

Vorhang auf für Molekülkino

Am 5. Juni gab Bundesforschungsministerin Annette Schavan den offiziellen Startschuss für den europäischen Röntgenlaser XFEL.

*) XFEL steht für X-ray Free-Electron Laser, mehr Informationen unter www.xfel.net/de.

Ab 2013 soll der Freie-Elektronen-Röntgenlaser XFEL^{*)} ungeahnte Einblicke in kleinste Strukturen geben. Das Multitalent, das ab 2008 im Norden Deutschlands entstehen wird, soll molekulares Geschehen wie in einem Kino sichtbar machen, atomare Details von Werkstoffen oder Biomolekülen entschlüsseln und dreidimensionale Aufnahmen aus dem Nanokosmos ermöglichen. Seine exzellenten Eigenschaften verschaffen dem XFEL vielfältige Einsatzgebiete. Bei der Zeremonie in Hamburg, zu der Annette Schavan anlässlich des offiziellen Starts von XFEL eingeladen hatte, fand die Bundesministerin daher begeisterte Worte: „Mit dem XFEL wird ein Forschungsstandort in Europa mit großer Ausstrahlungskraft geschaffen, der Talente aus aller Welt anziehen wird“.

Insgesamt zwölf Länder haben neben Deutschland ihre Beteiligung am Bau des XFEL zugesagt und wollen sich zusammen mit 25 Prozent an den Kosten beteiligen, die mit 1082 Millionen Euro angesetzt sind. Den deutschen Anteil von rund 75 Prozent tragen der Bund und die beiden Länder Hamburg und Schleswig-Holstein. Zunächst sollen nur sechs von zehn möglichen Messplätzen entstehen. Nun ist die Finanzierung gesichert und der Startschuss für die neue Röntgenlichtquelle gefallen. Zugleich



DESY, Hamburg

Die Bildmontage zeigt den Startpunkt des Linearbeschleunigers auf dem DESY-Gelände in Hamburg-Bahrenfeld mit dem Zugang zum Beschleunigertunnel in der Mitte. In den anderen Gebäuden

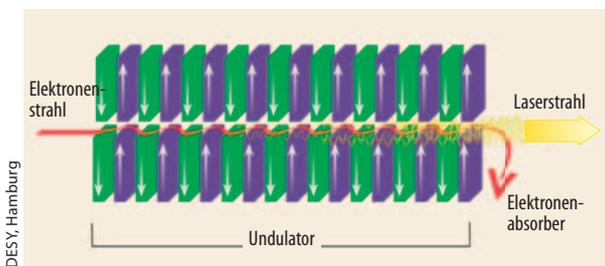
werden die Elektronen und elektromagnetischen Pulse erzeugt, die die HERA-Kältehalle im Hintergrund dient der Erzeugung des flüssigen Heliums, das die Beschleunigerkomponenten kühlt.

unterschrieben Vertreter der beteiligten Länder ein Kommuniqué, das den großen Stellenwert des XFEL für die Forschung in Europa zum Ausdruck bringt und die Länder verpflichtet, die Realisierung und Finanzierung des Röntgenlasers sicherzustellen. Im Hinblick auf die Konkurrenz in Japan und den USA wollen die Partner den Bau des XFEL nun schnellstmöglich vorantreiben.

Das Herz des Röntgenlasers ist ein 2,1 Kilometer langer Linearbeschleuniger, der Elektronen mithilfe supraleitender Technologie nahezu auf Lichtgeschwindigkeit beschleunigt. Resonatoren aus Niob liefern einen Elektronenstrahl von extrem hoher Qualität, in dem jeweils mehrere Milliarden freie Elektronen gleiche Richtung und gleiche Energie (bis zu 20 GeV) haben und zu „Päckchen“ zusammen gefasst sind, deren Durchmesser bei nur einem Zehntel Millimeter liegen. Auf dem letzten Kilometer fächert sich der Beschleunigertunnel in fünf Teilabschnitte auf, in denen Spezialmagnete (Undulatoren) die Elektronen durch ihre periodische Anordnung auf einen Slalomkurs zwingen (Abb. links). Durch die ständige Richtungsänderung senden die

