

Bereich Beschleuniger (M)

Inhalt

Übersicht	183
Speicherringanlage HERA	185
Speicherring DORIS III	191
Die Vorbeschleuniger	193
Arbeiten der Gruppen des Bereichs Beschleuniger	197
TESLA Test Facility und VUV-FEL	245
Planungen und Untersuchungen für den TESLA Linear Collider und den Röntgenlaser XFEL bei DESY	249
Strahlenschutz	257

Übersicht M-Bereich

HERA

Nach einer elfwöchigen Strahlbetriebsperiode zu Beginn des Jahres wurde der Betrieb ab März 2003 unterbrochen, um in den Experimenten Umbauten vorzunehmen, und um weitere Modifikationen an den Vakuumsystemen in den Experimentierzonen zur Verbesserung der Untergrundbedingungen durchzuführen. Diese Maßnahmen haben sich nach Wiederaufnahme des Betriebs ab August als äußerst wirksam erwiesen: Die Untergrundbedingungen im ZEUS Detektor begrenzten nun nicht mehr die geplanten Maximalwerte für die Ströme von Protonen und Positronen. Bei H1 war der auf volle Proton- und Positronenströme extrapolierte Untergrund noch um den Faktor 1.5–2 zu hoch.

Im Februar wurde in HERA im Kollisionsbetrieb mit 120 Bunchen eine Luminosität von $2.7 \times 10^{31} \text{ cm}^{-2} \text{ sec}^{-1}$ erreicht. Dieser Wert entspricht der maximalen Luminosität, die mit den derzeitig erreichbaren Strahlströmen in HERA realisiert werden kann und somit wurde demonstriert, dass die Voraussetzungen, die Spitzen-Luminosität um den Faktor vier zu erhöhen, gegeben sind.

Ein zweites wichtiges Resultat ist die Bereitstellung von longitudinal polarisierten Positronen für Positron-Proton Kollisionen in den Experimenten H1 und ZEUS. Die Polarisation ließ sich auf Werte von bis zu 50% optimieren.

DORIS III

DORIS lief auch im Jahr 2003 wieder sehr zuverlässig. Die sehr hohe Betriebseffizienz von 96.9% liegt um etwa 1% über der des Vorjahres.

PETRA II

Während 35% der Zeit wurde PETRA als Positronen-Vorbeschleuniger für HERA benötigt, weitere 16% der Zeit entfielen auf die Vorbeschleunigung von Protonen für HERA. Bedingt durch diese hohe Beanspruchung der Maschine durch HERA war der Zeitanteil, der in diesem Jahr auf den Betrieb als Synchrotronstrahlungsquelle entfiel, mit 15% sehr niedrig. Nur im Monat Juni, wo die Maschine von HERA nicht gebraucht wurde, lag der Zeitanteil mit über 50% deutlich höher.

PETRA III

Im Berichtszeitraum 2003 wurde eine detaillierte Studie (TDR) zur zukünftigen Nutzung von PETRA als Synchrotronstrahlungsquelle weitgehend fertig gestellt. PETRA III soll bei der Energie von 6 GeV mit einem Teilchenstrom von 100 mA und einer Emittanz von 1 nmrad betrieben werden. Insgesamt sollen 13 Undulatoren als Strahlungsquellen in die Maschine eingebaut werden.

Vorbeschleuniger

Die Vorbeschleuniger LINAC II, PIA, LINAC III, DESY II und DESY III liefen wie in den früheren Jahren mit großer Zuverlässigkeit. Mehrere technische Verbesserungen und Sicherheitsmassnahmen sind implementiert worden, unter anderem ein neues Personeninterlocksystem und zwei Brand-Früherkennungssysteme im Synchrotron-Elektronik-Raum (SER) und im Ring Zentrum (RZ) sowie im Bereich des LINAC II.

Freie-Elektronenlaser VUV-FEL

Am 17.11.2002 wurde der erfolgreiche Betrieb von TTF1 mit seinen richtungsweisenden Ergebnissen für den VUV-FEL in TESLA Technologie und den XFEL beendet. Die Schwerpunkte des Jahres 2003 waren der Abschluss der Konstruktionsarbeiten und die mechanische Fertigung von Beschleunigerkomponenten, gefolgt vom Aufbau des VUV-FEL in TESLA Technologie.

Im ersten Halbjahr 2003 sind die Beschleunigermodule in den Abschnitten ACC 3, 4 und 5 eingebaut und montiert worden. Am Jahresende waren der neuartige Injektor bis einschließlich der ersten longitudinalen Kompression und das Vakuumsystem der gesamten Anlage zu etwa 90% fertiggestellt und eingebaut. Die HF-Senderanlagen sind für die Module ACC 1-5 betriebsbereit. Die Kopplerkonditionierung bei Raumtemperatur in den Modulen ACC 2 bis ACC 5 hat begonnen und wird Anfang 2004 abgeschlossen sein.

XFEL und Linear Collider

Mit der positiven Entscheidung der Bundesregierung zum Bau der XFEL Anlage als Europäisches Projekt einschließlich einer Finanzierungszusage von 50% der auf 684 Mio. Euro (Basis Jahr 2000) geschätzten Kosten sind die Vorbereitungen für die Realisierung dieses Projekts in eine neue Phase eingetreten. Aus der noch erforderlichen Organisation des Projekts auf europäischer Ebene und anderen Vorarbeiten ergibt sich ein Fahrplan, der den Beginn des Baus der Anlage im Jahr 2006 vorsieht. Der von einer Arbeitsgruppe bei DESY ausgearbeitete neue Standortvorschlag sieht einen Verlauf der insgesamt 3.3 km langen Trasse der XFEL-Anlage vom DESY Gelände in Richtung West-Nordwest vor.

Die Arbeiten am Hochgradientenprogramm für supraleitende Resonatoren für einen Linearbeschleuniger wurden mit großem Erfolg fortgesetzt. Die ersten neunzelligen Resonatoren, die mit der neuen Elektropolituranlage bei DESY behandelt wurden, erreichten im vertikalen CW Test eine Beschleunigungsfeldstärke größer als 40 MV/m.

Speicherringanlage HERA

Übersicht über das HERA-Betriebsjahr 2003

Das Jahr 2003 begann nach einer kurzen Anlaufphase mit einer elfwöchigen Strahlbetriebsperiode für die vier Experimente H1, ZEUS, HERMES und HERA-B. Das Physikprogramm von HERA-B wurde danach beendet.

Nach einer kurzen Strahlzeit für Beschleunigerstudien wurde der Betrieb ab März 2003 unterbrochen, um in den Experimenten H1 und ZEUS Umbauten an den Synchrotronstrahlungskollimatoren und den Einbau neuer Detektorsysteme vorzunehmen, und um weitere Verbesserungen an den Vakuumsystemen in den Experimentierzonen zur Verbesserung der Untergrundbedingungen durchzuführen. Dies erforderte eine Belüftung der Vakuumsysteme um die Wechselwirkungszonen.

Nach dem Wiederanlauf im August mussten die Vakuumsysteme in einer langwierigen Prozedur, die sich über vier Wochen erstreckte, mit Strahl konditioniert werden. Daran schloss sich eine zweiwöchige Be-

schleunigerentwicklungsperiode an. Der Luminositätsbetrieb mit den Experimenten H1, ZEUS und HERMES wurde im Oktober wieder aufgenommen. Er erstreckte sich bis zum 31.12.2003. Dazwischen wurde der Luminositätsbetrieb im Dezember für eine einwöchige Maschinenschichtperiode und für eine sechstägige Weihnachtspause unterbrochen. (Tab. 2)

Betriebsergebnis 2003

Im Jahr 2003 hat HERA für die Experimente H1 und ZEUS Luminosität mit kollidierenden Positronen- und Protonenstrahlen geliefert. Für das Experiment HERMES wurde der Positronenstrahl und für HERA-B der Protonenstrahl (bis Februar 2003) zur Verfügung gestellt. Ab Oktober 2003 standen für die drei Experimente ZEUS, H1 und HERMES longitudinal polarisierte Positronenstrahlen zur Verfügung.

Im Betriebsergebnis des Jahres 2003 von HERA spiegeln sich die lange Betriebspause von 158 Tagen und die Begrenzung der Strahlströme durch Untergrund der Experimente wider. Für den Luminositätsbetrieb stan-

01.01.03 – 23.02.03	Luminositätsbetrieb
24.02.03 – 02.03.03	Maschinenstudien
03.03.03 – 31.07.03	Betriebspause
01.08.03 – 15.09.03	Wiederanlauf, Vakuumkonditionierung
16.09.03 – 28.09.03	Maschinenstudien
01.10.03 – 10.12.03	Luminositätsbetrieb
11.12.03 – 18.12.03	Maschinenstudien
19.12.03 – 22.12.03	Luminositätsbetrieb
23.12.03 – 28.12.03	Betriebspause
29.12.03 – 31.12.03	Luminositätsbetrieb

Tabelle 2: *Betriebsübersicht 2003.*

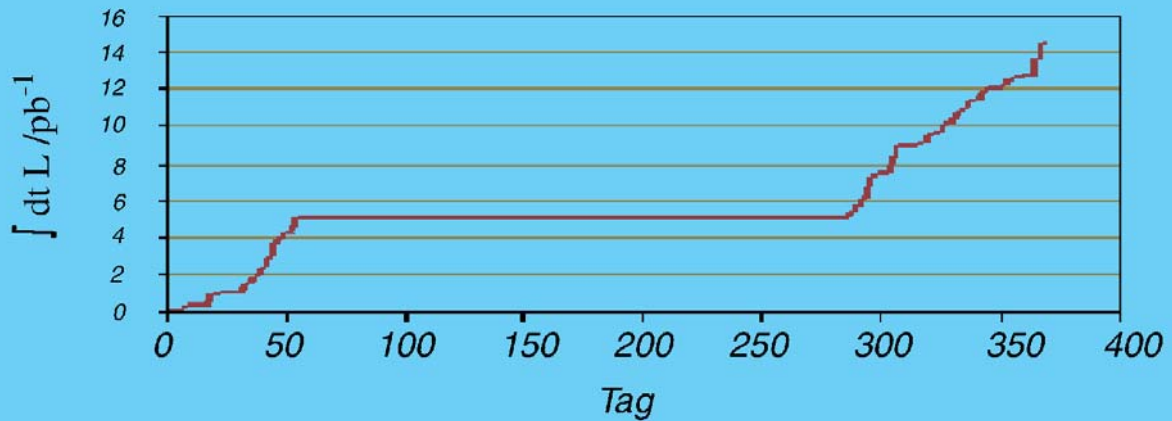


Abbildung 93: Integrierte Luminosität von Positron-Proton Kollisionen in HERA als Funktion der Betriebszeit im Jahre 2003.

den lediglich 100 Betriebstage zur Verfügung. Sehr viel Zeit musste für Maschinenstudien und Konditionierung der Vakuumsysteme mit Strahl aufgewendet werden.

Somit entfielen 44% der insgesamt verfügbaren Zeit auf die Betriebspause, 28% auf Maschinenstudien, während 27% der Zeit wurde Luminosität geliefert und 1% wurde für Arbeiten an den Experimenten benötigt. Insgesamt wurde eine Positron-Proton Luminosität von 14 pb^{-1} geliefert. Die Entwicklung der integrierten Luminosität für das gesamte Jahr ist in Abbildung 93 dargestellt. In der zweiten Jahreshälfte haben die mit HERA gewonnenen Daten wegen der longitudinalen Polarisation des Positronenstrahls, der Polarisationsgrad in den Wechselwirkungspunkten von H1 und ZEUS betrug bis zu 40%, jedoch eine neue Qualität erreicht.

Die Effizienz des Luminositätsbetriebs von immerhin 41% zeigt, dass die operationellen Schwierigkeiten im Zusammenhang mit der Luminositätserhöhung weitgehend überwunden sind. Der zeitliche Aufwand für die e- und p-Injektion mit 6% und 9% ist eher etwas geringer als in den Jahren vor dem Umbau. Jedoch ist die Einbuße von Betriebszeit durch technische Ausfälle mit 44% immer noch zu hoch.

Verbesserung des Untergrunds der Experimente

Das herausragende Problem von HERA, welches sich nach der Luminositätserhöhung von HERA zeigte, sind hohe Ströme der Drahtkammern der Experimente H1 und ZEUS. Die Ursachen wurden in den Vorjahren weitgehend untersucht und verstanden. Eine externes Beratungs-Komitee hat im Januar 2003 die Untersuchungen und die vorgeschlagenen Maßnahmen begutachtet und als umfassend und ausreichend beurteilt. Die Ergebnisse lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- Der Untergrund durch direkte Synchrotronstrahlung des Positronenstrahls ist kein prinzipielles Problem und kann durch eine Kombination von optimierter Magnetaufstellung auf der Basis von Messungen mit dem Strahl und sorgfältiger Orbitkontrolle vollständig unterdrückt werden.
- Die zurückgestreute Synchrotronstrahlung ist hauptsächlich ein Problem für ZEUS und ist auf einen Fehler im Kollimatorsystem zurückzuführen.
- Der Untergrund durch Positronen, die vor dem Experiment Energie durch Streuung an den Restgas-

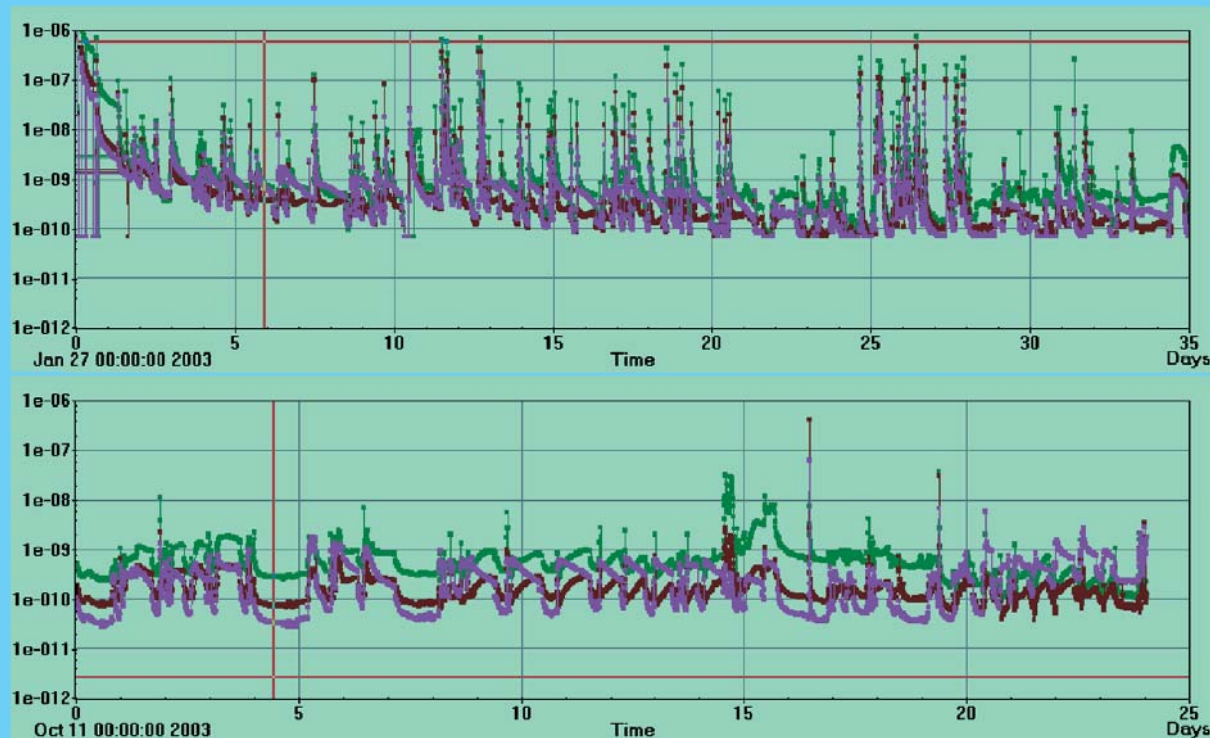


Abbildung 94: HERA: Zeitliche Vakuum-Druck-Entwicklung SR 3.6 m–8 m über etwa einen Monat vor (Bild oben) und nach den Verbesserungen in der Betriebspause 2003 (Bild unten). Man erkennt, dass die starken Druckanstiege bei Injektion von Positronen nicht mehr auftreten und sich ein besseres Vakuum in den dazwischen liegenden Zeiträumen mit hoher Strahlenergie ergibt.

molekülen verloren haben, ist merklich, spielt aber keine dominierende Rolle.

- Der Untergrund durch Protonen, die vor dem Experiment am Restgas streuen, ist insbesondere für das Experiment H1 dominierend. Die Quelle der gestreuten Teilchen verteilt sich auf die Strecke von 2 m–10 m auf der rechten Seite vor den Wechselwirkungspunkten. Die Untergrundrate hängt linear vom Positronenstrom ab. Dies wird auf die Desorption von Gas durch die Synchrotronstrahlung des Positronenstrahls zurückgeführt. Zum Teil ist die erhöhte Empfindlichkeit der Drahtkammerströme auf gestreute Teilchen auf eine (gegenüber der Anordnung des Jahres 2000) modifizierte Detektorgeometrie zurückzuführen. Ein Teil bleibt jedoch ungeklärt, zumal die Vakuumverhältnisse sich gegenüber der

früheren Anordnung verbessert haben. Die Situation wird verschärft durch einen starken Druckanstieg bei Injektion des Positronenstrahls.

Die folgenden Verbesserungsmaßnahmen wurden in der Betriebspause zwischen März und August durchgeführt:

- Umbau des Synchrotronstrahlungskollimatorsystems in ZEUS zur Behebung des Fehlers im alten System und zur Vermeidung starker Erhitzung durch die Felder des Positronenstrahls.
- Umbau der entsprechenden Kollimatoren in H1.
- Einbau einer integrierten Getterpumpe in H1.
- Vergrößerung der Schlitze der Hochfrequenzabschirmung der Pumpenstutzen der Getterpumpen bei NR/

SR 6 m und 8 m zur Erhöhung der Saug-Leistung im Strahlrohr.

- Verdopplung der Pumpleistung für inerte Gase bei SR-NR 3.6 m, 6 m, 8 m durch Hinzufügen von zusätzlichen Getterpumpen bzw. Verwendung von Pumpen mit größerer Saug-Leistung.
- Einbau einer NEG-Pumpe bei NL/SL 30 m in einer e-Vakuumkammer, die innerhalb des Magneten GA für die Fokussierung der Protonen verläuft.
- Einbau von Gasanalysatoren in der Wechselwirkungszone zur besseren Überwachung des Vakuumdrucks.

Diese Maßnahmen haben für den Betrieb in der zweiten Jahreshälfte zu deutlichen Verbesserungen geführt:

Die Ströme der ZEUS-Drahtkammern begrenzen nicht mehr die Protonen- und Positronenstrahlströme. Das Untergrundproblem in ZEUS kann damit als überwunden betrachtet werden.

Der starke Vakuumanstieg bei Positroneninjektion durch thermische Desorption in Zusammenhang mit Erhitzung der Vakuumkomponenten des Experimentstrahlrohrs durch die Hochfrequenzfelder des Strahls ist deutlich reduziert. Mit den neuen, optimierten Kollimatoren und der vergrößerten Saug-Leistung in den Wechselwirkungszone von HERA verbessert sich auch der Druck bei hoher Energie in den kritischen Bereichen zwischen NR/SR 2 m–10 m (siehe Abbildung 94).

Jedoch musste festgestellt werden, dass der H1-Detektor auch nach den Verbesserungen noch unter hohen Untergrundströmen leidet. Ende 2003 waren die Ströme (extrapoliert auf volle Proton- und Positronströme) noch um den Faktor 1.5–2 zu hoch.

Verbesserungen der HERA-Betriebsparameter

Die HERA Betriebs- und Operationsparameter werden durch intensive Maschinenstudien und beschleunigerphysikalische Untersuchungen ständig verbessert. Zwei Resultate verdienen besondere Erwähnung:

Im Februar wurde in HERA im Kollisionsbetrieb mit 120 Bunchen eine Luminosität von $2.7 \times$

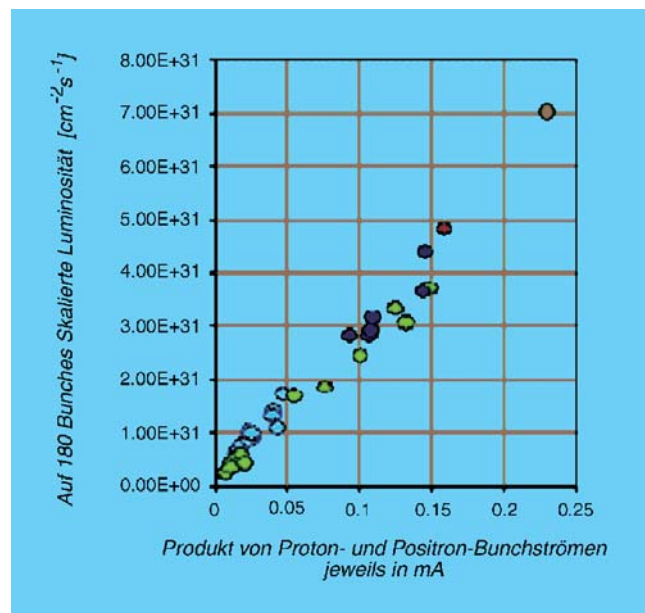


Abbildung 95: Luminosität als Funktion der Bunchintensität der Protonen. Da die Werte bei unterschiedlicher Anzahl von gespeicherten Teilchenpaketen aufgenommen wurden, sind die gemessenen Luminositäten auf die volle Bunchzahl von 180 skaliert worden, um sie vergleichen zu können.

$10^{31} \text{ cm}^{-2} \text{ sec}^{-1}$ (gemessen mit dem H1 Luminositätsmonitor) erreicht. Dieser Wert entspricht der maximalen Luminosität, die mit den derzeit erreichbaren Strahlströmen in HERA realisiert werden kann. Somit wurde demonstriert, dass die Voraussetzungen, die Spitzen-Luminosität um den Faktor vier zu erhöhen, gegeben sind. Die Abbildung 95 zeigt die Luminosität als Funktion der Intensität der Protonenteilchenpakete (Bunchintensität). Da die Werte bei unterschiedlicher Anzahl von gespeicherten Teilchenpaketen aufgenommen wurden, sind die gemessenen Luminositäten auf die volle Bunchzahl von 180 skaliert worden, um sie vergleichen zu können.

Das zweite wichtige Resultat ist die Bereitstellung von longitudinal polarisierten Positronen für Positron-Proton Kollisionen in den Experimenten H1 und ZEUS.

Die Polarisation nach dem Luminositätsumbau ist aus folgenden Gründen schwieriger:

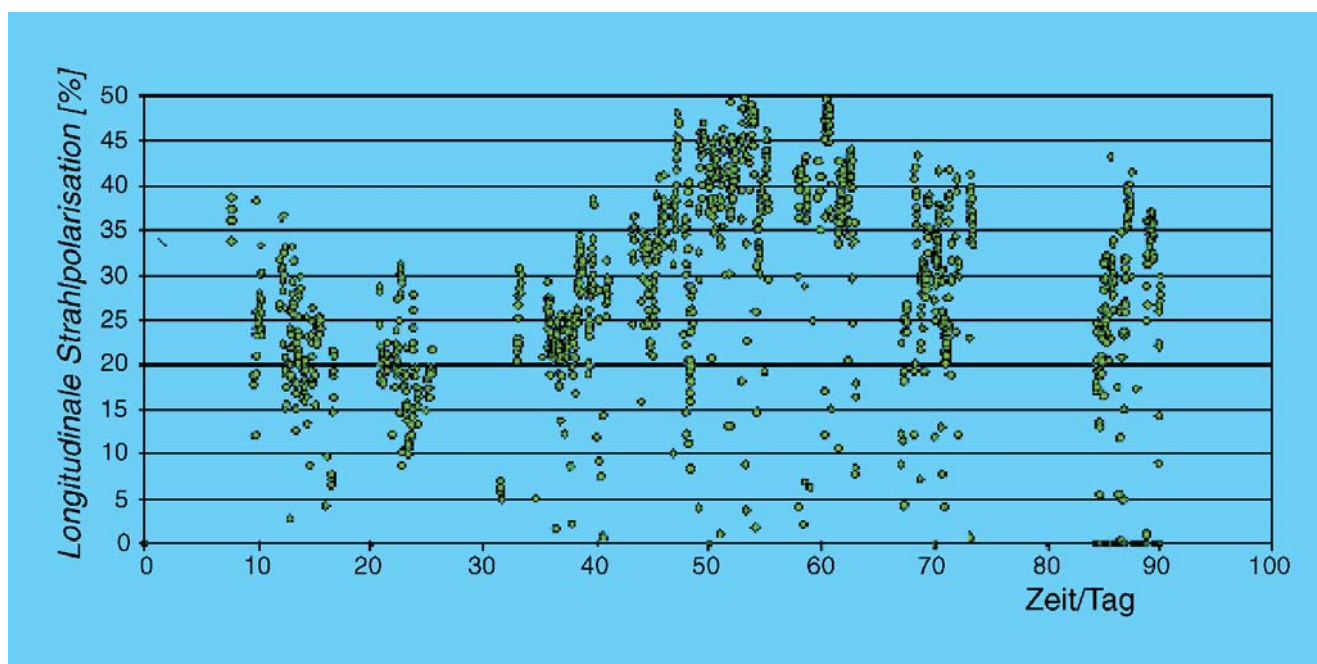


Abbildung 96: Longitudinale Strahlpolarisation an drei Wechselwirkungspunkten in HERA von Oktober bis Dezember 2003.

- HERA besitzt nunmehr drei Spinrotator-Paare (jeweils 60 m lange Strecken mit horizontal und vertikal ablenkenden Dipolmagneten).
- Die Detektorsolenoidfelder sind nicht mehr lokal mit Antisolenoiden kompensiert, und die Designtrajektorien verlaufen nicht mehr parallel zum Solenoidfeld.
- Die Strahl-Strahl-Kraft wird durch die höhere Luminosität verdreifacht.

Diesen Schwierigkeiten wird mit den folgenden Maßnahmen begegnet:

- Das bewährte System von acht harmonischen Orbitbeulen wird um acht zusätzliche erweitert.
- Die Spin-Transparenz der Strahloptik wurde weiter verbessert.
- Die Orbitkorrekturen wurden weiter verbessert.
- Die Strahloptik wurde empirisch korrigiert, so dass die Unterschiede zu den Sollwerten weniger als 10% betragen.

Diese Maßnahmen führten im Februar 2003 zum ersten Mal zum Erfolg: Die Polarisation, die zuerst

mit inaktiven Rotatoren auf Werte um 40% optimiert wurde, ließ sich nach Einschalten der Rotatoren in Nord und Süd sogar auf Werte von 50% optimieren (s. Abb. 96). Anschließend wurden der longitudinal polarisierte Positronenstrahl in den Wechselwirkungspunkten von H1 und ZEUS mit Protonen zur Kollision gebracht.

Dieses Resultat stellt in der Tat eine Weltneuheit dar und eröffnet neue und interessante Forschungsmöglichkeiten mit den HERA-Strahlen.

Ansonsten verdient Erwähnung, dass die schlechte Lebensdauer und die operationellen Probleme mit dem Positronenstrahl im Berichtszeitraum verstanden werden konnten und durch einfache Maßnahmen beseitigt werden konnten.

Die Orbitstabilisierungssysteme, die im Vorjahr entwickelt wurden, konnten in den Routinebetrieb integriert werden. Die Lage des Strahls im relativ engen Vakuumsystem in den Experimentierzonen wird durch ein ausgeklügeltes System von Monitoren überwacht und in allen Betriebsphasen kontrolliert. Damit sind die operationellen Schwierigkeiten mit den HERA Strahlen überwunden.

Technische Verbesserungen

Nach über zehn Betriebsjahren zeigen sich bei einigen Komponenten von HERA altersbedingte Schwächen.

An dieser Stelle sollen zwei prominente Beispiele erwähnt werden:

Nach dem Auffinden von zwei defekten Magnetspulen bei den Magneten des Typs BU, einem vertikal ablenkenden konventionellen Dipolmagnet für den Protonenstrahl, wurde ein Neubeschaffungsprogramm für die BU Magnetspulen eingeleitet. Die über 1 t wiegende Teilschule eines der Magnete wurde bereits ausgetauscht.

Die Stecker der Stromzuführungen der supraleitenden Korrekturmagneten wiesen starke Korrosionserscheinungen auf. Aus diesem Grund wurden alle Stecker dieser Art durch neue ersetzt sowie eine Konstruktionsänderung an der Abschirmung der Stecker vorgenommen, die Feuchtigkeitsbildung und Korrosion verhindern soll.

Mit der erhöhten Komplexität der neuen Wechselwirkungszone in HERA tritt eine Schwäche des HERA Sicherheitssystem stärker zutage und stellt neuerdings ein praktisches Problem dar: Fällt einer der Fokussiermagnete in der Wechselwirkungszone (low-beta Quadrupolmagnet) aus, so erfolgt der Verlust des Protonenstrahls so schnell, dass das Alarmsystem nicht rechtzeitig die sichere Entsorgung des Protonenstrahls im Protonendump gewährleisten kann. Dies führte in der Vergangenheit gelegentlich zu unkontrollierten Protonenstrahlverlusten, die in der Regel einen Quench der supraleitenden Magnete verursachen. Durch die Erhöhung von 6 auf 14 kritische Stromkreise haben diese Strahlverluste ein tolerierbares Maß überschritten, und ein umfangreiches Programm zur Lösung des Problems wurde eingeleitet.

Die folgenden Maßnahmen wurden 2003 eingeleitet und teilweise abgeschlossen:

- Die kritischen großen Netzgeräte werden einer regelmäßigen Funktionskontrolle unterworfen.
- Im Fehlerfall werden die im Netzgerät auftretenden Alarmmessungen direkt an das zentrale Alarmsystem weitergegeben.

Der bisherige Signalpfad über eine speicherprogrammierte Steuerung (SPS) ist zu lang. Diese Maßnahme wurde mit einem Prototyp getestet. Die Auslösung des Strahldumps erfolgte nach $150\ \mu\text{s}$, mindestens 2 ms vor Auftreten von Strahlverlusten.

- Der Strom der Netzgeräte wird unabhängig überwacht. Diese Maßnahme ist in der Vorbereitungsphase.
- Die Signalverzögerung im ringweiten Alarmsystem wird durch optimierte Schaltungen um $200\ \mu\text{s}$ verkürzt.
- Eine Verzögerung bei der Auslösung des Protonenstrahldumps von $600\ \mu\text{s}$ wurde durch eine verbesserte Schaltung vermieden.
- Der Protonenstrahlstrom wird durch zwei unabhängige Monitore auf seine Stabilität überwacht. Dieses Sicherungssystem wurde erfolgreich erprobt und in den Betrieb integriert.
- Die Strahlmenge des Protonenstrahls wird überwacht. Diese Maßnahme wurde erfolgreich getestet, und die routinemäßige Anwendung ist in Vorbereitung.

Die Gesamtheit dieser Maßnahmen sollte unkontrollierte Protonenstrahlverluste auf etwa einen Fall pro fünf Betriebsjahre reduzieren.

Zusammenfassung

Die Probleme, die einen erfolgreichen Betrieb von HERA in den beiden Vorjahren behinderten, sind zu einem großen Teil behoben. HERA hat den routinemäßigen Luminositätsbetrieb mit longitudinal polarisierten Positronstrahlen an allen drei Wechselwirkungspunkten wieder aufgenommen. Die Produktionsrate der Luminosität lag gegen Ende des Berichtszeitraums bei $380\ \text{nb}^{-1}$ pro Tag und übersteigt damit die Luminositätsproduktion im Jahre 2000.

Die technische Funktionsfähigkeit von HERA wird mit großem, kontinuierlichem Einsatz aller technischen Gruppen erhalten und ausgebaut.

Speicherring DORIS III

DORIS III Betrieb 2003

Der Wiederanlauftermin für DORIS war der 2. Januar und der offizielle Nutzerbetrieb für HASYLAB startete am 6. Januar. Wie im Jahr zuvor, wurde mit HASYLAB der übliche 5:1 Wochenrhythmus vereinbart, d. h. fünf Wochen Synchrotronstrahlungsbetrieb gefolgt von einer Service-Woche.

Der Betrieb der ersten beiden Monate war sehr erfolgreich:

Es wurden sehr gute Lebensdauern im 5-Bunch-Betrieb erzielt: 22 h bei 135 mA, 25 h bei 120 mA und 28 h bei 105 mA.

Die Zuverlässigkeit von DORIS erreichte über 96%.

Der Vertikal-Kicker arbeitete störungsfrei.

Eine neue, global arbeitende Strahllageregelung wurde testweise in Betrieb genommen, die nach dem SVD Verfahren (Singular Value Decomposition) arbeitet. Dieser Test war sehr erfolgreich und verspricht deutlich stabilere Strahllagen für alle Strahlführungen.

Am 3. März begann die geplante 16-wöchige Betriebsunterbrechung. Dieser Zeitraum war durch Arbeiten am Linac II und am Interlock-System bestimmt.

Arbeiten in DORIS

Einbau der drei neu konstruierten Injektions-Kicker und der benachbarten Vakuumkammern.

Verlegung eines Hohlleiters, der vier Resonatoren versorgt, um Platz für den Einbau eines neuen Wigglers zu schaffen im Austausch für den HARWI-Wiggler mit

harter Röntgenstrahlung bis 100 keV. Der neue Wiggler wird im kommenden Jahr eingebaut.

Die Wiederinbetriebnahme von DORIS als Vorbereitung für den regulären Synchrotron-Strahlungsbetrieb begann am 16. Juni mit der Festlegung der Parameter für die Strahllageregelungen.

Aktueller Betrieb

Alle Kicker arbeiten ordnungsgemäß. Die Lebensdauer hat sich relativ schnell erholt, und die Orbitbewegung während einer 8-stündigen Messzeit ist deutlich kleiner geworden. Dies ist eine Konsequenz des Austausches der Injektionskicker und der Nachbarkammern.

Trotz der Belüftung des DORIS Ringes in der Wartungsperiode erzielten wir zu Beginn des regulären Synchrotronstrahlungsbetriebes am 18. Juni eine Lebensdauer von 11 h bei einem gespeicherten Strom von 120 mA.

Mitte Juli musste zum Austausch eines Resonator-Koppelfensters eine weitere Belüftung der DORIS Süd-Geraden vorgenommen werden.

In der Service Woche vom 6. bis 12. Oktober wurde ein weiterer intensiver Test der neuen global arbeitenden Strahllageregelung vorgenommen. Da keine Probleme auftraten, wurde entschieden, diese neue Strahllageregelung ab dem 13. Oktober als Standard-Regelung zu benutzen.

Die vertikalen Strahllagen in zwei Bypass-Strahlführungen sind in Abb. 97 im Vergleich gezeigt.

Der von HASYLAB genutzte integrierte Strahlstrom erreichte den Wert von 514 Ah. Das Betriebsergebnis ergibt sich aus dem Verhältnis von 4913 Stunden ge-

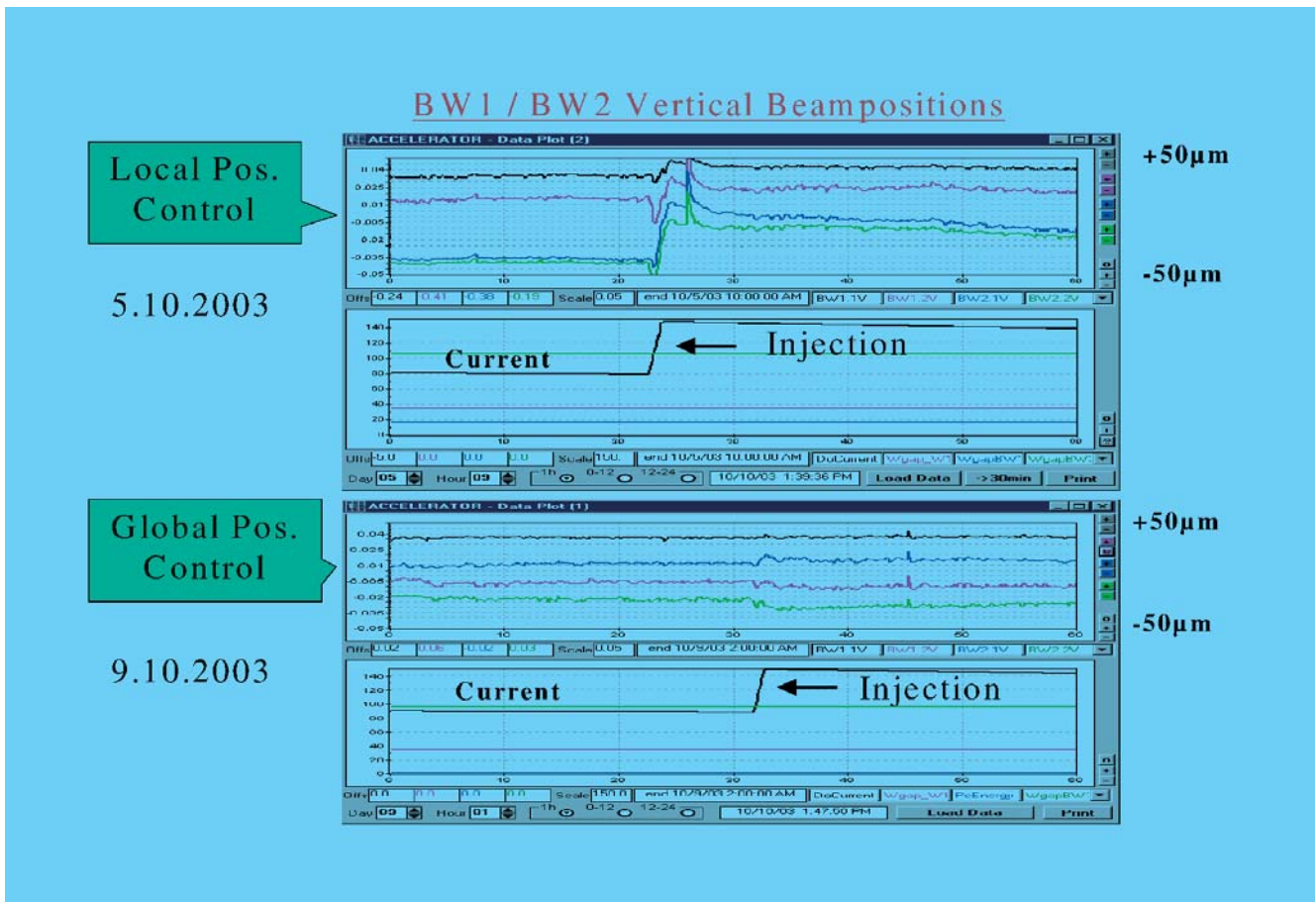


Abbildung 97: Mit der bisherigen lokalen Regelung konnte der Versatz der Strahlagen über eine Mess-Periode von 8 Stunden nicht ausgeglichen werden. Mit der neuen globalen Regelung nach dem SVD Verfahren ist dies kein Problem mehr.

planter Strahlzeit für HASYLAB und 4736 Stunden, in denen tatsächlich Synchrotronlicht geliefert werden konnte. Die, verglichen mit dem letzten Jahr, um etwa

1% größere Betriebseffizienz von 96.9% ist unter anderem auf die geringere Zahl von Zwangsbelüftungen zurückzuführen.

Die Vorbeschleuniger

LINAC II und PIA

Neben dem Routinebetrieb als Vorbeschleuniger für alle nachfolgenden Maschinen konzentrierten sich die Arbeiten an LINAC II und PIA im Berichtszeitraum auf den noch ausstehenden Austausch der letzten vier Beschleunigerabschnitte und den Umbau der letzten drei Modulatoren. Diese Arbeiten wurden während der Betriebsunterbrechung im Sommer erfolgreich durchgeführt. Somit ist die Erneuerung der wesentlichen LINAC II Komponenten abgeschlossen.

LINAC III

Im Berichtszeitraum standen beide H^- -Quellen am LINAC III sowie der Linac selbst mit sehr hoher Zuverlässigkeit nahezu ohne Ausfälle zur Verfügung. Neben den üblichen Wartungsarbeiten war eine altersbedingte Reparatur im Bereich eines der Hochfrequenzsender notwendig. Die entsprechenden Arbeiten konnten in der Wartungsperiode durchgeführt werden.

