

Bereich Beschleuniger (M)

Inhalt

Übersicht M-Bereich	181
Speicherringanlage HERA	183
Speicherring DORIS III	189
Die Vorbeschleuniger	191
Freie-Elektronenlaser VUV-FEL	195
Zukünftige Synchrotronstrahlungsquelle PETRA III	197
Planungen und Untersuchungen für den Röntgenlaser XFEL bei DESY	199
Arbeiten der Gruppen des Bereichs Beschleuniger	201
Strahlenschutz	251

Übersicht M-Bereich

HERA

Das HERA Betriebsjahr 2004 war das Jahr mit den bisher besten Betriebsergebnissen. Die akkumulierte Luminosität der Proton-Positron Kollisionen für die Experimente H1 und ZEUS mit der Protonenenergie von 920 GeV und der Positronenenergie von 27.5 GeV betrug 92 pb^{-1} . Im Anschluss an eine Wartungsperiode wurden die Strahlführungselemente ab Anfang November in den beiden Wechselwirkungszonen Nord und Süd auf Protonen-Elektronen Betrieb umgestellt. Ab Anfang Dezember wurde zum ersten Mal seit 1999 der Proton-Elektron Kollisionsbetrieb wieder aufgenommen.

DORIS III

DORIS lief wie auch in den vergangenen Jahren sehr zuverlässig bei der Energie von 4.4 GeV. Die Betriebseffizienz lag bei 93%. Am Ende der Süd-Geraden wurde ein neuer 2 m langer Permanentmagnetwiggler für Experimente der GKSS Geesthacht mit harter Röntgenstrahlung eingebaut.

PETRA II

PETRA wurde während ca. 37% der Zeit für die Vorbeschleunigung von Positronen oder Elektronen auf 12 GeV für HERA-e benutzt. Der Betrieb mit Positronen lief von Januar bis Mitte August. Zu Beginn der zweiten Betriebsperiode ab Anfang Oktober wurde der Betrieb mit Elektronen fortgesetzt. Die Umstellung von Positronen auf Elektronen bereitete keine Schwierigkeiten. Während 23% der Zeit wurden Protonen für HERA-p auf 40 GeV vorbeschleunigt. Mit 9% war der Zeitanteil, der in diesem Jahr auf den Betrieb als Synchrotronstrahlungsquelle entfiel, sehr gering.

PETRA III

Ein wesentlicher Meilenstein war die Fertigstellung des technischen Designreports (TDR) in seiner endgültigen Form Ende Februar. Das „Machine Advisory Committee“ (MAC) hat den Beschleunigerteil des TDR im Frühjahr begutachtet und daraufhin den Umbau von PETRA befürwortet. Danach hat auch der Erweiterte Wissenschaftliche Rat (EWR) von DESY aufgrund der positiven Aussage des MAC dem Umbau zu einer Synchrotronstrahlungsquelle zugestimmt. Im Dezember wurde das Projekt dann vom DESY Verwaltungsrat genehmigt. Ein weiterer wichtiger Schritt im Dezember war die Unterzeichnung des Vertrages, der die Zusammenarbeit zwischen DESY und dem Budker Institut in Novosibirsk (BINP) bezüglich der Dämpfungswigglerabschnitte festlegt. Die Dämpfungswiggler sind ein wesentlicher Bestandteil der Maschine, um das ehrgeizige Ziel der kleinen horizontalen Emittanz von 1 nmrad zu erreichen.

Vorbeschleuniger

Die Vorbeschleuniger LINAC II, PIA, LINAC III, DESY II und DESY III liefen wie in den früheren Jahren mit großer Zuverlässigkeit. Auch in diesem Jahr wurden zahlreiche technische Verbesserungen und Maßnahmen zur Erhöhung der Betriebssicherheit durchgeführt.

Freie-Elektronenlaser VUV-FEL

Zum Jahreswechsel wurde die bei PITZ präparierte und konditionierte Kanone im VUV-FEL Tunnel eingebaut. Anschließend folgte im Januar der Einbau des letzten Beschleunigermoduls ACC1. Im Februar

war das gesamte Vakuumsystem des Beschleunigers (ca. 360 m), mit Ausnahme des Undulatorabschnittes angepumpt. In der Zeit von Anfang März bis Juni wurden gleichzeitig der Elektronenstrahlbetrieb im Injektor mit dem betriebsbereiten Modul ACC #1 und die HF-Inbetriebnahme der kalten Module ACC #2 bis ACC #5 ohne Strahl vorgenommen. Im September wurde der Strahlbetrieb zunächst im Bypassmode wieder aufgenommen. Im Dezember passierte der Elektronenstrahl erstmals den 30 m langen Undulatorabschnitt. Die Messung des ersten Spektrums der spontanen Strahlung war der erfolgreiche Abschluss der Aufbauarbeiten und der Inbetriebnahme der gesamten Maschine mit dem Elektronenstrahl bei Energien um 450 MeV.

XFEL

Am 28. September 2004 wurde der Staatsvertrag über den XFEL zwischen den Ländern Hamburg und Schleswig-Holstein von der Ministerpräsidentin von Schleswig-Holstein und dem regierenden Bürgermeister der Hansestadt Hamburg feierlich unterzeichnet. Nach der Ratifizierung dieses Vertrages sind die rechtlichen Voraussetzungen für die Durchführung des Planfeststellungs-Verfahren und die Erlangung der Bau- und Betriebsgenehmigung erfüllt. Mit der Erstellung der eigentlichen Planfeststellungs-Unterlagen wurde Ende des Berichtszeitraums begonnen. Mit der Fertigstellung ist im Frühjahr 2005 zu rechnen.

Die im XFEL Steering Committee beteiligten Länder haben am 23. 09. 2004 in Berlin in einem Memorandum of Understanding (MoU) die Aufgaben des Steering Committee und seiner beiden Arbeitsgruppen zu „Scientific and Technical Issues“ (STI) und „Administrative and Funding Issues“ (AFI) sowie die nächsten

Schritte innerhalb der Vorbereitungsphase des Projekts schriftlich fixiert. Bis Dezember 2004 lagen die Unterschriften unter dieses MoU aus Deutschland, Frankreich, Griechenland, Großbritannien, Italien, Schweden, der Schweiz und Spanien vor. Auf der Grundlage der Ergebnisse von STI und AFI wird das Steering Committee ein Memorandum of Understanding zum Bau und Betrieb des XFEL erarbeiten.

Linearbeschleuniger-Konferenz LINAC 2004 in Lübeck

Vom 16. bis 20. August 2004 fand die gemeinsam von DESY und der Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI) organisierte 22te Linearbeschleuniger-Konferenz LINAC 2004 in Lübeck statt. Eine große Zahl von Beiträgen ermöglichte den Austausch von Wissen über die aktuellen Beschleunigerprojekte sowie deren Subsysteme. Dabei standen sowohl die Beschleunigersektionen selbst als auch die für deren Betrieb benötigten Hochfrequenz-Systeme im Vordergrund. Eine große Rolle spielte die supraleitende Technologie. Hier wurde als einer der Höhepunkte der Konferenz die Entscheidung des International Technology Recommendation Panel (ITRP) bekannt gegeben: Der geplante und global zu realisierende Linear Collider soll auf Basis der bei DESY vorangetriebenen supraleitenden TESLA Technologie gebaut werden. Sowohl der Tagungsort Lübeck mit seiner Musik- und Kongresshalle als auch der Verlauf der Konferenz wurden von den etwa 320 Teilnehmern durchweg positiv beurteilt. Die schon in einer langen Tradition ausgetragene LINAC Konferenz ist auch weiterhin eine hervorragende Möglichkeit, sich über Beschleunigerphysik und -technik zu informieren und auszutauschen.

Speicherringanlage HERA

Übersicht über das HERA Betriebsjahr 2004

Das HERA Betriebsjahr 2004 war das Jahr mit den bisher besten Betriebsergebnissen. Die akkumulierte Luminosität der Proton-Positron Kollisionen für die Experimente H1 und ZEUS mit der Protonenenergie von 920 GeV und der Positronenenergie von 27.5 GeV betrug 92 pb^{-1} (siehe Abbildung 110). Der Luminositätsbetrieb erstreckte sich von Januar bis Anfang August (siehe Tab. 2). Nach einer kurzen Beschleunigerstudienzeit schloss sich eine zweimonatige Betriebsunterbrechung an, welche genutzt wurde, defekte Magnetspulen im HERA Protonenring auszutauschen und um die obligatorische jährliche Prüfung des Personensicherheitssystems durchzuführen.

Ab Mitte Oktober wurde der Strahlbetrieb parallel zur technischen Inbetriebnahme wieder aufgenommen. Anschließend, ab 2. November, wurden die Strahlführungselemente auf Protonen-Elektronen Betrieb umgestellt. Dies erforderte eine Verschiebung der Magnete in den Wechselwirkungszonen um mehrere Millimeter. Während einer

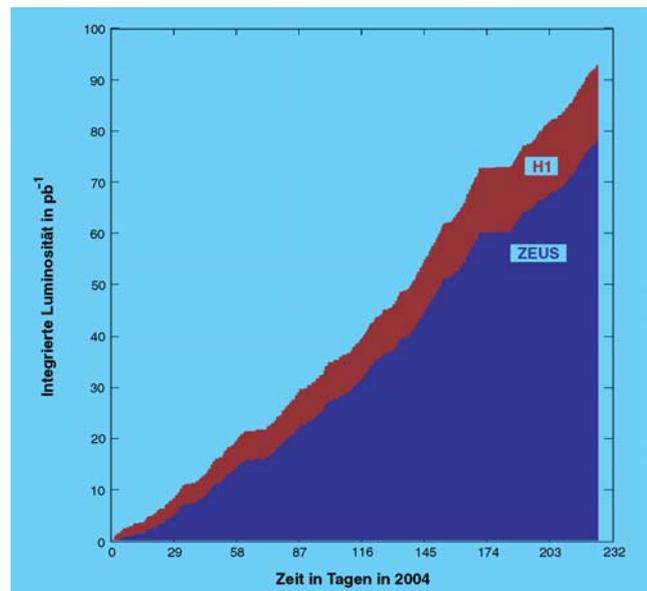


Abbildung 110: Die integrierte Luminosität von HERA in 2004.

dreiwöchigen Beschleunigerstudienperiode wurde HERA in der Proton-Elektron Konfiguration auf den Luminositätsbetrieb vorbereitet. Der Luminositätsbetrieb wurde am 1. Dezember wieder aufgenommen.

01. Januar	– 16. August	Luminositätsbetrieb mit Protonen und Positronen
16. August	– 15. Oktober	Betriebspause, Reparaturen und Tests
15. Oktober	– 31. Oktober	Wiederinbetriebnahme
02. November	– 30. November	Umstellung auf Proton-Elektronenbetrieb
01. Dezember	– 22. Dezember	Luminositätsbetrieb mit Protonen und Elektronen
23. Dezember	– 27. Dezember	Betriebspause
27. Dezember	– 31. Dezember	Luminositätsbetrieb mit Protonen und Elektronen

Tabelle 2: Übersicht über das HERA Betriebsjahr 2004.

Ergebnis des Positronen-Protonen Luminositätsbetriebs

Am Anfang des Luminositätsbetriebs, im Januar 2004, waren die Strahlintensitäten noch durch die Untergrundbedingungen für den H1 Detektor begrenzt. Die beiden Ringe wurden deshalb im Januar noch mit 120 Protonen-Teilchenpaketen und 126 Positron-Teilchenpaketen betrieben. Ab Februar jedoch stellte dies keine Begrenzung mehr dar. Der Luminositätsbetrieb wurde mit 180 Teilchenpaketen fortgesetzt. Die Protonenintensität betrug etwa 100 mA im Berichtszeitraum. Das entspricht $7.3 \cdot 10^{10}$ Protonen pro Teilchenpaket und entspricht den von den Vorbeschleunigern gelieferten Maximalstromstärken. Die Intensität der Positronen konnte bis Mitte Juni auf 48 mA ($3.5 \cdot 10^{10}$ Positronen pro Teilchenpaket) gesteigert werden und erreichte damit die Werte, die als Ziel in 2004 gesteckt waren. Mit den in 2004 benötigten Hochfrequenzparametern, der erforderlichen Beschleunigungsspannung von 130 MV und der maximal zur Verfügung stehenden Hochfrequenzleistung von 12 MW (nominal) beträgt die maximale Stromstärke, die noch zuverlässig bei 27.5 GeV gespeichert werden kann, ca. 58 mA. Die Spitzenluminosität am Anfang eines Luminositätslaufes betrug maximal $L_{\text{peak}} = 3.8 \cdot 10^{31} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Die integrierte Luminosität (gemessen vom Experiment H1) erreichte $\int L dt = 92 \text{ pb}^{-1}$. Sie blieb damit wegen einer Leckage des Vakuumsystems am Experiment NR am 16. Juni etwas hinter den Erwartungen zurück. Nach diesem Ereignis konnten die Spitzenstrahlströme wegen Begrenzungen durch die Untergrundzählrate in H1 nicht mehr erreicht werden.

Die Produktionsrate der Luminosität betrug in der ersten Junihälfte 0.8 pb^{-1} pro Tag. Im Jahresmittel wurden jedoch lediglich 0.4 pb^{-1} pro Tag erreicht. Dies lag an der relativ geringen Verfügbarkeit der Beschleunigerkomponenten von nur ca. 78%. Die dadurch verursachten häufigen Strahlverluste ergaben nur eine Effizienz des Luminositätsbetriebs von 40% (siehe Abbildung 111). In den vergangenen Jahren wurden bis zu 60% erreicht. Insgesamt wurden 235-mal Strahlen für Luminosität zur Kollision gebracht. Die mittlere Laufzeit betrug 7.5 h bei einer nominalen geplanten Laufzeit von im Mittel 15 h. Insgesamt wurden 446-mal Protonen injiziert und beschleunigt. Die Zahl der Positronenzyklen betrug 388.

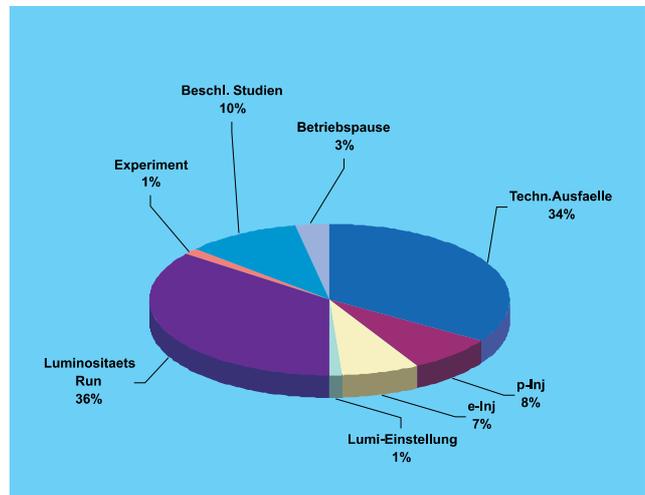


Abbildung 111: HERA Betriebsstatistik 2004.

Die Positronenstrahlen in HERA sind longitudinal polarisiert in allen drei Experimenten. Der Polarisationsgrad erreichte 50% und liegt damit erwartungsgemäß etwas unter den Werten, die vor dem Einbau der beiden zusätzlichen Rotatorpaare erreicht wurden. Die Polarisationsrichtung in den Wechselwirkungszonen wurde insgesamt dreimal gewechselt. In der Polarisationsrichtung mit positiver Helizität wurden nur Polarisationswerte von 40% erreicht (Abbildung 112). Die Daten dieses Kapitels sind in Tab. 3 zusammengefasst.

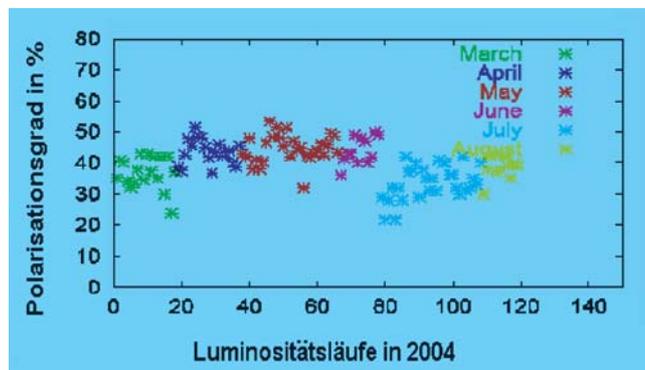


Abbildung 112: Maximal erreichter Polarisationsgrad für die Proton-Positron Luminositätsläufe in 2004. In den Monaten Januar bis März sowie Juni, Juli und August war die Helizität positiv, in den Monaten April und Mai war die Helizität negativ.

Proton / Positron Strahlenergie	920 GeV / 27.6 GeV
Proton / Positron Strahlströme (Maximalwerte)	106 mA / 48 mA
Proton / Positron horizontale Emittanz	5.6 nm / 27 nm
Proton / Positron vertikale Emittanz	5.6 nm / 3 nm
Spitzenluminosität	$3.8 \cdot 10^{31} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
Spezifische Luminosität	$1.5 \cdot 10^{30} \text{ mA}^{-2} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
Integrierte Luminosität	92.7 pb ⁻¹ (H1)
Angesetzte Betriebszeit (BZ)	4058 h
Luminositätsproduktionszeit (ZL)	1703 h
Anzahl der Luminositätsläufe	235
Betriebseffizienz ZL/BZ	42%
Maximaler Longitudinaler Polarisationsgrad	50%

Tabelle 3: Der Proton-Positron Luminositätsbetrieb 2004 in Zahlen.

Beschleunigerphysikalische Gesichtspunkte und Begrenzungen

Die spezifische Luminosität des Proton-Positronenbetriebs wurde durch eine Reihe von Maßnahmen, wie dezidierte Strahl-optikverbesserungen und Kompensation von Störungen optimiert. Die dazu notwendigen Verfahren wurden weiter entwickelt und verfeinert. Die spezifische Luminosität blieb mit etwa $L_{\text{spec}} = 1.5 \cdot 10^{30} \text{ mA}^{-2} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ um ca. 22% hinter den Idealwerten von $L_{\text{spec}} = 1.9 \cdot 10^{30} \text{ mA}^{-2} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ zurück. Die Reduktion der spezifischen Luminosität ist auf eine Reihe von Effekten zurück zu führen, die alle recht gut verstanden und quantifiziert worden sind und für die teilweise Abhilfe in die Wege geleitet wurde. Die wichtigsten Effekte sind:

- Aufweitung der Protonenstrahlemittanz durch starke Strahl-Strahlwechselwirkung mit den Positronen.
- Reduktion der effektiven Amplitudenfunktion am Wechselwirkungspunkt durch lange Protonenpakete („hour glass effect“). Dies ist auf gekoppelte longitudinale selbstgetriebene Schwingungen der Protonenpakete (multibunch instabilities) zurück zu führen. Abhilfe wird ein longitudinales Dämpfungssystem schaffen.
- Reststörung der Positronen Strahl-optik durch Strahl-Strahl Fokussierung. Dieser Effekt ist in linearer Näherung kompensiert. Es bleibt eine Störung höherer Ordnung (beam beam beta beat).

- Aufweitung der Positronenstrahlemittanz durch starke Strahl-Strahlwechselwirkung mit den Protonen sowie durch eine Verschiebung der erforderlichen Hochfrequenz gegenüber dem Betriebswert um 70 Hz. Abhilfe: alternativer Arbeitspunkt, Optimierung der Hochfrequenzparameter.

Die Abbildung 113 verdeutlicht die Größe der Effekte. Dargestellt ist ein Vergleich der gemessenen spezifischen Luminosität für alle Luminositätsläufe in 2004 (schwarze Balken) mit der aus den gemessenen Strahl-

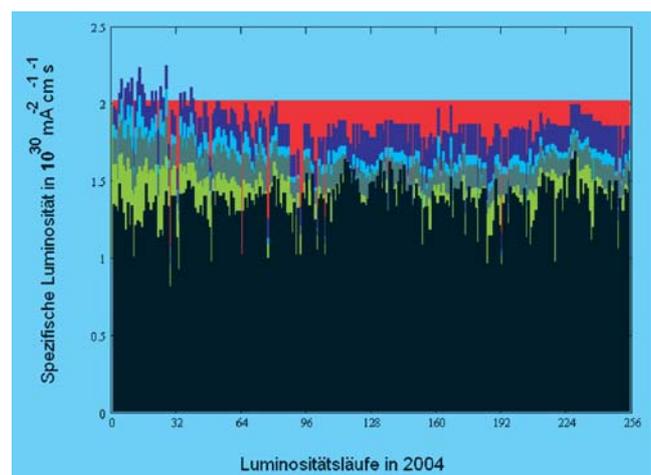


Abbildung 113: Vergleich von gemessener spezifischer Luminosität (schwarze Balken) mit der Berechnung aus den gemessenen Strahlparametern unter Berücksichtigung verschiedener Effekte (siehe Text).

parametern berechneten spezifischen Luminosität unter Berücksichtigung der oben angeführten Effekte. Ausgehend von einer idealen spezifischen Luminosität werden dabei nach und nach die Aufweitung der Proton Emittanz, der hour-glass Effekt, die Reststörung der Optik durch Strahl-Strahlwechselwirkung sowie das Aufweiten der Positronenemittanz durch Strahl-Strahlwechselwirkung berücksichtigt. Werden alle Effekte berücksichtigt, ist der Unterschied zur gemessenen spezifischen Luminosität sehr klein. Man erkennt, wie sich im Laufe der Anfangszeit die spezifische Luminosität verbessert hat und sich gleichzeitig das Modell an die Messwerte angenähert hat. Die Schlussfolgerung ist, dass die spezifische Luminosität sehr gut verstanden ist und damit weitere Steigerungen möglich sind.

Die relative Bedeutung dieser Effekte für alle Positron-Proton Luminositätsläufe in 2004 ist in Abbildung 113 dargestellt. Es ist erkennbar, dass das Modell unter Berücksichtigung aller bekannten Effekte sehr gut durch die Messung von H1 bestätigt wird.

Technische Probleme und Verbesserungsmaßnahmen

Eine Reihe von technischen Problemen hatte die Datenproduktion in HERA teilweise verhindert und sich nachteilig auf die Betriebseffizienz ausgewirkt. Verbesserungen an diesen Systemen wurden zum Teil noch im Berichtszeitraum geplant, durchgeführt und getestet.

Dazu gehört in erster Line eine Modifikation des Vakuumsystems in der Wechselwirkungszone Nord. Hier wurden kritische Flanschverbindungen der Vakuumkammer durch geschweißte Verbindungen ersetzt, nachdem es wiederholt zu Vakuumleckagen in diesem Bereich gekommen war. Diese haben einen großen Anteil am Verlust von Betriebszeit und Betriebseffizienz und bewirkten eine Limitierung der Strahlintensitäten. Die Synchrotronstrahlungsabsorber im Oktanten NR bei 11 m wurden verbessert, um die nachfolgenden Strahlrohre besser vor Erwärmung zu schützen. An einigen Strahlrohrabschnitten wurde die Kühlung verbessert. Außerdem wurden Strahlrohrsysteme in der Wechselwirkungszone, bei denen es zu starken Erwärmungen durch Synchrotronstrahlung gekommen war, durch ein Temperaturinterlocksystem geschützt. (Siehe dazu auch Bericht der Gruppe MVA)

Das Protonenhochfrequenzsystem ist ein weiteres System, welches zu Verlusten von Betriebszeiten und schlechten Bedingungen für die Datennahme geführt hat. Ein defektes Kabel blieb für einen längeren Zeitraum unentdeckt. Dies führte zu einem erhöhten Hochfrequenzrauschniveau. Die Folge davon war ein großer Anteil von Protonengleichstrom, welcher zu sehr schlechten Untergrundbedingungen für die Experimente führt. Um solchen Problemen besser vorbeugen zu können, wurde die verantwortliche Gruppe personell unterstützt.

Ein nicht unwesentlicher Faktor in der Betriebseffizienz ist die Bedienung der Maschine. Am Anfang des Betriebsjahrs ging noch viel Betriebszeit aufgrund von Bedienungsfehlern verloren. Deshalb wurde die Information und Schulung der Betriebsmannschaft intensiviert. Die Rechnerprogramme für die Beschleunigerbedienung werden laufend verbessert. Insbesondere wird die Automation der Bedienung kontinuierlich vorangetrieben. Siehe dazu auch den Bericht der Gruppe MST.

Zur Verbesserung der longitudinalen Stabilität des Protonenstrahls in HERA wurden die existierenden Dämpfungssysteme optimiert und verbessert. Außerdem wurde das Projekt eines breitbandigen longitudinalen Dämpfungssystems für den Protonenstrahl auf den Weg gebracht.

An den 500 MHz Senderanlagen wurde an der Verbesserung des Senderschutzes gearbeitet, um fehlerhaften Abschaltungen durch Fehlmessungen besser vorzubeugen. (Siehe dazu auch den Bericht der Gruppen MKK und MHF-e).

Ein aufwendiges Programm zum Austausch aller Magnetspulen vom Typ BU wurde im Berichtszeitraum in Angriff genommen. Die Magnete vom Typ BU sind normalleitende vertikal ablenkende Dipolmagnete des Protonenrings. Die Magnete sind 5 m lang. Die Spulen sind aus Kupfer und sind mit Wasser gekühlt. Eine Dipolspulenhälfte hat ein Gewicht von 2 T. Alle bisher untersuchten Spulen dieses Typs haben Wasserlecks entwickelt. Es wird davon ausgegangen, dass alle Spulen ausgetauscht werden müssen. Sechs dieser Spulen wurden in der Betriebspause im Herbst 2004 ausgewechselt. Bis Ende 2005 sollen alle 36 Magnetspulen ausgewechselt sein.

Elektronenbetrieb

Nach der Betriebspause im Herbst 2004 wurde der Betrieb von Proton-Positron auf Proton-Elektron Kollisionen umgestellt. Das Aufsetzen des Elektronbetriebes erfolgte in drei Stufen:

- Wiederaufnahme des Betriebes nach der Betriebspause mit Positronen.
- Umkehren aller Magnetpolaritäten und Injektion von Elektronen.
- Rekonfiguration der Wechselwirkungszonen für Proton-Elektron Kollisionen mit Verschiebung der Wechselwirkungszonen-Magnete um bis zu 8 mm.

Diese stufenweise Umstellung erwies sich als sehr effizient und erfolgreich, besonders im Hinblick auf die zahlreich aufgetretenen typischen Wiederanlaufprobleme, die erst einmal in der vertrauten Positronenkonfiguration gelöst werden konnten.

Eine mehrwöchige Beschleunigerstudienzeit im Monat November 2004 war erforderlich, um die Feineinstellung der Speicherringe für einen effizienten Elektron-Proton Kollisionsbetrieb zu bewerkstelligen. Insbesondere wurde die Magnetaufstellung durch Analyse des Strahlverhaltens überprüft und feinjustiert („beam based alignment“).

Ab Anfang Dezember wurde zum ersten Mal seit 1999 der Proton-Elektron Kollisionsbetrieb wieder aufgenommen. Wegen der Belüftung des Vakuumsystems in der Wechselwirkungszone HERA Nord waren die Strahlvakuumdrücke in den entsprechenden Abschnitten noch sehr hoch. Aus diesem Grund wurde die Strahlintensität auf etwa ein Drittel des erreichbaren Maximalwertes begrenzt, um Strahlenschäden am H1 Detektor zu vermeiden.

Im Elektron-Proton Luminositätsbetrieb im Dezember wurde erwartungsgemäß eine höhere spezifische Luminosität erzielt als im Proton-Positron Betrieb. Dies ist auf das umgekehrte Vorzeichen der Strahl-Strahlwechselwirkung für die Elektronen-Proton Kollisionen zurück zu führen. Dadurch werden sowohl die Störungen der linearen Optik als auch die dynamischen Effekte der Strahl-Strahlwechselwirkung reduziert. Durch die etwas kleinere Amplitudenfunktion und die kleineren Strahlemittanzen ergeben sich kleinere Strahlquerschnitte an den Wechselwirkungspunkten. Außerdem wurde die Emittanz des Elektronenstrahls durch eine Korrektur der Hochfrequenz um 70 Hz weiter reduziert. Damit ergeben sich spezifische Luminositäten von $L_{\text{spec}} = (1.6 - 2) \cdot 10^{30} \text{ mA}^{-2} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Bis zum Jahresende wurde eine Luminosität von ca. 2 pb^{-1} akkumuliert.

Speicherring DORIS III

DORIS III Betrieb 2004

Der Speicherring DORIS III versorgte in der Zeit vom 14. Januar bis zum 2. August, sowie vom 1. November bis zum 23. Dezember 2004, die Experimente bei HASYLAB mit Synchrotronstrahlung. In dieser Zeit gab es nach jeweils 5 Wochen Strahlzeit eine Service-woche für Wartungen und Umbauten bei der Maschine und den Experimenten. Ein typischer Run mit 5 Bunchen dauerte 6–8 Stunden mit einem Strahlstrom zwischen 90 und 140 mA und Lebensdauern zwischen 10 und 20 Stunden. Während dedizierter Strahlzeiten für zeitaufgelöste Messungen wurde die Maschine mit 2 Bunchen gefüllt. Dabei lag der Gesamtstrom zwischen 50 mA und 90 mA bei Lebensdauern zwischen 12 und 20 Stunden.

Im April musste das Strahlvakuum unplanmäßig belüftet werden, um die Hochfrequenzabschirmung eines Ventils des Ringvakuums zu ersetzen. Anschließend musste sich das Vakuum in diesem Bereich der Maschine erholen, so dass eine Woche Strahlzeit verloren ging. Trotzdem konnte in diesem Jahr eine mittlere Verfügbarkeit von 93% erreicht werden. Die gesamte Strahlzeit betrug 4781 Stunden.

Arbeiten in DORIS

Vom 2. August bis 28. September gab es die geplante Betriebsunterbrechung. In dieser Zeit wurden neben den notwendigen Strahlenschutzabnahmen und Interlocktests erhebliche Umbauten vorgenommen.

Am Ende der Süd-Geraden wurde der neue 2 m lange Permanentmagnetwiggler für Experimente der GKSS Geesthacht mit harter Röntgenstrahlung eingebaut. Bei einem minimalem Spalt von 14 mm wird eine Feldstärke von 2 Tesla und eine kritische Energie der Photonen von 27 keV erreicht. Wegen der extrem niedrigen

lichten Höhe der Vakuumkammer von 11 mm konnte diese nicht an der Position des alten HARWI-Wigglers eingebaut werden, sondern musste um einige Meter zurückverlegt werden, wo die Strahlhöhe entsprechend kleiner ist. Dies hatte erhebliche Konsequenzen. So musste zum ersten Mal ein wassergekühlter Absorber in den Ring eingebaut werden, um zu verhindern, dass die Strahlung des Wigglers die Vakuumkammer trifft und beschädigt. Die Auslasskammer für die Synchrotronstrahlung musste den veränderten Strahldimensionen angepasst werden und wurde ersetzt. Die beiden transversalen Feedbackkicker, die sich an der jetzigen HARWI Position befanden, wurden umgesetzt.

Für die eigentliche Wigglerkammer wurde eine für DESY neue Technik angewendet. Die Kammer besteht aus Edelstahl und ist innen mit NEG-Material besputtert. Dieses kann nach der Aktivierung Gasmoleküle absorbieren und so ohne separate Pumpen ein gutes Vakuum sicherstellen. Eine im Bereich der Südgeraden modifizierte Strahloptik sorgt dafür, dass die Strahlhöhe am Ort des neuen HARWI noch kleiner wurde. Der Strahlbetrieb nach dem Umbau zeigte, dass die zusätzlichen Apertureschränkungen nicht zu einer Verschlechterung der Strahlbedingungen führten. Bis zum Beginn der Strahlzeit 2005 werden die Restarbeiten soweit abgeschlossen sein, dass der Strahlbetrieb bei geschlossenem Wiggler getestet werden kann. Bei 150 mA wird der Wiggler dann Strahlung mit einer Leistung von 30 kW produzieren.

In der Zeit der Betriebsunterbrechung wurde zusätzlich die Elektronik der Strahlpositionsmonitore erneuert. Mit der neuen Elektronik ist es u. a. möglich, deutlich schneller und präziser zu messen als zuvor. Dies führt über die bereits etablierte globale Lageregelung zu einer weiter verbesserten Strahlstabilität. Zusätzlich ist es jetzt möglich, auch schnellere Lageschwankungen, bis ca. 150 Hz, zu messen und mit Hilfe einer neuen Software zu korrigieren.

Die Vorbeschleuniger

LINAC II und PIA

LINAC II und PIA wurden im Jahr 2003 routinemäßig als Vorbeschleuniger für alle nachfolgenden Maschinen betrieben. Nach dem kompletten Austausch aller Beschleunigerabschnitte und dem Umbau aller Modulatoren in den letzten Jahren gab es im Berichtszeitraum keine größeren Arbeiten am LINAC II. Am Positronen-Intensitäts-Akkumulator (PIA) wurde in der Wartungsperiode der als Reserve zur Verfügung stehende 10.4 MHz Sender technisch auf den neuesten Stand gebracht. Gleichzeitig wurde ein neues 125 MHz System installiert und in Betrieb genommen.

LINAC III

Im Berichtszeitraum standen beide H^- -Ionenquellen am LINAC III sowie der LINAC selbst mit sehr hoher Zuverlässigkeit praktisch ohne Ausfälle zur Verfügung. Die Messung und Darstellung der Energieverteilung im LINAC-Puls wurde vorbereitet und soll im kommenden Jahr den Operateuren zur Verfügung stehen.

DESY II

DESY II lieferte bis zur Wartungsperiode Positronen mit gewohnt hoher Zuverlässigkeit für die Teststrahlbenutzer, DORIS, PETRA und HERA. Während dieser Zeit wurde zwischendurch die Umschaltung auf Betrieb mit Elektronen vorbereitet, wobei die Software-Kontrollen aller Beschleunigerkomponenten dem im Jahr 2003 erneuerten Kontrollsystem angepasst wurden und der dazu gehörige Injektionskicker in Betrieb genommen wurde. Die Injektions-Effizienz mit Elektronen konnte schnell gesteigert werden und erreichte den regelmäßig erhaltenen durchschnittlichen Wert beim

Betrieb mit Positronen (85–90%). Während der kurzen Wartungsperiode wurden die Trafokessel und das Ölkühlsystem für die Magnetstromversorgung überholt und alle Messröhren für das Vakuumsystem in DESY II sowie im Injektions- und Ejektionsweg zu PETRA ausgetauscht. Die Restarbeiten für die Erneuerung des Personeninterlocksystems konnten abgeschlossen werden. Der Betrieb mit Elektronen zu PETRA/HERA und für die Teststrahlbenutzer sowie mit Positronen für DORIS wurde nach der Wartungsperiode fortgesetzt. Das Umschalten zwischen den Teilchenarten findet regelmäßig einige Male am Tag statt und verläuft zuverlässig. Typische mittlere Teilchenzahlen pro Bunch entsprechen $3.5 \cdot 10^9$ Positronen und $1.6 \cdot 10^{10}$ Elektronen.

DESY III

Als Vorbeschleuniger für PETRA und HERA lieferte DESY III sehr zuverlässig Protonen bei mittleren Strömen von etwa 200 mA beim Maximalimpuls von 7.5 GeV/c. Die Steuerung für die Magnetkreise wurde durch modulare und einheitliche Module ersetzt. Zur Vermeidung längerer Betriebsausfälle wurden ein neues Ejektionsseptum, einige kritische Vakuorkammern und zwei Beam-Stopper als Reserve für den Notfall gebaut.

PETRA

Übersicht

Im Betriebsjahr 2004 lief PETRA 319 Tage. Die Betriebszeit teilte sich im Wesentlichen in drei Teile auf. Von Januar bis zum 16. August wurde der Betrieb des vorangegangenen Jahres fortgesetzt. Anschließend gab es eine Unterbrechung bis zum 28. September. Bis zum

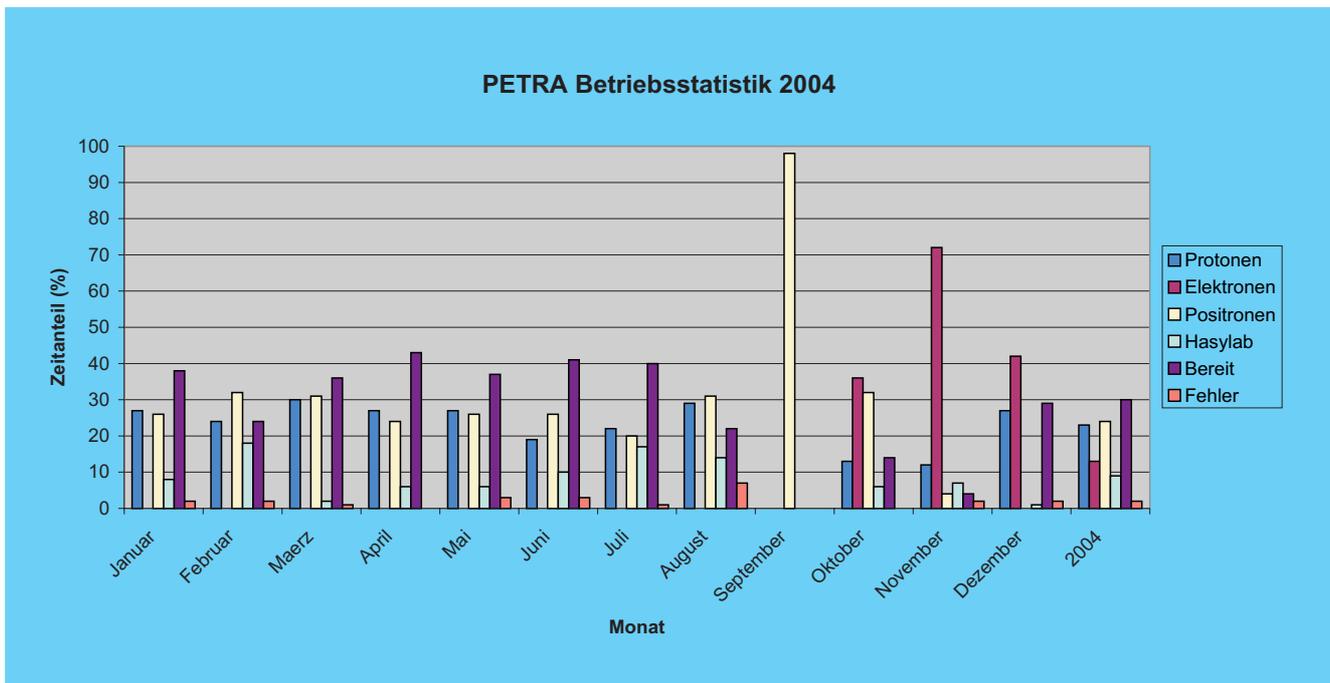


Abbildung 114: Aufteilung der Betriebszeit 2004 auf die einzelnen Betriebsmodi; Vorbeschleunigerbetrieb: Positronen, Elektronen und Protonen; Synchrotronstrahlungsbetrieb: Hasylab; Maschine im Wartezustand: bereit.