Elektronen Synchrotronstrahlung in Form von Röntgenblitzen aus. Diese Röntgenblitze überholen die auf ihrem Slalomkurs fliegenden Elektronen und wirken auf die voraus fliegenden Elektronen ein, indem sie manche beschleunigen und andere abbremmen. Als Folge ordnen sich die Elektronen zu dünnen „Scheibchen“ an, in denen sie im Gleichtakt strahlen und somit ultrakurze, extrem starke Röntgenblitze mit den Eigenschaften von Laserlicht erzeugen. Bei dieser als SASE (Self-Amplified Spontaneous Emission) bezeichneten Technik lässt sich die Wellenlänge je nach Bedarf einstellen.

Mit der anvisierten Pulsdauer von weniger als 100 Femtosekunden lässt sich beispielsweise aufklären, wie sich chemische Bindungen bilden oder Moleküle bewegen. Um erstmals dynamische Prozesse zu verfolgen, fungiert der XFEL als Kamera, die mit ihren Pulsen Reaktionen gezielt anregt und ablichtet. Die Wellenlänge der erzeugten Röntgenblitze liegt zwischen einem Zehntel und sechs Nanometern und ist so klein, dass sich damit atomare Strukturen sichtbar machen lassen. Der XFEL bietet für die Wissenschaft faszinierende Perspektiven,



DESY, Hamburg

Die periodische Magnetanordnung zwingt die Elektronen auf einen Slalomkurs, auf dem sie Photonen einer festen Wellenlänge abstrahlen, die sich geradlinig ausbreiten und mit dem Elektronenpaket überlappen. Dabei prägen die Photonen den Elektronen eine regelmäßige Struktur auf, in der sich die Elektronen zu kleinen Scheibchen anordnen. In den Scheibchen strahlen alle Elektronen im Gleichtakt und senden daher Röntgenblitze mit den Eigenschaften von Laserlicht aus.

von denen nicht nur die Physik profitieren kann, sondern auch die Chemie, Materialforschung, Geo- oder Biowissenschaften. So- gar industrielle Anwendungen sind abzusehen, wenn der XFEL dabei hilft, Werkstoffe im Nanometer- maßstab maßzuschneidern, oder die Erkenntnisse über molekulare Vorgänge dazu beitragen, neue Me- dikamente zu entwickeln. „Mit dem XFEL wird eine Technik realisiert, die eine Revolution in der Wis- senschaft ermöglicht“, schwärmt Massimo Altarelli, der Leiter des XFEL-Projektteams. „Wir werden Astrophysik auf der Erde betreiben, weil wir Plasmen, die eigentlich nur im All vorkommen, hier nach- empfinden können, und somit Neues über das Weltall erfahren.“

Die Anlage für den XFEL soll sich ausgehend vom DESY-Gelände in Hamburg-Bahrenfeld unter- irdisch in 6 bis 38 Metern Tiefe über 3,4 Kilometer erstrecken und jenseits der Grenze zu Schleswig- Holstein nahe der Stadt Schenefeld enden. Drei Betriebsgelände sind geplant, die zur Versorgung des XFEL sowie der unterirdischen Ex-

perimentierhalle dienen. Allein auf dem Betriebsgelände Schenefeld, dem Sitz des künftigen europä- ischen XFEL-Forschungszentrums, werden einmal etwa 350 Personen arbeiten.

Das Tor zum Nanokosmos

Noch in diesem Jahr soll ein völ- kerrechtliches Übereinkommen zur Gründung der XFEL GmbH unter- zeichnet werden. Anfang nächsten Jahres wird der Bau der Anlage beginnen, die etwa fünfeinhalb Jah- re später in Betrieb gehen soll. Ein langer Weg steht zwar noch bevor, doch viele Hürden sind bereits genommen: Zwischen 1992 und 2004 entwickelten Forscherinnen und Forscher am DESY mit der supraleitenden TESLA-Beschleu- nigertechnologie die Basis für den Freie-Elektronen-Laser. Im Februar 2003 fällte das BMBF die Grund- satzentscheidung für das Röntgen- labor am DESY. Die ersten Länder unterzeichneten im September 2005 die Absichtserklärung und bildeten damit die Grundlage für die internationale Zusammenarbeit. Im Juli letzten Jahres veröffentlichte

das europäische Projektteam den 580-seitigen Technischen Design Report, an dem rund 300 Autoren aus 17 verschiedenen Ländern mit- gearbeitet haben. Im selben Monat erteilte die zuständige Behörde den Planfeststellungsbeschluss für den Bau und Betrieb des XFEL.

