



Abbildung 115: Demontage des Handling-Rahmens zur horizontalen Montage der Superstruktur.

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

e^+ Polarisation bei HERA II

Nach den Arbeiten zur Erhöhung der Luminosität ergab sich erst im Oktober die Möglichkeit, die beiden Polarimeter wieder in Betrieb zu nehmen und Polarisationsstudien mit dem Positronenstrahl durchzuführen. Dazu wurde nur das Rotatorpaar im Osten eingeschaltet, die Solenoide der Experimente und die gedrehten Quadrupole waren ausgeschaltet.

Nach Korrektur verschiedener Parameter wurde eine transversale Polarisation von mindestens 37% bei der Energie 27.638 GeV erreicht. In der folgenden Schicht wurden mit neu injiziertem Strahl bei gleichem nominalen Maschinenzustand lediglich 26% erreicht.

Wichtige Punkte, die im nächsten Jahr untersucht werden müssten, sind die Reproduzierbarkeit der Maschine und der Effekt der neuen Rotatoren und der Solenoidfelder der Experimentemagnete.

Nachdem sich herausgestellt hat, dass das Spin-Orbit Tracking-Programm SITROS untauglich ist, die Effekte der Strahl-Strahl Depolarisation in HERA II zu simulieren, wurde mit der Entwicklung neuer Software,

basierend auf dem Programm SPRINT, welches für polarisierte Protonen benutzt wird, begonnen.

Erste Berechnungen lassen vermuten, dass im TESLA Dämpfungsring keine signifikante Depolarisation zu erwarten sein wird.

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 (selbstkonsistente Berechnung von Bunchen auf gekrümmten Bahnen, kohärente Synchrotronstrahlung), ASTRA (Teilchentracking mit Raumladungseffekten im niederenergetischen Bereich), ELEGANT (hochenergetisches Teilchentracking), GENESIS (FEL Berechnung) und V (Ensemble Tracking) zum Einsatz.

Neu- und Weiterentwicklung von Programmen

An der Technischen Universität Darmstadt wird das Programm V laufend erweitert, so dass eine detailliertere Berücksichtigung von TTF-Komponenten möglich ist und mehrere Ensembles gleichzeitig berechnet werden können. Das simultane Tracken vieler Ensembles erlaubt die Beschreibung nichtlinearer Deformationen im Phasenraum. Hierfür wurde ein neues Feldberechnungsmodell – Multi-Centered Gaussian Expansion – entwickelt, um die Wechselwirkung über Raumladungsfelder effizient zu berücksichtigen. Für die Be-

rechnung longitudinaler und transversaler transienter Wakefelder von ultrakurzen Bunchen in sehr langen rotationssymmetrischen Strukturen wurden neuartige semi-implizite Verfahren eingesetzt.

Eine parallelisierte Version von TRAFIC⁴ kommt bei DESY auf einem LINUX PC Cluster zum Einsatz. Die große Rechenleistung, die somit zur Verfügung steht, gestattet eine wesentlich bessere Beschreibung der Wechselwirkungsvorgänge (beispielsweise durch kohärente Synchrotronstrahlung) in Bunchkompressoren und die Identifizierung wichtiger physikalischer Effekte. Der an der Universität Rostock entwickelte 3D-Multigrid-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, zum Beispiel bei stark deformierten Phasenraumverteilungen.

Zahlreiche Berechnungen wurden für die existierenden und geplanten Beschleuniger durchgeführt, wie zum Beispiel Koppler (TESLA, TTF, PITZ), Wakefield-Berechnungen und Resonatoren (TESLA, TTF2, HERA, H1, ZEUS) und Magnete (HERMES, TTF2). An der TU Rostock werden mit der dort entwickelten CSC (Coupled Scattering Parameters) Methode Moden in der TESLA Superstruktur untersucht. Der Einfluss von Geometriestörungen in TESLA-Resonatoren, die Leistungsabsorption in TESLA-Modulen und die Strahldynamik in PITZ werden an der TU Darmstadt untersucht.

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 so genannten „Beam-Dumps“ in allen Speicherringen und Synchrotrons. Hinzugekommen sind Aufgaben in Zusammenhang mit dem Be-

trieb 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

Die am LINAC II ursprünglich verwendeten Modulatoren sind über 30 Jahre alt, so dass zunehmend mit Ausfällen und längeren Reparaturzeiten zu rechnen war. Aus diesem Grund wurde 1997 ein Modulator versuchsweise umgerüstet. Nach Erfahrungen im Langzeitbetrieb konnte ein sukzessiver Umbau aller Modulatoren begonnen werden, der aus betriebstechnischen Gründen über insgesamt drei Jahre verteilt erfolgt.

Im Lauf des Jahres 2002 konnten drei weitere Modulatoren während des Beschleunigerbetriebes auf Kondensatorladegerät und SPS-Steuerung umgebaut und wieder in Betrieb genommen werden, ohne dass die nachfolgenden Beschleuniger dadurch gestört wurden. Zusätzlich wurden bei zwei Modulatoren neue Main-Thyratrons eines größeren Typs eingebaut, die neben einer Kostenersparnis durch wesentlich verlängerte Lebensdauer auch geringere Ausfallzeiten versprechen. Da nach der kompletten Umstellung auf neue Modulatoren auch der so genannte Start-Up Einschub wegfallen wird, musste ein neuer Einschub für die Modulator-Trigger gebaut werden. Mit ihm wird es jetzt erstmals möglich, über SEDAC die Triggerverschiebung der Modulatoren für den Elektronen- oder Positronenbetrieb einzustellen bzw., falls gewünscht, den Modulator-Trigger zu sperren. Der Umbau der letzten drei Modulatoren ist für die kommende Wartungsperiode im Frühjahr 2003 geplant.

In der letzten Wartungsperiode wurden drei weitere Beschleunigerabschnitte erneuert. Mit diesen neu eingebauten Abschnitten sind nun sukzessive acht von zwölf ersetzt worden. Die verbleibenden vier Abschnitte sind im aktuellen Berichtszeitraum gefertigt und auf die Sollfrequenz von 2998 MHz eingestellt worden. Das Konditionieren wird bis zum Einbau im Frühjahr 2003 abgeschlossen sein. Der Einbau dieser Beschleunigerabschnitte beinhaltet auch den Austausch des Konverterbereiches.

Seit Ende 2001 liefert ein 400 W-Transistorverstärker die 3 GHz Ansteuerleistung für den LINAC II und er-

setzt damit im Normalbetrieb das Treiber-Klystron. Aus diesem Grund musste auch die schnelle Umschaltung zwischen den Modulatoren 9 und 10 (Versorgung des Treiber-Klystrons) erweitert werden. Bei einem Ausfall des Verstärkers kann ohne wesentliche Ausfallzeit auf eines der beiden Klystrons als Treiber-Klystron umgeschaltet werden.

Zur Überwachung von Überschlügen im 3 GHz-Hohlleitersystem und zum Schutz der Klystrons vor zu hoher reflektierter Leistung wurde Ende 2001 die Pulsdauerüberwachung in Betrieb genommen. Sie vergleicht alle 3 GHz-Hüllkurven mit dem Ausgangssignal des 400 W-Transistorverstärkers bzw. des Treiber-Klystrons. Der Modulator-Trigger wird für vier Sekunden unterbrochen und es erfolgt ein Eintrag im Fehlerprotokoll, wenn ein Klystronpuls vorzeitig beendet wird, das heißt ein Überschlag auftrat.

Die Einführung eines Transientenrecorders ermöglicht die gleichzeitige Betrachtung aller 3 GHz-Vor- und Rücklaufsignale mit einer zeitlichen Auflösung von 40 ns. Pulse, deren Integral von einem gespeicherten Referenzwert abweicht, und Pulse, bei denen durch die Pulsdauerüberwachung eine Triggerunterbrechung erfolgt ist, werden gemeinsam mit den unmittelbar vorangegangenen Pulsen für die spätere Analyse abgespeichert.

Die Kontrollmöglichkeiten der Linacs von jedem Büro-PC aus wurden erheblich verbessert. Alle Hochfrequenz- und Strahlparameter können in ihrer Historie betrachtet werden. Durch die grafische Darstellung von Korrelationen wird das Erkennen von Fehlerursachen erleichtert.

Im November 2002 wurde von der Gruppe MSK der neue Trigger-Generator am LINAC II in Betrieb genommen. Besonders jitter-empfindliche Komponenten, wie zum Beispiel Ante- und Post-Linac-Chopper sowie das SLED-System, erhalten wesentlich stabilere Trigger. Dies verbessert die Stabilität von Strahlstrom und -energie erheblich.

Nach dem Einbau des neuen zweistufigen 10.4 MHz-Tetroden-Verstärkers bei PIA im letzten Jahr konnte in diesem Jahr der alte, ebenfalls zweistufige Verstärker umgebaut werden. Gemeinsam mit einem Reserve-Resonator ist nun ein komplettes zweites System vorhanden, das allerdings erst in der kommenden

Wartungsperiode in Betrieb gehen und einem Leistungstest unterworfen werden kann.

Da es für das 125 MHz-System bei PIA keinen Reserve-Resonator gab und der vorhandene in der Vergangenheit wegen einer hartnäckigen Multipactor-Entladung Probleme bereitet hat, wurde in diesem Jahr ein neuer Resonator inklusive eines neuen, frequenzmäßig angepassten PIN-Schalters gebaut. Dieses System soll ebenfalls in der kommenden Wartungsperiode eingebaut und in Betrieb genommen werden.

Für PIA und den Transportweg wurde mit Hilfe von MDE eine Massageprozedur in Betrieb genommen, die für eine deutlich verbesserte Reproduzierbarkeit nach Netzausfällen sorgt.

LINAC III

Schon Ende 2001 konnte am LINAC III der wechselweise Betrieb von zwei verschiedenen H^- -Quellen demonstriert werden. Die Magnetron-Quelle kann nun bei anstehenden Wartungen durch die Cäsium-freie Hochfrequenzquelle ersetzt werden. Letztere wurde zusammen mit dem LINAC III in ihren Betriebsparametern so optimiert, dass schließlich ein mehrwöchiger Betrieb möglich wurde. Der in den LINAC III injizierte Strom betrug 9.4 mA; zusammen mit einer Pulslänge von 45 μ s ergab sich ein hochbeschleunigter und stabiler Strom von 210 mA in DESY III. Die Umschaltung zwischen beiden Quellen ist rechnergesteuert möglich. Beide Quellen sind ständig in Betrieb und weisen dabei die längsten bisher erreichten Betriebsperioden auf.

Im Berichtszeitraum ist die Magnetron-Quelle durch mechanische und betriebstechnische Änderungen in ihrer Strahlqualität, aber auch hinsichtlich des Cäsium-Verbrauches verbessert worden. An der Hochfrequenzquelle wurde der Strahlengang für die vom eigentlichen H^- -Strahl zu separierenden Elektronen deutlich verbessert. Die Elektronen werden mit einem ersten Permanent-Dipol abgetrennt, der Strahlengang für die H^- -Ionen wird durch einen zweiten Dipol sofort korrigiert. Die Position des aus dem Plasma austretenden Strahls lässt sich durch eine justierbare Plasma-Elektrode exakt einstellen. Hierdurch werden mechanisch aufwändige Justiereinrichtungen, die das Plasmagefäß und seine Isolatoren bewegen, eingespart, und der Strahlengang wird verbessert.

Kicker

In zunehmendem Maße werden Röhren durch Halbleiterpulsler ersetzt. So wurden Ende 2001 vier Ignitron-Pulsler der HERA Positronen-Injektion durch Halbleiterschalter ersetzt. Diese ermöglichten einen wesentlich stabileren Betrieb mit stark reduziertem Jitter. Im Berichtszeitraum liefen die so modifizierten Pulsler sehr zuverlässig.

Die im Berichtszeitraum erstmalig genutzte Dump-Kicker-Anlage des HERA Elektronen-Strahlfängers stand für den Betrieb ohne Ausfälle zur Verfügung.

In der letzten Wartungsperiode wurde in den Speicherring DORIS ein vertikaler Anregungskicker mit einer Leiterbefestigung eingebaut, die temperaturbedingte Längenänderungen zulässt. Integrierte Temperaturfühler sollten Aufschluss geben über die während des Betriebs erreichte Temperatur. Diese war mit etwa 600°C jedoch so hoch, dass die als Glasmesswiderstände ausgeführten Fühler geschmolzen sind und als Folge davon der Kicker erneut modifiziert werden musste. Im November konnte schließlich ein vertikaler Anregungskicker mit einer zusätzlichen Wasserkühlung der Trägerleiste des Innenleiters eingebaut werden. Er läuft seit dem Einbau ohne Probleme. Die Fertigung von nahezu baugleichen Injektionskickern ist abgeschlossen worden. Nach abschließenden Tests im Labor sind diese für die kommende Wartungsperiode einbaubereit.

Für den Ausbau der TESLA Test Facility wurden vier weitere Feedback-Kicker aufgebaut. Im Rahmen von Studien für den TESLA Linear-Collider wird an verschiedenen Konzepten für so genannte Dämpfungsrings-Kicker gearbeitet. Ein außerhalb des Vakuums liegender C Joch Kickermagnet konnte bei TTF getestet werden. An einem Halbleiterschalter wurden Einschaltzeiten sowie Amplituden- und Zeitstabilität eines möglichen Pulsers für den TESLA Dämpfungsrings-Kicker untersucht.

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, und die zweite, MHF-sl, 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 –

Die Gruppe 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 22 800 kW-Klystrons, zwei 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 ungefähr 3.5 km Hohlleiter auf etwa 120 normalleitende und 16 supraleitende Resonatoren verteilt.

Im Jahr 2002 gab es bei HERA noch keinen routinemäßigen Luminositätsbetrieb. Um eine einigermaßen aussagekräftige, das heißt mit den Vorjahren vergleichbare HF-Betriebsstatistik zu erhalten, wurden nur 16 Betriebswochen (Juli bis Oktober 2002) ausgewertet. In diesem Zeitraum wurden 74 Störungen der HERA-HF-Systeme registriert. Das entspricht 4.6 Anlagenstörungen pro Woche, bzw. einer störungsfreien Laufzeit von 14 Tagen pro HF-System. Die geringe Ausfallrate spiegelt den moderaten HERA-Strahlbetrieb wider. Zum Vergleich: in der Betriebszeit 1999–2000 waren es 10.6 Tage pro HF-System. Die Verteilung der HF-Störungen des Jahres 2002 ist bezüglich der Resonator-, Absorber- und Hohlleiterstörungen ähnlich wie 2000. Die Sender- und HV-Störungen sind dagegen stark zurückgegangen. Störungen aufgrund externer Einflüsse haben sich dagegen fast vervierfacht. Der Rückgang der Sender- und HV-Störungen lässt sich durch die im Mittel geringen abgeforderten HF-Leistungen erklären. Die Ursache für den relativ starken Anstieg

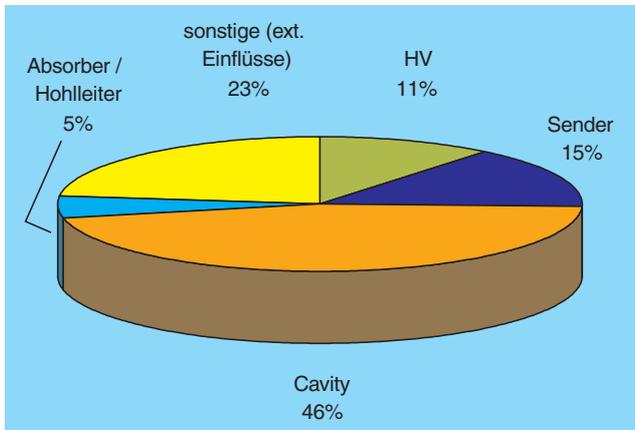


Abbildung 116: Auswertung von Störungen der HF-Systeme.

externer Störungsursachen ist im diskontinuierlichen Maschinen-Betrieb zu suchen. Abbildung 116 zeigt die Auswertung von Störungen der HF-Systeme, aufgeteilt in fünf Kategorien:

- HV: Sender-Gleichrichteranlage, Klystronschutz,
- Sender: Senderanlage inklusive Klystrons, Zirkulator, Modulator, Luft- und Wasserkühlung,
- Cavity: Resonatoren inklusive Vakuum-Überwachung, Kühlung und Abstimmung,
- Absorber/Hohlleiter: Hohlleitersystem mit Absorbieren,
- Sonstiges: Fehlbedienung, Senderphaseneinstellung, SLC-Kryogenik, Netzwischer usw.

Ende Oktober kam es zu einem Vakuum-Zusammenbruch im Bereich der Resonator-Strecke HERA-WL. Die Senderanlage lief zu diesem Zeitpunkt seit etwa acht Stunden mit einer Leistung von 410–430 kW. Das Vakuum-Leck wurde an einem Resonator-Abstimmstempel von Resonator Nr. 2 lokalisiert. Nach Ausbau des Stempels zeigte sich, dass er offenbar aufgrund von Überhitzung ausgebeult und auf der Oberfläche mehrere Millimeter tief aufgerissen war (Abb. 117).

Eine werkstofftechnische Untersuchung des Kupfers im Bereich der Risse zeigte, dass hier die Temperatur bis auf 1000°C gestiegen war. Die vermutete Ursache des Temperaturanstiegs sind Luftblasen, die im Stempelkopf hängen geblieben waren. Um sicherzustellen, dass zukünftig im Stempelkopf vorhandene

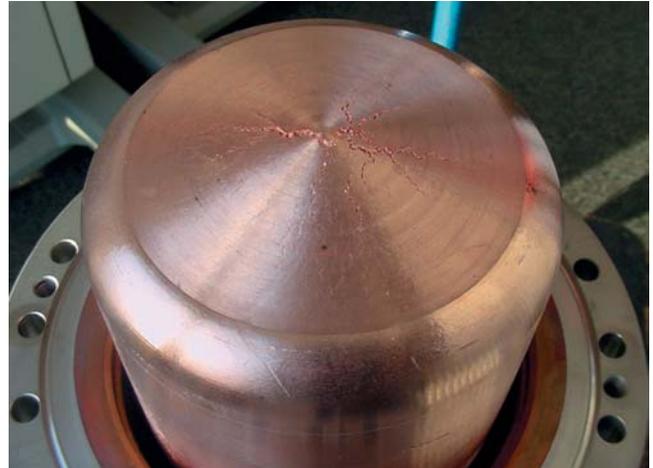


Abbildung 117: Ausgebauter Stempel mit Rissen in der Oberfläche.

