



Gemeinsames Netzwerkzentrum
der Berlin-Brandenburgischen Max-Planck-Einrichtungen
am Fritz-Haber-Institut
Leiter: Prof. Dr. Klaus Hermann



MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT

Das GNZ-Museum

L. Jäckel, J. Kühn, P. Wruck, K. Hermann

Im Eingangsbereich des Gebäudes T des Fritz-Haber-Instituts hat das GNZ eine museale Sammlung ausgemusterter Computerkomponenten aufgebaut, die die Entwicklung der Datenverarbeitung in den vergangenen Jahrzehnten widerspiegeln. Im Folgenden sind alle Exponate, wie sie sich dem Betrachter an der Fensterseite innen von links nach rechts darbieten, näher beschrieben. Das GNZ-Museum wurde seit 1986 von dem ehemaligen Mitarbeiter P. Wruck aufgebaut.

Liste der Exponate

(A) Externe und interne Speichereinheiten

1. Magnettrommelspeicher RM10B
2. Wechsellplattenstapel für Magnetplattenspeicher DEC P03
3. Winchesterlaufwerk Kennedy 5300
4. DEC DSP5350S 5¼-Zoll-Festplatte
5. 2½-Zoll-Notebook-Festplatte
6. 8-Zoll-Floppy-Disk-Laufwerk DEC RX02
7. 5¼-Zoll-Floppy-Laufwerk aus einem PC
8. DECTape-Laufwerk TU56
9. ½-Zoll-Industrie-Magnetband
10. Magnetkernspeicher DEC MF10
11. RAM-Speicher IBM RS6000

(B) Rechner

12. Die PDP11-Ära: DEC LSI11/23

(C) Externer Zugang: Akustikkoppler / Modems

13. Modem Siemens D200S ("Postmodem")
14. DEC/CSS MODAP-10
15. Akustikkoppler ACK600
16. Akustikkoppler Semdata Series 700

(D) Netze und Netzwerkkomponenten

17. Der "Netzwerkschrank"

Terminal-Netzwerke

- 18. 20 mA-/V24-Umsetzer für eine Leitung
- 19. V24 / 20 mA-Umsetzer für 32 Leitungen
- 20. Bridge Ethernet-Terminalserver
- 21. Transtec Multiprotokoll-Terminal/Printer-Server
- 22. TU-Terminal-Konzentrator mit Philips-Multiplexer

Ethernet-Technik

- 23. Yellow Cable (10Base5) mit zwei Transceivern
- 24. Thinwire Ethernet (10Base2, Cheapernet, RG58)
- 25. TAD-Doppeldose
- 26. Hirschmann Sternkoppler
- 27. Allied Telesis Bridge mit 2 Ports
- 28. RJ45(10BaseT)-Patchfeld
- 29. Glasfaser-Spleißbox als Patchfeld

(E) Datenein- und Ausgabe, Backup

- 30. Lochkartenleser DEC CR10D
- 31. Lochkartenbeschrifter aus ICT-Lochkartenstanzer, 5 x 7 - Matrix
- 32. Lochkarten-Handstanzer ("Locher 4")
- 33. Teletype TT33 (US-Fernschreiber)
- 34. Lochstreifen-Handstanzer
- 35. Lochstreifenleser/-stanzer DEC PTP/PTR-10
- 36. Kassettengreifarm des Magnetbandroboters ADIC AML/J

(A) Externe und interne Speichereinheiten

1. Magnettrommelspeicher RM10B 350 kWorte à 36 bit, ca. 1970



Die Magnettrommel war in der Zeit bis etwa 1975 ein wichtiges Speichermedium an Großrechnern. Im Gegensatz zu Plattenspeichern gab es für jede Spur einen eigenen Magnetkopf, so dass keine Kopfpositionierzeiten anfielen. Es musste lediglich gewartet werden, bis die benötigte Information durch die Trommeldrehung unter dem Kopf vorbeikam. Haupteinsatz war das "Swapping", d.h. das Auslagern von Programmen aus dem Hauptspeicher. Bei diesem Gerät handelt es sich um die Adaption der britischen "Bryant's Drum" an die Rechnerreihe DEC-System10 mit einer Kapazität von ca. 350 kWorten à 36 bit (ca. 1,5 MByte), welche die damals üblichen Hauptspeichergrößen um etwa den Faktor 10 überstieg.

