

Abbildung 66: 2.488 Gbit/s-Transmitter zur Messdatenübertragung im Si-Driftdetektor-System.

# 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 für spezielle Softwareentwicklungen (FEE).

## Service-Tätigkeiten

Die Service-Gruppe (FEPOS) führte mehr als 840 Reparaturen an elektronischen Geräten für die verschiedenen DESY-Gruppen durch; der Anteil an Reparaturen an EDV-Komponenten ist dabei deutlich gestiegen und lag im Berichtsjahr bei 63%.

Neben der Verwaltung des Elektronik-Pools und der Organisation des Geräte-Verleihs wurde von FEPOS die Aufgabe wahrgenommen, im Rahmen der Altgeräteverwaltung für eine sinnvolle Weiterverwendung nicht mehr benötigter Elektronik zu sorgen.

Von zwei Mitarbeitern wurden Tätigkeiten für den Z-Bereich ausgeführt und zunehmend Aufgaben im Zusammenhang mit WindowsNT übernommen; der Schwerpunkt lag vor allem in der Einführung von WindowsNT in der Verwaltung und in der Administration in Zusammenarbeit mit der NT-Projektgruppe.

Die Betreuung der Audio- und Video-Anlagen in den Hörsälen und Seminarräumen lag in den Händen von FEPOS und FEA, und es wurde eine Reihe von Erweiterungen und Modernisierungen durchgeführt.

Weiterhin wurden teilweise sehr umfangreiche Tätigkeiten durchgeführt auf den Gebieten Terminalserver, ISDN, technische Betreuung der Videokonferenzanlage (FEA), Wartung von ZEUS und HERA (FEB), Rufbereitschaft für HERA (FEB), sowie Bestückungs- und Bonddienstleistungen für H1 und TTF (FEC).

Die Anforderungen an das von der Gruppe FEA betreute EDA-System „Mentor Graphics“ sind im Berichtsjahr im normalen Umfang gestiegen und konnten ohne größere Investitionen in die Server-Hardware befriedigt werden. Zur Zeit gibt es etwa 20 Benutzer aus verschiedenen Gruppen, die das Mentor-System benutzen.

Die existierenden Server sind damit voll ausgelastet, der Anschluss weiterer X-Terminal-Arbeitsplätze (Standard-PCs unter WindowsNT mit X-Terminal-Software) würde eine Erweiterung der Server-Installation erforderlich machen.

Der unter anderem aus Sicherheitsgründen notwendige Übergang auf das jetzt aktuelle Betriebssystem SOLARIS 2.7 wurde auf allen Servern durchgeführt.

Auf dem Gebiet der Ausbildung wurden ein Auszubildender (FEPOS), mehrere Praktikanten aus verschiedenen Gruppen sowie die DESY-Auszubildenden auf dem Gebiet der Elektronik (FEA) betreut.

## Projekte

### HERA-B „Fast Control“ System

Die Arbeiten für das HERA-B „Fast Control“ System (FCS) beanspruchten auch in diesem Jahr einen Teil der Kapazität der Gruppe FEA. Das FCS ist ein zentraler Teil des Datenerfassungs-Systems des HERA-B Experiments. Es dient unter anderem zur hochgenauen (Jitter und Skew < 500 ps) Verteilung des von der Maschine gelieferten Bunch Crossing Signals an etwa 250 Crates am Detektor, zur Verarbeitung und Weiterverteilung der vom First Level Trigger erzeugten Information, sowie zur Behandlung der „Slow Control“ Anweisungen wie Starten und Stoppen der Datennahme, Erzeugung von Statistik-Informationen und

Funktionsüberwachung der Datennahme-Module. Neben der Durchführung verschiedener Modifikationen wegen geänderter Anforderungen wurde eine Reihe von zusätzlichen Funktionen implementiert, um eine bessere Überwachung der Datenübertragung und die Suche nach eventuellen Fehlern in anderen Modulen zu erleichtern. Die Produktion und Auslieferung sämtlicher für das Experiment angeforderter Module (etwa 250 „Tochter-Module“ und 250 „SHARC-Module“) wurde im Berichtsjahr abgeschlossen.

