

Zentrale Dienste DESY Zeuthen

Die im Bereich „Zentrale Dienste“ (Z-Bereich) von DESY Zeuthen zusammengefassten Gruppen „Elektronik“, „Datenverarbeitung“, „Mechanik“ und „Technische Infrastruktur“ erbringen im Wesentlichen die für eine reibungslose Durchführung der Forschungsaufgaben notwendigen Service-Leistungen. Die Gruppen „Elektronik“ und „Mechanik“ unterstützen die experimentellen Gruppen des Forschungsbereichs beim Aufbau und Betrieb neuer Detektoren bzw. deren Komponenten.

Es gibt aber auch eigenständige Entwicklungen im Z-Bereich, wie zum Beispiel die Untersuchungen zum schnellen Datentransfer, die auf eine Weiterentwicklung des APE-Projekts abzielen.

Die Gruppe „Datenverarbeitung“ stellt die erforderliche Rechenleistung und die Infrastruktur zur Verfügung, damit die in den Experimenten gewonnenen Daten ausgewertet werden können.

Nachdem die Baumaßnahmen in den vergangenen Jahren sehr zurückgegangen waren, begannen im Frühjahr 2000 umfangreiche Bauarbeiten für das Projekt „Photoinjektor-Teststand in Zeuthen“ (PITZ), die von der Gruppe „Technische Infrastruktur“ koordiniert und fristgerecht umgesetzt wurden (Abb. 85).

Gruppe Elektronik

In der Gruppe Elektronik sind die Bereiche Elektronikentwicklung, Elektronikwerkstatt und die Lehrwerkstatt Elektronik zusammengefasst.

Auch im Jahr 2000 hat die Gruppe Elektronik, entsprechend ihrer Aufgabenstellung, die im DESY Zeuthen angesiedelten Experimentalgruppen beim Entwurf, Aufbau und Betrieb der elektronischen Instrumentierung ihrer Experimente unterstützt. Die Mitarbeit am

Aufbau des Photoinjektor-Teststandes (PITZ) stand dabei im Mittelpunkt der Aktivitäten der Gruppe. Weiterhin wurden die methodischen Arbeiten zu Technologien einer schnellen Datenübertragung und Datenverteilung weitergeführt.

Im Einzelnen wurden die im Folgenden aufgeführten größeren Projekte bearbeitet.

Photoinjektor

Hier wurden allgemeine Planungs- und Koordinierungsarbeiten zur späteren Installation der gesamten Elektrik/Elektronik für den Zeuthener Teststand durchgeführt. Im Einzelnen sind dies:

Aufbau der Hochfrequenzversorgung:

- Projektvorbereitung für die Installation von Modulator und Klystron,
- Vorbereitung der HF Versorgung und HF-Regelung,
- Mitarbeit bei Aufbau und Inbetriebnahme eines 10 MW-Klystrons im DESY Hamburg.

Abbildung 99 zeigt die Installation des Klystrons für PITZ.

Interlocksysteme:

- Programmierung einer SPS S7 für das „Beam Inhibit“ System,
- Test der Komponenten für das RF-Gun Interlock,
- Mitarbeit am Design für das neue Klystron Interlock,
- Beginn der Installation des Personen Interlocks.

PITZ Steuerung (SPS):

- Installation der Entwicklungs- und Testumgebung für die SPS SIMATIC S7,



Abbildung 99: Installation eines 5 MW Klystrons für PITZ.

- Betreuung der SPS am mobilen Vakuumpumpstand,
- Betreuung der Profibus-Installation für die SPS S7 und Durchführung von Tests.

Für die Positionierung der PITZ-Magnete wurde die Motorsteuerung für die Micromover überarbeitet und eine Reihe von Zusatzmodulen aufgebaut.

TESLA Test Facility

Bei der TESLA Test Facility (TTF) wurden im Wesentlichen Arbeiten, die im Vorjahr angefangen wurden, weitergeführt, nämlich

- Einbau und Messung der Waveguide-BPM Elektronik an der TTF,
- Entwicklungsarbeiten an der UHF-Baugruppe (1.ZF, 1GHz, IQ-Verfahren).