Das vorliegende Gerät stammt aus einer Übernahme des abgebauten Computers DEC-System10 des MPI für Eisenforschung.

2. Wechselpplattenstapel für Magnetplattenspeicher DEC P03 40 Mbyte, 1974



Das Wechselpplattenlaufwerk RP03 war im Fritz-Haber-Institut in der Zeit zwischen 1974 (4 Laufwerke) und 1984 (12 Laufwerke) im Einsatz. Anfangs waren auf diesem Plattentyp noch das Betriebssystem für das DECSYSTEM10 und die Daten aller Benutzer gespeichert. Zuletzt wurden Laufwerke diese Typs ausschließlich als "private disks" zum Speichern größerer Datenmengen einzelner Benutzer eingesetzt.

3. Winchesterlaufwerk Kennedy 5300 70 MByte, 1977



Dieses Magnetplattenlaufwerk war eines der ersten in der so genannten Winchester-technologie. Diese zeichnet sich dadurch aus, dass:

- das Speichermedium nicht wechselbar ist ("Festplatte"),
- das Laufwerk total gekapselt ist, d.h. es gibt keinerlei Verbindung zur Außenluft,
- die Magnetköpfe eine Landezone haben, in der sie bei Abschaltung geparkt werden.

Erst diese Technik ermöglichte die Herstellung preiswerter Plattenlaufwerke, weshalb es seit etwa 1985 praktische keine Wechselplattenspeicher mehr gab. Mit Einführung des PCs Anfang der 80er Jahre begann dann die Zeit standardisierter Schnittstellen zum Anschluss der Platten und mit fortschreitender Miniaturisierung die Einführung genormter Einbaugrößen. Als Beispiel sind auch eine 5¼-Zoll- und eine 2½-Zoll-Platte gezeigt, vgl. 4. und 5.

4. DEC DSP5350S 5¼-Zoll-Festplatte 3,5 GByte, 1990



Festplatten im 5¼-Zoll-Format waren im Bereich der Workstations lange Zeit die größten verfügbaren Plattenspeicher. Die technische Entwicklung dieser Platten endete etwa im Jahre 1995 mit einer 35 Gbyte-Version. Die nächst kleinere Festplatte (3½-Zoll-Format) erreichte bereits im Jahre 1990 eine Kapazität von einem Gigabyte. Sie wird in diesen Abmessungen noch heute gebaut und dürfte etwa 2008 eine Kapazität von einem Terabyte erreichen.

5. 2½-Zoll-Notebook-Festplatte technische Daten unbekannt, etwa 1999



Für Notebooks ist auch die 3½-Zoll-Festplatte noch zu schwer. Deshalb wurden für derartige Anwendungen Platten im 2½-Zoll-Format entwickelt. Der bisherige Höhepunkt der Miniaturisierung wurde mit dem IBM-Microdrive 1999 erreicht. Im gleichen Format wie eine Compact-Flash-Karte (Haupteinsatzgebiet: Digitalkameras) und mit der gleichen Schnittstelle wurde eine Festplatte im 1-Zoll-Format mit einer

Kapazität von 340 Mbyte auf den Markt gebracht. Die Firma Hitachi hat die Kapazität dieses Plattentyps inzwischen auf 8 Gbyte gesteigert.

