

Aktivitäten in Zeuthen

PITZ

Der Photoinjektor-Teststand Zeuthen (PITZ, Abbildung 138) dient der Entwicklung und Optimierung von Elektronenquellen für Freie-Elektronen-Laser (FEL), zurzeit insbesondere für das Projekt des Europäischen Röntgenlasers (XFEL).

Das Hauptziel im Jahr 2007 bestand in dem Konditionieren und der Charakterisierung der neuen Elektronenkanone (Gun 3.2) sowie einem wesentlichen Ausbau der bestehenden Anlage.

Zum Jahresbeginn wurden die Arbeiten an der Anlage, die im Herbst 2006 begonnen hatten, fortgesetzt. Hauptziel war die Inbetriebnahme der inzwischen fertig gestellten Gun 3.2. Bei der Inbetriebnahme gab es mehrere Probleme mit Vakuumlecks an HF-Einkopplern, welche die Messungen um zwei Monate verzögerten. Während dieser Zeit wurden vier neu entwickelte Schirmstationen eingebaut.

Nach dem umfassenden Umbau war ein eine mehrwöchige Inbetriebnahme der gesamten Anlage mit den neuen Diagnosekomponenten und Elektronenstrahl erforderlich.

Im April konnte das Konditionieren der Gun 3.2 beginnen. Ziel war es mit dieser Gun erstmals Beschleunigungsgradienten von 60 MV/m zu erreichen. Mit einem derartig hohen beschleunigenden Feld kann man eine verbesserte Qualität des Elektronenstrahls (verkleinerte transversale Emittanz) erwarten. Hierzu wurden 2007 erstmalig etwa 6.5 MW HF-Leistung aus einem 10 MW Klystron an der Gun im kontinuierlichen Betrieb in Zeuthen realisiert. Der Normalbetrieb der Gun mit dieser HF-Spitzenleistung fand bei einer HF-Pulslänge von 0.1 ms statt. An der Gun 3.2 wurden ungewöhnlich hohe Dunkelströme gemessen, bis zu 8 mA bei einer HF-Leistung von 6.5 MW. Dies führte während des Betriebes zu hohen Strahlungsniveaus im Tunnel mit der Konsequenz häufiger Ausfälle von Diagnose- und elektronischen Komponenten. Als eine der Ursachen wird ein Fertigungsfehler im Kathodenbereich von Gun 3.2 vermutet.

Trotz der hohen Dunkelströme konnte eine erfolgreiche Charakterisierung der Gun 3.2 in den Monaten Juni bis August durchgeführt werden. Insbesondere konnte im Vergleich zu bisherigen Messungen eine verbesserte transversale Emittanz gemessen werden. Die transversale Emittanz beträgt demnach 1.26 mm mrad bei einer Ladung von 1 nC und einem Feldgradienten von circa

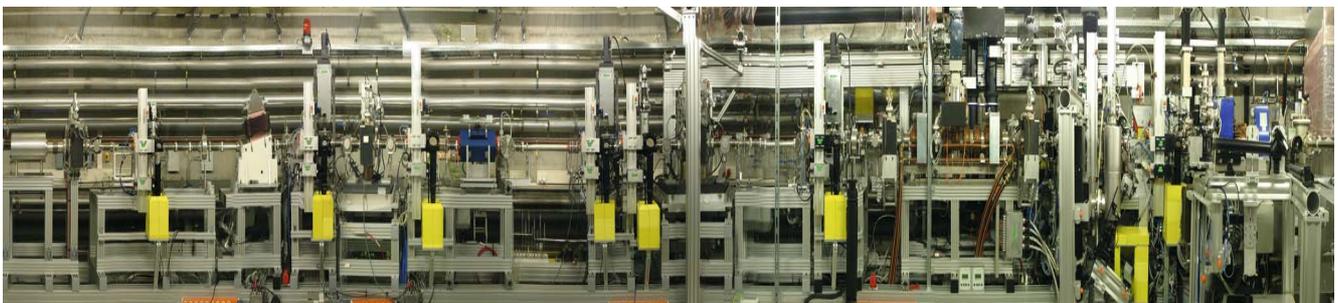


Abbildung 138: Panorama des PITZ Aufbaus 2007.

