Arbeiten der Gruppen des Bereichs Beschleuniger

Beschleunigerphysik und Beschleunigerkoordination

Die Gruppe Beschleunigerphysik (MPY) und die Koordinationsgruppen befassen sich mit der Entwicklung, dem Betrieb und Verbesserungen aller bei DESY befindlichen Beschleuniger und Speicherringe. Viele Arbeiten dieser Gruppen sind bereits in den vorangehenden Abschnitten erwähnt worden. Einige Arbeiten sollen hier erläutert werden.

Spinpolarisation

Im Jahr 2005 wurde HERA zum ersten Mal nach der Erhöhung der Luminosität im Jahr 2001 mit Elektronen betrieben.

Im e^-/p-Betrieb betrugen die Strahl-Strahl tune shift Parameter $+0.03$ (horizontal) bzw. $+0.04$ (vertikal) jeweils für jeden der beiden Kollisionspunkte. Durch den starken tune shift und die intrinsische Nichtlinearität hat die Wechselwirkung mit dem Protonenstrahl entscheidenden Einfluss auf die Leptonpolarisation, d. h. der Bunchstrom der Protonen und die Protonenemittanzen spielen eine wichtige Rolle für die Gleichgewichtspolarisation. Unter dem Einfluss der Strahl-Strahl Wechselwirkung und der langsam wachsenden Protonenemittanzen dauert es deutlich länger, bis die Polarisation einen stationären Wert erreicht, als es der reine Sokolov-Ternov Effekt bei konstanten tunes erwarten lässt. Stationäre Polarisation wird u.U. erst nach mehreren Stunden erreicht. Dadurch wird die empirische Polarisationsoptimierung erheblich erschwert.

Im Gegensatz zum e^+/p-Betrieb ist das Vorzeichen der tune shifts im e^-/p-Betrieb jedoch so, dass beim Standardarbeitspunkt die Polarisation der kollidierenden Bunche bereits in linearer Näherung gegenüber den nicht-kollidierenden verringert wird (zusätzlich zu den kollidierenden Bunchen wird den Experimenten zur Kalibrierung der Luminositätsmessung eine kleine Zahl von Bunchen ohne Kollisionspartner zur Verfügung gestellt).

Aufgrund der Abhängigkeit des tune shifts von der Protonenintensität wird die maximale Polarisation erst spät im Run erreicht, nachdem sich die Protonenemittanzen langsam aufgeweitet haben, aber damit leider auch erst bei kleinem Elektronenstrom.

Um den für Elektronenpolarisation ungünstigen linearen Anteil der Strahl-Strahl Wechselwirkung umzukehren, wurde HERA-e im Juni versuchsweise bei einem alternativen Arbeitspunkt betrieben. Im Wesentlichen sollten die Abstände der transversalen tunes von der nächsten ganzen Zahl für optimale Polarisation möglichst klein sein. Beim Standardarbeitspunkt liegen die tunes dicht oberhalb einer ganzen Zahl, so dass der positive tune shift unter e^-/p-Kollisionen diesen Abstand erhöht.

Der alternative Arbeitspunkt unterscheidet sich vom Standardarbeitspunkt durch eine Spiegelung an der ganzen Zahl. Daher schiebt der Strahl-Strahl Effekt die tunes beim alternativen Arbeitspunkt von unten in Richtung der ganzen Zahl, so dass sich der Abstand verringert. Tatsächlich wurden beim alternativen Arbeitspunkt nach der Standardoptimierung größere Polarisationen der kollidierenden Bunche nach kürzerer Zeit erzielt. Leider erwies sich der neue Arbeitspunkt als der Luminosität nicht zuträglich, so dass der Betrieb nach knapp einem Monat wieder auf Standard tunes umgestellt wurde.

In den drei Wechselwirkungszonen Ost, Nord und Süd wurde den Experimenten longitudinale Strahlpolarisation in beiden Helizitätszuständen (jeweils zweimal für Zeiträume zwischen 1–3 Monaten) zur Verfügung gestellt. Aus Gründen der operationellen Einfachheit wurden bisher nur Maschienenzustände mit gleichen Helizitäten bei allen drei Experimenten erzeugt.

Wie bereits zuvor im Betrieb mit Positronen beobachtet, ist die mittlere Strahlpolarisation bei Helizität $+1$ ca. 5–10% größer als bei Helizität -1. Die maximal im Run erreichten Polarisationen liegen für Helizität $+1$ bei 35–45% für die kollidierenden Bunche bzw. bei 50–60% (allerdings mit großem statistischen Messfehler) für die nicht-kollidierenden Bunche, während sie für Helizität -1 bei 30–40% kollidierend und 45–55% nicht-kollidierend liegen. Die über den Run gemittelten Polarisationen der kollidierenden Bunche liegen eher bei 35% $(+1)$ und 30% (-1) da durch das ungünstige Vorzeichen der Strahl-Strahl Wechselwirkung die Maximalwerte der Polarisation erst spät im Run erreicht werden.

Die Theorie sagt für den Rotator im Norden unterschiedliche optimale Rotatorparameter in Abhängigkeit von der Helizität voraus. Diese optimalen Rotatorparameter hängen relativ empfindlich vom Modell des Magnetfeldes des Solenoiden ab und sind somit gewissen Unwägbarkeiten unterworfen. Dies könnte eine Erklärung der beobachteten Asymmetrie der Gleichgewichtspolarisation sein. Es wurde daher begonnen, die Polarisation bei Helizität -1 empirisch durch Veränderung der Rotatorparameter zu optimieren. Diese Optimierung ist jedoch langwierig. Bis zur Wartungsperiode im November lagen noch keine konklusiven Ergebnisse vor.

Andere Aktivitäten

Der zweite Teil einer Studie zum Konzept des spin tunes ist bereits weit fortgeschritten. Er verwendet einen weiterentwickelten Formalismus und ermöglicht neue Einsichten in die potentiellen Gefahren einiger einfacher traditioneller Modelle der Spinbewegung.

Es wird weiter an der Entwicklung moderner Software zur Simulation des Effektes der Strahl-Strahl Wechselwirkung auf Elektronen- bzw. Positronen-Polarisation in Speicherringen gearbeitet. Diese Software hat bereits verschiedene essentielle, in mancher Hinsicht unerwartete, Einsichten in die indirekten Effekte der Strahl-Strahl Wechselwirkung auf die Spinbewegung geliefert.

Mit derselben Software wurde Depolarisation für verschiedene Entwürfe von Dämpfungsringen für den International Linear Collider untersucht. Die DESY Studie benutzt den gleichen mathematischen Formalismus, der sich bereits bei der Analyse der Depolarisation in Speicherringen bewährt hat. Dieser Formalismus kann ein klareres Bild des Depolarisationsprozesses schaffen. Die Simulationen zeigen, dass die Depolarisation sehr klein sein sollte und bestätigen damit die Resultate anderer Rechnungen.

Numerische Berechnung von elektromagnetischen Feldern

Die Planung von Beschleunigeranlagen beinhaltet die Berechnung von elektromagnetischen Feldern für verschiedene Problemstellungen, die fast immer eine numerische Lösung der Maxwell-Gleichungen erforderlich machen. Es handelt sich dabei um statische Felder, wie sie z. B. in Magneten auftreten, hochfrequente zeitharmonische Felder (z. B. Hohlraumresonatoren) oder vom Strahl induzierte transiente Felder.

Für PETRA III wurden die strahlinduzierten Felder für eine Vielzahl von Komponenten berechnet. Dazu gehörten die Vakuumkammern in den Dipol- und Quadrupolmagneten, Abschirmgitter für Vakuumpumpen mit unterschiedlichen Querschnitten und Synchrotronlichtabsorbern. Die dabei gewonnenen charakteristischen Parameter bilden die Grundlage zur Bestimmung von Schwellenströmen der Strahlinstabilitäten. Die Feldberechnungen werden auch im nächsten Jahr die mechanische Konstruktion der Vakuumkomponenten begleiten.

Für alle Synchronlichtquellen ist ein präzises Strahllagemonitorsystem erforderlich. Die Entwicklungsarbei-

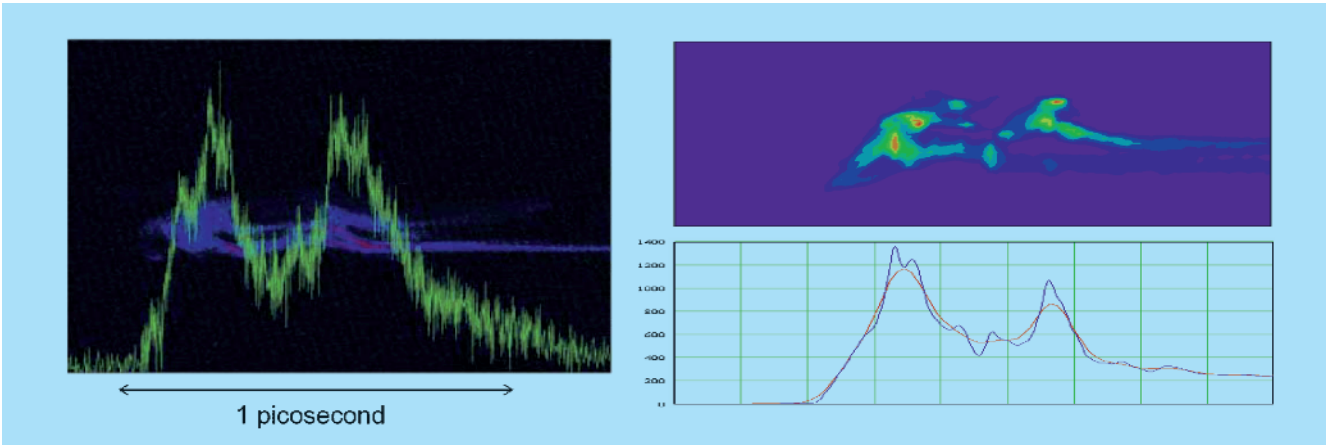

Abbildung 100: *Messung (links) und Simulation (rechts) des longitudinalen Strahlprofils beim VUV-FEL.*

ten dazu beinhalten unter anderem eine genaue Berechnung der Monitorkonstanten der PETRA III Monitore auf der Grundlage von elektrostatischen Rechnungen.

Die numerische Lösung der Maxwellgleichungen wurde hauptsächlich mit dem Programm MAFIA durchgeführt, welches ein universelles Hilfsmittel zur Behandlung der auftretenden Fragestellung darstellt. Insbesondere zur Berechnung der strahlinduzierten Felder (so genannte wakefields) ist es unverzichtbar.

Strahldynamik des XFEL

Die XFEL Strahldynamik-Gruppe beschäftigt sich mit Fragen der Optik und Dynamik des Elektronenstrahls im XFEL Projekt (`http://www.desy.de/xfel-beam`).

Schwerpunkte bei der Strahldynamik

Ein verbesserter Entwurf des Bunch-Kompressorsystems erweitert den möglichen Parameterbereich des XFEL zu höheren Spitzenströmen, indem die zweite Stufe der longitudinalen Strahlkompression zu einer höheren Strahlenergie gerückt und dadurch eine Aufweitung der transversalen Strahlemittanz verhindert wird. Der Einfluss von kohärenter Synchrotronstrahlung (CSR) und Raumladungseffekten auf die Strahlqualität wurde für weite Bereiche möglicher Strahlladungen, -ströme und Strahllängen berechnet, um die Sicherheitsmarge des Entwurfs auszuloten.

Die Stärke der so genannten *CSR Microbunching*-Instabilitäten ist mit ein- und dreidimensionalen Simulationen berechnet worden; der Verstärkungsfaktor von Dichtemodulationen liegt unter zehn. Wesentlich stärker ist die durch Raumladungsfelder getriebene Instabilität; ein so genannter *laser heater* wird nötig sein, um die Breite der diesen Effekt bedämpfenden Energieverteilung der Teilchen im Strahl entsprechend zu vergrößern.

Die Wakefelder entlang des Linacs und besonders in der Undulatorkammer sind für verschiedene Geometrien und Materialien berechnet worden, um dann ihren Einfluss auf den SASE-Prozess zu simulieren.

Die beim VUV-FEL mit Hilfe der transversal deflektierenden HF-Sektion (LOLA) gemessenen Strahlverteilungen sind in umfangreichen *Start-to-End*-Rechnungen simuliert worden (siehe Abbildung 100). Der Transport des Strahls wurde von der Kathode der Elektronenkanone bis zum optischen Monitor mit den Programmen ASTRA und CSRtrack lückenlos simuliert.

Weiterhin sind Untersuchungen zur Justierung der Amplituden und Phasen der XFEL HF-Systeme durchgeführt und die benötigten Stabilität berechnet worden.

Ein speziell der Inbetriebnahme und der Optimierung von XFELs gewidmeter Workshop (`http://commissioning2005.desy.de/index_eng.html`) hat in Zeuthen stattgefunden.

Schwerpunkte bei der Elektronenstrahl-Optik

Für die Strahl-Optik wurde eine durchgehende, alle geometrischen Randbedingungen erfüllende Lösung gefunden. Listen der Positionen der Beschleunigerkomponenten und ihrer Parameter sind auf der Web-Page der XFEL Beam Dynamics Group zu finden. Strahldynamische Simulationsrechnungen und zum Beispiel auch das 3D CAD-Modell benutzen diese Listen direkt als Eingabeparameter. Die Auslegung der warmen Magnete, des Vakuumsystems, der Netzgeräte etc. beruht auch auf dieser Referenzliste.

Ein gemeinsamer Workshop mit Kollegen des Paul-Scherrer-Instituts war dem Problem der Strahlstabilisierung im *switch yard* des XFEL gewidmet. Der Entwurf eines Prototyps für ein schnelles XFEL-Strahlstabilisierungssystems im VUV-FEL wurde erarbeitet.

In Zusammenarbeit mit CANDLE in Armenien wurde die Einzelbunchdynamik im Linearbeschleuniger des XFEL untersucht. Die Emittanzvergrößerung durch Wake-Felder kann durch geeignete Orbitkorrektur klein gehalten werden.

In Vorbereitung zur XFEL Inbetriebnahme sind Messungen der Orbit-Responsematrix und der Dispersion beim VUV-FEL durchgeführt worden und Korrekturalgorithmen getestet worden.

Die Auslegung des Strahlverteilungssystems erfordert schnelle Kicker-Magnete. In Zusammenarbeit mit dem Kicker-Labor bei DESY wurden Spezifikationen erstellt und erste Versuchsaufbauten getestet.

Programme, Software und Computer

CSRtrack Das Programm CSRtrack steht nun auf der Web-Page `http://www.desy.de/xfel-beam/csrtrack/` interessierten Benutzern zur Verfügung. Dort findet man auch ein MATLAB Programm zur Darstellung von CSRtrack-Resultaten sowie eine Bedienungsanleitung.
Zur Simulation der extrem nicht-gaussförmigen Strahlladungsverteilungen des VUV-FEL wurden für die eindimensionale CSR-Berechnung neue Stromglättungs-Algorithmen entwickelt und implementiert.

Paralleles Rechnen Für so genannte *Start-to-End*-Rechnungen beim XFEL ist eine neue PC-Farm mit zwanzig 64-bit Prozessoren für parallele Rechnungen in Betrieb genommen worden.
Es wurde eine Parallel-Version des Injektor-Simulationsprogramms ASTRA entwickelt: `http://tesla.desy.de/~lfroehli/astra/`. Eine Parallel-Version des SASE-Simulationsprogramms GENESIS wurde installiert, so dass jetzt die gesamte *Start-to-End*-Simulation parallel gerechnet werden kann.

GLUE-ing it together Das in der Python-Sprache geschriebene Script GLUE erlaubt die Spezifizierung und Durchführung automatisierter *Start-to-End*-Rechnungen. Es startet die einzelnen Programme, verwaltet ihre Ergebnisse und stellt darüber hinaus Funktionen zur Verfügung, die die Konvertierung und/oder Manipulation der den Strahl beschreibenden Datensätze bei der Übergabe zwischen den Programmen unterstützt.

Zusammenarbeit mit der Helmut-Schmidt-Universität In Zusammenarbeit mit der Helmut-Schmidt-Universität wurde ein Programm zur Berechnung des Energieverlustes des Strahls durch Absorption der strahlinduzierten elektromagnetischen Felder beim Durchqueren der XFEL HF-Module erstellt.
Die Arbeit an einem Computer-Programm zur nichtlinearen Optimierung der longitudinalen Phasenraumverteilung in Linacs mit Bunch-Kompressoren hat begonnen.

Arbeiten der technischen Gruppen

Injektion / Ejektion –MIN–

Die Gruppe MIN-Injektion ist für den Betrieb und die Weiterentwicklung der Injektionsbeschleuniger LINAC II, LINAC III und PIA verantwortlich, ferner für die Strahltransportwege zu den Vorbeschleunigern DESY II und DESY III, für alle Injektions- und Ejektionselemente in den Beschleunigern und Speicherringen, und für die so genannten *Beam-Dumps* in allen Speicherringen und Synchrotrons. Weitere Aufgaben stehen in Zusammenhang mit dem Betrieb des TTF / VUV-FEL Linac. Der Schwerpunkt liegt hier im Bereich des Injektionssystems, dem Betrieb einer speziellen Einrichtung zur Messung sehr kurzer Elektronenbunche, der Koordination des Aufbaus eines HF-Systems zur Linearisierung des Beschleunigerfeldes bei 3.9 GHz, sowie in der Koordination des TTF / VUV-FEL Linac Betriebes.

Elektronen / Positronen LINAC II und PIA

In 2005 wurden für HERA und die Teststrahlen Elektronen, für DORIS Positronen geliefert. Dazu war es mehrmals täglich nötig, zwischen Elektronen- und Positronenbetrieb umzuschalten. Dabei zeigte sich Anfang des Jahres, dass die Konditionierung des 125 MHz Resonators nur für das jeweils statische Feld der angrenzenden Dipole ausreichend war. Durch zyklische Feldänderungen während der Umschaltprozedur kam es zu Ausfällen des 125 MHz Systems. Eine kleine Änderung der Prozedur erlaubte schließlich eine zuverlässige Umschaltung.

Der erste von zwei als Reserve hergestellten Beschleunigerabschnitten ist in seiner Frequenz abgestimmt worden. Dabei wurde das so genannte Stehwellenverhältnis durch die Festlegung der Lage der Kurzschlussebene im Pumpstück eingestellt. Der Abschnitt Nummer 14 – der letzte der ursprünglichen 14 Abschnitte – wurde für die Hochfrequenz-Konditionierung vorbereitet und in den Teststand eingebaut. Er zeigte beim ersten Abpumpen allerdings ein schlechtes Vakuum, so dass ein Ausheizen der Struktur nötig wurde. Der weitere Fortschritt bei der Konditionierung wurde durch die Arbeiten der Wartungsperiode unterbrochen. Die Arbeiten sollen Anfang 2006 fortgesetzt werden.

Bei der Technik des Abstimmens von Beschleunigerabschnitten gab es einen Technologietransfer in die Industrie.

Im Zuge der Vorbereitung für PETRA III ist der Umbau aller Modulatoren auf größere Main Thyratrons geplant, der schrittweise durchgeführt werden soll. In 2005 wurden zwei weitere Modulatoren umgerüstet, so dass jetzt 6 Modulatoren mit größeren Thyratrons ausgerüstet sind. Aufgrund der großen Anzahl von Reserveröhren des alten Typs erschien es allerdings wirtschaftlicher, den Umbau möglichst weit zu strecken. Die größeren Thyratrons sollen am Ende zu geringeren Ausfallwahrscheinlichkeiten führen, was die bisherige Erfahrung auch bestätigt.

Außerdem wurde die Rechneranbindung der SPS-Steuerung der Modulatoren vom ProfiBus-System auf Ethernet umgestellt. Dadurch soll eine größere Ähnlichkeit mit anderen bei DESY vorhandenen Systemen erreicht werden, was die Wartung erleichtert.

Fünf von zwölf Klystrons wurden gewechselt und konditioniert. Damit sollte vor der nächsten Wartungsperiode in 2007 kein weiterer routinemäßiger Wechsel mehr nötig sein.

Es wurde mit dem Neubau eines Reservesenders für das 125 MHz System begonnen. Die Konstruktionsarbeiten sind abgeschlossen und die Aufträge für die mechanischen Arbeiten werden vergeben. Für das gleiche System wurde auch ein Ersatzzirkulator beschafft.

LINAC III

H^--Quellen und Low Energy Beam Transport

Die an der Magnetron- und der Volume-Quelle (auch HF-Quelle genannt) bislang genutzten Low Energy Beam Transport (LEBT) Systeme führen zu einer er-

heblichen Strahlstromreduzierung in dem nachfolgend installierten RFQ, verursacht durch Emittanzwachstum und schlechte Anpassung. Basierend auf Simulationsrechnungen wurde daher ein neues System mit einem von 35 auf 100 mm aufgeweiteten Durchmesser des Vakuumrohres konstruiert, gebaut und schließlich im Einsatz getestet. Neben dem Umbau der LEBT ist an der Erhöhung des Pulsstroms sowie an der Verlängerung der Pulslänge gearbeitet worden. Am Ausgang der HF-Quelle befindet sich ein zylindrischer Kragen zur Teilchenkonversion, der in umfangreichen Versuchen in Durchmesser und Länge neu optimiert wurde. Eine Kombination aus Zylinder und Konus erhöhte den H^--Strom von 40 mA auf 54 mA.

Im Rahmen einer EU Kooperation und in Zusammenarbeit mit FNAL und SNS wurde ein Langpulstest mit der HF-Quelle durchgeführt. Hierbei ist mit einer Wiederholrate von 0.5 Hz und einer Pulslänge von bis zu 3 msec gearbeitet worden. Es konnte ein H^- Strompuls von über 30 mA erreicht werden, ein Weltrekord für eine alkalifreie H^- Quelle. Der zur Zeit noch beobachtete Abfall von 40 mA auf 27 mA (siehe Abbildung 101) ist durch einen Abfall der Hochspannung verursacht. In einem weiteren Schritt wird dies durch Anpassung der Versorgung behoben werden.

Des Weiteren wurde im MIN Septumlabor für die LINAC III HF-Quelle ein neuer auf Halbleitern statt auf einer Senderöhre basierender 2 MHz-Leistungsgenerator mit 20 kW max. Ausgangsleistung (Burstbetrieb mit 20–500 µs max. Dauer) zur Ansteuerung der Sendeantenne entwickelt. Ein erstes Entwicklungsmuster ist fertig gestellt und geht in die Testphase.

Teilchenenergie und der Energiebreite

Die Messung der Teilchenenergie und der Energiebreite wird im LINAC III mit einem Harfensystem im dispersiven Teil des Hochenergie Transportwegs (HEBT) realisiert. Bisher war die Messung nur zu jeweils einem Zeitpunkt innerhalb des Pulszuges möglich. Das machte Messungen über den Pulszug zeitaufwendig und mithin Optimierung der HF-Parameter schwierig. Eine neue Auslese ermöglicht nun die Messung über den gesamten Puls während eines Schusses. Das beschleunigt die Energiemessung und damit die Strahloptimierung erheblich.

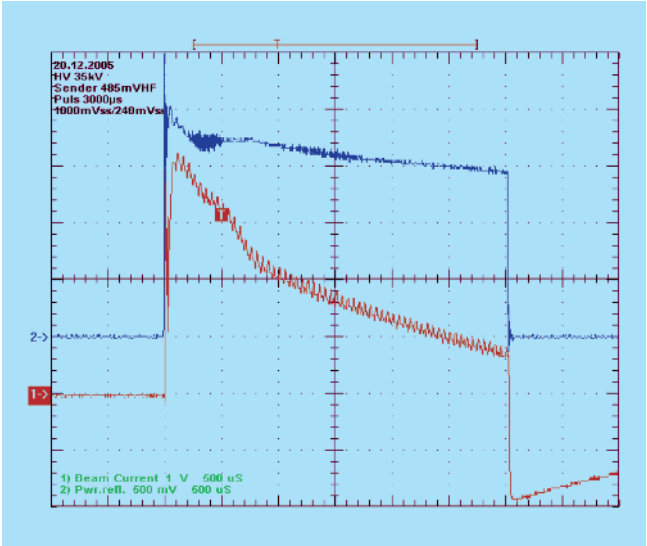

Abbildung 101: *Strompuls der HF-Quelle. H^- Strom (untere Kurve 1) 10 mA/div und Hochfrequenzleistung (obere Kurve 2) sind dargestellt. Die Pulslänge beträgt 3 msec.*

Kickerlabor

Bei den Arbeiten im Kickerlabor wurden im Berichtszeitraum einige Verbesserungen an bestehenden Anlagen vorgenommen. Daneben gab es eine Reihe von Entwicklungsarbeiten für die Zukunftsprojekte PETRA III und VUV-FEL.

Bei der DESY II Injektion (Kicker 2-) und bei der DESY II Ejektion (Kicker 40E und Kicker 26R) wurde jeweils ein neuer Pulser mit Thyristor-Schaltern installiert. Der Dump-Pulser im DORIS Ring wurde mit neuen Netzgeräten bestückt. Um den Puls-Jitter der Injektions-Pulser zu verkleinern, wurde die Kühlung verbessert. Um Reflexionen zur vermeiden, wurden die Nachladewiderstände umgebaut. Die Injektions-Pulser wurden für den Elektronen Betrieb umgebaut.

Beim PETRA Protonen Ejektions-Pulser wurde die Anzahl der verwendeten Thyratrons von drei auf zwei reduziert. Um Erfahrungen mit dem Feedback zu sammeln, wurde ein Prototyp-Kicker in PETRA installiert; dieser soll mit einem neuen Halbleiterverstärker betrieben werden. Mit Blick auf die PETRA III Injektion sollen Erfahrungen über die Zuverlässigkeit und die Stabilität gesammelt werden. Hierzu wurden drei neue Pulser in Thyristor-Technologie installiert.

Im HERA Beschleuniger wurde in zwei Transistorverstärker (1 kW) ein Trafoeinschaltrelais eingebaut. Dies begrenzt den Einschaltstrom.

Beim Betrieb des TTF / VUV-FEL Linac stellt der in der Elektronen-Quelle entstehende Dunkelstrom ein Problem dar. Zur Reduzierung dieses Dunkelstroms wurde ein vertikal ablenkender Schwingkreis-Kickermagnet (1 MHz) mit Leistungsverstärker eingebaut. Ein weiterer ähnlicher Schwingkreis-Kicker wurde für ein Sweeper-System des PITZ Projektes entwickelt.

Im Rahmen der XFEL Vorbereitungen, aber auch als Teil des ILC Projektes, wurde an neuen Pulsern mit deutlich erhöhter Puls-Wiederholfrequenz im MHz Bereich gearbeitet. Ein Prototyp-Pulser konnte mit einer Wiederholrate von 3 MHz Pulszüge von bis zu 3000 Pulsen erzeugen. Diese haben eine Pulslänge von 10 ns bei einem Strom von 100 A. Gemeinsam mit Kollegen vom SLAC sowie weiterer Labors wurde dieser Pulser am ATF Ring bei KEK getestet. Für den XFEL entstand ein erster Pulser mit einer Wiederholrate von 5 MHz. Um die Pulsstabilität zu verbessern, wurden selektierte Halbleiterschalter verwendet und zusätzlich die Halbleiter mit Wasser gekühlt. Erste Tests werden im Januar 2006 erwartet. Daneben wird die Entwicklung eines aus einzelnen Mosfets bestehenden Halbleiterpulsers vorangetrieben.

Neben der Entwicklung von neuen Kicker-Magneten sowie Pulsern wurde im Labor die Fertigung von Leiterplatten-Prototypen mittels eines speziellen Fräsplotters ermöglicht. In den Kickeransteuerungen wurden alle so genannten Kickmodule getauscht.

Septumlabor

In Vorbereitung auf das PETRA III Projekt wurde die Konstruktion des neuen e^+/e^--Injektions-Septums für PETRA gestartet. Die Kühlung des Stromleiters erfolgt hierbei indirekt über eine wassergekühlte Septum-Schiene. Der Vorteil dieser Lösung ist eine einfachere Montage des Stromleiters (Querschnitt $5 \times 8\,\mathrm{mm}^2$, Gesamtlänge 3.3 m, eine Windung) in den Magnetblock (Länge 1.5 m).

Ebenfalls für PETRA III wurde die Konstruktion des neuen e^+/e^--Injektions-Septums für PETRA inklusive angrenzender Vakuumkammern abgeschlossen. Zur Zeit werden aus den vorliegenden 3D-Daten die 2D-Fertigungszeichnungen erstellt. Während der Konstruktionsphase wurde mit Hilfe eines virtuellen 3D-Modells des PETRA-Ringes der Injektionsbereich in seiner derzeitigen Ausgestaltung und in seiner neuen Form betrachtet. Hierdurch sollte sichergestellt werden, dass die Änderung am Injektionsweg vor dem Septum wie geplant mittels der berechneten Drehung des Injektions-Magneten (IME186) auf den neuen Injektions-Winkel mechanisch möglich ist und darüber hinaus keine weiteren Eingriffe in die bestehende Geometrie notwendig sind. Ein mögliches Problem wäre die Kollision mit anderen Komponenten in diesem Bereich, da Injektions- und PETRA-Kammer hier schon recht nahe beieinander sind und die kritischen Abstände im cm-Bereich liegen.

TTF / VUV-FEL Linac

Siehe auch Seite 157,
Kapitel *Freie Elektronenlaser VUV-FEL.*

Der Schwerpunkt der Arbeiten der Gruppe MIN liegt hier im Bereich des Injektionssystems, dem Betrieb einer speziellen Einrichtung zur Messung sehr kurzer Elektronenbunche, der Koordination des Aufbaus eines HF-Systems zur Linearisierung des Beschleunigerfeldes bei 3.9 GHz, sowie in der Koordination des TTF / VUV-FEL Linac Betriebes.