Luftblasen herausgespült werden, wurde der Durchfluss von 54 l/Stunde auf 360–680 l/Stunde gesteigert – über 360 l/Stunde sind erforderlich, um bei ungünstigster Einbaulage eventuell vorhandene Luft herausspülen zu können. Zusätzlich wurden außen an den Stempel-Mänteln Temperaturfühler angebracht und in das Interlock mit aufgenommen.

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 (500 MHz), die aus jeweils vier Zellen bestehen. Sie sind aus dem Metall Niob gefertigt, welches bei 9.2 K supraleitend wird. Die Betriebstemperatur des supraleitenden Resonators ist 4.2 K, die Temperatur flüssigen Heliums bei normalem atmosphärischem Druck. Eine detaillierte Beschreibung der supraleitenden Beschleunigungsstrecke ist in den früheren Jahresberichten gegeben worden.

Seit der Inbetriebnahme von HERA 1991 hat sich die Betriebszeit der supraleitenden Resonatoren auf über 60 000 Stunden aufsummiert. In dieser Zeit hat sich die Betriebszuverlässigkeit dieser Technologie erwiesen.

Das Hochspannungssystem zur Unterdrückung des Multipacting an den koaxialen Kopplern hat im Be-

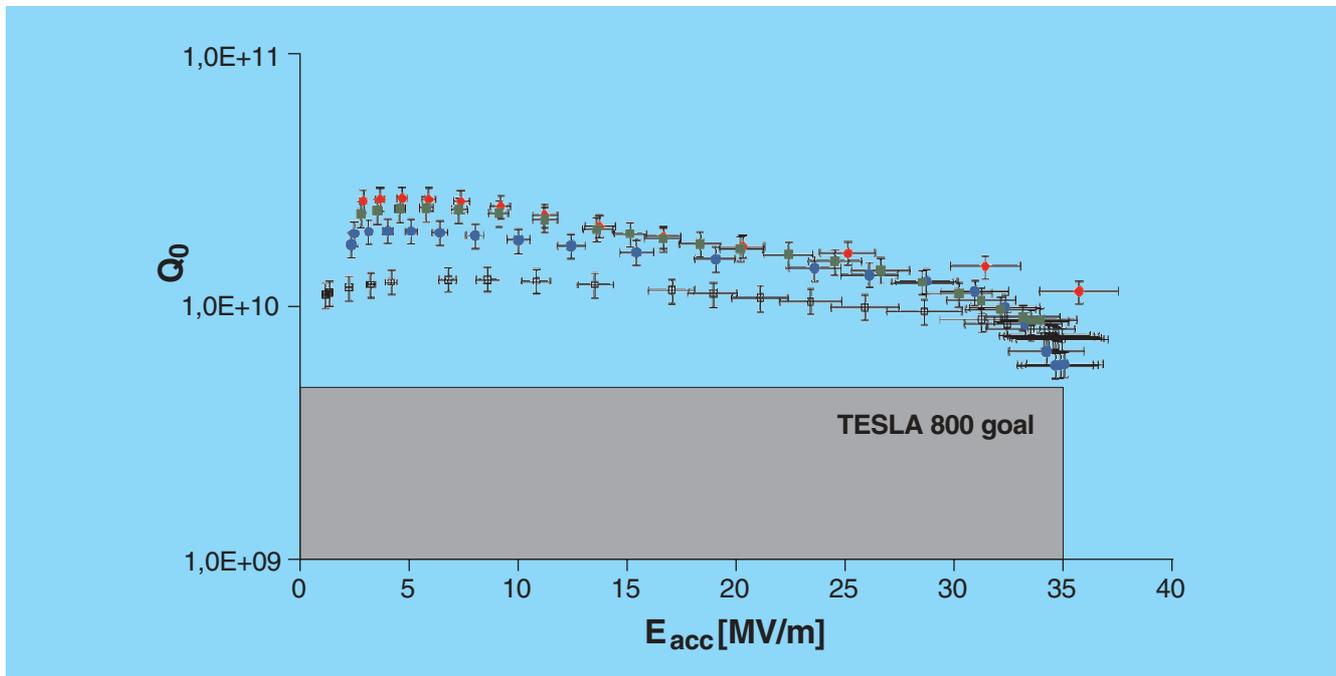


Abbildung 118: Messresultate von 9-zelligen Resonatoren nach Elektropolitur und Heizen bei 120°C. Für einen Betrieb von TESLA bei 800 GeV werden Resonatoren mit einer Beschleunigungsfeldstärke von 35 MV/m bei einer Güte von 5×10^9 benötigt.

richtszeitraum 2002 fehlerfrei gearbeitet (Mechanismus und Verbesserungen wurden in den Jahresberichten 1999 bis 2001 beschrieben), so dass ein sicherer Betrieb möglich war. Am Ende der Betriebszeit 2002 zeigt sich eine erhöhte Gasbelegung auf den kalten Oberflächen der supraleitenden Resonatoren. Dies führte zur Begrenzung des Positronenstrahlstromes durch Gasausbrüche. Verursacht wurde diese besondere Akkumulation von Gas durch die außergewöhnlich lange kalte Betriebszeit von fast zwei Jahren – bisher wurde nach spätestens einem Jahr aufgewärmt – und durch ein sehr kleines Leck zwischen dem Helium-Tank und dem Strahlvakuum an einem der supraleitenden Resonatoren. Nach dem Aufwärmen kann das desorbierte Gas abgepumpt werden. Bisher war das Leck bei Zimmertemperatur nicht nachweisbar, so dass von einer Reparatur abgesehen wurde.

Die Hauptaufgabe der Gruppe MHF-sl war die Entwicklung von supraleitenden Resonatoren für TESLA. Die Schwerpunkte waren:

- Elektropolitur (EP) als verbesserte Oberflächenbehandlung für supraleitende Resonatoren:

Wie im Jahresbericht 1999 (S.222) beschrieben, wurde gemeinsam mit CERN, KEK und CE Saclay an einzelligen Resonatoren nachgewiesen, dass durch eine Elektropolitur Beschleunigungsgradienten über 40 MV/m erreicht werden können. In Zusammenarbeit mit KEK (Japan) wurde dieses Verfahren der Oberflächenbehandlung auf 9-zellige Resonatoren übertragen. Insgesamt hat KEK zehn Resonatoren elektropoliert. Die ermutigenden Messergebnisse sind in Abbildung 118 dargestellt. Mit Gradienten über 35 MV/m ist bei dem geplanten TESLA Beschleuniger eine Energie von 800 GeV möglich. Inzwischen wurde bei DESY der Aufbau einer eigenen Apparatur zur Elektropolitur von 9-zelligen Resonatoren in Angriff genommen. Hierdurch kann die Präparation, Reinraummontage und Messung der Resonatoren ohne lange Transportwege erfolgen.

- Infrastruktur zum Test von ein- bis dreizelligen Resonatoren:

Nachdem bereits seit 2001 die Präparations- und Testinfrastruktur in der PETRA-Halle NO routi-

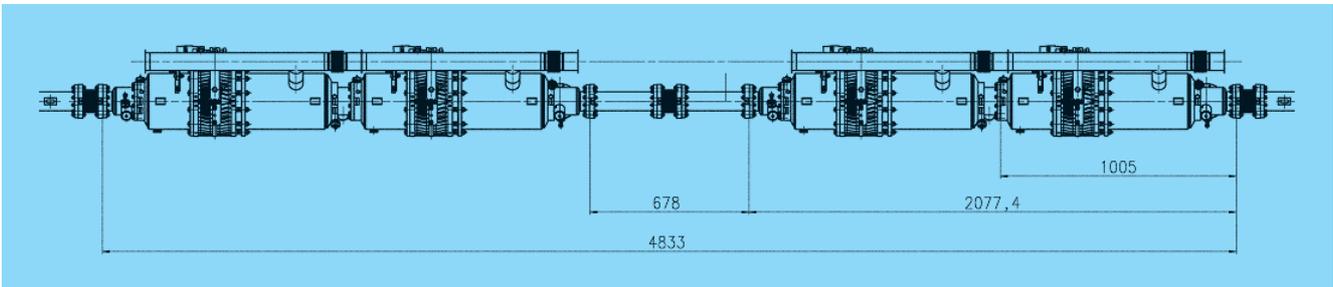


Abbildung 119: Zwei Superstrukturen, bestehend aus 7-zelligen Resonatoren.

nemäßig für die Reinigung von einzelligen Resonatoren unter Reinraumbedingungen benutzt wird, konnte Anfang 2002 auch der regelmäßige Kalttestbetrieb aufgenommen werden. Somit können – mit Ausnahme der nass- oder elektrochemischen Oberflächenabtragung – die gesamte Präparation und der Hochfrequenztest von ein- bis dreizelligen Resonatoren unabhängig von der stark belasteten TTF-Infrastruktur erfolgen. Der zusätzliche personelle Aufwand konnte durch Kollaborationspartner der Universität Peking abgedeckt werden. Die Resonatormessungen dienten unter anderem dazu, den Einfluss der Lagerung unter sauberer Luft sowie Reinststickstoff auf die erreichbare Feldstärke der Resonatoren über mehrere Monate zu untersuchen. Während saubere Luft keine Beeinträchtigung der Hochfrequenzeigenschaften bei Feldstärken über 35 MV/m und Hochfeld-Güten von über 5×10^9 hervorruft, dauern die Messreihen mit Reinststickstoff noch an. Im Herbst 2002 konnten in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer Institut IPA, Suttgart, erstmals drei einzellige Resonatoren mit Kohlendioxid-Trockeneisschnee gereinigt und anschließend mit vielversprechenden Ergebnissen getestet werden. Im Unterschied zur bewährten Spülung mit Hochdruck-Reinstwasser handelt es sich hierbei um ein trockenes Reinigungsverfahren. Die hervorragende Reinigungswirkung des Kohlendioxidschnees basiert auf der Kombination von mechanischen, thermischen und chemischen Effekten.

- Herstellung und Test von Einkopplern für supraleitende Resonatoren:

Im Rahmen der TESLA-Kollaboration wurde in LAL Orsay (Frankreich) eine Infrastruktur zum Test und zur Weiterentwicklung von Hochleistungsein-

kopplern aufgebaut. Sie besteht aus einem Reinraum, einer Reinstwasseranlage, einem Ausheizofen sowie Modulator, Klystron und Kopplerteststand. Erste „proof of principle“-Koppler für Pulsleistungen bis zu 2 MW wurden gebaut. Deren Tests stehen in Kürze an. Während bisher alle Einkoppler für die TESLA Test Facility direkt bei DESY oder doch unter enger Führung durch die DESY Arbeitsvorbereitung hergestellt wurden, ist 2002 die Produktion von 40 weiteren Kopplern direkt der Industrie übertragen worden. Der dafür notwendige Technologietransfer ist Teil der engen Kollaboration zwischen LAL und DESY.

- Strahltest der Superstrukturen in der TESLA Test Facility:

Im Januar 1999 wurde ein alternatives Layout für den TESLA Beschleuniger vorgeschlagen. Es basiert auf Superstrukturen, die aus einem Paar schwach gekoppelter 9-zelliger Strukturen bestehen. Dieses Design ist dem vorgeschlagenen Standardlayout für TESLA sehr ähnlich. Sein Hauptvorteil liegt in der bedeutenden Vereinfachung des Hochfrequenz-Verteilungssystems und der daraus folgenden Kostenreduzierung. Das neue Layout erfordert gegenüber dem Standardlayout nur halb so viele Einkoppler für den TESLA Beschleuniger. Nach dreijähriger Vorbereitung wurden im Mai 2002 zwei Prototypen der Superstruktur, die aus zwei supraleitenden 7-zelligen Resonatoren (Abb. 119) bestehen, für den Kälte- und Strahltest in die TESLA Test Facility eingebaut.

Der Test wurde bis zum 18. November 2002 durchgeführt. Seine Ergebnisse sind ermutigend und können folgendermaßen zusammengefasst werden:

- Die Beschleunigung des TTF Strahles wurde erfolgreich durchgeführt. Der stabile Energiegewinn

für alle Strahlbündel in dem HF-Puls wurde mit einer Genauigkeit von 3×10^{-4} gemessen.

- Die Unterdrückung parasitärer Moden, die durch die Beschleunigung des Strahles angeregt werden, war erfolgreich und erfüllt die TESLA Spezifikation mit einer großen Sicherheitsspanne.

Es ist beabsichtigt, in naher Zukunft 9-zellige Superstrukturen zu bauen und zu testen. Im September 2002 wurde das Kupfermodell fertig gestellt, dessen Hochfrequenzeigenschaften zur Zeit getestet werden, um die Leistung der zukünftigen Niob-Prototypen zu optimieren.

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 vorgeschlagenen Linear-Collider TESLA und für die HF-Systeme der TESLA Test Facility (TTF).

Während der HERA-Wartungsperiode im Jahr 2001 waren einige Änderungen der Protonen-Hochfrequenzsysteme bei HERA, PETRA und DESY III vorgenommen worden, die einen zuverlässigeren und bedienungsfreundlicheren Betrieb gewährleisten sollten.

Nach dem erfolgreichen Anlauf von HERA im Jahr 2001 bestand die Hauptaufgabe im Jahr 2002 in einem Feinabgleich der Systeme, um wieder hohe Strahlintensitäten beschleunigen zu können. Nach dem Abgleich war es möglich, Strahlströme zu beschleunigen, die vergleichbar sind mit denen vor Beginn der Wartungsperiode. Aufgrund anderer Prioritäten beim HERA-Betrieb wurden hohe Intensitäten allerdings nur selten benötigt.

Daneben wurden verschiedene Wartungsarbeiten bei den Protonen-Hochfrequenzsystemen durchgeführt. Bei DESY III wurden einige Elektronikeinschübe zur HF-Regelung überarbeitet sowie eine Röhre der Senderendstufe getauscht. Bei PETRA wurden neue Transientenrekorder installiert. Diese erwiesen sich sofort als hilfreich, um einen Fehler in einem der 52 MHz-Systeme zu diagnostizieren und zu beheben, der eine fehlerhafte Bunchrotation zur Folge hatte und bei sehr

hohen Strahlströmen die Ejektion nach HERA erschwerte. Bei HERA musste als größte Maßnahme die komplette Endstufe eines 208 MHz-Systems inklusive Endstufenröhre getauscht werden.

Für HERA und PETRA wurden die Arbeiten zur Bereitstellung von jeweils einem 52 MHz-Ersatzresonator inklusive Senderendstufe fortgesetzt. Die Resonatoren wurden Ende des Jahres 2002 vom Hersteller geliefert und müssen nun mit verschiedenen Einbauten, wie zum Beispiel Tuner-, Koppel- oder HOM-Loops, versehen werden. Ein Großteil der Arbeiten für die zugehörigen Senderendstufen konnte abgeschlossen werden.

Das andere Hauptarbeitsgebiet umfasst die Hochfrequenzsysteme für TESLA bzw. für TTF. Dazu gehören Hochspannungspulsgeneratoren, so genannte Modulatoren, Klystrons, Hohlleiterverteilungen und die Hochfrequenzregelung.

In der ersten Jahreshälfte 2002 wurde TTF mit zwei Kryomodulen mit 16 Resonatoren für FEL- und Hochgradiententests betrieben. Zur Hochfrequenzversorgung wurden ein 5 MW Klystron und Modulator verwendet sowie ein weiteres 5 MW Klystron und Modulator für die RF-Kanone. Die Feldstabilität in den Resonatoren erfüllte dabei die Anforderungen, was auch mit Hilfe des Strahls verifiziert wurde. Eine Exceptionhandling-Prozedur erlaubte einen stabilen Betrieb. Während des Umbaus bei TTF, bei dem ein neues Kryomodul mit acht Resonatoren und ein weiteres mit zwei Superstrukturen (2×7 Zellen) an Stelle der beiden vorhandenen Kryomodule installiert wurde, mussten die Hohlleiterverteilungen und Hochfrequenzregelungen angepasst werden. Zudem wurden ein weiteres 5 MW Klystron und Modulator zur Versorgung des Superstrukturmoduls bereitgestellt, die bisher für Tests einzelner Resonatoren genutzt wurden. Während der Tests der neuen Module wurde ein Modul über mehrere Wochen bei hohen Gradienten betrieben und das Verhalten der Superstrukturen, insbesondere auch deren Regelungsverhalten, untersucht. Das RF-Feedback funktionierte sowohl mit Bandpassfiltern zur Unterdrückung von unerwünschten Passbandmoden als auch ohne diese Filter.

Nachdem in den letzten beiden Jahren die neu entwickelten Multibeam-Klystrons erfolgreich getestet worden waren, musste im letzten Jahr eines der Klystrons an den Hersteller zurückgeschickt werden, da sich

nach längerem Betrieb Probleme bei der Hochspannungsfestigkeit ergaben. Zur Analyse wurden umfangreiche Messungen an mehreren Multibeam-Klystrons bei DESY durchgeführt. Später konnten die Ergebnisse auch vom Hersteller verifiziert werden. Die Ergebnisse geben wichtige Hinweise auf die Ursachen der aufgetretenen Probleme und die Möglichkeit ihrer Beseitigung.

Der Aufbau von zwei Hochspannungsmodulatoren, die für den Betrieb von TTF in der Phase 2 benötigt werden, wurde weitergeführt. Mit einem der beiden Modulatoren war es möglich, ein Multibeam-Klystron bei maximalen Betriebsparametern zu betreiben.

An den älteren Modulatoren war die Repetitionsrate auf 5 Hz statt der gewünschten 10 Hz begrenzt. Um die neuen Systeme für TTF verwenden zu können, müssen die auf Basis von FPGAs (Field Programmable Gate Array) neu entwickelten RF-Interlock- und Kontrollsysteme noch installiert werden. Diese Systeme sind auch die Grundlage für die für TESLA geplanten RF-Interlock- und Kontrollsysteme. Diese Arbeiten werden in Zusammenarbeit mit DESY-Zeuthen durchgeführt.