Drei Signalverarbeitungs-Baugruppen (UMS2) wurden erprobt und an der TTF eingebaut. Nach der Inbetriebnahme erfolgte eine erste Messung der Telemetrie-Schnittstelle I2C \longleftrightarrow VME. Das erzielte Signal-zu-Rausch-Verhältnis (SNR) von 20 dB ist für die geforderte Strahlauflösung ($< 20\mu\text{m}$) nicht ausreichend. Zur Verbesserung des Gesamt-SNR wurde die gesamte Baugruppe UMS2 neu konzipiert, entwickelt

und aufgebaut. Anstelle des bis dahin verwendeten I/Q-Demodulatorbaustein ICs ist jetzt ein asynchroner Dioden-Demodulator plus elektronisch steuerbarem Dämpfungsglied eingebaut. Das SNR liegt damit bei etwa 40 dB (RMS). Nach erfolgreichem Einbau von drei überarbeiteten 12 GHz-Umsetzern UMO12 sowie drei neuen Demodulatorbaugruppen UMS2 lieferten erste Messungen deutlich (um etwa einen Faktor 10) verbesserte Ergebnisse bezüglich der zu erwartenden Strahlauflösung. Die prinzipiell günstigere I/Q-Demodulation wurde aus Zeitgründen zunächst zurückgestellt, soll aber später weiterverfolgt werden.

Als nächste Aufgaben stehen ausführliche Messungen mit der neuen, im Juli eingebauten Monitor-Elektronik an. Weiterführende Untersuchungen zur Erhöhung der Strahlauflösung, zum Beispiel I/Q- und Direktmisch-Verfahren, sind geplant.

AMANDA

Schwerpunkt der Arbeiten für AMANDA waren die Weiterentwicklung des optischen Receivers zur Auslese von Optischen Modulen (OM), die mit Laserdioden als Quelle zur Signalübertragung arbeiten, sowie der Aufbau und die Erprobung von sechs neuen Boards, die in der Saison 2000/01 am Südpol installiert werden.

Zweites Schwerpunktthema war die Entwicklung eines verbesserten Konzepts für einen digital gesteuerten Analogen Optischen Modul (dAOM) als eine OM-Technologie für das IceCube-Projekt. Es erfolgte eine Erprobung von ausgewählten Baugruppen dieses Konzepts im Labor. Das Konzept wurde inzwischen als eine Basistechnologie für das Projekt IceCube eingereicht.

H1

Die Arbeiten konzentrierten sich hier auf die Entwicklung des Konzepts und von Lösungsvarianten für den BST/FST-Upgrade. Dazu gehörten die Planung des Detektor-Layouts und der Modularität (2×6 Ebenen statt bisher 1×8), der Test des Frontend-ASICs im Teststrahl, die Konzeption eines Status-Monitors für den BST-Readout sowie der Schaltungs- und Platinenentwurf einschließlich der Erprobung von Prototypen für

- Neuentwicklung von Strip-Repeater und Pad-Repeater,
- Überarbeitung der Clock Distribution Unit,
- Neuentwicklung der Power/Download Station,
- Entwicklung von starr-flexiblen Adaptern zum Kabelanschluss (Kontaktring).

Im Berichtsjahr wurden 220 BST/FST Strip- sowie 60 BST Pad-Hybride im Zeuthener Halbleiterlabor assembliert (Nackchips kleben, Verbindungen bonden, gesamte Baugruppe mit übrigen Komponenten löten).

Mit der Gruppe ZE in Hamburg wurde eine Vereinbarung über das Bonden der Halbleiterdetektoren im Hamburger Labor getroffen, und erste technologische Versuche dazu wurden durchgeführt.

