

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.

Fortführung der Studien zur Elektronenkühlung in PETRA

Eine Option für die längerfristige Zukunft von HERA besteht in der Kollision von unpolarisierten oder polarisierten Hadronen-Strahlen mit Elektronen bzw. Positronen. Um eine möglichst hohe Luminosität bei derartigen Kollisionen zu erreichen, ist die Kühlung der Hadronen-Strahlen von Interesse. In diesem Zusammenhang wird unter anderem auch die Elektronenkühlung von Hadronen in PETRA II seit einiger Zeit untersucht. Für eine effektive Kühlung ist ein „kalter“ intensiver gebunchter Elektronen-Strahl notwendig, das heißt ein Elektronen-Strahl mit kleiner Emittanz und hoher Ladung pro Bunch. Die bisherigen Untersuchungen konzentrierten sich auf die Beschleunigung eines solchen Strahls auf eine Energie von 5–10 MeV.

Es konnte gezeigt werden, dass ein Linac, in dem der Elektronen-Strahl mit Hilfe eines kontinuierlichen Solenoidfeldes fokussiert wird, damit die großen Raumladungskräfte aufgrund der hohen Ladungsdichte des Strahls die Emittanz nicht zu stark aufweiten, einen Elektronen-Strahl der gewünschten Qualität liefert.

Im Berichtszeitraum wurde untersucht, ob die Fokussierung auch mit Hilfe mehrerer kurzer Solenoide er-

reicht werden kann, da diese Lösung technisch leichter realisierbar ist als mit einem kontinuierlichen Solenoid. Diese Untersuchungen sind aber noch nicht abgeschlossen.

Die notwendige Verringerung der Energiebreite und die Verlängerung der Bunchlänge des Elektronen-Strahls auf die Länge des Hadronen-Strahls erfolgt in dem sogenannten Debuncher. Ein solcher Debuncher wurde in Form eines schwach-fokussierenden Speicherrings mit einem Umfang von etwa 12 m gefunden. Untersuchungen bezüglich Raumladungs- und nichtlinearer Effekte in diesem kleinen Ring sind noch erforderlich.

Die eigentliche Kühlung erfolgt dann in einer Kühlstrecke von etwa 40 m Länge. Um der Defokussierung des Elektronen-Strahls in der Kühlerstrecke entgegenzuwirken, ist ebenfalls eine Fokussierung mit Hilfe eines Solenoids notwendig. Darüber hinaus ist eine mehrfache Verwendung eines Elektronen-Bunches zur Kühlung wünschenswert, um die Repetitionsrate der Elektronenkanone (10 MHz) zu verringern. Dazu müssen die Elektronen-Bunche in einem sogenannten Rezipulator, der die Kühlstrecke enthält, für etwa 1000 Umläufe gespeichert werden. Die Auslegung eines solchen Rings wurde 1999 gefunden und es wurde festgestellt, dass die Anforderungen an die lineare Strahldynamik erfüllt werden können. Ähnlich wie im Falle des Debuncher stehen Untersuchungen bezüglich Raumladungskräften und nichtlinearer Effekte noch aus.

Spin-Polarisation

Polarisierte Positronen und Elektronen

Es wurden typische Polarisationsgrade von 50–60% bei Protonen-Strömen zwischen 80 und 100 mA erreicht. Das Vorzeichen der longitudinalen Polarisation

wurde regelmäßig im Rhythmus weniger Wochen umgekehrt, indem die vertikale Geometrie der Spinrotatoren und die horizontalen Rotatorfelder umgedreht wurden.

Durch Anwendung eines definierten, reproduzierbaren Satzes von Orbit-Korrekturen konnte nach jedem Umkehrprozess wieder ein hoher Polarisationsgrad erreicht werden, wodurch die Totzeit bei HERMES minimiert wurde. Es wurde ein spezielles Verfahren für die Benutzung der „harmonischen Beulen“ entwickelt, um kleinen Drifts des periodischen Orbits zu begegnen.

Im Rahmen der Vorbereitungen für die Luminositätssteigerung wurden linearisierte Berechnungen unter Einbeziehung einer vollständigen Beschreibung der überlappenden Felder von Solenoid, Dipolen und Quadrupolen in der Umgebung der Wechselwirkungszone Nord durchgeführt. Die Resultate deuten darauf hin, dass der verschlechterte „Spin match“ einen signifikanten Verlust an Polarisation, verglichen mit dem Wert ohne H1-Solenoid, zur Folge haben wird. Aus diesem Grund ist eine spezielle Form des „Spin match“ erforderlich und es werden geeignete Methoden des „Spin matching“ untersucht. Es wird an Berechnungsmodellen höherer Ordnung gearbeitet, um den Einfluss von Synchrotron-Seitenbändern einzubeziehen.

Da die Randfelder der Solenoide von H1 und ZEUS nur näherungsweise bekannt sind, werden praktische Verfahren zur online-Optimierung der „skew“ Quadrupolströme untersucht. Der Effekt dieser Optimierung auf die Polarisation muss untersucht werden.

Es wurde eine Fokker-Planck-Gleichung für den Spin entwickelt, die es erlaubt, numerische Studien durchzuführen und konzeptionelle Einsicht in die Spindynamik der Nicht-Gleichgewichtsprozesse zu erlangen. Erste Studien des Effekts der Strahl-Strahl-Wechselwirkung auf die Polarisation lassen vermuten, dass bei voller Design-Intensität des Protonenstrahls die Polarisation der Elektronen/Positronen stark beeinträchtigt werden könnte. Deshalb wurde eine detaillierte theoretische und numerische Studie zur Strahl-Strahl-Depolarisation in Zusammenarbeit mit A. Valishev vom BINP in Novosibirsk (Russland) initiiert.

Polarisierte Protonen

Die Machbarkeitsstudien zur Polarisation von Protonen bei hoher Energie in HERA wurden fortgesetzt. Es wurde klar, dass selbst mit optimierten Kombinationen von „Sibirischen Schlangen“ unter der Prämisse der Praktikabilität ein gekühlter Strahl wünschenswert wäre.

Erste Studien zum Effekt von Magnet- und Aufstellungsfehlern zeigten, dass neue Methoden zur Kompensation des gestörten periodischen Orbits erforderlich sein werden. Außerdem wird über die Möglichkeit polarisierter Deuteronen nachgedacht.

Im Mai 1999 fand ein Workshop mit dem Titel „Polarised Protons at High Energies – Accelerator Challenges and Physics Opportunities“ mit über 100 Teilnehmern statt.

Seit die korrekte Berechnung des „Spin Tunes“ für Teilchen, die Synchro-Betatron-Oszillationen ausführen, möglich ist (siehe Jahresbericht 1998, Seite 198), konnte beobachtet werden, dass der „Spin Tune“ bei Annäherung an eine Spin-Orbit Resonanz diese plötzlich überspringt, das heißt er ist dort eine diskontinuierliche Funktion der Parameter. Außerdem kann die Änderung der Polarisation, verursacht durch eine Veränderung der Systemparameter, bei der eine Spin-Orbit Resonanz gekreuzt wird, mit Hilfe einer Formel, analog zur Froissart-Stora-Formel, beschrieben werden. Die Froissart-Stora Formel wird seit langem erfolgreich zur Beschreibung der Änderung der Polarisation im Niederenergiebereich, das heißt im Grenzfall isolierter Resonanzen, verwendet. Die Verallgemeinerung der Froissart-Stora-Formel auf den Fall dicht liegender Resonanzen, das heißt im Hochenergieregime, ist erstmalig am DESY gelungen! Durch Optimierung der „Orbit Tunes“ konnte die Spin-Akzeptanz, das heißt der Bereich im Orbit-Phasenraum, in dem ein polarisierter Strahl unter Beschleunigung nicht signifikant depolarisiert, deutlich gesteigert werden.

Die Erwartung, dass die Projektion eines Spinvektors auf sein lokales „invariantes Spinfeld“ eine adiabatische Invariante unter langsamer Veränderung der Systemparameter ist, wurde am DESY mit Hilfe der Methode der Mittelung theoretisch belegt.

Ein „Orbit Tune“ kann als Frequenzparameter, der einen Eigenmode charakterisiert, angesehen werden, wenn

man die Lösung der Orbit-Bewegungsgleichungen in Floquet-Form darstellt. Analog dazu konnte am DESY gezeigt werden, dass der „Spin Tune“ eine zusätzliche Frequenz darstellt, die die Lösungen der Spin-Bewegungsgleichungen längs eines integrablen Orbits beschreibt, wenn man sie in verallgemeinerter Floquet-Form darstellt. Dies stellt eine Vereinheitlichung des Floquet'schen Konzepts für Spin und Orbit dar.

Es wurde jetzt am DESY gezeigt, dass die empirisch bekannte Tatsache, dass in „flachen“ Beschleunigern ohne Aufstellungsfehler nur ungerade Spin-Orbit Resonanzen höherer Ordnung auftreten, eine Konsequenz der Symmetrie-Eigenschaften der Felder, speziell der Mittelebenensymmetrie, ist.

Rechenprogramme zur Lösung der Maxwell'schen Gleichungen

DESY setzt die Zusammenarbeit mit den Technischen Universitäten Darmstadt und Rostock fort, das Programmpaket MAFIA zur Lösung der Maxwell'schen Gleichungen neu und weiter zu entwickeln.

Im Berichtsjahr wurde an besseren Diskretisierungsmethoden und algebraischen Algorithmen gearbeitet, die es erlauben, eine größere Klasse von Problemstellungen zu untersuchen. Das Statikprogramm umfasst nun auch thermische Anwendungen und die Elektro-Quasistatik. Außerdem wird weiter daran gearbeitet, Computer-Kapazitäten besser zu nutzen und auszulasten. So können dank flexiblerer Datenstrukturen wesentlich komplexere Modelle von resonanten Strukturen in Beschleunigern berücksichtigt werden. Bei DESY Zeuthen wird die parallele Berechnung großer Eigenwertprobleme unter Ausnutzung der Architektur von APE-Parallelrechnern untersucht.

Für das Projekt der Luminositätserhöhung von HERA wurden zahlreiche Berechnungen von Impedanzen und Wake-Feldern gemacht, die durch neue oder geänderte Komponenten, wie zum Beispiel Strahlrohre in den Wechselwirkungsbereichen und Kollimatoren, bedingt sind. Auch für die Entwicklung der Komponenten anderer Systeme (TTF, TESLA, H1, ZEUS, HERMES und HERA-B) waren die MAFIA-Programme ein wertvolles Hilfsmittel.

Das Programm TraFiC4, das bei DESY entwickelt wurde und in Zusammenarbeit mit der TU Rostock erweitert werden soll, berechnet Raumladungsfelder und kohärente Strahlungsfelder von Ladungspaketen auf gekrümmten Bahnen und deren Wirkung auf die Strahldynamik. Derartige Effekte müssen zum Beispiel in den Bunch-Kompressoren der TESLA Test Facility (TTF) für den FEL-Betrieb berücksichtigt werden. Der Energieverlust in den Ablenkmagneten des Kompressors aufgrund von kohärenter Synchrotronstrahlung variiert sowohl longitudinal als auch transversal innerhalb des Bunches und erzeugt eine Emittanz-Vergrößerung. Solche Effekte werden von TraFiC4 durch numerische Integration der physikalischen Grundgleichungen erfasst. Eines der Resultate solcher Simulationen ist, dass die transversale Emittanz empfindlich von den Strahlparametern am Anfang des Kompressors abhängt.

Arbeiten der technischen Gruppen

Über viele Arbeiten der technischen Gruppen wurde bereits in den Abschnitten über die Beschleuniger (Seite 177 ff, 183 ff und 185 ff) berichtet. Weitere Arbeiten der Gruppen werden hier beschrieben. Die Aktivitäten im Rahmen der Linearcollider-Studien finden an entsprechender Stelle Erwähnung (Seite 215).

Es sei hier darauf hingewiesen, dass sich alle Gruppen am Schichtbetrieb der Beschleuniger oder an Rufbereitschaft beteiligen.