Zusätzlich wurde begonnen, den Einsatz von FPGAs für die digitale RF-Regelung von TESLA zu untersuchen, da sich eine höhere Zuverlässigkeit und Kostenersparnis ergeben könnte. Hier gibt es eine Zusammenarbeit mit dem Institute for Electronic Systems in Warschau, Polen.

Des Weiteren wurde ein neues DSP-Board entwickelt, um die bisher eingesetzte Technologie durch leistungsfähigere und kompaktere, zuverlässigere Elektronik zu ersetzen. Ein speziell entwickeltes Gigalink Interface verbindet die existierenden ADC-Boards mit dem DSP. Ein einziger C67 DSP kann 36 Resonatoren regeln und wird bereits für TTF eingesetzt. Die Arbeiten an Referenzoszillator und Phasenreferenzverteilung wurden fortgesetzt. Der TTF FEL-Betrieb hat gezeigt, dass eine Stabilität von 0.1 Grad (bei 1300 MHz) erforderlich ist. Der Referenzoszillator muss zusätzlich die Frequenzen von 2.856 GHz für einen S-Band Resonator und 13.5 MHz für den Laser der RF-Kanone zur Verfügung stellen. Nach derzeitiger Planung wird die Verteilung aus einer Kombination von koaxialer- und Faseroptik-Technologie bestehen. Für das Electro-Optical-Sampling-Experiment

konnte der Titan-Saphir-Laser auf 100 fs (rms) synchronisiert werden. Der Piezo-Tuner zur Integration mit dem Saclay-Frequenzuner wurde entwickelt. Ein Konzept zur aktiven Unterdrückung von Mikrophonie wurde entwickelt und in Kollaboration mit dem INFN Legnaro (Italien) an einem supraleitenden Viertelwellenresonator erfolgreich erprobt.

Verschiedene Untersuchungen und Entwicklungsarbeiten von 1.3 GHz Hohlleiterkomponenten wurden durchgeführt. Hier sind besonders ein neu entwickeltes RF-Fenster und ein Hochleistungsisolator zu erwähnen, die für 5 MW RF Leistung (1.5 ms Pulsdauer, 10 Hz Repetitionsrate) auch bei voller Leistungsreflexion geeignet sind. Während der Isolator von einem russischen Hersteller stammt und bei DESY getestet und abgeglichen wurde, wurde das Fenster bei DESY entwickelt.

Software und Technik zur Kontrolle von Beschleunigern –MST–

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

Rechnergestützte Beschleunigerkontrollen

HERA: Aufgrund der unerwartet schwierigen und langwierigen Wiederinbetriebnahme des HERA-Beschleunigers lag der Schwerpunkt der Arbeiten für Softwareentwicklung und Betrieb naturgemäß bei HERA. Die automatischen Prozeduren des so genannten Sequenzers wurden verbessert und erweitert, die Möglichkeit, Fehleinstellungen zu erkennen, ausgebaut sowie die Auswirkungen vielfältiger Störeinflüsse auf die Strahloptik systematisch erfasst und in die Bedienungsprozeduren eingearbeitet. Es wurden zusätzliche

Korrekturmöglichkeiten, zum Beispiel zur Untergrundunterdrückung in den Wechselwirkungszonen, implementiert sowie zusammen mit der Gruppe MDI die Qualität und Nutzbarkeit der e-Orbitmessung durch eine optimierte Signaldämpfung und eine Erhöhung der Ausleserate verbessert.

Als unverzichtbar erwies sich die Einführung einer speziellen, automatischen Korrekturroutine, die störende Einflüsse auf den Positronenstrahl während der Beschleunigung und während des Schließens des ZEUS-Kalorimeters kompensiert.

Darüber hinaus wurden die Möglichkeiten erweitert, Informationen aus dem Kontrollsystem zu extrahieren, um diese unter anderem mit wissenschaftlichen Spezialprogrammen zu analysieren oder Messserien beispielsweise zur Ermittlung einer so genannten Orbit-Response-Matrix zu steuern.

Viele Kontrollprogramme, wie zum Beispiel zur Datenarchivierung, zur Messung und Darstellung der gespeicherten Strahlströme oder zur Festlegung der Betriebszustände, wurden gepflegt und kontinuierlich verbessert. Die Fähigkeit zur automatischen Fehlererkennung und Fehleraufzeichnung wurde ausgebaut. Die seit langer Zeit vorbereitete Umstellung der PETRA-HERA Transfersteuerung für Protonen sowie der HERA e/p-Synchronisation auf moderne Rechnersysteme konnte zusammen mit der Gruppe MSK erfolgreich durchgeführt werden.

Die nahtlose Integration von technischen Subsystemen mit eigenen Kontroll- und Steuersystemen in das HERA-Kontrollsystem wurde fortgesetzt. So sind jetzt die Informationen über das Kryosystem, die Wasserkühlung oder die Klimatisierung, das Protonen-Vakuumsystem oder die supraleitenden Beschleunigungsstrecken bei HERA direkt eingebunden.

Das beim Betrieb des TTF-Beschleunigers benutzte elektronische Logbuch wurde in Zusammenarbeit mit der Gruppe MVP für den HERA-Betrieb adaptiert und erfolgreich eingeführt.

Vorbeschleuniger und DORIS: Basierend auf den Erfahrungen der Umstellung des PETRA-Kontrollsystems auf Windows NT im vergangenen Jahr, bei der einerseits bewährte Elemente beibehalten wurden, aber auch zusätzlich neue Techniken zum Einsatz kamen, wurde die Umstellung der Kontrollsysteme und der

Kontrollprogramme der Injektoren, der Synchrotrons und des DORIS-Speicherrings fortgesetzt. In diesem Zusammenhang wurde, auch in Zusammenarbeit mit der Gruppe MSK, veraltete Spezialelektronik sowie deren Ansteuerung erneuert, um auf diese Weise die Betriebsbereitschaft der betroffenen Beschleuniger für weitere Jahre zu sichern. Dem gleichen Zweck diene auch die im Berichtsjahr fortgeführte Portierung der DESY III Magnet- und Hochfrequenzsteuerung auf moderne VME-Systeme. Alle diese Änderungen konnten nur in den kurzen Serviceunterbrechungen des Beschleunigerbetriebs eingebracht werden und mussten danach sofort verlässlich einsatzbereit sein.

Systemsoftware: Das Herzstück eines Kontrollsystems ist die Systemsoftware, die eine Kommunikation bzw. eine Transaktion zwischen den verteilten Rechnersystemen des Kontrollsystems erlaubt. Zu diesem Zweck wurde in der Gruppe MST vor einigen Jahren das plattform-unabhängige „Threefold Network Environment“ (TINE) entwickelt. Dieses hauptsächlich im HERA Kontrollsystem verwendete Softwarepaket wird seither kontinuierlich erweitert und neuen Anforderungen angepasst.

Im Berichtsjahr wurde TINE um die einzigartige und neuartige Möglichkeit erweitert, Informationen im so genannten Multicast-Betrieb mit hoher Bandbreite zu übertragen. Diese Technik setzt eine moderne, strukturierte Netzwerkinfrastruktur voraus und erlaubt, gezielt Daten von unterschiedlichen Quellen gleichzeitig an alle Kunden in einzelnen Netzwerksegmenten zu senden. Ein typischer Einsatzbereich ist die Übertragung von Videosequenzen. Zusammen mit DESY Zeuthen wurde am dortigen Photoinjektor-Teststand PITZ ein Leistungstest durchgeführt, bei dem es gelang, im Multicast-Betrieb über TINE unkomprimierte Videobilder mit einer Rate von 4.5 MByte/s zwischen den Kontrollrechnern zu übertragen. Generell wurde die Zusammenarbeit mit der Kontrollgruppe von PITZ auch auf anderen Gebieten intensiviert.

Infrastruktur: Die im vergangenen Jahr begonnene Erneuerung des Kontrollsystem-Intranets wurde fortgesetzt. In den vier externen HERA Experimentier- und Zugangshallen wurden die Verkabelung und die Netzwerkkomponenten erneuert, um den gestiegenen Ansprüchen einer modernen und breitbandigen Datenkommunikation gerecht zu werden. Bei den Kontrollsystemen von Vorbeschleunigern und DORIS musste

eine großer Anteil der Kontrollrechner technisch für die Betriebssystem-Umstellung vorbereitet werden. Ferner wurden Erfahrungen mit neuen, industriellen Crate- und Busstandards gesammelt, um einen Standard für Front-End-Systeme festlegen zu können, welche MST zukünftig unterstützen wird.

R&D-Aktivitäten: Großes Gewicht wurde im Berichtsjahr auf Studien mit dem Ziel gelegt, Erfahrungen auf dem Gebiet plattformunabhängiger bzw. Web-fähiger Kontrollsysteme sowie sprachenneutraler Software zu sammeln. Die Zusammenarbeit mit dem Jozef Stefan Institut (Slowenien) wurde fortgesetzt und eine auf JAVA basierende Entwicklungsumgebung für Beschleunigerkontrollsysteme implementiert, die auf einem objektorientierten Beschleunigerkomponenten-Modell beruht und das Kontrollsystemprotokoll TINE als so genannte JAVA Bean beinhaltet. Ebenfalls weitergeführt wurde die Zusammenarbeit mit dem IHEP Protvino (Russland). Im Rahmen dieser Arbeiten entstand ein so genanntes Rendering-Programm, das es erlaubt, auf der Basis von XML Strukturen in automatisierter Weise funktionsgleiche, graphische Beschleunigerkontrollapplikationen sowohl in JAVA als auch in Visual Basic zu erzeugen.

Global Accelerator Network (GAN): Die Gruppe MST beteiligte sich im Berichtsjahr in aktiver Weise an den weltweit begonnen Diskussionen über die Realisierungsmöglichkeiten eines Global Accelerator Networks, das eine Globalisierung des Beschleunigerbetriebs und der Beschleunigerkontrollen im Rahmen eines zukünftigen, großen und internationalen Beschleunigerprojekts vorsieht. Mehrere Gruppenmitglieder präsentierten auf Workshops Erfahrungen und Ideen und unterstützten die bei DESY zu diesem Thema gegründete Arbeitsgruppe. Darüber hinaus stellte die Gruppe MST ein Softwaresystem zur Orbitmessung zur Verfügung, das am Photoinjektor A0 am Fermilab (USA) zum Einsatz kommt. Die A0 Anlage wird im Rahmen der TESLA Kollaboration betrieben und dient unter anderem als Testplatz für spezielle Aspekte des GAN Modells.

Prozessorgesteuerte Beschleunigerkontrollen

Prozessorgesteuerte Elektronik kommt im Bereich der Beschleunigerkontrollen in großer Stückzahl zum Ein-

satz. So mussten im Berichtsjahr über dreitausend Controller verbessert, gewartet und gegebenenfalls repariert werden.

Zur Ansteuerung der gepulsten Magnete aller DESY-Beschleuniger wurden ein neuer Kontrollertyp sowie Controller mit Spezialfunktionen, die bei PETRA zum Einsatz kommen, entwickelt. Für TTF2 werden eine große Anzahl neuer Controller zur Steuerung der Magnetnetzgeräte benötigt. Die Fertigung von kompletten Geräten unterschiedlichster Bauart bzw. von Teilmodulen wurde in Angriff genommen. Die im letzten Jahr bereits begonnene Entwicklung einer 18 Bit Istwerterfassung konnte abgeschlossen werden. Bei dieser Form der Istwerterfassung erfolgt die Digitalisierung des gemessenen Magnetstromwertes bereits im Netzgerät, so dass zum Controller keine analogen Spannungssignale mehr übertragen werden müssen, wodurch die Messgenauigkeit erhöht wird.

Darüber hinaus wurde für den Einsatz bei TTF2 ein neuer Netzgeräte-Kontrollertyp entwickelt. Im Rahmen eines gemeinsamen Projekts mit der Gruppe MKK zur Neuentwicklung eines Netzgerätes mit digitaler Regelung wurde der neue Controller direkt in das Magnetnetzgerät integriert. Zentrale Elemente dieses Controllers sind ein Mikroprozessor und ein FPGA-Baustein. Als externe Schnittstellen stehen eine serielle Schnittstelle und eine CAN-Schnittstelle zur Verfügung. Eine PC104 CPU mit Linux als Betriebssystem stellt die Verbindung zum Kontrollsystem her oder übernimmt die Funktion eines so genannten Internet Appliance mit beispielsweise eigenem Web-Server. In weiteren Entwicklungsschritten ist vorgesehen, die Funktionen des Mikroprozessors sowie des „embedded“ PCs direkt im FPGA-Baustein abzubilden.

Personenschutzeinrichtungen

Die gesetzlich vorgeschriebenen und jährlich zu prüfenden Personenschutzeinrichtungen im Rahmen des Beschleunigerstrahlenschutzes werden an allen DESY-Beschleunigeranlagen von der Gruppe MST betrieben, bei Bedarf erweitert oder umgebaut sowie regelmäßig gewartet. Insbesondere wurden im Berichtsjahr die Kommunikationsmöglichkeiten zwischen dem Kontrollraum und den Sprechstellen an den Interlock-

türen sowie die Überwachung der Warndurchsagen verbessert.

Die seit längerer Zeit stattfindenden Entwicklungsarbeiten für ein neues Interlocksystem wurden fortgesetzt. Dieses System vereint konventionelle Sicherheitslogik, basierend auf zwangsgesteuerten Relais, mit programmierbarer Computerüberwachung. Das neue Interlocksystem zeichnet sich durch ein sehr modulares Designprinzip aus. Der Verkabelungsaufwand konnte deutlich verringert werden. Das Interlocksystem für den Hochfrequenzbetrieb der Modulatoren bei TTF konnte bereits auf der Basis der neuen Interlocktechnik realisiert werden. Die Erneuerung des Türeninterlocks der ältesten Beschleunigeranlagen bei DESY in neuer Technik wird vorbereitet.

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 Strahl Lage, Strahlströmen und Strahlprofilen 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.

Bei HERA wurden weitere neue vertikale Kollimatoren und die dazugehörigen Vakuumkammern von MDI entwickelt und nahe den Experimenten eingebaut (Abb. 120) und in Betrieb genommen. Zur gleichzeitigen Beobachtung der Strahlposition von Positronen und Protonen direkt in den Wechselwirkungspunkten von HERA wurden Spezialelektroniken für die Positionsmontore gebaut und erfolgreich in Betrieb genommen. Dadurch vereinfachte sich die Einstellung der Luminosität beträchtlich. Die Strahl Lage-Messelektronik in den geraden Strecken in HERA-e wurde weiter modernisiert. Zur Verbesserung der Strahl Lagemessung im gesamten Elektronenring wurden in Zusammenarbeit mit CERN und DESY-MPY die nichtlinearen Effekte der Messstationen analysiert und in der Auslesesoftware korrigiert. Damit wurde eine genauere Absolutmessung der Ablage erreicht, was insbesondere an den

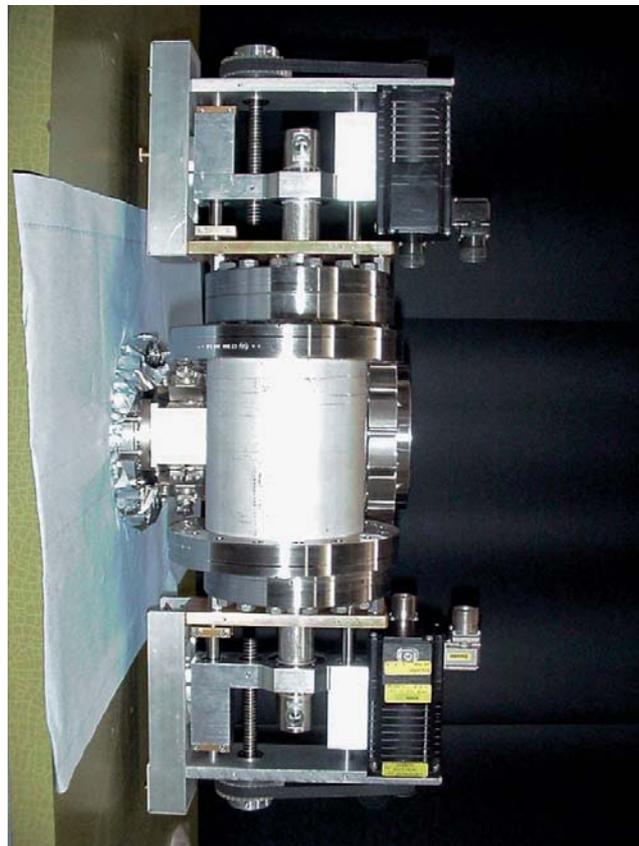


Abbildung 120: Vertikaler Kollimator in HERA SL06.

Stationen in der Nähe der Wechselwirkungspunkte aufgrund der dort herrschenden großen Nominalablagen von Bedeutung ist.

Die Positronenstrahl Lage in den Wechselwirkungszonen kann auch durch Synchrotronstrahlungs-Schirmmonitore präzise beobachtet werden. Durch den sehr hohen Strahlungsuntergrund an der Position der Schirmmonitore erleiden die Videokameras recht schnell Strahlungsschäden, weshalb Verbesserungen der Abschirmungen und der Kamera (Einsatz einer Röhrenkamera) vorgenommen worden sind.

