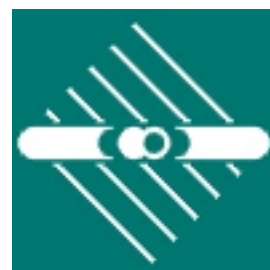


Press release**Max-Planck-Institut für Kernphysik****Dr. Bernold Feuerstein**

11/09/2022

<http://idw-online.de/en/news804437>Research results
Physics / astronomy
transregional, national**Elektronen und Photonen im Doppelpack**

Physiker des Heidelberger Max-Planck-Instituts für Kernphysik haben mit einer neuen experimentellen Methode die resonante Zwei-Photonen-Ionisation von Helium mit verbesserter spektraler Auflösung und winkelaufgelöst untersucht. Hierzu nutzten Sie ein am Institut entwickeltes Reaktionsmikroskop, nun kombiniert mit einem hochauflösenden Photonenspektrometer für extrem-ultraviolettes (EUV) Licht. Die Messungen wurden am Hamburger Freie-Elektronen-Laser (FLASH) durchgeführt, eine brillante Strahlungsquelle für intensive EUV Laserblitze. Damit lassen sich die Ereignisse aus jedem einzelnen Laserblitz hinsichtlich der Photonenenergie analysieren und ergeben spektral hochaufgelöste Datensätze.

Helium als das einfachste und leicht verfügbare Mehrelektronensystem eignet sich in idealer Weise für grundlegende theoretische und experimentelle Studien. Die gegenseitige elektrische Abstoßung der beiden Elektronen spielt hier eine wesentliche Rolle – sie trägt mit einem guten Drittel zur gesamten Bindungsenergie bei. Von besonderem und fundamentalen Interesse ist die Wechselwirkung mit Photonen (Lichtquanten). Forschende des Heidelberger Max-Planck-Instituts für Kernphysik aus den Gruppen um Christian Ott und Robert Moshhammer in der Abteilung von Thomas Pfeifer haben am Freie-Elektronen-Laser FLASH des DESY in Hamburg die resonante Zwei-Photonen-Ionisation von Helium detailliert untersucht.

In diesem nichtlinearen Prozess absorbieren beide Elektronen zugleich zwei extrem-ultraviolette Photonen und bilden einen doppelt angeregten Zustand, in welchem sich anschaulich beide Elektronen auf einer großen Umlaufbahn um den positiv geladenen Heliumkern befinden. Der korrelierte Paartanz der Elektronen ist instabil und ihre gegenseitige Abstoßung bewirkt, dass eines das Atom verlässt, während das andere in den Grundzustand des nun positiv geladenen Helium-Ions zurückfällt – dieser Prozess wird als Autoionisation bezeichnet (siehe Abb. 1). Er tritt auf, wenn die Summenenergie der Photonen gerade der diskreten Anregungsenergie entspricht, also Resonanz vorliegt.

Für das Verständnis erweist es sich als vorteilhaft, dass die Photonen praktisch keinen Impuls auf das Atom übertragen, wohl aber einen Drehimpuls, der wiederum die Winkelverteilung des Elektrons beeinflusst. Für eine detaillierte Messung nutzten die Forschenden ein Reaktionsmikroskop (REMI), welches einen kinematisch vollständigen Nachweis sowohl der Photoelektronen als auch der Helium-Ionen erlaubt. Es musste aber noch eine grundsätzliche Schwierigkeit überwunden werden: Der Freie-Elektronen-Laser liefert zwar ausreichend intensive Ultraviolettstrahlung, aber die Energie der Photonen hat eine recht große Bandbreite und der Energiebereich höchster Intensität schwankt zudem von Laserblitz zu Laserblitz.

Gerade diese Eigenschaft wurde aber nun ausgenutzt: „Wir haben mit einem Spektrometer die Energieverteilung der Photonen in jedem einzelnen Schuss vermessen und anschließend nach der Photonenenergie mit der höchsten Intensität (Peak-Position) sortiert“, erläutert Erstautor Michael Straub. „Synchronisiert mit den REMI-Signalen gewinnen wir somit spektral hochaufgelöste Datensätze, digital durchstimmbar über die gesamte Bandbreite.“ (Abb. 2). Die Resonanz wurde mit diesem Trick aufgelöst und die Winkelverteilung der Photoelektronen in der Resonanzvermessen. Im direkten Vergleich mit theoretischen Rechnungen aus der Gruppe von Chris Greene (Purdue

University) ergab sich eine gute Übereinstimmung, im Detail aber auch Abweichungen. Ein Erklärungsansatz sind geringe Beiträge aus nichtresonanter Ionisation durch einzelne Photonen doppelter Energie (rote Kurve in Abb. 1), die etwa 1% des FLASH-Photonenflusses ausmachen.

