

19-037 vom 27.02.2019

Aktuelle Veröffentlichung in Nature Photonics

Physiker der Ludwig-Maximilians-Universität München und der TU Dortmund legen neue Grundlagen für die Weiterentwicklung von Strahlungsquellen

Die Forschungsergebnisse eines Teams um Prof. Stefan Karsch an der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) München / Max-Planck-Institut für Quantenoptik (MPQ) in Zusammenarbeit mit JProf. Wolfram Helml von der Fakultät Physik der TU Dortmund könnten in Zukunft dazu beitragen, die Anwendung der Strahlenphysik im medizinischen Bereich effizienter und kostengünstiger zu machen. Mit dem Experiment zur „Erzeugung doppelenergetischer Elektronenstrahlen“ haben die Forscher es geschafft, Elektronenstrahlung besser zu kontrollieren. Ihre Arbeit wurde nun im renommierten Magazin Natur Photonics veröffentlicht.

Die Ergebnisse der Arbeit von Johannes Wenz, *et al.* von der Ludwig-Maximilians-Universität München bilden eine wichtige Grundlage für weitere Forschungen. Bisherige Experimente können durch die neu gewonnene präzise zeitliche Kontrollierbarkeit verfeinert werden. „Stellen Sie sich einen Sprung mit Drehung beim Eiskunstlauf vor – der dauert drei Sekunden und dabei passieren unendlich viele Dinge. Durch eine extrem ‚schnelle Belichtungszeit‘ bekommen wir extrem viele und präzise Momentaufnahmen von diesem Sprung und dadurch ist es uns möglich, ganz fundamentale Vorgänge zu sehen“, fasst JProf. Helml zusammen. „Auf unser Experiment übertragen bedeutet das, dass wir letztendlich darauf abzielen, besser verstehen zu können, wie organische und chemische Prozesse funktionieren. Weitere Experimente können dann genauer untersuchen, wie beispielsweise selektiv kranke Zellen zerstört werden können.“

Solche „Momentaufnahmen“ können mit Hilfe von Elektronenstrahlung gemacht werden, die in Teilchenbeschleunigern erzeugt wird. An der Dortmunder Elektronenspeicherringanlage (DELTA) der TU Dortmund, dem weltweit einzigen Teilchenbeschleuniger an einer Universität, werden Elektronen fast auf Lichtgeschwindigkeit gebracht. Wenn dieser hochenergetische Elektronenstrahl mit Hilfe von Magneten von seiner geraden Bahn abgelenkt wird, geben die Elektronen Energie in Form von Photonen – oder Lichtteilchen – ab. Diese Lichtabstrahlung ist beispielsweise für die Aufnahme von Röntgenbildern nutzbar. Teilchenbeschleuniger wie DELTA in Dortmund oder der lineare Beschleuniger im Stanford Linear Acceleration Center (SLAC) in Kalifornien sind wegen ihrer Größe jedoch nicht praktikabel für die medizinische Alltagsanwendung. Der lineare Beschleuniger SLAC misst mehr als 3.000 Meter und der DELTA-Ring kommt auf 115,2 Meter Umfang. Seit mehr als zehn Jahren arbeiten Forscherinnen und Forscher daran, das Prinzip der Teilchenbeschleuniger auf eine kompaktere Größe zu bringen. Sie versprechen sich davon, dass die von den beschleunigten Elektronen erzeugte Strahlung z.B. zur Früherkennung von Krebs verwendet werden kann.

Kontakt:
Martin Rothenberg
Telefon: (0231) 755-6412
Fax: (0231) 755-4664
martin.rothenberg@tu-dortmund.de

In dem vorliegenden Experiment, ursprünglich ersonnen von Johannes Wenz und Konstantin Khrennikov am MPQ und später weiterentwickelt von Dr. Andreas Döpp am LMU Laboratory of Extreme Photonics (LEX)), haben die Forscher, wie in der aktuellen Ausgabe von Nature Photonics vorgestellt wird, eine neue Grundlage dafür geschaffen. Sie untersuchten den Vorgang der Elektronenbeschleunigung mit einem hochintensiven optischen Laser in einem Gas. Für den experimentellen Aufbau nutzt das Expertenteam eine neuartige Version des kompakten „Kiefeld-Beschleunigers“ (engl. wakefield accelerator). Hierbei wird ein ultraintensiver Laserimpuls verwendet, um ein Gas zu ionisieren und die erzeugten Elektronen in einer Art Plasmablase hinter sich einzufangen. Wie im Kielwasser eines Schnellboots „surfen“ die Elektronen auf der entstehenden Plasmawelle hinter dem Laserimpuls und erreichen innerhalb weniger Millimeter annähernd Lichtgeschwindigkeit. Konventionelle Beschleuniger benötigen hierzu viele Meter. Die beschleunigten Elektronen können nun – wie oben beschrieben – Energie in Form von Licht freisetzen. Diese Strahlung kann allerdings in ihrer Farbe oder Frequenz variieren: Sie kann zum Beispiel kurz- oder langwellig sein, Röntgenstrahlung oder Terahertzstrahlung. Die Frequenz hängt von der Bewegungsenergie der Elektronen ab, die wiederum vom Laserimpuls erzeugt wird. Für unterschiedliche Anwendungen sind ganz bestimmte Frequenzen gewünscht. Darum ist es notwendig, diese genau einzustellen und eventuell auch variieren zu können.