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. In zunehmendem Maß übernimmt MIN weiterhin Aufgaben in Zusammenhang mit dem Betrieb des TESLA Test Facility Linac.

Elektronen/Positronen LINAC II

Die am LINAC II verwendeten Modulatoren sind über 30 Jahre alt, so dass zunehmend mit Ausfällen und längeren Reparaturzeiten zu rechnen ist. Aus diesem Grund wurde im vorletzten Jahr ein Modulator versuchsweise umgerüstet und kann seitdem mit einem neuen Lade-netzgerät und neuer SPS-Steuerung betrieben werden. Nach den Erfahrungen im Langzeitbetrieb kann nun ein sukzessiver Umbau aller Modulatoren durchgeführt werden, der aus betriebstechnischen Gründen über die kommenden drei Jahre verteilt durchgeführt werden soll.

Auch wenn im Berichtszeitraum kein Wechsel der Kanoneneinheit notwendig war, so ist doch der vereinfachte Wechsel in Vorbereitung. Hierzu wurde eine austauschbare Einheit mit Anodenflansch und Vakuumventil für einen schnellen Kanonenwechsel berechnet, konstruiert und gefertigt. Weiterhin werden zur Zeit alle Strahlführungselemente zwischen der Kanone und dem ersten Beschleunigerabschnitt mit in neuer CF Vakuum-Dichttechnik realisierten Anschlüssen gefertigt. Nach dem Test auf einem separaten Teststand sollen alle Komponenten (Kanone, Plattensystem und Prebuncher) in der Betriebsunterbrechung im Sommer 2000 im LINAC II eingebaut werden.

LINAC III

Im Zusammenhang mit den Modifikationen im Bereich der H^- -Quellen wurden im Vorjahr ein neues Plattensystem in der Strahlführung, ein RFQ für 35 keV Eintrittsenergie und ein „Rebuncher“-Resonator neu installiert und in Betrieb genommen. Ein neu aufgebauter 10 kW-Sender einschließlich Amplituden- und Phasenregelung ist ebenfalls Teil des Systems. In vielen Betriebsstunden konnten gute Erfahrungen gesammelt werden.

Die Senderansteuerung ist in Teilen erneuert worden. Im Zusammenhang mit der im Vorjahr erneuerten PC-Steuerung wurden weitere Verbesserungen vorgenommen. Für eine verbesserte Strahldiagnose werden zur Zeit neue Diagnoseboxen mit Harfen gefertigt, die im Sommer 2000 einbaubereit sein werden.

Kicker

Für die Protonen-Ejektion von PETRA II nach HERA wurden im Sommer 1998 die vorhandenen sogenannten Fahrkicker durch eine neue Generation von Kickermagneten ersetzt, die sich seitdem im Betrieb sehr gut bewährt haben. Im Bereich der Injektion von Protonen in PETRA II hinein wurde ein zusätzlicher dritter Kickermagnet installiert. Auch er konnte ohne Ausfälle betrieben werden.

Zur Zeit wird sowohl ein Kickermagnet für den HERA Elektronen-Dump entwickelt als auch ein sogenannter Feedback-Kicker, der an der TESLA Test Facility im Rahmen von Studien für den TESLA Linearcollider erprobt werden soll.

In zunehmendem Maße werden Röhren durch Halbleiterpulser ersetzt. Dies spiegelt sich in der noch laufenden Entwicklung neuer Pulser für Kickermagnete bei DESY II, PETRA II und HERA wider.

Hochfrequenztechnik – MHF –

Die Gruppe MHF ist verantwortlich für den Betrieb und die Entwicklung aller Hochfrequenzanlagen in den Kreisbeschleunigern bei DESY. Die Arbeiten teilen sich drei Untergruppen. Die erste, MHF-e, ist zuständig für die sehr umfangreichen, normalleitenden 500 MHz-Beschleunigungsanlagen und 1000 MHz-Rückkopplungssysteme für Elektronen oder Positronen in DESY II, DORIS III, PETRA II und HERA, die zweite, MHF-s, für das supraleitende 500 MHz-System im HERA-Elektronenring und für 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.

Normalleitende Beschleunigungsstrecken für Elektronen/Positronen – MHF-e –

MHF-e betreibt die 500/1000 MHz-HF-Systeme aller Elektronen-Ringbeschleuniger. Diese HF-Systeme

Strahlbetrieb	1999 e ⁺ /e ⁻	1998 e ⁻
Dauer des Lumi-Betriebes in Monaten ⁽¹⁾	8	4
Anzahl der Lumi-Runs	317	137
Integrierte Luminosität	45 pb ⁻¹	9 pb ⁻¹
Mittlere Anzahl der Lumi-Runs pro Monat	39	34
Mittlere Dauer eines Lumi-Runs	8.4 h	5.4 h
Mittlere Zeit zwischen zwei Lumi-Runs ⁽²⁾	10.4 h	16.1 h
Mittlerer Anfangsstrom eines Lumi-Runs	30.6 mA	25 mA
Mittlerer Strom während der Lumi-Runs	18 mA	14 mA
Über den gesamten Betriebszeitraum gemittelter Strom ⁽³⁾	11 mA	6 mA
HF-Betrieb		
Mittlere Leistung pro HF-System zu Beginn eines Lumi-Runs	750 kW	710 kW
Gesamtzahl der Strahlverluste ⁽⁴⁾ durch Störungen der HF-Systeme	139	26
Gesamtzahl der Strahlverluste bezogen auf die integrierte Luminosität	3.1 pb	2.9 pb

⁽¹⁾ Anzahl der Wochen mit Lumi-Betrieb $\times 7 / 30.5$

⁽²⁾ $30.5 \times 24 \text{ h/Monat} / 39 \text{ Runs}$ – mittlere Run-Dauer

⁽³⁾ inklusive Ströme außerhalb der Lumi-Runs

⁽⁴⁾ Definition von Strahlverlust: $\Delta I_B > 10\%$

Tabelle 5: Strahl- und HF-Betrieb der HERA-e Maschine.

bestehen aus 16 Senderanlagen mit insgesamt 28 Dauerstrich-Klystrons. Davon sind 20 800 kW-Klystrons, vier 600 kW-Klystrons, zwei 300 kW-Klystrons und zwei 250 kW-Klystrons. Die DC-Anschlussleistung der 16 Senderanlagen beträgt 34 MW. Die HF-Leistung wird über etwa 3.2 km Hohlleiter auf etwa 120 normalleitende und 16 supraleitende Cavities verteilt.

Gegenüber dem Vorjahr, welches durch Elektronenbetrieb mit relativ schlechtem Strahlvakuum, kurze Runs und niedrige Strahlströme gekennzeichnet war, konnte die relative Betriebssicherheit beim HERA-e HF-Betrieb wieder etwas gesteigert werden. Die Anzahl der HF-bedingten Strahlverluste, bezogen auf die integrierte Luminosität, ist zwar nahezu konstant bei etwa 3 pb geblieben, die Betriebsbedingungen für die HF-Systeme waren aber deutlich härter als im Vorjahr, wie Tabelle 5 zeigt:

- Die mittlere Run-Dauer verlängerte sich um 55%,
- der mittlere Anfangsstrom der Luminositäts-Runs vergrößerte sich um 22%,

- die mittlere Senderleistung bei Run-Beginn vergrößerte sich um 6%.

Zur Auswertung wurden die Ursachen von Störungen der HF-Systeme in fünf Kategorien aufgeteilt:

- HV: Sender-Gleichrichteranlage, Klystronschutz,
- Sender: Senderanlage inklusive Klystrons, Zirkulator, Modulator, Luft- und Wasserkühlung,
- Cavity: Hohlleitersystem mit Absorbern und Cavities inklusive Vakuum-Überwachung, Kühlung und Frequenzabstimmung,
- Sonstiges: Fehlbedienung, Phasing, SLC-Kryogenik, Netzwechsler usw.
- Unbekannt: Verursacher konnte nicht eindeutig ermittelt werden.

Der größte Anteil aller Störungen entfällt mit 40% auf die Rubrik „Cavity“, dann folgen HV-Probleme mit 24% und Sender mit 17%.

Etwa 2/3 der Cavity-Störungen fallen in den Bereich „Cavity-Vakuum“. Nahezu alle waren in einem eng begrenzten Leistungsbereich von etwa 70 kW/Cavity aufgetreten, der für „Multipacting“ bekannt ist. Allerdings war der Vakuum-Druck bei diesen Ereignissen überraschenderweise nie über einige 10^{-7} mbar hinausgegangen. Bedingt durch elektronische Effekte wurde dieser an sich harmlose Druckanstieg fehlinterpretiert, was zum Abschalten führte. Erste Maßnahmen zur Verhinderung derartiger Störungen wurden in den letzten Betriebswochen bereits getroffen.

Außer den direkt mit dem Beschleunigerbetrieb in Zusammenhang stehenden Tätigkeiten wurden von MHF-e noch weitere Projekte durchgeführt:

- HF-Leck-Interlock: Ein von MHF-e entwickeltes HF-Leck-Interlock-System für 500 MHz wurde an allen Speicherringen installiert und in Betrieb genommen. Im Bereich aller 500 MHz-HF-Komponenten wurden insgesamt 300 Leck-Sensoren mit einer Ansprechempfindlichkeit von $< 500 \text{ mW/m}^2$ installiert. Die Positionierung der Sensoren wurde so gewählt, dass jedes Leck mit einer Leckleistung $> 100 \text{ W}$ automatisch zur Senderabschaltung führt. Zur Lecküberwachung der beiden 1 GHz-HF-Systeme bei HERA und DORIS III werden gegenwärtig entsprechende Sensoren entwickelt. Die Installation ist für den kommenden Shutdown geplant.
- Neuer HV-Raum für 1 GHz-Feedback-System bei DORIS: Im vergangenen Jahr musste die letzte noch in Betrieb befindliche clophen-gefüllte Senderstromversorgung bei DORIS III außer Betrieb genommen und durch eine neue Anlage ersetzt werden. In diesem Zusammenhang wurde in der Senderhalle DORIS-NR ein neuer HV-Raum errichtet und für das 1 GHz-Feedback-System in Betrieb genommen.
- Modernisierung des Cavity-Teststandes in Halle 2a: Zur Rationalisierung anstehender Abnahmetests von neu produzierten 500-MHz-Cavities wurde der Cavity-Teststand mit moderner Sensorik und einer SPS ausgestattet. Konditionierprozesse und Abnahmemessungen können jetzt voll- bzw. halbautomatisch durchgeführt werden.
- Erfolgreiche Abnahmetests von neuen 5-zelligen 500 MHz-Cavities der Firma ACCEL: Der Prototyp und das erste Serien-Cavity bestanden erfolg-

reich die Abnahmetests. Weitere 19 Cavities werden im Laufe des Jahres 2000 folgen. Mindestens zwei dieser neuen Cavities werden im kommenden Shutdown bei HERA installiert.

- Erfolgreiche Inbetriebnahme neuer 500 MHz-800 kW-Klystrons der Firmen CPI und EEV: Nach der überraschenden Produktionseinstellung des langjährigen Klystron-Lieferanten PHILIPS und der Auslieferung des letzten Klystrons im Januar 1998 konnten die ersten Klystrons der neuen Lieferanten erfolgreich in Betrieb genommen werden. Derzeit sind zwei CPI-Klystrons am HF-System HERA-WL und ein EEV-Klystron am Sender HERA-SR in Betrieb.

Supraleitende Beschleunigungsstrecken – MHF-sl –

Neben den normalleitenden Beschleunigungsstrecken aus Kupfer werden auch supraleitende Resonatoren im HERA-Elektronenring betrieben. Hierbei handelt es sich um 16 Resonatoren, die aus jeweils vier Zellen bestehen. Sie sind aus dem Metall Niob gefertigt, welches bei 9.2 K supraleitend wird. Die Betriebstemperatur der supraleitenden Resonatoren ist 4.2 K, die Temperatur des flüssigen Heliums bei Normaldruck. Eine detaillierte Beschreibung der supraleitenden Beschleunigungsstrecke ist in den früheren Jahresberichten gegeben worden.