Etwa 500 Fachleute u. a. aus Physik, Mathematik, Präzisions- mechanik, Informatik, Vaku- umtechnologie oder Kryophysik organisieren den Bau des XFEL, kontrollieren die Installation und entwickeln die Technik für die Messplätze. Obwohl der „kleine Bruder“ FLASH bereits erfolgreich Röntgenblitze liefert,^{#)} sind laut Altarelli noch viele Herausforde- rungen zu meistern; so existieren beispielsweise die Nachweisgeräte zur Nutzung der neuartigen Licht- quelle noch nicht.

Mit dem XFEL erhoffen sich die Wissenschaftler viele Antworten auf offene Fragen. So dürfte der XFEL die Tür aufstoßen zu einer Welt im Nanokosmos, die uns bislang verborgen geblieben ist.

Maike Keuntje

■ Notbremse für Navigation

Das geplante europäische Satellitennavigationssystem Galileo steht auf der Kippe, nachdem die Gründung eines Industriekonsortiums gescheitert ist.

Von Galileo⁺⁾ sollen einmal mög- lichst viele profitieren: der fuß- lahme Wanderer auf der Suche nach einer Unterkunft ebenso wie der wachsende Luftverkehr oder das Vermessungswesen. Doch stattdessen benötigt man mittler- weile eher ein Navigationssystem, um sich in den Streitigkeiten um das europäische Vorzeigepro- jekt zurechtzufinden. Seit dem Startschuss für Galileo durch den Europäischen Rat im April 2001 kam es immer wieder zu Unstim- migkeiten zwischen den beteiligten Ländern, besonders um die Anteile an der Finanzierung und die zu vergebenden Industrieaufträge oder um die Standorte für die Kon- trollzentren.^{§)} Doch nun ist auch die anfangs geplante finanzielle

Beteiligung der Industrie geplatzt. Während der erste Testsatellit Gio- ve-A bereits seit Ende 2005 die Erde umrundet, sucht die Europäische Gemeinschaft nach neuer Orientie- rung für ihr ehrgeizige Projekt.

Eigentlich sollten die rund vier Milliarden Euro, die bislang für Galileo angesetzt waren, grob zur Hälfte von der EU und von einem Firmenkonsortium übernommen werden. Das Konsortium sollte sich bis 10. Mai dieses Jahres gegrün- det haben. Doch die beteiligten Firmen, darunter der Luft- und Raumfahrtkonzern EADS, ließen die Frist verstreichen mit Verweis auf das finanzielle Risiko, nicht zuletzt weil das amerikanische Konkurrenzsystem GPS seine Signale kostenlos bereitstellt

und somit Galileo kommerziell unattraktiv werden könnte.

Bundesverkehrsminister Wolf- gang Tiefensee bezeichnete Galileo jedoch als unverzichtbar für Euro- pa. „Europa darf dieses Technolo- giefeld nicht allein den USA, Russ- land und China überlassen“, betont er und verweist auf ein prognosti- ziertes Marktvolumen von 20 bis 30 Milliarden Euro für Anwendungen der Satellitennavigation. Galileo könne damit für bis zu 150 000 Arbeitsplätze in Europa sorgen.

Doch mittlerweile steht auch das verbesserte US-Navigations- system GPS III in den Startlöchern und erhöht zusätzlich den Kon- kurrenzdruck. Im Gegensatz zu GPS soll Galileo jedoch keinen militärischen Zwecken dienen und

^{+) http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/galileo/index_de.htm}

^{§) Physik Journal, De- zember 2005, S. 10; Fe- bruar 2003, S. 7; Juni 2001, S. 11}