Hier setzt das Experiment der Forscher aus München und Dortmund an: Da für Experimente zur Messung von schnellen Vorgängen üblicherweise zwei Pulse – ein Anregungs- und ein Kontrollimpuls – gesetzt werden, generieren die Forscher nun durch den neuartigen Aufbau mit nur einem Laserimpuls zwei unterschiedliche Elektronenenergien und damit auch zwei Strahlungsfrequenzen. Auf diese Weise können zeitliche Ungenauigkeiten und Ungewissheiten über die Frequenzen kontrolliert werden. Damit haben die Forscher neue Möglichkeiten zur selektiven Erforschung von molekularen Reaktionen eröffnet. Weitere Experimente dazu, was mit dieser neuen Grundlage möglich ist, stehen noch aus. In der späteren Vermessung und Anwendung dieser Strahlung liegt auch die Verbindung zur Dortmunder Gruppe von JProf. Helml.

Die neue Fähigkeit, verschiedene Strahlungsfrequenzen gleichzeitig kontrolliert zu erzeugen und die Abgabe der Photonen zeitlich einzustellen, kann die Forschung zur Strahlenphysik darin unterstützen, den Weg in die medizinische Anwendung zu finden. „Wir leisten unseren Beitrag mit diesem Schritt, der hoffentlich irgendwann zur erfolgreichen Behandlung und vor allem Früherkennung von Tumoren führt“, sagt JProf. Helml.

ZUR PERSON:

Helml studierte Physik an der Universität Wien und schrieb seine Diplomarbeit in theoretischer Teilchenphysik. Für die Dissertation wechselte er zur experimentellen physikalischen Forschung ans Max-Planck-Institut

für Quantenoptik in Garching bei München, wo er 2012 mit Auszeichnung promovierte. Mit einem Marie-Curie-Stipendium der EU ging Helml anschließend für knapp zwei Jahre an den Stanford Linear Accelerator in Kalifornien, USA, und kehrte danach an die Technische Universität München zurück. Zuletzt leitete er das Teilprojekt „Laser-driven Undulator X-ray source“ im Centre for Advanced Laser Applications an der Ludwig-Maximilians-Universität München. Seit 2018 ist er Juniorprofessor für Beschleunigerphysik an der Fakultät Physik der TU Dortmund.

Weitere Informationen unter:

<http://www.delta.tu-dortmund.de/cms/de/DELTA/index.html>

Ansprechpersonen bei Rückfragen:

Prof. Dr. Stefan Karsch
Fakultät für Physik Ludwig-Maximilians-Universität München
&
Max-Planck-Institut für Quantenoptik
Hans-Kopfermann-Strasse 1
D-85748 Garching, Germany
Tel.: +49-89-32905-322
Fax: +49-89-32905-200
E-Mail: stefan.karsch@mpq.mpg.de

JProf. Wolfram Helml
Zentrum für Synchrotronstrahlung
Technische Universität Dortmund
Telefon: 0231 – 755 5376
E-Mail: wolfram.helml@tu-dortmund.de

Die Technische Universität Dortmund hat seit ihrer Gründung vor 50 Jahren ein besonderes Profil gewonnen, mit 16 Fakultäten in Natur- und Ingenieurwissenschaften, Gesellschafts- und Kulturwissenschaften. Die Universität zählt rund 34.500 Studierende und 6.300 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, darunter etwa 300 Professorinnen und Professoren. Das Lehrangebot umfasst rund 80 Studiengänge. In der Forschung ist die TU Dortmund in vier Profildbereichen besonders stark aufgestellt: (1) Material, Produktionstechnologie und Logistik, (2) Chemische Biologie, Wirkstoffe und Verfahrenstechnik, (3) Datenanalyse, Modellbildung und Simulation sowie (4) Bildung, Schule und Inklusion. Bis zu ihrem 50. Geburtstag belegte die TU Dortmund beim QS-Ranking „Top 50 under 50“ Rang drei der bundesdeutschen Neugründungen.