

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 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 ca. 60% beim Bund und den Ländern Hamburg und Schleswig-Holstein, ca. 40% sind von ausländischen Partnern zu erbringen.

Bei den vorbereitenden Arbeiten für die Europäische Röntgenlaser-Anlage XFEL wurden im Berichtszeitraum entscheidende Meilensteine erreicht. Der Technische Entwurfsbericht wurde plangemäß Mitte 2006 fertig gestellt, am 25. Juli vom European Project Team (EPT) an das International Steering Committee (ISC) übergeben und vom ISC uneingeschränkt akzeptiert. Ebenfalls im Juli erfolgte seitens der zuständigen Behörde (Landesbergamt Clausthal-Zellerfeld) die Feststellung des Plans für die Errichtung und den Betrieb der Anlage. Bei den Entwicklungsarbeiten und der Industrialisierung für die technischen Komponenten wurden wichtige Fortschritte erzielt.

Die Projektvorbereitung hat damit zum Ende des Berichtszeitraums plangemäß einen Status erreicht, von dem aus mit der Realisierung des Projekts begonnen werden kann. Mit dem offiziellen Startschuss für die Errichtung der Anlage wird für das erste Halbjahr 2007 gerechnet, abhängig vom Fortschritt der zurzeit laufenden bilateralen Verhandlung zwischen Deutschland und den internationalen Partnern bezüglich der auswärtigen Finanzierungsbeiträge.

Technischer Design Report

An der Erstellung des TDR (DESY-2006-097) waren über 200 Wissenschaftler und Ingenieure aus 69 Instituten beteiligt. Der Bericht beschreibt detailliert die wissenschaftlichen Ziele und die technische Auslegung der XFEL Anlage. Er enthält ebenfalls eine Beschreibung der Projektkosten, des Zeitplans und der Projektorganisation.

Im Zuge der Erstellung des TDR wurde eine Überarbeitung der zuerst im TESLA-TDR supplement (DESY-

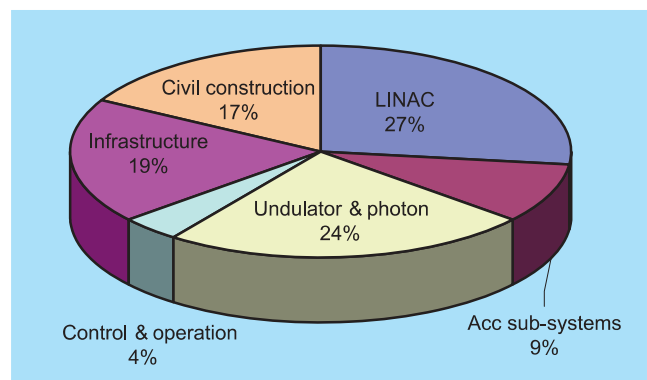


Abbildung 108: Verteilung der Gesamtkosten von 986 M€ für den Bau der XFEL Anlage.

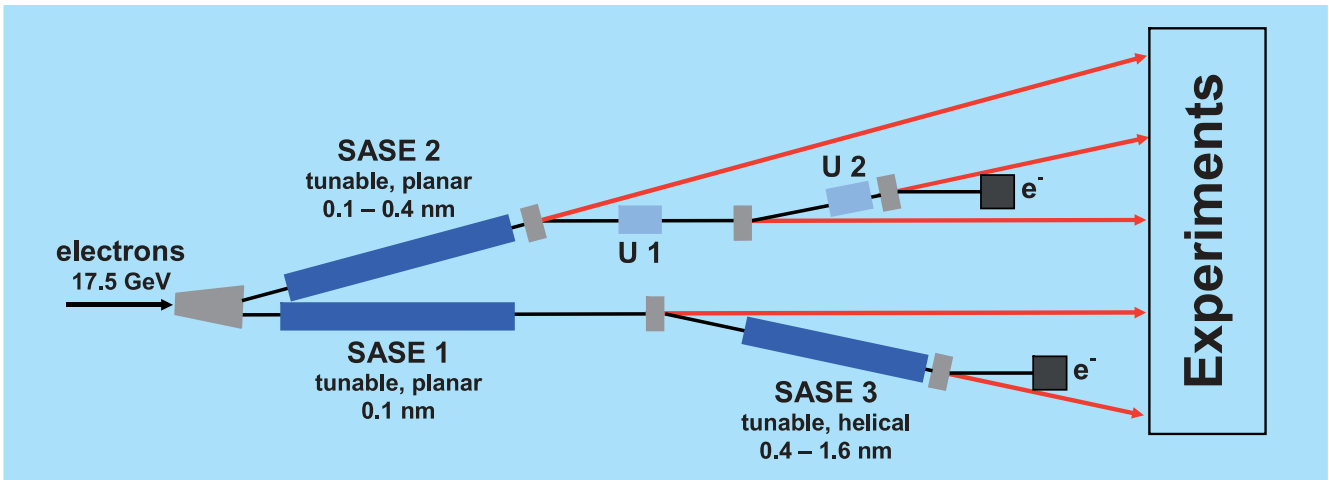


Abbildung 109: Auslegung der Photonen-Strahllinien.

2002-167) vorgelegten Kostenschätzung vorgenommen, um unter anderem Design-Modifikationen und Veränderungen in der Marktlage (z. B. durch die Entwicklung von Rohstoffpreisen) zu berücksichtigen. Die Gesamtkosten für den Bau der Anlage belaufen sich auf 986 M€, wovon etwa drei Viertel auf Investitionen und ein Viertel auf Personalkosten entfallen. Die Verteilung der Kosten auf die verschiedenen Anlagen-Teile ist in Abbildung 108 gezeigt.