APE1000/apeNEXT

Die Arbeiten für APE1000/apeNEXT konzentrierten sich auf die Weiterentwicklung des FLink-Boards sowie auf Untersuchungen von extrem schnellen seriellen Links. So wurden weitere 20 FLink-Boards der ersten Generation aufgebaut und in Betrieb genommen. Das Design für eine überarbeitete Version des FLink (FLink2) wurde abgeschlossen und mehrere Prototypen aufgebaut und erprobt. Damit ist es gelungen, Daten mit einer Rate von 400 MBytes/s zwischen zwei PCs fehlerfrei zu übertragen. Im einzelnen wurden folgende Untersuchungen zum Aufbau schneller serieller Links durchgeführt:

- Aufbau eines Test-Boards für schnelle Kommunikation als Basislösung für apeNEXT. Damit konnten Datenraten von 250 Mbit/s pro Leitung bzw. 400 Mbyte/s pro Verbindung (Kabel) realisiert werden. Die Ergebnisse sind in einem Internen Bericht dokumentiert.
- Vorbereitung von Untersuchungen zur Implementierung serieller Links, die Datenraten von bis zu 800 Mbit/s per serieller Leitung ermöglichen, auf Basis der LVDS Technologie. Dies umfasst die Beschaffung der erforderlichen Hardware und Arbeiten an der Software.
- Entwicklung und Aufbau von zwei Test-Boards für schnelle Links auf Basis der CML („Current

Mode Logic“) Technologie, die derzeit Datenraten von 2.5 Gbit/s bzw. 250 Mbyte/s über eine serielle Verbindung zulässt. In ersten Versuchen wurden 2.0 Gbit/s über ein 5 m Spezialkabel fehlerfrei übertragen.

Elektronikwerkstatt

Neben der Fertigung von Leiterplatten und Baugruppen für die laufenden Experimente wurde eine Vielzahl zusätzlicher Aufgaben übernommen. Für PITZ ist beispielsweise der Aufbau der Steuerungen an den Hochvakuumumpumpständen realisiert worden.

Fertigungstechnisches Neuland war die Bestückung von FineLine-BGA- und SMD-Bauelementen der Bauform 0402 ($1.0 \times 0.5 \times 0.35 \text{ mm}^3$) mit der vorhandenen Technik.

Ein großer Anteil, sowohl quantitativ als auch qualitativ, von den in der Werkstatt angefallenen Arbeiten wurde von den fünf Auszubildenden, die sich in der Fachausbildung befinden, geleistet. Ein Auszubildender konnte aufgrund seiner guten Leistungen die Ausbildung bereits im September beenden.

Gruppe Datenverarbeitung

Die Aufgaben der Zentralen Datenverarbeitung bestehen in der zielgerichteten Bereitstellung von Diensten und Rechenkapazität, die dazu beitragen, die Forschungsgruppen bei deren wissenschaftlichen Tätigkeiten optimal zu unterstützen. Um diese Dienste und Ressourcen bedarfsgerecht anbieten zu können, wird eine kontinuierliche, enge Zusammenarbeit mit diesen Gruppen angestrebt.

IT-Infrastruktur

Bei DESY Zeuthen gibt es etwa 570 registrierte Benutzer, von denen 150–170 täglich aktiv tätig sind.

Für die einzelnen Forschungsgruppen und CAD-Anwendungen wird die erforderliche Rechenkapazität aus Kosten- und Effektivitätsgründen vornehmlich

über PC-Farmen und dedizierte Workgroup-Server bereitgestellt. Gegenwärtig werden im Netzwerk etwa zehn Fileserver, ein Tape-Roboter (Kapazität: 15 Tbyte unkomprimiert), 30 Compute- und Workgroup-Server, sechs PC-Farmen mit insgesamt 48 PCs sowie rund 220 auf Linux/Windows NT basierende Desktop-PCs betrieben.

