

Elektronik-Entwicklung

Zur Abteilung „Elektronik-Entwicklung“ (FE) gehören die Service-Gruppe (FEPOS) sowie die Gruppen für digitale Datenverarbeitung (FEA), analoge Signalverarbeitung (FEB), Opto- und Mikroelektronik (FEC) und spezielle Softwareentwicklungen (FEE).

Projekte

ZEUS Luminositäts-Monitor

Das ZEUS-Experiment misst die Luminosität der $e p$ -Kollisionen mit der Abstrahlung eines Photons unter sehr kleinem Winkel. Diese Photonen werden mit einem Kalorimeter nachgewiesen, das mit Photovervielfachern ausgelesen wird. Das Integral der Pulse ist proportional zur Energie der Photonen. Durch die Luminositätserhöhung von HERA wird in vielen Bunchcrossings erhebliche Energie (größer 10% der maximal möglichen) im Kalorimeter deponiert. Da sich alle 96 ns die Elektronen- und Protonenpakete kreuzen, muss innerhalb dieser Zeit ein möglichst langes Intervall integriert, das Integral digitalisiert und alles wieder möglichst gut auf den Anfangszustand zurückgesetzt werden.

Mit dem Simulator für analoge Schaltungen (MENTOR-GRAPHICS, ACCUSIM) wurde von der Gruppe FEB eine Schaltung entwickelt, die eine Integrationszeit von 60 ns zulässt und gleichzeitig für die nächste Strahlkreuzung den Anfangszustand wieder besser als 1% des Integrals erreicht. Das Signal wird mit 12 bit Auflösung digitalisiert. Als digitale Kontrollsignale braucht die Schaltung ein Taktsignal zur Konvertierung des Pulses und einen Puls, der das Zeitfenster der Entladung steuert. Das Intervall für das Integral ergibt sich aus dem Ende des Entladens und dem Zeitpunkt der Konversion. Teile der Schaltung wurden handverdrahtet getestet. Derzeit ist der Prototyp in Produktion.

Die Auslese und Weiterverarbeitung der digitalisierten Daten geschieht in einer gemeinsamen VME-basierten Entwicklung von FEA und ZEUS-Mitarbeitern. Dazu wird ein VME-Crate mit 14 Memory Boards und einem Trigger Board sowie einem kommerziellen CPU Board bestückt. Jedes Memory Board sammelt die Daten von 16 Kanälen (seriell über die Frontplatte zugeführt), verarbeitet diese Daten (alle 96 ns) nach einem vorgegebenen Algorithmus (zum Beispiel Summe) und sendet diese Information an das Trigger Board (über eine speziell angefertigte Backplane). Auf dem Trigger Board wird entschieden, ob die Daten eingelesen oder verworfen werden sollen. Für die Dauer dieses Entscheidungsvorgangs werden die Daten in digitalen Pipelines auf den Memory Boards gehalten. Die akzeptierten Daten werden in Dual-Port Memories gespeichert und dann über den VME Bus ausgelesen. Von der Gruppe FEA wurden Memory-Module (20 VME-Module), Pipelines und Speicher (80 Mezzanine Boards), Backplane (Kommunikation zwischen Memory und Trigger Boards) sowie Testadapter für die Mezzanine Boards entwickelt und gefertigt. Die Entwicklung der Prototypen wurde abgeschlossen; die ersten Tests werden im Februar 2001 durchgeführt.

Detektoren für den Strahlenschutz

Beim Betrieb des Photoinjektors in Zeuthen (PITZ) wird die Dosisleistung in der Umgebung des Beschleunigers mit Ionisationskammern und neutronenempfindlichen Proportionalzählrohren ständig überwacht und protokolliert. Eine erhöhte Strahlenbelastung führt bei der Überschreitung von vorgegebenen Grenzwerten automatisch zur Unterbrechung des Betriebes. Die Gruppe FEB hat die Ausleseelektronik für die Detektoren entwickelt und die Gruppe FEE hat die Software für den Betrieb der Anlage und die Datenerfassung erstellt.

