

**Press release****Universität Rostock****Dr. Kirstin Werner**

01/25/2023

<http://idw-online.de/en/news808127>Research results, Transfer of Science or Research  
Physics / astronomy  
transregional, national**Elektronen auf der Überholspur**

**Mit ultraschnellen Laserblitzen hat eine Forschungsgruppe der Universität Rostock und des Max-Planck-Instituts für Festkörperphysik in Stuttgart den bisher kürzesten Elektronenpuls erzeugt und gemessen. Dabei wurden mit Hilfe von Lasern die Elektronen aus einer winzigen Metallspitze herausgelöst, was nur 53 Attosekunden, also 53 Milliardstel einer Milliardstel Sekunde, dauerte. Mit dieser Studie, deren Ergebnisse in der Fachzeitschrift „Nature“ veröffentlicht werden, stellen die Forschenden einen neuen Geschwindigkeitsrekord bei der künstlichen Kontrolle elektrischer Ströme in festen Materialien auf.**

Die Forschungsarbeit eröffnet neue Möglichkeiten für die Verbesserung der Leistung von Elektronik und Informationstechnologien sowie für die Entwicklung neuer wissenschaftlicher Methoden zur Visualisierung von Phänomenen im Mikrokosmos bei ultimativen Geschwindigkeiten.

Haben Sie sich schon einmal gefragt, wodurch die Geschwindigkeit Ihres Computers und Ihrer anderen elektronischen Geräte bestimmt wird? Es ist die Dauer, die Elektronen – einige der kleinsten Teilchen unseres Mikrokosmos – brauchen, um aus winzigen Kontakten im Inneren der Transistoren elektronischer Mikrochips zu strömen. Methoden zur Beschleunigung dieses Prozesses sind von zentraler Bedeutung für die Weiterentwicklung der Elektronik und ihrer Anwendungen bis an die ultimativen Grenzen der Leistungsfähigkeit. Doch was ist die kürzeste mögliche Strömungsdauer von Elektronen aus einer winzigen Metallleitung in einem elektronischen Schaltkreis?

Dieser Frage sind ein Forscherteam um Professor Eleftherios Goulielmakis, Leiter der Arbeitsgruppe Extreme Photonik am Institut für Physik der Universität Rostock, und Mitarbeitende des Max-Planck-Instituts für Festkörperphysik in Stuttgart nachgegangen. Mit extrem kurzen Lichtblitzen, erzeugt mittels modernster Lasertechnologie, haben die Forschenden Elektronen aus einer Wolfram-Nanospitze ausgeschossen und so den bisher kürzesten Elektronenpuls erzeugt. Die Ergebnisse der Studie sind nun in Nature veröffentlicht (25. Januar 2023, DOI: <https://www.nature.com/articles/s41586-022-05577-1>).

Tatsächlich ist schon seit langem bekannt, dass Licht durch den sogenannten Photoeffekt – für dessen Erklärung Albert Einstein 1921 mit dem Nobelpreis geehrt wurde – Elektronen aus Metallen herauslösen kann. Dennoch ist dieser Prozess bis heute äußerst schwer zu manipulieren, da das elektrische Feld des Lichts seine Richtung etwa eine Million Milliarden Mal pro Sekunde umdreht. Das macht es extrem schwierig zu kontrollieren, wie und wann es die Elektronen aus der Oberfläche eines Metalls herausreißt.

Um diese Schwierigkeit zu überwinden, nutzten die Rostocker Wissenschaftler und ihre Kollaborationspartner die zuvor von ihnen entwickelte Technologie der so genannten Lichtfeldsynthese. Diese ermöglicht es ihnen, einen Lichtblitz auf weniger als eine volle Schwingung seines eigenen Feldes zu verkürzen. Mit solchen Lichtblitzen beschossen die Forscher die Spitze einer winzigen Wolframnadel um Elektronen ins Vakuum zu schleudern. „Mit Lichtpulsen, die lediglich einen einzigen Zyklus des Feldes umfassen, ist es nun möglich, den Elektronen einen genau kontrollierten Kick zu geben, so dass sie innerhalb eines sehr kurzen Zeitintervalls aus der Wolframspitze herausgelöst werden“, erklärt Eleftherios

Goulielmakis.