Die von SLAC zur Verfügung gestellte transversal ablenkende Struktur LOLA zur Messung sehr kur-

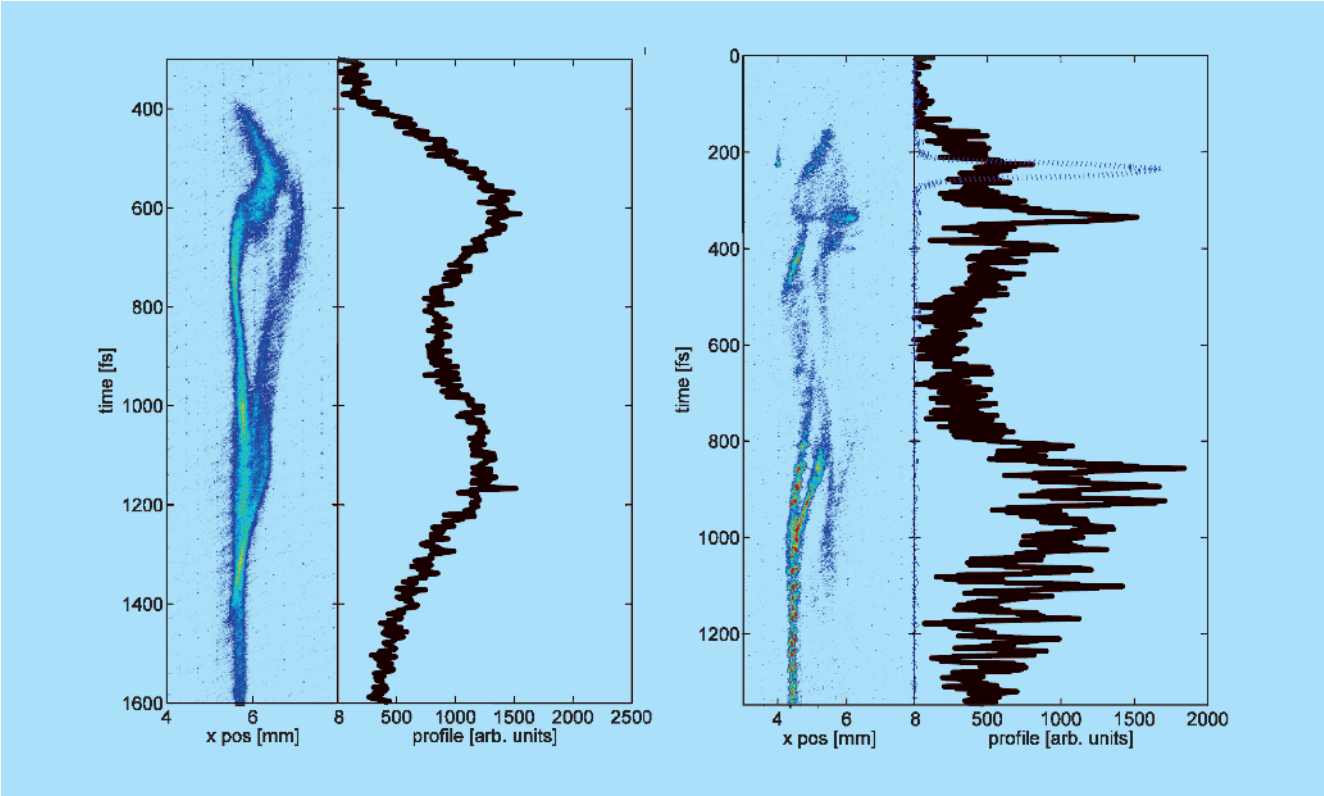

Abbildung 102: *Erste Messungen mit der transversal ablenkenden Struktur LOLA. Der Strahl wird im Nulldurchgang des HF-Feldes vertikal abgelenkt und anschließend mit einem Schirmmonitor untersucht. Dabei wird die vertikale Ablenkung in eine Zeitinformation übersetzt. Links: FEL Betrieb; rechts: LOLA Messschicht mit ähnlichen Einstellungen der Maschine. Während der Messschicht ist eine bessere Anpassung der vertikalen Strahlgröße möglich (die blau gestrichelte Linie zeigt das tranversale Strahlprofil ohne die vertikale Ablenkung durch LOLA).*

zer Elektronenbunche wurde in Betrieb genommen. Nachdem das Hochfrequenz-System mit Modulator, Klystron und Struktur bereits im Frühjahr 2004 in Betrieb genommen worden war, stand nun die Inbetriebnahme mit Strahl an. Dazu musste eine separate Synchronisation der 2856 MHz von LOLA zur 9 MHz Referenz des Linac hergestellt werden. Erste Messungen ergaben Auflösungen von 20–100 fs je nach Einstellung der Fokussierung. Es wurde eine starke Strukturierung des longitudinalen Profils festgestellt, sowie deutliche Unterschiede in den strahloptischen Eigenschaften der verschiedenen Teile der Elektronenpakete (siehe Abbildung 102). Die volle Ausnutzung der Möglichkeiten des Systems soll 2006 weiter vorangetrieben werden.

Zur Verbesserung der Strahlqualität der komprimierten Buche und zur Erhöhung der Effektivität der Komprimierung wird ein System bei der 3. Harmonischen der 1.3 GHz Grundfrequenz des Linacs in Zusammenarbeit mit Fermilab aufgebaut. Ein Klystron nebst Vorverstärker und Hohlleiterkomponenten wurde geordert und der Umbau eines Pulsnetzgerätes (Modulator) gestartet. Dazu wird der Modulator des ehemaligen *Capture Cavities* aus dem ersten Injektor von TTF I umgebaut. Die Umbauten beziehen sich auf den Aus-

tausch unbrauchbar gewordener Komponenten, kleinerer Modifikationen in der Anordnung und einer Modernisierung der Interlock- und Steuerelektronik. Die Fertigstellung der HV- und HF-Komponenten ist im Frühjahr 2006 zu erwarten, das Klystron soll im Juli 2006 geliefert werden und das Beschleunigermodul mit 4 supraleitenden Resonatoren ist für Februar 2007 angekündigt.

Hochfrequenztechnik –MHF–

Die Gruppe MHF ist verantwortlich für den Betrieb und die Entwicklung aller Hochfrequenzanlagen bei DESY. Die Arbeiten teilen sich drei Untergruppen. MHF-e ist zuständig für die sehr umfangreichen normalleitenden 500 MHz Beschleunigungsanlagen und 1000 MHz Rückkopplungssysteme für Elektronen oder Positronen in DESY II, DORIS III, PETRA II und HERA. Die zweite, MHF-sl, betreut das supraleitende 500 MHz System im HERA-Elektronen-Ring und die supraleitenden 1.3 GHz Resonatoren bei TTF / VUV-FEL. Die Hochfrequenzsysteme für die Protonen-Beschleunigung in DESY III, PETRA II und HERA sowie die 1.3 GHz Klystrons und Modulatoren bei TTF / VUV-FEL werden von der dritten Untergruppe, MHF-p, betreut.

Supraleitende Beschleunigungsstrecken –MHF-sl–

HERA

Die supraleitenden Beschleunigungsstrecken in HERA sind in den früheren Jahresberichten ausführlich beschrieben worden. Die 16 supraleitenden Resonatoren sind auf 8 Kryostate verteilt und werden jeweils über einen koaxialen Einkoppler mit Hochfrequenzleistung versorgt. Im Jahr 2005 gab es wiederum ein Leck an einem der Hochfrequenz Einkoppler (Resonator 2 im Kryostaten 1). Der betroffene Kryostat wurde ausgebaut, in der dafür bereitgehaltenen Montage- und Testinfrastruktur in der PETRA Halle NO repariert, getestet und am Ende der HERA Wartungsperiode wieder eingebaut. Eine Untersuchung des defekten Einkopplers zeigte, dass wiederum eine Leckstelle an dem Lötbereich Keramik / Metallkragen des Al_2O_3 Hochfrequenzfensters aufgetreten war. Dies ist die vierte Undichtigkeit an diesem Typ HF-Fenster seit der Inbetriebnahme im Jahre 1991. Inzwischen sind einige dieser Einkoppler durch eine im Bereich der Keramiklötung verbesserte Version ausgetauscht worden, die im Betrieb bisher keine Probleme zeigten.

Arbeiten im Rahmen des EU Projektes CARE

Zusammen mit MKS, MPL und MPY.

Seit Beginn des Jahres 2004 werden bei DESY die R&D Arbeiten an supraleitenden Beschleunigungsresonatoren (Joint Research Activity Superconducting Radio Frequency) durch das von der EU geförderte Project CARE (Coordinated Accelerator Research in Europe) unterstützt. Eine ausführliche Beschreibung dieser Aktivitäten finden sich im DESY Jahresbericht 2004 und auf den Web-Seiten `http://care.lal.in2p3.fr/` und `http://jra-srf.desy.de/`.

Als Beispiele für den wissenschaftlichen Fortschritt im Jahre 2005 seien genannt:

- der Betrieb der neuen Elektronenstrahl Schweißanlage bei DESY zur Fertigung von Niob Resonatoren für verschiedene Testprogramme. Diese Anlage zeichnet sich gegenüber industriellen Einrichtungen durch ein extrem gutes Vakuum aus.
- die Fertigstellung des Prototyps einer Squid Scanning Apparatur zur Überprüfung der Qualität von Niob Material.
- die Weiterentwicklung des Hochfrequenz-Kontrollsystems für supraleitende Resonatoren. Hier ist insbesondere die sehr fruchtbare Zusammenarbeit der Experten von DESY und der Universitäten von Warsaw und Lodz auf dem Gebiet der digitalen Signalaufbereitung und der entsprechenden Kontrollsoftware zu nennen.

– die Fertigung und Tests von Resonatoren aus grob-kristallinem Niob Material zur Untersuchung des Einflusses der Korngrenzen auf die supraleitenden Hochfrequenz Eigenschaften.

VUV-FEL und XFEL

Resonatoren Eine neue Serie von 30 Resonatoren (bestehend je aus 9 Zellen) wurde von der Firma Zanon gefertigt und ausgeliefert. Die Messungen an diesen Resonatoren zeigten, dass Beschleunigungsfeldstärken um 35 MV/m erreicht werden können. Der frühere Behandlungsablauf (Chemisches Beizen und Glühung bei 1400°C) konnte durch eine vereinfachte Prozedur (Elektropolitur, Glühung bei 700°C und Vakuum Backen bei 120°C) ersetzt werden. Allerdings gibt es noch eine zu große Streuung der Leistungsdaten einzelner Resonatoren. Hier sind weiterführende Untersuchungen zur Optimierung der Behandlungsparameter und auch zur Erfassung aller Prozessdaten notwendig.

In einem intensiven 1-Zeller Messprogramm werden Materialeigenschaften (z. B. verschiedene Niob Hersteller, grob kristallines Material) sowie Behandlungsverfahren (z. B. CO_2 Reinigung statt Hochdruck-Reinstwasser, Parameter für die 120°C Backprozedur, industrielle Elektropolitur) untersucht bzw. optimiert. Typische Messwerte für Beschleunigungsfeldstärken in 1-Zellern liegen zwischen 35 und 40 MV/m. Als maximale Beschleunigungsfeldstärke ist ein Wert von ungefähr 44 MV/m zu erwarten, der durch das kritische Feld von Niob bedingt ist.

Einkoppler (Zusammenarbeit mit LAL Orsay)
30 neue Einkoppler der Version TTF3 (in etwa baugleich mit den XFEL Kopplern) wurden bei der Firma CPI gebaut und ausgeliefert. Intensive Leistungstests wurden in der gemeinsamen Infrastruktur (Reinraum, 800°C Glühofen im Reinraum, Reinstwasseranlage, Klystron) bei IN2P3 in Orsay begonnen. Einerseits dienen diese Tests als Eingangskontrolle der Einkoppler. Zum anderen sollen die optimalen Parameter zur schnellen Konditionierung der Koppler gefunden werden. Bislang konnte die notwendige Konditionierzeit halbiert werden, weitere Untersuchungen sollen sich mit der optimalen Lagerung der konditionierten Koppler beschäftigen.

Normalleitende Beschleunigungsstrecken für Elektronen/Positronen –MHF-e–

MHF-e betreibt die 500/1000 MHz HF-Systeme aller Elektronen-Ringbeschleuniger. Diese HF-Systeme bestehen aus 16 Senderanlagen mit insgesamt 28 Dauerstrich-Klystrons: 23 Klystrons mit 800 kW, ein 600 kW Klystron, zwei 300 kW Klystrons und zwei 250 kW Klystrons. Die DC-Anschlussleistung der 16 Senderanlagen beträgt 34 MW. Die HF-Leistung wird über ca. 3.5 km Hohlleiter auf ca. 120 normalleitende und 16 supraleitende Resonatoren verteilt.

HF-Betrieb für HERA-e

Im Berichtsjahr 2005 liefen die acht 500 MHz HF-Systeme 235 Tage für den Betrieb von HERA-e. Während dieser Zeit wurden 219 technische Störungen registriert. Das entspricht ca. einer Störung pro Tag. Allerdings führte nur ca. jede zweite Störung eines HF-Systems zum Strahlverlust. In einem Drittel der Fälle war zum Störungszeitpunkt gerade kein Strahl in der Maschine gespeichert und in einem Achtel der Fälle überlebte der Strahl die Störung eines HF-Systems.

Wie schon in der Vergangenheit, war auch im Berichtsjahr die Störanfälligkeit des HF-Systems mit den supraleitenden Kavitäten deutlich höher als die Störanfälligkeit der HF-Systeme mit normalleitenden Kupfer-Kavitäten.

Die mittlere Zeit zwischen zwei Störungen betrug beim supraleitenden HF-System 2 Tage und beim normalleitenden HF-System 15 Tage.

Ca. 10% der registrierten Störungen wurden durch kurze Aussetzer der HF-Ausgangsleistung der Senderanlagen HERA-NL, -NR und -WR verursacht. Diese Störungen äußerten sich durch plötzliche Strahlverluste, ohne dass zunächst eine Ursache zu finden war. Erst die Analyse von Transientenrekorder-Dateien zeigte,

dass hin und wieder die HF-Ausgangsleistung von Senderanlagen innerhalb einiger 10 µs auf null ging und dann innerhalb einiger Millisekunden zurückkehrte. Nach langwierigen Untersuchungen wurden die Modulatorröhren, die zur Leistungssteuerung der Klystrons dienen, als Störungsverursacher ermittelt. Nach dem Austausch der Modulatorröhre waren die Leistungsaussetzer zunächst verschwunden.

Weitere Untersuchungen ergaben, dass der Kühlluftstrom an der Modulatorröhre die Überschläge verursacht. Leitet man die auf die Anode treffende Kühlluft dicht am Glaskolben der Röhre vorbei, kann man bis zu zehn Überschläge pro Stunde erzeugen. Leitet man die Kühlluft mittels eines Ableitbleches vom Glaskolben weg, ereignen sich keine Überschläge mehr. Bemerkenswert ist, dass die Überschlagsrate unabhängig von der Kathoden-Anoden-Spannung der Röhre ist! Die Kathoden-Anoden-Spannung beträgt bei gesperrter Röhre ca. 50 kV und bei aufgesteuerter Röhre ca. 5 kV. Zur physikalischen Erklärung des Effektes gibt es bisher nur Mutmaßungen. Weitere Untersuchungen sind für 2006 geplant. Als Gegenmaßnahme wurden im Dezember alle Modulatorröhren mit Luftableitblechen an den Anoden ausgerüstet.

Gegenüber 2004 gab es 2005 deutlich weniger Auslösungen der Klystronschutz-Systeme (Crowbars inkl. Sensorik). Der Grund hierfür ist vermutlich die in der vergangenen Betriebsperiode durchgeführte Desensibilisierung der Sensorik (sog. Rogowski-Monitore wurden gegen Pearson-Monitore ausgetauscht).

HF-Betrieb für DORIS III

Im Berichtsjahr 2005 liefen die zwei 500 MHz HF-Systeme 210 Tage für den Betrieb von DORIS III. Während dieser Zeit wurden 30 technische Störungen registriert. Das entspricht ca. einer Störung pro Woche. 60% der Störungen wurden durch das ältere HF-System DORIS-NL verursacht, 40% durch das neuere HF-System DORIS-SR. Die mittlere Zeit zwischen zwei Störungen betrug 12 bzw. 18 Tage bei den HF-Systemen DORIS-NL und DORIS-SR.

Planungen und Entwicklungen zur PETRA III HF

Die Planung der neuen Senderanlagen in den Hallen 42a und 42b konnte im Berichtsjahr im Wesentlichen abgeschlossen werden.

Des Weiteren wurde zur Steuerung, Regelung und Kontrolle der neuen HF-Systeme für PETRA III ein Konzept ausgearbeitet, das es erlauben soll, die meisten Anlagenstörungen ohne Werkzeug, ohne Schalt- und Kabelpläne und ohne besondere Detailkenntnisse zu lokalisieren und zu beheben. Das Konzept kommt mit wenigen, gleichartigen Modulen und nahezu ohne Verkabelung aus. Die Hardware für das erste Prototyp-Modul ist fertig gestellt.

Für das longitudinale Multibunch-Feedback wurde die Eignung eines longitudinalen Feedback-Kickers anhand von Rechnungen und Messungen verifiziert. Der Feedback-Kicker basiert auf dem sog. DAΦNE-Design. Er besteht aus einem 1375 MHz Pill-Box Resonator (siehe Abbildung 103), der stirnseitig über vier Steghohlleiter mit dem Feedback-Signal gespeist wird. Auf

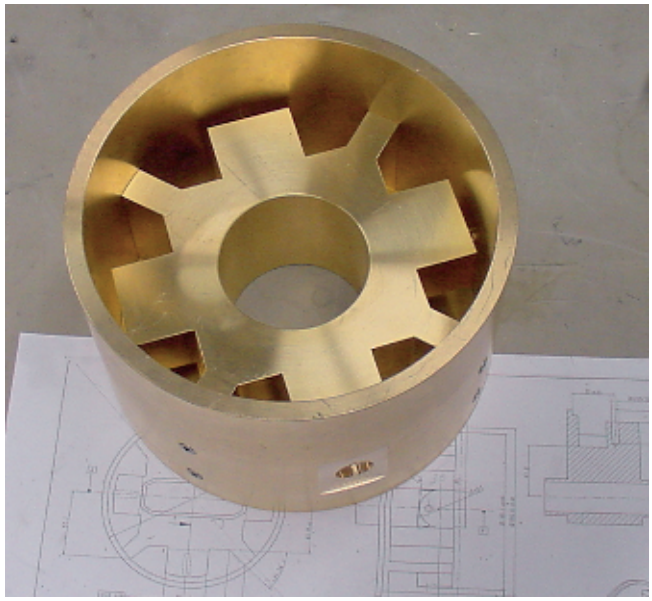

Abbildung 103: *Hälfte eines Pill-Box Resonators mit vier Steghohlleitern in der Stirnfläche.*

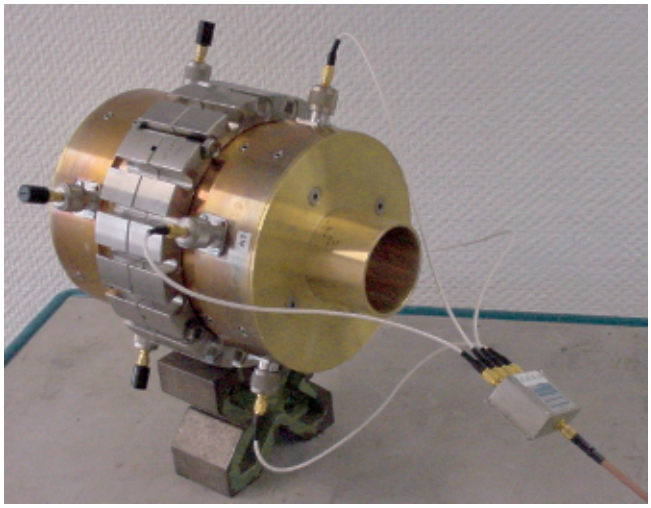

Abbildung 104: *1:1-Messmodell eines longitudinalen Feedback-Kickers.*

der gegenüberliegenden Stirnseite dienen vier identische Steghohlleiter der Bedämpfung des Grundmodes und der durch den Strahl angeregten höheren Moden. Zu Messzwecken wurde im Berichtsjahr ein 1:1-Messmodell nach Unterlagen vom PSI in Villingen, CH gebaut (siehe Abbildung 104).

500 MHz Klystron-Reserven

Der Engpass der Klystron-Reserven der vergangenen zwei Jahre hat sich deutlich entspannt. Für 2005 war der Ausfall von drei Klystrons erwartet worden; tatsächlich ausgefallen ist jedoch keines. Von CPI wurden zwei neue 800 kW Klystrons des Typs VKP-7958A geliefert und an der Senderanlage HERA-WR in Betrieb genommen. CPI lieferte außerdem ein repariertes Klystron des Typs PHILIPS YK-1304 zurück. Der Prototyp eines für DESY neu entwickelten 800 kW Klystrons der Firma THALES wurde im Mai geliefert und läuft seitdem an der Senderanlage DORIS-SR. Zusätzlich wurde ein im Jahr 2004 ausgefallenes Klystron des Typs PHILIPS YK-1304 erfolgreich in Eigenleistung repariert. Insgesamt stehen jetzt fünf Klystrons mehr zur Verfügung, als zum selben Zeitpunkt des Vorjahres.

Hochfrequenzsysteme zur Beschleunigung von Protonen –MHF-p–

Die Gruppe MHF-p ist verantwortlich für die Hochfrequenzsysteme zur Protonenbeschleunigung in den Ringbeschleunigern DESY III, PETRA und HERA und für die HF-Systeme des VUV-FEL und des geplanten XFEL.

Protonen-HF-Systeme

HERA 208 MHz System Während der Betriebszeit im Jahr 2005 mussten zwei Senderöhren der vier HF-Endstufen vorzeitig gewechselt werden. Zu Beginn der Wartungsperiode wurden außerdem alle Treiberröhren getauscht. Die Software für die Frequenzabstimmung der Resonatoren konnte deutlich verbessert werden, wodurch sich die Häufigkeit des Ausloggens der Tuner während der Rampe erheblich verringerte. Verstärkung und Phase des Feedbacks wurden neu justiert. Des Weiteren wurden die üblichen Servicearbeiten wie Filterwechsel etc. durchgeführt.

HERA 52 MHz System Während des Betriebs wurde die Senderöhre der HF-Endstufe des Systems A getauscht. In der Wartungsperiode wurden verschiedene HF-Stecker erneuert und BNC Kabel gegen SMA Verbindungen ausgetauscht. Verstärkung und Phase des Feedbacks wurden neu justiert. Des Weiteren wurden verschiedene Servicearbeiten durchgeführt.

PETRA 52 MHz System Die Treiberverstärker wurden mechanisch überholt und die Signalaufbereitung wurde sowohl für den Treiber als auch für die Endstufe instand gesetzt. Auch hier mussten die üblichen Servicearbeiten durchgeführt werden.

DESY III Neben den üblichen Servicearbeiten wurde ein zusätzlicher programmierbarer Generator für die Steuerung der RF-Amplitude während der Strahlbeschleunigung beschafft und ein weiterer Generator für den Einsatz programmiert.

Multibunchfeedback MHF-p war an Entwicklung, Konstruktion, und Installation des neuen HERA-p longitudinalen Multibunchfeedbacksystems beteiligt.

VUV-FEL

Der Betreuung des Betriebes und die Durchführung von Reparatur- und Wartungsarbeiten der Hochfrequenzsender des VUV-FEL war ein weiteres Arbeitsgebiet der Gruppe. Da der VUV-FEL aus der TESLA Test Facility entstanden ist, wurden die HF-Systemkomponenten über mehrere Jahre entwickelt, installiert und betrieben. Sie spiegeln daher in ihrer Verschiedenartigkeit den Stand der Technik zum Zeitpunkt ihrer Entwicklung wieder. Dies ermöglicht zwar, für zukünftige Großprojekte wie den XFEL oder den International Linear Collider, ILC, Erfahrungen mit Neuentwicklungen zu gewinnen, hat aber andererseits den Nachteil, dass die Zuverlässigkeit und Wartungsfreundlichkeit gegenüber einheitlichen Systemen, die sich weniger an der Grenze der technischen Machbarkeit befinden, reduziert ist.

Einige außerplanmäßige Wartung- bzw. Reparaturarbeiten waren im Jahr 2005 erforderlich.

In einem der älteren Hochspannungsmodulatoren (Beitrag von Fermilab zur TESLA-Kollaboration) versagte die Überwachung eines der in Serie geschalteten IGBT Hochspannungsschalter. Da die erforderlichen Ersatzkomponenten nicht mehr lieferbar waren und laut Datenblatt kompatible Bausteine nicht funktionierten, wurden vom FNAL kurzfristig dort noch vorhandene Ersatzbausteine geliefert und eingebaut.

Gegen Ende des Jahres 2004 waren einige der Hochspannungsmodulatoren mit neuartigen Crowbarschutzschaltungen versehen worden, die auf lichtgetriggerten Thyristoren (LTT) beruhen. Diese ersetzten die mit Quecksilber gefüllten Ignitrons. Im Dauerbetrieb des VUV-FEL stellte sich jedoch 2005 heraus, dass es unter bestimmten Bedingungen zu Fehlauslösungen und damit verbundener Zerstörung des LTT kommen kann. Daher mussten die LTTs vorübergehend wieder durch Ignitrons ersetzt werden. Inzwischen wurde das Problem vom Hersteller gelöst. Die LTTs arbeiten nun in einem der Modulatoren störungsfrei. Der Einbau in die anderen Modulatoren ist für die nächsten geplanten Betriebsunterbrechungen vorgesehen.

In einem der 120 kV Pulstransformatoren der Modulatoren öffnete sich eine Verbindung in einer Sekundärwicklung. Dadurch kam es zu Hochspannungsüberschlägen und zu einer Beschädigung benachbarter Windungen. Da eine Reparatur beim amerikanischen Hersteller mehrere Wochen erfordert hätte und ein möglicher Rückliefertermin nicht absehbar war, zudem einheimische Hersteller von Transformatoren eine Reparatur abgelehnt hatten, wurde die Reparatur bei DESY durchgeführt. Innerhalb von 10 Tagen wurde von der Gruppe unter Unterstützung weiterer Gruppen der Pulstransformator zerlegt, die defekten Windungen repariert und der Transformator nach dem Zusammenbau wieder in seinen Öltank eingesetzt.

Im Windschatten dieser Aktion wurde ein neues Multibeamklystron, das am VUV-FEL in Betrieb war, gegen den ersten Prototypen dieses Klystrons getauscht. Ursprünglich war an dieser Stelle bereits vorher der Prototyp im Einsatz. Mit Fertigstellung des neuen Multibeamklystrons sollte dieses am VUV-FEL zum Einsatz kommen. Leider zeigten sich nach einiger Zeit Hochspannungsüberschläge, so dass der Prototyp wieder installiert werden musste.

Auch eines der 5 MW Klystrons, welches bereits mehrere Jahre im Einsatz war, wurde getauscht, nachdem sich der Vakuumdruck verschlechterte und Überschläge in der Klystrongun auftraten.

In einem der Zirkulatoren des Klystrons, welches den Injektor mit HF versorgt, traten bei Verlängerung der Hochfrequenzpulslänge Überschläge auf. Beim Öffnen des Hohlleitersystems wurden Verunreinigungen gefunden, die sich als Zersetzungsprodukte des Schutzgases herausstellten. Nachdem ein neuer Zirkulator eingesetzt war, war zunächst ein störungsfreier Betrieb möglich. Bei Verlängerung der Pulslänge kam es aber bald wieder zu Überschlägen. Als Ursache für dieses Verhalten wurden vom Klystron erzeugte Higher Order Modes (HOM) der Grundfrequenz ermittelt. Für diese ist das Hohlleitersystem nicht perfekt angepasst, so dass in ungünstigen Fällen stehende Wellen

im Hohlleiter entstehen. Die Amplituden der stehenden Wellen können die Durchbruchsspannung des Hohlleiters überschreiten, so dass es zu Überschlägen und Zersetzung des Schutzgases kommt. Durch den Einbau von HOM Dämpfern am Ausgang des Klystrons konnten die HOMs so stark abgeschwächt werden, dass ein störungsfreier Betrieb möglich ist.

Der Zusammenbau der neuen Reserve HF-Station für den VUV-FEL wurde fortgesetzt. Die Inbetriebnahme ist für das nächste Jahr geplant.

XFEL

Um die für den VUV-FEL und den XFEL benötigten Klystrons und Hohlleiterkomponenten bei 1.3 GHz testen zu können, wurde ein Teststand aufgebaut und in Betrieb genommen. In diesem Jahr wurden bereits drei Multibeamklystrons (MBK) in dem Teststand getestet. Bei zwei der MBKs handelt es sich um von einem französischen Hersteller (Thales) entwickelte Klystrons, von denen eines ein nach früheren Tests modifiziertes Klystron und das andere ein neuer Typ war. Ein amerikanischer Hersteller (CPI) hat ebenfalls ein MBK entwickelt und im Jahr 2005 geliefert. Es erreichte zuverlässig eine Ausgangsleistung von 8.3 MW bei 1.5 ms Pulslänge und 10 Hz Folgefrequenz. Da alle getesteten Klystrons noch nicht die geforderten Parameter von 10 MW, 1.5 ms und 10 Hz über viele tausende Betriebsstunden erfüllen konnten und weitere Probleme auftraten, war es erforderlich die Klystrons mehrfach am Teststand sowie an weiteren Modulatoren in Zeuthen und am VUV-FEL zu installieren und zu deinstallieren. Das sich bei einem japanischen Hersteller (Toshiba) in Entwicklung befindliche MBK hat einige erfolgreiche Zwischenergebnisse gezeigt, der Abschlusstest konnte aber nicht mehr im Jahr 2005 erfolgen.