### Detektorkarte für den Strahlenschutz

Es wurde ein Konzept für die Strahlenschutzgruppe (D3) erarbeitet, wie die veraltete und zunehmend schwerer zu wartende Strahlenschutzanlage erneuert werden kann. Die in diesem Zusammenhang im Vorjahr in Zusammenarbeit mit den Gruppen Strahlenschutz und FEE von der Gruppe FEB entwickelte Frontendkarte zum Einbau in die Strahlenschutz-Detektoren erwies sich als so empfindlich, dass sie zur Überwachung des Testbeschleunigers in Zeuthen eingesetzt werden kann. Ein System aus vier Kammern mit Elektronik wird für den Einsatz in Zeuthen vorbereitet. Dies ermöglicht auch den Langzeittest eines Systems, welches das existierende Strahlenüberwachungssystem bei DESY ersetzen kann.

### Transientenrekorder

Bei HERA und TTF stellt sich oft die Aufgabe, die Ursache für Fehlerzustände eindeutig zu erkennen. Dazu dient die Erfassung schneller Vorgänge, analog oder digital, synchron zu einem Taktsignal, das einheitlich für die ganze Maschine ist. Da die Signalquellen oft nur an weit verstreuten Stellen auftreten und der hochohmige Transport dieser Signale nicht ohne große Qualitätsverluste möglich ist, wurde von den Gruppen FEB und FEA ein Transientenrekordersystem entwickelt, bei dem die Signalkonversion vor Ort durchgeführt wird und Signale nur digital übertragen werden. Die Konversion erfolgt synchron zu einem externen Takt oder mit einer einstellbaren Taktrate (maximal 100 kHz) mit 12 Bit Auflösung für analoge Werte. Die Werte, Zählraten oder logischen Zustände werden in einen 8 k tiefen

Speicher geschrieben. Die geforderten Geräte wurden gefertigt, getestet und an verschiedenen Stellen, zum Beispiel von MHF-p, in Betrieb genommen. Es stehen neben einer Anzahl von „Tastköpfen“ auch mehrere Typen von Datensammel- und Triggereinheiten zu Verfügung. Zur Zeit wird die Entwicklung eines Tastkopfes weiter getrieben, der transiente Signale an den Klystron-Netzgeräten von HERA auch während einer Abschaltung messen kann. Die dabei auftretenden Spannungen von etwa 30 kV stellen ein besonderes Problem dar, namentlich für die Versorgung des Tastkopfes. Eine Lösung mit einem Transformator musste aus Platzgründen, wegen des hohen Gewichts und der Kosten verworfen werden. Erste Versuche mit einer kapazitiven Stromversorgung zeigen erfreuliche Ergebnisse; die elektrischen Rückwirkungen sind akzeptabel.

### Monochromator-Stabilisierung

Für HASYLAB wurden von der Gruppe FEB in Zusammenarbeit mit HASYLAB digitale Stabilisierungen der Röntgenstrahl-Monochromatoren entwickelt, gefertigt und in Betrieb genommen. Die erzielbare Regelgenauigkeit hängt hauptsächlich von der Trägheit der Regelstrecke und der Qualität der Strahlintensitätssignale ab, wie im Jahresbericht 1999 von HASYLAB geschildert wurde. Die Stabilisierungen (DMOSTAB) sind an DORIS (HASYLAB und EMBL) sowie am ESRF im Einsatz. Da es auch Anfragen von anderen Labors gab, laufen zur Zeit Lizenzverhandlungen mit einer Elektronikfirma im Hamburger Raum.