Ende des Jahres, mit der üblichen Weihnachtsunterbrechung, wurde die Maschine weiterbetrieben.

Die Verteilung der Zeit auf die einzelnen Betriebsmodi entnimmt man Abbildung 114. Der Betrieb im Einzelnen sah wie folgt aus.

Betrieb als Vorbeschleuniger

Elektronen / Positronen

Die Maschine lief ca. 37% der Zeit als Positronen- oder Elektronen-Vorbeschleuniger für HERA. Die Verteilung auf die einzelnen Monate war recht unterschiedlich. Die Maschine lief von Januar bis Mitte August mit Positronen. Zu Beginn der zweiten Betriebsperiode ab Anfang Oktober wurde der Betrieb mit Elektronen fortgesetzt. Die Umstellung von Positronen auf Elektronen bereitete keine Schwierigkeiten.

Der Betrieb war wie in den vorangegangenen Jahren unproblematisch. Es gab einige Ausfälle, zum einen durch altersbedingt schadhafte Senderschutzanlagen und zum anderen durch den Ausfall eines Klystrons. Die daraus resultierenden Betriebsunterbrechungen waren nur kurz, weil das HF-System für PETRA II vor einigen Jahren redundant ausgelegt wurde. Bei Ausfall einer Anlage kann auf die andere funktionierende Anlage umgeschaltet werden. Das Problem mit dem Senderschutz wurde durch den Einbau neuer Komponenten behoben. Das defekte Klystron wurde ersetzt, so dass zum Ende des Jahres wieder zwei funktionierende Anlagen zur Verfügung standen.

Die drei Pulser für die Leptonen-Ejektion wurden von Doppelkathodenthratronen auf Pulser mit einem Thyatron umgestellt, wobei jetzt die Länge des Kickerpulses durch eine Kabelentladung festgelegt wird. Durch diese Umstellung verliert man zwar die Möglichkeit, Pulslängen flexibel einzustellen, gewinnt aber an Zuverlässigkeit durch Vereinfachung der Anlage. Nach an-

fänglichen Schwierigkeiten haben sich die neuen Pulser im Betrieb bewährt.

Zu Beginn der zweiten Betriebsperiode wurde das sogenannte Nearby-Mode Feedback in Betrieb genommen. Dieses Rückkopplungssystem stabilisiert den Strahl gegen eine longitudinale Multibunchinstabilität, die durch den Beschleunigungsmodus des Elektronen-HF-Systems getrieben wird. Dieses zusätzliche Rückkopplungssystem stabilisiert im Zusammenspiel mit den beiden transversalen Multibunchfeedbacksystemen sehr gut, so dass bis zu 130 mA Strahlstrom gefüllt werden konnten, weit über dem Entwurfswert von 58 mA.

Protonen

23% der Zeit wurde die Maschine als Vorbeschleuniger für HERA benutzt. Der Betrieb wurde durch einige Ausfälle gestört. Sowohl der Vakuumtank des Protoninjektionsseptums wie auch der Vakuumtank eines Protonejektionskickers wurden während der ersten Betriebsperiode undicht. Der Tank des Septums konnte vor Ort zugeschweißt werden. Der Reparaturversuch beim Kickertank schlug jedoch fehl, so dass dieser Kicker getauscht werden musste. In der ersten Betriebsperiode gab es wiederholt Strahlverluste während des Beschleunigens der Protonen und Emittanzaufweitungen der Protonbunche. Die Ursache der Strahlverluste konnte erst nach einigen Wochen auf das unplanmäßige Auslösen eines der Dump-Kicker zurückgeführt und beseitigt werden. Das Emittanzproblem wurde dadurch gelöst, dass die Stärke der Sextupole empirisch vergrößert wurde. Zu Beginn der zweiten Betriebsperiode wurden die einzelnen Zustände, die für den Protonbetrieb notwendig sind, systematisch untersucht und

verbessert, so dass der Protonenbetrieb auch wieder zuverlässiger war.

Zur Verbesserung der Stabilität der Protonejektion wurde der Kicker mit fester Apertur während der Betriebsunterbrechung im August und September durch einen weiteren Fahrkicker ausgetauscht, so dass nun drei Fahrkicker für die Ejektion zur Verfügung stehen.

Die Intensitätsrekordwerte des letzten Jahres konnten zwar nicht erreicht werden, aber die Intensitäten bei Ejektionsenergie (40 GeV) lagen dicht bei den Entwurfswerten.

Betrieb als Synchrotronstrahlungsquelle

Mit 9% war der Zeitanteil, der in diesem Jahr auf den Betrieb als Synchrotronstrahlungsquelle entfiel, sehr gering. Während der ersten Betriebsperiode wurde der Synchrotronstrahlungsbetrieb mit Positronen durchgeführt. Wegen zeitweiser erheblicher Strahlverluste während der Beschleunigung der Teilchen war oft nur Betrieb mit geringen Intensitäten möglich. Statt des erwarteten Strahlstroms von 40 mA lag der Strahlstrom nur bei 20 mA. Zu Anfang der zweiten Betriebsperiode wurde dieses Problem untersucht. Aus der Vergangenheit war bekannt, dass longitudinale Instabilitäten für die Strahlverluste verantwortlich sind. Der Einbau des Nearby-Mode Feedbacks hat diese Situation deutlich verbessert. Außerdem wurde auch der Synchrotronstrahlungsbetrieb auf Elektronen umgestellt, so dass die Maschinenzustände einheitlicher wurden. Beide Maßnahmen sorgten wieder für einen verlässlichen Betrieb mit den gewünschten Intensitäten.

Freie-Elektronenlaser VUV-FEL

Zum Jahreswechsel wurde die bei PITZ präparierte und konditionierte Kanone im VUV-FEL Tunnel eingebaut. Anschließend folgte im Januar der Einbau des letzten Beschleunigermoduls ACC 1. Das Injektorvakuumsystem wurde nach dem Moduleinbau vervollständigt, sodass im Februar das gesamte Vakuumssystem des Beschleunigers (ca. 360 m), mit Ausnahme des Undulatorabschnittes (30 m) unter Reinraumbedingungen montiert, ausgerichtet und angepumpt worden war. Die filigranen Undulatorkammern wurden erst nach dem Einbau der Undulatormagnete eingesetzt und angeflanscht. In einer mehrwöchigen Messprozedur wurden die mit dem Vakuumsystem mechanisch verbundenen Magnete, Kollimatoren, Strahllagemonitore, OTR-Systeme und Wire-Scanner von der Gruppe MEA eingemessen und justiert. Darüber hinaus war die Verkabelung für den gesamten Beschleuniger auf Grund der großen Anzahl zu verlegender Kabel zeitbestimmend.

Im Tunnelbereich zwischen 110 m und 235 m sind 32 Container vorhanden, wie sie auch Teil des TESLA Tunnelkonzeptes waren. Sie dienen als Laufsteg im Tunnel und bieten gleichzeitig Raum für verschiedene Einbaukomponenten.

Das TESLA-Tunnelkonzept mit Dockingstation wurde nur für die Magnetnetzteile realisiert. Zusätzlich sind ein Großteil der Ansteuerungselektronik von Diagnosekomponenten sowie Komponenten zur Datenverarbeitung von Messsignalen in Containern untergebracht. Im Bereich des Undulators befindet sich unterhalb des Laufsteges außerdem die Umluftanlage zur Temperaturstabilisierung der Undulatorsegmente. Die Prüfung der technischen Funktionalität der Komponenten in den Containern sowie der zahlreichen elektromechanischen und pneumatischen Antriebe unmittelbar am Strahlrohr konnte zum Teil im Shutdown, zum Teil jedoch nur mit dem Elektronenstrahl während der ersten Betriebsphase vorgenommen werden. Um eine stetige Betreuung und Optimierung der Subsysteme im Tunnel zu

gewährleisten, wurde der Wartungstag beim VUV-FEL eingeführt.

Die Parallelisierung der Arbeiten für den Maschinenaufbau und die abschnittsweise Inbetriebnahme von Beschleunigerstrecken hatte eine starke Verschachtelung dieser Arbeiten im Zeitplan zur Folge. Die Konditionierung und Inbetriebnahme der Beschleunigungsmodule im kalten Zustand (2 bis 4 Kelvin) war wegen der Sicherheitsbestimmungen nur bei geschlossenem Tunnel durchzuführen. Demzufolge konnten in dieser Zeit keine Arbeiten im Tunnel ausgeführt werden. In der Zeit von Anfang März bis Juni wurden gleichzeitig der Elektronenstrahlbetrieb im Injektor mit dem betriebsbereiten Modul ACC #1 und die HF-Inbetriebnahme der kalten Module ACC #2 bis ACC #5 ohne Strahl vorgenommen. Nach einer weiteren Installationsphase konnte in Übereinstimmung mit dem Zeitplan im September der Strahlbetrieb wieder aufgenommen werden. Zur Optimierung der verschiedenen Elektronenstrahlparameter im vorderen Teil des Beschleunigers wurde im so genannten Bypassbetrieb gearbeitet, bei dem der Strahl durch den Bypass um den Undulator herum zum Strahlfänger geführt wird. Erst bei guten Emittanzen, bei guter longitudinaler Strahlkomprimierung und stabilen, reproduzierbaren Bedingungen aller Strahlparameter soll der Strahl im FEL-Betrieb durch die Undulatoren geführt werden. Dieses Vorgehen hat es erlaubt, die für den FEL-Betrieb erst im Sommer gelieferten Netzteile parallel zum Bypass-Betrieb in Betrieb zu nehmen. Mit dem Ende dieser Arbeiten konnten für den gesamten Beschleuniger die Installation und Inbetriebnahme von Komponenten abgeschlossen werden.

Der Beschleunigerbetrieb mit Elektronenstrahl begann am 17. März. Innerhalb von 5 Wochen konnte der Strahlbetrieb auf den gesamten Injektor ausgedehnt werden. Die Arbeiten dienten der Charakterisierung der Elektronenstrahlparameter und des Dunkelstromes. Für die Erzeugung der freien Elektronen trifft ultra-

violettes Laserlicht auf eine Caesium-Tellurid Photokathode. Da die Kathode sich in einer Hochfrequenz-Beschleunigungsstruktur befindet, muss die Ankunftszeit des Laserlichtes mit der Phase des beschleunigenden Feldes abgestimmt werden. Weiter wurde die Quanten-Effizienz der Kathode vermessen, die ein Maß dafür ist, wie wirkungsvoll freie Elektronen mit Hilfe des Laserlichtes aus dem Kathodenmaterial heraus gelöst werden können. Ebenso wurden die Positionierung des Laserlichtes auf der Kathode und die Übereinstimmung mit der geometrischen Achse des Beschleunigungsmoduls sowie der nachfolgenden Messsysteme ausgemessen und justiert.

Die transversalen und longitudinalen Strahlgrößen wurden in Abhängigkeit von verschiedenen Beschleuniger-einstellungen gemessen. Die Reproduzierbarkeit von Messergebnissen wird dabei im Wesentlichen bestimmt durch die Stabilität des Injektorlasers, der Hochfrequenzsysteme, der Magnetnetzteile und der Diagnoseeinheiten. Hier wurden große Fortschritte auf dem Weg zum FEL-Betrieb gemacht. Die kleinsten transversalen Emittanzen (x, y) sind in guter Übereinstimmung mit den theoretischen Vorhersagen und betragen 1.6 mm mrad. Die longitudinale Komprimierung in den magnetischen Kompressoren zur Verkürzung der Elektronenpaketlänge ist zurzeit noch nicht präzise analysiert worden, erste Ergebnisse deuten aber auch hier auf eine gute Übereinstimmung mit den Vorhersagen hin. Der neue Injektor erreicht somit die vorhergesagten Verbesserungen hinsichtlich Strahlqualität und Stabilität und stellt einen wesentlichen Fortschritt im Vergleich zum ursprünglichen TTF Injektor dar. Ein mit einem Leuchtmonitor gewonnenes Bild des Strahls nach dem ersten Beschleunigungsmodul ist in Abb. 115 zu sehen.

Der FEL-Betriebsmodus startete im Dezember. Das Kollimatorsystem zum Schutz des Undulators, bestehend aus einer transversalen und einer Energiekollimation, wurde mit dem Elektronenstrahl zügig in Betrieb genommen. Um die Effizienz des Kollimatorsystems zu beurteilen, sind verschiedene Strahlverlustmonitore entlang der Undulatoren installiert worden. Sowohl die schnellen und empfindlichen Strahlverlustsensoren als auch die kalibrierten, akkumulierenden und

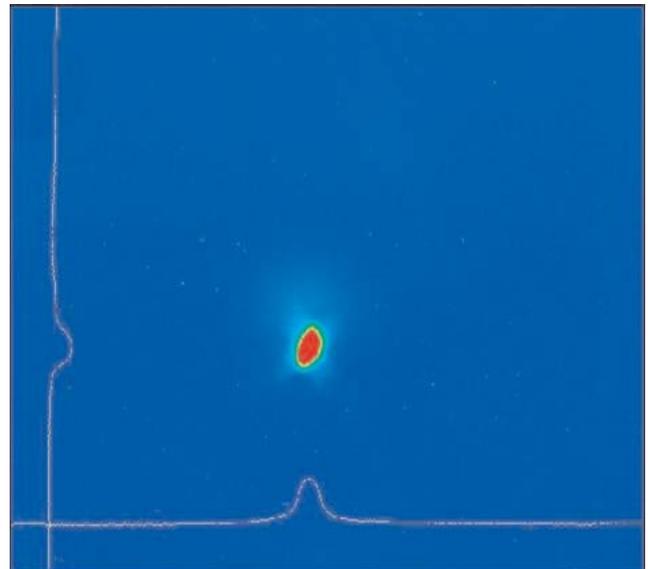


Abbildung 115: Bild des ersten beschleunigten Elektronenstrahlpakets im Injektor, sichtbar auf einem fluoreszierenden Schirm im Strahlrohr.

auf Glasfasertechnik basierenden Sensoren seien hier erwähnt. Letztere sind speziell für den VUV-FEL in Zusammenarbeit mit dem Hahn-Meitner Institut Berlin und der Fraunhofer Gesellschaft Euskirchen entwickelt und in den Undulatoren zur Anwendung gebracht worden. Der Umstand, dass im Undulator kein Raum für konventionelle Verlustmessung und Dosimetrie mit sofortiger Datenauswertung existiert, hat im Laufe der Jahre zur Entwicklung von drei sich ergänzenden Systemen geführt, bei denen unterschiedliche Effekte ausgenutzt werden. Zum einen kann die Trübung des Glasfasermaterials bei der Wechselwirkung mit ionisierender Strahlung als Maß für die akkumulierte Dosis verwendet werden, zum anderen kann das bei der Wechselwirkung entstehende Cerenkov-Licht ausgenutzt werden.

Der Elektronenstrahl passierte im Dezember erstmals den 30 m langen Undulatorabschnitt. Die Messung des ersten Spektrums der spontanen Strahlung war der erfolgreiche Abschluss der Aufbauarbeiten und der Inbetriebnahme der gesamten Maschine mit dem Elektronenstrahl.

Zukünftige Synchrotronstrahlungsquelle PETRA III

Wie im letzten Jahresbericht erwähnt, soll PETRA zu einer dedizierten Synchrotronstrahlungsquelle PETRA III ab Mitte 2007 umgebaut werden. Die neue Quelle soll dann Anfang 2009 den Betrieb aufnehmen.

Ein wesentlicher Meilenstein in diese Richtung ist die Fertigstellung des technischen Designreports (TDR) gewesen. Dieser lag in seiner endgültigen Form Ende Februar vor. Das „Machine Advisory Committee“ (MAC) hat den Beschleunigerteil des TDR im Frühjahr begutachtet und daraufhin den Umbau von PETRA befürwortet. Es ist vorgesehen, dass das MAC das Projekt über die nächsten Jahre kritisch begleitet. In seiner November-Sitzung hat auch der Erweiterte Wissenschaftliche Rat (EWR) von DESY aufgrund der positiven Aussage des MAC dem Umbau zu einer Synchrotronstrahlungsquelle zugestimmt. Das Projekt wurde dann im Dezember vom DESY Verwaltungsrat genehmigt auf Basis dieses Reports und des so genannten Stammdatenberichts, in dem das Projekt in Kurzform dargestellt, die Projektstruktur dargelegt sowie der Finanzbedarf und der Bedarf an Arbeitskräften und an DESY Eigenleistungen angegeben wird.

Ein weiterer wichtiger Schritt im Dezember war die Unterzeichnung des Vertrages, der die Zusammenarbeit zwischen DESY und dem Budker Institut in Novosibirsk (BINP) bezüglich der Dämpfungswigglerabschnitte festlegt. Die 20 vier Meter langen Dämpfungswiggler in den beiden langen geraden Abschnitten im Norden und Westen PETRAs sind ein wesentlicher Bestandteil der Maschine, um das ehrgeizige Ziel einer kleinen horizontalen Emittanz von 1 nmrad zu erreichen.

Wie im letzten Jahresbericht erwähnt sollen die Magnete des jetzigen Speicherrings zum großen Teil weiterbenutzt werden. Da aber die Spulen sämtlicher Dipole, Quadrupole und Sextupole aufgrund der langjährigen Strahlenbelastung erhebliche Schäden aufweisen, werden diese während der Umbauphase aus-

getauscht. Die Ausschreibung und Bestellung dieser Ersatzspulen wurde ausgeführt und die ersten Ersatzspulen werden im folgenden Jahr bei DESY eintreffen. Des Weiteren wurden Prototypen der Dipole, Quadrupole und vertikalen Korrekturmagneten des neuen Achtels bestellt.

Das Vakuumsystem für PETRA III soll komplett neu erstellt werden. Dazu wurden in 2004 umfangreiche Konstruktionsarbeiten durchgeführt. Insbesondere wurde die neue Vakuumkammer in den Bogenstücken der alten Achtel der Maschine festgelegt. Statt der bisher verwendeten Schweißverbindungen sollen in PETRA III geflanschte Vakuumverbindungen eingesetzt werden. Der dafür notwendige zusätzliche Platz soll dadurch gewonnen werden, dass die jetzigen vertikalen Korrekturmagnete ausgebaut werden und dafür die defokussierenden Sextupole mit zusätzlichen Spulen versehen werden, so dass sie auch als vertikale Korrekturmagnete dienen können. Die ersten Prototypen der neuen Dipolkammer für die alten Achtel sind gefertigt worden. Es ist vorgesehen, zwei dieser Kammern während der nächsten Betriebsunterbrechung in PETRA II einzubauen, um damit Erfahrung zu sammeln. Für den Einbau sind vorbereitende Arbeiten während der Betriebsunterbrechung im August und September geleistet worden. Die Magnetanordnung ist so geändert worden, wie sie für PETRA III vorgesehen ist, d.h. insbesondere sind zwei Sextupole in Strahlrichtung verschoben und extra abgestützt worden.

Auch die Konstruktionsarbeiten für das Vakuumsystem im neuen Achtel sind vorangetrieben worden.

Um die geforderte Strahlqualität in PETRA III zu erreichen, werden sehr hohe Ansprüche an die Strahllagestabilität gestellt. In der Nähe der Undulatoren muss der Strahl vertikal auf besser als $1 \mu\text{m}$ stabilisiert werden. Auch in den anderen Teilen der Maschine muss der Strahl stabilisiert werden, wenn auch nicht mit

gleich hohen Ansprüchen. Das Konzept für ein derartiges Strahlagestabilisierungssystem wurde entwickelt. Prototypen der zur Realisierung notwendigen Komponenten wurden bestellt und sollen im kommenden Jahr getestet werden.

Für das zur Stabilisierung des Strahlstroms notwendige Multibunchfeedbacksystem wurden Prototypverstärker bestellt und getestet.

Um die oben erwähnte Strahlagestabilität zu erreichen, wird es hilfreich sein, die Maschine im so genannten „top-up“ Modus zu betreiben. Dies bedeutet, dass

man sehr häufig während des eigentlichen Experimentierbetriebs in die Maschine einschießt, so dass der Strahlstrom im Bereich von einigen Promille konstant bleibt. Dadurch bleiben die Maschine und die Komponenten in den Strahlführungen des Synchrotronlichts im thermischen Gleichgewicht, so dass es nicht zum temperaturbedingten Driften des Strahls kommt. Der häufige Einschuss in die Maschine darf nicht zu einer Verschlechterung der Strahlqualität führen, was z. B. hohe Ansprüche an die Qualität der Pulser der Injektionselemente stellt. Der Pulser eines der jetzigen Injektionskicker wurde gegen einen neuen ausgetauscht, so dass dieser jetzt im Betrieb getestet werden kann.

Planungen und Untersuchungen für den Röntgenlaser XFEL bei DESY

Nach der positiven Entscheidung der Bundesregierung zum Bau der Röntgenlaser-Anlage XFEL als Europäisches Projekt im Februar 2003 werden die vorbereitenden Arbeiten mit dem Ziel des Beginns der Projektrealisierung im Jahr 2006 intensiv vorangetrieben. Das XFEL-Projekt beinhaltet einen supraleitenden 20 GeV Elektronen-Linearbeschleuniger in der von der TESLA-Kollaboration erfolgreich entwickelten Technologie sowie eine Nutzer-Anlage mit 5 Undulator Strahlführungen in der ersten Ausbaustufe. Die Qualität der damit erzeugbaren Photonenstrahlen mit Wellenlängen im Angstrom-Bereich übertrifft die von Speicherring-Synchrotronstrahlungsquellen um Größenordnungen und erschließt völlig neue Forschungsmöglichkeiten in einem breiten Spektrum wissenschaftlicher Disziplinen. Die auf 684 Mio. € (Basis Jahr 2000) geschätzten Kosten werden zu 50% vom Bund getragen, ca. 10% werden als Beitrag der Länder Hamburg und Schleswig-Holstein erwartet und ca. 40% als Beteiligung Europäischer Partner. Der Zeitplan für die Realisierung des Europäischen Röntgenlaser-Projekts XFEL geht von einem Baubeginn im Jahr 2006 und ca. 6 Jahren Bauzeit aus. Die zurzeit laufende Projekt-Vorbereitungsphase konzentriert sich auf folgende Schwerpunkte:

- Die technisch-wissenschaftliche Detailplanung der Anlage und die vorlaufenden F&E Arbeiten.
- Die Vorbereitung und Durchführung des Genehmigungsverfahrens für Errichtung und Betrieb der Anlage (Planfeststellung).
- Die Projektorganisation auf internationaler Ebene.

F&E Arbeiten

Ausgehend von dem im Oktober 2002 vorgelegten technischen Design Report werden innerhalb der XFEL

Projektgruppe detaillierte Untersuchungen zur weiteren Gesamt-Optimierung der Anlage, zur operationellen Flexibilität des Betriebs und der Strahlparameter und zu Fragen der Strahlphysik durchgeführt. Gleichzeitig werden die Entwicklungsarbeiten für die technischen Komponenten der Anlage im Hinblick auf die spätere industrielle Fertigung vorangetrieben. Beispiele für die Arbeiten im Berichtszeitraum sind:

- Detaillierung der Strahlverteilung auf verschiedene Undulator-Sektionen. Einarbeitung eines Konzepts für die gestufte Inbetriebnahme des Linearbeschleunigers und der verschiedenen Nutzer-Strahlführungen. Entwicklungsarbeiten zu einem schnellen Schaltmagneten.
- Modifikation des Injektor-Konzepts mit zwei unabhängigen Strahlquellen. Dadurch entsteht einerseits Redundanz zur Erhöhung der Betriebszuverlässigkeit, andererseits die Möglichkeit, ggf. einen neuen Injektor mit verbesserten Eigenschaften aufzubauen und zu testen, während der andere im Betrieb bleibt.
- Erster erfolgreicher Test einer HF-Leistungseinheit, bei der das Klystron über ein 1.5 km langes 10 kV Puls-kabel mit dem Modulator verbunden war – wie es für den späteren Aufbau im Linac-Tunnel vorgesehen ist. Betrieb einer Leistungseinheit mit mehr als vierfach erhöhter Pulsrate (durchgeführt bei DESY in Zeuthen), ein wichtiger Schritt in Richtung flexiblerer Zeitstruktur des Strahls für den Nutzer-Betrieb.
- Fortsetzung der Qualifizierung mehrerer Anbieter für die Fertigung von Hochfrequenzkomponenten.
- Vorbereitung von Industriestudien für die HF-Leistungskoppler. Abschluss eines Vertrages mit dem IN2P3/LAL-Institut in Orsay, in dem unser französischer Kollaborationspartner die Betreuung der Studien sowie den Test von Prototypen übernimmt.

- Vorbereitung des Aufbaus und Beschaffung von Komponenten für einen Beschleuniger-Modul Teststand.
- Detaillierte Untersuchung der Strahldynamik im Injektor, Bunch-Kompressor und Linearbeschleuniger („Start-to-end“ Simulationen).

Planfeststellungsverfahren

Die Arbeiten zur Vorbereitung des Planfeststellungsverfahrens (PFV) sind weit vorangeschritten. Die für die Erstellung der Umweltverträglichkeitsstudie benötigte Kartierung von Fauna und Flora im Bereich der geplanten Anlage zwischen DESY und Schenefeld ist erfolgt. Entlang der geplanten Trasse wurden Probebohrungen durchgeführt, um Auskunft über den Bauuntergrund und die hydrogeologischen Verhältnisse zu gewinnen. Die bisherigen Ergebnisse entsprechen den Erwartungen. In einigen Bereichen der Trasse ist evtl. eine kostengünstigere offene Bauweise einzelner Gebäude möglich.

Die Planung der Gebäude und Tunnel ist detailliert worden und konnte für die Mehrzahl der Gebäude für die Belange des PFV „eingefroren“ werden. Im Rahmen dieser Planung wurde auch das Gesamtkonzept der Anlage (Auslegung der Tunnel, Flexibilität für Erweiterungsoptionen etc.) entsprechend den Anforderungen der Physik im Detail angepasst. Der jeweilige Stand der Entwicklung wurde mit den europäischen Partnern auf den Treffen der STI-Arbeitsgruppe vorgestellt und von diesen angenommen.

Am 28. September 2004 wurde der Staatsvertrag über den XFEL zwischen den Ländern Hamburg und Schleswig-Holstein von der Ministerpräsidentin von Schleswig-Holstein und dem Ersten Bürgermeister der Hansestadt Hamburg feierlich unterzeichnet. Nach der Ratifizierung dieses Vertrages sind die rechtlichen Voraussetzungen für die Durchführung des PFV und die Erlangung der Bau- und Betriebsgenehmigung erfüllt.

Mit der Erstellung der eigentlichen Planfeststellungsunterlagen wurde Ende des Berichtszeitraums begonnen. Die Zusammenstellung (Beschreibung der An-

lage, Betriebsberichte, eine Vielzahl von Gutachten etc.) und editorische Bearbeitung wird voraussichtlich einige Monate dauern, sodass mit der Fertigstellung im Frühjahr 2005 zu rechnen ist.

Internationale Organisation

Die im XFEL Steering Committee beteiligten Länder haben am 23.09.2004 in Berlin in einem Memorandum of Understanding (MoU) die Aufgaben des Steering Committee und seiner beiden Arbeitsgruppen zu „Scientific and Technical Issues“ (STI) und „Administrative and Funding Issues“ (AFI) sowie die nächsten Schritte innerhalb der Vorbereitungsphase des Projekts schriftlich fixiert. Bis Dezember 2004 lagen die Unterschriften unter dieses MoU aus Deutschland, Frankreich, Griechenland, Großbritannien, Italien, Schweden, der Schweiz und Spanien vor.

Die Arbeitsgruppen STI und AFI haben sich seit Anfang 2004 jeweils fünfmal bei DESY getroffen. STI legt zu Beginn 2005 einen Interimsbericht vor, in dem die wissenschaftlichen und technischen Details der Forschungsanlage weiter spezifiziert werden. Außerdem wird die Kostenschätzung aus dem Jahre 2000 nach Arbeitspaketen (zurzeit 37) aufgeschlüsselt und überprüft.

Die Arbeitsgruppe AFI hat für die Aufgabe, die rechtlichen und organisatorischen Rahmenbedingungen für den Bau des XFEL als europäisches Projekt auszuarbeiten, eine Unterarbeitsgruppe „Legal Framework“ eingerichtet, die sich unter Vorsitz des Administrativen Direktors des EMBL in Heidelberg, Dr. Bernd-Uwe Jahn, Ende Oktober konstituiert hat. Für den Betrieb des XFEL ist die Gründung einer eigenständigen Gesellschaft nach dem Muster der ESRF in Grenoble vorgesehen.

Eine weitere Unterarbeitsgruppe wird eine Vollkostenstruktur entwickeln, auf deren Basis im Laufe des Jahres 2005 eine möglichst genaue Prognose der Projektkosten erstellt werden soll.

Auf der Grundlage der Ergebnisse von STI und AFI wird das Steering Committee ein Memorandum of Understanding zum Bau und Betrieb des XFEL erarbeiten.

Arbeiten der Gruppen des Bereichs Beschleuniger

Beschleunigerphysik und Beschleunigerkoordination

Die Gruppe Beschleunigerphysik (MPY) und die Koordinationsgruppen befassen sich vorwiegend mit der Entwicklung, Inbetriebnahme und Verbesserung aller bei DESY befindlichen Beschleuniger und Speicherringe. Viele Arbeiten dieser Gruppen sind bereits im Abschnitt Beschleuniger erwähnt worden. Einige Arbeiten sollen hier erläutert werden.

Spinpolarisation

Polarisation der Positronen in HERA II

In HERA liegen die gemessenen Werte der Strahl-Strahl tune-Verschiebung der Leptonen bei 0.013 (horizontal) und 0.04 (vertikal). Die Wechselwirkung mit dem Protonenstrahl hat demzufolge entscheidenden Einfluss auf die Leptonenpolarisation, d. h. der Bunchstrom der Protonen spielt eine wichtige Rolle.

Für Positronen wurden beide Spinhelizitäten, die aus operationellen Gründen in allen drei Experimenten identisch sind, zur Verfügung gestellt. In den ersten vier Monaten des Jahres sowie im Juli und August war der Wert der Helizität +1, d. h. die Spins waren parallel zum Geschwindigkeitsvektor der Leptonen ausgerichtet; im Mai und im Juni war der Wert der Helizität -1.

Unter dem Einfluss der Strahl-Strahl Wechselwirkung dauert es deutlich länger, bis die Polarisation einen stationären Wert erreicht, als es der reine Sokolov-Ternov Effekt erwarten lässt. Stationäre Polarisation wird u.U. erst nach mehreren Stunden erreicht. Dadurch wird die empirische Polarisationsoptimierung erheblich erschwert. Außerdem benötigen die Experimente für die Luminositätsmessung einige nichtkollidierende

Leptonenbunche (Piloten), welche keine Strahl-Strahl tune-Verschiebung sehen und deshalb bei deutlich verschobenen tunes laufen. Im Positronenbetrieb des Jahres 2004 waren die tunes der kollidierenden Bunche wie die der Piloten in dem schmalen Fenster zwischen den Synchrotron-Resonanzen Q_x-2Q_s und Q_x-3Q_s eingezwängt. Damit waren der Freiheit bei der Wahl optimaler Polarisationstunes enge Grenzen gesetzt. Es stellte sich heraus, dass selbst innerhalb des obigen Tunefensters die tunes mit der besten Polarisation nicht unbedingt die beste spezifische Luminosität ergaben.

Der Mittelwert der maximal erreichten Polarisation, gemittelt über alle Messzeiten, die länger als 4–5 h andauerten, war ca. 35% für die Helizität +1 und 45% für die Helizität -1. Die absolut größten erreichten Polarisationen für die beiden Helizitäten waren 42% und 51%. Die relativ starken Streuungen der Maximalpolarisationen innerhalb jeder der beiden Helizitäten sind hauptsächlich Unterschieden in den Messzeiten, der Stärke des Strahl-Strahl Effekts und den Strahlparametern zuzuschreiben. Der beobachtete und reproduzierbare Unterschied zwischen den beiden Helizitäten ist mit großer Wahrscheinlichkeit kein statistischer Effekt, obgleich noch kein Mechanismus gefunden wurde, der ihn erklärt.

Die Theorie sagt bei der Anwesenheit unkompensierter Solenoide bei ZEUS und H1 eine Differenz der Strahlenergien, die zu halbzahligen Spin Tune führen, von 20 MeV für die beiden Helizitäten voraus. Diese wurde durch Messungen bestätigt. Zusätzlich bedingt die longitudinale Verschiebung des H1 Solenoiden, dass die optimalen Rotatorparameter im Norden für die beiden Helizitäten unterschiedlich sind. Diese Tatsache könnte eine Erklärung für die beobachtete Asymmetrie liefern und sollte experimentell untersucht werden.

Nachdem HERA im November mit Elektronen wieder anliefe, war bis zum Jahresende kaum Zeit zur Optimie-

zung der Polarisierung angesetzt. Zumindest hat ein Energie Scan auf erfreuliche Weise die theoretisch berechnete optimale Energie für Elektronen im momentanen Helizitätszustand $+1$ bestätigt.

Sonstige Aktivitäten

Der erste Abschnitt einer groß angelegten Studie über das Konzept des „Spin Tunes“ ist abgeschlossen und wurde veröffentlicht. Erste Reaktionen lassen vermuten, dass das Papier schon jetzt einigen Eindruck hinterlassen hat. Der nächste Abschnitt der Studie, der sich mit dem Phänomen der „snake Resonanz“ beschäftigt und weitere detaillierte mathematische Arbeit enthält, ist bereits in einem fortgeschrittenen Stadium.

Die Entwicklung moderner Software zur Simulation des Einflusses des Strahl-Strahl Effekts auf die Polarisierung von Elektronen und Positronen ist weitestgehend abgeschlossen und Konsistenztests haben bereits die Gültigkeit des Algorithmus gezeigt. Die Effizienz der neuen Software basiert nicht nur auf der hohen Geschwindigkeit moderner Hardware, sondern auch auf der Einbeziehung moderner theoretischer Konzepte und auf der Verwendung von modernen numerischen Methoden, deren Entwicklung auf den Erfahrungen mit älterer, jetzt überholter Software beruht.

Numerische Berechnung der Maxwell'schen Gleichungen

Für die Planung von Beschleuniger-Anlagen ist es erforderlich, ein sehr breites Spektrum von elektromagnetischen Problemstellungen zu lösen. Dazu zählen statische und quasistatische Probleme (z. B. Teilchenquellen und Magnete), niederfrequente zeitharmonische Felder (z. B. 50 Hz Energieverteilung, elektromagnetische Verträglichkeit), hochfrequente zeitharmonische Felder (z. B. HF-Quellen, HF-Verteilung, Resonatoren und Absorber) und transiente Probleme (z. B. Strahl induzierte Felder, Strahldiagnostik, Synchrotron Strahlung). Oft besteht eine Kopplung mit weiteren physikalischen Prozessen wie z. B. die Bewegung geladener Teilchen unter der Berücksichtigung der von ihnen erzeugten Felder oder die Temperaturverteilung in einer kryogenischen Anlage unter Berücksichtigung der temperaturabhängigen elektromagneti-

schen Verluste und der temperaturabhängigen Wärmeleitung. Ein weiteres Beispiel ist die Deformation von Resonatoren durch Lorentz Kräfte, die dadurch veränderte Resonanzfrequenz und die Wechselwirkung mit mechanischen Eigenschwingungen.

Bei DESY werden sehr unterschiedliche Programme zur Feldberechnung genutzt: OPERA-2D, TOSCA (Magnetostatik), MAFIA (Elektro- und Magnetostatik, Temperaturberechnungen, zeitharmonische und transiente Felder, resonante Felder und selbstkonsistente Teilchen-Feld-Wechselwirkung), MWS (zeitharmonische, transiente und resonante Felder), HFSS (zeitharmonische Felder), CSRtrack, TRAFIC4 (selbstkonsistente Berechnung von Ladungsverteilungen auf gekrümmten Bahnen, kohärente Synchrotron Strahlung), ASTRA (Teilchentracking mit Raumladungseffekten im niederenergetischen Bereich), ELEGANT (hochenergetisches Teilchentracking), GENESIS und FAST (FEL Berechnung). Berechnungen wurden für die existierenden und geplanten Beschleuniger durchgeführt. Als Beispiele seien hier Koppler (TTF), Resonator- und Wakefeldberechnungen (TTF, XFEL, HERA, PETRA III) sowie Magnetfeldberechnungen für TTF, HERA und PETRA III genannt.

