

## Bereiche M, FS

### Photoinjektor-Teststand PITZ

Der Photoinjektor-Teststand PITZ dient der Entwicklung und Optimierung von lasergetriebenen Hochfrequenz-Elektronenquellen, wie sie für den Betrieb von Freie-Elektronen-Lasern (FEL), wie des VUV-FEL und des XFEL, benötigt werden. Dazu müssen Elektronenpakete hoher Intensität und sehr kleiner Emittanz zur Verfügung stehen. Das bedeutet, die von der Elektronenquelle (Gun) erzeugten Elektronenpakete hoher Dichte müssen eine sehr geringe räumliche Ausdehnung besitzen und sowohl die Energie als auch die Flugrichtung der Elektronen müssen annähernd gleich sein. Die bei PITZ gemachten Entwicklungen können für den geplanten internationalen Linearbeschleuniger ILC von Bedeutung werden.

Nach der Inbetriebnahme des Teststandes im Jahr 2002 wurde der bei PITZ erzeugte Elektronenstrahl in einer Reihe kontinuierlicher Betriebsphasen im Jahr 2003 vollständig charakterisiert. Da die Strahlparameter des erzeugten Elektronenstrahls die Startanforderung für den VUV-FEL bei TTF2 erfüllten, wurde die bei PITZ vermessene Quelle Ende 2003 nach Hamburg überführt, bei TTF2 eingebaut und im Laufe des Jahres 2004 erfolgreich in Betrieb genommen.

### Verbesserung und Ausbau der PITZ-Anlage

Nach Überführung der Quelle nach Hamburg wurde der Betrieb des Photoinjektor-Teststandes im Jahr 2004 mit dem Einbau einer älteren Prototypquelle weitergeführt. Außerdem wurde der Teststand um neue Diagnosekomponenten erweitert. Damit war es z. B. möglich, den longitudinalen Phasenraum erstmals vollständig zu vermessen. Die auch im Jahr 2004 fortgesetzte Verbesserung aller Subsysteme des Teststandes (vor

allem des Laserstrahltransportsystems) in Kombination mit einem extensiven Messprogramm, das auf die Optimierung aller wesentlichen Parameter zielte, resultierte in einer weiteren Verkleinerung der gemessenen Emittanz. Abb. 105 zeigt die bei PITZ gemessene transversale Emittanz als Funktion des Stroms im Hauptmagneten, der den Elektronenstrahl bündelt. Die Emittanz wurde in horizontaler und vertikaler Richtung gemessen. Bei einer Ladung der Elektronenpakete von 1 nC konnte in vertikaler Richtung eine Emittanz von  $\sim 1.3 \text{ mm} \cdot \text{mrad}$  erreicht werden, der kleinste geometrische Mittelwert aus horizontaler und transversaler Emittanz liegt bei  $1.6 \text{ mm} \cdot \text{mrad}$ . Diese Emittanzwerte stellen auch im internationalen Vergleich herausragende Resultate dar.

Um den extrem hohen Anforderungen des XFEL an die Qualität des Elektronenstrahls zu genügen, muss die Emittanz der Quelle jedoch noch weiter verringert

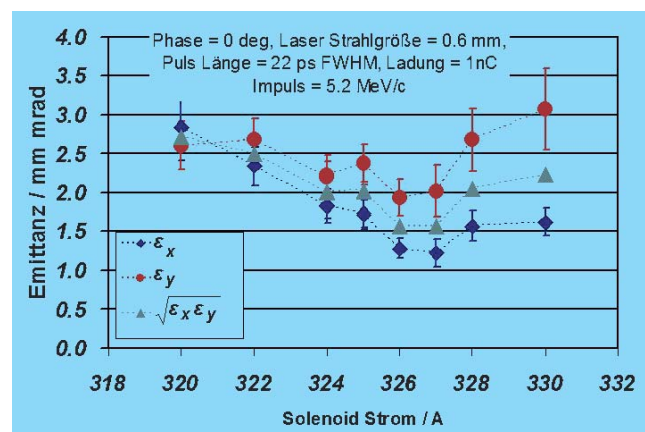


Abbildung 105: Bei PITZ gemessene transversale Emittanz als Funktion des Stroms im Hauptmagneten für einen optimierten Parametersatz. Die Emittanz wurde in horizontaler (Vierecke) und vertikaler (Kreise) Richtung gemessen und ein geometrischer Mittelwert berechnet (Dreiecke).

