



Was Augenuntersuchungen mit dem Nobelpreis zu tun haben

Vor dem wissenschaftlichen Durchbruch zum Attosekundenlaser beschäftigte sich Nobelpreisträger Ferenc Krausz zunächst mit Laserblitzen mit sehr wenigen Femtosekunden. Mit der Entwicklung dieser Technologien für die Medizin beschäftigten sich mehrere CD-Labors.

Worum es geht

Anfang der 1990er Jahre herrschte in der Ultrakurzpuls laserphysik Aufbruchstimmung. Es gelang die Erzeugung immer kürzerer Laserimpulse, zunächst im Bereich von Femtosekunden (10^{-15} s). Bald war klar, dass immer kürzere Pulse die Beobachtung immer schnellerer Prozesse ermöglichen, zum Beispiel elementarer Prozesse bei chemischen Reaktionen (Nobelpreis für Chemie 1999, Ahmed Zewail). Schließlich führte die Jagd nach immer kürzeren Laserblitzen in den unvorstellbar kurzen Attosekundenbereich (10^{-18} s): Das bahnbrechende Experiment gelang dem Physik-Nobelpreisträger 2023, Ferenc Krausz, 2001 an der TU Wien. Mit diesen Lasern lässt sich etwa beobachten, was genau passiert, wenn ein oder mehrere Elektronen aus einem Atom herausgelöst werden.

OCT: Femtolaser und ihr Potenzial in der Medizin

Aber zurück in die 1990er Jahre: Ferenc Krausz träumte erst von den Attosekundenlasern. Seine Arbeitsgruppe und er lösten schließlich wesentliche Probleme der Lasertechnologie durch spezielle Spiegel (chirped mirrors) und Titansaphirlaser. Schließlich wurden 12 Femtosekunden erreicht. Wolfgang Drexler, Leiter des CD-Labors für Laserentwicklung und deren Anwendung in der Medizintechnik, erkannte die Chancen dieser Laser für die Medizin. Denn je kürzer der Laserimpuls, desto mehr verschiedene Wellenlängen enthält der Laserstrahl. Und je größer diese Bandbreite an Wellenlängen, desto größer die

CD-Labor für Laserentwicklung und deren Anwendung in der Medizintechnik I und II

Leitung

Univ.Prof. DI Dr. Wolfgang Drexler

Laufzeit

01.04.2002 – 30.06.2006 und
01.01.2011 – 31.12.2013

Auslaufphase

01.01.2014 – 31.12.2014

Unternehmenspartner

Carl Zeiss Meditec AG, Croma-Pharma
Gesellschaft m.b.H., FEMTOLASERS
Produktions GmbH, Imedos Systems UG

CD-Labor für Okuläre und dermatologische Effekte von Thiomeren

Leitung

Univ.Prof. DI Dr. Leopold Schmetterer
(bis 2016) und Assoz.Prof. DI (FH) René
Werkmeister, PhD (ab 2017)

Laufzeit

01.01.2014 – 31.12.2020

Auslaufphase

01.01.2021 – 31.05.2021

Unternehmenspartner

Carl Zeiss Meditec Inc, Croma-Pharma
Gesellschaft m.b.H.

Drei Fragen an ...



Andreas Assion
Sr. Manager Engineering
bei MKS Instruments

Wie hat Ihr Unternehmen von der Beteiligung am CD-Labor profitiert?

Wie so oft in der Grundlagenforschung waren die Sideeffekte des CD-Labors besonders wichtig, in diesem Fall die wissenschaftliche Basis für die Weiterentwicklung von Oszillatoren für die Ultrakurz-puls-Technologie und damit für die Forschung im Bereich von Attosekundenlasern. Aus der Entwicklung von OCT-Geräten hat das Unternehmen sich aufgrund einer strategischen Neuausrichtung mittlerweile zurückgezogen.

Gibt es zwischen Ihren heutigen Produkten und der Forschung im CD-Labor noch eine Verbindung?

Der Verstärker Femtopower wurde 2001 als Produkt von FEMTOLASERS in den Markt eingeführt, weiterentwickelt und 2005 wurden die ersten Systeme mit der sogenannten Carrier Envelope Phasen Stabilisierung CEP ausgeliefert. Das sind die Verstärker, mit denen man Attosekunden-Pulse erzeugen kann. Die Femtopower CEP Systeme werden auch nach der Übernahme von MKS bis heute am Standort Wien produziert. 2024 wird die Weiterentwicklung der

CEP-Technologie in Zusammenarbeit mit unseren Kollegen am Standort Milpitas/Kalifornien abgeschlossen sein.