Für die Ionisationskammern war bereits 1999 ein hochsensitiver Verstärker (bis 1 pA) fertiggestellt worden. Im Berichtszeitraum wurde ein weiterer Analogverstärker für den Nachweis von Neutronen über Pulse eines Borfluorid-Proportionalzählrohres entwickelt. Ein Schwellendiskriminator sorgt für Unterdrückung von Photonen. Beide Verstärkertypen werden über einen gemeinsamen Digitalteil ausgelesen, der zwei Hauptfunktionen erfüllt. Er zählt zum einen die Anzahl der Impulse als Maß für die Strahlendosis und vergleicht ständig den zeitlichen Abstand zweier aufeinanderfolgender Pulse mit einem Schwellenwert, um bei Unterschreitung einer Schwelle ein Alarmsignal auszulösen. Zum anderen kommuniziert er über einen Feldbus (CAN) mit dem übergeordneten Kontrollrechner.

Die Software gliedert sich in drei Hauptkomponenten für Konfiguration und Betrieb, Datenspeicherung sowie Visualisierung. Die erste Komponente wurde als eigenständige C++ Applikation unter LINUX auf einem Industrie-PC entwickelt. Separate Prozesse wickeln die Kommunikation mit den Schnittstellen zur SQL-Datenbank, dem Feldbus und der Benutzeroberfläche ab, die als eigenständiges JAVA-Programm implementiert ist. Dieser Ansatz ermöglicht es, die graphische Benutzeroberfläche auch außerhalb von Zeuthen zu betreiben und vereinfacht so wesentlich die Wartung der Programme. Selbstverständlich ist durch geeignete Sicherheitsmaßnahmen ein unbefugter Zugriff von außen unterbunden. Die Datenspeicherung erfolgt in eine kommerzielle SQL-Datenbank, so dass die Datenanalyse mit Standard-Werkzeugen leicht möglich ist.

Das System ist bereits von der Strahlenschutzgruppe getestet und vor Ort in Zeuthen installiert.

Transientenrekorder

Bei HERA und TTF stellt sich oft die Aufgabe, die Ursache für Fehlerzustände eindeutig zu erkennen. Dazu dient die Erfassung schneller analoger und digitaler Vorgänge mittels eines Transientenrekordersystems, das von den Gruppen FEB und FEA entwickelt wurde. Das Besondere an diesem System ist die synchrone Datenerfassung am ganzen Beschleuniger und ein Archiv, das zu einem Ereignis alle Messungen enthält, die an weit verstreuten Messorten erfasst wurden. Die Signalkonversion wird direkt vor Ort von Tastköpfen

durchgeführt, die eine Auflösung von 12 Bit und eine einstellbare Taktrate von maximal 100 kHz aufweisen. Die erfassten Daten werden in einen 8 k tiefen Speicher geschrieben. Parallel dazu werden diese in Echtzeit auf Besonderheiten analysiert und damit gegebenenfalls eine Archivierung aller Messungen ausgelöst.

Bei HERA sind die Komponenten Quenchprotection, Energieversorgung und Proton-HF mit derartigen Geräten ausgerüstet. Die Anbindung an das Kontroll- und Archivsystem von HERA wird ständig weiterentwickelt. Die Klystrons des HERA-Elektronenrings benötigen schnellere Datenerfassung (1 MHz), 10 Bit Auflösung und eine Spannungsfestigkeit von 30 kV, die zwischen Tastkopf und Steuereinheit als Transienten auftreten können.

Im Prototyp wurde ein DC-DC Wandler mit 30 kV Isolation fertiggestellt, mit dem die Energieversorgung eines Tastkopfes erfolgen kann. Der Strom wird als 10 MHz-Wechselspannung durch 1 nF Kondensatoren übertragen. Die Signalübertragung zwischen Steuerung und Tastkopf über die 30 kV-Barriere wird mit optischen 20 Mbaud-Fasern realisiert, auf denen die Daten seriell, aber asynchron verzögert, zu einem 1 MHz-Taktsignal übertragen werden.

Die erforderliche Elektronik wurde im Hinblick auf den Stromverbrauch der isolierten Seite optimiert. Es wurde ein Prototyp erstellt, der diesen Datenstrom wieder zum Taktsignal synchronisiert und die Weiterverarbeitung mit Komponenten der Standard Transientenrekorder erlaubt.