Alle Wiescanner in den Ringbeschleunigern wurden nach der Beseitigung eines komplizierten Fehlers in der Betriebssystem-Konfiguration erfolgreich in Betrieb genommen und werden nun standardmäßig zur Bestimmung der Strahlemittanzen eingesetzt. In Zusammenarbeit mit dem IHEP Protvino wurde für HERA-e eine neue Position für den Photomultiplier in größerer

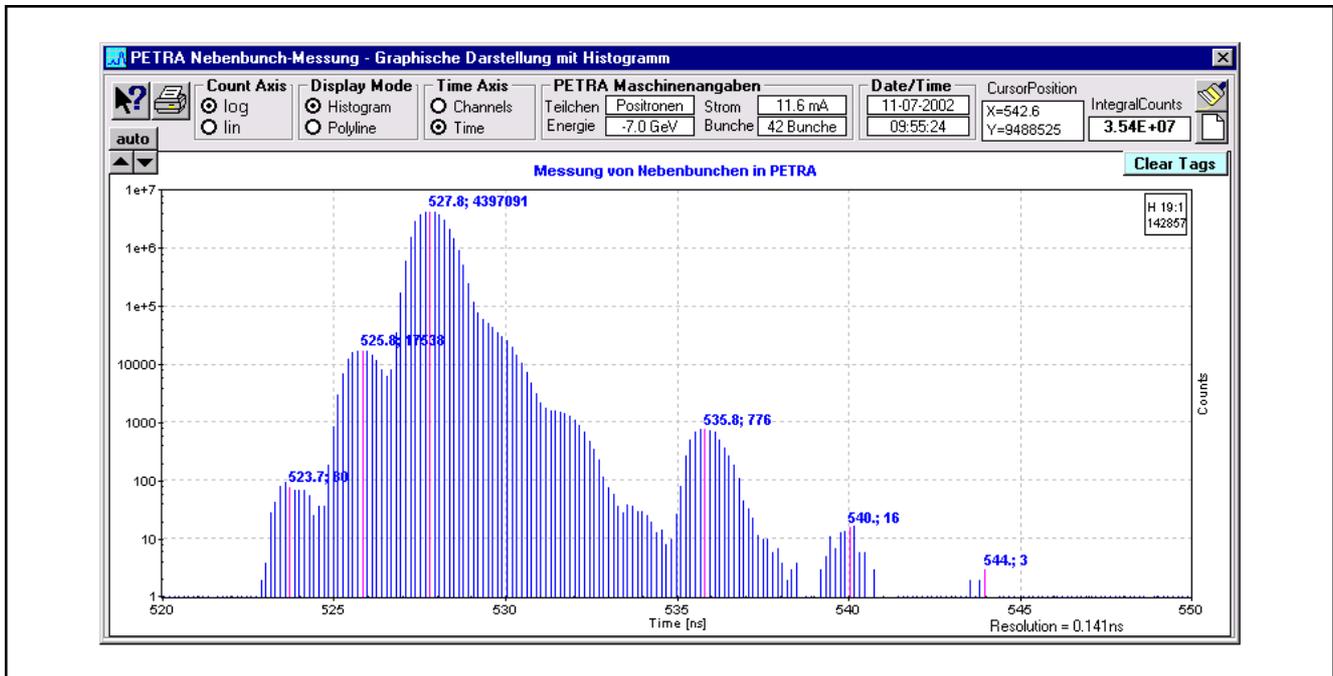


Abbildung 121: Beispiel einer weiteren Nebenbunchmessung mit kleinem PIA-Strom. Zu erkennen ist ein 8 ns-Nebenbunch aus einer Fehl-Anpassung PIA-DESY (DESY 500 MHz, PIA 125 MHz).

Entfernung vom Wirescanner und eine neue Form für das Szintillator-Paddle erarbeitet und getestet, was eine deutlich verbesserte Signal-Qualität zur Folge hatte. Durch Hardware- und Software-Erweiterungen sind Bunch-selektive Wirescans für HERA-e und HERA-p ermöglicht worden, für die anderen Beschleuniger sind diese Erweiterungen vorgesehen. Versuche, die Zugkraft der auf einer Keramik-Gabel gespannten sehr dünnen ($7\ \mu\text{m}$ Durchmesser) Kohle- und Quarz-Fäden mit Hilfe einer akustischen Anregung zu bestimmen, wurden erfolgreich durchgeführt.

Die Strahl-Instrumentierung in den Vorbeschleunigern wurde weiter ergänzt. Für PETRA wurde zusammen mit HASYLAB eine präzise und schnelle Nebenbunchmessung mit einer Auflösung von etwa 0.3 ns aufgebaut, um die Besetzung der HF-Buckets in weniger als einer Minute auf weniger als 1 ppm der Intensität des Hauptbunches zu bestimmen. Nach Abschluss mehrerer Umbauarbeiten am Detektor – verschiedene Abschirmänderungen der APD, Verlagerung der Detektorelektronik und Austausch der Diode – konnten präzise Nebenbunchstudien gemacht werden (Abb. 121).

Ein weiterer ähnlicher Aufbau ist für DORIS geplant.

Für DORIS wurden neue Strahlage-Messmodule für eine deutlich verbesserte Orbitmessung und für hoch auflösende Strahlageschwingungsmessungen entwickelt und erfolgreich in Betrieb genommen, ebenso wie ein neues verbessertes Trigger-Modul für zeitgleiches, bunchsynchrones Triggern aller BPM (Beam Profile Monitor) Messkanäle zum Synchronisieren aller Orbit-Messwerte. Alle Delay-Lines an den Strahlage-Monitoren in DORIS wurden gegen verbesserte Versionen ausgetauscht.

Für die Einzelbunch-Strommessung in DORIS wurden neue Hardware (Analogsignalaufbereitung, ADC-Board und Triggerelektronik) und ein NT-Server entwickelt und erfolgreich getestet. Einzelne Device-Server für Gleichstrommessung (DCCT) wurden auf NT umgestellt.

Das bestehende Interlock-System der Strahlführung für HASYLAB wurde weiter aktualisiert, und es wurden neue Monitorelektroniken für die Fotoemissi-

onsmonitore in weiteren Strahlrohren installiert und in Betrieb genommen. An dem DORIS-Strahlrohr E wurde ein komplett neu konstruierter Monitor eingebaut, der wesentlich besseres thermisches Verhalten zeigt. Es wurden umfangreiche Tests mit diesem Monitortyp unternommen, der bei Erfolg die alten Typen in den nächsten Jahren ersetzen soll. Das Strahlrohr-Temperatur-Messsystem wurde für den Einsatz an allen Beschleunigern erweitert und die Software wurde optimiert.

Für die HERA Injektionswege wurden neue Einzelbunch-Strommessungen für Bunchsignale entwickelt und deren Darstellung im Kontrollsystem ermöglicht.

Der Strahlbetrieb von TTF wurde durch Operateure von MDI und durch technische Maßnahmen unterstützt. Für die Suche nach den 18 ns-Sprüngen des Lasers der TTF-Kanone wurde ein Phasendetektor gebaut. Die Online-Dosimetrie mit Hilfe von Lichtwellenleitern wurde in Zusammenarbeit mit MPY und dem Hahn-Meitner-Institut in Berlin und dem Fraunhofer-Institut in Euskirchen weiter unterstützt. Das Toroidsystem und das Maschineninterlocksystem wurden an die unterschiedlichen Betriebsmodi von TTF ständig angepasst. Die für die Strom-Monitore in TTF2 vorgesehene Elektronik (Verstärker, Filter) wurde in TTF eingebaut und erfolgreich getestet. Bei den Wirescannern waren die ersten Versuche für schnelle Abstimmungen erfolgreich, der Draht trifft den Strahl reproduzierbar zum richtigen Zeitpunkt. Damit kann bei Bedarf das komplette Strahlprofil innerhalb eines Makropulses gemessen werden. Im Rahmen des Superstruktur Projektes wurden in Zusammenarbeit mit anderen DESY Gruppen strahlbasierte HOM-Studien durchgeführt.

Für TTF2 wurden wesentliche Entwicklungsarbeiten zur Strahlinstrumentierung – Strahlintensität, Strahlage und Strahlphase – abgeschlossen und die Fertigung betreut. Ein wichtiger Bestandteil dieser Aktivitäten war die Zusammenarbeit mit anderen externen und internen Gruppen. Das OTR Vorhaben wurde von INFN Frascati weiter unterstützt, das Projekt „Toride für TTF2“ von Saclay und die Entwicklung der Strahlverlustmonitore von der DESY-Gruppe FE.

Für das Maschineninterlocksystem von TTF2 wurde bei MDI die Entwicklung der „Beam Interlock Concentrator“ (BIC) Module gestartet, die alle Alarmsignale der technischen Komponenten sammeln und schnell an das

Interlocksystem weiterleiten. TTF2 erhält damit neben einem schnellen Schutzsystem auch einen eindeutigen Hinweis auf technische Fehler von Komponenten.

Die meisten der Strahllagemonitore in TTF2 werden 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. Die Entwicklung eines Phasemonitors mit einer Auflösung von etwa 5 ps wurde weitgehend abgeschlossen. Eine kapazitive, koaxiale Ringantenne liefert unabhängig von den Strahlparametern ein differenzielles und sehr breitbandiges Signal, welches für präzise Phasen- und TOF-Messungen genutzt werden kann. Für die Wirescanner in TTF2 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.

Für die Untersuchung der Dunkelstromeigenschaften der supraleitenden Beschleunigungsmodule bei TTF und TESLA wurde die Konstruktion eines „Cryogenic Current Comparator“ zusammen mit GSI (Darmstadt) in diesem Jahr abgeschlossen und mit der Fertigung wurde begonnen. Das SQUID Auslesegerät inklusive der Elektronik wurde in der Friedrich Schiller Universität in Jena fertig gestellt und zur Übergabe an DESY vorbereitet.

Der ständige Ausbau, die Wartung und die Dokumentation der Lichtleiter-, Koaxial- und Steuer-Kabelnetze in allen Beschleunigeranlagen wurden von der Gruppe MDI in Zusammenarbeit mit externen Firmen zuverlässig weitergeführt.

Die Entwicklung und der Service von Spezialmonitoren und die Zusammenarbeit mit auswärtigen Instituten wurden von MDI weitergeführt. Zusammen mit dem Forschungszentrum Rossendorf (FZR) wurde für PETRA ein Konzept für ein neues Strahlverlustmonitorsystem aus luftgefüllten Koaxialkabeln erstellt und erste erfolgreiche Messungen vorgenommen. Ebenfalls bei PETRA entsteht in Zusammenarbeit mit dem Yerevan Physics Institute (Armenien) eine neue und sehr empfindliche Messapparatur zur Untersuchung von Strahlprofilen fern vom Strahlzentrum. Teile des Beschleunigers A0 bei Fermilab (USA) wurden mit von MDI entwickelter Strahlage-Messelektronik ausgerüstet; diese wurde unter Mithilfe von MDI Mitarbeitern

installiert und erfolgreich in Betrieb genommen. Die Zusammenarbeit mit dem IHEP (Moskau) wurde weiter intensiviert. So wurden von IHEP entwickelte neuartige Fingermonitore zur Beobachtung der Synchrotron-Strahlprofile in den HERA-Wechselwirkungszonen erfolgreich in Betrieb genommen, ein Monitor zur Beobachtung von Strahlbreiten-Injektionsschwingungen weiterentwickelt und neue „stand alone Frame Grabber“ projektiert.

Strahlkontrollen – MSK –

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

- Transfersteuerung und Synchronisation bei der Teilcheninjektion,
- Markersysteme und Triggererzeugung,
- HF-Ansteuerung von Vorbeschleunigern 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:

Linac Trigger Generator: Zur Verteilung der Bunche aus PIA an die Zielmaschinen DORIS, PETRA und HERA ist eine jitterfreie Triggererzeugung für diverse gepulste Komponenten erforderlich. Sie ist Voraussetzung dafür, dass die Transmission nach DESY II zeitlich stabil ist und dort keine unerwünschten Nebenbunche entstehen. Die teilweise extremen Anforderungen konnten mit dem alten Triggergenerator nicht befriedigend erfüllt werden. Es war vermehrt zu Betriebsstörungen gekommen. Mit höchster Priorität wurde deshalb an der Fertigstellung eines neuen Generators gearbeitet, der mit einem neuen Konzept ausgestattet ist, das

eine höhere Stabilität erwarten lässt. Dies wurde nach der Inbetriebnahme in vollem Umfang bestätigt.

Magnetstrom- und Frequenzsteuerung für DESY III: Die Anpassung an das HERA-Kontrollsystem auf der Benutzeroberfläche wurde unter Federführung der Gruppe MST fortgesetzt.

HERA Timingsystem HIT: Zur Verbesserung der Betriebssicherheit wurde ein neues Timingmodul entwickelt, mit dem es möglich ist, HIT Setups durchzuführen, ohne den automatischen Strahldump auszulösen. Ein neues LWL Übertragungsmodul für das weitverzweigte Markersystem wurde ebenfalls bereitgestellt.

BKR Instrumentierung: Für DORIS wurde eine Tune Mess- und Regelvorrichtung mittels spektraler Analyse der Multibunch Feedback-Signale entwickelt.

Schnelles Feedback für TTF: Neben Weiterentwicklungen von Hard- und Software der Strahlregelung für TTF wurde ein Prototyp eines Hochleistungs-Pulsverstärkers für das TTF Feedback entwickelt. Der endgültige Verstärker wird für jeden Bunch im Bunchzug eine individuelle Pulsleistung von etwa 4.5 kW erreichen. Erste Tests wurden erfolgreich abgeschlossen. Ein weiteres Merkmal des Pulsverstärkers ist der mit dem Linac synchronisierte Standby-Modus, wodurch erheblich geringere Verlustleistungen sowie kleinere Geräteabmessungen und wesentliche Kostensenkungen erzielt werden können.

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, das Quenchüberwachungssystem des HERA-Protonenrings weiterzuentwickeln 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.

Das Quenchüberwachungssystem der HERA-p Hauptmagnete verhielt sich im Berichtsjahr ausgesprochen unauffällig. Die Projektgruppe Quenchüberwachung führt dieses erfreuliche Verhalten auf die regelmäßige, präventive Wartung der Anlagen und auf eine systematische und rigorose Fehlerbeseitigung zurück. Durch den Einbau neuer supraleitender Magnete mit einer eigenen Quenchüberwachungselektronik in den Wechselwirkungszone von H1 und ZEUS im Rahmen des HERA Projekts zur Erhöhung der Luminosität hatte sich das Aufgabengebiet der Projektgruppe im vorigen Jahr erweitert. Im Laufe der langwierigen Wiederinbetriebnahme von HERA stellte sich im Berichtsjahr heraus, dass vor allem bei kleinen Magnetströmen oder bei der Umpolung des Magnetstroms externe Störungen wie Reglersprünge oder Veränderungen in äußeren Magnetfeldern über magnetische Induktion in den Spulen einen unechten Quenchalarm in der Überwachungselektronik auslösen konnten. Nach einer umfangreichen Ursachenanalyse konnte dieses unerwünschte Verhalten der Elektronik erfolgreich unterdrückt werden.

Vakuum – MVA –

Die Vakuumsysteme der Beschleuniger HERA-e, PETRA, DORIS, LINAC II, LINAC III, PIA sowie DESY II werden von der Gruppe MVA betrieben und weiterentwickelt. Schwerpunkte waren für die Gruppe im Jahr 2002 die Verbesserung der Vakuumbedingungen in den HERA-Wechselwirkungszone, die Fertigung von Komponenten für TTF2 sowie diverse Entwicklungsarbeiten für TESLA.

HERA

Nach den Arbeiten zur Erhöhung der Luminosität ergaben sich Probleme durch hohe Untergrundraten in den Detektoren ZEUS und H1, über die im Kapitel HERA (S. 184ff) ausführlich berichtet wurde. Ein wesentlicher Teil dieses Untergrundes beruht auf Wechselwirkungen der Teilchenstrahlen mit dem Restgas im Strahlrohr. Die Untersuchung und Verbesserung des Strahlrohrvakuums war daher eine Hauptaktivität der Vakuumgruppe. Etwa im September wurde klar, dass ein Druckberg in der unmittelbaren Umgebung des Wechselwirkungspunktes (WWP) existieren muss. Beide Experi-

mente stellten übereinstimmend mit Hilfe der im Luminositätsdetektor gemessenen Bremsstrahlungsrates von Positronen-Pilotbunchen eine Verschlechterung des Vakuumdruckes um den Faktor 8, bezogen auf das Jahr 2000, fest.

Die Apertur des Luminositätsdetektors umfasst den Strahlorbit in einer Umgebung von ± 2 m ab dem WWP. Es gibt keinen Hinweis auf Lecks im Vakuumsystem. Eine Rolle spielt offensichtlich die Erwärmung von Komponenten im Vakuumsystem durch vom Strahl induzierte elektromagnetische Felder.

Das Vakuumsystem der Wechselwirkungszone ist relativ kompliziert aufgebaut. Wegen der beengten Platzverhältnisse kommen verschiedene Pumpentypen – Ionen-Getterpumpen, NEG-Pumpen sowie Ti-Sublimationspumpen – zum Einsatz. Zusätzlich wird die Situation durch die Gegenwart von kryogenischen Flächen in den supraleitenden Magneten GO und GG kompliziert. Das Zusammenspiel der verschiedenen Pumpen und der kalten Flächen ergibt ein komplexes System. Restgasanalysen zeigten bei beiden Detektoren unmittelbar nach dem Aufwärmen der kalten Flächen erhöhte Methan- und Äthanzkonzentrationen. Durch die katalytische Erzeugung von leichten Kohlenwasserstoffen an den NEG-Oberflächen sowie die Speicherwirkung der kalten Flächen für diese Gase scheint diese Beobachtung jedoch nicht ungewöhnlich zu sein. In Laborversuchen wurde nachgewiesen, dass auch die Ti-Sublimationspumpen beim Aktivierungsvorgang Methan erzeugen.

Um die Wirkung der kalten Flächen zu untersuchen, liefen die supraleitenden Magnete für einige Wochen mit angehobener Strahlrohrtemperatur. Das hatte jedoch keine positive Wirkung auf die Untergrundraten in den Detektoren. Als im Dezember die Strahlrohrtemperaturen wieder abgesenkt wurden, ergab sich eine deutliche Verringerung des Untergrundes. Betrachtet man rückblickend die Entwicklung über das Jahr 2002, so erkennt man deutlich eine kontinuierliche Verbesserung der dynamischen Vakuum- und Untergrundbedingungen, die allerdings durch die betriebsbedingten Belüftungen und auch durch die Temperaturänderung der Strahlrohre in den supraleitenden Magneten unterbrochen war.

