

Der „schnellste Physiker der Welt“ forscht am Max-Planck-Institut für Quantenoptik

Pulsschläge nahe der Gegenwart

Professor Ferenc Krausz stößt in immer kürzere Zeiträume vor / Schnappschüsse von Elektronen

Von Mischa Ehrhardt

Garching ■ Ferenc Krausz hält seit kurzem einen Weltrekord der besonderen Art. Während Sportler versuchen, Weltbestzeiten um Tausendstel zu unterbieten, zerlegt der Professor selbst Millisekunden in ihre Bestandteile. „Eine Millisekunde ist für uns wie eine kleine Ewigkeit“, sagt der Physiker am Max-Planck-Institut für Quantenoptik in Garching. Das ist nicht erstaunlich bei einem Mann, der mit seinem Team als erster in den Bereich von Trillionstel Sekunden – so genannten Attosekunden – vorgedrungen ist.

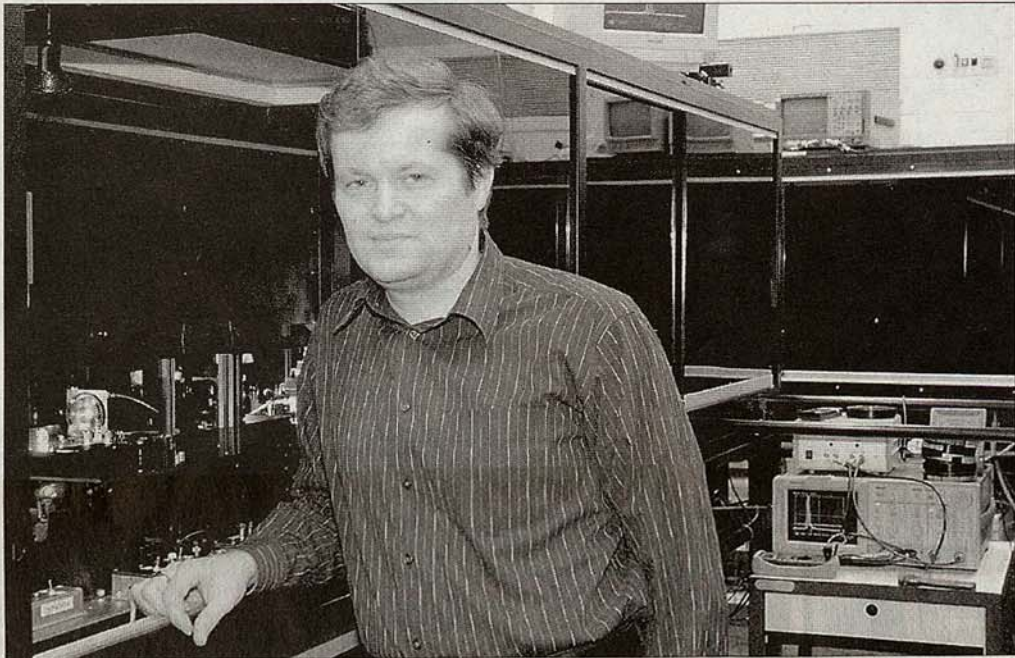
In einer Sekunde verstreicht eine Attosekunde wie eine Sekunde in 32 Milliarden Jahren – das ist in etwa das zweifache Alter des Universums. Oder ein anderes Bild: Ein Lichtstrahl umkreist die Erde etwa sieben Mal pro Sekunde. In einer Attosekunde durchmisst er wenig mehr als die Länge eines Wasserstoffmoleküls.

Krausz leitet seit Frühjahr 2003 die Abteilung Attosekunden und Hochfeldphysik am Max-Planck-Institut in Garching. Noch verbringt er aber die meiste Zeit in Wien und experimentiert an der dortigen Technischen Universität. Die Regale in seinem Garching Büro sind noch leer. Vier gerahmte Bilder stehen auf dem Boden an der Wand. Die Bilder sind Titelseiten der renommiertesten Wissenschaftszeitschriften, auf die er und sein Team es mit ihren Forschungsergebnissen bereits geschafft haben.

„Unser Werkzeug sind ultrakurze Femtolaser-Impulse, mit denen wir ein Gas beschleunigen. Die Atome in diesem Gas beginnen dann zu schwingen und senden einen Zug hochenergetischer Photonen aus, also einen Strahl kleiner Lichtpakete, einen Röntgenstrahl“, erklärt Krausz. Eine Femtosekunde sind tausend Attosekunden. Die modernsten Femtolaser arbeiten mit Impulsen von wenigen Femtosekunden. In einem solchen Impuls beschreibt das Licht nur ein bis zwei Wellen.