„Diese Ergebnisse und die neu entwickelte experimentelle Methodik eröffnen einen vielversprechenden Weg zur Erforschung fundamentaler Wechselwirkungen von wenigen Photonen mit wenigen Elektronen“, fasst Gruppenleiter Christian Ott die Tragweite der Arbeit zusammen.

contact for scientific information:

Dr. Christian Ott
Tel.: +49 6221 516-577
christian.ott@mpi-hd.mpg.de

PD Dr. Robert Moshhammer
Tel.: +49 6221 516-461
robert.moshhammer@mpi-hd.mpg.de

Prof. Dr. Thomas Pfeifer
Tel.: +49 6221 516-380
thomas.pfeifer@mpi-hd.mpg.de

Original publication:

Differential measurement of electron ejection after two-photon two-electron excitation of helium
Michael Straub, Thomas Ding, Marc Rebholz, Gergana D. Borisova, Alexander Magunia, Hannes Lindenblatt, Severin Meister, Florian Trost, Yimeng Wang, Steffen Palutke, Markus Braune, Stefan Düsterer, Rolf Treusch, Chris H. Greene, Robert Moshhammer, Thomas Pfeifer and Christian Ott
Physical Review Letters, 28. Oktober 2022. DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.129.183204>

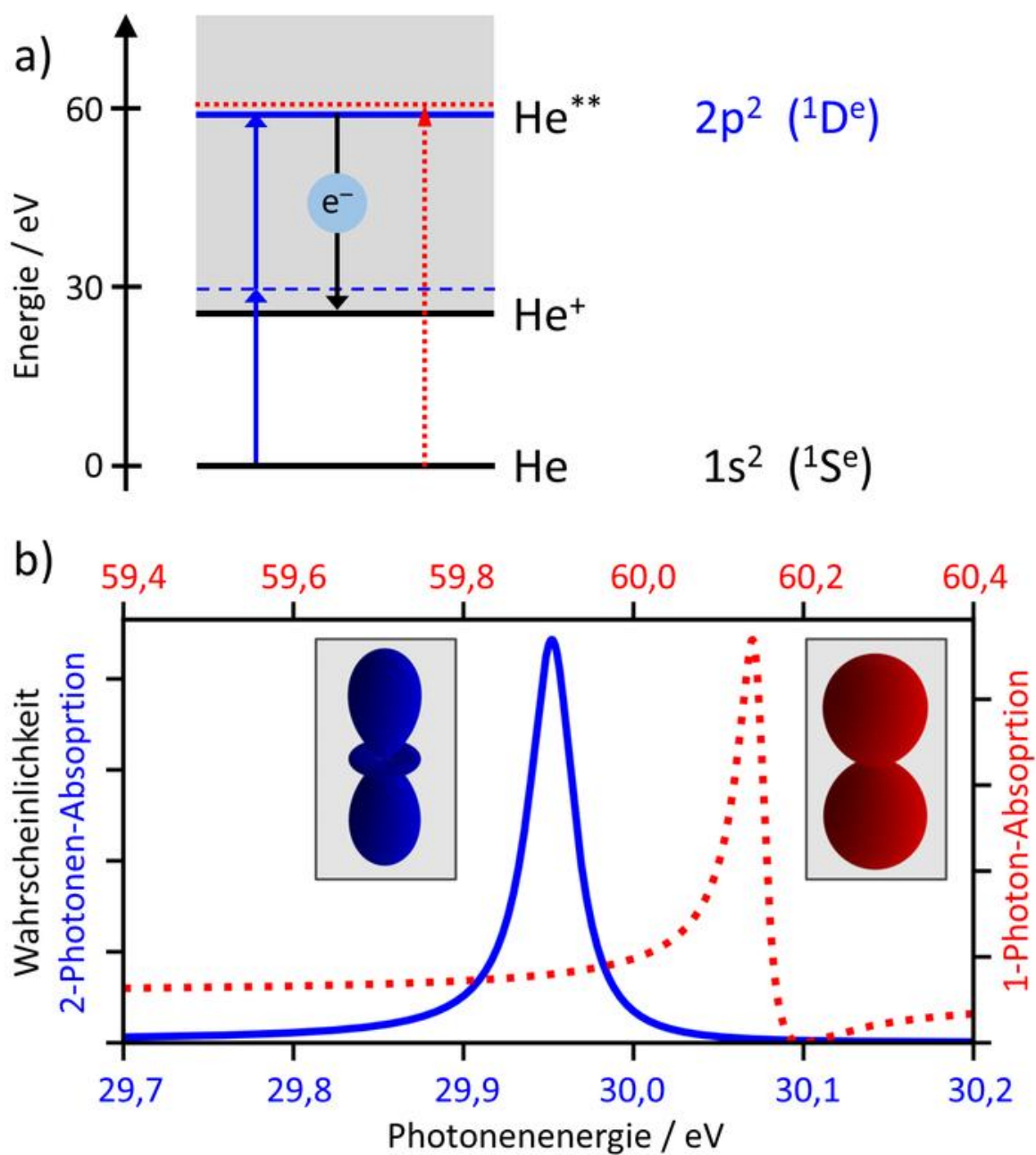


Abb. 1: (a) Energieniveaus, (b) berechnete Anregungsfunktion und Winkelverteilungen (Teilbilder) für EUV-Photoionisation von Helium: Absorption von zwei Photonen (blau) und von einem Photon doppelter Energie (rot). MPIK

