

# Elektronikentwicklung

Gruppensprecher: M. Zimmer

Zur Abteilung „Elektronikentwicklung“ (FE) gehören die Fachgruppen für digitale Datenverarbeitung (FEA), analoge Signalverarbeitung (FEB) und die Gruppe für Opto- und Mikroelektronik (FEC). FE versteht sich als zentrale Servicegruppe, die Elektronikentwicklung und zugehörige Beratung für alle DESY-Gruppen anbietet. Vorschläge für neue Entwicklungsprojekte werden direkt von den Experimentiergruppen an die Leitung von FE oder der FE-Fachgruppen herangetragen. In die Entscheidung über die Durchführung werden je nach Projektumfang die Bereichsleitung sowie weitere Gremien mit einbezogen. Bei der Planung neuer Projekte kann FE schon sehr frühzeitig kontaktiert werden, um zum Beispiel Hilfestellung bei der Suche nach geeigneten Technologien oder der Ausarbeitung der Spezifikation geben zu können.

## Si-Recoil-Detektor für HERMES

Im Verlauf dieses Berichtsjahres setzte FEC das Konzept für ein Si-Streifendetektor (SSD)-Modul um (siehe auch Jahresbericht 2002). Die SSD-Module sollen im HERMES-Experiment Protonen nachweisen, die unter großem Winkel zur HERA-Strahlachse streuen. Acht Module, angeordnet in zwei Lagen um den Teilchenstrahl, bilden den Si-Recoil-Detektor. Der Prototyp dieses Moduls wurde in Zusammenarbeit mit den DESY-Gruppen HERMES, ZM und ZE fertig gestellt. Abbildung 137 zeigt Photographien von der Ober- (a) und Unterseite (b) des komplett bestückten SSD-Moduls, fixiert in einem Al-Träger einer Transportbox.

Die beiden doppelseitigen, jeweils 100 cm<sup>2</sup> großen SSDs wurden in einen Keramikrahmen aus Aluminium-Nitrid (AlN) eingeklebt. Die 128 Streifen- und 4 Versorgungsspannungskontakte einer Seite pro Detektor werden jeweils über die Leiterbahnstrukturen einer 50 µm

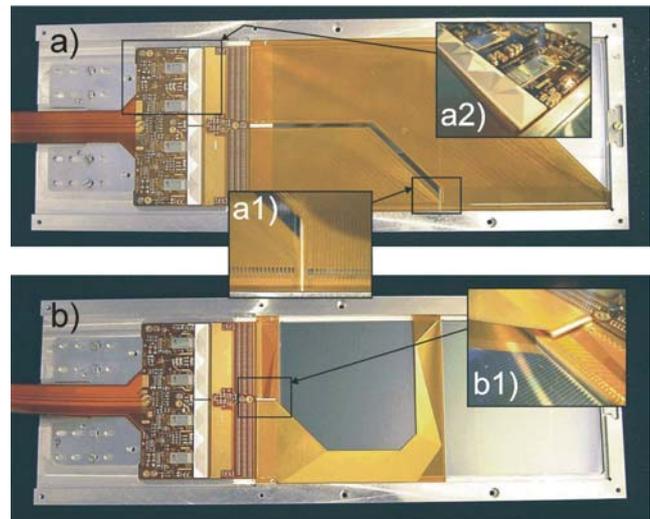


Abbildung 137: Ober- (a) und Unterseite (b) des komplett bestückten Silizium-Streifendetektormoduls für den HERMES Si-Recoil Detektor.

dicken, flexiblen Polyimid (PI)-Folie angeschlossen. Bonddrahtverbindungen durch einzelne, gelaserte Löcher in den Anschlussfolien kontaktieren die in einer Reihe horizontal angeordneten Kontakte der Oberseite der Detektoren (a1). Die Drahtverbindungen zwischen den in Abbildung 137b) vertikal verlaufenden Kontaktreihen auf den Folien und denen der Detektorunterseiten benötigen dagegen keine Löcher (b1). Ein keramischer Abstandhalter zwischen der unteren und oberen Folie dient dem Schutz der Bonddrähte auf der unteren Folie. Keramische Adapter in Al-Dünnschichttechnik passen den Kontaktabstand der Folien an den Kontaktabstand der Auslesechips an. Die Teilansicht a2) in Abbildung 137 zeigt eine 3D-Ansicht auf die Hybrid-schaltung mit den dazugehörigen Adaptern. Die vierlagige Hybrid-schaltung basiert ebenfalls auf der oben erwähnten PI-Technologie und integriert die analoge Auslese- und digitale Kontrollelektronik. Die elektri-