Um Zerstörungen im Einkoppler durch einen möglichen starken elektrischen Überschlag zu vermeiden, muss beim Auftreten von „Multipacting“ (siehe DESY Jahresbericht 1996, Seite 188) die Klystronleistung abgeschaltet werden. Als Folge hiervon geht meistens der gespeicherte Strahl wegen der dann zu geringen Umlaufspannung verloren.

Simulationsrechnungen und Versuche an Testaufbauten haben gezeigt, dass „Multipacting“ durch Anlegen einer Gleichspannung zwischen dem koaxialen Innen- und Außenleiter unterdrückt werden kann.

Während der Wartungsperiode 1998 wurden erstmals die 16 Einkoppler so umgerüstet, dass eine Gleichspannung von 3.5 kV angelegt werden kann. Danach traten im Betriebsjahr 1998 keine Abschaltungen mehr durch Kopplerprobleme auf. Während der Betriebszeit 1999

musste eine durchgeschlagene Isolierfolie an einem Einkoppler ausgetauscht werden. Abgesehen von dieser kleinen Reparatur, die während einer regulären Wartungsperiode durchgeführt werden konnte, traten keine Probleme an den Einkopplern mehr auf. Dies ist besonders bemerkenswert, da im Betriebsjahr 1999 im Vergleich zum Vorjahr der Speicherring HERA mit höheren Strömen und somit auch mit höheren Cavity-Leistungen betrieben wurde.

Langfristig soll die Kühlung der Einkoppler von kaltem Helium-Gas auf Luft umgestellt werden, so dass die kritische Hochspannungsisolierung der bislang benutzten kalten Helium-Gas-Transferleitung entfallen kann.

Hauptaufgabe der Gruppe MHF-sl war weiterhin die Entwicklung supraleitender Resonatoren für TESLA. Die Entwicklungsschwerpunkte waren

- Design und Prototypbau der „Superstruktur“, die vier 7-zellige supraleitende Resonatoren zu einer Hochfrequenzeinheit verbindet,
- Fertigung und Messungen von weiteren 9-zelligen supraleitenden Niob-Resonatoren,
- Weiterentwicklung der Einkoppler für TESLA-Resonatoren,
- Aufbau und Betrieb einer Apparatur zum Bedampfen von Al_2O_3 -Keramikfenstern mit TiN. Durch eine etwa 100 \AA dicke Schicht wird das Auftreten von Überschlügen weitgehend unterbunden.
- Vorversuch zum Einsatz von NEG („Non Evaporable Getter“)-Schichten im Vakuumbereich von HF-Einkopplern. Durch eine etwa $10 \mu\text{m}$ dicke NEG-Schicht wird eine wirksame Pumpleistung in situ installiert. Weiterhin wird durch die NEG-Schicht die Multiplikation freier Ladungsträger unterbunden. Diese Arbeiten werden in Zusammenarbeit mit CERN durchgeführt.

Anlagen zur Beschleunigung von Protonen – MHF-p –

Im Berichtszeitraum arbeiteten die Hochfrequenzsysteme zur Beschleunigung von Protonen in den Ringbeschleunigern weitgehend problemlos. Das größte Problem stellte das gelegentliche Ausloggen der

Tuner-Regelung der 208 MHz-Hochfrequenzsysteme bei HERA dar, das bei der Strahlinjektion oder der Strahlbeschleunigung hauptsächlich bei hohen Strahlintensitäten zu beobachten war. Verursacht wurde es durch eine zu ungenaue Phaseneinstellung der 208 MHz Systeme relativ zu den 52 MHz-Systemen und relativ zum Strahl. Durch eine genaue Phaseneinstellung und durch eine neu eingebaute automatische Phasenkorrektur während der Strahlbeschleunigung konnte das Problem behoben und für einen reibungslosen Betrieb gesorgt werden.

Während der HERA Betriebsunterbrechung im Mai konnten neu entworfene HF-Module in das HERA-p Hochfrequenzsystem integriert werden. Diese erlauben es, Referenzsignale hoher Qualität und Einkoppelpunkte für die Korrektursignale für eine zukünftige zusätzliche Regelung bereitzustellen. Diese Einheiten funktionierten auf Anhieb zuverlässig. Im November wurde die Detektion der komplexen 52 MHz-Fourierkomponente der longitudinalen Bunchsignale fertiggestellt. Später sollen damit die Beam-Loading-Transienten vorausberechnet werden. Mit dieser Einheit gelang es zum ersten Mal, Multibunch-Schwingungen von Protonen-Bunchen in HERA nachzuweisen, die zum Beispiel während der Strahlbeschleunigung auftreten. Mit Hilfe dieser Messapparatur ist es auch möglich, die Synchrotronfrequenz während der Strahlbeschleunigung aufzuzeichnen. Abbildung 86 zeigt Multibunch-Schwingungen in HERA-p, die mit dieser Messeinrichtung aufgenommen wurden.

Die größte Umbaumaßnahme stellte der Einbau einer kapazitiven Frequenzabstimmung am 52 MHz-System B bei PETRA II anstelle der vorhandenen Ferritabstimmung dar. Dieses neue Konzept hatte sich bereits bei System A im letzten Jahr bewährt. Durch den größeren Abstimmbereich des neuen Systems kann auf die zusätzlichen Abstimmplatten in den Resonatoren verzichtet werden, an denen in der Vergangenheit manchmal Vakuumlecks aufgetreten waren.

Bei DESY III wurde der Bau eines Ersatzresonators vorangetrieben, um ihn im nächsten langen Shutdown in DESY III einbauen und testen zu können.

Die Gruppe MHF-p ist auch für die Hochfrequenzversorgung der TESLA Test Facility (TTF) und für die Entwicklung von Hochfrequenzkomponenten für

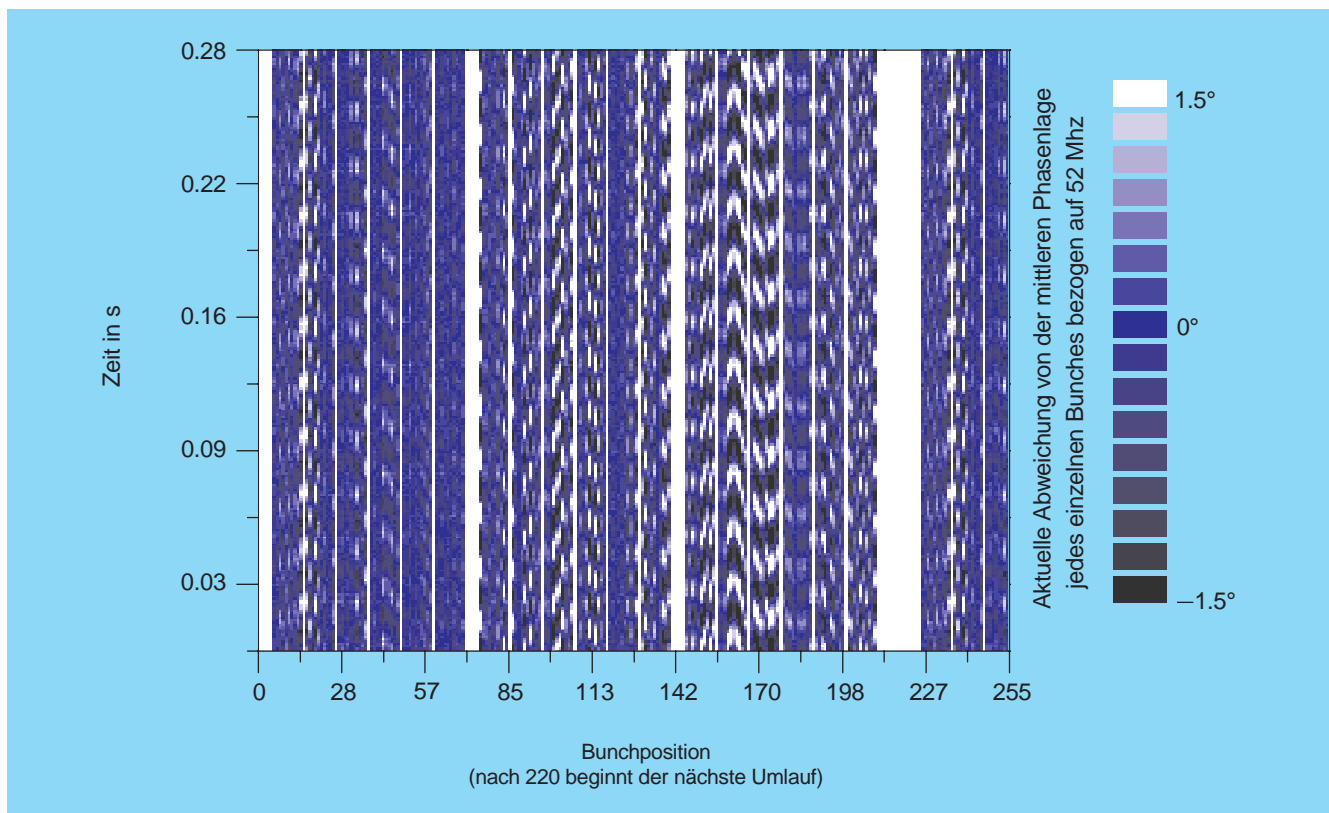


Abbildung 86: *Multibunch-Schwingungen von Protonen in HERA. Die Beobachtungszeit von 0,28 s entspricht etwa elf Schwingungsperioden der Bunche um ihre jeweilige Sollphase. Je nach der aktuellen Differenz zur Sollphase wurde in der Darstellung eine andere Färbung gewählt. So lassen sich bei Bunchposition 160 deutlich Bunche erkennen, die miteinander schwingen. Die Bunche um die Position 205 schwingen, verglichen dazu, gegeneinander.*

TESLA verantwortlich. Dazu gehören die Kleinsignal-Hochfrequenzkomponenten, die Hochspannungsmotoren, die Klystrons, die Hochfrequenzverteilung für TTF und die mit diesen Systemen verbundenen Entwicklungsarbeiten für TESLA. In Zusammenarbeit mit der Gruppe MKK wurde begonnen, eine neu entwickelte Regelung in einen Modulator zu installieren mit dem Ziel, die von den Modulatoren verursachten Netzstörungen zu minimieren und die Ausgangsleistung der Modulatoren bei Netzschwankungen besser zu regeln. Aufträge zur Fertigung von drei weiteren Modulatoren und deren Untersystemen wurden an Industriefirmen erteilt. Ein wichtiger Entwicklungsschritt war der erfolgreiche Test eines Prototyps des neu entwickelten 10 MW-Multibeamklystrons bei 10 MW Pulsleistung, der Folgefrequenz 30 Hz und der Pulsdauer 500 μ s beim Hersteller. Er steht nun bereit, um bei

DESY in einem Modulator, der eine Pulsdauer von 1,3 ms bei der Folgefrequenz von 10 Hz ermöglicht, getestet zu werden. Studien zur Massenproduktion von Klystrons und Modulatoren für TESLA wurden ausgeschrieben.

Die Hochfrequenzregelung der TTF, die für die Regelung der Vektorsumme von 24 supraleitenden Resonatoren ausgelegt ist und die zur Zeit die 16 Resonatoren ansteuert, hat sich im mehrere Monate dauernden Strahlbetrieb als sehr zuverlässig erwiesen. Der Betrieb der Hochfrequenzregelung wurde durch vereinfachte Benutzeroberflächen und Reduktion der notwendigen Eingabeparameter für Feedback, Feedforward und Strahlkompensation sehr erleichtert. Die Diagnostik zur Kalibrierung der Resonatorfelder mittels strahlinduzierter Transienten wurde verbessert und kann nun routinemä-

big zum Einstellen der individuellen Resonatorphase eingesetzt werden, sofern das Produkt aus Anzahl und Ladung der Strahlpulse mindestens 100 nC beträgt.

Software und Technik zur Kontrolle von Beschleunigern – MST –

Die Gruppe MST entstand Mitte 1999 durch die Aufteilung der ehemaligen Gruppe MKI (Kontrolle und Instrumentierung) in die drei unabhängigen Gruppen MST, MDI und MSK.