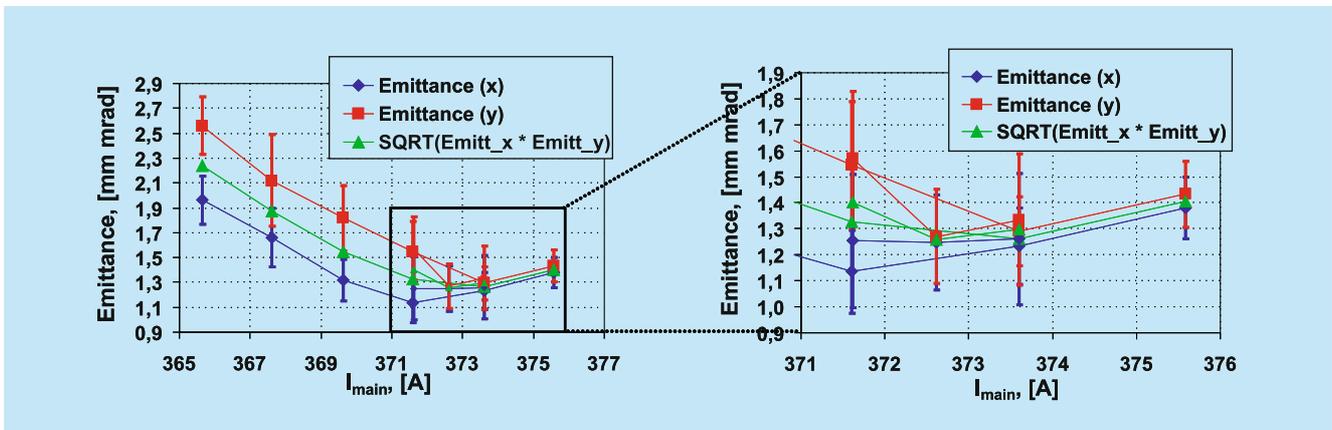


Abbildung 139: Transversale Emittanz für 1 nC und 60 MV/m.

60 MV/m (Abbildung 139). Verwirft man einen Teil der Elektronen, der voraussichtlich nicht zum Lasing des XFEL beiträgt, ergibt sich sogar eine Emittanz von ca. 0,8 mm mrad.

Dies erfüllt die Anforderungen der für das Europäische XFEL-Projekt notwendigen projizierten Emittanz und kennzeichnet die derzeit weltbeste gemessene Emittanz. Trotzdem müssen noch eine Reihe von Untersuchungen und Verbesserungen durchgeführt werden (Dunkelstrom, Stabilität), bevor die Quelle für den XFEL einsatzfähig ist.

Die thermische Emittanz, welche die kleinste theoretisch erreichbare Emittanz ist, wurde ebenfalls gemessen. Sie betrug bei einer Strahlfleckgröße von 0,35 mm (rms) 0,47 mm mrad. Dies ist um den Faktor 1,6 größer als erwartet. Daher müssen in Zukunft noch detailliertere Untersuchungen zur thermischen Emittanz durchgeführt werden, um die Emissionsprozesse besser zu verstehen.

An den Photokathoden wurden in Zusammenarbeit mit BESSY XPS-Untersuchungen (Röntgen-Photoelektronen-Spektroskopie) durchgeführt. Dies betraf insbesondere auch einen Vergleich neuer und bei PITZ und FLASH benutzter Kathoden. Es wurde eine Änderung der chemischen Zusammensetzung während der Nutzung nachgewiesen. Die Untersuchungen werden fortgesetzt.

Am 20.8. begann eine weitere Umbauphase. Ausgehend von der Projektstufe PITZ1.6 wird dadurch die Projektstufe PITZ1.7 erreicht.

Ein Großteil der Diagnosekomponenten im hochenergetischen Teil der Beschleunigeranlage wurde und wird umgebaut. Der Anlass ist der Einbau des neuen Magnet-Spektrometers HEDA1. Das Spektrometer wurde bei PITZ entwickelt, der Magnet in Kooperation mit LAL Orsay in Frankreich gebaut. HEDA1 erlaubt eine deutlich verbesserte Vermessung des longitudinalen Phasenraumes und ermöglicht erste slice-Emittanz Messungen. Mit diesem Umbau werden außerdem viele Komponenten auf die Sollpositionen für die Projektstufe PITZ2 gebracht. Außer den Änderungen in der Hochenergiesektion wurde um den Jahreswechsel 2007/2008 die Niederenergiesektion wesentlich umgebaut.

Im November 2007 wurde mit der Installation eines völlig neuen Photokathodenlasers, der von dem Max-Born-Institut Berlin (MBI) entwickelt wurde, begonnen. Die Laserpulse werden Anstiegs- und Abfallzeiten von 2 ps haben. Hiervon erwartet man eine weitere Verbesserung der Strahlqualität (transversale projizierte Emittanz). Dazu war es notwendig, die Laserhütte zu erweitern und eine verbesserte Klimatisierung des Laserraumes mit einer Temperaturkonstanz von $0,1^\circ$ aufzubauen. Das System der Laserstrahlagnostik wird ebenfalls verbessert.

