

# Aktivitäten in Zeuthen

## PITZ

Der Photoinjektor-Teststand Zeuthen (PITZ) dient der Entwicklung und Optimierung von Elektronenquellen für Freie-Elektronen-Laser (FEL), siehe Abbildung 111.

Das Hauptziel 2006 bestand in der Bereitstellung einer voll konditionierten Ersatz-Elektronenquelle für FLASH (Gunkavität 3.1), die auch schon mit Elektronenstrahl betrieben wurde.

Die Gunkavität 3.1 wurde im Dezember 2005 aus Hamburg geliefert. Beim Ausheizen zeigte sich ein Leck im Wassersystem. Dieses wurde in Hamburg repariert. Ab 16.3. wurde die Gunkavität im Schichtbetrieb konditioniert. Nach etwa einem Monat Konditionierungszeit waren die maximalen FLASH-Betriebsparameter erreicht (3.5 MW Spitzenleistung, 0.9 ms Pulslänge,

10 Hz Wiederholrate). Dies entspricht einer mittleren Leistung von 31.5 kW und einem Tastverhältnis von 0.9%. Nach Inbetriebnahme des erweiterten Diagnose-Strahlrohrs und mehreren Ausfällen des 10 MW Hochfrequenz(HF)-Systems wurde die Gunkavität 3.1 im Oktober unter Verwendung des TESLA-Boosters, der den Strahlimpuls von ca. 5 MeV/c auf ca. 13 MeV/c erhöhte, charakterisiert.

Das wesentliche Ergebnis der Messungen ist eine transversale Emittanz von 1.5 mm mrad gemittelt für beide transversale Koordinatenrichtungen und etwa 1.2 mm mrad für die horizontale Koordinatenrichtung. Im November wurde Gunkavität 3.1. ausgebaut und steht bereit für den Einsatz an FLASH.

Eine wesentliche Einschränkung des Betriebes stellte die beschränkte Leistung des 10 MW Klystrons sowie



Abbildung 111: Blick auf die Anlage PITZ im November 2006.

insbesondere die häufigen Ausfälle des zugehörigen HF-Systems dar. Dies führte im gesamten Jahr zu Einschränkungen der Nutzungsfähigkeit der Gesamtanlage. Es gab mehrmals Ausfälle der Bouncer-Spule, was auf falsche Dimensionierung zurückzuführen ist.

Im November wurde ein neues Klystron ausgeliefert, das in Hamburg konditioniert worden war. Dieses kann nach Reparatur und Wiederinbetriebnahme der Bouncer-Spule in Betrieb gehen.

Vereinbarungsgemäß wurde eine von BESSY entwickelte Gunkavität im Februar bei PITZ installiert und ab dem 14.3.06 für mehrere Monate konditioniert. Hauptziel war hierbei das Erreichen einer möglichst hohen mittleren Leistung und Test des Kühlsystems der Gunkavität. Einschränkung stellte die begrenzte Leistung des 10 MW Klystrons dar. Beim Konditionieren mit maximaler Spitzenleistung wurden 5.5 MW Spitzenleistung und 0.42 ms HF-Pulslänge bei 10 Hz Wiederholrate erreicht. Dies entspricht einer mittleren Leistung von 22 kW und einem Tastverhältnis von 0.42%. Beim Konditionieren mit dem Ziel maximaler mittlerer thermischer Leistung wurden 42 kW mittlere Leistung bei 10 Hz und einer HF-Pulslänge von 1 ms erreicht (Tastverhältnis 1%).

Die Anlage wurde durch zahlreiche Diagnose-Elemente und Vakuum-Komponenten erweitert. So wurden drei neue Emittanz-Messsysteme (EMSY), die in Sofia (INRN) gebaut wurden, montiert, in Betrieb genommen und im Messbetrieb eingesetzt. Zwei Module mit zahlreichen Diagnose-Elementen wurden komplett aufgebaut. Die in 2005 entwickelten Schirmstationen wurden eingebaut und werden zum Jahreswechsel in Betrieb genommen. Die für die Messung des longitudinalen Profils des Elektronenpulses vorgesehene Station wird zum Einbau am Jahresanfang 2007 vorbereitet. Das zugehörige optische System wurde entwickelt und ist montagebereit. Weiterhin wurde an der Entwicklung wesentlicher Diagnosekomponenten für PITZ gearbeitet:

- Die physikalische Entwicklung des Hochenergiespektrometers HEDA1 ist abgeschlossen und die technische Entwicklung hat im November begonnen. Der Dipolmagnet wurde von LAL Orsay

entwickelt und ist einbaubereit, die Quadrupolmagnete wurden bereits geliefert.

