrundlag**

*Das KIT ist seit 2010 als familiengerechte Hochschule zertifiziert.*

Diese Presseinformation ist im Internet abrufbar unter:  
[www.sek.kit.edu/presse.php](http://www.sek.kit.edu/presse.php)

Das Foto steht in der höchsten uns vorliegenden Qualität auf [www.kit.edu](http://www.kit.edu) zum Download bereit und kann angefordert werden unter: [presse@kit.edu](mailto:presse@kit.edu) oder +49 721 608-47414. Die Verwendung des Bildes ist ausschließlich in dem oben genannten Zusammenhang gestattet.