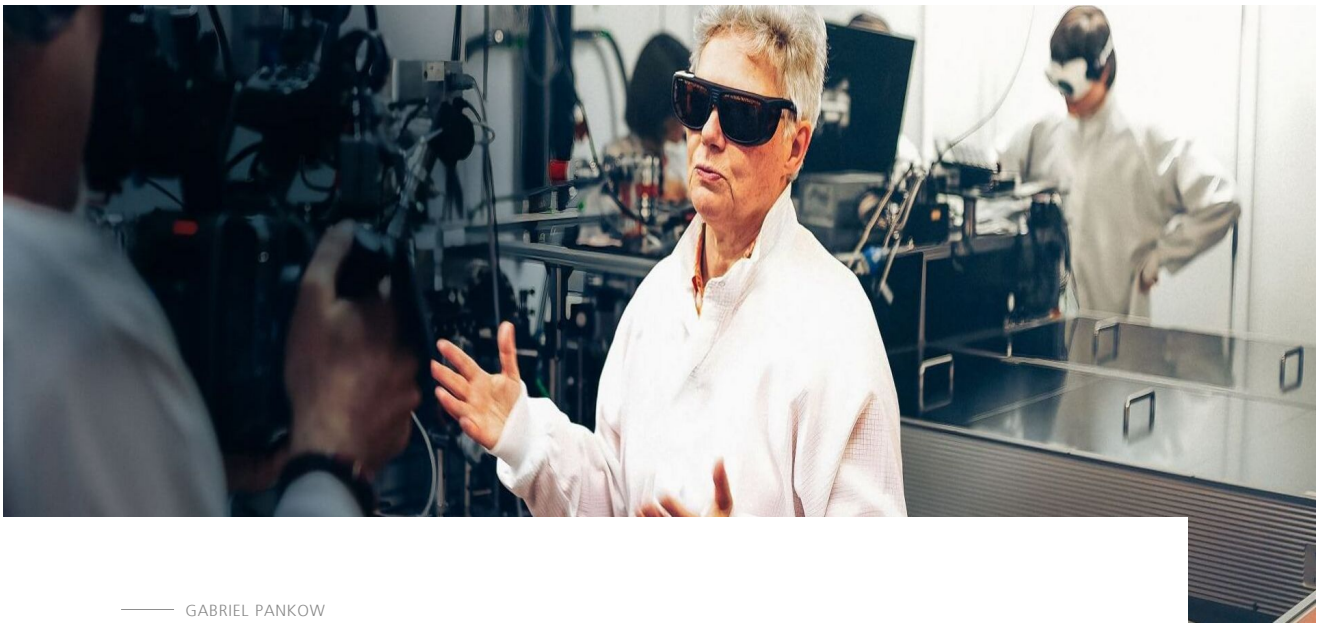


GABRIEL PANKOW

Exklusivinterview mit Physiknobelpreisträgerin Anne L'Huillier

Der Physiknobelpreis 2023 ging an Anne L'Huillier und ihre zwei Kollegen Pierre Agostini und Ferenc Krausz. Nur wenige Tage zuvor zeichnete die Berthold Leibinger Stiftung die Atomphysikerin mit dem Zukunftspreis aus. Die frischgebackene Physiknobelpreisträgerin Anne L'Huillier erzählt im Exklusivinterview, wohin die Forschung mit den kürzesten Laserblitzen der Welt führt.

Frau L'Huillier, wenn Sie auf einer Grillparty gefragt werden, was Sie beruflich machen: Was antworten Sie?

L'Huillier: Ich habe mir für solche Situationen eine Antwort zurechtgelegt, mit der ich ganz zufrieden bin. Ich sage also: Ich arbeite an der Schnittstelle von Laserphysik und Atomphysik. Unser Team benutzt kurze, sehr, sehr kurze Laserpulse wie ein Blitzlicht bei Kameras. Damit filmen wir extrem schnelle Bewegungen, zum Beispiel von Elektronen.

Mit sehr, sehr kurzen Laserpulsen meinen Sie…?

L'Huillier: Pulse, die ein paar Attosekunden lang sind.

Wie kann ich mir Attosekunden vorstellen?

L'Huillier: Gar nicht. Es gibt verschiedene Versuche, die Kürze der Zeitspanne anschaulich zu machen. Der Vergleich, den ich manchmal benutze, geht so: Eine Attosekunde verhält sich zu einer Sekunde, wie eine Sekunde zum gesamten Alter des Universums, also zu 14 Milliarden Jahren. Aber hilft das wirklich weiter? Da bin ich skeptisch. Hilft es Ihnen?

Na ja, ein bisschen vielleicht.

L'Huillier: Wir müssen einfach ertragen, dass sich das mit unserem menschlichen Gefühl von Zeit nicht begreifen lässt. Zum Glück sind wir darauf aber auch gar nicht angewiesen. Denn wir besitzen ja die abstrakten Methoden der Mathematik und Theorie sowie das praktische Experiment. Eine Attosekunde ist also schlicht 10^{-18} Sekunden lang. Viel interessanter, als über die Länge einer Attosekunde nachzudenken, ist die Frage, warum wir überhaupt in so kurze Zeitskalen dringen wollen.

Gut. Wozu brauchen wir Attosekunden-Pulse?

L'Huillier: Es gibt Vorgänge in der Natur, die so schnell ablaufen, dass wir sie nur mit Attosekunden-Lichtpulsen messen können. Die wichtigsten sind die Bewegungen von Elektronen. Je kürzer unser Blitzlicht, also der Puls, desto genauer beobachten wir den Vorgang. Meine Forschungsgruppe erfasst derzeit hauptsächlich noch Vorgänge in und um simple

Atome, denn das ist einfacher. Wenn wir noch ein Stück besser werden, wird es möglich sein, Elektronenbewegungen in komplexeren Systemen zu beobachten, zum Beispiel in Molekülen. Chemische Reaktionen passieren, indem sich Elektronen bewegen. Diese Initialbewegungen werden einmal messbar sein.