- Die Entwicklung einer ablenkenden HF-Kavität (Deflektor) ist in der ersten Phase abgeschlossen. Sie dient zur Messung der longitudinalen Elektronenpulsverteilung und zur Messung der Emittanzverteilung innerhalb eines Elektronenpulses. Die Entwicklung des Phasenraum-Thomographiemoduls ist an die des HF-Deflektors gekoppelt und wird fortgesetzt. Eine technische Designstudie läuft.
- Das zweite Hochenergiespektrometer wird entwickelt.

Eine Überhitzung des Hauptsolenoiden im Juli führte zu einer Betriebsunterbrechung. Der Solenoid wurde ausgetauscht und das technische Interlock überarbeitet.

Die Strahlperiode wurde im Herbst durch den Ausfall der Bouncer-Spule am 27.10.06, einer der wesentlichen Komponenten des Klystron Modulators, beendet.

Der Konditionierungsteststand (CTS) wurde entwickelt und die meisten Komponenten sind gebaut. Er dient der Konditionierung von HF-Gunkavitäten.

In Hamburg läuft die Herstellung von zwei weiteren Gunkavitäten (4.1, 4.2), die im Jahre 2007 fertig gestellt werden. Parallel dazu läuft der Bau einer weiteren neu entwickelten Nachbeschleuniger-(Booster)-Kavität, des CDS-Boosters, der ebenfalls 2007 an PITZ ausgeliefert werden soll und 2008 eingebaut, konditioniert und vermessen wird.

Parallel zu den aufgezählten Hardware-Arbeiten wurde an zahlreichen weiteren Entwicklungsthemen gearbeitet:

Im MBI werden in Zusammenarbeit mit PITZ drei Projekte entwickelt, zum Beispiel ein mischendes Zweikanalsystem mit dem Ziel, Laserpulse von 20 ps Länge (FWHM) mit Anstiegs- und Abfallszeitzeiten von weniger als 2 ps zu erreichen. Weiterhin wird ein System entwickelt, das zur Vermessung des longitudinalen Profils von Laserpulsen mit einer Zeitauflösung von weniger als 1 ps dienen soll. Durch transversale Laserstrahlformung mit asphärischen Linsen soll die Nutzung der Laserenergie effektiviert werden.

Arbeiten zur Laserstrahldiagnostik werden im Rahmen einer Diplomarbeit fortgesetzt, Ein Photovervielfacher und eine Quadrantendiode werden zur pulsweisen relativen Messung der Laserenergie und der pulsweisen relativen Messung der Laserstrahlposition genutzt.

An verschiedenen Photo-Kathoden wurden Messungen von Dunkelstrom und Quantenausbeute durchgeführt. Die Ergebnisse wurden auf dem Workshop für Photokathoden mit hoher Quantenausbeute für HF-Gunkavitäten in Mailand im Oktober vorgetragen. Zur Charakterisierung von Photokathoden wurde die Zusammenarbeit mit BESSY und INFN Milano erweitert und XPS-Messungen in BESSY vorbereitet.

Im November wurde ein Workshop mit internationaler Mitwirkung zur dreidimensionalen Laser-Impulsformung in Zeuthen durchgeführt, der von PITZ organisiert wurde.

Strahldynamik-Simulationen wurden hinsichtlich mehrerer Themen durchgeführt, so für den aktuellen PITZ Aufbau sowie zur Vorbereitung von Messungen zur generellen Photo-Injektor Optimierung. Weiterhin wurden für die Entwicklung und Optimierung der PITZ2-Diagnostik Simulationen durchgeführt, so für Emitanzmessung, den ablenkenden HF-Deflektor, das Phasenraum-Tomographie-Modul und das Spektrometer HEDA1. Für den zukünftigen PITZ2-Aufbau wurden für mehrere Booster-Kavitätsvarianten Simulationen durchgeführt. Zur Vorbereitung des Aufbaus der Elektronenquelle für den Europäischen XFEL wurde mit mehreren Varianten für unterschiedliche thermische Emittanzen und Laserpulsformen (zylindrisch und ellipsoid) simuliert.