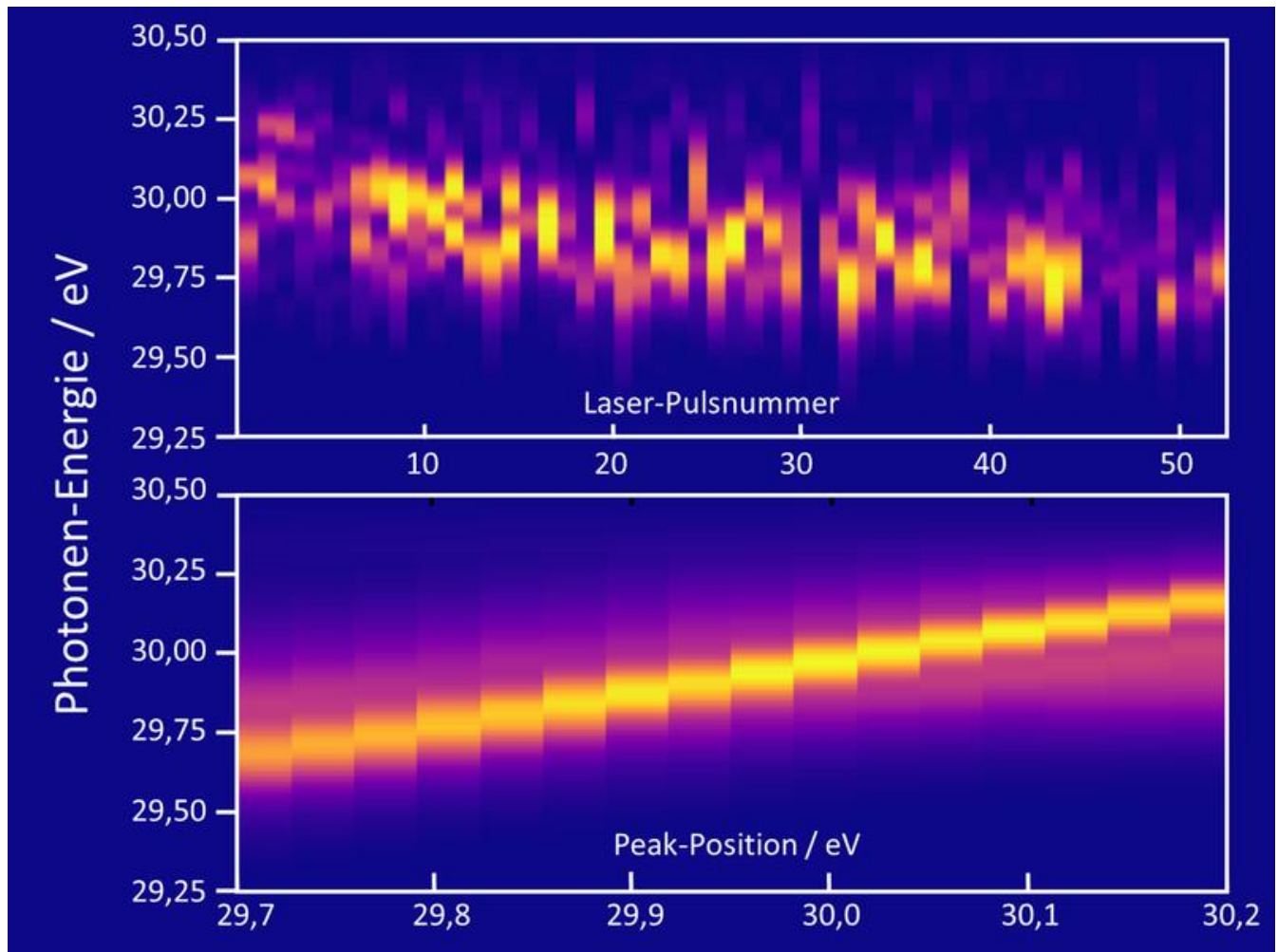


Abb. 2: Spektrum der Photonen unsortiert (oben) und nach der Peak-Position sortiert (unten).
MPIK