Gegen Ende des Jahres war die Untergrundrate bei H1 nur noch um einen Faktor 2 zu hoch, um mit vollen Strahlströmen zu messen. Man kann annehmen, dass

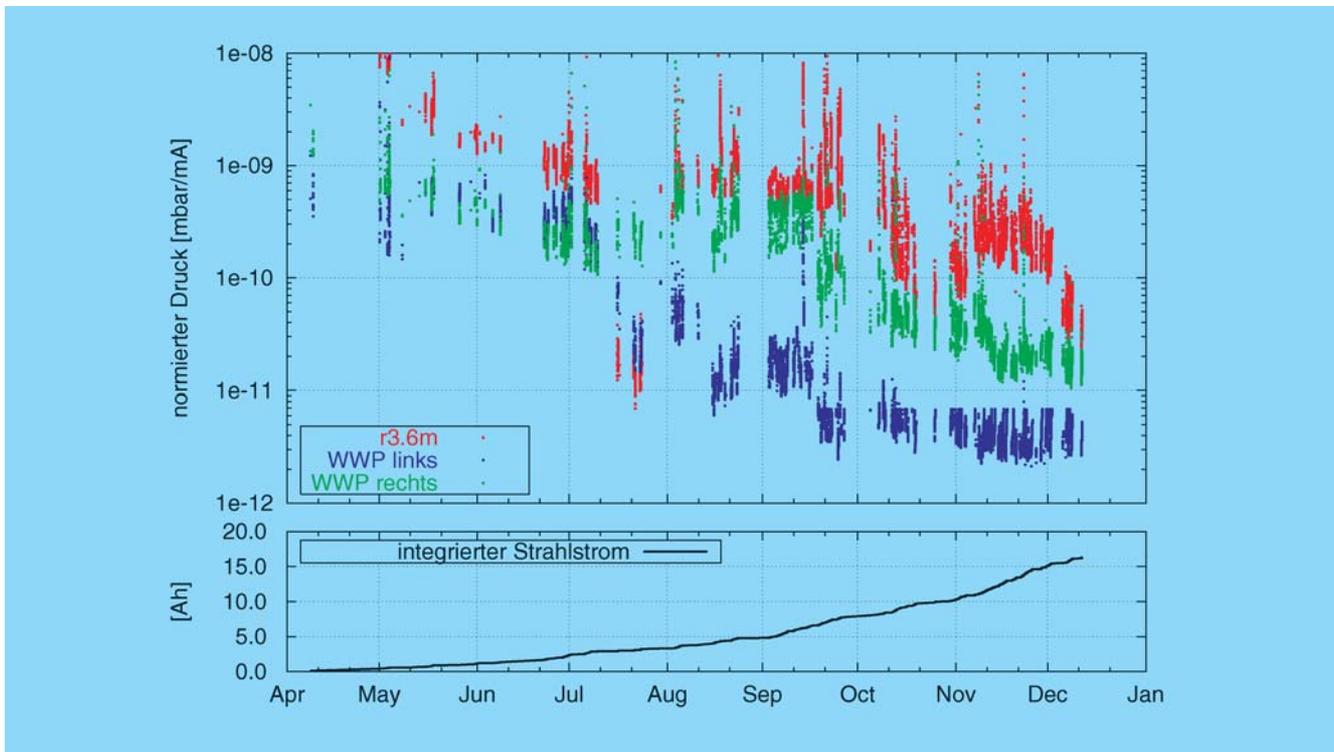


Abbildung 122: Auf den Positronenstrom normierter Druck in der HERA WWZ Nord im Jahr 2002 bei 27.5 GeV. Gezeigt wird der bei 3.6 m rechts gemessene Druck sowie der gemittelte Druck einiger Pumpen jeweils rechts und links vom WWP. Nur Messpunkte für Strahlströme höher als 10 mA wurden berücksichtigt.

es gelingt, diesen Verbesserungsfaktor im kommenden Jahr zu erreichen. Wesentlich ist dabei die konsequente Einhaltung von Konditionierungsregeln, wie etwa das regelmäßige Aufwärmen der kalten Flächen, verbunden mit dem Aktivieren der NEG-Pumpen. Zusammen mit den in der Wartungsperiode 2003 geplanten Verbesserungen an der Synchrotronstrahlungsabschirmung und der Reduktion der strahlgetriebenen Ausgasung im Detektor sollte es möglich sein, HERA auf Design-Luminosität zu bringen (Abb. 122).

Beiträge zu TTF

Die Aktivitäten der Gruppe MVA beim Aufbau von TTF2 sind weit gefächert. Die Konstruktion und Fertigung zweier Vakuumabschnitte wird von der Gruppe durchgeführt bzw. betreut. Das betrifft zum einen den relativ komplizierten Abschnitt des Bunchcompressors

III, der aus sehr breiten, flachen Edelstahlkammern besteht, um horizontal variierende Strahlorbits bei verschiedenen Bunchkompressoreinstellungen zu erlauben. Weiterhin wird der so genannte Spektrometerarm am Ende des Beschleunigers bei MVA gefertigt. Die Konstruktionen für TTF wurden erstmalig bei MVA ausschließlich mittels 3D Modellierung durchgeführt. Damit ist für alle konstruktiv tätigen Mitarbeiter der schwierige Übergang von 2D auf 3D Modellierung erfolgreich vollzogen.

Zur Minimierung von resistiven Wakefield Effekten, die besonders bei den sehr kurzen FEL-Teilchenpaketen eine Rolle spielen, sollte die Wand der Vakuumkammer möglichst aus gut leitendem Kupfer bestehen. Üblicherweise werden Edelstahlkomponenten verkupfert. Bei geometrisch einfachen Rohren ist es jedoch wesentlich kostengünstiger, diese Komponenten aus Kupferrohr zu fertigen. Das Anbringen von Flanschen durch Hochtem-



Abbildung 123: *Induktives Verlöten eines Edelstahlflansches mit einem Kupferrohr. Rechts neben dem Flansch ist die wassergekühlte Induktionsspule zu erkennen. Die Anordnung befindet sich in einem mit Stickstoff gespülten Quarzglaszylinder.*

peraturlöten im Vakuumofen ist ineffizient und birgt zudem die Gefahr des Stabilitätsverlustes des Kupfers, das durch die Wärmeeinwirkung an Festigkeit verliert. Es wurde daher eine Methode entwickelt, die es durch lokales induktives Erwärmen erlaubt, Flansch und Rohr schnell und effizient zu verbinden. Man kann erwarten, dass diese Methode erhebliche Vorteile bei der Fertigung großer Vakuumabschnitte, wie sie etwa beim TESLA XFEL benötigt werden, bringt (Abb. 123).

Ein wichtiges Thema für TESLA bzw. den TESLA XFEL ist die Handhabung der enormen Strahlleistungen und Leistungsdichten. Strahlspoiler und Kollimatoren müssen aus extrem stress- und temperaturbeständigem Material gefertigt werden. Für den Test möglicher Kandidaten mit Strahl wird eine Materialtest-Einrichtung gebaut, die es erlaubt, im Bypass von TTF Materialproben in den Strahlweg zu fahren. Die Testeinrichtung enthält fünf Einschübe für Proben in der Größe von 1–2 cm.

Die bei TTF und am Teststand PIZ in Zeuthen eingesetzten HF-Kanonen werden bei MVA gefertigt. Entscheidend sind dabei hohe Maßhaltigkeit und sehr gute Oberflächenqualität, um Feldemission zu minimieren. Als Füge-technik wird Hochtemperaturlöten eingesetzt. Zur Verbesserung der Konstruktion wurde 2002 die

Auslegung der Wasserkühlung an zwei existierenden Kanonen komplett überarbeitet. Weiterhin wurde mit dem Aufbau einer neuen Kanone begonnen.

TESLA Entwicklungsarbeiten

An der Elektronenstrahlschweißanlage, die von MVA gemeinsam mit MKS und ZM betrieben wird, wurden ausführliche 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 so genannten RRR Wert, diagnostiziert wird. In der Tat konnte festgestellt werden, dass sich der RRR Wert in den Schweißnähten nicht gegenüber dem Rohmaterial verschlechtert, wenn die Schweißung in der neuen Schweißanlage vorgenommen wurde. Mittels eines angeschlossenen Massenspektrometers können genaue Analysen der Verunreinigungen im Niob vorgenommen werden, da diese durch die hohen Temperaturen während des Schweißens abdampfen.

Mehrere Mitarbeiter von MVA waren 2002 an der Konstruktion und am Aufbau einer Elektropolieranlage für TESLA-Resonatoren beteiligt, wobei die Anlage in den Chemieräumen von MKS aufgebaut und betrieben wird. Während des Elektropolierprozesses mit einem Flußsäuregemisch wird der Resonator kontinuierlich gedreht. Eine besondere technische Schwierigkeit stellen dabei säuredichte Drehdurchführungen dar. Bis zum Ende des Jahres konnten erfolgreiche Versuche mit Wasser durchgeführt werden.

Glatte Oberflächen mit guter elektrischer Leitfähigkeit werden in vielen TESLA Vakuumkomponenten benötigt. Die Eindringtiefe der begleitenden elektromagnetischen Felder von kurzen Teilchenpaketen bewegt sich im sub- μm Bereich. Daher ist das Aufspütern von dünnen Kupferschichten eine gute und kostengünstige Alternative zur galvanischen Verkupferung. Die

Sputtertechnik wurde auf mehreren Komponenten bei TTF bereits erfolgreich angewendet und weiter verfeinert. Insbesondere bei der Fertigung von Keramiken für Kickermagnete konnte die Haftung von aufgesputterten Edelstahlschichten durch gezielte Wärmebehandlung weiter verbessert werden.

LINAC II, DORIS und PETRA

Für den LINAC II wurden Ersatzstrukturen gefertigt. Der Entwurf dieser S-Band Beschleunigerstrukturen stammt von der Entwicklung des S-Band Linear-Colliders. Die Strukturen bestehen aus einzelnen „Taschen“, die induktiv mit hohen Toleranzanforderungen zusammengelötet werden.

Bei DORIS wurde die Fertigung von vier Kickerkammern für das Feedbacksystem beendet. Diese Kammern waren mehrfach neu aufgebaut worden, da im Beschleuniger hohe elektromagnetische Verluste des Strahls (HOM) beobachtet worden waren. Diese führten zu einer inakzeptablen Aufheizung der Kammern. Mit einer verbesserten Geometrie und Wasserkühlung arbeitet der erste Kicker nunmehr zuverlässig.

Im PETRA-Speicherring soll ein Laserwire, eine optische Anordnung zur Messung der Strahlgröße, getestet werden. Die dafür benötigte Kreuzkammer wurde bei MVA ausgelegt und gefertigt. Im Hinblick auf den Umbau von PETRA als Synchrotronstrahlungsmaschine (PETRA III) wurde mit ersten Prinzipstudien zur Auslegung des Vakuumsystems begonnen. Man unterscheidet konzeptionell drei Typen von Vakuumschnitten – Standardsektionen im Bogen der Maschine, Dämpfungswiggler sowie Experimentiersektionen mit speziellen Wigglerbauten.

Protonenvakuum – MVP –

Die Gruppe MVP ist für die Vakuumsysteme des Protonenrings von HERA einschließlich der Isoliervakuumsysteme für die Heliumtransferleitung und die supraleitenden Magnete, des Protonenrings von DESY III und die der TESLA-Test Facility im Rahmen des Linearbeschleuniger-Projekts TESLA verantwortlich. Diese Vakuumsysteme werden von der Gruppe entworfen, gebaut, betrieben und weiterentwickelt. Weiterhin

ist die Gruppe maßgeblich an Entwicklung und Betrieb des TTF-Kontrollsystems beteiligt.

Im Berichtsjahr 2002 bereitete der Betrieb dieser Systeme keinerlei Probleme. Die Aufgaben der Gruppe konzentrierten sich vor allem auf die Weiterentwicklung und den Ausbau der Vakuum- und Kontrollsysteme für die TESLA Test Facility (TTF) und den supraleitenden TTF-Linearbeschleuniger für Phase II sowie diverse Wartungs- und Reparaturarbeiten.

HERA

In der Wartungs- und Umbauperiode im Frühjahr 2003 ist geplant, im Bereich NL einige Meter kalte Driftstrecke durch ein warmes Strahlrohr zu ersetzen, um dort einen weiteren Detektor für das H1-Experiment einzubauen, das „Very Forward Proton Spectrometer“ (VFPS). Das hierfür notwendige Vakuumsystem wurde konzipiert, die Bauteile konstruiert sowie die Fertigung weitgehend abgeschlossen. Weiter wurde die Konstruktion der Vakuumkammer für einen Monitor zur Messung der Strahlgröße überarbeitet sowie mit der Fertigung der Bauteile begonnen.

Vakuumsysteme für TTF und TESLA

Im Rahmen der Entwicklungsarbeiten für den neuen Linearbeschleuniger TESLA wurden weitere Verbesserungen und Erweiterungen an den Vakuumsystemen für den Testbetrieb der supraleitenden Resonatoren vorgenommen, um die Abläufe zu optimieren und den neuesten Erkenntnissen anzupassen.

Beim Betrieb des supraleitenden Linearbeschleunigers der TESLA Test Facility bereitete das Vakuumsystem keinerlei Probleme. In einer längeren Betriebsunterbrechung wurde das Vakuumsystem stark modifiziert, um den Strahltest der so genannten Superstruktur möglichst zügig durchführen zu können. Hierzu wurden die Kollimatorstrecke sowie die Undulatoren entfernt und durch einfache Strahlrohre ersetzt.

Nach Ende des Strahlbetriebs von TTF1 zum Ende des Berichtszeitraums wurde mit dem Abbau des gesamten Vakuumsystems begonnen. Diese Arbeiten sind inzwischen nahezu abgeschlossen. Parallel dazu begannen

die vorbereitenden Arbeiten für den Aufbau der neuen Abschnitte für TTF2. Den Schwerpunkt der Arbeiten der Gruppe bildeten die Arbeiten für den Ausbau des TTF-Linearbeschleunigers auf 1 GeV (TTF2). Hierfür wurde im Berichtszeitraum die detaillierte Auslegung aller Vakuumabschnitte abgeschlossen. Die Detailkonstruktion der Komponenten für die temporären Strahlführungen im Bereich der erst später zu installierenden Seeding-Undulatoren sowie der Module 6 und 7 wurde zu Ende geführt und die Fertigung der Komponenten ist nahezu abgeschlossen.

Im Bereich Injektor, Bunchkompressor II sowie anschließender Diagnosestrecke wurde mit der Detailkonstruktion der Komponenten begonnen. Die Bearbeitung der Abschnitte Bunchkompressor III, Kollimatorstrecke und Bypass durch andere Gruppen wurde weiterhin vakuumtechnisch durch MVP betreut. Konstruktion und Fertigung der Vakuumkammern für die OTR (Optical Transition Radiation) Monitore wurden abgeschlossen. Die Kammern werden zur Zeit im Reinraum von Mitarbeitern des INFN Frascati mit Unterstützung der Gruppe MVP mit den Monitoreinsätzen bestückt.

Die anspruchsvolle Konstruktion der Vakuumkammer für die kombinierten OTR-Wirescanner, 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. Ein Prototyp der Schweiß-Löt konstruktion wurde erfolgreich hergestellt und getestet, so dass nun die Fertigung der weiteren Kammern erfolgt.

Für die Vakuumkomponenten der TESLA Test Facility und zunehmend auch für Komponenten in den Strahlführungen des Synchrotronstrahlungslabors HASYLAB bestehen gegenüber den bisherigen Beschleunigern erhöhte Anforderungen hinsichtlich Staub- und Partikelfreiheit. Bisher wurden daher alle Vakuumkomponenten nach der UHV-Standardreinigung zusätzlich in denselben Anlagen (Reinraum, Reinigungsbäder) wie die TTF-Resonatoren gereinigt, um Staub und andere Partikel zu entfernen.

Um längerfristig die Arbeiten an den supraleitenden Resonatoren und die Reinigung von Vakuumkomponenten im Reinraum zu entkoppeln, wurde in Zusammenarbeit mit der Vakuumgruppe vom HASYLAB eine

neue Ultraschall-Reinigungsanlage für Ultrahochvakuumkomponenten aufgebaut und weitgehend in Betrieb genommen. Hierfür wurde im Gebäude 55 ein Reinraum (Klasse 100/10 000) aufgebaut. Zur Reinigung von Vakuumbauteilen bis 5 m Länge stehen zwei Ultraschallbecken, ein Leitwertspülbecken, ein Trockner sowie für kleinere Bauteile eine Durchreichewaschmaschine zur Verfügung. Ergänzt wird dieser Arbeitsbereich durch einen Montagetisch in der Klasse 100 sowie einen ölfreien Pumpstand zur Lecksuche von montierten Einheiten.

Kontrollsystem für TTF, TESLA und HERA-p Vakuum

Im Berichtszeitraum wurde für den TTF-Beschleuniger eine ganze Reihe von Verbesserungen und Anpassungen an neue Instrumentierungen vorgenommen. Zu diesen Verbesserungen am System gehört auch die Möglichkeit, die motorgesteuerten Phaseinstellungen über das Kontrollsystem zu bedienen. Ein größeres Gewicht beim Betrieb der Testanlage hat die Aufzeichnung und Auswertung von statistischen Daten gewonnen. Hierfür wurden das Datennahmesystem (DAQ) angepasst und zusätzliche Informationen im Kontrollsystem eingebaut, die es ermöglichen, Betriebsparameter und Ausfallzeiten einzelner Komponenten zuverlässig zu bestimmen. Dabei wird das für TTF entwickelte Kontrollsystem DOOCS als zentrale Integrationsschicht verwendet. Um auch vom HERA-Kontrollsystem direkt Daten aus DOOCS lesen zu können, wurde in den Vakuum-Geräte-Servern zusätzlich das TINE-Protokoll integriert. Dadurch ist es zum Beispiel möglich, von HERA-Konsolen direkt auf die Vakuumdaten des Protonen-Beschleunigers zuzugreifen. Eine weiterer Schritt, um von den Unterschieden der Computerbetriebssysteme unabhängig zu werden, war die Portierung von DOOCS in die JAVA-Welt. JAVA ist eine Programmiersprache und Laufzeitumgebung, die auf allen Rechnern läuft.