6. 8-Zoll-Floppy-Disk-Laufwerk DEC RX02 512 kByte, 1977



Seit 1975 kam als preisgünstige Alternative zu Wechsellplattenlaufwerken, später zur Daten-Ein-/Ausgabe und zum Datenaustausch die "Floppy Disk" auf den Markt. Als Medium dient eine flexible Magnetscheibe (etwa in Papierstärke), die zur Stabilisierung in einer Papphülle, später in einer Plastikhülle untergebracht ist. Diese gibt es zunächst im 8-Zoll-Format mit einer Speicherkapazität von 256 kByte bzw. 512 kByte, später kamen 5¼-Zoll- (vgl. 7.) und 3½-Zoll-Ausführungen hinzu, teilweise mit der Möglichkeit, beide Seiten der Magnetscheibe zur Speicherung zu verwenden. Mit der Floppy-Disk als Systemplatte konnten komplette Rechnersysteme deutlich preiswerter als vorher angeboten werden. Der Siegeszug des PCs wäre ohne das Medium "Floppy Disk" nicht denkbar gewesen. Der Begriff Festplatte, wie er heute verwendet wird, ist übrigens aus dem Gegensatz zu Floppy zu verstehen.

7. 5¼-Zoll-Floppy-Laufwerk aus einem PC 350 kByte, ca 1987



Die Floppy-Disk erlebte ihre Blütezeit mit dem Aufstieg des PCs. Bis etwa zum Jahr 2004 hatte praktisch jeder PC mindestens ein Floppylaufwerk, zunächst (wie abgebildet) als 5¼-Zoll-Laufwerk, später (ab ca. 1990) als 3½-Zoll-Laufwerk.

8. DECTape-Laufwerk TU56 ca. 300 kByte Datenkapazität pro Spule, 1974



Das DECTape, noch in den 60er Jahren entwickelt, kann als Vorläufer der Floppy-Disks angesehen werden, obwohl als Speichermedium ein Magnetband verwendet wird. DECTape war ein sehr robustes Medium, da alle Informationen doppelt auf das Band geschrieben wurden. Das ¾-Zoll breite Band wurde in 10 Spuren beschrieben, wobei

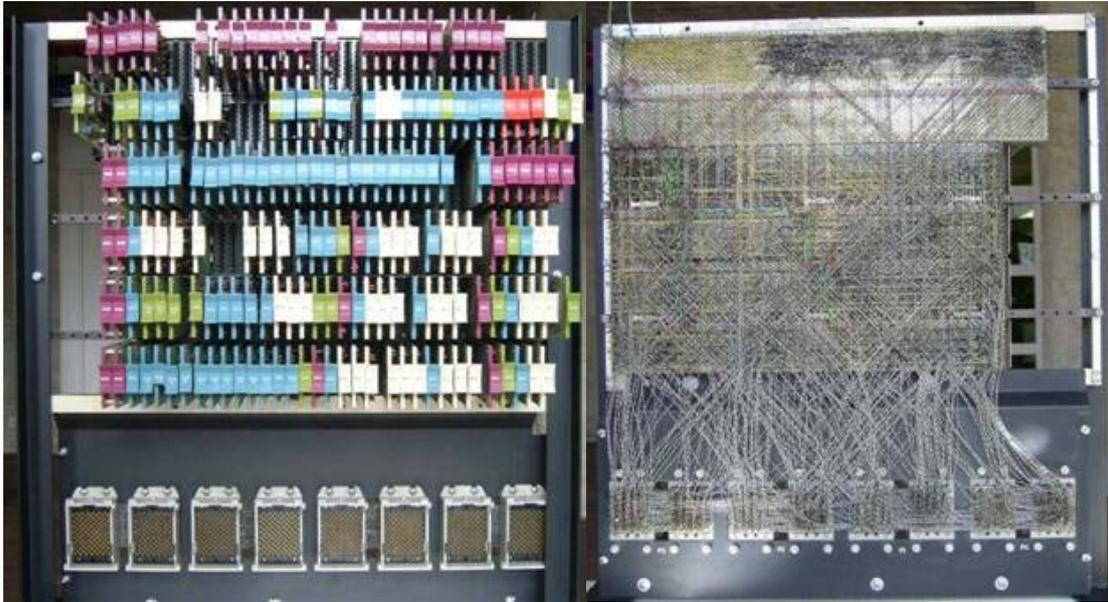
die Spuren symmetrisch zur Bandmitte doppelt vorhanden waren. Die beiden äußeren Spuren (und ihre Spiegelbilder) waren die so genannte timing-Spur und die mark-Spur. Die timing-Spur ermöglichte ein Lesen und Beschreiben unabhängig von der Transportgeschwindigkeit des Bandes. Man konnte das Band während des laufenden Betriebs mit der Hand abbremsen, ohne dass es zu Störungen kam. Die mark-Spur ermöglichte das Auffinden von Bandstellen im Schnellgang. Daher wurde das DECTape von allen Betriebssystemen genau wie eine Festplatte mit interner Dateistruktur behandelt. Die Kapazität war mit 300 kByte etwa die einer Floppy Disk, die erst ca. 10 Jahre später auf den Markt kam. Das gezeigte Doppellaufwerk war an das DECSys10 des Fritz-Haber-Instituts angeschlossen. Der Anschluss erfolgte über ein längeres Kabel in einem Wanddurchbruch des Rechenzentrums, so dass Benutzer ihre privaten DECTapes jederzeit auf dem Flur auflegen konnten. Die Kapazität war in der Vor-Microsoft-Zeit für die meisten Anwendungen ausreichend. Die älteren Betriebssysteme bis zu TOPS10 für PDP6-Rechner waren so konzipiert, dass das DECTape sogar als "Systemplatte" fungieren konnte. Im Fritz-Haber-Institut waren insgesamt 4 Doppellaufwerke TU56 installiert.