Der ursprünglich als mögliche Alternative zu den Bouncer Modulatoren, die für den XFEL vorgesehen und beim VUV-FEL im Einsatz sind, geplante SMES (Superconducting Magnetic Energy Storage) Modulator wurde von Mitarbeitern des Forschungszentrums Karlruhe mit Unterstützung des Gruppe MHF-p weiter aufgebaut. Da die supraleitende Spule noch nicht an die Kryogenik angeschlossen werden konnte, wurde die Inbetriebnahme nur bis zu einem Test mit normalleitender Spule durchgeführt. Da die Tests mit normalleitender Spule erfolgreich waren und der kryogenische Anschluss für den Jahreswechsel 2005/2006 vorgesehen ist, soll die Inbetriebnahme mit supraleitender Spule im Jahr 2006 stattfinden. Der SMES Modulator ist für den Einsatz als Teststand für Hohlleiterkomponenten vorgesehen.

Ein weiteres HF-System wird für den Teststand supraleitender Kryomodule benötigt. MHF-p hat sich an den Planungen des Teststandes beteiligt. Die Beschaffung der Komponenten war bereits zu einem früheren Zeitpunkt eingeleitet worden. Die Hohlleiterverteilung musste neu entwickelt werden, damit das supraleitende Modul mit hoher Leistung pro Resonator und hoher Variabilität in der Leistungsverteilung getestet werden kann. Die Komponenten für die HF-Station sind bei DESY inzwischen fast vollständig angeliefert. Die Infrastruktur für die zukünftige HF-Station in der neu errichtenden Halle ist vorbereitet.

Der Test von 1.5 km Hochspannungspulskabeln wurde zusammen mit der Gruppe MKK weiter durchgeführt. Nachdem es gelungen war, rechteckförmige Pulse von 11 kV, 1.1 kA und 1.5 ms Dauer zu übertragen, tauchte das Problem von bisher nicht beobachteter elektromagnetischer Interferenz auf. Die Untersuchungen ergaben, dass diese zum Teil auf das Kabel und dessen Leitungsführung zurückzuführen sind, zum Teil auf den Aufbau des Modulators, zum Teil auf die ungenügende Abschirmung anderer elektrischer Komponenten in der Nähe der Modulatoren und Kabel, sowie auf ein nicht ausreichendes Erdungsschema in der Beschleunigerhalle. Die im Modulator notwendigen Änderungen sind für zukünftige Systeme des XFEL in der Spezifikation bereits berücksichtigt worden.

Für den XFEL werden detaillierte Spezifikationen z. B. der horizontalen MBKs, der Modulatoren, HF-Vorverstäker, Pulstransformatoren und Hohlleiter benötigt. Ein Großteil der Spezifikationen wurde soweit fertig gestellt, dass die Ausschreibung von Prototypen eingeleitet werden konnte.

ILC

Da die Ergebnisse und Erfahrungen der HF-Systeme des VUV-FEL und XFEL für den International Linear Collider, ILC, relevant sind, fand ein intensiver Informationsaustausch von Mitarbeitern der Gruppe MHF-p und Mitarbeitern auswärtiger Institute, die am ILC mitarbeiten, statt. Dies erfolgte bei persönlichen Treffen sowie im Rahmen von Konferenzen und Workshops in Form von Vorträgen.

Software und Technik zur Kontrolle von Beschleunigern –MST–

Die M-Bereichsgruppe MST betreibt die Kontrollsysteme der Beschleuniger LINAC II/III, DESY II/III, DORIS, PETRA und HERA sowie der dazuzugehörenden Strahltransportwege. Für diese Kontrollsysteme und für das Kontrollsystem des VUV-FEL entwickelt und betreut MST Software. MST betreibt ein umfangreiches Netzwerk mit über 500 angeschlossenen Rechnern und unterhält ein Entwicklungs- und Servicelabor für Elektronikmodule zur Steuerung und Überwachung von Beschleunigerteilsystemen oder technischen Beschleunigerkomponenten.

Im Rahmen des Umbaus von PETRA zu einem Speicherring zur Erzeugung von Synchrotronstrahlung (PETRA III) ist die Gruppe MST für die Erneuerung des Kontrollsystems und weiten Teilen der Front-End Elektronik zuständig. Darüber hinaus beteiligt sich MST am europäischen Röntgenlaser Projekt XFEL und am GANMVL (Global Accelerator Network Multipurpose Virtual Laboratory) Projekt, das Teil der EUROTeV Studie ist.

Betrieb

Rechnergestützte Beschleunigerkontrollen

Im Berichtsjahr konzentrierten sich die laufenden Arbeiten auf die Bereiche

- Erweiterung, Optimierung und Anpassung von Applikationsprogrammen und zentraler Kontrollsystemsoftware,
- Verbesserte Unterstützung der Betriebsabläufe im Beschleunigerkontrollraum,
- Anpassung der Rechnerinfrastruktur und Erweiterung von automatischen Abläufen und
- Unterstützung von vorbereitenden Studien an den existierenden Beschleunigeranlagen für das PETRA III Projekt.

So wurde zum Beispiel die von den Gruppen MKK und MDI entwickelte Magnetalarmelektronik in das HERA Kontrollsystem integriert. In die HERA Ablaufsteuerung wurde eine Liste aller Betriebsaktionen eingearbeitet, welche die Operateure beim Füllen und Beschleunigen der beiden Strahlen in HERA entweder manuell oder automatisch ausführen müssen. Die Funktionen der Orbitmessung wurden in enger Zusammenarbeit mit MDI erweitert und die Programme zur Transfersteuerung und Beschleunigersynchronisation zusammen mit MSK vervollständigt. Darüber hinaus konnte die Lagemessung in den beiden Strahltransportwegen zu PETRA verbessert werden. Bei PETRA wurden u.a. die Möglichkeiten zur Orbitkorrektur und zur nachträglichen Analyse des Orbits während der Strahlbeschleunigung verbessert. Im Rahmen der Erweiterung des Personeninterlocksystems von VUV-FEL, LINAC II und DESY II/III waren umfangreiche Anpassungsarbeiten der zugehörigen Applikationsprogramme notwendig. Generell wurden alle Betriebsprogramme unter Benutzung der aktuellen Bibliotheksroutinen des Kontrollsystems auf den neuesten Stand gebracht.

Der bereits große Funktionsumfang der zentralen Kontrollsystemsoftware TINE (Threefold Integrated Network Environment) wurde um zusätzliche Eigenschaften ergänzt, welche z. B. die äußerst flexiblen Nutzungsmöglichkeiten des Systems weiter verbessern. Ferner fand in Zusammenarbeit mit Zeuthen beim neuen Klystroninterlocksystem des VUV-FEL eine TINE Portierung auf einen *embedded* NIOSII-Prozessor erfolgreich Anwendung.

Als sehr hilfreich erwies sich die Bereitstellung eines neuen Dienstes auf den HERA Bedienungskonsolen im Kontrollraum, der eine gezielte Konfiguration der Konsolen entsprechend den gewünschten Beschleunigerbetriebszuständen und eine verbesserte Ferndiagnose erlaubt. Ferner wurde die automatische Überwachung der Serverrechner und das Fehler-Logging verbessert.

Änderungen der zentralen EDV Infrastruktur bei DESY machten zahlreiche Anpassungen der Rechner und der administrativen Prozesse des Kontrollsystems notwendig. So wurden z. B. in großem Umfang die alten Windows NT-Systeme durch Windows XP-Systeme ersetzt und der Mechanismus zum Verteilen von Applikationsprogrammen erneuert.

Als Vorbereitung für das PETRA III Projekt wurden maschinenphysikalische Versuche durchgeführt. So fanden bei PETRA so genannte Top-Up-Mode Studien und bei DORIS Testläufe mit Elektronen statt, die vom Kontrollsystem unterstützt werden mussten. Ferner waren Anpassungen an Serverprogrammen notwendig, um die bei HERA entwickelten maschinenphysikalischen MATLAB Prozeduren, z. B. zur Ermittlung einer Orbit-Response-Matrix, auch bei PETRA einsetzen zu können. Ein weiterer Arbeitsschwerpunkt bestand in der Bereitstellung von Applikationssoftware zur Ermittlung statistischer Zuverlässigkeitswerte von technischen Komponenten und Systemen sowie des gesamten Beschleunigerbetriebs bei DESY II, welches in Zukunft als hochverfügbarer Injektor für PETRA III betrieben werden soll.

Digitale Kontroller und Front-End Elektronik

Seit jeher kommt digitale Elektronik im Bereich der Beschleunigerkontrollen in großer Stückzahl zum Einsatz. So mussten über dreitausend Kontrollermodule angepasst und verbessert, gewartet und gegebenenfalls repariert werden. Im Rahmen einer mit den Gruppen MDI und MSK vereinbarten Aufgabenverschiebung hat MST im Berichtsjahr die Betreuung weiterer Elektronikmodule übernommen, die Dokumentation vervollständigt und die Anzahl von Reservemodulen vergrößert.

Beim VUV-FEL wurden Elektronikmodule, für eine fernbediente Umschaltung von Magnetnetzgeräten im Fehlerfall, erfolgreich in Betrieb genommen. Auf Grund longitudinaler Strahldynamikprobleme beim Beschleunigen des Protonenstrahls in PETRA musste in Zusammenarbeit mit anderen Fachgruppen der gesamte Signal- und Datenweg vom Referenzmagnet bis zur Frequenzsteuerung überprüft und abgeglichen werden. Ein weiteres Augenmerk lag auf den Systemen zur Erzeugung von Taktpulsen, die für eine in mehreren Magnetspulen synchrone Änderung von Magnetströmen benötigt werden.

Im Rahmen einer Neuentwicklung von Strahllageelektronik durch die Gruppe MDI wurde von MST ein digitales Elektronikmodul entwickelt, das zusammen mit der existierenden, alten Lageelektronik bei HERA-p eingesetzt werden kann.

Darüber hinaus ist MST zuständig für die Bereitstellung von allgemeinen Schnittstellenmodulen zwischen Rechnern und dem DESY-eigenen Feldbus SEDAC. Es wurde mit der Entwicklung einer Schnittstelle auf USB-Basis begonnen, um dem aktuellen Trend in der PC Technik gerecht zu werden.

Projekt PETRA III

Im Rahmen des Umbaus von PETRA zu einem Speichering zur Erzeugung von Synchrotronstrahlung werden bis 2008 die Kontrollsysteme der Beschleuniger LINAC II, PIA , DESY II und PETRA sowie ein großer Teil der Front-End Elektronik erneuert. Eine besondere Herausforderung für die Gruppe MST besteht hierbei einerseits in einem Wechsel der vorherrschenden Programmiersprache von VisualBasic nach Java und andererseits in der Einführung eines neuen Front-End Elektronikstandards auf der Basis des CANopen Feldbusprotokolls. Als zentrale Kontrollsystemsoftware werden das bei HERA erprobte TINE Protokoll, die dazugehörenden Dienste und die graphische Programmierungsschnittstelle ACOP (Accelerator Component Oriented Programming) zum Einsatz kommen.

Das Berichtsjahr war geprägt von Spezifikations- und Konzeptionsarbeiten, der Bereitstellung der notwendigen Entwicklungsinfrastruktur und dem Beginn der Software- und Hardwareentwicklung. Zur Vereinfachung und Standardisierung der Client-Applikationsprogrammierung wurde in JAVA ein Framework entwickelt, das allen Konsolprogrammen zu Grunde liegen wird. Konzeptionelle Arbeiten zu einer zukünftigen Kontrollsystem- und Beschleunigerkomponentendatenbank, zu Logging-Diensten und zur unterstützenden Infrastruktur wurden begonnen bzw. zum Teil bereits umgesetzt.

Aus verschiedenen Gründen müssen in Zukunft neben CANopen auch noch andere Feld- oder Datenbusprotokolle wie SEDAC oder GPIB unterstützt werden. Zu diesem Zweck wurde die erste Version eines Common Device Interface (CDI) erstellt, das eine busunabhängige Schnittstelle für die Applikationsprogrammierung zur Verfügung stellt.

Auf dem Gebiet der Front-End Elektronik wurde der zukünftige Baugruppenträgertyp ausgewählt und mit der Entwicklung neuer, universeller Kontrollermodule mit CANopen-Schnittstelle begonnen. Es werden drei Prozessortypen mit unterschiedlicher Leistungsfähigkeit zur Verfügung stehen. Die jeweilige Anpassung an die unterschiedlichen analogen und digitalen Schnittstellen der existierenden Front-End Elektronikmodule wird durch spezielle, aufgabenspezifische Schnittstellenkarten realisiert. Es konnten im Berichtsjahr bereits zwei Module zur Magnet- und zur Vakuumkontrolle entwickelt und gebaut werden.

Weitere Projekte (XFEL, GANMVL)

Mit der Gruppe MSK wurde vereinbart, dass sich MST an der Entwicklung von Software für die Hochfrequenzregelung der supraleitenden Beschleunigungsmodule des XFEL beteiligt. Es konnten erste Entwicklungs- und Konzeptionsaufgaben realisiert werden.

Ferner beteiligte sich die Gruppe MST im Rahmen der EUROTeV Studie an der Entwicklung des so genannten Global Accelerator Network Multipurpose Virtual Laboratory (GANMVL). Ziel dieses Projekts ist die Bereitstellung einer Arbeitsumgebung, die es einer auswärtigen Person erlaubt, sich über das Internet an Messungen, Reparaturen oder Wartungsarbeiten zu beteiligen, ohne selbst mit vor Ort zu sein. MST kümmert sich in diesem Zusammenhang um die Integration von gebräuchlichen Labormessgeräten wie z. B. Oszillographen. Es wurden ein Konzept erstellt und erste Realisierungsstudien durchgeführt.

Projektgruppe Quenchüberwachung –QP–

Die Aufgabe der Projektgruppe Quenchüberwachung besteht darin, die Quenchüberwachungssysteme des HERA-Rings weiter zu entwickeln und zu betreuen. Von einem Quench spricht man, wenn ein supraleitender Magnet zum Beispiel durch einen Energieeintrag bei einem Strahlverlust schlagartig in den normalleitenden Zustand übergeht. Die Quenchüberwachungssysteme sorgen dann unter anderem dafür, dass der Magnetstrom schnell genug abgeschaltet wird, bevor eine Zerstörung der betroffenen Magnetspule eintreten kann.

Die Projektgruppe besteht aus Mitgliedern der M-Bereichsgruppen MST, MDI, MVP und MKS sowie der FH-Bereichsgruppen FEB und FH1. Im Rahmen der von der Projektgruppe organisierten Rufbereitschaft wurde im Berichtsjahr das im letzten Jahr begonnene umfangreiche Ausbildungs- und Auffrischungsprogramm fortgesetzt.

Es gibt ein großes, HERA-weites Quenchüberwachungs- und Alarmsystem für die Hauptmagnete des HERA-Protonenrings. Zwei lokale, kleinere Systeme überwachen die supraleitenden Magnete in den Wechselwirkungszonen von H1 und ZEUS.

Alle Systeme erfüllten im Berichtsjahr weitgehend zuverlässig ihre Aufgaben. Die aufgetretenen Störungen konzentrierten sich auf die beiden Bereiche Schalter- und Interfacemodule des ringweiten Alarmsystems sowie auf Komponenten zur Schnellentregung der Magnete. Nach zum Teil langwierigen Untersuchungen

konnten die Probleme im Alarmsystem verstanden und behoben werden. Der Betrieb und die Betreuung der Schnellentregungskomponenten liegt im Verantwortungsbereich der Fachgruppe MKK, die während der Beschleunigerbetriebspause 2005/2006 notwendige Reparatur- und umfangreiche, vorbeugende Wartungsarbeiten durchführt.

Auch die von der Projektgruppe betreuten Quenchüberwachungssysteme werden seit vielen Jahren einer regelmäßigen, präventiven Wartung unterzogen. Während der oben genannten Betriebspause werden vor allem elektronische Bauteile ersetzt oder neu programmiert, deren Alterung eine zunehmende Gefahr für die notwendige hohe Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit des Gesamtsystems darstellt.

Personen-Sicherheitssysteme –MPS–

Die Gruppe MPS ist verantwortlich für die technische Erstellung und den sicheren Betrieb von Interlocksystemen zum Schutz von Personen vor ionisierender Strahlung bei Beschleunigerbetrieb. Dazu gehören die Türeninterlock- und die Notaus-Systeme, Beamshutter- und Strahlfallensteuerungen, optische und akustische Warneinrichtungen und Strahlfreigabe-Steuerungen für alle Beschleuniger im Einzel- sowie Verbundbetrieb. Darüber hinaus werden von MPS Interlocksysteme für Resonator-Teststände und für Magnetstrombetrieb in Beschleunigergebieten erstellt.

Schnittstellen mit anderen Gruppen ergeben sich einerseits, wenn Sicherheitsmeldungen von deren Komponenten in den Interlocksteuerungen verarbeitet werden müssen und andererseits, wenn Freigabemeldungen der Interlocksteuerung für den Betrieb von Beschleunigerkomponenten benötigt werden, wobei die Betreiber für eine sichere Abschaltwirkung verantwortlich sind.

MPS hat es sich zum Ziel gesetzt, die teilweise historisch gewachsenen und häufig modifizierten Interlockeinrichtungen schrittweise zu verschlanken und auf moderne computerunterstützte Systeme umzustellen. Dabei liegt die Priorität bei den Beschleunigern, die für die Zukunftsprojekte von DESY eine zentrale Bedeutung haben.

Die Sicherheitsschaltungen werden in neuen, bei MPS entwickelten Standardmodulen weiterhin in hartverdrahteter Relaistechnik ausgeführt, allerdings mit sichereren zwangsgeführten Relais. Diese sind über ein CAN-Bus-Interface mit einem Computer verbunden, so dass ständig Schaltzustände auf Plausibilität geprüft werden können. Eine Computersteuerung der Relais ohne entsprechende Voraussetzungen durch die Hardware-Logik ist dabei in Schaltungen mit hoher Sicherheitsrelevanz ausgeschlossen, dagegen können andere Funktionen, wie z. B. die Ansteuerung von Warneinrichtungen, auch rechnergesteuert ablaufen.

Erneuerung von Interlocksystemen

Für die Beschleuniger und Teststände wurden im Jahr 2005 folgende neue Sicherheitssysteme fertig gestellt:

DESY II/III Die Türen-Interlocksysteme der Strahlwege zu DORIS (*Roter Weg*) und zu PETRA (*X-Bauwerk*) wurden umgebaut, dabei wurde sowohl die Verkabelung als auch die Elektronik vollständig erneuert und in Betrieb genommen. Auch die Notaus-Systeme dieser beiden Gebiete wurden neu aufgesetzt; dabei kamen neu entwickelte Notaus-Elektronikmodule zum Einsatz.
Für das X-Bauwerk wurde eine neue *Kleine Magnetstromfreigabe* bereitgestellt mit Warndurchsage und Magnetstrom-Warntableaus im Gebiet.
An den Interlocktüren der Gebiete DESY-Ring und -Keller wurden neue Warntableaus installiert. Alle ZZ-Türen zum DESY-Kellergebiet wurden mit Überwachungskameras ausgerüstet.
Die Video-Übertragung und -Verkabelung im Bereich DESY und Linacs wurde erneuert. Eine Überwachung der Lautsprecher-Verkabelung per Ringleitung wurde in Betrieb genommen.

DORIS Wegen des Umbaus des *Roten Wegs* mussten das Türeninterlock- und das Notaussystem modifiziert

werden. Die geänderten Systeme sind bereit zur Inbetriebnahme.

Die *Kleine Magnetstromfreigabe* von DORIS wurde auf das Gebiet *Roter Weg* ausgedehnt und im Dezember in Betrieb genommen.

Die Lautsprecher incl. Verkabelung wurden erneuert.

PETRA Der Interlockanschluss DESY / PETRA wurde für Vorversuche zum PETRA III Top-Up-Betrieb modifiziert, so dass Elektroneninjektion jetzt auch bei enger HASYLAB 6-Undulatorkammer möglich ist. Die Systeme sind bereit zur Inbetriebnahme.

VUV-FEL Durch Ausbau von TTF2 zum VUV-FEL mit der neuen FEL Halle und dem zugehörigen Photonen-Beamshutter haben sich die Sicherheitsbedingungen gravierend geändert, so dass der Bau einer neuen Interlocksteuerung erforderlich war. Dabei wurden erstmals alle Teilsysteme mit Elektronikmodulen in der neuen Technik aufgebaut, mit der eine Rechnerauswertung möglich ist.
Die Systeme sind im Mai 2005 in Betrieb genommen worden. Bei der Interlockprüfung war, einer Auflage der Aufsichtsbehörde entsprechend, ein Vertreter des TÜV anwesend, dem hier erstmals eine komplette Interlock-Steuerung in der neuen Technik vorgestellt wurde. Es gab keine Beanstandungen.
Für die Klystrons 4 und 5 sind neue HF-Interlocksysteme in Betrieb genommen worden; für die Interlocksteuerungen von Klystron 6 und Klystron 1 einschließlich der Teststände sind die Elektronikmodule bereit zur Installation.

CMTB Modulteststand Für den CMTB-Modulteststand wurde eine neue, leicht erweiterbare Interlocksteuerung konzipiert, die Komponenten sind bereit zur Installation.

Entwicklungen für Interlocksysteme

Im Elektroniklabor von MPS wurde 2005 kontinuierlich an der Entwicklung neuer Hardware zur Modernisierung der Interlocksysteme gearbeitet:

Für das Notaus-System wurden neue Elektronik-Module entwickelt, die bereits bei VUV-FEL und den Strahlwegen von DESY eingesetzt werden konnten. Es werden neue Notschalter verwendet, deren Positionen über das Bus-System auslesbar sind.

In Zusammenarbeit mit MDI wurden neue Schlösser und Module für Sicherheitsschlüssel entwickelt, ein Prototyp wird demnächst fertig gestellt.

Die CAN-Bus-Interfaceplatine für Interlockmodule wurde modifiziert, so dass eine CANopen-übliche Datenübertragung möglich ist.

Es wurde ein neues Elektronikmodul für die Steuerung von Beamshuttern und Absorbern bei FEL-Experimenten entwickelt. Ein Prototyp ist bei VUV-FEL im Einsatz.

Kommunikationssysteme und Zugangskontrollen

Es wurde eine automatische Überwachung von Verstärkern mittels eines Pilot-Tonsignals entwickelt und bei VUV-FEL in Probebetrieb genommen. Seit der Installation im September funktioniert die neue Anlage störungsfrei.

Die Sprechstellen an den ZZ-Interlocktüren von DORIS und DESY wurden ausgetauscht.

Die Ansagegeräte von DESY, DORIS und PETRA wurden dem Umbau der DESY-Strahlwege entsprechend angepasst. Es wurde ein neues integriertes Ansagegerät entwickelt, das für den Einsatz beim CMTB-Modulteststand bereit steht. Eine Steuerung von Ansagegeräten per CANopen ist vorbereitet.

Im Rahmen des Umbaus der Pförtnerei Notkestraße wurde die Fernbedienung für die HERA-Pförtneranlagen grundlegend modernisiert und im März in Betrieb genommen.

Neue Projekte

Für die beiden Projekte PETRA III und XFEL wurden die workpackages *Personen-Interlocksysteme* (WP 1.22

bzw. WP 38) implementiert und mit der Planung begonnen.

Im Jahr 2005 waren vier Mitarbeiter von MPS als Operateure im BKR-Teilschichtdienst aktiv.

Diagnose und Instrumentierung –MDI –

Die Gruppe MDI (`http://adweb.desy.de/mdi/`) ist zuständig für die Erfassung und Messung der Strahleigenschaften in nahezu allen Beschleunigern und Speicherringen bei DESY. Dazu gehören die Analyse von Strahllage, Strahlströmen, Strahlprofilen sowie die Messung der Strahlverluste und die Integration von diversen Signalen in den Maschineninterlock-Systemen zum Schutz vor Zerstörung von Komponenten. Für das neue Projekt PETRA III entwickelt MDI nahezu die komplette Strahldiagnose. Die Ausarbeitung von Ideen und Konzepten sowie die Entwicklungen dieser Monitore wurde weitergeführt. Für das europäische Projekt XFEL wurde mit detaillierten Planungen für alle Belange der Strahldiagnostik begonnen.

HERA

Die in HERA installierte Strahldiagnostik wurde weiter verbessert und erweitert. Beim Synchrotronstrahlungs-Emittanzmonitor der Elektronen wurde die Genauigkeit der Profilmessung durch Reduzierung auflösungsverbreiternder Effekte verbessert. Durch Aufsetzen eines Server-Client-Systems werden die Parameter der gemessenen und analysierten Strahlprofile nun im Archiv gespeichert und stehen für nachträgliche Analysen zur Verfügung. In diesem Zusammenhang wurden erste Untersuchungen zum dynamischen Beta-Beat mit Hilfe des Monitors durchgeführt. Der HERA-p Emittanzmonitor, der Synchrotronstrahlung aus dem Randfeld eines BU-Magneten auswertet, wurde ebenfalls erfolgreich in Betrieb genommen und ermöglicht eine permanente Überwachung des transversalen Strahlprofils. In Abbildung 105 ist ein Leuchtschirmbild des Monitors dargestellt. Weiterhin wurde das Kamerasystem des Monitors im Rahmen einer Diplomarbeit komplett überarbeitet und neu aufgebaut.

Für die Strahllagemonitore an den Positionen NR, NL, SR, SL bei jeweils 2m und 6m wurden neue BPM-Messmodule für eine hoch auflösende und simultane e und p Orbitmessung entwickelt, inklusive des dazu erforderlichen neuen Trigger-Systems. Das System liefert eine Mittelwertbildung aus max. 16384 Einzelmessungen für präzise und hochaufgelöste Messergebnisse sowie eine von Umlauf zu Umlauf wechselnde, quasi zeitgleiche Datenerfassung von e und p für eine Differenz-Lagemessung. Es bietet eine hohe Messauflösung für Luminositätsstudien und eine e-p-Strahlwinkelerfassung. Ein neues Feedback-System zur Stabilisierung der kollidierenden Strahlen, basierend auf diesem BPM-System ist in Entwicklung.

Bei HERA-p wurde die Wartung des Protonen-Strahllage-Systems, das seit dem Start von HERA im Jahre 1992 unverändert läuft, fortgesetzt. Fehlerhafte BPM-Module wurden repariert bzw. getauscht. Im Rahmen der Entwicklungen der BPM Elektronik für TTF2 ist zusammen mit Zeuthen eine Variante entwickelt worden, deren Eingangsfrequenz für die HERA Protonen BPMs (striplines) optimiert ist. Diese Elektronik wurde für einige Monitore in den geraden Strecken von HERA installiert. Zusätzlich wurden in Zusammenarbeit mit MST neue Digital-Module (SEDAC) und Trigger-Einheiten entwickelt. Jede einzelne Komponente wurde erfolgreich im Labor getestet. Mit dem Einbau im Tunnel wurde Ende 2005 begonnen, die Inbetriebnahme erfolgt mit dem Wiederanlauf von HERA Anfang 2006.

Im Zuge der Wartungsperiode 2005 wurden weitere Diagnosekomponenten gewartet. So wurden die Wire-Scanner an eine neue Position mit größeren Beta-Funktionen in beiden Ebenen gebracht. Dadurch verringert sich die Temperatur des Drahtes während einer Messung, was zu einer Erhöhung seiner Lebensdauer führt.