DESY II

DESY II lieferte mit gewohnt hoher Zuverlässigkeit Positronen für die Teststrahlbenutzer, DORIS, PETRA und HERA. Die Injektions-Effizienz lag wie in den letzten Jahren regelmäßig im Durchschnitt bei 85%–90%. Mehrere Sicherheitsmassnahmen sind implementiert worden, unter anderem ein neues Personeninterlocksystem und zwei Brand-Früherkennungssysteme im Synchrotron-Elektronik-Raum (SER) sowie im Ring Zentrum (RZ). Um die Zuverlässigkeit von DESY II weiter zu erhöhen, wurde die HF-Amplitudenregelung erneuert. Der Magnetstrom hat eine Frequenzregelung nach neuester Technologie erhalten, die eine verbesserte

Ausregelung von Frequenzschwankungen bewirkt. Wie bei den anderen Beschleunigern ist das Kontrollsystem auf Windows-NT umgestellt worden.

In Vorbereitung für Betrieb mit sogenannter Top-Up Mode Injektion bei PETRA III sind anfängliche Tests mit DORIS erfolgreich durchgeführt worden. Dabei ist eine Konstanz des Gesamtstroms von 0.5% erreicht worden. Weitere Tests sind in Vorbereitung.

DESY III

Als Beschleuniger für PETRA und HERA lieferte DESY III Protonen mit sehr hoher Zuverlässigkeit. Die Frequenzkontrolle für das HF System wurde vollständig durch modulare, einheitliche Module ersetzt. Während der Wartungsperiode wurde der Beschleuniger vermessen und neu justiert. Zusätzlich erleichtert eine neue Regelungselektronik für den Magnetstrom die präzise Einstellung der Regelparameter. In diesem Zusammenhang wurde die Messtechnik verbessert und eine Diagnostik zur Überwachung des Magnetstroms entwickelt.

PETRA

Übersicht

Im Betriebsjahr 2003 lief PETRA für 254 Tage. Die Betriebszeit teilt sich im Wesentlichen in drei Teile. Im Januar und Februar wurde nach einer kurzen Unterbrechung der Betrieb des vorangegangenen Jahres fortgesetzt. Danach gab es eine dreimonatige Unterbrechung von Anfang März bis Anfang Juni. Daran schloss sich eine weitere Betriebsperiode bis zum Ende des Jahres an. Die Verteilung der Zeit auf die einzelnen Betriebsmodi entnimmt man Abbildung 98. Der Betrieb im einzelnen sah wie folgt aus:

PETRA Betriebsstatistik 2003

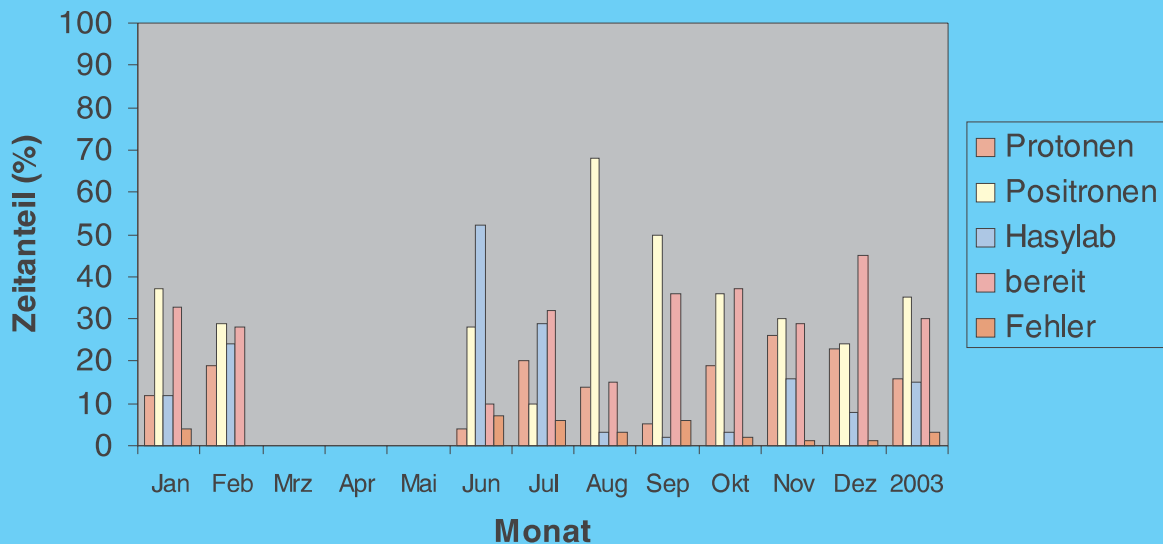


Abbildung 98: Aufteilung der Betriebszeit 2003 auf die einzelnen Betriebsmodi. Vorbeschleunigerbetrieb: Positronen und Protonen, Synchrotronstrahlungsbetrieb: HASYLAB, Maschine im Wartezustand: bereit

Betrieb als Vorbeschleuniger

Elektronen/Positronen

Die Maschine lief ca. 35% der Zeit als Positronen-Vorbeschleuniger für HERA. Die Verteilung auf die einzelnen Monate war aber recht unterschiedlich. Beim Wiederanlauf von HERA im August wurde die Maschine im Wesentlichen mit Positronen betrieben – fast 70% der Zeit.

Der Betrieb war wie in den vorangegangenen Jahren unproblematisch. Es gab allerdings eine Schwierigkeit während der Wiederaufnahme des Betriebes im Juni. Mehrere unglücklich miteinander verknüpfte Probleme führten dazu, dass der Positronenstrahl von DESY II sich nicht in PETRA injizieren ließ. Eines dieser Probleme war ein defekter Quadrupol am Ende des Transportweges von DESY II nach PETRA. Vermutlich war dieser Quadrupol aber schon seit einigen Jahren defekt und wurde diesmal nur aufgrund der anderen Probleme entdeckt.

Protonen

16% der Zeit wurde die Maschine als Vorbeschleuniger für HERA benutzt. Für Testzwecke und für den Luminositätsbetrieb benötigte HERA während des größten Teils des Jahres nur geringe Protonenintensitäten, was den Betrieb für PETRA erleichterte. Zum Ende des Jahres wurde das Füllmuster geändert. Statt 60 Bunche wurden jetzt 40 Bunche gefüllt. Für die 60-Bunch-Füllung werden die DESY III Pakete, bestehend aus jeweils 10 Bunchen, in PETRA aneinander gereiht, wobei ein kleiner Abstand von zwei Bunchabständen (192 ns) zwischen den einzelnen Paketen liegt. Für die 40-Bunch-Füllung wurde jeweils das zweite und fünfte Zehner-Paket nicht injiziert und dafür eine entsprechend lange Lücke gelassen. Obwohl die Anforderungen an den Gesamtstrom geringer waren, mussten die Intensitäten für die einzelnen Zehner-Pakete nahe bei der Entwurfsintensität liegen. Damit hat man im Wesentlichen dieselben Probleme wie mit 60 Bunchen und voller Intensität. Die Intensitätsrekordwerte des letzten Jahres konnten zwar nicht

wieder erreicht werden, aber die Intensitäten bei Ejektionsenergie (40 GeV) lagen dicht bei den Entwurfs-werten.

Betrieb als Synchrotronstrahlungsquelle

Der Zeitanteil, der in diesem Jahr auf den Betrieb als Synchrotronstrahlungsquelle entfiel, war mit 15 % sehr niedrig. Die Ursache dafür lag in der hohen Beanspruchung der Maschine durch HERA. Im Monat Juni allerdings lag der Zeitanteil deutlich höher – über 50%, da zu dieser Zeit die Maschine von HERA nicht gebraucht wurde.

Zukünftige Nutzung von PETRA als dedizierte Synchrotronstrahlungsquelle

Im Berichtszeitraum 2003 wurde eine detaillierte Studie (TDR) zur zukünftigen Nutzung von PETRA als Synchrotronstrahlungsquelle weitgehend fertig gestellt. Der Name dieser Lichtquelle ist PETRA III. PETRA III soll bei der Energie von 6 GeV mit einem Teilchenstrom von 100 mA und einer Emittanz von 1 nmrad betrieben werden. Insgesamt sollen 13 Undulatoren als Strahlungsquellen in die Maschine eingebaut werden. Dazu wird ein Achtel des existierenden Rings komplett erneuert. Die Magnetanordnung sowie die Magnetparameter dieses Teils der Maschine sind festgelegt worden, und mit der technischen Auslegung der anderen Komponenten wie z. B. des Vakuumsystems ist begonnen worden.

Verschiedene Optionen zur Erreichung der kleinen Emittanz von 1 nmrad sind studiert worden. Schließlich hat man sich entschieden, die existierende FODO Struktur in den verbleibenden sieben Achteln der Ma-

schine beizubehalten und die Strahlungsdämpfung mit so genannten Dämpfungswigglern zu erhöhen, um die Entwurfs-Emittanz zu erzielen. Die Dämpfungswiggler sollen in zwei der vier langen geraden Stücke (Länge 104 m) untergebracht werden. Die anspruchsvolle Auslegung dieser Dämpfungswigglersektionen ist in Angriff genommen worden.

Eine weitere Neuerung besteht in dem sogenannten Top-up Modus. Hierbei wird in sehr kurzen Zeitabständen von z.B. einigen Sekunden wieder in die Maschine injiziert, um Teilchenverluste auszugleichen und den Strom in der Maschine möglichst konstant zu halten. Diese Teilchenverluste können durchaus signifikant sein, da für einen Betriebsmodus die Intensität des Strahls nur auf wenige Bunche verteilt wird und dann der Touschek-Effekt die Lebensdauer des Strahls auf wenige Stunden begrenzt. Für das reibungslose Funktionieren des Top-up Modus ist eine hohe Zuverlässigkeit der Vorbeschleuniger notwendig. Die sich daraus ergebenden Konsequenzen wurden untersucht. Die kleine Emittanz bedingt sehr hohe Anforderungen an die Lagestabilität des Teilchenstrahls, da nur dann die hohe Qualität des Lichtstrahls ausgenutzt werden kann. Passive und aktive Maßnahmen wurden untersucht, um die notwendige Strahlagestabilität zu erzielen.

Wie erwähnt, wird ein Achtel der Maschine komplett umgebaut und mit neuen Komponenten ausgestattet. Im verbleibenden Rest der Maschine sollen existierende Komponenten weiterbenutzt werden, um eine kostengünstige Realisierung des Projekts zu erreichen. Andererseits soll die Zuverlässigkeit von PETRA III sehr hoch sein, so dass die existierenden Komponenten auf notwendige Modernisierung bzw. Erneuerung untersucht wurden. Diese Untersuchungen führten unter anderem zur Erkenntnis, dass das Vakuumsystem der Maschine und die Spulen der Magnete erneuert werden müssen. Die Ergebnisse der oben aufgeführten Studien und Untersuchung werden Bestandteil des TDR sein, der Anfang 2004 fertig gestellt sein soll.

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

Ende Februar wurden erstmalig die Spinrotatorpaare im Süden und Norden, zusätzlich zum Rotatorpaar im Osten, in Betrieb genommen. Danach wurde eine Woche lang die Polarisation optimiert. Nach Optimierung der Maschinenparameter und des Orbits erreichte die Polarisation des Positronenstrahls 54% bei eingeschalteten Experimentesolenoiden. Kurz darauf wurden 51% unter Kollision mit einem 20 mA Protonenstrahl erreicht.

Der nach Simulationen erwartete Wert ist $57.0\% \pm 3.2\%$. Die Simulationen wurden unter folgenden Bedingungen durchgeführt: Ohne die Antisolonoiden, die vor der Luminositätssteigerung den Einfluss der Solonoiden der Detektoren H1 und ZEUS auf Orbit und Polarisation kompensierten, mit den nunmehr notwendigen gedrehten Quadrupolen und mit der stärkeren Fokussierung und mit realistischen Aufstellungsfehlern.

Dieses war das erste Mal, dass longitudinale Polarisation gleichzeitig in drei Wechselwirkungspunkten in einem Hochenergie-Elektronen-Speicherring (27.5 GeV Positronen) mit Hilfe der Sokolov-Ternov Selbst-Polarisation erzeugt wurde. Die Ergebnisse können,

in Anbetracht der nach der Luminositätssteigerung ungünstigeren Bedingungen für die Polarisation, als sehr ermutigend betrachtet werden.

Nach der Wartungsperiode wurde die Maschine Mitte September wieder für Polarisation optimiert. Die Helizität der Spins wurde bei allen drei Experimenten durch Umpolen der vertikalen Ablenkmagnete umgedreht. Durch Tunen der Maschine wurde die Polarisation von 7% auf 40% erhöht. Im anschließenden Luminositätsbetrieb fluktuierte die Polarisation zwischen 20% und 45%.

Erwartungsgemäß ist es sehr wichtig, den Orbit der Positronen bei jeder Maschinenfüllung gut zu reproduzieren. Im Moment ist der Energiebereich, in dem die Polarisation nahezu konstant ist, ca. 10 MeV schmal. Dieser außergewöhnlich schmale Bereich verursacht die große Empfindlichkeit der Polarisation auf kleine Änderungen der Maschinenparameter.

Eine weitere Herausforderung wird in Zukunft die Erhaltung der Polarisation bei gleichzeitig vergrößerter vertikaler Emittanz (zur Anpassung der Strahlhöhe an die der Protonen) sein.

Andere Aktivitäten

Der erste Abschnitt einer ausführlichen Studie über das Konzept des sog. „spin tunes“ ist fertig, und ein Report wurde zur Veröffentlichung eingereicht. Die Fortführung der mathematischen Analyse wird die Gültigkeit gewisser Approximationen des spin tunes erhellen.

Software zur Simulation des Strahl-Strahl Effektes auf die Polarisation von Elektronen/Positronen befindet sich in der Entwicklung. Diese aufwändigen Rechnungen werden wesentlich durch die moderne Computer Hardware und Software unterstützt.

Numerische Berechnung der Maxwell'schen Gleichungen

Bei DESY wird an zahlreichen Problemen der numerischen Berechnung elektromagnetischer Felder gearbeitet. Dabei kommen die Programme OPERA-2D, TOSCA (Magnetostatik), MAFIA (Elektro- und Magnetostatik, Temperaturberechnungen, zeitharmonische und transiente Felder, resonante Felder und selbstkonsistente Teilchen-Feld-Wechselwirkung), Microwave Studio (zeitharmonische und resonante Felder), HFSS (zeitharmonische Felder), TRAFIC⁴, CSR-Track (selbstkonsistente Berechnung von Bunchen auf gekrümmten Bahnen, kohärente Synchrotronstrahlung), ASTRA (Teilcentracking mit Raumladungseffekten im niederenergetischen Bereich), ELEGANT (hochenergetisches Teilcentracking), GENESIS (FEL Berechnung) und V (Ensemble Tracking) zum Einsatz.

Neu- und Weiterentwicklung von Programmen

Zusätzlich zu TRAFIC⁴ wurde das Programm CSR-Track zur selbstkonsistenten Berechnung der Strahldynamik unter Berücksichtigung kohärenter Synchrotronstrahlung entwickelt. Parallelisierte Versionen von beiden Programmen werden bei DESY auf einem LINUX-PC-Cluster betrieben. Die große Rechenleistung, die somit zur Verfügung steht, gestattet eine wesentlich bessere Beschreibung der Wechselwirkungsvorgänge in Bunchkompressoren und die Identifizierung wichtiger physikalischer Effekte. Im Programm CSR-Track stehen verschiedene Modelle zur Feldberechnung zur Auswahl: Teilchen-Teilchen Wechselwirkung, Modell mit Green'scher Funktion und eindimensionales Modell. Somit können die effizienten vereinfachten Methoden (Green'sche Funktion, 1D Modell) für Voruntersuchungen und Parameterstudien herangezogen und direkt mit exakten Rechnungen (unter Berücksichtigung der vollständigen Teilchen-Teilchen Wechselwirkung) verglichen werden.

Der an der Universität Rostock entwickelte 3D-Multigrad-Poisson Solver wurde an das Tracking Programm GPT (General Particle Tracer) angepasst. Da der Aufwand für die Feldberechnung nahezu unabhängig von der Anzahl der verfolgten Teilchen ist, eignet sich diese Methode besonders für Probleme mit sehr

vielen Teilchen, z. B. bei stark deformierten Phasenraumverteilungen.

An der Technischen Universität Darmstadt wird das Programm V erweitert auf die Berechnung von Phasenraumverteilungen höherer Ordnung (> 2). Für die Berechnung longitudinaler und transversaler transienter Wakefelder von ultrakurzen Bunchen in sehr langen rotationssymmetrischen Strukturen wurde das semi-implizite Programm ECHO entwickelt.

Projekte

Zahlreiche Berechnungen wurden für die existierenden und geplanten Beschleuniger durchgeführt, wie zum Beispiel Koppler (TTF II, PITZ), Wakefeld-Berechnungen und Resonatoren (TTF II, HERA, H1, ZEUS, HERMES), Magnete (LINAC II) und EMV-Untersuchungen (HERMES). Der Einfluss von Geometriestörungen in TESLA Resonatoren wurde an der TU Darmstadt und an der Universität Rostock untersucht. Die in Rostock entwickelte CSC-Methode (Coupled Scattering Parameters) ist besonders geeignet für gekoppelte Resonatoren. Wakefelder ultrakurzer Bunchen (TTF, LOLA) und Dunkelströme in der PITZ-RF-Kanone wurden in Darmstadt simuliert.

Arbeiten der technischen Gruppen

Injektion/Ejektion – MIN –

Die Gruppe MIN-Injektion ist für den Betrieb und die Weiterentwicklung der Injektionsbeschleuniger LINAC II, LINAC III und PIA verantwortlich, ferner für die Strahltransportwege zu den Vorbeschleunigern DESY II und DESY III, für alle Injektions- und Ejektionselemente in allen Beschleunigern und Speicherringen, und für die sogenannten Beam-Dumps in allen Speicherringen und Synchrotrons. Hinzugekommen sind weiterhin Aufgaben in Zusammenhang mit dem Betrieb des TESLA Test Facility Linac. Der Schwerpunkt liegt hier im Bereich des Injektionssystems und in der Koordination des TTF-Linac-Betriebes.

Elektronen/Positronen LINAC II und PIA

Als Vorbereitung für die Betriebsunterbrechung im Sommer wurden Anfang des Jahres die Abstimmung der Frequenz und des VSWR des letzten noch benötigten Beschleunigerabschnitts abgeschlossen. Im Frühjahr konnte die Vorkonditionierung mit Leistung im Teststand erfolgreich durchgeführt werden. In den vergangenen Jahren wurden bereits acht Beschleunigungsabschnitte erneuert. An den noch verbliebenen Positionen 5, 6, 7 und 12 im Linac erfolgte der Einbau der letzten vier neuen Beschleunigerabschnitte während der Wartungsperiode im Sommer. Damit sind nun alle 12 alten Beschleunigerabschnitte von VARIAN gegen neue, bei DESY gefertigte, ausgetauscht.

Beim Austausch der Beschleunigerabschnitte 5 und 6 wurde aus Strahlenschutzgründen auch der zwischen diesen beiden Abschnitten liegende Positronenkonverter gewechselt. Dieser Arbeit ging eine Abklingzeit von drei Wochen voraus. Da die Fokusspulen der Abschnittsfokussierung von Abschnitt 6 seit Beginn des Linac-Betriebes im Jahre 1971 der starken Strahlung des Positronenkonverters ausgesetzt waren und deshalb entsprechende Strahlenschäden aufwiesen, wurden auch sie wegen der sonst drohenden langen Ausfallzeit während des Betriebes gewechselt.

Die letzten drei noch ausstehenden Modulatoren 1, 2 und 6 wurden in der Wartungsperiode ebenfalls auf Kondensatorladegerät und SPS-Steuerung umgebaut. Damit waren dann neben allen Beschleunigerabschnitten auch alle Modulatoren umgerüstet.

An weiteren größeren Umbaumaßnahmen während der Wartungsperiode sind die komplette Erneuerung der Klimaanlage für die Modulatoren sowie der Umbau des Wasser-Pumpstandes 6 und der Brandmeldeanlage zu nennen.

Zur Reduzierung der Aktivierung des Positronenkonverters wurde eine Kontrollelektronik installiert, die dafür sorgt, dass der Linac nur dann Teilchen liefert, wenn sie von den nachfolgenden Beschleunigern angefordert werden, z. B. bei Transferanforderung etwa von DORIS und PETRA oder für die Teststrahlbenutzer am Synchrotron. Bei kurzfristigen Füllpausen wird nur der Trigger für den Ante-Linac-Chopper zeitlich verschoben, bei längeren Füllpausen als 15 Minuten wird die Hochspannung der Kanone ausgeschal-

tet. Auf ähnliche Weise wird beim Unterdrücken von Linac-Zyklen zur Reduzierung der Intensität in PIA verfahren. Auch hier wird nur der Trigger für den entsprechenden Zeitpunkt verzögert, damit der Ante-Linac-Chopper im 50 Hz-Betrieb durchlaufen kann und sich keine temperatur-abhängigen Zeitverschiebungen auswirken können.

Diese Änderungen wurden durch die vollständige Inbetriebnahme des neuen Trigger-Generators der Gruppe MSK Anfang des Jahres möglich, der seitdem störungsfrei läuft und wesentlich stabilere Trigger für die schwankungsempfindlichen Ante- und Post-Linac-Chopper sowie die SLED-Pulser liefert und damit für eine bessere Strahlstrom- und Energiestabilität des Linacs sorgt.

Der im Vorjahr begonnene und Anfang des Jahres gelieferte neue 125-MHz-Resonator wurde beim Fraunhofer-Institut in Braunschweig durch ein aufwändiges Sputterverfahren im Vakuum mit einer Titannitrid-Beschichtung im Bereich des Beschleunigungsspaltes versehen, die Multipactor-Entladungen verhindern hilft. Anschließend wurde der Resonator nach der Anlieferung bei DESY in einem Testaufbau zusammen mit dem neuen Leistungs-PIN-Schalter durch Abdrehen auf Resonanz abgestimmt. Die gemessenen Werte für die Shunt-Impedanz, die Güte, die Eingangsreflexion und die Dämpfung durch den angekoppelten PIN-Schalter stimmen sehr gut mit den erwarteten Werten überein. Deshalb kann das gesamte neue 125-MHz-System in der nächsten Wartungsperiode in PIA eingebaut werden.

LINAC III

„Low Energy Beam Transport“

Die an der Magnetron- und der Volume-Quelle vorhandenen Low Energy Beam Transport (LEBT) Systeme führen zu einer erheblichen Strahlstromreduzierung in dem folgenden RFQ. Es sind deshalb Simulationsrechnungen mit dem Programm KOBRA an Systemen mit unterschiedlichen Strahlrohrdurchmessern durchgeführt worden, die jeweils zwei Solenoid-Magnete zur Strahlfokussierung nutzen. Dabei hat sich gezeigt, dass Solenoide, die etwa 25 cm lang sind und eine Öffnung von 10 cm Durchmesser haben, zu einem geringen Emittanzwachstum und einem kleinen Fokuspunkt führen. Es ergab sich eine Übereinstimmung zwi-

schen den Rechnungen und messtechnisch bekannten Ergebnissen.

Eine Korrektur des Feldverlaufes an den Spulenenenden hat sich als vorteilhaft herausgestellt. Die bekannten Endfeldkorrekturen führen zu großen Solenoidkonstruktionen. Durch MAFIA-Berechnungen konnte eine neue schlanke Konstruktion gefunden werden. Die Zeichnungen für diese Spulen sind fertig. Gegenwärtig wird noch versucht, eine horizontale bzw. vertikale Korrekturspule mit zu integrieren.

Frequenzabhängigkeit der Volume-Quelle

Die H^- -Quelle sollte einen hohen Strom bei möglichst geringer Emittanz liefern. Dies lässt sich bei der Volumeproduktion durch die Erzeugung einer hohen H_2^* Rate bei geringer Plasmatemperatur erreichen. Aus wenigstens zwei Gründen ist diese Produktion frequenzabhängig: Die optimale Energie für die Produktion von angeregten Vibrationszuständen in H_2^* ist innerhalb einer halben Periode zu erreichen. Ist die Zeit zu kurz, weil die Frequenz zu hoch ist, so ist es möglich, die zugeführte Leistung zu erhöhen. Hierdurch wird aber die Plasmatemperatur angehoben. Bedingt durch den Skinneffekt ist die Felddurchdringung des Plasmas frequenzabhängig.

Eine Untersuchung dieses Zusammenhanges wurde durch die Kooperation mit der Universität Frankfurt möglich, die einen über diesen Bereich durchstimmbaren Sender (15 kW) zur Verfügung stellte. Der Versuch wurde im Rahmen einer EU-Kooperation auch finanziell gefördert.

Abbildung 99 zeigt eines der Resultate. Es ist die Abhängigkeit der 90%-rms-Emittanz von dem H^- -Strom und der Frequenz dargestellt. Zur Darstellung der Abhängigkeit wurde der H^- -Strom gewählt, da er am eindeutigsten gemessen werden kann. Die Kurven zeigen eine ähnliche Charakteristik. Der höchste Strom und die geringste Emittanz wurde im Frequenzbereich zwischen 2-5 MHz erreicht. Die zugeführten maximalen Leistungen waren in etwa gleich.

Reparatur einer Endstufe

Im LINAC III wurde die Endstufe von Sender 3 in der Wartungsperiode komplett zerlegt und repariert, weil HF-Kontakte durch den hohen Strom im Anodenresonator verbrannt waren und erneuert werden mussten.

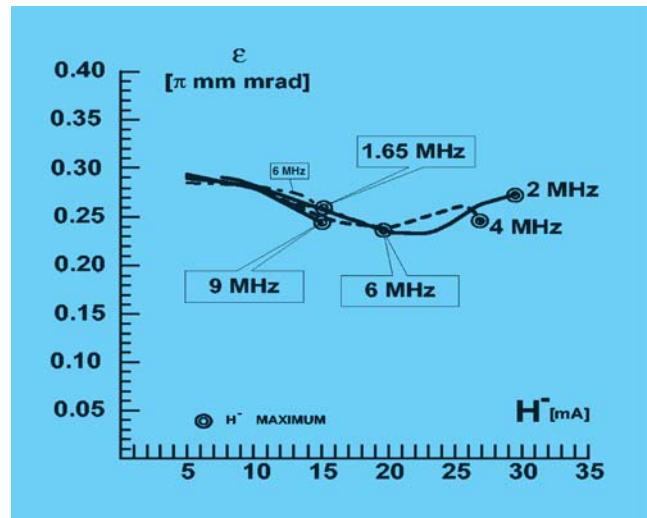


Abbildung 99: Emittanz in Abhängigkeit von Quellenstrom und Frequenz.

Außerdem musste ein großer Anoden-Isolationsring ausgetauscht werden, da der eingebaute Teflonring die Resonanz so verstimmt und bedämpft hatte, dass der Sender nicht mehr genug Ausgangsleistung liefern konnte.

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.

Die Injektionspulser von HERA-e wurden so modifiziert, dass sie jetzt mit einer Spannung von 4,5 kV, entsprechend 5,4 kA, betrieben werden können. Dies führt zu einer Erhöhung des Ablenk winkels um 50%. Die Pulslängen der insgesamt vier Injektionspulser wurden so abgeglichen, dass der Pulslängenunterschied kleiner als 0,1% ist. Auf diese Weise konnte die Schwingung des Strahls bei Injektion deutlich verkleinert werden. Die Pulser der sogenannten Opti-Kicker wurden ebenfalls umgebaut. Die Anstiegszeit liegt jetzt bei 81 ns. Ein Strom von 750 A fließt für 210 ns. Als letzte Maßnahme im Bereich HERA-e wurden technisch veraltete Ansteuerungsplatinen gegen neue getauscht.

Die Injektion von PETRA-e wurde durch den Abgleich von drei Pulsern optimiert. Der Pulslängenunterschied liegt jetzt unter 0.4%. Für die Ejektion aus PETRA nach HERA wurden vier neue Kabelpulser gebaut. Mit jetzt nur noch einem Thyatron pro Pulser ist die Betriebssicherheit deutlich erhöht. Gleichzeitig wurden durch Wegfall von zwei weiteren Thyratrons die Betriebskosten reduziert. Anfang 2004 werden diese Pulser eingebaut.

In Zusammenhang mit dem PETRA III Projekt wurde ein erster Prototyp für die Elektronen-Injektion gebaut und im Labor getestet. Der erreichten Betriebsdaten: 6 kV, 3.4 kA, 11 μ s Pulslänge.

Um DESY II für den PETRA III Betrieb vorzubereiten, wurde die Ejektion gründlich untersucht. Zur Zeit werden die Ejektionspulser als sogenannte Ausschwingpulser betrieben, um das remanente Feld im Kickermagneten zu reduzieren. Dies ist aber nur bei kleiner Strahlenergie von Bedeutung. Ob ein solches remanentes Feld den Betrieb wirklich stört, wurde unter Verwendung eines Sinus-Halbwellen Pulsers untersucht. Dabei stellte sich heraus, dass ein Umbau möglich ist. Die Ejektionspulser können also entsprechend modifiziert werden. Hierbei wird der Einsatz von Halbleiterschaltern in Thyristortechnologie Betriebssicherheit schaffen und gleichzeitig Betriebskosten senken.

Während der Betriebsunterbrechung im Sommer wurden modifizierte Injektionskicker in DORIS eingebaut. Aufgrund neuer Leiterbefestigungen haben sie eine zusätzliche Wasserkühlung der Halbleiterbleche. Zwei alte Feedbackkicker (horizontal und vertikal) werden z. Z. so umgestaltet, dass der Frequenzgang und die Kühlung der Ferrite verbessert werden.

Für den VUV-FEL sind jeweils zwei horizontale und zwei vertikale Feedbackkicker für den Einbau vorbereitet worden. Diese Kicker basieren auf dem am TTF-Linac getesteten Betrieb und werden bei der Inbetriebnahme des VUV-FEL Linac zum Einsatz kommen.

Als Fortführung der begonnenen Arbeiten am TESLA-Dämpfungsringkicker wurde ein Laborpulser entwickelt, der 1000 Pulse mit einer Wiederholrate von 1 MHz erzeugen konnte. Jeder dieser Pulse hat eine Länge von 15 ns. Die Ausschwinglänge beträgt ca. 45 ns bei einem Strom von 72 A.

Septumlabor

Nach zweijähriger Bauzeit sind die Vollreserven für das PETRA e^+ -Ejektions-Haupt- und das DESY III-p-Ejektions-Septum fertiggestellt worden.

Infolge Produkteinstellung eines langjährigen Bauteillieferanten musste für die Septum-Pulser der Einschub mit dem Kondensatorpaket neu konstruiert werden. Durch Ausführen der Konstruktion in 3D konnte der mechanische Aufbau optimiert und trotz größerer Bauteile 80% der bisher eingebauten Kondensatormenge untergebracht werden.

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 ist zuständig für die sehr umfangreichen normalleitenden 500 MHz Beschleunigungsanlagen und 1000 MHz Rückkopplungssysteme für Elektronen oder Positronen in DESY II, DORIS III, PETRA II und HERA. Die zweite, MHF-sl, betreut das supraleitende 500 MHz System im HERA-Elektronen-Ring und die supraleitenden 1.3 GHz Resonatoren der TTF. 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 im Jahr 1991 auf über 70 000 Stunden aufsummiert. Dank des Hoch-

spannungssystems zur Unterdrückung des Multipacting in den koaxialen Kopplern war ein sicherer Betrieb möglich. Einige elektrische Durchbrüche in der Hochspannungsisolierung traten nach Verwendung von besserem Isoliermaterial nicht mehr auf.

Am Ende der Betriebszeit 2002 zeigte sich bei einem Keramik-Kopplerfenster erhöhte Erwärmung. Diese wurde auf eine Metall-Belegung der Keramikoberflächen zurückgeführt. Der betroffene Koppler wurde in der Wartungszeit in 2003 unter Reinraumbedingungen im HERA Tunnel ausgetauscht. Dies war der zweite Kopplertausch nach 12 Jahren Betriebszeit.

TTF

Supraleitende Resonatoren

Im Jahr 2003 wurden im TTF Tuning Labor 47 Resonatoren mechanisch und optisch vermessen sowie die Frequenz eingestellt. Für die mechanische Vermessung zukünftiger Resonatoren wurde eine halbautomatische Exzentrizitätsmessung in die Tuningmaschine

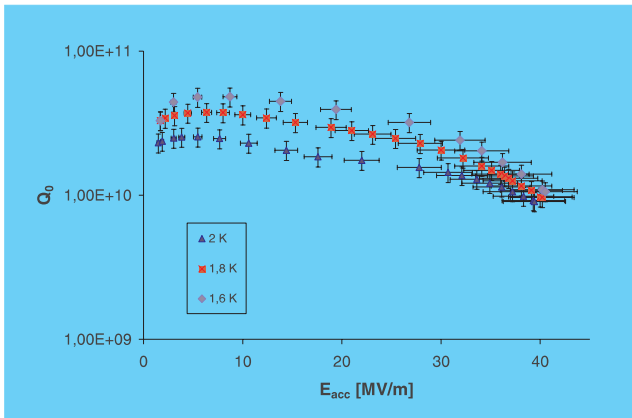


Abbildung 100: Erster Test eines supraleitenden 9-zelligen Resonators mit einer Beschleunigungsfeldstärke von 40 MV/m. Dieser Resonator (AC70) wurde bei einer Temperatur von 800°C geheizt, bei DESY elektropoliert und anschließend einer Wärmebehandlung bei 120°C unterzogen. Das Diagramm zeigt die Güte Q_0 in Abhängigkeit der Beschleunigungsfeldstärke E_{acc} bei verschiedenen Temperaturen. Bemerkenswert ist die sehr hohe Güte $Q_0 > 9 \cdot 10^9$ bei maximaler Feldstärke.

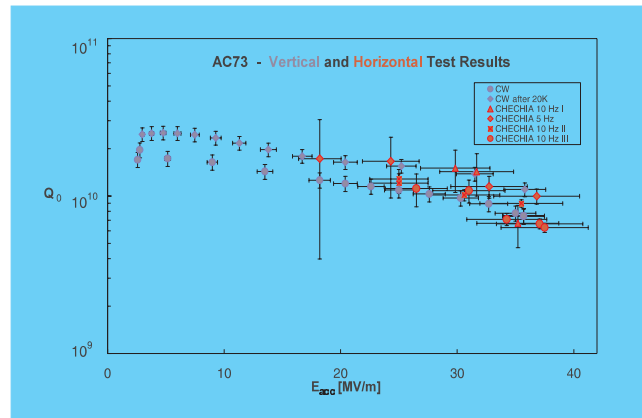


Abbildung 101: Ergebnis des horizontalen Tests des ersten bei DESY elektropolierten 9-zelligen Resonators. Im horizontalen Test ist der Resonator mit allen auch später im Modul benötigten Zusatzeinrichtungen wie Heliumtank, Leistungskoppler, HOM-Koppler und Tuner ausgestattet und wird mit gepulster Leistung, aber ohne Belastung durch den Elektronenstrahl betrieben. Das Diagramm zeigt die Güte Q_0 des Resonators in Abhängigkeit von der Beschleunigungsfeldstärke E_{acc} . Zum Vergleich ist das Ergebnis der vertikalen Messung dargestellt.

integriert. Damit ist eine genauere Bestimmung der elektrischen Achse der Resonatoren möglich.

Nach Einführung der Elektropolitur an den Resonatoren war es notwendig, die Messung der Feldflächheit unter Reinraumbedingungen durchzuführen. Dazu wurde eine entsprechende Vorrichtung entwickelt. Die ersten bei DESY elektropolierten neunzelligen Resonatoren wurden gemessen. Erstmals konnte im vertikalen CW-Test eine Beschleunigungsfeldstärke größer als 40 MV/m erreicht werden (Abb. 100)

Zwei bei DESY elektropolierte neunzellige Resonatoren wurden im horizontalen Test bei Beschleunigungsfeldstärken größer als 35 MV/m betrieben. Dabei waren die Resonatoren mit allen auch später im Modul benutzten Zusatzeinrichtungen wie Heliumtank, Leistungskoppler, HOM-Koppler und Tuner ausgestattet. Ein Langzeittest des Resonators AC73 über 1100 Stunden hat gezeigt, dass dieser hohe Gradient auch über lange Zeit ohne Reduzierung der Güte aufrechterhalten werden kann (Abb. 101). Gleichzeitig wurde demonstriert, wie die Verstimmung der Resonanzfrequenz durch die

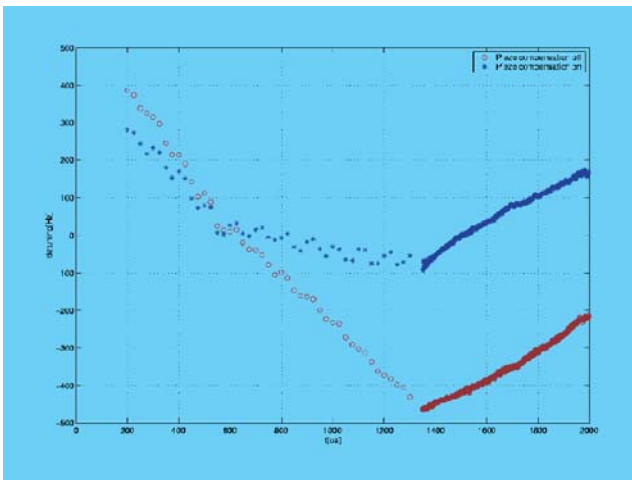


Abbildung 102: Das Diagramm zeigt die Kompensation der Lorentz-Kraft-Verstimmung des supraleitenden Resonators AC73 im horizontalen Test. Dargestellt ist die Verstimmung der Resonanzfrequenz in Abhängigkeit von der Pulslänge bei 35 MV/m ohne (Kreis) und mit (Stern) der Kompensation durch ein Piezoelement.

Lorentz-Kraft mittels eines Piezo-Tuners kompensiert werden kann (Abb. 102).

Neubestellungen von Resonatoren

Für die noch benötigten weiteren Module im VUV-FEL wurden 30 Resonatoren bestellt. Alle für diese Produktion benötigten Niob Bleche wurden bei DESY auf Verunreinigungen untersucht, um eventuell verunreinigte Bleche aussortieren zu können. Erstmals wird die Produktion durch ein Engineering Data Management System (EDMS) begleitet. Im Hinblick auf zukünftige Aufgaben (wie beim Bau von XFEL) soll hier der Einsatz moderner Management-Werkzeuge geübt werden.

Modul-Tests

Nachdem im Sommer 2003 weitere drei Module (Nummer 3*, 4 und 5) in den Linac eingebaut waren, wurden sie getestet. Die Module 3* und 4 sind mit Kopplern der alten Generation ausgestattet, während am Modul 5 ausschließlich Koppler der letzten Generation montiert sind. Die Koppler Interlocksysteme sind für den VUV-FEL Betrieb verbessert worden. Anstelle des Profibussystems als Verbindung zum TTF Kontrollsystem wurde jetzt eine direkte Verbindung zu den VME

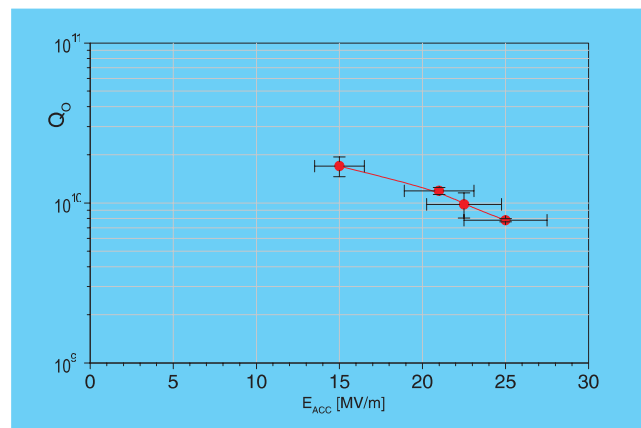


Abbildung 103: Dieses Bild zeigt das Ergebnis des Tests von Modul 5, das bereits im TTF-Beschleuniger installiert ist. Dargestellt ist die durchschnittliche Güte Q_0 aller 8 Resonatoren in Abhängigkeit von der Beschleunigungsfeldstärke E_{acc} . Für Feldstärken unterhalb 15 MV/m wurden keine Daten genommen, weil bei hoher Güte (geringe Verluste) die Messzeiten sehr lang sind.

Analog- und Digital-Eingängen hergestellt. Für den HF Test standen zwei Klystrons zur Verfügung. Ein 5 MW Klystron treibt das Modul 3* und ein 10 MW Multibeam Klystron die Module 4 und 5.