Was haben Sie am Fördermodell CD-Labor besonders positiv erlebt?

Gerade für ein relativ kleines, schnell wachsendes Unternehmen, wie es FEMTOLASERS damals war, bietet der enge Austausch mit der Wissenschaft entscheidende Vorteile, um am Markt bestehen zu können. Das CD-Modell ist ein großes Plus für innovative kleinere Unternehmen in Österreich.

Auflösung eines Gerätes, das heute in beinahe jeder Augenarztpraxis steht: Der optischen Kohärenztomographie OCT, die für die Früherkennung und Behandlung von Netzhauterkrankungen genutzt wird. Ein OCT-Gerät funktioniert ähnlich wie Ultraschall, nur wird nicht Schall, sondern Licht verwendet. Dadurch ist eine völlig kontaktlose Untersuchung möglich. Das Licht kann mit 2–3 mm weniger tief eindringen als Schall, bringt aber – abhängig von der Bandbreite – mehr Auflösung. Der Vorteil der OCT ist die große Auflösung im Mikrometerbereich, Nachteil die geringe Eindringtiefe. Das Auge bietet sich also besonders an, da es einerseits durchsichtig, andererseits klein ist. Das CD-Labor befasste sich unter anderem mit der Untersuchung der Netzhaut, die wegen ihrer geringen Dicke (250–300 Mikrometer) vollständig mit OCT abgebildet werden kann.

Die Zusammenarbeit im CD-Labor

Unternehmenspartner des CD-Labors war eine Ausgründung von Wissenschaftlern an der TU Wien, darunter auch Ferenc Krausz: FEMTOLASERS Produktions GmbH. Das Unternehmen wurde 1994 gegründet und produzierte Lasersysteme auf Basis der Ergebnisse von Krausz' Forschungsarbeiten. Ein leistungsfähiger Femtolaser allein macht aber noch lange kein OCT-Gerät. Aufgabe des CD-Labors war es daher, die neue Technologie für die Medizin nutzbar zu machen: Spiegel, Lichtquellen, Veränderbarkeit der genutzten Wellenlängen, kompaktere Bauweise und immer wieder Tests zur Prüfung der Zuverlässigkeit. Das CD-Labor konnte zeigen, dass das Gerät funktioniert und Bilder erzeugt, die in der Medizin gebraucht werden. Seither wurden diese Geräte weiterentwickelt und deutlich kostengünstiger, die Nachfolger der damaligen Prototypen unterstützen heute bei der Diagnose und Behandlung von Netzhauterkrankungen.

Und heute?

Mit verschiedenen Aspekten der OCT befassten sich an der MedUni Wien bisher vier weitere CD-Labors. Im 2021 ausgelaufenen CD-Labor für Okuläre und dermatologische Effekte von Thiomeren etwa lag der Fokus schon auf der Anwendung von OCT, insbesondere für die detaillierte Untersuchung des Tränenfilms am Auge. An der Lichtquelle wurde hier nicht mehr gearbeitet, aber an der Anpassung von Detektoreinheit, Optik und Optomechanik (Spiegeln und Linsen) und auch an Machine Learning für die zeitliche Optimierung der Auswertung.

Wissenschaftliche Herausforderungen

Das CD-Labor von Wolfgang Drexler wollte das von Ferenc Krausz entwickelte Lasersystem für die Anwendung OCT anpassen. Forschungsthema war z. B. die optische Beschichtung der Spiegel. Es konnten große Fortschritte bei der Entwicklung eines Lasersystems mit geringer Leistung und großer Bandbreite – und damit ausreichender Auflösung – erzielt werden. Im Ergebnis konnte gezeigt werden, dass die OCT ein routinemäßiges klinisches Bildgebungsverfahren in der Augenheilkunde sein kann.

Mehrwert für das Unternehmen

Das Unternehmen FEMTOLASERS wurde vom heutigen Nobelpreisträger Ferenc Krausz mitbegründet und gehört heute zu MKS Instruments. Im CD-Labor von Wolfgang Drexler wurde daran geforscht, die in den Lasersystemen enthaltenen Oszillatoren und Verstärker für die OCT zu optimieren. Dieses Wissen floss in die Entwicklung von Oszillatoren und Verstärkern, die heute in der Wissenschaft angewendet werden, etwa zur Erforschung von Molekülen und Atomen. Große Oszillatoren/Verstärker werden für die Attosekundenforschung entwickelt und hergestellt. Kunden sind vor allem Universitäten und Forschungsinstitute in Europa und Asien.