



## PRESSE-INFORMATION

**Max-Planck-Institut für Quantenoptik**  
und



**Munich-Centre for Advanced Photonics**

Garching, 14. August 2015

### Mini-Röntgenquelle mit Laserlicht

*Physiker der Ludwig-Maximilians-Universität, des Max-Planck-Instituts für Quantenoptik und der TU München haben ein Verfahren aus lasergenerierter Röntgenstrahlung und Phasenkontrast-Röntgentomographie entwickelt, mit dem sie Weichteil-Strukturen in Organismen dreidimensional darstellen.*

Mit Laserlicht haben Münchner Physiker eine Miniatur-Röntgenquelle gebaut. Damit haben die Forscher vom Labor für Attosekundenphysik des Max-Planck-Instituts für Quantenoptik und der Technischen Universität München erstmals mit Hilfe von lasererzeugter Röntgenstrahlung feinste Strukturen im Körper eines Lebewesens dreidimensional aufgenommen. Mit der lichtgetriebenen Strahlung in Kombination mit der Phasenkontrast-Röntgentomographie machten die Wissenschaftler feinste Details einer nur wenige Millimeter großen Fliege sichtbar. Bis heute wird eine vergleichbare Strahlung in kilometergroßen, teuren Ringbeschleunigern erzeugt. Das lasergetriebene System in Kombination mit der Phasenkontrast-Röntgentomographie zur Darstellung von Weichteilen beansprucht gerade mal ein Universitätslabor. In künftigen medizinischen Anwendungen könnte das neue Bildgebungsverfahren damit kostengünstiger und platzsparender als heutige Technologien zum Einsatz kommen.



Selbst feinste Härchen auf den Flügeln einer winzigen Fliege werden sichtbar, wenn die Physiker um Prof. Stefan Karsch und Prof. Franz Pfeiffer ein Insekt mit Röntgenlicht durchleuchten. Das Experiment hat Pioniercharakter. Denn erstmals haben die Wissenschaftler ihre Technik zur Erzeugung von Röntgenstrahlung aus Laserpulsen gekoppelt mit der sogenannten Phasenkontrast-Röntgentomographie, mit der man Gewebe in Organismen darstellen kann. Herausgekommen ist eine dreidimensionale Ansicht des Tieres, die ungeahnte Details sichtbar gemacht hat.

**Bild:** Das weltweit erste Bild einer Fliege, die mit einem rein laser-gestützten Phasenkontrast-Röntgentomographie-Bildverfahren aufgenommen wurde. Zusammengesetzt ist es aus rund 1500 Einzelbildern. Es werden selbst feinste Details dreidimensional dargestellt. In einem konventionellen Röntgenbild würden sie unsichtbar bleiben. **Bild:** Karsch/Pfeiffer

Die dazu notwendigen Röntgenstrahlen wurden über Elektronen erzeugt, die von rund 25 Femtosekunden langen Laserpulsen auf einer Strecke von rund einem Zentimeter fast bis auf Lichtgeschwindigkeit gebracht wurden. Eine Femtosekunde dauert ein Millionstel einer milliardstel Sekunde. Die

Max-Planck-Institut für Quantenoptik  
Presse- und Öffentlichkeitsarbeit  
Dr. Olivia Meyer-Streng  
Tel.: +49-89-32905-213  
E-Mail: [olivia.meyer-streng@mpq.mpg.de](mailto:olivia.meyer-streng@mpq.mpg.de)  
Hans-Kopfermann-Str. 1, D-85748 Garching

Munich-Centre for Advanced Photonics  
Public Outreach  
Thorsten Naeser  
Tel.: +49-89-32905-124  
E-Mail: [thorsten.naeser@mpq.mpg.de](mailto:thorsten.naeser@mpq.mpg.de)

Laserpulse hatten eine Leistung von rund 80 Terawatt ( $80 \times 10^{12}$  Watt). Zum Vergleich: Ein Atomkraftwerk verfügt über 1500 Megawatt ( $1,5 \times 10^9$  Watt).