Obwohl die Testzeit stark durch den Aufbau des VUV-FEL limitiert war, konnten sehr gute Ergebnisse erreicht werden. Das Modul 5 (ACC5) konnte bei der TESLA Design Pulslänge von 500 μ s Füllzeit, 800 μ s Flat Top und der Wiederholrate von 5 Hz mit einem durchschnittlichen Gradienten von 25 MV/m und der Güte von 8×10^9 betrieben werden (Abb. 103). Nachdem die zwei limitierenden Resonatoren verstimmt wurden, konnten mit den anderen 6 Resonatoren Beschleunigungsfeldstärken von 30 MV/m erreicht werden.

Leistungseinkoppler

Am 7. Juli weihten Professor Michel Spiro, Direktor des IN2P3 (Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules) und Professor Albrecht Wagner, DESY, in Orsay einen neuen Teststand für Hochfrequenzkoppler ein. Aufgebaut und ausgestattet wurde er im Rahmen einer Kooperationsvereinbarung zwischen dem IN2P3 und DESY. Künftig werden in Orsay Hochfrequenzeinkoppler – wichtige Komponenten für den

Betrieb von supraleitenden Beschleunigern – entwickelt und optimiert. Für die Entwicklung bietet der neue Teststand am LAL in Orsay weltweit beste Bedingungen: Einen komplett ausgestatteten Reinraum zur sauberen Montage der Einzelteile, einen Vakuum-Ofen im Reinraum zum Backen der Einzelteile vor der endgültigen Montage sowie ein Hochfrequenz-Leistungssystem (Modulator und ein 5-Megawatt-Klystron).

Für die noch im Rahmen des VUV-FEL zu bauenden Module wurden 40 Koppler bei zwei verschiedenen Firmen bestellt, wovon 22 geliefert werden konnten. Erstmals wurde zusammen mit dem Kollaborationspartner LAL die gesamte Fertigung den Firmen übertragen. Dafür war es notwendig, umfangreiche Messungen für die Qualifizierung besonders der Verkupferung durchzuführen. Bis auf die Bedampfung der Keramiken ist somit die gesamte Fertigung der Koppler an die Industrie übertragen worden.

Die nötigen 88 TiN-Beschichtungen der Kopplerkeramiken wurden bei DESY durchgeführt (die TiN Beschichtung ist notwendig, um das Multipacting an den Kopplerkeramiken zu unterdrücken). Um die Beschichtungen in Zukunft effektiver durchführen zu können (Bau von XFEL oder TESLA), wurde ein neuer Bedampfungsbehälter entwickelt. In diesem Behälter wird es möglich sein, mehr als 44 Kopplerkeramiken zur gleichen Zeit mit TiN zu bedampfen. Ziel ist es auch, dieses Verfahren auf die Industrie zu übertragen.

Workshop on RF Superconductivity

Vom 8.–12. September 2003 fand der elfte Workshop on RF Superconductivity in Lübeck/Travemünde statt. Dieser Workshop wird alle zwei Jahre weltweit von größeren Labors veranstaltet. Im letzten Jahr hat DESY zum zweiten Mal diese Veranstaltung organisiert. Der wesentliche Teil der Vorbereitung und Durchführung lag in der Verantwortung der Gruppe MHF-sl.

Generell werden die neuesten Entwicklungen auf dem Gebiet der supraleitenden Beschleuniger vorgestellt und diskutiert. Das Programm umfasste diesmal Plenarvorträge (sowohl Reviews als auch spezialisierte Themen), Poster Beiträge, Diskussionsrunden und Tutorials. Der wissenschaftliche Teil wurde ergänzt durch eine Ausstellung solcher Firmen, die mit der Planung und dem Bau supraleitender Hochfrequenzkomponenten für Beschleuniger tätig sind.

Die Anzahl der Teilnehmer betrug zum ersten Mal mehr als 200 Personen. Hierin spiegelt sich die wachsende Nutzung dieser Technologie in modernen Beschleunigeranlagen wider. Neben der klassischen Anwendung für Beschleuniger aus dem Bereich der Hochenergiephysik sind Anwendungen im Bau oder in der Planung für Spallationsquellen (Protonenbeschleuniger), Kernphysik (schwere oder radioaktive Ionen), Synchrotronlichtquellen (Kreisbeschleuniger) oder Linearbeschleuniger zur Erzeugung von kohärenter Strahlung (FEL). Das Programm des Workshops, die Vorträge und die Veröffentlichungen sind auf der Web-Seite <http://srf2003.desy.de/> zu finden.

Aktivitäten im Rahmen des FP6 EU-Programms

Im Rahmen der EU-Förderung zur Verbesserung vorhandener Beschleunigeranlagen (I3: Integrated Infrastructure Initiative) wurde ein Antrag zur Entwicklung verbesserter Komponenten der TESLA Test Facility bei DESY gestellt. Im Rahmen eines größeren Konsortiums (CARE) wurde in einem Arbeitsbereich (JRA: Joined Research Activity) gezielt die Förderung zur Weiterentwicklung mehrerer Komponenten (z. B. Resonatoren, HF Kontrollen, Abstimmereinheiten) des supraleitenden TTF Linearbeschleunigers beantragt. Die Koordinierung der R&D Aktivitäten der 11 Europäischen Partner obliegt gemeinsam CNRS-IN2P3 und DESY (Gruppe MHF-sl). Der Konsortialantrag CARE wurde gegen Ende des Jahres 2003 genehmigt. Die gesamte EU-Förderung beträgt rund 15 Mio. Euro, davon entfallen 5 Mio. Euro auf das Arbeitspaket zur Verbesserung des TTF-Linacs. Einzelheiten sind auf der Web Seite <http://esgard.lal.in2p3.fr/> zu finden

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 2003 gab es zwei Betriebsperioden, die durch eine 4-monatige Wartungsperiode unterbrochen waren. An den technischen Störungen der ersten Betriebsperiode waren die 500-MHz HF-Systeme von HERA-e mit 87 Störungen beteiligt. Das entspricht 6,2 Anlagenstörungen pro Woche, bzw. einem mittleren Zeitraum von 9 Tagen zwischen zwei Störungen eines HF-Systems. Die Anlagenzuverlässigkeit war somit durchschnittlich. Der langjährige Durchschnittswert für die 500-MHz HF-Systeme liegt bei 10 Tagen. Auch die Verteilung der Störungen auf die HF-System-Komponenten war recht durchschnittlich.

In der zweiten Betriebsperiode waren insbesondere die Übergangszeit von der Wartungsperiode zur Inbetriebnahme und die folgenden Betriebswochen durch große technische Probleme gekennzeichnet. Kurz vor Ende der Wartungsperiode brannte der HV-Raum des HF-Systems HERA-SL aus und verunreinigte sowohl den benachbarten HV-Raum des HF-Systems HERA-SR, als auch die Senderhalle. Das HF-System HERA-SR konnte erst nach Abschluss der Sanierungsarbeiten in der dritten Septemberwoche wieder in Betrieb genommen werden. Der Wiederaufbau des ausgebrannten HV-Raumes konnte bis Ende Dezember 2003 abgeschlossen werden.

Während der Inbetriebnahmephase trat ein Erdschluss an einem BU-Magneten in HERA-NR auf. Für die Reparatur musste das e-Vakuumsystem geöffnet, zwei Resonatoren und 25% des Hohlleitersystems ausgebaut und nach Reparatur des Magneten wieder eingebaut werden. Die nicht einsatzfähigen HF-Systeme HERA-SL und -SR und die daraus resultierende höhere Belastung der verbliebenen HF-Systeme, verbunden mit dem relativ schlechten Resonator-Vakuum, führten zu einer vergleichsweise schlechten Betriebszuverlässigkeit der HF-Systeme in der zweiten Betriebsperiode. Die mittlere Dauer zwischen zwei Störungen eines HF-Systems lag nur bei 2,8 Tagen. Die relativen Anteile der Hauptursachen (Resonator-Vakuum Probleme, Sender-

ausfälle und HV Störungen) betragen 44%, 30% und 18% in der ersten Periode und 73%, 19% und 4% in der zweiten Periode.

Kühlkreise der HF-Absorber bei DESY II

Am HF-System für DESY-II wurden alle 12 koaxialen HF-Absorber gegen Hohlleiter-Ferrit-Absorber ausgetauscht, um das bis dahin erforderliche Glykol aus den Absorberkühlkreisen zu verbannen. Bei DORIS, PETRA und HERA ist die vollständige Umrüstung auf HF-Absorbertypen, die ohne Glykolzusatz betrieben werden können, aus technischen Gründen nicht möglich. Der Test eines aus Umweltgesichtspunkten unproblematischen Ersatzstoffes auf Natriummolybdat-Basis läuft seit einigen Monaten an einer Test-Senderanlage. Der vollständige Austausch des Glykols gegen diesen Ersatzstoff an allen HF-Systemen ist in der Wartungsperiode 2004 vorgesehen.

Austausch von Plungern mit zu geringem Kühlwasserfluss bei HERA

In der Vergangenheit wurden relativ oft Störungen von der Durchflussüberwachung der Resonator-Kühlkreise ausgelöst. Messungen zeigten, dass im Wesentlichen zu hohe Strömungswiderstände in einzelnen Resonator-Plunger-Kühlkreisen die Ursache waren. Von 165 Resonator-Plungern wurden daraufhin 13 in der Wartungsperiode 2003 ausgetauscht.

Tuning eines zusätzlichen Reserve-Klystrons für das HERA-e Multi-Bunch Feedback

Für die longitudinalen Multi-Bunch Feedback-Systeme bei HERA und DORIS ist je ein breitbandiges 1-GHz-Klystron vom Typ Philips YK 1250B installiert. Die Klystrons sind bereits 45 000 bzw. 60 000 Stunden in Betrieb und nicht mehr lieferbar. Als Reserve stehen für DORIS und HERA insgesamt drei Klystrons des Vorgänger-Typs YK 1250 zur Verfügung, die bereits in den Jahren 1989 und 1991 bei DESY von High-Efficiency Klystrons zu Breitband-Klystrons umgestimmt wurden. Hierbei wurde die Bandbreite von 2 auf 7 MHz erhöht. Die Klystrons wurden in den Jahren 1981-84 für ein Bunchverlängerungs-System für PETRA I angeschafft und waren schon einige 10 000 Stunden in Betrieb.

Die Wartungsperiode 2003 wurde genutzt, um ein weiteres altes Klystron des Typs YK 1250 von einer High-Efficiency Abstimmung auf eine Breitband-Abstimmung umzustimmen.

Planungen zur PETRA III HF

Die Eignung unterschiedlicher HF-System-Varianten für die neue Synchrotronstrahlungsquelle PETRA III wurde mit dem Ziel untersucht, eine Konfiguration zu finden, die höchste Betriebszuverlässigkeit bei möglichst geringen Investitions- und Betriebskosten erwarten lässt. Die Ergebnisse der Untersuchung werden im PETRA III Design Report dargestellt werden.

Klystron-Reserven

Durch den Wegfall eines unserer beiden Klystronlieferanten und überhöhte Preisforderungen des verbliebenen ist die Situation der 500-MHz-Reserve-Klystrons bei DESY seit 2002 angespannt. Bei DORIS, PETRA und HERA sind 19 kompatible 800-kW-Klystrons in Betrieb. Der Klystronverbrauch liegt im Mittel bei 2,4 Stück pro Jahr. Derzeit haben wir noch drei neue Reserveklystrons und zwei weitere, die bereits 26 000 und 31 000 Betriebsstunden geleistet haben. Die mittlere Lebensdauer liegt bei 40 000 Betriebsstunden.

Mitte 2004 wird die Lieferung von zwei neuen Klystrons erwartet. Eine zusätzliche Klystron-Reparatur ist beauftragt und könnte bis Ende 2004 durchgeführt werden. Wenn es im Jahr 2004 keine Häufung von Klystronausfällen gibt, dann wird die Reserve-Situation Ende 2004 ähnlich wie Ende 2003 sein. Aufgrund der hohen Anzahl sehr alter Klystrons muss jedoch mit einer Ausfallhäufung im Jahr 2004 gerechnet werden. Eine daraus resultierende Einschränkung des HERA-Betriebes ist nicht auszuschließen. Im Jahr 2005 wird sich die Situation durch die Lieferung von vier Klystrons eines neuen Lieferanten entspannen, sofern die zugesagten Liefertermine eingehalten werden.

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, für die Entwicklungsarbeiten der HF-Systeme für den Freien-Elektronen-Röntgenlaser XFEL und den vorgeschlagenen Linear Collider TESLA und die HF-Systeme der TESLA Test Facility (TTF).

Protonen-HF-Systeme

Im Berichtszeitraum wurden die Hochfrequenzsender zur Protonenbeschleunigung wieder bei höheren Leistungen betrieben, da in HERA teilweise wieder hohe Protonenintensitäten beschleunigt wurden. Bis auf kleinere Ausfälle oder den für Arbeiten zur Feinabstimmung notwendigen Zeitaufwand gab es dabei keine längeren Unterbrechungen oder Probleme. Darüber hinaus fanden umfangreiche Wartungsarbeiten während der Wartungsperiode statt.

Bei HERA wurden die Leistungsteile der 208-MHz-Systeme gewartet und überholt. Da die in den Systemen installierten Treiber- und Endstufenröhren bereits mehrere Jahre in Betrieb waren und die Grenze der zu erwartenden Lebensdauer erreicht hatten, wurden alle Röhren ausgetauscht, um weiterhin eine hohe Zuverlässigkeit der 208-MHz-Sender zu gewährleisten. Im Zuge dieser Maßnahmen wurden auch die Kühlleitungen aller 208-MHz-Endstufen erneuert. Außerdem wurden die Netzgeräte der Pre-Treiber ausgetauscht. Die 52-MHz-Sender wurden ebenfalls gewartet. Da die installierten Röhren aber erst kürzere Zeit installiert und im Betrieb waren, wurde kein Röhrentausch durchgeführt. Der Austausch eines Tunernetzgerätes bei System B beseitigte eine 30-Hz-Anregungsline, die auf dem gespeicherten Protonenstrahl teilweise beobachtet werden konnte. Das Interlock-System der 52-MHz-Sender wurde dahingehend modifiziert, dass der Ausfall eines der zehn Treibermodule eines Senders nur noch eine interne Warnung erzeugt, aber nicht mehr eine Unterbrechung der Kommunikation mit dem Kontrollsystem verursacht.

Bei PETRA wurden die 52-MHz-Sender gewartet. Die Treiber- und Endstufenröhren wurden ausgetauscht, da sie ebenso wie die HERA-208-MHz-Röhren bereits mehrere Jahre im Betrieb waren und nun die Grenze der zu erwartenden Lebensdauer erreicht hatten. Die HOM-Absorber (Higher Order Modes) beider 52-MHz-Systeme mussten mehrere Male während des Betriebs ausgetauscht werden. Als Ursache für de-

ren Ausfall werden HOMs hoher Spannungsamplitude vermutet, die nicht während des Protonenbetriebs von PETRA entstehen, sondern während des Positronenbetriebs mit hohen Bunchintensitäten, die auch HOM-Schwingungen in den 52-MHz Resonatoren anregen können. Das Problem wird derzeit weiter untersucht. Bei DESY III wurde die Endstufenröhre ausgetauscht. Die Arbeiten an den 52-MHz-Ersatzresonatoren für HERA und PETRA wurden fortgesetzt. Dabei wurden die Senderaufsätze fertiggestellt. Die Resonatoren mussten an den Hersteller zur Behebung eines Vakuumlecks zurückgeschickt werden.

XFEL, TESLA und TTF HF-Systeme

Die Umbaumaßnahmen bei TTF für den Betrieb des VUV-FEL nahm einen Großteil der Gruppenaktivität in Anspruch.

Für den VUV-FEL wurde eine neue state-of-the-art digitale Regelung entwickelt und gebaut. Diese basiert auf dem C67 DSP von Texas Instruments, der aufgrund seiner etwa 10-fach höheren Leistungsfähigkeit 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. Das System wurde erfolgreich mit einem Resonator Simulator getestet.

Ein einziger digitaler Signalprozessor erlaubt die Regelung von bis zu 32 Resonatoren mit einer Latenzzeit von insgesamt $3.3 \mu\text{s}$ von ADC-Eingang bis zum DAC-Ausgang.

Ein neues Master-Oszillator-System und hochstabiles Frequenzverteilungssystem wurden spezifiziert, um die neuen Anforderungen an zusätzliche Frequenzen und die hohe Phasenstabilität für den VUV-FEL zu garantieren. An neuen Frequenzen werden 2856 MHz für die Bunchlängenmessung mit transversal ablenkender Struktur und 13.5 MHz für den neuen Photokathodenlaser benötigt. Diese Systeme werden zur Zeit installiert und Anfang 2004 in Betrieb genommen. Im Rahmen der Kollaboration mit der Warsaw University of Technology (WUT) wurde ein erster Prototyp einer FPGA-basierten digitalen HF-Regelung erprobt, der Latenzzeiten von unter 100 ns garantiert und somit vor-

teilhaft zur Regelung der normalleitenden RF Kanone eingesetzt werden kann.

Ebenfalls realisiert wurde ein Resonator-Simulator, der vorteilhaft zur Erprobung der digitalen HF-Regelung eingesetzt werden kann. Im Rahmen der Piezotuner-Entwicklung wurde der zuverlässige Betrieb eines Resonators bei einem hohen Gradienten von 35 MV/m mit Lorentzkraft-Kompensation über den Zeitraum von etwa 1000 h demonstriert. Ein Teststand für die Kalibrierung von Kraftsensoren, die bei kryogenischen Temperaturen betrieben werden, wurde von unseren Kollaborationspartnern am INFN gebaut. Diese Kraftmessung ist von großer Wichtigkeit, da die Lebensdauer der Piezoaktuatoren kritisch von der mechanischen Vorspannung abhängt.

Für den VUV-FEL wurden außerdem neue Wellenleiter-Hochfrequenzverteilungssysteme installiert und die bestehenden modifiziert. Nachdem die dafür notwendigen Komponenten wie 3-Stub-Tuner, Zirkulatoren, Hochfrequenzlasten, gerade Hohlleiter und Bögen bereits im letzten Jahr geliefert worden waren, wurde nun der Aufbau vorgenommen. Dabei übernahm die Gruppe MHF-e den Teil der Koordination des Aufbaus der Verteilungen an den supraleitenden Modulen, während sich MHF-p um den Aufbau an den Klystrons kümmerte. Zusätzlich wurden die Verlegung neuer temperaturstabilisierter Hochfrequenzkabel zur Kontrolle der Eingangs- und reflektierten Leistung und der Hochfrequenzamplitude in allen Resonatoren in Auftrag gegeben.

Der Aufbau zweier neuer Hochfrequenzsender für den VUV-FEL wurde beendet und die Sender wurden mit einem 5-MW-Klystron bzw. einem 10-MW-Multibeamklystron in Betrieb genommen. Beide Sender wurden anschließend für den Test der neu installierten supraleitenden Hochfrequenzmodule verwendet. Derzeit werden die notwendigen Maßnahmen getroffen, um die Sender in das TTF-Kontrollsystem einzubinden und komplett ferngesteuert betreiben zu können. Mit einem der beiden Sender wurde ein neues Multibeamklystron bei maximalen Parametern von 117 kV Pulsspannung, 1.5 ms Pulslänge, 10 Hz Folgefrequenz und 10 MW Ausgangsleistung getestet. Auf Grund von Anzeichen, die das Auftreten von Spannungsüberschlägen, wie sie bereits an einem baugleichen Klystron beobachtet wurden, wahrscheinlich machen,

wurde es an den Hersteller zur Untersuchung zurückgegeben.

Neben den genannten Tätigkeiten im Umfeld des VUV-FEL wurden Arbeiten für den XFEL und den TESLA Linear Collider durchgeführt. Die Planungsarbeiten für einen Teststand von Multibeamklystrons und Wellenleiterkomponenten wurden weitergeführt, die Bestellungen zum Teil eingeleitet und erste Maßnahmen für den Aufbau getroffen. Die Planungsarbeiten für den Hochfrequenzsender des Teststandes für supraleitende Module wurden wieder aufgenommen. Weiterentwicklungen der bei TTF verwendeten Hochspannungsmodulatoren wurden zusammen mit dem Hersteller eingeleitet. So sollen z. B. neuartige lasergetriggerte Thyristoren als Crowbar verwendet werden. Die theoretischen Untersuchungen eines alternativen Modulators auf Basis eines 150 kV Halbleiterschalters wurden soweit geführt, dass in einem nächsten Schritt die praktische Erprobung durchgeführt werden könnte. Verschiedene neuartige Hohlleiterkomponenten wie z. B. 5-MW-Phasenschieber oder 5-MW-Keramikfenster wurden entwickelt und getestet. Ein weiterer Hersteller von Klystrons konnte dazu gewonnen werden, an der Entwicklung und dem Bau eines Prototypen eines 10-MW-Multibeamklystron zu arbeiten. Somit entwickeln neben dem französischen Hersteller, der die bei TTF verwendeten Multibeamklystrons entwickelt und gefertigt hat, derzeit ein amerikanischer und ein japanischer Hersteller jeweils ein 10-MW-Multibeamklystron.

Software und Technik zur Kontrolle von Beschleunigern – MST –

Die M-Bereichsgruppe MST betreibt die Kontrollsysteme der Beschleuniger LINAC II/III, DESY II/III, DORIS, PETRA und HERA sowie der dazugehörigen Strahltransportwege. Hierzu entwickelt und betreut MST Software und betreibt ein umfangreiches Netzwerk mit über 500 angeschlossenen Rechnern. Darüber hinaus unterhält MST ein Entwicklungs- und Service-labor für prozessorgesteuerte Beschleunigerkontrollen und ist verantwortlich für die Technik und den Betrieb der Personenschutzeinrichtungen im Rahmen des Beschleunigerstrahlenschutzes.

Rechnergestützte Beschleunigerkontrollen

Applikations- und Systemsoftware: Die schwierige Wiederinbetriebnahme von HERA stellte vor allem besondere Anforderungen an die Software zur Kontrolle und Beeinflussung des in HERA gespeicherten Strahls. So wurde das „Referenzorbit“-Konzept erfolgreich implementiert, welches das Einstellen von gewünschten Strahlorbitabweichungen und die regulierenden Eingriffe des automatischen Strahlorbitstabilisators effektiv entkoppelt. Ferner wurde ein umfangreiches Softwarepaket zur Messung und Darstellung der longitudinalen Schwingungen der Protonenbunche und des transienten Verhaltens der Protonenhochfrequenzsysteme entwickelt. Darüberhinaus fanden bei HERA viele Detailverbesserungen aus dem täglichen Betrieb und auf Grund von Weiterentwicklungen von technischen Subsystemen Eingang in die Bedienungs- und Serverprogramme.

Im Berichtsjahr konnte die Umstellung der Rechnersysteme auf 32-bit Windows im Bereich LINAC III/DESY III und LINAC II/DESY II zu Ende gebracht und bei DORIS soweit abgeschlossen werden, dass erste Betriebstests durchgeführt werden konnten. Diese Umstellungsarbeiten und die Anforderungen aus dem täglichen Betrieb waren wie bei HERA oft der Anlass für die Implementierung von vielfältigen Verbesserungen und Neuerungen. Ferner konnte die globale Strahlregelung bei DORIS, die für einen stabilen Nutzerbetrieb an den Synchrotronlichtstrahlwegen unerlässlich ist, mit neuen Algorithmen erfolgreich in Betrieb genommen werden. Die seit vielen Jahren kontinuierlich weiter entwickelte Systemsoftware TINE (Threefold Integrated Network Environment), welche Kommunikation und Handlungen zwischen verteilten Rechnern in den Kontrollsystemen erlaubt, wurde um weitere Eigenschaften wie z. B. der Möglichkeit, Ereignisse mit Millisekundengenauigkeit zu protokollieren, erweitert.

Betrieb und EDV-Sicherheit: Das bei HERA mit großer Akzeptanz benutzte elektronische Logbook wurde auf Grund von Wünschen der Koordinatoren/innen der anderen Beschleuniger um weitere Nutzungsmöglichkeiten (z. B. beschleunigerübergreifende Übersichten, zusammenfassende Kurzdarstellungen) erweitert, um in Zukunft auch im Bereich der Vorbeschleuniger, bei DORIS und PETRA eingesetzt werden zu können. Im Bereich der Kontrollsystemnetz-

werke fanden mehrfache Release- und Betriebssystemwechsel bei Netzwerkkomponenten statt, um die im Vorjahr aufgetretenen Betriebsprobleme im Zusammenspiel mit der zentralen, DESY-weiten Netzwerkinfrastruktur zu beseitigen. Maßnahmen zur Erhöhung der Redundanz wurden vorgenommen, neue Eigenschaften wie z. B. Multicast in Betrieb gesetzt sowie noch existierende Konfigurationsfehler beseitigt. Vielfältige Maßnahmen zur Erhöhung der Betriebssicherheit, wie z. B. ein verbessertes Disk-Monitoring der HERA-Fileserver, wurden durchgeführt. Hierzu gehörten auch bauliche Maßnahmen zur Verbesserung des Brandschutzes und der Brandfrüherkennung im Beschleunigerkontrollraum und den angrenzenden Rechnerräumen. Die sich mehr und mehr häufenden Attacken durch Software-Viren bzw. die Existenz von Sicherheitslücken in den verwendeten Betriebssystemen und Applikationen erforderten ein konsequentes und umfangreiches Handeln zur Erhaltung der EDV-Sicherheit in den Kontrollsystemnetzwerken und auf den Kontrollsystemrechnern.

Front-End Systeme: Die technologische Entwicklung im EDV-Bereich führt u. a. dazu, dass traditionelle Mikroprozessoren ohne Betriebssysteme verstärkt durch leistungsstarke, miniaturisierte Rechnersysteme (embedded computer), z. B. auf Linux- oder Windows-Basis, ersetzt werden. Diese können sogar bereits als Softwarekerne in sogenannte FPGA-Chips implementiert werden. Der sich ergebende Vorteil liegt darin, dass die zukünftigen Front-End Systeme einerseits drastisch vereinfacht und andererseits flexibler und leistungsfähiger werden könnten. Im Berichtsjahr wurde deshalb intensiv die Nutzung dieser Technologierichtung untersucht.

Projekt PETRA III: Zur Vorbereitung des Umbaus von PETRA in eine dedizierte Synchrotronlichtquelle wurde ein Konzept für das zukünftige Kontrollsystem von PETRA III erarbeitet. Die geplante hohe Betriebsverfügbarkeit dieser Anlage erfordert ein sorgfältiges Abwägen zwischen dem Einsatz neuer, innovativer EDV-Technologien einerseits und der Nutzung erprobter EDV-Technologien andererseits. Zentrales Element des vorgeschlagenen, mehrschichtigen, verteilten Kontrollsystems von PETRA III wird der TINE-Softwarebus sein, der jedoch in Hinblick auf neue kommerzielle Standards wie z. B. Web-Services erweitert werden wird. Die Erfahrungen aus dem Betrieb der

existierenden Beschleuniger bei DESY und eine detaillierte Analyse der zu erwartenden kontrollsystemspezifischen Anforderungen der technischen Subsysteme ergab eine Reihe von Empfehlungen in Hinblick auf die zukünftig unterstützten Software- und Hardware-systeme. Neuerungen werden sich hierbei durch den Einsatz von JAVA als Programmiersprache für graphische Benutzeroberflächen sowie durch die sich verstärkende Nutzung eingebetteter Rechnersysteme ergeben. Darüber hinaus sollen eine Reihe von Diensten, z. B. zur Datenarchivierung oder zur Dokumentation und Information, die Benutzer des PETRA-III-Kontrollsystems unterstützen und ihnen erlauben, aufgabenspezifisch optimierte Hilfsmittel für die Softwareentwicklung zu nutzen.

Prozessorgesteuerte Beschleunigerkontrollen

Betrieb: Prozessorgesteuerte Elektronik kommt im Bereich der Beschleunigerkontrollen in großer Stückzahl zum Einsatz. So mussten im Berichtsjahr über dreitausend Controller verbessert, gewartet und gegebenenfalls repariert werden. In steigendem Umfang fanden bei der Wartung und Fehlersuche computergestützte, automatisierte Mess- und Testprozeduren Anwendung. Der im Vorjahr entwickelte Controller zur Ansteuerung der gepulsten Magnete aller DESY Beschleuniger wurde in großer Stückzahl gefertigt und eingebaut.

Neuentwicklungen: Die Entwicklungsarbeiten für den neuen Netzgerätecontroller vom Typ PSC 3, welcher beim VUV-FEL zum Einsatz kommen wird, wurden erfolgreich abgeschlossen. Dieser Controller befindet sich im gleichen Überrahmen wie das dazugehörige Netzgerät. Reglerelektronik und Controller kommunizieren über eine serielle Schnittstelle miteinander. Der Controller seinerseits ist über eine CAN-Bus Leitung mit einem übergeordneten eingebetteten Linux-Computer auf PC 104 Basis verbunden, der als sogenannter Deviceserver die Schnittstelle zum Beschleunigerkontrollsystem darstellt. Das gesamte Prototypsystem wurde umfangreichen Systemtests im Labor und unter Feldbedingungen unterworfen. Die daraus resultierenden Modifikationen fanden Eingang in das endgültige Design der Serienmodule, deren Produktion begonnen hat. Für den Einsatz am LINAC III wurde ein neues DELAY-Module, das veraltete und in ihren Funktionen unvollständige Timermodule ersetzt,

abschließend entwickelt und erfolgreich in Betrieb genommen. Aus dem gleichen Grund wurde ebenfalls die Regeleinheit für den Arbeitspunkt bei PETRA neu entwickelt.

Personenschutzeinrichtungen

Betrieb: Die gesetzlich vorgeschriebenen und jährlich zu prüfenden Personenschutzeinrichtungen im Rahmen des Beschleunigerstrahlenschutzes wurden an allen DESY Beschleunigeranlagen von der Gruppe MST betrieben, bei Bedarf erweitert oder umgebaut sowie gewartet.

Neuentwicklungen: Die seit längerer Zeit stattfindenden Entwicklungsarbeiten für ein neues Interlocksystem fanden im Berichtsjahr ihren vorläufigen Höhepunkt mit dem Einbau und der erfolgreichen Inbetriebnahme eines weitverzweigten, neuen Türeninterlocksystems für die Beschleunigerräume von LINAC II und DESY II/III. Das neue System vereint konventionelle Sicherheitslogik basierend auf zwangsgesteuerten Relais mit programmierbarer Computerüberwachung. Verteilte Front-End Elektronikmodule sind über CAN-Bus oder andere serielle Verbindungen mit eingebetteten Linux-Computern auf PC 104 Basis verbunden. Diese steuern und unterstützen Abläufe wie z. B. Absuchvorgänge und leiten Statusinformationen an die graphische Bedienungsoberfläche zur Visualisierung weiter. Es ist vorgesehen, weitere Interlockkomponenten wie z. B. die sogenannte Freigabensteuerung oder das Interlocksystem der Hochfrequenzsysteme in der neuen Technologie auszuführen. Die Entwicklungsarbeiten wurden deshalb neben den vorbereitenden Arbeiten für die Erweiterung und Modifizierung des Türen- und Hochfrequenzinterlocks im VUV-FEL Beschleunigerraum fortgesetzt.

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, Strahlströmen, Strahlprofilen sowie die Messung der Strahlverluste und das Kollimieren der Strahlen, was für den Schutz der Experimente und der supraleitenden Magnete bei HERA von außerordentlicher Wichtigkeit ist.

Bei **HERA** wurde die intensive Wartung der Protonenstrahlage Monitore (BPMs) und ihres Auslesesystems, das seit dem Start von HERA im Jahre 1992 unverändert läuft, fortgesetzt. Die Elektronenstrahlprofilmessung mit Hilfe des Synchrotronlicht-Monitors wurde deutlich verbessert. Das Temperaturverhalten des Beryllium-Spiegels wurde eingehend untersucht und die thermische Belastung deutlich verringert. Die verschiedenen Beiträge zur Begrenzung der Auflösung des Monitors wurden detailliert untersucht. Dabei mussten Effekte berücksichtigt werden, die über die klassische Betrachtungsweise hinaus gehen. Eine weitere Verbesserung der optischen Auflösung wurde durch Einbau von Interferenzfiltern (450 nm) und Polarisationsfiltern erreicht. Die Inbetriebnahme des Synchrotronlicht-Monitors für die Messung des Strahlprofils am HERA-Protonenring wurde vorbereitet und erste Untersuchungen am Strahl wurden vorgenommen.

Bei der Übertragung von analogen Strom-Monitor-signalen aus den HERA-Hallen in den BKR wurde ein neues LWL-System (mit Mono-Mode Faser) eingesetzt. Die Qualität der Signale hat damit deutlich zugenommen und das Rauschen verringert. Die Wire-Scanner in HERA-p wurden neben der Strahlprofilmessung auch zur Messung des Strahlhalos verwendet. Ein neuer Betriebsmodus lässt ein exaktes Positionieren des Drahtes im Halo-Bereich zu. Gemessen wurde die Rate der am Draht gestreuten Teilchen. Dabei konnte das Strahlhalo mit einem dynamischen Bereich von besser als 10^7 untersucht werden. Weitere Studien zur Halomessung mit einem Vibrating-Wire-Scanner sind in Kollaboration mit dem Yerevan Physics Institute in Vorbereitung.

Das zum Jahresende aufgetretene Problem der sehr schnellen Strahlverluste wurde intensiv von MDI behandelt. Es wurden mehrere Systeme zum schnellen Triggern eines Strahldumps entwickelt. Ein System basiert auf der Bunch-für-Bunch Beobachtung der Strahlage in den Bögen von HERA. Eine zu große Ablage löst einen schnellen Strahldump aus. Eine Auswertung der Strahlstromverluste durch die beiden Strahlstrommonitor-Systeme (AC und DC) durch kurzfristig gebaute Elektronik kann ebenfalls zur schnellen Dumpauslösung benutzt werden. Erfolgreiche Tests wurden durchgeführt und die Systeme in Betrieb genommen. Weitere Systeme zur schnellen Beobachtung von Magnetströmen sind zur Zeit in Entwicklung.

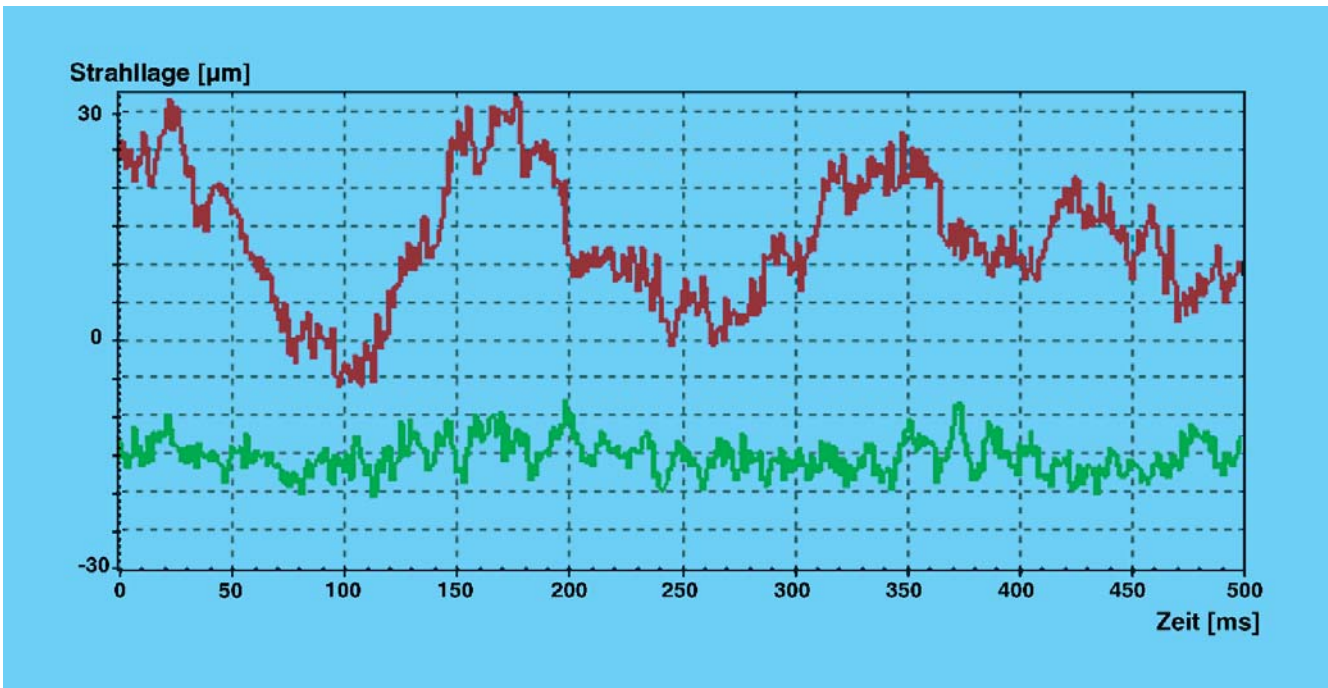


Abbildung 104: *Messung von Strahllage – Oszillationen in PETRA, (oben horizontal, unten vertikal). 1024 BPM Daten wurden mit 10 MHz aufgenommen, gemittelt und mit 1 kHz dargestellt.*

Die Strahl-Instrumentierung in den Vorbeschleunigern wurde ergänzt, verbessert und weiterentwickelt. Für **PETRA** wurde die präzise und schnelle Nebenbunchmessung mit einer Auflösung von ca. 0.3 ns weiter ausgebaut. Die Besetzung der HF-Buckets läßt sich in weniger als 1 Minute auf $< 10^{-6}$ bestimmen. Aufgrund der Nebenbunchmessung konnten alle empfindlichen Parameter der Vorbeschleuniger optimal eingestellt und gespeichert werden. Den Nutzern der Undulatorstrahlung bei PETRA konnten mit diesen optimierten Strahlparametern gute Experimentierbedingungen zur Verfügung gestellt werden.

Ein neu entwickeltes, sehr flexibles Elektronikmodul zur schnellen und präzisen Beobachtung von Strahllage-Oszillationen wurde erfolgreich in PETRA und DORIS eingesetzt. Damit konnten bei PETRA horizontale Strahl-Oszillationen mit einer Amplitude von ca. 30 μm und einer Frequenz von 6 Hz deutlich detektiert werden. Die Auflösung des Systems liegt dabei bei ca. 1 μm . Die Messung erfolgt im Bunchabstand von 96 ns mit einer nachfolgenden Mittelung über eine einstellbare Anzahl von Messungen (Abb. 104).

In Zusammenarbeit mit dem Institut FZR in Rossendorf wurde ein ringumfassendes Strahlverlustmonitor-System für PETRA entwickelt. Es basiert auf der Nutzung von luftgefüllten Koaxialkabeln, welche als segmentierte Ionisationskammern betrieben werden. Erste Tests wurden erfolgreich bei PETRA vorgenommen. Das System soll 2004 komplettiert werden. Wegen der Gefahr eines Vakuumlecks wurde der induktive Strommonitor für die Einzelbunchmessung an der neuen Position OR42 eingebaut. In Petra OR7 wurde wegen des Alterns der Widerstände der Widerstandsmonitor mit neuer Technik ausgerüstet. Hierbei werden die Auskoppelsignale über Kabel gedämpft, dann summiert und an die Verbraucher verteilt.

Die in **DORIS** arbeitende Nebenbunchmessung stellte auch hier diversen Nutzern die entsprechenden Experimentierbedingungen sicher. Die Konstruktion einer neuen und verbesserten Pinhole-Kamera zur Messung der Strahlprofile in DORIS wurde in Angriff genommen. Das gesamte System wird Anfang 2004 in Betrieb gehen. Die Einzelbunch-Strommessung bei Doris wurde mit neuer Hardware (Analogsignalaufbe-

reitung, ADC-Board und Triggerelektronik) und NT-Server Software versehen, erfolgreich getestet und in Betrieb genommen.

Die Einzelbunch-Strommessung für den **EL- und PR-Weg** wurde weiter entwickelt. Eine Darstellung auf PCs wurde im Kontrollsystem implementiert.

DESY III: Der Herward-Monitor (D3/24) wurde mit neuer Elektronik im Tunnel ausgerüstet.

LINAC III: Ein neuer Strom-Monitor für die Magneton-Quelle wurde vor dem RFQ eingebaut und ins Kontrollsystem eingebunden.