werden. Deshalb wurden im Jahr 2004 die Vorbereitungen für die 2005 vorgesehene Erweiterung des Photoinjektor-Teststands vorangetrieben. Der bisherige Aufbau soll um eine zusätzliche Beschleunigungskavität (Booster) ergänzt werden. Damit können höhere Elektronenstrahlenergien erreicht und das Konzept für die Erhaltung guter Elektronenstrahlqualität nach der Erzeugung in der Quelle experimentell überprüft und optimiert werden. Andererseits sollen weitere Verbesserungen von Teilkomponenten (z. B. Laser, Photokathoden, Simulationssoftware) durchgeführt werden, um mit dem Photoinjektor Elektronenpakete mit noch geringerer Emittanz zu erzeugen.

Die erste Ausbaustufe des Projektes PITZ2 umfasst nur einen Teil der für PITZ2 benötigten Strahldiagnoseelemente. Die Vorbereitungen für diese Projektstufe erstreckten sich über das gesamte Jahr 2004. Eine Vielzahl neuer, an die höhere Strahlenergie angepasster Diagnosekomponenten wurde und wird konstruiert und gebaut. Wenn möglich wurden existierende Elemente modifiziert. Zum Teil wurden neue oder verbesserte Komponenten schon bei PITZ1 eingebaut und getestet. Die Boosterkavität wurde vakuum- und HF-technisch vorbereitet und in Betrieb genommen. Der Aufbau des dafür benötigten zweiten Hochfrequenzversorgungssystems wurde im Sommer 2004 erfolgreich abgeschlossen.

Die PITZ1-Anlage wurde in der letzten Novemberwoche vollständig entkabelt und wird im Januar 2005 demontiert – danach kann der Aufbau der neuen Elemente beginnen. Seit Herbst wird das Kühlwassersystem ausgebaut; die Kapazitätserweiterung der Stromversorgung wird im Frühjahr 2005 abgeschlossen. Diese Erweiterungen sind nötig, damit eine neue, noch leistungsfähigere Hochfrequenzversorgung betrieben werden kann, die es ermöglicht, die Elektronenquelle mit noch höherer Leistung zu betreiben. Nur so kann die Strahlenergie weiter erhöht und die Emittanz des Elektronenstrahls weiter verkleinert werden.

Der Aufbau der vollständigen PITZ2-Anlage wird schrittweise erfolgen und sich über das Jahr 2005 hinaus erstrecken. Am Ausbau des Teststandes sind verschiedene – z. T. neue – Kollaborationspartner beteiligt, z. B. aus Armenien, Bulgarien, Deutschland, Frankreich, Großbritannien, Italien und Russland. Aufgrund

seiner Bedeutung für verschiedene europäische FEL-Projekte wird PITZ über zwei Forschungsprogramme der EU gefördert.

## VUV/XFEL

### Wirescanner für die Undulatoren des VUV-FEL

Für das Verständnis des FEL Prozesses ist eine präzise Strahldiagnostik mit der Bestimmung von Position und Emittanz in den Undulatoren äußerst wichtig. So muss der Elektronen- und Photonenstrahl über die gesamte Undulatorlänge des VUV-FEL von 30 m innerhalb von  $< 50 \mu\text{m}$  relativ zueinander geführt werden. Der Elektronenstrahl wird mit Strahllagemonitoren (BPM) und den Wirescannern vermessen, die sich vor, zwischen und hinter den Undulatoren befinden. Der Einbau und die Inbetriebnahme der Wirescanner Stationen im Undulatorbereich des VUV-FELs wurde im Berichtszeitraum abgeschlossen. Die zugehörigen Szintillations-Detektoren wurden an allen Stationen installiert. Mit Hilfe der Wirescanner allein ist eine Bestimmung der absoluten Elektronenstrahlposition mit