Bei DESY entwickelte Programme wurden erweitert und verbessert: CSRtrack besitzt eine neue Benutzeroberfläche, mehr Möglichkeiten zur Modellierung von strahlführenden Systemen, verschiedene Modelle zur Feldberechnung und ein Interface (MPI) für parallele Berechnungen. Ein Postprozessor unterstützt die Analyse der Phasenraumverteilungen. In ASTRA können nun Ablenkmagneten berücksichtigt werden und ein CSR Modell ist in Vorbereitung.

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 Ejektionsselemente in allen Beschleunigern und Speicherringen, und für die so genannten „Beam-Dumps“ in allen Speicherringen und Synchrotrons. Hinzugekommen sind weiterhin Aufgaben in Zusammenhang mit dem Betrieb des TTF/VUV-FEL LINAC. Der Schwerpunkt liegt hier im Bereich des Injektionssystems und in der Koordination des TTF LINAC Betriebes.

Elektronen/Positronen LINAC II und PIA

In Zusammenhang mit dem Austausch der LINAC II Beschleunigerabschnitte wurde im Vorjahr während des Einstellens der Resonanzfrequenz die Endgruppe eines Abschnittes beschädigt. Hieraus ergab sich der Versuch, eine solche Endgruppe vom komplett gefertigten Abschnitt abzutrennen und durch eine neue zu ersetzen. Diese Reparatur wurde im Sommer durch die Gruppe MVA erfolgreich durchgeführt, so dass im Folgenden das Tuning des Beschleunigerabschnitts sowie die VSWR-Optimierung durch Festlegung der Lage der Kurzschlusssebene im Pumpstück abgeschlossen werden konnte. Nach der Fertigstellung dieses Pumpstückes kann dann auch der letzte der zunächst gebauten 14 Abschnitte mit Leistung im Teststand konditioniert werden. Mit Beginn 2005 stehen somit zwei Reserveabschnitte zur Verfügung. Zusätzlich sind zwei weitere Reserveabschnitte in Auftrag gegeben worden. Nach ihrer Fertigstellung Anfang 2005 können sie in ihrer Frequenz eingestellt und anschließend konditioniert werden.

Als Vorbereitung für PETRA III wurden die Modulatoren 3 und 4 auf neue und größere Haupt-Thyratronen incl. neuer Sockel umgerüstet. Ein vorher durchgeführter Test lässt eine etwa vierfach größere Lebensdauer erwarten, so dass die Ausfallwahrscheinlichkeit der Modulatoren drastisch reduziert werden kann.

Ebenso in Hinsicht auf PETRA III wurde die über 20 Jahre alte Spannungsversorgung der so genannten Bi-Phase-Modulatoren für die SLED-Cavities erneuert, um die sehr geringe Störanfälligkeit der Elektronik zu erhalten.

Die Betriebssicherheit des Positronen-Konverterpulsers konnte durch eine verbesserte galvanische Trennung der

Steuerleitungen zum Rechnerinterface erhöht werden. Die bisher über das SEDAC-System vorgenommene zeitaufwendige Steuerung der Pulsamplitude (Ein- bzw. Ausschalten der Gun und Wechsel der Teilchenart zwischen Positronen und Elektronen) wurde zur Vereinfachung der Kontrollsoftware in die Pulsersteuerung verlagert.

Der im Vorjahr fertig gestellte und getestete neue 125 MHz Resonator wurde zu Beginn der Wartungsperiode zusammen mit einem neuen Leistungs-PIN-Schalter in PIA eingebaut und in Betrieb genommen. Dabei zeigte sich, dass durch die Titanitrid-Beschichtung im Bereich des Beschleunigungsspaltes die Multipactor-Entladung dort nahezu verhindert wurde. Im Bereich zwischen Innen- und Außenleiter des Resonators trat jedoch bei Spannungen bis 100 kV eine Multipactor-Entladung auf; sie konnte durch Konditionieren beseitigt werden.

Nach dem Einbau eines neuen 10.4 MHz Verstärkers im Vorjahr, wurde der alte Verstärker jetzt umgebaut und auf den technisch neuesten Stand gebracht. Zu Beginn der Wartungsperiode wurde er zusammen mit dem 10.4 MHz-Reserveresonator als komplette Reserveeinheit mit der originalen Ansteuerung getestet. Dabei stellte sich heraus, dass auch der 10.4 MHz-Reserveresonator eine Multipactor-Entladung zeigt, die durch Konditionierung beseitigt werden muss. Dies kann mit einem Transistorverstärker von außerhalb des Beschleunigerraumes über eine Anpassungstransformation durchgeführt werden und ist für Anfang 2005 geplant.

Da die Abstimmstempel des 10.4 MHz Resonators seit 25 Jahren in Betrieb sind und keine Reserveeinheiten vorhanden waren, mussten 4 neue Abstimmstempel gefertigt werden. Zwei dieser neuen Stempel sind nun im 10.4 MHz-Betriebsresonator im Einsatz.

LINAC III

H⁻-Quellen und „Low Energy Beam Transport“

Die an der Magneton- und der Volume-Quelle vorhandenen Low Energy Beam Transport (LEBT) Systeme führen zu einer erheblichen Strahlstromreduzierung in

dem nachfolgend installierten RFQ. Ursache sind Emittanzwachstum und schlechte Anpassung. Basierend auf im letzten Jahr durchgeführten Simulationsrechnungen wurde daher ein neues System mit einem von 35 auf 100 mm aufgeweiteten Durchmesser des Vakuumrohres konstruiert. Dieser neue Strahlführungsabschnitt befindet sich kurz vor der Fertigstellung. Abbildung 116 zeigt die als Lambertsonspule ausgeführte Korrekturspule für die horizontale bzw. vertikale Ebene. Weltweit erstmalig ist es gelungen, die H^- -Ionen Verteilung in einer so genannten Hochfrequenz-Volumen Quelle mit der Photodetachment Methode zu messen. Bei dieser Methode werden die Elektronen von den H^- -Ionen durch die Wechselwirkung mit den Photonen eines Laserstrahls abgetrennt. Zum ersten Mal konnte hierbei auch die räumliche Verteilung der bei dieser Methode

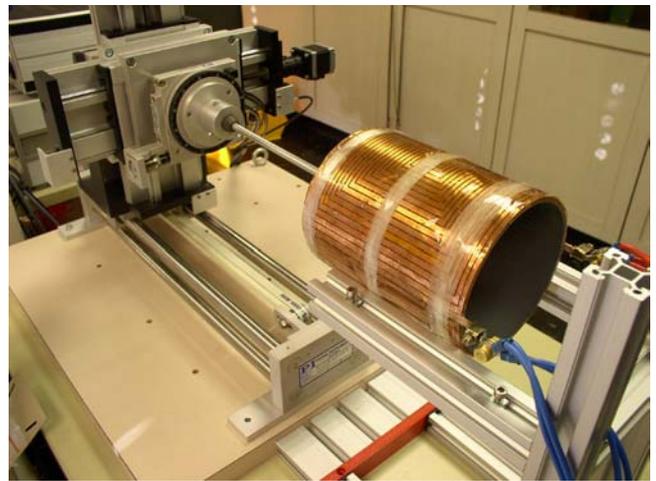


Abbildung 116: Lambertson Dipolspule für horizontale bzw. vertikale Korrektur.

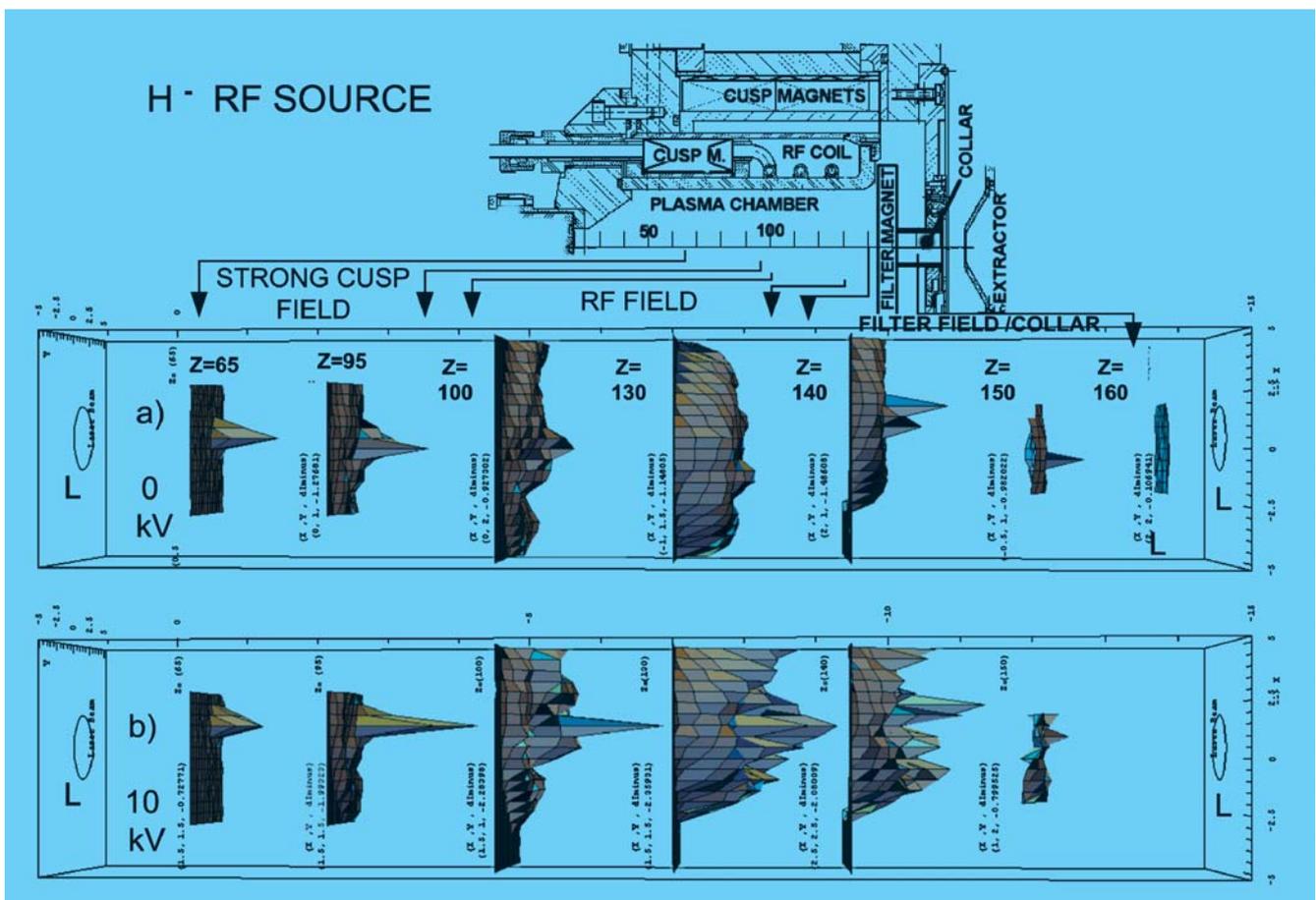


Abbildung 117: H^- -Ionenintensität entlang der Quellenachse ohne Extraktorspannung (a) und mit einer Hochspannung von 10 kV (b). Hierbei markiert L den Durchmesser des Laserstrahls.

entstehenden Elektronen innerhalb und außerhalb des Laserstrahls mit einer speziellen Sonde ermittelt werden. Durch Vergleich der H^- -Verteilungen ohne und mit Extraktionsspannung ist deutlich zu erkennen (Abbildung 117), dass entgegen einer oft gemachten Annahme die Extraktionsspannung nicht durch das Plasma abgeschirmt wird.

Auch macht die Verteilung deutlich, dass die bislang übliche Messmethode, bei der lediglich auf der Achse des Laserstrahls (L) gemessen wird, zu fehlerhaften Beurteilungen führen kann. Interessant ist weiter die Umverteilung der durch den Laserstrahl von den H^- -Ionen abgelösten Elektronen auf den dreifachen Durchmesser des Laserstrahls im Bereich der HF Felder der Spule.

Die Verteilung der H^- -Ionen auf der Achse der Quelle lässt sich mit dem ebenfalls gemessenen Plasmapotential erklären. Die hiernach nahe liegende Verschiebung des Maximums des Plasmapotentials hat bereits eine Erhöhung des Ionenstrahlstromes von 40 auf 60 mA ermöglicht. Allerdings erhöht sich hierbei die Plasmatemperatur. Dieser Effekt ist durch eine entsprechende Verbesserung der Filterfelder zu beseitigen.

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.

Für die PETRA Protonen Ejektion wurden der mittlere Kicker, ein ursprünglich fester Magnet, gegen einen Fahrkicker ausgetauscht. Dies verbesserte die Ejektionseffizienz. Für die Ansteuerung der PETRA Elektronen-Ejektionskicker wurden vier neue Kabelpulser gebaut. Diese Maßnahme erhöht zum einen die Betriebsicherheit, senkt aber auch die Betriebskosten, da die Anzahl der verwendeten Thyratrons von drei auf ein Thyatron pro Pulser reduziert wurde.

Mit Blick auf PETRA III wurde weiterhin ein neuer Pulsertyp (Halbleiterschalter in Thyristor-Technologie) installiert. Hier sollen Erfahrungen über die Zuverlässigkeit und die Stabilität gesammelt werden. Ähnliche Pulser werden nun auch für die DESY II Injektion verwendet.

Bei DORIS wurden beim vertikalen Anregungskicker die Abstände zwischen Leiter und Masse vergrößert. Zwei ältere Feedbackkicker (horizontal und vertikal) wurden so umgestaltet, dass die Ferrite mit Wasser gekühlt werden können. Der Frequenzgang der Kicker muss noch weiter untersucht werden. In Zusammenhang mit der Bunchlängenmessung am VUV-FEL wurde ein horizontal ablenkender Kickermagnet mit Pulser für das LOLA Experiment eingebaut.

Im Rahmen von Entwicklungsarbeiten für künftige Kicker wurde ein Laborpulser entwickelt, mit dem 2000 Pulse mit einer Wiederholrate von 2 MHz erzeugt werden können. Diese haben eine Pulslänge von 30 ns bei einem Strom von 100 A.

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 $5 \times 8 \text{ mm}^2$, Gesamtlänge 3.3 m, eine Windung) in den Magnetblock (Länge 1.5 m).

Hochfrequenztechnik – MHF –

Die Gruppe MHF ist verantwortlich für den Betrieb und die Entwicklung aller Hochfrequenzanlagen in den Kreisbeschleunigern bei DESY. Die Arbeiten teilen sich drei Untergruppen. Die erste, MHF-sl, betreut das supraleitende 500 MHz System im HERA-Elektronen-Ring und die supraleitenden 1.3 GHz Resonatoren der TTF. Die zweite, 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 Hochfrequenzsysteme für die Protonen-Beschleunigung in DESY III, PETRA II und HERA sowie die 1.3 GHz Klystrons der TTF werden von der dritten Untergruppe, MHF-p, betreut.

Supraleitende Beschleunigungsstrecken – MHF-sl –

HERA

Die supraleitenden Beschleunigungsstrecken in HERA bestehen aus 16 Resonatoren (500 MHz) mit jeweils 4 Zellen. Die Betriebstemperatur der Niobresonatoren ist 4.2 K, sie werden durch Helium gekühlt. Eine genaue Beschreibung der supraleitenden Beschleunigungsstrecke wurde in früheren Jahresberichten gegeben. Die Betriebszeit der supraleitenden Resonatoren hat sich seit der Inbetriebnahme von HERA 1991 auf über 76 500 Stunden aufsummiert. Im Januar 2004 trat ein Vakuumleck am Keramikfenster des Leistungskopplers von Resonator 11 auf. Das Leck wurde provisorisch gedichtet und die Frequenz des Resonators 11 zwischen die Maschinenresonanzen verstimmt. Sowohl der Resonator als auch der Hohlleiter der HF Verteilung wurden mit einem HF-Absorber abgeschlossen. Der betroffene Kryostat wurde in der Wartungsperiode in 2004 ausgebaut, und der Koppler unter Reinraumbedingungen ausgetauscht. Dies war der dritte Kopplertausch nach 13 Jahren Betriebszeit.

VUV-FEL

Modul Tests: Das neu installierte Injektions-Modul ist konditioniert und gemessen worden und erreichte die vorgesehenen Gradienten. An der Position 5 wurde ein elektropolierter Resonator installiert. Der maximale Gradient von 35 MV/m bei einer Güte von $1 \cdot 10^{10}$ konnte auch nach der Modulmontage erreicht werden. Der Gradient wurde mit dem Elektronenstrahl verifiziert.

Die bereits im letzten Jahr getesteten Module wurden nach der langen Umbauzeit erneut betrieben und für die Inbetriebnahme des VUV-FEL zur Verfügung gestellt. Die Module erreichten wieder die bereits 2003 gemessenen sehr guten Ergebnisse.

Der Resonator 6 im Modul 5 zeigte nach der ersten Inbetriebnahme einen sehr hohen Dunkelstrom. Durch so genanntes High Power Processing (HPP) konnte der Dunkelstrom um den Faktor 50 gesenkt werden.

Koppler: Alle 40 bestellten Koppler sind von der Industrie ausgeliefert worden. Erste Koppler wurden sowohl bei LAL in Orsay als auch bei DESY getestet. Die Konditionierzeiten konnten durch die hohe Qualität der Produktion verkürzt werden. Die Lagerung und die Handhabung der Koppler wurde deutlich verbessert, so dass die Koppler jetzt fast vollständig unter trockenem Stickstoff gelagert werden. Dies hilft, die Processing Zeiten weiter zu senken.

Resonatoren: Die Produktion der neuen Resonatorlieferung hat begonnen und die ersten 3 Resonatoren konnten ausgeliefert werden. Damit ist die Voraussetzung für den Ausbau des VUV-FEL und weitere Elektropolitur Studien gegeben. In einer Reihe von horizontalen Resonator Tests bei sehr hohem Beschleunigungsgradienten (35 MV/m) konnten weitere Untersuchungen zur Kompensation der Lorenz Force Verstimmung durch Piezotuner vorgenommen werden. Dabei waren die Resonatoren mit allen auch später im Modul benutzten Zusatzeinrichtungen wie Heliumtank, Leistungskoppler, HOM Koppler und Tuner ausgestattet.

Die Reinigung der supraleitenden Resonatoren wird standardmäßig mit Hilfe einer Hochdruckspüle bei ca. 100 Bar durchgeführt. Eine Methode aus der Halbleiterindustrie benutzt Trockeneis (CO_2) für die Reinigung. Diese neue Methode wurde adaptiert und auf die Resonatoren angewandt. Erste Resonatormessungen ergaben Feldstärken bis 33 MV/m. Der dafür nötige Aufbau wurde weiter verbessert.

XFEL

Koppler Industriestudien: Der bestehende TESLA Kollaborationsvertrag mit IN2P3 (Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules) wurde verlängert und auf den Europäischen Röntgen Laser XFEL ausgeweitet. Im Rahmen dieser Kollaboration hat das LAL in Orsay die Durchführung von Industriestudien zur Herstellung von Kopplern für den XFEL vorbereitet. Die Studien werden aufbauen auf den Erfahrungen mit der Produktion von rund 60 Einkopplern des derzeitigen Entwurfes für TTF. Das Ziel der Studien ist es, die industrielle Herstellung von 1000 Kopplern vorzubereiten. Insbesondere sollen die Fertigungsmethoden optimiert, die Fertigungsqualität

erhöht und letztlich der Preis pro Koppler reduziert werden. Die Industriestudien werden im Januar 2005 beginnen.

Arbeiten im Rahmen des EU Projektes CARE

Seit Beginn des Jahres 2004 werden bei DESY die R&D Arbeiten an supraleitenden Beschleunigungsresonatoren durch das von der EU geförderte Projekt CARE (Coordinated Accelerator Research in Europa) begleitend unterstützt. CARE ist eingebettet in das Förderprogramm I3 (Integrated Infrastructure Initiative) des sechsten EU Rahmenprogramms FP6. Hierbei handelt es sich um eine Aktivität zur Verbesserung vorhandener Beschleunigereinrichtungen durch innovative Weiterentwicklung wichtiger Beschleunigerkomponenten. Eine kompakte Übersicht über die Förderinstrumente in FP6 ist zu finden unter <http://www.cordis.lu/fp6/stepbystep/gathering.htm>

CARE besteht aus einem Konsortium von 22 Partner Instituten aus 9 Ländern und ist in vier R&D Arbeitsbereichen (JRA: Joint Research Activity) sowie drei begleitenden Netzwerken organisiert (siehe Abb. 118). Letztere dienen der Unterstützung der Kommunikation unter den JRA Partnern und anderen interessierten Gruppen. Der Schwerpunkt der R&D Aktivitäten in den vier Arbeitsbereichen umschließt die Verbesserung normal- und supraleitender Beschleunigungsstrukturen für Elektronen und Protonen, die Entwicklung von Photo-Injektoren sowie die Arbeiten an supraleitenden Magneten auf Basis von Niob-Zinn. JRA1 SRF (Superconducting Radio Frequency) wird von DESY koordiniert und konzentriert sich auf die Weiterentwicklung supraleitender Linearbeschleuniger für Elektronen. Unmittelbare Zielsetzung ist die Verbesserung des supraleitenden Beschleunigers TTF2/VUV-FEL. Darüber hinaus ist zu erwarten, dass zukünftige supraleitende Beschleunigerprojekte wie z. B. der XFEL oder der ILC durch diese Entwicklungen richtungweisende Impulse erhalten werden. Das JRA1 SRF besteht aus 8 Partner Instituten (DESY, CEA, CNRS-Orsay, INFN-Legnaro, INFN-Milano, INFN-Roma2, Paul Scherrer Institute, Technical University of Lodz, Warsaw University of Technology, IPJ Swierk) und vier assoziierten Partnern aus der Industrie (ACCEL Instruments GmbH, WSK Mess-

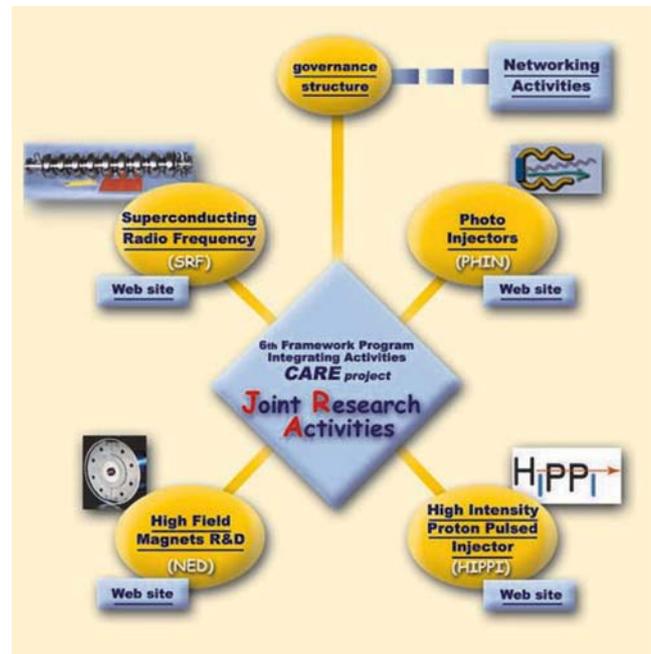


Abbildung 118: Organisationsschema des CARE Projektes. Detaillierte Informationen über CARE, die Arbeitsbereiche JRA und die Netzwerke sind im Internet zu finden unter <http://esgard.lal.in2p3.fr/Project/Activities/Current/>

und Datentechnik GmbH, E.ZANON SPA und Henkel Lohnpoliertechnik GmbH). Die R&D Arbeiten sind in 10 verschiedene Arbeitspakete („workpackages“) eingeteilt.

Drei dieser Pakete beziehen sich auf verbesserte Fertigungsmethoden (Optimierung der klassischen Fertigung durch Schweißen, Herstellung nahtloser Beschleunigungsstrukturen sowie Beschichtungsverfahren mit supraleitendem Niob auf Kupfer Körper). Zwei weitere Arbeitspakete beziehen sich auf Präparation der supraleitenden Oberfläche sowie auf deren metallurgische Analyse. Die weiteren Arbeitspakete gruppieren sich um Zusatzkomponenten wie Hochfrequenzkoppler, Abstimmeinheiten, Instrumente zur Strahlanalyse oder sonstige Testeinrichtungen. Der finanzielle Aufwand des JRA1 SRF beläuft sich auf rund 12 Millionen € über vier Jahre, der EU Förderbeitrag beträgt rund 5 Millionen €.

Im ersten Jahr der R&D Arbeiten im JRA1 wurde eine Vielzahl von Entwicklungen angegangen. 14 Meilensteine wurden erreicht und sind durch entsprechende Berichte oder Veröffentlichungen belegt. Darüber hinausgehend gab es eine Reihe weiterer Veröffentlichungen und Beiträge zu Konferenzen. Die speziell bei DESY bearbeiteten Themen sind:

- Analyse der bisherigen Resonator Fertigung in Hinblick auf Zuverlässigkeit und Reproduzierbarkeit der supraleitenden Eigenschaften
- Einfluss des Vakuums auf die supraleitende Qualität der Schweißnähte
- Weiterentwicklung des Verfahrens zur Herstellung nahtloser Resonatoren durch hydrostatische Umformung statt der konventionellen Schweißtechnik
- Weiterentwicklung und Industrialisierung der Elektropolitur
- Erprobung eines innovativen Reinigungsverfahrens mit CO₂
- Weiterentwicklung einer Scanning Methode zur Analyse sauberer Oberflächen auf Kleinstpartikel
- Entwicklung einer Squid Scanning Methode zur Analyse möglicher Verunreinigungen im Niob Material
- Entwicklung der Hard- und Software zur Regelung und Kontrolle der Hochfrequenzsignale eines Linearbeschleunigers.

Als Beispiele für den wissenschaftlichen Fortschritt seien genannt:

- der Nachweis, dass die supraleitenden Eigenschaften der nach der Methode „Vacuum Arc“ aufgebrauchten dünnen Niobschichten sich nicht von denen des massiven Niob unterscheiden.
- die Etablierung der Elektropolitur in Verbindung mit moderater Wärmebehandlung als Präparationsmethode hochwertiger supraleitender Beschleunigungsresonatoren.
- die Inbetriebnahme der neuen EB Schweißanlage zur Fertigung von Niob Resonatoren unter extrem guten Vakuum Bedingungen (siehe Abb. 119).



Abbildung 119: Schweißhalterung zur Herstellung einzelner Niob Test Resonatoren in der neuen Elektronen Schweißanlage bei DESY.

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. Davon sind 23 800-kW-Klystrons, 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 2004 gab es zwei Betriebsperioden, die durch eine 2-monatige Wartungsperiode unterbrochen waren. An den technischen Störungen waren die 500-MHz HF-Systeme von HERA-e mit 187 Störungen beteiligt. Das entspricht 7.2 Anlagenstörungen pro Woche, bzw. einem mittleren Zeitraum von knapp 8 Tagen zwischen zwei Störungen eines HF-Systems. Der

langjährige Durchschnittswert für die 500-MHz HF-Systeme liegt bei 10 Tagen. Die Anlagenzuverlässigkeit war somit im Rahmen der statistischen Genauigkeit durchschnittlich. Wie schon in der Vergangenheit, haben die Klystronschutz-Systeme (Crowbars inkl. Sensorik) einen vergleichsweise hohen Anteil an den Anlagenstörungen. Sie sind bei HERA-e für ca. eine Störung pro Woche verantwortlich.

Entwicklung eines neuen Klystronschutz-Systems für HERA-e

Ein Klystronschutz-System hat die Aufgabe, ein Klystron vor Beschädigung bei einem internen Hochspannungsüberschlag zu schützen. Aufgrund der hohen Strahlleistung von ca. 3 MW muss ein solches System innerhalb eines Zeitraumes von weniger als 100 μ s einen Hochspannungsüberschlag detektieren und das Klystron leistungslos schalten. Der Klystronschutz der HERA-e Senderanlagen besteht im Wesentlichen aus Funkenstrecken-Crowbars, die direkt über schnelle Stromsensoren im Klystronstromkreis getriggert werden. Die Betriebserfahrung der zurückliegenden Jahre legt den Schluss nahe, dass die meisten Crowbar-Zündungen unnötig waren. Sie wurden wahrscheinlich entweder durch Selbstzündung des Funkenstrecken-Crowbars oder durch die zu empfindliche Sensorik ausgelöst. Aufgrund fehlender Diagnosemöglichkeiten bleibt die Ursache für eine Crowbar-Zündung in der Regel unbekannt. Das neu entwickelte Klystronschutz-System soll die erwähnten Mängel beseitigen. Ein von der Gruppe MKK entwickelter Thyristor-Crowbar wird das Problem der Selbstzündung reduzieren. Eine von MHF-e entwickelte Triggerelektronik wird Fehltriggerungen reduzieren und Diagnosemöglichkeiten bieten. Fehltriggerungen werden dabei durch die logische Verknüpfung von mehreren Stromsensoren unterdrückt, siehe Abb. 120. Der Prototyp dieser neuen Triggerelektronik wurde zur Gewinnung von Betriebserfahrung an der Senderanlage HERA-WR installiert.

Automatische Phasenverstellung des HF-Systems HERA-WR

Das HF-System HERA-West-Rechts speist die supraleitenden Cavities von HERA-e. Beim Beschleunigen des Strahls von der Injektionsenergie auf 27.6 GeV wird dabei während des Ramp-Prozesses die Maximalleistung des Senders erreicht, wenn die Cavity-Summenspannung > 34 MV und der Strahlstrom > 40 mA ist. Die Amplitudenregelung des HF-Systems HERA-WR schaltet dabei von Cavity-Spannungsregelung auf Sender-Leistungsregelung um. Die Cavity-Summenspannung der supraleitenden Cavities sinkt daraufhin je nach Strahlstrom auf Werte < 30 MV ab. Die fehlende Cavity-Summenspannung wird durch die restlichen 7 HF-Systeme mit normalleitenden Cavities automatisch kompensiert. In der Vergangenheit waren hin und wieder Strahlverluste aufgetreten, die mit dem Umschalten der Amplitudenregelung in Zusammenhang gebracht wurden. Um diese Umschaltung zu vermeiden, wurde schon seit längerem, insbesondere beim Beschleunigen des Strahls von der Injektionsenergie auf 27.6 GeV, die Phase der Beschleunigungsspannung des HF-Systems HERA-WR gegenüber den restlichen 7 HF-Systemen manuell soweit verstellt, dass die Cavity-Spannung konstant und die Senderleistung sicher unterhalb der Maximalleistung blieb. Um die Operateure von dieser Fingerspit-

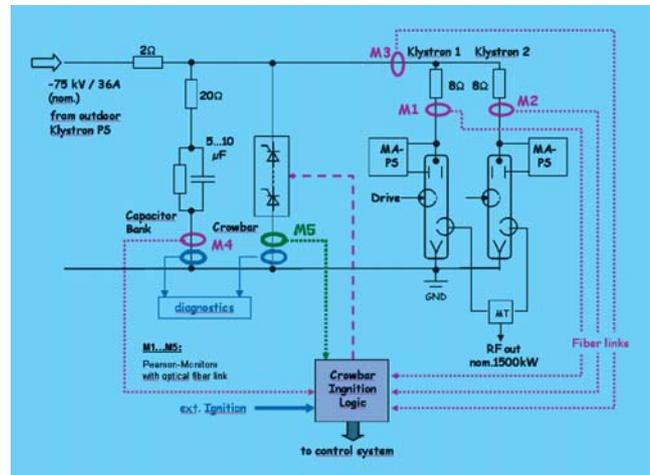


Abbildung 120: Die Skizze zeigt die hochspannungsseitige Beschaltung der Klystrons, und die Triggerelektronik für den Crowbar mit den zugehörigen Stromsensoren (M1-M5). Nur ganz bestimmte, in der Triggerlogik (Crowbar Ignition-Logic) festgelegte Kombinationen von Stromsensor-Signalen, lösen eine Crowbar-Zündung aus. Die Zündung des Crowbars wird über den Sensor M5 kontrolliert.

nigen des Strahls von der Injektionsenergie auf 27.6 GeV wird dabei während des Ramp-Prozesses die Maximalleistung des Senders erreicht, wenn die Cavity-Summenspannung > 34 MV und der Strahlstrom > 40 mA ist. Die Amplitudenregelung des HF-Systems HERA-WR schaltet dabei von Cavity-Spannungsregelung auf Sender-Leistungsregelung um. Die Cavity-Summenspannung der supraleitenden Cavities sinkt daraufhin je nach Strahlstrom auf Werte < 30 MV ab. Die fehlende Cavity-Summenspannung wird durch die restlichen 7 HF-Systeme mit normalleitenden Cavities automatisch kompensiert. In der Vergangenheit waren hin und wieder Strahlverluste aufgetreten, die mit dem Umschalten der Amplitudenregelung in Zusammenhang gebracht wurden. Um diese Umschaltung zu vermeiden, wurde schon seit längerem, insbesondere beim Beschleunigen des Strahls von der Injektionsenergie auf 27.6 GeV, die Phase der Beschleunigungsspannung des HF-Systems HERA-WR gegenüber den restlichen 7 HF-Systemen manuell soweit verstellt, dass die Cavity-Spannung konstant und die Senderleistung sicher unterhalb der Maximalleistung blieb. Um die Operateure von dieser Fingerspit-

zungefühl erfordernden Prozedur zu entlasten, wurde von MHF-e eine Automatik konzipiert und noch vor der Wartungsperiode im Sommer 2004 erfolgreich in Betrieb genommen. Ein willkommener Nebeneffekt der Phasenverstellung ist die Einsparung von insgesamt ca. 500 kW HF-Leistung, da die sinkende Cavity-Spannung der supraleitenden Cavities nicht mehr durch höhere Cavity-Spannungen der normalleitenden Cavities kompensiert werden muss.

Neue Klystronmodulatoren

Ende Juni 2003 brannte der HV-Raum des HF-Systems HERA-SL aus. Die Sanierungs- und Wiederaufbauarbeiten konnten noch im selben Jahr abgeschlossen werden. Die Inbetriebnahme erfolgte jedoch erst Anfang 2004. Das HF-System arbeitet seitdem wieder einwandfrei, obwohl anfangs improvisiert werden musste, weil das HV-Netzteil zur Modulationsanodenansteuerung der Klystrons nicht rechtzeitig geliefert wurde. Weiterhin wurden die beiden Klystronmodulatoren der HF-Systeme PETRA-SL im Berichtsjahr erneuert. Das war erforderlich, da die verwendeten Leistungs-Trioden nicht mehr lieferbar sind und der Reservebestand bedrohlich gesunken war. Die neuen Klystronmodulatoren arbeiten mit kommerziellen, getakteten HV-Netzteilen. Diese Technik hat sich bereits bei den HF-Systemen HERA-WL, DESY II und zuletzt bei HERA-SL gut bewährt.

Planungen und Entwicklungen zur PETRA III HF

Der Prototyp einer schnellen HF-Regelung in I/Q-Technik zur Ausregelung von Störmodulation im Klystron wurde an der Testsenderanlage aufgebaut und getestet. Eine „Klystron-Efficiency-Loop“ wurde entwickelt. Sie maximiert den Klystron-Wirkungsgrad, indem sie für jede Klystron Ausgangsleistung die Parameter Kathodenspannung, -strom und Treiberleistung optimiert. Die Entwicklung eines schnellen PXI-ADC-Boards mit 10 MHz Sample-Rate, I/Q-Demodulation und integriertem Transientenrekorder wurde in Zusammenarbeit mit FE begonnen. Für das longitudinale Multi-Bunch Feedback ist ein 1.5-GHz-Cavity mit 62-MHz Bandbreite in der Entwicklung.

TTF HF-Systeme

Bei TTF wurden im Berichtsjahr von MHF-e die Hohlleiterverbindungen von Modulator 2 zum Gun-Cavity und von Modulator 3 zum Modul ACC1 neu aufgebaut. An den Hohlleitersystemen der Module ACC2 bis ACC5 wurden Umbauten vorgenommen.

500-MHz Klystron-Reserven

Die Situation der Klystron-Reserven hat sich gegenüber dem vergangenen Jahr noch weiter verschärft. Im Betriebsjahr sind zwei Klystrons bei PETRA ausgefallen. Eine für Mitte 2004 zugesagte Lieferung von zwei neuen Klystrons ist noch nicht erfolgt. Im Jahr 2005 wird sich die Situation entspannen. Es wird die Lieferung von 6 neuen und einem reparierten Klystron erwartet.

Anlagen 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-FELs, des geplanten XFELs und des vorgeschlagenen Linear Colliders TESLA.

Protonen-HF-Systeme

Nach Beendigung der Aktivitäten der Wartungsperiode im Jahr 2003 wurden die Protonen-Hochfrequenzsysteme im Jahr 2004 wieder bei hohen Leistungen betrieben. Zu Beginn des Jahres 2004 wurde eine zunehmende „Coasting Beam“ Produktion in HERA beobachtet. Dabei gehen Protonen aus den Hochfrequenzbuckets verloren und laufen ungebuncht in dem Beschleuniger um. Die Teilchen gehen schließlich an den Wänden, Kollimatoren oder in den Experimenten verloren, wo sie zu erhöhten Untergrundraten führen. Trotz intensiver Suche konnte zunächst keine Ursache in den Protonen Hochfrequenzsystemen lokalisiert werden. Schließlich wurde

eine defekte HF N-Steckerverbindung zwischen Treiber und Endstufe eines der 208 MHz-Systeme gefunden. Nach Beseitigung dieses Fehlers war die „Coasting Beam“ Produktion stark reduziert und die Untergrundbedingungen der Experimente verbessert. Während der Betriebsunterbrechung im Spätsommer wurden daher sämtliche HF Stecker erneuert. Weitere Wartungsarbeiten wurden ausgeführt. Ein Wasserleck an einem 208 MHz Einkoppelfenster wurde beseitigt. Bei den 52 MHz Systemen wurden die Elektrolytkondensatoren der Versorgungsspannungsfiler aller Halbleitervorverstärker erneuert. Die Lüfter im Elektronikkanal wurden getauscht. Im HF Kontrollraum in der HERA Halle West wurden sämtliche Sicherungsschalter in den Versorgungsschränken erneuert. Außerdem wurden diverse Elektronikarten implementiert, um Messsignale für den Transientenrekorder aufzubereiten. Bei beiden Systemen wurden prophylaktisch verschiedene Elektrolytkondensatoren und Reed Relais erneuert. Die Phasenregelschleife 1 zur Dämpfung longitudinaler Strahlschwingungen wurde ausführlich untersucht und verbessert. Die Planung eines longitudinalen Feedbackresonators für den HERA Protonenring wurde begonnen.