LINAC II: Wegen der Gefahr eines Vakuumlecks wurde der Widerstands-Monitor L1 getauscht. Durch die Erneuerung der Flansche in den Abschnitten vom LINAC II wurde der Widerstandsmonitor WM-A7 erneuert sowie die entsprechenden Abschnitte mit neuen BPMs und Kabeln ausgerüstet.

Für den VUV-FEL wurden wesentliche Entwicklungsarbeiten zur Strahlinstrumentierung (Strahlintensität, Strahlphase und Strahlphase) abgeschlossen und die Fertigung betreut.

Die von MDI entwickelten Strahllagemonitore für den VUV-FEL wurden unter Reinraumbedingungen fertiggestellt und die meisten davon fest in die Quadrupole eingebaut. Ein Teststand zum Messen der Abweichung der Monitorachse von der magnetischen Achse des Quadrupols wurde aufgebaut und in Betrieb genommen und entsprechende Reserven beschafft bzw. neu gebaut. Alle eingebauten Monitore wurden in einer Serienmessung mit einer Präzision von ca. $10\ \mu\text{m}$ vermessen (Abb. 105). Dazu wurden die Steuerprogramme (Magnetstrom- u. Schrittmotorsteuerung) für den Teststand komplett neu entwickelt. Zur deutlichen Verbesserung der Messgenauigkeit wurde ein Pulser mit 10-fach höherer Ladung als der vorhandene Pulser entwickelt und in Betrieb genommen. Abb. 106 zeigt die Einbaugenauigkeiten aller Monitore. Die Messdaten werden für jeden Monitor als Kalibrierungsparameter aufgenommen und bei der Strahllagemessung mit berücksichtigt.

Die Entwicklung einer neuen BPM-Ausleseelektronik für den VUV-FEL wurde in enger Zusammenarbeit mit DESY Zeuthen intensiv betrieben und nahezu abgeschlossen. Erste Elektronikmodule wurden zur Fertigung in Auftrag gegeben. Die Ausleseelektronik

kann für unterschiedliche Arten von BPMs verwendet werden, insbesondere für die Knopfmonitore und die Stripline-BPMs im TTF-Linac. Die Entwicklung eines Phasenmonitors mit einer Auflösung von ca. 5 ps wurde abgeschlossen. Eine kapazitive, koaxiale Ringantenne (Abb. 107) liefert unabhängig von den Strahlparametern ein differenzielles und sehr breitbandiges Signal, welches für präzise Phasen- und TOF-Messungen genutzt werden kann. Des Weiteren wurden alle Widerstandsmonitore für den TTF Linac von MDI entwickelt und fertiggestellt. Für den neuen Injektions-Laser wurde eine neue Ansteuerung nahezu fertiggestellt. Gegenüber der alten Lösung lässt die neue Ansteuerung keine Zeitsprünge im Timing mehr zu, sie kann 2 Pockelszellen in einem voreingestellten Schema ansprechen und ist mit einem Doocs-Interface zur weitreichenden Kontrolle ausgestattet.

In Zusammenarbeit mit Saclay wurde ein neuer Reentrant-Strahlpositionsmonitor fertiggestellt und in eines der kalten Beschleunigungsmodule eingebaut. Dieser Monitor soll als Testobjekt für die Standardmonitore in den XFEL bzw. TESLA-Beschleunigungsmodulen dienen. Für die Wire-Scanner im TTF-Linac wurden neue Keramik-Gabeln mit einer Spannvorrichtung für drei Drähte entwickelt und konstruiert. Ein neuer schlupffreier Kugelspindel-Antrieb für die Scanner wird zur Zeit noch untersucht. Die mechanische Konstruktion und Elektronik (Verstärker, Filter) der induktiven Strom-Monitore für den TTF-Linac wurden weiter entwickelt und verbessert. Für das Maschineninterlocksystem vom TTF-Linac wurde bei MDI die Entwicklung der Beam Interlock Concentrator Module (BIC) gestartet, die alle Alarmsignale der technischen Komponenten sammeln und schnell an das Interlocksystem weiterleiten. Der VUV-FEL erhält damit neben einem schnellen Schutzsystem auch einen eindeutigen Hinweis auf technische Fehler von Komponenten. Ein weiterer Bestandteil der MDI-Aktivitäten war die Zusammenarbeit mit anderen internen und externen Gruppen im Rahmen der TESLA-Kollaboration. Das OTR-Vorhaben (INFN Frascati) wurde weiter unterstützt, das Projekt Toroid-Alarmsystem für den VUV-FEL (Saclay) weiterentwickelt und das Strahlverlustmonitor-System (DESY-FE) für den TTF-Linac mit konzipiert.

Der ständige Ausbau, die Wartung und die Dokumentation der Lichtleiter-, Koaxial- und Steuer-Kabelnetze

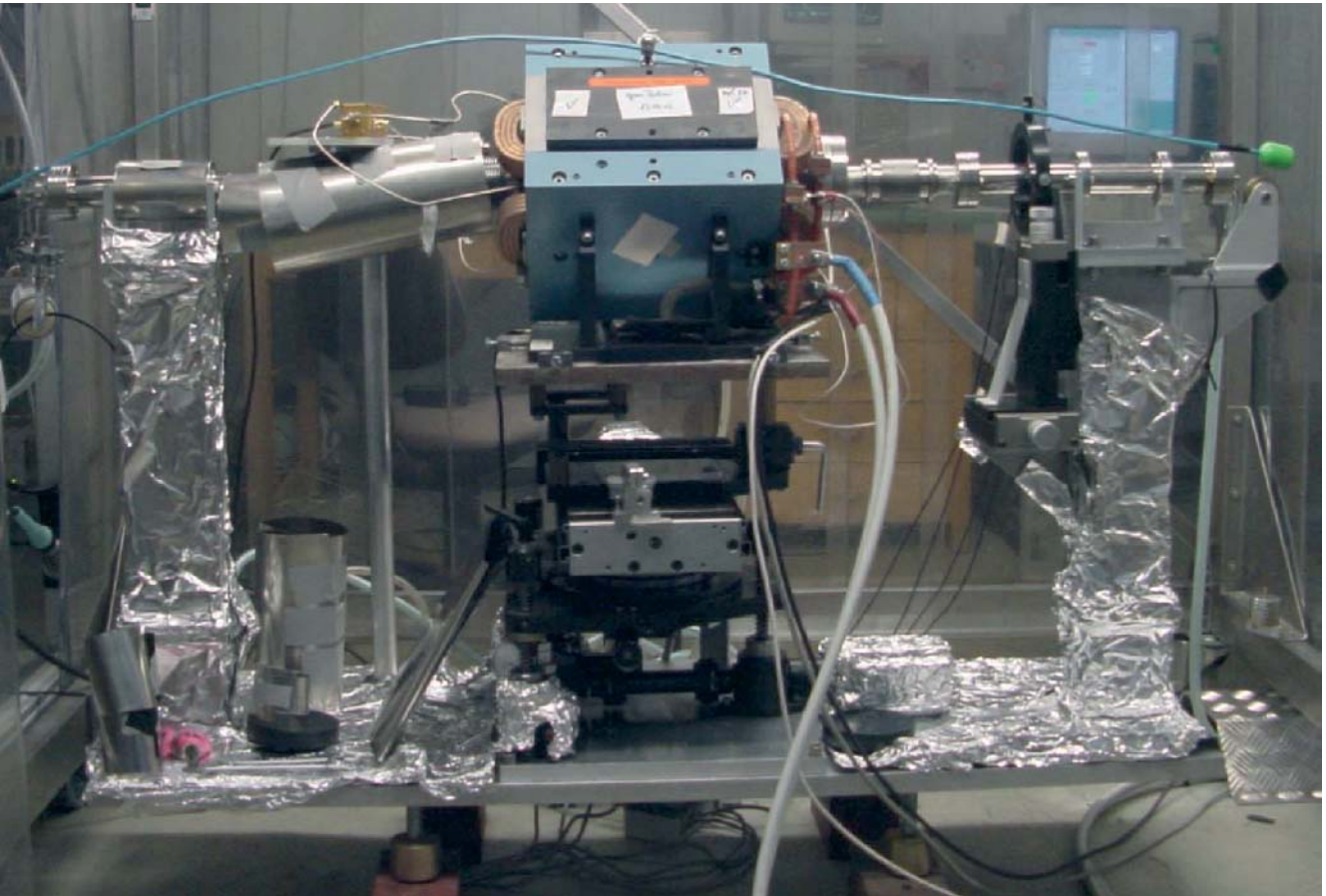


Abbildung 105: Teststand zum Vermessen der elektrischen Achsen des BPMs und der magnetischen Achse des Quadrupols. In der Bildmitte ist ein TTF2-Quadrupol mit einem eingebauten BPM zu erkennen. Die Auslenkung eines durch das Rohr gespannten Drahtes wird mit einer Laser/Dioden-Messeinheit auf der rechten Seite gemessen. Der Quadrupol befindet sich auf einem Fahrtisch zur exakten Positionierung der magnetischen Achse zum Draht. Die Lageinformation des BPMs bei exakter Lage wird durch einen HF-Puls analysiert.

in allen Beschleunigeranlagen wurde von MDI in Zusammenarbeit mit externen Firmen zuverlässig weitergeführt. Ein besonders wichtiger Service ist dabei die sofortige Störungsbeseitigung bei auftretenden Fehlern in den verschiedensten Übertragungssystemen für alle Signale vom BKR zu den Beschleunigern, inklusive von Änderungen und dem Austauschen von Monitoren in den BKR-Konsolen. Ebenso wurde die Wartung, Instandhaltung und Neubau des Pilotherm-Systems in allen Beschleunigern weiter verfolgt. Insbesondere im TTF-Linac wurden viele Verkabelungsarbeiten für viele DESY-Gruppen und externe Gruppen unter der Regie von MDI zuverlässig erledigt. Für die Interlocksys-

teme an allen Beschleunigern wurden weiterhin umfangreiche Rangier-, Verkabelungs- und Beschriftungsarbeiten vorgenommen sowie diverse Verteilerschränke aufgebaut und installiert. Im Zuge von Sicherheitsmaßnahmen wurden im Elektronikkanal von HERA-p alle Elektronikschränke neu geerdet. In nahezu allen Maschinen bei DESY wurden Kabelverlegungen und Konfektionierungen für diverse Messungen (z. B. Tune-Messungen, seismologische Messungen, Laser-Wire-Scanner, LAN) geplant und durchgeführt. Ein besonders gern genutzter Service stellt weiterhin die Anschaffung und Anfertigung von Spezialleitungen für andere DESY-Labors dar.

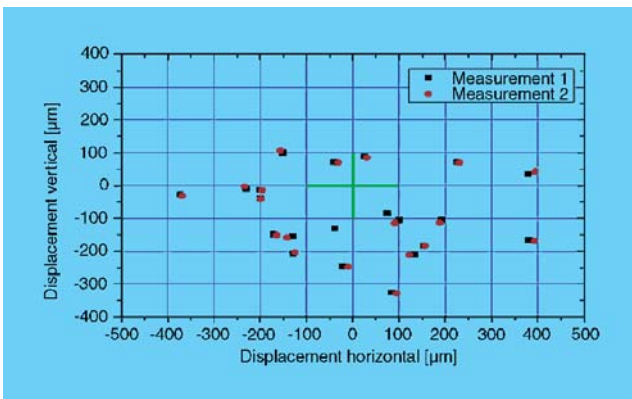


Abbildung 106: Gemessene Abweichungen der BPM Achse (Messpunkte) von der magnetischen Achse (0;0) für alle Monitore.

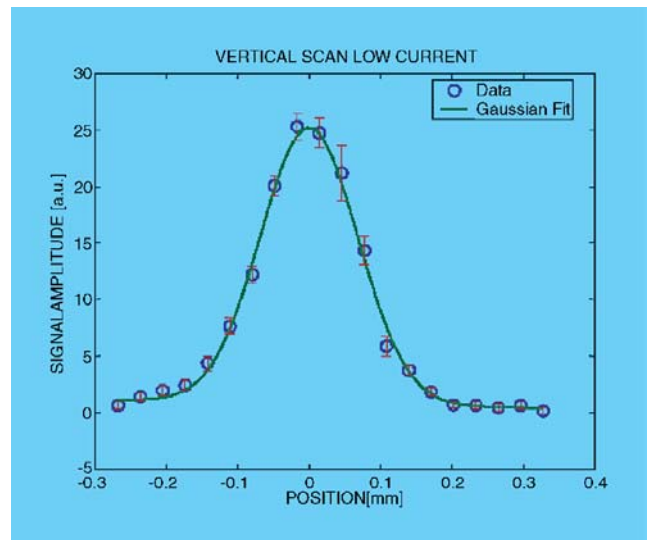


Abbildung 108: Strahlprofil in PETRAe, gemessen mit einem Laser-Wire-Scanner. Die gemessene Strahlbreite beträgt $\sigma = 68 \mu\text{m}$ bei 7.1 mA Strahlstrom.



Abbildung 107: Phasenmonitor mit einer Auflösung von ca. 5 ps für TTF2. Die koaxiale Sonde ist in einem Flansch integriert.

Die Entwicklung und der Service von Spezialmonitoren und die Zusammenarbeit mit auswärtigen Instituten wurden von MDI weitergeführt. So wurde ein Laser-Wire-Scanner bei PETRA zusammen mit der Royal Holloway University of London (RHUL) und Bessy aufgebaut und erfolgreich in Betrieb genommen. Hierzu wurde ein ausgerangierter Laser des Polarisimeters am LEP (CERN) von DESY überarbeitet. Der 4 MW starke grüne Laserpuls wird über Spiegel in den PETRA-Tunnel transportiert, wo er mit dem Positronenstrahl in einer von MVA konstruierten speziellen Vakuumkammer kollidiert. Sie verfügt sowohl über Ein- und Austrittsfenster für den Laserstrahl als auch einen

Strahllagemonitor, der für die Feinjustierung des Laserstrahls zum Positronenstrahl unerlässlich ist. Erste Strahlprofile im Bereich von $70 \mu\text{m}$ konnten gemessen werden (Abb. 108).

Die Zusammenarbeit mit IHEP (Moskau) wurde weiter betrieben. So wurden der von IHEP entwickelte Monitor zur Beobachtung von Strahlbreiten-Injektionsschwingungen in HERA eingebaut und die Entwicklungen für die neuen, „stand alone“ Frame Grabber vorangetrieben.

Für die Untersuchung der Dunkelstromereigenschaften der supraleitenden Beschleunigungsmodule wurde die Konstruktion eines Cryogenic-Current-Comparator in CHECHIA zusammen mit GSI (Darmstadt) in diesem Jahr abgeschlossen und mit der Fertigung begonnen; erste Niobteile wurden zusammengeschweißt. Das SQUID Auslesegerät inklusive der Elektronik wurde in der Friedrich-Schiller-Universität Jena erfolgreich fertiggestellt und zur Übergabe an DESY vorbereitet. 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 unterstützt.

Die üblichen Wartungs- und Verbesserungsaktivitäten bei MDI reichen über den Service für die meis-

ten SEDAC Verbindungen, der Wartung von Antrieben, Stromversorgungen, SEDAC-Steuerungen, Kühlungen (Wasser, Luft), Kameras und Gasalarmsteuerungen, bei den Schrittmotorantrieben von Kollimatoren, Scrapern, Brücken, Schirmmonitoren, optischen Monitoren und Strahlfallen bis zur Wartung der Strahlage-, Strahlprofil- und Strahlstrom- Monitore in nahezu allen DESY-Beschleunigern, inklusive deren Dokumentation. Im Jahr 2003 wurden von MDI wieder einige Schüler- und Fachhochschulpraktikanten sowie Sommerstudenten betreut. Der Betrieb aller DESY Beschleuniger wurde von vielen Operateuren von MDI im Beschleuniger-Kontrollraum unterstützt.

Strahlkontrollen – MSK –

Die Gruppe ist zuständig für spezielle Kontroll- und Instrumentierungsaufgaben im Zusammenhang mit der Strahldynamik in HERA und in den Vorbeschleunigern sowie für die TESLA Test Facility TTF. Dazu gehören die folgenden Aufgabenschwerpunkte:

- Transfersteuerung und Synchronisation bei der Teilcheninjektion
- Markersysteme und Triggererzeugung
- HF-Ansteuerung der Vorbeschleuniger und HERA
- Strahlfeedback an allen Beschleunigern
- Messung longitudinaler Strahlschwingungen
- Messung der Q-Werte durch Analyse der transversalen Strahlschwingungen
- Magnetstromsteuerung für DESY II und III
- Frequenzsteuerung für die HF der Protonenmaschinen

Im vergangenen Jahr wurden im Wesentlichen folgende Einzelaufgaben bearbeitet:

Masteroszillator: Die absolute Genauigkeit der Frequenz der HF in HERA sollte auch langfristig besser als $1E-7$ sein. Zur Überwachung des Masteroszillators ist deshalb ein GPS-Empfänger installiert worden mit einer Antenne auf dem Dach von Gebäude 30.

Frequenzsteuerung und Magnetstromsteuerung für DESY III: Für die Vereinfachung der Bedienung wird

die VME-Hardware weiterentwickelt. Dazu wird generell auf VxWorks-Controller umgerüstet, damit das normale LAN verwendet werden kann. Die Frequenzsteuerung wurde an die Ausstattung der anderen Beschleuniger angepasst, weshalb die Phasenregelschleife neu konzipiert werden musste. Bei der Magnetstromsteuerung ist zunächst die Steuerung der Strom-Rampen von der Netzgeräte-Steuerung entkoppelt und die Ist- und Sollwertfassung der Magnetströme für eine detaillierte Fehler-Diagnose verbessert worden. Außerdem wurde für die Dipolstrom-Messung ein hochauflösendes VXI-Modul installiert, mit dem die sensible Reglereinstellung des Netzgerätes überprüft werden kann.

Zyklusunterdrückung für den LINAC II: Zur Steuerung der akkumulierten Teilchenladung in PIA werden einige 50-Hz-Strompulse aus der Kanone durch einen Ante-Linac-Chopper unterdrückt. Damit kann auch die Aktivierung des Positronen-Konverters beim gleichzeitigen Betrieb von DESY III minimiert werden, indem automatisch die unerlaubten Zyklen unterdrückt werden. Es werden jeweils die Zyklen unmittelbar vor der Kompression mit dem 125-MHz-HF-System unterdrückt, so dass sich auch noch eine Verbesserung der Strahl-Qualität durch die größere Dämpfungszeit ergibt.

Einzeltransfer aus DESY II (top up): Als Vorstudie für den PETRA-III-Betrieb wurde ein stabiler Einzeltransfer auf Anforderung der Zielmaschine erfolgreich mit DORIS getestet. Dabei wurde eine Verknüpfung der Zyklusunterdrückung für den LINAC II und der Veto-Steuerung für DESY II hergestellt. Die Veto-Steuerung bewirkt allgemein, dass nur dann die Ejektion aus DESY II freigegeben wird, wenn der Dipolstrom in DESY II bei der Injektion akzeptabel war. Diese Funktion, die nur auf die Ejektions-Kicker wirkt, wurde zum Einzeltransfer umgerüstet. Zur Kontrolle des Strahlbetriebes werden in der Bereitschaftsphase alle Zyklen bis auf einen unterdrückt. Bei Anforderung aufgrund einer Einzelbunch-Strommessung in DORIS wird das entsprechende Bucket im LINAC-Triggeregenerator adressiert, die Zyklusunterdrückung auf einen vorgewählten Wert eingestellt und die Ejektions-Septa getriggert. Um einige hundert Millisekunden verzögert wird dann der Transfer freigegeben, damit die Septum-Amplitude stabilisiert ist, bevor die Veto-Steuerung den Einzelbunch passieren lässt.

AM-Generator für DESY II: Hier war dringend Handlungsbedarf, weil keine funktionsfähige Reserve-Hardware existierte. Basierend auf der Vorarbeit vergangener Jahre, wurde ein neuer AM-Generator in Betrieb genommen, der eine optimale Klystron-Modulation während der Strahlbeschleunigung ermöglicht. Dadurch wurde der mittlere Sender-Leistungsbedarf um ca. 150 kW verringert, was auch gut für die Lebensdauer der Klystrons ist.

Die Hardware besteht aus einem VME-Modul, in das zwei verschiedene Programme geladen werden können, und einem HF-Detektor mit großer Dynamik, der die vektorielle Summe der Resonator-Spannungen an ein Mehrkanal-ADC-Modul liefert, mit dem auch der Dipol-Magnetstrom aus einem DCCT erfasst wird. Das VME-Modul wird mit 12.5 Hz synchron zum Dipol-Magnetstrom getriggert und übergibt das AM-Programm als frequenzkodierte Signal an den Klystron-Modulator. Aus der Vorgabe gewünschter Synchrotronfrequenzen und dem aktuellen Dipol-Magnetstrom wird ein Sollverlauf der HF-Umfangsspannung mittels interaktiver Applikationssoftware (VEE) berechnet. Der geeichte Messwert der HF-Umfangsspannung wird dann in einem Lernvorgang unter VEE benutzt um ein AM-Programm im VME-Modul zu generieren und als stationären File zur Verfügung zu stellen.

Kabellängenkompensation der HF-Ansteuerung für HERA-e und PETRA-e: Diese Systeme existieren seit vielen Jahren sehr zuverlässig. In diesem Jahr war es aber erforderlich, einigen Alterungserscheinungen Tribut zu zollen. Die Arbeitspunktregelung der Halbleiter-Lasermodule, die für die Ansteuerung der Glasfaser-Kabel zu den HERA-Hallen verwendet werden, musste neu eingestellt werden. Dieses wurde durch die instabile Situation des Raumklimas während der Umbaumaßnahmen im BKR-Umfeld erheblich erschwert. Außerdem war es nötig, die Steuerung der HF-Posaunen für die Ansteuerung der PETRA-Sender abzugleichen, weil sich dort Einstellungen in der Elektronik verändert hatten.

Timing-Systeme: Beim Betrieb von DORIS ist es üblich, die bestehenden Bunche nachzuladen, wenn sich die Ladung unter einem Schwellwert reduziert hat. Dazu ist es wichtig, sich vom richtigen Timing der Bunche in DESY II zu überzeugen, bevor die Injektion

gestartet wird. Es wurde eine Messeinrichtung für Bunche im Transportweg zu DORIS entwickelt, die eine sichere Diagnose gestattet.

Feedback-Systeme: Die Umstellung auf eine neue Feedback-Elektronik bei DORIS wurde abgeschlossen. Die Elektronik zur Aufbereitung der Detektorsignale wurde modifiziert und eine deutliche Verbesserung der Signalqualität erreicht, was für die Emittanzerhaltung des Strahls in HERA nach der Erhöhung der Luminosität besonders wichtig ist. Außerdem wurde die Front-End Soft- und Hardware erweitert und die Benutzer-Software für die Beschleunigerkontrollen verbessert.

BKR Instrumentierung: Für die Oszillografen und Signal-Multiplexer im BKR wurde eine turnusmäßige Wartung durchgeführt und die DORIS Tune-Regelung wurde weiterentwickelt.

Schnelles Feedback und Phasenmonitor für den TTF-Linac: Die Weiterentwicklung des sog. schnellen Feedback konzentrierte sich hier auf den Prototyp eines Hochleistungs-Pulsverstärkers. Vier komplette 19" Phasendetektor-Einschübe wurden im Labor mit konstanter Hochfrequenz eingemessen.

Multibunch und Orbit Feedback für PETRA III: Es wurden die Anforderungen an die Strahlstabilität diskutiert und Vorbereitungen für den Design und die Konstruktionsplanungen der Feedback-Systeme durchgeführt.

Quenchüberwachung

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

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 Wechselwirkungszone 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.

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 im Jahr 2003 waren für die Verbesserung der Vakuumbedingungen in den HERA-Wechselwirkungszone, die Fertigstellung von Komponenten für den VUV-FEL, erste konzeptionelle Entwicklungen für die neue Synchrotronstrahlungsquelle PETRA III sowie diverse Entwicklungsarbeiten für TESLA.

HERA

Nach wie vor ist der strahlinduzierte Untergrund an den HERA Detektoren das Hauptproblem im Betrieb. Wenn der Strahlorbit in der Wechselwirkungszone bestmöglich justiert ist, repräsentiert die Streuung des Protonenstrahls an den Restgasmolekülen die Hauptquelle des Detektoruntergrundes. Mittlerweile wurde die räumliche Quellverteilung auf den Bereich vom Wechselwirkungspunkt bis etwa 11 m Abstand auf der rechten Seite des Detektors eingegrenzt. In einer längeren Betriebsunterbrechung wurden mehrere Veränderungen am Vakuumsystem vorgenommen, um die Vakuumbedingungen in dieser Region zu verbessern. Dazu gehörten Modifikationen der Absorber 1 und 2 mit dem Ziel, die Pumpquerschnitte zu vergrößern, ohne dabei die HF-technischen Eigenschaften dieser Komponenten wesentlich zu verschlechtern. Weiterhin wurden die angeschlossenen Pumpen durch andere Modelle mit höherer Pumpleistung ersetzt. Da die neuen Pumpen wesentlich mehr Platz beanspruchen, mussten Gestelle und Halterungen in der Umgebung aufwändig

modifiziert werden. Auf der linken Seite der Wechselwirkungszone wurde in einer für den von Elektronen/Positronen generierten Untergrund relevanten Strecke eine modifizierte Vakuumkammer mit integrierter NEG Pumpe installiert. Die wahrscheinlich wesentlichste Verbesserung erfolgte innerhalb des Detektorvakuumsystems unter Regie der Experimentegruppen und Mithilfe von MVA. Hier waren Masken eingebaut, die sich offenbar unter Einwirkung von strahlinduzierten Mikrowellen aufheizten und durch stark erhöhte Ausgasung den Vakuumdruck verschlechterten. Die Form und Kühlung dieser Masken wurden verbessert. Weiterhin erhielt H1 eine integrierte Ionengetterpumpe, wie sie bei ZEUS bereits existierte. Nach der Betriebsunterbrechung konnten die Vakuumbedingungen des Vorjahres relativ schnell wieder erreicht werden, und man kann erwarten, dass sie sich im Jahr 2004 durch Strahlkonditionierung weiter verbessern werden. Zum Jahreswechsel hatten die Experimente recht gute Untergrundbedingungen erreicht.

Eine andere mit HERA verbundene Aufgabe für MVA ist die weitere Entwicklung eines beschichteten Absorbers im Austausch für den gegenwärtig verwendeten Septumabsorber rechts vom Wechselwirkungspunkt. Die von Synchrotronstrahlung getroffenen Absorberflächen aus Kupfer sollen mit einer Schichtabfolge von 100 µm Silber und 15 µm Nickel beschichtet werden. Von dieser Beschichtung verspricht man sich eine Reduktion der rückgestreuten Synchrotronstrahlung um den Faktor 1.8. Die Beschichtung muss jedoch in der Lage sein, etwa 6 kW Strahlungsleistung mit hoher Leistungsdichte thermisch zerstörungsfrei zu transportieren. Im letzten Jahr war es trotz mehrerer Versuche nicht gelungen, eine Schichtabfolge zu erzeugen, die die notwendigen Lötgänge bei 820°C übersteht. Mit einem veränderten Verfahren, das eine 100 µm dicke Nickel-Sperrschicht enthält, scheint jetzt jedoch ein machbares Verfahren gefunden worden zu sein.

VUV-FEL

Die Beiträge von MVA zum Aufbau des VUV-FEL sind weit gefächert. Die Konstruktion und Fertigung zweier Vakuumabschnitte wurde von der Gruppe durchgeführt bzw. betreut. Das betrifft zum einen den relativ komplizierten Abschnitt des Bunchkompressors III (s. Abb. 109), der aus sehr breiten, flachen Edelstahl-

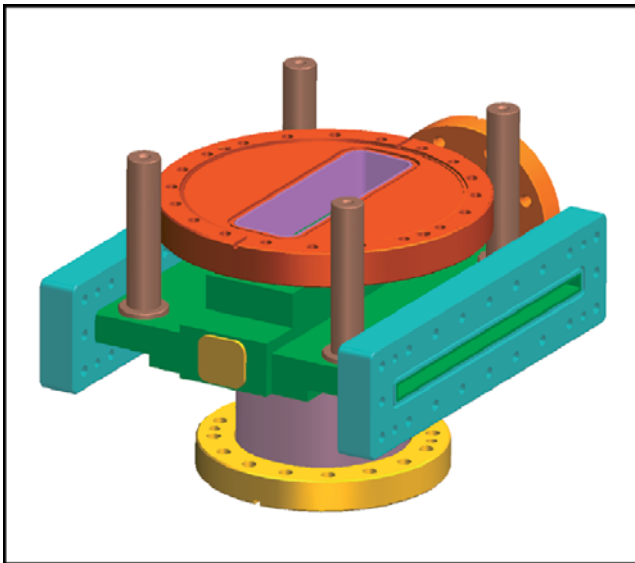


Abbildung 109: Komplexe Vakuumbaugruppe für die Installation eines OTR Schirms quer zum Strahlweg (flache Kammer) in der Sektion Bunchkompressor III.

kammern besteht, um horizontal variierende Strahlorbits bei verschiedenen Bunchkompressoreinstellungen zu erlauben. Weiterhin wurde der sogenannte Spektrometerarm am Ende des Beschleunigers bei MVA gefertigt. Die Konstruktionen für den VUV-FEL wurden erstmalig bei MVA ausschließlich mittels 3D-Modellierung durchgeführt. Beide Abschnitte sind zum Jahreswechsel erfolgreich und in funktionsfähigem Zustand installiert.

Ein weiteres Projekt beim VUV-FEL war die Herstellung von 1 m langen Keramikammern für Kicker-magnete, die von innen mit einer 0.5 μm dünnen Stahlschicht in einer speziellen Apparatur besputtert wurden. Mit der gleichen Apparatur wurden ca. 50 Vakuumkammern für Strahlpositionsmonitore mit Kupfer besputtert. Diese Beschichtung ist notwendig, um die physikalischen Eigenschaften der sehr kurzen Strahlpakete nicht durch schlechte elektrische Leitfähigkeit der Kammerwand zu beeinträchtigen. Alle besputterten Komponenten durchlaufen die übliche Reinraum-prozedur und müssen staubfrei eingebaut werden. Nach anfänglichen Schwierigkeiten mit der Haftung der gesputterten Schichten konnte das Verfahren durch Vor- und Nachbehandlung der zu beschichtenden Flächen so verbessert werden, dass die Staubbefreiheit nunmehr sicher gewährleistet werden kann.

Weiterhin wurde eine Probenbeschussanlage zur Untersuchung von Schirm- und Kollimatormaterialien fertiggestellt und in den Bypass eingebaut. Eine wichtige Messgröße für die Probenbeschussanlage ist die Strahlgröße an der Probe. Zur Bestimmung dieser Strahlgröße wurde ein Schirm eingebaut, der die Beobachtung optischer Übergangsstrahlung beim Durchtritt des Strahles ermöglicht. Dieses Messsystem wurde im Rahmen einer Kollaboration vom Paul Scherrer Institut zur Verfügung gestellt.

Die beim VUV-FEL und am Teststand PITZ in Zeuthen eingesetzten HF-Kanonen werden bei MVA gefertigt. Entscheidend sind dabei hohe Maßhaltigkeit und sehr gute Oberflächenqualität, um Feldemission zu minimieren. Als Fügetechnik wird Hochtemperaturlöten eingesetzt. Die Konstruktion der Kanone (Abb. 110) wurde 2003 erneut leicht überarbeitet. Eine modifizierte Kanone wurde bei PITZ eingebaut, und die vorher bei PITZ mit sehr guten Ergebnissen getestete Kanone wird nunmehr beim VUV-FEL verwendet.

Es ist geplant, beim VUV-FEL eine transversal ablenkende Beschleunigungsstruktur für Diagnosezwecke in Betrieb zu nehmen. Dafür wurden etwa 65 m vakuumdichte S-Band Hohlleiter benötigt. Diese wurden bei MVA in Längen bis zu 3.6 m gefertigt, wobei die Verbindungsflansche induktiv mit den Kupferprofilen verlötet wurden.

Entwicklungsarbeiten für TESLA und XFEL

An der Elektronenstrahlschweißanlage, die von MVA gemeinsam mit MKS und ZM betrieben wird, wurden weitere Versuche zur Optimierung der Schweißparameter beim Schweißen der TESLA Beschleunigerstrukturen aus Niob durchgeführt. Eine herausragende Eigenschaft der Schweißanlage sind die guten Vakuumbedingungen, die durch hohe Sauberkeitsanforderungen sowie durch den Einsatz besonders leistungsfähiger Kryopumpen erzielt werden. Wird das Niob während des Schweißens auf hohe Temperaturen gebracht, entsteht eine starke Getterwirkung, wobei Restgasmoleküle im Niob gebunden werden. Diese Verunreinigungen führen zu einer Herabsetzung der Wärmeleitfähigkeit, die über das Restwiderstandsverhältnis, den sogenannten RRR Wert, diagnostiziert wird. In der Praxis werden beim Schweißen Drücke im Bereich

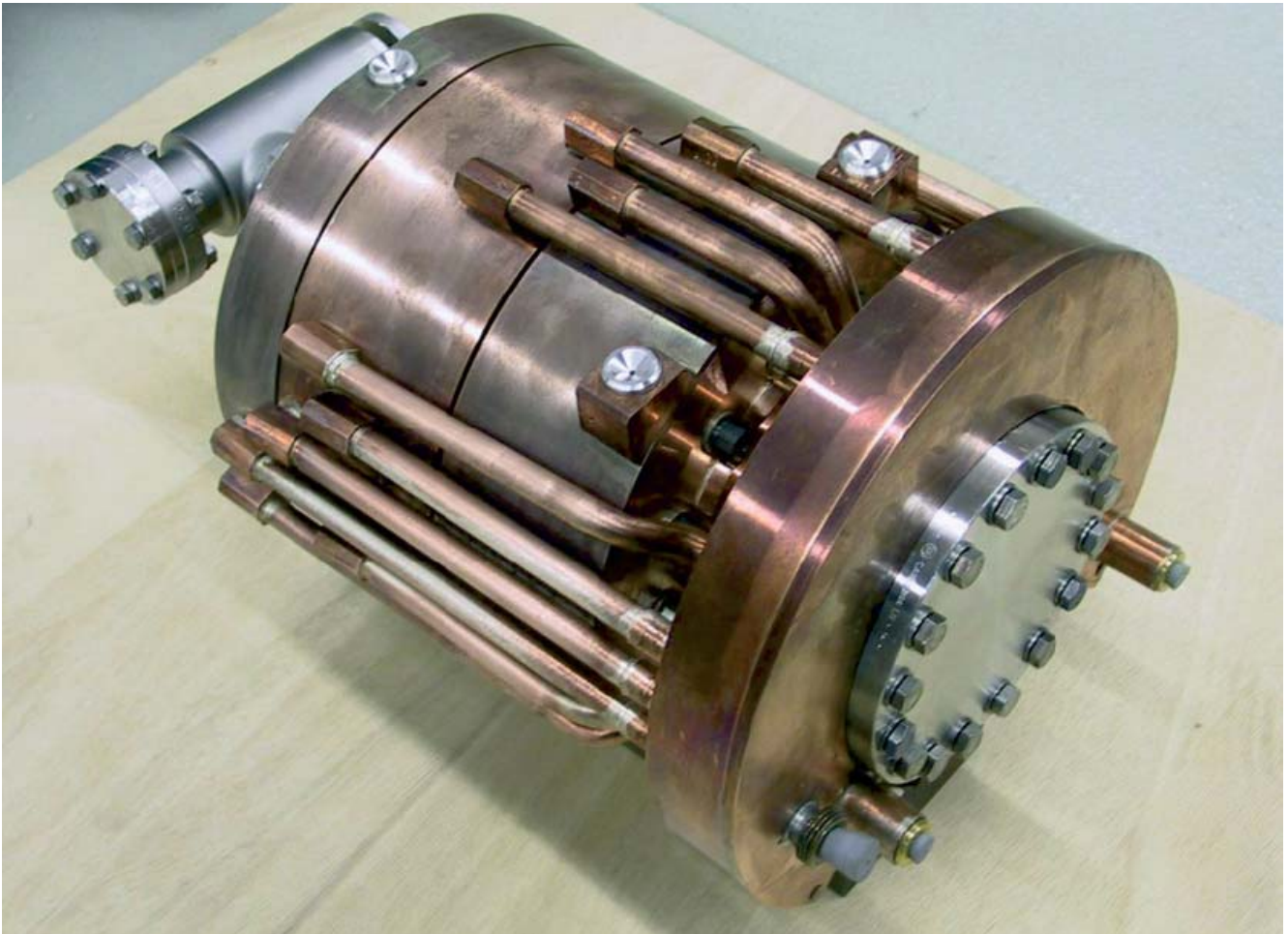


Abbildung 110: L-Band HF Kanone für den VUV FEL. Deutlich zu erkennen ist die aufwändige Verteilung der Wasserkühlung, die für die Temperaturstabilität der Kanone sehr wichtig ist.

10^{-6} .. 10^{-7} mbar erreicht. Es konnte festgestellt werden, dass der RRR Wert in den Schweißnähten bis zu 370 beträgt, während in herkömmlichen Schweißanlagen nur 250 erreicht wurde.

Glatte Oberflächen mit guter elektrischer Leitfähigkeit werden in vielen XFEL Vakuumkomponenten benötigt. Die Eindringtiefe der begleitenden elektromagnetischen Felder von kurzen Teilchenpaketen bewegt sich im sub- μm Bereich. Im Hinblick auf die wegen ihres kleinen Durchmessers besonders kritischen Wigglerkammern wurden verschiedene dünnwandige Kupferrohre mit einem Rasterkraftmikroskop auf ihre Oberflächenrauigkeit untersucht. Es zeigt sich, dass mit besonders glatten und harten Ziehwerkzeugen Rauigkeiten

unter 100 nm in Rohren mit einem Durchmesser von 9 mm erzielt werden können. Diese Rohre scheinen daher geeignete Kandidaten für die XFEL Wigglerkammern zu sein. Die geringe Wandstärke von nur 0.2 mm erlaubt es, den Magnetspalt weiter zu reduzieren.

Weitere betreute Beschleuniger

Bei DORIS wurden drei neue Injektionskicker, die unter Mitarbeit von MVA gefertigt wurden, eingebaut. Für den LINAC II wurden zwei neue S-Band Strukturen gefertigt sowie 4 dieser Strukturen im Linac ausgetauscht. Diese Strukturen waren im Rahmen des S-Band Linear Collider Projektes entwickelt worden. Sie bestehen aus

156 Zellen mit jeweils verschiedenen Dimensionen und sind ca. 5 m lang. Die Herstellungstechnik zeichnet sich durch ein induktives Lötverfahren aus.

Bei PETRA wurde eine spezielle, bei MVA gefertigte, Vakuumkammer eingebaut, die die Wechselwirkung eines Laserstrahls mit dem gespeicherten Elektronenstrahl erlaubt. Durch Messung der rückgestreuten Photonen und seitliches Scannen der Laserposition kann mit dieser auch Laserwire genannten Anordnung das Strahlprofil gemessen werden. Diese Aktivität wurde unter Federführung englischer Kollegen als Vorbereitungsarbeit im Rahmen der TESLA Kollaboration durchgeführt.

Für den geplanten Umbau von PETRA zur Synchrotronstrahlungsquelle PETRA III wurde mit konzeptionellen Überlegungen begonnen. Das gesamte Vakuumsystem der Maschine mit einer Länge von ca. 2.4 km muss neu konstruiert und gefertigt werden. Ein Achtel des Beschleunigers wird mit Undulatoren zur Erzeugung hochbrillanter Synchrotronstrahlung ausgestattet. Die kritischste Problematik bei der Konzeption des Vakuumsystems liegt neben der Erzielung eines guten Drucks darin, eine möglichst hohe mechanische Stabilität der Vakuumkomponenten zu erreichen. Bewegungen der Vakuumkomponenten, etwa durch thermische Einflüsse, wirken sich auf die genauen Positionen von BPM's und Quadrupolmagneten aus, was wiederum zu Strahlbewegungen führt. Schon kleinste Winkeländerungen des Teilchenstrahls sind jedoch für die Experimente problematisch, da der große Abstand zwischen Undulator und Experiment zu einem langen Hebelarm führt. Intensive Überlegungen werden daher zur thermischen Konstanz der Vakuumkammern sowie zur bewegungsfreien Unterstützung der Strahlpositionsmontoren angestellt. Es wird beabsichtigt, im neuen Achtel von PETRA eine Kombination aus Edelstahlkammern und lokalisierten Kupferabsorbern zu verwenden. Gepumpt wird das System durch verteilte NEG-Pumpen und lokale Ionen-Getterpumpen, wobei speziell in den engen Undulatorkammern eine NEG-Oberflächenbeschichtung eingesetzt werden soll. In den anderen Bogenabschnitten wird ein gezogenes Aluminiumprofil verwendet, das einen verteilten Absorber enthält und mit NEG Streifen gepumpt wird. Alle Überlegungen befinden sich Ende 2003 noch im konzeptionellen Stadium. Es wurden mit Elektronenbombardement simulierte Desorptionsmessungen an den verwen-

deten Materialien Aluminium, Kupfer und Edelstahl durchgeführt, wobei keine signifikanten Nachteile von Aluminium sichtbar wurden. Weitere Versuche wurden zur thermischen Verformung der Aluminiumprofile durch die erwartete Wärmebelastung gemacht. Es wird angestrebt, 2004 einige Prototypkammern bei PETRA zu testen.