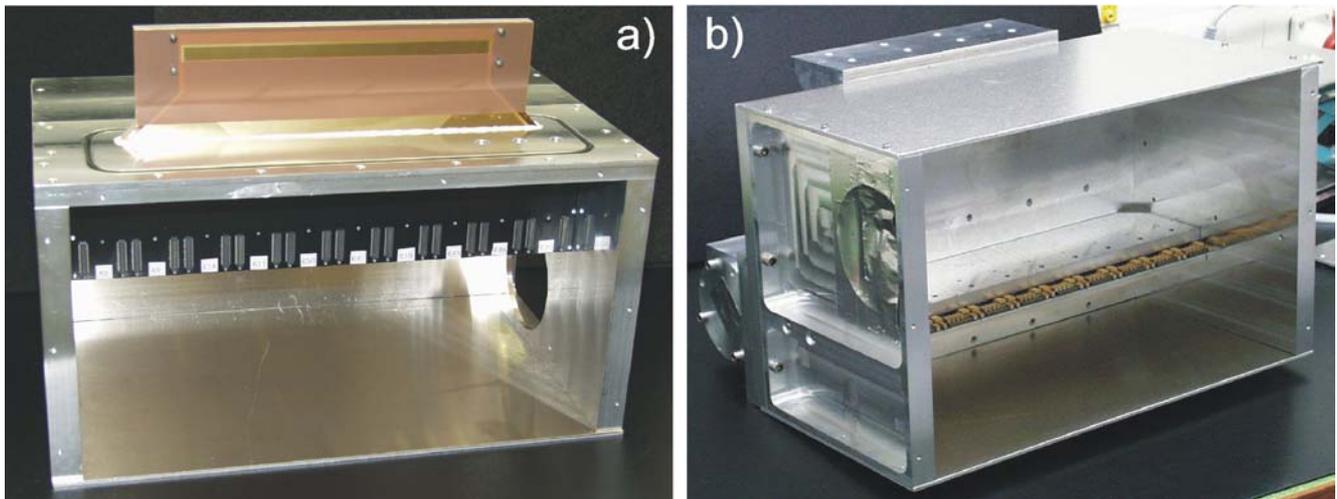


Abbildung 138: Anodenstruktur im Grundgehäuse des SAXS Detektors: (a) unbestückt und (b) mit 10 Hybridschaltungen bestückt.

sche Verbindung zum nachgeschalteten Datennahmesystem erfolgt über die links im Bild liegenden flexiblen Anschlussfolien. Diese so genannten Flexleads nutzen jeweils die beiden oberen Metalllagen der Hybridschaltungen. Die Aufbau- und Verbindungstechnik des Moduls umfasst insgesamt acht Klebe- und drei Bondschritte, die bis zur Serienreife optimiert wurden. In elektrischen Tests erwies sich das Modul als geeignet für den experimentellen Einsatz bei HERMES. Im Jahr 2004 ist die Serienproduktion geplant.

## SAXS-Detektor für HASYLAB

Mit Auslaufen des gleichnamigen, EU-geförderten F&E-Projektes schloss FEC die Fertigung einer Kleinserie ab. Diese Serie umfasste die Messaufnehmer mit jeweils 1280 Kanälen (Anoden) sowie die dazugehörigen Hybridschaltungen zur Auslese der Detektorsignale. Details zum Aufbau der Anodenstruktur und Hybridschaltung können dem Jahresbericht 2002 entnommen werden. Beide Komponenten bilden die Sensorik eines integrierenden Gasdetektorsystems zum Nachweis großer Photonenflüsse in Kleinwinkel-Streuexperimenten mit Synchrotronstrahlung. Die Serienfertigung dient dem Aufbau mehrerer Experi-

mente an den europäischen Synchrotronstrahlungsquellen ELETTRA, HASYLAB, ESRF und CCLRC Daresbury. Ein erster Prototyp wurde in Zusammenarbeit mit dem Ingenieurbüro Buttler (Essen) und ELETTRA (Trieste, Italien) fertig gestellt und an ELETTRA ausgeliefert. Abbildung 138 zeigt Photographien des Prototyps.