Bei DESY II und PETRA wurden die üblichen Wartungsarbeiten vorgenommen. Das Transientenrekorder-Messsystem bei PETRA wurde um einige Signale und Optionen erweitert.

VUV-FEL, XFEL und TESLA

Der Betreuung des Betriebes und die Durchführung von Reparatur- und Wartungsarbeiten der Hochfrequenzsender des VUV-FEL ist ein weiteres Arbeitsgebiet der Gruppe. Die im Jahr 2003 neu aufgebauten und in Betrieb genommenen Sender wurden im Jahr 2004 für den Betrieb des VUV-FEL verwendet. Dazu mussten sie in das Beschleunigerkontrollsystem eingebunden werden. Die Überwachungselektroniken der Sender wurden in Zusammenarbeit mit DESY Zeuthen mehrfach verbessert. Da ein Großteil der Betriebszeit für Studien des Beschleunigers reserviert war, mussten die Hohlleiterteilungen von den Sendern zu den Beschleunigermodulen mehrfach modifiziert und an die Testbedingungen angepasst werden. Diese Arbeiten fanden in Zusam-

menarbeit mit der Gruppe MHF-e statt. Die Arbeiten für ein neues Überwachungssystem der bestehenden Sender wurden fortgesetzt. Mit dem Aufbau eines Reservesenders für den VUV-FEL wurde begonnen.

Ein weiteres wichtiges Arbeitsgebiet der Gruppe ist die Durchführung von Entwicklungsarbeiten für den geplanten XFEL und den internationalen Linear Collider. Neben dem französischen Hersteller von 10 MW Multibeam Klystrons konnten nun ein amerikanischer und ein japanischer Hersteller jeweils die ersten Tests von 10 MW Multibeam Klystrons durchführen. Die Lieferung der Prototypen ist für das kommende Jahr zu erwarten. In einer der DESY Hallen wurde mit dem Aufbau einer Senderanlage begonnen, die den Test sowohl von Multibeam Klystrons als auch von Hohlleiterkomponenten erlaubt. Die Anlage zeichnet sich im Vergleich zu den VUV-FEL Sendern durch die Integration einer größeren Anzahl von genaueren Messeinrichtungen aus. In Zusammenarbeit mit der Gruppe MKK wurde mit dem Test von 1.5 km langen Hochspannungspulskabeln, die für den XFEL und den Linear Collider benötigt werden, begonnen. Der vom Forschungszentrum Karlsruhe entwickelte Hochspannungsmodulator, der auf Energiespeicherung in einer supraleitenden Spule basiert, wurde an DESY geliefert, aufgebaut und erste Tests wurden durchgeführt. Die ersten Komponenten der Sender für die geplante Kryomodultesthalle wurden geliefert, und an den weiteren Planungen der Halle wurde mitgearbeitet. Zur Vorbereitung des Planfestellungsverfahrens des XFEL wurden Unterlagen, die die Hochfrequenzversorgung des XFEL betreffen, ausgearbeitet.

Darüber hinaus hat sich die Gruppe an Durchführung und Organisation von Konferenzen und Präsentationen beteiligt. Im April fand der Besuch des ITRP Komitees statt, das eine Empfehlung für die Technologie eines zukünftigen Linear Colliders erarbeiten sollte. Die Gruppe MHF-p beteiligte sich dabei durch verschiedene Präsentationen und Vorträge. Im September wurde das European Pulsed Power Symposium von der IEE aus Großbritannien und der International Society on Pulsed Power Applications bei DESY ausgerichtet. Für die von DESY übernommenen Aufgaben der Organisation und Durchführung war die Gruppe MHF-p verantwortlich.

Software und Technik zur Kontrolle von Beschleunigern – MST –

Die Bereichsgruppe MST betreibt die Kontrollsysteme der Beschleuniger LINAC II/III, DESY II/III, DORIS, PETRA und HERA sowie der dazugehörigen Strahltransportwege. Für diese Kontrollsysteme sowie 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.

Rechnergestützte Beschleunigerkontrollen

Applikationssoftware: Die Arbeiten an der Applikationssoftware aller von MST betreuter Kontrollsysteme waren im Berichtsjahr deutlich von Programmupdates, Programmpflege und Programmoptimierungen bestimmt. Diese erfolgten in engem Kontakt oder in Absprache mit der Betriebsmannschaft im Beschleunigerkontrollraum, den betroffenen technischen Fachgruppen und den Maschinenkoordinatoren. Speziell im Bereich der PETRA Applikationssoftware wurde ein umfangreiches Renovierungs- und Verbesserungsprogramm in Angriff genommen. Im Routinebetrieb zu Tage getretene Fehler wurden beseitigt und Softwareprozeduren an geänderte Betriebsabläufe angepasst.

Im Rahmen des allgemeinen HERA Verbesserungsprogramms wurden durch MST im Softwarebereich eine Vielzahl von Maßnahmen durchgeführt oder begonnen. Hierzu zählen einerseits Programme für eine verbesserte Automatisierung des HERA Betriebs und andererseits Funktionalitätserweiterungen der Serversoftware im Rahmen der Erneuerung des Elektronen-/Positronenstrahlagesystems. Letztere Arbeiten wurden in Zusammenarbeit mit der Gruppe MDI ausgeführt. Bei DORIS wurde in Zusammenarbeit mit der Gruppe MDO die Strahlagemessung und Strahlageüberwachung erneuert, die jetzt mit einer vielfach höheren Wiederholrate betrieben werden

können. Im Bereich der Kontrollsysteme der Vorbeschleuniger musste auf veränderte Anforderungen aus dem HERA-Betrieb reagiert werden. In Zusammenarbeit mit den Gruppen MIN und MDE konnten automatisierte Umschaltprozeduren zwischen Elektronen- und Positronenbetrieb freigegeben werden. Für das Kontrollsystem des VUV-FEL wurde der Magnetserver erneuert und an die erweiterte Magnetinfrastruktur angepasst. Ein Verbund aus einer Workstation und mehreren verteilten „embedded“ PC-Systemen erlaubt den Zugriff auf ca. 250 bereits existierende oder neu installierte Controller für Magnetnetzgeräte. Die Funktionalität des Magnetserver wurde erweitert, um z. B. ein sogenanntes „Beam-Based-Alignment“ im Undulatorbereich zu ermöglichen. Darüber hinaus wurde ein Server für die Temperaturüberwachung der Magnetspulen und zur Strahlungsdosismessung bereitgestellt. Basierend auf der Software zur Bedienung und Steuerung des Türeninterlocks im Rahmen des Beschleunigerstrahlenschutzes bei LINAC II und DESY II/III entstanden die notwendigen Applikationsprogramme auch für das Interlocksystem des VUV-FEL.

Systemsoftware: Mit dem im Rahmen des HERA Kontrollsystem entwickelten „Threefold Integrated Network Environment (TINE)“ steht MST eine überaus leistungsstarke, zuverlässige und Betriebssystem unabhängige Systemsoftware zur Verfügung. Die implementierten, vielfältigen Kommunikations- und Transaktionsmechanismen werden durch eine Fülle zentraler Dienste ergänzt. Auf Grund seines großen Funktionalitätsumfangs kann ein TINE-basierendes Kontrollsystem weitgehend nahtlos mit anderen Kontrollsystemtypen verbunden oder in andere Kontrollsysteme integriert werden. Im Berichtsjahr wurde eine neue Version des TINE Softwarepakets freigegeben. Unter anderem wurden die Möglichkeit von standardisierten Selbsttests von Servern und ihrer Funktionalitäten eingefügt, die Schnittstellen zu MatLab und LabView verbessert und begonnen, die JAVA Klassenbibliotheken für einen TINE Server zu implementieren. Darüber hinaus konnte die TINE Kontrollsystemsoftware auch auf den FPGA-basierenden NIOS Prozessor portiert werden.

Infrastruktur, EDV-Sicherheit und Betrieb: Auch im Bereich der Kontrollsysteminfrastruktur wurden im Berichtsjahr eine Reihe von Verbesserungen und Änderungen durchgeführt. Es fanden Umbauarbeiten an den Bedienungskonsolen im Beschleunigerkontroll-

raum statt, und Rechner und Bildschirme wurden in weitem Umfang erneuert. Ein Hauptaugenmerk lag hierbei auf der Benutzung standardisierter und automatisierter Installations- und Ersatzprozeduren. Darüber hinaus wurden verbesserte Hilfsprogramme zur Fernbedienung, Prozessüberwachung und Fehleranalyse eingeführt. Ein weiterer Schwerpunkt bestand in der Neukonfiguration des Rechnernetzwerks der von MST betriebenen Kontrollsysteme. Störungen in der zentralen, DESY-weiten Netzwerkinfrastruktur beeinflussten in der Vergangenheit immer wieder die Betriebsfähigkeit der Kontrollsysteme, sodass in Zusammenarbeit mit der zentralen IT Gruppe eine weitgehende Entkoppelung und verbesserte Administrierbarkeit erreicht werden konnte. Die Sicherheit der Rechnersysteme konnte auch in diesem Jahr nicht außer Acht gelassen werden und verstärkte Schutzmaßnahmen wurden ergriffen.

Front-End Systeme und digitale Elektronik

Betrieb: Seit jeher kommt digitale Elektronik im Bereich der Beschleunigerkontrollen in großer Stückzahl zum Einsatz. So mussten über dreitausend Controllermodule angepasst und verbessert, gewartet und gegebenenfalls repariert werden. Beispielhaft ist in diesem Zusammenhang der alterungsbedingte, prophylaktische Austausch von mehreren hundert Betriebsspannungsnetzgeräten zu nennen, um auch in Zukunft einen reibungslosen Betrieb gewährleisten zu können. Im Rahmen einer mit der Gruppe MDI vereinbarten Aufgabenverschiebung hat MST im Berichtsjahr die Betreuung weiterer Elektronikmodule übernommen. Diese kommen in großer Zahl bei der Ansteuerung und Überwachung von Vakuumsystemkomponenten, beim technischen Interlock sowie bei der Synchronisation der Beschleuniger und beim Teilchentransfer zum Einsatz. Diese Verantwortungsübernahme war mit einer intensiven Einarbeitung und Erarbeitung von Dokumentation verbunden.

Für den VUV-FEL wurden mehr als 200 Netzgerätecontroller bereitgestellt und erfolgreich in Betrieb genommen. Darunter befindet sich auch ein neuer Controllertyp, der über eine CAN-Bus Verbindung mit einem Front-End Server kommuniziert, welcher die Verbindung zum Kontrollsystem darstellt. Ferner wurden Elektronikmodule für eine fernbediente Umschaltung

von Magnetnetzgeräten im Fehlerfall entwickelt und zusammen mit den Gruppen MKK und MDI ein System zur Durchführung eines „Beam-Based-Alignments“ im Undulatorbereich aufgebaut.

Neuentwicklungen: Basierend auf den Erfahrungen mit dem für den VUV-FEL neu entwickelten Controllertyp wurde die Entwicklung von drei neuen Generationen digitaler Controller für technische Beschleunigerkomponenten weitergeführt. Diese Produktlinien unterscheiden sich in ihrer Leistungsfähigkeit, besitzen eine moderne, offene Datenschnittstelle (CANOpen) und bieten durch ihre Modularität ein hohes Maß an Flexibilität bei den analogen oder digitalen Benutzerschnittstellen. Ein Großteil der in den Beschleunigerkontrollen eingesetzten Front-End Elektronik benutzt das vor längerer Zeit bei DESY entwickelte, proprietäre Kommunikationsprotokoll SEDAC. Auch wenn Neuentwicklungen nur noch selten in SEDAC Technologie realisiert werden, muss jedoch die vorhandene SEDAC Infrastruktur weiter unterstützt werden. Zu diesem Zweck wurden bei MST drei neue SEDAC Interfacemodule entwickelt. Hierbei handelt es sich um einen SEDAC Sender in Form eines IndustryPack Moduls, welches auf ein gängiges Carrier Board aufgesteckt werden kann, und um eine SEDAC Senderelektronik, die mit einer Ethernetschnittstelle ausgestattet ist. Ferner wurde ein SEDAC Crate Controller entwickelt, der im Übrigen dem SEDAC Standard folgt, aber nach außen über CAN-Bus kommuniziert. In Zusammenarbeit mit der Gruppe MDI entstand ein digitales Elektronikmodul für die HERA-p Strahlmessung, welches überalterte und nicht mehr nachproduzierbare Elektronikeinheiten ersetzen soll.

Neue Projekte (PETRA III, XFEL)

Die Gruppe MST ist für das Kontrollsystem der zukünftigen Synchrotronlichtquelle PETRA III verantwortlich. Das Berichtsjahr wurde dafür genutzt, die Projektvorbereitungen voranzutreiben und Arbeitsgruppen zu bilden, den Aufgabenumfang zu spezifizieren, konzeptionelle Arbeiten zu beginnen und die Applikationsprogrammierer mit der Programmiersprache JAVA und der Programmierumgebung Eclipse vertraut zu machen. Die vorgesehene Erneuerung wird auf Kontrollsystem- wie auf Elektronikenebene neben PETRA auch die Vorbeschleuniger LINAC II und DESY II umfassen. Mit

der Gruppe MSK wurde vereinbart, dass sich MST an der Entwicklung von Software für die Hochfrequenzregelung der supraleitenden Beschleunigungsmodule des XFELs beteiligen wird.

Quenchüberwachung

Die Aufgabe der Projektgruppe „Quenchüberwachung“ besteht darin, die Quenchüberwachungssysteme des HERA-Rings weiter zu entwickeln und zu betreiben. 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 organisiert eine Rufbereitschaft und besteht aus Mitgliedern der M-Bereichsgruppen MST, MDI, MVP und MKS sowie der FH-Bereichsgruppe FEB. Im Berichtsjahr neu hinzugekommen ist ein Mitglied der Gruppe FH1, um die notwendige Personalstärke der Projektgruppe zu erhalten. Dies wurde zum Anlass genommen, ein umfangreiches Ausbildungs- und Auffrischungsprogramm zu beginnen. 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 verhielten sich im Berichtsjahr weitgehend unauffällig. Dies ist u. a. darauf zurückzuführen, dass die Quenchüberwachungssysteme einer regelmäßigen, präventiven Wartung unterzogen und aufgetretene Fehler umgehend und systematisch beseitigt wurden. Sorgen bereiteten jedoch zeitweise auftretende Fehlalarme, deren Ursache nicht ermittelt werden konnte.

Personen-Sicherheitssysteme – MPS –

Die Gruppe MPS (bis 31.10.2004: MST4) ist verantwortlich für die technische Erstellung und den sicheren Betrieb von Interlocksystemen zum Schutz von Per-

sonen gegen ionisierende Strahlung bei Beschleunigerbetrieb. Dies umfasst die Bereitstellung von Teilsystemen wie Türeninterlock- und Notaus-Systemen, Warneinrichtungen, Beamshutter- und Strahlfallensteuerungen sowie Strahlfreigabe-Steuerungen für jeden Beschleuniger einschließlich der Sicherheitsbedingungen bei Verbundbetrieb. Bei den Interlocksteuerungen werden auch Sicherheitsmeldungen anderer Gruppen verarbeitet sowie Freigabesignale den Gruppen zur Verfügung gestellt, die für eine sichere Abschaltwirkung der Beschleunigerkomponenten verantwortlich sind. Die Steuerungen aller Magnetstrom- und einiger Laser-Interlocks an Beschleunigern werden ebenfalls von MPS erstellt. Darüber hinaus werden von MPS die Einrichtungen für einen überwachten Zugang zu Beschleunigergebieten (ZZ) bereitgestellt und weitere Aufgaben im Bereich von Zugangskontrollen wahrgenommen, z. B. bei den HERA-Pförtneranlagen.

MPS hat es sich zum Ziel gesetzt, die teilweise historisch gewachsenen und häufig modifizierten Interlockeinrichtungen schrittweise zu verschlanken und auf moderne Systeme umzustellen. Dabei liegt die Priorität bei den Beschleunigern, die für die Zukunftsprojekte von DESY eine zentrale Bedeutung haben. Die Sicherheitsschaltungen werden in neuen, selbst entwickelten Standardmodulen weiterhin in hartverdrahteter Relais-technik ausgeführt, allerdings mit sichereren zwangsgewährten 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 muss dabei in Schaltungen mit hoher Sicherheitsrelevanz ausgeschlossen sein, dagegen können andere Funktionen, wie z. B. die Ansteuerung von Warneinrichtungen, auch rechnergesteuert ablaufen.

Im Jahr 2004 wurde das Sicherheitskonzept des neuen Türen-Interlocksystems vom TÜV Nord im Auftrag von D3 anhand von Beschreibungen und Schaltungsunterlagen von MPS überprüft. Dabei war insbesondere zu untersuchen, ob Fehlfunktionen des Interlockcomputers, der zur Vorgabe der Absuchreihenfolge, aber auch zur Unterstützung des überwachten Zugangs (ZZ) eingesetzt wird, zu einem unsicheren Zustand des Systems führen können. Der Technische Prüfbericht des TÜV vom 10.5.2004 besagt eindeutig, dass hier keinerlei Sicherheitsrisiko besteht.

Interlock-Installationen an den Beschleunigern

An den Beschleunigern wurden im Jahr 2004 folgende neue Sicherheitssysteme installiert und nach der vorgeschriebenen Interlockprüfung in Betrieb genommen:

TTF: Das Interlockgebiet wurde für VUV-FEL vergrößert und dabei ein vollständig neues Türeninterlocksystem in Betrieb genommen in der modernen Technik, wie sie seit 2003 bei LINAC II und DESY im Einsatz ist. Für die Freigabe-Steuerungen der Klystrons 2 und 3 konnte das bereits seit längerer Zeit fertig gestellte neue HF-Interlocksystem in Betrieb genommen werden, bei dem die HF-Leistung des Klystrons über Hohlleiterbrücken in sog. Switchyards zu verschiedenen Verbrauchern mit unterschiedlichen Interlockbedingungen geleitet werden kann. Dafür sind u.a. die Überwachung von Kontakten an Hohlleiterbrücken und die Anwahl einer gültigen Betriebsart Voraussetzung für den Betrieb. Damit wird erstmals ein definiertes, überwacht Umschalten eines Klystrons auf verschiedene Verbraucher ermöglicht, was die Sicherheit bei der gewünschten Flexibilität des TTF-Betriebs erhöht. Die Installationen für die baugleichen HF-Interlocks von Klystron 4 und 5 sind kurz vor dem Abschluss. Bei der Interlockprüfung war einer Auflage der Aufsichtsbehörde entsprechend ein Vertreter des TÜV anwesend, dem hier erstmals Interlock-Komponenten der neuen Technik in Funktion vorgestellt wurden; es gab keinerlei Beanstandungen der MPS-Installationen.

DESY II/III: Die Nebenräume im Beschleunigertunnel wurden erstmals mit Blinkwarnlampen und Notschaltern ausgerüstet. Die Installationen des alten Türeninterlocksystems, das seit 2003 außer Betrieb ist, wurden entfernt. Der neue Raum „SIR“ für Interlockeinrichtungen im Geb. 20 wurde baulich fertig gestellt. Dort wurde auch ein Rack für die Strahlungsüberwachungsanlage von D3 bereitgestellt und die Umrangierung von dem alten Standort organisiert.

DORIS: Die Strahlfallensteuerung wurde vollständig erneuert und in Betrieb genommen.

PETRA: Es wurde eine neue Sprechanlage in Betrieb genommen.

HERA: Im Rahmen der Stilllegung des HERA-B-Experimentes und des Umbaus der Abschirmung zur Halle West wurde das Türeninterlock des HERA-B-Gebiets und der angrenzenden Tunnelgebiete modifiziert. Im Tunnel nahe des H1-Experimentes wurden zusätzliche von H1 installierte Notschalter für lokale Gefahrenquellen in das Personen-Interlocksystem eingeschleift.

Neuentwicklungen für Interlocksysteme

Im Elektroniklabor von MPS wurde 2004 kontinuierlich an der Entwicklung neuer Hardware zur Modernisierung der Interlocksysteme gearbeitet. Dabei sind einige Prototypen gebaut und bei TTF in Betrieb genommen worden: ein Suchkreismodul zur Vereinfachung des Türeninterlocksystems, eine universelle CAN-Bus-Interfaceplatine für neue Interlockmodule und eine neue CAN-Terminal-Box zur flexiblen Signalverarbeitung an den Beschleunigertüren. Der Prototyp einer modularen Freigabesteuerung ist für den VUV-FEL einsatzbereit; neue 60 V-Sicherungsfelder mit CAN-Bus-Anschluss sind ebenfalls bereit zur Installation. In der Labor-Testphase befinden sich ein neuartiges Notaus-System und wartungsarme Blinkwarnlampen mit LED.

Kommunikationssysteme und Zugangskontrollen

Die Vereinheitlichung der Direkttelefone im BKR wurde 2004 abgeschlossen und eine Kommunikationsmöglichkeit per Head Set geschaffen. Mit neu erstellter Software kann der Telefonstatus auf den Monitoren der Interlockkonsolen angezeigt werden. Bei den Beschleunigern mit dem neuen Türen-Interlocksystem wurden neue Video-Multiplexer mit CAN-Bus-Steuerung in Betrieb genommen, die im BKR die Kamera-Umschaltung zwischen den ZZ-Interlocktüren steuern. Das Kabelnetz zur Übertragung der Audiosignale wurde neu aufgesetzt. Es wurde ein neues Konzept für die HERA-Pförtneranlage erarbeitet, das im Rahmen des Umbaus der Pförtneranlage Notkestrasse das störanfällige alte System ersetzen soll. Die Installationsphase hat begonnen.

Zusätzlich zu den Entwicklungs- und Installationsarbeiten waren im Jahr 2004 sechs Mitarbeiter von MPS regelmäßig als Operateure im BKR- Schichtdienst aktiv.

Diagnose und Instrumentierung – MDI –

Die Gruppe MDI ist zuständig für die Erfassung und Messung der Strahleigenschaften in nahezu allen Beschleunigern und Speicherringen bei DESY. Dazu gehören die Analyse von Strahlage, Strahllänge, Strahlströmen, Strahlprofilen, sowie die Messung der Strahlverluste und die Integration von diversen Signalen in Maschineninterlock-Systemen zum Schutz vor Zerstörung von Komponenten.

Das bei DESY weit verbreitete Datenübertragungssystem SEDAC wurde in Zusammenarbeit mit MST sehr stark verbessert. Das neue „Fast SEDAC“ System erlaubt Datenraten von 1 Mbit/s (bisher 0.25 Mbit/s) mit einer Datenbreite von 32 Bit (bisher 16 Bit). Das neue System wurde während der Wartungsperiode 2004 in HERA-e eingebaut, inklusiv den entsprechend verbesserten Datenübertragungsleitungen zu den HERA Hallen. Für HERA-e wurde ein komplett neues Strahllagesystem entwickelt, eingebaut und in Betrieb genommen. Es basiert auf „32 Bit-ADD-RAM-Modulen“ für eine schnelle und hoch auflösende Orbitmessung. Es erlaubt:

- Mittelwertbildung aus max. 4096 Einzelmessungen,
- Messgeschwindigkeit mit 32 Bit Fast-SEDAC bis zu ca. 50 Hz für den ganzen „HERA-Orbit“,
- Messauflösung ca. 1 μm RMS,
- umfangreiche Strahlage-Speicherfunktionen für ungemittelte Einzelbunch-Strahllagen oder gemittelte Orbitdaten (z. B. First-Turn aller Bunche im Einschuss oder Turn by Turn für Strahlschwingungs-Analysen),
- Zeitgleiches Triggern und Steuern aller Module im Ring über das „Hit-System“.

Ein neues Bunchtrigger-System für die Strahllagemonitore in den Hallen Nord und Süd ermöglicht das Messen der ungestörten e^- , e^+ oder p-Pilot-Bunche.

An der Elektronenstrahl-Profilmessung mit Hilfe des Synchrotronlicht-Monitors wurden erweiterte Rechnungen zum besseren Verständnis des Auflösungsvermögens vorgenommen. Ein neuer Entwurf der Extraktionsspiegel und deren Ansteuerung verringert die thermische Belastung des Spiegels deutlich. Mit dem Synchrotronlicht-Monitor am Protonenring gelang es, ein gutes Abbild des Strahles zu erzeugen. Eine theoretische Analyse des Auflösungsvermögens von Protonen-Synchrotronlicht aus BU-Randfeld ist erfolgt und wird bei der Messung entsprechend berücksichtigt. Ein neuer Strahlprofil-Oszillations-Monitor basierend auf Synchrotronstrahlung wurde für HERA-e vorgesehen. Dessen Konstruktion und Aufbau erfolgte im Rahmen einer Diplomarbeit der FH-Kiel/Institut für Feinwerktechnik und Mechatronik. Erste Komponenten sind im Tunnel installiert, die Inbetriebnahme des Monitors ist für den Beginn 2005 vorgesehen. Bei HERA wurden Tests und Messungen zur Optimierung der Lebensdauermessung durchgeführt. Ziel der Tests soll sein, eine Methode (Hardware und Software) zu finden, die auch bei sehr langen Lebensdauern eine Änderung der Lebensdauer erkennt und schnell zur Anzeige bringt.

In Kollaboration mit IHEP (Moskau) wurde auch für HERA-p ein neuer Strahlprofil-Oszillations-Monitor eingebaut basierend auf optischer Übergangsstrahlung. Erste Tests zeigten, dass genügend Licht zur Auslese entsteht und dass die OTR-Folie dem Strahl für bis zu 100 Umläufen standhält. Die Auslese mit einer speziell dafür entwickelten großflächigen und schnellen Zeilenkamera (IHEP) muss noch in Betrieb genommen werden. Das System zur Vermeidung der schnellen und unkontrollierten Protonen-Strahlverluste in HERA-p durch eine Auswertung des Strahlstromes mit dem AC-Strahlstrommonitor wurde erfolgreich in den regulären Betrieb aufgenommen. Es erkennt einen Strahlstromverlust im Prozentbereich innerhalb eines Umlaufs (21 μs) und löst dann einen Strahldump aus. Ein weiteres System zur schnellen Analyse von Magnetstromänderungen an kritischen Magneten wurde entwickelt, in die Steuerschränke der Netzgeräte eingebaut und erfolgreich getestet. Eine Magnetstromänderung von ca. 1% löst innerhalb ca. 1 ms einen Dump aus, bei gleichzeitiger Unempfindlichkeit gegen Netzstörungen. Bei einer Auslösung werden die Magnetstrom- und Spannungsdaten für eine Ereignisanalyse archiviert. Die Inbetriebnahme aller Einheiten ist für Anfang 2005 vorgesehen. Bei HERA-p wurde

die Wartung der Protonen-Strahllage-Monitore und ihres Auslesesystems, das seit dem Start von HERA im Jahre 1992 unverändert läuft, weiterhin fortgesetzt. Einige PPA-Kassetten werden neu gefertigt, da manche nicht mehr reparierbar sind.

Für das Drahtmesssystem auf den Brücken in HERA wurde ein neues Vier-Kanal-ADC Modul für die Auswertung der 5 kHz Koppler-Signale entwickelt. Dessen Merkmale sind:

- Synchroner Signalabtastung,
- Einzelmessauflösung 16 Bit,
- 16-fach Addierer zur Mittelung verschiedener Phasenwinkel,
- Fein einstellbare Integrationszeit zur Unterdrückung von Störungen,
- Großes RAM für Speicher-Funktion,
- 16- oder 32 Bit SEDAC-Anschluss.

Testmessungen zeigten bei einer Mittlung über ca. eine Sekunde eine Auflösungsgrenze von ca. 30 bis 40 nm.

Die Strahl-Instrumentierung in den Vorbeschleunigern wurde ergänzt, verbessert und weiterentwickelt. In DORIS wurde ein neues Strahllagesystem erfolgreich in Betrieb genommen. Ähnlich dem HERA-e System basiert die Hardware auf einem neuen „32 Bit-ADD-RAM-Modul“ für schnelle, hoch auflösende Orbitmessungen mit den folgenden technischen Eigenschaften:

- Mittelwertbildung aus max. 2048 Einzelmessungen,
- Messgeschwindigkeit mit 32 Bit Fast-SEDAC max. ca. 600 Hz für den ganzen „DORIS-Orbit“,
- Messauflösung ca. 1 μm RMS,
- Einfache Strahllage-Speicherfunktion (z. B. Strahl-injektions-Messungen),
- Testpulser-System.

Das System liefert zuverlässig die Orbit-Daten für:

- Langsame-Strahl-Orbit-Stabilisierung,
- Strahl-Orbit-Überwachung,
- Schwingungsanalyse für die Strahlqualitätskontrolle und für eine schnelle Strahl-Orbitstabilisierung (Abb. 121).

Mit dem Aufbau einer X-ray Pinhole-Kamera zur Emissionmessung wurde begonnen. Der Monitor (Abb. 122) ist installiert worden, die Inbetriebnahme ist für den Beginn 2005 vorgesehen. Eine zweite Messelektronik zur Messung von Einzelbunch-Strömen wurde in DORIS installiert zur Verbesserung der Lebensdauerbestimmung.

Der Transportweg „EL-Weg“ wurde mit 6 neuen Strahllagemonitoren ausgerüstet, die in Zusammenarbeit mit MVA hergestellt wurden. Die Auslese dieser Monitore sowie der Lagemonitore im p-Weg erfolgt durch eine neu entwickelte Elektronik: „16 Bit-Transportweg-ADD-RAM-Modul“. Diese erlaubt eine Mittelwertbildung von maximal 256 Signalen für Testmessungen oder einer entsprechend einstellbaren Anzahl von Bunchen bei Injektion. Sie besitzt einen durch die Bunchnummer gesteuerten schnellen Datenspeicher für bis zu 128 Einzelbunche. Beide Wege wurden ebenfalls mit einem neuen Testpulser-System ausgerüstet. Die Systeme laufen nach der Inbetriebnahme in 2004 einwandfrei.

Die neuen Abschnitte des LINAC II wurden mit Strahllagemonitoren und Kabeln ausgerüstet.

Die Planungen für die Diagnostik in PETRA III wurden begonnen. Insbesondere die Frage nach hochauflösenden und schnellen Orbitdaten für ein Orbit-Feedback-System wurde zusammen mit MSK diskutiert und Lösungen erarbeitet. Erste Untersuchungen von Hardware-Komponenten wurden am PETRA II Strahl durchgeführt bzw. vorbereitet.

Für den VUV-FEL wurden wesentliche Fertigungsarbeiten zur Strahlinstrumentierung (Strahlintensität, Strahllage und Strahlphase) abgeschlossen und die Instrumentierung in Betrieb genommen. Die Toroide und Widerstandsmonitore lieferten auf Anhieb gute Signale und verlässliche Daten. Die Phasenmonitore geben sehr schnelle Signale, die eine Triggerqualität im Bereich von Picosekunden Auflösung erlauben. Alle Strahllagemonitore wurden in den VUV-FEL eingebaut und vermessen. Die Inbetriebnahme erfolgte mit der Elektronik aus TTF1, da die Fertigung der neuen Ausleseelektronik verzögert ist.

Es wurden 67 Strahlverlustmonitore (BLMs) mit 4 unterschiedlichen Szintillator-Abmessungen über die komplette Länge der Maschine verteilt installiert. Die Ausleseelektronik der Monitore wurde von FE entwi-

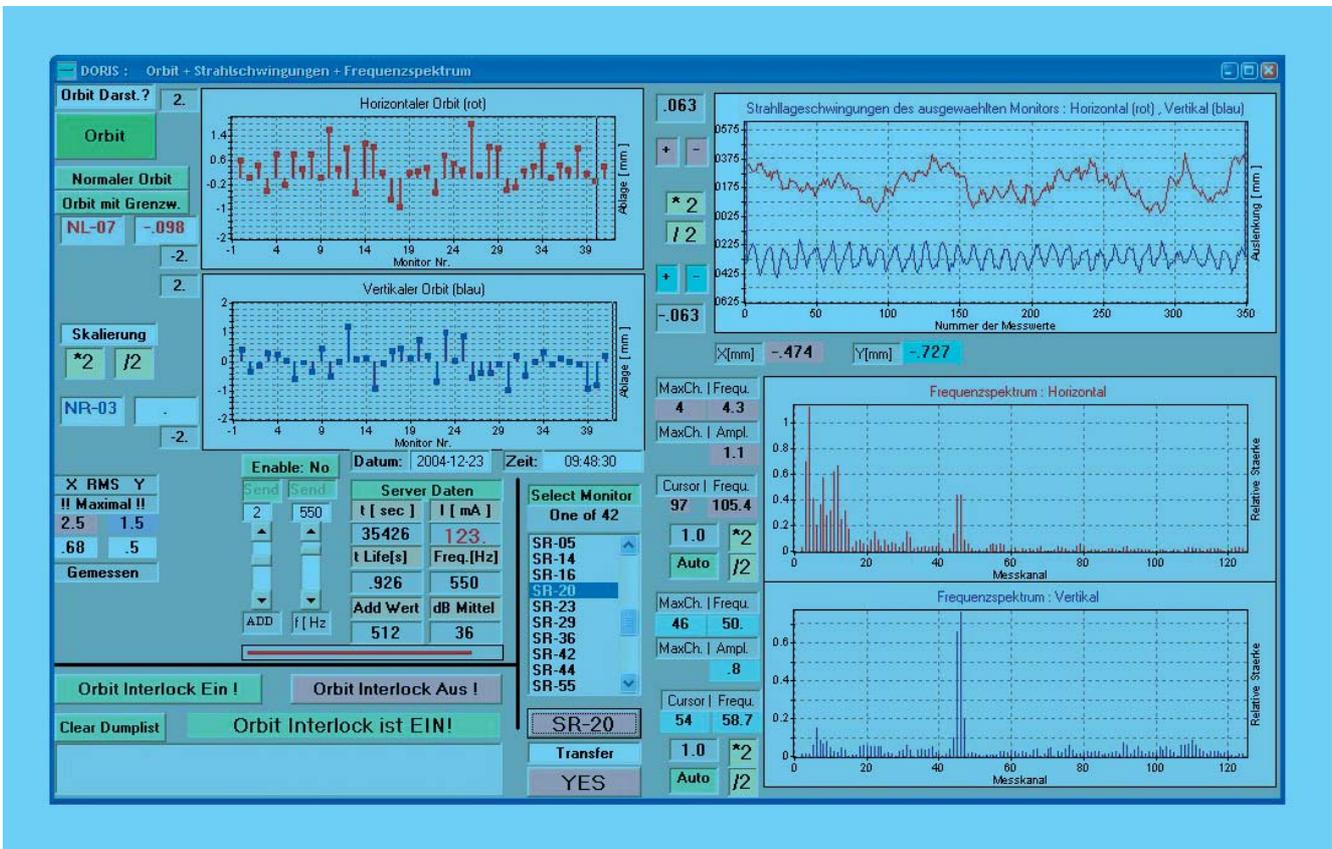


Abbildung 121: Messung der Strahlschwingungen in DORIS. Deutlich sichtbar sind Oszillationen im Bereich von 50 Hz (1 Messkanal= 1.1 Hz) und niederfrequente Schwingungen bei ca. 1–15 Hz, die durch terrestrische Schwingungen auf den Strahl übertragen werden.

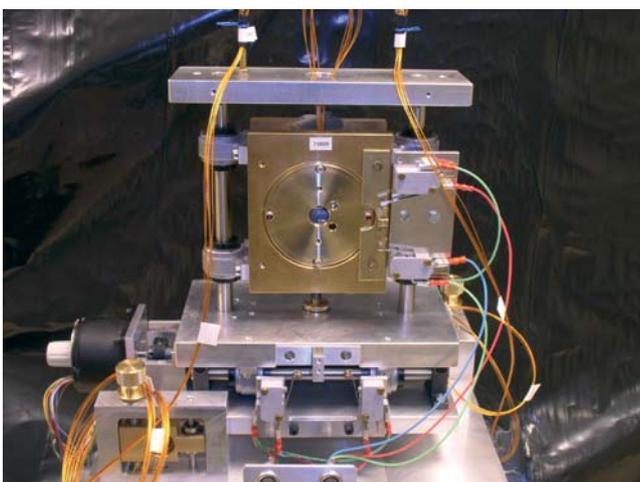


Abbildung 122: Neue Pinhole-Kamera für Emittanzmessungen an DORIS.

ckelt und erfolgreich in Betrieb genommen. Die Signale der Verlustmonitore haben sich zu einem wichtigen Bestandteil der Maschinenoptimierung entwickelt.

Die Bunch-Compression-Monitore am Bunch-Kompressor 2 und 3 erlauben eine einfache Messung der relativen Änderung der Bunchlänge. Sie eignen sich gut zur Online-Einstellung der Kompression. Die Monitore basieren auf der Emission kohärenter Beugungsstrahlung im fernen Infrarot. Ein Pyrodetektor wird zum Nachweis der Strahlungsintensität verwendet. Die Monitore wurden erfolgreich am VUV-FEL aufgebaut und betrieben.