Bei HERA-e wurde ein neuer AC-Monitor für eine verbesserte Lebensdauermessung eingebaut. Im Zuge des 2. CARE-HHH-ABI Workshops in Lyon wurde dieser

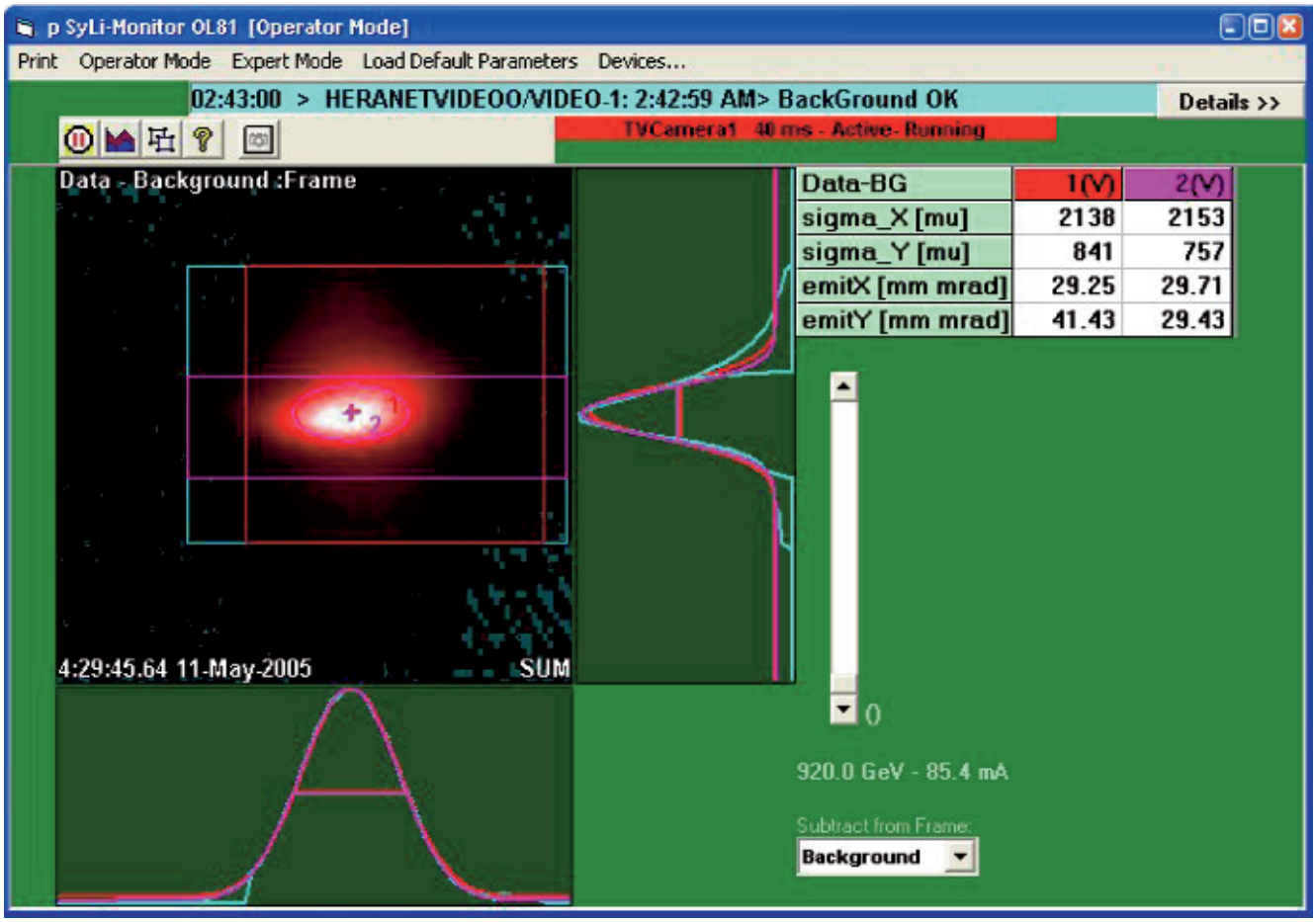

Abbildung 105: *Leuchtschirmbild des HERA-p Synchrotronlicht Monitors.*

Vorschlag ausgearbeitet und nun entsprechend umgesetzt.

Die gesamte Pilothermverkabelung in HERA-e/p wurde überprüft. In allen HERA-p Elektronik-Gräbern wurden die Lüfter auf Funktion geprüft und ggf. ersetzt. Auf Grund von Strahlungsschäden wurden die Getterpumpenkabel und NEG-Kabel für MVA erneuert sowie die Netzwerkverkabelung in den HERA Hallen erweitert. Für die Temperaturmessung an den Absorbern wurden die alten Kabel durch Neue mit Kaptonisolation ersetzt.

Der schnelle Magnetstrom-Alarm an den kritischen Magnet-Netzgeräten der Wechselwirkungszonen wurde erfolgreich und ohne eine einzige Fehl-Auslösung in Betrieb genommen. Zu diesem Thema entwickelte sich eine intensive Zusammenarbeit mit CERN in Hinblick auf die Verwendung dieses Alarmsystems auch bei LHC.

PETRA II

Zu Beginn des Jahres 2005 gab es Probleme mit einer Emittanzaufweitung des Protonenstrahls während der Beschleunigungsrampe. Um diesen Vorgang für jeden einzelnen Bunch zu beobachten, wurde die Auslese-Elektronik der Wire Scanner entsprechend umgerüstet. Damit war es möglich, dem Problem erfolgreich nachzugehen. Für eine kontinuierliche Beobachtung der Emittanz wurden Ende 2005 die Restgasionisations-Profilmonitore aus HERA-p ausgebaut und als Ersatz

für die defekten Monitore gleichen Typs in den Bypass von PETRA-p eingebaut.

Ebenfalls zu Beginn des Jahres 2005 wurde ein neues Maschinen-Protection-System für PETRA-e in Betrieb genommen. Ab einem maximalen Einzelbunchstrom von 3 mA wird eine weitere Injektion von Leptonen nach PETRA-e unterbunden und damit die Überlastung des Protonen-HF-Systems durch höhere Schwingungsmoden vermieden.

Ende 2005 wurde die Installation und der Anschluss der Strahlverlustmonitore im PETRA-Tunnel in Zusammenarbeit mit dem FZ-Rossendorf fertig gestellt. Die Inbetriebnahme des Systems erfolgt zu Beginn 2006.

PETRA III

MDI entwickelt und konzipiert die komplette Strahldiagnostik für das Projekt PETRA III. Dafür wurde eine umfangreiche Liste von Aufgaben bearbeitet:

BPM System Es wurden umfangreiche Tests mit kommerziellen Systemen erfolgreich durchgeführt. Diese Tests zeigten, dass die sehr spezifischen Anforderungen gut erfüllt werden können. Für die Auflösung der Strahllage ergaben sich 0.33 µm bei einer Bandbreite von 300 Hz.

Die erforderliche BPM Auflösung von $\ll 1\mu m$ impliziert eine präzise Beobachtung von mechanischen Bewegungen der BPMs gegenüber einem festen Bezugspunkt. Dazu wurden 2 verschiedene **Mikro-Messsysteme** im Labor getestet und eines davon in PETRA II auf einer temperaturstabilen Invarstütze eingebaut. Dieses soll in 2006 unter realistischen Bedingungen für seinen Einsatz in PETRA III getestet werden.

Strahlstrom In allen Vorbeschleunigern und Transportwegen werden AC-Monitore vom VUV-FEL Typ eingebaut, die 2005 erfolgreich getestet wurden. Für PETRA III wird eine Modifikation eines kommerziellen Monitortyps zurzeit bearbeitet. Die vorhandenen DC-Monitore werden weiterhin in PETRA III verwendet, da Tests eine ausreichend gute Auflösung ergeben haben.

Für die **Emittanzmessung** in PETRA III werden zwei unterschiedliche Messprinzipien Verwendung finden:

Synchrotron Strahlung: Untersuchungen über eine Pinhole-X-ray-Kamera haben eine Auflösung von ca. 15 µm ergeben. Für diese X-ray-Diagnostik wird zurzeit eine eigene Diagnose-Strahlführung mit einer speziellen Magnetaufstellung am Ende der neuen Halle entworfen.

Laser Wire Scanner: Die von der LBBD Kollaboration (`http://www.pp.rhul.ac.uk/~kamps/lbbd/`) in 2005 erfolgreich durchgeführten Tests mit dem Laser Wire Scanner zeigten, dass ein 70 µm breiter Elektronenstrahl in < 30 sec mit einer Auflösung von deutlich unter 10 µm gescannt werden konnte. Ein neuer Nd:YAG Q-switched Laser mit Injektions-Seeding konnte mit Hilfe von EUROTeV beschafft werden, um das Problem mit dem Mode-beating des alten Lasers zu beseitigen. Dieser Aufbau dient neben den Tests für PETRA III auch als Testaufbau für einen Laser Wire Scanner für den XFEL und ILC. Die Planungen für eine Laserhütte auf dem PETRA III Ring wurden gestartet. Eine neue Auslasskammer für die gestreuten Photonen wurde mit Hilfe von ZM entwickelt.

Im Jahr 2005 wurde die Entscheidung getroffen, in PETRA III keine klassischen 1 m/s Wire Scanner einzusetzen, da Untersuchungen ergeben haben, dass die Fäden die hohen Ströme zusammen mit der kleinen Strahlgröße nicht aushalten werden. Eine Entwicklung für schnellere Scanner (10 m/s) wurde in Zusammenarbeit mit der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg begonnen und erste Resultate erarbeitet (Studienarbeiten an der HAW-Hamburg).

Für die Kontrolle der Bewegung von **Kollimatoren, Scrapern, Strahlfallen, Schirmmonitoren**, etc. wurden erste Konzepte auf der Basis von CAN-Bus Ansteuerungen entwickelt. Die Schirmmonitore der Vorbeschleuniger werden im Zuge des PETRA III Pro-

jektes komplett erneuert. Dafür wurden die ersten Entwicklungen gestartet und die Positionen jedes einzelnen Monitors zusammen mit der Projektleitung festgelegt.

Mit der Entwicklung und der Realisierung des **Maschinen Protection Systems (MPS)** für PETRA III wurde begonnen und insbesondere die Schnittstellen (Alarm Eingang und Post Mortem Trigger Ausgang) genau definiert. Auf Grund der Vielfalt der Eingangssignale (z. B. Strahllage, Strahlstrom, HF, Temperatur, ...) findet eine intensive Kommunikation mit diversen beteiligten DESY-Gruppen statt.

Zum Schutz der Vakuumkammern vor intensiver Synchrotronstrahlung der Dämpfungswiggler und der Undulatoren werden ca. 1500 Temperatursensoren auf die Kammern verteilt angebracht. Damit wird neben dem BPM-Interlock ein zusätzliches Sicherheitssystem zur Verfügung gestellt. Mit dem Design und der Entwicklung des **Temperatur-Alarm-Systems** wurde begonnen, ein erster Prototyp wurde fertig gestellt und erfolgreich getestet.

Ebenso erfolgreich wurden erste Tests mit einem kommerziellen System zur Auslese und Verarbeitung der **Pilotherm- und Wasserwächter-**Signale durchgeführt. Das veraltete System in DESY und PETRA soll in Zukunft durch dieses neue System abgelöst werden. Dazu wurde nach den Tests ein komplettes System beschafft und bei DESY II aufgebaut. Dieses soll 2006 in Betrieb genommen werden und als Prototyp für PETRA III und DESY II getestet werden. Die **Neuverkabelung** aller PETRA Hallen wurde in 2005 gestartet, ohne den laufenden Betrieb zu stören. Die weitere Verkabelung von PETRA III wurde vorbereitet (Planung und Materialbeschaffung).

DORIS

Die Arbeit an der X-ray Pinhole-Kamera wurde abgeschlossen und der Monitor in Betrieb genommen. Damit steht, wie auch bei HERA, eine permanente Emittanzmessung zur Verfügung.

Auch bei DORIS wurde zur Untersuchung von Verbesserungen der Lebensdauermessung (basierend auf einer Einzelbunch-Strommessung) ein zweiter AC-Monitor installiert.

DESY II / III

Ein komplettes System für die Auslese und Verarbeitung von Pilotherm-, Druckwächter- und Temperatur-Signalen wurde in Abschnitt 4 eingebaut. Das System basiert auf kommerzieller Hard- und Software von National Instruments.

Die komplette Verkabelung des Personeninterlocksystem in DESY wurde in Zusammenarbeit mit MPS erneuert.

LINAC II / III

Auf Grund von Strahlenschäden musste im LINAC II der induktive Strommonitor (IMA 5) am Konverter erneuert werden.

Mit den Planungen für den Umbau der Diagnostik im LINAC II wurde begonnen sowie neue Komponenten bestellt.

Die Neuinstallation und der Anschluss aller Kabelverbindungen zwischen LINAC II und BKR wurde fertig gestellt und in Betrieb genommen.

VUV-FEL

Am VUV-FEL wurde ein weiterer Monitor zur Überwachung der Bunch-Kompression in der Kollimatorsektion aufgebaut und in Betrieb genommen. Der Monitor besteht aus einem Schirm zur Erzeugung kohärenter Übergangsstrahlung sowie einem fahrbaren Pyrodetektor zum Nachweis von Strahlung im fernen Infrarot.

Es wurden intensive EMI Untersuchungen am VUV-FEL durchgeführt, wobei sich die induktiven Strom-Monitore als sehr sensitive Instrumente herausstellten.

Mit ihrer Hilfe konnten Netzgeräte-Brummen und Erdungsschleifen nachgewiesen werden, die danach zum Teil behoben werden konnten. Auf Grund der EMI Probleme mussten zum Teil Verstärker und Filter der Monitore modifiziert werden.

Im Laufe des Jahres wurde der VUV-FEL mit der seit April 2005 verfügbaren *TTF2-BPM Elektronik* ausgerüstet. Die Stripline-Monitore haben eine Einzelbunch-Auflösung (10 MHz Bandbreite) von deutlich unter 10 µm (rms). Die Signale der Knopfmonitore zeigten ein deutlich höheres Rauschen. Ein intensives Untersuchungs-Programm ergab, dass die Signalpegel der Knopf-Antennen bei den für VUV-FEL üblichen Ladungen von unter 1 nC zu klein waren. Daher wurden die für den FEL Betrieb wichtigen Monitore mit zusätzlichen Verstärkern unmittelbar am Monitor nachgerüstet, was die Auflösung auf ca. 30 µm (Einzelbunch) verbesserte. Ein intensives Verbesserungsprogramm, mit dem Ziel die Einzelbunch-Auflösung auf 10 µm zu verbessern, wurde gestartet.

In Kollaboration mit SLAC und CEA, Saclay sowie von MPY und anderen DESY Gruppen wurden die HOM-BPMs getestet. Dabei regt der Strahl in den Beschleunigungs-Resonatoren sogenannte Higher-Order Modes (HOM) an. Die Anregungsintensität von Dipolmoden hängt linear von der Strahllage ab. Sie können über die HOM-Koppler ausgekoppelt und vermessen werden. Die von SLAC gebaute Auslese-Elektronik wurde an allen 80 HOM-Kopplern des VUV-FEL eingebaut. Die Elektronik filtert die Dipol-Moden aus dem Signal heraus und mischt die Signale zu niedrigeren Frequenzen herunter, so dass das Signal mit 100 MHz ADCs digitalisiert werden konnte. Nach entsprechender Kalibrierung konnten diese Signale zur Strahllage-Messung verwendet werden. Die Elektronik wurde erfolgreich in Betrieb genommen und getestet. Eine genaue Kalibrierung der Monitore ist für 2006 geplant. Eine andere Anwendung dieses Systems ist die Ausrichtung des Strahls auf die Mitte der Resonatoren, so dass geringere Wakefelder entstehen. Erste Messungen von Ausrichtungsfehlern der Resonatoren in TTF-Modulen mit dieser Methode wurden durchgeführt.

XFEL

Für das Projekt XFEL wurden erste Voruntersuchungen von Diagnosekomponenten gestartet, u. a. Inbetriebnahme eines Reentrant BPMs im Beschleunigungsmodul ACC1 am VUV-FEL, Installation eines Messplatzes zum Testen von XFEL BPMs und Beginn eines Programms zur Entwicklung digitaler Elektroniken für XFEL.

Für die Untersuchung der Dunkelstromeigenschaften der supraleitenden Beschleunigungsmodule wurde die Fertigung eines supraleitenden Cryogenic-Current-Comparators (CCC) zusammen mit GSI und der Friedrich-Schiller-Universität Jena weiter vorangebracht. Ein Prototyp wurde komplett fertig gestellt und erste Tests durchgeführt. Im Mai 2005 konnten erste Messungen an dem CCC durchgeführt werden. Das Innere des SQUID-Messkopfes ist in Abbildung 106 gezeigt. Bei den ersten Tests ergab sich eine Nachweisgrenze von 1.3 nA, eingespeist über die Kalibrierwicklung. Dies ist aber durch die sehr störende EMI-Umgebung in der Halle 3 begründet und kann noch deutlich verbessert werden. Weitere Untersuchungen in einem neu beschafften Weithals-Kryostaten sind zurzeit in Jena in Vorbereitung.

Diverses

Das bei DESY weit verbreitete Datenübertragungssystem SEDAC wurde in Hinblick auf die zukünftigen DESY Projekte weiter verbessert und erweitert.

Umfangreiche Wartungsarbeiten von Diagnosekomponenten in sämtlichen Beschleunigern sowie den Transportwegen wurden durchgeführt.

Die Entwicklung und der Service von Spezialmonitoren und die Zusammenarbeit mit internen und auswärtigen Instituten wurden von MDI weitergeführt. Im Zuge der CARE-HHH Netzwerk Aktivitäten lieferte MDI diverse organisatorische und inhaltliche Beiträge zu der ABI-Arbeitsgruppe in Zusammenarbeit mit GSI und CERN (`http://adweb.desy.de/mdi/ABI_new.html`).

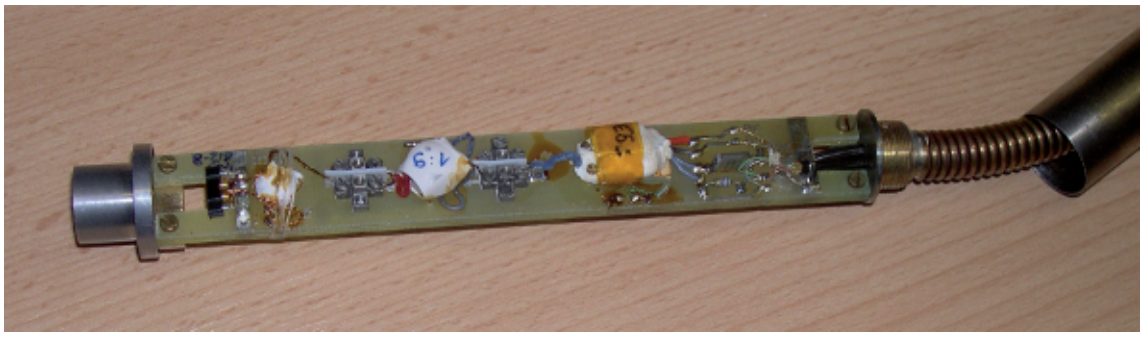

Abbildung 106: *Das Innere einer SQUID-Patrone. Rechts ein Niobrohr zur supraleitenden Abschirmung als Gehäuse für die Patrone.*

Strahlkontrollen –MSK–

Die Gruppe ist zuständig für spezielle Kontroll- und Instrumentierungsaufgaben im Zusammenhang mit der Strahldynamik in allen Beschleunigern. In den Bereichen Timing, Synchronisation, Magnetstromsteuerung und Hochfrequenzregelung wurden folgende Schwerpunkte bearbeitet:

Automatisierung der HERA-e–p Synchronisation

Es wurde eine Automatik zur Überwachung und Korrektur der Timingsysteme von HERA-e und HERA-p zur Entlastung der Operateure und zur Erhöhung der Maschinenverfügbarkeit von HERA installiert und erfolgreich in Betrieb genommen. Mit Hilfe des neu entwickelten Hochpräzisions Timingmesssystems wird das Timing zwischen HERA-e und HERA-p laufend mit einer Auflösung von < 100 ps gemessen und auf der Rampe vor dem Einrasten der Synchronisation automatisch korrigiert. Eine manuelle Korrektur durch die Operateure ist seitdem nicht mehr nötig.

DESY II AM Programm

Für DESY II wurde ein neuer Programmgenerator implementiert, der eine File-gesteuerte Amplitudenmodulation der HF-Sender auf der Rampe von Injektion bis Ejektion ermöglicht. Diese erlaubt es für verschiedene Ejektionsenergien (für PETRA 7 GeV, DORIS 4.4 GeV, PETRA III 6 GeV) in Kombination mit der Frequenzmodulation unterschiedliche Files anzuwählen. Dies schafft zusätzliche Flexibilität und eine erhebliche Energieeinsparung.

Top-Up-Mode Machbarkeitsstudie

Um herauszufinden, ob die Vorraussetzungen für einen Top-Up-Betrieb von PETRA III erfüllt sind, wurden dedizierten Maschinenstudien durchgeführt. Eine Stromstabilität von besser als 1% wurde erreicht. Die minimale Bunchladung beträgt etwa 10^9 e, begrenzt durch LINAC II und PIA. Im Experiment betrug das Nachfüllintervall etwa eine Minute. Um die für PETRA III geforderte Zuverlässigkeit zu garantieren, wird neue Hardware benötigt. Das SEDAC Gate Modul des Zyklusgenerators sowie die Software Algorithmen müssen auf die gewünschte Bunchbesetzung angepasst werden.

DESY II Magnetstromsteuerung

MKK plant die Neubeschaffung von Netzgeräten für die Magnetstromversorgung von DESY II. Dabei soll auch die Schnittstelle zum Kontrollsystem neu definiert werden. Ein neues Konzept für die Steuerung der Netzgeräte wurde von MSK entwickelt. Es basiert auf der

Bereitstellung einer Sollwert-Zeitfunktion für die Netzgeräte. Der Regler für jedes Netzteil wird mit einer permanenten Spannungssteuerung und abschaltbaren proportionalen Stromregelung ausgestattet, die letztendlich zur Verbesserung der Stabilität des Magnetfeldes führen wird.

PETRA III Feedback Systeme

Für PETRA III wurde bei MSK ein schnelles Orbit Feedbacksystem entwickelt, dessen Korrekturspulen als Prototyp gefertigt, aufgebaut und vermessen wurden. Die Spezifikation für die Endversion wurde festgelegt und die digitalen Leistungsverstärker erprobt.

Des Weiteren wurde ein schnelles FPGA-DSP Board zur Signalverarbeitung für das Multi-bunch Feedback System entwickelt. Spezifikation, Design und Layoutentwicklung sind abgeschlossen und der erste Prototyp ist momentan in der Fertigung bei ZE. In der ersten Ausbaustufe verarbeitet ein ADC (130 MHz, 16-bit) im 8 ns Takt die Strahlsignale. Für ein künftiges PETRA III Upgrade ist eine Verarbeitungsgeschwindigkeit im 2 ns Takt vorgesehen. Dies kann mit vier parallel arbeitenden ADCs realisiert werden.

Schnelles Orbit Feedback für TTF

Im VUV-FEL Tunnel wurden vier Hochleistungs-Pulsverstärker installiert und erfolgreich im Test mit neu entwickelter Kontroll-Software mit Data-Logging betrieben.

Longitudinales Multibunch Feedback System für HERA-p

Ein breitbandiges longitudinales Dämpfungssystem für die Protonenmaschine HERA-p wurde im Jahr 2005 zusammen mit MHF-p, MVP, MPY und MHF-e entwickelt und aufgebaut. Es ist im HERA Bericht auf Seite 9 genauer beschrieben.

Strahleneffekte in Mikroelektronik

Umfangreiche Steuer-, Regel- und Diagnoseelektronik wird zur Überwachung und Steuerung des 3.5 km langen, supraleitenden, europäischen Röntgenlasers XFEL eingesetzt, der voraussichtlich im Jahr 2013 in Betrieb genommen wird. Viele dieser elektronischen Systeme werden für den Dauerbetrieb direkt im Linearbeschleunigertunnel installiert. Durch Strahlverluste entstehen hauptsächlich schnelle Neutronen und Gammastrahlung, die durch ihre Einwirkung auf die Elektronik Funktionsstörungen zur Folge haben können und möglicherweise den Beschleunigerbetrieb beeinträchtigen. Deshalb ist es wichtig, (a) das Strahlungsfeld in der Umgebung des Beschleunigers zu charakterisieren, (b) Messinstrumente und Messmethoden für die Strahlendosimetrie zu entwickeln und (d) wirksame Methoden zur Herabsetzung der Strahlungseffekte in der Mikroelektronik zu entwerfen.

In diesem Zusammenhang haben wir neuartige kalibrierfähige Neutronen- und Gammadosimeter für integrierte und Echtzeitmessung entwickelt und ausführliche Messungen am VUV-FEL durchgeführt, der als Pilotanlage für den Europäischen XFEL dient. Wichtige Eigenschaften der zu erwartenden Strahlung wurden gemessen und die Wirksamkeit einer speziellen Beton- und Kompositmaterial-Abschirmung für Mikroelektronik wurde mit Monte Carlo Simulationen ermittelt.

Hochfrequenzregelung VUV-FEL und XFEL

Im Bereich der Hochfrequenzregelung des VUV-FEL und des X-FEL wurden unter anderem folgende Themenbereiche bearbeitet:

- Entwicklung einer neuen digitalen Regelelektronik mit hoher Abtastrate, niedriger Latenzzeit und niedrigem Rauschen.
- Automatisierung des Betriebs der Hochfrequenzregelung.
- Transienten Detektor für Einzelbunchmessungen.

– Mehrkanal Frequenzumsetzer.

– Hochfrequenzregelung der HF-Kanone ohne HF-Feld-Probe.

Die neue Regelelektronik verfügt über 10 ADC Kanäle mit 14-bit Auflösung, die je mit bis zu 105 MHz abgetastet werden können. Ein Virtex II FPGA dient als Signalprozessor, der die Daten einliest, die Vektorsumme und das Fehlersignal berechnet, um dann die Algorithmen für Feedback und Feedforward durchzuführen. Am Ausgang stehen 4 ADCs zur Verfügung, von denen 2 den Vektormodulator, der als schneller Aktuator zur Verfügung steht, anzusteuern. Die neue Regelelektronik wurde schon erfolgreich zum Betrieb der HF-Kanone und des ersten Kryomoduls im Injektor eingesetzt und wird zur Entwicklung zahlreicher, für den Betrieb des X-FEL notwendiger Algorithmen und Applikationen eingesetzt.

Bei der Regelung der HF-Kanone, die über kein HF-Probe Signal verfügt, wurde durch den Einsatz der neuen Regelelektronik eine wesentliche Verbesserung der Feldstabilität erreicht, wodurch es nun möglich ist, über viele Stunden stabilen SASE Betrieb zu garantieren. Die höhere Stabilität wird zum einen durch einen neuen Algorithmus ermöglicht, der bei der Berechnung des Feldvektors aus einfallender und reflektierter Welle eine bessere Kalibration erlaubt, und zum anderen durch eine kleine Latenzzeit und geringes Rauschen der Elektronik eine höhere Feedback Verstärkung erlaubt.

Vakuum –MVA–

Die Vakuumsysteme der Beschleuniger HERA-e, PETRA, DORIS, LINAC II/III, PIA sowie DESY II/III werden von MVA betrieben und weiterentwickelt. Schwerpunkte in 2005 waren für die Gruppe die Gewährleistung eines hohen Standards bzgl. der Vakuumbedingungen in HERA, die Entwicklung des Vakuumsystems für die neue Synchrotronstrahlungsquelle PETRA III sowie diverse Entwicklungsarbeiten für das XFEL Projekt.

HERA

Die Betriebsbedingungen bei HERA-e waren in der Regel sehr gut und die Lebensdauern des Elektronenstrahls lagen im Bereich 12 bis 20 Stunden. Während der mittlere Betriebsdruck des Beschleunigers im niedrigen 10^{-9} mbar Bereich lag, wurden in den Wechselwirkungszonen Drücke unterhalb $5 \cdot 10^{-10}$ mbar auch bei hohen Strömen erreicht. Letzteres führte zu ausgesprochen guten Untergrundbedingungen bei beiden e/p-Experimenten.

Im Laufe des Jahres kam es zu mehreren Lecks im Vakuumsystem, mehrheitlich ausgelöst durch wechselnde thermische Belastungen bei mittlerweile recht hohen Strömen. An einem speziellen Schiebestück, das in den Rotatorstrecken zum Einsatz kommt, wurde in diesem Zusammenhang ein systematisches Problem in der mechanischen Auslegung des Bauteils identifiziert. Während der Betriebsunterbrechung am Ende des Jahres wurden alle Schiebestücke kurzzeitig ausgebaut und mit zusätzlichen Schweißnähten versehen. Zur Erhöhung der Ausfallsicherheit wurden zwei komplexe Edelstahlkammern für den Einsatz in der HERA Wechselwirkungszone sowie zwei Absorber mit verbesserten Aperturen als Ersatzteile nachgefertigt. Weiterhin wurde die HF-Strecke SR mit stärkeren 300 l/s Ionengetterpumpen ausgestattet, um die Ausfallwahrscheinlichkeit der Resonatoren zu verringern.

PETRA III

Die Konstruktionsarbeiten am neuen Vakuumsystem von PETRA III wurden in 2005 fortgesetzt und intensiviert. Ein großer Abschnitt des Vakuumsystems umfasst die 7/8 des Ringes, in denen die alten Magnete weiter verwendet werden. In den Dipolmagneten werden stranggepresste Aluminiumprofile als Vakuumkammern zum Einsatz kommen. Diese etwa 5 m langen Kammern enthalten einen integrierten Pumpkanal, der mit einer NEG Streifenpumpe ausgerüstet wird. In den zwischen den Dipolmagneten angeordneten Quadrupol- und Sextupolmagneten wird ei-

Abbildung 107: *Systemtest für das neue Vakuumsystem in PETRA II. Abgebildet ist die eingebaute Vakuumkammer aus elliptischem Edelstahlprofil in den noch geöffneten Quadrupol- und Sextupolmagneten.*

ne elliptische Stahlkammer, ebenfalls mit integrierter NEG Pumpe und einem Strahlpositionsmonitor ausgerüstet, eingesetzt. Als dritte wesentliche Einheit wird ein Schiebestück mit einem elliptischen Edelstahlbalg und HF-Abschirmung benötigt. Inklusive Ersatzteilen müssen von diesen drei Bauteilen jeweils etwa 250 Stück für das Vakuumsystem von PETRA III gefertigt werden. Im abgelaufenen Jahr 2005 wurde die Konstruktion für die genannten Bauteile abgeschlossen und die wesentlichen Bestandteile wie Aluminiumprofile, Aluminium-Stahl Übergänge, NEG Pumpen und eine große Zahl von Kleinteilen wurden bestellt und teilweise auch schon geliefert.

Während der Betriebsunterbrechung im Dezember wurde eine kleine Strecke des neuen Vakuumsystems in PETRA II eingebaut (Abbildung 107). Diese Strecke besteht aus zwei Dipolkammern, der dazwischenliegenden Quadrupolkammer und zwei Schiebestücken. Im Strahlbetrieb soll untersucht werden, wie stark die thermisch verursachten Bewegungen der Vakuumkammern sich auf die Position des integrierten Strahlpositionsmonitors auswirken. Die Monitore stellen einen wichtigen Bestandteil des Orbitstabilisierungssystems dar und haben damit direkten Einfluss auf die erzielbare Stabilität der Undulatorstrahlen. Weitere wichtige Fragestellungen des Systemtests sind die Bestätigung der numerischen Vorhersage von strahlinduzierter Leistungsdeposition über HF-Felder in den Pumpkanälen, sowie die Abschätzung der erzielbaren Konditionierungsrate des Vakuumdruckes. Die Teststrecke wurde mit einem Massenspektrometer, Temperatursensoren sowie Positionsmessgebern ausgerüstet.