### Temperaturüberwachung für HERA

Im Rahmen der Luminositätserhöhung werden zur Überwachung der Synchrotronstrahlungs-Absorber in HERA von mehreren Gruppen Temperatursonden benötigt, an deren Entwicklung die Gruppe FEB arbeitet. Aufgabe der Elektronik ist es, rechtzeitig Übertemperaturen zu entdecken und gegebenenfalls den Beschleuniger HERA-e abzuschalten. Strahlenresistenz, erhöhter Temperaturbereich, Wartbarkeit, sichere Datenübertragung, einfache Montage und Ausfallsicherheit sind daher von großer Bedeutung. Als Sensor wurden vom Anwender Widerstandssensoren (Pt100) vorgegeben. Kommerzielle Temperatúrauslesen scheiden

aus Sicherheitsgründen und wegen mangelnder Strahlungsresistenz aus. Wegen des geringen Rauschabstandes, der geforderten Genauigkeit von wenigen Grad bei Betriebstemperaturen von bis zu 500 °C und des Strahlungspegels ist ein Verstärker mit eingebautem Digitalisierer nahe am Sensor unter dem Abschirmbeton gewählt worden.

Abbildung 67 zeigt einen Prototyp des Digitalisierers, der auf einer DIN-Schiene im Elektronikkanal montiert werden kann.

Die digitalen Signale laufen auf einer eigenständigen digitalen Elektronik auf, die die aktuellen Werte im 100 ms Takt (Vielfaches von 20 ms) mit ladbaren Maskenwerten vergleicht. Jede Temperatur kann jederzeit abgefragt und der Zustand des Maskenvergleichs beobachtet werden. Wird eine Schwelle über- oder unterschritten, so öffnet ein Relaiskontakt. Die Schwellen werden vom Kontrollsystem via Intranet in die Hardware geschrieben bzw. daraus ausgelesen. Der lokale Rechner übernimmt auch die Kommunikation mit den Archivrechnern bei HERA. Eine Speichertiefe von vielen Minuten lässt sich leicht verwirklichen. Bei Bedarf kann die gemessene Temperaturverteilung benutzt werden, um die vermutete Lage des Strahlenfächers zu errechnen.



Abbildung 67: Prototyp des Digitalisierers (HERA Temperaturüberwachung).

Zur Zeit befindet sich die erste Lieferung der Eingangswandler im Prüffeld. Die digitale Elektronik und das Rechnersystem werden vorbereitet für den Einbau in den Beschleuniger ab September 2000.

## Silizium-Driftdetektorsystem

FEC beteiligt sich seit Mitte 1998 an einem Forschungsvorhaben zur Entwicklung eines Silizium-Driftdetektor-Systems für röntgenholographische und EXAFS-Experimente. Im vergangenen Jahr wurden zusammen mit Mitarbeitern des HASYLAB und des Halbleiterlabors des MPI entsprechende Feldversuche mit einem 7-zelligen Prototypensystem abgeschlossen (siehe HASYLAB-Jahresbericht), deren Resultate in die Entwicklung eines 120-zelligen Detektorsystems münden. Im Rahmen dieser Messungen konnte die Eignung analoger Systemgrößen (Koppelkapazität zum Detektor, Zeitkonstanten der ladungsempfindlichen Vorverstärker- und Filterstufe) verifiziert werden, die nunmehr im Chipdesign Anwendung finden.

Das aufgeführte Blockschaltbild (Abb. 68) zeigt die erforderliche Systemumgebung, deren modularer Aufbau auch einen Ausbau auf mehr als 1000 Kanäle sicherstellt. FEC bearbeitet alle hier gezeigten Baugruppen und Module mit Ausnahme der Detektorarrays.