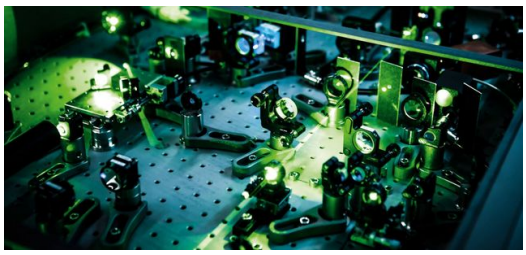
Und dann?

L'Huillier: Etwas messen zu können, ist der erste Schritt, um etwas kontrollieren zu können. Das große Fernziel ist also, irgendwann chemische Reaktionen auf Elektronenebene zu kontrollieren.

Was wird damit möglich sein?

L'Huillier: Es ist schwer, eine wohldefinierte Vision zu geben. Es ist eben Grundlagenforschung.

Prof. Anne L'Huillier hat einst das Tor zur Physik der Attosekunden-Laserpulse aufgestoßen. Mit ihrer Forschung rückt sie jetzt den Elektronen auf die Pelle.



Mit Femtosekunden-Laserpulsen erzeugt das Forscherteam in Lund, Schweden, sogenannte Hohe Harmonische. Diese benutzen sie, um Attosekunden-Laserpulse zu erzeugen, und beobachten damit atomare Vorgänge.

1987 fanden Sie in einem Experiment heraus, wie man sogenannte Hohe Harmonische erzeugt. Eine Vorbedingung zur Erzeugung von Attosekunden-Pulsen.

L'Huillier: Ja, das war ein glücklicher Zufall! Das ist immer am schönsten, wenn man auf etwas stößt, was man nicht erwartet hat. Dann gibt es was zum Puzzeln. Wir wollten damals eigentlich Edelgase mit intensivem Laserlicht beschießen und Fluoreszenz-Effekte untersuchen. Es stellte sich heraus, dass das stärkste dabei beobachtbare Licht nicht fluoreszent war, sondern die Hohen Harmonischen der Laserfrequenz. Diese Entdeckung hat meine Karriere verändert. Mithilfe der Hohen Harmonischen konnte man später Attosekunden-Pulse generieren, und das mache ich ja noch heute.

Kann ich mir denn wenigstens Hohe Harmonische vorstellen?

L'Huillier: Ja, das geht! Hier habe ich einen Vergleich, der viel besser funktioniert als der mit dem Universum und den Attosekunden. Wenn Sie die Saite einer Violine mit dem Bogen streichen, entsteht nicht nur der reine Ton, also eine pure Tonfrequenz. Es entstehen auch andere Frequenzen. In der Musik nennt man das Obertöne. Sie verleihen dem Klang erst die Farbe. Obertöne sind Harmonische. Etwas Ähnliches passiert, wenn man ein Gas unter bestimmten Bedingungen intensiven Femtosekunden-Laserpulsen aussetzt: Es entstehen neue, viel kurzwelligere Laserfrequenzen. Die Hohen Harmonischen sind die Obertöne der Laserphysik.

Was kann man mit Hohen Harmonischen Lichtpulsen anstellen?

L'Huillier: In einem nächsten Schritt die Attosekunden-Pulse machen. Aber sie sind auch für sich genommen nützlich. Wir kooperieren gerade mit einem Hersteller von Lithografie- und Messtechnikanlagen für die Halbleiterindustrie. Die Idee ist, mit Hohen Harmonischen die winzigen Strukturen auf Halbleitern zu prüfen. Für mich als Grundlagenforscherin ist das ein ungewöhnlich konkretes Projekt. Ich bin überrascht und glücklich, dass unsere Arbeit nützlich für die Gesellschaft werden könnte.

Hat denn auch die Lasertechnologie etwas von Ihrer Forschung?

L'Huillier: Ja. Wir aus der Attosekundenphysik haben seit Jahrzehnten immer wieder die Laserhersteller angestachelt, neue und bessere Ultrakurzpulslaser zu entwickeln. Andersherum profitieren wir natürlich von besseren Strahlquellen. Je besser die Initialstrahlquelle, desto besser die Hohen Harmonischen, desto besser die Attosekunden-Pulse. Daraus ergeben sich dann bei uns wieder neue technische Entwicklungen, etwa Diagnose- und Messmethoden im Bereich der der Ultrakurzpuls-Lasertechnologie. Es ist also ein ständiges Anspornen. Neben diesen erfreulichen Effekten gibt es aber etwas, was mir an meiner Arbeit am wichtigsten ist.

Was ist Ihnen am wichtigsten?

L'Huillier: Ich bin Forscherin. Ich bin aber auch Lehrerin. Ich darf viele kluge junge Menschen ausbilden und beobachten, wie ihr Wissen wächst. Ich halte das für meinen größten Beitrag.

Anne L'Huillier ist Professorin für Atomphysik an der Universität Lund in Schweden. Sie gilt als eine der wichtigsten Mitgründer der Forschungsrichtung der Attosekunden-Physik. L'Huillier erhält 2023 für ihre Forschungsleistung den Zukunftspreis der Berthold Leibinger Stiftung. Ein paar Tage später wird ihr gemeinsam mit Pierre Agostini und Ferenc Krausz der Nobelpreis für Physik zuerkannt.

GABRIEL PANKOW
SPRECHER LASERTECHNIK