Temperaturüberwachung für HERA

Nach der Luminositätserhöhung müssen die Temperaturen einiger Komponenten des HERA-Beschleunigers ständig überwacht werden, um bei Übertemperaturen den Elektronenstrahl abzuschalten und so die Experimentieranlagen zu schützen.

Die Gruppe FEB entwickelt ein Elektroniksystem, bei dem Strahlenresistenz, ein erweiterter Temperaturbereich, Wartbarkeit, sichere Datenübertragung über lange Strecken und Ausfallsicherheit von großer Bedeutung sind. Wegen des geringen Rauschabstandes, der geforderten Genauigkeit und des Strahlungspegels

wird die Temperatur nahe an den vom Kunden vorgegebenen Pt100-Sensoren in eine Frequenz umgewandelt. Dieses digitale Signal wird über lange Kabel in die HERA-Experimentierhallen übertragen und über volle Perioden der 230 V-Netzfrequenz ausgezählt. So wird Rauschen aufgrund von Einstreuung aus dem Stromnetz vermieden. Es stehen 10 Messwerte pro Sekunde zur Verfügung. Vergleiche mit Schwellen lösen Alarm aus, der zum Dump der Elektronen führt. Zusätzliche Eingänge erlauben es externen Quellen des HERA-Beschleunigers und der Experimente, den Strahl zu stoppen. Ein lokaler Rechner sammelt und speichert die Messwerte, übermittelt die Daten über Intranet an das HERA-Archivsystem und versorgt außerdem das Betriebspersonal mit Informationen über den Betriebszustand der einzelnen Elektronikkomponenten. Eine Fernbedienung des Systems ist ebenfalls möglich, allerdings beschränkt auf Aktionen, die eine Betriebssicherheit nicht beeinträchtigen.

Vom Digitalisierer stand bereits zu Jahresbeginn ein Prototyp zur Verfügung, der zur Serienreife weiterentwickelt und in größerer Stückzahl gefertigt wurde. Die übrigen Elektronikkomponenten sind alle als Prototyp vorhanden und einzeln getestet. Nach den derzeitigen Tests, bei denen das Zusammenspiel der einzelnen Komponenten im Gesamtsystem im Vordergrund steht, ist eine Freigabe für die Serienfertigung Anfang 2001 zu erwarten.

Parallel dazu betreibt die Gruppe FEB in enger Zusammenarbeit mit MPY die Vorbereitung des Einbaus des Temperaturüberwachungs- und Alarmsystems in den HERA-Beschleuniger.

Silizium-Driftdetektorsystem

Die Gruppe FEC ist seit Mitte 1998 an der Entwicklung eines Silizium-Driftdetektorsystems für röntgenographische Experimente. Wie dem Vorjahresbericht zu entnehmen ist, besteht die Auswerteelektronik aus einem A/D-Wandlermodul, einem optischen Übertragungs- und Steuersystem sowie einem Multikanalanalysator (MCA), wobei die letztgenannten Module bereits 1999 fertiggestellt wurden. Im Berichtszeitraum konzentrierten sich die FEC-Entwicklungsarbeiten unter anderem auf die Fertigstellung des A/D-Wandlermoduls, dessen Aufbau im Folgenden

beschrieben wird. Abbildung 81 zeigt die Fotografie des A/D-Wandler-Moduls, bestehend aus einer Mutterkarte im Europakartenformat $10 \times 16 \text{ cm}^2$ und 20 Multi-Chip-Modulen (MCMs) der Größe $26 \times 12 \text{ mm}^2$.

In der linken, unteren Ecke der Abbildung ist die Mutterkarte beidseitig mit 80-poligen SMD-Steckverbindern bestückt, die die elektrische Schnittstelle zu zwei vorgeschalteten Detektormodulen bilden. Eine differentielle Signalführung in den Innenlagen der Mutterkarte stellt eine parasitätsarme, elektrische Anbindung an die aufgesteckten MCMs sicher. Jedes dieser Module bereitet den einfließenden Analogdatenstrom zunächst auf und tastet diesen anschließend mit einer Wiederholrate von bis zu 6 MS/s synchron ab. Ein monolithischer A/D-Wandler auf dem MCM digitalisiert die Abtastwerte mit einer nominellen Auflösung von 12 Bit. Ein weiteres Bit signalisiert eine Über- bzw. Unterschreitung des erlaubten Dynamikbereiches und wird zusammen mit den digitalisierten Analogwerten in einem Schieberegister zu einem seriellen Datenstrom von 78 Mbit/s verarbeitet.

