

Aktivitäten in Zeuthen

PITZ

Am Photoinjektor-Teststand in Zeuthen (PITZ) werden Elektronenquellen für Freie-Elektronen-Laser (FEL) entwickelt und optimiert. Neben der Absicherung und Weiterentwicklung der Quelle für FLASH ist insbesondere die Entwicklung einer zuverlässigen Elektronenquelle für den European XFEL das primäre Ziel.

Die wesentlichen Ergebnisse des Jahres 2008 sind die Fertigstellung des Umbaus der Anlage zur Projektstufe PITZ 1.7, die Inbetriebnahme des neuen Photokathodenlasers und der Beginn der nachfolgenden Messperiode zur Charakterisierung einer neuen Elektronenquelle (Gun).

In der Beschleunigerpause 2007/2008 wurden nahezu alle vorhandenen Diagnosemodule von PITZ an neuen Positionen aufgestellt, um der Erhöhung des Beschleunigungsgradienten an der Photokathode auf bis zu 60 MV/m Rechnung zu tragen und den Einbau neuer Diagnosekomponenten zu ermöglichen. Des Weiteren wurden Komponenten ersetzt, verbessert und gewartet. Das betrifft beispielsweise den Einbau eines neuen Doppeldiagnosekreuzes und den Umbau des niederenergetischen Spektrometers LEDA mit dem Ziel, die laterale Transmission zu verbreitern. Die zweite Beschleunigerkavität (*Booster*) wurde aufgrund des erhöhten Gun-Gradienten verschoben und so eingebaut, dass die im Bau befindliche neue Kavität (*CDS-Booster*) in Zukunft einfach an Stelle des jetzigen Boosters eingesetzt werden kann. Hinter dem Booster wurde das neue Magnetspektrometer HEDA1 eingebaut, welches die Vermessung der Impulsverteilung der Elektronen mit höherer Genauigkeit erlaubt. Das Spektrometer enthält zwei Schirmstationen, mit denen der longitudinale Phasenraum und die slice-Emittanz gemessen werden kann. Damit wurde für den größten Teil der

Anlage der Sollaufbau für die Projektstufe PITZ 2.0 erreicht. Bis zum August wurden tagsüber im Beschleunigertunnel Installations- und Inbetriebnahme-Arbeiten durchgeführt. Danach begann der dreischichtige Messbetrieb.

Der Photokathodenlaser, der in einem mehrjährigen Projekt vom Max-Born Institut Berlin entwickelt wurde, ist in die erweiterte Laserhütte eingebaut und in Betrieb genommen worden. In einer Prototyp-Phase lieferte der Laser zuerst kurze Pulse mit einem zeitlichen Gauß-Profil. Ende September wurden dann erstmals Pulse mit kurzer Anstiegs- und Abfallzeit (etwa 2 ps) und einem flachen Impulsdach erzeugt. Mit diesem Laser konnten dann ab Anfang Dezember Impulse mit 18 ps FWHM und ≤ 2 ps Anstiegs- und Abfallzeit für die Messungen bereitgestellt werden. Ein spezielles Mess-System, das *Optische Sampling-System* (OSS) wurde vom Max-Born Institut ebenfalls übergeben. Es dient der Vermessung des zeitlichen Impulsprofils der Laserpulse im ultravioletten Spektralbereich mit einer Genauigkeit von etwa 0.5 ps, viel präziser als dies bisher mit einer Streak-Kamera möglich war. Es wird erwartet, dass dieses zeitliche Profil zur gewünschten Verbesserung der wichtigsten Eigenschaft der Gun, der projizierten transversalen Emittanz, die möglichst klein sein soll, beiträgt. Der umgebaute Laserraum wird mit einem neu installierten System klimatisiert. Ziel ist das Erreichen einer Stabilität der Raumtemperatur von 0.1 Grad und die Begrenzung der Luftfeuchtigkeit auf maximal 40 %. Die Zielwerte sind noch nicht ganz erreicht, dafür muss das zentrale Kühlsystem in Zeuthen noch verbessert werden.

Ein weiterer wichtiger Schritt im Jahr 2008 war der Einsatz einer neuen Gun (Nr. 4.2). Diese Gun hat ein verbessertes Kühlsystem und wurde unter Anwendung eines speziellen in Hamburg entwickelten Verfahrens

mit Trockeneis (CO₂) gereinigt. Die Gun wurde zuerst im neu geschaffenen CTS (Konditionierungs-Teststand) und danach im Beschleuniger selbst konditioniert. Es zeigte sich, dass die Vakuumeigenschaften der Kupfer-Kavität im Vergleich zur früheren Hochdruck-Reinstwasserspülung (HPWR) wesentlich besser sind und auch der unerwünschte Dunkelstrom um mehr als einen Faktor 10 reduziert werden konnte (Abbildung 121).