Der Messaufnehmer mit den streifenförmig strukturierten Anoden auf einer Kaptonfolie wurde ganzflächig auf eine Al-Platte laminiert und in das Grundgehäuse eingeklebt (a). Der Fensterausschnitt in der Kapton-Abdeckung der Anodenstruktur außerhalb des Grundgehäuses (oben im Bild) kennzeichnet den aktiven Bereich der Anoden. Die Steckverbinder in dem mit einer schwarzen Beschichtung versehenen Bereich innerhalb des Grundgehäuses dienen der elektrischen Anbindung an die Hybridschaltungen. Abbildung 138b) zeigt das Gesamtgehäuse mit entsprechend bestückter Anodenstruktur, allerdings sind hier nur die Hybridbereiche mit passiven Bauteilen sichtbar. Die aktiven Bauteile (ASICs) befinden sich hier unterhalb der Al-Platte des Messaufnehmers. Der verbleibende Freiraum innerhalb des Grundgehäuses soll die Baugruppen des nachgeschalteten Datennahmesystems aufnehmen. Das den aktiven Anodenbereich umschließende Druckgehäuse wurde gasdicht auf die Rückwand des Grundgehäuses

montiert (vergleiche auch Dichtring, Abb. 138a). Alle 1280 Kanäle des Prototyps erwiesen sich in Labortests als voll funktionsfähig. Nach Abschluss einer angelauten Serienfertigung der ASICs sollen die restlichen drei Systeme aufgebaut werden.

## Strahlverlustmonitor für den VUV-FEL

Strahlverluste müssen beim VUV-FEL schnell erkannt werden. Zum einen wird die Höhe der Verluste gemessen, um die Betriebsparameter des Beschleunigers zu verstehen und zu justieren. Zum anderen muss bei hohem Strahlverlust ein Alarm generiert werden, um die Elektronenquelle abzuschalten.

In Zusammenarbeit mit der Gruppe MDI entwickeln die Gruppen FEA und FEB ein System, das die Strahlung mittels Szintillatoren, Photomultipliern (PMT) und Sekundärelektronenvervielfachern (SEV) erfasst, in elektrische Signale umwandelt und weiterverarbeitet. Die analogen Signale der Detektoren werden mittels „Twisted-Pair“-Kabel an eine zentrale Elektronik übertragen und sind so gegen eventuelle Störungen auf dem Schutzleitersystem des VUV-FEL unempfindlich. Im Berichtszeitraum wurde hierfür die Sendeelektronik auf der Detektorseite produziert. Diese Platinen werden direkt an den PMTs und SEVs montiert. Die Gruppe FEB hat auf Empfängerseite die Entwicklung der Aufsteckplatinen für die Leitungsempfänger abgeschlossen. Diese bereiten die Signale für die Standard-ADC-Module des VUV-FEL auf und generieren die Alarmsignale. Dazu muss die Elektronik Signale innerhalb eines breiten Zeitspektrums verarbeiten. Als Alarmursachen werden einzelne schnelle Pulse (10 ns) und integrierte Signale über die Einschaltdauer der Hochfrequenz des VUV-FEL (2 ms) betrachtet.

Die Konfiguration und Datenauslese des Strahlverlustmonitors erfolgt über ein rechnergesteuertes System. FEA hat hierzu drei verschiedene VMEbus Platinen entwickelt: Der Clock-Distributor erhält Kontrollsignale des VUV-FEL und verteilt diese auf die übrigen Komponenten des Strahlverlustsystems. Der Alarmgenerator trägt jeweils 8 der oben beschriebenen Leitungsempfänger und vergleicht die aufbereiteten PMT/SEV