Das von DESY vorgeschlagene Konzept des Global Accelerator Networks (GAN) beginnt sich zu entwickeln. Es sieht, neben dem ferngesteuerten Betrieb, auch eine Verbesserung der gemeinsamen internationalen Entwicklung von Beschleunigern und ihren Subsystemen vor. In dieser Richtung gibt es am TTF-Beschleuniger einige Aktivitäten. Zum Beispiel wurden gemeinsame

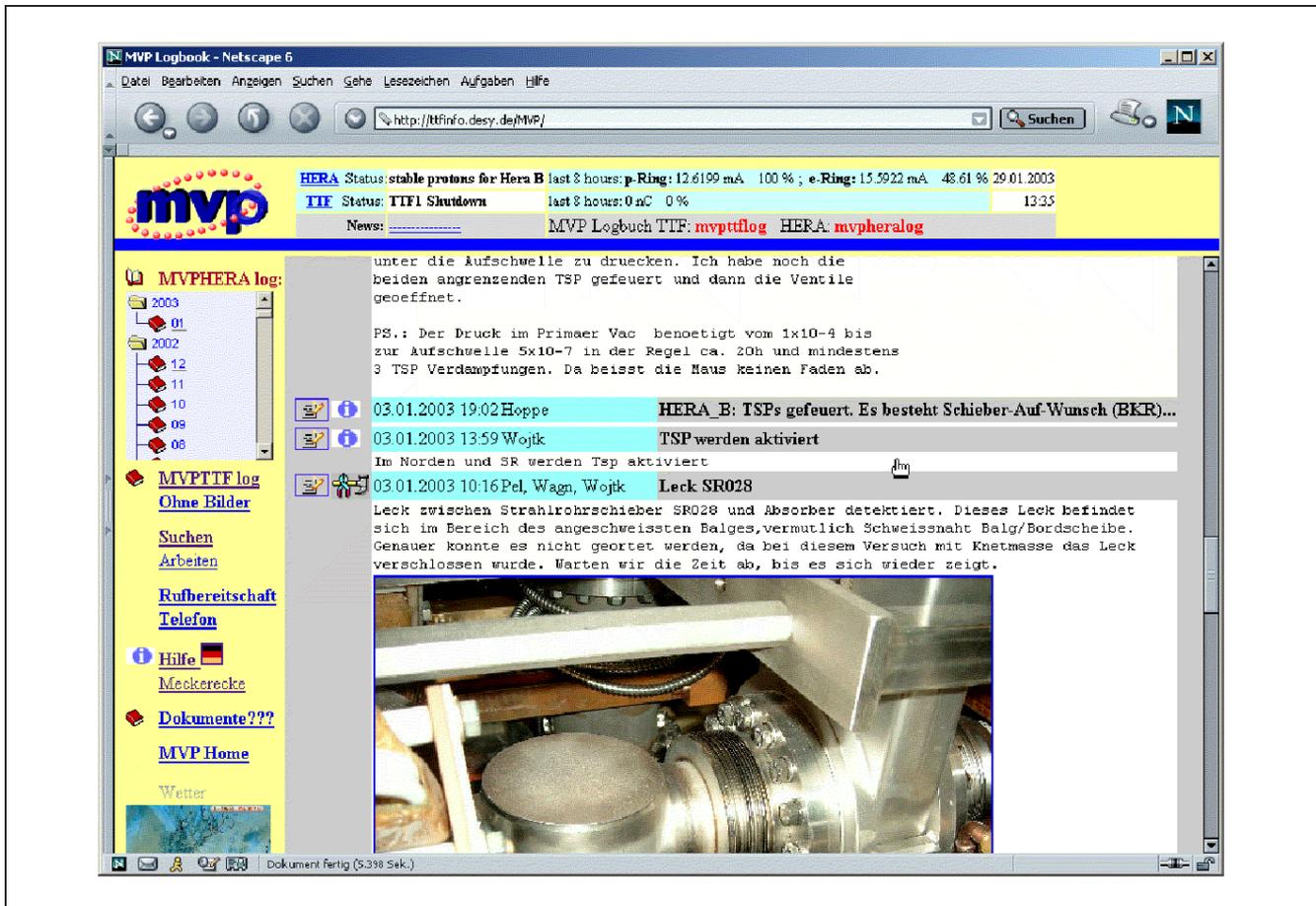


Abbildung 124: Beispiel einer Seite aus dem elektronischen Logbuch.

Schichten mit Operateuren aus Mailand durchgeführt und die dafür nötige Infrastruktur aufgebaut. Ein wichtiger Bestandteil für diese internationale Maschinenentwicklung ist auch die Bereitstellung von Informationen über die Messergebnisse und über Probleme im Betrieb der Anlagen. Alle beteiligten Entwickler, Betreiber und Operateure können mit Hilfe des elektronischen Logbuches diese Informationen austauschen. Die hohe Akzeptanz des Logbuches hat dazu geführt, dass es nun auch bei HERA, H1, PITZ (Zeuthen), INFN (Italien) und als Gruppenbuch eingeführt wurde. Das elektronische Logbuch wird ständig verbessert und erweitert. Zum Beispiel können die Seiten jetzt im PDF Format in hoher Qualität gedruckt werden (Abb. 124). Ebenso wurde an der Suchmaschine gearbeitet.

Auf der Basis der GAN-Idee wurde eine Zusammenarbeit mit der Cornell und der Ohio State University (USA) für die Weiterentwicklung des TTF-Datennahmesystems begonnen. Entwicklung und Betrieb der Software sollen gemeinsam von diesen Universitäten und DESY erfolgen.

Weitere Vorbereitungsarbeiten für TTF2 hatten einen größeren Anteil an der Gruppenarbeit. So wurde beispielsweise die CAN-Bus basierte Steuerung der Schrittmotoren, die auch eine hochgenaue Auslese der Position und die Steuerung von Kameras beinhaltet, erfolgreich in Betrieb genommen. Ferner wurde mit Arbeiten für einen zentralen Informations- und Fehlerserver begonnen. Dieser Service wird mit modernen

XML-Technologien realisiert und soll, zusammen mit dem elektronischen Logbuch, eine integrierte Informationsquelle für die Experten werden. Auch hier stehen GAN-Gesichtspunkte im Vordergrund.

Kryogenik und Supraleitung – MKS –

HERA-Kryogenik

Die kryogenische Helium-Versorgung der supraleitenden Protonenringmagnete, der vier neuen supraleitenden Magnete GO und GG an den Wechselwirkungszonen bei H1 und ZEUS sowie die Kühlung der supraleitenden Resonatoren des e-Ringes und der Experimente H1, ZEUS und HERMES liefen im Berichtszeitraum sehr stabil mit einer mittleren Verfügbarkeit von 98.96%. Dabei wurden die Protonenringmagnete und die GO- und GG-Magnete routinemäßig bei 4.0 K, das heißt bei subatmosphärischem Druck, in den entsprechenden Helium-Vorkühlern betrieben, so dass eine optimal hohe Quenchsicherheit gewährleistet wurde.

Mit der Inbetriebnahme der Zirkulationskühlkreisläufe für die GO- und GG-Magnete konnte die benötigte Kühlleistung erheblich gesenkt werden, ohne die Betriebssicherheit einzuschränken. Der bis dahin gefahrene Betrieb über eine Joule-Thomson-Entspannung des einphasigen Heliums ist jederzeit als „back up“-Betriebsmodus, zum Beispiel nach Ausfall einer Zirkulationspumpe, möglich, so dass die Kühlung ununterbrochen weitergeführt werden kann. Die hohe Flexibilität des Kälteversorgungssystems erlaubte es, die Strahlrohre der Magnete GO und GG in wenigen Stunden von normal 40 K auf Zwischentemperaturen von 100 K, 130 K bis 300 K zu fahren, um mögliche Einflüsse der Kryopumpwirkungen auf die Untergrundverhältnisse an den Wechselwirkungszonen zu untersuchen.

Im HERA-Oktanten SR wurde ein etwa 12 m langes „kaltes gerades Stück“ des Protonenmagnetringes ausgebaut und im Tunnel zerlegt, um eine notwendig gewordene Reparatur der Strahlrohrabstützungen durchzuführen und erfolgreich abzuschließen. Dazu wurde der HERA-Quadrant-SW aufgewärmt und nach knapp drei Wochen wieder stabil kalt betrieben.

Die Gruppe MKS hat zusammen mit dem H1-Experiment intensiv an der Spezifikation und an der Fertigungsüberwachung des neuen kalten Bypasses für das von H1 in HERA-NR geplante „Very Forward Proton Spektrometer“ (VFPS) mitgearbeitet. Die zugehörigen supraleitenden Kabel (Haupt- und Korrekturbusleiter) sowie einige für den Werksabnahmetest benötigte Komponenten wurden von der Gruppe MKS gefertigt und der Industriefirma beigelegt.

In der HERA Kältehalle wurde ein Teststand zum Test von „Time Projection Chamber“ Prototypen aufgebaut und in Betrieb genommen. Dieser Teststand steht Gruppen von DESY und von auswärtigen Universitäten zur Verfügung, um im Rahmen der Vorbereitungen für ein mögliches TESLA-Experiment Prototypkammern in einem Magnetfeld bis zu 5 Tesla zu testen. Dazu wurde der ehemals bei ZEUS eingebaute und nach der Erhöhung der Luminosität nicht mehr benötigte supraleitende Kompensatormagnet reaktiviert und in Gebäude 54 an die dort vorhandenen Flüssig-Helium Dewars angeschlossen. Dieser Magnet wird vom Kryokontrollraum aus kryogenisch betrieben.

Für HASYLAB und die Labors wurden im Jahr 2002 in der HERA-Kryoanlage insgesamt 3400 kg Helium verflüssigt und in Kannen bereitgestellt.

Die Magnettesthalle wurde auf EPICS-Kontrollen umgerüstet. Die bereits bei TTF im Einsatz befindlichen Messsysteme zur Erfassung des Schwingungsverhaltens der Kryomodule wurden um ein weiteres System bei HERA ergänzt. Hier sollen mögliche Einflüsse des Betriebes der neuen Color Line Arena auf die Strahlage untersucht werden.

Um die Transparenz zwischen den Kontrollsystemen zu verbessern, wurde der Informationsverbund mit dem HERA-Kontrollsystem weiter ausgebaut. So genannte TINE-Gateways in den bei MKS2 eingesetzten Prozessrechnern erlauben den transparenten Zugriff auf die Online-Daten aus dem EPICS-Kontrollsystem. Auf diesem Wege kann auf die Daten mit Hilfe der Programme im Hauptkontrollraum zugegriffen werden. Die Diagnose und die Korrelation von Ereignissen wird so erleichtert. Auch der umgekehrte Datentransfer aus den Maschinenkontrollen in die EPICS-Kältekontrollen, und damit auch in das Kontrollsystem von MKK, ist durch ein Gateway realisiert worden.

Zur Erhöhung der Ausfallsicherheit und zur Stabilisierung des Betriebes wurden der Fileserver des auf NT basierenden D/3 Kontrollsystems und der SUN-Fileserver des EPICS-Kontrollsystems auf redundante Cluster-Server umgestellt. Die für „post mortem“ Analysen wichtige Archivierung wurde auf beiden Servern installiert.

Ein wichtiges Instrument zur Analyse von Ausfällen ist neben der Archivierung das Transientenrecorder-System. Innerhalb der EPICS-Kontrollsysteme werden die Daten mit dem hier entwickelten ACE (Archiver Controlled by Event) Server gesichert. Die in der Abteilung FEE entwickelten Transientenrecorder Module werden von mehreren Gruppen zur Analyse von schnellen, transienten Ereignissen eingesetzt. Über das zentrale Event-System kann unter anderem über die ACE-Server auf die gesicherten Daten zugegriffen werden.

Neue Entwicklungen im Bereich der Kältekontrollen konzentrierten sich auf die Integration von Speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS) und die Vereinfachung der Einbindung von Feldbussen. In Zusammenarbeit mit dem Paul Scherrer Institut (PSI) in der Schweiz wurde eine Einbindung von SPS der Firma Siemens über Ethernet implementiert. Um Feldbusse einzubinden, wurde nach einer gegenüber den eingesetzten VME-Rechnern kostengünstigeren Lösung gesucht. Kompakte PCs auf DIN-Schienen, so genannte Hutschienen, sollen hier in Zukunft eingesetzt werden. Der erforderliche Treiber für den CAN-Feldbus wurde erfolgreich implementiert. Der Treiber für Profibus-DP wird in Zukunft die Möglichkeit bieten, auch intelligente Instrumente einzubinden.

In der Magnettesthalle wurden die vom BNL (USA) im Jahr 2002 gelieferten beiden GO- und GG-Ersatzmagnete zusammen mit den in Teilen gelieferten Ersatzstromzuführungen aufgebaut, erfolgreich kalt getestet und die detaillierten Magnetfeldmessungen durchgeführt.

Der ehemals für die GO- und GG-Magnete benutzte Teststand in der Magnettesthalle wurde wieder in einen Messstand für HERA-Quadrupole umgebaut. Um die Betriebsbereitschaft der Magnetteststände in Halle 55 für zukünftige Tests supraleitender Magnete zu gewährleisten, muss die noch auf VAX-Computern installierte Software erneuert und auf PCs installiert werden.

Dazu wurde es notwendig, auch Teile der Hardware zu ersetzen.

Der HERA-Dipolmagnet-Teststand in der Magnettesthalle wurde umgebaut und für den Kalttest des Bypasses für das VFPS von H1 entsprechend vorbereitet.

TESLA Test Facility

Für das gesamte Jahr 2002 wurde die Heliumkälteversorgung des TTF Linacs und der TTF-Testkryostate gewährleistet. Nach Beendigung des TTF1 Linac-Betriebes wurden die Kryomodule Nr. 2 und 3 aus dem Linac entfernt und zur Reparatur bzw. zur Überarbeitung zerlegt. Das Superstruktur-Kryomodul und das Kryomodul Nr. 1* wurden in den TTF Linac eingebaut. Zur gleichen Zeit wurde die Anbindung der Linac-Heliumkälteversorgung an die HERA-Kälteanlage fertig gestellt. Seit Juli 2002 wird der TTF1-Linac routinemäßig über die neue Helium-Transferleitung zwischen Gebäude 54 und Halle 3 von der HERA Kälteanlage aus gekühlt.

Die TTF-Testkryostate wurden von der 900 Watt 4.5 K-Cold-Box in Halle 3 versorgt. Für diese Anlage wurden zwei neue Schraubenkompressoren in Auftrag gegeben und die defekten alten Kompressoren entfernt. Der Einbau der neuen Schraubenkompressoren in Gebäude 47a wurde vorbereitet. Bis zu ihrer Installation wird die 900 Watt Cold Box von den Schraubenkompressoren der HERA-Anlage mit Hochdruck-Helium versorgt.

Im Hinblick auf den zukünftigen FEL-Nutzerbetrieb des TTF2 Linacs kann jetzt die Heliumkälteversorgung des Linacs und des TTF-Testbetriebes unabhängig voneinander erfolgen. Außerdem ergeben sich vielfältige Redundanzschaltungen zur Sicherstellung der Kälteversorgung für die TESLA Test Facility. Ein beim IHEP Protvino in Russland gebauter Niederdruck Wärmetauscher wurde in den 2 K-Kältekreislauf für den TTF-Linac eingefügt und in Betrieb genommen. Damit ergibt sich ein höherer Wirkungsgrad für diesen Kältekreislauf.

Der weitere Ausbau des TTF2 Linacs erfordert eine Überbrückung der dritten Bunchkompressorsektion zwischen den Modulen Nr. 3 und 4, den Umbau des gesamten Injektorbereiches und eine neue Modul-Endkappe für den Anschluss an Modul Nr. 5. Eine

24 m lange Bypass-Transferleitung für die Bunchkompressor-sektion und eine neue Modul-Endkappe wurden in Auftrag gegeben, gefertigt und bei DESY angeliefert. Die kryogenischen Komponenten für den Injektorumbau (eine Transferleitung, zwei Ventilboxen und eine Anschlusskappe) wurden ebenfalls bestellt. Die genannten Aufträge an Fremdfirmen wurden von der Gruppe MKS betreut.

Die Planungen für einen Einzelteststand für Kryomodule wurden fortgeführt und die entsprechenden Spezifikationen fertig gestellt.

Eine Bewegung der Fokussierungsmagnete in den TESLA Modulen hat Einflüsse auf die Eigenschaften des Elektronenstrahls. Um die Bewegung der Magnete zu untersuchen, wurden in den Modulen an jedem Quadrupol Schwingungssensoren angebracht. Zunächst wurden zum besseren Verständnis der Sensoren umfangreiche Studien im Labor durchgeführt. Messdaten beim Betrieb von TTF liegen vor und werden zur Zeit ausgewertet.

Die wichtigsten Daten der visuellen, mechanischen und elektrischen Eingangskontrolle der supraleitenden Resonatoren für TTF, die benutzten Verfahren und Ergebnisse ihrer chemischen Behandlung und die Resultate der RF-Messungen bei 2 K werden in einer Datenbank festgehalten. Ein umfangreiches graphisches, auf ORACLE-Produkten basierendes Benutzer-Interface, das laufend den Benutzerwünschen angepasst wird, erleichtert den Zugriff auf die gespeicherten Daten, die in Form von Tabellen und Graphen aufbereitet werden. Das Benutzer-Interface wurde mit dem ORACLE-Developer-Server ins WEB migriert, so dass die Datenbank dynamisch zunächst in einer Testphase ins Intranet bei DESY eingebunden ist.

Nach Fertigstellung der Superstruktur wurde die Reinstallationsanlage überholt und Resonatoren für das Modul 2* sowie elektropolierte Resonatoren behandelt. Während eines Service-Intervalls an der Reinstwasseranlage ereignete sich ein Störfall, bei dem Aktivkohle in die Rohrleitungen gelangte. Alle Komponenten mussten gereinigt und neu qualifiziert werden. Mit der vorhandenen Qualitätskontrolle konnte gezeigt werden, dass nicht alle Anlagenteile von dieser Kontamination betroffen waren. Nach intensiver Reinigung der Leitungen war die Anlage wieder betriebsbereit. In



Abbildung 125: Superstruktur eingebaut in die Chemiebehandlungsanlage.

den nachfolgenden Resonator-Behandlungen erreichten drei elektropolierte Resonatoren Beschleunigungsfeldstärken von 35 MV/m mit sehr niedrigen Einsatzschwellen für Feldemission.