An einer bipolaren Spannungsversorgung von $\pm 5 \text{ V}$ trägt die Leistungsaufnahme eines MCM etwa 500 mW. Für den eingestellten Dynamikbereich von $\pm 1.5 \text{ V}$ am symmetrischen 100Ω Leitungsabschluss beträgt das effektive RMS-Rauschen $\sigma \leq 0.8 \text{ LSB}$. Vier digitale Datenkanäle, die der Übertragung von Kontroll- und Zeitinformationen zum MCA dienen, bilden zusammen mit den 20 Analogkanälen einen 24 Bit breiten Datenbus. Eine nachgeschaltete 24:12 Multiplexstufe fasst die Datenströme von zwei benachbarten Kanälen alternierend zusammen und bildet so einen parallelen, 12 Bit breiten Datenausgang, auf den über eine Steckerleiste am oberen Modulende zugegriffen werden kann. Der Gesamtdatendurchsatz über diese Steckverbindung beträgt etwa 1.8 Gbit/s. Über einen zweiten Steckverbinder lassen sich bis zu 14 externe Spannungsquellen zur Versorgung der vorgeschalteten Detektormodule anschließen. Entsprechende Filternetzwerke und zusätzliche A/D-Wandler auf der Mutterkarte dienen der Filterung und digitalisierten Spannungsmessung.

Kontrolliert wird das Gesamtmodul über einen asynchronen, 24 Bit breiten Datenbus. Die externe Modulsteuerung und Spannungsversorgung erfolgt über den zweiten Steckverbinder am oberen Ende der Mutterkarte. Mit Hilfe eines 7-zelligen Detektormoduls (siehe

