

# TELEPOLIS

## Der aller kürzeste Moment

Katja Seefeldt 26.02.2004

Gemessen mit der schnellsten Stoppuhr der Welt

Ihre Vorstellungen über das Innere eines Atoms konnten Wissenschaftler lange Zeit nur von Berechnungen und Messungen ableiten - hineinsehen konnte niemand. Die Physiker Ferenc Krausz vom Institut für Photonik der **Technischen Universität Wien** (1) sowie Markus Drescher, Ulrich Heinzmann und Ulf Kleineberg von der Fakultät für Physik der **Universität Bielefeld** (2) sind jedoch schon seit einigen Jahren erfolgreich dabei, atomare Ereignisse mittels ultrakurzer Lichtblitze zu fixieren und sogar zu steuern. Im aktuellen **Nature** (3) berichten sie nun von der "schnellsten Stoppuhr der Welt" und der bislang kürzesten gemessenen Zeitspanne.



Mit modernsten Mikroskopen können Wissenschaftler einzelne Atome in ihrem Ruhezustand beobachten, bewegen sich die Atome jedoch, benötigt man hyperschnelle Lichtpulse, um ihre Bewegung aus einer Serie von Aufnahmen zu rekonstruieren. Reicht zur scharfen Abbildung eines fahrenden Rennwagens eine Belichtungszeit von weniger als eine tausendstel Sekunde, so sind für die schnellen Bewegungen im Innern eines Atoms deutlich kürzere Belichtungszeiten nötig, denn dort beträgt die typische Dauer elektronischer Übergänge 100 Attosekunden. Eine Attosekunde (10<sup>-18</sup> s) ist der millionste Teil eines Millionstels einer millionstel Sekunde. Damit man annähernd eine Idee davon bekommt, in welchen Dimension sich die Wissenschaftler hier bewegen, wird gerne folgender Größenvergleich angestellt: Würde eine Sekunde unseres Lebens so lange dauern wie das Alter des Universums, wäre eine Attosekunde davon noch immer kürzer als eine Sekunde. Das ist eigentlich unvorstellbar!

Um die Abläufe im Innern von Molekülen sichtbar machen, beschießen die Forscher die zu untersuchenden Strukturen mit Laserpulsen, die nur wenige Billiardstelsekunden lang sind. Um aber auch die Bewegung der Elektronen in einem Atom sichtbar zu machen, mussten die Belichtungszeiten nochmals um den Faktor 100 reduziert werden. Das war mit bisherigen Lasersystemen kaum möglich. Doch im Oktober 2002 (vgl. **Wenn eine Trillionstel Sekunde gerade reicht** (4)) konnte das deutsch-österreichische Forscherteam erstmals eine Technik vorstellen, mit der es gelungen war, das Innenleben eines Krypton-Atoms zu untersuchen. Da das sichtbare Licht bei diesen ultrakurzen Belichtungszeiten an seine physikalischen Grenzen stößt, benutzten die Forscher für ihre Experimente kurzwelliges Röntgenlicht. Auf diese Weise konnten sie Laserpulse erzeugen, die 40 Attosekunden lang waren - also gerade kurz genug, um die Bewegung eines Elektrons im Bild festzuhalten. Mit diesen Attosekunden-Pulsen ließen sich sogar Umstrukturierungen der Elektronenhülle beobachten und steuern.

Doch wie misst man die Dauer solcher Vorgänge? Auch dafür hat das findige Forscherteam nun eine Lösung gefunden. Die Experimentalphysiker benutzten ultrakurze Röntgenstrahlungs- und Elektronenpulse von 250 Attosekunden Länge. Das ist so kurz wie die Umlaufzeit eines Elektrons um den Atomkern. Diese regten die Elektronenhülle der bestrahlten Atome so an, dass sie sich kurzfristig aus ihrer Bindung an den Atomkern lösten. Um die dabei stattfindenden Prozesse zu messen, griffen die Wissenschaftler auf ein bereits bekanntes Konzept zurück, auf das so genannte Schmierbildverfahren, das bislang ausschließlich zur Messung der Dauer kurzer Lichtblitze verwendet wurde. Dabei schlägt ein Lichtpuls während seiner Dauer Elektronen aus einer Metallplatte heraus, die anschließend mit einem statischen elektrischen Feld zu einem fluoreszierenden Schirm beschleunigt werden. Die Innovation bei dem neuen Verfahren besteht darin, dass die Elektronen nicht durch ein statisches elektrisches Feld abgelenkt werden, sondern durch ein extrem schnell variierendes Lichtfeld, das seine Wirkung unmittelbar bei der Freisetzung der Elektronen entfaltet.

Durch die Messung der Emissionszeit der ausgelösten Elektronen mit dem neuen Schmierbildverfahren konnten die Wissenschaftler auf eine Röntgenblitzdauer von 250 Attosekunden zurückrechnen - das sind die bislang kürzesten Pulse

überhaupt und obendrein das bislang kürzeste gemessene Zeitintervall.

Was bringt solche Grundlagenforschung? Sehr viel. Von ihr profitieren nämlich die unterschiedlichsten Wissenschaften, von der Chemie über die Material- und Geoforschung bis hin zu den Biowissenschaften. Aber auch die Industrie kann darauf zurückgreifen, etwa wenn es darum geht, neue Materialien und Werkstoffe im Nanobereich zu entwickeln. Die Ergebnisse können aber auch einen Beitrag zur Entwicklung von Röntgenlasern für die medizinische Diagnostik liefern. Im Gegensatz zu bisherigen Röntgenmethoden hätten diese den Vorteil, dass die Röntgenstrahlen gebündelt sind und damit gezielte Röntgen-Untersuchungen durchgeführt werden könnten, was die Strahlenbelastung für den Körper erheblich verringern würde.

#### Links

- (1) <http://info.tuwien.ac.at/photonik>
- (2) <http://www.physik.uni-bielefeld.de/welcomeg.htm>
- (3) <http://www.nature.com>
- (4) <http://www.heise.de/tp/r4/artikel/13/13470/1.html>

**Telepolis** Artikel-URL: <http://www.heise.de/tp/r4/artikel/16/16834/1.html>

---

Copyright © Heise Zeitschriften Verlag