9. 1/2-Zoll-Industrie-Magnetband 2400 ft, 1966-1990



Das 1/2-Zoll-Industrie-Magnetband war über Jahrzehnte eines der wichtigsten Medien bei Langzeitspeicherung, Backup und Datenaustausch. Der erste Computer am Fritz-Haber-Institut im Jahre 1966, die ICT 1909/4, hatte in den beiden ersten Betriebsjahren ausschließlich Magnetbandlaufwerke als Speichermedium im Einsatz. Von den sechs Laufwerken waren zwei bis drei zum schnellen Laden der wichtigsten Systemprogramme (Algol- und Fortran-Compiler, Linker, Editor) reserviert. Im Laufe der Zeit wurde die Speicherkapazität eines Bandes durch Erhöhung der Schreibdichte von 200 bit/inch auf 6250 bit/inch gesteigert. Mit der höchsten Schreibdichte konnte ein voll geschriebenes Band bis zu 150 Mbyte aufnehmen.

10. Magnetkernspeicher DEC MF10 64 kWorte à 37 bit, 1974



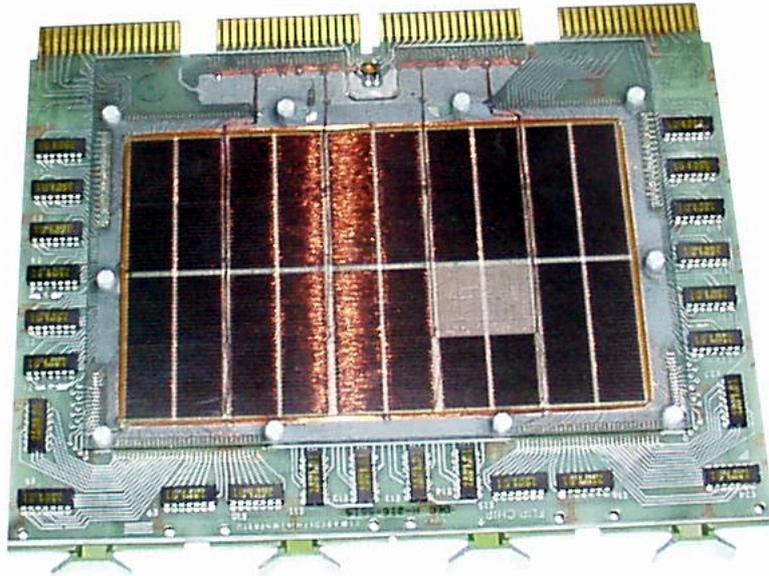
In den ersten Jahrzehnten der elektronischen Datenverarbeitung waren die Hauptspeicher von Computern hauptsächlich als Magnetkernspeicher realisiert. Diese hatten den Vorteil, dass ihre Information auch bei Stromausfall erhalten blieb, zugleich jedoch den Nachteil, dass die Information nicht zerstörungsfrei ausgelesen werden konnte, sondern der Inhalt nach dem Lesen wieder zurück geschrieben werden musste. Der typische Lesevorgang bestand also aus einem read-write-Zyklus, der bei dem abgebildeten Speicher etwa 1 Mikrosekunde dauerte.

