



# PRESSE- MITTEILUNG

## Außergewöhnliche Statistiken von Elektronen emittiert durch intensives Quantenlicht

ERLANGEN, 8. MAI 2024

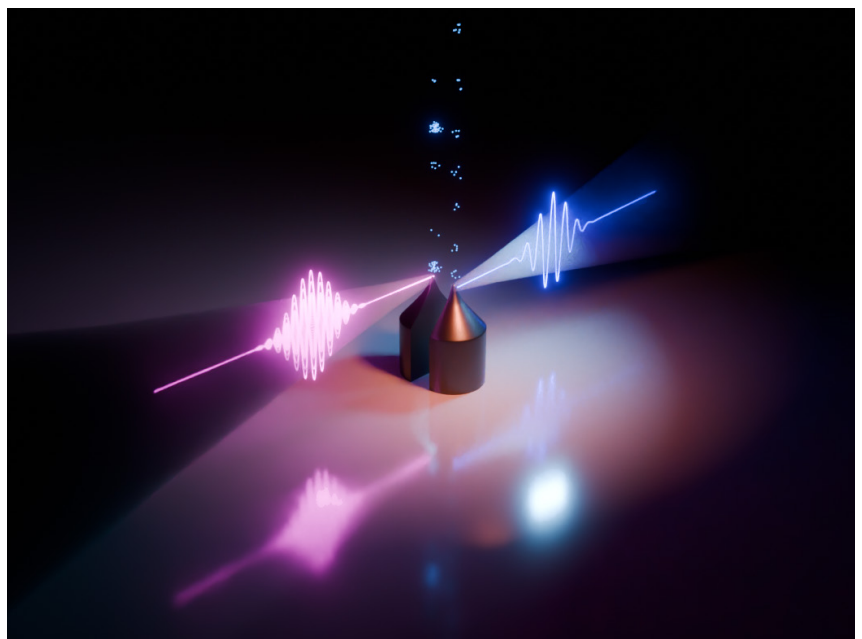
Die Verteilung der Elektronenzahl verschiedener Lichtquellen wurde bereits eingehend wissenschaftlich untersucht. Über die statistische Verteilung der emittierten Elektronen unter intensiver Lichteinwirkung hingegen ist kaum etwas bekannt. Wissenschaftler\*innen des Max-Planck-Instituts für die Physik des Lichts (MPL) und der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU) haben nun extreme und höchst ungewöhnliche statistische Ereignisse in der Elektronenzahlverteilung entdeckt, welche sich ergeben, wenn nanometergroße Metallnadelspitzen mit ultrakurzen Pulsen aus intensivem Quantenlicht beleuchtet werden. Die kürzlich in der Fachzeitschrift *Nature Physics* veröffentlichten Ergebnisse belegen, dass die Anzahl der Elektronen durch die Lichtstatistik beeinflusst wird und tragen zu einem tieferen Verständnis des Prozesses der Elektronenemission bei. Diese Erkenntnisse werden dazu beitragen, Elektronenmikroskope weiter zu verbessern.

In einem Kooperationsprojekt untersuchen die Teams von Prof. Maria Chekhova, MPL und Prof. Peter Hommelhoff, FAU, wie extrem starkes Quantenlicht mit Materie wechselwirken kann. Die Forschenden beleuchten nanometergroße Metallnadelspitzen mit Pulsen aus klassischem Licht und Quantenlicht. Sie detektieren die aus dem Metall freigesetzten Elektronen und untersuchen deren statistische Eigenschaften.

Die Elektronen, die unter der Einwirkung von klassischem Licht emittiert werden, folgten einer Poissonschen Verteilung, d. h. jedes Elektron wird unabhängig von den anderen emittiert. Ihre Anzahl variierte nur geringfügig

von Puls zu Puls. Durch den Wechsel zu einer Quantenlichtquelle, dem sogenannten *bright squeezed vacuum* (*gequetschtes Licht*), welche starke Fluktuationen der Photonenzahl aufweist, konnten die Forscher\*innen zeigen, dass die Statistik der Photonen auf die Elektronen übertragen werden kann. Mit dem bright squeezed vacuum konnten die Wissenschaftler\*innen extreme statistische Ereignisse mit bis zu 65 Elektronen aus einem Lichtpuls messen, bei einem Durchschnittswert von 0,27 Elektronen pro Puls. Im Falle einer Poissonschen Statistik wäre die Wahrscheinlichkeit eines solchen Ereignisses, also ein Ausreißer, der den Mittelwert um den Faktor 240 übersteigt, lediglich  $10^{-128}$ . Indem die Anzahl der Moden des gequetschten Vakuums verändert wurde, konnten die Wissenschaftler die Elektronenzahlverteilung nach Bedarf anpassen.

Künstlerische Darstellung: Elektronen werden von einer Metallnadelspitze emittiert, ausgelöst durch eine nicht-klassische (lila) und eine klassische (blau) Lichtquelle.