Des Weiteren wurden am VUV-FEL alle Wire-Scanner-Stationen in Betrieb genommen (mit neuem, schlupffreien Spindelantrieb), diverse Kameras und Abschir-

mungen aufgebaut, sowie im Zuge der Übernahme der Verantwortung für Schirmmonitore und Kameras im Bereich der Kanone ein Kollisionsschutz aufgebaut und die Konzeption der Pressluftsteuerung für Schirmmonitore überarbeitet.

Für das Maschineninterlocksystem des VUV-FEL wurden die Beam Interlock Concentrator Module (BIC) fertig gestellt und erfolgreich getestet. Damit werden alle Alarmsignale der technischen Komponenten gesammelt, entsprechend dem Maschinenzustand maskiert und schnell als „Stop-Signal“ an die Kanone (Laser bzw. HF) und an das Kontrollsystem weitergeleitet. Eine Analyse der zeitlichen Abfolge von Alarmen ist dabei möglich. VUV-FEL erhält damit neben einem schnellen Maschinenschutzsystem auch einen eindeutigen Hinweis auf technische Fehler von Komponenten.

Die Entwicklung und der Service von Spezialmonitoren und die Zusammenarbeit mit internen und auswärtigen Instituten wurden von MDI weitergeführt. So wurde der Laser-Wire-Scanner bei PETRA zusammen mit der Royal Holloway University of London (RHUL) und BESSY erfolgreich betrieben und es wurden diverse Verbesserungsmaßnahmen unterstützt (z. B. neue Auslasskammer).

Für die Untersuchung der Dunkelstromeigenschaften der supraleitenden Beschleunigungsmodule wurde die Fertigung eines Cryogenic-Current-Comparator in CHECHIA zusammen mit GSI und der Friedrich-Schiller-Universität Jena vorangebracht. Die erfolgreiche Online-Dosimetrie mit Hilfe von Lichtwellenleitern wurde in Zusammenarbeit mit MPY, dem Hahn-Meitner-Institut in Berlin und dem Fraunhofer-Institut in Euskirchen weiter betrieben.

Es erfolgten Unterstützungen bei Installation und Wartungsarbeiten der OTR-Stationen von INFN Frascati, das Projekt „Toroid-Alarmsystem für VUV-FEL“ wurde zusammen mit Saclay weiterentwickelt, die Installation eines Interferometers zur Bunchlängenmessung von INFN Rom und Frascati wurde unterstützt und Kamerasysteme zur Energiemessung an BC2 und BC3 wurden mit aufgebaut (MPY). In Zusammenarbeit mit Saclay wurde der neue Reentrant-Strahlpositionsmonitor in dem kalten Beschleunigermodul getestet.

Im Zuge der CARE-HHH Netzwerk Aktivitäten lieferte MDI diverse organisatorische und inhaltliche Beiträge

zu der ABI-Arbeitsgruppe in Zusammenarbeit mit GSI und CERN.

Der ständige Ausbau, die Wartung und die Dokumentation der Lichtleiter-, Koaxial- und Steuerkabelnetze in allen Beschleunigeranlagen wurde von MDI in Zusammenarbeit mit externen Firmen weitergeführt.

Strahlkontrollen – MSK –

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

Protonentransfer von PETRA nach HERA: Zur Entlastung der Operateure und zur Erhöhung der Maschinenverfügbarkeit von HERA wurde eine Automatik zur Überwachung und Korrektur der Timingsysteme von PETRA-p und HERA-p aufgebaut und in Betrieb genommen. Hierbei wird erreicht, dass die Bunche aus PETRA in die gewünschten Buckets von HERA injiziert werden.

Präzisions-Timing Modul: Für den top-up Betrieb von PETRA III und DORIS muss das Timing der Bunche mit einer Auflösung, die deutlich besser als der Bunchabstand von 2 ns ist, gemessen werden, um die Bunche in die gewünschten Buckets zu injizieren. Hierzu wurde ein hochpräzises Timing Modul (Time Interval Counter) mit < 100 ps Auflösung bei einer Mittelung über 3000 Messwerte entwickelt. Gemessen wird die Zeit zwischen Start- und Stop-Signal, welches aus den Umlaufzeiten abgeleitet wird. Eine Interruptsteuerung reduziert die Messzeit auf ein Minimum. Das Timing Modul wird in Zukunft auch zur Überwachung von HERA-e und HERA-p eingesetzt, um die e-p Synchronisation zu automatisieren.

Coasting Beam in HERA: Bei der Untersuchung des Coasting Beams in HERA hat sich herausgestellt, dass die Frequenzsteuerung (52 MHz) für HERA-p sporadische und seltene (z. B. für wenige Millisekunden im Stunden- bis Wochenabstand) Phasensprünge zeigte. Die Diagnostik wurde dadurch erschwert, dass die Elektronik nicht für längere Zeit ausgebaut werden konnte, da sie ständig für den Maschinenbetrieb zur Verfügung

stehen musste. Bei der schließlich durchgeführten Fehleranalyse stellte man fest, dass in dem vor fast 15 Jahren eingebauten Chassis mit der defekten Elektronik bei mehreren Festmantelkabeln die Lötstellen am Außenleiter gebrochen waren, die Netzteile partiell defekt waren, und ein intermittierender Fehler in einem Frequenzteiler vorlag. Zusätzlich bewirkte die Einstrahlung von externen 50 Hz Magnetfeldern eine Verschlechterung der 50 Hz Seitenbänder auf -60 dBc, die nach Einbau einer Abschirmung auf -90 dBc reduziert werden konnten. Dieses Beispiel hat gezeigt, dass für den zuverlässigen Betrieb von PETRA III, DORIS und deren Vorbeschleunigern in den Timing-, Synchronisations- und Feedbacksystemen sowie in der Magnetstromsteuerung ältere, für den Betrieb kritische Elektronik, erneuert werden muss.

Magnetstromsteuerung für DESY III: Zur Erhöhung der Verfügbarkeit und zur Verbesserung der Diagnosemöglichkeiten wurde die Ansteuerung der Quadrupolnetzgeräte und die Steuerung der Leistungsschalter von allen Netzteilen durch moderne Elektronik ersetzt. Eine Ist- und Sollwerterfassung für alle Netzteile wurde implementiert. Die Crates sind ferngesteuert aus- und einschaltbar, wodurch auch die Rechner neu gebootet werden können.

Longitudinales Multibunch-Feedback für HERA-p: Ausführliche Untersuchungen haben gezeigt, dass die Multibunch-Instabilitäten in HERA-p mit relativ geringer longitudinaler Spannung von max. 200 V durch ein Feedback-System bedämpft werden können. Deshalb wurde ein Konzept zur Bedämpfung der longitudinalen Multibunch-Schwingungen entwickelt. Es besteht aus der Schwingungsdetektion, einer Digitalelektronik, die von MSK entwickelt wird, und einem Feedback-Kicker-Resonator. Der Feedback-Resonator ist ein beladener Lambda-viertel Resonator für maximal 1 kW Leistung bei einer Bandbreite von mindestens 5.2 MHz. Er wird bei der Frequenz von 104 MHz betrieben. Ein 1 kW Verstärker als geeigneter Sender ist bereits vorhanden. Das System soll ab der zweiten Hälfte des Jahres 2005 betriebsbereit sein.

Nearby-Mode Feedback für PETRA: Zur Dämpfung des sog. „Nearby Modes“, der eine Limitierung des Gesamtstroms der Maschine bewirken kann, wurde ein longitudinales Feedback System entwickelt, aufgebaut und erfolgreich in Betrieb genommen. Das System ar-

beitet mit digitaler Signalverarbeitung und garantiert eine sehr hohe Betriebssicherheit.

Die neue digitale Regelung für den VUV-FEL wurde erfolgreich für die RF-Kanone und die 40 supraleitenden Resonatoren in 5 Kryomodulen in Betrieb genommen. Diese basiert auf dem C67 DSP von Texas Instruments, der aufgrund seiner etwa 10-fach höheren Leistungsfähigkeit (im Vergleich zum vorher eingesetzten C40) die Hardware vereinfacht und die Implementierung wesentlich komplexerer Algorithmen erlaubt. Das DSP Board verfügt über 8 „Gigalink“ Interfaces, mit denen 8 Kanal ADC und DAC Karten angesprochen werden. Die Latenzzeit der neuen Regelung für 32 Resonatoren beträgt nur $3.3 \mu\text{s}$. Für diese Regelung wurden auf analogem Multiplizieren basierende Downconverter mit einer Linearität von besser als 10^{-4} entwickelt, die eine verbesserte Amplituden- und Phasenstabilität versprechen.

Im Rahmen einer Kollaboration mit den technischen Universitäten in Lodz und Warschau wurde ein erster Prototyp einer FPGA basierten digitalen HF Regelung erprobt, der Latenzzeiten von wenigen 100 ns bei ADC Abtastraten von bis zu 100 MHz bei 14-bit Auflösung garantiert. Der Prototyp wurde erfolgreich am horizontalen Resonator-Teststand Chechia bei einem Gradienten von 30 MV/m in Betrieb genommen.

Vakuum – MVA –

Die Vakuumsysteme der Beschleuniger HERA-e, PETRA, DORIS, LINAC II, LINAC III, PIA sowie DESY II werden von MVA betrieben und weiterentwickelt. Schwerpunkte in 2004 waren für die Gruppe die Verbesserung der für die Untergrundzählrate der Experimente kritischen Vakuumbedingungen in den HERA Wechselwirkungszonen, die Entwicklung des Vakuumsystems für die neue Synchrotronstrahlungsquelle PETRA III sowie diverse Entwicklungsarbeiten für das XFEL Projekt.

HERA

Bis Juni 2004 konnten die HERA Experimente unter sehr guten Bedingungen Daten nehmen. Die dy-

namischen Restgasdrücke in den Wechselwirkungs-zonen hatten nach längerer Konditionierungszeit sehr niedrige Werte erreicht. Ende Juni kam es zur Überhitzung einer Edelstahlvakuumkammer durch einen fehlgesteuerten Synchrotronstrahlungsfächer bei 6 m rechts in der Wechselwirkungszone Nord. Als Folge der Wärmeeinwirkung, die lokal Temperaturen von 1000°C und mehr hervorrief, deformierte sich die Kammerwand und die verfügbare Strahlapertur wurde etwa auf die Hälfte reduziert. In diesem Zustand konnte nur noch eingeschränkter Luminositätsbetrieb durchgeführt werden. In der nachfolgenden Betriebsunterbrechung wurde die betroffene Vakuumkammer durch eine Reservekammer ersetzt. Die Reservekammer wurde mit folienartigen Temperatursensoren ausgestattet, so dass eine erneute Überhitzung durch ein Interlocksystem vermieden werden kann. Gleichzeitig wurde der Hauptabsorber, der die Trennung der Elektronen- und Protonenstrahlwege bei 11 m erlaubt, durch einen modifizierten Absorber ersetzt. Der neue Absorber ist in den Ausgängen für die Protonen- und Elektronenstrahlen zusätzlich mit umlaufenden Kupferabsorberringern von 0,5–1,0 mm Höhe ausgestattet, so dass dahinter liegende Strahlrohre nicht mehr von direkter Synchrotronstrahlung getroffen werden können.

In der Vergangenheit waren mehrfach Lecks an den Flanschverbindungen des Absorbers aufgetreten, die auf unsymmetrische Erwärmungen der Flansche durch fehlgesteuerte Synchrotronstrahlungsfächer zurückgeführt werden können. Zusätzlich zu den oben angesprochenen Modifikationen des Absorbers wurden zwei Flanschverbindungen durch Schweißlösungen ersetzt (Abb. 123). Diese erschweren zwar einen möglicherweise notwendig werdenden Tausch der Komponenten, verringern jedoch die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Lecks. Das Experiment ZEUS im Süden hatte wesentlich seltener unter Leckagen zu leiden und es gab auch keine anderen Gründe, die Wechselwirkungszone Süd zu belüften. Nach reiflicher Überlegung wurden deshalb die bei H1 durchgeführten Modifikationen bei ZEUS nicht umgesetzt. Die benötigten Bauteile sind jedoch vorbereitet und eine nachträgliche Umsetzung ist jederzeit möglich.

Eine weitere Aktivität bei HERA war der Rückbau des Vakuumsystems am HERA-B Detektor in der Halle West.

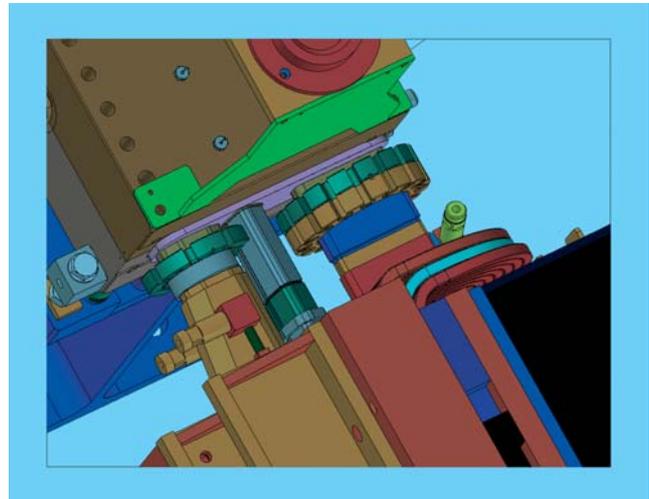


Abbildung 123: Neue Schweißverbindungen am Septumabsorber (oben) in der Wechselwirkungszone Nord. Am Ausgang für den Protonenstrahl (mitte) sowie den Elektronenstrahl (links) wurden die Flanschverbindungen durch dauerhafte Schweißverbindungen ersetzt (konstruktive Lösung: ZM).

PETRA III

Die Entwicklungs- und Konstruktionsarbeiten am Projekt PETRA III wurden 2004 weiter intensiviert. Die Entwicklung des Vakuumsystems für die Standardoktantanten ist bereits weit fortgeschritten. Die Dipolkammern bestehen aus stranggepressten Aluminiumprofilen, die mit integrierten NEG Pumpen ausgerüstet sind (Abb. 124). Durch einen speziellen Biegeprozess, der bereits erfolgreich getestet wurde, erhalten diese Profile den notwendigen Krümmungsradius von 200 m. Die verfügbare Apertur für den Strahl wurde im Vergleich zu PETRA II verkleinert und weist nun eine elliptische Form mit den Halbachsen $80 \times 40 \text{ mm}^2$ auf. Zwischen den Dipolkammern wird eine etwa 1,5 m lange elliptische Edelstahlkammer sowie ein ebenfalls elliptisches Schiebestück eingefügt. Das neue Vakuumsystem wurde speziell auf hohe thermische Stabilität in Bezug auf Quadrupol- und BPM-Positionen optimiert.

In der Experimentiersektion, dem so genannten Neuen Achtel, werden flache geschweißte Edelstahlkammern und lokale Kupferabsorber zum Einsatz kommen. Auf diese Weise wird die Synchrotronstrahlungsbelastung an den gut gekühlten Absorberringen lokalisiert, was eben-



Abbildung 124: Stranggepresste Aluminium Profile für den Einsatz in den PETRA Dipolmagneten. Zu erkennen sind der elliptische Strahlraum mit Abmessungen von $80 \times 40 \text{ mm}^2$, der Seitenkanal für eine NEG-Streifepumpe sowie drei Kanäle für die Wasserkühlung. Die Kammer folgt der Krümmung des Strahlorbits von etwa 200 m Radius.

falls zu einer Minimierung von thermischen Bewegungen führt. Die extrem flachen Undulatorkammern werden voraussichtlich aus Aluminium gefertigt, wobei die verfügbare Magnet-Spalthöhe nur 9.5 mm beträgt. Um für den Strahl eine vertikale Apertur von 7 mm zur Verfügung zu stellen, kann die Wandstärke an den dünnsten Stellen nur einen Millimeter betragen. Für die Gewährleistung eines ausreichend guten Vakuumdrucks in den bezüglich des Experimenteuntergrundes kritischen Undulatorkammern ist der Einsatz einer integrierten Pumpe unverzichtbar. Gegenwärtig wird der Einbau eines parallel laufenden NEG Streifens bzw. alternativ die Besputterung der Kammerwand mit NEG Material diskutiert.

Aktivitäten am VUV-FEL und Entwicklungsarbeiten für den XFEL

Am VUV-FEL wurden abschließende Montagearbeiten in enger Zusammenarbeit mit MVP durchgeführt. Das betraf insbesondere die Vakuumstrecken im Bunchkompressor III, den Spektrometerarm, das Strahlaustrittsfenster am Beamdump sowie eine Anlage zum Test von Materialien (siehe unten).

Die Gruppe MVA hat das Arbeitspaket „Warmes Vakuum“ im Rahmen des XFEL Projektes übernommen. Ein spezielles vakuumtechnisches Problem stellen auch hier die Vakuumkammern in den Undulatoren des FEL dar. Der Durchmesser dieser Vakuumkammern beträgt nur etwa 10 mm bei Wandstärken unter einem Millimeter. Die extrem kurzen Teilchenpakete des XFEL führen ein sehr hochfrequentes Spektrum an elektromagnetischen Wellen mit sich, die auf den Strahl zurückwirken und die Strahlqualität negativ beeinflussen können. Um diese Rückwirkung klein zu halten, muss die innere Oberfläche der Vakuumkammer möglichst glatt und elektrisch gut leitend sein. Es wurden mehrere Rohre aus verschiedenem Material beschafft und mit einem Atomkraftmikroskop auf Oberflächenrauigkeiten untersucht. Dabei stellte sich heraus, dass industriell gefertigte Kupferrohre mit einer Wandstärke von 0.2 mm bereits eine recht gute Rauigkeit von 300 nm RMS aufweisen. Ein solcher Wert ist akzeptabel für die Anwendung am XFEL. Es werden nunmehr Elektropolierversuche in Zusammenarbeit mit Industriefirmen unternommen, um die Rauigkeit der Kammeroberfläche weiter zu reduzieren. Ebenfalls Teil des XFEL Projektes ist die Konstruktion und Fertigung von Kollimatoreinheiten für den Teilchenstrahl. Hier spielt die Auswahl eines Stress und Hitze resistenten Materials eine große Rolle. Es ist geplant, mögliche Materialien in einem Versuchsaufbau am VUV-FEL mit Strahleinwirkung zu testen. Die Testanlage wurde zu Beginn des Jahres 2004 im Bypass an einer Position installiert, die es erlaubt, den Teilchenstrahl in beiden Ebenen gleichzeitig zu fokussieren und somit besonders hohe Leistungsdichten auf einer Materialprobe zu erzeugen. Die Anlage ermöglicht es, ferngesteuert bis zu 5 Proben im Strahl zu positionieren und verfügt über einen speziellen Strahlprofilmonitor auf OTR Basis.

Weiterhin betreut die Gruppe zusammen mit MKS und ZM eine Elektronenstrahlschweißanlage, in der Niob-schweißungen unter besonders guten Vakuumbedingungen durchgeführt werden können. In der Anlage wurden Versuchsschweißungen an einzelligen TESLA Resonatoren durchgeführt, sowie diverse Spezialteile für den Einsatz am VUV-FEL geschweißt. Eine weitere Aktivität umfasst die Betreuung der Fertigung einer normalleitenden Booster-Beschleunigerstruktur für die Anlage PITZ in Zeuthen. Die mehrzellige Struktur arbeitet im L-Band, und viele Schritte der Fertigung,

wie z. B. das Fügen der Zellen durch induktives Löten, ähneln dem Produktionsablauf für den PITZ/TTF Photoinjektor.

Weitere Aktivitäten

Bei DORIS wurden im Zusammenhang mit der Installation eines neuen Wigglermagneten mehrere Vakuumkammern neu konstruiert, gefertigt und installiert. Das betrifft insbesondere die Kammer des Wigglers selbst, die als dünnwandige Edelstahlkammer erstellt wurde. Wegen des kleinen Querschnittes ist diese Vakuumkammer schlecht von den Enden her zu pumpen. Daher wurde die Innenoberfläche bei einer externen Firma mit NEG Material besputtert. Durch Erwärmung der gesamten Kammer im eingebauten Zustand mittels elektrischer Heizjacken auf 200°C wird die NEG Schicht aktiviert und entfaltet ihre Pumpwirkung. Dieses Verfahren wird bereits erfolgreich bei anderen Beschleunigern, z. B. ESRF, eingesetzt und hat damit zum ersten Mal auch bei DESY Anwendung gefunden. Die Gesamtlänge der in diesem Zusammenhang bei DORIS neu eingebauten Vakuumstrecke beträgt etwa 25 m.

Im Bereich Vakuumelektronik wurde bei DESY II und den zugehörigen Transportwegen das Interlocksystem, basierend auf 25 Vordruck-Messstellen, vollständig erneuert. Weiterhin wurde die Aktivierungselektrik der bei DORIS eingesetzten NEG-Streifenpumpen automatisiert.

Für den aktuellen PETRA II Beschleuniger wurde eine spezielle Auslasskammer hergestellt, die für den so genannten Laser Wire, ein Instrument zur Messung der transversalen Strahlprofile, benötigt wird. Das Funktionsprinzip beinhaltet die Kollision eines Laserstrahls mit dem zirkulierenden Teilchenstrahl. Dabei werden rückgestreute Photonen mit hoher Energie erzeugt, deren Rate proportional zur lokalen Teilchendichte im Strahl ist. Diese Photonen verlassen die Vakuumkammer durch ein 6 mm dickes Aluminium Auslassfenster und werden in einem Detektor nachgewiesen. Die Auslasskammer wurde durch Modifikation einer existierenden PETRA Bogenkammer hergestellt. Die aufwendigen Schweißarbeiten wurden von Experten bei ZM durchgeführt. Weitere Aktivitäten bei PETRA waren der Einbau des dritten Fahrkickers sowie eines Feedbackresonators in der geraden Strecke Süd.

Der Beschleuniger DESY II verfügt über dünnwandige Edelstahlkammern mit nur 0.2 mm Wandstärke, deren Stabilität durch aufgelötete Rippen gewährleistet wird. Die dünne Wandstärke ist notwendig, um das mit 12.5 Hz oszillierende Dipolfeld des Synchrotrons nicht zu stark abzuschwächen. Neun Kammern dieser Art mit einer Länge von ca. 5 m wurden 2004 nachgebaut, wobei ein neuartiger Lötprozess auf Nickelbasis eingesetzt wird.

Protonenvakuum – MVP –

Die Gruppe MVP ist für die Vakuumsysteme des Protonenrings von HERA einschließlich der Isoliervakuumssysteme für die Heliumtransferleitung und die supraleitenden Magnete sowie die Vakuumsysteme von DESY III und der TESLA-Test-Facility (TTF) verantwortlich. Diese werden von MVP entworfen, gebaut, betrieben und weiterentwickelt. Weiterhin ist die Gruppe maßgeblich an der Entwicklung und dem Betrieb des Kontrollsystems für den TTF-Linearbeschleuniger beteiligt. Im Berichtsjahr 2004 verlief der Betrieb dieser Systeme reibungsfrei. Die Aufgaben der Gruppe konzentrierten sich vor allem auf den Ausbau und die Inbetriebnahme der Vakuum- und Kontrollsysteme für den TTF-Linearbeschleuniger für Phase II (VUV-FEL), Entwicklungsarbeiten für die Vakuum- und Kontrollsysteme des XFEL sowie diverse Wartungs- und Reparaturarbeiten.

HERA und DESY III

Bei HERA konzentrierten sich die Arbeiten auf den Ausbau des HERA-B Experiments und die damit verbundenen Modifikationen des Strahlvakuumsystems des Protonenrings. Hierfür wurden während einer längeren Betriebsunterbrechung in der Wechselwirkungszone West neue Strahlrohre mit entsprechenden Pumpen eingebaut. Die beiden Schnellschlussklappen am Ende der geraden Strecken im Westen, die bisher die kalten Strecken vor einem Vakuumeinbruch im Bereich des HERA-B Vertexdetektors schützen sollten, wurden wieder entfernt und die Steuerung der Strahlventile entsprechend korrigiert. Für den Protonenring ist für 2005 der Einbau eines Feedback Kickers geplant.

Hierzu wird unter anderem eine neue Vakuumkammer mit integrierter Keramik benötigt, deren Konstruktion angefangen wurde. Für DESY III wurde begonnen, diverse Ersatzkammern für das Vakuumsystem, die eine längere Fertigungszeit benötigen, nachzubauen.

Vakuumsysteme für TTF

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

Weiter ist MVP für die gesamten Vakuumsysteme des supraleitenden TTF-Linearbeschleunigers von der Elektronenquelle bis zum Beginn der Photonenstrahlungsführung verantwortlich. Im Berichtszeitraum 2004 wurde der Aufbau des Vakuumsystems für den Ausbau zur VUV-FEL Nutzermaschine abgeschlossen.

Schwerpunkt war hierbei die Fertigstellung des Injektors. Im Bereich der Elektronenquelle wurden Einheiten verschiedener Gruppen zusammengefügt. Die HF-Kanone mit der direkt anschließenden Vakuumkammer mit Strahldiagnoseelementen wurde bereits am Teststand PITZ in Zeuthen getestet und konditioniert. Diese Einheit wurde im evakuierten Zustand nach Hamburg transportiert und in den TTF-Linearbeschleuniger eingebaut (Abb. 125). Die Verbindungselemente zum ersten Modul bzw. ersten Strahldump wurden bei MVP konstruiert und fertigungstechnisch betreut. Aufgrund des geringen zur Verfügung stehenden Bauraums wurde die Einheit komplett im Reinraum vormontiert. Kernstück ist eine kompakte Dipolkammer mit diversen integrierten und angeflanschten Diagnoseelementen. Die Vakuumkammern für den Bunchkompressor II wurden ebenfalls von der Gruppe konstruiert und gefertigt. Sämtliche Konstruktionsarbeiten im Injektor wurden erstmals bei MVP ausschließlich mittels 3D-Modellierung durchgeführt. Der Aufbau der Strecke sowie die Vakuumarbeiten beim Einbau des ersten Moduls wurden erfolgreich abgeschlossen.

Weiter wurden die Montage der Kollimatorstrecke mit den vier Kollimatoren zur Strahl- und Energiekollimation sowie der Abzweig des Bypasses zum aufsteigenden Ast fertig gestellt. In diesen Abschnitten ist die

Anzahl der verschiedenen Elemente besonders hoch und der räumliche Abstand der Komponenten der beiden Abschnitte zum Teil sehr klein, so dass die Montagearbeiten viel Sorgfalt erforderten. Weiter wurde die Montage der Vakuumkomponenten im Bereich der Undulatoren und der Experimentierstrecke durch die Mitarbeiter von HASYLAB unterstützt.

Im Bereich der temporären Strahlführung, in der zukünftig die Seeding-Undulatoren aufgebaut werden sollen, wurde ein weiteres Experiment zur Bunchlängenmessung (TEO) eingebaut. Hierfür wurde die Vakuumkammer zur Aufnahme eines Spiegels konstruiert, gefertigt und eingebaut. Auch wurden die Vakuumkomponenten für das EOS-Experiment sowie zusätzliche Diagnoseelemente im Bereich der LOLA Struktur eingebaut und in Betrieb genommen.

Für die Vakuumkomponenten der TESLA-Test-Facility und zunehmend auch für Komponenten in den Strahlführungen des Synchrotronstrahlungslabors von HASYLAB bestehen gegenüber den bisherigen Beschleunigern erhöhte Anforderungen hinsichtlich Staub- und Partikelfreiheit. Hierzu betreibt MVP zusammen mit der Vakuumgruppe vom HASYLAB eine Ultraschallreinigungsanlage in einem Reinraum, in der insbesondere alle UHV-Komponenten für TTF so weit wie möglich von Staub und Partikeln gereinigt werden. Der Betrieb der Anlage hat sich beim Umbau des TTF-Linearbeschleunigers bewährt. Um die Staubfreiheit auch im Beschleuniger zu erhalten, erfolgten sämtliche Montagarbeiten von Vakuumkammern vor Ort in lokalen Reinräumen (Klasse 100).

Während der Inbetriebnahme des Injektors bzw. des gesamten Beschleunigers lief der Betrieb der Vakuumsysteme reibungslos. In dieser Phase konzentrierten sich die Arbeiten von MVP auf die Inbetriebnahme der Steuerungs- und Sicherheitssysteme, die Anbindung an das Kontrollsystem DOOCS sowie die Optimierung der Vakuumkontrollprogramme und Bedienoberflächen.

Die Planung der Modifikationen des Vakuumsystems für den in 2006 geplanten Einbau der Seeding Undulatoren wurde begonnen. Ebenso wird die Planung und Umsetzung der Vakuumkomponenten für weitere Experimente wie z. B. den Ausbau des EOS-Experimentes unterstützt.

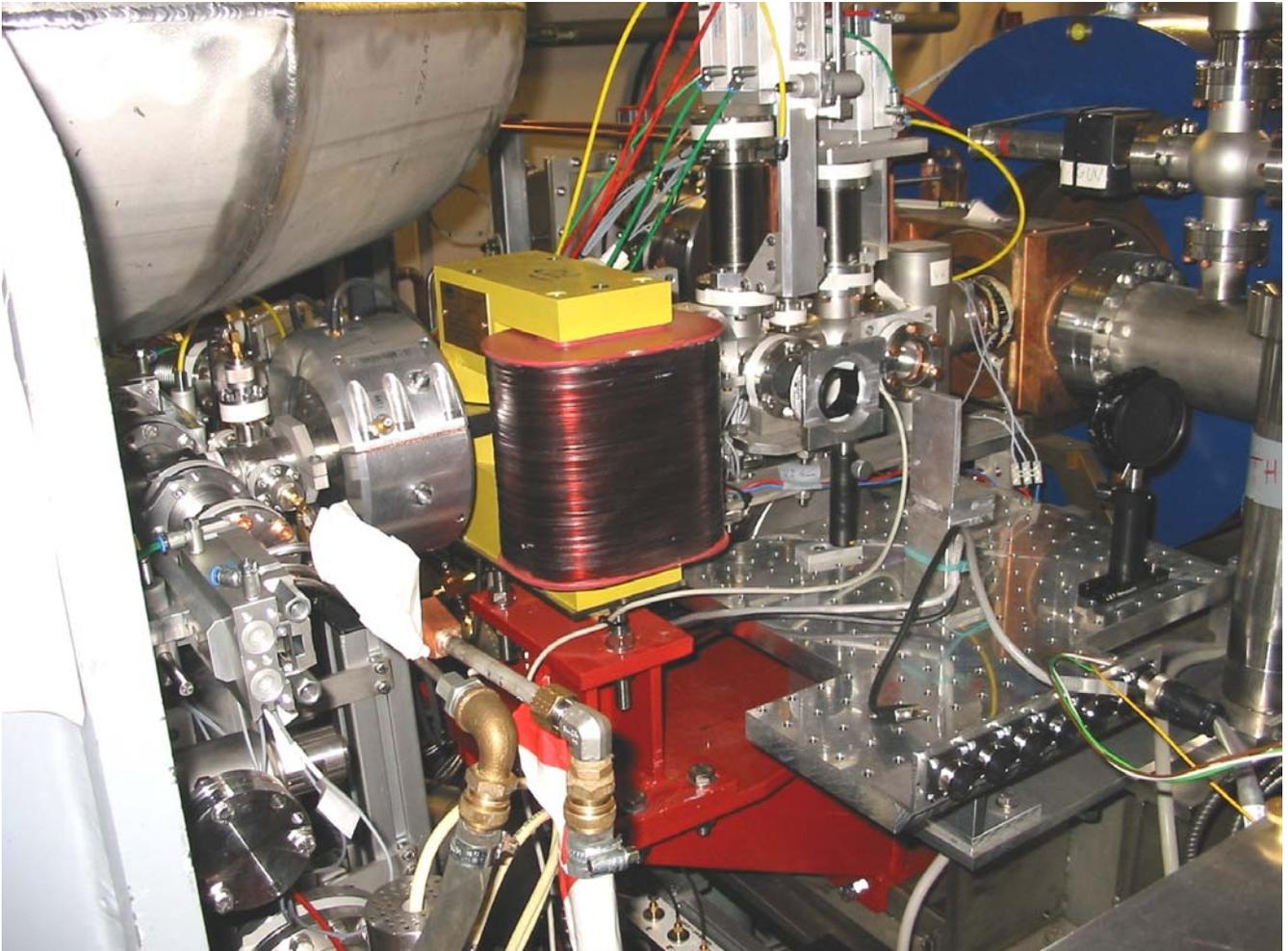


Abbildung 125: Blick auf den Injektor des VUV-FEL mit HF-Kanone (rechts), diversen Strahldiagnoseelementen sowie einem Dipolmagneten.

Vakuumsysteme für XFEL und zukünftige Linearkollider

Aufbauend auf den Erfahrungen mit dem TTF-Linearbeschleuniger sind für den XFEL Weiterentwicklungen diverser Komponenten notwendig.

Für den „HOM“-Absorber ist gegenüber TTF eine komplette Neuentwicklung notwendig. Die Strahlteilchen regen beim Durchfliegen der Resonatoren ein großes Spektrum von elektro-magnetischen Feldern mit Fre-

quenzen bis in den THz-Bereich an. Diese Felder breiten sich vom Ort der Entstehung weiter aus und können den Elektronenstrahl negativ beeinflussen. Dies führt zu lokalen Leistungsverlusten. Die höherfrequenten Anteile des Spektrums sollen durch einen geeigneten Absorber jeweils zwischen zwei Modulen absorbiert werden. Der Absorber soll an den 70 K Kühlkreis thermisch angebunden werden, um die aufgenommene Leistung abzuführen. Die Materialauswahl für den Absorber ist besonders kritisch, da realistische Versuchsbedingungen zur Eignungsprüfung von Materialien im Labor kaum herzustellen sind. Bisher hat sich nur eine Ke-

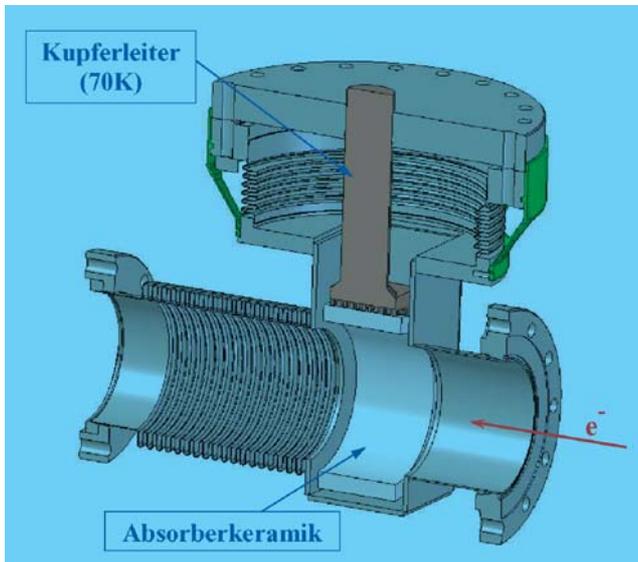


Abbildung 126: Entwurf für den XFEL-HOM-Absorber. Der Keramikabsorberring ist in die Vakuumbaugruppe zwischen zwei Modulen integriert und über einen Kupferstab kryogenisch an 70 K angebunden, um die absorbierte Leistung abzuführen.

ramikmischung als geeignet erwiesen. Mit der Untersuchung der thermischen Eigenschaften dieses Materials wurde begonnen. Parallel wird nach weiteren geeigneten Materialien gesucht. Nach der Erstellung des Konzepts wurde mit der Konstruktion und ersten Fertigungsversuchen für den HOM-Absorber begonnen (Abb. 126).

Parallel wurden mit Temperatursensoren bestückte Keramikproben im TTF-Linearbeschleuniger zwischen den Modulen ACC2 und ACC3 eingebaut. Hiermit können die Untersuchungen bei Strahlbetrieb, die an ähnlichen Proben in der Superstruktur begonnen wurden, fortgesetzt werden.

Für den XFEL soll jedes Modul, d. h. jede Einheit von 8 supraleitenden Resonatoren, mit einem Strahlagemonitor und einem Quadrupolmagneten zur Korrektur der Strahlage ausgestattet werden.

Der Monitor befindet sich innerhalb des Modulkryostaten und hat eine Betriebstemperatur von wenigen Kelvin. Gegenüber TTF sind für den Strahlagemonitor 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. Momentan werden zwei verschiedene Monitortypen genauer untersucht. Für einen Knopfmonitor mit vier Antennen wurde von MVP eine Vakuumkammer konstruiert. Die Konstruktion für einen „Cavity“-Strahlagemonitor wird in Zusammenarbeit mit CE-Saclay erarbeitet. Prototypen beider Versionen sollen in einem Teststand bei Raumtemperatur im TTF-Linearbeschleuniger hinsichtlich der Messgenauigkeit getestet werden.

Für den Betrieb der supraleitenden Resonatoren bei hohen Feldstärken ist es außerordentlich wichtig, dass die Oberflächen sehr sauber und frei von Staub und Partikeln sind. Neben der zuverlässigen Reinigung der Resonatoren muss die Sauberkeit auch im weiteren Montageablauf bzw. beim Betrieb im Beschleuniger erhalten bleiben. Da die Resonatoren gleichzeitig die Vakuumbehälter für das Strahlvakuum bilden, muss auch beim Anpumpen und Fluten darauf geachtet werden, keine Partikel in die Resonatoren zu transportieren. Inzwischen steht ein Partikelmessgerät, das auch in evakuierten Systemen eingesetzt werden kann, zur Verfügung. Hiermit wurde begonnen, Messreihen zum Partikeltransport beim Anpumpen und Fluten von Vakuumsystemen durchzuführen. Parallel wurde die Partikelerzeugung von Schmiermittel frei betriebenen Vorpumpen untersucht. Weitere Pumpentypen stehen noch zum Test aus.