Im Jahr 2003 wurde erstmals die gesamte Produktion von Strahlbeobachtungsschirmen bei MVA durchgeführt. Dünne Trägerfolien aus Aluminium, Stahl oder Glas werden mit einer lumineszierenden Schicht aus Zinksulfid oder neuerdings YAG-Material beschichtet. Beim Durchtritt des Strahls kann dessen Abbild mit einer Kamera beobachtet werden. Im Berichtsjahr wurden ca. 50 Schirme für die DESY-Beschleuniger, insbesondere TTF-Linac und PIZ sowie HASYLAB, als auch für externe Kollaboranten in den USA und Italien hergestellt. Eine ähnlich gelagerte Aktivität ist die Entwicklung, Fertigung und Betreuung von Strahlkollimatoren für alle DESY-Beschleuniger. In der HERA-Wechselwirkungszone wurden feste Kollimatoren durch motorbetriebene, justierbare Geräte ersetzt. Durch den gewonnenen Freiheitsgrad der Kollimatorposition kann nunmehr ein bestimmter, durch Synchrotronstrahlung generierter Untergrund unabhängig von der Strahlposition beeinflusst werden.

Protonenvakuum – MVP –

Die Gruppe MVP ist für die Vakuumsysteme des Protonenrings von HERA einschließlich der Isoliervakuumsysteme für die Heliumtransferleitung und die supraleitenden Magnete sowie die Vakuumsysteme von DESY III und der TESLA-Test-Facility (TTF) verantwortlich. Diese werden von der Gruppe entworfen, gebaut, betrieben und weiterentwickelt. Weiterhin ist die Gruppe maßgeblich an der Entwicklung und dem Betrieb des Kontrollsystems für den TTF-Linearbeschleuniger beteiligt. Mit vorbereitenden Arbeiten für die Vakuum- und Kontrollsysteme des XFEL wurde begonnen. Im Berichtsjahr 2003 bereitete der Betrieb dieser Systeme keinerlei Probleme. Neben einigen Umbauarbeiten bei HERA konzentrierten sich die Aufgaben der Gruppe vor allem auf die Weiterentwicklung und den Ausbau der Vakuum- und Kontrollsysteme für den VUV-FEL sowie diverse Wartungs- und Reparaturarbeiten.

HERA

Um einen weiteren Detektor für das H1-Experiment in HERA zu integrieren, der gestreute Teilchen unter sehr kleinen Winkeln messen kann (Very Forward Proton Spectrometer/VFPS), wurden in der Wartungs- und Umbauphase im Frühjahr 2003 im Bereich NL einige Meter kalte Driftstrecke durch ein warmes Strahlrohr ersetzt. Durch zwei zusätzliche Vakuumventile kann dieser neue warme Abschnitt von den angrenzenden kalten Abschnitten separiert werden. Weiter wurde der Einbau eines Monitors zur Messung der Strahlgröße unterstützt.

Vakuumsysteme für TTF, XFEL und TESLA

Die Gruppe ist für die gesamten Vakuumsysteme der Testeinrichtungen und des supraleitenden TTF-Linearbeschleunigers von der Elektronenquelle bis zum Beginn der Photonenstrahlführung verantwortlich. Im Rahmen der Entwicklungsarbeiten für neue Linearbeschleuniger (XFEL/TESLA) ist die Gruppe mit verschiedenen Einrichtungen in den Testbetrieb der supraleitenden Resonatoren eingebunden. Hier wurden weitere Verbesserungen und Erweiterungen an den Vakuumsystemen vorgenommen, um die Abläufe zu optimieren und den neuesten Erkenntnissen anzupassen. Insbesondere wurden zwei weitere Aufbauten zum Ausheizen der Resonatoren unter Vakuum nach der Präparation angefertigt.

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 wurde die Inbetriebnahme einer neuen Ultraschallreinigungsanlage (Abb. 111) für Ultrahochvakuumkomponenten, eine Zusammenarbeit der Vakuumgruppe vom HASYLAB und MVP, abgeschlossen. Zur Reinigung von Vakuumbauteilen bis 5 m Länge steht nun ein Reinraum (Klasse 100/10 000) mit zwei Ultraschallbecken, einem Leitwertspülbecken, einem Trockner sowie einer Durchreichewaschmaschine für kleinere Bauteile zur Verfügung. Für sämtliche Nassprozesse wird Reinstwasser verwendet, das vor Ort erzeugt wird und in einem Tank zwischengespeichert werden kann. Ergänzt wird dieser Arbeitsbereich durch einen Montagetisch in der



Abbildung 111: Blick in die neue Ultraschallreinigungsanlage mit Ultraschallbecken, Leitwertspülbecken, Trockner und Montagebereich (von links nach rechts).

Klasse 100 sowie einen ölfreien Pumpstand mit Lecksucher und Quadrupolmassenspektrometer. Für ein effizientes Arbeiten haben sich sowohl der Trockner in der Klasse 100 sowie die Durchreichewaschmaschine bewährt. Hierdurch konnten die Arbeitsabläufe im Vergleich zu denen, die in der Anlage für die Bearbeitung der supraleitenden Resonatoren angewendet werden, deutlich verkürzt werden.

Für den derzeit stattfindenden Ausbau des supraleitenden TTF-Beschleunigers werden überwiegend Vakuumkammern mit Kupferoberflächen (Vollkupfer oder verkupferter Edelstahl) eingesetzt. Hierdurch wird die elektrische Leitfähigkeit der Strahlrohre gegenüber Edelstahl erhöht und somit der Einfluss der resistiven Wakefelder auf die sehr kurzen Elektronenstrahlpakete minimiert. Auf diesen Oberflächen können sich leicht Oxidschichten bilden, vor allem bei Nassprozessen wie z. B. der Leitwertspülung. Daher wurde für diese Kammern der Reinigungsablauf im Reinraum so optimiert, dass die Dicke der Oxidschichten unterhalb der geforderten 40 nm bleibt.

Für den Ausbau des TTF-Beschleunigers zum VUV-FEL wurden nach dem Abbau des gesamten warmen Strahlrohrs der Phase I für einen ersten HF-Test ohne Strahl zunächst drei neue Module im Linac installiert und deren Vakuumsysteme betriebsfertig gemacht. Pa-

rallel wurde mit den vorbereitenden Arbeiten für den Aufbau der neuen Vakuumabschnitte für den VUV-FEL begonnen. Hierzu wurden sämtliche Vakuumkomponenten einem abschließenden Lecktest unterzogen und dann in der oben beschriebenen Reinigungsanlage so weit wie möglich von Staub und Partikeln gereinigt. Komplexere Einheiten wie Monitore wurden bereits im Reinraum vormontiert.

Im Berichtszeitraum 2003 wurde die Detailkonstruktion der kompakten Abschnitte Injektor, Bunchkompressor II sowie zugehöriger Diagnosestrecke abgeschlossen und die Fertigung der Komponenten durchgeführt. Der Einbau von vormontierten Einheiten in den Beschleuniger steht kurz bevor. Ebenso wurde die Fertigung der Vakuumkammern für die temporären Strahlführungen im Bereich der erst später zu installierenden Seeding-Undulatoren sowie der Module 6 und 7 abgeschlossen. Die Konstruktions- und Fertigungsarbeiten von mehreren Beschleunigerabschnitten durch andere Gruppen in DESY Hamburg und Zeuthen wurden weiterhin vakuumtechnisch durch MVP betreut.

Die Fertigung der Vakuumkammern für die kombinierten OTR-Drahtscanner, bei der die OTR-Schirme bzw. Drähte von zwei verschiedenen Positionen aus im Abstand von wenigen Millimetern in den Strahl gefahren werden müssen, wurde ebenfalls abgeschlossen. Die Kammern, eine Schweiß-Löt konstruktion, wurden nach der Reinigung von Mitarbeitern des INFN Frascati mit den Monitoreinsätzen im Reinraum mit Unterstützung der Gruppe MVP bestückt. Ebenso wurde die Reinigung und Montage von anderen Monitoreinheiten unterstützt.

Für Komponenten, bei denen eine abschließende Partikelreinigung konstruktionsbedingt nicht zuverlässig durchgeführt werden konnte, wurde die Partikelreinigung in den Fertigungsablauf integriert. Hierzu wurde in der zentralen Schweißerei ein lokaler Reinraum mit Schweißplatz aufgebaut, so dass die abschließende Schweißung der gereinigten Bauteile unter Reinraumbedingungen ohne erneuten Partikeleintrag durchgeführt werden konnte. Dieses Verfahren wurde unter anderem bei den Kollimatoren sowie den Strahlmonitoren angewendet.

Um die Staubfreiheit der Vakuumkomponenten auch im Beschleuniger zu erhalten, erfolgt der Einbau der

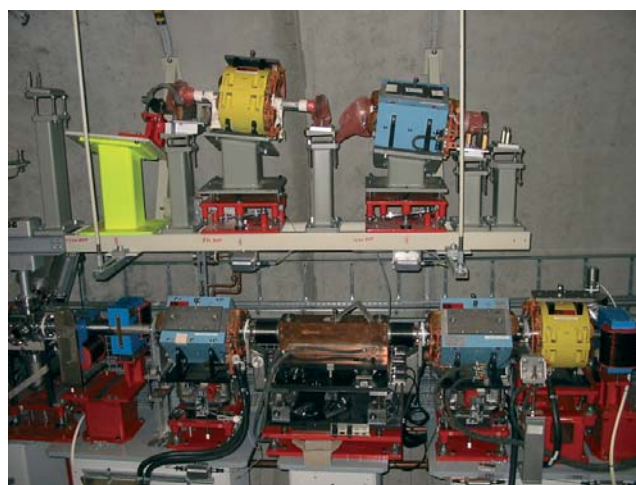


Abbildung 112: Aufbau der neuen Strahlführung im Linac des VUV-FEL - unten: montierter Abschnitt der Kollimatorstrecke, oben: teilmontierte Komponenten im aufsteigenden Ast des Bypasses.

Kammern in den Linac unter lokalen Reinräumen (Klasse 100). Die Montagearbeiten mehrerer Vakuumabschnitte wurden im Berichtszeitraum bereits abgeschlossen, die verbleibenden Abschnitte befinden sich derzeit im Aufbau (Abb. 112). So konnte z. B. bereits mit dem Konditionieren der Kupferstruktur zur Bunchlängenmessung (LOLA) begonnen werden, nachdem der entsprechende Vakuumabschnitt sowie der 80 m lange Hohlleiterzug aufgebaut und abgepumpt waren. Weitergehende Arbeiten wie der Anschluss und die Inbetriebnahme der Vakuumpumpen sowie deren Anbindung an das Kontrollsystem sind weit fortgeschritten.

Kontrollsysteme für TTF, XFEL und TESLA

Zur Vorbereitung auf die nächste Betriebsphase des TTF-Linac wurden in dem Berichtszeitraum eine ganze Reihe von Verbesserungen und Anpassungen vorgenommen. So konnte eine kommerzielle Speicher-Programmierbare-Steuerung (SPS) mit einer modernen Ethernet-Kommunikation für das Klystron zur Bunchlängenmessung (LOLA) vollständig in das Kontrollsystem integriert werden. Darüber hinaus wurden auch Steuerungen der Wasserversorgung und der Strahlventilsteuerung mit der neuen TCP/IP-Kommunikation in Betrieb genommen. Bei den bisherigen Steuerungen wurde die Kommunikation über Profibus durchgeführt.

Nach den ersten Erfahrungen mit dieser neuen Ethernet-Verbindung zeigt sich, dass sie für zukünftige Anlagen preiswerter und einfacher zu handhaben und daher besser geeignet ist. Künftig soll auch das Maschinen-Interlock-System auf diese Weise an das DOOCS-Kontrollsystem angeschlossen werden. Für dieses System zur Überwachung der einwandfreien Funktion des TTF Beschleunigers und für die neue Steuerung der Vakuumventile des Strahlweges wurden die Entwicklungsarbeiten begonnen. Beide Systeme sind ebenfalls SPS basiert.

Die ca. 100 Motorsteuerungen der Schirme im Strahlrohr, der verfahrbaren Quadrupole und Kollimatoren sowie der Spiegelsteuerung der Laserstrahlführung für den VUV-FEL werden einheitlich mit einem neuen System aufgebaut. Ein Teil der Steuerungen sowie eine erste Version der Software zur Motorsteuerung und Positionsauslese konnten fertig gestellt werden. Dieses neue System basiert auf dem CAN-Bus und verwendet industrielle Module zur Schrittmotorsteuerung und LVDT bzw. Potentiometerauslese.

Um die Betreiber des Beschleunigers einfacher über den Fehlerzustand der Anlagen zu informieren, wurde ein neues System zum Alarm- und Informationsmanagement entwickelt und als erster Prototyp in den Testbetrieb genommen. Hierfür versendet das System auf der Geräteserverseite XML-Nachrichten an eine zentrale Datenbasis. Benutzer erhalten die Übersicht aller Subsysteme auf einer JAVA-Anwendung oder auf einem Web-Browser. Es werden neben dem aktuellen Alarmzustand auch die Geschichte der Alarme sowie weitere Geräteinformationen angezeigt. Das verwendete DOOCS-Kontrollsystem basiert stark auf gemeinsamen Programmbibliotheken. Diese wurden um parallel laufende Prozesse (sogenanntes Multi-Threading) auch auf der Anwendungsseite erweitert. Ältere Listenverarbeitung wurde auf die C++ Standard Library umgestellt, um leichter moderne Compiler auf verschiedenen Plattformen verwenden zu können.

In dem Berichtszeitraum wurde auch an dem neuen Datennahme-System für den VUV-FEL gearbeitet. Das System verbindet das Beschleunigerkontrollsystem mit den Eigenschaften eines Experimentedatennahmesystems. Es soll mit Datenraten von 100 MB pro Sekunde alle diagnostischen Daten zur Beurteilung der Strahlqualität sammeln und für lange Zeit speichern. Die Daten sollen zur on-line Darstellung und zur nachträglichen

Analyse bereitgestellt werden. Dieses sogenannte DAQ-System wird als Kollaboration mit Cornell, der Ohio State Universität sowie DESY Zeuthen und einem Experten von HERA-B entwickelt. Für das Projekt ist eine Web-Site (gan.desy.de) eingerichtet worden, auf der alle Dokumente und Spezifikationen abrufbar sind. Die vorläufigen Papiere sind jedoch nur für die Mitglieder der Kollaboration zugänglich. Die Web-Site ist auch als generelle Informationsquelle für die Aktivitäten zum Global Accelerator Network eingerichtet. Ein Ziel dieses Projektes ist es, auch Erfahrungen mit kollaborativer Arbeit (collaborative work) und entsprechenden Werkzeugen zu sammeln. Die Spezifikation des DAQ-Systems ist abgeschlossen und in über 60 Beiträgen dokumentiert. Erste Teile des Systems konnten auf einem Testrechner bereits erprobt werden.

Auf der beschriebenen DAQ Web-Site wird auch das von MVP entwickelte elektronische Logbuch verwendet. Dieses eLogBook wurde weiterentwickelt und wird bei DESY nach dem erfolgreichen Einsatz beim TTF-Linac inzwischen auch bei allen anderen Beschleunigern und in mehreren Gruppen eingesetzt. Mittlerweile wird es auch in anderen Instituten zur Dokumentation von Messungen, Betriebszuständen und Abläufen eingesetzt, zum Beispiel bei allen Beschleunigern im SLAC (USA) und auch beim INFN Mailand (Italien). Die Gesamtzahl der installierten Logbücher liegt bei über 30. Das elektronische Logbuch hat sich als ein gutes Werkzeug für „kollaboratives“ Arbeiten herausgestellt. Darüber hinaus wurde auch das „VRVS“-Video-Konferenz-System installiert und ist in den Kollaborationstreffen im Einsatz. Die Dokumente auf den Konferenzen werden über einen Bildschirmserver (VNC) ausgetauscht und können damit auch weltweit gemeinsam bearbeitet werden. Ebenso ist die gemeinsam entwickelte Software über ein Verwaltungssystem (CVS) verfügbar.

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 Kavitäten des e-Ringes und der Experimente H1, ZEUS und HERMES liefen im Berichtszeitraum sehr stabil mit einer mittleren Verfügbarkeit von 97.60%. Dabei wurden die Protonenringmagnete und die Luminositäts-Upgrade-Magnete im abgesenkten Temperaturbereich 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 benötigte Kühlleistung für die Luminositäts-Upgrade-Magnete konnte mit Hilfe der Zirkulationskühlkreisläufe in den jeweiligen Versorgungsboxen sehr wirtschaftlich betrieben werden. Die verwendeten Zirkulationspumpen zeigten keine Ausfälle. Die Strahlrohre der Magnete GO und GG wurden wiederholt in wenigen Stunden von der normalen Betriebstemperatur (40 K) ausgehend auf Raumtemperatur erwärmt und wieder zurückgekühlt, um die als Kryo-Vakuumpumpe wirkenden Strahlrohroberflächen zu regenerieren.

Die Magnetfeldmesssysteme in den Referenzmagneten konnten ohne nennenswerte Störungen betrieben werden. Detaillierte Untersuchungen an der Signalqualität der NMR Signale sind durchgeführt worden. Zur Gewährleistung der Betriebsbereitschaft der Magnetteststände für supraleitende Magnete in Halle 55 wurde die Datenerfassungs- und Analysesoftware ersetzt und auf PCs neu realisiert. Das zum Schutz der Magnete bei hohem Strom notwendige Quench-Überwachungssystem wird zur Zeit modernisiert. Dazu waren umfangreiche Vorarbeiten notwendig.

In der geplanten HERA-Wartungsperiode von März bis Juni 2003 wurden die Protonenringmagnete, die Referenzmagnete, die supraleitenden Luminositäts-Upgrade Magnete GO und GG an den Wechselwirkungszonen, die Experimente H1, ZEUS, Hermes und die supraleitenden Resonatoren des Elektron-Ringes aufgewärmt. Es wurden folgende Arbeiten ausgeführt: Der GG Magnet bei H1 wurde um ca. 50 cm zeitweilig abgesenkt, um Zugang zum Inneren des Strahlrohres an der Wechselwirkungszone zu bekommen. Dabei mussten keine kryogenischen Verbindungen gelöst oder geöffnet werden. Die bereits bei der Planung konzipierte flexible kryogenische Verbindung zu den Magneten zusammen mit den absenkbaren Magnetunterstützungen hat sich bestens bewährt. Bei ZEUS mussten sowohl der GG- als auch der GO-Magnet ausgebaut werden, um Ar-



Abbildung 113: *Transport der H1 VFPS-Bypass Transferleitung an die HERA Tunnelposition NL 220 m.*

beiten am Strahlrohr und im Zentralbereich des Detektors zu ermöglichen. Dazu mussten nach Wiedereinbau sowohl alle Lötverbindungen der supraleitenden Kabel wiederhergestellt werden als auch die Flanschverbindungen der kryogenischen Versorgung einem erneuten Druck- und Leck-Test unterzogen werden. Die schwierigen Montagearbeiten konnten auf Anhieb erfolgreich erledigt werden.

An der Position HERA-NL 220 m wurde die vorhandene Transferleitung („kaltes gerades Stück“) demonstert und auf der gleichen Position der kalte Bypass für das von H1 in HERA-NL konzipierte Very-Forward-Proton-Spektrometer (VFPS) eingebaut und erfolgreich in Betrieb genommen (Abb. 113). Im Rahmen der Tunnelmontage mussten u. a. komplizierte Leiterverbindungen zu den supraleitenden Protonenmagneten auf beiden Seiten des Bypasses hergestellt werden. Der kalte Bypass wurde im Auftrag der H1 Kollaboration von Fremdfirmen konstruiert und gefertigt und von der Gruppe MKS vor dem Einbau in HERA in der Magnet-Testhalle in dem eigens dafür umgebauten Teststand kalt getestet.

Es wurden vorsorglich alle Abstützungen im Innern der 24 kalten geraden Verbindungsstücke in HERA mit einer Röntgenquelle durchleuchtet. Damit konnten mögliche Dejustierungen und Materialbrüche, wie sie bei einem kalten geraden Stück in HERA-SR im Jahre 2002 aufgetreten waren, ausgeschlossen werden.

Die Kryoversorgung des VUV-FEL-Linacs wurde während einer Betriebsperiode von drei Monaten von der HERA-Kälteanlage aus durchgeführt und vom HERA-Kryokontrollraum aus betrieben und kontrolliert.

Der ehemalige ZEUS-Kompensatormagnet, der in der HERA Kältehalle zum Teststand für Time-Projection-Chamber-Prototypen aufgebaut und in Betrieb genommen wurde, wurde übers Jahr kryogenisch versorgt und vom Kryokontrollraum aus betrieben und überwacht.

Für HASYLAB und die Labors wurden im Jahre 2003 in der HERA-Kryoanlage insgesamt 2340 kg Helium verflüssigt und in Kannen bereitgestellt.

Die HERA Kälteanlage war ein viel besuchter, zentraler Anlaufpunkt und Ausstellungsort für die Öffentlichkeit am diesjährigen Tag der offenen Tür.

HERA-Kryokontrollen

Nach umfangreichen Vorarbeiten konnte das Kontrollsystem der HERA-Kälteanlage, dessen Systemzeit noch im Jahre 1999 lief, termingerecht auf neueste Technik umgerüstet werden. Damit gehören eine Vielzahl von Problemen (Jahr-2000-Eignung, Ersatzteilprobleme für den Kommunikationslink, eingeschränkte Unterstützung für das Betriebssystem VMS) der Vergangenheit an. Die Bedienkonsolen (Abb. 114) bestehen aus DESY Standard-PCs mit dem Betriebssystem Windows-2000. Redundante Ethernet-Verbindungen zwischen den Bedienstationen und den Prozessrechnern sorgen für die erforderliche Ausfallsicherheit für die sensiblen Kontrollen der Kompressoren und Turbinen der Kälteanlage. Die veralteten CPU-Boards wurden durch schnellere Versionen ersetzt. Die Stromversorgung wurde von einer speziellen 48-V-Versorgung auf eine batteriegestützte, redundante 230-V-Versorgung umgerüstet. Neue Techniken wie z. B. OPC ermöglichen den Datenaustausch mit den auf EPICS basierenden Kontrollen. Der Einsatz von Microsoft Terminal-Server Lösungen ermöglicht die verteilte Wartung des Kontrollsystems durch den Zugriff über die lokalen Bedienstationen.

TESLA Test Facility/VUV-FEL-Linac

Im Jahre 2003 wurden zwei Kryomodule für den Einsatz im VUV-FEL Beschleuniger repariert beziehungsweise mit neuen Resonatoren bestückt. An den Re-



Abbildung 114: Bedienkonsolen des Kontrollsystems der HERA-Kälteanlage.

sonatoren des Moduls Nr. 3* wurden Kupferablagerungen im Bereich der Einkoppler festgestellt, die Begrenzungen der Beschleunigungsfeldstärken während des Strahlbetriebs verursacht hatten. Eine Reparaturbehandlung mittels partieller chemischer Behandlung wurde entwickelt und erfolgreich an den 8 Resonatoren dieses Moduls angewandt. Im Modul Nr. 2* wurden die noch mit Nioblippendichtungen versehenen Resonatoren durch solche der zweiten Bauserie mit Niobitanflanschen ersetzt. Bei diesem Modul sind die individuellen Beschleunigungsspannungen der Resonatoren ermittelt und den Einbaupositionen eindeutig zugeordnet worden, um die Anforderungen der Strahldynamik als Injektormodul an der Position ACC1 zu erfüllen. Zudem ist in diesem Modul an der Resonator-Position 5 erstmals ein Hochgradienten-Resonator mit 35 MV/m Beschleunigungsspannung integriert. Während des Betriebes im VUV-FEL Linac besteht damit die Möglichkeit, die hohe Beschleunigungsspannung mit Strahl zu verifizieren und den Einfluss des Strahlbetriebs auf Hochgradienten Oberflächen zu untersuchen.

Mit dem Einbringen der Kryomodule Nr. 4 (Position ACC4) und Nr. 5 (Position ACC5), sowie der Bypass-transferleitung II in den TTF-Tunnel wurde begonnen, den VUV-FEL Linac (Phase II) aufzubauen. Die Bypass-transferleitung II überbrückt den 24.4 m langen Bereich des Bunchkompressors III zwischen den Kryomodulen Nr. 3* (Position ACC3) und Nr. 4 (Position ACC4). Als Abschluss der kryogenischen Struktur im Linac wurde hinter Kryomodul Nr. 5 eine neue Endkappe mit Kurzschlüssen der kryogenischen Prozess-



Abbildung 115: *Installation des Kryomoduls Nr. 3* im TTF-Tunnel.*

leitungen installiert. Das Kryomodul Nr. 3* wurde neu aufgebaut und im TTF-Tunnel installiert (Abb. 115).

Mit diesen Komponenten wurde der Linac kaltgefahren, und es wurden während eines Betriebes von 3 Monaten Hochfrequenztests an den Modulen Nr. 4 und Nr. 5 durchgeführt. Dies war der erste Systemtest des neuen Kryomoduldesigns der Module Nr. 4 und Nr. 5 („TTF-Typ-III-Design“). Gegenüber den Vorgängerversionen wurde an diesen Kryomodulen u. a. die Aufhängung der supraleitenden Niob-Kavitäten und der Hauptkoppler verbessert und vereinfacht. Während des Abkühlens und Aufwärmens wurde die Position der Resonatoren in Bezug zum äußeren Vakuummantel mit einem Drahtmeßsystem („Wire-Position-Monitor“) kontrolliert. Die Lage der Hauptkoppler wurde im kalten und warmen Betriebszustand mittels Röntgen-Durchstahlungsuntersuchungen überprüft. Die Hochfrequenzuntersuchungen ergaben Beschleunigungsspannungen von mehr als 25 MV/m für Kryomodul Nr. 5. (Die Hochfrequenzuntersuchungen an Kryomodul Nr. 4 mussten aus Zeitgründen abgebrochen werden). Insgesamt zeigte sich mit den Untersuchungen ein voller Erfolg der Konstruktionsänderungen an den Modulen Nr. 4 und Nr. 5. Mit diesen Ergebnissen wurde das „TTF-Kryomodul-Typ-III-Design“ zur Basis der Spezifikationen für die Kryomodule des Europäischen XFEL Projektes.

Nach den genannten Hochfrequenztests wurde begonnen, den Injektorbereich des VUV-FEL-Linacs umzu-



Abbildung 116: *Kryogenische Komponenten im TTF-Tunnel.*

bauen. U. a. wird dazu die Position ACC1 des ersten Kryomoduls in die Nähe der Position des bisherigen Capture-Cavities verschoben, und der Capture-Cavity Kryostat entfernt. Im Rahmen dieser Umbauarbeiten wurden das Superstruktur-Kryomodul (alte ACC1 Position), Teile der Bypasstransferleitung I (zwischen ACC1 und ACC2), der Capture-Cavity Kryostat und die zugehörigen Transferleitungen, Einspeise- und Ventilboxen demontiert. Die für die neuen Injektorpositionen angepassten kryogenischen Komponenten (Transferleitungen, Ventilboxen und eine Einspeiseverbindung) wurden von einer Fremdfirma konstruiert, gefertigt und bis zum Jahresende 2003 im TTF-Tunnel installiert (Abb. 116). Die Endbox am Ende der neuen Modulposition ACC1 wurde neu aufgebaut. Für die Montage des Kryomoduls 2* (Design-Typ-II-Modul) wurden vorbereitenden Arbeiten durchgeführt. Mit der Installation des Kryomoduls Nr. 2* auf die neue ACC1 Position werden die MKS-Installationsarbeiten für Phase II des VUV-FEL Projektes abgeschlossen.

Eine Bewegung der Fokussierungsmagnete in den Kryomodulen hat Rückwirkungen auf die Eigenschaften des Elektronstrahls. Um die Bewegung der Magnete zu untersuchen, wurden in den Modulen an jedem Quadrupol Schwingungssensoren angebracht. Die Daten werden in einem Datenerfassungssystem mit hoher Zeitauflösung in einem neu eingerichteten PC-Server aufgezeichnet und stehen dann für die Analyse zur Verfügung.

In den vertikalen und horizontalen Testkryostaten (CHECHIA) wurden im Jahr 2003 zahlreiche Kalttests von Einzelresonatoren und Systemkomponenten durchgeführt: u. a. wurden Hochtemperatur-Supraleiter-Stromzuführungen und Kryostatdurchführungen der für die XFEL Kryomodule benötigten supraleitenden Magnetpakete getestet. Für die Weiterentwicklung schneller Resonator-Abstimmssysteme („Piezo-Tuner“) mit den zugehörigen Kraftmesssensoren wurden zahlreiche Messungen vorgenommen. Hervorzuheben ist ein Langzeittest (1000 Stunden) des Einzelresonators AC73 bei 2 K und Feldgradienten im Bereich von 35 MV/m im horizontalen Testkryostaten.

Für den Betrieb der TTF-900-W-Heliumkälteanlage im Geb. 28 wurden zwei neue Schraubenkompressoren mit jeweils 3000 m³/h Heliumförderleistung bei einer Verdichtung von 0.1 auf 1.4 MPa von einer Fremdfirma geliefert, im Geb. 47a installiert und in Betrieb genommen. Damit wird eine von der Heliumkälteversorgung des VUV-FEL Linacs, die im Normalbetrieb an die HERA-Kälteanlage angebunden ist, unabhängige Versorgung der TTF-Testkryostate zum Test von Einzelresonatoren gewährleistet. Alternativ kann die TTF-900-W-Heliumkälteanlage auch zur redundanten Versorgung des VUV-FEL Linacs eingesetzt werden, um z. B. Wartungsperioden der HERA-Kälteanlage zu überbrücken.

In Gebäude 47 (PETRA-Halle NO) wurde die Cavity-Test-Anlage (CTA) für 36 Tests von einzelligen supraleitenden Resonatoren betrieben. Der wechselnde Betrieb der 300-att-CTA-Kälteanlage wurde routinemäßig von der HERA-Kryomannschaft durchgeführt. Bei der Cavity-Test-Anlage (CTA) wurde der Tieftemperaturreiniger neu aufgebaut, so dass nun die gesamte CTA-Kälteanlage vom Kontrollraum aus fernbedienbar ist.

TESLA-Test-Facility/VUV-FEL-Kryokontrollen

Wie bei der HERA-Kälteanlage, musste auch bei der TTF-900-W-Kälteanlage das veraltete D/3-Kontrollsystem ersetzt werden. Im Gegensatz zur Installation bei HERA, bei der auch die Computerhardware zum Einlesen und Ausgeben der Daten vom Systemhersteller stammen, konnte bei TTF aufgrund der eingesetzten SEDAC-Hardware auch für das Kontrollsystem eine kostengünstige Lösung auf der Basis von EPICS implementiert werden. Hiermit konnte der letzte Schritt hin

zu einem homogenen Kontrollsystem aller kryogenischen Komponenten bei TTF abgeschlossen werden. Im Zusammenhang mit Inbetriebnahme der neuen Schraubenkompressoren der TTF-900-W-Heliumkälteanlage stand die Einbindung von Speicher-Programmierbaren Steuerungen in die Kryokontrollen im Vordergrund der Entwicklungen. So konnten im Laufe des Jahres mehrere Kompressoren über Siemens SPSen eingebunden werden. Zur Einbindung von Kleinststeuerungen (wie z. B. für eine Wetterstation) wurde das Modbus-Protokoll implementiert. Kleinststeuerungen und Intelligente Klemmen stellen eine kostengünstige Alternative für verteilte Ein-/Ausgabekanäle gegenüber kompletten Speicher-Programmierbaren Steuerungen dar. Das Profibus-DP-Protokoll wird zur Einbindung von SPSen in das D/3-Kontrollsystem genutzt. Intelligente Sensoren können mit Hilfe dieses Protokolls auch in EPICS basierte Kontrollrechner eingebunden werden. Diese zukunftsweisende Technologie wird exemplarisch beim VUV-FEL eingeführt. So können auch Erfahrungen für einen möglichen Einsatz u. a. beim XFEL gewonnen werden.

Hochgradientenprogramm/Elektropolitur-Anlage

Zwei beim Kollaborationspartner KEK elektropolierte Resonatoren konnten mit der DESY-Infrastruktur so weit behandelt werden, dass sie im vertikalen Test bei 2 K Beschleunigungsspannungen von 35 MV/m, mit sehr geringer Feldemissionsbelastung, erreichten. Da zur Zeit keine Elektropolitur an Resonatoren mit angeschweißtem Tank möglich ist, wurden neue Verfahren zur Behandlung der elektropolierten hochgradienten Resonatoren bei der Integration in den Heliumtank entwickelt. Hierbei wird die supraleitende Oberfläche nach erfolgreichem Vertikaltest gegenüber der Arbeitsumgebung verschlossen, und beim Tankschweißen werden geänderte Arbeitsabläufe angewandt. Diese neuen Arbeitsabläufe sind bei zwei hochgradienten Resonatoren (AC73 und AC72) erfolgreich angewandt worden. Sie erreichten, nach Integration des Tanks, der HOM-Koppler und des Einkopplers, im horizontalen Test (CHECHIA) die im vertikalen Test gezeigten Leistungsdaten von 35 MV/m Beschleunigungsspannung bei sehr geringer Feldemissionsbelastung ohne messbare Degradation. Der Resonator AC73 wurde zudem einem 1000-stündigen Dauertest unterzogen und zeigte auch hierbei keine Anzeichen von Leistungsverlusten. Die Elektropolituranlage für neunzellige Resonatoren

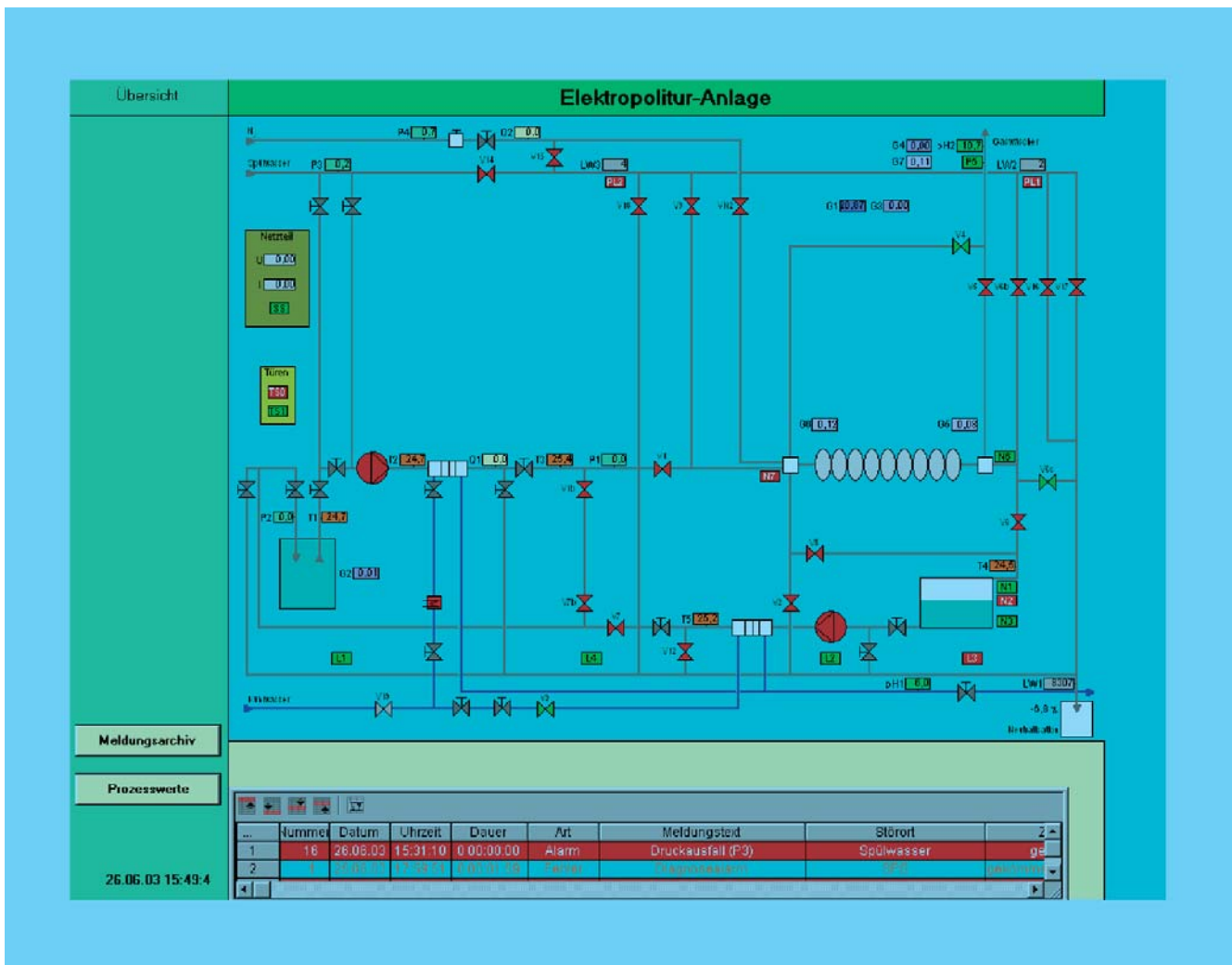


Abbildung 117: Die Visualisierung der Prozesssteuerung der Elektropolitur-Anlage.

wurde fertiggestellt und in Betrieb genommen. Zur Überwachung und Steuerung der Elektropolitur-Anlage wurde eine speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) mit einer Visualisierung auf einem PC installiert, in ausführlichen Tests erprobt und zusammen mit der Anlage in Betrieb genommen (Abb. 117). Zur Entsorgung von alten Säuren ist eine Neutralisationsanlage vorhanden. Die Steuerung dazu ist ebenfalls auf einer SPS automatisiert und auf einem PC visualisiert worden.

Nach der Fertigstellung der Elektropolituranlage wurden die Arbeitsabläufe zunächst mit Wasser anstelle von Säure überprüft. Danach wurde die Elektropolituranlage nach weiteren Parameter- und Arbeitsablaufop-

timierungen angefahren. Zunächst wurden 6 Elektropolituren an vier verschiedenen einzelligen Resonatoren erprobt. Die Optimierung der Arbeitsabläufe und der Reinrauminfrastruktur für elektropolierte Resonatoren führte dazu, dass bei allen in der DESY Anlage elektropolierten Resonatoren keine, bzw. nur sehr geringe Feldemissionsbelastungen, auch bei höchsten Gradienten, auftraten. Drei einzellige Resonatoren verbesserten sich nach der Elektropolitur in der DESY-Anlage im Gradienten auf Werte von oberhalb 35 MV/m bis hin zu 40 MV/m (Tabelle 3, Abb. 118).