Im Januar 2007 wird die Gunkavität 3.2, die baugleich zu Gunkavität 3.1 ist, in PITZ eingebaut werden. Diese Gunkavität soll bis zu einem Beschleunigungsgradienten von 60 MV/m konditioniert werden, um noch kleinere transversale Emittanzen erzielen zu können.

## Modulator Test Facility (MTF)

Im Rahmen des WPI des europäischen Röntgenlaserprojektes XFEL wird in Zeuthen eine Modulator Test

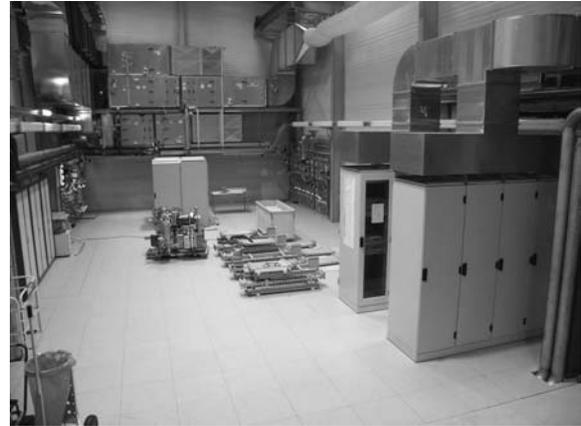


Abbildung 112: Blick in die fertig gestellte Modulator Test Facility (MTF) Halle.

Facility aufgebaut. Hier werden die Modulatoren für den XFEL aufgebaut und erprobt. Im Juni letzten Jahres wurde die MTF-Halle fertig gestellt (Abbildung 112) und mit der Installation der Infrastruktur (Wasser, Elektroversorgung, Elektronikracks, Verkabelung) wurde begonnen.

Parallel dazu konnte in enger Zusammenarbeit mit der Gruppe MHF-p und V4 die Ausschreibung für die Entwicklung von XFEL-Prototyp-Modulatoren abgeschlossen werden. An zwei Firmen wurde ein Auftrag zur Entwicklung und zum Bau von Prototypen vergeben.

## FLASH

### Bestimmung der Strahlparameter mit einem Ionisation Profil Monitor

Für das erfolgreiche Durchführen von Experimenten am FLASH sind genaue Kenntnisse über die Strahl-lage und das Strahlprofil notwendig. Eine Möglichkeit zur Bestimmung dieser Größen bietet ein *Ionisation Profil Monitor* (IPM). Der Photonenstrahl ionisiert auf seinem Weg durch das Strahlrohr das darin befindliche Restgas. Die dabei entstehenden Ionen werden in einem homogenen elektrischen Feld seitlich auf eine Mikrokanalplatte beschleunigt. Das Abbild des Strahls auf dem Phosphorschirm der Mikrokanalplatte wird mit

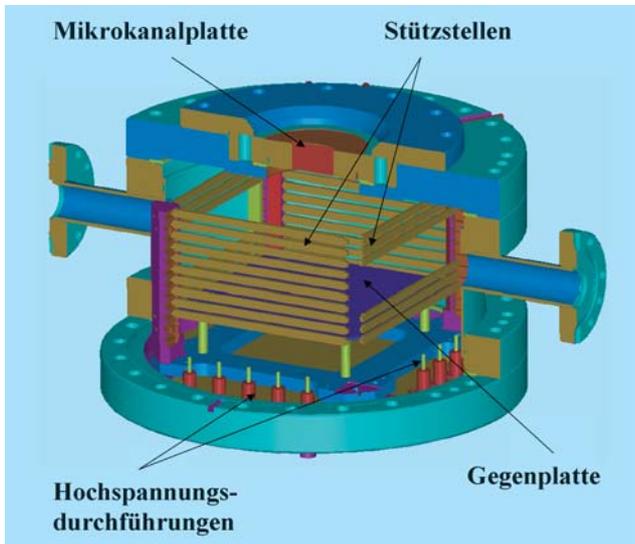


Abbildung 113: Modell eines IPM mit Potentialstützen.

einer CCD-Kamera aufgenommen, in einen Rechner eingelesen und weiter ausgewertet. Auf diese Weise gestattet der IPM die Messung der Strahlparameter ohne Beeinflussung des FEL-Strahls und somit eine Optimierung bzw. Anpassung der Maschinenparameter im laufenden Betrieb.