Die Vakuumstrecken in der Experimentesektion, dem *Neuen Achtel*, werden mit Edelstahlkammern und dazwischenliegenden Kupferabsorbern realisiert. Der Aufbau ist wesentlich komplizierter als im Standardbogen. Die Konstruktion dieser Strecken ist weit fortgeschritten und es existiert bereits eine Prototypkammer, die zusammen mit einem neuen Quadrupolmagneten in der Abbildung 108 gezeigt wird.

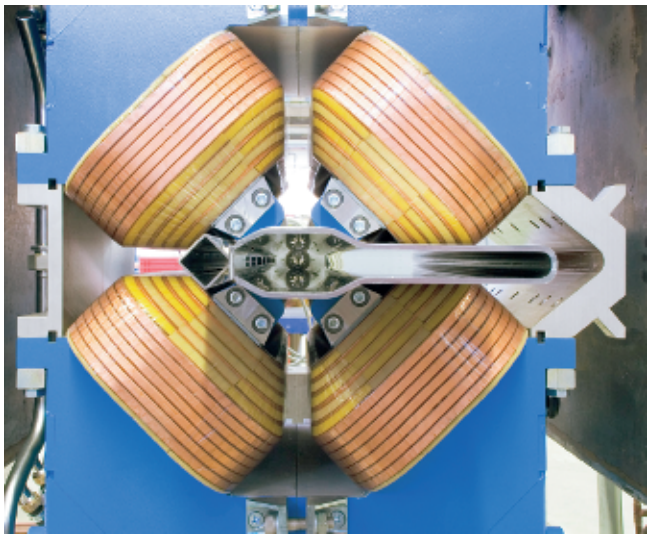

Abbildung 108: *Quadrupolmagnet mit Vakuumkammer für das* Neue Achtel *von PETRA III. Links ist der Pumpkanal für eine NEG-Streifenpumpe zu erkennen. Der Teilchenstrahl wird in der Mitte liegen, im rechten Seitenkanal wird der Undulatorstrahl transportiert.*

XFEL

Die Aktivitäten für das XFEL Projekt beschränken sich momentan auf konzeptionelle Vorarbeiten für technisch anspruchsvolle Teilkomponenten wie die Vakuumkammer in der Undulatorstrecke sowie die Kollimatoreinheiten. Die mechanische Konstruktion der Kollimatoreinheiten wurde begonnen. Als Kollimatormaterial wird eine Titanlegierung favorisiert. Neben einer möglichen schockartigen Erwärmung des Materials durch einen fehlgesteuerten Strahl kann es auch zu einer gleichmäßigen Belastung durch so genannten Dunkelstrom aus den Beschleunigungsstrecken kommen. Zur effizienten Abführung der entstehenden Wärme sind Lötverbindungen zwischen Titan und Kupfer notwendig, die momentan in Versuchen getestet werden. Die Undulatorkammer soll verschiedene anspruchsvolle Eigenschaften aufweisen. Bei einer Gaphöhe des Magneten von nur 10 mm wird eine möglichst geringe Wandstärke angestrebt. Zur Minimierung von resistiven Wakefeldern muss die innere Oberfläche der Kammer aus einem elektrisch gut leitenden Material bestehen, z. B. Kupfer, Aluminium oder Gold. Auf Grund der erwarteten Leistungsdeposition von 2 W/m ist eine Temperaturstabilisierung der Kammer notwendig. Verschiedene Herstellungsmöglichkeiten dieser Kammern aus Aluminium oder beschichtetem Edelstahl wurden untersucht.

In der Elektronenstrahlschweißanlage wurde eine Serie von Niob Einzellern erfolgreich geschweißt. Der beste Resonator erreichte im Test einen Gradienten von 37 MeV/m bei einer Güte von $1.5 \cdot 10^{10}$. Wegen Oxidationsvorgängen darf eine Zeitdauer von etwa 8 h zwischen Beizen und Schweißen eines Resonators nicht überschritten werden. Es wurden Versuche zur Verlängerung dieser Zeit durch Lagerung unter Vakuum durchgeführt.

Weitere Aktivitäten

In DORIS wurden 6 komplexe Auslasskammern im Bereich der Zwickelabsorber umkonstruiert und während der Betriebsunterbrechung umgebaut. Die Kammern hatten in der Vergangenheit in größeren Zeitabständen Wasserlecks gezeigt. Diese aufwendige Maßnahme wird die Betriebssicherheit der Maschine erhöhen.

Für HERA wurden zusätzliche Ersatzkammern und Absorber für den Einsatz in den Wechselwirkungszonen gefertigt.

Ebenfalls im Sinne der Erhöhung der Betriebssicherheit wurden dünnwandige Edelstahl-Ersatzkammern für DESY II gefertigt. Diese speziellen Kammern besitzen eine Wandstärke von nur 0.2 mm und werden durch aufgelötete Rippen stabilisiert.

In der Gruppe MVA werden Leuchtschirme, die für die Strahldiagnose in allen DESY Beschleunigern benötigt werden, hergestellt. Dabei sind ca. 150 eingebaute Leuchtschirme zu betreuen und im abgelaufenen Jahr wurden insgesamt 40 neue bzw. Ersatzschirme hergestellt. Darunter waren Schirme, die für externe Labore in Argonne/USA und BESSY/Berlin im Auftrag gefertigt wurden.

Eine Option für die Auslegung der PETRA III Undulatorkammern ist die Beschichtung (Sputtering) der Innenoberfläche mit NEG Material, ein Verfahren, das

Abbildung 109: *Eine der 14 Zellen der L-Band Beschleunigungsstruktur für den Einbau in PITZ.*

bereits erfolgreich bei anderen Synchrotronstrahlungsquellen eingesetzt wird. Da diese Technik auch in den Dämpfungswigglerkammern, die gegenwärtig in Novosibirsk gefertigt werden, zum Einsatz kommt, hat DESY eine Lizenz des Verfahrens bei CERN erworben. Vorversuche zur Beschichtung von Aluminiumrohren wurden bereits erfolgreich durchgeführt. Die Ausgasung der beschichteten Flächen unter Elektronenbeschuss wurde gemessen und ergab eine Reduktion gegenüber unbehandelten Flächen um 1 bis 2 Größenordnungen.

Unter Regie von MVA Mitarbeitern wurde in der Zentralwerkstatt ein neuer Versuchslötofen angeschafft und aufgebaut. In diesem Ofen können kleinere Bauteile mit einem Maximaldurchmesser von 350 mm und einer Länge bis 600 mm gelötet bzw. wärmebehandelt werden. Der Betrieb erfolgt unter Vakuum oder Schutzgasatmosphäre bis zu einer Temperatur von 1750°C.

Eine weitere Aktivität besteht in der Fertigung von neuen HF-Kanonen und eines Boostercavities, das ebenfalls bei 1.3 GHz betrieben wird, für den Photoinjektor Teststand in Zeuthen. Beides sind Lötkonstruktionen aus hochpräzise gefertigten Kupfertassen (Abbildung 109).

Protonenvakuum –MVP–

Die Vakuumsysteme des Protonenrings von HERA und der TESLA-Test-Facility (TTF / VUV-FEL) einschließlich der Isoliervakuumsysteme für die Heliumtransferleitungen und die supraleitenden Magnete sowie Resonatoren werden von der Gruppe MVP verantwortlich betrieben und weiterentwickelt. Weiterhin ist MVP maßgeblich an der Entwicklung und dem Betrieb des Kontrollsystems für den TTF-Linearbeschleuniger beteiligt.

Im Berichtsjahr 2005 verlief der Betrieb dieser Systeme reibungsfrei. Die Aufgaben der Gruppe konzentrierten sich vor allem auf die Inbetriebnahme der Vakuum- und Kontrollsysteme des TTF-Linearbeschleunigers für den VUV-FEL, Vorbereitungen für den Bau von Vakuumkammern für die neue Synchrotronstrahlungsquelle PETRA III und Entwicklungsarbeiten für die Vakuum- und Kontrollsysteme des XFEL sowie diverse Wartungs- und Reparaturarbeiten.

HERA

Im Berichtszeitraum wurde im HERA Protonenring ein neues longitudinales Dämpfungssystem installiert. Hiermit soll die Aufweitung der Strahlpakete in Längsrichtung kompensiert und somit die Luminosität weiter erhöht werden. Hierzu wurde von MVP eine neue Vakuumkammer mit integrierter Keramik angefertigt. Zusätzlich wurde ein Resonator konstruiert und gebaut, der die Vakuumkammer im Bereich der Keramik umhüllt und über eine verschiebbare Wand im Inneren präzise abgestimmt werden kann.

Vakuumsysteme für TTF

Im Rahmen der Entwicklungsarbeiten der TESLA Technologie ist MVP mit verschiedenen Vakuumanlagen in den Testbetrieb der supraleitenden Kavitäten eingebunden. Die Anlagen und Abläufe werden kontinuierlich optimiert und den neuesten Erkenntnissen angepasst.

Nach der erfolgreichen Inbetriebnahme der Vakuumsysteme für den VUV-FEL im Jahre 2004 wurden im Berichtszeitraum eine Reihe von Erweiterungen und Verbesserungen durchgeführt. Insbesondere die Vakuumkontrollprogramme und Bedienoberflächen wurden weiter optimiert und den Bedürfnissen der Operateure angepasst. Kurz hinter der Elektronenquelle wurde ein weiterer Strahllagemonitor installiert. Im Bereich der temporären Strahlführung strahlabwärts von den Beschleunigermodulen wurde ein Vakuumabschnitt so modifiziert, dass ein oder zwei Prototypen von Strahllagemonitoren für den XFEL einfach installiert und getestet werden können. Der Ausbau der Experimente zur Messung des longitudinalen Phasenraums der Elektronenstrahlpakete wurde weiterhin unterstützt. Insbesondere wurde kurz vor der Undulatorstrecke ein weiteres Experiment eingebaut, das kohärente Übergangsstrahlung (CTR – Coherent Transition Radiation) zur Messung der Länge der Strahlpakete verwendet.

Weiter wurde die Reinigung und Montage der Vakuumkomponenten im Bereich der Photonenstrahlführungen und Experimentierplätze, die verantwortlich von HASYLAB durchgeführt wird, unterstützt.

Vakuumsysteme für XFEL und zukünftige Linearbeschleuniger

Aufbauend auf die Erfahrungen mit dem TTF-Linearbeschleuniger wurde die Weiterentwicklung verschiedener Komponenten für den XFEL vorangetrieben. Die Kostenplanung für das Arbeitspaket *kaltes Vakuum* wurde überarbeitet.

Für den HOM-Absorber, der die höherfrequenten Anteile des Modenspektrums jeweils zwischen zwei Modulen absorbieren soll, wurden intensive Untersuchungen der thermischen Eigenschaften der Absorberkeramik durchgeführt. Nach den konstruktiven Arbeiten für die Vakuumkammer mit integrierter Absorberkeramik wurde die Fertigung eines Prototyps nahezu abgeschlossen. Hierzu wurden auch verschiedene Versuchsreihen zur Kältetauglichkeit der angewandten Fügetechniken für die Keramik durchgeführt.

Für den XFEL wird jedes Modul mit einem Strahllagemonitor und einem Quadrupolmagneten zur Korrektur der Strahllage ausgestattet werden. Der Monitor hat eine Betriebstemperatur von wenigen Kelvin. Gegenüber TTF sind für den Strahllagemonitor deutliche Verbesserungen hinsichtlich der örtlichen Auflösung notwendig. Neben der Einhaltung von engen Fertigungstoleranzen ist hierfür auch eine präzise und reproduzierbare Positionierung in Bezug auf den Quadrupol kritisch. Hierzu werden zwei verschiedene Monitortypen genauer untersucht. Für einen Knopfmonitor mit vier Antennen wurde von MVP eine Prototypvakuumkammer angefertigt und in den neuen Testbereich im VUV-FEL eingebaut. Die Konstruktion und der Bau eines Cavity-Strahllagemonitors durch CEA-Saclay erfolgt in enger Zusammenarbeit mit MVP.

Momentan ist vorgesehen, im kalten Vakuumsystem des XFEL circa alle 150 m Vakuumschieber mit Ganzmetalldichtung einzubauen, die auch im abgekühlten Zustand geschlossen bzw. geöffnet werden können. Da solche Schieber bisher nicht erhältlich sind, wurde in Zusammenarbeit mit der Industrie die Entwicklung eines Prototyps begonnen.

Für den zurzeit im Aufbau befindlichen Modulteststand wurde die Planung der Vakuuminstallationen abgeschlossen sowie alle benötigten Komponenten beschafft bzw. angefertigt. Die Planung einschließlich Kostenabschätzung für die Modultesthalle mit drei Teststänten konnte ebenfalls abgeschlossen werden.

Im Bereich der Partikelerzeugung bzw. Partikeltransport in Vakuumsystemen wurden die Messreihen zum Partikeltransport beim Anpumpen und Fluten von Vakuumsystemen sowie die Untersuchungen der Partikelerzeugung von schmiermittelfrei betriebenen Pumpen weiter untersucht.

Vakuumsystem für PETRA III

Für den Ausbau des PETRA Beschleunigers zu einer Synchrotronstrahlungsquelle hat die Gruppe die komplette Fertigung von über 250 Edelstahlkammern übernommen. Oberhalb der elliptisch geformten Kammern

befinden sich Pumpkanäle für NEG-Streifen. Zusätzlich werden die Kammern seitlich mit Kühlkanälen ausgestattet. Aus Kostengründen sollen alle Kanäle angelötet werden.

Im Berichtszeitraum wurde ein detaillierter Fertigungsablauf entwickelt und hinsichtlich der Bearbeitungsschritte und Kosten optimiert. Hierzu wurde eine Prototypkammer erfolgreich gefertigt. Ebenso wurden entsprechende Vorrichtungen für die Schweiß-, Löt- und Lecksuchvorgänge konstruiert und gebaut. Aufgrund des elliptischen Profils ist der Lötprozess, bei dem alle drei Kanäle in einem Schritt angelötet werden sollen, besonders kritisch.

Kontrollsysteme für TTF, XFEL und zukünftige Linearbeschleuniger

Rechtzeitig zur Inbetriebnahme des VUV-FEL für wissenschaftliche Nutzung wurde die gesamte für den Betrieb notwendige Hardware der Kontrollgruppe installiert. Ebenso wurden die Erweiterungen und Verbesserungen an der Software des Kontrollprogramms DOOCS (Distributed Object Oriented Control System) zur Steuerung des VUV-FEL erfolgreich in Betrieb genommen. Ein großer Arbeitsanteil ging in die Bereitstellung und Anpassung der Software für die verschiedenen Subsysteme. Hierzu gehört auch die Integration der schnellen Interlock-Signale in das *Maschinen Protection System*. Dieses so genannte technische Interlock schützt den Beschleuniger gegen Geräteausfälle und Fehlbedienungen. Es erkennt den Maschinenzustand automatisch und begrenzt unter bestimmten Bedingungen, z. B. bei Strahlverlusten, die Anzahl der Elektronenpakete im Linac.

Neu installiert wurden unter anderem Ethernet gesteuerte Busklemmen auf DIN-Hutschienen zur Steuerung von z. B. Schrittmotoren. Dafür wurde das MODBUS-Protokoll in das Kontrollsystem implementiert. Die Schrittmotore werden zum Beispiel für die Frequenzsteuerung der supraleitenden Resonatoren eingesetzt. Um die Motore, die in den Beschleunigermodulen bei 2 K betrieben werden, bei Fehlfunktionen der Steuerung zu schützen, wurde eine spezielle Schutzschaltung entwickelt.

In dem Berichtszeitraum konnte auch der Prototyp eines auf Web-Technologien basierten Alarm-Systems in Betrieb genommen werden. Die Server der Subsysteme schicken ihre Alarmmeldungen an einen zentralen Webserver, der die Nachrichten dann an die in JAVA geschriebenen Applikationen weiterleitet. Ferner wurde eine ebenfalls in JAVA geschriebene Applikation zur Erstellung und Aktualisierung von Tabellen von Parametern des Kontrollsystems fertig gestellt. Mit dieser Anwendung lassen sich schnell Übersichten von Parametern erstellen und ändern.

Das für den VUV-FEL entwickelte schnelle Datennahme System (DAQ) wurde bei den ersten FEL Benutzerschichten für die Speicherung der Experimentedaten erfolgreich eingesetzt. Dafür wurden zusätzlich ein so genannter schneller Kollektor für Bilddaten von Videokameras der Experimente sowie die notwendigen Treiber zum Senden der Bilder entwickelt. Die Bilder der Experimente werden zusammen mit den anderen Daten, wie z. B. schnelle ADCs, auf einem zentralen Platten- und Bandspeicher archiviert. Für die Auswertung der Daten werden die Bilder mit den FEL-Strahlintensitäten, die für jeden Lichtpuls gespeichert werden, korrigiert. Entsprechende Hilfsprogramme zur Auswertung der Archivdaten wurden den Experimenten zur Verfügung gestellt. Ebenso wurden Programme zur Erzeugung von Plots für die Auswertung der Archive erstellt. Mit diesen Programmen kann ein Benutzer die Daten für beliebig ausgewählte Elektronenpakete von den verschiedenen Diagnostikgeräten grafisch darstellen. Das DAQ-System nimmt ständig Daten und speichert ca. 300 GB pro Tag auf Plattenspeichern. 2005 konnte auch ein Strahllage-Feedback-System, das die Strahllage-Daten des zentralen Datenpuffers des DAQ-Systems benutzt, demonstriert werden. Die Strahllage wird mit einem in MATLAB geschriebenen Programm, das Korrekturmagnete steuert, geregelt.

Für Simulationsrechnungen wurde ein aus 12 Doppelprozessoren bestehendes Rechencluster in Betrieb genommen. Die Rechner bestehen aus schnellen 64-bit AMD-Prozessoren und laufen unter einem Debian

LINUX-Betriebssystem. Weiter wurde ein zusätzlicher Rechner für die stark ansteigende Zahl von elektronischen Logbüchern installiert. Der hierfür eingesetzte Multiprozessor basiert auf der SPARC Architektur und läuft unter dem Solaris Betriebssystem. Neben dem Webserver und JAVA-Applikationsserver ist auch ein LDAP Verzeichnisdienst zur Benutzer-Autorisierung installiert.

Für das zukünftige XFEL-Projekt wurden eine Reihe von Vorüberlegungen und Designstudien, insbesondere für die Kostenabschätzung, gemacht. Dabei wurden neue Wege für Hardware untersucht, aber auch Entwicklungen für ein neues Timing-System gestartet. Im Rahmen des europäischen GANMVL-Projektes wurden Vorschläge für den einfachen und sicheren Zugang auf Kontrollsysteme von externen Instituten entwickelt. In diesem Zusammenhang wurden erste Prototypen getestet.

Kryogenik und Supraleitung –MKS–

Kryogenik

Betrieb der HERA-Kälteanlagen

Die HERA-Kälteanlagen versorgten den HERA-Speicherring im Berichtszeitraum mit einer mittleren Verfügbarkeit von 97.3%. Die etwas geringere Verfügbarkeit im Vergleich zu den Vorjahren wurde hauptsächlich durch einen größeren Ausfall im Februar verursacht, der durch einen Kurzschluss am Frequenzumformer einer Kompressorstrasse eingeleitet wurde. Die verzögerte Wiederinbetriebnahme der Protonringkühlung verursachte einen Temperaturanstieg der Magnete auf über 80 K, mit der Folge, dass das Isoliervakuum in einigen Oktanten zusammenbrach. Ursache hierfür wiederum war die Desorption der Luftbestandteile, die von den über Jahre als Kryopumpe wirkenden kalten Magnetoberflächen abdampften. Mit dem Hochdriften der Magnettemperaturen in der diesjährigen Wartungsperiode bot sich erstmalig seit Jahren die Möglichkeit, die Isoliervakuumbereiche intensiv zu pumpen und zu reinigen. Zwei weitere Ausfälle wurden im April und Oktober an je einem Tag durch SEDAC-Rechnerprobleme verursacht. Sämtliche Netzteile der entsprechenden SEDAC Komponenten wurden überprüft und fehlerhafte Teile ersetzt.

Zwei der drei HERA Coldboxen waren im Berichtszeitraum 2005 weitgehend durchgängig in Betrieb. Sie versorgten die supraleitenden Protonenringmagnete, die Referenzmagnete, die vier supraleitenden Luminositäts-Upgrade-Magnete GO und GG an den Wechselwirkungszonen bei H1 und ZEUS sowie die supraleitenden Resonatoren des e-Ringes und die supraleitenden Magnete der Experimente H1, ZEUS und HERMES mit Helium bei 4.0 K bzw. 4.4 K und 40 K. Die dritte Coldbox wurde benutzt, um den VUV-FEL Linac mit kaltem Helium zu versorgen.

In der HERA-Wartungsperiode ab Mitte November wurde die Kälteanlage erstmalig seit einigen Jahren für eine Woche komplett abgeschaltet. Die supraleitenden HERA Resonatoren und die Luminositäts-Upgrade-Magnete GO und GG wurden aufgewärmt, während die Ringkühlung der Protonenmagnete für 21 Tage gestoppt war. In dieser Zeit liefen die Temperaturen der Magnete im Schildkreis auf 250 K, im 4 K-Kreis auf 110 K hoch, von wo aus sie bis zum 20. Dezember innerhalb von gut einer Woche wieder auf Betriebstemperaturen heruntergekühlt worden sind. In der Unterbrechungsphase wurden die nötigen Umbauarbeiten im Zusammenhang mit der Umrüstung und Installation von neuen Frequenzumrichter-Ansteuerungen für fünf Helium-Kompressoren der JT-Kreise vorgenommen. Dadurch konnte die Förderleistung von zwei Kompressorstrassen (einschließlich der Redundanzmaschinen) und damit die Kühlkapazität von zwei weiteren der drei Coldboxen um 20% erhöht werden, so dass trotz der Nutzung der dritten Coldbox für den VUV-FEL Linac und der auf 4.0 K herabgesetzten Betriebstemperatur der supraleitenden HERA Magnete jetzt die volle Redundanz der HERA Kälteversorgung wieder hergestellt worden ist. Außerdem wurde zur gleichen Zeit ein neuer Upgrade des D/3 Kryokontrollsystems vorgenommen und die Software für das Operator-Interface aktualisiert.

Umfangreiche Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten an den Transformator-Stationen der 6 KV und der 660 V Kompressor-Versorgungen sowie an den zugehörigen Stromversorgungsschränken, Wartungsarbeiten an den Ölpumpen und an der Elektronik wurden durchgeführt. Außerdem wurde in dieser Zeit eine der Coldboxen zur Reparatur eines leck gewordenen Flüssig-Stickstoff/Heliumwärmetauschers geöffnet. Bei dieser Gelegenheit konnten an der geöffneten Box die Verrohrungsmöglichkeiten und Verhältnisse zum möglichen Umbau zweier HERA Coldboxen für eine spätere Verwendung als Kryoversorgung des XFEL-Linacs vor Ort begutachtet werden.

Umbau und Wartungsarbeiten an kryogenischen Komponenten der HERA-Experimente und der HERA-Resonatoren wurden unterstützt:

Während der Wartungsperiode wurde der Luminositäts-Upgrade-Magnet GG bei H1 vom Strahlrohr abgeflanscht und temporär um ca. 50 cm angehoben, um die reparierten Siliziumdetektoren von H1 wieder einbauen zu können. Dabei mussten keine kryogenischen Verbindungen gelöst oder geöffnet werden. Die bereits bei der Planung konzipierte flexible kryogenische Verbindung zu den Magneten zusammen mit den beweglichen Magnetunterstützungen hat sich erneut bestens bewährt. Im Rahmen der vorsorglichen Wartung wurden die Heliumzirkulationspumpen routinemäßig gegen Pumpen mit neuen Lagern ausgetauscht.

Am HERMES-Detektor wurde ein supraleitender Magnet eingebaut. Die Kryoversorgung über das vom HERA-Kryo-System versorgten HERMES-Helium-Dewar wurde entsprechend geändert.

Im Bereich HERA-West wurde einer der 8 Cavity-Kryostaten zur Reparatur ausgebaut, repariert und an der Cavity-Testanlage, CTA, in der PETRA Halle NO kalt getestet und in HERA wieder eingebaut.

Der ehemalige supraleitende ZEUS-Kompensatormagnet, der sich durch hohe Feldstärke und große Apertur auszeichnet, wurde in der HERA Kältehalle als Teststand betrieben.

Für HASYLAB und die Labors wurden in 2005 in der HERA-Kryoanlage insgesamt ca. 3000 kg Helium verflüssigt und in Kannen bereitgestellt.

Es wurden erste Überlegungen zur Situation und Konservierung des HERA Kryosystems nach Einstellung des HERA-Betriebes Mitte 2007 angestellt. Weiterhin wurde mit der Planung zur Organisation des Betriebes der kryogenischen Anlagen nach der HERA-Abschaltung begonnen.

Betrieb der HERA-Referenzmagnete

Die Magnetfeldmesssysteme in den Referenzmagneten konnten ohne nennenswerte Störungen über den gesamten Berichtszeitraum betrieben werden.

Kryoversorgung VUV-FEL Linac und TESLA Test Facility (TTF)

Der VUV-FEL Linac wurde über das gesamte Berichtsjahr ohne Unterbrechung kryogenisch versorgt und ist somit seit März 2004 durchgängig kalt. Die Versorgung erfolgte routinemäßig an 325 Tagen von der HERA-Kälteanlage aus und wurde vom HERA-Kryokontrollraum aus betrieben und kontrolliert. Während der Wartungsarbeiten an der HERA-Kälteanlage wurde der Betrieb von der 900 W TTF-Heliumkälteanlage übernommen.

Während der gesamten Betriebszeit wurden die Resonatoren bei 31 mbar auf der Temperatur von 2 K gehalten. Dieser Betrieb soll bis zu der VUV-FEL Linac Wartungsperiode im Herbst 2006 fortgesetzt werden. Die vollständig redundante Auslegung des Heliumpumpensystems ermöglichte die Aufrechterhaltung des Unterdrucks im 2 K Bereich, obwohl erhebliche Wartungs- und Reparaturarbeiten an den Pumpsätzen durchgeführt werden mussten. Dabei wurden u.a. zwei Rootsgebläse repariert bzw. ausgetauscht.

In den vertikalen Kryostaten des TTF-Testfeldes wurden insgesamt 78 Messungen an Resonatoren durch-

geführt. Des Weiteren wurden in den vertikalen Kryostaten Messungen und Tests an supraleitenden Magnetspulen, keramischen Strom-Durchführungen und Titan- Edelstahlverbindungen vorgenommen. Im Horizontalen Teststand (CHECHIA) erfolgten insgesamt 16 Tests. Vorrangig wurden dabei Qualifizierungstests an Resonatoren zum Einbau in die Kryomodule und Langzeitlauftests an einem neuen Typ von Antrieben der Frequenzabstimmsysteme der Resonatoren durchgeführt. Für die in 2006 geplante Inbetriebnahme des Modulteststand (CMTB) wurde eine lösbare Verbindung für die 300 mm Helium-Leitung bei 2 K getestet und qualifiziert.

Im Oktober wurde die 900 W-TTF-Kälteanlage für 3 Wochen außer Betrieb genommen. Die Coldbox wurde komplett geöffnet, um den Adsorber, die Kaltventile und die Turbinen zu überholen. Es mussten auch diverse Rohrleitungen in der Coldbox getrennt werden, um diese reinigen zu können. Nach dem Wiederanfahren der Kälteanlage wurde nicht nur das TTF-Testfeld wieder kryogenisch versorgt, sondern, bedingt durch die Wartungsperiode bei HERA, auch das gesamte VUV-FEL Linac-Kryosystem. Während der Versorgung des VUV-FEL Linacs durch die TTF-Kälteanlage konnte die FEL-Vorkühlerbox im Halle3-Anbau warmgefahren und der SMES-Kryostat vom Forschungszentrum Karlsruhe kryogenisch an die FEL-Vorkühlerbox angeschlossen werden.

Betrieb der Cavity Testanlage (CTA)

In Gebäude 47 (PETRA-Halle NO) wurde die Cavity-Test-Anlage (CTA) für Tests von ein- und mehrzelligen supraleitenden Kavitäten an 30 Testtagen betrieben, dabei erfolgten Kalttests an 29, meist 1-zelligen, Resonatoren. Der wechselnde Betrieb der 300 Watt-CTA-Kälteanlage wurde von der HERA-Kryomannschaft durchgeführt.

Die Cavity Testanlage wurde für den Test eines HERA-Cavitykryostaten umgebaut. Der Kryostat wurde über 2.5 Wochen kalt betrieben und die Resonatoren und Hochfrequenzeinkoppler wurden erfolgreich getestet.

Kryomodulteststand

Im Berichtsjahr wurde der Aufbau des Modulteststandes, zum Test von XFEL-Kryomodul Prototypen fortgeführt. Im September wurde die Testhalle errichtet und mit den Installationsarbeiten für die Infrastruktur begonnen. U.a. wurden die Strahlenschutzsteine aus Schwerbeton aufgebaut

Die Komponenten für die kryogenische Versorgung beinhalteten die Helium-Transferleitung, eine Ventilbox (*Feedbox*), die Anschlussboxen (*Feed- und Endcap*), die *warme Verrohrung* und das Untergestell für die Aufstellung der Kryomodule.