Die Aufgaben der Gruppe MST sind

- Entwicklung und Betreuung von Software zur Kontrolle von Beschleunigern,
- Betreuung und Administration der Rechnernetzwerke im Bereich der Beschleunigerkontrolle,
- Betreuung der notwendigen Rechnerhardware,
- Entwicklung bzw. Betreuung spezieller Interface- und Servicemodule sowie der Betrieb des Beschleunigerkontrollraums,
- Entwicklung und Betreuung prozessorgesteuerter Elektronik,
- Betreuung und Weiterentwicklung des Personeninterlocks und der damit verbundenen Serviceeinrichtungen sowie Betreuung und Weiterentwicklung der HERA-Zugangskontrolle.

Die Arbeiten im Bereich der Software-Entwicklung konzentrierten sich hauptsächlich auf die Beschleuniger HERA und DORIS III sowie auf die Vorbeschleuniger. Bei HERA wurde das 1998 eingeführte, auf PCs basierende Kontrollsystem konsequent weiterentwickelt. Der Entwicklungsschwerpunkt lag einerseits in der Entwicklung von Programmen, die eine optimierte Bedienung und eine verbesserte Fehlersuche erlauben; Beispiele hierfür sind ein ereignisgesteuertes Archiv von Maschinenparametern, verbesserte Möglichkeiten, archivierte Daten zu visualisieren oder das zentrale Alarmierungssystem. Andererseits wurde daran gearbeitet, auch noch die letzten Teile des Beschleuniger-Kontrollsystems, die nicht unter PC-Kontrolle sind, umzustellen. Dies betrifft vor allem den

komplizierten Vorgang des Transfers der Teilchenstrahlen zwischen PETRA II und HERA. Bei DORIS III wurde die Lageregelung der Synchrotronstrahlen auf PC-Kontrolle umgestellt. Eine Kompensation der Einflüsse des PETRA-Betriebs auf den DORIS-Betrieb und die Einführung einer vertikalen Synchrotronstrahlregelung verbesserte die Experimentierbedingungen an den HASYLAB-Messplätzen und erhöhte deren Attraktivität. In Zusammenarbeit mit der Gruppe MPY entstand ein neuer Optikserver. Das zugehörige Bedienungsprogramm, das auch bei PETRA II und HERA Verwendung findet, wurde überarbeitet. Im Bereich der Vorbeschleuniger LINAC II, DESY II und DESY III wurde die Umstellung auf PC-Kontrolle weitgehend abgeschlossen. Die Umstellung geschah parallel zum Beschleunigerbetrieb, ohne dass dieser davon beeinträchtigt gewesen wäre. Zur Zeit erfolgt im Wesentlichen nur noch die Kontrolle der H⁻-Quelle sowie die Magnetsteuerung bei DESY III in der althergebrachten Form.

Es ist das Ziel der Gruppe MST, auch im Bereich der TTF mitzuwirken. Es wurde kurzfristig eine Elektronen-Strahllagemessung im Bereich des TTF-Undulators realisiert. In diesem Zusammenhang stehen Entwicklungsarbeiten, auch Funktionen und Strukturen des bei TTF eingesetzten Kontrollsystem-Standards in das bei HERA eingesetzte Kontrollsystemprotokoll TINE („Trifold Integrated Networking Environment“) einzuarbeiten.

Die Arbeiten an der Software-Entwicklung und -Umstellung waren begleitet von Umbauarbeiten der Bedienungskonsolen im Beschleunigerkontrollraum und Wartung und Ersatz der benötigten Rechner, Rechnerperipherie sowie Netzwerk- und Feldbuskomponenten. Es wurde zum Beispiel ein neues Interface-Modul entwickelt, das die Verbindung zwischen einem PC und dem DESY Feldbus-Standard SEDAC darstellt, sowie die notwendige Interfacesoftware bereitgestellt. Parallel hierzu begannen Vorbereitungsarbeiten, um in Zukunft auch CAN- und Profibus als Standard-Feldbus neben SEDAC im Kontrollsystem zu unterstützen.

Prozessorgesteuerte Elektronik kommt im Bereich der Beschleunigerkontrollen in großer Stückzahl zum Einsatz. So mussten im Berichtsjahr über 3000 Controller gewartet und gegebenenfalls repariert werden. Neben diesen zeitaufwendigen Servicearbeiten fand eine Reihe von Weiter- und Neuentwicklungen statt. Der

Schwerpunkt lag hierbei bei der Ausrüstung der 60 neuen DORIS III Korrekturnetzgeräte mit neuen Netzgerätekontrollern. Auch durch die Umstellung der Vorbeschleunigerkontrollen war eine Änderung der Programme der entsprechenden Netzgerätekontroller notwendig geworden. Außerdem begannen die Vorbereitungsarbeiten im Zusammenhang mit der für das Jahr 2000 geplanten Luminositätserhöhung bei HERA. Es werden weit über 200 neue Controller benötigt.

In Zusammenarbeit mit der Gruppe MKK begann die Entwicklung einer neuen 18-Bit-Istwerterfassung, die in Zukunft in die Elektronik der Hauptnetzgeräte integriert werden kann. Es werden dann zwischen dem Netzgerät und dem Controller nur noch digitale Informationen galvanisch getrennt übertragen, wodurch die Möglichkeit von Störungen verringert und die Genauigkeit der Messung erhöht werden wird.

Ein weiterer Aufgabenbereich der Gruppe MST ist die Ausrüstung, Betreuung und Weiterentwicklung des gesetzlich vorgeschriebenen Personen-Interlocks aller Beschleuniger bei DESY. Der Schwerpunkt der Arbeiten lag einerseits bei der Verbesserung der akustischen und optischen Warneinrichtungen. Eine wichtige Teilaufgabe war hierbei die Entwicklung einer Überwachung der Durchsagentexte in Abhängigkeit vom Maschinenzustand. Andererseits wurden die Entwicklungsaufgaben für ein neues Türeninterlock mit zwangsgesteuerten Relais und integriertem Rechner-Interface fortgesetzt, die bereits im Vorjahr begonnen worden waren.

Diagnose und Instrumentierung

– MDI –

Die Gruppe MDI ist zuständig für die Erfassung und Untersuchung der Strahleigenschaften in nahezu allen Beschleunigern und Speicherringen bei DESY. Dazu gehören neben der Analyse von Strahlage, Strahlstrom, Strahlprofil und Strahlpolarisation auch 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. Das Bereitstellen präziser Messungen des mittleren Strahlstroms und des Stroms in den einzelnen Teilchenpaketen liefert eine schnelle und zuverlässige Diagnose

über die zeitliche Entwicklung des störenden „Coasting Beam“ in HERA.

Die Zusammenarbeit mit anderen Instituten auf dem Gebiet der Strahlinstrumentierung wurde intensiviert. So sind acht „Wire-Scanner“ vom LEP-Typ (CERN) erfolgreich bei TTF installiert und in Betrieb genommen worden. Diese können, neben einer präzisen Emittanzmessung, auch die Strahlposition relativ zu einem externen Referenzsystem mit einer Genauigkeit von etwa 10 μm bestimmen und damit die Strahlpositionsmonitore kalibrieren.

Zusammen mit Mitarbeitern vom CERN wurde bei HERA erfolgreich ein Messaufbau zur Bestimmung der Strahl-Chromatizität getestet. In Zusammenarbeit mit IHEP (Moskau) wurde eine gleichzeitige Auslese der Schirmmonitore in den Protonen-Transportwegen sowie eine verbesserte Auslese des Synchrotronstrahlungs-Monitors in HERA-e fertiggestellt.

Eine Zusammenarbeit mit dem Hahn-Meitner-Institut in Berlin zur Entwicklung eines neuartigen Strahlverlustmonitor-Systems für TTF/TESLA wurde sehr erfolgversprechend gestartet. Die kontinuierliche Neu- und Weiterentwicklung vieler Messsysteme ging erfolgreich voran. So konnte zum Beispiel innerhalb kürzester Zeit eine provisorische Auslese der Strahlage-Monitore in den TTF-Undulatoren in Betrieb genommen werden. Mit deren Hilfe konnten einige Schwierigkeiten im Strahltransport durch die Undulatoren gelöst werden. Die endgültige Auslese-Elektronik sowie ein neues Strahlage-monitor-System in DESY III stehen kurz vor der Vollendung.

Für das Luminositätserhöhungs-Projekt bei HERA hat MDI einige Aufgaben übernommen. Dazu zählen, neben der Installation neuer Kollimatoren, Strahlage- und Strahlverlustmonitore, auch die Entwicklung neuer Synchrotronstrahlungs-Monitore (zusammen mit IHEP und CERN) und die Entwicklung eines Positioniersystems von supraleitenden Quadrupolen in den Experimenten. Der ständige Ausbau, die Wartung und die Dokumentation der Lichtleiter-, Koaxial- und Steuerkabelnetze in allen Beschleunigeranlagen wurden von MDI in Zusammenarbeit mit einigen externen Firmen zuverlässig weitergeführt.

Strahlkontrollen – MSK –

Die Aufgaben der Gruppe MSK umfassen diverse Kontroll- und Instrumentierungs-Aktivitäten, die insbesondere strahldynamische Belange beinhalten:

- Transfersteuerung und Synchronisation bei der Teilchen-Injektion,
- Markersysteme und Triggererzeugung,
- HF-Ansteuerung der Vorbeschleuniger und HERA,
- Strahl-Feedback an allen Beschleunigern,
- Bunchmessung zur longitudinalen Strahl diagnose,
- Messung longitudinaler Strahlschwingungen zur Phasen Anpassung beim Transfer,
- Messung der Q-Werte (Arbeitspunkte) durch Analyse transversaler Strahlschwingungen,
- Magnetstrom-Steuerung für DESY II und DESY III,
- Frequenz-Steuerung der Protonen-Kreisbeschleuniger.

Die Schwerpunkte der Arbeit lagen im Berichtsjahr bei folgenden Aktivitäten:

- Inbetriebnahme einer neuen Transfersteuerung für Elektronen bei HERA im Zuge der Umstellung auf VME-Bus basierende Hardware für Transfer- und Frequenzsteuerung.
- Inbetriebnahme eines Protonen-Feedback zur Dämpfung transversaler Multibunch-Instabilitäten in PETRA; es wurden Dämpfungszeiten von etwa 100 μ sec für beide Schwingungsebenen erzielt.
- Zur Erweiterung und Verbesserung der Feedback-Systeme wurden Signalprozessoren DSP durch programmierbare Logik PLD ersetzt.
- Bereitstellung einer resonanten transversalen Anregung der Protonen in der Dump-Lücke zur Beseitigung des CB („Coasting Beam“) in HERA.
- Zur Messung des CB wurde ein Schottky-Signal-Detektor entwickelt, der die spektrale Verteilung des CB in der Umgebung des gebunchten Strahles darstellen soll.
- Durchführung von Arbeiten an einer Prototyp-Hardware für ein schnelles TTF-Feedback.

Quenchüberwachung – MQP –

Die Projektgruppe MQP besteht aus Mitgliedern der M-Bereichsgruppen MST, MDI und MKS sowie der F-Bereichsgruppe FEB. Die Aufgabe der Gruppe besteht darin, das Quenchüberwachungssystem des HERA-Protonen-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. Das Quenchüberwachungssystem sorgt unter anderem dafür, dass der Strom in der betroffenen Magnetspule von Schutzdioden übernommen wird, bis der Strom abgeschaltet ist. Auf diese Weise wird die Zerstörung der Spule verhindert.

Schon im Jahr 1998 war die HERA-Protonen-Strahlenergie von 820 GeV auf 920 GeV erhöht worden. Auch im Jahr 1999 wurde HERA bei der höheren Strahlenergie betrieben, ohne dass es zu einer größeren Anzahl strahlinduzierter Quenche gekommen wäre. In jedem Fall wurden alle Schnellabschaltungen der supraleitenden Magnete, zum Beispiel bei einem Quench, sicher beherrscht. Das Quenchüberwachungssystem erwies sich während der gesamten Zeit als unauffällig und weitgehend störungsfrei. Dieses gute Resultat wurde, wie auch schon in den vergangenen Jahren, durch konsequente Beseitigung erkannter Fehler und durch regelmäßige, vorbeugende Wartung erreicht.

