

# Das geblitzte Elektron

*Physiker in Garching messen im Attosekunden-Bereich: die Zeit, die ein Elektron braucht, um einen Festkörper zu verlassen.*

VON THOMAS KRAMAR

Ein Moment, ein Augenzwinkern, der Flügel-schlag einer Libelle: All das braucht um Größenordnungen länger als ein Elektron, um „seinen“ Atomkern zu umrunden. Tut es das *wirklich*? Strenge Quantenphysiker mögen mahnen, dass man die Bahn eines Quantenteilchens nicht genau messen kann (ohne alle Information über seinen Impuls zu verlieren), aber *irgendwie* muss das Elektron schon seinen Weg um den Kern machen und dafür seine Zeit brauchen. Überschlagsmäßig: Wenn ein Atom einen Durchmesser von ca.  $10^{-10}$  Meter und das Elektron eine Geschwindigkeit von  $10^6$  m/s hat, sind das ca.  $3 \times 10^{-16}$  Sekunden, also 300 Attosekunden. Eine Attosekunde (as) ist  $10^{-18}$  Sekunden, das Milliardstel des Milliardstels einer Sekunde.

## Mehr oder weniger stark gebunden

Physiker um Ferenc Krausz (derzeit am Max-Planck-Institut in Garching, Bayern, bis 2004 an der TU Wien) messen Zeiten in dieser Größenordnung, sie benutzen dafür Laser, die Pulse von einer Dauer von 130 as erzeugen. Mit solchen ultrakurzen Blitzen schlagen sie in ihrem neuesten Experiment (*Nature*, 449, S. 1029) Elektronen aus einem

Kristall aus Wolfram, dem Metall, aus dem auch die Fäden in Glühbirnen sind.

Wie Albert Einstein vor 102 Jahren erklärte, hängt die Energie des herausgeschlagenen Elektrons a) von der Energie des einfallenden Lichts und b) von der Bindungsenergie des Elektrons im Festkörper (resp. an seiner Oberfläche) ab. Bei b) kommt es darauf an, welche Elektronen es sind: solche in tieferen Orbitalen, näher beim Kern („core states“, bei Wolfram sind das 4f-Elektronen) oder solche im „Leitungsband“.

Die Physiker (darunter Andrius Baltuška von der TU Wien) konnten diese zwei Arten von Elektronen nun anhand der Zeit unterscheiden, die sie brauchen, um den Kristall zu verlassen: Die stärker gebundenen 4f-Elektronen brauchen um 100 Attosekunden länger als die freieren Leitungselektronen. Quasi als Stoppuhr diente ein zweiter, längerer Laser-Puls von geringerer Frequenz (im roten Bereich) – mit einer besonderen Eigenschaft: Sein elektrisches Feld ist „phasenstabil“. Das heißt, es kommt genau darauf an, *wann* das Elektron mit ihm in Wechselwirkung tritt: Kommt es ein bisschen früher, wird es abgebremst, kommt es ein bisschen später, wird es beschleunigt. So misst man die Ankunftszeit via Energie.