In Zusammenarbeit mit Mitarbeitern von ZM31 (Technische Infrastruktur DESY) wurde eine erste Serie empfindlicher Graphit-Gehäuseteile mit einer Fertigungstoleranz von unter 50 µm gefertigt. Analytische Feldberechnungen und numerische Feldsimulationen, die in Zusammenarbeit mit MPY durchgeführt wurden, haben gezeigt, dass sich die elektrischen Verbindungen zwischen Detektor und Chip mittels flexibler Anschlussfolie und AlN-Dünnschichtkeramik mit etwa 15 µm breiten Leiterbahnen bei minimalen Abständen von etwa 30 µm hinreichend parasitärarm realisieren lassen: Die Koppelkapazität zwischen benachbarten Leitungen beträgt maximal etwa 60 fF, die Streukapazität einer Signalleitung gegen Masse erreicht 1.4 pF. Induktive Einflüsse können aufgrund der endlichen Spektralkomponenten bis etwa 3 MHz vernachlässigt werden. Numerische Berechnungen zum thermischen Modulverhalten, die einer Moduloptimierung dienen, wurden experimentell verifiziert. Die Herstellung modulinterner Komponenten,

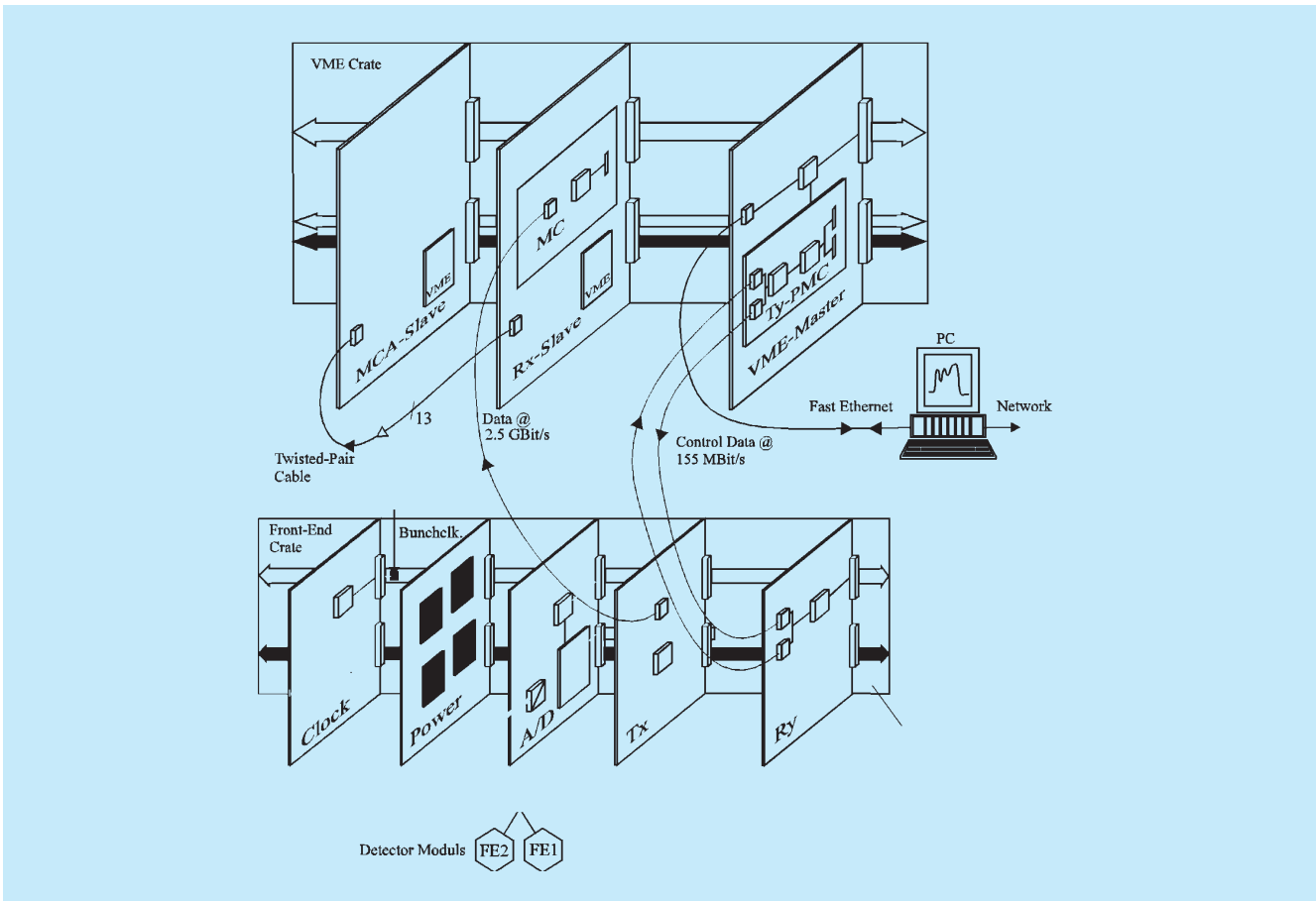


Abbildung 68: Vereinfachtes Blockschaltbild des Si-Driftdetektor-Systems.

wie Detektorarray, elektrische Verbindungskomponenten und Strahlungsschild, sowie die Fertigstellung eines ASIC-Prototyps ist für das kommende Jahr geplant.

Die nachgeschaltete Elektronik besteht aus einem AD-Wandlermodul, einem optischen Übertragungssystem sowie einem Multikanalanalysator und verarbeitet die Daten von insgesamt 120 Detektorkanälen. Das AD-Wandlermodul besteht aus 20 hybrid integrierten 12-Bit-Wandlern mit jeweils einem seriellen Ausgang. Der Wandler arbeitet bei einer Abtastrate von etwa 6 MHz. Im vergangenen Jahr wurden Hybridprototypen erfolgreich getestet. Ein Prototyp der Mutterkarte im Europakartenformat wird in 2000 erwartet. Das Übertragungssystem stellt die Messdatenverbindung zwischen AD-Wandlermodul und dem VME-Multikanalanalysator sicher. Über eine Monomodefaser werden die Daten di-