Ein neu entwickelter Konditionierungs-Teststand (CTS) für Elektronenkanonen (Guns) wurde im Tunnel aufgebaut. Die neue Gun 4.2, die eine Reinigung erstmals nicht mit Wasser, sondern mit Trockeneis durchlief, wurde auf diesem CTS montiert. Mit der Konditionierung der neuen Gun wurde im Dezember 2007 begonnen.

Der Bau der neuen Boosterkavität *CDS-Booster* läuft weiterhin in Hamburg, sie soll 2008 in PITZ eingebaut werden, um die Elektronenenergie auf etwa 30 MeV zu erhöhen.

Weiterhin wurden die Arbeiten zur Entwicklung weiterer Komponenten der Anlage fortgesetzt, die für eine zukünftige Nutzung vorgesehen sind.

Strahldynamik-Simulationen wurden zu folgenden Themenkreisen durchgeführt:

- Simulation des aktuellen PITZ-Aufbaus, um die gemessenen Resultate von Gun 3.2 zu vergleichen
- Simulation zum longitudinalen Phasenraum
- Simulationen zur Beurteilung systematischer Unsicherheiten der verschiedenen Messmethoden
- Simulation zu Quadrupol-Magneten und Phasenraum-Tomographie teilweise zur Vorbereitung der *slice*-Emittanz Messung
- Simulationen für die HF-Ablenkungskavität
- Simulation für den XFEL zur Geschwindigkeits-Kompression (*velocity bunching*) der Elektronenpakete

Weitere Simulationen wurden zur Entwicklung des Spektrometers HEDA2 und für die Rekonstruktion des Magneten LEDA unter Verwendung von CST Software und zur Weiterentwicklung des optischen Systems für die Messungen mit der Streak-Kamera unter Verwendung des Programms ZEMAX durchgeführt.

Die im Herbst begonnenen Arbeiten zum Ausbau der Anlage, wie der Laseraufbau und der Umbau der gesamten Elektronenstrahl-Diagnostik werden 2008 fortgesetzt. Nach den Umbauphasen ist ein ausführliches Messprogramm durchzuführen und der Einfluss der verbesserten Laserstrahlparameter auf die Qualität des Elektronenstrahls zu untersuchen.

FLASH

Im Routinebetrieb des Beschleunigers FLASH wird der Röntgenlaserstrahl durch Spiegel in die verschiedenen Strahlrohre geführt. Die Ausrichtung der Spiegel und damit eine Veränderung der Strahlführung erfolgt im Zeitraum von Tagen bis Wochen. In Zeuthen wurde ein Prototyp einer schnellen Spiegelkammer aufgebaut, der unter Laborbedingungen zeigte, dass es möglich ist, mit der geforderten Präzision (Endlage eines Spiegels im Sub-Mikrometerbereich, Verkantung unter einer Bogensekunde) eine Strahländerung im Takt von einigen Hertz zu realisieren.

Der in Zeuthen gefertigte *Ionisation Profile Monitor* (IPM, Abbildung 140) wurde in den Beschleuniger FLASH eingebaut und in das Auslesesystem eingebunden.

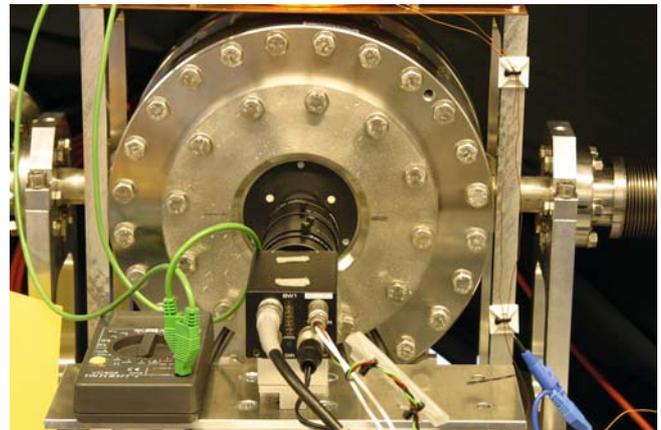


Abbildung 140: Kompletter Ionisation Profile Monitor.

XFEL

Modulator Test Facility (MTF)

Im Januar wurden an zwei Firmen Aufträge zur Entwicklung und zum Bau von Modulator-Prototypen vergeben. Danach wurden intensive Abstimmungen mit diesen Firmen geführt mit dem Ziel, die Prototypen

XFEL-gerecht aufzubauen. Dieser Prozess wird auch 2008 fortgesetzt. Parallel dazu wurde begonnen, alle für die Steuerung erforderlichen elektronischen Komponenten in den entsprechenden Racks zu installieren

und zu verkabeln. Mitte des Jahres wurden auch die beiden Pulstransformatoren geliefert und in der Testhalle installiert. Die Lieferung der ersten Prototypen wird Mitte 2008 erwartet.