Vakuum – MVA –

Mit Ausnahme der Vakuumsysteme des Protonen-Rings von HERA und DESY III werden alle anderen Maschinen-Vakuumsysteme von MVA entworfen, weiterentwickelt und betrieben. Neben den allgemeinen Arbeiten und den Reparaturarbeiten lagen die Schwerpunkte der Tätigkeiten 1999 in der Inbetriebnahme und Abnahme des umgebauten Vakuumsystems mit NEG-Pumpen und neuen PC-Kontrollen, bei der Fertigung des noch einzubauenden 400 m langen Vakuumsystems der Spinrotatoren für die Experimente ZEUS und H1, bei der Konstruktion und Fertigung der Vakuumkomponenten für die Luminositäts Erhöhung von HERA, bei Konstruktionsarbeiten zur mechanischen

Entkoppelung der Vakuumkammern von den Magneten in DORIS III, bei der Modernisierung der Vakuumkontrollen in PETRA II sowie bei der Entwicklung von Komponenten und Fertigungsprozessen für das TESLA-Projekt.

HERA

Der problemlose und störungsfreie Betrieb des neuen Vakuumsystems mit NEG-Pumpen konnte auch im Jahr 1999 fortgesetzt werden. Insgesamt hat das Vakuumsystem einen großen Teil seiner durch „Strahlwaschen“ während der vergangenen Betriebsjahre erreichten „Sauberkeit“ beibehalten. Entsprechend sind die Pumpen mit geringeren Gasmengen belastet worden als erwartet. Die daraus resultierenden Regenerierungsintervalle der Pumpen wurden auf einen Zeitraum von mehr als einem Betriebsjahr ausgedehnt.

Nach einer Belüftung des Vakuumsystems reicht schon eine Strahlstromdosis von 1 Ah anstatt der üblichen 30 Ah, um Elektronen oder Positronen bei einem Druck von einigen 10^{-9} mbar in HERA zu speichern und eine Strahllebensdauer von über fünf Stunden zu erreichen. Der Betrieb des HERA-Vakuumsystems wurde wesentlich erleichtert durch die neuen Vakuumkontrollen auf PC-Basis. Damit ist es nunmehr möglich, das System über PCs von verschiedenen Orten zu kontrollieren.

Eine der Hauptaufgaben von MVA im Jahr 1999 war die Neuentwicklung des Vakuumsystems der HERA-Wechselwirkungszonen für das im kommenden Jahr anstehende Luminositätssteigerungs-Projekt. Die Konstruktion des etwa 300 m langen Systems (pro Wechselwirkungszone, gemeinsames und exklusives Elektronen-System) wurde in enger Zusammenarbeit mit der Konstruktion durchgeführt.

Die Hauptprobleme bei diesem Projekt bestehen in der sicheren Handhabung von etwa 25 kW Strahlungsleistung, die in den supraleitenden Magneten der Detektoren erzeugt werden, sowie in der Gefahr eines höheren bremsstrahlungs-induzierten Untergrunds in den Detektoren. Dementsprechend ist das innere Vakuumsystem der Wechselwirkungszonen mit mehreren Absorbieren und Kollimatoren sowie einer hohen installierten Pumpleistung zur Erzielung eines verbesserten Restgasdruckes recht kompliziert aufgebaut. Die Vakuum-

kammern sind oft mit kleinen Toleranzen dem MagnetInnenraum angepasst. An vielen Stellen sind parallel laufende NEG-Pumpen angebracht. Es war erforderlich, gleichzeitig mit der Konstruktion dieser Komponenten die entsprechenden Fertigungsverfahren im Bereich der Umform-, Beschichtungs- und Füge-technik zu entwickeln und zu testen.

Darüber hinaus wurde ein neuer Typ von verteilten NEG-Pumpen entwickelt und erfolgreich getestet. Diese Pumpen sind nunmehr in der Lage, das erforderliche hohe Saugvermögen bei niedrigen Aktivierungs- und Regenerierungstemperaturen zu liefern. Letztere Bedingung war notwendig, um inakzeptable Durchbiegungen der eng tolerierten, langen Vakuumkammern in den Magneten während der Aktivierung der Pumpen zu vermeiden.

Die Fertigung und die Abnahme der Vakuum-Komponenten für das 400 m lange Vakuumsystem der zwei Spinrotatoren von Zeus und H1 wurden Ende 1999 abgeschlossen. Alle Vakuumkammern sind mit der entsprechenden Bleiabschirmung versehen und in den dazugehörigen Magneten eingebaut. Sie stehen bereit zum Einbau in HERA während des nächsten Shutdown im Jahre 2000.

PETRA II

Im Zuge der Modernisierung des PETRA II-Vakuumsystems sind im Wesentlichen die Vakuumkontrollen umgebaut, erneuert und den allgemeinen Standards angepasst worden. Außerdem war es erforderlich, die durch Strahlung beschädigte Verkabelung der Ionenzerstäuberpumpen neu zu installieren sowie die dazugehörigen veralteten Hochspannungsgeräte und Vakuummessgeräte für die Überwachung und Sicherheit des Betriebs mit denen des HERA-Typs zu ersetzen. Damit ist nunmehr ein zuverlässiger und störungsfreier Betrieb des PETRA II-Vakuumsystems für die nächsten Jahre gewährleistet.

DORIS III

Durch die einseitige Belastung der DORIS III-Vakuumkammern mit Synchrotronstrahlung entstehen radiale Temperaturgradienten, die zu stromabhängigen

Durchbiegungen der Vakuumkammern und Bewegungen der Magnete führen. Die damit verbundenen Orbitstörungen des Strahles bewirken unerwünschte Bewegungen des vom Strahl ausgesandten Synchrotronlichts in den Experimenten. Zur Vermeidung dieser Nachteile wurden bereits die Vakuumkammern im Bereich des Bypass und der Injektionsstrecke neu konstruiert und erfolgreich ausgetauscht. Eine weitere Stabilisierung des Synchrotronlichtes wird bei einer mechanischen Entkopplung von Magneten und Vakuumkammern in den restlichen Bögen von DORIS III erwartet. Der Entwurf dieser Vakuumkammern ist damit abgeschlossen und mit ihrer Konstruktion wurde begonnen.

LINAC II

Um einen ausreichenden Vorrat an Ersatzkanonen für den LINAC II zu gewährleisten, ist im Jahre 1999 ein Programm zur Reparatur von alten Kanonen sowie zur Herstellung von karborierten Ersatzkathoden gestartet worden. Insgesamt wurden im Laufe des Jahres vier Kanonen repariert und mehrere Kathodenheizer karboriert. Damit ist der Betrieb des Injektors für die nächste Zeit gesichert.

Der Teststand zum Konditionieren der reparierten Elektronen-Kanonen und die Umgebung des Einbauortes der Kanone im LINAC II wurden entsprechend modifiziert, um den Umtausch von Kanonen ohne Belüftung zu erlauben. So wird es in Zukunft möglich sein, die Wiederanlaufzeit des LINAC II nach einem Kanonenwechsel von bisher einer Woche auf einige Stunden zu reduzieren.

Im Zuge der Erneuerung der Beschleunigungsstrukturen des LINAC II sind im Jahre 1999 vier weitere Strukturen gefertigt und getestet worden. Insgesamt wurden bisher zehn neue S-Band-Strukturen bei MVA gefertigt. Für die Modernisierung des LINAC II werden insgesamt – inklusive Reserve – 14 Strukturen benötigt.

TTF-FEL-Projekt

Im Jahr 1999 hat die Vakuum-Gruppe MVA nach Abschluss der Entwicklungsarbeiten für den S-Band-Linac auch mit der Bearbeitung von Aufgaben im Rahmen des TTF-FEL-Projekts begonnen. Nach Abschluss

der Konstruktion eines normalleitenden L-Band Resonators zur Beschleunigung der Elektronen des FEL-Photoinjektors wurden zwei dieser Resonatoren gebaut und erfolgreich getestet. Für das Feedback der Elektronen im FEL wurde die Vakuumkammer eines 30 MHz-Kickers konstruiert und die dazugehörigen Fertigungstechniken entwickelt und erprobt. Die Vakuumkammer des Kickers besteht aus einem Keramikrohr, versehen mit den entsprechenden metallischen Abschlüssen. Das Keramikrohr ist innen beschichtet mit einer dünnen Schicht aus nichtrostendem Stahl, die einerseits das von außen eindringende 30 MHz-Feld des Kickers nur unwesentlich abschwächt und andererseits eine Aufladung der Keramik-Innenfläche vermeidet sowie die Leitung von Spiegelströmen erlaubt. Sowohl die Lötprobleme zur Herstellung der Keramik/Metall-Übergänge, als auch die Beschichtung der Innenoberfläche mit Hilfe einer Glimm- oder Gasentladung wurden entwickelt und erfolgreich in einer Prototypkammer angewandt. Darüber hinaus hat MVA mit zusätzlichen Entwicklungsaufgaben für die Fertigung der supraleitenden Strukturen des TESLA-Projekts begonnen. In diesem Zusammenhang werden Untersuchungen zum Glanzwalzen, Glanzziehen, Elektropolieren von Niob sowie EB-, Kaltpressschweißen und Niob-Plattieren durchgeführt.

Protonen-Vakuum – MVP –

Die Gruppe MVP ist für die Vakuumsysteme des Protonenrings von HERA einschließlich der Isoliervakuumsysteme für die Helium-Transferleitung und die supraleitenden Magnete des Protonenrings von DESY III und die Vakuumsysteme der TESLA Test Facility im Rahmen des Linearbeschleuniger-Projekts verantwortlich. Diese werden von der Gruppe entworfen, gebaut, weiterentwickelt und betrieben. Im Berichtsjahr bereitete der Betrieb dieser Systeme keinerlei Probleme.

Neben den allgemeinen Wartungs- und Reparaturarbeiten konzentrierten sich die Aufgaben der Gruppe vor allem auf die Vorbereitungen für den Umbau des HERA-Vakuumsystems in den beiden Wechselwirkungszonen Nord und Süd im Rahmen der Luminositätserhöhung, auf die Weiterentwicklung und den Ausbau der Vakuumsysteme für die TESLA Test Facility (TTF) sowie auf die Vorbereitungen für den Aufbau von

60 weiteren, fernbedienbaren Vakuum-Pumpständen. Weiterhin ist die Gruppe maßgeblich an der Entwicklung und dem Betrieb des TTF-Kontrollsystems beteiligt.

HERA und DESY III

In der Wartungsperiode 1999 wurden bei HERA im Bereich des HERA-B Experiments die für den endgültigen Aufbau notwendigen Modifikationen am Vakuumsystem des Vertex tanks durchgeführt. Die Elektronik für die Pumpstände des Sekundär-Vakuumsystems, das die Vertexdetektoren enthält, wurde an eine Position mit geringerer Strahlungsbelastung verlegt. Für den in der Wartungsperiode 2000 geplanten Umbau der Wechselwirkungszonen Nord und Süd zur Luminositätserhöhung bei HERA müssen rund 320 m des Protonen-Vakuumsystems modifiziert werden. Hierfür wurde im Berichtszeitraum zunächst das Konzept vervollständigt. Soweit möglich werden existierende Vakuumkammern wiederverwendet bzw. an die neue Geometrie angepasst. Die Konstruktion der neuen Komponenten wurde nahezu abgeschlossen und mit deren Fertigung wurde begonnen.

Für die Vakuumkammern werden verschiedene ellipsenförmige Querschnitte benötigt, die mit Hilfe von entsprechenden Umformwerkzeugen aus runden Rohren in der gruppeneigenen Werkstatt hergestellt wurden. Aufgrund der sehr kompakten Anordnung der Magnete können an vielen Stellen keine Standardlösungen für die Pumpenanordnungen eingesetzt werden. Daher wurden sehr platzsparende und aufwendig zu fertigende Pumpköpfe konstruiert. Die Fertigung der Einzelteile ist nahezu abgeschlossen, die Schweißarbeiten werden gruppenintern durchgeführt.