Signale mit gespeicherten Schwellen. Aus diesen Informationen lassen sich auch aus komplexen Bedingungen Alarme erzeugen, die direkt an die Alarmzentrale (BIC) weitergeleitet werden. Mit dem Testpuls-generator werden rechnergesteuert Pulssequenzen über DACs erzeugt. Die daran angeschlossenen LEDs erzeugen Lichtsignale direkt an den Photomultipliern, sodass auf diese Weise die gesamte Signalkette überprüft werden kann. Alle drei Module existieren als Prototypen und sind getestet. Um auch im Labor einen Test des gesamten Strahlverlustmonitorsystems durchführen zu können wurde im Rahmen einer Diplomarbeit ein Testmodul entwickelt, das die für den Betrieb des Strahlverlustmonitors notwendigen Kontrollsignale erzeugt und somit verschiedene Betriebszustände des VUV-FEL simuliert. Die Software für die Steuerung und Datenauslese wird derzeit im Rahmen des DOOCs Standards für den VUV-FEL erstellt.

Die bei den Entwicklungen für den Strahlverlustmonitor gewonnenen Erfahrungen haben auch Anwendung bei der Entwicklung des Fast-Wire-Scans der Zeuthener Gruppe gefunden.

## Beam Interlock Concentrator (BIC) für VUV-FEL

Die im Elektronenstrahl gespeicherte Energie reicht aus, um Beschleunigerkomponenten dauerhaft zu schädigen, wenn der Strahl über längere Zeit lokal verloren geht. Deshalb muss in solchen Fällen die Strahlquelle schnellstmöglich abgeschaltet werden. In Zusammenarbeit mit der Gruppe MDI entwickelt die Gruppe FEB ein Gerät, das die Alarmsignale verschiedener Detektoren aufammelt und als gemeinsames Signal an die Elektronenquelle weiterleitet. Jedes Gerät hat 16 Eingänge und eine Durchlaufzeit, die in etwa dem zeitlichen Abstand zweier Bunche entspricht (111 ns). Geplant ist eine zweifache Kaskade der Geräte, sodass 256 Signalquellen angeschlossen werden können. Im Berichtsjahr wurden die Baugruppen für die Signalempfänger, Signaltreiber, einfache logische Verarbeitung, die Feldbus-Schnittstelle, die Bedienelemente und die Infrastruktur entworfen und die Serienproduktion begonnen. Bei allen Schnittstellen nach außen wurden differentielle Signale oder zumindest stromkompensierte Schleifen benutzt, um möglichst unempfindlich gegen andere Elektronik zu sein und wenig Störsignale aus-

zusenden. Der mechanische Aufbau ist an einem Prototyp realisiert. Die Entwicklung der Elektronik für die komplexe Signalverarbeitung ist in Vorbereitung.

### Quenchüberwachungssystem für HERA-Magneteststand

Für den Test der supraleitenden Ersatzmagnete für HERA existiert in der Magnetesthalle seit 1988 ein Prüfstand, der zum Großteil aus Entwicklungsmustern zusammengestellt ist. Im Auftrag von MKS4 erstellt die Gruppe FEB dafür ein Quenchüberwachungssystem. Aus Gründen der Ersatzteilversorgung soll sich das Design möglichst an das seit Jahren bei HERA betriebene System anlehnen, aber von einem modernen PC kontrollierbar sein. Demzufolge sollen bis auf wenige Ausnahmen nur bei HERA verwendete Baugruppen eingesetzt werden.

In der Magnetesthalle sollen für Test- und Einmesszwecke ein Dipol- sowie ein Quadrupol-teststand betriebsfähig erhalten werden. Mit Ausnahme der von der alten Anlage übernommenen Stromsensoren (Transduktoren) werden von FEB neue Kabelverteiler und neue Trägerplatinen für die Analogelektronik sowie modifizierte Überrahmen zur Aufnahme der Digitalelektronik erstellt. Die hierzu erforderlichen Baugruppen stehen ohne Rückgriff auf die aktive Reserve bei HERA aus dem Pool der bisher nicht verwendeten Ersatzteile zur Verfügung. Die Anbindung des neuen Systems an die Kontrollrechner von MKS4 wird in Zusammenarbeit mit FEB über den CAN-Bus abgewickelt werden.