Nach den ersten Versuchen mit einzelligen Resonatoren wurde die Anlage zur Präparation von neunzel-

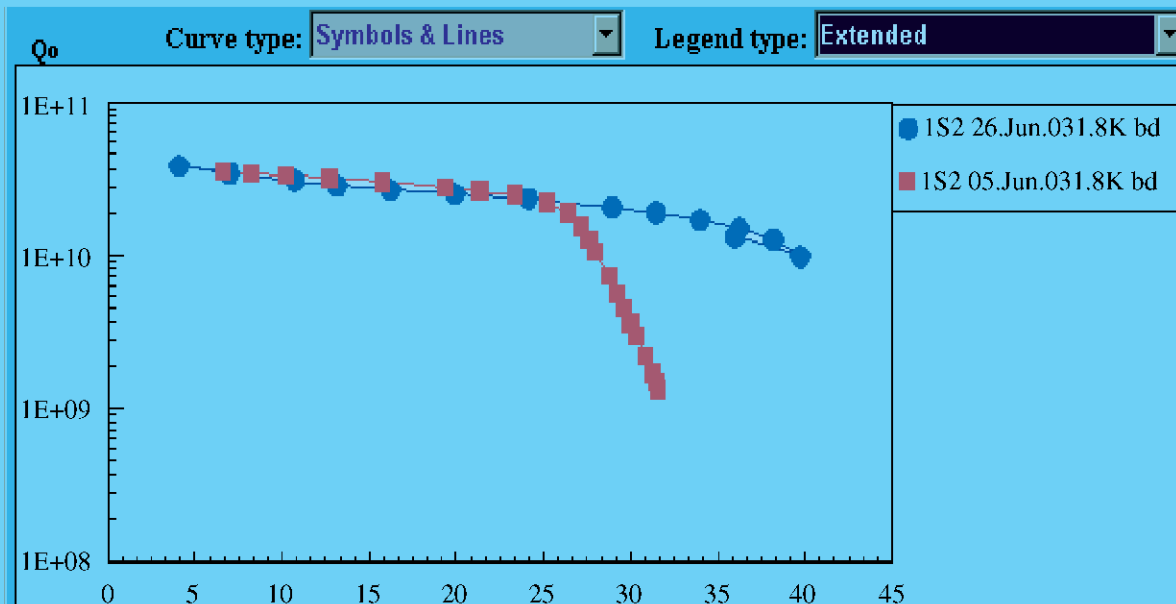


Abbildung 118: *Abbildung : Veränderung der Resonator Kennwerte Q und E_{acc} nach Elektropolitur am DESY für den Resonator 1S2.*

ligen Resonatoren umgebaut. Dabei mussten diverse Bauteile der EP-Anlage ausgetauscht werden und u. a. ein Wärmetauscher (WT2) in den Säurekreislauf eingebaut werden. Danach wurden im Berichtszeitraum 10 Elektropolituren an vier neunzelligen Resonatoren ausgeführt, darunter Testreihen am AC80 und am AC70. Der neunzellige Resonator AC70 konnte durch die Elektropolitur und Behandlung in der DESY Infra-

struktur von 19 MV/m auf 40 MV/m Beschleunigungsfeldstärke mit sehr geringer Feldemission verbessert werden (Abb. 119).

Durch den intensiven Einsatz der EDMS-Produktionsunterstützung im Bereich der Präparation von Resonatoren wurde ein vollständiger Datensatz für alle im Jahre 2003 angefallenen Behandlungsschritte der supraleitenden Resonatoren erstellt. Zusammen mit ca. 200 Filtereinheiten, die während der Hochdruckspülungen im ablaufenden Wasser der Hochdruckspüle genommen und auf durch das Hochdruckwasser abgetragene Partikel hin untersucht wurden, ist eine nahezu vollständige Analysemöglichkeit zur Bestimmung von Korrelationen zwischen Hochfrequenz-Messergebnissen und Behandlungsabläufen ermöglicht worden (Abb. 120).

Die wichtigsten Daten über die supraleitenden Kavitäten und Hochfrequenz-Koppler (HF-Koppler) für TTF werden in einer relationalen Datenbank gespeichert. Die Daten kommen im Wesentlichen von der visuellen, mechanischen und elektrischen Eingangskontrolle

Cavity	E_{accmax} MV/m	E_{accmax} after baking MV/m
1B8	32.38 (2K)	37.93 (2K)
1S2	31.17 (2K)	41.55 (1.8K)
AC2	30.93 (2K)	38.38 (2K)

Tabelle 3: *Ergebnisse von Einzeller Testreihen nach Elektropolitur am DESY.*

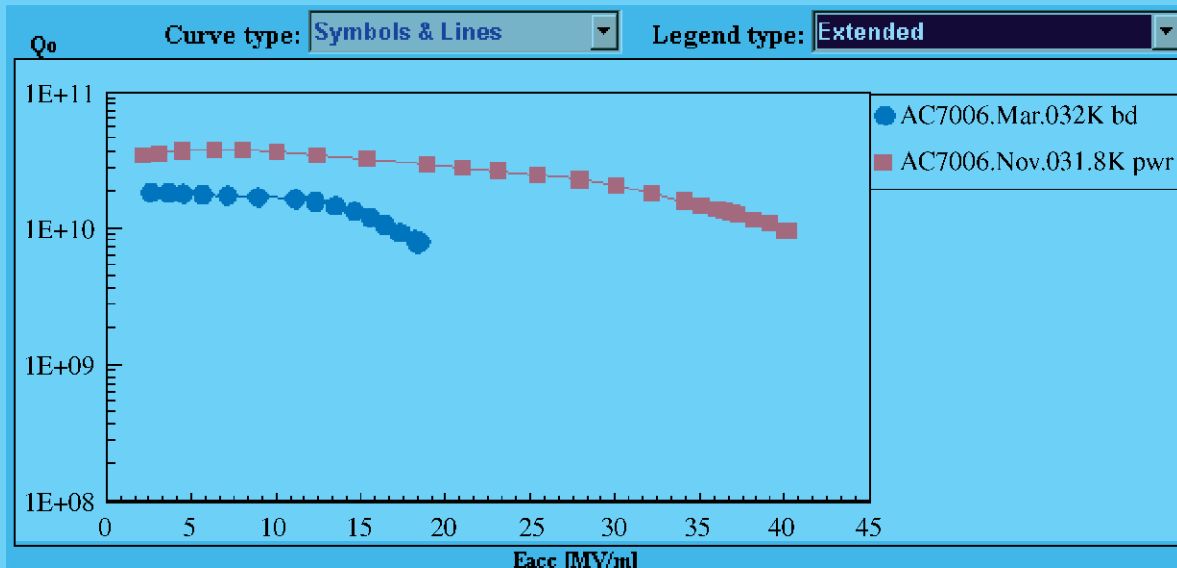


Abbildung 119: Verbesserung der Beschleunigungsfeldstärke des neunzelligen Resonators AC70 nach Elektropolitur am DESY.

der Resonatoren, von ihrer chemischen Behandlung und den Ergebnissen ihrer HF-Messungen bei einer Temperatur von 2 K. Weitere Daten stammen vom Testen und Konditionieren der HF-Koppler mit und ohne Resonator. Bis jetzt wurden die Daten von mehr als 100 supraleitenden 9-zelligen Resonatoren, etwa 40 Einzelzellen, einigen 2-, 3-, 5- und 7-zelligen Resonatoren sowie von ca. 50 HF-Kopplern in der Datenbank gesammelt. 30 weitere 9-zellige Resonatoren werden in der nahen Zukunft erwartet. Die Datenbank ist dynamisch für alle Benutzer über ein graphisches WEB-Interface zugänglich, das auf ORACLE-Produkten basiert und den Benutzern eine schnelle und einfache Selektion und Analyse der gespeicherten Daten ermöglicht.

Planungen und Entwicklungen für den Europäischen XFEL-Linac

Die im Zusammenhang mit der TESLA Test Facility, dem VUV-FEL-Linac, dem Hochgradientenprogramm für Resonatoren und der Elektropolituranlage auf-

fürten Aktivitäten der Gruppe MKS dienen der mittelbaren oder unmittelbaren Vorbereitung des Europäischen XFEL-Projektes. Einige Entwicklungen wurden darüber hinaus bereits gezielt im Hinblick auf das XFEL Projekt begonnen:

Ein Magnetpaket aus supraleitenden Quadrupolen und Korrekturdipolen für den Einsatz im Europäischen XFEL (oder z. B. bei TESLA) wird in Spanien entwickelt. Die Magnete sind für den Betrieb bei 2 K vorgesehen. Tests an supraleitenden Stromzuführungen und Vakuumdurchführungen sind durchgeführt worden. Der Test des ersten Magneten ist für das erste Quartal 2004 geplant. Es wurde begonnen, Konzepte für die kryogenischen Versorgung und für den Test kryogener Komponenten (z. B. für die Kryomodul-Testhalle), die für das TESLA-Projekt optimiert wurden, an die Erfordernisse des XFEL-Projektes anzupassen. Numerische Berechnungsmodelle zur Simulation stationärer und instationärer kryogener Betriebszustände des XFEL-Linacs wurden entworfen und mit den bisherigen Erfahrungen beim Betrieb des TTF/VUV-FEL-

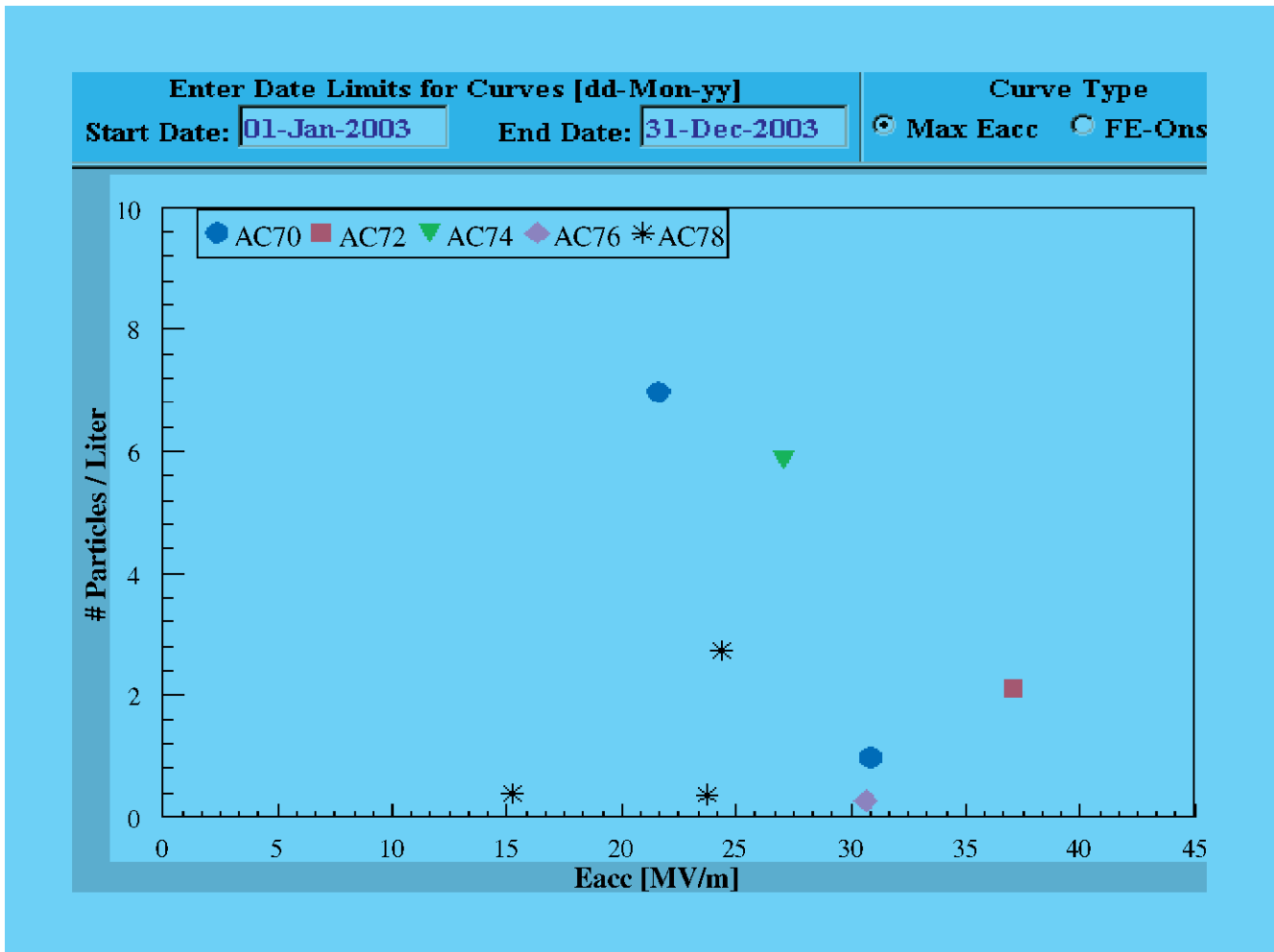


Abbildung 120: Exemplarisches Beispiel der Korrelationen zwischen Partikelzahlen und Hochfrequenzmessdaten.

Linacs überprüft. Aufbauend auf den Erfahrungen mit den bisherigen TTF-Kryomodulen wurde angefangen, die Spezifikationen für die XFEL-Kryomodule zu erarbeiten. Im Hinblick auf mögliche Anwendungen im XFEL-Projekt wurden Datenbank-gestützte Softwarekonfigurationen entworfen: zusammen mit IHEP (Protvino/Russland) wurde EPICS-ORA entwickelt: ein Framework zur Generierung von EPICS Kontrollsoftware. Aufbauend auf sogenannte Templates (vordefinierte, sich wiederholende Kontrollstrukturen) können komplexe Anwendungen von mehreren hundert Ein- und Ausgabepunkten generiert werden. Der generische Ansatz dieser Lösung ermöglicht den Aufbau komple-

xer Objekthierarchien. Dieses ist ein wichtiger Schritt, um zukünftige Kontrollaufgaben zu implementieren, zu verwalten und zu dokumentieren.

Arbeitssicherheit

Mit der Einrichtung von Gebietsverantwortlichkeiten für die MKS-Sachgruppen wurde die Arbeitssicherheit in der Gruppe teilweise neu organisiert. Insbesondere im Bereich der elektrischen Sicherheit wurden umfangreiche Schulungen durchgeführt und Arbeitsanweisungen erstellt. Für die Arbeiten in der TTF Chemie- und

Elektropolituranlage wurden Ganzkörperschutzanzüge nach neuesten Sicherheitsstandards beschafft, die u. a. eine umluftunabhängige Atemluftversorgung ermöglichen. Die in diesen Bereichen beschäftigten Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter wurden in der Benutzung der Schutzanzüge unterwiesen.

Energieversorgung – MKK –

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

In der Wartungsperiode wurden umfangreiche Wartungsarbeiten an den 10-kV-Schaltanlagen und -Transformatoren sowie an den Stufenschaltern durchgeführt. Das Not-Aus-System zum schnellen Abschalten der Magnet- und Senderstromversorgungen wurde für PETRA erweitert.

Im Rahmen von Brandschutzmaßnahmen im BKR wurde eine neue Beleuchtungsanlage installiert, die Lüftungsanlagen erhielten neue Schaltanlagen und zwei Niederspannungsverteilungen im Flur wurden versetzt und vom Flur abgetrennt. Das neue 10-kV-Kabel für den Bereich PETRA Nord-Ost bis PETRA Nord wurde in Betrieb genommen. Dadurch gibt es zwei redundante Einspeisungen für diesen Bereich. Für das PETRA-Dipolnetzgerät in PETRA Nord-Ost wurde das 10-kV-Kabel erneuert. Die neue TTF-Kryoanlage in Gebäude 47a erhielt eine neue 10-kV- und eine neue Niederspannungs-Versorgung. Für den Magnetteststand in Halle 2 wurde ein neues Netzgerät verkabelt und in Betrieb genommen. Die Kabeltrasse für

die Teststrecke der Modulatorpuls-kabel zwischen der Hauptstation C und der Halle 3 wurde ausgebaut.

Im TTF-Tunnel wurden die Kabel für die allgemeine Stromversorgung, die Magnete und Korrekturmagnete verlegt. Sie befinden sich unter dem Laufgang und unter der Tunneldecke. Im Anbau der TTF-Halle wurden die Niederspannungskabel verlegt. Die Haupt- und Unterverteilungen für die Versorgung der Pumpstände, Motorsteuerungen und Feldboxen, Containern, Elektranen und Steckdosen wurden installiert und in Betrieb genommen.

Probleme gab es bei der unterbrechungsfreien Stromversorgungsanlage (USV) des Rechenzentrums. Bei leichten Netzüberspannungen schaltet sich die USV-Anlage ab. Das hat zur Folge, dass bei Schaltvorgängen oder Isolationsfehlern im 10-kV-Netz kein Schutz gegen Stromausfall besteht, da sich die USV-Anlage abschaltet. Die Ursache konnte vom Hersteller noch nicht gefunden und behoben werden.

Die Rohrbegleitheizungen für die außen verlegten Wasserrohre wurden alle überprüft und mit einer Funktionsüberwachung nachgerüstet. Zusätzlich werden sie bei Frosttemperaturen wöchentlich begangen und auf Funktion getestet.

Magnetstromversorgung

Die Schwerpunkte lagen zum einen bei der Verbesserung der Betriebszuverlässigkeit der Netzgeräte in den laufenden Beschleunigern und bei der Weiterentwicklung der Netzgeräte für den VUV-FEL bzw. XFEL.

Bei HERA zeigte sich, dass bei Ausfällen der Netzgeräte der Low-Beta-Quadrupole der Protonenstrahl schneller verloren geht, als das Strahlverlust- und Protonendumpsystem reagieren kann, um einen unkontrollierten Strahlverlust zu verhindern. Als Sofortmaßnahme wurden der Protonenstrom reduziert und Teile der HERA-Hallen zum Kontrollbereich deklariert. Es wurde eine Reihe von Maßnahmen an den Netzgeräten in Angriff genommen, um eine Fehlfunktion schnell zu erkennen und um ein schnelles Triggersignal für den Dumpkicker zu gewinnen. Die kritischen Netzgeräte wurden untersucht und neu justiert. Danach traten keine Ausfälle mehr auf. Die Zeitverzögerung der Ausfallmeldung der Netzgeräte konnte von 20 ms auf 10 ms re-

duziert werden. Bei den kritischen Netzgeräten ist auch diese Zeitverzögerung viel zu lang. Es ist geplant, ein schnelleres Signal direkt aus der Regelelektronik zu gewinnen und eine di/dt -Überwachung einzubauen. Diese Maßnahmen sollen bis Februar 2004 umgesetzt sein. Für das Netzgerät für den HERA e-Dipol wurde ein Aktivfilter beschafft. Die Inbetriebnahme soll 2004 erfolgen. Für die Übertragung des Spannungswertes von den Netzgeräten an das Kontrollsystem wurden Elektroniken beschafft. Die Rotatorsteuerungen in HERA Nord, Ost und Süd erhielten eine Fernauslesung der Rotatorpositionen.

PETRA erhielt 8 bipolare Korrektornetzgeräte.

Für den VUV-FEL wurden die Netzgeräte beschafft. Die Steuerungen für die neuen Netzgeräte wurden entworfen. Die Schränke für diese Netzgeräte wurden aufgestellt und ausgerüstet. Die Verkabelung zu den Magneten wurde verlegt.

In der Regelelektronik wurde eine Reihe von Programmen implementiert, um das Regelverhalten zu verbessern, um Umschaltspikes zu unterdrücken, um 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.

Der Elektronenstrahl vom TTF-Linac soll im Strahl-Dump über eine grössere Fläche verteilt werden. Dafür wurde ein Sinusgenerator entwickelt, der drei Netzgeräte ansteuert. Sie erzeugen eine kreisförmige Ablenkung. Der Generator arbeitet ebenfalls mit einem FPGA von Altera und einem Mikroprozessor.

Senderstromversorgung

DESY II: Der Prototyp eines 14-stufigen LTT-Crowbars wurde während der Wartungsperiode im Modulatorraum montiert. Während der anschließenden Betriebsphase von mehr als 6 Monaten zeigten sich keinerlei Fehlfunktionen. Die Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit der Gesamtanlage verbesserte sich dadurch erheblich. PETRA: Die neue Mittelspannungsstation für die PETRA-Sender Süd-links und Süd-rechts wurde während der Wartungsperiode verkabelt und in Betrieb

genommen. Für beide Senderstromversorgungsanlagen sind darüber hinaus jeweils ein neues 16-stufiges LTT-Crowbar für 64 kV aufgebaut worden. Der Test und der Einbau in die Hochspannungsräume soll in der Wartungsperiode 2004 erfolgen. Die LTT-Crowbars sollen die störanfälligen Funkenstrecken ersetzen.

HERA: Im Juni brannte eine Funkenstrecke im Hochspannungs- und Modulatorraum (HV-Raum) in HERA-Süd aus. Anschließend musste der HV-Raum komplett neu aufgebaut werden. Der HERA-Anlauf wurde dadurch nicht gefährdet. Die wahrscheinliche Ursache für den Brand ist eine Sprühentladung am Kondensatorgehäuse, die schließlich zum Brand führte. Der Brand konnte vom Technischen Notdienst und von der Feuerwehr schnell gelöscht werden.

Überwachung und Kontrollen

Für folgende Projekte wurden die Steuerungen projektiert, beschafft und in Betrieb genommen:

Kühlung der Kanone für TTF in Halle 3, Kühlung des 3-GHz-Klystrons und des normalleitenden LOLA-Resonators durch den Container-Pumpstand (Abb. 121) im TTF-Tunnel. Die regelungstechnischen Ergebnisse sind gut. Die Temperaturstabilität ist besser als 0.1°C . Die Steuerungen sind über das DESY Ethernet mit dem EPICS- und DOOCS-Kontrollsystem vernetzt.

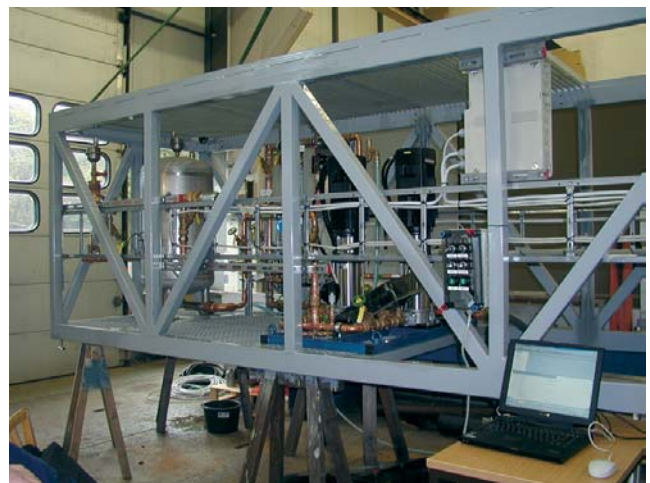


Abbildung 121: Container mit Kühlwasserpumpstand vor dem Einbau im VUV-FEL-Tunnel.

Es wurden alle Senderstromversorgungsanlagen, die eine SPS-Steuerung enthalten, mit dem MKK-Kontrollsystem vernetzt. Weiter wurden die digitalen Schutzgeräte an das MKK-Kontrollsystem angebunden.

Die neuen Klimaanlage für den Linac 2 und die Klimaanlage für die Senderstromversorgung HERA Nord in Gebäude 46c wurden neu aufgenommen. Die Anlagengrafiken wurden erstellt und der Alarmhandler erweitert. Die Netzwerkstruktur für die Kommunikation von den Klima- und Wärmeversorgungsanlagen wurde ausgebaut. Eine Reihe von Akkumulatoranlagen und die Rohrbegleitheizungen wurden aufgenommen und in den Alarmhandler integriert.

Wasserkühlung, Brunnenwasser, Kaltwasser und Druckluft

Nach dem Abschalten des HERA B-Experiments hat sich die Situation bei der HERA-Wasserkühlanlage verbessert. Es konnte wieder Betrieb mit zwei Booserpumpen und einer Reservepumpe gemacht werden. Die zuvor aufgetretenen Kalkablagerungen auf den Wärmetauscherplatten wurden nicht mehr festgestellt. Insgesamt wurde ungewöhnlich viel Sand auf den Wärmetauscherplatten gefunden. Die Ursache ist vermutlich der lange und trockene Sommer. Die Engstellen im Resonator-Wasserkühlsystem wurden behoben. Durch den Ausfall eines HERA-Süd-Senders mussten die verbleibenden Sender mit erhöhter Leistung betrieben werden. Dies führte zu unzulässig hohen Rückkühltemperaturen an den Kaltwassererzeugern in den externen HERA-Hallen. Dadurch brach die Kaltwasserversorgung zweimal zusammen. Nach der Umstellung auf das Kältemittel R134a bei Kaltwassererzeugern ist dies wieder zu befürchten, falls nicht geeignete Vorsorgemaßnahmen getroffen werden.

Für die wasserrechtliche Erlaubnis wurden die Antragsunterlagen erstellt und der Umweltbehörde zur Genehmigung vorgelegt. Es wird Brunnenwasserbedarf für Kühlzwecke von bis zu 1 Millionen m³ pro Jahr bis zum Ende der HERA-Betriebszeit geben. Danach wird der Brunnenwasserbedarf fallen, da für die neuen Projekte PETRA III und XFEL hybride Trockenkühler geplant sind. Die Grundwasserentnahme mit der anschließenden Versickerung ist aber für den Wasserhaushalt unkritisch.

Für das PITZ-Projekt in Zeuthen wurde die Regelung der Kühlwassertemperaturen weiter betreut und verbessert.

Die Wasserkühlanlage für die Heliumkompressoren von TTF in Gebäude 47a wurde aufgebaut, an das MKK-Kontrollsystem angebunden und erfolgreich in Betrieb genommen.

Für das PETRA-III-Projekt wurden die Planungen für das Wasserkühlsystem durchgeführt. In der warmen Jahreszeit werden die Kühlflächen der hybriden Trockenkühler zusätzlich benetzt, um eine konstante Vorlauftemperatur von 30°C zu gewährleisten. Es sollen zwei neue Kühlstationen bei PETRA-Süd und -Nord-Ost errichtet werden. Die Kosten und der Personalbedarf für den Umbau wurden abgeschätzt.

Raumlufttechnische Anlagen (Klima-, Lüftung-, Heizung)

Der Linac II erhielt eine neue Klimaanlage. Für den Beschleunigerkontrollraum BKR wurden zwei neue Klimaanlagen zusätzlich installiert, um eine redundante Versorgung zu erreichen. Außerdem wurde der Brandschutz erneuert und verbessert.

Die Klimaanlage für das Rechenzentrum wurde ebenfalls erweitert, um den gestiegenen Kühlbedarf decken zu können. Das Konzept mit der direkten Außenluftkühlung bei niedrigen Außentemperaturen und Kühlung mit Kaltwasser im Sommer hat sich bewährt. Die automatische Umschaltung funktioniert problemlos.

Die Klimaanlage für das Gebäude 46c, Senderstrom HERA-Nord, erhielt eine neue Steuerung. Bei Ausfall steht ein Raumkühlgerät, das von TTF mit Kaltwasser versorgt wird, zur Verfügung. Die neuen Klimaanlagen wurden in das MKK-Kontrollsystem und in den Alarmhandler integriert. Das Klimagerät für die Temperierung der Undulatorstrecke des VUV-FEL wurde ausgeschrieben und beschafft.

PETRA III

Für das PETRA-III-Projekt wurde die Stromversorgung geplant und die Kosten ermittelt. Die 10-kV- und die

Niederspannungsversorgung muss erneuert und dem neuen Bedarf angepasst werden. Das Ziel ist, einen betriebssicheren Betrieb zu gewährleisten. Für den Bereich der Experimentierhalle werden sehr kleine magnetische Störfelder gefordert.

Die Wasserkühlanlagen wurden ebenfalls geplant und die Kosten ermittelt. Es sollen hybride Trockenkühler eingesetzt werden, um den Wasserverbrauch und die Betriebskosten zu senken. Es sollen zwei Kühlstationen in Süd und Nord-Ost errichtet werden. Der Tunnel soll zwei Kühlkreisläufe, einen für die Aluminiumleiter der Magnete und einen für das Kupfer von den Absorbern und Resonatoren, erhalten. Die Experimentierhalle erhält einen eigenen Wasserkühlkreis. Für die Wasserkühlkreise werden sehr hohe Temperaturkonstanz und geringe Vibrationen gefordert.

Die Magnetstromversorgungen wurden geplant und die Kosten ermittelt. Sie sollen in der Halle Nord-Ost aufgebaut werden.

Arbeitssicherheit, Schulungen AuS, Gefährdungsanalyse

Für die Arbeitssicherheit wurden bei MKK erhebliche Anstrengungen unternommen, um Arbeitsunfällen vorzubeugen. Leider kam es zu einem leichten Elektrounfall ohne Folgen bei einem HERA-Kühlturm. Beim Berühren des nassen Kabelmantels zur Füllstandsüberwachung gab es einen Stromschlag. Die Versorgungsspannung wurde von 230 V auf 24 V herabgesetzt, um einem Stromschlag vorzubeugen.

Die Schulungen für Arbeiten unter Spannung, kurz AuS genannt, wurden abgeschlossen. Es wurde Werkzeug für AuS genormt und beschafft. Für die Auswahl von lichtbogenfester Arbeitskleidung wurden Trageversuche gemacht. Die Arbeitskleidung soll 2004 beschafft werden, nachdem die Anforderungen für die zu erwartenden Lichtbögenströme geklärt sind.

Die MKK-Betriebsanweisung wurde überarbeitet und den aktuellen Vorschriften und Normen angepasst. Sie soll für die Wasserkühlung und raumlufttechnischen Anlagen erweitert werden. Die Gefährdungsanalysen für die Arbeitsplätze sind abgeschlossen. Es wurden eine Reihe von Betriebsanweisungen geschrieben.

Brandvorsorge und Umweltschutz

Das UKR 2 wurde außer Betrieb genommen und leer geräumt. Dort sollen die wichtigen Netzgeräte für die Strahltransportwege zu PETRA und DORIS aus Brandvorsorge untergebracht werden.

Mit der Umstellung der Kaltwassererzeuger für die externen HERA-Hallen auf das ozonfreundliche Kältemittel R 134a wurde begonnen. Die Umrüstung wird 2004 abgeschlossen.

Beim Brand im Hochspannungsraum HERA-Süd wurde ein PCB-haltiger Kondensator zerstört. Da Kondensatoren mit mehr als 1 Liter PCB-Isolierflüssigkeit nicht mehr verwendet werden dürfen, wurden alle Funkenstrecken überprüft. Es wurden bei den alten Funkenstrecken noch PCB-haltige Kondensatoren entdeckt, die bei der Entsorgungsaktion bis 1993 übersehen worden waren. Diese Kondensatoren wurden gegen PCB-freie ausgetauscht. Eine gründliche Überprüfung aller elektrischen Betriebsmittel bei MKK förderte keine weiteren Kondensatoren mit unzulässigen Füllmengen zu Tage. Es gibt noch einige kleine PCB-haltige Kompensationskondensatoren in alten Beleuchtungsanlagen. Hierfür gibt es keine zeitliche Beschränkung über die Verwendung. Eine Wiederverwendung ist allerdings untersagt.

Für die quecksilberhaltigen Reserve-Ignitrons wurde eine zentrale Lagerstätte in einem allein stehenden Container eingerichtet. Die Standorte der Geräte mit Hg-haltigen Ignitrons wurden erfasst und dem Technischen Notdienst mitgeteilt. Gleichzeitig wurde die Entwicklung für Hg-freie Klystron-Crowbars mit lichtgetriggerten Thyristoren weiter vorangetrieben.

Beschleunigerplanung – MPL –

Die Gruppe MPL ist zuständig für Entwicklung, Bau und Aufstellung von Beschleunigerkomponenten in Tunneln und Experimentierhallen. Die Entwicklung von Komponenten für supraleitende Beschleuniger, insbesondere von Niob-Resonatoren, Qualitätskontrolle und Materialuntersuchungen an Niob und Niob-Legierungen spielt dabei eine wichtige Rolle.

Beschleunigeraufstellungen

Für den VUV-FEL wurde eine 17 m lange Strecke im Zusammenhang mit dem Einbau des LOLA-Resonators und mit Einbauten von Komponenten für EOS (Elektro-Optical-Sampling), die beide für die Bunchlängenmessung benötigt werden, neu konzipiert. Für den ca. 4 m langen LOLA-Resonator wurden Halterungen und Justierungen konstruiert. Zusätzlich mussten eine Schieberhalterung, eine Pumpenstütze und eine Kammerhalterung konstruiert werden. Aufstellungspläne und Bohrbilder wurden neu gezeichnet. Die Unterbauten sind bis auf Teilstrecken in der Injektion fertig vor Ort montiert. Die ersten Entwürfe und Berechnungen für die Aufstellung und Justierung von Dipol- und Quadrupolmagneten auf ca. 4 m langen Magnetträgern wurden für den Technical Design Report von PETRA III erstellt. Mit dem Beginn der Arbeiten für PETRA III vollzog sich auch im Rahmen einer 12-wöchigen Testinstallation der Einstieg in das 3D-CAD-System SOLID EDGE.

Für DORIS III wurde eine Halterung für eine Wigglerkammer konstruiert. Einzelteilerstellung und Zusammenstellung sind in 3D abgeschlossen. Erstellung von 2D-Fertigungszeichnungen ist in Arbeit.

Entwicklung der Fertigung von nahtlosen Resonatoren

In Zusammenarbeit mit KEK ist die Entwicklung von mit Niob ausgekleideten Kupfer-Resonatoren der TESLA-Geometrie fortgesetzt worden. Das nahtlose Rohr ist als Cu/Nb/Cu-Sandwich aus Niob- und Kupferblechen durch gemeinsames Walzen, Tiefziehen und Drücken hergestellt worden. DESY hat die nahtlosen Monozellen durch Hydroforming gefertigt. KEK übernimmt die Behandlung der inneren Oberfläche und die Hochfrequenztests. Nach der üblichen Behandlung (Tumbling, chemisches Polieren, Reinigung, Elektropolieren und Glühen bei ca. 800°C von einer Monozelle durch KEK wurde schon in dem ersten HF-Test ein hervorragendes Ergebnis erreicht (Abb. 122). Die maximale Beschleunigungsfeldstärke von 39 MV/m ist die gleiche wie bei den besten Resonatoren aus massivem Niob und überschreitet deutlich die besten Ergebnisse von mit Niob beschichteten Kupfer-Resonatoren, bei denen nur Feldstärken kleiner als 25 MV/m erreicht wurden.

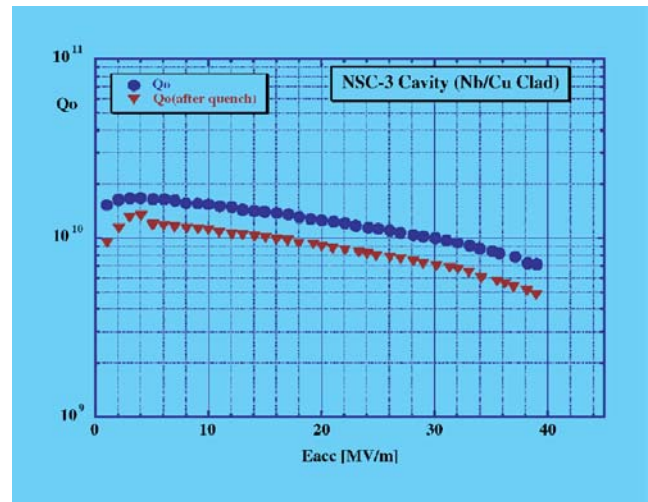


Abbildung 122: Beschleunigungsfeldstärke des nahtlosen einzelligen Nb/Cu Resonatoren.

Tuner für TESLA-Resonatoren

Der von MPL vorgeschlagene Tuner wurde hinsichtlich der Kostenreduzierung, der Fertigung, der Montage und Werkstoffersparnis überarbeitet und gefertigt. Der Test bei Raumtemperatur mit eingebautem Motor und der axialen Belastung von ca. 100 kg hat die spezifizizierte hohe Steifigkeit von ca. 15 $\mu\text{m/kN}$ bestätigt. Der neunzellige TESLA-Resonator D3 ist in den Heliumtank mit dem Tuner eingeschweißt worden (Abb. 123). Der Kalttest in CHECHIA ist für Anfang 2004 geplant.

Werkstoffuntersuchungen

Im Labor für Materialuntersuchungen wurden im Jahre 2003 folgende Probleme bearbeitet:

- Anschaffungen und Qualitätskontrolle von Niobblechen und -Teilen für 30 neue Resonatoren.
- Beschichtungsqualität von Faltenbälgen zwischen neunzelligen Resonatoren in den Kryomodulen und für HF-Leistungseinkoppler.
- RRR-Messungen von neunzelligen und einzelligen Resonatoren.
- Analyse der Schweißqualität von Niob (geschweißt in der Elektronenstrahlschweißanlage von DESY und dem Forschungszentrum Jülich).



Abbildung 123: Tuner mit dem Resonator im He-Tank.

- Untersuchungen der Qualität des Niob von neuen potentiellen Niob-Lieferanten (CBMM – Brasilien, Cabot – USA, ITEP – Russland, NIN und NINGXIA – China).
- Optimierung der Vorrichtung für die Wärmeleitfähigkeitsmessungen bei tiefen Temperaturen und Durchführung von Messungen.
- Entwicklung der Fertigung und Untersuchung der Eigenschaften von nahtlosen Rohren für Hydroforming.

Ein Beispiel für Materialuntersuchungen betrifft Beschädigungen in Faltenbälgen (Zwischenstücke für TTF-Kryomodulen). Der Faltenbalg aus 14429 Stahl hat innen eine ca. 14 µm dicke Kupfer-Beschichtung. Nach dem Ausbau aus dem Kryomodul sind auf der inneren Oberfläche der Faltenbälge mehrere dunkle Flecken und Streifen beobachtet worden. Einer der Bälge ist mit dem Lichtmikroskop und dem REM (Raster-Elektronen Mikroskopie) untersucht worden. Auf den

REM-Bildern sind Ablagerungen an der beschädigten Oberfläche zu sehen (Abb. 124). Das EDAX-Spektrum (Energie-Dispersive X-ray Analyse) zeigt neben dem Kupfer auch Reflexe von Schwefel und Kohlenstoff (Abb. 124). Es wurde vermutet, dass die Beschädigungen durch den Dunkelstrom der Resonatoren verursacht wurden. Schwefel als Verunreinigung ist normalerweise relativ gleichmäßig in der Kupfer-Schicht verteilt. Eine starke lokale Erwärmung durch den Dunkelstrom wird, wie aus dem Zustandsdiagramm folgt, zur Ausscheidung von Schwefel als Kupfersulfid Cu_2S führen. Im Bild der entsprechenden Mikrostruktur wäre zu erwarten, dass in der Grundmasse eutektische Einschlüsse von Cu_2S eingelagert sind. Die Abbildung 124 bestätigt die Präsenz von solchen Ablagerungen.

Die Vermutung, dass die Beschädigungen durch den Dunkelstrom verursacht sind, lässt sich durch Simulationen bestätigen. Der Dunkelstrom, der durch die Emission von Elektronen im Resonator entsteht, sollte die gleiche Wirkung haben wie ein Elektronenstrahl mit mäßiger Energie. Eine Simulation der Beschädigung an Proben aus dem Faltenbalg sind mit dem Elektronenstrahl an der Schweißanlage der Lufthansa Technik AG durchgeführt worden. An mit dem Elektronenstrahl behandelten Stellen zeigten sich Schwärzungen, deren Morphologie ähnlich den beobachteten an Faltenbälgen aus dem TTF-Modul sind. Die EDAX-Analyse zeigt die gleichen Elemente; Kohlenstoff und meistens feine Ablagerungen von Schwefel in dem beschädigten Bereich.