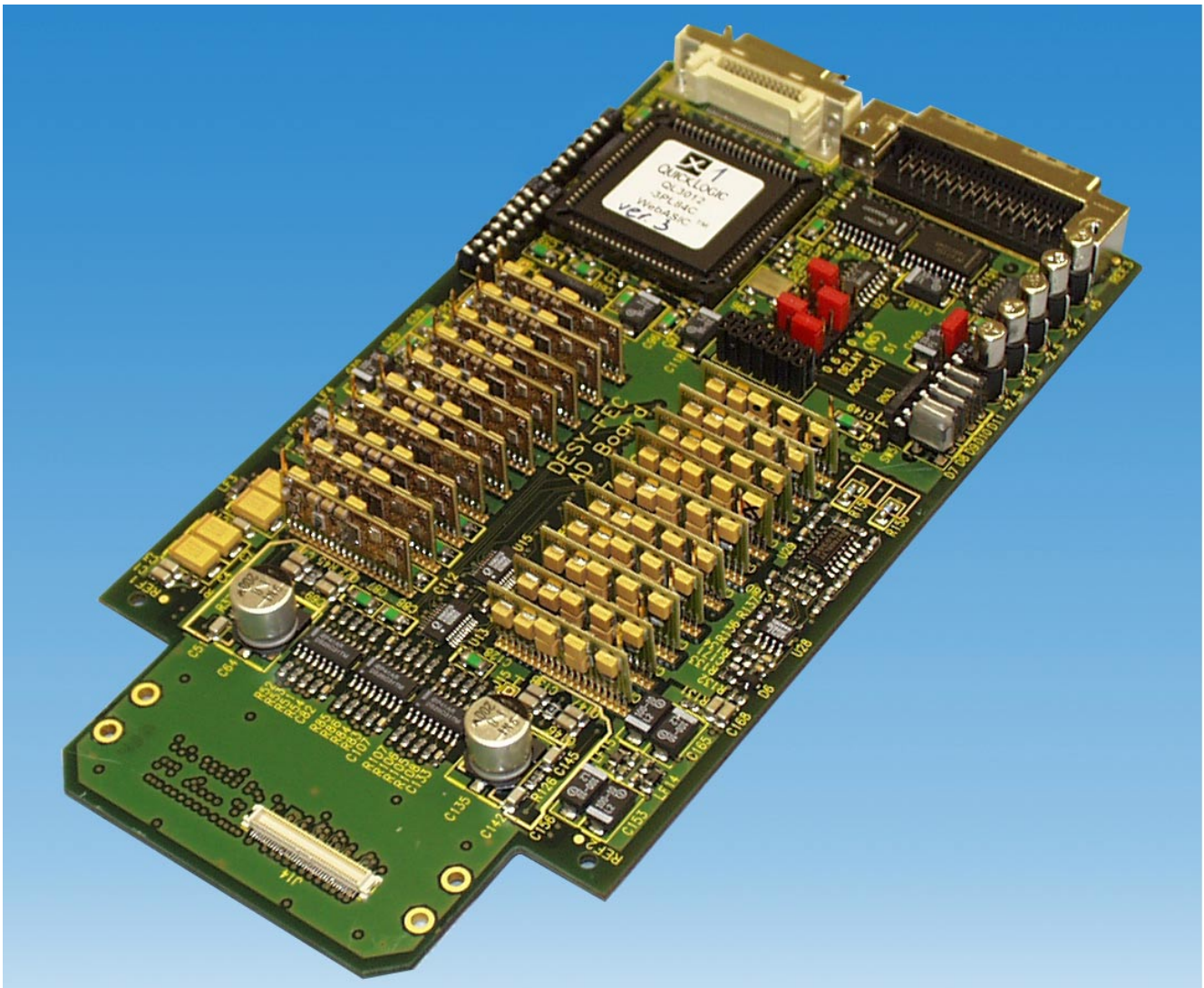


Abbildung 81: A/D-Wandler-Modul des Silizium-Driftdetektorsystems.

Jahresbericht 1999) und des MCA konnte die prinzipielle Eignung dieses Wandlermoduls auch unter den experimentellen Rahmenbedingungen am HASYLAB nachgewiesen werden. Weitere Systemtests im Zusammenspiel mit allen Systemkomponenten sowie die Weiterentwicklung der Software sind für das kommende Jahr vorgesehen.

H1-BPC Ausleseelektronik

Das H1-Experiment wird derzeit um eine Proportional-kammer zur Messung des Winkels tiefunelastisch gestreuter Elektronen (BPC) für die HERA-Luminositäts-erhöhung 2000/2001 erweitert.

Im Rahmen dieses Vorhabens entwickelte die Gruppe FEC die Ausleseelektronik unter besonderer Berücksichtigung eines reduzierten Verkabelungsaufwandes für Signale von insgesamt 5200 Drähten. Das zugrunde liegende Auslesekonzept basiert auf dem Einsatz der 128-kanaligen, integrierten CMOS-Schaltung vom Typ APC128. Dieser Chip enthält die Vorverstärker und nachgeschalteten Analogwertspeicher sowie einen Multiplexer zur seriellen Datenauslese und ermöglicht so bereits chipseitig eine sequentielle Auslese