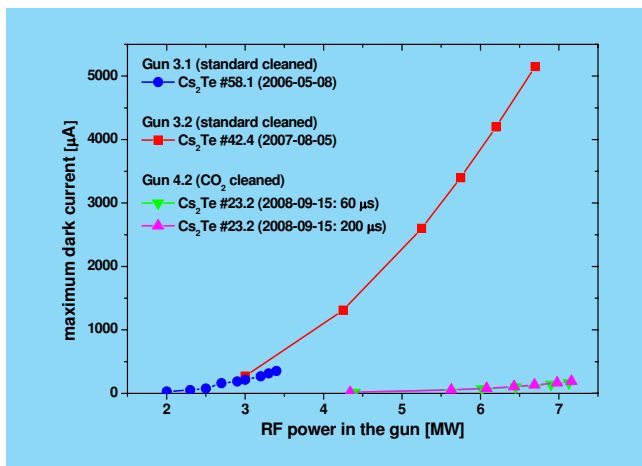


Abbildung 121: Dunkelstrommessungen für Gun 3.1, Gun 3.2 und Gun 4.2. Gun 4.2 wurde einer Trockeneisreinigung unterzogen.

Die Gun wurde bis zu HF-Pulslängen von 0.7 ms bei 10 Hz Wiederholrate und 7 MW HF-Spitzenleistung in der Gun konditioniert. Damit wurde die für das XFEL-Projekt spezifizierte HF-Leistung demonstriert.

Sobald der Laser für Messungen zur Verfügung stand, konnte das Messprogramm zur Charakterisierung der inzwischen konditionierten Gun beginnen. Diese Messungen betreffen den longitudinalen Phasenraum insbesondere mit den neuen und rekonstruierten Spektrometern und weiterhin als wichtigste Messung, die Bestimmung der projizierten transversalen Emittanz. Dafür wurde ein neues halbautomatisches Messprogramm entwickelt, das sich noch in der Erprobungsphase befindet. Weiterhin wurden erste Messungen der Slice-Emittanz begonnen, das ist die transversale Emittanz gemessen in mehreren kurzen Zeitscheiben.

Die Untersuchungen an Photokathoden wurden mit Messungen des Dunkelstroms, der Quantenausbeute, der Homogenität der Elektronenemission sowie der Bestimmung der chemischen Zusammensetzung von benutzten Kathoden (Zusammenarbeit mit BESSY) weitergeführt. Es zeigt sich, dass sich die Entfernung von Teflonisolatoren aus der Vakuumsektion nahe der Gun ausgezahlt hat. Zusammen mit dem reduzierten Dunkelstrom der aktuellen Gun erhöhte sich die Lebensdauer der Kathoden erheblich.

In einer Diplomarbeit wurden Untersuchungen zu der Anwendung von reflektiven optischen Elementen im optischen System, das für die Messung der Elektronenpaketlänge und des longitudinalen Phasenraums mit der Streak-Kamera benutzt wird, durchgeführt. Für dieses Problem wurden Teillösungen erarbeitet und ein Vorschlag für die Umsetzung präsentiert.

Zur Erweiterung von PITZ in den nächsten Jahren laufen eine Reihe von Entwicklungsarbeiten und deren technische Umsetzung. Die neue Booster Kavität wird in Hamburg im Sommer 2009 fertiggestellt und soll dann in PITZ eingebaut werden. Dieser Booster gestattet einen stabilen Betrieb und die Beschleunigung der Elektronen bis etwa 30 MeV. Eine der komplexen Diagnosekomponenten deren Entwicklung bereits läuft ist der Modul zur Phasenraum-Tomographie. Die Entwicklung wird in wenigen Monaten abgeschlossen und die meisten Komponenten sind in Zeuthen im Bau. Der Modul gestattet eine schnellere und genauere Vermessung des transversalen Phasenraums als dies bisher möglich ist, insbesondere auch für kleinere Ladungen des Elektronenpaketes. Der Tomographiemodul soll ab Sommer 2009 in PITZ eingebaut werden. In Zusammenarbeit mit dem Institut INR in Troitsk läuft die Entwicklung eines weiteren Guntyps (Nr.5). Diese wird insbesondere ein pick-up für die Messung des elektrischen Beschleunigungsfeldes besitzen. Damit wird eine genaue Regelung der HF in der Gun angestrebt, was eine der Grundvoraussetzungen für die Gun im Injektor des European XFEL ist.