gital mit einer standardisierten Rate von 2.488 Gbit/s übertragen. Abbildung 66 zeigt die Photographie der Senderschaltung im Europakartenformat. Die Empfängerkarte weist gleiches Format auf und wird als Tochterkarte auf einem VME-Modul betrieben. Die empfangenen und aufbereiteten Daten verlassen die VME-Mutter entweder über eine elektrische Frontplatten-Verbindung zum Multikanalanalysator oder sie werden in einem modulinternen RAM abgelegt und asynchron über den VME-Bus ausgelesen. Im Labor wurden Bitfehlerraten von etwa  $10^{-13}$  erreicht.

Die Systemsteuerung übernimmt ein kommerzielles VME-Mastermodul mit LINUX-betriebem Signalprozessor. Den ablaufsteuernden, bidirektionalen Kontrolldatenverkehr zwischen den detektornahen AD-Wandler- und Transmitter-Modulen und den VME-



Modulen obliegt einem weiteren digitalen optischen Übertragungssystem mit einer Baudrate von 155.52 Mbit/s. Abbildung 69 zeigt die zugrunde liegende Transceiver-Schaltung, die VME-seitig als PMC-Modul ausgelegt wurde. Der Zugriff auf die Steuerdaten erfolgt über den lokalen PCI-Bus des kommerziellen VME-Mastermoduls. Der Multikanalanalysator (MCA, entwickelt in Zusammenarbeit mit FEA) dient der Online-Signalverarbeitung des Eingangsdatenstromes von etwa 233 MByte/s. Im Histogramm-Modus werden Daten von 120 Driftzellen mit einer Auflösung von 4096 Klassen bei einer maximalen Zählertiefe von 33 Bit histogrammiert. Im Rohdatenmodus beträgt die Speichertiefe pro Zelle etwa 11 000 Ereignisse.

Mit den gezeigten Prototypen sowie dem ebenfalls fertiggestellten MCA-Prototyp sind für das kommende Jahr Systemtests geplant. Mit der Entwicklung geeigneter Steuer- und Auswertesoftware wurde bereits begonnen.