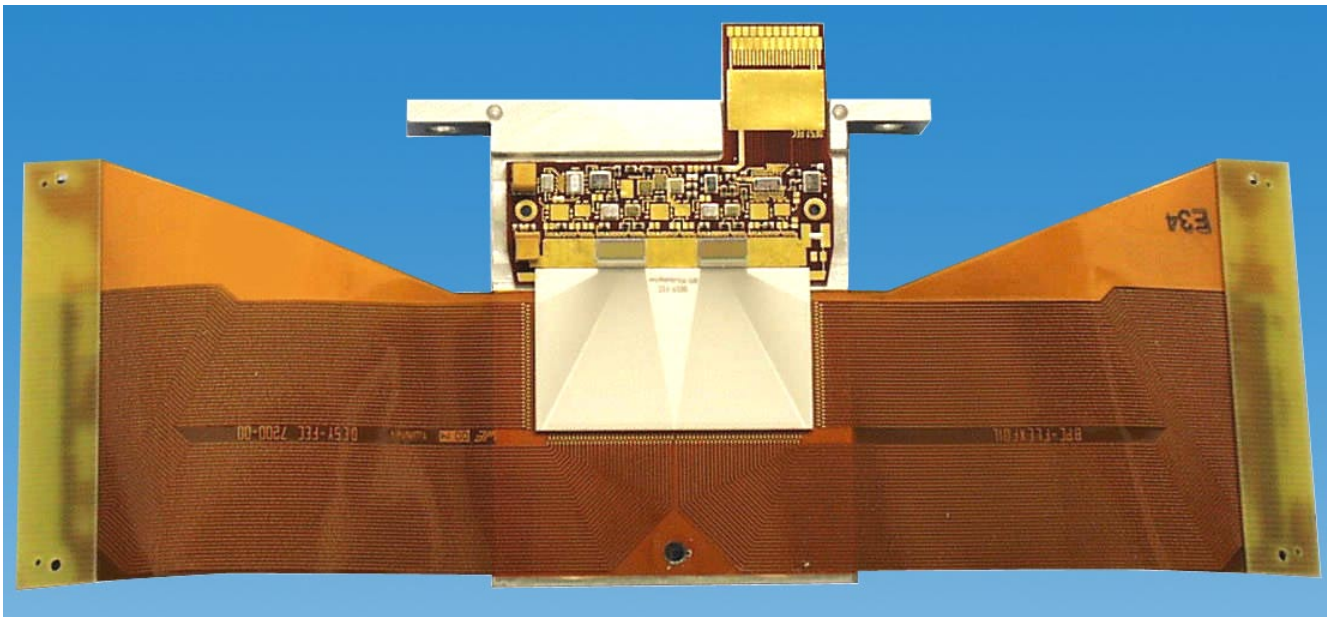


Abbildung 82: Foto der Front-End-Ausleseelektronik der H1-, „Backward Proportional Chamber“ (BPC).

von 128 Detektorkanälen. Der hybriden Aufbautechnik lag die Forderung nach einem 50-fachen Fan-In zugrunde, um den Abstand der Kammerdrähte von 2.5 mm an den Padabstand des Auslesechips von 50 μm adaptieren zu können. Abbildung 82 zeigt die Fotografie des entwickelten Gesamtaufbaus.

Ein Grundträger aus Aluminium trägt eine Hybridschaltung mit zwei APC128 und eine „flügelartige“, flexible Anschlussfolie zur elektrischen Anbindung an die Drahtkammer-Anschlussleiterplatte. Eine Vielzahl von Bondverbindungen und 15 μm breite Leiterbahnen aus Aluminium auf einer Al_2O_3 -Keramik (in Bildmitte) verbinden die Eingangspads der Chips auf der Hybridschaltung mit den folienseitigen Anschluss pads an der unteren und an den seitlichen Kanten des Keramikträgers.

Diese Gesamtanordnung wird zum Schutz der Bondverbindungen abschließend durch einen Deckel abgedeckt (nicht gezeigt). Zwei Plättchen aus FR4-Material versteifen die äußeren Folienenden, um ihre rückseitige Bestückung mit zwei 180-poligen Steckverbindern in Feinstleiter-SMD-Technik zu vereinfachen. Entsprechende Buchsenleisten befinden sich auf der Anschlussleiterplatte der Drahtkammer.

Der analoge Ausgang sowie sämtliche digitalen Steuerkanäle im oben herausstehenden Anschlussbereich der Hybridschaltung bilden die elektrische Schnittstelle zur nachgeschalteten Auswerteelektronik. Sie kann mit Hilfe eines 24-poligen ZIF-Steckverbinders kontaktiert werden. Auf diese Weise werden insgesamt bis zu 256 Detektorkanäle mit einer maximalen Abtastrate von etwa 4 MS/s sequentiell über ein einziges Folienkabel ausgelesen.

Der Hybridschaltung lag die Vorgängerentwicklung eines organischen Mehrlagenträgers auf Polyimidfolienbasis des im Betrieb befindlichen H1-VLQ-Trackers (vgl. Jahresbericht 1998) zugrunde. Diese wurde für den neuen Einsatz modifiziert. Die Fertigung einer Kleinserie von 40 Modulen wird voraussichtlich im kommenden Jahr beendet sein.

Verschiedene Entwicklungen

Zur Messung von Multibunch-Schwingungen in HERA wurde für die Gruppe MPY ein Clock-Generator entwickelt. In diesem Modul werden (abgeleitet von einem 208.166 MHz Referenz-Signal) diverse Referenz- und Synchronisationssignale erzeugt, die von den anderen

Modulen benötigt werden. Der Prototyp des Clock-Moduls befindet sich zur Zeit in der Fertigung.