### Verschiedene Projekte und Servicetätigkeiten

Die Betriebserfahrung mit dem HERA-Elektronenring ergab verschärfte Anforderungen an das Alarmsystem zur Auslösung des Strahl-Dump. Die Störempfindlichkeit der Temperaturüberwachung sowie die Möglichkeiten zur Fehlerdiagnose mussten weiterentwickelt werden. Zu diesem Zweck wurden Firmware und Serversoftware im Laufe des Jahres mehrmals modifiziert.

Die Serversoftware der Transientenrekorder für PETRA und HERA wurde auf eine neuere Version des Kontrollsystems umgestellt. Die bereits im Jahr 2002 begonnene Modellpflege wurde weitergeführt. Derzeit werden die Hardwarekomponenten überarbeitet und stehen bereits als erste Prototypen zur Verfügung.

Zur Messung des transversalen Strahlprofils des VUV-FEL werden in den Elektronenstrahl dünne Metallfolien eingebracht. Dort wird über optische Übergangsstrahlung ein Lichtsignal erzeugt und von CCD Kameras erfasst. Für die Synchronisation der insgesamt mehr als 20 Kameras wurde von FEA für MPY ein Trigger-System entwickelt, das gleichzeitige Aufnahmen über die gesamte Beschleunigerstrecke ermöglicht.

LINUX gewinnt als Betriebssystem im Bereich der „Embedded“-Systeme immer mehr an Bedeutung. Seine Skalierbarkeit bietet die Möglichkeit, maßgeschneiderte Systeme mit geringen Anforderungen an Speicherplatz und Rechenleistung zu realisieren. Mittlerweile sind auch kommerzielle LINUX Distributionen speziell für den „Embedded“ Markt im Handel. FEA hat eine solche Distribution für den Einsatz in VME-Rechnern ohne Festplatte angepasst und ein Template für die Anwendungsentwicklung erstellt. Die gewonnenen Erfahrungen fließen derzeit in die Neuentwicklung der Online-Software im H1-Experiment ein. Im vergangenen Jahr hat FEA einige bereits im Einsatz befindliche Baugruppen weiterentwickelt: MPY setzt das System für die longitudinale Strahlkontrolle mittlerweile im regulären HERA-Betrieb ein und benötigt ein zweites für die Ersatzteilhaltung. Die bisher gewonnene Betriebserfahrung erforderte allerdings Modifikationen am Clockgenerator und eine damit verbundene Neuentwicklung der Leiterplatte.

Für HASYLAB wurde ein über VMEbus programmierbarer Zähler/Gategenerator weiterentwickelt. Die geforderte zusätzliche Funktionalität machte auch hier einen Neuentwurf der Platine notwendig.

Für das H1-Experiment wurde ein mehrkanaliges programmierbares Delay-Modul erweitert. Zusätzliche Funktionen konnten hier durch eine Überarbeitung der FPGA-Software implementiert werden. Die Boards sind bereits getestet und an H1 ausgeliefert worden.

Für HERA hat die Gruppe FEB an der Rufbereitschaft teilgenommen und hat sich an Wartungsarbeiten

und Weiterentwicklung von Quench-Überwachung und Alarm-Loop beteiligt.

Jeweils ein Mitarbeiter von FEA und FEB beteiligen sich an der Wartung und der Weiterentwicklung des ZEUS-Detektors. Für die Komponente Hadron-Elektron-Separator konnte das Signal-Rausch-Verhalten verbessert werden. Ein Mitarbeiter von FEA unterstützt die Gruppe IT bei der Modernisierung der Audio- und Videotechnik der Hörsäle und Videokonferenzräume.

Im Zuge der Einführung des ECAD Systems EXPEDITION als Nachfolger für die vorhandene Installation (Mentor Graphics BOARDSTATION) wurden mehrere Lizenzen angeschafft und erste Mitarbeiter aus mehreren DESY-Gruppen aus Hamburg und Zeuthen geschult. Erste kleinere Entwicklungsprojekte, wie die Neuentwicklung des Gategenerators für HASYLAB, wurden bereits damit realisiert. Diese Erfahrungen fließen derzeit in den Aufbau einer zentralen Bauteilbibliothek und in die Erstellung eines Betriebskonzeptes für die Nutzung in einem größeren Anwenderkreis ein.