

## Pressemitteilung

Max-Planck-Institut für Quantenoptik

Katharina Jarrah

19.05.2022

<http://idw-online.de/de/news794049>

Forschungsergebnisse  
Physik / Astronomie  
überregional

## Es tut sich was auf den Nanoteilchen

**Physiker am Max-Planck-Institut für Quantenoptik und der Ludwig-Maximilians-Universität München in Zusammenarbeit mit der Stanford University haben erstmals mit Hilfe von Laserlicht den Ort von lichtinduzierten Reaktionen auf der Oberfläche von Nanopartikeln gesteuert.**

Starke elektromagnetische Felder auf Nanopartikeln zu kontrollieren ist der Schlüssel, um auf deren Oberflächen gezielt molekulare Reaktionen auszulösen. Eine solche Kontrolle über Starkfelder erreicht man über Laserlicht. Zwar wurden in der Vergangenheit eine laserinduzierte Entstehung und Brechung von molekularen Bindungen auf Nanopartikeloberflächen beobachtet, doch eine nanoskopische optische Kontrolle von Oberflächenreaktionen wurde bisher nicht erreicht. Ein internationales Team um Dr. Boris Bergues und Prof. Matthias Kling an der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) und dem Max-Planck-Institut für Quantenoptik (MPQ) in Zusammenarbeit mit der Stanford University hat diese Lücke nun geschlossen. Die Physiker bestimmten erstmals den Ort von lichtinduzierten molekularen Reaktionen auf der Oberfläche von isolierten Siliziumdioxid-Nanopartikeln mit Hilfe von ultrakurzen Laserpulsen.

Es herrscht Trubel auf der Oberfläche von Nanopartikeln. Moleküle docken an, lösen sich und verändern ihren Aufenthaltsort. Das alles treibt chemische Reaktionen an, verändert Materie und lässt sogar neue Materialien entstehen. Das Geschehen im Nanokosmos lässt sich mit Hilfe von elektromagnetischen Feldern kontrollieren. Das hat nun ein Team um Dr. Boris Bergues und Prof. Matthias Kling aus der Ultraschnellen Elektronik und Nanophotonik Gruppe gezeigt. Das Team hat mittels starker, Femtosekunden-langer Laserpulse hierfür lokale Felder auf den Oberflächen isolierter Nanopartikel erzeugt. Eine Femtosekunde ist ein Millionstel einer milliardstel Sekunde.

Mit Hilfe der so genannten Reaktions-Nanoskopie, einer neuen Technik, die kürzlich in der gleichen Gruppe entwickelt wurde, waren die Physiker in der Lage, den Reaktionsort und den Geburtsort von Molekülfragmenten auf der Oberfläche von Siliziumdioxid-Nanopartikeln abzubilden - und dies mit einer Auflösung besser als 20 Nanometer. Die nanoskopische örtliche Kontrolle, die mit noch höherer Auflösung erreichbar ist, bewirkten die Wissenschaftler, indem sie die Felder von zwei Laserpulsen mit unterschiedlicher Farbe, kontrollierter Wellenform und Polarisation überlagerten. Hierbei mussten sie den Zeitversatz zwischen den beiden Pulsen mit einer Genauigkeit von Attosekunden einstellen. Eine Attosekunde ist noch tausend Mal kürzer als eine Femtosekunde. Bei der Wechselwirkung mit diesem maßgeschneiderten Licht wurden die Oberfläche der Nanoteilchen und die dort adsorbierten Moleküle an gezielten Stellen ionisiert, wobei die Moleküle in verschiedene Fragmente aufgespalten wurden.

„Molekulare Oberflächenreaktionen auf Nanopartikeln spielen in der Nanokatalyse eine grundlegende Rolle. Sie könnten ein Schlüssel zur sauberen Energiegewinnung sein, insbesondere mittels photokatalytischer Wasserspaltung“, erläutert Matthias Kling. „Unsere Ergebnisse ebnen den Weg, um photokatalytische Reaktionen auf Nanopartikeln in Zukunft nicht nur räumlich mit Nanometerauflösung, sondern auch zeitlich mit Femtosekundenauflösung zu verfolgen. Dies wird detaillierte Einblicke in die Dynamik von Oberflächenprozessen auf deren natürlichen Raum- und Zeitskalen ermöglichen“, ergänzt Boris Bergues.

Die Wissenschaftler gehen davon aus, dass sich dieser vielversprechende neue Ansatz auf zahlreiche komplexe isolierte nanostrukturierte Materialien anwenden lässt.

