



Abbildung 136: Bekanntgabe des XFEL Projektstarts am 5. Juni 2007 in Hamburg.

Planungen und Untersuchungen für den Röntgenlaser XFEL bei DESY

Übersicht

Das europäische Röntgenlaser-Projekt XFEL basiert auf einem supraleitenden 20 GeV Elektronen-Linearbeschleuniger in der von der TESLA-Kollaboration erfolgreich entwickelten Technologie sowie dem SASE-FEL Prinzip zur Erzeugung von Photonenstrahlen extrem hoher Brillianz mit Wellenlängen im Ångströmbereich. 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 ca. 60% beim Bund und den Ländern Hamburg und Schleswig-Holstein, ca. 40% sind von ausländischen Partnern zu erbringen.

Die Projektvorbereitung hatte zu Beginn des Jahres plangemäß einen Status erreicht, von dem aus mit der Realisierung des Projekts begonnen werden konnte. Bis zum Frühjahr 2007 wurden dann auch in den bilateralen Verhandlungen zwischen Deutschland und den internationalen Partnern bezüglich der auswärtigen Finanzierungsbeiträge die erforderlichen Fortschritte erzielt, die den Einstieg in die Projektrealisierung erlauben. Am 5. Juni wurde von Frau Ministerin Schavan in einer feierlichen Zeremonie in Hamburg im Beisein von Vertretern der XFEL Partnerländer (Abbildung 136) der Projektstart für den Europäischen XFEL bekannt gegeben.

Startversion der Anlage

Mit Unterzeichnung eines gemeinsamen Kommuniqués haben die Partnerstaaten am 5. Juni 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-Strahlführungen 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).

Diese Ausbauversion wurde von der *Working Group for Scientific and Technical Issues* (STI) untersucht und bewertet und als Ergebnis ihrer Sitzung am 25. April 2007 dem *Internationalen Steering Committee* (ISC) als Szenario für den sofortigen Projektstart empfohlen. Das ISC hat in seiner Sitzung am 3. Mai 2007 dem Vorschlag zugestimmt, mit diesem Startscenario in die Projektrealisierung einzutreten. In seiner Sitzung im Oktober 2007 hat die STI-Gruppe dann zusätzlich eine Priorisierung der Undulatoren und der wissenschaftlichen Instrumente vorgenommen. Das ISC hat von dieser Priorisierung Kenntnis genommen. In der sich daraus ergebenden Konfiguration der Startversion wird ein Schwerpunkt in der Bereitstellung von FEL Strahlung im weichen und im konventionellen Röntgenbereich liegen. Abstriche in Bezug auf Polarisation der FEL Strahlung im weichen Röntgenbereich sowie bei der Bereitstellung von spontaner emittierter Synchrotronstrahlung im sehr harten Röntgenbereich

lassen sich im angestrebten Ausbau zur Voll-Version (TDR-2006) ausgleichen. Für die wissenschaftlichen Experimente werden zunächst sechs statt der ursprünglich vorgesehenen zehn Instrumente realisiert werden. Vier bzw. zwei Instrumente werden dabei für die Nutzung konventioneller, bzw. weicher Röntgenstrahlung zur Verfügung stehen. Ein späterer Ausbau der Anlage auf die TDR-Vollversion bleibt uneingeschränkt möglich.

Vorbereitung der Baumaßnahmen

Das ISC hat in seiner Sitzung am 3. Mai 2007 ferner beschlossen, DESY mit der Durchführung dringend anstehender Maßnahmen (u. a. Ausschreibungen für Tiefbau sowie technische Arbeiten) zu betrauen, während parallel die Gründung der XFEL GmbH betrieben wird.

Die Erstellung der umfangreichen Ausschreibungsunterlagen für die Tiefbaugewerke wurde von einer Arbeitsgruppe unter Hinzuziehung eines externen Projektsteuerers koordiniert. Die Einteilung des Bauvolumens in Auftragslose und die Art der Ausschreibung (funktional bzw. nach Leistungsverzeichnis) wurde in mehreren Workshops unter Einbeziehung des DESY Einkaufs, der XFEL Projektleitung, der technischen Planer sowie juristischer Beratung definiert. Das europaweite Ausschreibungsverfahren wurde am 6. Juni 2007 eröffnet. Die im Dezember 2007 eingegangenen Firmenangebote werden im Detail ausgewertet, und die Vergabe von Bauaufträgen ist für das Frühjahr 2008 geplant.

Entwicklungsarbeiten und Industrialisierung

Die umfangreichen Entwicklungsarbeiten und die Vorbereitungen auf die industrielle Serienfertigung technischer Komponenten wurden fortgesetzt. Die folgende kurze Zusammenfassung beschränkt sich auf einige Beispiele.

Auf dem *Cryo Module Test Bench* (CMTB) wurden drei Beschleunigermodule im kaltgefahrenen Zustand mit voller Hochfrequenzleistung erfolgreich getestet. Besonders hervorzuheben sind die problemlose Durchführung einer größeren Anzahl von Abkühl-/Aufwärm-Zyklen sowie die kurzen Konditionierungszeiten für die Hochfrequenz-Leistungskoppler. Nach Einbau dieser Module bei FLASH konnte dort nach nur kurzer Inbetriebnahmephase die volle Entwurfsenergie von 1 GeV erreicht werden.