Die Errichtung der Anlage bis zum Beginn des Strahlbetriebs wird etwa sechseinhalb Jahre in Anspruch nehmen. Danach werden die insgesamt fünf Undulator-Strahlführungen (zehn Experimentierplätze) für FEL- und spontane Strahlung (Abbildung 109) sukzessive in Betrieb genommen, so dass im neunten Jahr nach Baubeginn alle Experimentiereinrichtungen für wissenschaftliche Nutzer zur Verfügung stehen.

Planfeststellungsverfahren und Vorbereitung der Baumaßnahmen

Die Vorbereitung der Tiefbaumaßnahmen für den XFEL (Tunnelgewerke, Zugangsschächte, Experimentierhal-

lenschacht und Injektorkomplex) wurde weiter vorangetrieben. Hierzu wurden die zuvor in einem engen Raster durchgeführten Baugrundaufschlussbohrungen ausgewertet. Als ein wichtiges Ergebnis der Bodenerkundungen stellte sich heraus, dass die im Bereich der Verteilungsschächte für die Photon-Strahlführungen auf dem späteren Betriebsgelände Schenefeld geplante große offene Baugrube nicht realisiert werden kann, sodass auch in diesem Bereich die Tunnel mit einer Tunnelbohrmaschine aufgeföhren werden. Eine entsprechende Planänderung wurde erarbeitet und der Planfeststellungsbehörde (das Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie in Clausthal-Zellerfeld) zugestellt.

Es wurde eine Arbeitsgruppe unter Hinzuziehung eines externen Projektsteuerers eingerichtet, welche die Erstellung der umfangreichen Ausschreibungsunterlagen für die Tiefbaugewerke 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.

Im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens wurden in mehreren Arbeitssitzungen mit der Planfeststellungs-



Abbildung 110: Das supraleitende Beschleunigermodul Nr. 6 auf dem im Herbst 2006 fertig gestellten Teststand in Gebäude 70.

behörde offene Fragen erörtert und beantwortet. Die Planfeststellungsbehörde hat am 20. Juli bekannt gegeben, dass der Plan für den Bau und den Betrieb des XFEL festgestellt wird. Der ca. 350 Seiten lange Planfeststellungsbeschluss wurde vom 9. August bis zum 23. August ausgelegt, die Klagefrist gegen den Beschluss lief am 25. September ab.

In regelmäßigen Treffen zwischen Vorhabensträger, Bund und Ländern wird die Frage des Grunderwerbs kontinuierlich verfolgt. Die zeitliche Verzögerung der Planfeststellung ist insofern nicht kritisch, als sie sich nicht auf dem kritischen Pfad bewegt. Dieser wird momentan durch den Starttermin der Veröffentlichung der Ausschreibung für die Tiefbaugewerke bestimmt. Aus technischer und planerischer Sicht kann die Ausschreibung begonnen werden.

Entwicklungsarbeiten und Industrialisierung

Die umfangreichen technischen Entwicklungsarbeiten wurden fortgesetzt. Die folgende kurze Zusammenfassung beschränkt sich auf einige Beispiele.

Der Teststand für Beschleunigermodule wurde fertig gestellt und in Betrieb genommen. Damit ist es jetzt möglich, Module im kalt gefahrenen Zustand mit voller Hochfrequenzleistung zu testen, ohne die Notwendigkeit sie dazu in den FLASH-Linac einzubauen (und damit dessen Betrieb zu unterbrechen). Der später für die Energieerhöhung bei FLASH vorgesehene Modul Nr. 6 wurde bereits auf dem Teststand installiert (Abbildung 110) und die Tests haben begonnen.

Bei den Klystrons für das Hochfrequenzsystem des Linearbeschleunigers konnte die Qualifizierung zweier weiterer industrieller Anbieter mit dem erfolgreichen Test von jeweils einem Prototypen nachgewiesen werden. Die Arbeiten in der Industrie konzentrieren sich jetzt darauf, modifizierte Klystrons für den späteren Einbau im Tunnel in horizontaler Lage zu entwickeln.

Die systematischen Untersuchungen der Elektropolitur (EP) von Niob-Cavities wurde fortgesetzt. Es zeichnet sich ab, dass ein etwas vereinfachtes Verfahren, bei dem nur ein einmaliger EP-Durchgang angewendet wird und die Endbehandlung nach dem 800-Grad Glühen in einer kurzen chemischen Beize besteht, zu guten Resultaten für den erreichbaren Beschleunigungsgradienten führt. Parallel wurde ein alternatives Herstellungsverfahren (zuerst am JLAB in den USA erfolgreich angewendet) erprobt, bei dem die Cavities direkt aus groß-

kristallinem Niob-Ingots gefertigt werden. Die Indikation aus ersten Tests ist, dass damit gefertigte Cavities auch mit einfacher chemischer Beize (ohne EP) gute Ergebnisse erreichen können.

Bei der Undulator Entwicklung wurde ein mechanischer Antrieb erprobt, mit dem eine Einstellung der Magnetöffnung mit einer Genauigkeit von besser als einem Mikrometer erreicht werden kann. Die Prototypen-Entwicklung im Rahmen der Industrialisierung der Undulator-Fertigung wurde bei drei Firmen begonnen.

Für das Entwicklungsprogramm experimenteller Detektoren wurde ein *Call for Expression of Interest* durchgeführt. Die aus den eingegangenen Bewerbungen von einem Expertengremium ausgewählten Konsortien werden im Verlauf des Jahres 2007 mit den Entwicklungsarbeiten beginnen.