Kontrollsysteme für TTF, XFEL und zukünftige Linearkollider

Der TTF-Linearbeschleuniger wurde in dem Berichtszeitraum fast vollständig umgebaut und für den Benutzer-Betrieb als VUV-FEL vorbereitet. Hierbei ist die Zielsetzung, beim Entwurf der Systeme für TTF geeignete Lösungen und Technologien zu finden und zu evaluieren, die auch bei zukünftigen Linearbeschleunigern wie z. B. dem XFEL angewendet werden können.

Für den Umbau von TTF wurde annähernd die gesamte, zehn Jahre alte Hardware für die Diagnostik und das Kontrollsystem ausgetauscht. Insbesondere wurden 40 VME-Überrahmen mit SPARC-Rechnern eingebaut und mit neuen Betriebssystemen in Betrieb genommen.

Diese verteilten Systeme sind mit Ethernet (1 Gb) vernetzt. Dazu wurden von der DESY-Netzwerkgruppe neue Switches und ein weiteres Subnetz installiert. Insgesamt stellt das in TTF installierte Kontrollsystem (DOOCS) ca. 300 000 Parameter im Netzwerk online zur Verfügung; das entspricht einem Datenvolumen von ca. 200 MB. Diese Werte sind in 250 Prozessen auf den verteilten Rechnern implementiert. Für 18 000 dieser Parameter steht zusätzlich ein Langzeitspeicher zur Verfügung, der die Werte auf Festplatten archiviert.

Eine Reihe von neuen Geräten wurde installiert. Hierzu gehört auch ein neues technisches Interlock für den Beschleuniger, das auf einer SPS basiert. Die Anbindung an das Kontrollsystem wurde mit einer direkten Ethernetverbindung realisiert. Dieses Interlock überwacht ca. 300 Signale und schützt den TTF-Beschleuniger bei Fehlerzuständen. Eine ähnliche SPS basierte Steuerung für die Vakuum-Strahlventile wurde ebenfalls fertig gestellt und in Betrieb genommen. Steuerungen für über 100 Schrittmotoren an verschiedenen Systemen wie optische Diagnosestationen, Laser Strahlführungen, Kollimatoren und Magneten mit Positionssensoren wurden in Betrieb genommen. Ebenso wurde eine Testversion der neuen Software für die Wirescanner in Betrieb genommen.

Das TTF-Timing System ist eine Weiterentwicklung vom Fermilab/USA (FNAL) und wurde in Zusammenarbeit mit Zeuthen auf die neuen Anforderungen erweitert. Es sind weit über 40 Timing Module bei TTF installiert worden.

Auch die zentralen Server für den TTF-Beschleunigerbetrieb wurden durch fünf neue Sun-Rechner modernisiert. Diese Server arbeiten als Fileserver mit hoch redundanten Plattenlaufwerken als so genannte „Middle-Layer-Server“ zur Automatisierung des Betriebs und zur Integration der Diagnostik von anderen Instituten, als Logbuch und Web-Server, aber auch als schneller Datennahme-Server für das DAQ (Data Acquisition) System. Bei dem zuletzt genannten Server handelt es sich um 16 Rechnerkerne, die die Daten über einen gemeinsamen Speicher austauschen und damit einer Vielzahl von Prozessen verzögerungsfrei zur Verfügung stellen.

Das DAQ System für den TTF-Beschleuniger ist eine Innovation, da erstmalig die Eigenschaften eines Datennahmesystems von Experimenten der Hochenergie-

physik und ein Beschleunigerkontrollsystem in ein gemeinsames System integriert wurden. Mit diesem DAQ System können die Messwerte von allen Diagnostikstationen für alle Strahlpakete der Maschine für selektierte „Schüsse“ aufgezeichnet und dauerhaft auf Bändern im Rechenzentrum gespeichert werden. Es lassen sich mit diesem System komplexe Statistiken zur Verbesserung der Maschinenparameter erstellen, aber auch Daten der Nutzerexperimente mit denen des Beschleunigers gemeinsam auswerten. Im Berichtszeitraum konnte die gesamte Kette vom Strahltagemonitor (BPM), Strahlstrommonitor (Toroid) und Hochfrequenzmessung bis zur Erzeugung von archivierbaren ROOT-Files in Betrieb genommen werden. Damit konnte ein Testbetrieb in TTF mit 5 Hz Wiederholrate und einer Datenrate von über 10 MB pro Sekunde demonstriert werden. Die Darstellung der Daten erfolgt über das ROOT System, das bei CERN entwickelt wurde. Um Erfahrungen mit weltweit verteilter Entwicklung von Software und dem Remote-Zugang zum Beschleuniger zu sammeln, wurde das DAQ-System als „Global Accelerator Network“ (GAN) Projekt organisiert. Es fanden jeden Monat Video-Konferenzen mit den Kollaborationspartnern Cornell, Michigan Universität, Berkeley sowie DESY Zeuthen statt. Alle Informationen werden über verschiedene Web-Services ausgetauscht. In diesem Zusammenhang wurde auch das in der Gruppe entwickelte elektronische Logbuch für die Verwendung in Experimenten und Beschleunigern weiterentwickelt.

Kryogenik und Supraleitung

– MKS –

HERA-Betrieb und Wartung

Die kryogenische Helium-Versorgung der supraleitenden Protonenringmagnete, der Referenzmagnete, der vier supraleitenden Luminositäts-Upgrade-Magnete GO und GG an den Wechselwirkungszonen bei H1 und ZEUS sowie die Kühlung der supraleitenden Resonatoren des e-Ringes und der Experimente H1, ZEUS und HERMES liefen im Berichtszeitraum sehr stabil mit einer mittleren Verfügbarkeit von 99.8%. Dabei wurden die Protonenringmagnete und die Luminositäts-Upgrade-Magnete weiterhin im abgesenkten Tempe-

raturbereich bei 4.0 K, d. h. bei subatmosphärischem Druck in den entsprechenden Helium-Vorkühlern betrieben, so dass eine optimal hohe Quenchsicherheit der Magnete gewährleistet wurde. Die Strahlrohre der Magnete GO und GG wurden im Jahre 2004 im Norden (H1) insgesamt 11-mal, im Süden (ZEUS) 9-mal routinemäßig von der normalen Betriebstemperatur von 40 K auf Raumtemperaturen erwärmt und wieder zurückgekühlt (jeweils ca. 8 Stunden), um die als Kryovakuumpumpe wirkenden Strahlrohroberflächen zusammen mit den NEG-Pumpen zu regenerieren.

In der HERA Wartungsperiode im August und September 2004 blieben die Protonen-Ringmagnete, die Referenzmagnete und der H1-Detektormagnet kalt. Die supraleitenden Luminositäts-Upgrade Magnete GO und GG an den Wechselwirkungszonen, die Experimente ZEUS und HERMES und die supraleitenden Resonatoren des Elektron-Ringes wurden aufgewärmt, damit folgende Arbeiten ausgeführt werden konnten: Der GG Magnet bei H1 wurde vom Strahlrohr abgeflanscht und um ca. 50 cm temporär angehoben, um defekte Siliziumdetektoren von H1 ausbauen zu können. Im Rahmen der vorsorglichen Wartung wurden die Heliumzirkulationspumpen routinemäßig gegen Pumpen mit neuen Lagern ausgetauscht. Dabei hat es sich gezeigt, dass die Lebensdauer der Pumpenlager mindestens um den Faktor 1.5 bis 2 größer ist als der Hersteller bisher garantieren konnte. Während der Wartungsperiode wurde im Bereich von HERA West auch einer der acht Resonatorcryostate des Elektronen-Ringes zur Reparatur aus- und wieder eingebaut.

HERA Referenzmagnete

Die Magnetfeldmesssysteme in den Referenzmagneten konnten während der gesamten HERA Betriebszeit ohne nennenswerte Störungen betrieben werden. Zur Verbesserung der Betriebseffizienz wurde eine Rufbereitschaft aufgebaut.

HERA Magnettesthalle

Für den Test supraleitender HERA-Magnete muss die HERA-Magnettesthalle für den gesamten Betriebszeitraum des HERA-Speicherringes betriebsfähig gehalten werden. Nach umfangreichen Vorarbeiten, spezi-

ell auch am Quench-Überwachungssystem, wurden in der Magnettesthalle je ein Dipol- und ein Quadrupol-Magnet kalt gefahren und dann magnetisch vermessen. Alle notwendigen Systeme arbeiteten zuverlässig. Dieser Test war notwendig geworden, weil in der letzten Zeit viele veraltete Komponenten an den Messeinrichtungen und der dazu gehörigen Datenerfassung ausgetauscht wurden. Dadurch waren auch aufwendige Softwareanpassungen und Umstellungen auf eine PC-basierte Plattform erforderlich.

Erhöhung der Ausfallsicherheit des HERA Kryo-Kontrollsystems

Zur weiteren Verbesserung der Ausfallsicherheit des Kontrollsystems und zur Sicherstellung des Betriebes bei Störungen im Rechenzentrum wurden mehrere Maßnahmen eingeleitet. Um die Kontrollrechner bei Störungen im Rechenzentrum weiterhin problemlos betreiben zu können, wurde ein Backup-Nameserver installiert. Der Rechner wird innerhalb des Kontrollnetzes vom Rechenzentrum betrieben und beinhaltet zusätzlich einen X-Frontserver und einen NIS-Server für die Authentifizierung auf UNIX Systemen. Die Umstellung des UNIX-Fileservers auf ein neues RAID-Festplattensystem ermöglicht die volle Nutzung der Cluster-Funktionalität mit ihren Vorteilen bei Rechenerausfällen (Failover). Im Zuge der Umstellung der SUN-Workstations auf die aktuelle Betriebssystem-Version wurden mehrere Rechner u.a. für die Kontrollen der HERA Kälteverteilung und die Kontrollen der DESY Infrastruktur (Gruppe MKK) durch neuere Modelle ersetzt.

Beiträge zu den HERA Experimenten und HASYLAB

Für die Tests eines supraleitenden Magneten, der im Jahre 2005 in das HERMES Experiment eingebaut werden soll, wurde verflüssigtes Helium in 500 Liter Kannen bereitgestellt. Der ehemalige supraleitende ZEUS-Kompensatormagnet, der sich durch hohe Feldstärke und große Apertur auszeichnet, wird in der HERA Kältehalle als Teststand betrieben. Er dient der Entwicklung und Untersuchung des Verhaltens von „Time-Projection-Chambers (TPC)“ in hohen Magnetfeldern

für einen zukünftigen Detektor des International Linear Colliders (ILC). Übers Jahr wurde er vom Kryokontrollraum aus kryogenisch versorgt und überwacht. Im Jahre 2004 arbeiteten an diesem Teststand sieben TPC-Gruppen aus Aachen, München, Karlsruhe, Moskau, Victoria (Kanada), KEK (Japan) und DESY, drei Hadronkalorimeter-Gruppen aus Moskau (IHEP, ME-PhI) und DESY sowie eine Gruppe vom HASYLAB. Für HASYLAB und die Labors wurden in 2004 in der HERA-Kryoanlage insgesamt ca. 5000 kg Helium verflüssigt und in Kannen bereitgestellt.

Umrüstung des Kontrollsystems für den ZEUS Solenoiden

Beim Experiment ZEUS wurde das Kryokontrollsystem erneuert und auf das EPICS System umgestellt. Damit wurden die ZEUS Kryokontrollen modernisiert und die Fernüberwachungsmöglichkeiten stark verbessert. Zur Stabilisierung des Betriebes des supraleitenden Solenoiden des ZEUS Experiments wurde der seit Beginn des HERA-Betriebs eingesetzte Rechner gegen einen leistungstärkeren Kontrollrechner ersetzt. Das Projekt musste in einem engen zeitlichen Rahmen innerhalb von 3 1/2 Monaten intensiv vorbereitet und in 4 Wochen umgesetzt werden. Durch den Einsatz der EPICS Kontrollsoftware mit ihren umfangreichen Softwaremodulen, konnte auf die neue Programmierung von Regelalgorithmen verzichtet werden. Die bereits im Vorjahr eingeführte Datenbank gestützte Konfiguration von EPICS Databases konnte den erforderlichen Entwicklungsaufwand erheblich reduzieren.

TESLA Test Facility (TTF) / VUV-FEL LINAC

Im Bereich der TESLA Test Facility (TTF) wurde die Installation der kryogenischen Komponenten für den VUV-FEL LINAC fertig gestellt. Dabei wurde das Kryomodul 2 mit neuen Resonatoren und Strahlrohrflanschen ausgestattet und als Modul 2* in der neu aufgebauten ACC1 Kryosektion des Injektorbereichs aufgestellt und angeschlossen (Abb. 127).

Im März wurde der VUV-FEL LINAC kaltgefahren und während des gesamten Jahres ununterbrochen kryoge-



Abbildung 127: Einbau des Kryomoduls 2* in den Injektorbereich des VUV-FEL LINACs (Position ACC1).

nisch versorgt. Die Kryoversorgung des TTF-LINACs wurde routinemäßig von der HERA-Kälteanlage aus durchgeführt und vom HERA-Kryokontrollraum aus betrieben und kontrolliert. An den Kryomodulen wurden im Laufe des Jahres umfangreiche Messungen durchgeführt. Dazu gehörten insbesondere Messungen der dynamischen kryogenischen Lasten und Tests der Tuningsysteme an den Resonatoren. Die weitere Planung für den Betrieb sieht vor, dass das VUV-FEL LINAC Kryosystem bis zur Wartungsperiode 2006 durchgängig kalt bleibt.

Kalttests im Bereich der TESLA Test Facility und CTA

Die 900 W Kälteanlage zum Betrieb der TTF-Testeinrichtungen für die supraleitenden Kavitäten wurde ab September 2004 zur Überbrückung von Garantie- und Wartungsarbeiten an den Kompressoren der 900 W-Kälteanlage mit den Redundanz-Kompressoren der HERA-Kälteanlage mit Hochdruckhelium versorgt und betrieben.

In den vertikalen Kryostaten des TTF-Testfeldes wurden 26 Messungen an 9-zelligen, 8 Messungen an 1-zelligen Resonatoren und eine Messung an einem 3-zelligen Resonator durchgeführt. Dabei wurden zwei 9-zellige Resonatoren für BESSY getestet.



Abbildung 128: Einsatz des SMES-Kryostaten. Am unteren Ende ist die Magnetspule zu erkennen.

Zusätzlich wurden in der Cavity-Testanlage in der Halle NO (CTA) an 36 Testtagen Kalttests an 28 1-zelligen Resonatoren durchgeführt. Die 300 Watt-CTA-Kälteanlage wurde dabei von der HERA-Kryomannschaft betrieben.

Im Horizontalen Teststand (CHECHIA) wurden vier Resonatoren getestet, wobei es sich dort im Speziellen um Koppler-, Piezo-, Tuner- und einen CW-Langzeittest handelte.

Zum Anschluss des vom Forschungszentrum Karlsruhe (Institut für Technische Physik) gelieferten SMES-Kryostaten wurde eine Anschlusstransferleitung gefertigt. Der SMES-Kryostat wurde aufgebaut und für den Anschluss vorbereitet (Abb. 128).

Umstellung der TTF2 Kältekontrollen

Während der Umbauphase der TESLA Test Facility in den VUV-FEL musste das gesamte Kontrollsystem umgestellt werden. So wurden nicht mehr lieferbare ältere Ein-/Ausgabe-Module ersetzt und das Kontrollsystem an die neuen Bedürfnisse durch die erhöhte Anzahl von Beschleunigermodulen angepasst. In einigen Bereichen wurde die Betriebssicherheit durch Einbau von Hardwareverriegelungen erhöht. Vor demselben Hintergrund wurden getrennte Netze zum einen zur Kontrolle von Komponenten und zum anderen zur Messung von Schwingungen und Temperaturen aufgebaut. Die für die kryogenische Kontrolle des SMES erforderlichen Hardware- und Softwarekomponenten wurden installiert und getestet. Auch an dieser Stelle kommt das EPICS Kontrollsystem zum Einsatz. Wie bei anderen Projekten konnte die Software mit Hilfe des Datenbank-gestützten Konfigurations-Werkzeuges erstellt werden.

Planungen und Entwicklungen für das Europäische XFEL-Projekt

Planfeststellungsverfahren

Im Rahmen der Vorbereitungen des Planfeststellungsverfahrens für das XFEL-Projekt wurden die Planfeststellungsunterlagen für die kryogenische Versorgung und für die Heliumverteilung des XFEL-LINACs und des Injektorbereiches erstellt. Das Konzept einer neuen Kryoversorgungshalle im Zusammenspiel mit der Weiterverwendung der HERA Kryoanlage für den XFEL wurde ausgearbeitet und es wurden zwei Industriestudien dazu angefragt. Die Planung der auf dem DESY-Gelände zu errichtenden Gebäude und Anlagen für das XFEL-Projekt wurde von MKS bearbeitet und koordiniert. Die zugehörigen Bau- und Betriebsbeschreibungen für die Planfeststellungsunterlagen wurden abgeschlossen.

Schwingungsmessungen

Eine Bewegung der Fokussierungsmagnete in den Kryomodulen hat Einflüsse auf die Eigenschaften des

Elektronstrahls. Um die Bewegung der Magnete zu untersuchen, wurden in den Modulen an jedem Quadrupol Schwingungssensoren angebracht. Es wurden umfangreiche Untersuchungen mit dem Ziel durchgeführt, die Schwingungseigenschaften äußeren Quellen zuzuordnen. Zum einen werden die Schwingungen des Quadrupols durch „cultural noise“ hervorgerufen, zum anderen sind auch Einflüsse von z. B. Motoren nachweisbar. In weiteren Studien sind Messungen von Resonanzfrequenzen geplant. Hierbei werden die Kryomodule von außen mit einer bekannten Frequenz erregt und die dabei entstehende Schwingung der Komponenten gemessen.

Magnetpaket

Ein Magnetpaket für den Einbau im Kryomodul, bestehend aus einem supraleitenden Quadrupol und zwei Korrekturdipolen, wurde bei CIEMAT in Spanien entwickelt und gebaut (Abb. 129). Dieses Paket ist für den Einsatz z. B. bei TESLA oder beim ILC vorgesehen. Die Magnetspulen sind supraleitend und werden bei 2 K betrieben. Der Prototyp wird zurzeit bei DESY getestet. Zum Test gehören neben Magnetfeldmessungen bei Raumtemperatur auch Tests in einem Helium-Bad-Kryostaten. Hier werden bei 4 K und 2 K supraleitende Magnetisierungseffekte vermessen und Quenchtests durchgeführt. Erste Tests an supraleitenden Strom-

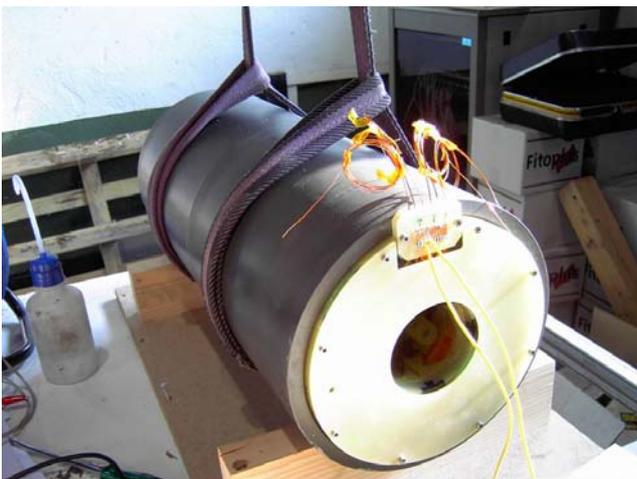


Abbildung 129: Der Prototyp eines supraleitenden Magnetpaketes für TESLA, gebaut bei der Firma CIEMAT in Spanien.

zuführungen und Vakuumdurchführungen sind erfolgreich verlaufen. Für das XFEL-Projekt wird ein etwas schwächerer Magnet benötigt. Ein erster Entwurf zeigt, dass hier ein „super-ferric“ Magnet optimal ist. Es ist vorgesehen, drei Prototypen bis 2006 bei CIEMAT zu bauen.

Bau von Kryostateneinsätzen zum Test von XFEL-Komponenten

Im Hinblick auf das XFEL-Projekt wurden weitere spezielle Einsätze für die Testkryostaten gebaut: für supraleitende Magnete, Hochtemperatur-Supraleiter-Stromzuführungen, kalte lösbare Verbindungen für den Modulteststand und zum Test von Titan-Edelstahl-Schweißverbindungen. Die lösbare Verbindung wurde vertikal, sowie horizontal (Einbausituation im Modulteststand) kalt getestet und befindet sich in der weiteren Entwicklung. Der Testaufbau der supraleitenden Stromzuführungen befindet sich zzt. in der Weiterentwicklung und weitere Kalttests folgen.

Prototyp-Orbital-Schweißanlage

Es wurde eine orbitale Wolfram-Inertgas-Schweißanlage angeschafft und in Betrieb genommen. Mit dieser Anlage soll der automatische Schweiß- und Trennprozess an den Helium-Prozessleitungen für den XFEL entwickelt werden. Der gesamte Schweißprozess soll rechnergesteuert ablaufen, die Erfassung der vorgegebenen und tatsächlich erzielten Parameter und deren Dokumentation erfolgt auch über einen Rechner.

XFEL-Einzel-Modulteststand

Im Jahr 2004 wurden die Planungen zum Aufbau eines Teststandes für den Test einzelner XFEL-Prototyp-Kryomodule fortgeführt (Abb. 130). Die für die Heliumkälteversorgung benötigte Versorgungsbox sowie Transferleitungen wurden spezifiziert, ausgeschrieben und die Aufträge an die Industrie vergeben. Die für die Versorgungs-Transferleitung, sowie die weiteren Versorgungsleitungen notwendigen Umbauarbeiten an der vorhandenen Rohrleitungstrasse wurden fertig gestellt. Die Auslegung der Testhalle wurde zusammen mit ZBAU festgelegt. Die Halle mit den Abmessungen

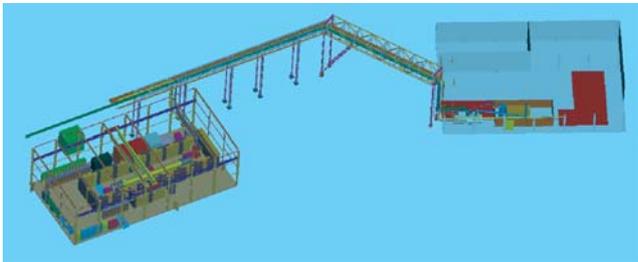


Abbildung 130: Eine Aufbauskiizze zeigt die Transferleitungstraße, die die Versorgungsbox in Halle III mit dem Modulteststand in der Testhalle verbindet.

von ca. 32 m (L) × 16 m (B) × 9.5 m (H) wird parallel zur Trasse der HERA-FEL-Transferleitung in der Nähe der Halle III aufgebaut. Der Baugenehmigungsantrag wurde gestellt. Die Aufnahme des Testbetriebes ist für Ende 2005 geplant. der Modulteststand wird zum Teil aus Mitteln der EUROFEL Design Studie finanziert.

Präparation von supraleitenden Resonatoren / Elektropolituranlage

Hochgradienten Resonatoren

Nach der Inbetriebnahme und Parameterfindung wurde im Jahr 2004 die Elektropolituranlage (EP) in den regelmäßigen Präparationsbetrieb genommen. Insgesamt sind 27 Politurbearbeitungen mit Politurdauern von 1 bis 4 Stunden durchgeführt worden (Abb. 131). Fünf

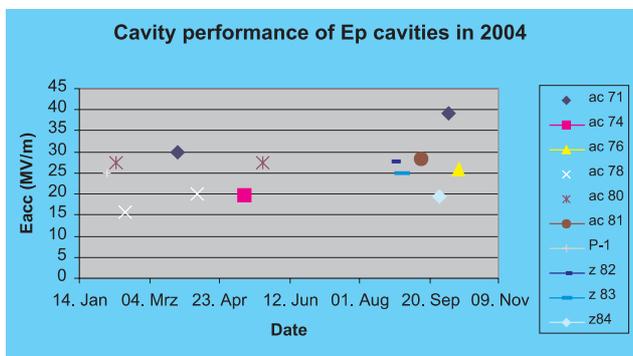


Abbildung 131: Die Beschleunigungsfeldstärken (E_{acc}) der in 2004 mit Elektropolitur behandelten Resonatoren.

neu angelieferte Resonatoren (AC 80-81 und Z 82-84) wurden erstmalig ausschließlich mit Elektropolitur behandelt. Sie erreichten ohne 14 000°C Heizbehandlung Feldstärken von 25 bis 28 MV/m. Ein Resonator (AC 71) erreichte nach zweimaliger Nachbehandlung in der DESY EP Anlage eine Beschleunigungsfeldstärke von 39.2 MV/m (Abb. 132).

Qualitätskontrolle

Die im TTF Reinraum eingeführte Qualitätskontrolle zeigte im Bereich der Filter der Reinraumklasse 10 eine über die Messzeit hinweg schleichende Verschlechterung der Luftwerte. Als Ursache hierfür konnte die Alterung der Dichtungselemente gefunden werden. Alle Filter der Reinraumklasse 10 und 100 wurden daraufhin im Rahmen der jährlichen Reinraum Wartungsperiode erneuert. Bei den regelmäßigen Qualitätskontrollen des Wassers der Hochdruckspüle konnte nachgewiesen werden, dass die Messergebnisse der Flüssigkeitspartikelmessungen an der Hochdruckspüle sich in den Hochfrequenzmessungen widerspiegeln. Für eine spätere Serienproduktion steht somit ein einfaches Qualitätssicherungssystem zur Verfügung. Als Erweiterung der Qualitätssicherung wurde ein aus EU Mitteln geförderter Reinraum-Nebelerzeuger angeschafft, der die Luftströme im Reinraum sichtbar macht. Mit diesem Gerät werden die Veränderungen der laminaren Luftströmungen untersucht. Die Geometrie von Resonatoren, Werkzeugen und Vorrichtungen ruft Wirbelbildungen in der Strömung hervor. Diese Verwirbelung führt zu einer Partikelanreicherung und erhöht damit das Risiko der Verunreinigung von Resonatoren. Mit Hilfe der Strömungsbeobachtung kann dieses Risiko herabgesetzt werden.

Weiterentwicklung der Elektropolitur (EP)

Der Umbau und die Ergänzung der Infrastruktur des Chemielabors wurde abgeschlossen und eine Qualitätskontrolle für Elektropolitur Säuren aufgebaut. Nach jeder Politur werden Proben der Säure entnommen und deren Kenndaten übermittelt. Nach den ersten Messergebnissen lässt sich der Zustand der Chemikalien mit dieser Methode hinreichend genau charakterisieren. Auf Grund der bei diesen Messungen gewonnenen Informationen wurde ein Verfahren zur Bestimmung des

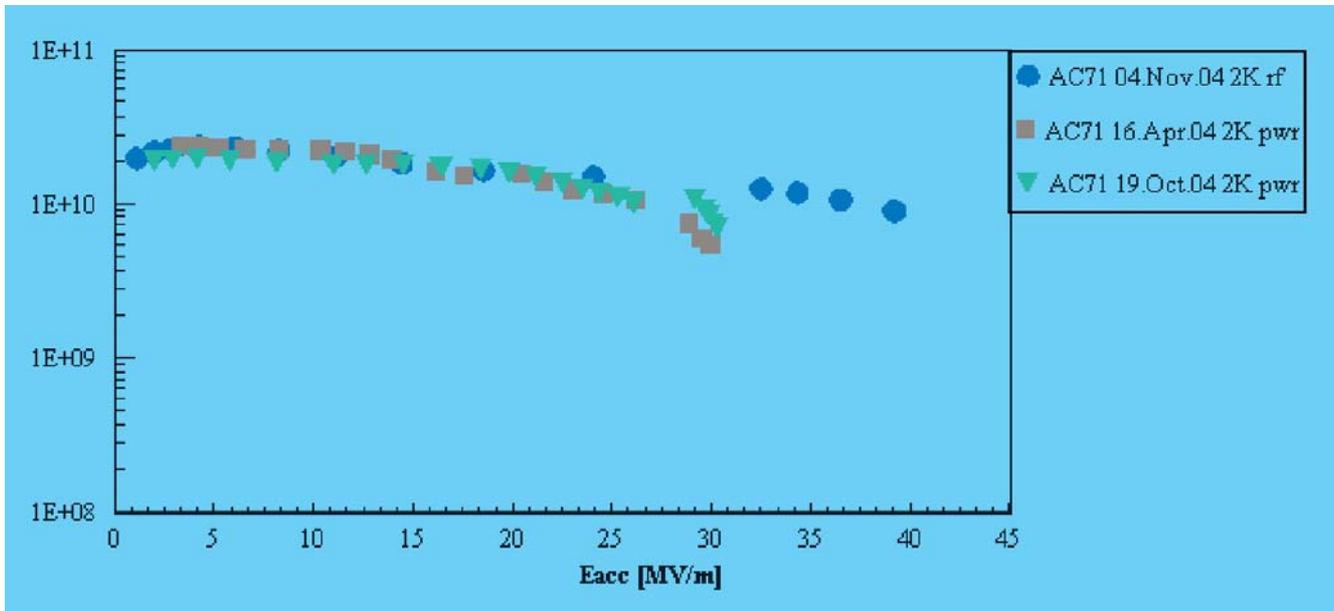


Abbildung 132: Hochfrequenz Messergebnis des Resonators AC 71. Aufgetragen ist die Schwingungsgüte in Abhängigkeit von der Beschleunigungsfeldstärke (Eacc).

Flusssäuregehalts der Säure entwickelt. Abb. 133 zeigt die Veränderung der Strom-Spannungs-Kurve durch die Abnahme des Flusssäuregehaltes während der EP-Behandlung einer Kavität. Erste Versuchsreihen im Labormaßstab ergaben, dass durch Zudosierung von Flusssäure die Prozesswerte stabilisiert und die Standzeit der Chemikalie deutlich erhöht werden kann (siehe Abb. 134).

Prozesskontrollen

Zur Entsorgung von alten Säuren ist eine Neutralisationsanlage vorhanden. Die Steuerung dazu ist auf einer SPS automatisiert und auf einem PC visualisiert worden. Diese Steuerung ist Anfang des Jahres in Betrieb genommen und danach noch weiter optimiert worden. Die Überwachung und Steuerung der Heiz-Anlage, die auf einer veralteten und nur aufwendig veränderbaren Anlage besteht, wird modernisiert. Dazu wird eine neue Steuerung auf einer SPS aufgebaut und die Visualisierung auf einem PC vorbereitet. Nach ausführlichen Tests soll die Umstellung in 2005 erfolgen.

Resonatoren-Datenbank für TTF

Die wichtigsten Daten über mehr als 100 supraleitende 9-zellige Resonatoren, etwa 40 Einzeller und einige 2-, 3-, 4-, 5- und 7-zellige Resonatoren sowie über ca. 50 Hochfrequenz Leistungseinkoppler („RF-Koppler“) für TTF, werden in einer relationalen Datenbank gespeichert. Die Daten kommen im Wesentlichen von der visuellen, mechanischen und elektrischen Kontrolle der Resonatoren, von ihrer chemischen Behandlung (BCP und EP) und den Ergebnissen ihrer Hochfrequenz-Messungen bei 2 K. Weitere Daten stammen vom Testen und Konditionieren der RF-Koppler mit und ohne Resonator. Für die bereits angelaufene Produktion von 30 weiteren 9-zelligen Resonatoren werden die mechanischen Daten und die Ergebnisse der Frequenzmessungen von der Firmenfertigung der Halbzellen und Dumb-Bells (an der Iris verschweißte Halbzellen) via EDMS an die Datenbank geliefert, um eine statistische Analyse der Ergebnisse zu ermöglichen. Damit sind schließlich die wichtigsten Informationen über einen Resonator von der Fertigung bis zum Einbau in ein Kryomodul in der

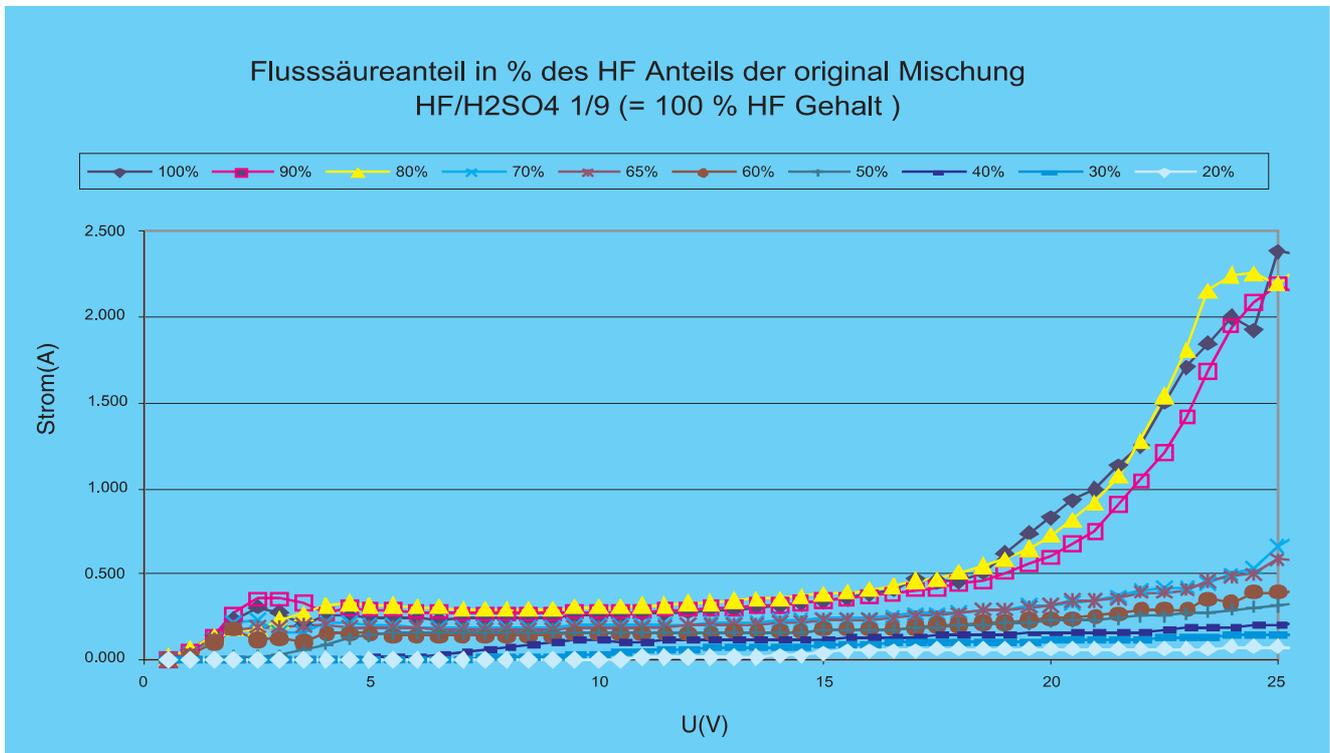


Abbildung 133: Alterung der Elektropolitur Säure. Änderung der Strom-Spannungskennlinie durch Verbrauch und Ausgasung von Flusssäure.

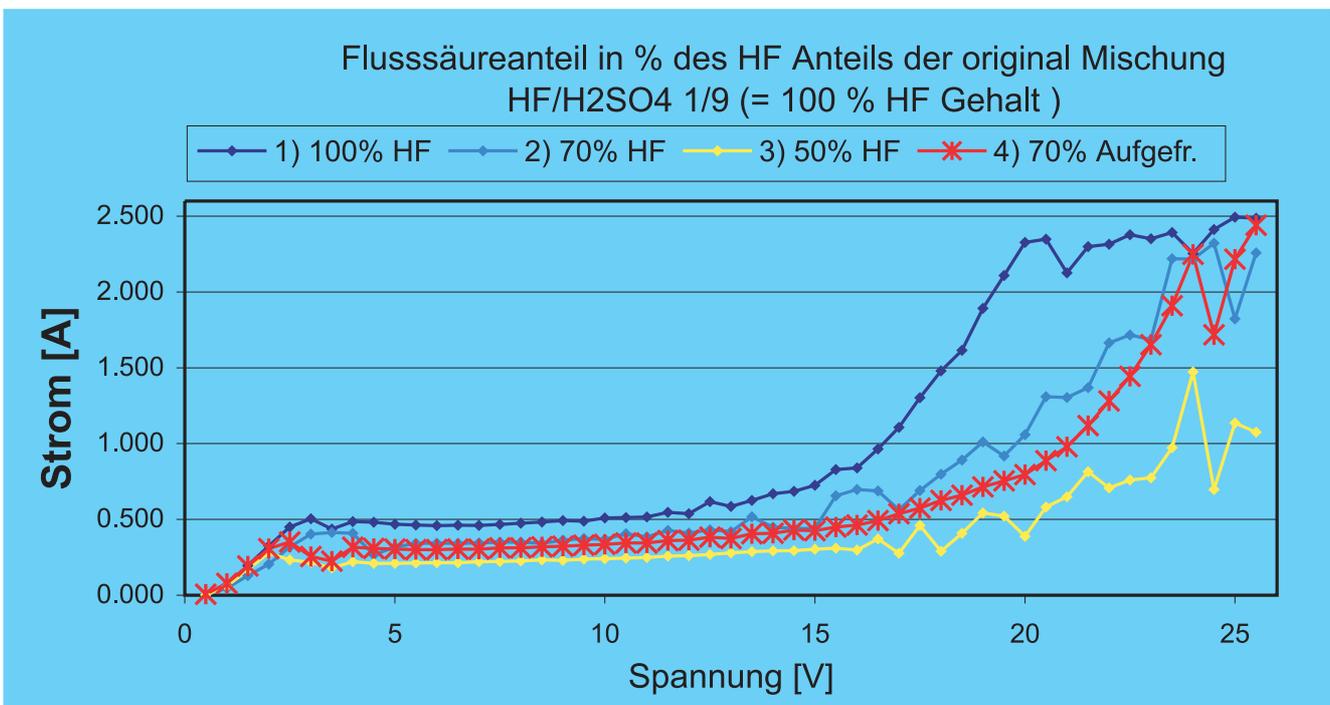


Abbildung 134: Reaktivierung der Elektropolitur Säure durch Zudosierung von Flusssäure.