Die konzeptionelle Auslegung des Isoliervakuumsystems für die neuen supraleitenden Magnete GG und GO, die sich innerhalb der beiden Detektoren H1 und ZEUS befinden, konnte ebenfalls abgeschlossen werden. Das Vakuumkontrollsystem von HERA und das TTF-Kontrollsystem werden von einem Rechnercluster von über 80 UNIX-Systemen betrieben, das im Berichtszeitraum auf eine Jahr-2000-fähige Version umgestellt wurde. Dabei war es für HERA auch notwendig, die Hardware-Anbindung auf einen moderneren Rechner umzurüsten.

Bei DESY III wurden die für die Erneuerung des CERN-Protonenresonators im Shutdown 2000 notwendigen Vakuumkomponenten gefertigt und aufgebaut.

Neue Linearbeschleuniger

Im Rahmen der Entwicklungsarbeiten für den neuen Linearbeschleuniger wurden 1999 große Teile des Vakuumsystems des supraleitenden Linearbeschleunigers der TESLA Test Facility umgebaut. Hierzu gehörten der Einbau diverser Monitore im Injektorbereich, der Aufbau der Kollimator- und Undulatorstrecke sowie der Umbau des Experimentierbereichs einschließlich dem Aufbau der Photonen-Diagnose.

Hierfür wurden zunächst alle neuen Vakuumkomponenten im Reinraum mit ähnlichen Prozeduren wie die supraleitenden Kavitäten gereinigt, um Staub und andere Partikel zu entfernen. Monitore wurden ebenfalls unter Reinraumbedingungen zusammengebaut. Die Installation der Vakuumkammern in den Beschleuniger erfolgte mit kleinen mobilen Reinräumen. Beim Betrieb des TTF-Beschleunigers bereitete das Vakuumsystem keinerlei Probleme.

Weiterhin wurden die Vakuumsysteme für den zweiten Vertikalkryostaten sowie für zwei weitere Einsätze in der Preparation der Kavitäten angefertigt, aufgebaut und in Betrieb genommen. Die Teststrahlführung für die FEL-HF-Elektronenkanone wurde im Beschleunigertunnel so versetzt, dass ein Betrieb dieser Kanone parallel zu Umbauarbeiten am Beschleuniger gefahrlos möglich ist. Die Planungen für den Bau von 60 weiteren, fernbedienbaren Pumpständen wurden durchgeführt und mit dem Bau der elektronischen Komponenten wurde begonnen.

Für das TTF-Kontrollsystem wurden im Berichtszeitraum neue Analog-Digital-Wandler (ADC) in Zusammenarbeit mit DESY Zeuthen entwickelt und installiert. Diese neuen VME-Karten erlauben es, Messwerte mit 10 MHz bei 14 bit Auflösung umzusetzen.

Zur Automatisierung der Abläufe in TTF wurde ein Softwaresystem entwickelt, das ein grafisches Design von Zustandsmaschinen erlaubt. Aus den damit erzeugten Diagrammen werden durch Knopfdruck lauffähige C++ Programme erzeugt. Erste Testserver konnten mit

dieser neuen Software erzeugt und in TTF getestet werden.

Aufgrund der vielen neu eingebauten bzw. umgebauten Komponenten, besonders im Bereich des Undulators und des Kollimators, war es notwendig, viele Parameter neu zu konfigurieren. Weiterhin mussten aber auch neue Geräte-Server für das Kontrollsystem geschrieben werden, und es konnten durch die Einbindung des TINE-Protokolls von HERA einige neue Strahlmonitore integriert werden. Darüber hinaus wurde das komplette TTF-Timingsystem, das für einen synchronen Ablauf der Hochfrequenz, der Strahlerzeugung und der Datennahme sorgt, auf 9 MHz umgestellt.

Neben der Weiterentwicklung der Hard- und Software des Beam-Interlock-Systems des TTF-Beschleunigers wurden auch Komponenten zum Schutz des Undulators vor Strahlverlusten („Very Fast Protection System“) sowie eine Elektronik zum Schutz der Detektoren in der Photonen-Diagnose entwickelt, aufgebaut und in Betrieb genommen.

Kryogenik und Supraleitung – MKS –

HERA Kältebetrieb

Das HERA-Kältesystem zur Versorgung der supraleitenden Protonenring-Magnete, der Experimente und der supraleitenden Kavitäten mit Helium lief durchgängig. Um die supraleitenden Magnete bei der erhöhten Protonen-Energie von 920 GeV mit gleicher Quenchsicherheit zu betreiben, wurde der Protonen-Ring bei einer abgesenkten Temperatur von 4.0 K betrieben. Die Verfügbarkeit der geforderten Kälteleistung betrug in diesem Jahr 99.16%, gemittelt über eine Betriebszeit von 52 Wochen. Dabei trug die Kälteanlage selbst im Mittel nur mit 0.01% Ausfallzeit bei (1.4 Minuten/Woche, 1 Ausfall), das Verteilungssystem mit 0.05% (5.4 Minuten/Woche, 3 Ausfälle), 9 HERA-Quenche mit 0.17% (17.4 Minuten/Woche), die Stromversorgung mit 0.29% (29.4 Minuten/Woche, 7 Ausfälle) und die Kryokontrollen mit 0.35% (34.8 Minuten/Woche, 5 Ausfälle).

Neben dem Kältebetrieb der Ringmagnete wurden die supraleitenden Kavitäten des Elektronenringes, das

HERMES-Experiment und die Magnete der Experimente H1 und ZEUS bei 4.4 K gekühlt. Zusätzlich wurden für HASYLAB und den Laborbetrieb insgesamt 35 m³ Flüssig-Helium in Kannen abgegeben.

Im Bereich der Anlagenwartung und -erhaltung wurden in Abstimmung mit dem Heliumkompressoren-Hersteller hochpräzise Positionsmonitore (Abb. 87) zur Messung und Überwachung der Gleitlager installiert und in Betrieb genommen.

Für die kryogenische Versorgung der im Rahmen des Luminositätserhöhungs-Programms von HERA neu zu installierenden supraleitenden Quadrupole GO und GG im Bereich der Wechselwirkungszonen von H1 und ZEUS wurden die benötigten Vorkühlerboxen und Transferleitungen spezifiziert und ausgeschrieben bzw. bestellt. Darüber hinaus wurden Vorbereitungen getroffen, die insgesamt sechs von BNL (USA) gebauten supraleitenden Magnete GO und GG nach ihrer Ankunft bei DESY und vor ihrem Einbau in HERA in der Magnetstalle kalt zu testen. Dazu wurden kryogenische Komponenten von MKS konstruiert und gebaut, so dass die vorhandenen HERA-Magnetteststände mit nur geringen Änderungen für die Kälteversorgung der neuen Magnete benutzt werden können.

Die in Gebäude 47a vorhandene 300 Watt Kälteanlage (CTA), die seinerzeit zum Test der supraleitenden HERA Beschleunigungsstrecken benutzt wurde, ist mit einem neuen Kontrollsystem ausgestattet und als Helium-Verflüssiger für Kannenabfüllungen wieder in Betrieb genommen worden.

HERA Kältekontrollen

Für die bereits im letzten Jahr vorbereitete Umstellung des Kontrollsystems der HERA-Kälteanlage wurden die nächsten Schritte vollzogen:

- Zeitanpassung beim bestehenden Kontrollsystem: In der Wartungsperiode im Mai wurde das alte Kontrollsystem (D/3) vom DESY Computernetz getrennt. Um einen begrenzten Datenaustausch zu gewährleisten, wurde eine „Ethernet Bridge“ eingebaut. Diese filtert alle Pakete, welche Zeitinformationen enthalten können, heraus. So vorbereitet wurden die Rechner in diesem abgetrennten Netz in eine

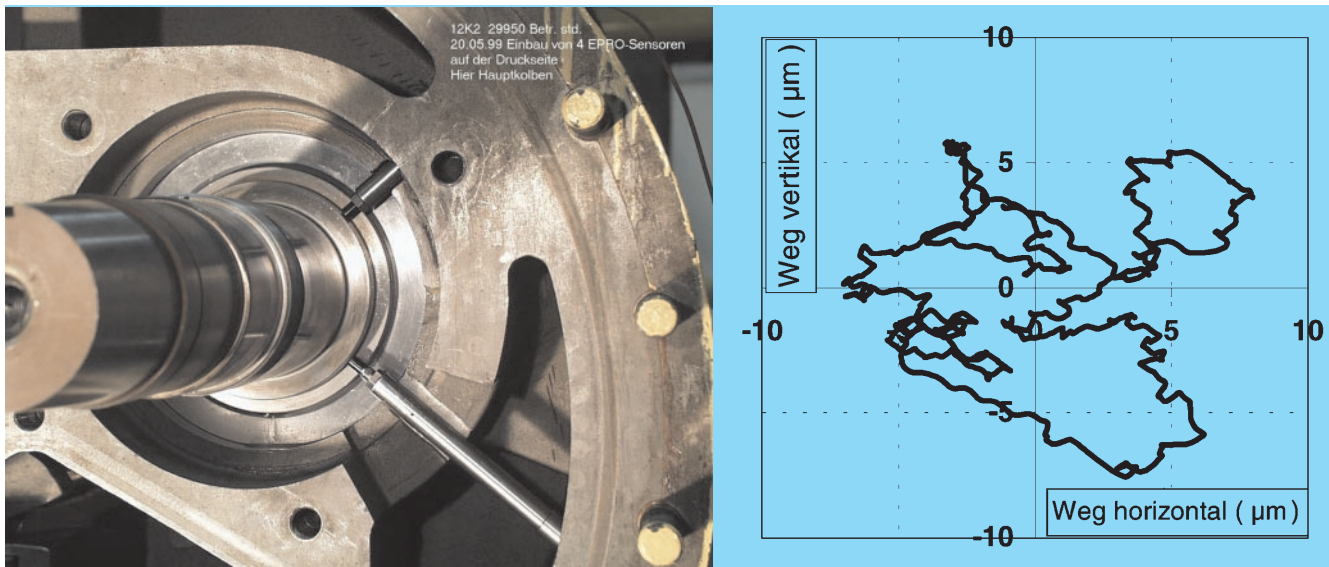


Abbildung 87: Links: Anordnung der Positionsmonitore am Hauptkolben des Verdichters Typ VMY 536. Rechts: Orbit des Hauptkolbens (eine Umdrehung) relativ zum Mittelwert des Orbits.

um vier Jahre zurückliegende Zeit versetzt. Diese Lösung erlaubt den Betrieb der Rechner bis in das Jahr 2000 hinein, obwohl die dort installierte Software nicht für das Jahr 2000 geeignet ist. Diese Rechner sollen im Sommer 2000 durch das neue Kontrollsystem ersetzt werden.

- Neues Kontrollsystem für die Kälteanlagen: Nach einer intensiven Vorbereitung im vorangegangenen Jahr wurde im März das neue Kontrollsystem ausgeschrieben. Die Firma ORSI mit ihrem Produkt „Cube“ hat als günstigster Bieter den Zuschlag erhalten. „Cube“ kann sowohl als DCS-System („Distributed Control System“) als auch als SCADA-System („Supervisory Control and Data Acquisition“) eingesetzt werden. Das System wird in der Kryogenik bei HERA, der Magnetesthalle, CTA und TTF Anwendung finden. Im Vordergrund stehen bei der Umstellung die hohe Betriebszuverlässigkeit der jeweiligen Anlage, die Funktionalität innerhalb der einzelnen Applikationen und die Integrationsmöglichkeiten in andere DESY-Kontrollsysteme. Der Auftrag an ORSI umfasst neben der System-Software und -Hardware auch die Umstellung der vorhandenen Software (Kontrollen, Ablaufsteuerungen, Batch, Graphiken, Alarmierung, Trends) der genannten Anlagen und Bereiche. Nur so kann

das ehrgeizige Ziel erreicht werden, die Umstellung in der Wartungsperiode im Sommer 2000 durchzuführen. Um frühzeitig mit den Tests des neuen Systems beginnen zu können, ist eine Teillieferung (Magnetesthalle) für Dezember 1999 vorgesehen.