Die Benutzer- und Datenfilessysteme werden per AFS und NFS von den File-Servern verteilt. Zur Verbesserung der Verfügbarkeit werden die Benutzerverzeichnisse zum großen Teil über ausfallsichere Hardware-RAID-Systeme mit einer Gesamtkapazität von 170 GByte zur Verfügung gestellt. Die Nutzung der Rechenkapazitäten der Compute-Server, PC-Farmen sowie bestimmter Workgroup-Server erfolgt vorrangig über das Batchsystem Codine (mit AFS-Unterstützung). Das Backup von Fileverzeichnissen erfolgt automatisiert unter Verwendung von Legato Networker und dem Tape-Roboter. Als strategische Betriebssysteme werden Solaris, Linux, Windows NT sowie HP-UX zentral unterstützt.

Das Zentrum für paralleles Rechnen am DESY ist als Teil des „John von Neumann-Instituts für Computing“ (NIC) verantwortlich für die Planung, die Installation und den Einsatz massiv paralleler Rechnersysteme für die Bearbeitung besonders rechenintensiver Probleme in der Elementarteilchenphysik. Mit der gegenwärtigen Installation von Parallelrechnern der Typen APE1000 und APE100 werden erfolgreich DESY-übergreifende Großprojekte aus der theoretischen Elementarteilchenphysik bearbeitet.

Entwicklungsschwerpunkte

Die Aktivitäten der zentralen Datenverarbeitung konzentrierten sich im Berichtszeitraum in erster Linie auf

- die weitere Umsetzung von Konzepten zur Rechner- und Netzwerksicherheit sowie die Schaffung von Softwarewerkzeugen zur signifikanten Reduzierung des Aufwands bezüglich der Systemadministration von Unix/NT-Systemen,
 - den bedarfsgerechten Ausbau der Rechenkapazität in Form von PC-Farmen und der erforderlichen Netzwerkinfrastruktur,
 - den Ausbau der Plattenspeicherkapazität auf insgesamt 2.5 Tbyte,
 - die stabile Versorgung der Benutzer mit Diensten wie Mail-Service, Web-Service, Druckservice, Software-Support, ...
 - die konsequente Verbesserung der Unterstützung der Forschungsgruppen mit auf Linux/Windows NT basierenden Desktop-Systemen einschließlich erforderlicher Softwarekomponenten,
 - die Entwicklungsarbeiten an den APE1000- und apeNEXT-Projekten und die Vorbereitung des Produktionsbetriebs der APE1000-Systeme,
 - die direkte Mitarbeit in den Experimenten bei Softwareentwicklung und Hardwarebereitstellung.
- Mit der Aussonderung der veralteten Graustufen X-Terminals konnte begonnen werden. Zum Jahresende wurde ein erster Linux-basierender Fileserver mit kostengünstigen IDE-Platten (860 Gbyte) in Betrieb genommen. Mit dem Betrieb dieses Servers sollen unter anderem auch Erfahrungen bezüglich der Systemstabilität und Systemleistung im Hinblick auf den Einsatz weiterer derartiger Server gewonnen werden.
- Die wachsende Zahl von Linux-Systemen erfordert eine weitgehende Automatisierung der Betriebssystem-Installation, der Systempflege und der Softwarebereitstellung. Das gemeinsam mit SuSE entwickelte System hat hierbei ausgezeichnete Dienste geleistet. Durch die Verfolgung neuer Konzepte seitens SuSE ist diese automatisierte Installation nur noch eine begrenzte Zeit einsetzbar. Im Rahmen eines gemeinsamen Projekts von DESY und SuSE wird ein neues Konzept zur Konfiguration und Installation von Linux-Systemen erarbeitet und in das Installationstool YaST2 integriert. Eine erste Testversion dieser deutlich flexibleren Lösung befindet sich in der Erprobungsphase. Ergänzt wird dieses Werkzeug durch ein Softwaretool auf Basis von „cfengine“, welches im Wesentlichen DESY-spezifische Anpassungen realisiert und zur Überwachung und Wiederherstellung der Rechner-Integrität eingesetzt wird. Dieses Tool wird auch auf allen anderen Unix-Plattformen benutzt, seine Funktionalität wurde im Jahr 2000 deutlich erweitert.
- Das von der Zentralen Datenverarbeitung angestrebte hohe Maß an Sicherheit im Computing-Umfeld kann nur durch ein ständiges Arbeiten an der Schließung