Bei der technischen Realisierung wird das homogene elektrische Feld durch Potential-Stützstellen erzeugt (siehe Abbildung 113). Als Alternative zu den Stützstellen können auch Netze benutzt werden, die den vom Strahl passierten Raum abdecken. Der Vorteil gegenüber den Stützstellen ist die Festlegung eines Potentials in einem größeren Raum. Beide Varianten wurden mit ähnlichen Resultaten am FLASH getestet. Das Abbild des Strahls auf dem Phosphorschirm des IPM dient zur Bestimmung der charakteristischen Parameter wie Schwerpunkt, Breite und Profil. Im Allgemeinen wird das räumliche Auflösungsvermögen eines IPM hauptsächlich durch folgende Faktoren beeinflusst:

- Impulsübertrag auf die Elektronen und Ionen bei der Ionisation
- Die thermische Bewegung der Ionen
- Einfluss des Teilchenstrahls und der Vakuummessgeräte
- Der Einfluss des Detektors selbst

Um verschiedene Strahlpositionen zu simulieren, wurde der IPM in einer Hubvorrichtung installiert, welche eine vertikale Variation der Detektorlage ermöglicht. Die Position wurde mit einem LVDT-Messsystem gemessen. Die Messungen ergaben eine lineare Abhängigkeit zwischen der Strahlposition und der Abbildung auf dem MCP, siehe Abbildung 114. Die Ausgleichsgerade hat dabei einen Anstieg von 1.0602 und liefert damit eine fast ideale eins zu eins Abbildung zwischen Strahlage und Abbildung auf dem MCP. Die Streuung der Differenzen Ausgleichsgerade – Messwert liegen in der Größenordnung von  $50\mu\text{m}$ . Dabei wurden die letzten beiden Punkte, welche von der Linearität abweichen, vernachlässigt. Diese befanden sich direkt im Randbereich der Mikrokanalplatte, in welchem das elektrische Feld jedoch nicht mehr homogen ist.

Beim der nächsten großen Betriebsunterbrechung des FLASH (März bis Juli 2007) werden zwei IPM für den Routinebetrieb in die Strahlführung eingebaut. Dabei werden die beiden Detektoren um  $90^\circ$  versetzt, um eine horizontale und vertikale Messung der Strahlparameter zu gewährleisten.

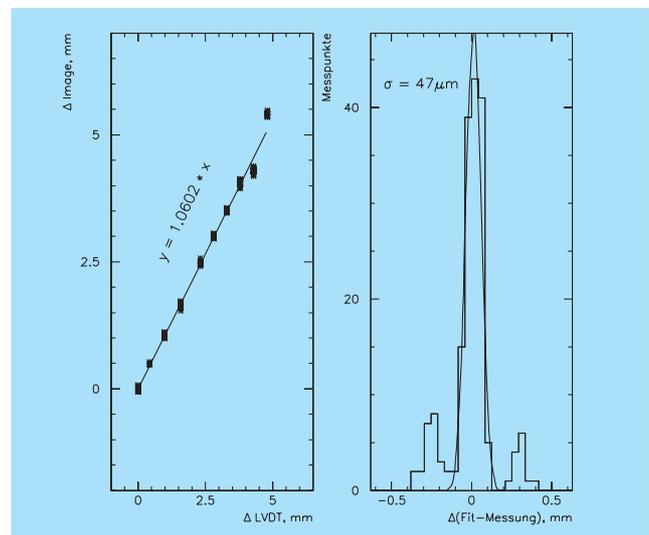


Abbildung 114: Zusammenhang zwischen der wahren und der gemessenen Strahlposition (linkes Bild). Für die Bestimmung der Auflösung wurde die Differenz zwischen dem Wert, welche die Ausgleichsgerade liefert und dem Messwert gebildet. Die Verteilung der Differenzen zeigt das rechte Bild.