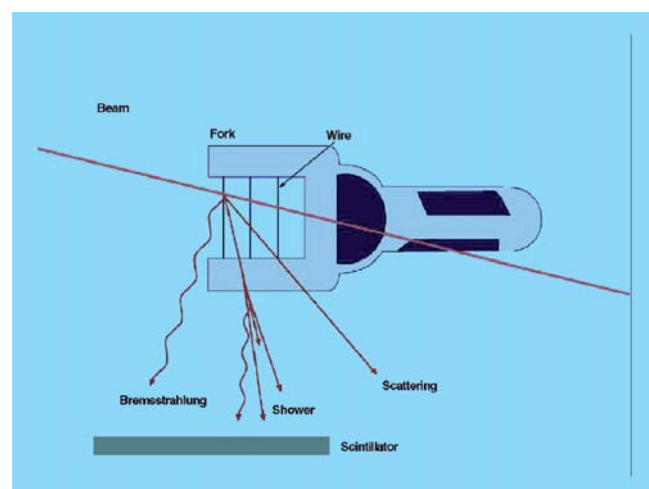


Abbildung 106: Arbeitsprinzip eines Wirescanners. Wenn die Drähte durch den Elektronenstrahl geführt werden, entstehen sekundäre Teilchen.

einer Genauigkeit besser als 100  $\mu\text{m}$  möglich. Insgesamt wurden sieben Wiescannerstationen in der Undulatorsektion des VUV-FEL installiert. Jede Station besteht aus zwei individuellen Wiescannern für die horizontale und vertikale Richtung. Das Funktionsprinzip ist in Abbildung 106 nochmal verdeutlicht.

## Entwicklung eines Restgasedektors

In einem gemeinsamen Projekt mit HASYLAB hat die Gruppe VUV/XFEL mit der Entwicklung eines Restgasedektors begonnen, der sowohl eine Positionsanalyse eines Bunchtrains als auch eine 3D-Formanalyse des Trains mit horizontalen und vertikalen Detektoren gestattet. Diese Information kann dann benutzt werden, um mit Hilfe eines Feed-Backs zur Magnetsteuerung die Position des Strahles bei Fehllagen direkt auszugleichen. Im Gegensatz zu herkömmlichen Strahlagedektoren (BPM) zeigt der Restgasedetektor nicht nur den Ladungsschwerpunkt, sondern auch die Ladungsverteilung des Teilchenpaketes an. Damit sind sowohl Strahlagefehler als auch Divergenzen längs der Bahntrajektorie messbar, dabei wird der Strahl praktisch nicht beeinflusst. Abbildung 107 zeigt Simulationsrechnungen mit dem Programmpaket SIMION. Das Design des Detektors wurde auf der Grundlage dieser Rechnungen optimiert. Ein Prototyp dieses Detektors wird im Frühjahr 2005 im Beschleuniger PETRA in Hamburg getestet.

## Technische Infrastruktur

Neben der Aufrechterhaltung des laufenden Betriebes (Versorgung mit Strom, Gas und Wasser) ist die Gruppe Technische Infrastruktur auch für die Vorbereitung und Durchführung von Bau- und Sanierungsmaßnahmen verantwortlich. Mit der Errichtung des Photoinjektor-Teststandes (PITZ) hat sich auch das Aufgabengebiet der Gruppe TI gewandelt. Die Mitarbeiter sind für die Strom- und Wasserversorgung verantwortlich und nehmen am Rufbereitschaftsdienst für PITZ teil. Im Berichtszeitraum standen die Vorbereitungen für den Ausbau der Energieeinspeisung und der Erweiterung des Kühlwassersystems für PITZ im Mittelpunkt der Aktivitäten. Besonders zu nennen sind:

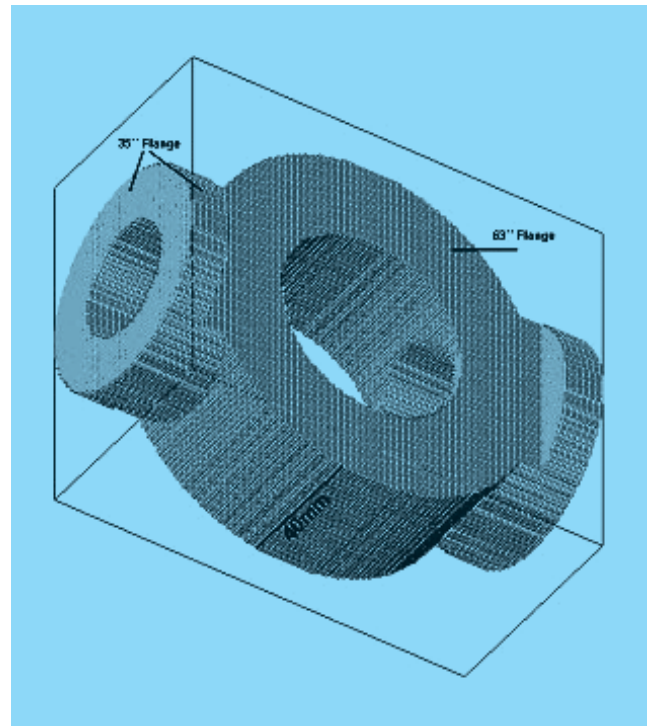


Abbildung 107: Design eines Prototyps des Restgasedektors.

- Beginn der Bauarbeiten für die wesentliche Erweiterung der Kühl- und Kaltwasserversorgung bei PITZ, um die nächste Ausbaustufe (PITZ2) sowie die Inbetriebnahme des ersten 10 MW-Klystrons zu gewährleisten. Als Voraussetzung für die Wasserinstallationen mussten weitere Kellerräume für die Unterbringung der Wärmetauscher, Pumpen und Verteilerstöcke gebaut werden.
- Beginn der Bauarbeiten für die Erweiterung der Institutseinspeisung durch den Aufbau einer neuen Transformatorstation mit 5 Trafzellen. Für die Verbindung der neuen Station mit den Verteilungsräumen und dem PITZ-Teststand ist der bestehende begehbare Kabelkanal bis zur neuen Trafostation verlängert worden.
- Fertigstellung der Fassadensanierung am Rechnergebäude (Straßenfront, Südgiebel und Innenhof).
- Fertigstellung der Außensicherungsmaßnahmen am Rechnergebäude (Metalljalousien und Fenstergitter).

- Klimatisierung von 3 Büros und des Archivs im Einkaufsgebäude, um den Mitarbeitern bessere Arbeitsbedingungen in den im Sommer total überhitzten Büros zu schaffen.
- Zur Sicherung des Institutsgeländes wurde der marode Drahtzaun an der Platanenallee durch einen massiven Metallzaun ersetzt.

## Bereich FS

### Spiegel zur Strahlfokussierung für HASYLAB

Fokussierte Synchrotron-Strahlen nutzt man in der experimentellen Strukturanalyse aus, wobei eine Fokussierung von mehr als 1:100 angestrebt wird. Strahlen, die man von einem Ellipsen-Brennpunkt aussendet und die sich an der elliptischen Oberfläche reflektieren, werden im zweiten Brennpunkt fokussiert. Der Abstandsfehler der Brennpunkte und die Herstellung des entsprechenden Ellipsenspiegels, von dem eine Genauigkeit im Nanometer-Bereich gefordert wird, beeinflussen die technische Realisierung. Die Ellipsen-Brennpunkte haben einen Abstand von 30 bis 60 m, um eine Fokussierung von größer als 1:100 zu erreichen und den Ellipsenbogenschnitt sehr flach zu halten.

Gemeinsam mit Mitarbeitern von HASYLAB hat die Gruppe VUV/XFEL begonnen, nach technologischen Lösungen für die Herstellung elliptischer Oberflächen mittels Biegen von Spiegeln mit höchster Genauigkeit zu suchen. Die Realisierung derartiger elliptischer Spiegeleinheiten stellt außergewöhnlich hohe Anforderungen an die Positionsgenauigkeit ( $\Delta s = 0.5$  bis  $2 \mu\text{m}$ ) und die Genauigkeit der Winkeleinstellung ( $\Delta\alpha = 4$  bis  $8''$ ) der Achsantriebe. Die Spiegel werden aus speziell behandeltem Edelstahl hergestellt. Für eine Ellipse mit einem Brennpunkt Abstand von 45 m und dem Strahlverhältnis  $l_1/l_2 = 100/1$  ist die Durchbiegung eines Testspiegels aus Stahl mit einer Breite, Dicke und Länge von 41.5, 4 und 150 mm mit einem Feintaster gemessen worden. Die durchschnittliche Abweichung von der theoretischen Biegelinie ist 5 bis  $6 \mu\text{m}$  bei einer Breitenabweichung von  $-0.1$  mm. Die erreichten Messergebnisse bestätigen, dass das entwickelte Verfahren Erfolg versprechend ist.