Die Herausforderung der Erzeugung der bisher kürzesten Elektronenpulse konnte jedoch nur gemeistert werden, nachdem die Wissenschaftler auch einen Weg fanden, die Dauer der erzeugten Pulse zu bestimmen. Dazu entwickelte das Team eine neuartige Kamera, die Schnappschüsse der Elektronen während der ultrakurzen Zeitspanne machen kann, in der sie durch den Laser aus der Nanospitze ins Vakuum befördert werden. „Der Trick bestand darin, einen zweiten, sehr schwachen Lichtblitz zu verwenden“, sagt Dr. Hee-Yong Kim, Hauptautor der Studie. „Dieser zweite Laserblitz kann die Energie des erzeugten Elektronenpulses leicht modifizieren, sodass wir herausfinden können, wie er im Laufe der Zeit aussah“, fügt er hinzu. „Es ist ein bisschen wie bei dem Spiel ‚Was ist in der Schachtel?‘, bei dem man ohne hinzusehen versucht, ein Objekt zu identifizieren, indem man seine Form nur mit den Händen ertastet“, fährt er fort.

Aber wie könnte diese neue Methodik in der Elektronik eingesetzt werden? „Da moderne Technologien schnell voranschreiten, ist zu erwarten, dass zukünftig mikroskopisch kleine elektronische Schaltkreise entwickelt werden, in denen sich die Elektronen im Vakuum zwischen dicht gepackten Leitungen bewegen, um so Hindernisse zu vermeiden, die sie verlangsamen“, so Goulielmakis. „Die Verwendung von Licht, um Elektronen aus diesen Leitungen herauszulösen und zwischen ihnen zu bewegen, könnte die zukünftige Elektronik um das Tausendfache ihrer heutigen Geschwindigkeit beschleunigen“, erklärt er.

