

Freie-Elektronen-Röntgenlaser European XFEL

Übersicht

Das European XFEL-Projekt basiert auf einem supra-leitenden 20 GeV Elektronen-Linearbeschleuniger in der von der TESLA-Kollaboration erfolgreich entwickelten Technologie sowie dem SASE-FEL Prinzip zur Erzeugung von Photonenstrahlen extrem hoher Brillanz mit Wellenlängen im Ångström-Bereich. Sowohl die Beschleuniger-Technologie als auch das SASE-Prinzip sind an der VUV-FEL Anlage FLASH bei DESY (in kleinerem Maßstab und bei größeren Wellenlängen im Ultraviolett-Bereich) erfolgreich erprobt. Die XFEL Röntgenstrahlungsquelle der vierten Generation ermöglicht Untersuchungen mit räumlicher Auflösung im atomaren Bereich sowie zeitlicher Auflösung im Bereich der Dynamik chemischer Bindungen in Molekülen und wird einer Nutzer-Gemeinde aus zahlreichen wissenschaftlichen Disziplinen völlig neue Forschungsmöglichkeiten eröffnen. Die Finanzierung der Baukosten der Anlage liegt zu maximal 60% beim Bund und den Ländern Hamburg und Schleswig-Holstein, mindestens 40% sind von ausländischen Partnern zu erbringen.

Mit Unterzeichnung eines gemeinsamen Kommuniqués haben die Partnerstaaten am 5.06.2007 den offiziellen Start der XFEL-Anlage vollzogen und sich darauf verständigt, zunächst eine erste Ausbaustufe des XFEL mit Baukosten in Höhe von 850 Millionen Euro (Preisbasis 2005, verglichen mit 986 M€ für die im Entwurfsbericht TDR beschriebene Vollversion) zu errichten. Die Kostenreduktion bei dieser Start-Version wird durch eine anfängliche Reduktion von fünf auf drei Undulator-Strahllinien sowie eine Beschränkung des Beschleuniger-Ausbaus auf das für das Erreichen der Basis-Referenzparameter unbedingt erforderliche Maß erreicht (der TDR sieht auch Betriebsparameter

jenseits der Referenzwerte für den anfänglichen Betrieb vor). Ein späterer Ausbau der Anlage auf die TDR-Vollversion bleibt uneingeschränkt möglich.

Am 30. November 2009 unterzeichneten im Rahmen einer feierlichen Veranstaltung im Hamburger Rathaus 10 Partnerländer (Dänemark, Deutschland, Griechenland, Italien, Polen, Russland, Schweden, Schweiz, Slowakei und Ungarn) das Übereinkommen für den Bau und Betrieb der europäischen XFEL-Anlage. Damit ist auch die XFEL GmbH auf internationaler Basis etabliert. Frankreich und Spanien werden in den ersten Monaten des Jahres 2010 beitreten, China plant den Beitritt.

Baumaßnahmen

Die Trasse für den XFEL verläuft vom DESY-Gelände ausgehend in west-nordwestlicher Richtung bis zum



Abbildung 39: Blick auf die im Bau befindliche Halle für die Accelerator Module Test Facility (AMTF) im Herbst 2009.

neuen Forschungsgelände in Schenefeld über eine Länge von ca. 3,4 km und in einer Tiefe von ca. 10–30 m. Die im Januar 2009 begonnenen Tiefbauarbeiten sind weitestgehend plangemäß verlaufen und der Aushub der Baugruben für die verschiedenen Schachtbauwerke und die unterirdische Experimentierhalle ist bereits in erheblichem Umfang erfolgt. Im Juli 2009 erfolgte die Grundsteinlegung für die 4000 m² große Halle, in der später die Tests der supraleitenden Cavities, der kompletten Beschleunigermodule und der Hochfrequenz-Wellenleiterverteilung stattfinden. Zum Ende des Berichtszeitraums war die Errichtung der Halle bereits weit fortgeschritten (siehe Abbildung 39).