- Umstellung auf neue Rechnerplattformen: Im Zusammenhang mit der Umstellung von dem bestehenden D/3 Kontrollsystem auf das neue System (Cube) werden auch die VMS-Workstations durch neue Systeme ersetzt. Für den Office-Bereich werden zunehmend NT-Workstations eingesetzt, welche auch für das neue Kontrollsystem benötigt werden. Über X-Emulationen kann auch auf UNIX-Applikationen zugegriffen werden. Die VMS-Applikationen (wie zum Beispiel die Archivierung) werden auf das UNIX-Cluster portiert, um eine ausfallsichere Archivierung von Prozessdaten auch in Zukunft gewährleisten zu können. Mehrere Gigabyte Daten wurden von VMS nach UNIX konvertiert.
- Umstellung auf das Jahr 2000: Um den Betrieb der Rechner auch im Jahr 2000 zu gewährleisten, wurde bei einer Vielzahl von Rechnern neue Software installiert. Die Umstellung umfasst von Netzwerkkomponenten über Frontend-Rechner bis zu den UNIX- und VMS-Clustern insgesamt etwa 50 Systeme.

Magnetmessungen

Bei den supraleitenden Referenzmagneten von HERA wurden detaillierte Magnetfeldmessungen durchgeführt mit dem Ziel, das Signal-zu-Rausch Verhältnis bei den dort eingesetzten NMR-Proben zu optimieren. Weiterhin wurde die Jahr-2000-Sicherheit der Messgeräte und der Computer überprüft bzw. hergestellt.

Für den für Mai 2000 geplanten Umbau der Wechselwirkungszonen von HERA im Rahmen der Luminositätserhöhung werden etwa 50 normaleitende Quadrupolmagnete und sechs supraleitende Magnete be-

nötigt. Der Bau der supraleitenden Magnete bei BNL (USA) wurde von DESY aus betreut. Für ihre Messungen wurden Vorbereitungen getroffen. Die ersten von etwa 50 normaleitenden Quadrupolen für die Luminositätserhöhung bei HERA wurden magnetisch vermessen. Dafür wurde ein neuer Messstand mit neuer Elektronik aufgebaut. Mit einer Drehschleife können die Multipole der Magnete vermessen werden. Außerdem kann ein gespannter Draht mittels präziser Verfahrtschleife horizontal und vertikal verfahren werden. Dabei wird die induzierte Spannung aufgezeichnet, aus deren Verlauf man die magnetische Mitte, den Verdrehwinkel und den integralen Gradienten von Quadrupolmagneten bestimmen kann.



Abbildung 88: Modul 3 zur Vorbereitung des integralen Lecktests.

Beschleunigerentwicklung (TESLA und TTF)

Im Laufe des Jahres wurde das dritte Kryo-Modul (Abb. 88) für den Einbau in den Testbeschleuniger fertig gestellt und gegen das erste Modul ausgetauscht. Von den im ersten Modul befindlichen Kavitäten waren fünf durch einen Fertigungsfehler auf Beschleunigungswerte von 12–13 MV/m begrenzt. Drei der acht Kavitäten wurden mit neuen Flanschen ausgerüstet und zusammen mit den aus der ersten Resonator-Produktion stammenden Kavitäten neu behandelt. Sie zeigten maximale Beschleunigungsfelder zwischen 25.5 und 28 MV/m und werden für den Einsatz in Modul 1 vorbereitet. Das dritte Modul, dessen Resonatoren mit der neuen Flansch-Technologie und auf Fehlstellen untersuchtem Material ausgestattet sind, erzeugt im Strahlbetrieb eine mittlere Spannung von 23 MV/m.

Nach etwa fünfjährigem Dauerbetrieb wurde Ende 1998 die Chemie- und Präparationsanlage einer Generalüberholung unterzogen. Ab Februar 1999 zeigte sich eine Verbesserung der Einsatzfeldstärke der Feldemission und hiermit verbundene höhere maximale Beschleunigungsfelder. Seit Beginn des Jahres 1999 wurden 99 chemische Behandlungen durchgeführt. 48 Kavitäten wurden für vertikale Tests präpariert und montiert. Im Mittel erreichten diese Kavitäten Beschleunigungsfelder von 24.2 MV/m. Die Einsatzschwelle für Feldemission lag im Mittel bei 20 V/m (Abb. 89).

Seit Anfang des Berichtsjahres befindet sich eine Qualitätssicherung im Aufbau. Sie beruht auf der Filtration

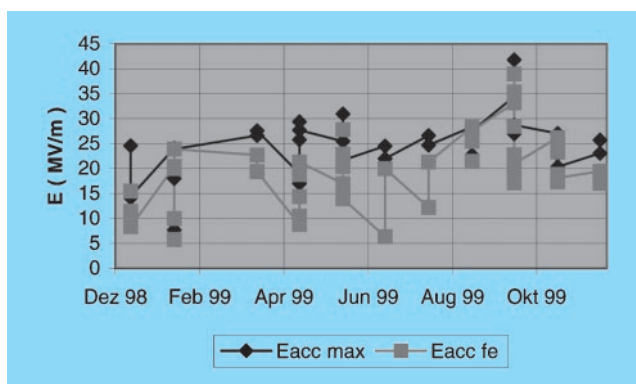


Abbildung 89: Entwicklung der Feldgradienten in den TESLA-Resonatoren im Jahr 1999: Maximales Beschleunigungsfeld und Einsetzen der Feldemission.

des Ablaufwassers der Hochdruckspüle, der Entnahme von Feldemissionsproben zur Überwachung von Partikelkontamination im Prozess und der Neuentwicklung eines Online-Verfahrens zur Bestimmung der Säurequalität über Spektralanalyse.

Die im Reinraum verwendete Hochdruckspüle muss auf eine neue Prozess-Software umgestellt werden. Hier wurde ein neues Konzept entwickelt. Basierend auf einer SPS Steuerung wird die Prozess-Visualisierung jetzt mit Visual Basic realisiert. Um dieses auch entsprechend testen zu können, wurde ein Simulationssystem erstellt, mit dem alle Betriebszustände realitätsnah nachempfunden werden konnten. Die ursprünglich von CERN gelieferte Kontroll-Hardware und -Software wird bei nächster Gelegenheit ausgetauscht.

Die Helium-Kälteversorgung des TTF-Linearbeschleunigers (mit zwei TTF-Kryomodulen) und des TTF-Kältelabors wurde gewährleistet. Dabei wurde der Kältebetrieb des TTF-Linearbeschleunigers in zwei Betriebsperioden für insgesamt 7 1/2 Monate durchgehend aufrechterhalten.

Für die erweiterte Helium-Kälteversorgung des TTF/FEL-Linearbeschleunigers mit einem Anschluss an die HERA-Helium-Kälteanlage wurden eine HERA-FEL-Transferleitung und eine FEL-Vorkühler- und Verteilerbox bei Industriefirmen gefertigt, installiert und mit einem Probelauf erfolgreich getestet. Die zur Anbindung an die HERA-Kälteanlage benötigte Warmgasverrohrung wurde ebenfalls von Fremdfirmen bis zu den Übergabepunkten an der bestehenden TTF-Helium-Kälteanlage fertiggestellt.

Die Verlängerung der bestehenden TTF-Transferleitung zur FEL-Vorkühler- und Verteilerbox wurde spezifiziert und in Auftrag gegeben. Weiterhin wurde der Auftrag zum Bau eines zweiten Helium-Kompressorsystems erteilt, das zur Entkopplung der Kälteversorgung des TTF-Linearbeschleunigers und des TTF-Kältelabors und zur Kapazitätserweiterung benötigt wird.

Für den weiteren Ausbau des TTF/FEL-Linearbeschleunigers werden spezielle kryogenische Komponenten benötigt, die unter anderem den Übergang zu einem überarbeiteten Kryomodul-Design ermöglichen. Zu diesen Komponenten gehören eine 24 m lange Bunchkompressor-Bypass-Transferleitung

mit neun Prozessrohren, eine Neuauslegung der Modul-Verbindungsstücke und eine dem neuen Moduldesign angepasste Endbox. Für diese Komponenten wurden Konstruktionsentwürfe erarbeitet.

Ein Entwurf für die Anbindung des beim Forschungszentrum Karlsruhe in Fertigung befindlichen supraleitenden Energiespeichers (SMES) an das erweiterte Helium-Verteilungssystem wurde fertiggestellt. In Zusammenarbeit mit dem National High Magnetic Field Laboratory der Florida State University wurde ein in den TTF-Linearbeschleuniger integriertes Experiment zur Messung des zweiphasigen Heliums betreut.

Der Aufbau eines zusätzlichen Teststandes für ein- und mehrzellige Cavities unter Verwendung der 300 W-Anlage wurde in Angriff genommen. In Vorbereitung des „Technical Design Report“ für den TESLA-Linearbeschleuniger wurden Prozessberechnungen durchgeführt, die unter anderem den zweiphasigen Heliumfluss und Ausnahmestände während des kryogenischen Betriebs untersuchen. Ein erstes Konzept für den Aufbau einer Testanlage für TESLA-Kryomodule wurde entworfen. Die Arbeiten an Konzepten für die Kryoversorgung von TESLA wurden fortgesetzt.

Zur Analyse der an den supraleitenden Kavitäten für TTF gemessenen Daten wird die chronologische Abfolge der Arbeiten und die Verfügbarkeit der wichtigsten Anlagen zur Präparation und zum Test der Resonatoren in einer Datenbank festgehalten. Zusätzlich werden die wichtigsten Daten der visuellen und mechanischen Eingangskontrolle der Kavitäten, die Prozedur und Ergebnisse ihrer chemischen Behandlungen und Messungen bei Zimmertemperatur und 2 K in dieser Datenbank gespeichert. Es musste eine Vielzahl von SQL-Prozeduren entwickelt werden, um die anfallende Datenmenge zu filtern und für die Datenbank aufzubereiten. Um den Zugriff auf diese Daten zu erleichtern, wurde ein umfangreiches graphisches Benutzer-Interface zur Datenbank erstellt, das die wichtigsten Ergebnisse in Form von Tabellen und Graphen zur Verfügung stellt. Das Benutzer-Interface wurde mit dem ORACLE Developer Server ins WEB migriert, so dass die Datenbank dynamisch ins Internet eingebunden ist.

DORIS III

Im Rahmen der Jahr-2000-Umstellung wurde das Magnetinterlock von DORIS III überarbeitet. Dabei wurden das Betriebssystem der PCs auf WindowsNT umgestellt, die Hardware der Vernetzung ausgetauscht und umfangreiche Änderungen an der Visualisierungssoftware durchgeführt.

Energieversorgung – MKK –

Die Gruppe MKK betreibt die Energieversorgung bei DESY. Die Stromversorgung beginnt bei den drei 110kV/10kV-Großtransformatoren, die die 10kV-Schaltstationen für die Energieverteilung speisen, die bis zu den Niederspannungsanlagen für die Gebäude geht. 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 der Gruppe.

Einige wesentliche Aktivitäten der Gruppe sollen im Folgenden dargestellt werden:

Stromversorgung

Die 10 kV-Station und die Niederspannungsanlagen des neuen Laborgebäudes 3 mussten instandgesetzt werden, nachdem DESY das Gebäude von der Biologischen Anstalt Helgoland übernommen hatte. Die Mittelspannungsanlagen wurden überholt, um die Betriebssicherheit zu erhöhen. Die Schaltanlagen für die DORIS-Wasserkühlung wurden neu projektiert und als Vorhaben angemeldet sowie ausgeschrieben. Die elektrische Versorgung für die Erweiterung der Halle III wurde projektiert und beschafft. Die Erweiterungen für die zusätzlichen Klystron-Modulatoren sind in Planung. Nach der Öffnung des Strommarktes hat DESY mit den anderen Mitgliedern der Helmholtz-Gemeinschaft die Belieferung von Strom europaweit ausgeschrieben.