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 dem Z-, 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

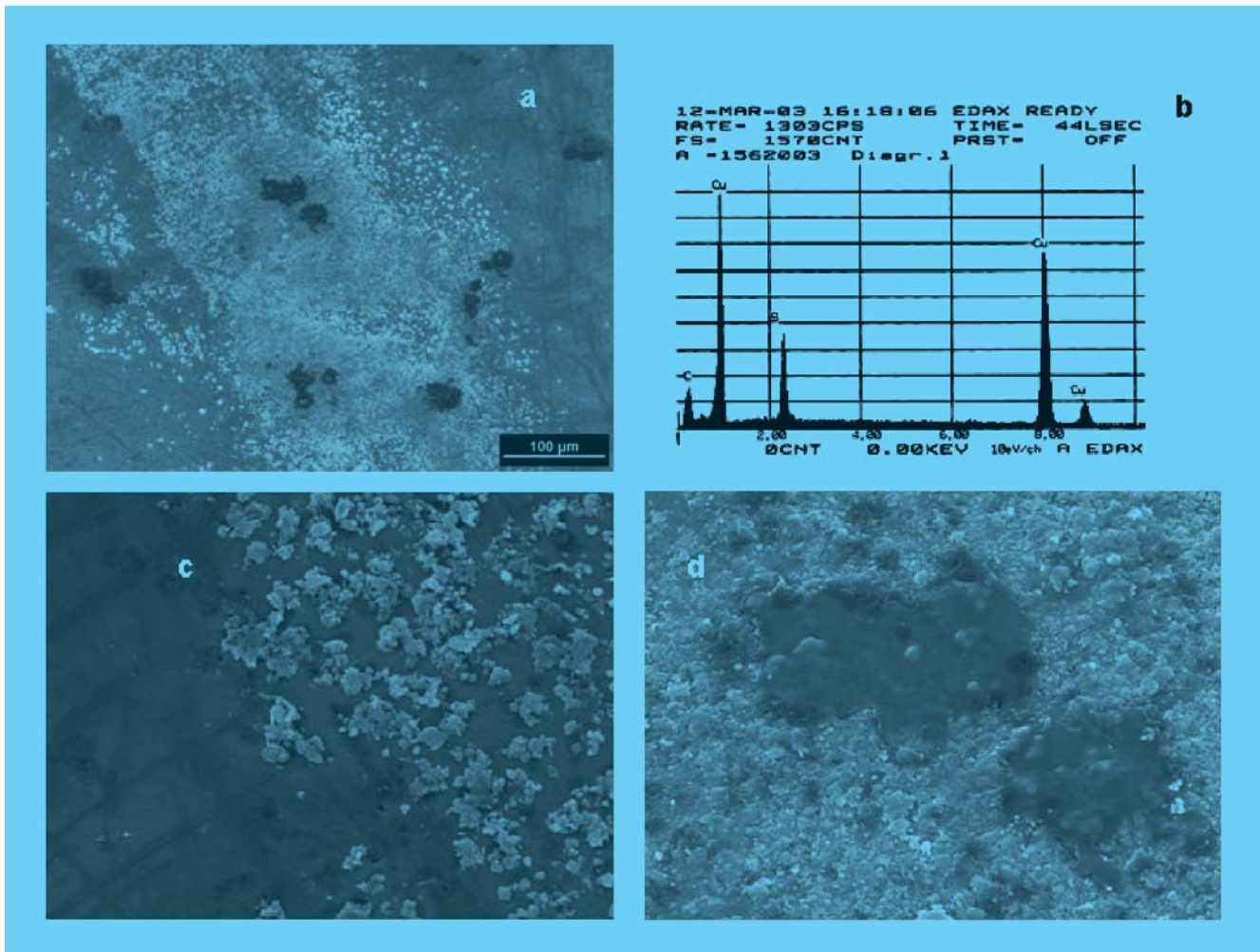


Abbildung 124: REM-Bilder und EDAX-Diagramm von dem beschädigten Bereich.

Arbeiten ausgeführt: Die Auslegung und Berechnung neuer Magnettypen für das PETRA-III-Projekt und die Berechnung und Konstruktion 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 und Experimente

HERA

In der Wartungsperiode wurde in HERA-NL die Protonen-Driftstrecke bei NL 220 m ausgebaut und

durch einen Bypass um das H1 Very Forward Proton Spektrometer VFPS vor Ort ersetzt. Die Transportarbeiten aus und in den Tunnelabschnitt NL erfolgten über die HERA-Halle Nord, die Montagearbeiten im Tunnel wurden mit einer von MEA als Baukastensystem konstruierten Hebe- und Verschiebevorrichtung durchgeführt.

In HERA-NR wurde bei einem der vertikal ablenkenden BU-Magnete eine defekte Spule ausgetauscht. Um die Arbeiten wie Trennen des 20 t Magneten und Tausch der 2 t schweren Spule vor Ort ausführen zu können, wurden in Zusammenarbeit mit der Betriebsschlosserei ZBAU11 diverse Hilfsvorrichtungen konstruiert und eingesetzt.

In den Oktanten HERA-NL und -SR wurden in die Vakuumkammern des Elektronenrings, die durch das Joch der GA-Quadrupolmagnete des Protonenrings geführt werden, Getterpumpen eingebaut: Dazu wurde von MEA eine Montagevorrichtung konstruiert und gebaut, mit welcher die GA-Magnete in Strahlposition in der Horizontalebene getrennt werden und die Vakuumkammern vor Ort aus- und eingebaut werden können.

Nach mehr als zwei Jahren Planung und Vorbereitung wurde in der Wartungszeit 2003 in Zusammenarbeit mit H1/LAL, HERMES, MHE, MVA und ZBAU11 ein sogenannter optischer Resonator nebst optischem Tisch, Elektronik, Einhausung und Laserinterlock im HERA-Tunnel OR 63 m eingebaut. Mit Hilfe dieses optischen Resonators soll die Messung der Spinpolarisation der Leptonen verbessert werden. Neben der Koordination der Installation war MEA wesentlich für die Einhausung und das Laserinterlocksystem zuständig.

PETRA III

Für den neu aufzubauenden Oktanten von PETRA III zwischen PETRA-NO und PETRA-O wurde in Zusammenarbeit mit MPL ein Montagekonzept entwickelt. Mehrere Strahlführungsmagnete werden zusammen mit Vakuumpumpen, Monitoren etc. auf einem gemeinsamen Träger (Girder) montiert und feinjustiert. Jeweils 4 Girder - 2 Quadrupolgirder QG bestehend aus je 3 Quadrupolmagneten und 2 Dipolgirder DG bestehend aus je 2 Quadrupolmagneten und einem Dipolmagneten - bilden eine Zelle. Insgesamt besteht der Oktant aus acht solcher Zellen.

Der Vorteil dieses Konzeptes ist die Möglichkeit, alle mit dem Girder verknüpften Elemente außerhalb des Speicherringtunnels zu montieren, zu vermessen und zu testen. Dieses ist insbesondere wichtig für die Justierung der Magnete, die mit einer Genauigkeit von im Mittel $50 \mu\text{m}$ in Bezug auf die Strahlachse auf dem Girder justiert werden müssen. Für diese Aufgabe muss der entsprechende Freiraum um den Girder zur Verfügung stehen.

Für den PETRA III Technischen Design Report wurden in Zusammenarbeit mit dem EFREMOV-Institut Magnete und Girder entworfen und berechnet und als technisch machbare Lösung im Rahmen der von der Maschinenphysik vorgegebenen Randbedingungen

vorge stellt. Um die Herstellungskosten für das vorgeschlagene Girdersystem im Vergleich zu anderen Speicherringen zu minimieren, wird trotz der geforderten hochpräzisen Aufstellgenauigkeit der Magnete in bezug auf die Strahlachse weitgehend auf kostenintensive bearbeitete Flächen am Girder und an den Magneten verzichtet. Die Justierung der Magnete auf dem Girder erfolgt über preiswerte, im Handel erhältliche Justierelemente mit Feingewinde, die mit Hilfe eines Lasertracker-systems auf Sollmaß eingestellt werden. In Sollposition wird der Magnet auf dem Girder fixiert.

Erste Versuche mit einem Testaufbau, bei dem ein 2-t-Magnet mit den Justierelementen auf einem Träger montiert, justiert und dann fixiert wurde, zeigen, dass nach Transport mit Kran und Tieflader die Position des Magneten auf dem Träger innerhalb der geforderten Toleranz erhalten bleibt.

VUV-FEL

Im gesamten Berichtszeitraum wurden die Installationsarbeiten für den VUV-FEL fortgeführt. Im Januar wurden in das Verbindungsgebäude zwischen Halle 3 und dem TTF-Tunnel die Module 4 und 5 mit einem Autokran eingebracht und montiert. Weiterhin wurden alle Unterbauten für die Strahlführungen im Tunnel eingebaut und die mehr als 100 Strahlführungs-Magnete nach magnetischer und optischer Vermessung am MEA-Magnetmessplatz auf die Unterbauten gesetzt, sowie 6 Undulatoren montiert.

Im Bereich der Halle 3 wurde die Superstruktur ACC1 ausgebaut und die Untergestelle in die neuen Positionen verschoben.

HERMES

Nach Überarbeitung und Anpassung der Konstruktionspläne des gesamten Recoil-Detektors an die vorhandenen Baufreiräume im Targetbereich konnten in der ersten Hälfte des Berichtszeitraums die Konstruktionszeichnungen des supraleitenden Solenoiden für den Recoil-Detektor in die Fertigung beim EFREMOV-Institut in St. Petersburg gegeben werden. Elektrische und kryogenische Elemente wurden so gewählt, dass im jetzigen HERMES-Aufbau vorhandene Einrichtungen für den Targetbereich wiederverwendet werden können. Ende Dezember 2003 waren die wesentlichen Elemente des Magneten, wie Spulen, Kryotank und Hitzeschilder, gefertigt. Mit dem Kalttest der Spulen wurde begonnen.

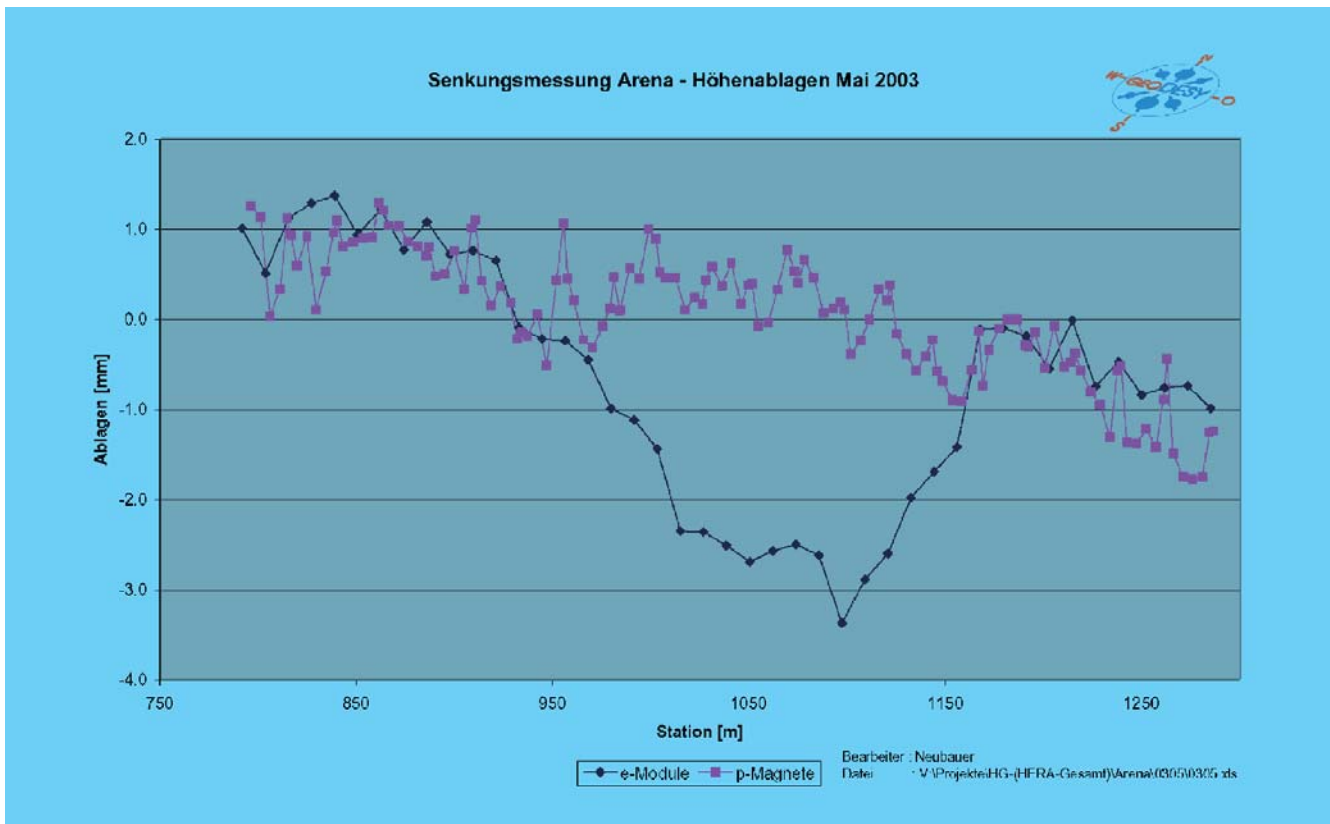


Abbildung 125: Setzung der HERA e-Maschine nach Abschluss der Bauarbeiten an der Colour Line Arena.

Vermessung

HERA

Im Mittelpunkt der Arbeiten in der Wartungsperiode von März bis Juni standen Aufmaß und Justierung der Magnetbrücken in den Wechselwirkungszonen Nord und Süd einschließlich der supraleitenden Magnete GO und GG. Die daran anschließenden Geraden wurden ebenfalls vermessen und teilweise neu justiert. Für die Spinrotatoren im Norden, Osten und Süden wurden neue Sollpositionen berechnet und die Magnete entsprechend umjustiert.

Nach Abschluss der Bauarbeiten an der Colour Line Arena wurden die HERA-Maschinen in diesem Bereich aufgemessen und die e-Maschine, welche sich gegenüber Januar 2002 noch einmal um 4 mm gesenkt hatte,

justiert. Die p-Maschine, welche während der gesamten Bauzeit nicht angepasst wurde, ist nahezu auf ihre Ausgangslage zurückgekommen (Abb. 125).

PETRA

Zur Vorbereitung des Vermessungskonzeptes für PETRA III wurden an einem Girdermodell mit aufgesetztem QC-Magneten Testmessungen zur Justiergenauigkeit und Ermittlung der Transportstabilität durchgeführt. Als geodätische Grundlage für den Aufbau von PETRA III wurde das oberirdische PETRA-Pfeilernetz durch Freischneiden und Fällen einiger Bäume GPS-fähig gemacht und noch im März vor Einsetzen der Belaubung zum erstenmal mit GPS vermessen. Für die Bauplanung der neuen PETRA-III-Experimentierhalle wurden Lagepläne und Geländeschnitte bereitgestellt.

DORIS

Der gesamte DORIS-Ring wurde komplett aufgemessen, justiert und danach zur Kontrolle erneut aufgemessen. Dabei wurden auch neue Strahlmonitore und diejenigen Sextupole justiert, welche neue Sockel erhielten.

DESY

DESY III wurde komplett aufgemessen und neu justiert, wobei insbesondere eine durchgehende Querneigung der Sektoren nach Ringaußen beseitigt werden musste. Abschließend wurde dann ein Kontrollaufmass durchgeführt.

VUV-FEL

Für die Komponenten des VUV-FEL wurden durch Transfermessungen Koordinaten der Messmarken in Bezug zur geometrischen Achse bestimmt. Aus diesen wurden dann anhand der Komponentenliste und eines 3D-Modells die Position der Messmarken im Tunnel errechnet. Nach Absteckung und Aufbau der Untergestelle konnten die Komponenten justiert werden. Für die Transfermessungen und die Justierung wurde überwiegend ein Lasertracker eingesetzt.

Das Modul Nr. 3* wurde montiert und die Module 4 und 5 nach Justierung der Untergestelle und Endcaps eingebaut.

Bei den Undulatoren wurden die Längen der Vakuumkammern bestimmt, Transfermessungen durchgeführt sowie die Quadrupol-Magnete TQG auf ihren Grundplatten vorjustiert.

Das Referenznetz wurde durch eine Verbindungsmessung durch den PETRA-Tunnel in die FEL-Halle komplettiert. Die FEL-Strahlen wurden in der Halle angerissen und der Innenraum der Halle für Planungszwecke aufgemessen.

Ein Drahtmeßsystem zur späteren Überwachung der Quadrupol-Magnete im Undulatorbereich während des Strahl-Betriebs wurde probeweise aufgebaut und getestet.

PITZ-Zeuthen

Zur Vorbereitung des Einbaus der ersten Kanone in den TTF-Linac wurde dieser Teil in Zeuthen aufgemessen

und die Koordinaten auf Messmarken am Grundgestell übertragen.

Für die zweite Kanone wurden in Hamburg die Koordinaten der Achse von Solenoid und Kompensator magnet auf deren Messmarken übertragen. In Zeuthen erfolgte dann die Justierung der neuen Kanone, bestehend aus Solenoid, Kompensator magnet und Resonator. Auch hier wurden für einen späteren Einbau in Hamburg Koordinaten von Messmarken am Grundgestell bestimmt.

Experimente

Das H1 Very Forward Proton Spektrometer VFPS bei 220 Meter Nord links wurde eingemessen und justiert. Die Verfahrswege der Detektoren wurden mit dem Lasertracker bestimmt.

Bei ZEUS wurde der FDET in der Wartungsperiode aufgemessen und justiert. Beim Schließen des Detektors wurde die Position der Magnetbrücken und des Detektors kontrolliert.

Bei beiden Experimenten mussten am Ende der Wartungsperiode die permanenten Meßsysteme (Schlauchwaagen, Neigungssensoren und Taster) montiert und wieder in Betrieb genommen werden.

Bei HERMES wurden das Target und die Strahlpositionsmonitore aufgemessen.

GIS/FM

Im bestehenden Geografisches Informations-System GDS (Grafisches Datensystem) wurde neben den laufenden Fortführungen ein neues Projekt für den geplanten XFEL aufgesetzt. Alle bereits vorhandenen Daten wie Rasterkarten, Vektorkarten, Höhen und amtliche Vermessungspunkte wurden eingepflegt. Für TTF II wurden alle Festpunkte und Komponenten kartiert. Das 3D-Stadtmodell vom DESY-Gelände wurde um neu errichtete Gebäude ergänzt und auf den neuesten Stand gebracht. Für ein neu einzurichtendes Kanalkataster wurde ein entsprechendes Datenmodell geschaffen. Für die Einführung eines neuen GIS-Systems (Topobase) wurden in Zusammenarbeit mit der Gruppe IPP mehrere Workshops zur Modellierung der in diesem Umfeld ablaufenden Geschäftsprozesse, wie zum Beispiel Karten-

erstellung, durchgeführt, welche als Grundlage zur Erstellung eines Pflichtenheftes dienten. Nach der Installation des Systems im Rahmen der Pilotphase wurden erste Schulungen durchgeführt und in diesem Zusammenhang vorhandene XFEL-Planungsdaten eingepflegt.

Topografische-/Bauvermessung

Auf dem DESY-Gelände wurden einige Neubauten, insbesondere im Bereich der physikalischen Institute, und verschiedene unterirdische Leitungen aufgemessen. Für die Erstellung eines Kanalkatasters wurden Sielschächte nach Lage, Deckel- und Sohlenhöhe sowie die Verbindungen untereinander erfasst. Diese umfangreiche Arbeit (es gibt auf dem Gelände etwa 900 solcher Schächte) soll in den nächsten Jahren fortgesetzt und bis 2006 abgeschlossen werden.

Planung neuer Projekte

TESLA

An der Landesgrenze, in Schenefeld, wurden die amtlichen Höhennetze von Hamburg und Schleswig-Holstein miteinander verbunden. Die aus einer Befliegung durch eine Fachfirma gewonnenen Orthophotos und Höhendaten wurden in das GIS-System übernommen. Für ein zukünftiges Grundlagennetz wurden Standorte für GPS fähige Festpunkte erkundet.

XFEL

Nach Trennung der Projekte TESLA und XFEL wurde ein von TESLA unabhängiger Standort für den XFEL gesucht. Für die Untersuchung der verschiedenen Varianten wurden geeignete Unterlagen wie Karten und Eigentümerlisten bereitgestellt. Zur Vorbereitung der Standortbekanntgabe wurden der PR-Abteilung verschiedene Darstellungsformen vorgeschlagen. Für einen geplanten Trassentag Mitte 2004 wurden die zu informierenden Eigentümer der betroffenen Grundstücke ermittelt.

PETRA III

Für die Bauplanung der PETRA III-Experimentierhalle zwischen PETRA-NO und PETRA-O wurden Lagepläne und Geländeschnitte bereitgestellt.

TESLA-Messsystem – Kooperation Weimar und Oxford –

Der erste Prototyp eines Wagens für den Messzug zur Vermessung des TESLA Grundlagennetzes (RTRS Rapid Tunnel Reference Surveyor/GeLiS) wurde fertiggestellt. Die Sensoren und Schrittmotoren wurden programmiert, so dass er auf der Messe INTERGEO 2003 in Hamburg funktionsfähig öffentlich präsentiert werden konnte.

Um das ebenfalls für TESLA vorgesehene hydrostatische Messsystem unter realen Beschleunigerbedingungen testen zu können, wurde im HERA-Tunnel im Bereich NR (unter Parkgelände, im Grundwasser) und SR (unter den viel befahrenen Hauptstrassen Luruper Hauptstraße und Bahrenfelder Chaussee, nicht im Grundwasser gelegen) je eine Teststrecke aufgebaut und in Betrieb genommen.

Arbeiten zu mechanischen Messhilfsmitteln und Adaptern

Die Umstellung von den bisher verwendeten Taylor-Hobson Zielzeichen auf 1.5" Zielkugeln mit Reflektor (PLX), die auch für Messungen mit Lasertrackern oder Tachymetern mit automatischer Zielerkennung geeignet sind, wurde fortgesetzt. So wurden Zielkugeln für manuelles Messen (ohne Reflektor) hergestellt sowie Adapter von Taylor-Hobson auf PLX gefertigt. Auch ein Adapter für 0.5" PLX Kugeln auf 1.5" Marken steht jetzt zur Verfügung.

Für den Lasertracker wurden verschiedene Hilfsmittel hergestellt, wie ein Wagen für die Verwendung im TTF-Tunnel und eine stabile Unterkonstruktion zur Aufstellung ohne Stativ in geringer Höhe.

Arbeiten zu den elektrischen Messhilfsmitteln

Die im Messkeller vorhandene Kalibrierstrecke wurde motorisiert und mit einer Steuerungselektronik einschließlich Endschalter und Not-Aus versehen, so dass jetzt die Prüfung von Messgeräten weitgehend automatisiert ablaufen kann. Inzwischen wurden sogar einige Messgeräte der Daimler-Chrysler-Aerospace auf der

DESY-Kalibrierstrecke geprüft. Ein Programm zur Ansteuerung der Kalibrierstrecke und für den Betrieb des dort installierten Laserinterferometers und verschiedener Tachymeter wurde mit Labview entwickelt.

Das für vermessungstechnische Standardberechnungen eingesetzte Programmsystem VTR (Vermessungstechnisches Rechnen), eine Eigenentwicklung von MEA2, wurde für die Durchführung von Justierarbeiten erweitert. Im Rahmen einer Diplomarbeit wurde in Zusammenarbeit mit der HAW Hamburg eine automatische Steuerung der Leica Totalstation TDA5005 entwickelt.

Öffentlichkeitsarbeit

Die für MEA2 wichtigste Veranstaltung in Jahr 2003 waren Messe und Kongress INTERGEO, die diesmal in Hamburg stattfanden. Die Vermessungsgruppe war hier mit einem Vortrag, einer Fachexkursion zum DESY und mit einem Messestand vertreten, auf dem insbesondere der TESLA-Messwagen vorgestellt wurde.

Gaseservice

In diesem Jahr wurde in Hinblick auf die zukünftigen Beschleunigeranlagen und Experimente das Projekt Fernüberwachung der Flüssiggastanks in Zusammenarbeit mit MEA3 verwirklicht. Die Tanks befinden sich an diversen Orten auf dem DESY-Gelände und bei den HERA-Hallen. Der Tank-Füllstand sowie der Druck in den Tanks wird im Gebäude 13 abgerufen und gespeichert. Damit können schneller und flexibler Flüssig-Argon, -Stickstoff und -Kohlensäure bei den Gasefirmen abgerufen werden. Aus Sicherheitsgründen wurde ein DESY-eigener Flüssig-Argontank durch einen Miettank ersetzt, da der Tank ein kleines Leck im Innenbehälter aufwies.

Auf Grund des steigenden Bedarfs an Flüssig-Stickstoff bei den HASYLAB-Experimenten und den auf dem DESY-Gelände ansässigen Instituten wurden wie im Jahr 2002 weitere fünf Transportbehälter (100 Liter) für flüssigen Stickstoff gekauft. Um das Isoliervakuum der älteren Transportbehälter für kaltverflüssigte Gase zu verbessern, ist ein bedienerfreundlicher und mobiler Säulenturbomolekularpumpstand angeschafft worden.

Die Experimente und Gruppen hatten auch in diesem Jahr im Bereich der Gasetechnik Unterstützungs- und Beratungsbedarf. Nach der langen HERA-Wartungsperiode wurden bei dem Experiment ZEUS mehrfach die Analysegeräte kalibriert und das Kammergas analysiert. Für das Experiment HERA-B ist eine analytische Mengenmessung im RICH-Detektorkreislauf durchgeführt worden, um die Restmenge von C_4F_{10} zu bestimmen. Auch bei dem Experiment HERMES wurden Gasanalysen durchgeführt, um der Gruppe Referenzwerte für ihr neues Massenspektrometer zu geben. Für den TTF Linac wurde eine Stickstoffgasspülung für das Strahlaustrittsfenster, welches sich nahe am Strahldump befindet, projektiert. Die benötigte Durchflussmenge konnte im Labor experimentell mit dem originalen Flansch des Strahlaustritts-Fensters ermittelt werden. In Zusammenarbeit mit D5 ist in diesem Jahr wieder ein Gas-sicherheitsseminar (Referent: Sicherheitsverantwortlicher der Firma Linde) abgehalten worden, das Pflicht für alle Sicherheitsverantwortlichen der Experimente und Gasabrufberechtigte war.

Sicherheitseinrichtungen

Für den zweiten Sicherheitskreis des HASYLAB-Personeninterlocks wurden neue Einschübe mit erhöhter Funktionssicherheit entwickelt und in die jeweiligen Elektronikschränke für die Interlocksteuerung der Haupt- und Nebengebiete der HASYLAB-Fächer an DORIS eingebaut. Für das HASYLAB-Labor am VUV-FEL wurde ein Laserinterlock entwickelt und die Steuerung in der EXPO-Halle aufgebaut.

Die von MEA3 aufgebauten und betreuten Gaswarnanlagen der vier HERA-Experimente wurden regelmäßig justiert und notwendige Wartungsarbeiten durchgeführt. Die ZEUS-Gaswarnanlage wurde um 8 Messkanäle für den Nachweis von CO_2 zur Überwachung der Bereiche im Eisenjoch und in der Halle unter dem Detektor erweitert.

Die Umbauarbeiten an der ersten HERA-Tram wurde in Zusammenarbeit mit der Firma TecHünert abgeschlossen. Für die TÜV-Abnahme der Tram wurde eine neue technische Dokumentation einschließlich Funktionsbeschreibung, Gefahrenanalyse und Sicherheitskonzept erstellt und die Prüfung durch den TÜV durchgeführt.

TESLA Test Facility und VUV-FEL

Am 17.11.2002 wurde der erfolgreiche Betrieb von TTF1 mit seinen richtungsweisenden Ergebnissen für den VUV-FEL in TESLA Technologie und den XFEL beendet. Im letzten Jahr (2002) wurde die Heliumkälteversorgung des TTF2-Linacs und der TTF2-Testkryostate mit der zentralen DESY-Kälteanlage für HERA verbunden und fertiggestellt. Die Schwerpunkte des Jahres 2003 waren der Abschluss der Konstruktionsarbeiten und die mechanische Fertigung von Beschleunigerkomponenten, gefolgt vom Aufbau des VUV-FEL in TESLA-Technologie. Da das finanzielle Fördervolumen geringer ausfiel, als ursprünglich für 2003 erwartet, musste der Aufbau der Gesamtanlage zeitlich gestreckt werden. Es wurde entschieden, mit höchster Priorität den neuartigen Injektor bis einschließlich der ersten longitudinalen Kompression vollständig aufzubauen und auszurüsten, so dass dieser besonders kritische Abschnitt bereits Anfang 2004 in Betrieb gehen kann. Des Weiteren wurde mit sehr hoher Priorität der Aufbau der Vakuumkomponenten im Tunnel vorangetrieben. Das Vakuumsystem der gesamten Anlage war zum Ende des Berichtszeitraums zu 90% fertiggestellt und eingebaut.

Der VUV-FEL in TESLA-Technologie gliedert sich nach Sektionen auf. Eine schematische Darstellung ist in Abbildung 126 zu sehen. Der Linearbeschleuniger besteht aus dem Injektor mit Hochfrequenz-Elektronenquelle, den Bunch-Kompressoren zur Verkürzung der Elektronenpakete, den supraleitenden Beschleunigungsstrukturen, einem Kollimator, den Undulatoren, dem Bypass und dem Strahlfänger. In der ersten Ausbaustufe sind die Strecken für die Beschleunigungsmodule ACC 6 und 7 mit temporären Strahlführungen bestückt. Innerhalb dieser Abschnitte befinden sich derzeit ein spezieller S-Band Beschleunigerabschnitt aus Kupfer und ein Experiment der Universität Hamburg zur elektrooptischen Abtastung (EOS) des Elektronenstrahls. Beide Aufbauten dienen der Längenmessung der Elektronenpakete. Im hinteren Bereich des Beschleunigers wird ein 30 m langer Undulator-Magnet eingebaut, der in sechs Module aufgeteilt ist. Der Abschnitt zwischen dem Kollimator und dem hinteren Undulator wird zur Zeit durch eine Strahlführung zur Analyse der Elektronenstrahlparameter ersetzt.

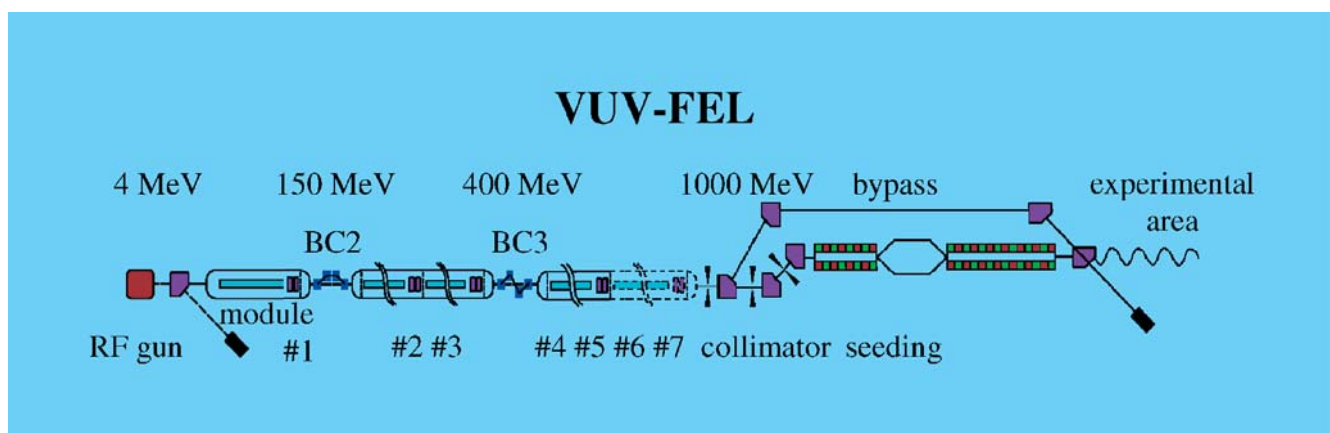


Abbildung 126: Schematische Darstellung des VUV-FEL in seiner Endausbaustufe mit Seeding Sektion.

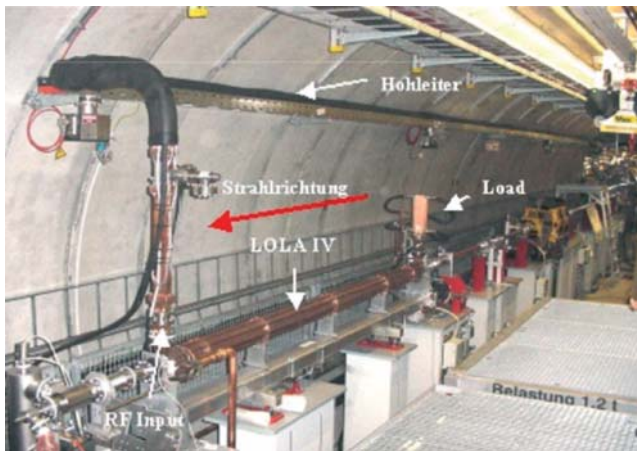


Abbildung 127: Die Hohlleiterstruktur LOLA zur Messung der Länge der Elektronenpakete im TESLA Tunnel.

Bei der erwähnten S-Band-Beschleunigerstruktur (Abb. 127) im Abschnitt ACC 7, dem Projekt LOLA IV, handelt es sich um eine Kollaboration zwischen SLAC und DESY. Der transversal ablenkende HF Resonator (LOLA IV) soll dazu dienen, die Länge der Bunches im TTF-Linac zu messen, die im Bereich von 80 fs bzw. $25 \mu\text{m}$ liegt. Dazu wird der Elektronenstrahl transversal abgelenkt, im Verhältnis der Bunchlänge verbreitert und anschließend mit einem OTR-Schirm aufgenommen, woraus sich die Bunchlänge errechnen läßt. Das Ziel, LOLA IV und die dazugehörige HF-Versorgung im Jahr 2003 betriebsbereit zu installieren und zu konditionieren, wurde erreicht.

Im Frühjahr 2003 trafen die von SLAC gestellten Komponenten bei DESY ein. Dazu zählen u. a. LOLA IV selbst, das Klystron 5045 mit Zubehör, die unbearbeiteten Hohlleiter, drei Hochfrequenz-Koppler, ein HF-Fenster, ein Hohlleiter-Ventil und verschiedene elektronische Komponenten. DESY lieferte den Modulator (PPT), die Lastwiderstände, weiteres elektronisches Zubehör und die nötige Infrastruktur. Als Standort der HF-Versorgung wurde ein Platz in Halle 3 festgelegt. Die Installation der dazugehörigen Komponenten erfolgte in direkter Zusammenarbeit mit SLAC und wurde im September 2003 abgeschlossen. Der Resonator wurde in der Strecke ACC 7 installiert. Daraus ergab sich, dass der benötigte Hohlleiterzug eine Länge von ca. 80 m haben muss. Um bei dieser Länge eine Phasenverschiebung der HF durch Temperaturschwankungen zu verhindern, wurde der komplette Hohlleiter temperaturstabilisiert und isoliert. Ein

weiteres Problem besteht darin, dass LOLA IV und das Klystron 5045 für eine Frequenz von 2856 MHz ausgelegt sind und TTF2 bei 1300 MHz betrieben wird. Deshalb wird an einer Synchronisation gearbeitet, die bis Ende 2004 fertig sein soll. Nachdem die Aufbauarbeiten abgeschlossen waren, wurde im Dezember 2003 damit begonnen, die Anlage zu konditionieren. Um den Betrieb sicherzustellen, soll eine HF-Eingangsleistung in LOLA IV von 20 MW mit einer Pulslänge von $1 \mu\text{s}$ bei einer Frequenz von 1 Hz erreicht werden. Während des Konditionierens wurden Eingangsleistungen von 23 MW (Pulslänge $0,5 \mu\text{s}$) und 18 MW (Pulslänge $1 \mu\text{s}$) erreicht. Diese Leistungen reichen für den Einsatz von LOLA für die Bunchlängenmessung.

Der Ausbau des VUV-FEL hat in Halle 3 und im Tunnel konkrete Formen angenommen. Im ersten Halbjahr 2003 sind die Beschleunigermodule in den Abschnitten ACC 3, 4 und 5 eingebaut und montiert worden. Parallel dazu sind viele Installationsarbeiten abgeschlossen worden. Die Verkabelung der Netzversorgung und das Verteilungssystem für die Wasserversorgung der Magnete sowie die Gaseleitungen wurden für alle Beschleunigerabschnitte installiert. Der Injektorbetrieb wird überwiegend mit den TTF1-Magnetnetzteilen durchgeführt. Für die komplette Inbetriebnahme aller Magnete werden weitere Netzteile im Sommer 2004 nachgerüstet. Die alte TTF1-Infrastruktur, die Verkabelung, die datenerfassende und -verarbeitende Elektronik für das Kontrollsystem und die Netzgeräte für den Injektorbereich wurden den Anforderungen des VUV-FEL angepasst. Alte Kabel wurden entfernt, Netzteile ausgebaut und die Elektronik mit neuer Hardware ergänzt.

Die Unterbauten aus Beton und die Untergestelle der Strahlführung entlang des gesamten Beschleunigers sind aufgemessen und eingebaut worden. Die Bypassstrecke unter dem Tunneldach hat bei den Untergestellen komplizierte Streckenabschnitte im aufsteigenden und absteigenden Ast, die bei der Montage besonders zu berücksichtigen waren. Für das EOS Experiment wurden in die Tunnelwand Durchführungen gebohrt, um die optischen Messsignale in einem Laborcontainer außerhalb des Tunnels auszuwerten. Weitere Kernbohrungen sind am Ende des Tunnels für ein weiteres Experiment (Längenmessung der Elektronenpakete mittels Infrarotspektroskopie) vorgesehen.



Abbildung 128: Die Undulatoren nach dem Einbau in die Tunnelanlage (links) und die Vermessung des Spektrometerbereiches durch die Gruppe MEA (rechts).

Die noch fehlenden Magnete sind bei DESY eingetroffen und erfüllen die Spezifikationen. Zu jedem Magneten gibt es ein Prüfungsprotokoll des Herstellers. Die Eingangskontrolle bei DESY hat jeden Magneten auf dem Messstand elektrisch und mechanisch geprüft. In Stichproben wurden Feldvermessungen vorgenommen. Anschließend wurden alle Magnete, inklusive Undulatoren eingebaut und eingemessen (Abb. 128).

Die mechanische Fertigung der Vakuumkomponenten von TTF2 wurde abgeschlossen. Alle Komponenten wurden bei MVP oder Hasylab im Reinraum UHV-gereinigt und partikelfrei zum Einbau vorbereitet. Der Einbau im Beschleuniger hat mit Hilfe lokaler Reinräume stattgefunden (Abb. 129) Die Beschleunigerabschnitte BC3, temporäre Strahlführung ACC 6, ACC 7, Kollimator und Dumpline konnten fertiggestellt werden.

Die Oberflächenrauigkeit der vier Kupfer-Kollimatoren auf der getaperten Innenseite wurde mittels Elektropolitur verbessert. Wegen der kleinen Bohrungen von 4 mm Durchmesser wirken Störfelder durch raue Oberflächen besonders stark auf die Elektronenpakete. Beim Drahterodieren der Bohrungen wurden wegen zu großer Vortriebsgeschwindigkeiten nur mittlere Rauigkeiten zwischen N7 ($1,6\ \mu\text{m}$) und N8 ($3,2\ \mu\text{m}$) erreicht. Die Elektropolitur reduzierte die Werte auf N6 ($0,8\ \mu\text{m}$) bis N7 ($1,6\ \mu\text{m}$). Das motorgesteuerte Gestell kann in der transversalen Ebene die Kollimatoren in μm -

Schritten bewegen. Die Position der Kollimatoren ist über einen genauen Messgeber oder direkt am Gestell relativ zur idealen Strahlmitte abzulesen. Erste Labor-tests zur Ansteuerung sind erfolgreich abgeschlossen worden.

Zuerst wurden im Herbst ca. 90 m Vakuumsystem der Bypass-Strahlführung unterhalb des Tunneldachs von Kollegen aus Zeuthen und Mitarbeitern der Gruppe MVP (s. Bericht der Gruppe MVP) aufgebaut und angepumpt. Die Probenbeschussanlage, betreut von MVA, wurde im Rahmen dieser Arbeiten eingebaut. Ebenfalls



Abbildung 129: Montage von Vakuumkomponenten unter einem mobilen Reinraumzelt der Klasse 100.

wurde die FEL Photonenstrahlführung zwischen dem Tunnel und der Experimentierhalle, die den PETRA-Tunnel kreuzt, eingebaut und mit der erforderlichen Abschirmung umbaut. Die Abschnitte des Injektors, des aufsteigenden Astes des Bypasses (ca. 20 m), der Undulatorbereich, der Experimentierbereich hinter den Undulatoren und die Photonenbeamline werden im kommenden Jahr fertig montiert sein.

Die Diagnosekomponenten, die besonders hohe Anforderungen an die mechanische Präzision stellen, wie Strahllagemonitore (BPM), OTR-Schirme, Toroide und Wire-Scanner, wurden in aufwändigen Arbeitsschritten zusammengebaut und auf mechanische Toleranzen und elektrische Eigenschaften getestet (s. Bericht der Gruppe MDI). Insbesondere wurde die Position der Strahllagemonitore in den Quadrupolen vermessen. Diese Informationen sind bei den Orbitkorrekturen des Elektronenstrahls von großer Bedeutung.