Als Prototyp-Test für den European XFEL ist beabsichtigt, eine Kavität mit transversaler HF-Ablenkung in PITZ zu installieren. Dieses Gerät ist für eine hoch-

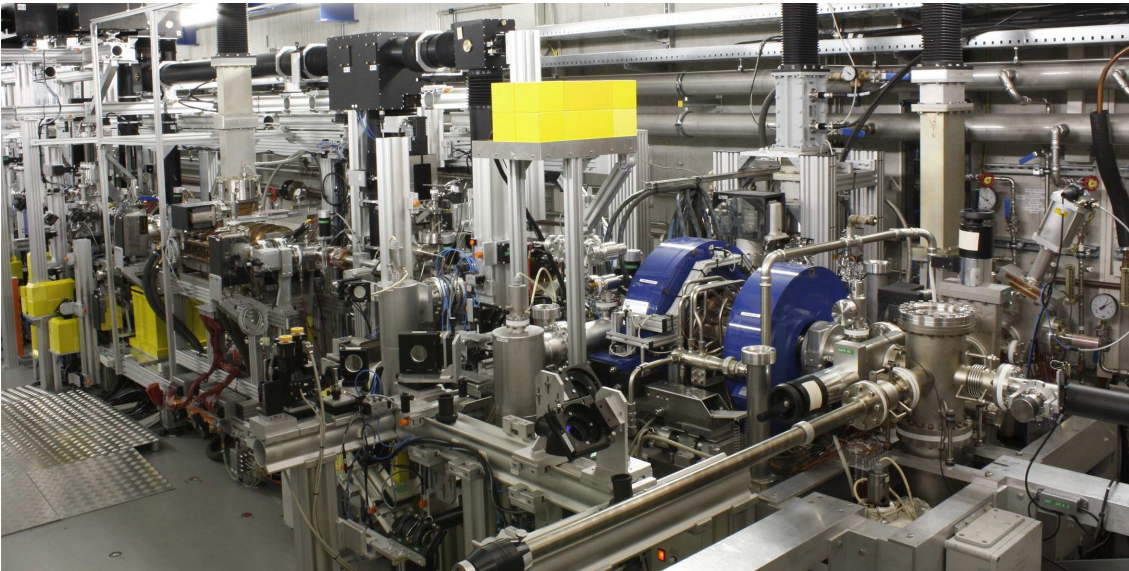


Abbildung 122: Die Anlage PITZ im gegenwärtigen Ausbaustand.

aufgelöste zeitliche Vermessung der Ladungspakete, für die Messung der transversalen slice-Emittanz und des longitudinalen Phasenraums sowie die Breite der slice-Energieverteilung geeignet. Die Entwicklungsarbeiten dazu und der Bau werden im Wesentlichen im INR Troitsk durchgeführt.

Im LAL Orsay wird ein weiteres Magnetspektrometer HEDA2 entwickelt, das in PITZ eingebaut werden soll. Dieses Spektrometer erlaubt es den longitudinalen Phasenraum insbesondere in Kombination mit dem HF-Deflektor detailliert zu vermessen.

Die physikalischen Untersuchungen an PITZ bestehen aus einer Einheit von experimenteller Arbeit und Simulationsrechnungen, um so eine tiefere Einsicht in die physikalischen Prozesse, die bei der Elektronenstrahlerzeugung ablaufen, zu erhalten. Diese Simulationen dienen nicht nur dem Verständnis der physikalischen Abläufe, sondern werden auch genutzt um Diagnosekomponenten neu zu konzipieren und vorhandene Komponenten zu optimieren.

In Abbildung 122 ist die Anlage PITZ im gegenwärtigen Ausbaustand gezeigt.