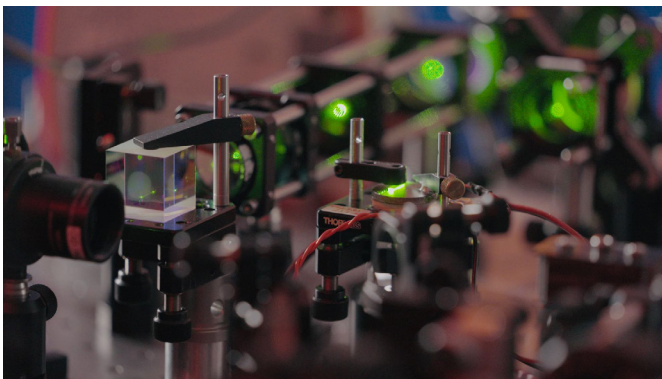
© Stefan Meier

„Unsere Ergebnisse zeigen, dass die Photonenstatistiken von dem antreibenden Licht auf die emittierten Elektronen übertragen werden kann, was die Tür zu neuen Sensorgeräten und Starkfeldoptiken mit Quantenlicht und Elektronen öffnet“, sagt Professor Maria Chekhova, Forschungsgruppenleiterin am MPL.

Um die Dimensionen anhand eines Beispiels aus dem Alltag zu veranschaulichen, erklärt Jonas Heimerl, Doktorand an der FAU: „Wenn man Rosinen auf Muffins verteilt, folgt die Wahrscheinlichkeit, eine bestimmte Anzahl von Rosinen im Muffin zu finden, einer Poisson-Verteilung. Angenommen, es gibt im Durchschnitt zwei Rosinen pro Muffin. So kann es durchaus vorkommen, dass keine Rosinen oder fünf Rosinen im Muffin zu finden sind. In den meisten Fällen werden es jedoch zwei sein. Die Wahrscheinlichkeit, mehr als 50 Rosinen zu erhalten, ist bei einer Poisson-Verteilung unmöglich.“

Die beobachteten Multi-Elektronen-Ereignisse waren bei diesen Experimenten vergleichbar mit dem Auffinden von 480 Rosinen in einem einzigen Muffin, – was sicherlich jeden erfreuen würde.

© Tanya Chekhova



Teil des optischen Aufbaus für die Generierung von gequetschtem Licht.

#### Original Publikation in Nature Physics

Heimerl, J., Mikhaylov, A., Meier, S. et al. Multiphoton electron emission with non-classical light. Nat. Phys. (2024).  
<https://doi.org/10.1038/s41567-024-02472-6>

#### Wissenschaftlicher Kontakt:

Max-Planck-Institut für die Physik des Lichts, Erlangen  
Prof. Maria Chekhova /  
Leiterin der Forschungsgruppe ›Quantenstrahlung‹  
Staudtstr. 2 / D-91058 Erlangen, Germany  
[www.mpl.mpg.de](http://www.mpl.mpg.de) / [maria.chekhova@mpl.mpg.de](mailto:maria.chekhova@mpl.mpg.de)

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU)  
Department of Physics  
Jonas Heimerl, M. Sc  
Staudtstr. 1 / D-91058 Erlangen, Germany  
[jonas.heimerl@fau.de](mailto:jonas.heimerl@fau.de)



Prof. Maria Chekhova, Leiterin der Forschungsgruppe ›Quantenstrahlung‹ am Max-Planck-Institut für die Physik des Lichts



Prof. Peter Hommelhoff, FAU, Lehrstuhl für Laserphysik an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg



MAX-PLANCK-INSTITUT  
FÜR DIE PHYSIK DES LICHTS

*Das Max-Planck-Institut für die Physik des Lichts (MPL) deckt ein breites Forschungsspektrum ab, darunter nichtlineare Optik, Quantenoptik, Nanophotonik, photonische Kristallfasern, Optomechanik, Quantentechnologien, Biophysik und – in Zusammenarbeit mit dem Max-Planck-Zentrum für Physik und Medizin – Verbindungen zwischen Physik und Medizin. Das MPL wurde im Januar 2009 gegründet und ist eines der über 80 Institute der Max-Planck-Gesellschaft, die Grundlagenforschung in den Natur-, Bio-, Geistes- und Sozialwissenschaften im Dienste der Allgemeinheit betreiben.*



Friedrich-Alexander-Universität  
Erlangen-Nürnberg

*Die Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU), gegründet 1743, ist mit fast 40.000 Studierenden, über 600 Professorinnen und Professoren und etwa 16.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern eine der größten Universitäten in Deutschland. Derzeit werden federführend oder in Beteiligung der FAU mehr als 100 Programme von der DFG gefördert. Die FAU bietet rund 270 Studiengänge an, darunter neun Bayerische Elite-Master-Studiengänge und etwa 50 mit dezidiert internationaler Ausrichtung. Keine andere Universität in Deutschland kann auf ein derart breit gefächertes und interdisziplinäres Studienangebot auf allen Qualifikationsstufen verweisen. Durch Hochschulpartnerschaften rund um den Globus steht den Studierenden der FAU schon während des Studiums die ganze Welt offen.*