Femtolaser werden bereits in der industriellen Materialbearbeitung eingesetzt oder in der Chirurgie als Präzisionsskalpelle. „Sie können sich das vorstellen wie eine kleine Lichtkugel: Wo die eintrifft, fliegt alles weg. Durch die hohe Geschwindigkeit bleibt aber die unmittelbare Umgebung unberührt, nichts verbrennt oder wird heiß“, erklärt Krausz die Vorteile der Femtolaser-Präzision.

Für den Professor aber nicht präzise, nicht kurz genug. Denn mit Femtoimpulsen kann man zwar Moleküle beeinflussen und beobachten, nicht aber die Dynamik auf atomarer Ebene. Hierfür sind zeitlich noch viel kürzere Pul-



Professor Ferenc Krausz, Physiker am Max-Planck-Institut für Quantenoptik, vor einer Femtosekunden-Lichtquelle mit ultrahoher Leistung.
Foto: Ulla Baumgart

se erforderlich – wie Krausz' Röntgenimpuls. Eine wichtige Vorarbeit hierfür war die präzise Kontrolle der Femtoimpulse. Sie war das Ergebnis einer engen Zusammenarbeit zwischen Krausz' Team und dem Team seines Kollegen, Theodor W. Hänsch, Leiter der Abteilung Laserspektroskopie am Max-Planck-Institut in Garching.

Durch den kontrollierten Röntgenimpuls, den Krausz durch den Femtolaser-Beschuss des Gases produziert, kann man nun auch atomare Prozesse beobachten. Die

Frequenz des Impulses, also der Schwingungszyklus der Welle pro Sekunde, ist ultrakurz: Sie liegt im Bereich von einigen hundert Attosekunden.

Eines der Bilder zeigt die Titelseite des internationalen Wissenschaftsmagazins „nature“. Wer es hierher schafft, muss etwas Bedeutendes heraus gefunden haben. Ähnlich dem Blick durch eine Infrarot-Wärme-Kamera, sieht man verschwommene Schemen, eine Nebelschwade in den Farben violett, grün und hellblau. Zwei eiförmige rote Flächen mit gelber Umrandung stechen heraus – das Ergebnis jahrelanger Forschung.

Mit dem erzeugten Röntgenimpuls schießen die Wissenschaftler ein Elektron aus einer Schale nahe dem Kern eines Atoms. „Das Atom will dieses Loch sofort füllen – und tut dies auch innerhalb von ein paar hundert bis tausend Attosekunden“, erklärt Krausz. Ein zweites Elektron konnte Krausz dabei beobachten, wie es von außen in die Lücke springt. Dazu sendete er einen zweiten, zeitlich verzögerten Impuls, vergleichbar einer Kamera mit ultrakurzer Belichtungszeit. Das Ergebnis: Der erste Schnappschuss der Bewegung eines Elektrons in einem Atom. Und dieses „Foto“ landete auf der „nature“-Titelseite und gehört laut dem Wissenschaftsmagazin „Science“ zu den zehn wichtigsten Errungenschaften des Jahres 2002.

Doch Krausz will weiter. „Ich bin ein ungeduldiger Mensch“, be-

hauptet der schnellste Physiker der Welt – und fügt dem hinzu: „Im Leben haben wir viel zu wenige Sekunden zur Verfügung.“ Um in noch kürzere Zeiträume vorzustoßen, benötigen die Forscher noch präzisere Spiegel für ihre Experimente, an denen das Team um Ulrich Heinzmann an der Universität Bielefeld forscht.

Krausz' Augen sind gerötet, als habe er nicht viel geschlafen in den letzten Tagen. Die Rastlosigkeit aber hat sich nochmals ausgedehnt. Ende Februar bescheinigte ihm „nature“, dass er mit seiner neuesten Entdeckung – einem 250-Attosekunden-Impuls – den neuen Weltrekord hält: Kein Mensch vor ihm ist der Gegenwart näher gekommen.

Kann man sich da nicht eine Pause gönnen? „Die Konkurrenz in der Wissenschaft ist unglaublich hart geworden. Man muss ständig weiter forschen, damit andere Forschungsteams einem nicht mit einer Publikation zuvor kommen“, sagt der 41-Jährige.

Im kleinsten Zeitraum sind die Physiker noch nicht angelangt. „Prinzipiell ist es aber möglich, in immer kürzere Dimensionen vorzustoßen“, meint Krausz. Ein Name für die nächste Dimension existiert bereits: Zeptosekunden. Hätte man Impulse in dieser Länge, so Krausz, wäre es möglich, auch Vorgänge innerhalb eines Atomkerns zu beobachten. Doch bis dahin dürften noch etliche Sekunden vergehen – in Krausz' Dimensionen: ein paar Ewigkeiten.



Das Wissenschaftsmagazin „nature“ hat Krausz' Schnappschuss eines Elektrons gezeigt.