

Geleitwort

Als im Jahr 1999 Ahmed Zewail für seine Momentaufnahmen von Molekülreaktionen und die Begründung der »Femtochemie« den Nobelpreis für Chemie erhielt, verfolgte ich zusammen mit meinen Kollegen an der Technischen Universität Wien gespannt die Preisverleihung in Stockholm. Schon damals war klar: Die Veränderung der Struktur und die Zusammensetzung von Molekülen ist nicht allein durch die Femtosekunden schnelle Bewegung von Atomen bedingt. Letztere werden erst durch die Anregung und daraus resultierende Bewegung von Elektronen ausgelöst. Es war auch bekannt, dass Elektronenbewegungen noch tausend Mal schneller sind als Molekülreaktionen. Folglich muss die »Stoppuhr«, mit der ihre Dauer gemessen werden kann, Attosekunden feine Einteilungen haben und die Kamera, mit der sie in scharfen Momentaufnahmen festgehalten werden können, mit einer entsprechend kurzen Belichtungszeit ausgestattet sein. Beides erfordert Attosekunden kurze Lichtblitze, die damals nicht verfügbar waren.

Attosekunden dauern nur noch Milliardstel einer milliardstel Sekunde. Auf dieser Zeitskala hüpfen Elektronen aus einer chemischen Bindung in eine andere und steuern dadurch lebenswichtige Vorgänge in Biomolekülen. Solche Elektronensprünge können aber auch Veränderungen hervorrufen, die letztendlich zu lebensbedrohenden Fehlfunktionen in Organismen führen.

Im Attosekunden-Kosmos fließen die schnellsten elektrischen Ströme. Mit ihrer Hilfe könnte eines Tages die heutige Mikrowellenelektronik bis hin zur Lichtwellenelektronik weiterentwickelt werden, bis an die ultimative Grenze der elektronischen Datenverarbeitung. Direkte Einblicke in die Attosekunden schnellen Elektronenbewegungen und deren Steuerung versprechen daher sowohl in den Lebens-

wissenschaften und Medizin, als auch in der Elektronik und Informationstechnologie neue Perspektiven zu eröffnen.

Doch wie ist es möglich, die unvorstellbar schnellen Elektronen-Vorgänge im Attosekundenbereich in »Zeitlupe« sichtbar zu machen? Die Kurzpuls-Lasertechnik war mit Femtosekunden-Zeiträumen, begrenzt durch die Wellenlänge des sichtbaren Lichts, an ihr Limit gestoßen. Man musste also neue Wege finden, um noch kürzere Lichtblitze zu generieren, mit denen man dann ultraschnelle Bewegungen beobachten könnte. Dabei spielten die kürzest möglichen Laserwellen und die Kontrolle über ihre Schwingungen eine Schlüsselrolle. Die Technik wurde in den 90er Jahren dank zahlreicher Innovationen in Forschungslaboratorien auf der ganzen Welt verfügbar. Mit ihrer Hilfe konnten wir in Kooperation mit Kollegen aus Deutschland und Kanada in unserem Labor an der TU-Wien an der Jahrtausendwende erstmals einzelne Attosekunden-Lichtblitze produzieren und mit diesen anschließend Elektronen-Bewegungen in Echtzeit beobachten.

Seitdem hat sich viel getan. Tausende von Forschern auf der ganzen Welt ließen sich in den Bann der »Elektronenchronoskopie und -photografie« ziehen. Die kürzesten Lichtblitze dauern heute nur noch 70 Attosekunden, die präziseste »Stoppuhr« kann Zeitspannen von wenigen Attosekunden messen. Lichtwellen lassen sich innerhalb ihrer Wellenlänge verformen, um mit deren maßgeschneiderten Kraft Elektronenbewegungen in Atomen, Molekülen und Festkörpern zu steuern. Die Fähigkeit, Vorgänge im Attosekundenbereich sowohl messen als auch steuern zu können, birgt ein enormes Potenzial für bahnbrechende fundamentale Erkenntnisse und technologische Entwicklungen.

Damit dieses Potenzial in den kommenden Jahren und Jahrzehnten zum größtmöglichen Erkenntnisgewinn in der Wissenschaft und zur Verbesserung unserer Lebensqualität über Entwicklungen in der Medizin- oder Informationstechnik voll ausgeschöpft werden kann, müssen wir für diese junge Disziplin das Interesse derer wecken, die vorher von Attosekunden kaum gehört haben. Thorsten Naeser nahm sich dieser äußerst ehrgeizigen Aufgabe an, als er sich unserer Gruppe am Max-Planck-Institut für Quantenoptik (MPQ) und an der Ludwig-Maximilians Universität (LMU) München im Jahre 2008 als Referent für Öffentlichkeitsarbeit anschloss. Seither hat er in Dutzenden Präsentationen und Pressemeldungen über unsere Attosekundenforschung sowie auf unserer Website attoworld.de – mit faszinie-

renden Bildern und in beeindruckend leicht verständlicher und zugleich wissenschaftlich präziser Didaktik – berichtet.

Seine jahrelange erfolgreiche Arbeit an der Schnittstelle unserer MPQ-LMU Forschungslabore mit Wissenschaftlern aus mehr als zwei Dutzend Ländern und der Öffentlichkeit aus dem In- und Ausland bildete die Basis für dieses Buch, motiviert durch das Interesse und Begeisterung seiner »Kunden«: Schülergruppen, Journalisten und interessierte Laien. Sie halten das Buch eines Wissenschaftsjournalisten und Fotografen in der Hand, der wie kaum ein anderer seiner Zunft in täglichem Kontakt zum Gegenstand seines Schriftstücks, dem Elektronenkosmos und den Attosekundenwissenschaften steht.

Mit diesem Buch erhalten Sie, liebe Leser, einen umfassenden Einblick wie sich die Attosekundenphysik seit ihren Anfängen entwickelt hat und wie die kürzesten Lichtblitze dem Mikrokosmos langsam seine Geheimnisse entreißen. Wir wissen, dass wir noch am Anfang unserer Forschungsarbeit in der Welt des Allerkleinsten stehen. Diese Tatsache provoziert Visionen und Forscher leben von Visionen. Sie treiben uns täglich an, die Grenzen unseres Wissens noch ein Stückchen weiter auszudehnen. In diesem Sinne wünsche ich Ihnen, liebe Leser, erhellende Einblicke in eine Wissenschaft, die uns täglich aufs Neue in ihren Bann zieht.

Ferenc Krausz