Datenbank gespeichert. Die Datenbank ist dynamisch für alle Benutzer über ein graphisches WEB-Interface zugänglich, das auf ORACLE-Produkten basiert und den Benutzern einen schnellen, unkomplizierten Zugriff auf die gespeicherten Daten ermöglichen soll: http://tesla.desy.de/~oracle/ttf_gui_home.htm.

Arbeitssicherheit

Für alle Arbeitsbereiche der Gruppe MKS wurden von den Gebietsverantwortlichen die Gefährdungsbeurteilungen erstellt. In einem nächsten Schritt werden die Gefährdungsbeurteilungen durch Sicherheitsfachkräfte überarbeitet.

Energieversorgung – MKK –

Die Gruppe MKK betreibt die Energieversorgung von 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 Druckluftherzeugung sowie die Beheizung und Belüftung der Gebäude, Experimente und Tunnel gehören ebenfalls zu den Aufgaben.

Die wesentlichen Aktivitäten werden im Folgenden dargestellt:

Allgemeine Stromversorgung

Die Wartungsarbeiten an den 10 kV-Schaltanlagen und -Transformatoren wurden fortgesetzt. Die Not-Aus-Systeme in den 10 kV-Hauptstationen A und B wurden getestet. Dabei traten Fehlfunktionen auf, die abgestellt wurden. Der Not-Aus-Test in der Hauptstation C soll in der nächsten Wartungszeit erfolgen. Das Not-Aus-System zum schnellen Abschalten der Magnet- und

Senderstromanlagen in den Beschleunigern wurde vervollständigt und getestet. Die Auslösetableaus befinden sich im BKR und in der Warte von ZTS. Es dient der Brandvorsorge, da beim Erkennen eines Schwelbrandes in den Beschleunigeranlagen die großen Energiequellen schnell abgeschaltet werden können.

Der Stufenschalter von Transformator TC1 wurde überholt, da er durch den PETRA-Rampbetrieb stark beansprucht wird. Beim Schalten der Stufenschalter vom HERA 10 kV-Netz traten Spikes im Untergrund bei H1 und ZEUS auf. Die beiden analogen Spannungsregler wurden durch digitale Spannungsregler ersetzt. Die digitalen Regler wurden so programmiert, dass sie beim HERA Luminositätsbetrieb eine Betätigung der Stufenschalter vermeiden. Der digitale Regler des Stufenschalters der Hauptstation C wurde an das MKK Kontrollsystem angeschlossen. Die Leistungen, Ströme, Spannungen und Schaltspiele werden archiviert.

Bei der Inbetriebnahme der Netzgeräte für den VUV-FEL traten Messfehler bei den Magnetströmen in Folge von Störspannungen auf den Potentialschienen auf. Als eine Ursache stellte sich die Schutzmaßnahme des Niederspannungsnetzes (400/230 V) heraus. Im TN-C-S-Netz wird ein gemeinsamer Schutz- (PE) und Neutralleiter (N) zwischen dem Transformator, der geerdet ist, und der Niederspannungs-(NS)-Schaltanlage verwendet. Dadurch fließen Ströme auf dem PEN-Leiter, die zu Potentialverschleppungen führen. Im neuen Schutzkonzept erfolgt die Auftrennung des PE- und N-Leiters bereits am Transformator. Dafür müssen Erdungskabel nachgezogen und eine N-Schiene in die NS-Verteilungen nachgerüstet werden. Für die neuen Projekte PETRA III und XFEL soll diese neue Netzform verwendet werden, die Ausgleichsströme auf dem Erdungs- und Potentialsystem vermeidet.

Um eine galvanische Trennung des Zwischenkreises vom Netz zu erreichen, wurde die unterbrechungsfreie Stromversorgungsanlage (USV) des Rechenzentrums mit einem Vortransformator nachgerüstet. Bisher traten keine Abschaltungen der USV-Anlage in Folge von Störspannungen im NS-Netz mehr auf. Da der Leistungsbedarf des Rechenzentrums wächst, wird eine weitere USV-Anlage beschafft.

Die NS-Verkabelung des Rechenzentrums soll erneuert und dem zukünftigen Bedarf angepasst werden. Die Planungen wurden durchgeführt.

Beim Umbau des Gästehauses 2 wurden neue NS-Unterverteilungen installiert. Es wurden 15 neue Schaltanlagen für die Lüftungsanlagen und die Heizungsunterstationen gefertigt, in Betrieb genommen und mit dem Kontrollsystem vernetzt.

Das Instandsetzungsprogramm für die Straßenbeleuchtung konnte begonnen werden. Der Leuchtentyp wurde standardisiert. Der Schwerpunkt lag beim Haupteingang, dem Verkehrskreisel und dem Laborgebäude 1.

Verkabelung

Im VUV-FEL Tunnel wurden die restlichen Gleichspannungs- und Steuerkabel für die Magnete im Bereich der Kollimatoren, des Bypasses, der Undulatoren und des Dumps verlegt und angeschlossen. Weiterhin erfolgte eine Inbetriebnahme der NS-Haupt- und Unterverteilungen für Container im Tunnel. Beim VUV-FEL (TTF2), SMES und LOLA wurden die Netzgeräte und Korrektornetzgeräte verkabelt. Auch die Klimageräte im Tunnel und im Geb. 49 für die Undulatoren wurden verkabelt, installiert und in Betrieb genommen.

Magnetstromversorgungen

Die Zahl der Netzgeräte im VUV-FEL beträgt nach der Inbetriebnahme 217 Stück. Sie sind im Anbau der Halle 28 und im VUV-FEL Tunnel untergebracht. Im Tunnel sind 12 Netzgeräte in Containern installiert, um Betriebserfahrung für den XFEL zu gewinnen. Es sind 3 Netzgeräte als Reserve vorhanden, die bei Bedarf zugeschaltet werden können. Die Container sind mit Dockingsystemen ausgerüstet.

Es wurden neue Netzgeräte für die supraleitenden Magnete sowie Korrekturen gefertigt, eingebaut und in Betrieb genommen. Die Geräte haben erstmals eine digitale Regelung. Die Geräte besitzen eine eingebaute Selbstkalibration. Die Status- und Fehlerauslese ist im Internet mit üblichen Browsern wie dem Explorer oder Mozilla möglich. Die Ansteuerung erfolgt über einen Power-Supply-Controller PSC mit CAN-Bus.

In der digitalen Regelelektronik wurden verschiedene Programmänderungen implementiert, um das Regelverhalten zu verbessern, Umschaltspikes zu unterdrücken, den Spannungs- und Stromrippel zu reduzieren und um einen Quench zu erkennen. Die Software lässt eine Beurteilung der Qualität der Regelung sowie Korrektur der Parameter zu, wie PI-Stromregler, PI-Spannungsregler, Offsetkorrektur und Messung der Zwischenkreisspannung zur Optimierung des Vorfilters.

Für das Beam-Based-Alignment wurden zuschaltbare Netzgeräte eingebaut und in Betrieb genommen. Drei Netzgeräte erhielten eine zusätzliche Stromüberwachung zum Zwecke des Strahlenschutzes.

Für 14 Netzgeräte bei HERA-p wurde eine schnelle Ausfallerkennung installiert. Mit dieser Ausfallerkennung wird ein Abschaltsignal innerhalb 300 μ s an den Strahldump gegeben. Insgesamt wird nach der Erkennung eines Fehlers der Strahl innerhalb einer Millisekunde gedummt.

Das Netzgerät für den Elektronendipol erhielt ein Aktivfilter. Das Filter dämpft die subharmonischen Frequenzen im Gleichstromkreis. Sie werden vom Passivfilter nur wenig gedämpft. Das Netzgerät liefert 8000 A/500 V. Bei 250 A wird das Aktivfilter zugeschaltet.

Das Isolieröl der DESY II Summendrossel wurde regelmäßig auf den Gasgehalt hin untersucht. Eine Anreicherung mit den so genannten Schadgasen trat nicht auf. Der Kessel, die Ölkühler und die Ölgrube der Summendrossel wurden grundsaniert. Die 10 kV-Transformatoren für die statische Blindlastkompensation des DESY III Dipols wurden überholt. Die Überspannungskurzschließer, die die DESY-Magnetstromkreise bei Störungen in den Netzgeräten schützen, wurden erneuert. Die Fehlauflösungen der Überspannungskurzschließer konnten deutlich verringert werden.

Für die neuen Projekte PETRA III und XFEL wurden zwei neue Chopperschaltnetzteiltypen entwickelt. Durch die Optimierung der bestehenden Schaltung und des Aufbaus lassen sie sich bipolar mit ± 200 A/130 V oder unipolar mit 400 A/130 V betreiben. Die Ansteuerung geschieht mit Hilfe der entwickelten digitalen Elektronik für den VUV-FEL.

Senderstromversorgungen

Zur Verbesserung der Verfügbarkeit der HF-Sender bei HERA wurde zwischen MHE, MHF und MKK ein Sofortprogramm zur Desensibilisierung des Klystronschutzes verabredet. Dementsprechend wurde die Ansteuersensorik für den Klystronschutz bei allen HERA-Anlagen umgerüstet. Anstelle der bisher verwendeten di/dt-Monitore werden jetzt Strommonitore eingesetzt. Zur Ansteuerung der Crowbarelektronik wird die absolute Amplitude des Stromes im Lastkreis ausgewertet. Das Auftreten kurzer und schneller Laststromänderungen führt nun nicht mehr zwangsläufig zum Ansprechen des Klystronschutzes.

Zusätzlich wurden die Komponenten zum Aufbau eines 20-stufigen lichtgetriggerten Thyristor (LTT)-Crowbars (80 kV DC) beschafft. Der Aufbau und der Funktionsnachweis soll Anfang 2005 erfolgen. Die Betriebserfahrungen mit den Transientenrekordern für die Netzgeräte der HERA-Senderstromversorgungen sind gut. Der Ausbau der Transientenrekorder für die Senderstromversorgungen der PETRA Anlagen ist in Arbeit.

Für die Verbesserung des PETRA-Klystronschutzes wurden bereits 2003 zwei neue 16-stufige LTT-Crowbars aufgebaut. Anfang 2004 erfolgte der Test beider Systeme unter realen Bedingungen an einer PETRA-Anlage. Beim Ansprechen des Klystronschutzes kann der Kurzschlussstrom nur durch den 10 kV-Leistungsschalter abgeschaltet werden. Dieser relativ langsame elektromechanische Abschaltvorgang erfordert einen hohen Ladungstransfer im Crowbarkreis. Alle Anforderungen wurden von den neuen LTT-Crowbars problemlos erfüllt. Während der Wartungsperiode wurden an beiden Senderstromversorgungsanlagen umfangreiche Erneuerungen vorgenommen. Die neuen LTT-Crowbars wurden eingebaut. Die Sensorik in den Hochspannungsräumen und die zugehörige Anlagensteuerung wurden komplett ersetzt. Darüber hinaus wurden beide Hochspannungsräume mit Klimaanlage ausgerüstet, um Spannungsüberschläge in Folge von Luftfeuchtigkeit vorzubeugen. Diese Maßnahmen führten zur einer sehr deutlichen Erhöhung der Zuverlässigkeit.

Für die PETRA III Senderstromversorgung wurde mit dem F&E Programm begonnen. Der Prototyp einer Hochspannungs-Wanddurchführung (80 kVDC) wurde

mit einem Lieferanten spezifiziert, gefertigt und ausgeliefert. Die Konstruktion basiert auf der Verwendung von gasisolierten Verbundisolatoren in Verbindung mit Silikonschirmringen für Innenraum- und Freilufteinsatz. Diese Durchführung soll bei der derzeitigen PETRA-Anlage Süd-Rechts eingebaut werden. Unter realistischen Einsatzbedingungen sollen Langzeiterfahrungen während eines kompletten Jahreszyklusses gewonnen werden.

Für die Sensorik zur Erfassung elektrischer Messgrößen im Hochspannungsraum werden kommerziell verfügbare Komponenten auf ihre Eignung untersucht. Der Schwerpunkt der Untersuchungen liegt auf hoher Stör- und Zerstörfestigkeit sowie hoher Signaldynamik bei gleichzeitig hohem Isoliervermögen.

Die Überwachungselektronik für Messgrößen aus dem Hochspannungsraum soll für PETRA III auf ein völlig neues Konzept gestellt werden. Zurzeit wird die Einsetzbarkeit eines programmierbaren I/O-Controllers auf FPGA-Basis untersucht. Schwerpunkte sind hier hohe Reaktionsgeschwindigkeit bei gleichzeitiger Stabilität und Störsicherheit. Die Erstellung des Programmcodes erfolgt auf der Basis des LabView-FPGA-Moduls.

Die Sollwertvorgabe für die Kathodenspannung der HF-Sender wird bei PETRA III durch das HF-Kontrollsystem erfolgen. Dazu ist ein Testaufbau auf der Basis einer speicherprogrammierbaren Steuerung fertig gestellt worden. Ziel ist eine möglichst hohe Flexibilität bei der anlagennahen „low level“ Funktionalität und die unkomplizierte Integration in verschiedene „high level“ Kontrollsysteme.

Die genannten neuen Konzepte sollen im Laufe des Jahres 2005 an der Testsender-Installation stationär eingebaut werden. Ziel ist es, ein möglichst realitätsnahes Betriebsverhalten im Hinblick auf eine hohe Zuverlässigkeit zu untersuchen.

Pulskabel für XFEL

Auf der Teststrecke bei der Halle III (Geb. 28) wurden die Pulskabel (Einzellängen ca. 1500 m, 4 Stück parallel) verlegt und über ein Anpassungsnetzwerk an den Modulatoren angeschlossen. Ein Teil der Teststrecke wurde mit Temperaturfühler ausgerüstet und iso-

liert. Die Temperaturen an den Außenmänteln der Puls-kabel werden durchgehend gemessen und archiviert. Der Testbetrieb zeigte die grundsätzliche Funktionsfähigkeit der Puls-kabel. Es traten aber Störungen bzw. Störeinstrahlungen bei TTF im Bereich der Kanone auf. Weitere Untersuchungen zu den Puls-kabeln sind notwendig.

Überwachung und Kontrollen

MKK und MKS2 arbeiten weiter eng im Bereich der Kontrollen zusammen. MKK ist für die Automation und Überwachung auf der Anlagen- und Feldebene zuständig. Die zur Visualisierung der Anlagen, zur Anzeige von Alarmen und zur Archivierung von Anlagendaten verwendeten EPICS Tools werden von MKS2 betreut.

Das MKK-Sun Cluster wurde modernisiert. Die Sparc20-Rechner wurden durch 2 Sun Blades ersetzt.

Der Schaltschrank für den zweiten Kühlturm von TTF wurde projektiert und gebaut. Der Pumpstand für den Dump wurde vernetzt. Die Messwerte zur Erfassung der Energie werden dem DOOCS-Kontrollsystem zur Verfügung gestellt.

Der Schaltschrank für den LOLA-Pumpstand befindet sich im TTF Tunnel. Eine Siemens S7-SPS-Komponente fiel im Strahlbetrieb vermehrt aus. Auch nach Anbringung einer Abschirmung gab es Ausfälle. Nach dem Wechsel der Komponente gab es keinen weiteren Ausfall. In Zukunft müssen Betriebserfahrungen mit Strahl gesammelt werden.

Klimaanlagen und Wasserkühlung

Es wurden 13 Klima- und Lüftungsanlagen konzipiert und beschafft. Darüber hinaus wurden 40 Umluftkühlgeräte zur Raumkühlung installiert. Ein großer Teil dieser Anlagen ist mit dem MKK-Kontrollsystem vernetzt und visualisiert. Hervorzuheben sind die beiden Umluftkühlgeräte für die HV-Räume der PETRA-Senderanlagen. Sie wurden während der Wartungsperiode eingebaut. Der außenluftunabhängige Betrieb soll im Sommer verhindern, dass sich Feuchtigkeit an den Hochspannungskomponenten bilden kann, die zu Entladungen und Überschlügen führen.

Das Klimagerät für die Temperierung der VUV-FEL Undulatoren wurde in Betrieb genommen. Die ersten Betriebserfahrungen zeigen noch keine befriedigende Temperaturverteilung. Es wurden eine Reihe von Verbesserungen vorgenommen. Mit Hilfe der archivierten Messwerte und Daten lassen sich die Regeleigenschaften beurteilen. Die Optimierung der Regelparameter stellt sich als langwierig heraus.

Ein Schwerpunkt lag bei der Planung der Energieversorgung, Wasserkühlung sowie der Klima- und Lüftungsanlagen für das Planfeststellungsverfahren des XFEL. Der Platz- und Raumbedarf wurde ermittelt. Die Betriebsgebäude wurden entworfen und in die Planungsunterlagen eingearbeitet. Die Anordnungen der Gebäude für die Stromversorgung, für die Pumpen und Rückkühler für die Wasserkühlung, für die Kaltwassererzeugung sowie Lüftungsgeräte wurden bestimmt. Die Betriebsbeschreibungen wurden fertig gestellt.

Es werden 102 Klima-, Lüftungs- und Entrauchungsanlagen benötigt. Die Entrauchung der Tunnel und Schächte ist ein wichtiger Bestandteil des Sicherheitskonzeptes. Für den Linatunnel XTL ist ein Entrauchungskanal vorgesehen.

Die Klimatisierung der Undulatortunnel ist für den SASE-Effekt der Undulatoren von entscheidender Bedeutung. Es wurde daher eine Studie in Auftrag gegeben, in der die Temperaturverteilung im Tunnel berechnet werden soll. Die ersten Berechnungen zeigen, dass die Temperaturen der Wände und des Fußbodens einen starken Einfluss auf die Temperaturgradienten der Luft haben. Eine Temperierung der Wände und des Fußbodens erscheint notwendig. Es sollen technische Lösungsvorschläge erarbeitet werden, die zudem keine Vibrationen im Tunnel erzeugen dürfen.

Für das PETRA III Projekt wurden die Planungen für das Wasserkühlsystem fortgeführt. Die Fragen vom MAC wurden aufgegriffen und beantwortet. Die geforderte Temperaturstabilität des Kühlwassers lässt sich mit Hilfe von drehzahlgeregelten Rückkühlern und Pumpen sowie einem Dreiwegeventil erreichen. In der Halle 2 wurden Schwingungsmessungen an einer Quadrupol/Sextupolanordnung gemacht. Das Kühlwasser erzeugt keine messbaren Vibrationen an den Magneten.

Die Wasserkühlung von HERA lief zuverlässig und störungsarm. Während der Wartungsperiode wurden

die Pneumatikventilköpfe bei den Wasserventilen im Tunnel ausgetauscht, weil durch die porösen Membranen Druckluft in das Kühlwasser eindrang. Der Sauerstoffgehalt im Kühlwasser nahm stark ab. Die HERA-Kühltürme wurden so modifiziert, dass mehr Wasser über die Kühltürme und die Wärmetauscher fließen kann. Der Kühlbedarf ist durch die Erhöhung der Luminosität gestiegen.

Die Stromschienen für die Hauptstromkreise wurden mit Pilothermen nachgerüstet, damit ein Kühlwassermangel bemerkt wird.

Zur Reduzierung der Ausfallzeiten bei der Kaltwasserversorgung in HERA wurde die Steuerungssoftware der Kaltwassererzeuger so erweitert, dass bei einer Störung eines Aggregates automatisch auf das redundante gewechselt wird. Die Überwachung der Kühlwasserversorgung der Magnete durch die so genannten Untergruppen im Tunnel wurde nachgerüstet und in das Magnet- und Kabelinterlock eingeschleift. Damit wird ein Betrieb der Magnete ohne Wasserkühlung verhindert. Bisher wurde der Kühlwasserdurchfluss nur im BKR angezeigt.

Die letzten Turbo-Kältemaschinen in den HERA Aussenhallen wurden auf das neue Kühlmittel R134a umgestellt.

Die neuen Experimentepumpen für den DESY-Ring wurden in Betrieb genommen. Die Pumpen laufen sehr ruhig und bieten jetzt wieder volle Redundanz.

Die neue Kühlwasserversorgung des DESY-Ringes für den PETRA III Betrieb wurde geplant. Es soll ein neues Pumpenhaus neben dem Gebäude 16 und den Kühltürmen errichtet werden.

Die Überwachung der Rohrbegleitheizungen gegen Einfrieren wurde fertig gestellt.

Bei der Kanone von PITZ wurde die Wassertemperaturregelung durch eine Störgrößenaufschaltung verbessert. Dies war notwendig, da eine neue Kanone eingesetzt wurde. Für die Kanone 2 wurde bei der Projektierung von zwei neuen Pumpständen für die zusätzliche Kanone und den Booster mitgearbeitet. Am Kühlwassersystem der Klystrons wurden Messungen durchgeführt und Unterstützung bei der hydraulischen Auslegung der Wasserkühlanlagen gegeben.

Es fand ein Wasserworkshop bei DESY statt, an dem Kollegen aus anderen europäischen Beschleunigerinstituten und der Industrie teilnahmen. Es war der erste Workshop überhaupt, auf dem sich die Kühlwasserexperten trafen und ihre Erfahrungen austauschen konnten. Ein Schwerpunkt war die wasser-technische Behandlung in Kühlkreisläufen zur Vorbeugung von Ablagerungen und Lochfraß. Es wurde auch von den neuen Projekten wie LHC, XFEL und PETRA III berichtet. Einen breiten Raum nahm der Erfahrungsaustausch im Betrieb von umfangreichen Wasserkühlanlagen ein. Die so genannten hybriden Trockenkühler fanden großes Interesse, weil sie im Betrieb große Mengen an Zusatzwasser gegenüber den bekannten Nasskühlern einsparen.

EDV, EDMS, CAD und Facility Management

Bei MKK sind die CAD-Programme E³-CAD für die elektrischen Anlagen, Solid Edge für die Wasserkühlanlagen sowie AutoCAD 2D für die raumluftechnischen Anlagen und übrige CAD-Anwendungen im Einsatz. Weiterhin beteiligte sich MKK bei den DESY-weiten Projekten für die Kabeldokumentation, für das Facility Management und für ein Schaltungslayoutprogramm. Da sich die Beschaffung eines DESY-Kabeldokumentationsprogramms verzögert, wurde mit der Entwicklung einer Kabeldatenbank unter ORACLE begonnen. Das Ziel ist, die unter VARCAD gespeicherten Daten langfristig zu sichern. Die Betriebsmitteldatenbanken und das elektronische Logbuch unter ORACLE wurden weiter ausgebaut. Für die Updates der CAD-Programme wurden leistungsfähigere Rechner beschafft. Die NT-Rechner wurden, wenn möglich, ertüchtigt und auf XP umgestellt sowie in die WIN-Domäne integriert, d.h. 70 PCs und 10 Notebooks. MKK arbeitet beim EDMS Web Client mit. Die Anforderungslisten für das XFEL-Planfeststellungsverfahren wurden ins EDMS eingepflegt.

Wärmeversorgung

Es wurden 12 Heizungsunterstationen komplett erneuert und den geänderten Anforderungen angepasst. Die

hydraulischen Regelarmaturen wurden dabei erneuert oder es wurden zusätzliche installiert, um den Heizungsbetrieb zu optimieren. Die Steuerungen der erneuerten Heizungsunterstationen werden ebenfalls komplett erneuert und mit Leittechnik ausgerüstet.

Auf Grund der neuen Betriebssicherheitsverordnung musste die Maximaltemperatur der Heizungsringleitung von 120°C auf 110°C verringert werden, um kostspielige Nachrüstungen zu vermeiden. Dies hat unter anderem zur Folge, dass Engpässe im Heizungsnetz beseitigt und der Betrieb optimiert werden müssen. Die Wärmeversorgung mit Fernwärme läuft praktisch störungsfrei.

Arbeitssicherheit

Es gab zwei Elektrounfälle, die glimpflich abliefen. Die Ursachen wurden analysiert. Die Gegenmaßnahmen wurden eingeleitet, um zukünftig solche Unfälle zu vermeiden.

Beschleunigerplanung – MPL –

Die Gruppe MPL ist zuständig für Entwicklung, Bau und Aufstellung von Beschleunigerkomponenten in Tunneln und Experimentierhallen. Von besonderer Bedeutung sind dabei Entwicklung und Bau von supraleitenden Resonatoren, Qualitätskontrolle und Werkstoffuntersuchungen am Material für Resonatoren und Beschleunigerkomponenten.

Beschleunigeraufstellungen

Für folgende Maschinen wurden Berechnungen, Konstruktionen und Fertigungsunterlagen erstellt:

DORIS III: Fertigungsunterlagen für eine neue Wiggler Kammerhalterung,

HERA: Höhenjustierbares Kollimatorbleigestell,

VUV-FEL: Neues Kickergestell mit Kammerhalterung,

PETRA II: Ein Sextupolgestell auf Betonsockel mit Lenkerjustierung für den Einbau einer Testvakuumkammer für Petra III,

PETRA III: Neues Sextupolgestell mit Lenkerjustierung für 70 Magnete in den alten Achteln, die mit Aluminiumspulen ausgerüstet werden; ein 4.2 m langer Test-Dipolmagnetträger (Girder) als Vorstudie für einen Prototypen für Belastungs- und Justagetests, incl. der Lagerböcke mit Antrieb der Girder Höhenverstellung; drei Magnetunterbauten für die neuen Dipol- und Quadrupolmagnete auf dem Girder im neuen Achtel,

XFEL: Konstruktion und Fertigungsunterlagen für verschiedene Varianten von Prototypen einer hängenden Anbindung des Kryostaten an der Tunneldecke.

Werkstoffuntersuchungen und Resonatorfertigung

XFEL Aufgaben (im Rahmen des WP4, SC Cavity)

- Entwicklung einer neuen Spezifikation für hochreines Niob und einer Spezifikation für die Fertigung von ca. 1000 supraleitenden Resonatoren.
- Anwendung des EDMS-Systems für die Resonatorfertigung. Erprobung an der Fertigung von 30 Resonatoren bei der Fa. ZANON.
- Qualifizierung von neuen potentiellen Nb-Lieferanten.
- Optimierung der Glühparameter der Resonatoren mit dem Ziel, optimales Entgasen von Wasserstoff und optimale mechanische Stabilität des Resonators zu erreichen.
- Einfluss des Tantalgehaltes in hochreinem Niob auf die Leistungsfähigkeit der Resonatoren zu verstehen.

Ziel der letztgenannten Untersuchungen ist (in Zusammenarbeit mit Jefferson Lab, USA und der Fa. CBMM, Brasilien) zu prüfen, ob es möglich wäre, das Niob mit höherem Tantal-Gehalt als Material für die Hochgradientenresonatoren zu akzeptieren. Das würde zu entsprechender Preissenkung von Nb führen. Drei Ingots mit unterschiedlichem Tantal-Gehalt (150, 600, 1300 ppm)

Ingot_ Blech	Ta-Gehalt [ppm]	100 μm BCP Eacc, MV/m	200 μm BCP Eacc, MV/m	Glühen mit Ti und Ausbacken Eacc, MV/m
1164_12_13	1300	18.12	20.58	30
1164_11_14	1300	20.23	23.56	
1161_31_34	~150	22.27	21.22	35
1161_32_33	~150	23.57	23.65	
1162_33_34	~600	23.34	23.49	
1162_32_35	~600	20.37	22.76	

Tabelle 4: Einfluss des Tantalgehaltes (100–1300 ppm) im Niob auf die Leistungsfähigkeit der Resonatoren.

wurden geschmolzen und zu Blechen verarbeitet. Die Fertigung wurde mit der Analyse der Mikrostruktur, Messungen der elektrischen, thermischen und mechanischen Eigenschaften begleitet. Die Bleche wurden mit Wirbelstrom abgescannt. Einige einzellige Resonatoren wurden gebaut, alle identisch behandelt und einige Serien von Hochfrequenztests durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Tab. 4 zusammengefasst. Für moderate Beschleunigungsgradienten (ca. 20 MV/m) ist kein signifikanter Einfluss von Ta auf die Leistungsfähigkeit der Resonatoren zu sehen. Für die hohen Gradienten (ca. 30–35 MV/m) ist der Einfluss des Ta-Gehalts allerdings laut ersten Ergebnissen erkennbar.

CARE/JRA1- Aufgaben

Entwicklung einer Scanvorrichtung für die Nb-Bleche mit Sensoren auf SQUID-Basis: Diese bieten eine viel versprechende Möglichkeit, die Nachweisgrenze von Defekten in Niob zu verbessern. Die Vorversuche haben gezeigt, dass z. B. sehr kleine, mit dem Wirbelstromverfahren nicht detektierbare, Partikel mit SQUID nachgewiesen werden können. In Zusammenarbeit mit der Fa. WSK wird an der Entwicklung einer SQUID-Scanvorrichtung für die Nb-Bleche für den XFEL gearbeitet.

Fertigung der nahtlosen Resonatoren: In vergangenen Jahren wurde die Prozedur für die 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 massivem Niob, als auch aus NbCu bimetallischer Verbindung wird im Rahmen des CARE Programm entwickelt. Im Jahr 2004 wurden die vorhandenen Vorrichtungen ausgebaut, um die Fertigung von dreizelligen nahtlosen Resonatoren zu ermöglichen.

Materialuntersuchungen

Im Labor für Materialuntersuchungen wurde außerdem im Jahre 2004 an folgender Problematik gearbeitet:

- Beschichtungsqualität von Faltenbälgen für Einkoppler und Resonatoren-Verbindungen (TTF, XFEL).
- Zerstörungsfreie RRR-Messungen an Resonatoren in der Halle 3 (TTF).
- Analyse der Verteilung von Verunreinigungen in der Schweißnaht von Niob, geschweißt in der Elektronenstrahlschweißanlage von DESY (TTF, XFEL).
- Optimierung der Vorrichtung für die Wärmeleitfähigkeitsmessungen bei tiefen Temperaturen und Durchführung von Messungen an Niob und Keramiken (XFEL).
- Qualifizierung von nahtlosen Niob und Nb/Cu- Rohren für Hydroforming (CARE/JRA1).

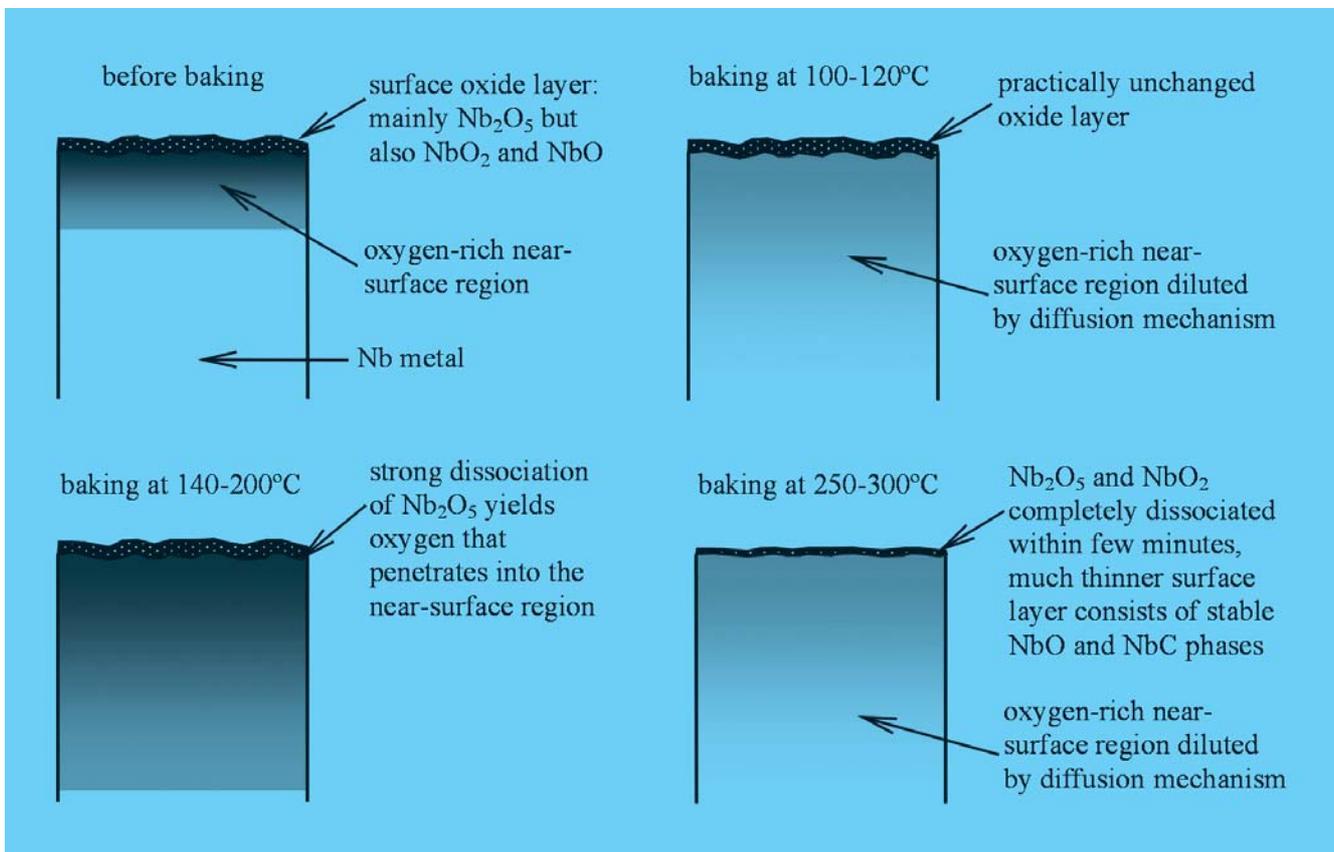


Abbildung 135: Modell des oxydreichen Bereiches an der Nähe der Nb-Oberfläche nach dem Ausbacken bei verschiedenen Temperaturen.

– Oberflächenuntersuchungen von Koppler-Teilen (DORIS, HERA)

Oberflächenuntersuchungen von Änderungen der Nb – Oxydschichten durch das Ausbacken bei 100–300°C (TTF, XFEL, ILC).

Die Untersuchungen wurden in Zusammenarbeit mit dem Labor für Oberflächenphysik (Surface Spectroscopy Laboratory) in Krakow an zwei Typen von Nb-Proben (BCP und EP behandelt) durchgeführt. Die chemische Zusammensetzung der dünnen Oxydschicht an der Nb-Oberfläche ändert sich durch das Ausbacken. Dieser Effekt wurde in situ mit Hilfe von XPS (X-ray Photoelectron Spectroscopy) beobachtet. Das Ausbacken im Temperaturbereich 100–180°C verursacht die Auflösung der äußeren Niob-Pentoxid-Schicht (Nb_2O_5) und führt zum Wachstum von viel dünneren internen Niob-Dioxyd- und Niob-Monoxyd-

Schichten. Die komplette Dicke der Oxydschicht nimmt durch das Ausbacken ab.

Ein Modell von Änderungen der Nb-Oxydschichten durch das Ausbacken bei 100–300°C wurde auf Basis der Experimente entwickelt (siehe Abbildung 135). Das Modell ist konsistent mit dem Verhalten von ausgebackenen Resonatoren.

International Linear Collider ILC

Konzentrischer Tuner als Option für ILC

Die von MPL vorgeschlagene Abstimmvorrichtung (Tuner) wurde hinsichtlich der Kostenreduzierung, der Fertigung, der Montage und der Werkstoffersparnis überarbeitet und gefertigt. Der TTF-Resonator D3

ist in den Heliumtank mit dem Tuner eingeschweißt worden. Die Bordscheiben hierzu wurden entsprechend angepasst.

Der Kalttest wurde in CHECHIA bei 2 K und 4 K durchgeführt. Die Frequenz wurde in Abhängigkeit von den Umdrehungen des Tuner-Antriebmotors gemessen. Anschließend folgten entsprechende Warmtests. Der Tuner ist funktionsfähig und erfüllt in wesentlichen Punkten die Spezifikation. Die Warmtests sollten 2005 fortgesetzt werden.

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-, Umbau- und Wartungsarbeiten in den Beschleunigern und bei den HERA-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. Die Auslegung der verschiedenen neuen Magnettypen und die Herstellung von Prototyp-Magneten für das PETRA III Projekt und die Konstruktion und Herstellung des supraleitenden Solenoidmagneten für den im Bau befindlichen HERMES Recoil-Detektor wurden im Rahmen des Kooperationsvertrages mit dem Efremov-Institut in St. Petersburg durchgeführt.

Beschleuniger

HERA: Die Wartungsperiode bei HERA wurde bestimmt durch den Spulentauch bei den 3 vertikal ablenkenden BU-Dipolmagneten in der Protonenstrahlführung HERA-NL, den Zurückbau des Experiments



Abbildung 136: BU-Spulen Fertigung beim Efremov-Institut in St. Petersburg.

HERA-B in HERA-Halle West sowie die Umstellung der Maschinengeometrie auf e^- -Betrieb.