von erkannten Sicherheitslücken erreicht werden. Diesem Ziel diene auch die Analyse der zum Internet hin angebotenen Dienste sowie die Blockierung aller nicht benötigten Verbindungen durch Portfilterung auf den zentralen Routern. Die Erstellung einer so genannten „Certificate Authority“ (CA), die wiederum vom Deutschen Forschungs-Netz (DFN) zertifiziert wurde, stellt einen weiteren Schritt zur Erhöhung der Rechensicherheit dar. Mit Hilfe der vom CA ausgestellten Zertifikate können sichere Verbindungen über ungesicherte Netzstrukturen hergestellt werden. Zum Tragen kommt dies unter anderem bei den SSL/TLS-fähigen Mail- und Web-Servern.

Die Absicherung einer angemessenen IT-Sicherheit stellt einen kontinuierlichen Entwicklungsprozess dar, der auch künftig große personelle Kapazitäten bindet. Zur Aufrechterhaltung der Stabilität und Sicherheit von Diensten muss die zugrunde liegende Software auf einem aktuellen Stand gehalten werden.

Zeitaufwendige Arbeiten waren unter anderem auch bei folgenden Diensten erforderlich:

- Web-Service: Einrichtung eines neuen Servers, der in Funktionalität und Gestaltung dem Hamburger Web-Server entspricht.
- Verzeichnisdienst (LDAP): Bereitstellung eines neuen tagesaktuellen Verzeichnisdienstes für Mail-Adressen. Der LDAP-Dienst wird künftig auch den zur Zeit eingesetzten „Network Information Service“ (NIS) ersetzen. Erste Tests laufen seit Anfang Dezember.
- Batch-Service: Installation einer neuen Version mit erweiterter Funktionalität (AFS-Unterstützung) und verbesserter Stabilität auf allen Systemen.

Im Windows NT-Bereich arbeiten Zeuthener Mitarbeiter gemeinsam mit Hamburger Kollegen in der Windows NT-Projektgruppe an der Weiterentwicklung der NT-Infrastruktur und dem sicheren Betrieb der gemeinsamen Domäne. Spezielle Zeuthener Beiträge waren die Einführung eines DESY-weiten Virenschutzes für Windows PCs sowie die Bereitstellung der X11-Serversoftware und AFS Klienten zur Integration der Systeme in der heterogenen Infrastruktur.

Zur Zeit wird die Bereitstellungsweise von WindowsNT Applikationen auf NetInstall Version 5 umgestellt. Diese Arbeiten werden Anfang 2001 abgeschlossen.

Ferner wird gemeinsam am Konzept zum Aufbau einer Windows 2000 Domäne mit der notwendigen Infrastruktur gearbeitet. Für die Zeuthener Benutzer wurde ein NT4-Terminalserver in Betrieb genommen. Damit konnte der letzte auf NT 3.51 basierende Service eingestellt werden. Aufgrund der angespannten Personalsituation im Bereich DV und der stetig steigenden Zahl an zu administrierenden Rechnersystemen konnte die Umsetzung von anderen Projekten, wie unter anderem die Umstellung des Homedirectory-Services von NFS auf AFS, die Automatisierung der Erkennung von Computer- und Netzwerkatacken und die einheitliche Bereitstellung von Softwarepaketen im AFS, nur stark verzögert erfolgen.

Die im Bereich Datenverarbeitung erarbeiteten und implementierten Konzeptionen auf den Gebieten der IT-Sicherheit, der automatisierten System- und Post-Installation wurden auf verschiedenen internationalen Konferenzen und Seminaren vorgestellt. Auch wurde im zurückliegenden Jahr vom Rechenzentrum die Tagung des Arbeitskreises Supercomputing im ZKI mit etwa 60 Teilnehmern organisiert. Für weitere Tagungen und Ausstellungen wurde Hilfestellung in Form der Bereitstellung der erforderlichen technischen Infrastruktur (Computerarbeitsplätze, Netzwerkanbindungen) sowie der Automatisierung von Arbeitsabläufen gegeben.