Entwicklungsarbeiten und Industrialisierung

Neben der Fortsetzung von Entwicklungsarbeiten rückt die Vorbereitung und Durchführung von Ausschreibungsverfahren für die Serienfertigung der Beschleunigerkomponenten zunehmend ins Blickfeld.

Im April 2009 wurde ein Modul-Kryostat Prototyp (äußerer Vakuumtank und innere sog. *kalte Masse* vom IHEP-Beijing an DESY geliefert und mit industriell gefertigten und bei DESY endbehandelten supraleitenden Resonatoren zu einem vollständigen Beschleunigermodul zusammengebaut. Dieses erste XFEL Prototyp-Modul (PXFEL1) zeigte bei Tests auf dem CMTB (*cryo module test bench*, siehe Abbildung 40) mit einem durchschnittlichen Gradienten von über 30 MV/m ausgezeichnete Resultate. Das PXFEL1 wurde später als siebtes Beschleunigermodul bei FLASH eingebaut und wird dort nach Ende des Shutdowns eine Energie-Erhöhung auf 1,2 GeV ermöglichen. Zwei weitere Modul-Kryostat Prototypen wurden von einer spanischen bzw. französischen Firma geliefert und werden im ersten Halbjahr 2010 zu vollständigen Modulen PXFEL2 bzw. PXFEL3 ergänzt und getestet.

Im Juli 2009 wurde das Ausschreibungsverfahren für die Fertigung und Oberflächenbehandlung der 800 Niob-Seriencavities eröffnet, die DESY gemeinsam



Abbildung 40: Der Beschleunigermodul-Prototyp PXFEL1 auf dem Teststand CMTB.

mit INFN Milano zum Projekt beiträgt. Die Angebote der beiden für diese anspruchsvolle Aufgabe qualifizierten Firmen wurden im November 2009 abgegeben. Zum Ende des Berichtszeitraums waren die Verhandlungen mit den Firmen über die Konditionen für eine Auftragserteilung noch nicht abgeschlossen.

Beim Photoinjektor-Teststand (PITZ) in Zeuthen konnte mit dem vom Max-Born-Institut gebauten verbesserten Kathoden-Laser eine weitere Verbesserung der Elektronenstrahl-Qualität nachgewiesen werden. Diese Ergebnisse sowie die äußerst positive erste Betriebserfahrung bei der LCLS Röntgen-FEL Anlage beim SLAC lassen erwarten, dass beim XFEL eine Photonenstrahl-Qualität jenseits der ursprünglichen Entwurfsparameter möglich sein wird.

Beschleuniger-Konsortium

Während die XFEL GmbH die Gesamtprojektleitung und -überwachung sowie die Konzeption und den Bau der Photonenstrahl-Systeme und Experimentiereinrichtungen übernimmt, kommt DESY als Koordinator des *Accelerator Consortiums* bei der Organisation und Durchführung des Baus der Beschleunigeranlage eine besondere Rolle zu. Bei den Partner-Instituten im Konsortium gehen die vorbereitenden Arbeiten für die Erbringung ihrer Sachbeiträge zum Beschleuniger-

komplex gut voran. Einige Beispiele: Auf dem Gelände von CEA in Saclay wurde die Infrastruktur für den Zusammenbau der Cavity-Strings unter Reinraumbedingungen sowie die Endmontage der kompletten Module im November 2009 fertig gestellt. Beim LAL in Orsay befindet sich die Anlage für das Konditionieren und den Test der Hochfrequenz-Leistungskoppler im Aufbau. INFN/Milano ist mit dem Design des supraleitenden 3rd-harmonic Moduls betraut und CIE-

MAT/Madrid hat erste Prototypen für die supraleitenden Quadrupole des XFEL-Linacs hergestellt. Beim IHEP/Protvino, BINP/Novosibirsk sowie der Technischen Universität Wroclaw wurde mit Entwurfsarbeiten für kryogenische Komponenten begonnen. Beim PSI/Villigen schreitet in Zusammenarbeit mit DESY die Entwicklung für hochpräzise Strahlage-Monitore voran und Prototypen wurden bei FLASH eingebaut, um in 2010 Strahltests durchzuführen.