Beim Hochfrequenzsystem macht die Prototypen-Entwicklung der für den Einbau im Tunnel geeigneten horizontalen Klystrons gute Fortschritte. Eine der drei beauftragten Firmen hat das Klystron, nach erfolgreichen Tests in der Firma, bereits einige Monate vor dem vereinbarten Termin ausgeliefert. Am FLASH-Linac wurde ein Systemtest mit 10 kV-Pulskabeln durchgeführt, wie sie später beim XFEL benötigt werden, um die Pulstransformatoren im Tunnel mit den Modulatoren in der oberirdischen Halle zu verbinden. Eine befürchtete Störung des FLASH Betriebs durch elektromagnetische Interferenz aufgrund der hohen Pulsströme im Kabel konnte nicht beobachtet werden. Ebenfalls am FLASH-Linac erfolgreich erprobt wurde ein verbessertes Hohlleiter-Verteilungssystem, das nicht nur eine flexible Anpassung der Hochfrequenzleistung erlaubt, sondern gleichzeitig auch einfacher und platzsparender aufgebaut ist als das bisherige System.

Im Rahmen der Industrialisierung der Niob-Resonator Oberflächenbehandlung wurden Aufträge an zwei Firmen vergeben, um die bei DESY erprobte Elektropolitur für die spätere Serienfertigung in der Industrie zu etablieren. Erste Testergebnisse mit industriell elektrolysierten Kavitäten werden Anfang 2008 erwartet.

Zur Erprobung und Optimierung der Installationsprozeduren im XFEL Tunnel wurde auf dem DESY Gelände ein 50 m langer Testtunnel aufgebaut (Abbildung 137). Neben einem Installations-Test der Beschleuniger-Komponenten können hier auch Versuche zur Temperaturstabilisierung der Undulator-Sektionen durchgeführt werden.

Erste Prototypen für die Undulatoren wurden an DESY ausgeliefert, und mit der mechanischen und magneti-



Abbildung 137: Blick in den XFEL Testtunnel.

schen Vermessung wurde begonnen. Für die magnetische Vermessung der ca. 100 Undulatorsegmente des XFEL werden zusätzliche Kapazitäten erforderlich. Im abgelaufenen Jahr wurde daher damit begonnen, eine neue Messbank aufzubauen, die die Anforderungen an die hochpräzise Vermessung der Magnetfelder der XFEL Undulatoren erfüllt. Diese Messbank einschließlich der zugehörigen Infrastruktur war Ende des Jahres weitgehend aufgebaut. Erste Messungen sind im Frühjahr 2008 vorgesehen. Bezüglich der erforderlichen extrem engen Toleranzen der Undulator-Parameter wurden umfangreiche Simulationsrechnungen durchgeführt. Es zeigt sich, dass sowohl hinsichtlich der mechanischen Toleranzen der Undulator-Segmente als auch der Temperaturstabilisierung über lange Distanzen in den Undulator-Tunneln weniger enge Anforderungen gestellt werden müssen, als in einer ersten konservativen Abschätzung angenommen.

Im Bereich der Röntgen-Optiken und Strahlführungssysteme wurde begonnen, die Auslegung dieser Optiken im Detail zu planen. Wichtig ist dabei die Kenntnis über den Transport kohärenter Röntgenstrahlung und den Einfluss von Abweichungen der Optiken von der

Idealform. Simulationen und Messungen möglicher Schädigungen von Röntgen-Optiken durch die intensive FEL-Strahlung wurden im abgelaufenen Jahr begonnen. Diese Tätigkeiten werden in den Jahren 2008/09 fortgesetzt werden.

Für das Entwicklungsprogramm von Flächen-Detektoren für die Experimente wurden mit Hilfe eines internationalen Beratergremiums (*Detector Advisory Committee – DAC*) drei Vorschläge ausgewählt. Die Ergebnisse der Evaluierung der Vorschläge hat dazu geführt, dass ein Konsortium seinen Antrag zurückgezogen hat und einen überarbeiteten Vorschlag einreichen 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 bei der Organisation und Durchführung des Baus der Beschleunigeranlage eine besondere Rolle zu. Die Errichtung des Beschleuniger-Komplexes wird i. W. in Form von *in-kind* Beiträgen seitens einer Reihe von Instituten aus den XFEL-Partnerländern (einschließlich DESY) erfolgen. DESY übernimmt in diesem *Accelerator Consortium* die Aufgabe des Koordinators. Nach dem offiziellen Projektstart im Juni 2007 wurden die Aktivitäten zur Organisation dieses Konsortiums verstärkt und in einer Reihe von Workshops und Gesprächen mit Partnerinstituten die Abstimmung der Aufgabenverteilung und des Umfangs der jeweiligen Beiträge vorangetrieben. Aufgrund der bis Ende des Berichtszeitraums erzielten guten Fortschritte bei diesem Abstimmungsprozess ist zu erwarten, dass die Organisation der Zusammenarbeit für den Bau des XFEL-Beschleunigers zeitgerecht gelingen wird.