Beteiligung an den Experimenten

Mehrere Mitarbeiter der zentralen Datenverarbeitung sind darüber hinaus auch bei den Experimenten PITZ, HERA-B, H1, TTF und L3cosmics innerhalb der Kollaborationen an der Bereitstellung und dem Betrieb von Rechentechnik sowie an der Entwicklung von Software zum Control-System, zur Datenerfassung und Vorverarbeitung (DAQ- und Trigger-Systeme) aktiv beteiligt und leisten dort einen anerkannt guten Beitrag.

Gruppe Mechanik

Die Gruppe Mechanik besteht aus der Konstruktion (Ingenieure, Technische Zeichnerinnen), der Mechanischen Werkstatt und der Mechanischen Lehrwerkstatt. Ihre Aufgabe ist es, die experimentellen Gruppen bei

der Realisierung ihrer Vorhaben zu unterstützen. Dies erfolgt durch

- Erarbeitung konzeptioneller Entwürfe,
- Konstruktion und Fertigung von Einzelteilen und Baugruppen,
- Bau komplexer Geräte und deren Installation am Beschleuniger,
- Durchführung technologischer Versuche,
- Dokumentationen.

Hauptwerkzeug für die Konstruktion ist das CAD-Programm IDEAS, mit dessen Hilfe es möglich ist, auch komplexe Aufgabenstellungen zu bearbeiten und entstandene Daten mit externen Gruppen auszutauschen und weiterzubearbeiten. Im Jahr 2000 wurde an folgenden Themen gearbeitet:

Photoinjektor (PITZ)

Für den mechanischen Aufbau und die vakuumtechnische Betreuung des PITZ liefen folgende Aktivitäten:

- Konstruktion und Fertigung von Gestellen zur Aufstellung der RF-Gun,
- Konstruktion und Fertigung von Beamdiagnose-Einrichtungen,
- Konstruktion und Fertigung einer z-Führung für den Hauptsolenoid,
- Aufbau und Inbetriebnahme zweier mobiler Pumpstände (Abb. 100),
- Konstruktionsarbeiten zur Laserstrahlführung,
- Besuch von Schulungen zu Vakuumphysik und Vakuumtechnik.

H1

Die Entwicklungs- und Konstruktionsarbeiten für den Forward Silicon Tracker (FST) und Backward Silicon Tracker (BST) wurden fortgeführt und ein Großteil der Einzelteile wurde gefertigt. Das zweite Kontaktringmodell wurde um Wasser- und Stickstoffanschlüsse erweitert, in seiner Gesamtmasse reduziert und in seiner



Abbildung 100: Von der Gruppe Mechanik konstruierte und gebaute mobile Vakuumpumpstände.

Funktionalität geprüft. Am H1-Detektor wurde die Installation von Kontaktring, FST-Mechanik, Einschubvorrichtung und neuer Transport- und Einbauvorrichtung erprobt. Der endgültige Einbau ist für das Frühjahr 2001 vorgesehen.

Beim Forward Proton Spectrometer (FPS) von H1 ist ein Baugruppenaustausch vorgesehen (neue Faserdetektoren, moderne Photomultiplier). Die dazu nötige konstruktive Überarbeitung für die horizontalen Stationen wurde vorgenommen.

TESLA Test Facility

Mit dem im Vorjahr gefertigten Beam-Trajectory-Monitor (BTM) sind umfangreiche Messungen zur Führungs- und Positioniergenauigkeit sowie zur Vakuumfestigkeit durchgeführt worden. Letztere dienen zum Nachweis der Funktionalität von kostengünstigen Schrumpfbearbeitungen, die erstmalig in der UHV-Technik zum Einsatz kamen. Zweiter Schwerpunkt war eine Studie über ein verbessertes Antriebsprinzip für einen schnell oszillierenden Wirescanner mit hoher Positioniergenauigkeit. Im Ergebnis entstand ein Funktionsmuster, welches ein räumliches Kurvengetriebe beinhaltet. Dieses Funktionsmuster weist deutliche Vorteile gegenüber dem bisher verwendeten Linearantrieb auf. Für den FEL wurden weitere Micro-Mover gefertigt.