Die Transferleitung wurde durch die Fa. Cryotherm ausgelegt, gefertigt und im November an DESY geliefert. Die Montagearbeiten begannen direkt im Anschluss. Die Leitung ist zurzeit weitgehend installiert und getestet. Es bleibt noch, die letzte Verbindung zur XFEL-Vorkühlerbox zu realisieren.

Auch die Feedbox mit dem Feed- und Endcap wurden durch Fa. Cryotherm ausgelegt, gefertigt, getestet und im Dezember an DESY geliefert. Die Feedbox ist bereits installiert. Die Installation des Feed- und Endcaps sowie der Verbindung zwischen der Feedbox und dem Feedcap wird im Januar 2006 erfolgen.

Das Modul-Untergestell wurde im September geliefert, im Dezember aufgebaut und eingemessen. Die Arbeiten für die warme Verrohrung wurden spezifiziert, öffentlich ausgeschrieben an die Fa. Böhling vergeben. Die Saugleitung und die Stickstoffgasleitung werden zurzeit auf der Rohrleitungsbrücke montiert und sollen in KW2/2006 fertig gestellt werden. Die Montage der Verrohrung innerhalb des Gebäudes soll Ende Januar 2006 beginnen, nachdem alle bestellten Komponenten wie Sicherheitsventile, Bälge und Regelventile bei DESY vorhanden sind. Die Montage wird voraussichtlich bis Ende Februar dauern.

Die Komponenten der kryogenischen Versorgung werden Mitte März 2006 für erste Inbetriebnahmen zu Verfügung stehen. Erste Vorbereitungen für die kryogenische Versorgung des Teststandes seitens der HERA-

Kälteanlage wurden getroffen. Der Aufbau des Moduleteststandes wird gefördert durch European FEL Design Study, Contract No.: 011935.

Kryokontrollen

Die im November begonnene Wartungsperiode des HERA Beschleunigers wurde dazu genutzt, das Kontrollsystem auf ein aktuelles Release umzustellen. Da die Dauer der Betriebsunterbrechung an den Kompressorenanlagen auf ein Minimum verkürzt werden musste, wurden alle geplanten Arbeiten zunächst vorweg in einem Testsystem durchgeführt. So konnten alle anstehenden Probleme im Vorwege geklärt werden.

Die Umstellung auf das neue Release umfasste neue Betriebssystemversionen sowohl für das zentrale Windows-2003 Cluster als auch für neue Displayrechner mit leistungsstärkeren Prozessoren und Graphikkarten. Die komplette Kontroll-Software wurde ersetzt. Die endgültige Umstellung erfolgte schließlich innerhalb einer Unterbrechung des Anlagenbetriebes von nur vier Tagen.

Eine Software, die die Auslese und Kontrolle des Zustands der VME Chassis nicht nur lokal, sondern auch von fern gestattet, wurde erstellt. Hierdurch kann die Reaktionszeit auf mögliche Problemfälle weiter verkürzt werden.

Die bereits vorhandenen Datenbanken zur Konfiguration des Kontrollsystems wurden weiterentwickelt.

Neben der Integration der Feldbusse CAN, SEDAC, Profibus-FMS, Modbus, Modbus-IP, Siemens-H1 und Siemens-IP wurde auch daran gearbeitet, Profibus-DP in das kommerzielle D/3 System als auch in das EPICS Kontrollsystem zu integrieren. Die Konfiguration der EPICS Kontrollrechner erfolgt in diesem Fall mit Hilfe der Datenbank-gestützten Device-Database.

In diesem Zusammenhang wurden auch neue Techniken zur Auslese und Kontrolle von Device-spezifischen Informationen mit Hilfe des Field Device Type (FDT) untersucht.

Supraleitung

Präparation von Resonatoren

In den letzten Jahren konnte gezeigt werden, dass durch Anwendung des Elektro-Politurverfahrens (EP) sehr hohe Beschleunigungsfeldstärken bis zu ca. 40 MV/m in 9-zelligen 1.3 GHz TESLA Resonatoren erzielt werden. Die Hauptanstrengungen im Berichtsjahr zielten darauf ab, eine EP-Standardprozedur für die zukünftige Serienproduktion von Resonatoren für das Europäische XFEL-Projekt zu etablieren. Durch die EP-Behandlung wird möglicherweise eine aufwendige Glühung der Resonatoren bei 1350°C vermieden. Zur weiteren Verbesserung der Prozedur wurden die EP-Anlagenparameter optimiert. Weiterhin wurden die Maßnahmen zur Qualitätssicherung bei der EP und der Reinraumbehandlung der Resonatoren erweitert und verbessert.

An insgesamt 31 9-zelligen Resonatoren wurden Elektropolituren durchgeführt. Neben sehr guten Einzelresultaten musste eine sehr große Streuung der Ergebnisse verzeichnet werden. Bei drei Resonatoren wurde eine Güteminderung durch Wasserstoffausscheidung (*Q-disease*) beobachtet. Im EP-Anlagenbetrieb zeigte sich weiterhin ein erheblicher Materialverschleiß.

Optimierung der EP-Anlagenparameter

Zur Optimierung der Elektropolitur und Analyse der Messergebnisse sind reproduzierbare Anlagenparameter erforderlich. Die Parametereinstellungen der Elektropolituranlage wurden soweit optimiert, dass der Strom auch bei längeren Behandlungen von etwa vier Stunden über den gesamten Behandlungszeitraum konstant gehalten werden kann. Im Berichtszeitraum wurden insgesamt 49 Elektropolituren an 31 Resonatoren von ein bis zu fünf Stunden Länge durchgeführt. Mit der Elektropolituranlage wurden insgesamt mehr als 100 Betriebstunden mit vollem Strom von 300 Ampere gefahren.

Nach Abschluss der Vorbereitungsmaßnahmen wurde in 2005 eine durchgehende Qualitätskontrolle der Politursäuren mit Polarimetrie durchgeführt. Von jedem der

insgesamt 12 Elektropolitur Säurefässer wurden Proben entnommen und analysiert. Es konnte nachgewiesen werden, dass der Verlust an Flusssäure maßgeblich für die so genannte Alterung der Säure verantwortlich ist. Mit der Polarimetrie konnte zudem im Rahmen der durch die EU geförderten Untersuchungen zur Entwicklung von Hochgradienten-Resonatoren, gezeigt werden, das eine Auffrischung der Säure durch Zugabe von frischer Flusssäure während des Prozesses möglich ist und somit die Gebrauchsdauer erhöht werden kann.

Im Berichtszeitraum sind an der EP Anlage Verschleißerscheinungen auf Grund von chemischen Reaktionen an Anlagenkomponenten festgestellt worden. Materialien wie PVDF sind nur beding einsatzfähig und müssen in regelmäßigen Abstände ersetzt werden.

Wartung des Reinraumes

Zu Beginn des Jahres wurde der Reinraum für Wartungsarbeiten zeitweilig stillgelegt, da die Filteranlagen deutliche Alterungserscheinungen aufwiesen. Nach der Generalüberholung wurde speziell in dem hochempfindlichen Bereiche der Klasse 10 wieder die Qualität von weniger als 10 Partikeln der Größe 0.3 µm erreicht, die als Standard für Resonatorbehandlungen gilt (Abbildung 110).

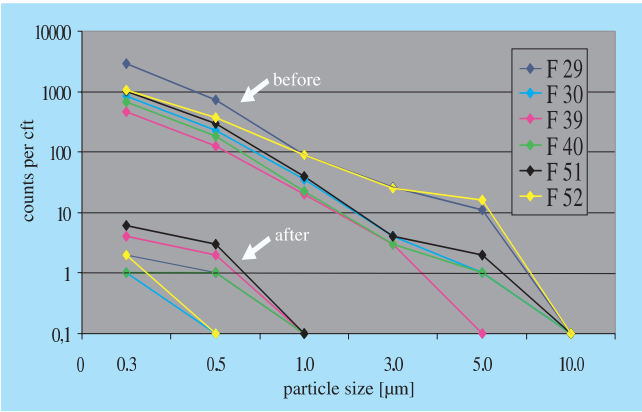

Abbildung 110: *Vergleichende Messungen der Partikelzahlen und Größe im Montagebereich der Klasse 10 vor (before) und nach (after) der Generalüberholung aller Reinraumfilter.*

Maßnahmen zur Qualitätskontrolle

Die Qualitätskontrolle der Infrastruktur zur Resonatorbehandlung wurde um ein TOC (total oxidable carbon) Messgerät und einen Reinraumnebler erweitert. Der TOC Wert gibt Auskunft über die Keimbildung im Reinstwasser und über das Einbringen von Fremdmaterial auf Kohlenstoff Basis wie z. B. Alkohole.

Durch die online Messung des TOC Gehalts konnten Qualitätsunterschiede bei verschiedenen Zulieferern von Ionen-Mischbett-Granulaten nachgewiesen werden (Abbildung 111).

Grundvoraussetzung in der Reinraumtechnik sind laminare Strömungsverhältnisse. Innerhalb von turbulenten Strömungen können Partikel gespeichert und angerei-

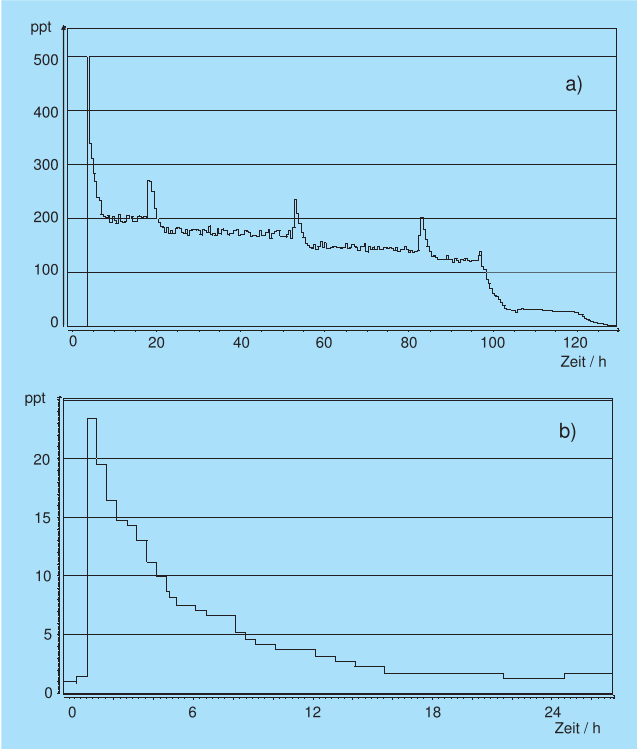

Abbildung 111: *a) Zeitlicher Verlauf der TOC Werte beim Einsatz eines minderwertigen Ionen-Mischbett-Granulates (Regenerationsdauer 6 Tage).*
b) TOC Wert Entwicklung nach Wechsels eines hochwertigen der Ionentauscher Granulates (Regenerationsdauer 24 Stunden).

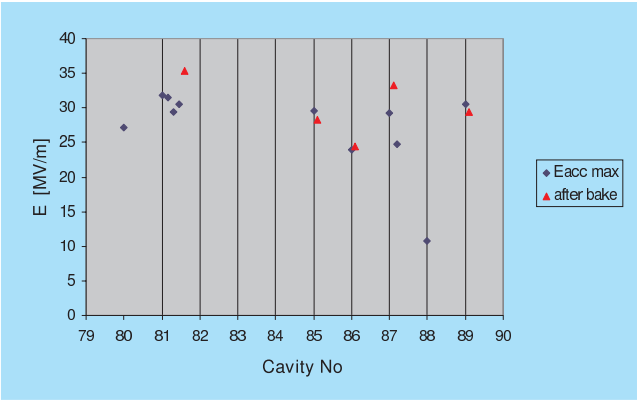

Abbildung 112: *Resonatoren, die in allen Behandlungsschritten ausschließlich mit EP behandelt wurden.* Eacc*: maximaler Feldgradient (vor dem* Backen*),* after bake*: maximaler Feldgradient nach einer Ausheizbehandlung bei 120° C.*

chert werden. Nach dem Zusammenbruch der Turbulenzen werden diese dann unkontrolliert freigesetzt. Bei der Montage von Resonatoren konnten mittels des Reinstwasser-Neblers turbulente Strömungen bei der Montage in der Klasse 10 nachgewiesen werden, die zum Eintrag von Partikeln in die Resonatoren führen. Durch Änderungen am Design bzw. der Arbeitsabläufe und deren Kontrolle mittels Reinraumneblern sollen diese Turbulenzen vermieden werden.

Behandlungen von Resonatoren

Zur Vorbereitung für vertikale Hochfrequenztest wurden in 2005 einunddreißig Resonatoren mit Elektropolitur behandelt. Der durchschnittliche Abtrag an Niob liegt bei diesen EP-Endbehandlungen bei 40 µm. Insgesamt wurden 295 Hochdruckspülen mit 100 bar Druck durchgeführt, um Resonatoren für Tests oder das Einschweißen in den Heliumtank vorzubereiten.

Sieben Resonatoren der neuesten Produktion (Ac 80-81; Z85ff) sind ausschließlich mit EP für den Hochfrequenz Test vorbereitet worden. Der Abtrag der nach der Herstellung verunreinigten Oberflächenschicht (*Damage-layer*) erfolgte mit Elektropolitur. Es wurden dabei 180–200 µm Niob in 2-3 EP Behandlungsschritten abgetragen. Die Vorbereitung zum vertikalen Test wurde ebenfalls durch elektrochemischen Abtrag von 40 µm Stärke (Abbildung 112) durchgeführt.

An 7 Resonatoren, die aus dem ehemaligen Modul 2 demontiert wurden, sind die Niob Lippendichtungen auf der aktuellen Niobtitanflasche umgebaut worden. Vier dieser Resonatoren erreichen nach einer mit BCP durchgeführten Endbehandlung von 20 µm Abtrag Gradienten von mehr als 25 MV/m.

Datenbank für TTF

Die wichtigsten Daten von 110 supraleitenden 9-zelligen Resonatoren, 50 Einzellern und einigen 2-, 3-, 4-, 5- und 7-Zellern sowie von 60 HF-Leistungseinkopplern werden in einer relationalen Datenbank gespeichert. Im Wesentlichen stammen diese Daten von der visuellen, mechanischen und elektrischen Kontrolle der Resonatoren, von ihrer chemischen Behandlung (BCP und EP) und den Ergebnissen ihrer HF-Messungen bei 2 K. Weitere Daten liefern das Testen und Konditionieren der HF-Koppler mit und ohne Resonator.

Für die Produktion von 30 weiteren 9-Zellern werden die mechanischen Daten und die Ergebnisse der Frequenzmessungen von der Firmen-Fertigung der Einzelteile der Resonatoren via EDMS an die Datenbank geliefert, um eine statistische Analyse der Ergebnisse zur Qualitätskontrolle zu ermöglichen. Damit sind schließlich die wichtigsten Informationen über einen Resonator von der Fertigung bis zum Einbau in ein Kryo-Modul in der Datenbank gespeichert.

Die Datenbank ist dynamisch für alle Benutzer über ein umfangreiches graphisches WEB-Interface (`http://tesla.desy.de/content/technical/cavityinformation/index_eng.html`) zugänglich, das auf ORACLE-Produkten basiert und den Benutzern einen schnellen, unkomplizierten Zugriff auf die gespeicherten Daten ermöglicht.

Prozesskontrollen für die Präparation von Resonatoren

Um den Durchsatz in der Resonator-Präparation zu erhöhen, befindet sich eine zweite Hochdruckspüle im

Aufbau. Die Prozesskontrolle wird mit einer Simatic-SPS realisiert. Hierzu gehören die Ansteuerung einer leistungsstarken Turbinenpumpe, die Erfassung von 30 Sensoren, die Motorsteuerung für zwei sychronisierte Maschinenachsen und der gesamte Prozessablauf.

Die Motorsteuerung ist mit einem modernen Profibus-Antrieb ausgestattet. Im Laborbetrieb wurden umfangreiche Bewegungsprogramme, so genannte NC-Programme, erstellt und getestet. Hierfür wurde eine Simulationsumgebung für die Spülprogramme geschaffen. Die Datenaufnahme, das Alarmsystem und die Visualisierung auf einem Windows-PC wurde vorbereitet. Die neue Hochdruckspüle soll 2006 ihren Betrieb aufnehmen.

Vorbereitungen für das XFEL-Projekt

Abgesehen von den unmittelbaren Arbeiten für den Betrieb von HERA dienen die oben geschilderten Aktivitäten der Gruppe MKS den Vorbereitungen für das Europäische Röntgenlaserprojekt (XFEL-Projekt). Dazu gehört der gesamte Bereich der Behandlung der supraleitenden Resonatoren, der zugehörigen Datenerfassung, der Aufbau des Modulteststandes, die Weiterentwicklung der Kontrollen und letztlich auch der Ausbau und Betrieb des VUV-FEL Linacs. Darüberhinaus beinhalten die Vorbereitungen die Prototypentwicklung der XFEL-Kryomodule, die kryogenische Versorgung des supraleitenden Linacs mit einer Heliumkälteanlage und dem zugehörigen Heliumverteilersystem und die Planung einer Testhalle für die Qualifizierung der Resonatoren und Kryomodule aus der Serienproduktion für das XFEL-Projekt.

Die aufgeführten Vorbereitungsarbeiten führten einschließlich der zugehörigen Kostenabschätzungen zu den entsprechenden Beiträgen im XFEL Technical Design Report.

XFEL-Kryomodule

Ausgehend vom TTF-Kryomoduldesign der dritten Generation (Typ III) wurde das Design für einen XFEL-Prototyp weiterentwickelt (Abbildung 113).

Die Bestellung zweier weiterer Kryomodule-Kryostate wurde ausgelöst, die Lieferung ist für den Herbst 2006 geplant. In diesen Modulen werden schon diverse Komponenten für den XFEL berücksichtigt, die äußeren Abmaße entsprechen aber weiterhin denen der dritten Generation. Somit können diese Module auch im VUV-FEL Linac eingebaut werden und stehen als Reservemodule und für Tests mit Strahl zur Verfügung. Die deutlichsten Unterschiede zur dritten Generation werden sein: Abstand der Resonatoren zueinander, neuer supraleitender Super-Ferric-Magnet (siehe unten), der nicht mehr im 1-phasigen Heliumstrom bei 4.5 K/1.5 bar, sondern im Helium II Bad bei 2 K/31 mbar gekühlt wird, ein neuer Strahllage Monitor-Typ und ein neuer Absorber für die höheren Schwingungsmoden in den Resonatoren (HOM-Absorber).

Im Rahmen der europäischen EUROFEL Förderung (European FEL Design Study, Contract No.: 011935) wurden mit dem Arbeitspaket 6 zwei Industriestudien spezifiziert, öffentlich ausgeschrieben und in Auftrag gegeben. Innerhalb dieser Studien werden die Firmen NOELL (BNN) und ACCEL die Montage der nächsten zwei Kryomodule bei DESY begleiten und Empfehlungen für die Umsetzung in eine Serienproduktion geben.

Es wurde mit dem Bau von so genannten Kryomodul-Schweißdummys begonnen, an diesen Dummys wird die Montage der orbitalen Schweißanlage mit Parameter-Bestimmung getestet, die bei der späteren Montage im XFEL-Tunnel umgesetzt werden sollen. An den Dummys können aber nicht nur die Schweißanlagen, sondern auch die weiteren Montagen (Strahlrohr, thermische Schilde usw.) getestet werden.

Magnetentwicklung

Im Rahmen der Entwicklungen für TESLA wurde bei CIEMAT (Madrid) ein Magnetpaket gebaut. Es besteht aus einem supraleitenden Quadrupol (60 T/m bei 100 A) und zwei Korrektur-Dipolen (0.074 T bei 40 A). Das Magnetpaket wurde detailliert bei DESY getestet. Nach einem ersten Quench-Training erreichte der Mag-

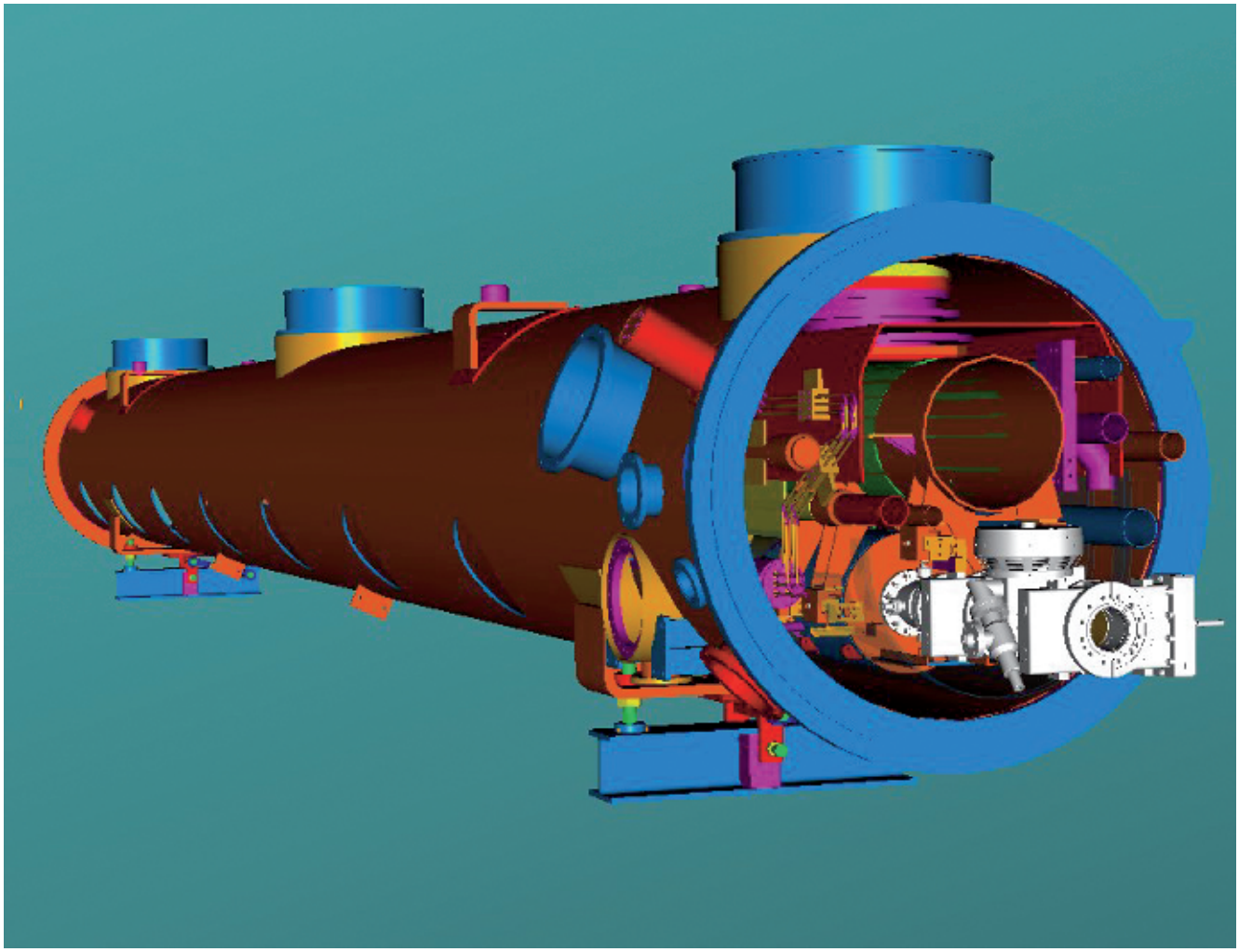

Abbildung 113: *Darstellung eines XFEL-Prototyp Kryomoduls.*

net 102 A (Nominalstrom 100 A). Nach internen Modifikationen konnte der Quench-Strom deutlich erhöht werden. Der Quench-Test wurde nach Erreichen von 135 A erfolgreich abgebrochen. Die Homogenität des Magnetfeldes entspricht den Vorgaben.

Für das XFEL Projekt wird ein etwas schwächerer Magnet benötigt, die Länge ist auf 30 cm beschränkt. Das Design dieses Magnetpaketes ist abgeschlossen (Abbildung 114). Drei Prototypen werden in 2006 bei CIEMAT (Madrid) gebaut. Das Paket besteht aus einem *super-ferric* Quadrupol (35 T/m bei 50 A) und zwei auf dem Strahlrohr aufgebrachten einlagigen $\cos\theta$ Dipol-Korrekturspulen (0.04 T bei 50 A). Der Magnet wird bei 2 K betrieben.

XFEL-Kryogenik

Die Planungen für eine XFEL-Heliumkälteanlage und das zugehörige Heliumverteilersystem wurden fortgesetzt und weiter detailliert. Im Rahmen einer Industriestudie, die an die Firma Linde Kryotechnik AG vergeben wurde, sollen die Möglichkeiten zur Weiterverwendung der HERA-Kälteanlage für das XFEL-Projekt untersucht werden.

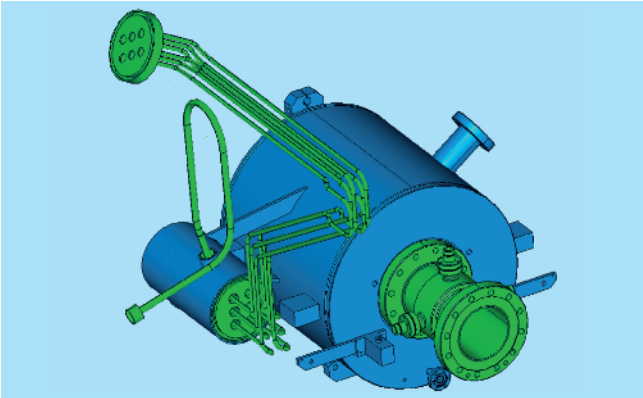

Abbildung 114: *XFEL Magnetpaket mit Stromzuführung und Strahlpositionsmonitor.*

Die Planungen für eine XFEL-Kryomodul-Serientesthalle wurden ebenfalls fortgesetzt und verfeinert.

International Linear Collider (ILC)

Obwohl sich die Gruppe MKS aufgrund der bereits bestehenden Auslastung nicht direkt an den Planungsarbeiten für den ILC beteiligen kann, kommt es durch fortlaufende Anfragen zu einer zusätzlichen indirekten Beteiligung am ILC und damit zu einer zusätzlichen Arbeitsbelastung. Betroffen hiervon hauptsächlich die Bereiche Resonatorbehandlung und Kryomodul-Design.

Kollaboration mit IHEP Peking

Die Gruppe MKS ist in den Bereichen Kryogenik, Kontrollen und Magnetmesstechnik an einer Kollaboration mit dem IHEP Peking beteiligt. Für den Aufbau und die Inbetriebnahme der kryogenischen Versorgung und der zugehörigen Kontrollen für das BEPCII-Projekt wird das IHEP vor Ort intensiv unterstützt und beraten.

Im Rahmen der Kollaboration wurden zwei Magnetfeldmesssysteme nach China geschickt. Zur Unterstützung der Vermessung der Beschleunigermagnete für das BEPCII-Projekt wurde ein so genanntes *Stretched Wire* System vor Ort aufgebaut und in Betrieb genommen. Mit diesem System können präzise Messungen der Magnetfeldachse von Quadrupolen und integrierten Magnetfeldstärken gemessen werden. Ein zweites System, basierend auf einem vorhandenen Transportsystem, wurde um einem 3D Präzisions-Hall-Sensor erweitert. Es ermöglicht Magnetfeldmessungen im Bereich der Wechselwirkunszone bei BEPCII. Der 3D-Hall-Sensor wurde bei DESY kalibriert. Auch dieses Messsystem wurde nach China verschickt und wird Anfang 2006 in Betrieb genommen.

Energieversorgung –MKK–

Die Gruppe MKK betreibt die Energieversorgung bei DESY. Der Aufgabenbereich beginnt bei den drei 110 kV-Einspeisungen und den 10 kV-Schaltstationen für die Energieverteilung. Die Energieverteilung umfasst die Versorgung der gesamten Beschleunigeranlagen sowie die Niederspannungsanlagen für die Gebäudeversorgung. Ein großes Aufgabengebiet ist die Magnet- und Senderstromversorgung. Die gesamte Wasserkühlung, Kaltwasser und Drucklufterzeugung sowie die Beheizung und Belüftung der Gebäude, Experimente und Tunnel gehören ebenfalls zu den Aufgaben.

Die wesentlichen Aktivitäten werden im Folgenden dargestellt:

HERA

Magnetstrom

Der Betrieb wurde von einem Fehler in einer Stromversorgung für GA-Magnete überschattet. In einer Spannungsmesswerterfassung führte ein interner Wackelkontakt eines Widerstandes zu einer nur schwer nachzuweisenden Änderung des Widerstandswertes im Bereich von 10^{-4}.

In HERA wurden im Bereich der vorbeugenden Wartung verschiedene Arbeiten durchgeführt, von denen hier nur die wichtigsten genannt werden:

In den Diodengeräten ist eine Steuerung eingebaut worden, mit deren Hilfe Störmeldungen besser ausgelesen werden können.

In Spannungsteilern von Messwerterfassungen wurden die vorhandenen Potentiometer durch Festwiderstände ersetzt.

Die Dämpfungswiderstände von Passivfiltern in den Thyristornetzgeräten wurden durch Bauteile mit höherer Leistung ersetzt.

In den Dumpschaltern (DC-Schnellschaltern) der supraleitenden Magnete GO/GG wurden die Antriebswellen ersetzt. Nach längeren Stillstandszeiten konnten die Schalter nicht wieder zugeschaltet werden.

Die Spulenblöcke der Schütze in den Polwendern wurden gereinigt. Diese hatten aufgrund eines Fertigungsfehlers im Werk einen Ölfilmbelag, der mit der Zeit verklebte und die Funktion beeinträchtigte.