## Mechanik

Die Gruppe Mechanik besteht aus der Konstruktion (Ingenieure, Technische Zeichner), der Zentralen Mechanischen Werkstatt und der Zentralen Mechanischen Lehrwerkstatt. Außerdem wird der Vakuumservice gewährleistet. Sie ist Bestandteil der Zentralen Dienste im DESY in Zeuthen. Ihre Aufgabe ist es, die experimentellen Gruppen bei der Realisierung ihrer Vorhaben zu unterstützen. Dies erfolgt durch:

- Erarbeitung konzeptioneller Entwürfe,
- Konstruktion und Fertigung von Einzelteilen und Baugruppen,
- Bau komplexer Geräte und deren Installation am Beschleuniger,
- Durchführung technologischer Versuche,
- Dokumentationen,
- Vakuumservice.

Hauptwerkzeug für die Konstruktion ist das CAD-Programm IDEAS, mit dessen Hilfe es möglich ist, auch komplexe Aufgabenstellungen zu bearbeiten und entstandene Daten mit externen Gruppen auszutauschen und weiterzubearbeiten.

2004 wurde an folgenden Themen gearbeitet:

### Photoinjektorteststand (PITZ)

Für den mechanischen Aufbau und die vakuumtechnische Betreuung des PITZ liefen folgende Aktivitäten:

- Installation und Inbetriebnahme einer zweiten Schirmstation zur Messung der zeitlichen Eigenschaften der Elektronenpakete mit Streackkamera,
- Konstruktion, Fertigung und Inbetriebnahme des Streackkameralicht-Führungssystems für diese Schirmstation,
- Erarbeitung mehrerer konstruktiver und technologischer Studien für Beamdump-Varianten an PITZ2,
- Konstruktion des remote-gesteuerten Laserlicht-Transportsystems,
- Konstruktion eines Diagnosekreuzes mit Faradaycup, YAG-Schirm und Kühlung,

- Konstruktion von remote-gesteuerten Steerer-Antrieben,
- Konstruktion des TV-Systems für neue Diagnosekomponenten,
- Konstruktion einer Dipolkammer für den dispersiven Arm,
- Erarbeitung von Entwürfen und schrittweise Detailierung der Beamline-Konstruktion einschließlich der Gestelle und Justierungen für die PITZ2-Startphase,
- Verbesserung einzelner Komponenten während kurzer Shutdownphasen,
- Vakuumbetreuung während Runs und Shutdowns,
- Vakuumtechnische Inbetriebnahme einer Prototyp-Boostercavity,
- Konstruktion eines mobilen Reinraumes, der sich den besonderen Platzverhältnissen im PITZ-Tunnel anpassen lässt.

## IceCube

Der IceCube Detektor wird aus 4800 optischen Modulen bestehen, wovon bei DESY 1300 Stück produziert werden. Zu diesem Zwecke wurde ein ehemaliges Werkstattgebäude in ein Produktions- und Testlabor umgebaut. Die für die Produktion erforderlichen Vorrichtungen, wie Pumpstände zum Entgasen des optischen Gels und zum Verschließen der Module oder eine Vorrichtung zum Vermessen der magnetischen Eigenschaften der Abschirmkäfige, wurden in der Gruppe Mechanik entwickelt und gefertigt. Vor dem Einsatz werden alle Module in einem Kälteraum einem 2-wöchigen Akzeptanztest bei  $-45^{\circ}\text{C}$  unterzogen. Dazu wurden umfangreiche Tests zum Aufbau eines Lichtleitfasersystems und einer optischen Bank für die Aufnahme und Justierung externer Lichtquellen durchgeführt. Bisher wurden 32 der insgesamt 64 geplanten Messplätze installiert und in Betrieb genommen. Im Jahre 2004 wurden 67 optische Module in Zeuthen gefertigt, von denen 28 zum Südpol verschickt wurden (siehe Abb. 108).