Für das HERA-B Fast Control System wurden einige kleinere Weiterentwicklungen durchgeführt, die im Wesentlichen zur Erleichterung von Fehlerdiagnosen dienen. Der FE-Teil des Projektes wurde abgeschlossen und an die HERA-B Gruppe übergeben. HASYLAB und TTF wurden mit der Entwicklung von Elektronik zur differentiellen Signalübertragung unterstützt. Für die Strahltrajektorienmessung des TTF-Teststrahls wurden in Zusammenarbeit mit der Gruppe FDET Anfang 2000 zwei Prototypen einer hybrid integrierten Steuer- und Verstärkerelektronik mit jeweils vier orthogonal zueinander angeordneten Silizium-Pixeldetektoren fertiggestellt, deren Einsatz für 2001 geplant ist.

In einem zweiten EU-geförderten F&E-Vorhaben, das sich mit der Entwicklung und Realisierung eines Gasedetektor-Systems für hohe Zählraten und Dynamik befasst (unter anderem HASYLAB), entwickelt die Gruppe FEC den Messaufnehmer in Form einer 1280-kanaligen Anodenstruktur sowie die dazugehörige Hybridschaltung mit der detektornahen Ausleseelektronik. Diese Projektbeteiligung befindet sich derzeit noch im Anfangsstadium. Mit der Fertigstellung eines ersten Prototyps wird im kommenden Jahr gerechnet.

Service-Tätigkeiten

Die Service-Gruppe (FEPOS) führte insgesamt etwa 670 Reparaturen elektronischer Geräte für verschiedene Gruppen bei DESY durch. Davon betrug der Anteil an EDV-Komponenten etwa 70%. Zusätzlich wurde der Geräteverleih im Elektronik-Pool betreut und im Rahmen der Altgeräteverwaltung für eine sinnvolle Verwertung bzw. Abgabe alter Elektronik gesorgt.

Von der Gruppe FEPOS wird ebenfalls die gesamte Hörsaal- und Seminarraum-Betreuung wahrgenommen, und es werden notwendige Erweiterungen bzw. Modernisierungen der Hörsaaltechnik im Audio- und Videobereich in Zusammenarbeit mit der Gruppe FEA durchgeführt. Zusätzliche Aufgaben waren Rechner-Administration für die Verwaltung und umfangreiche Geräte-Tests für die Auswahl von PC-Standardkomponenten in Zusammenarbeit mit dem Z-Bereich.

Von der Gruppe FEA wurden teilweise sehr umfangreiche Service-Tätigkeiten durchgeführt auf den Gebieten Terminalserver, ISDN und Videokonferenzanlagen. Die Betreuung des EDA-Systems (Mentor Graphics) hat im Berichtsjahr wiederum einen großen Teil der Service-Kapazität in Anspruch genommen. Um insbesondere die durch die intensivere Benutzung der Analog-Simulation und der FPGA-Entwicklung mittels VHDL stark zugenommenen Anforderungen an CPU-Leistung, Speichergröße und Plattenkapazität erfüllen zu können, wurde ein neuer SUN-Server angeschafft und installiert.

Ein Mitarbeiter von FEA unterrichtete alle betroffenen DESY-Auszubildenden auf dem Gebiet der Elektronik. FEPOS betreute einen Auszubildenden und einige Praktikanten.

Mitarbeiter von FEB waren an Wartungs- und Weiterentwicklungsarbeiten von ZEUS und HERA beteiligt. Einige Mitarbeiter beteiligten sich an der Rufbereitschaft für die HERA-Quenchprotection. Im Berichtsjahr wurden wiederum zwei Mitarbeiter von FEA abgestellt für Tätigkeiten bei H1, ein weiterer Mitarbeiter war nahezu vollständig für ZEUS tätig. Hier wurde eine zweite Version verschiedener Module für den Micro-Vertex-Detektor (MCX, IO- und Interrupt-Platine) fertig gestellt, die nun in die Fertigung gehen. Neben der eigentlichen Entwicklungstätigkeit wurden von der Gruppe FEA umfangreiche Layoutarbeiten für verschiedene DESY-Gruppen geleistet.