Bei dem grossen Exponat handelt es sich um die sogenannte "Port Control Logic" des Speichers. Der Memorybus (mit einer Datenbreite von 37 bit) des Systems war vierfach vorhanden, zweimal für die beiden installierten CPUs, zwei weitere für insgesamt drei Magnetplatten- und einen Magnetbandcontroller. Ganz unten befinden sich die acht Buchsen (zwei für jeden Memorybus), über die die Verbindung zu den Nachbarschränken hergestellt wurde. Die Memorybus-Kabel hatten etwa einen Durchmesser von 3 cm, sie enthielten neben den 37 Datenleitungen noch 22 Adressleitungen sowie diverse Steuerleitungen, alle in Koaxialtechnik, um Störungen durch Einstrahlungen zu vermeiden.

Im Endausbau hatte das am Fritz-Haber-Institut installierte System sechs Speicherschränke des hier gezeigten Typs (zusammen mit einem weiteren Schrank vom Typ MG10 ergab dies einen Gesamthauptspeicher von 512 kWorten, was etwa 2 Mbyte entspricht). Die Aufgabe der "Port Control Logic" bestand darin, die Speicheranforderungen der verschiedenen Geräte aufeinander abzustimmen, da jeder Schrank zu einem Zeitpunkt nur eine Anforderung bearbeiten konnte. Durch die auch heute noch eingesetzte Technik des "Interleaving" wurde erreicht, dass aufeinanderfolgende Speicheradressen in verschiedenen Schränken lagen, so dass Zugriffe – falls erforderlich – quasi parallel ablaufen konnten.

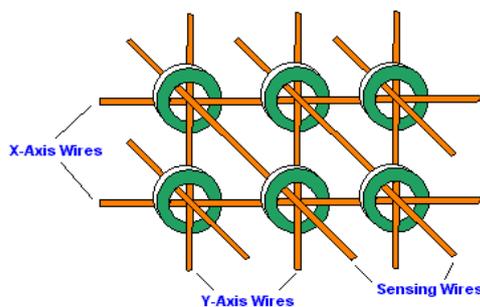
Die hier eingesetzten Logik-Module wurden teilweise schon in den 60er Jahren des vergangenen Jahrhunderts entwickelt und bestehen daher ausschliesslich aus diskreten elektronischen Bauteilen. Die Verdrahtung ist in "Wire Wrap"-Technik realisiert, bei

der die Drähte maschinell, meist schon automatisiert, etwa zehnmal um die Stifte ("Pfosten") gewickelt wurden, wodurch ein sicherer Kontakt hergestellt wurde. In einem Schrank wie etwa dem MF10 waren mindestens 5000 solcher Kontakte vorhanden, wobei das installierte System im Endausbau aus insgesamt etwa 30 Schränken bestand. In 12 Betriebsjahren ist nie ein Kontaktfehler aufgetreten. Bereits damals wurden alle zeitkritischen Signale über "Twisted Pair"-Kabel geleitet, die wegen ihrer geringen Kapazität die Signale nur wenig verformen. Eine gleichartige Technik wird heute noch in den Kupfer-Netzwerkkabeln verwendet.