Thorsten Naeser

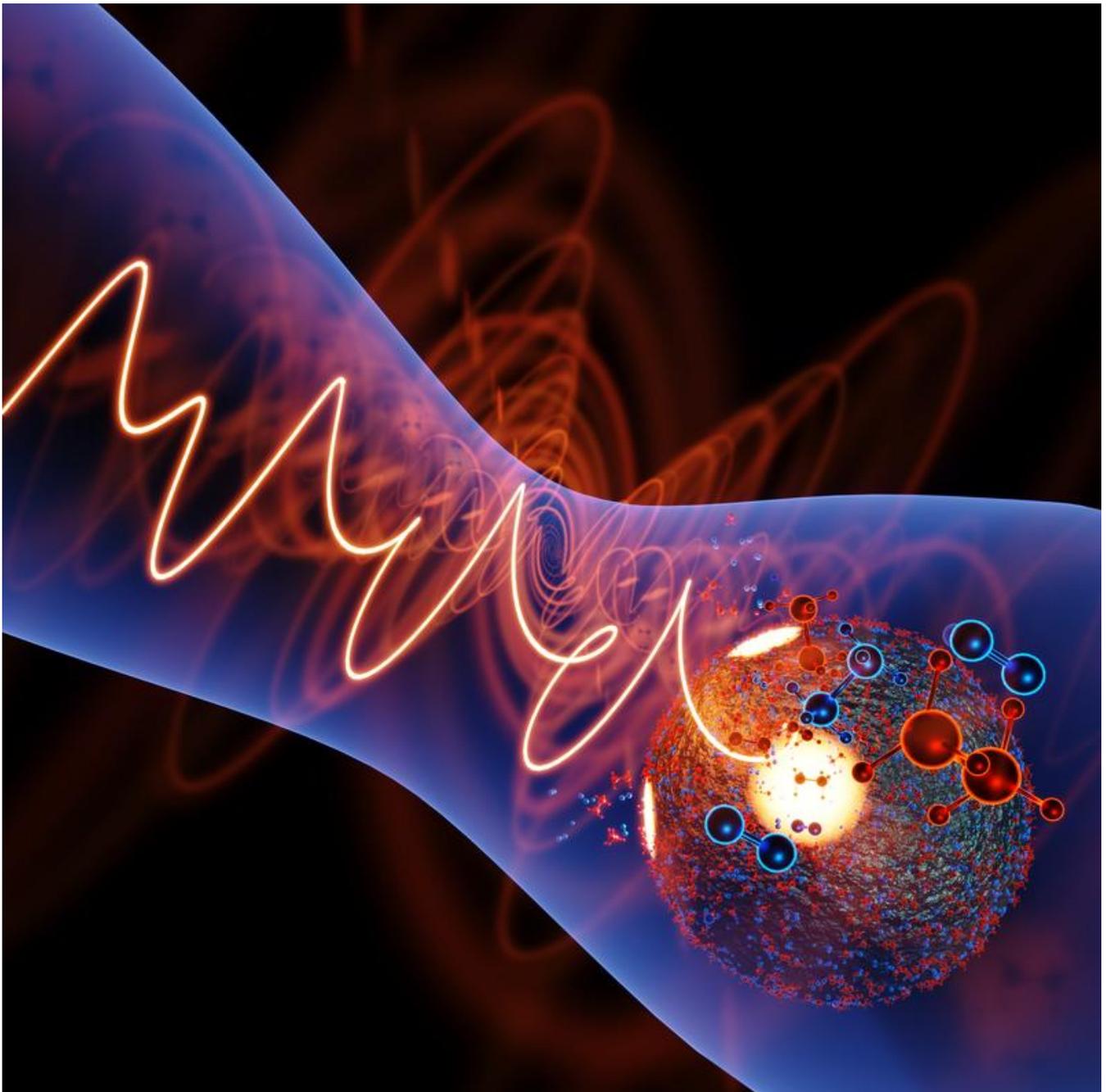
wissenschaftliche Ansprechpartner:

Dr. Boris Bergues  
Leiter des Teams für Starkfeld-Dynamik im Labor für Attosekundenphysik  
Ludwig-Maximilians-Universität München & Max-Planck-Institut für Quantenoptik  
Hans-Kopfermann-Str. 1  
D-85748 Garching  
Tel.: (+ 49 89) 32905 – 330  
E-Mail: [boris.bergues@mpq.mpg.de](mailto:boris.bergues@mpq.mpg.de)  
<http://attosecondimaging.de/strong-field-dynamics/>

Prof. Dr. Matthias Kling  
Ultrafast Electronics and Nanophotonics Group  
SLAC, Stanford University, 2575 Sand Hill Rd, CA 94025, USA  
LMU Munich / Max Planck Institute of Quantum Optics  
Hans-Kopfermann-Str. 1, 85748 Garching, Germany  
Tel.: +1-650-926-2745  
E-Mail: [kling@stanford.edu](mailto:kling@stanford.edu)  
<https://uen.stanford.edu>

Originalpublikation:

Wenbin Zhang, Ritika Dagari, Philipp Rosenberger, Ana Sousa, Marcel Neuhaus, Weiwei Lii, Shrjeel A. Khan, Ali Alnaser, Emiliano Cortes, Stefan Maier, Cesar Costa-Vera, Matthias F. Kling, Boris Bergues  
All-optical nanoscopic spatial control of molecular reaction yields on nanoparticles  
Optica, April 2022  
DOI:10.1364/OPTICA.453915



Ein Nanopartikel im Feld eines Femtosekunden-Laserpulses mit maßgeschneiderter Wellenform & Polarisierung. Die kontrollierte Verstärkung des Feldes in bestimmten nanoskopischen Bereichen des Nanopartikels führt zu ortsselektiven photochem. Reaktionen [...]  
RMT Bergues