Ionisation Profile Monitor für PITZ

Es ist geplant, den in Zeuthen entwickelten Restgas Ionisation Profile Monitor (IPM), der in der Anlage FLASH betrieben wird, auch in PITZ einzusetzen. Er wurde im vorigen Jahresbericht genauer beschrieben. Ein weiterer Monitor wurde in der mechanischen Werkstatt in Zeuthen gefertigt und befindet sich in der Aufbauphase. Der Monitor wird im Labor mit einer Elektronenkanone getestet und soll im Jahre 2009 in die Anlage PITZ integriert werden. Mit diesem Monitor wird es möglich sein, das Profil des Elektronenstrahls berührungslos zu vermessen. Das ist besonders für lange Pulszüge wichtig, da alle anderen Methoden der Profilmessung wegen der enormen Wärmentwicklung versagen.

FLASH

Spiegelkammer

Im Routinebetrieb des Beschleunigers FLASH wird der Laserstrahl durch Spiegel in die verschiedenen Strahlrohre geführt. Die Ausrichtung der Spiegel und damit eine Veränderung der Strahlführung erfolgt im

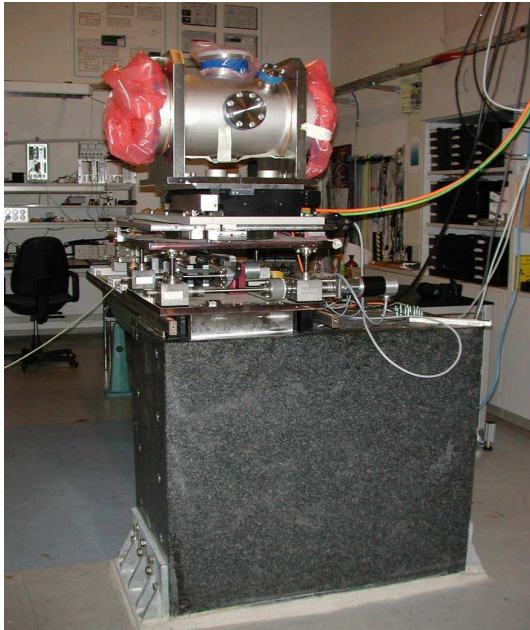


Abbildung 123: Testaufbau der Spiegelkammer.

Zeitraum von Tagen bis Wochen. In Zeuthen wurde ein Prototyp einer schnellen Spiegelkammer aufgebaut (Abbildung 123), der unter Laborbedingungen zeigte, dass es möglich ist, mit der geforderten Präzision (Endlage eines Spiegels im Sub-Mikrometerbereich, Verkantung unter einer Bogensekunde) eine Strahländerung bis zu einer Frequenz von 2.5 Hz zu realisieren (Abbildung 124).

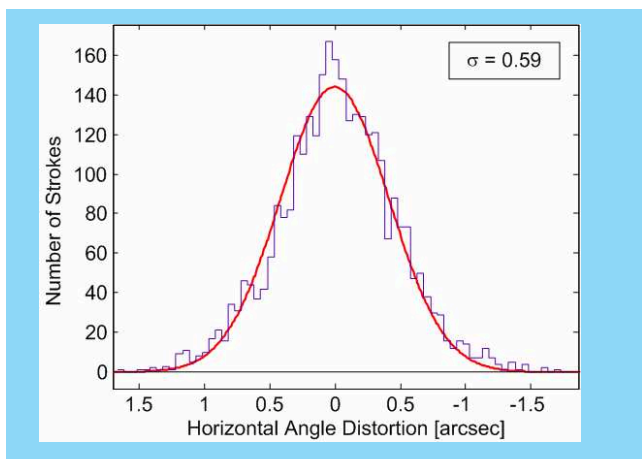


Abbildung 124: Positioniergenauigkeit der Spiegelkammer.

Modulator Test Facility (MTF)

Schwerpunkt 2008 war die Fertigstellung der Installation und Verkabelung des ersten Teststandes für den von Thomson zu liefernden Modulator. Alle Komponenten des Testumfeldes (Klystron, Pulstrafo, Kühlsystem und Testlast) sowie die dazu erforderlichen elektronischen Komponenten wurden in den entsprechenden Racks installiert und verkabelt. Zusätzlich wurde das für den Test unter XFEL-nahen Bedingungen benötigte 4-fach Puls-kabel in einer Länge von 627 m auf dem Gelände verlegt (Abbildung 125).

Im August erfolgte dann die Lieferung des THOMSON-Modulators. Die erfolgreiche Abnahme fand im Oktober statt. Seitdem laufen die Testarbeiten. Parallel dazu erfolgten umfangreiche Abstimmungen zum zweiten Prototyp mit der Firma Imtech Vonk.



Abbildung 125: Verlegung des Puls-kabels.