Als Alternative zum Nachweis von Cherenkov-Licht werden zukünftig Detektoren für Radiowellen oder akustische Signale verwendet. Die für die Messung des sehr geringen Schalldruckes benötigten hochempfindli-



Abbildung 108: *Optische Module während der Fertigung.*

chen Sensoren wurden bei DESY in Zeuthen entwickelt und als Prototypen gefertigt. Der Einbau der Sensoren erfolgte in eigens dafür konstruierte und gefertigte druckfeste Edelstahlgehäuse oder in Glaskugeln. Die Zeuthener Detektoren wurden im Jahre 2004 sowohl im Wasser als auch im Eis erfolgreich getestet.

## Bypass

Die Montagearbeiten für den Bypass wurden im Februar erfolgreich abgeschlossen und die Dokumentation der Anlage Mitte des Jahres. Am 31.10.2004 konnte der Strahl erstmals durch den Bypass bis zum Dump geführt werden.

## Luminositäts-Kalorimeter

Für das am TESLA-Detektor geplante Luminositäts-Kalorimeter wurde eine Machbarkeitsstudie für den Mechanikteil erarbeitet. Es liegt ein erster Konstruktionsentwurf vor (Abb. 109), der im Oktober 2004 in den Bericht an das PRC einging. Durch die Analyse der Tragstruktur mittels der Methode der Finiten Elemente wurden die für die Deformation kritischen Bauteile ermittelt.

## H1

Bei einer Reparatur des BST/FST wurde die Analyse der Schäden, insbesondere an der Kühlung vorgenommen. Für den BST wurde die Konstruktion eines neuen Kühlkreislaufes durchgeführt.

## Mechanische Werkstatt (ZMW)

Die oben genannten Themen wurden im Wesentlichen in der ZMW realisiert. Ca. 36% der Kapazität wurden für das Thema PIZ erbracht, für TTF/TESLA-relevante Aufträge machen ca. 9% aus, für IceCube ca. 6% und für Fertigungsaufträge, deren Entwicklung in Hamburg lag, ca. 13%. Außer den bekannten mechanischen Bearbeitungen an konventionellen und CNC-Werkzeugmaschinen und den teilweise aufwendigen Montagen der Bauteile und Baugruppen sind wir nach

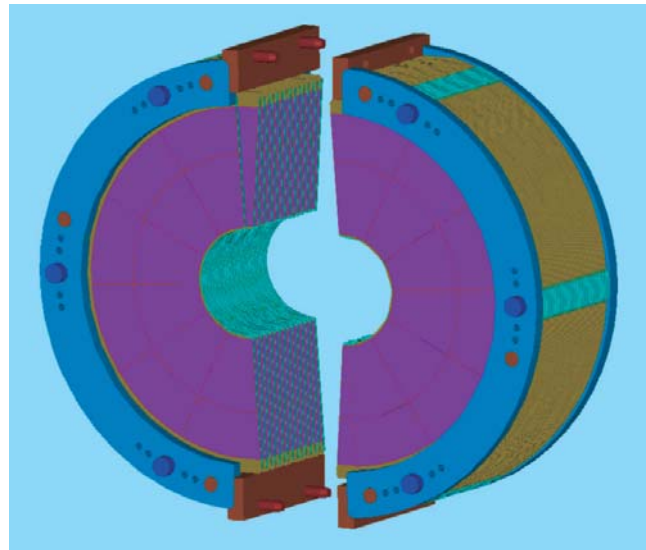


Abbildung 109: Konstruktionsentwurf des Luminositäts-Kalorimeters.

der Erweiterung der ZMW in der Lage, UHV-Bauteile und -Komponenten zu fertigen (Schweißen, Reinigen, Reinraummontage, Lecksuche).

## Mechanische Lehrwerkstatt (ZMLW)

Im Jahr 2003 hatten wir je drei Auszubildende im 1. bis 4. Lehrjahr. Zwei Auszubildende haben die Abschlussprüfung mit gutem Erfolg bestanden, wobei eine Auszubildende durch die Industrie- und Handelskammer Cottbus für die beste Abschlussprüfung ausgezeichnet wurde. Damit ist diese Auszeichnung zum 4. Mal nach Zeuthen vergeben worden. Es wurden außerdem acht Schülerpraktikanten betreut. Einige Auszubildende nahmen an Zukunftsbörsen in verschiedenen Orten Brandenburgs teil, um die Ausbildung als Industriemechaniker der Öffentlichkeit vorzustellen.