Im Februar des Jahres wurde das Beschleunigermodul 5 für den Betrieb in der TTF Phase 2 im Reinraum fertig gestellt und anschließend zusammengebaut. In den Prototypmodulen 1–3 zeigten sich nach mehrjährigem Betrieb an einigen Teilen Fehler und Verschleiß. Für den Einsatz in der TTF2 Phase müssen diese Module generalüberholt und hergerichtet werden. Hierzu wurden die Module 2* und 3 vollständig zerlegt. In Modul 2* werden bis Frühjahr 2003 alle Resonatoren der ersten Generation – mit Niob Lippendichtungen – gegen qualifizierte Resonatoren mit Niob-Titan-Flanschen ausgetauscht sein. Bei der Demontage des Moduls 1* wurden die Resonatoren ungewollt mit Kupfer kontaminiert. Die üblichen Behandlungsschritte wurden einer Reparatur angepasst, so dass diese Kontaminationen in der Chemieanlage beseitigt werden konnten. Das Modul

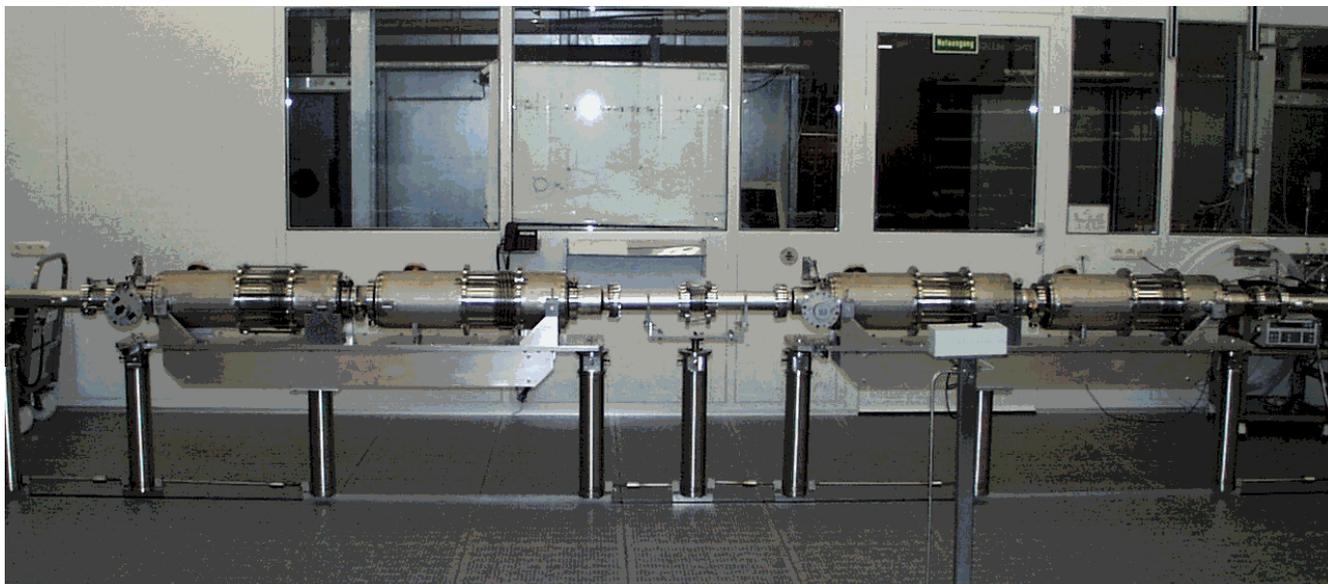


Abbildung 126: *Komplettiertes Modul mit zwei doppel-siebenzelligen Superstrukturen im Reinraum.*

wird zu Beginn des Jahres 2003 wieder betriebsbereit sein.

Zur Vermeidung von Betriebsstörungen, zur Qualitätssicherung sowie zur Analyse der Verfahrensschritte und frühen Erkennung von Fehlerquellen ist das Überwachungssystem für Wasserqualität und Luftpartikelkontamination vervollständigt worden. Es sind regelmäßige Kontrollintervalle mit Datenanalyse und Auswertung etabliert worden, so dass die Untersuchung aller reinraumtechnischen Anlagen dokumentiert und zu jedem Resonator ein nahezu vollständiger Satz von Qualitätssicherungsdaten in der Datenbank und im EDMS System vorhanden ist.

Die für den ersten Test einer Superstruktur notwendigen doppel-siebenzelligen Resonatoren (Abb. 115, 125, 126) wurden bei DESY reinraumtechnisch behandelt und in das erste Testmodul installiert. Für die Präparation der Superstruktur mit etwa 2 m Baulänge wurden umfangreiche Umbauten an der Reinrauminfrastruktur durchgeführt. Da die Chemieanlage nur für die Behandlung von Resonatoren mit einem maximalen Volumen von bis zu 30 Litern und die Hochdruckspüle nur für eine maximale Sprühhöhe von 1.3 m ausgelegt waren, wurden intensive Voruntersuchungen durchgeführt, um die

Standard-Behandlungsschritte bei der Präparation in qualifizierten Teilschritten durchführen zu können. Der erfolgreiche Test dieses Superstruktur-Moduls erfolgte im Sommer des Jahres.

Zur vollständigen Dokumentation und Steuerung von Arbeitsabläufen und um einen schnellen Datenzugriff mit allen notwendigen Informationen für verschiedene Personen gleichzeitig zu ermöglichen, ist das elektronische Daten Management System (EDMS) eingeführt worden. Im Bereich der Resonator-Präparation ist die Dokumentation nunmehr vollständig auf EDMS umgestellt. Im Laufe des Berichtszeitraumes sind etwa 1200 so genannte Work Packages erzeugt und abgearbeitet worden. Um auch Sonderbehandlungen wie die der Superstruktur dokumentieren zu können, wurden frei belegbare Arbeitspakete erzeugt und als Dokumentationswerkzeug etabliert.

Bis Mitte des Jahres wurden alle in Kollaboration mit KEK (Japan) und dem Industriepartner Numura Plating elektropolierten 9-zelligen Resonatoren ausgeliefert. Nach entsprechender reinraumtechnischer Behandlung und Nachbehandlung erreichten drei dieser Resonatoren Beschleunigungsfeldstärken von 35 MV/m (Abb. 127). Der Resonator AC 78 ist in den Heliumtank

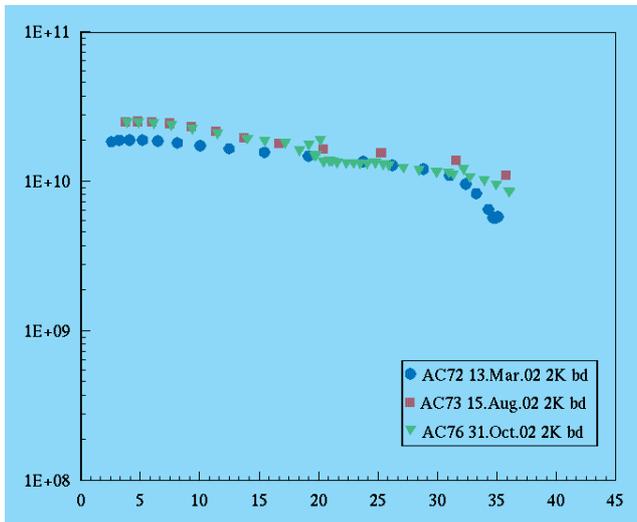


Abbildung 127: Kennlinien Q_0/E_{acc} (unbelastete Güte/Beschleunigungsfeldstärke) der elektropolierten Resonatoren im vertikalen Test.

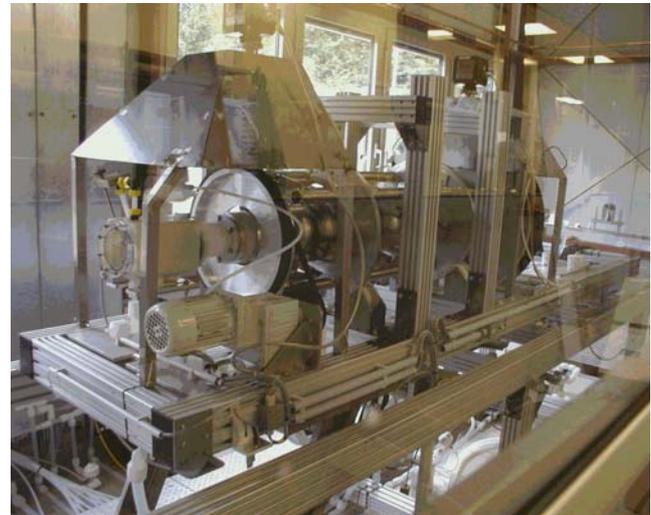


Abbildung 128: Elektro-Polituranlage mit eingebautem TTF-Resonator.

eingeschweißt worden und wird zu Beginn des Jahres 2003 einem Horizontaltest mit eingebauten HOM- und Leistungskopplern unterzogen.

Zur Realisierung der Elektropolitur (EP) bei DESY ist die Infrastruktur komplettiert und vollständig aufgebaut worden. Die Installation der bereits gelieferten Hardware wurde im Sommer beendet. Die Überwachung und Steuerung dazu wurde auf einer SPS und die Visualisierung auf einem PC realisiert. Zusätzlich ist es möglich, den Anlagenzustand im Internet zu überprüfen. Alle Systemkomponenten und die Betriebssoftware sind intensiven Tests unterzogen worden. Die sicherheitstechnische Überprüfung und Gefahrenanalyse der Anlage erfolgte im Herbst 2002 durch den TÜV-Nord. Die notwendige Betriebsgenehmigung für den Testbetrieb der Anlage wurde von der zuständigen Behörde zum Ende des Jahres erteilt, so dass ab Januar 2003 ein- und 9-zellige Resonatoren zum Einfahren der Anlage behandelt werden können (Abb. 128, 129).

Im Zusammenhang mit der Weiterentwicklung der supraleitenden Resonatoren und Kryomodulen für das TESLA-Projekt wurden verschiedene kryogenische Einzelkomponenten untersucht; unter anderem wurden HTSC-Stromzuführungen sowie Tieftemperatur- und Vakuum-taugliche Stromdurchführungen, die beim



Abbildung 129: Probetrieb der Politur-Bench mit eingebautem TTF-Resonator.

spanischen CIEMAT-Institut entwickelt worden sind, erfolgreich getestet.

In Gebäude 47 (PETRA-Halle NO) wurde die Cavity-Test-Anlage (CTA) für 26 Tests von ein- bis dreizelligen supraleitenden Resonatoren betrieben. Die Kryotestaufbauten und der wechselnde Betrieb der 300 Watt-CTA-Kälteanlage wurden von der HERA-Kryomannschaft durchgeführt.

Es wurden etliche Fragestellungen und Planungen für die Heliumkälteversorgung des TESLA-Projektes bearbeitet. Rechenmodelle für die Simulation von TESLA-Kühlkreisläufen wurden erstellt und weiterentwickelt. Für den neuen, separaten XFEL und den für diesen Teil geänderten Technical Design Report wurden die Planungen des kryogenischen Teils durchgeführt. In einer Arbeitsgruppe „TESLA Kryo- und Modulatorhallen“ wurden die Detailplanungen für die sieben Standorte der TESLA Kryohallen mit Außenanlagen, Modulator- und Dämpfungsring-Versorgungshallen für das Planfeststellungsverfahren erstellt und abgeschlossen.

Energieversorgung – MKK –

Die Gruppe MKK betreibt die Energieversorgung bei DESY. Der Aufgabenbereich beginnt bei den drei 110kV-Einspeisungen und den 10kV-Schaltstationen für die Energieverteilung, die die Versorgung der gesamten Beschleunigeranlagen sowie die Niederspannungsanlagen für die Gebäudeversorgung umfasst. 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.

Die wesentlichen Aktivitäten werden im Folgenden dargestellt:

Drehstromversorgung

Der Tausch der alten 10kV-Kabel wurde abgeschlossen. Die automatische Umschaltung des Rechenzentrums auf die zweite Einspeisung wurde in Betrieb genommen. Der technische Notdienst und die Telefon-

zentrale erhielten eine Notstromspeisung, damit bei einem längeren Netzfehler die USV-Anlagen (unterbrechungsfreie Stromversorgung) und die Rechner weiter versorgt werden.

Das Netzgerät für den Magnetteststand in Halle 2 erhielt einen neuen 10kV-Transformator. Die 400V-Schaltanlage für den Anbau der Halle 3 wurde für den TFF2-Betrieb erweitert.

Die Akkuanlagen für die 10kV-Hauptstationen HST A wurden nach 40 Jahren Betrieb erneuert. Die HST C von HERA erhielt eine zweite Sicherheitsbatterie, damit immer ein gepufferter Betrieb sichergestellt werden kann. Die USV-Anlagen für die Quenchprotection in den HERA-Hallen Ost und Süd wurden nach technischen Störungen erneuert.

Die Stromversorgung der neuen 900 W Helium-Kälteanlage in der PETRA-Halle NO wurde erneuert.

Magnetstromversorgung

Die Schwerpunkte lagen zum einen bei der Verbesserung der Betriebszuverlässigkeit der Netzgeräte in den laufenden Beschleunigern und bei der Weiterentwicklung der Netzgeräte für TFF2 bzw. TESLA. In den Betriebsräumen von HERA, PETRA, DORIS und TTF wurden PC-gestützte Terminals zur Bedienung und Kontrolle der Netzgeräte installiert. Für die NEG-Pumpen in den HERA-Wechselwirkungszonen wurden neue Netzgeräte beschafft. Die Stromkreise wurden aufgeteilt, um die Spannungen gegen Erde zu verringern.

Hochgenaue Digital-Analog-Converter sind am Markt nur noch schwer verfügbar und extrem teuer. Deshalb wurde ein kostengünstiger 16-Bit DAC für die Chopper- und Thyristornetzgeräte entwickelt. Er eignet sich für Unipolar- und Bipolarbetrieb. Der Temperaturkoeffizient liegt bei 2 ppm/°C.

Für TFF2 wurden die Netzgeräte spezifiziert und ausgeschrieben. Die Steuerungen für die neuen Netzgeräte wurden neu konzipiert und mit moderneren Komponenten ausgerüstet. Die Korrektornetzgeräte für TFF2 wurden neu entwickelt und mit einem FPGA von Altera, der die gesamte Steuerung, Regelung und das Interface zum Kontrollsystem übernimmt, ausgerüstet. Die

Leistungsteile sind modular aufgebaut. Sie werden parallel geschaltet, um die erforderlichen Stromstärken zu erreichen.

Für die Magnetfeldmessungen der normalleitenden Magnete in Halle 2 wurde ein neues Netzgerät ($I_{\max} = 1500 \text{ A}$) mit Polwender beschafft. Mit einer bei MKK entwickelten Elektronik lässt sich der Ausgangsstrom auf Null Ampere herunter geregelt fahren.

Für die Elektropolituranlage in Halle 3 wurde ein Netzgerät mit den Nenndaten 1500 A und 30 V aufgestellt und in Betrieb genommen. Der TÜV Hamburg hatte eine Reihe von Forderungen an die Sicherheit, die bei dem Gerät mit berücksichtigt wurden.

In der HERA Halle West wurden vier Choppernetzteile versuchsweise mit einer zusätzlichen Überstromauslösung ausgerüstet. Diese funktioniert problemlos unabhängig von der internen Auslösung, die auf dem Gleichstromwandler für die Regelung basiert. Dies bedeutet einen zusätzlichen Schutz für die supraleitenden Korrekturmagnete.

Die Netzgeräteausfall-Meldung bei HERA wurde überarbeitet. Diese Meldung triggert den Protonenkicker, um die Protonen bei einem drohenden Strahlverlust gezielt in den Dump zu leiten. Die Zeitstaffelung wurde derart verändert, dass zuerst der Protonen-Dump gefeuert wird und erst danach das Netzgerät herunterfährt. Damit wird eine unnötige Aktivierung von HERA vermieden.

Das Netzgerät für den ehemaligen ZEUS-Kompensatormagnet (1250 A und 8 V) wurde in die Magnetmesshalle 54 verlegt, um supraleitende Magnete und Dumpschalter zu messen bzw. zu testen. Die Steuerung und Regelung musste hierfür umgebaut und angepasst werden.

Die Magnetstromversorgungen von DESY II und III liefen sehr zuverlässig. Das Isolieröl der DESY II-Summendrossel wurde regelmäßig auf den Gasgehalt hin untersucht. Die zuvor beobachtete Gasanreicherung des Isolieröls erwies sich als unbedenklich. Die Ursache war die erhöhte Gaslöslichkeit des Isolieröls nach der Befüllung. Die gelösten Gaskonzentrationen nähern sich deutlich dem stationären Zustand. Eine Anreicherung mit den so genannten Schadgasen tritt nicht mehr auf.

Die alten mechanischen Kurzschlusschalter, die die DESY-Magnetstromkreise bei Störungen, wie etwa Überspannung in den Netzgeräten, schützen, wurden durch neuentwickelte Thyristorschalter ersetzt.

Senderstromversorgung

Der 2500 kVA-Stufentransformator in PETRA NL wurde beim Hersteller komplett überholt und instand gesetzt. Der Stufentransformator steht jetzt als Reserve für die Senderanlagen DORIS NL sowie PETRA SL und SR zur Verfügung.

Für die PETRA-Senderstromversorgungen wurde eine neue 10 kV-Schaltanlage beschafft. Als Neuerung wurden Vakuumleistungsschalter mit Magnetantrieb eingebaut. Der Magnetantrieb ist wesentlich einfacher aufgebaut, wodurch sich die Betriebszuverlässigkeit wesentlich verbessern soll.

Das neue Klystron-Crowbar mit lichtgetriggerten Thyristoren, LTT-Crowbar, wurde erfolgreich getestet und steht für den Einbau in der Montagezeit 2003 zur Verfügung. Das LTT-Crowbar besteht aus 14 in Reihe geschalteten Hochspannungsthyristoren, die 50 kV-Gleichspannung sicher sperren können. Ein weiterer wichtiger Vorteil ist, dass die Thyristoren die großen Kondensatorbänke und den langen Nachlaufstrom („follow-on current“) von der DESY II-Senderstromversorgung führen können.

Ein 80 kV LTT-Crowbar ist in der Planung. Es soll die Ignitron-Crowbars, die mit Quecksilber arbeiten und kaum noch am Markt verfügbar sind, ersetzen.

Die neuen Transientenrekorder für die Netzgeräte der HERA-Senderstromversorgungen wurden in Betrieb genommen.

Wasserkühlung

Nach der Erhöhung der Luminosität stellten sich stellenweise Engpässe im HERA-Wasserkühlkreislauf ein. Um den Druck in der Rücklaufleitung abzusenken, musste die dritte Boosterpumpe mit in Betrieb genommen werden. Dadurch steht keine Reservepumpe mehr zur Verfügung.