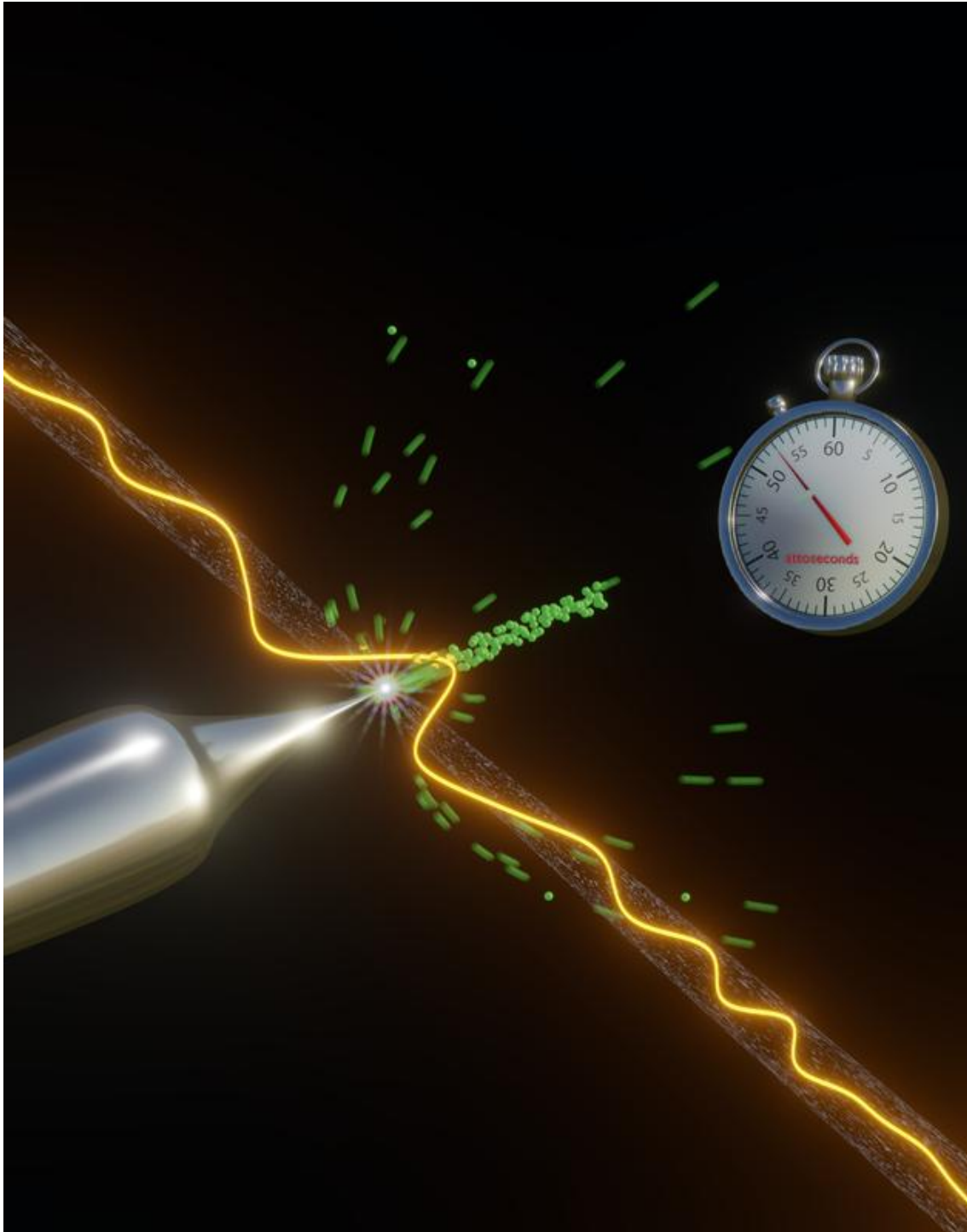
Die Forscher sind jedoch der Ansicht, dass ihre neu entwickelte Methodik auch unmittelbar wissenschaftlich genutzt werden kann. „Das Emittieren von Elektronen aus einem Metall innerhalb eines Bruchteils des Zyklus eines Lichtfeldes vereinfacht die Interpretation der Experimente dramatisch und ermöglicht es uns, fortgeschrittene theoretische Methoden zu verwenden, um die Emission von Elektronen in einer Weise zu verstehen, die nie zuvor möglich war“, sagt Professor Thomas Fennel, Mitautor der neuen Studie. „Da unsere Elektronenpulse eine hervorragende Auflösung für Schnappschüsse elektronischer und atomarer Bewegungen in Materialien bieten, wollen wir sie zu nutzen, um ein tiefes Verständnis komplexer Materialien zu erlangen und so deren Anwendung für zukünftige Technologien zu erleichtern“, so Goulielmakis abschließend.

contact for scientific information:

Prof. Dr. Eleftherios Goulielmakis  
Universität Rostock  
Institut für Physik  
Extreme Photonics Laboratory  
Tel.: +49 381 498-6800  
E-Mail: e.goulielmakis@uni-rostock.de

Original publication:

Publikation: H.Y. Kim, M. Garg, S. Mandal, L. Seiffert, T. Fennel & E. Goulielmakis: Attosecond Field Emission. In: Nature 25. January 2023, DOI: <https://www.nature.com/articles/s41586-022-05577-1>).



Mithilfe ultrakurzer Lichtblitze werden aus einer metallischen Nanospitze Elektronenpulse mit einer Dauer von nur 53 Attosekunden emittiert  
Eleftherios Goulielmakis  
Universität Rostock