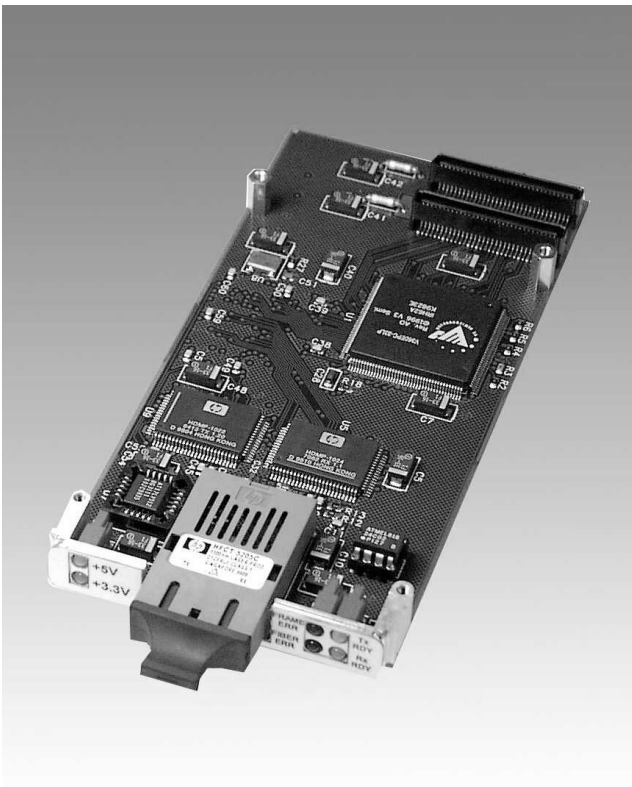


Abbildung 69: 155.52 Mbit/s-Transceiver zur Kontrolldatenübertragung im Si-Driftdetektor-System.

## Diverse Einzelentwicklungen

In Zusammenarbeit mit HASYLAB wurden von der Gruppe FEA verschiedene Versionen von Multikanalanalysatoren (VME, IP) entwickelt. Sie erlauben alle die Aufnahme von Spektren bei gleichzeitiger Möglichkeit der Auslese und sind an die verschiedenen, bei HASYLAB existierenden ADC/TDC-Geräte angepaßt.

Für MPY wurden mehrere Timing- bzw. Triggermodule entwickelt, die im Rahmen der Messungen von Multibunch-Schwingungen zum Einsatz kommen.

## Software-Aktivitäten

Für die meisten der oben erwähnten Entwicklungen wurden von der Gruppe FEE teilweise recht umfangreiche Testprogramme erstellt.

Zur Erleichterung der Tests von VME-Modulen wurde ein Testsystem entwickelt, das über eine interaktiv zu bedienende Benutzeroberfläche verfügt. Es erlaubt die Erzeugung von VME-Zyklen in allen Standard-VME Daten- und Adressformaten, die Darstellung und den Vergleich von eingelesenen Werten und die Generierung von Programmschleifen, ohne dass durch den Benutzer ein spezielles Programm geschrieben werden muß.

Mitarbeiter von FEE waren auch in diesem Jahr wesentlich beteiligt bei der Pflege des VMS-Systems und im Rahmen des WindowsNT-Projekts. Über Einzelheiten dieser Projekte wird an anderer Stelle berichtet.

## Verschiedenes

Im Berichtsjahr wurden wiederum zwei Mitarbeiter von FEA abgestellt für Tätigkeiten bei H1, ein weiterer Mitarbeiter war nahezu vollständig für ZEUS (Micro-Vertex-Detektor, MCX) bzw. D3 (Strahlenschutz-Überwachungsanlage) tätig.

Neben der eigentlichen Entwicklungstätigkeit wurden von FEA umfangreiche Layoutarbeiten (etwa 25 Einzelprojekte) für verschiedene Gruppen, wie FEB, HASYLAB oder HERA-B, geleistet.