An den Netzgeräten für die BU-Magnete wurde eine neu entwickelte Reglerkarte, die für die TTF-Netzgeräte verwendet wird, eingesetzt, um die Spannungen an den Spulen zu messen. Damit wurde eine defekte Spule gefunden, die ausgetauscht werden musste. Gleichzeitig war dies für die digitalen Reglerkarten mit einem Altera FPGA ein Test der Empfindlichkeit auf radioaktive Strahlung. Anfängliche Schwierigkeiten konnten durch Verbesserung der Abschirmung behoben werden.

Senderstrom

Es ist ein 20-stufiges LTT-Crowbar für 80 kV DC aufgebaut und getestet worden. Dieser Test weist die Anwendbarkeit des LTT-Crowbar-Konzepts für PETRA III Anlagen nach. Außerdem dient die Anlage als Reserve für den laufenden HERA-Betrieb.

Während des Winter-Shutdowns 2005 wurden alle Mittelspannungsleistungsschalter einer vorbeugenden Wartung unterzogen.

Wasserkühlung

Im Hochsommer traten wegen der zu hohen Vorlauftemperatur des Tunnelwassers Störungen am Kaltwasseraggregat in HERA Ost auf. Es wurden einige Maßnahmen getroffen, um den Betrieb zu verbessern. Zum einen wurden die Verrieselungseinbauten in den HERA-Kühltürmen erneuert und zum anderen der Luftdurchsatz erhöht, indem die Ventilatorblätter verstellt wurden. Weiter wurden die Steuerungen der Kaltwassererzeugung in den externen HERA-Hallen so verändert, dass beide Kaltwasseraggregate parallel laufen können.

In der Druckluftversorgung der HERA-Halle West und der Kryo-Halle wurde die Aufbereitung des Druckluftkondensates verbessert, um Wasser- und Ölablagerungen im Druckluftsystem vorzubeugen.

PETRA

Im PETRA-Dipolkreis wurde ein messtechnisch schwer zu erfassender Erdschluss, der lediglich im Betrieb bei hohen Stromstärken auftrat, beseitigt.

Die magnetischen Streufelder von PETRA, die durch unvollständig kompensierte Stromschienen entstehen, stören den Betrieb des VUV-FEL. Die Streufelder wurden vermessen. An eine freie Stromschiene wurde ein bestehendes Reservenetzgerät angeschlossen, um dieses Feld zu kompensieren.

DORIS

Fünf Thyristornetzgeräte wurden durch moderne Schaltnetzgeräte ersetzt, um die Zuverlässigkeit der Magnetstromversorgung zu erhöhen.

Die Mittelspannungsleistungsschalter der DORIS-Senderstromversorgung sind vorbeugend gewartet worden.

Die Steuerung für die Stufentrafo-Anlage DORIS-Nord-Rechts ist komplett durch eine SPS-Steuerung ersetzt worden.

Für einen langfristigen Betrieb von DORIS über 2010 hinaus wurde der Erneuerungsbedarf an der Wasserkühlung, Stromversorgung, Senderstromversorgung und den Netzgeräten ermittelt. Die Entscheidung über die Umsetzung soll 2007 fallen.

DESY II

Es wurde eine neue Elektronik für die Frequenzanpassung des White-Kreises gebaut und in Betrieb genommen.

Die Umschaltung zwischen Elektronen- und Positronen-Betrieb verursachte durch häufiges Schalten der 10 kV-Schalter Verschleiß. Deshalb wurde eine neue Prozedur erarbeitet, die das Schalten der 10 kV-Schalter überflüssig macht. Die hierfür zusätzlich notwendige Technik wurde eingebaut und in Betrieb genommen.

Im Kondensator-Raum musste der Entladeschalter ersetzt werden. Die bisherige pneumatische Antriebseinheit wurde durch einen fernsteuerbaren elektromotorischen Antrieb ersetzt.

DESY III

In der Blindlastkompensationsanlage wurde die bestehende Steuerung durch eine S7-speicherprogrammierbare Steuerung ersetzt und in Betrieb genommen.

TTF / VUV-FEL

Wasserkühlung

Die vorhandenen Kaltwasseraggregate zeigten eine erhöhte Störanfälligkeit. Es wurde eine neue Generation von Kaltwassererzeugern mit mehrstufigen Verdichtern beschafft. Diese Aggregate haben ein wesentlich besseres Betriebsverhalten bei Schwachlast.

In der Halle II wurde der neue Testsender mit Modulator angeschlossen.

Im Sommer wurde die Erweiterung des Pumpenhauses mit dem zweiten Kühlturm in Betrieb genommen. Dessen neue Steuerung und die eines neuen Kaltwasseraggregats wurden in die bestehende SPS integriert.

Netzgeräte

Das Verhalten der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) der Schaltnetzgeräte der TTF wurde optimiert. Durch den Einbau von zusätzlichen Entstörfiltern in den Netzgeräten wurde das Verhalten erheblich verbessert.

An den Quadrupolen im Undulatorbereich wurde festgestellt, dass die Magnete ein zu hohes magnetisches Restfeld (Remanenz) haben. Deshalb müssen die Magnete aktiv mit einem sinusförmigen Wechselstrom entregt werden. Hierzu wird der Magnet mit einem Wechselstrom betrieben, der dann langsam verringert wird. Die hierfür benötigten Bauteile wurden beschafft und für den Einbau Anfang 2006 vorbereitet.

Zur Erhöhung der elektrischen Sicherheit bei Zugängen im Tunnel wurden Erdungsschalter für die Netzgeräte nachgerüstet und die Steuerung hierfür in Betrieb genommen.

Die Umschaltung auf Reservenetzgeräte im Bedarfsfall wurde automatisiert.

Die Korrekturnetzgeräte wurden umkalibriert. Aufgrund der genauen Aufstellung werden wesentlich kleinere Ströme benötigt als ursprünglich geplant. Durch diese Maßnahme werden die Auflösung des einzustellenden Stromes und die relative Genauigkeit der Geräte erhöht.

Stromversorgung

Im Erdungs- und Potentialsystem wurden Ausgleichsströme, die die Instrumentierung des VUV-FEL stören, festgestellt. Das Erdungssystem der 400 V/230 V-Netzversorgung ist mit einem gemeinsamen Erdungs- (PE) und Nullleiter (N) bis zu den Hauptverteilungen ausgeführt. Dieser PEN-Leiter führt Betriebsströme, die zu Potentialanhebungen im Erdungssystem führen. Es

wurde beschlossen, das Niederspannungsnetz komplett auf ein getrenntes PE- und N-Leitersystem umzustellen. Hierfür sind größere Umbauarbeiten erforderlich.

PETRA III

Wasserkühlung

Die Planungen für die PETRA III Wasserkühlung wurden fortgesetzt. Für die VE-Wassererzeugung wurde ein neues Antiscalingmittel getestet, welches das Regeneriersalz zur Enthärtung des Rohwassers einspart.

Im Rahmen des PETRA III Projektes sollen die Pumpenhäuser von DESY II und LINAC II erneuert werden. Mit den vorbereitenden Baumaßnahmen soll bereits Ende 2007 begonnen werden.

Mit der Spezifikation der Hybridkühler für PETRA III wurde begonnen.

Netzgeräte

Die Planungen der Netzgeräte für PETRA III wurden fortgesetzt. Aufgrund der guten Erfahrungen mit den in TTF eingesetzten Netzgeräten mit digitaler Regelung soll auch für PETRA III eine digitale Regelung für die Netzgeräte genutzt werden. Prototypen hierzu sind in der Entwicklung. Die Standorte der Geräte wurden festgelegt und der Einbau in die Hallen mit anderen Gewerken koordiniert.

Senderstrom

Die Arbeiten zur Vorbereitung des PETRA III Projektes nahmen mit Abstand den größten Teil der Ressourcen in Anspruch. Es handelt sich um die konzeptionelle Vorarbeit zur Anlagentechnik und um die Planung von Mitteln, Ressourcen und Terminen für die Abwicklung während der gesamten Projektlaufzeit. Darüber hinaus wurden für technologisch bestimmende Komponenten Testinstallationen vorgenommen, die den praktischen Nachweis für deren zuverlässige Arbeitsweise erbringen sollen.

Bei PETRA/Süd-Rechts wurde eine HVDC-Wanddurchführung installiert und für den laufenden Senderbetrieb freigegeben. Diese Durchführung soll bei PETRA III den Einsatz von speziellen Gleichspannungskabeln und -kabelgarnituren überflüssig machen. Gleichzeitig soll eine deutliche Verbesserung der Zuverlässigkeit bei widrigen Witterungseinflüssen im Freilufteinsatz erreicht werden. Nach einem Betriebszeitraum von zurzeit 6 Monaten sind bisher keine Ausfälle oder Betriebseinschränkungen vorgekommen.

Am Testsender sind eine Reihe von modernen Komponenten zur Prüfung aufgebaut worden. Bisher eingesetzte Komponenten mit veralteter und unflexibler Technologie sollen ersetzt werden.

Zur HVDC-Gleichspannungsmessung wurde ein kommerzieller *Voltage-Transducer* durch eng tolerierte Hochspannungswiderstände ergänzt und im Hochspannungsraum installiert. Die technischen Parameter hinsichtlich Signalbandbreite und Isolierfestigkeit genügen den Anforderungen zur Istwert-Aufbereitung für Netzgeführte Hochspannungsstromrichter. Stör- und Zerstörfestigkeit erfüllen bisher die Erwartungen.

Zur quasikontinuierlichen Sollwertvorgabe wurde eine SPS aufgebaut und mit dem HF-Kontrollsystem verbunden. Es wurden mehrere Methoden der Sollwertübertragung erfolgreich getestet. Die Funktionalität bisher eingesetzter spezieller Baugruppen (Fernverstellung, DA-Wandler, Rampengenerator etc.) wird jetzt mit Baugruppen kommerzieller SPS-Hardware und entsprechendem Programmcode erreicht. Gleichzeitig erhöht sich die Flexibilität durch Programmierbarkeit. Spezielle Hardware-Entwicklungen werden damit überflüssig.

Zur Modernisierung der Elektronik für das schnelle Überwachen von Signalen aus dem Hochspannungsraum wurde ein Prototyp eines kommerziellen FPGA-Boards mit ergänzenden Elektronikbaugruppen (Chassis, Signalkonditionierung etc.) aufgebaut. Die Sensorik im Hochspannungsraum, die FPGA-Hardware und die Programmiertools bestehen ausschließlich aus

kommerziell verfügbaren Komponenten. Ein erster Prototyp-Code ist entwickelt worden und befindet sich seit dem 4. Quartal 2005 ohne Störungen im Hochspannungsraum im Dauerbetrieb. Die Erwartungen hinsichtlich Stör- und Zerstörfestigkeit müssen jedoch noch durch längeren Betrieb bestätigt werden.

Ein Konzept redundanter Hilfsspannungsversorgung für alle Elektronikbaugruppen (SPS, Überwachungselektronik, Transientenrekorder etc.) ist testweise aufgebaut worden. Die Lösung basiert auf einer dezentral batteriegestützten 24 V DC-Versorgung für die künftige Steuerelektronik. Ziel ist, bei Ausfall der Hausnetz-Versorgung alle Elektronikkomponenten für Diagnostik und Kommunikation betriebsfähig zu halten, um Ausfallursachen protokollieren zu können.

Stromversorgung, Wasserkühlung und Klimaanlagen

Die Planungen der elektrischen Anlagen in der neuen Experimentierhalle wurden fortgesetzt. Der Austausch von zwei 10 kV-Transformatoren in den Kompaktstationen wurde ausgeschrieben.

Die Temperaturstabilität des Ringwassers im Tunnel wurde mit untersucht. Durch die Laufzeiten des Kühlwassers führen starke Änderungen der Magnetströme zu einer rampenförmigen Temperaturänderung am Rückkühler. Die Grobregelung soll über die Regelung der Rückkühler und die Feinregelung über ein Mischventil (Dreiwegeventil) erfolgen.

Die Klimaanlagen für die Experimentierhalle wurden projektiert. Die Lüftungsgeräte sollen auf der Innenseite der Halle aufgestellt werden. Der Kühlbedarf und die Temperaturstabilität der Experimentierhalle wurden durch ein Ingenieurbüro untersucht. Der Vorschlag für ein Gründach wurde untersucht. Es zeigte sich, dass gegenüber einem konventionellen Dach mit Wärmedämmung hinsichtlich Temperaturstabilität kein nennenswerter Vorteil besteht.

Die genaue Klimatisierung des Beschleunigertunnels in der Experimentierhalle wurde ebenfalls untersucht. Ein Schlussbericht liegt noch nicht vor.

XFEL

Wasserkühlung

Nach dem Einreichen der Planfeststellungsunterlagen wurden die Kosten und der Personalbedarf überarbeitet. Die Kosten erwiesen sich als höher gegenüber der ursprünglichen Planungen. Die Ursachen sind der größere Anlagenumfang und die zusätzlichen Anforderungen. Zusätzlich sind die Stahl- und Kupferpreise stark gestiegen.

Der Platzbedarf der Rohre in den Schächten, Tunneln und Versorgungshallen wurde abgestimmt.

Netzgeräte

Das Hauptaufgabengebiet beim XFEL bestand in der Zusammenstellung der Daten der Netzgeräte, Verkabelung sowie des Energieverbrauchs für das Planfeststellungsverfahren. Weiterhin wurden die voraussichtlichen Kosten ermittelt und in Kostenbüchern festgeschrieben.

Pulskabel für XFEL

Im XFEL wird der Energietransport der Hochleistungspulse zu den Klystrons mit Hochspannungskabeln vorgenommen. Die Pulse mit einer Länge von 1.54 ms und einer Leistung von bis zu 17 MW werden in Modulatoren erzeugt. Prototypen der Kabel wurden bereits im Jahre 2004 verlegt. Im Jahr 2005 erfolgte eine systematische Untersuchung des elektrischen Verhaltens. Die Übertragung des Pulses erfolgt reflexionsfrei. Es wurden jedoch Störströme gefunden, deren Ursache im Aufbau der Modulatoren zu finden ist. Die Störungen werden durch vorhandene Streuinduktivitäten im Modulator verursacht. Ein genaues Simulationsmodell wurde erarbeitet und Verbesserungsmöglichkeiten entwickelt. Untersuchungen zum EMV-Verhalten der Modulatoren und der Pulskabel wurden gemeinsam mit externen Beratern durchgeführt.

Stromversorgung und Automation

Die Kosten und der Personalbedarf wurden überarbeitet. Der Platzbedarf der Transformatoren, Schaltanlagen und Kabel wurde abgestimmt.

Als Kontrollsystem soll EPICS eingesetzt werden.

Klima- und Lüftungsanlagen

Die Temperaturstabilität der SASE-Undulatoren in den unterirdischen Tunneln und die Klimatisierung wurde durch ein Ingenieurbüro weiter untersucht. Es wurde hierfür ein 3D-Simulationsprogramm für Strömungen eingesetzt. Die vorläufigen Ergebnisse sind: Es lässt sich eine stabile Temperaturschichtung im Tunnel über große Längen erzeugen. Die Tunnelwände müssen gedämmt (thermisch isoliert) werden. Wärmequellen unter der Tunneldecke stören die Temperaturschichtung kaum. Eine gleichverteilte Fußbodenheizung ist unbedingt erforderlich. Lokale Wärmequellen im Fußbodenbereich müssen vermieden werden.

Es bleiben noch Fragen über die technische Ausführung der Temperaturregelung und die Kosten offen.

Es soll noch geprüft werden, ob alternative Lösungen existieren.

Infrastruktur

Allgemeine Stromversorgung

Für die Erneuerung der Stromversorgung von Gebäude 1 wurden die Planung und das Leistungsverzeichnis erstellt.

Beim Transformator TC1 wurde die Instandsetzung des Stufenschalters im Zuge der Wartungsperiode 2005 in Auftrag gegeben. Es zeigte sich, dass der Wählerwender stark abgenutzt ist.

Die Erneuerung der Stromversorgung im Rechenzentrum wurde planerisch abgeschlossen und die Umsetzung läuft derzeit.

Für das Rechenzentrum wurde eine zweite leistungsstärkere USV-Anlage beschafft und in Betrieb genommen.
Die Stromversorgung für die Erweiterung des Rechenzentrums wurde beschafft und im Keller des Rechenzentrums installiert.

Zahlreiche elektrischen Anlagen und Lüftungsanlagen in verschiedenen Gebäuden wurden erneuert bzw. erweitert.

Die Transientenrekorder der Hauptstation C wurden umgebaut, sie sind nun baugleich mit denen der anderen Hauptstationen.

Eine Niederspannungsverteilung für das Rechenzentrum wurde so konzipiert, dass eine Anbindung an das MKK Leitsystem möglich ist. Das Konzept wird an dieser Anlage praktisch erprobt zur Anwendung in den Anlagen bei PETRA III.

Wasser-, Klima und Heizungsanlagen

Bei hohen Rückkühltemperaturen fielen gelegentlich Kaltwasseraggregate aus. In der HERA Halle Ost wurde die Kaltwassererzeugung so erweitert, dass bei diesem Lastzustand ein automatischer Parallelbetrieb beider KW-Aggregate aktiviert wird. Die neue Betriebsweise konnte jedoch bei nur wenigen Einsätzen nicht abschließend erprobt werden.

An der Enteisenungsanlage wurden umfangreiche Modernisierungsarbeiten vorgenommen.

Zum Jahreswechsel 2004/2005 wurde die SPS der HEW Fernwärme-Übergabestation in das MKK-Leitsystem integriert. Eine separate Fernüberwachung der Anlage durch die HEW ist zusätzlich in Betrieb.

In den Räumen der PETRA- und HERA-Senderstromversorgung, bzw. in den Räumen der Sender, wurden diverse Temperatur- und Feuchtefühler montiert und im Leitsystem integriert.

Die zunehmende Versiegelung durch Baumaßnahmen auf dem DESY-Gelände erfordert eine bessere Kenntnis der Versickerungsmöglichkeit der Niederschlagsmen-

gen durch die Sickerteiche auf dem Institutsgelände. Pegelmesseinrichtungen wurden installiert, die Daten werden langfristig archiviert.

Auch im Jahr 2005 wurde eine große Anzahl von raumlufttechnischen (RLT) Anlagen neu gebaut oder erneuert. Eine besondere Herausforderung waren die Klimatisierung vom Präzisionsraum in Gebäude 36 und die Anlagenoptimierung für den Laserraum 1 bei TTF.

Eine Software zur Unterstützung der Einhaltung von Terminen für Prüfungen und Unterweisungen wurde mit der Oracle-Datenbank realisiert und an die Benutzer übergeben

Der Einsatz der SMS-Technologie zum Übermitteln von Alarmen aus Anlagen wurde untersucht.

Zeuthen

Die Kühlanlage für PITZ wurde grundlegend erweitert. MKK hat für zwei neue Pumpstände die Projektierung übernommen und die Inbetriebnahme durchgeführt. Die ursprüngliche Kühlanlage wurde zur Kühlung des Booster-Cavities umgebaut. Eine Anbindung an das DOOCS-Kontrollsystem wurde realisiert und ist im Einsatz.

Arbeitssicherheit

In den vergangenen Jahren wurden große Anstrengungen in der Ausbildung der Mitarbeiter zu Arbeiten unter Spannung gemacht. Hier hatten sich in der Normung wesentliche Änderungen ergeben. Es wurde für die Mitarbeiter eine Schutzkleidung beschafft, die vor den Folgen eines Lichtbogens schützt. Vorangegangen waren Gefährdungsanalysen, eine geeignete Auswahl sowie Tragetests durch Testpersonen. Die Bekleidung wurde an der IPH Berlin an echten Lichtbögen getestet. Die beschaffte Bekleidung hielt den Beanspruchungen stand.

Im Jahr 2005 gab es keine Elektrounfälle und keine größeren sonstigen Unfälle.

Maschinen Planung –MPL–

Die Gruppe MPL ist zuständig für die Entwicklung und den Bau von Beschleunigeraufstellungen, Entwicklung und Fertigung von supraleitenden Resonatoren, Qualitätskontrolle und Werkstoffuntersuchungen am Material für Resonatoren und Beschleunigerkomponenten.

Beschleunigeraufstellungen

Für folgende Maschinen wurden Berechnungen, Konstruktionen und Fertigungsunterlagen erstellt:

VUV-FEL

Eine Haltevorrichtung (BMBF-Gestell) mit Lenkerjustierung zur Aufnahme eines Kristall-Spiegeltanks unter 45° Strahleintritt (für HASYLAB).

PETRA II

Ein Kickergestell für die Gruppe MIN mit Lenkerjustierung, als Testaufbau einer Multibunch-Feedback-Studie für PETRA III.

PETRA III

Neue Achtel Für die 3 Hauptmagnete (Dipol, Quadrupol-kurz, Quadrupol-lang):
1 Satz Stehbolzen-Magnetjustierung mit hoch liegender Verschiebeebene zum Tragegestell. 1 Satz Stehbolzen-Magnetjustierung mit tief liegender Verschiebeebene auf dem Tragegestell. Beide Konstruktionen wurden gebaut, die Magnetprototypen damit für Testzwecke bestückt.
Die Umrüstung des Testtragegestells für die neuen 3-Punktauflagen (siehe oben) und Trägervorbereitung für Test-Magnetjustierungen auf Kreuzschlitten wurde fertig gestellt.
Eine Studie, ob der Antrieb mit Micromovern von DIAMOND in Oxford für PETRA III übernommen werden kann, wurde durchgeführt.

Alte Achtel Ein Konzept für die Magnet- und Kammerhalterungen mit Betonsteinen wurde entwickelt. Die 260 Steine (in 2 Längen) sind mit Halfenschienen versehen und erlauben eine planbare, saubere Verlegung von Leitungen, Steuerkästen, etc. .
Von den 7 alten Oktanten für PETRA III wurden Übersichtszeichnungen erstellt. Sie zeigen die neuen Aufstellungskoordinaten der Magnete, anderer Komponenten und die Betonsteinpositionen.

XFEL

Umkonstruktion und Fertigungsunterlagen für den Prototyp einer hängenden Anbindung des Kryostaten an der Tunneldecke über 4 Zugstangen mit neuer M24-Lenkerverstellung und als Dreipunktaufhängung, mit in Konsolen stehenden Bolzen und neuer M24-Lenkerverstellung. Die Bauteile wurden von ZM1 mit FEM berechnet.

Werkstoffuntersuchungen und Resonatoren-Fertigung

Betreuung der Fertigung der Resonatoren für den VUV-FEL bei der Fa. Zanon. Die Fertigung von 30 Resonatoren ist Ende 2005 abgeschlossen worden. Die in Zusammenarbeit mit DESY entwickelte Fertigungs-Prozedur ist als Basis für die Serienfertigung geeignet.

XFEL-Aufgaben (im Rahmen des WP4, SC Cavity)

- Entwicklung von Resonatoren aus Grobkristall-Niob-Scheiben.
- Entwicklung einer neuen Spezifikation für die Fertigung von ca. 1000 supraleitenden Resonatoren.
- Anwendung des EDMS-Systems für die Resonatoren-Fertigung. Erprobung an der Fertigung von 30 Resonatoren bei der Fa. Zanon.
- Qualifizierung von neuen potentiellen Nb-Lieferanten.

Resonatoren aus Grobkristall-Niob-Scheiben Die Leistungsfähigkeit der Elektronenstrahl-Schmelzanlagen ist in den letzten Jahren wesentlich gestiegen. Die Industrie ist jetzt schon imstande Ingots aus hochreinem Niob mit dem Durchmesser bis zu 300–500 mm zu produzieren. Es bietet sich die Möglichkeit an, direkt aus dem Ingot Grobkristall-Scheiben zu schneiden und davon durch konventionelles Tiefziehen und Elektronenstrahlschweißen Resonatoren zu bauen. So eine Methode wurde von P. Kneisel und G. Rao (Jefferson Lab) vorgeschlagen. Die ersten Ergebnisse sind viel versprechend.

Das Verfahren HF-Resonatoren aus Grobkristall-Niob-Scheiben zu bauen, als mögliche Prozedur für die XFEL-Fertigung, wird untersucht. Solche Fertigung ist eventuell kostengünstiger, da die Fertigungskette von dem Ingot zum polykristallinen Blech ausfällt. Das Grobkristall-Material der Firmen W. C. HERAEUS GmbH, CBMM und Ningxia Non-Ferrous Metals wird untersucht. Es ist geplant sechs einzellige und drei neunzellige Resonatoren zu bauen. Die ersten einzelligen Resonatoren sind fertig und die ersten HF-Testergebnisse sind viel versprechend. Zum Beispiel in dem Resonator 1AC4 nach der Anwendung der für XFEL vorgesehenen Behandlung (ca. 200 µm Elektropolitur, Glühen bei 800°C, Backen bei ca. 130°C,

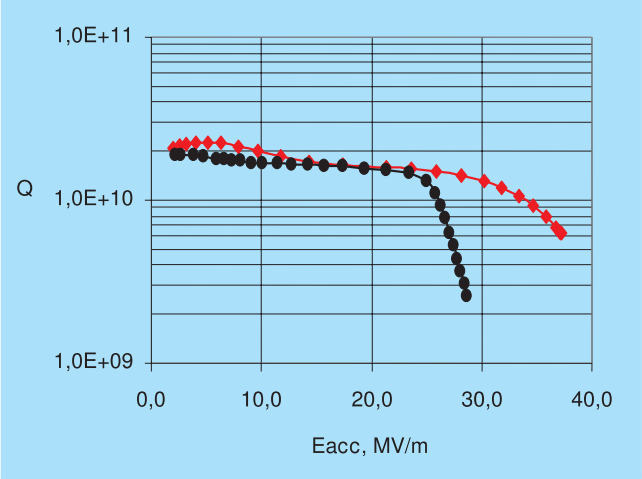

Abbildung 115: *Q(Eacc)-Kurve des Resonators 1AC4 vor (schwarze Punkte) und nach dem Backen bei 130°C.*

Hochdruckspülen) ist der Beschleunigungsgradient von ca. 37 MV/m erreicht worden (Abbildung 115).

CARE/JRA1-Aufgaben

Entwicklung einer Scanvorrichtung für die Nb-Bleche auf SQUID-Basis Eine Möglichkeit, die Nachweisgrenze von Defekten im Niob zu verbessern, bieten die SQUID-Sensoren. Die Vorversuche haben gezeigt, dass sehr kleine, mit dem Wirbelstromverfahren nicht detektierbare Materialeinschlüsse, mit SQUID nachgewiesen werden können. Es wurde in Zusammenarbeit mit der Fa. WSK ein Prototyp einer SQUID-Scanvorrichtung für die Nb-Bleche für den XFEL gebaut. Die ersten Messungen haben die Funktionsfähigkeit der Apparatur bestätigt.

Fertigung von nahtlosen Resonatoren In den vergangenen Jahren wurde das Verfahren der Fertigung von einzelligen nahtlosen Resonatoren durch Hydroforming entwickelt. Die besten Monozellen haben Beschleunigungsgradienten über 40 MV/m erreicht. Die Fertigung von mehrzelligen Resonatoren sowohl aus Niob-Rohren, als auch aus mit Kupfer plattierten Niob-Rohren wird im Rahmen des CARE Programms entwickelt. Die ersten zweizelligen NbCu-Resonatoren wurden erfolgreich durch Hydroforming gebaut.

Sonstiges

Im Labor für Materialuntersuchungen wurde außerdem im Jahre 2005 an folgender Problematik gearbeitet:

- Zerstörungsfreie RRR-Messungen an Resonatoren in der Halle 3 (TTF).
- Analyse der Verteilung von Verunreinigungen in Niob-Schweißverbindungen erzeugt in Elektronenstrahlschweißanlagen von DESY und von der Fa. Zanon (TTF, XFEL).
- Wärmeleitfähigkeitsmessungen bei tiefen Temperaturen an dem grobkristallinen Niob (XFEL).
- Qualifizierung von nahtlosen Niob und Nb/Cu-Rohren für Hydroforming (CARE/JRA1).
- Materialdiagnose an Komponenten der HERA-Magnete (HERA).

Internationaler Linear Collider ILC

Entwicklung der Resonatoren-Fertigung aus dem Einkristall

Es gibt mehrere theoretische und experimentelle Hinweise, dass die Korngrenzen die Leistungsfähigkeit der Resonatoren grundsätzlich reduzieren. Die Herstellung eines Resonators als Einkristall (ohne Korngrenzen) könnte ein viel versprechender Schritt zu besserer Leistungsfähigkeit und einfacherer Behandlung werden.

Es wurde festgestellt, dass bei dem Zusammenschweißen von verschieden orientierten Einkristallen eine Korngrenze in der Schweißverbindung entsteht. Bei EB-Schweißversuchen hat sich gezeigt, dass die Einkristalle in der Schweißverbindung bei identischer Orientierung zusammenwachsen können (die Korngrenze verschwindet; siehe Abbildung 116). Das öffnet die Möglichkeit, bei entsprechendem Zusammenfügen der Halbzellen aus Einkristallen, eine komplette Resonatorzelle als Einkristall zu erzeugen. Dieses Prinzip erlaubt auch mehrzellige Resonatoren als Einkristall zu bauen.

Die Fertigungsmethode ist bei der Fa. ACCEL realisiert worden. Ein einzelliger Resonator der TESLA-Form ist aus Einkristallscheiben der Fa. CBMM gebaut worden.

Aufbau von Beschleunigern und Experimenten –MEA–

Das Aufgabengebiet der Gruppe MEA umfasst Aufbau der Beschleuniger und Experimente mit Projektplanung, Vermessung, Experimentesicherheit, Tieftemperatur- und Gaseservice.