Mechanische Werkstatt

Die Schwerpunkte der Arbeit der Mechanischen Werkstatt lagen bei den Themen H1-BST/FST, PITZ und TTF. Um zukünftig im DESY Zeuthen UHV-Bauteile und Komponenten fertigen zu können (Reinigen, Schweißen, Reinraummontage, Lecksuche, Massenspektroskopie), wurden Projektierungsarbeiten für die Erweiterung der Mechanischen Werkstatt begonnen.

Im Januar haben wieder drei Lehrlinge ihre Ausbildung mit überwiegend sehr guten Ergebnissen abgeschlossen. DESY Zeuthen wurde im Jahr 2000 für „hervorragendes Engagement in der beruflichen Ausbildung“ durch die IHK-Cottbus ausgezeichnet.

Gruppe Technische Infrastruktur

Neben einigen Sanierungsarbeiten im Schuppen- und Werkstattbereich wurden die Arbeiten der Gruppe TI im Jahr 2000 überwiegend durch das Bauvorhaben für den Photoinjektor-Teststand geprägt. Nach dem Erhalt des Städtebaulichen Vorbescheides und der Abgabe des Bauantrages im Januar wurde sofort mit den Vorbereitungen für die Schaffung der erforderlichen Baufreiheit für den PITZ begonnen. Hierzu gehörten der Umzug des Halbleiterlabors in die ehemalige Trafostation sowie in Räumlichkeiten in der Halle, die Verlagerung der HERA-B Produktionsstätte für die Modulproduktion in die Halle sowie die Verlegung zweier Labors in andere Bereiche.

Durch Umbauarbeiten wurden die entsprechenden Räumlichkeiten so vorbereitet, dass sie den Anfor-

derungen an Labore und Reinräume entsprachen. Im Außenbereich mussten der Garagenkomplex geräumt und eine Entwässerungsleitung umverlegt werden. Mit dem Eintreffen der Baugenehmigung Ende Februar wurde sofort mit den Ausschreibungen für die einzelnen Gewerke begonnen. Im März begannen die Bauarbeiten mit der Einrichtung der Baustelle, dem Abriss der Garagen und den Abbrucharbeiten innerhalb der angrenzenden Gebäude.

Die Bauarbeiten gestalteten sich recht schwierig, da wegen des hohen Grundwasserstandes umfangreiche Gründungsarbeiten mit Grundwassersenkung und Baugrundsicherung durch Hochdruckinjektion erforderlich waren.

Da der gesamte Injektortunnel im Grundwasser steht, musste wasserundurchlässiger Beton verwendet und alle Bauwerksfugen gegen Sickerwasser geschützt werden. Wände und Decken wurden teilweise aus 1.4 m dickem Beton mit hoher Dichte gefertigt, was besondere Anforderungen an Schalungs- und Bewehrungstechniken stellte. Die Arbeiten verliefen sehr zügig, so dass bereits im August die Stahlhalle montiert wurde. Parallel zum Neubau lief bereits der Innenausbau des umgebauten Gebäudeteils. Am 22.09.2000 erfolgte die Rohbauabnahme verbunden mit einem feierlichen Abschluss der Baumaßnahmen.

Nach der Inbetriebnahme der Krananlagen wurden bereits im Oktober erste Teile für die Hochfrequenzversorgung und für den Teststand selbst angeliefert und aufgebaut (Abb. 85). Eine neue Trafostation mit der 20 kV-Einspeisung wurde vom Energieversorger zugeschaltet und am 29.11.2000 erfolgte die Endabnahme des Bauvorhabens PITZ durch Mitarbeiter des Bauamtes und der Brandschutzabteilung der Bauaufsichtsbehörde.