Zur Beseitigung eines latenten Erdschlusses im Bereich der in Reihe geschalteten BU-Magnete NL wurde beschlossen, alle 6 Einzelspulen der 3 BU-Magnete NL in der Sommer-Wartungsperiode auszutauschen. Die fehlenden Reservespulen wurden von MEA in Zusammenarbeit mit dem Efremov-Institut in St. Petersburg beschafft (Abb. 136). Um den zeitaufwendigen Aus- und Einbau der BU-Magnete aus der Protonen-Strahlführung einschließlich Demontage der Elektronen-Strahlführung in dem betroffenen Bereich und den Transport der Magnete in die MEA-Montagehalle über die HERA-Halle West zu vermeiden und damit den Zeit- und Gesamtmontageaufwand wesentlich zu reduzieren, wurde eine von MEA konstruierte Hebe- und Verschiebevorrichtung als transportables Baukastensystem für den Spulenaustausch vor Ort eingesetzt (Abb. 137). Um das vertikale Trennen der 20 t Magnete ausführen zu können, wurden von der Betriebsschlosserei ZM5 massive Unterbauten für die Magnetjoche gefertigt und vor Ort eingebaut. Bei der Überprüfung der ausgebauten BU-Spulen ist festgestellt worden, dass 4 der insgesamt 6 Spulen massive Wasserschäden an der Isolation auf Grund von undichten Lötstellen aufweisen. Daher wurde beschlossen, in einem Sofortprogramm die Herstellung neuer Spulen, deren massive Leiter über aufwendige Induk-



Abbildung 137: Hebe- und Verschiebevorrichtung für die BU-Spulenmontage im HERA-Ring.

tionslötverfahren verbunden werden, für die weiteren 15 in HERA eingebauten BU-Magnete in Auftrag zu geben.

Für den Ausbau des HERA-B-Experimentes aus der Strahlposition in der HERA-Halle West wurden verschiedene Szenarien entwickelt. Entscheidende Kriterien waren die limitierte Länge der Sommerunterbrechung und die Forderung, dass nach Wiederanlauf von HERA jederzeit ein sofortiger Zugang auch mit den schweren Montagefahrzeugen HERA-TRAM in die Quadranten WR/NL und WL/SR für eventuelle Reparaturarbeiten im HERA-Tunnel durch die Halle möglich sein müsste, ohne dass vorher Teile von HERA-B zu verfahren wären oder Betonabschirmsteine zeitraubend aus der Halle entfernt werden müssten. In der Sommerunterbrechung wurde das HERA-B-Experiment in eine Parkposition an der Ringaußenseite verfahren, in welcher es bis zu einer späteren Demontage verbleibt. Die Verbindung zwischen den Tunneleingängen WL und WR wurde innerhalb der Betonabschirmung zwischen Beschleuniger und Hallenbereich (Ringinnenseite) mit einer stabilen Brückenkonstruktion als durchgängige Fahrbahn für die Montagefahrzeuge hergestellt. Die Abschirmung in der Halle wurde so konzipiert, dass auch bei maximal erreichbaren Strahlströmen und den sich daraus ergebenden Untergrundsituationen ein Aufenthalt im Ringinnenbereich der Halle ohne Einschränkung erlaubt ist und darüber hinaus das Aufsetzen der HERA-TRAM auf die Tunnelbahn inklusive Ent-

fernung der Abschirmung in einer 8 Stunden-Schicht möglich ist.

Für die Umstellung von Positronen- auf Elektronenbetrieb wurden nach der Sommerunterbrechung die Magnete auf den Magnetbrücken NL und NR für die H1- und SL und SR für die ZEUS-Wechselwirkungszone bei geschlossenem Vakuumsystem in die entsprechenden Sollpositionen verschoben.

Weitere Arbeiten bei HERA waren eine Reparatur des Quadrupolmagneten GI 7 NR sowie eine Reparatur des Quadrupolmagneten GN 17 NL. Der Magnet GI 7, der in die Magnetbrücke NR eingebaut ist, musste vor Ort geteilt werden, um eine Magnet-Spule zu ersetzen, deren Isolation durch eine Überhitzung der Vakuumkammer im Magneten lokal verbrannt war. Der Magnet GN 17 NL, der in das Rauchschott NL zwischen Tunnel und H1-Wechselwirkungszone eingebaut ist, wurde wegen defekter Spulen mit teilweise geschmolzenem Cu-Leitermaterial durch einen neuen Magneten in einem aufwendigen Montageablauf ersetzt.

Bei der Inbetriebnahme und Optimierung des optischen Resonators für das longitudinale Elektronenspin-Polarimeter im HERA-Tunnel OR wurde von MEA Hilfestellung gegeben. Insbesondere wurde die Elektronik in einen geschützteren Bereich mit verstärkter Bleiabschirmung umgesetzt, um in Zukunft Strahlenschäden zu verringern.

PETRA III: Für PETRA III wurden vorbereitende Arbeiten durchgeführt. Für den Oktanten PETRA Nord-Ost bis PETRA Ost, in welchem die Strahlfächer für die Experimente mit Synchrotronlicht aufgebaut werden, wurde in einem 3D Solid-Edge Modell die modulare Abschirmung aus Beton-Elementen zwischen Maschinenbereich und Experimentierhalle entworfen. In Abstimmung mit den technischen M-Gruppen wurde eine erste Planung für den Umbau der PETRA-Abschirmung und notwendige Änderungen der Halleninfrastruktur in den existierenden PETRA-Hallen durchgeführt.

Für die notwendige Grundüberholung der PETRA-Magnete in den verbleibenden 7/8 der PETRA-Strahlführung, deren Spulensysteme aus dem früheren PETRA-Betrieb für Hochenergiephysik-Experimente erhebliche Strahlenschäden aufweisen, wurden die Spezifikationen für die Herstellung von Ersatzspulen für Dipol-, Quadrupol- und Sextupolmagnete für eine europaweite Ausschreibung erstellt. Nach Ablauf der

Bindefristen wurde die Fertigung der 3 Spulentypen bei drei verschiedenen Herstellern in Auftrag gegeben. Neben der Fertigung der Sextupol-Ersatzspulen aus Aluminium wurde für 50% der Sextupolmagnete ein neuer Spulentyp aus Kupfer mit integrierter Korrekturspule geordert. Mit Hilfe dieser Korrekturwindungen soll die vertikale Korrektur des umlaufenden Strahls erfolgen. Damit kann für PETRA III auf die jetzt eingebauten Vertikal-Korrekturmagnete verzichtet werden und zusätzlicher Einbauraum für ein modifiziertes Vakuumkammer-System gewonnen werden. Ein erster Prototyp-Sextupolmagnet wurde mit einem solchen Spulensystem ausgerüstet (Abb. 138). Die Resultate der Feldmessungen stimmen mit den von MEA berechneten Designwerten perfekt überein, so dass die Serienfertigung freigegeben werden konnte.

Für den neu aufzubauenden Quadranten wurde mit der Fertigung der Prototypmagnete, die für das Girderkonzept entwickelt wurden, beim Efremov-Institut begonnen. Dabei werden mehrere Strahlführungsmagnete zusammen mit Vakuumpumpen, Monitoren etc. auf einem gemeinsamen Träger (Girder) montiert und feinjustiert. Gebaut werden je zwei „kurze“ und zwei „lange“ Quadrupolmagnete mit verschiedenen Einsatzstücken zwischen den Jochhälften, die an die Auslasskammern für das Synchrotronlicht angepasst werden müssen, sowie ein H-Typ Dipolmagnet. Für die vertikal korrigierenden Korrekturmagnete, die auf den Girdern montiert werden müssen, wurden in Zusammenarbeit mit dem Efremov-Institut zwei verschiedene Lösungen entwickelt. Die Fertigungszeichnungen für diese beiden Korrekturmagnettypen, von denen je ein Prototyp gebaut werden soll, wurden erstellt und mit der Herstellung der notwendigen Fertigungswerkzeuge wurde begonnen.

Im neuen Anbau der Halle 5 wurde für die MEA-Vermessungsabteilung ein Gebiet mit einem stabilen Referenzpunktsystem für die Testmessungen mit Lasertrackern an den PETRA III Girder-Prototypen und Magnetaufbauten eingerichtet.

Zur Fertigungskontrolle und als Bauraumbetrachtung für ein PETRA III Gesamtmodell wurden sämtliche alte und neue PETRA-Magnettypen bei MEA in Solid-Edge modelliert.

DORIS: Im DORIS-Ring wurden der Quadrant SR und SL umgebaut.

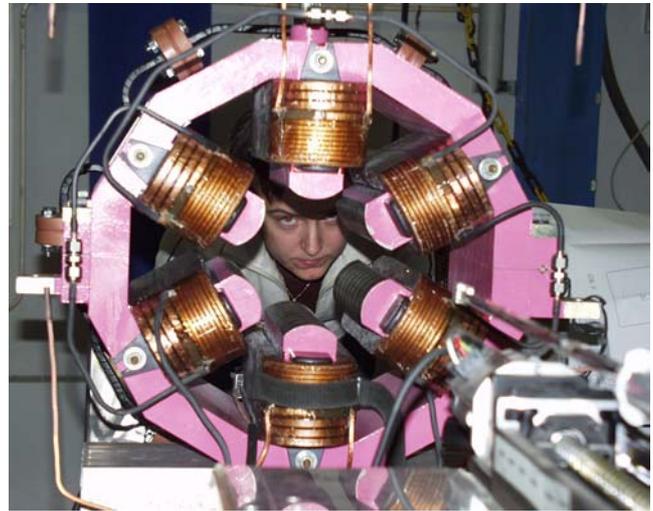


Abbildung 138: *PETRA III-Sextupolmagnet mit Kupferspulen und eingegossenen Korrekturspulen.*

LINAC II: Für den LINAC II wurde unter Mitarbeit von MEA bei einem externen Hersteller ein Ersatzabschnitt bestehend aus 18 Einzelgehäusen, in die jeweils zwei Solenoidspulen eingebaut sind, und zwei Korrekturspulen gefertigt. Mit der Methode des magnetischen Zeigers, mit der die Richtung eines Feldes mit hoher Präzision gemessen werden kann, wurden die Solenoidspulen in den einzelnen Gehäusen und im Gesamtabschnitt ausgerichtet. Dabei wird ein vollkarданisch aufgehängter zylindrischer Weicheisenstift, der sich entlang der Feldlinien ausrichtet, auf der Teilchensollbahn bewegt. Die Winkelstellung des Zeigers wird mit einem Spiegel, der mit dem Zylinderstift fest verbunden ist, über ein elektronisches Autokollimationssystem bestimmt. Damit war die Forderung zu erfüllen, dass der transversale Feldanteil der Einzelsolenoiden und des Gesamtsystems die Größenordnung von einem Promille des Longitudinalfeldes nicht überschreitet.

Nach Lieferung durch den Hersteller wurde der Solenoidabschnitt in der MEA4-Montagewerkstatt mit Wasserverrohrung, Stromanschlüssen und Isolationsstrecken ausgerüstet (Abb. 139).

VUV-FEL: Im gesamten Berichtszeitraum wurden in den Betriebsunterbrechungen die Installationsarbeiten im VUV-FEL Tunnel fortgeführt. Die letzten fehlenden Magnete wurden eingebaut, die Stromanschlüsse der Magnete wurden mit Berührungsschutz



Abbildung 139: LINAC II Ersatzabschnitt in der MEA4-Montagewerkstatt.

aus Makrolon versehen. Die Docking-Untergestelle für die Versorgungscontainer wurden eingebaut und verbohrt, die Container installiert. Für das Undulator-Drahtmesssystem wurden die Granitplatten aufgestellt und verbohrt. Die Laufstege und Treppen vor den Undulatoren wurden gefertigt und eingebaut. Für die HASYLAB-Photonenbeamline wurden die Untergestelle aufgestellt und verbohrt und Hilfestellung beim weiteren Aufbau geleistet.

Am MEA-Magnetmessplatz wurden für verschiedene im VUV-FEL eingebaute Strahlführungsmagnettypen hochgenaue Feldmessungen durchgeführt, um die Erregungskurven und die Abhängigkeit und damit die Einstellgenauigkeit der Feldparameter von der jeweiligen Vorgeschichte des Magneten, und den daraus resultierenden remanenten Feldern, zu bestimmen. Zur Anwendung kommen bei den Feldmessungen Hallsonden und rotierende Spulensysteme.

XFEL: Um die technischen und sicherheitsrelevanten Randbedingungen für das Planfeststellungsverfahren zu untersuchen und festzulegen, haben Mitarbeiter der Gruppe MEA1 – Technische Projektierung – in verschiedenen DESY-Arbeitskreisen zur Vorbereitung des Planfeststellungsverfahrens mitgearbeitet. Von MEA wurden in einer MEA internen Arbeitsgruppe Tunnelmontage insbesondere Einbau- und Transportkonzepte für verschiedene Beschleunigerbereiche in

2D- und 3D-CAD-Modellen untersucht und erste Entwürfe eines Transport- und Montagefahrzeugs für die hängenden Beschleunigermodule erstellt.

Experimente

HERMES: Die Fertigung des supraleitenden Solenoid-Magneten beim Efremov-Institut in St. Petersburg für den HERMES Recoil-Detektor wurde von MEA betreut. Nach erfolgreichem Kalttest und erster Feldvermessung beim Efremov-Institut wurde der Magnet zum DESY geliefert. Der Magnet ist in HERA Halle Ost als Teil des Recoil-Detektor Teststands betriebsbereit installiert worden. Die anschließende genaue magnetische Vermessung des Solenoidfeldes wurde mit der MEA 3D-Messmaschine durchgeführt.

Zusammen mit den HERMES-Spezialisten wurden von MEA die Ermittlung und die Dokumentation der Bauräume im HERMES-Targetbereich in einem I-DEAS 3D-Modell durchgeführt und Plattformen, Gestelle und Traversen für den Einbau des Recoil-Detektors im Targetbereich geplant.

ZEUS: Bei ZEUS mussten drei Fahrwerkseinheiten (Wälzswagen) unter dem Detektor erneuert werden, da starke Verformungen an den Seitenführungen der alten Fahrwerke ein kontrolliertes Auffahren des Experimentes nicht mehr einwandfrei zuließ. Die Fahrschienen wurden nachgearbeitet, bei der Hydraulik-Schubeinheit für die Fahrzylinder wurde die Klemmung erneuert.

Vermessung

Beschleuniger

HERA: Die zu reparierenden Dipolmagnete vom Typ BU 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 wieder auf ihre Sollposition justiert.

Zur Umstellung der Maschinengeometrie auf e^- -Betrieb wurden die Magnetbrücken NL, NR und SL, SR aufgemessen. Die jeweiligen Brückenmagnete wurden auf ihre neue Position gestellt und anschließend

durch ein Aufmaß kontrolliert. Das gleiche Vorgehen wurde auf den supraleitenden Magneten Typ GO in NR angewendet. Da die Verstellung des supraleitenden Magneten GO von mechanischen Problemen begleitet war, wurde im Anschluss die Fehlaufstellung des H1-Detektors behoben, indem der gesamte Detektor aus seiner bisher fehlerhaften Position in Richtung der Sollposition bewegt wurde. An dem neuen Absorber 4 wurden Transfermessungen durchgeführt, anschließend wurde der Absorber eingebaut und feinjustiert.

In dem Quadrupolmagnet GI 7 auf der Brücke NR wurde die durch den Strahlbetrieb beschädigte Vakuum-Kammer ausgetauscht. Der Magnet musste hierzu vor dem Kammertausch aufgemessen und nach dem Einbau der neuen Kammer erneut justiert werden. Die Beschleunigersegmente links und rechts der Experimente, die messtechnisch nicht direkt miteinander verknüpfbar sind, wurden durch eine Verbindungsmessung über die Galerie der Experimentehalle verbunden. Dies wurde im Norden, Süden und Osten durchgeführt.

Der gesamte Bereich des Rotators NR musste neu aufgemessen werden. Anschließend wurden fehlerhaft stehende Magneten justiert. Mit dem neu justierten Rotator wurde ein Fahrversuch unternommen, der von der Vermessung begleitet wurde. Weitere Vermessungen wurden durchgeführt beim Aus- und Einbau des Kryostaten 6 WR, beim Aufmaß der Roman Pots NL, beim Kontrollaufmaß des VFBS-Bypass, sowie beim Auswechseln des GN in NL.

Vorbeschleuniger: Für den LINAC II wurde die Cavity-Struktur 14 im Hüllrohr justiert, bei PIA wurden Aufmaß und Justierung von Komponenten bei Dipol- und Quadrupolteilungen und für DESY III wurde die Transfermessung eines Reserveseptums durchgeführt. Bei DORIS wurde die Gerade Süd umgebaut, die Sockelpositionen für den neuen HARWI III (Wiggler) angerissen und dieser nach Einbau justiert. Ebenso wurden Transfermessungen für Sextupole durchgeführt und diese im Strahl justiert. Für PETRA II wurde für ein Reserveseptum des EL-Wegs die Transfermessung durchgeführt, im bestehenden Beschleuniger PETRA wurde in der Gerade Ost für das zukünftige Maschinenlayout ein Testaufbau von zwei Sextupolen durchgeführt.

VUV-FEL: Eine der beiden größeren Hauptaufgaben im Jahr 2004 war die Justierung der umgebauten VUV-FEL-Anlage. So wurde von dem gesamten Beschleuniger nach Einbau aller Komponenten, der Grobjustierung und Herstellung aller mechanischen Verbindungen die geometrische Lage im 3-D Raum durch ein Fein-Aufmaß festgestellt, eine Berechnung der optimalen Maschinenposition vorgenommen und anschließend die gesamte Maschine feinjustiert. In einem weiteren Schritt wurde die Einhaltung der Justierung aller Komponenten durch ein Aufmaß kontrolliert. An der von PITZ gelieferten Kanone wurden zahlreiche Vermessungen und Justierungen durchgeführt.

PITZ – Zeuthen: Auf dem Betriebsgelände Zeuthen wurde die Diagnosesektion des Photoinjektor-Teststands justiert und die Messmaschine für die Feldvermessung des neuen Dipols eingerichtet.

Experimente

HERMES: Für HERMES wurde ein Detektor im Teststrahl 22 justiert. Im Experiment selbst fand ein Aufmaß von Kollimator bis Target statt, außerdem wurden die Detektorkammern FC und BC in Bezug zum Magneten eingemessen. Am ausgebauten Target sowie am Targetmagneten fanden Transfermessungen statt.

Die MEA 3D-Magnetmessmaschine wurde mehrmals für die Feldvermessung des supraleitenden Solenoid-Magneten des HERMES Recoil-Detektors ausgerichtet und die Verfahrrachsen kontrolliert. Der gesamte Testaufbau des Recoil-Detektors in der HERA Halle Ost wurde mehrmals justiert und aufgemessen.

HASYLAB: Für HASYLAB wurden die Lochblenden der im VUV-FEL zum Einsatz kommenden Spiegelkammern aufgemessen und zu den angebrachten Vermessungsmarken bezogen. An der Undulatormessbank wurden die Fahrwege der Messsonde überprüft. Außerdem wurde eine Transfermessung am PADUA-Spektrometer durchgeführt, sowie das Spektrometer nach erfolgtem Einbau im VUV-FEL justiert.

Sonderprojekt OPERA: Für das in Gran Sasso zu installierende Neutrino-Experiment OPERA wurde das Grundgestell zur Herstellung der Drift Tubes für den High Precision Tracker aufgebaut und anschließend jus-

tiert. Die für jedes einzelne Detektorpaket vorinstallierten Lochblenden werden laufend von der Vermessungsabteilung justiert.

GIS / FM: Für das zurzeit noch in Benutzung befindliche System GDS wurde das Nachfolgesystem Topobase eingeführt. Hierfür wurden zunächst sowohl das Datenmodell, als auch das Darstellungsmodell für die DESY-Übersichtskarte, für die DESY-Grundkarte, für die gesamte XFEL-Planung und für sämtliche auf dem DESY-Gelände vorhandenen Vermessungspunkte erstellt.

Die DESY-Übersichtskarte sowie die XFEL-Planung wurden in ein WEB-GIS eingestellt, damit die Unterlagen möglichst vielen Nutzern zur Verfügung gestellt werden können und eigenständig nutzbar sind. Der DESY-Lageplan wurde komplett überarbeitet und als Übersicht und in 120 Detailansichten ins Netz gestellt.

Topographische-/Bauvermessung: An topographischen Vermessungen stand das Aufmaß aller auf dem DESY-Gelände vorhandener Sielschächte an und die Auswertung und Zusammenstellung aller hier ermittelten Daten für eine externe Firma zur Erstellung eines Sielkatasters für ZBAU. Zur Planung der Vermessung des PETRA-Beschleunigers wurde ein Baumkataster im Umfeld der 16 PETRA-Abotungspunkte erstellt. Hierbei wurden ca. 1200 Bäume mit einem Stammumfang von ca. 10 cm aufwärts erfasst.

Die Vergleichsstrecke in Ohlsdorf, die auch vom Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung zum Abgleich ihrer Geräte benutzt wird, wurde von der Vermessungsabteilung neu kalibriert.

Planung neuer Projekte

XFEL: Für die Planung des neuen XFEL wurden von der Vermessungsabteilung alle hierbei benötigten raumbezogenen Unterlagen erstellt. Aufgrund von Daten aus einer Laserscannerbefliegung des Landesbetriebs Geoinformation und Vermessung wurde ein digitales Geländemodell erstellt. Die vorgenommenen Baugrundaufschlussbohrungen wurden aufgemessen und in der Lage und Höhe bestimmt, um sie in die Planungsunterlagen einarbeiten zu können. Amtliche Daten für die Flächensicherung des XFEL-Geländes wurden beschafft und zusammengestellt. Dies beinhaltet unter anderem

die Ermittlung sämtlicher Grundstückseigentümer und Grundstücksnutzer. Die topographische Vermessung der XFEL-Gelände in Schenefeld wurde anschließend in Abstimmung mit der PR-Abteilung begonnen.

Für die Planung des Maschinenaufbaus wurden sämtliche Anforderungen an die Vermessung und Justierung des Beschleunigers beim ersten Aufbau und beim späteren Betrieb ermittelt und in Anforderungslisten zusammengestellt. Der Erläuterungsbericht zum Planfeststellungsverfahren wurde verfasst.

PETRA III: Für PETRA III wurde die Lage aller Baugrundaufschlussbohrungen vor Ort abgesteckt sowie nach Abschluss der Bohrarbeiten Lage und Höhe der Bohrlöcher festgestellt. Die Höhe der Bohrungen wird benötigt, um die bei den Bohrkernen festgestellte Bodenschichtung in der Örtlichkeit richtig zuordnen zu können.

Der Prototyp eines Magnetträgers für die zukünftige Synchrotronstrahlungsquelle wurde mehreren Belastungstests unterzogen, um die Durchbiegung und Verwindungssteifigkeit zu ermitteln. Ebenso wurden erste Probemessungen zur Justierung der einzelnen Magnete auf diesen Magnetträgern durchgeführt. Hierbei soll ermittelt werden, ob die geforderte Genauigkeit der Magnetpositionierung von 50 µm der Magnete zueinander auf einem Träger mit einfachen und kostengünstigen Einstellelementen erreicht werden kann, oder ob eine kostenintensive Feinbearbeitung der Magnetträger notwendig wird.

TESLA-Messsystem – Kooperation Weimar und Oxford –

Die Zusammenarbeit mit der Universität Oxford zur Entwicklung eines Messzuges nach dem LiCAS-Prinzip für geometrisch gerade Tunnelabschnitte wurde fortgesetzt. Dabei ist geplant, eine Testumgebung zur Erprobung eines Messzuges auf dem DESY-Gelände zur Verfügung zu stellen. Die Restarbeiten an Konstruktion wurden zu Ende gebracht. Der Messwagen soll in 2005 als 3-Wagen-Prototyp gebaut werden und in der Testumgebung in Betrieb genommen werden. Die Programmierung des geodätischen Teils der Software sowie die Steuerung des Messzuges werden von MEA2 zurzeit weitergeführt.

Öffentlichkeitsarbeit

Die Vermessungsabteilung wurde von Studenten der HAW Hamburg, Fachbereich Geomatik, von Studenten der FH Stuttgart, Fachbereich Vermessung und von Studenten der Hochschule Moskau besucht.

Besuchte Veranstaltungen waren:

- IWAA2004, 8th International Workshop on Accelerator Alignment, CERN
- LINAC2004, XXII International Linear Accelerator Conference
- Kurs für Ingenieurvermessung Zürich
- AICON 3D Forum in Braunschweig
- GIS Seminar München
- Forum für Geomatik Wilhelmsburg

Gaseservice

Die Gruppe MEA6 hat auch in diesem Jahr neben der zentralen Gasbeschaffung wieder diverse Gruppen beraten und unterstützt: Für das bei MHF-sl neu entwickelte CO₂-Reinigungsverfahren für die Innenreinigung der Hohlraumresonatoren wurde eine Stickstoff- und Kohlensäure-Gasversorgung für den Reinraum im Gebäude 47 projektiert. Pro Reinigungszyklus, der 15 Minuten dauert, werden 30 m³ Stickstoff und 4.5 kg CO₂ mit hoher Reinheit verbraucht. Da diese Gas-mengen in einem Reinraum benötigt werden, musste eine sinnvolle Aufstellung der Gasflaschen gefunden und dementsprechend die Rohrleitungen, Druckminderer und Filter ausgelegt werden. Um eine Gefährdung der dort arbeitenden Personen auszuschließen, ist ein Raumluftüberwachungssystem installiert worden.

Um die Belüftung der Vakuum-Pumpen im DESY-Ring zu optimieren, wurden für die Gruppe MVA diverse Änderungen an der DESY-Stickstoffringleitung durchgeführt. Die neuen Lagerschränke für die VUV-FEL Resonatoren in Gebäude 27 wurden an die N₂-Ringleitung angeschlossen, so dass dort eine kontinuierliche Stickstoffspülung vorhanden ist. Für die Gruppe MKK wurden Flaschenstationen für diverse Schweißgase (Argon, Acetylen, Sauerstoff, Corgon und Varigon) projektiert und von MEA6 gebaut.

Für das Experiment ZEUS wurden die vorhandenen Gas-Analysegeräte der einzelnen Detektorkomponenten kalibriert und die Kammergas-mischungen mehrfach analysiert. Das so genannte Sicherheitsvolumen im ZEUS-Detektor, das bisher mit Stickstoff gespült wurde, ist auf das inerte Gas Kohlensäure umgestellt worden. Für die Überwachung des Spülvolumens auf brennbare Gase wurde ein weiterer Infrarotdetektor angeschafft.

Für die Magnet-Kammern des HERMES-Detektors wurde ein System zum kontrollierten Wasserzusatz zum Kammergas entwickelt und gebaut.

Mehrere Systeme der Gruppe MEA6 wurden erneuert: Die veralteten Flaschenabfüllstationen für Helium-, Argon- und Stickstoffgas wurden neu verrohrt, die Absperrventile durch neue bedienerfreundlichere ersetzt. An der Heliumkompressor-Anlage wurden weitere Kontakt-Druckmanometer angebracht, die nicht gewollte Über- bzw. Unterdrücke verhindern.

In Zusammenarbeit mit D5 ist wieder ein Seminar, diesmal zum Thema Explosionsschutz im Zusammenhang mit der neuen Betriebssicherheitsverordnung abgehalten worden, zu dem alle Experimente-Sicherheitsverantwortlichen und Gaseverantwortlichen eingeladen waren. Außerdem wurde eine Gefährdungsanalyse für den Bereich Gebäude 13 mit den diversen Gaseinrichtungen durchgeführt. Für den allgemeinen DESY-Teil der Gefährdungsanalyse (Umgang mit Gasen) hat MEA6 den verschiedenen DESY-Gruppen Hilfestellung gegeben.

Sicherheitseinrichtungen

Die Personen-Interlocksysteme für die Hauptgebiete am HARWI (GKSS) wurden aufgebaut, wobei die von MEA3 neu entwickelten Komponenten eingesetzt wurden. Ferner wurden 8 Nebengebiete im Bereich HASYLAB 3 + 4 mit neuer Interlocktechnik ausgerüstet.

Für den VUV-FEL Tunnel und die FEL Experimentierhalle wurde das Laserinterlock-System weiterentwickelt und aufgebaut und die Laserkontrollsteuerung für die Halle programmiert. In Zusammenarbeit mit

HASYLAB wurde die Hallenwarnanlage für die FEL Halle konzipiert.

An den von MEA3 aufgebauten und betreuten Gaswarnanlagen und Sicherheitsanlagen der HERA Experimente wurden notwendige Wartungsarbeiten durchgeführt, die Gaswarnanlagen wurden in regelmäßigen Abständen geeicht und justiert. Die H1 Gaswarnanlage wurde nach dem Umbau im Gasmischaum 601 erweitert. Die Überwachung der ZEUS Kohlensäure-Spülanlage wurde an die Sicherheitsanlage der ZEUS Halle angebunden. Die von MEA3 betreute Sicherheitsanlage der HERA-B Experimentierzone wurde umgerüstet. Nach dem Abschalten des Detektors wurden das technische Interlock für die Ansteuerung der Magnetstromversorgung und des Kompensationspulensystems außer Betrieb gesetzt und die Gaswarnanlagen abgeschaltet und teilweise demontiert.

Vor dem Einsatz in der Sommer-Betriebsunterbrechung wurde die zweite HERA-TRAM in Zusammenarbeit mit der Firma TEC-Hünert generalüberholt und mit einer komplett neuen elektrischen Steuerungsanlage ausgerüstet sowie die Prüfung durch den TÜV durchgeführt. Die Fahrerstände beider TRAMs wurden mechanisch und elektrisch so modifiziert, dass sie für Transporte durch die HERA-Hallen Zugangschächte in kürzester Zeit ab- und angebaut werden können.

Für die fernauslesbare Tankstandkontrollanlage der DESY-Tankanlagen wurden Erweiterungsarbeiten durchgeführt und das Visualisierungssystem auf der zentralen MEA6-SPS verbessert. Bei der Fehlersuche und Fehlerbeseitigung an der Druckerhöhungsanlage, der Gasmischanlage und der Flaschenvorbehandlungsstation von MEA6 wurde Hilfestellung geleistet.

Strahlenschutz

Die Strahlenschutzgruppe ist für die Umsetzung der gesetzlichen Vorschriften, Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) und Röntgenverordnung (RöV), verantwortlich. Es ist ihre Aufgabe, diese Vorschriften durch verschiedene Maßnahmen zum Erhalt der Sicherheit und Gesundheit der Mitarbeiter von DESY durchzusetzen. Dazu gehören u.a. Abschirmung der Beschleuniger planen und kontrollieren, Interlocksysteme prüfen, Kontrolle radioaktiver Stoffe und Unterweisung der Mitarbeiter durchführen. Weiterhin werden Personen- und Ortsdosen gemessen, durch die die Wirksamkeit dieser Maßnahmen überwacht wird. Die so gewonnenen Messwerte dürfen die in den oben genannten Verordnungen festgelegten Grenzwerte nicht überschreiten. Die Strahlenschutzgruppe muss dies ebenso überwachen wie auch durch gezielte Unterweisungen darauf hinwirken, dass jeder Mitarbeiter seine eigene Verantwortung beim Umgang mit ionisierender Strahlung wahrnimmt.

Ortsdosimetrie

Den Vorschriften der Strahlenschutzverordnung entsprechend gibt es auf dem DESY-Gelände neben Sperrbereichen, in denen keine Ortsdosen gemessen werden, Kontroll- und Überwachungsbereiche, in denen Ortsdosen, die von Photonen und/oder Neutronen herrühren können, gemessen werden. Dazu werden zwei unterschiedliche Messprinzipien verwendet. Das eine Messprinzip besteht aus einem passiven System aus Festkörperdosimetern (Thermolumineszenz-Dosimetern in Polyethylen-Moderatoren zur Messung der Photondosen und des niederenergetischen Anteils des Neutronenspektrums) und Spaltfragment-Dosimetern (Thorium-Folien mit Makrofol zur Messung des hochenergetischen Anteils des Neutronenspektrums), die an vielen Messpunkten über das DESY-Gelände verteilt

angebracht sind und die Dosis in einem Zeitraum von 1 Monat aufsummieren. Die Dosimeter werden im Labor der Strahlenschutzgruppe ausgewertet und die gemessenen Dosiswerte entsprechend den gesetzlichen Bestimmungen archiviert. Dieses System ist gut zur Überwachung des Betriebsgeländes geeignet, Resultate erhält man aber erst nach Ablauf der einmonatigen Messperiode. Um eine sofortige Eingriffsmöglichkeit im Falle zu hoher Dosisleistungen zu haben, verwendet man ein zweites Messprinzip, bestehend aus aktiven Detektoren für Photonen und Neutronen, das in der Lage ist, bei Überschreitung eines bestimmten Alarmschwellwertes der Dosisleistung, in den Beschleunigerbetrieb aktiv einzugreifen. Diese entsprechenden Detektoren sind vorwiegend an Stellen positioniert, an denen eine höhere Dosisleistung möglich erscheint. Das Gelände wird derzeit an 263 Stellen mit integrierenden Festkörperdosimetern und an 84 Positionen mit aktiven Geräten überwacht. Alle Messwerte werden für das jeweils zurückliegende Jahr in einem Internen Bericht veröffentlicht. Gegenüber den Werten von 2003 haben sich die gemessenen Ortsdosen im Berichtszeitraum in fast allen Fällen in Bezug auf die Betriebsdauer der einzelnen Beschleuniger nur unwesentlich verändert. Aufgrund einiger erhöhter Strahlverluste bei HERA haben sich die Ortsdosen in den HERA Hallen im Jahre 2004 überproportional erhöht, so dass bei HERA an einigen Stellen Kontrollbereiche eingerichtet wurden.

Personendosimetrie

Die Messung der Personendosen für Photonen erfolgt mit Festkörperdosimetern (Photolumineszenz-Dosimetern). Personendosen, die von Neutronen herrühren, werden mit Kernspur-Detektoren (CR-39 Dosimetern) registriert. Die Auswertung der Festkörperdosimeter wird von der Messstelle für Strahlenschutz in Hamburg durchgeführt. Die Bereitstellung und Auslese

der Kernspur-Detektoren für Neutronen wird von der GSF (Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit) übernommen. Festkörperdosimeter wie auch Kernspur-Detektoren werden bei DESY im Zweimonatsrhythmus getauscht. Ende 2004 wurden regelmäßig 1450 Personen überwacht. Dazu kamen pro Überwachungsperiode noch ca. 120 Gäste, die nur kurzzeitig bei DESY arbeiteten. Insgesamt wurden im Mittel alle 2 Monate jeweils etwa 1320 Dosimeter für Photonen und 1210 für Neutronen verteilt und deren Auswertergebnisse in einer Datenbank den gesetzlichen Vorschriften entsprechend archiviert. Im Zeitraum November 2003 bis Oktober 2004 wurden auf 63 Dosimetern (von insgesamt 12 020 Dosimetern) Dosen registriert, die über der amtlichen Nachweis-Schwelle von 0.1 mSv lagen. Die höchste Personendosis betrug 0.5 mSv pro 2 Monate. Damit liegen alle gemessenen Dosiswerte bei DESY deutlich unter der maximal zugelassenen Dosis für beruflich strahlenexponierte Personen von 6 mSv (Kategorie B) bzw. 20 mSv (Kategorie A) pro Arbeitsjahr.

Allgemeine Projekte

Um beim Betrieb der neuen geplanten Beschleunigeranlagen bei DESY (PETRA III, XFEL) ein geeignetes aktives Neutronen-Dosimetriesystem zu haben, welches bei der vorgegebenen Zeitstruktur sinnvoll betrieben werden kann (sowohl zur Messung von Neutronenflüssen hinter Abschirmungen als auch innerhalb des Tunnels), wurde ein ^{12}B -Detektor für gepulste Neutronenfelder entwickelt. Dieses Detektorsystem konnte 2004 einem breiten, internationalen Publikum vorgestellt werden. Um auch für die Photonenfelder im gepulsten Strahlungsfeld ein geeignetes Photonen-Dosimetriesystem zu haben, wurde mit der Firma RADOS ein aktives Photonendosimeter auf der Grundlage der DIS-Dosimeter entwickelt. Das DIS- (Direct Ion Storage) Dosimeter ist prinzipiell ein passives elektronisches Dosimeter für Photonen- und β -Strahlung, welches die Personen-Tiefendosis und Personen-Oberflächendosis messen kann. Erste Tests

des umgebauten aktiven Systems waren erfolgreich, allerdings konnten noch nicht alle Anforderungen an die Zeitstruktur von dem ersten Prototypen erfüllt werden.

Arbeiten für den VUV-FEL / TTF2

Es wurden umfangreiche Untersuchungen zum Strahlungsuntergrund durch Dunkelstrom gemacht und die Abschirmmaßnahmen am VUV-FEL / TTF2 dementsprechend verbessert.

Arbeiten für den XFEL

Im Rahmen der Mitarbeit an den Vorbereitungen des Planfeststellungsverfahrens (PFV) für das Projekt XFEL gab es etliche Untersuchungen zu den Themen Direktstrahlung, Aktivierung von Erdreich und Grundwasser, sowie Tunnelluft. Alle Untersuchungen wurden in einem allgemeinverständlichen Bericht zusammengefasst und dem Ökoinstitut Darmstadt zur Begutachtung vorgelegt, welche noch nicht abgeschlossen ist.

Arbeiten für den geplanten Linear Collider TESLA

Die im Jahre 2003 gewonnenen Erkenntnisse in Bezug auf die Planung des Strahlabsorber-Designs und der dazugehörigen Strahlenschutzaspekten für das Linear Collider Projekt TESLA konnten im Jahre 2004 einem breiten, internationalen Publikum vorgestellt werden und in einem Internen Bericht zusammengefasst werden. Dabei wurden die hohen Sicherheitsanforderungen an einen Strahlabsorber auf Wasserbasis zusammengefasst und die Vorteile eines neuen Vorschlages eines Absorbers mit einem gasförmigen Streumedium herausgestellt.