Die Gruppe MEA führte in enger Zusammenarbeit mit den Werkstätten, dem M- und F-Bereich die Planung, Koordination und Terminverfolgung der Aufbau-,

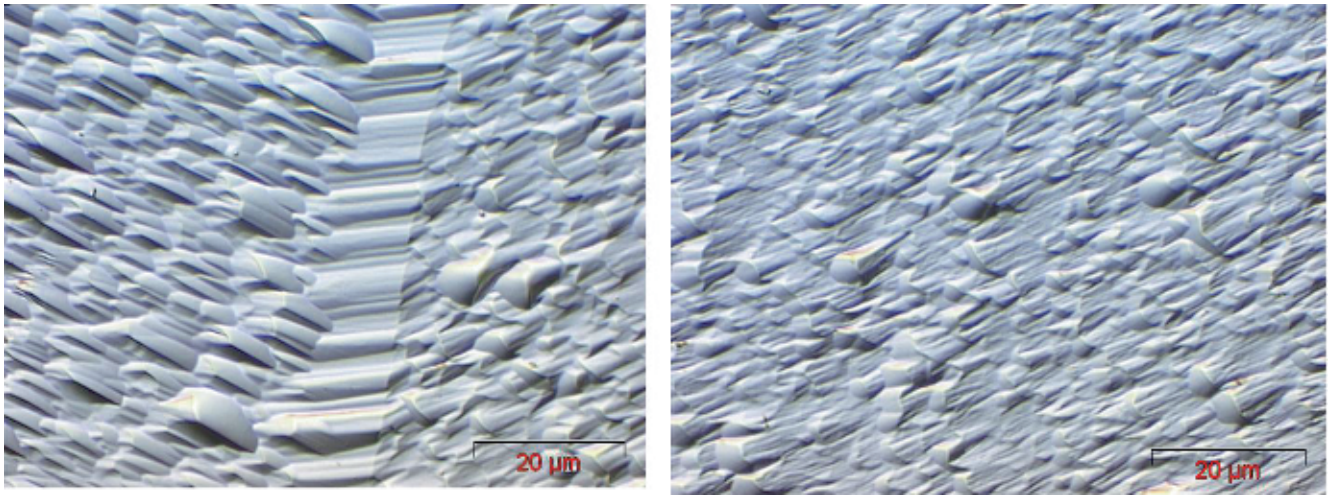

Abbildung 116: *Elektronen-Strahl-Schweißverbindung von zwei Niob-Einkristallen. Links: ohne Rücksicht auf deren Orientierung; die Korngrenze ist ausgeprägt. Rechts: mit identischer Ausrichtung der Orientierungen; die Korngrenze ist unsichtbar.*

Umbau- und Wartungsarbeiten in den Beschleunigern und bei den Experimenten durch. Neben den üblichen Wartungs- und Reparaturarbeiten in den Experimentierbereichen und dem Beschleunigerverbundsystem wurden im Berichtszeitraum die im Folgenden aufgelisteten Arbeiten ausgeführt. Dabei wurde die Gruppe für die Bewältigung der Transport- und Montagearbeiten in den Betriebsunterbrechungen der Beschleuniger durch Zeitarbeitskräfte unterstützt. Für die Mitarbeit bei der PETRA III Anlagendokumentation wurde ein Ingenieurbüro eingeschaltet. Die Auslegung von neuen Magnettypen für den XFEL, die Herstellung von Prototyp-Magneten für das PETRA III Projekt und die Herstellung der BU-Spulen wurden im Rahmen des Kooperationsvertrages mit dem Efremov-Institut in St. Petersburg durchgeführt.

Beschleuniger

HERA

In kurzen Betriebsunterbrechungen wurden im Januar in HERA-NL bei einem GN-Quadrupolmagneten die Spulen getauscht, ohne das vor dem GN-Magneten liegende e-Strahlrohr zu belüften. Im April wurden bei dem vertikal ablenkenden BU-Magneten SR67 die defekten Einzel-Spulen ausgetauscht. Für den BU-Spulentausch vor Ort wurden von MEA konstruierte transportable Krananlagen eingesetzt, um den Gesamtmontageaufwand auf wenige Tage zu reduzieren.

Die Wartungsperiode bei HERA im Winter dieses Jahres wurde bestimmt durch den Einbau des Recoil-Detektors mit supraleitenden Solenoid-Magneten in das HERMES-Experiment, größere Reparatur- und Servicearbeiten in den beiden Experimenten H1 und ZEUS und den Austausch der Spulen in den restlichen 13 noch nicht reparierten BU-Dipolmagneten in der HERA-Protonenstrahlführung HERA-N, S und O. Die 26 mit aufwendigen Induktionslötverfahren herzustellenden 2.3 t schweren Cu-Einzelspulen, deren Fertigung Ende 2004 beim Efremov-Institut in Auftrag gegeben wurde, sind rechtzeitig vor der HERA-Wartungsperiode bis Anfang Oktober bei DESY angeliefert worden. Durch den Einsatz zweier parallel arbeitender Montagetrupps konnten die Arbeiten an den BU-Magneten im HERA-Tunnel in sechs Wochen abgeschlossen werden.

Von der Gruppe MPL wurden die Korrosionsschäden an den defekten BU-Spulen genauer untersucht. Proben aus dem Bereich der Lötstellen wurden mit einem Lichtmikroskop und einem Röntgenfluoreszenzanalysegerät untersucht. Von den Proben wurden Schliff-

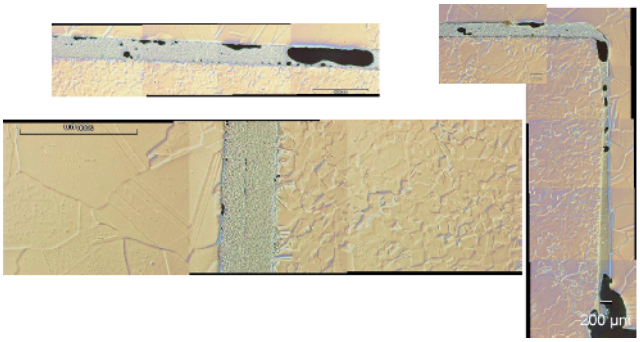

Abbildung 117: *Schliffbilder von BU Spulen an den Lötstellen der Spulenköpfe.*

bilder erstellt. In großen Bereichen der Lötschichten sind starke Zerstörungen zu sehen (Abildung 117). Bei zwei zusammengelöteten Cu-Profilen ist die Cu-Mikrostruktur unterschiedlich. Die Röntgenfluoreszenzanalyse zeigt, dass die Proben mit unterschiedlichen Lötmaterialien gelötet wurden.

PETRA III

Für das neu aufzubauende Achtel von PETRA III wurden zwei kurze und zwei lange Prototyp-Quadrupolmagnete, ein Prototyp-Dipolmagnet und zwei verschiedene Versionen für vertikal ablenkende Korrekturmagnete geliefert (Abbildung 118), die alle im Efremov-Institut gefertigt und magnetisch vermessen wurden.

Die bei DESY durchgeführten zusätzlichen Belastungstests und Magnetfeldvermessungen der Quadrupolmagnete haben ergeben, dass die senkrechten antimagnetischen Abstandshalter zwischen unterer und oberer Jochhälfte der Magnete mechanisch nicht stabil genug sind. Eine vertikale Verschiebung der Jochhälften kann zu einer starken Sextupolkomponente im Magnetfeld führen. Der Entwurf der Quadrupolmagnete wird für die Serienfertigung so abgeändert, dass die Abstandshalter verstärkt werden und auf einer breiteren Auflagefläche auf den Jochhälften sitzen. Die technischen Spezifikationen für die Herstellung der Quadrupol- und Dipolmagnete wurden für eine europaweite Ausschreibung erstellt. Der Auftrag ist Ende des Jahres an das Efremov-Institut vergeben worden.

Für die horizontale Orbitkorrektur sind zwei verschiedene Prototyp-Korrekturmagnete gefertigt worden, die einmal mit einer luftgekühlten und einmal mit einer wassergekühlten Spule ausgestattet sind. Beide Magnet-Typen können für das neue Achtel verwendet werden. Eine Entscheidung, welcher Typ in Serie gebaut wird, soll Anfang des nächsten Jahres fallen.

Ein erstes Prototyp-Tragegestell wurde mit PETRA III Magnetprototypen bestückt. Für die exakte Einjustierung der Magnete auf dem Gestell wurden spezielle Unterbauten mit einem *Lenker*-System gefertigt, die es ermöglichen, die Magnete mit wenig Kraftaufwand reproduzierbar geometrisch einzustellen.

Von den in 2004 bestellten Spulen für die Grundüberholung der PETRA-Magnete in den verbleibenden 7/8 der PETRA-Strahlführung, wurden in 2005 13 Sätze Dipolspulen, alle 35 Sätze Al-Sextupolspulen und 47 Sätze Cu-Sextupolspulen geliefert.

Am MEA-Magnetmessplatz wurden mehrere gebrauchte, mit neuen Spulensätzen bestückte PETRA-Sextupolmagnete vermessen. Diese Magnete waren über viele Jahre in PETRA installiert. Die Magnetjoche, die aus gestanzten Lamellen gefertigt wurden und nur über Zuganker im Jochrücken zusammengehalten werden, zeigen im Bereich der Pole Korrosionsschäden durch Rost, aus denen unterschiedliche Längenänderungen der einzelnen Pole resultieren. Die dadurch hervorgerufenen Feldfehler sind für den vorgesehenen Betrieb von PETRA III als Synchrotronstrahlungsquelle inakzeptabel. Eine Neufertigung der Sextupolmagnet-Joche ist zwingend erforderlich. Die Fertigung eines Joch-Prototyps, bei welchem die Lamellen verklebt werden und damit eine Längenänderung durch Korrosion ausgeschlossen wird, wurde in Auftrag gegeben.

Von MEA wurden die Planung und der Aufbau einer Anlagendokumentation für PETRA III in Form eines im 3D-CAD erstellten Komplettmodells übernommen. Hierbei werden laufend die Modelle aus den unterschiedlichen Gruppen in ein Gesamtmodell eingepflegt und dienen somit gleichzeitig als Kontrolle bezüglich ihrer Richtigkeit und Vollständigkeit. Bei der Einführung des neuen Share-Point-Portal-Servers als Verwalter der Solid-Edge (3D-CAD)-Daten wer-

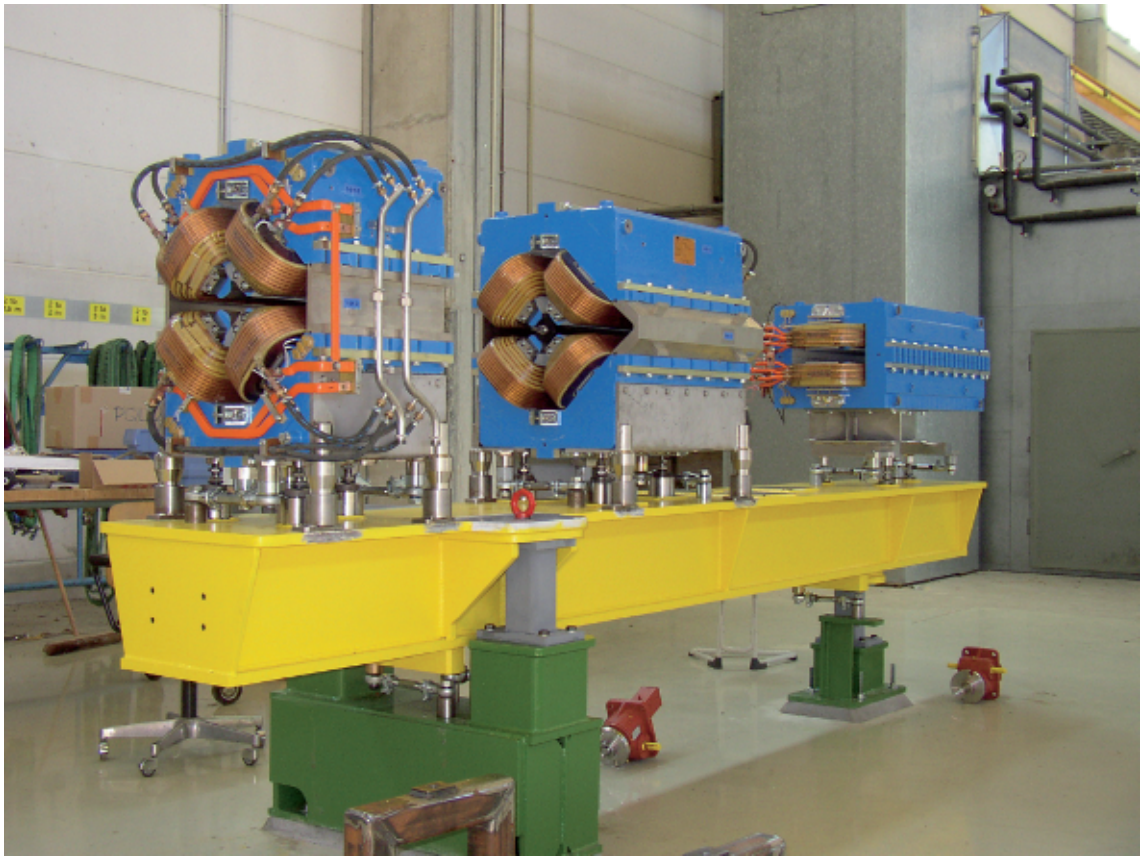

Abbildung 118: *Prototypen der PETRA III Quadrupole und des PETRA III Tragegestells.*

den eine Nomenklatur und eine logische Datenstruktur festgeschrieben. Im weiteren Verlauf werden die 3D-Daten in das DMU-System VisView überführt und dem "Nicht-CAD-Anwender" zur Verfügung gestellt, wobei eine Aktualisierungs-Routine das Modell aktuell hält.

Die Planung der Umbaumaßnahmen in den existierenden PETRA-Hallen in Abstimmung mit den technischen Gruppen wurde fortgesetzt. Das MEA-Spulenlager in PETRA-O wurde geräumt und dafür Ersatz in den von DESY angemieteten ehemaligen Reemtsma-Hallen geschaffen. Dieser Bereich wurde so ausgelegt, dass alle für den Umbau von PETRA bestellten Magnet-Spulen hier vor der Mitte 2007 beginnenden PETRA-Umbauphase zwischengelagert werden können.

Für einen Einsatz bei den Montagearbeiten im PETRA-Tunnel wurden verschiedene Gabelstaplermodelle untersucht. Nach umfangreichen Eignungstests wurden 3 Stapler eines Modells gekauft. Zusammen mit den bereits vorhandenen Geräten stehen für die Umbauphase von PETRA ausreichende Transport- und Montagefahrzeuge zur Verfügung, die auch zwei gleichzeitig ablaufende Montageeinsätze im PETRA-Tunnel erlauben.

DORIS

Bei DORIS wurde der Bypass für den Austausch von Vakuumkammern komplett demontiert und nach dem Kammerwechsel wieder montiert.

DESY II-Teststrahlen

Die Benutzung der DESY II Teststrahlen in Halle 2 wird von MEA koordiniert. Die Auslastung der Test-

strahlen war in 2005 mit 11 Experimentiergruppen und etwa 2000 h Strahlzeit sehr gut. Die drei verfügbaren Strahlen wurden nicht nur von DESY Gruppen, sondern, in Vorbereitung des ILC Projekts und des ATLAS Detektors, verstärkt auch von auswärtigen Gruppen genutzt. Dies erhöhte den Betreuungs- und Koordinationsaufwand erheblich.

VUV-FEL

Im gesamten Berichtszeitraum wurden in den Betriebsunterbrechungen Installationsarbeiten im VUV-FEL Tunnel fortgeführt. Die Monorail, die für die EXPO im Tunnel installiert worden war, wurde ausgebaut. Zum Transport von Maschinenkomponenten wurden neue Hubwerke, die auf der Monorailschiene laufen, erprobt und eingebaut. Für den Transport von MODUL 5 im Tunnel wurde ein System von Fahrgestellen und Böcken konstruiert.

Für das EOS-Experiment wurden weitere Fundamente zur Aufnahme eines optischen Tisches und eines dritten Containers konstruiert. Nach Fertigstellung der Fundamente wurden der Container und der optische Tisch eingebaut.

Am MEA-Magnetmessplatz wurden die in der VUV-FEL Undulator-Sektion eingebauten TQG-Quadrupolmagnete, bei denen eine ungleichmäßige Ausbildung von remanenten Feldern nach Erregung mit hohen Strömen eine störende Dipolkomponente erzeugt, im Detail untersucht. Erfolgreiche Versuche zur Entmagnetisierung der TQG-Joche mit 50 Hz Wechselstrom führten zu dem Entschluss, eine feste Installation zur Entmagnetisierung der TQG-Magnete mit entsprechend größerer Auslegung im VUV-FEL Beschleuniger aufzubauen.

XFEL

In Vorbereitung des XFEL Projekts wurden im Arbeitspaket WP33, Tunnelinstallation, erste Entwürfe für Fahrzeuge zum Transport von Beschleunigermodulen im XTL-Tunnel, für die Modulatoren in der Modulatorhalle und für die Undulatoren in den XTD-Tunneln entwickelt und mit möglichen Herstellern besprochen. Eine erste Kostenschätzung ist von den Anbietern abgegeben worden.

Von der Gruppe MPL wurden zwei Varianten für Modulaufhängungen entwickelt, die in 2006 gefertigt und in einem Testtunnel verglichen werden sollen.

Für die warmen Strahlführungsmagnete (Arbeitspakt WP12) im XFEL-Tunnelsystem wurden Magnet-Designstudien an das Efremov-Institut in Auftrag gegeben. Auf der Basis der ersten Entwürfe sind die Kosten der Magnete abschätzt worden.

Experimente

HERMES

Zusammen mit den HERMES-Spezialisten wurde von MEA die Dokumentation des HERMES-Recoil-Detektors in einem I-DEAS 3D-Modell weiter vervollständigt und Montagezeichnungen und Übersichten für die Installation im HERMES-Targetbereich erstellt.

Der Recoil-Detektor wurde in der HERA-Wartungsperiode im Winter dieses Jahres in das HERMES-Experiment integriert.

ZEUS

Bei ZEUS mussten weitere Fahrwerkseinheiten (Wälzwagen) unter dem Detektor erneuert werden, da starke Verformungen an den Seitenführungen der alten Fahrwerke ein kontrolliertes Auffahren des Experimentes nicht mehr einwandfrei zuließen. Die Fahrschienen wurden soweit möglich nachgearbeitet.

HERA-B

Das ca. 260 t schwere Teil der HERA-B µ-Filterwand im Ringinnenbereich der Halle W wurde komplett zerlegt und aus der Halle entfernt, um den Zugang für Montagearbeiten mit der HERA-TRAM in den HERA-Tunnel zu erleichtern.

Die Abschirmwand zwischen Tunnel und Halle und die Betonabschirmung in der Halle im Bereich Scheunentor WR wurden auf Anweisung von D3 verstärkt, damit bei allen möglichen Untergrundsituationen ein Aufenthalt im Ringinnenbereich der Halle W ohne Einschränkung sicher ist.

Vermessung

Beschleuniger

HERA Die Wartungsperiode des Beschleunigers HERA wurde bestimmt von Reparaturarbeiten an den Dipolmagneten vom Typ BU bei den Einbaupositionen NR, OL, OR, SL und SR. Die zu reparierenden Dipolmagnete wurden vor dem Ausbau aufgemessen, um ihre 3-D-Position in Bezug zu den benachbarten Komponenten feststellen zu können. Nach Abschluss der Reparaturarbeiten wurden die Dipolmagnete zunächst grob auf ihre Sollposition justiert, um die mechanischen Anschlussarbeiten (Strahlrohr, Wasser, Strom) zu ermöglichen. Nach Abschluss aller mechanischen Arbeiten wurde die Sollposition fein eingestellt.
Vor dem Umbau des GM-Magneten N17 wurde dieser in Bezug zu den Nachbarmagneten aufgemessen, nach Abschluss der Umbauarbeiten wurde dieser Magnet wieder auf seine ursprüngliche Position justiert.

DORIS Bei DORIS wurden wegen des Austausches der Kammern bei den Wigglern HW1 bis HW6 alle benachbarten Maschinenkomponenten vor dem Ausbau der Kammern in ihrer 3D-Position bestimmt. Nach Einbau der neuen Kammern wurden die Magnete auf ihre korrekte Position überprüft und wenn nötig neu justiert.

PETRA In der Wartungsperiode wurde der EL-Weg zwischen PETRA und HERA aufgemessen, ebenso wurde der e-Weg zwischen DESY und PETRA in seiner 3D-Position bestimmt. In Vorbereitung des Umbaus von PETRA zu der Synchrotronstrahlungsquelle PETRA III wurde innerhalb des Beschleunigertunnels ein komplett neues Referenzsystem installiert. Die 3D-Koordinaten wurden bereits in einem Teil des PETRA-Rings als Gesamtaufmass von Referenzpunkten, vorhandenen Vermessungsmarken und sämtlichen Maschinenkomponenten mittels eines Aufmasses mit Hilfe eines Lasertrackers bestimmt.
Um den Bezug der Maschinenkoordinaten zu anderen Beschleunigersystemen zu bestimmen, wurden 10 der 16 Ablotungssäulen auf dem PETRA-Wall geöffnet und deren Koordinaten per GPS-Messung bestimmt. Die Höhen der Messsäulen wurden mittels Feinnivellement überprüft. Anschließend konnten die Koordinaten der Messpunkte in den Beschleunigertunnel übertragen werden. Zur Vorbereitung der GPS-Messungen mussten die Messsäulen auf dem PETRA-Wall freigeholzt werden.
Zur zusätzlichen Baugrunduntersuchung der neu zu erstellenden Halle für PETRA III wurde im Bereich Nordost bis Ost des bestehenden PETRA-Tunnels ein Schlauchwaagensystem (HLS) installiert, welches die differentiellen Höhenbewegungen der einzelnen Tunnelsegmente aufdeckt und sämtliche Messdaten protokolliert.
Für den Aufbau und die Justierung der Strahlführungsmagnete auf den PETRA III Tragegestellen wurde ein kostengünstiges Konzept erstellt, welches mit geringem mechanischem Bearbeitungsaufwand die erforderlichen Genauigkeiten durch aufwendigere Justierverfahren erbringt. Zusätzlich dazu sind ausgefeilte Vorrichtungen sowohl zur Justierung selbst, als auch zur Justierhaltung erforderlich, die in ausgedehnten Testreihen entwickelt wurden.

VUV-FEL Die Drahtspannvorrichtungen für das Drahtmesssystem der Undulatorsektion des VUV-FEL wurden umkonstruiert, so dass der Draht nicht mehr so leicht reißen kann. Die Messdaten werden seit August 2004 erfasst und sind online im Internet unter `http://geo.desy.de/aktuelles/e464/ttfdraht` verfügbar.

PITZ Auf dem Betriebsgelände Zeuthen wurde der komplette Photoinjektor-Teststand erneut aufgemessen und justiert.

Experimente

HERMES Für HERMES wurden die Elemente des neuen Recoil-Detektors (Ringmagnet, Photonen-Detektor, Scintillating-Fibre-Detektor und Targetzelle) zusammenmontiert und der Bezug zu neu installierten Messmarken am supraleitenden Target-Magneten bestimmt. Zahlreiche Vermessungen sämtlicher Detektorkomponenten des HERMES-Experimentes wurden mehrmals angefordert. Ebenso wurde die 3D-Position des eingebauten Laser-Alignment-Systems überprüft.

HASYLAB Für HASYLAB wurden in der VUV-FEL Halle zunächst sämtliche Strahlverläufe und Komponentenpositionen auf dem Hallenboden angerissen. Im Anschluss daran wurden sämtliche Experimente-Unterbauten und zahlreiche Strahlrohr-Stützen abgesteckt. Mehrere Experimente-Aufbauten wurden mit Hilfe der Vermessungsabteilung justiert.

GIS / FM

Im Bereich der Graphischen Informations Systeme waren folgende Aktivitäten zu verzeichnen: Der aktuelle XFEL-Planungsstand wurde in das WEB-GIS übernommen und für die weitere Planung des XFEL durch externe Firmen wurde die Datenstruktur erstellt. Die inzwischen vorhandene Beschleuniger-Komponenten-Liste wurde in das Informationssystem übernommen.

Aus einer Laserscannerbefliegung wurden die Höhendaten übernommen und ein 3D-Geländemodell für das Betriebsgelände Schenefeld erstellt. Sämtliche Standpunkte der Baugrundaufschlussbohrungen wurden im GIS dokumentiert.

Die Beschleunigerkomponenten von DESY, DORIS und PETRA wurden im GIS dargestellt. Vom Betriebsgelände in Zeuthen wurde eine Übersichtskarte erstellt und für das 3D-Stadtmodell des DESY-Geländes ein Konzept erarbeitet.

Die Daten der Abwasserkanalerfassung wurden in eine Fachschale des GIS übernommen, um der Abteilung ZBAU das weitere Arbeiten zu ermöglichen.

Topographische- und Bauvermessung

An topographischen Vermessungen stand die Weiterführung des Siel- und Kanalkatasters z. B. auf dem Hallengelände HERA-S für ZBAU an. Des Weiteren wurden Pegelhöhen von Rückhaltebecken bestimmt, Höhenprofile im Bereich von geplanten Neu- oder Umbauten erfasst und Kabelbrücken aufgemessen.

Die Baugrundaufschlussbohrungen für die Planung des XFEL wurden weiterhin begleitet, indem geplante Bohrungen vor Ort abgesteckt und externen Firmen angezeigt wurden und die durchgeführten Bohrungen in Lage und Höhe bestimmt wurden, um diese in die Planungsunterlagen einzuarbeiten.

Gaseservice

Neben der zentralen Gasbeschaffung und wiederkehrenden Gasanalysen hat die Gruppe MEA6 verschiedene Projekte begleitet:

In diesem Jahr wurden diverse Änderungen an der H1-Gasversorgung durchgeführt. Um eine höhere Stickstoff-Gasentnahme zu gewährleisten, wurde das Rohrleitungssystem am vorhandenen Stickstoff-Tank verändert. Zusätzlich kann jetzt auch Stickstoff aus mobilen Dewargefäßen in das Leitungssystem eingespeist werden. Für eine H1-Detektorkomponente wurde ein höherer Frischgasanteil gefordert. Für die Realisierung hat die H1-Gruppe ein Mischsystem mit Gasregeneriereinheit vom HERA-B-Experiment übernommen. Da die verwendete Gasmischung brennbar ist, mussten diverse Umbau- und Installationsarbeiten durchgeführt werden, um den Sicherheitsanforderungen zu genügen.

Für den neuen Vakuumlötofen der Gruppe ZM31 wurde die bestehende Stickstoffversorgung, die MEA6 in 2002 projektiert hatte, erweitert. Gleichzeitig sind für die Lötöfen eine Stickstoff-Wasserstoff-Versorgung und für die Lecksuchgeräte eine Heliumversorgung projektiert und gebaut worden.

Für das Schweißen der Aluminiumrohre für das neu zu bauende PETRA III Vakuumsystem müssen für die Gruppen MVA und ZM31 Formiergase mit geringen Zusätzen von Stickstoff gemischt bzw. bei den Gasefirmen bestellt werden, um eine bessere Schweißqualität zu erzielen. Dafür wurde im Gebäude 14 eine zentrale Formiergasversorgung, bestehend aus einer Flaschenwechselstation und Rohrleitungssystem bis hin zur Schweißeinrichtung, projektiert und gebaut.

Für die Gruppe FLA, die am VUV-FEL mit einer Laser-Anordnung experimentiert, wurde eine Versorgung für trockene synthetische Luft aufgebaut.

Sicherheitseinrichtungen

Für das Personeninterlock-System im Bereich HASYLAB 1 – HARWI wurden Interlockkomponenten weiterentwickelt und neue Nebengebietseinschübe gebaut. Der komplette Interlockaufbau für die GKSS Strahlnutzergebiete und die Umrüstung der Beamshutter-Steuerungen für den automatisierten Strahlbetrieb wurden abgeschlossen. Die Komponenten werden nach der Interlockprüfung 2005/2006 an die Nutzer übergeben. Der gesamte Interlockaufbau HARWI ist damit abgeschlossen.

Von MEA3 wurde als neues Aufgabengebiet die Betreuung der Hallenwarnanlage HASYLAB 1-6 übernommen. Ein Schwerpunkt war das Einarbeiten in das Softwareprogramm der HASYLAB-Hallenwarnanlage, da der Wartungsvertrag mit der Fa. Siemens nicht verlängert wird.

Auch die Planung, der Aufbau und die Programmierung der Hallenwarnanlage, der Gasventil- und Lüftersteuerungen sowie die Planung, der Aufbau und die Programmierung der Gaswarnanlage und der Lautsprecheranlage für die HASYLAB FEL-Halle wurden von MEA3 übernommen. Das Laserinterlock in der FEL-Halle und im TTF-Tunnel wurde weiterentwickelt, die Lasersteuerung wurde über Ethernet an das DOOCS Kontrollsystem angebunden.

Die UVV-Prüfungen wurden für die Spezialtransportfahrzeuge HERA-TRAM, PETRA-DWARSLÖPER sowie die HETRANS von MHF-sl durchgeführt. Der DWARSLÖPER 1 wurde im Hydraulikbereich komplett überarbeitet. In die HETRANS wurde eine neue Steuerung für den Sanftanlauf der Hebeeinrichtung eingebaut.

Die von ZMEA3 aufgebauten und betreuten Gaswarnanlagen der HERA-Experimente H1, ZEUS und HERMES wurden in regelmäßigen Abständen justiert und notwendige Wartungsarbeiten durchgeführt. Die Gaswarnanlage des HERA-B Experimentes wurde demontiert. Für H1 wurden neue Steuerungen für die Gasventilstationen H1 HERA-Nord Raum 727 vorbereitet, die Gaswarnanlage wurde um einen Messkanal erweitert.