Zunächst pflügt der Laserpuls durch ein Plasma, bestehend aus positiv geladenen Atomrümpfen und deren Elektronen, wie ein Schiff durchs Wasser und erzeugt dabei eine Kielwelle, die aus schwingenden Elektronen besteht. Diese Elektronenwelle zieht eine wellenförmig elektrische Feldstruktur nach sich, auf der Elektronen surfen und dadurch beschleunigt werden. Dabei kommen die Teilchen ins Schlingern und emittieren Röntgenstrahlung. Jeder Lichtpuls erzeugt einen Röntgenpuls. Die erzeugte Röntgenstrahlung hat spezielle Eigenschaften: Sie hat eine Wellenlänge von rund 0,1 Nanometer, eine Dauer von nur ca. fünf Femtosekunden und ist räumlich kohärent, das heißt, sie scheint von einem Punkt auszugehen.

Die lasergetriebene Röntgenstrahlung kombinierten die Forscher erstmals mit dem Phasenkontrast-Bildgebungsverfahren des Teams von Prof. Franz Pfeiffer von der TU- München. Dabei nutzt man, im Gegensatz zur üblichen Absorption, die Brechung der Strahlung an Objekten, um deren Form exakt abzubilden. So wird auch weiches Gewebe sichtbar. Damit dies funktioniert, ist die oben erwähnte räumliche Kohärenz Voraussetzung.

Mit diesem lasergestützten Bildgebungsverfahren sind die Forscher in der Lage, Strukturen von ca. 1/10 bis 1/100 des Durchmessers eines menschlichen Haares sichtbar zu machen. Ein weiterer Vorteil ist die Möglichkeit dreidimensionale Abbildungen eines Objekts zu erschaffen und so quasi in dessen Körper einzutauchen. Denn nach jedem Röntgenstrahlungspuls, also nach jedem Einzelbild, kann das zu untersuchende Objekt ein Stück gedreht werden. So entstanden beispielsweise von der Fliege rund 1500 Einzelbilder, die dann zu einem 3D-Datensatz zusammengesetzt werden konnten.

Aufgrund der Kürze der Röntgenpulse kann diese Technik in Zukunft auch ultraschnelle Vorgänge auf der Femtosekunden-Zeitskala, wie sie etwa in Molekülen vorkommen, erschließen, quasi also durch Belichtung mit einem Femtosekunden-Blitzlicht.

Vor allem aber interessant wird die Technologie für medizinische Anwendungen. Denn sie ist in der Lage, Unterschiede in der Dichte von Gewebe sichtbar zu machen. Tumorgewebe etwa haben eine geringere Dichte als gesundes Gewebe. Damit bietet das Verfahren eine großartige Perspektive Tumore, die kleiner als ein Millimeter sind, lokal in ihrem Frühstadium aufzuspüren, bevor sie in den Körper streuen und ihre tödliche Wirkung entfalten. Dazu müssen die Forscher jedoch die Wellenlänge der Röntgenstrahlung noch weiter verkürzen, um dickere Gewebeschichten als bisher durchdringen zu können.

*Thorsten Naeser*

#### **Originalveröffentlichung:**

J. Wenz, S. Schleede, K. Khrennikov, M. Bech, P. Thibault, M. Heigoldt, F. Pfeiffer und S. Karsch

#### **Quantitative X-ray phase-contrast microtomography from a compact laser-driven betatron source**

*Nature Communications*, DOI: 10.1038/ncomms8568, 20. Juli 2015

#### **Weitere Informationen erhalten Sie von:**

##### **Prof. Dr. Stefan Karsch**

LMU, Fakultät für Physik  
Am Coulombwall 1, 85748 Garching  
Telefon: +49 (0)89 / 32 905 - 242  
E-Mail: stefan.karsch@mpq.mpg.de

##### **Thorsten Naeser**

Munich-Centre for Advanced Photonics  
Public Outreach  
Telefon: +49 (0)89 / 32 905 - 124  
E-Mail: thorsten.naeser@mpq.mpg.de

##### **Prof. Dr. Franz Pfeiffer**

Technische Universität München  
Lehrstuhl für Biomedizinische Physik  
James-Franck-Str. 1, 85748 Garching  
Telefon: +49 (0)89 / 289 – 10807  
E-Mail: franz.pfeiffer@tum.de