Magnetstromversorgung

Das neue Netzgerät für den HERA-Protonenring lief zuverlässig, nachdem die Auslöseschwellen hochgesetzt

wurden und das Steuerprogramm überarbeitet wurde. Die für die Luminositätserhöhung neu benötigten Netzgeräte wurden geplant und ausgeschrieben. Die Choppernetzgeräte wurden hierfür weiter entwickelt. Die Regel-Elektronik wurde überarbeitet und für die Ansteuerung von IGBT-Transistoren angepasst. Die neuen Choppernetzgeräte sind deutlich einfacher und wartungsfreundlicher aufgebaut. Sie wurden erfolgreich getestet.

Es wurde ein 800 A-Polwender neu konstruiert. Die Steuerung erfolgt mit einem programmierbaren Steuerbaustein und die Polwendung wird mit zwei magnetisch verlinkten Schützen gemacht. Die Vorteile sind kurze Umpolzeiten und ein flexiblerer und kompakterer Aufbau.

Die Netzgeräte aller Beschleuniger wurden in eine ORACLE-Datenbank aufgenommen. Die Datenbank umfasst die gesamte Versorgung von der Hochspannungseinspeisung über die Schaltanlagen, Netzgeräte und Kabel bis zu den Magneten und deren Standorten. Das neu eingeführte elektronische MKK-Logbuch im BKR hat Zugriff auf diese Datenbank. Damit können Störungen direkt und zentral den Anlagen zugeordnet werden.

Senderstromversorgung

Die beiden neuen Feedback-Senderstromversorgungen für DORIS III und HERA wurden in Betrieb genommen. Damit sind alle Senderstromversorgungen jetzt PCB-frei.

Die RC-Filterkondensatoren für den Wellenwiderstandsabschluss der Hochspannungs-Gleichstromkabel wurden neu konstruiert, so dass über den Durchführungen nur noch die halbe Spannung ansteht. Das Kondensatorgehäuse wurde mit Potentialsteuerringen ausgestattet, um die Koronaeffekte weiter zu unterdrücken. An der bisherigen Konstruktion traten deutlich sichtbare Spuren von Sprühentladungen an den Isolierstrecken auf.

Ladegeräte für Klystronmodulatoren

Die Ladegeräte für die Speicherkondensatoren verursachen durch den langsamen Pulsbetrieb Rückwirkungen

auf das Stromversorgungsnetz, die sich auch bei dem HERA-Dipolnetzgerät bemerkbar machten, weil die Synchronisierspannungen für die Dipolnetzgeräte beeinflusst wurden. Die Störungen des Dipolstroms lagen im ppm-Bereich.

Zur Lösung des Problems werden zwei Wege verfolgt:

- Entwicklung eines Schaltnetztes, das konstante Leistung aus dem Versorgungsnetz entnimmt,
- Einsatz eines thyristorgesteuerten Netzgerätes in Verbindung mit einer digitalen Regelung.

Die erste Lösung ist wesentlich teurer als die zweite. Um die Lösungen vergleichen zu können, wurde ein Prototyp in Auftrag gegeben und parallel dazu wird eine digitale Regelung für die vorhandenen thyristorgesteuerten Ladegeräte entwickelt. Als weitere Option ist eine Kombination der beiden Lösungen möglich.

Überwachung und Kontrollen

Der MKK-Alarmhandler wurde weiter ausgebaut. Für die einzelnen Nutzergruppen wurden dedizierte Alarmhandler eingerichtet. Die Vernetzung der Klimaanlage wurde stark ausgebaut. Die Neuanlagen werden grundsätzlich an die Kontrollen angeschlossen und in den Alarmhandler integriert. Die PCs wurden alle auf WindowsNT umgestellt. Die Daten des CAD-Programms T2000 wurden auf AutoCAD übertragen, da T2000 ab dem Jahr 2000 nicht mehr unterstützt werden soll.

Wasserkühlung, Heizungs- und Klimaanlage

Die Erneuerung der DORIS III-Wasserkühlung wurde als Vorhaben angemeldet. Die Planungen sind abgeschlossen und die Beschaffung läuft. Die Instandsetzung soll im Shutdown 2000 erfolgen. Die Erweiterung der Wasserkühlung für die zweite Stufe des Testlinacs TTF-FEL wurde projektiert und beschafft.

Die Verhandlungen mit den HEW über eine Fernwärmeversorgung von DESY wurden erfolgreich abgeschlossen. Im Herbst wurde der Fernwärmeanschluss

zwischen der Notkestrasse und dem Kesselhaus hergestellt. Gleichzeitig wurde die marode Heizungsleitung zum Laborgebäude 3 erneuert.

Die Kaltwassererzeugung für die Klimaanlage des Rechenzentrums wurde erneuert und auf ein umweltfreundliches Kältemittel umgestellt. Die Vernetzung und die Ausrüstung der Klimaanlagen mit der Leittechnik wurden stark ausgebaut. Die Anlagen wurden in den Alarmhandler aufgenommen.

Die Klimaanlage für die Expo-Halle wurde projektiert und ausgeschrieben.

Kollaborationen

Vom Physikinstitut in Yerevan (YerPhI) wurden fünf Stromversorgungen gebaut und geliefert. Sie sind für die Luminositätserhöhung von HERA vorgesehen. Die Geräte werden zur Zeit in Betrieb genommen.

Das Institut für Hochspannungstechnik an der TU Darmstadt entwickelt einen streufeldfreien Rohrleiter für die Stromversorgung des TESLA-Tunnels. Die Konstruktion und die Berechnungen wurden durchgeführt und ein Prototyp ist im Aufbau.

Beschleunigerplanung – MPL –

Die Gruppe MPL ist zuständig für die Planung und Aufstellung von Beschleunigerstrukturen in Tunneln und Experimentierhallen und die Koordination von Beschleunigeraufstellungen. Zudem arbeitet die Gruppe an der Entwicklung nahtloser supraleitender Resonatoren aus Niob.

Für die geplante HERA-Luminositätserhöhung wurden die Entwürfe der Magnetträger im Bereich der Experimente H1 und ZEUS auf thermische Formstabilität im Betrieb untersucht und samt Stellelementen fertig konstruiert. Für vier weitere Magnettypen wurden Unterbauten konstruiert. Die Zeichnungen und Koordinatenlisten der Magnetstruktur wurden entsprechend den zwischenzeitlich erfolgten Optikänderungen aktualisiert.

Für DORIS III wurden für drei Quadrupoltypen Unterbauten konstruiert. Für TTF wurden neue Unterbauten für das Kryomodul in der Halle III und im Tunnel entworfen.

Entwicklung von nahtlosen supraleitenden Niob-Resonatoren

Aus durch Drücken aus Blech erzeugten Niob 100-Rohren wurden bei DESY zwei TESLA-Monozellen, 1K2 und 1K3, durch Innenhochdruckumformung (IHU) gefertigt. 1K2 wurde bereits bei DESY und dem Jefferson Laboratory (Newport News, USA) behandelt und getestet und erreichte etwa 27 MV/m bei relativ hoher Güte von 2.5×10^{10} . Eine weitere Monozelle wurde aus tiefgezogenem Niob 270-Rohr der Firma W. Butting ebenfalls durch IHU gefertigt und erreichte 22.3 MV/m bei der Güte von 1×10^{10} .

Auf der apparativen Seite wurde eine neue 1300 bar IHU-Matrize für TESLA-Monozellen gebaut und in Betrieb genommen, mit der auch der sehr steife Iris-Bereich kalibriert werden kann. Eine mit zwölf Führungsleisten ausgestattete neuartige IHU-Matrize wurde konstruiert und befindet sich im Bau. Sie soll die besonders bei dünnwandigen Rohren beobachteten Form-Anomalien sowie das dadurch bedingte Platzen des Werkstücks während der Umformung verhindern.

Die Rechnersteuerung des Umformvorgangs wurde verfeinert, um unter anderem die neuartige IHU mit gepulstem Druck optimal und vollautomatisch anwenden zu können.

Zwei neue Varianten der Rohrherstellung wurden in Angriff genommen. Die erste ist, ein dickwandiges Kupfer-Rohr mit Niob 300 innen zu sprengplattieren und dann auf etwa 4 mm Gesamtdicke durch Drückwalzen abzustrecken. Die zweite Variante beinhaltet, aus gemahlenem Niob-Pulver mit relativ hohem Gasgehalt ein Rohr unter Gasverlust zu sintern und dann durch Abstrecken weiter zu verdichten.

Ziel beider Varianten ist es, den Rohrpreis zu senken und die IHU-Tauglichkeit zu verbessern durch dominierenden Einfluss des problemlos umformbaren Kupfers bzw. des feinen untexturierten Korns beim Sinterrohr. Von beiden Werkstoffen liegen bereits Proben vor und werden untersucht.

Weitere Untersuchungen an Resonatoren

Es wurde der Frage nachgegangen, wie der jetzige TESLA-Resonator für einen Hochfrequenzspannungsgradienten von 40 MV/m tauglich zu machen ist. Die Optimierung mittels Rechnersimulation ergab, dass ein Resonator mit nur 2 mm Wandstärke am Äquator mittels einer es umspannenden, demontierbaren und helium-transparenten 6 mm dicken Titanschale so versteift wird, dass auch bei 40 MV/m die Lorentzkraft-Verstimmung auf akzeptable 200 Hz begrenzt bleibt. Die Minderung der Titan-Kosten relativ zum gegenwärtigen TESLA-Resonator kann etwa die Kosten der Schale decken, so dass der Gesamtpreis unverändert bleibt.

Dem Ziel, mit TESLA bei unveränderter Länge die Endenergie von 800 GeV zu erreichen, dient neben der schon erwähnten Feldstärke-Erhöhung im Resonator auch eine Erhöhung des Füllfaktors der Beschleunigungsstrecken.

Zu diesem Zweck wurde ein neues Feinabstimmerkonzept vorgestellt, wobei der Feinabstimmer in den Helium-Tank integriert wird und so keine Beschleunigerlänge verbraucht, und zu einer Konstruktion geführt. Versuche damit sind im Jahr 2000 vorgesehen. Der Füllfaktor im Resonatormodul erhöht sich dadurch bei der jetzigen TESLA-Struktur von 0.75 auf 0.81.

Die „Superstruktur“ hat einen solchen Feinabstimmer als notwendige Voraussetzung. Für den jetzigen Feinabstimmer am Ende des Resonators wäre bei nur einer halben Hochfrequenzwellenlänge zwischen Resonatoren kein Platz.

Verschiedene Werkstoffe wurden bezüglich ihrer Eignung als Flanschmaterial erprobt. NbZr1 erscheint optimal und wird zum Beispiel an 1K2-Flanschen erprobt. Es ist für Resonatoren trotz guter Umformbarkeit nicht geeignet, weil das Restwiderstandsverhältnis mit 13 zu klein ist.

Werkstoffuntersuchungen

Das Metallographielabor wurde an anderem Ort mit dem Chemielabor zusammengelegt. Eine Vorrichtung zur Messung der Wärmeleitfähigkeit bei Flüssig-Helium-Temperatur ist im Aufbau.

Mit Partnern an anderen Instituten und in der Industrie sind die Möglichkeiten für die Defektsuche in Niob-Halbzeugen fortgeführt und weiter ausgebaut worden, wie zum Beispiel mittels SQUID-Gradiometer bei der Firma FIT.

Es wurden in Zusammenarbeit mit den DESY Gruppen ZMS, MHF-sl und MVA sowie Firmen und anderen Instituten Werkstoffuntersuchungen an Bedampfungs-, Sputter- und Schweiß-, Sinter- und Sprengplattierungsproben durchgeführt – auch für andere Projekte als TESLA.

Gefüge- und andere Werkstoffuntersuchungen wurden an bei verschiedenen Temperaturen geglühten Niob-Proben durchgeführt, auch in Abhängigkeit vom Umformgrad vor der Glühung.

Die Fertigung samt Glühbehandlung der für die TTF- und IHU-Projekte erforderlichen Niob-Halbzeuge wurden betreut und deren Erprobung bei DESY durchgeführt bzw. verantwortlich betreut.