Die Kaltwassererzeuger wurden generalüberholt. Es wurde versuchsweise ein Kaltwassererzeuger auf das Kältemittel R134a umgestellt, da das Kältemittel R12 nicht mehr am Markt verfügbar ist. Die ersten Betriebserfahrungen sind recht positiv, so dass auch die anderen Kaltwassererzeuger umgestellt werden sollen. Der Betrieb mit dem neuen Mittel zur Härtestabilisierung des Brunnenwassers lief recht gut. Die im Vorjahr beobachteten Kalkablagerungen an den Wärmetauscherplatten traten nicht mehr auf. Die Ursache lag in einer Störung der Dosierpumpe.

TESLA und TTF

Die Gruppe MKK arbeitete intensiv bei der Planung und bei der Erstellung der Unterlagen für das TESLA-Planfeststellungsverfahren mit. Der Platz- und Raumbedarf für Energieversorgung, Wasserkühlung und Lüftungsanlagen wurde ermittelt. Die Betriebsgebäude wurden entworfen und in die Planungsunterlagen eingearbeitet. Eine Studie über die Wärmeauskopplung aus den TESLA-Kühlanlagen und die mögliche Einspeisung in Fernwärmanlagen der Umgebung kommt zu dem Ergebnis, dass die Abwärme unter bestimmten Umständen wirtschaftlich genutzt werden kann. Ein Prototyp für die Puls kabel der TESLA-Modulatoren wurde ausgeschrieben und bestellt. Die Abnahme des Kabels fand statt. Die Auslieferung soll Anfang 2003 erfolgen

Ein Mustercontainer für TTF2, bestehend aus drei miteinander verschraubten Elektronikschränken, wurde aufgebaut. Die Höhe wurde mit 1.20 m so gewählt, dass sie im Elektronikkanal des Tunnels aufgestellt werden können. Die drei Schränke werden über einen internen Luftkühler mit Kaltwasser zurückgekühlt. Die Luft wird mit mehreren Sensoren auf Temperatur und Rauch überwacht.

Die Schaltschrankeinheit kann fünf Choppernetzgeräte mit 400 A mit der gesamten Elektronik und dem Netztransformator aufnehmen. Die Choppernetzgeräte lassen sich über Steckverbindungen und fest montierte Gabelkontakte schnell auswechseln. Der fünfte Chopper dient als Störreserve. Er kann über Motorschutzschalter auf jeden Chopper geschaltet werden und die Funktion ersetzen. Die Regelelektronik wird dabei ebenfalls umgeschaltet. Die Umschaltung erfolgt ferngesteuert über eine speicherprogrammierbare Steuerung (SPS).

Die Schaltschrankeinheit ist für den Einbau in einen Container mit Andocksystem vorgesehen. Dieses umfasst die 400 V-Drehstromversorgung, acht Kabelanschlüsse für 400 A und 185 mm², sieben Koaxkabel für die PSCs, 37-polige Steckverbindung für Steuerkabel und vier Kupplungen für Kalt- und Kühlwasser.

Arbeitssicherheit

Bei MKK wurden erhebliche Anstrengungen unternommen, um Arbeitsunfällen vorzubeugen. Es wurden umfangreiche Schulungen durchgeführt und Arbeitsanweisungen erstellt. Die MKK-Betriebsanweisung wird zur Zeit überarbeitet und den aktuellen Vorschriften und Normen angepasst. Die Gefährdungsanalysen an den Arbeitsplätzen werden erarbeitet.

Beschleunigerplanung – MPL –

Die Gruppe MPL ist zuständig für die Planung und Aufstellung von Beschleunigerstrukturen in Tunneln und Experimentierhallen und die Koordination von Beschleunigeraufstellungen. Eine andere wichtige Aufgabe der Gruppe ist die Entwicklung von Komponenten für die supraleitenden Beschleuniger, Qualitätskontrolle und Materialuntersuchungen an Niob und Niob-Legierungen für supraleitende Resonatoren.

Beschleunigeraufstellungen

Bei TTF2 wurden für die Sektionen Kollimatorstrecke und temporäre Strahlführungen (Seeding/Undulator, 17 m und 12 m) alle Konstruktionen für Magnetunterbauten und Halterungen verschiedener Komponenten wie OTRs, Pumpen, Ventile usw. abgeschlossen. Aufstellungspläne für die Betonsteine, die Gestelle und die Halterungen wurden erstellt. Die Fertigung der Komponenten ist nahezu abgeschlossen, Betonsteine sind gesetzt, Magnetunterbauten, Kammerhalterungen usw. wurden vormontiert. Für die Sektionen BC3 und Injektion wurden neue Betonsteine entworfen sowie unter anderem Magnetunterbauten, Pumphaalterungen und OTR-Wire Aufstellungen mit Justierung konstruiert. Um die Einheitlichkeit von Komponenten zu erhalten, wurde die Übernahme von MPL-Unterbauten mit

HASYLAB koordiniert. Nach dem Ersatz von ACC6 durch eine 12 m lange temporäre Strahlführung wurde ein neuer Kryostat-Endcap-Unterbau für ACC5 auf Hallenniveau von der Gruppe MPL konstruiert und gefertigt.

Fertigung von nahtlosen Resonatoren

Durch Innenhochdruckumformung (IHU) sind zum ersten Mal dreizellige Resonatoren der TESLA-Form aus massivem Niob hergestellt worden (Abb. 130). Die Umformung von allen drei Zellen erfolgte simultan. Die aus dicken Blechen durch Drücken und Drückwalzen gefertigten nahtlosen Rohre besitzen eine akzeptable IHU-Tauglichkeit, so dass praktisch alle Rohre erfolgreich umgeformt werden konnten. Aus kürzeren Rohren sind neue zweizellige Resonatoren gebaut worden. Die HF-Tests sind für das Jahr 2003 geplant. Die Rechnersteuerung und die Simulationsrechnungen des Umformvorganges wurden auf mehrzellige Resonatoren erweitert. Für die Fertigung von mehrzelligen Resonatoren war die Entwicklung der Einschnürung im Irisbereich erforderlich. Hierzu wurden bereits beim DESY und bei Fremdfirmen Versuche gemacht, wobei verschiedene Verfahren mit provisorischen Hilfswerkzeugen ausprobiert wurden. Daher wurde eine Einschnürvorrichtung konstruiert, gefertigt und an einer Drehbank getestet. Die Versuche mit Kupfer-Rohren verliefen erfolgreich, so dass das Konzept für eine Neukonstruktion übernommen wurde.

In Zusammenarbeit mit KEK (Japan) sind drei neue einzellige, innen mit Niob ausgekleidete Cu-Resonatoren der TESLA-Form durch IHU gefertigt worden. Das nahtlose NbCu-Rohr ist bei KEK nach einem neuen Verfahren – Tiefziehen und Strangpressen – hergestellt worden. Aus vorangegangenen Versuchen hat sich ergeben, dass es erforderlich ist, die einzelnen Matrizen abstandssymmetrisch zu steuern, um ein Überdehnen einzelner Zellen zu verhindern. Eine neue Vorrichtung wurde konstruiert, mit der TESLA-Resonatoren mit bis zu drei Zellen vorgeformt werden können. Die Vorrichtung erhält die Symmetrie der Zellenabstände während der Verformung. Diese können dann nach dem Fertigformen und Kalibrieren zu Einheiten mit neun Zellen zusammengeschweißt werden. Die Außenform der Zellen wurde entsprechend den Versuchen und Programmrechnungen vorgegeben.



Abbildung 130: Dreizellige und zweizellige nahtlose Niob-Resonatoren, die durch IHU hergestellt wurden.

Tuner für TESLA-Resonatoren

Der Tuner wurde hinsichtlich Kostenreduzierung der Fertigung, der Montage und Werkstoffersparnis überarbeitet. Die zweimal 24er Knochenstruktur aus einem Vollrohr wurde bei gleich bleibender Steifigkeit auf zweimal acht Einzelknochen, welche aus Plattenmaterial gefertigt und zwischen drei Ringen eingeschweißt werden, neu konzipiert. Der Antrieb der ersten Tuner-generation wurde übernommen und an die Struktur angepasst. Der Heliumtank, der ursprünglich für 7-Zeller ausgelegt war, wurde für den Betrieb von 9-Zellern überarbeitet. Die Fertigung des Tuners wurde von der Gruppe MPL mitbetreut, die Lieferung erfolgte Ende 2002 (Abb. 131). Montage und Testbetrieb sind für Anfang 2003 geplant.

Werkstoffuntersuchungen

Das Labor für Materialuntersuchungen ist weiter ausgebaut worden. Neue Geräte für die Gasanalyse sind installiert worden. Die interstitiellen Verunreinigungen wie Sauerstoff, Stickstoff und Wasserstoff in Niob können jetzt auf 1 Gw. ppm genau nachgewiesen werden.

Außerdem werden folgende Prüfungen im Labor durchgeführt:



Abbildung 131: Links: Tuner mit dem Heliumtank; rechts: eine halbe Schale des Tuners.

- Anfertigung von Mikroschliffen und Analyse der Mikrostruktur mit dem Lichtmikroskop und REM,
- Messungen des Restwiderstandsverhältnisses RRR an Niob-Proben und Niob-Resonatoren,
- Zug- und Tiefungsversuche bei verschiedenen Dehnraten,
- Härteprüfungen und Untersuchungen der Oberflächenrauheit,
- Chemische und elektrochemische Behandlungen von Niob-Proben und kleinen Niob-Teilen,
- Messungen der Wärmeleitfähigkeit von Niob bei tiefen Temperaturen.

Diese Arbeiten ermöglichen eine vom Niob-Produzenten unabhängige Qualitätskontrolle des Niob und sind für R&D notwendig.

Im Jahre 2002 wurde an folgender Problematik gearbeitet:

- Anschaffungen und Qualitätskontrolle von Niob-Blechen und -Teilen für 30 neue TTF-Resonatoren,
- RRR-Messungen von neunzelligen und einzelligen Resonatoren in der Halle 3,
- Untersuchungen der Qualität des Niob von neuen potentiellen Niob-Lieferanten (CBMM – Brasilien, Cabot – USA, ITEP – Russland, NEN – China),
- Entwicklung der Fertigung und Untersuchung der Eigenschaften von nahtlosen Rohren für Hydroforming,
- Entwicklung eines Systems auf SQUID-Basis für Defektsuche in Niob,
- Analyse der Schweißqualität von in der DESY-Anlage geschweißtem Niob (mit der Gruppe MVA),

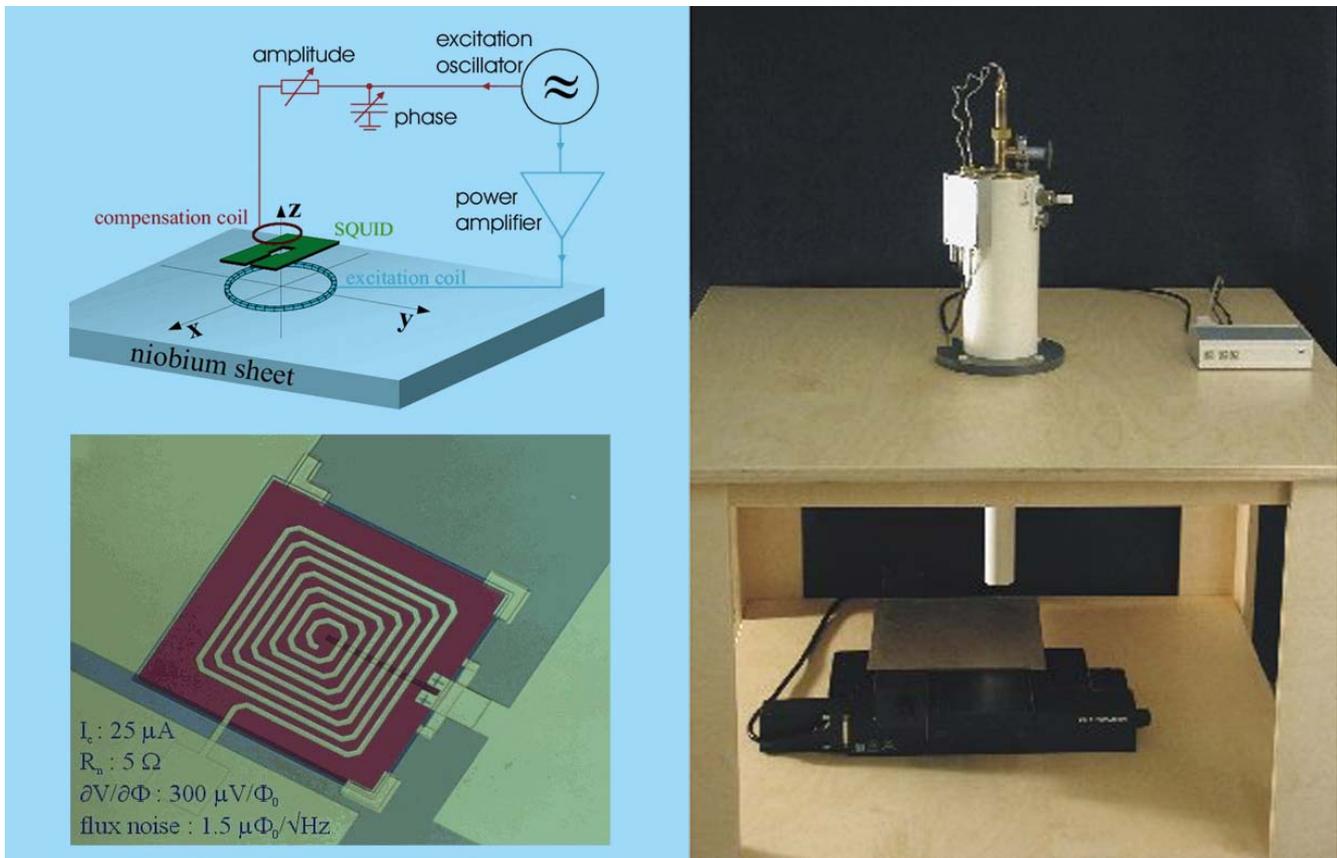


Abbildung 132: Links: das Messprinzip und das Niob-SQUID; rechts: die Scanning-Apparatur mit dem SQUID-Sensor.

- Beschichtungsqualität von Faltenbälgen für den Leistungseinkoppler,
- R&D an Niob zusammen mit UNIPRESS (Warschau, Polen) und Surface Spectroscopy Laboratory (Cracow, Polen),
- Inbetriebnahme der Vorrichtung für die Wärmeleitfähigkeitsmessungen bei tiefen Temperaturen und Durchführung von Messungen.

Zwei Beispiele von Materialuntersuchungen werden im Folgenden dargestellt:

Defektsuche in Niob auf SQUID-Basis:

Untersuchungen zur Realisierbarkeit eines SQUID basierten Messsystems zur zerstörungsfreien Prüfung von Niobhalbzeug sowie Untersuchungen zur Klassifizierung verschiedener Materialfehler und Simulations-

rechnungen zur Optimierung der Messverfahren sind durchgeführt worden. Eine Apparatur zum Abtasten von Niob-Blechen, die das Wirbelstromverfahren benutzt, ist in Zusammenarbeit mit der Universität Gießen und der Firma WSK entwickelt worden. Anstelle der konventionellen Pick-up Spule ist ein Niob SQUID eingesetzt worden (Abb. 132). Dank der relativ hohen Arbeitsfrequenz von 100 kHz kann das System ohne Abschirmung von parasitären magnetischen Feldern eingesetzt werden. Die hohe Empfindlichkeit erlaubt, bis zu 50 μm kleine Einschlüsse zu detektieren. Es ist geplant, die 600 Niob-Bleche für die neuen 30 TTF-Resonatoren sowohl mit der DESY-Wirbelstromapparatur als auch mit dem SQUID-System zu scannen.

Reinheitsuntersuchungen an dem in der DESY-Elektronenstrahl-Schweißanlage geschweißten Niob:

Frühere Untersuchungen der Niob-Reinheit in den bei der Industrie erzeugten Schweißnähten haben eine Degradation des RRR-Wertes gezeigt. Die RRR-Werte sinken normalerweise von 300 auf 250–270. Die neue DESY Elektronenstrahl-Schweißanlage gibt die einmalige Möglichkeit, das Absorptions-Desorptions-Verhalten beim Schweißen von Niob in extrem hohem Vakuum (bis 10^{-8} mbar) zu analysieren. Theoretisch ist es möglich, die Reinheit von Niob durch das Schmelzen mit dem Elektronenstrahl im hohen Vakuum zu verbessern. Die ersten Messungen der Verteilung von RRR und interstitiellen Verunreinigungen zeigen (Abb. 133), dass eine Purifikation der Schweißnaht im Vakuum besser als 5×10^{-6} mbar wirklich stattfindet. Für den thermisch betroffenen Bereich in der Nähe der Schweißnaht beobachtet man eine RRR-Degradation von 5–10%. Ob sich diese Degradation durch Schweißoptimierungen eliminieren lässt, werden weitere Untersuchungen zeigen.

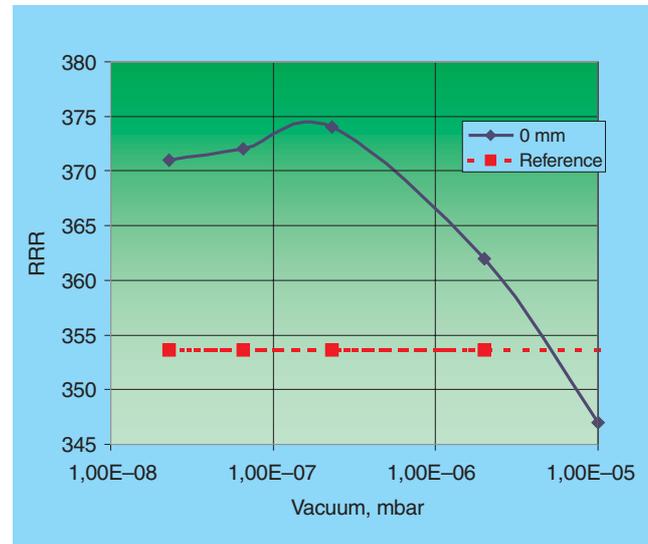


Abbildung 133: Druckabhängigkeit der RRR-Werte in der Schweißnaht.