Im Tunnel wurden die Container installiert, in denen ein Teil der Messelektronik, Magnet-Netzteile, und die Klimageräte für die Undulatoren untergebracht werden. Die Verkabelung und Bestückung hat begonnen und wird im Jahr 2004 abgeschlossen.

Im Kryo-Anbau wurden die 5-MW-Klystrons und Modulatoren für die TESLA-Beschleunigungsmodule aufgebaut. Bis auf das Hohlleitersystem von Modul ACC 1 ist die Hohlleiterverlegung für den gesamten Beschleuniger abgeschlossen. Die HF-Senderanlagen sind für die Module ACC 1–5 betriebsbereit. Die Kopplerkonditionierung bei Raumtemperatur in den Modulen ACC 2 bis ACC 5 hat begonnen und wird Anfang 2004 abgeschlossen sein. Eine Außenansicht der VUV-FEL-Anlage ist in Abbildung 130 zu sehen.



Abbildung 130: Überblick über die TESLA Test-Anlage (TTF) und deren Erweiterung zum VUV-FEL. In der ersten Phase (TTF1) wurden bis zum Beginn 2003 der weltweit erste Freie-Elektronen-Laser (FEL) für Wellenlängen um 100 nm betrieben sowie Tests zur Technologie supraleitender Linearbeschleuniger durchgeführt.

Planungen und Untersuchungen für den TESLA Linear Collider und den Röntgenlaser XFEL bei DESY

Am 5. Februar 2003 gab die Bundesforschungsministerin Edelgard Bulmahn ihre Entscheidung über die Großgeräte der naturwissenschaftlichen Grundlagenforschung bekannt. Sie gab grünes Licht für einen Freien Elektronen Laser in europäischer Kooperation und entschied gleichzeitig: Es wird heute kein deutscher Standort für den TESLA-Linearbeschleuniger vorgeschlagen und DESY wird aber die international

eingebetteten Forschungsarbeiten weiterführen können, um eine deutsche Beteiligung an einem späteren globalen Projekt zu ermöglichen. Deshalb hat die TESLA-Planungsgruppe die Vorbereitungen für das TESLA-Planfeststellungsverfahren, das in Zusammenarbeit mit einer Ingenieurgemeinschaft durchgeführt wurde, im Berichtszeitraum zum vorläufigen Abschluss gebracht. Die standortunabhängigen Untersuchungen

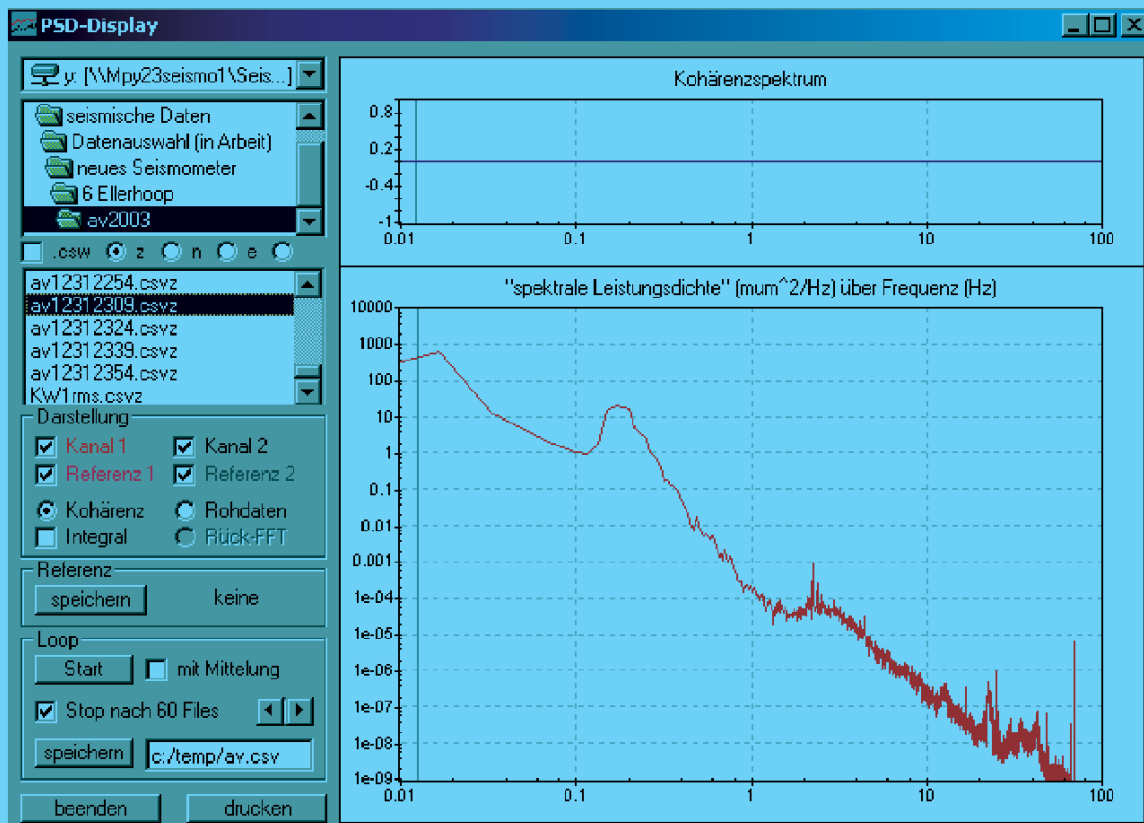


Abbildung 131: Beispiel einer in Ellerhoop gemessenen und über eine viertel Stunde gemittelten spektralen Leistungsdichte der Bodenbewegung.

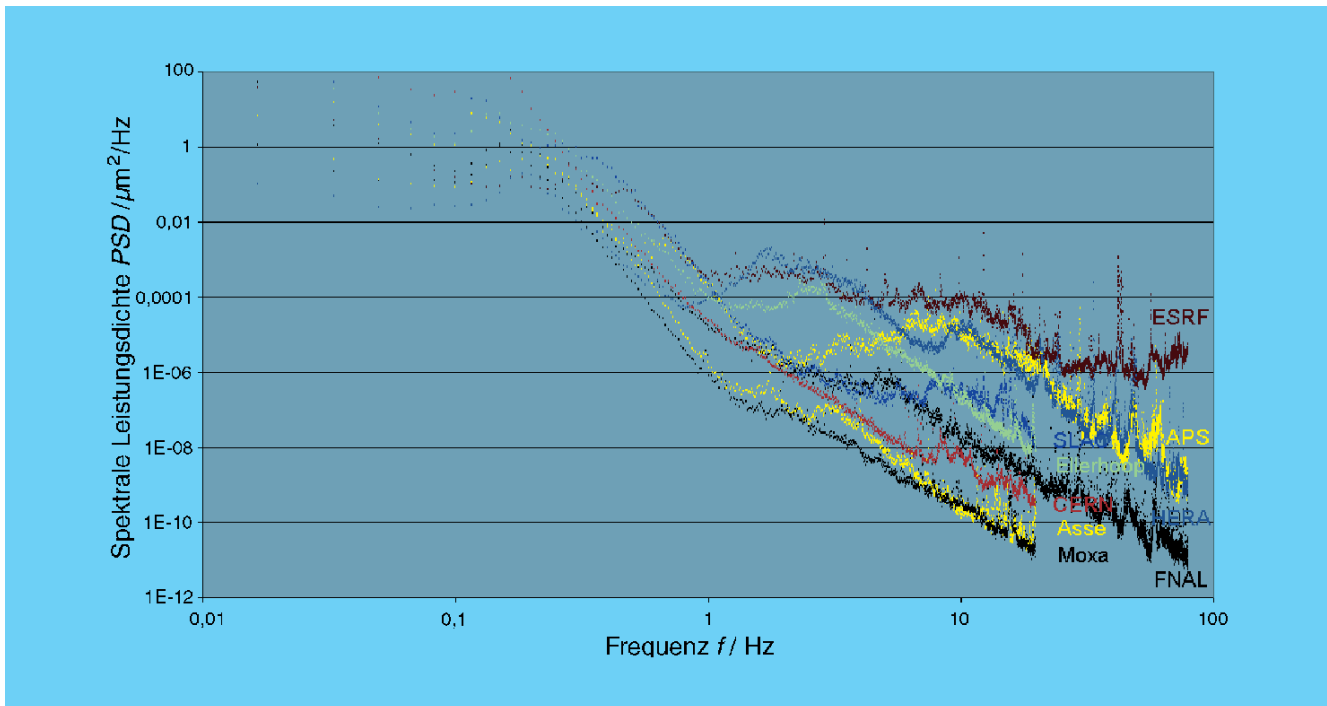


Abbildung 132: Über eine Stunde gemittelte spektrale Leistungsdichten der Bewegung an verschiedenen Messorten.

werden nun global weitergeführt. Außerdem ist durch die Entscheidung der Ministerin der Standort des Röntgenlasers nicht mehr an den TESLA-Standort gekoppelt. Aus diesem Grund hat eine DESY-Arbeitsgruppe den Standort für das FEL-Labor diskutiert und verschiedene Standorte betrachtet. Die TESLA-Planungsgruppe war an dieser Untersuchung beteiligt, und es wurden für die verschiedenen, grundsätzlich in Frage kommenden Trassen, seismische Messungen, in einem Fall über mehrere Wochen, im HERA-Tunnel, im Keller von einem Bürogebäude und an der Erdoberfläche, durchgeführt.

Im Jahr 2002 wurde zwischen DESY und dem Arbeitsbereich Geotechnik und Baubetrieb der Technischen Universität Hamburg-Harburg eine Zusammenarbeit vereinbart. Ein Ziel ist die Erklärung des „Cultural Noise“ in den Bodenvibrationsspektren zwischen 0.01 Hz und 100 Hz. Dabei wird angenommen, dass der Straßen- und Schienenverkehr die Hauptursache darstellt. Im Berichtszeitraum wurden Simulationsrechnungen durchgeführt, die mit Hilfe eines

Anregungsmodells, gemessener Fahrbahnrauigkeiten auf Autobahnen und eines geeigneten Übertragungsmodells für den Boden spektrale Leistungsdichten erzeugen können. Darin sind bereits grob die charakteristischen Signaturen gemessener spektraler Leistungsdichten enthalten.

Bodenvibrationsmessungen

Wegen immer weiter steigenden Anforderungen an die Teilchenstrahlstabilität zukünftiger Beschleuniger sind auch Bodenvibrationen als mögliche Störursache zu betrachten und bei der Wahl der Standorte zu berücksichtigen. Die hierzu im Jahr 2002 begonnenen Untersuchungen von Bodenvibrationen wurden im Jahr 2003 fortgesetzt. Hierbei kamen sowohl einfache Geophone für schnelle Messungen wie auch aufwändige Breitbandseismometer für Präzisionsmessungen zum Einsatz. Für die Datennahme und -auswertung wurde eine universelle, interaktive Technik entwickelt. Neben vielen Messreihen an Standorten auf oder in der Nähe des

DESY-Geländes wurden einige Messreihen an anderen Beschleunigerlabors und an ruhigen Referenzorten aufgenommen. In der Abbildung 131 ist ein Beispiel für eine gemessene spektrale Leistungsdichte dargestellt. Das Bild ist direkt der Benutzeroberfläche des interaktiven Darstellungsprogramms entnommen worden. Die Daten wurden mit einem Breitbandseismometer CMG-3T von Güralp in Ellerhoop, in der Nähe des geplanten TESLA-Wechselwirkungspunktes, aufgenommen.

In erster Näherung ist das Spektrum umgekehrt proportional zur vierten Potenz der Frequenz. Im Bereich um 0.1 Hz ist eine deutliche Überhöhung zu erkennen, die durch Ozeanwellen verursacht wird. Dieses natürliche mikroseismische Signal ist weltweit zu messen. Oberhalb von etwa 1 Hz ist eine weitere Abweichung zu erkennen, die stark messortsabhängig ist, da sie von der Summe aller in der näheren Umgebung der Messstelle vorhandenen Anregungen durch menschliche Aktivitäten wie Straßen- und Schienenverkehr, Bauaktivitäten und Ähnliches verursacht wird. Sie wird als Cultural Noise bezeichnet. Speziell in diesem Frequenzbereich unterscheiden sich die Messungen an unterschiedlichen Standorten. Die Abbildung 132 zeigt im

Vergleich die an verschiedenen Orten jeweils nachts zu einer besonders ruhigen Zeit aufgenommenen spektralen Leistungsdichten.

Die in der Abbildung 132 dargestellten spektralen Leistungsdichten wurden ebenfalls mit einem Breitbandseismometer CMG-3T von Güralp aufgenommen. Zur Charakterisierung eines Messortes kann der quadratische Mittelwert der Bewegung für den Frequenzbereich oberhalb von 1 Hz verwendet werden. In der Tabelle 4 sind diese RMS-Werte für die verschiedenen Messorte zusammengestellt. Alle aufgenommenen Messdaten stehen außerdem im WorldWideWeb unter der Adresse <http://desyntwww.desy.de/~seismo/Seismometer/> zur Verfügung.

Bodenmechanik

Bei DESY werden, wie bei fast allen anderen Standorten auch, im Frequenzbereich oberhalb von 1 Hz tageszeitabhängig erhöhte Spektraldichten der Bodenschwingungsamplituden gemessen. Eine mögliche Ursache dafür sind der Straßen- und Schienenverkehr. Bei der Überfahrt von Fahrzeugen über unebene

Messort	Minimaler RMS-Anteil Wert in nm	Zusätzlicher RMS-Anteil in nm an Werktagen
Moxa	0.6	+ 0.5
Asse	0.8	+ 0.5
DESY	40	+ 100 und mehr
DESY HERA-Tunnel	40	+ 80 und mehr
Ellerhoop	15	+ 35
CERN	5	+ 10
CERN LHC/LEP-Tunnel	2	+ 2
ESRF	40	+ 120 und mehr
SLAC	5	+ 5
Copper Mountain	< 2	
FNAL	7	+ 3
FNAL Numi-Targethalle	3	+ 3
APS	15	+ 2

Tabelle 4: RMS-Werte der Bewegung für den Frequenzbereich oberhalb von 1 Hz an verschiedenen Messorten.

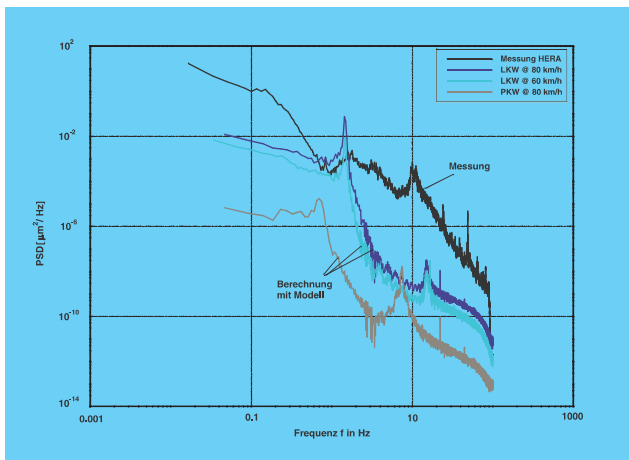


Abbildung 133: Vergleich von gerechneten mit einer gemessenen spektralen Leistungsdichte der Schwingungsamplituden.

Fahrbahnen bzw. Gleise entstehen fahrzeug- und fahrgeschwindigkeitsabhängige charakteristische Bodenschwingungen. Als Modell wurde ein Zwei-Massen-Feder-Dämpfer-System für das Fahrzeug und die Lösung von Payton für eine transiente Anregung für den Untergrund gewählt. Vereinfachend wird von einem homogenen, isotropen und elastischen Halbraum ausgegangen. Erste Berechnungen zeigen, dass die so modellierten Bodenschwingungen in der Spektraldichtedarstellung eine ähnliche Charakteristik wie die gemessenen aufweisen. In der Abbildung 133 ist der Vergleich von gerechneten mit einer gemessenen spektralen Leistungsdichte der Schwingungsamplituden dargestellt. Die berechneten Bodenschwingungsamplituden wachsen, wie erwartet, mit höherer Fahrgeschwindigkeit und Fahrzeugmasse an. Das Modell soll nun weiter verbessert werden, um den Einfluss des Untergrunds und des Verkehrs zu untersuchen.

Trassenuntersuchungen für den geplanten Röntgenlaser

Am DESY befindet sich zurzeit ein neues Beschleunigerprojekt in der Planung. Es handelt sich hierbei um einen supraleitenden, etwa 2 km langen Linearbeschleuniger für Elektronen mit anschließenden Undulatorstrecken zur kohärenten Röntgenlichterzeugung

(XFEL). Um die bestehende Infrastruktur des aktuellen DESY-Geländes nutzen zu können und um Kombinationsoptionen mit existierenden Teilchenbeschleunigern offen zu halten, soll die neue Anlage möglichst eine Verbindung zum DESY-Gelände haben.

Die TESLA Planungsgruppe hat zu den Untersuchungen der möglichen Trassenvarianten beigetragen. In diesem Rahmen wurde die Geologie betrachtet, die Realisierbarkeit unter Berücksichtigung der existierenden Bebauung, speziell auf dem DESY-Gelände, geprüft, Bodenvibrationsmessungen durchgeführt und Kostenabschätzungen vorgenommen.

Grundwassermessungen bei HERA NR250

Die im Jahr 2002 installierte Grundwassermessstelle in unmittelbarer Nähe des HERA-Tunnels bei NR 250 m hat für das gesamte Jahr 2003 Pegelstände geliefert. In Abbildung 134 ist der Grundwasserstand über die Zeit seit Beginn der Datennahme dargestellt, wie er auch im WorldWideWeb unter der Adresse <http://desyntwww.desy.de/~seismo/Grundwasser/> zu finden ist. Auffällig ist der im Berichtszeitraum nahezu stetig fallende Grundwasserstand, der durch geringere Niederschläge erklärt werden kann. Ein Vergleich mit dem Tunneldurchmesser wurde aufgrund der fehlenden Signifikanz in den Wasserständen dieses Jahr nicht durchgeführt.

Hochgradientenprogramm für supraleitende Resonatoren

Die Elektropolituranlage für neunzellige Resonatoren wurde im Berichtszeitraum erfolgreich in Betrieb genommen. Die ersten bei DESY elektropolierten neunzelligen Resonatoren wurden gemessen. Erstmals konnte im vertikalen CW Test eine Beschleunigungsfeldstärke größer als 40 MV/m erreicht werden. Auch bei der Entwicklung von nahtlosen mit Niob ausgekleideten Kupfer-Resonatoren wurde in Zusammenarbeit mit KEK ein hervorragendes Ergebnis erreicht. Die maximale Beschleunigungsfeldstärke lag bei 39 MV/m. Einzelheiten hierzu finden sich in den detaillierten Berichten der Gruppen MKS, MHF-sl und MPL.



Abbildung 134: Grundwasserstand in Abhängigkeit von der Zeit bei HERA NR 250.

XFEL-Projektgruppe

Mit der positiven Entscheidung der Bundesregierung zum Bau der XFEL-Anlage als Europäisches Projekt einschließlich einer Finanzierungszusage von 50% der auf 684 Mio. Euro (Basis Jahr 2000) geschätzten Kosten sind die Vorbereitungen für die Realisierung dieses Projekts in eine neue Phase eingetreten. Aus der noch erforderlichen Organisation des Projekts auf europäischer Ebene, den technisch-wissenschaftlichen sowie den genehmigungsrechtlichen Vorarbeiten ergibt sich ein Fahrplan, der den Beginn des Baus der Anlage im Jahr 2006 vorsieht. Zur Fokussierung der Arbeit bei DESY auf dieses Ziel hin wurde eine XFEL-Projektgruppe (bereichsübergreifend, mit Beteiligung von M- und F-Gruppen) geschaffen, in der die Vorplanung der Anlage organisiert ist (die Website der Gruppe ist über <http://xfel.desy.de> zugänglich). Die Aufteilung in verschiedene Arbeitspakete deckt die generelle Parameter-Optimierung, strahlphysikalische Fragestellungen, technische Komponenten sowie Sub-Systeme sowohl für den Beschleuniger- als auch den experimentellen (Nutzer-)Teil der Anlage ab. Weitere Arbeitspakete betreffen die Projektverfolgung und Ressourcen-Planung sowie die zu errichtenden Bauten und die

Planung des Standorts, einschließlich des Planfeststellungsverfahrens.

Da der für das TESLA-Linear-Collider-Projekt vorgesehene Standort mit Forschungsgelände in Ellershoop/Kreis Pinneberg zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht unterstützt wird, ergab sich die Notwendigkeit einer Revision des Standorts für das XFEL-Projekt, da einerseits die bei gleichzeitiger Realisierung von XFEL und Linear Collider vorhandenen Synergie- und Kostenersparnis-Effekte entfallen und andererseits bei späterem Bau des Colliders erhebliche Beeinträchtigungen des XFEL Betriebs aufgrund der Nähe der parallel verlaufenden Beschleuniger-Tunnel und der Experimentier-Einrichtungen auf dem gleichen Forschungsgelände auftreten würden. Es wurde daher von einer Arbeitsgruppe bei DESY ein neuer Standortvorschlag ausgearbeitet, der einen Verlauf der insgesamt 3.3 km langen Trasse der XFEL-Anlage vom DESY-Gelände beginnend in Richtung West-Nordwest und die Experimente-Halle auf dem Gebiet der Stadt Scheidefeld vorsieht (Abb. 135).

Durch die Anbindung an das DESY-Gelände kann vorhandene Infrastruktur genutzt werden. Außerdem werden sich wichtige Sub-Systeme wie die Strahlquellen,

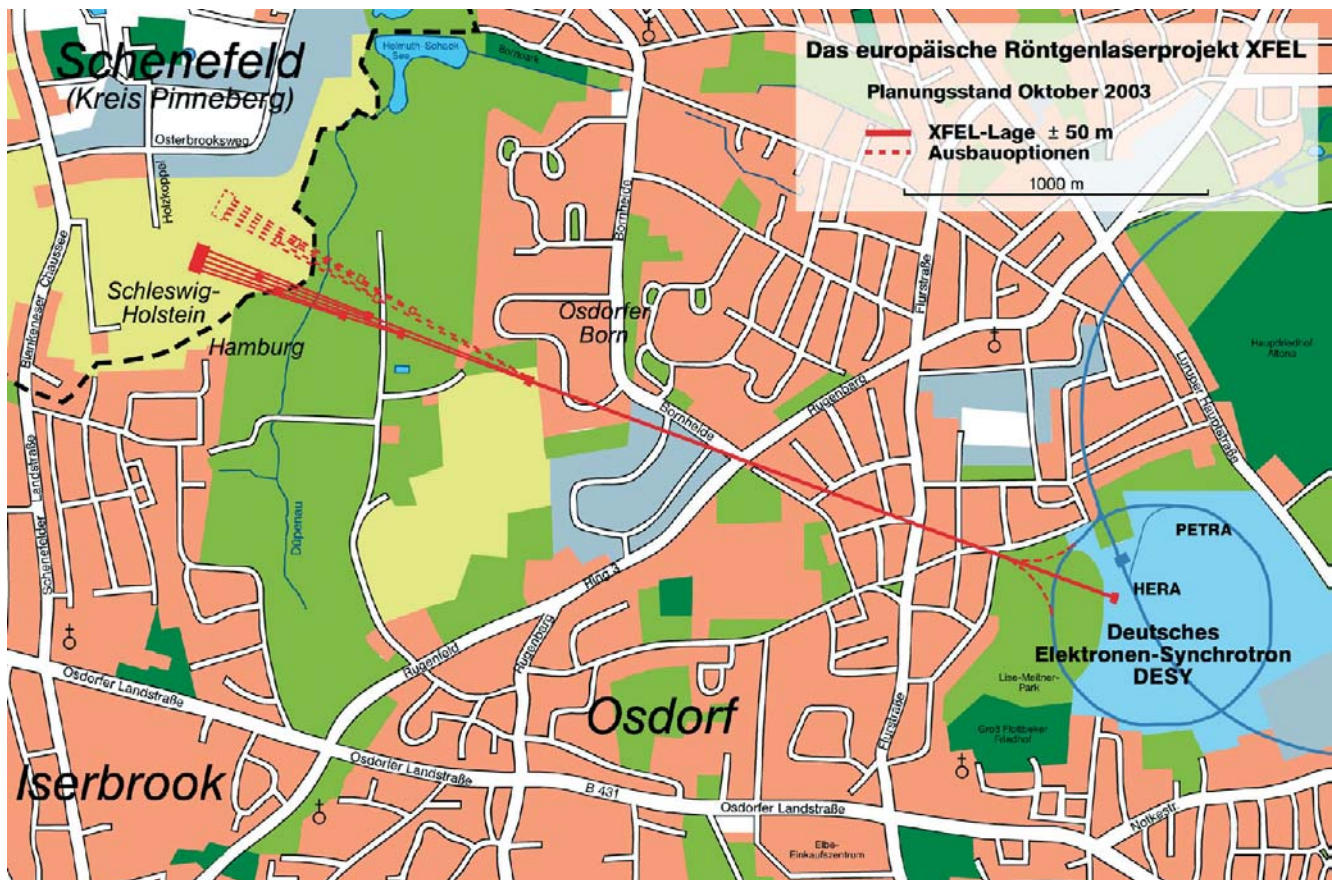


Abbildung 135: Geplanter Verlauf der 3.3 km langen XFEL-Trasse.

die Versorgung für die Hochfrequenzsender (Modulatoren) und die Helium-Kälteanlage bei DESY befinden, was einerseits den externen Flächenbedarf reduziert und andererseits Vorteile bei der Installation, Inbetriebnahme und Wartung der Anlage bietet. Weiterhin schließt die vorgeschlagene Trassenführung für erweiterte Nutzungsmöglichkeiten der Anlage in der längerfristigen Zukunft einen Anschluss an die bestehenden PETRA- und HERA-Ringe nicht aus.

Der Linearbeschleuniger in supraleitender TESLA-Technologie hat eine Länge von 1.5 km und ist für eine Strahlenergie von 20 GeV bei einem Gradienten von 23 MV/m ausgelegt. Eine optionale Erhöhung der Strahlenergie ist aufgrund der inzwischen mit den TESLA-Resonatoren erzielten Leistungsfähigkeit (mehrere elektropolierte Resonatoren erreichten im Berichtszeitraum Gradienten von 35–40 MV/m)

gegeben. Für Strahlkollimation und Diagnostik sowie Verteilung auf mehrere Strahl-Linien (einschließlich einer späteren Erweiterung der Nutzer-Anlage) sind 500 m Länge vorgesehen. Die Undulatoren sowie die Photonen-Strahlführungen nehmen eine Gesamtlänge von 1.3 km ein.

Die Referenzparameter für den Linearbeschleuniger sehen eine Pulsfrequenz von 10 Hz sowie eine maximale Anzahl von Strahlpaketen („Bunchen“) von ca. 3200 pro Puls vor. Um ein breites Spektrum von Nutzer-Anforderungen abzudecken, ist eine möglichst große Flexibilität in der Zeitstruktur des Elektronenstrahls wünschenswert. In diesem Zusammenhang wurden Überlegungen angestellt, Bunche in einem Pulszug mit unterschiedlicher Zeitstruktur an verschiedene Experimente zu verteilen. Weitere Untersuchungen betreffen

die Möglichkeit, den Beschleuniger bei niedrigerer Strahlenergie mit höherer Pulsfrequenz zu betreiben. Während bei hoher Energie die kryogenische Last für die Helium-Kälteanlage eine Limitierung darstellt, ist bei niedrigerer Betriebsenergie das gepulste Hochfrequenzsystem (im Hauptteil des Linearbeschleunigers wie auch bei der Strahlquelle) ein begrenzender Faktor. Experimentelle Studien hierzu sind an der PITZ-Testanlage bei DESY Zeuthen in Vorbereitung. Bei ausreichend niedrigem Beschleunigungsfeld (entsprechend etwa einem Drittel der Referenz-Strahlenergie von

20 GeV) würde die Auslegung der Beschleuniger-Module ohne die Notwendigkeit technischer Modifikationen sogar einen ungepulsten Dauerstrich-Betrieb zulassen, was u.U. als eine Betriebs-Option der XFEL Anlage interessant werden könnte. Insgesamt lässt die begonnene Analyse der operationellen Flexibilität erkennen, dass der in supraleitender TESLA-Technologie gebaute Beschleuniger Optionen eröffnet, die über die Möglichkeiten konventioneller Technologie deutlich hinausgehen und ein breites Spektrum wissenschaftlicher Nutzung mit langfristiger Perspektive bieten.

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, Interlocksysteme, Kontrolle radioaktiver Stoffe, Unterweisung der Mitarbeiter. 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 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 einfachen Festkörperdosimetern (Thermolumineszenz-Dosimetern in Polyethylen-Moderatoren zur Messung der Photonendosen 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 einem 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, existiert ein zweites System, 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 Detektoren sind vorwiegend an Stellen positioniert, an denen eine höhere Dosisleistung möglich erscheint.

Das Gelände wird derzeit an 246 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 2002 haben sich die gemessenen Ortsdosen im Berichtszeitraum in fast allen Fällen in Bezug auf die Betriebsdauer der einzelnen Beschleuniger nur unwesentlich verändert. Aufgrund einiger unkontrollierter Strahlverluste bei HERA haben sich die Ortsdosen in den HERA Hallen im Jahre 2003 erhöht, so dass in den HERA Hallen an einigen Stellen Kontrollbereiche eingerichtet wurden.

Personendosimetrie

Die Messung der Personendosen für Photonen erfolgt mit Festkörperdosimetern. Personendosen, die von Neutronen herrühren, werden mit Kernspur-Filmen registriert. Die Auswertung der Festkörperdosimeter wird von der Messstelle für Strahlenschutz in Hamburg durchgeführt. Die Bereitstellung und Auslese der Kernspur-Filme für Neutronen wird von der GSF (Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit) übernommen. Festkörperdosimeter wie auch Kernspur-Filme werden bei DESY im Zwei-Monats-Rhythmus getauscht.

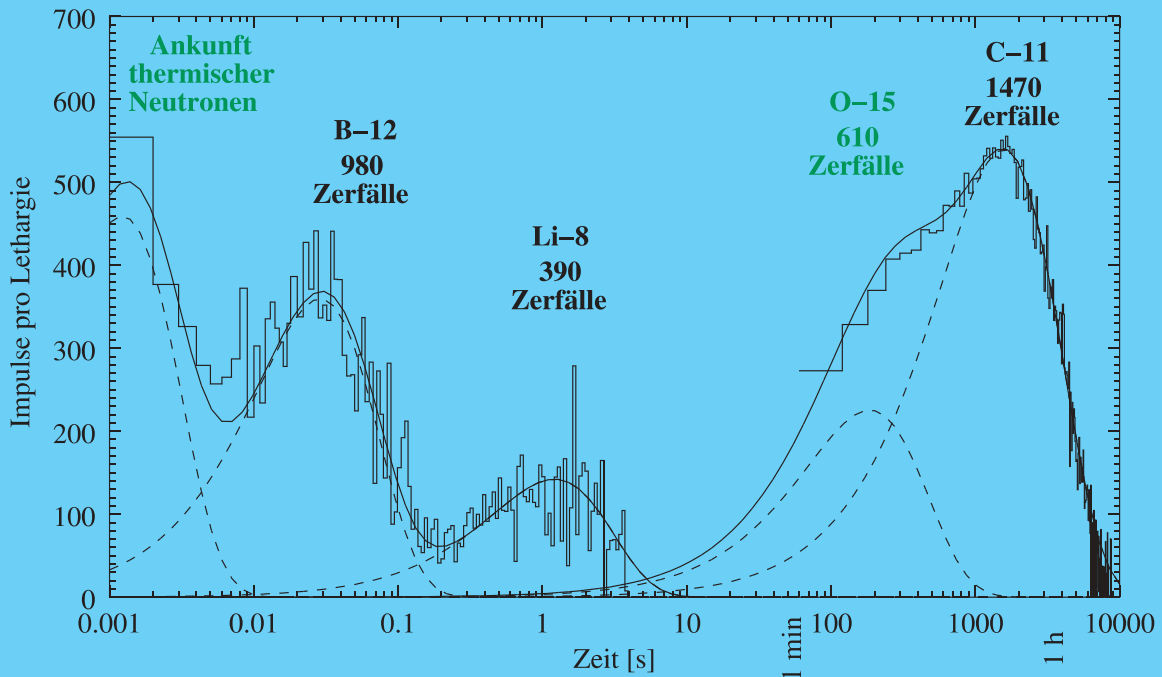


Abbildung 136: Antwort des Szintillationszählers auf einen $16\text{-}\mu\text{Sv}$ -Schuss. Die logarithmische x-Achse zeigt die Zeit, deren Zählung direkt nach dem prompten Signal beginnt. Die lineare y-Achse gibt die Zahl der Impulse oder Zerfälle in Einheiten der Lethargie an, d. h. die Bezugsgröße ist nicht wie üblich die Binbreite $t(n+1) - t(n)$, sondern die Lethargie $\ln(t(n+1)) - \ln(t(n))$, eine Art logarithmische Binbreite. Die Stufenkurve ist gemessen, die durchgezogene Kurve gefittet. Letztere ist aus fünf Zerfallskurven (gestrichelte Kurven) zusammengesetzt, deren Integrale jeweils angegeben sind. Die schwarz markierten Zerfälle liefern die Dosis hochenergetischer Neutronen.

Im Mittel wurden regelmäßig 920 Personen überwacht. Dazu kamen pro Überwachungsperiode noch 40 Gäste, die nur kurzzeitig bei DESY arbeiteten. Insgesamt werden alle zwei Monate jeweils etwa 960 Dosimeter für Photonen und 360 für Neutronen verteilt und deren Auswertergebnisse in einer Datenbank archiviert. Im Zeitraum von November 2002 bis Oktober 2003 wurden auf 84 Dosimetern (von insgesamt 7920 Dosimetern) Dosen registriert, die über der amtlichen Schwelle von 0.1 mSv lagen. Die höchste Personendosis betrug 0.5 mSv pro zwei Monate. Damit liegen alle gemessenen Dosiswerte bei DESY deutlich unter der maximal zugelassenen Dosis für beruflich strahlenexpo-

nierte Personen von 6 mSv (Kategorie B) bzw. 20 mSv (Kategorie A) pro Arbeitsjahr.

Allgemeine Projekte

Um beim Betrieb der neuen Beschleunigeranlagen bei DESY (PETRA III, XFEL, TESLA) ein geeignetes aktives Dosimetersystem 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 neuartiges aktives Dosimeter weiterentwickelt. Es

besteht aus einem Plastik-Szintillator und nutzt die Aktivierungsreaktion $^{12}\text{C}(n,p)^{12}\text{B}$ durch Neutronen mit mehr als 13 MeV Energie aus. Der Zerfall des ^{12}B mit einer Halbwertszeit von 20 ms ergibt nach einem 1 ms langen XFEL/TESLA-Puls ein deutliches exponentielles Signal. Auch thermische Neutronen treten im Zeitspektrum mit Halbwertszeiten von weniger als 2 ms auf und lassen sich so vom ^{12}B -Spektrum trennen (s. Abb. 136). Damit können sowohl Ortsdosen hinter Abschirmungen als auch Neutronenflüsse innerhalb des Tunnels gemessen werden. Dieses System ist sehr gut für gepulste Neutronenfelder geeignet. Für konstante bzw. langsam variierende Felder wurden Blasen dosimeter getestet, wobei hier die Blasenbildung, also die Anzahl der entstandenen Blasen, ein Maß für die Neutronendosis ist. Das Problem bei dieser Art Dosimeter liegt in der Auslese, die entweder optisch durch bilderkennende Systeme oder akustisch durch bei der Blasenbildung entstehende akustische Signale zu erreichen ist. Beide Systeme wurden 2003 am Transferkanal DESY III nach PETRA getestet.

Neue aktive Photonendosimeter sollen mit Hilfe der von der Firma RADOS entwickelten DIS-Dosimeter realisiert werden. 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. Das Dosimeter basiert auf der Kombination einer Ionisationskammer mit einer Memory-Zelle (EEPROM mit MOSFET). Beim Einfall ionisierender Strahlung wird Ladung auf dem sog. „floating gate“ deponiert. Diese Ladung kann leicht bestimmt werden und ist ein Maß für die zu messende Photonendosis. Das DIS-Dosimeter kann in gepulsten und nicht gepulsten Feldern eingesetzt werden und hat mittlerweile eine PTB-Zulassung als Personendosimeter. Es wurde von DESY in Zusammenarbeit mit der Firma RADOS begonnen, das Auslesesystem des DIS-Dosimeters so zu verändern, dass ein aktives, unseren Anforderungen an die Zeitstruktur entsprechendes Dosimeter entsteht.

Arbeiten für VUV-FEL

Aufgrund des Sicherheitsberichts für den VUV-FEL wurde von der zuständigen Behörde die beantragte Betriebsgenehmigung für das Projekt im April 2003 erteilt.

Arbeiten für PETRA III

Im Jahre 2003 wurde eine erste Version des TDR (Technical Design Report) für das PETRA-III-Projekt in Bezug auf die Belange des Strahlenschutzes erstellt. Neben den üblichen Berechnungen und Maßnahmen aus Sicht des Strahlenschutzes wurde vor allem die Möglichkeit untersucht, die Maschine PETRA III im so genannten top-up mode zu betreiben. Das heißt, die Maschine soll bei geöffneten Strahlventilen gefüllt werden können, um so permanent einen nahezu konstanten Strahlstrom und damit auch konstante thermische Bedingungen zu haben. Die Untersuchungen haben ergeben, dass es erforderlich ist, permanente Dipolmagnete in Verlängerung der Undulatorstrecken einzubauen, um so sicher zu sein, dass kein primärer Strahl die Experimentiergebiete erreichen kann.

Arbeiten für den XFEL

Nach der Festlegung der Trasse für den XFEL wurde nun das Planfeststellungsverfahren (PFV) für das Projekt XFEL in Angriff genommen. Als erster Schritt wurde begonnen, einen allgemein verständlichen Bericht zu allen Themen des Strahlenschutzes für das XFEL-Projekt zu verfassen. Dies geschieht in ähnlicher Weise wie seinerzeit auch für das TESLA-Projekt. Dieser Bericht wird Grundlage der Umweltverträglichkeitsstudie und erforderlicher Gutachten zum Thema Strahlenschutz bei XFEL sein. In einem zweiten Schritt werden die Antragsunterlagen für das eigentliche PFV vorbereitet.

Arbeiten für den geplanten Linear Collider TESLA

Für das geplante Linear Collider Projekt TESLA konzentrierten sich 2003 die Arbeiten auf das Thema „Strahlabsorber“. Hierzu wurde Ende 2002 eine Arbeitsgruppe gegründet, die sich mit der konkreten Planung des Strahlabsorber-Designs und den Strahlenschutzaspekten befassen sollte. Bezüglich der Konzeption der eigentlichen Strahlabsorber-Anlage, hierbei insbesondere zum Thema Wärmeabfuhr, und der mit dem Strahlabsorber zusammenhängenden Strahlenschutzaspekte, wurden die Firmen Fichtner und Fra-

matome ANP beauftragt, entsprechende Entwürfe zur Wärmeableitung und zum Strahlenschutz zu erarbeiten. Dies geschah in der Zeit von Ende 2002 bis April 2003 und führte zu zwei sehr detaillierten und umfangreichen Berichten der beiden Firmen. Die Kernaussage dieser beiden Berichte ist auf der einen Seite die prinzipielle Machbarkeit der verschiedenen vorgeschlagenen Konzepte zur Wärmeabfuhr und auf der anderen Seite eine Reihe sehr hilfreicher sicherheitstechnischer Vorschläge zur optimalen strahlenschutztechnischen Realisierung des Projektes. Die Berichte wurden in zwei Vorträgen zusammengefasst. Auf Grund der gewonnenen Erkenntnisse wurden neue Ideen und Wege zur

Realisierung eines optimalen Strahlabsorber-Systems für einen Linear Collider aufgezeigt. Beide Berichte verdeutlichen die hohen Sicherheitsanforderungen an einen Absorber auf Wasserbasis, die sich insbesondere durch das Inventar radioaktiver Stoffe im Kühlmittel in Verbindung mit einer hohen Produktionsrate von Knallgas ergeben. Der neue Vorschlag zeigt einen Absorber mit einem gasförmigen Streumedium, umgeben von einem dicken Eisenabsorber, der außen mit Wasser gekühlt wird. Hier ist die Produktion radioaktiver Stoffe deutlich geringer, und die Knallgasproduktion wird vermieden. Allerdings wäre dieser Absorber deutlich länger als die Wasservariante.