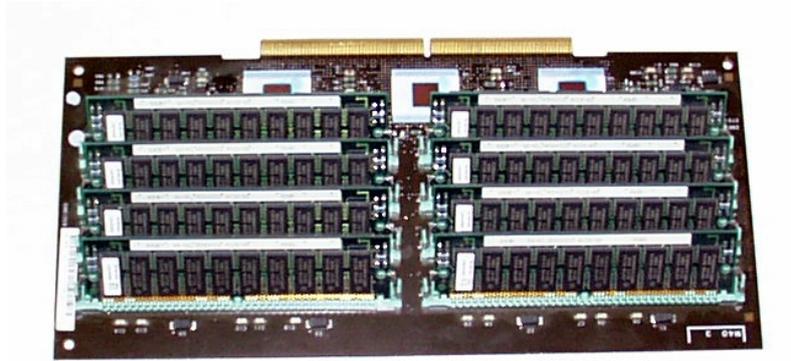
Im Speicherschrank MF10 setzte die Herstellerfirma DEC eine Variante eines typischen PDP11-Kernspeichers als Speichermedium ein. Mit zwei parallel geschalteten Karten dieses Typs standen insgesamt 8 K-Worte mit 38 bit zur Verfügung, die das DEC10-Wort von 36 bit zuzüglich Paritätsbit aufnehmen konnten. Im Endausbau enthielt das am Fritz-Haber-Institut installierte DEC-System10 insgesamt 96 Karten dieses Typs. Die hier gezeigte Speicherkarte wurde etwa um 1972 entwickelt, wobei bereits integrierte Schaltkreise zum Einsatz kamen.

From Computer Desktop Encyclopedia
© 2004 The Computer Language Co. Inc.



Der Magnetkernspeicher war die letzte Technologie, bei der man die Bits gerade noch mit bloßem Auge sehen konnte. Die zuletzt gebauten Speicher dieses Typs hatten 1979 etwa die achtfache Packungsdichte des hier ausgestellten Musters. Grundlage sind Ferritringe, durch die mindestens 3 Drähte gefädelt sind. Ein Prinzipbild für die Funktion ist nebenstehend zu sehen.

11. RAM-Speicher IBM RS6000 64 MByte, ca. 1995



Seit Mitte der 70er Jahre wurde der Magnetkernspeicher sukzessiv durch Halbleiter-Speicher ersetzt. Die ausgestellte Platine, mit SIMMs (Single Inline Memory Module) bestückt, ist etwa 25 Jahre neuer als der Kernspeicher und hat ihm gegenüber die 4000-fache Speicherkapazität bei etwa einem Zehntel des Beschaffungspreises.

(B) Rechner

12. Die PDP11-Ära: DEC LSI11/23 32 kByte Hauptspeicher, 1978



Vor der Entwicklung des PCs waren die Rechner der Serie PDP11 der Firma DEC die wichtigsten dezentralen Rechnersysteme im Fritz-Haber-Institut. Durch die interne Bus-Struktur (in den Varianten UNIBUS und QBus) konnten sie einerseits ziemlich preiswert angeboten werden, zum anderen ermöglichten sie den flexiblen Einsatz vielfältiger Peripherie. Dadurch waren sie prädestiniert, als Prozessrechner eingesetzt zu werden (im Fritz-Haber-Institut ab 1974). Auch gab es für unterschiedliche Anwendungen ausgereifte Betriebssysteme (RT11, RSX, RSTS). Das erste Microsoft-Betriebssystem MS-DOS war in vielem (Dateinamenkonvention, Kommandos, viele interne Abläufe) eng an RT11 angelehnt. Nachdem die Cpu der PDP11 auf einen bzw. zwei Halbleiter-Chips komprimiert wurde (LSI, Large Scale Integration), konnte der Preis dieser Rechnerserie entscheidend gesenkt werden. Die neuen Systeme hießen dann LSI-11. Ein solches System mit Floppy Disk ersetzte 1978 in der Buchhaltung der Verwaltung des Fritz-Haber-Instituts ein älteres Magnetkontosystem, wobei eine selbst entwickelte interaktive Software zum Einsatz kam. Diese Systemlösung war so überzeugend, dass die Max-Planck-Gesellschaft unter Beteiligung ehemaliger Fritz-Haber-Instituts-Mitarbeiter die Softwarelösung zu einem Mehrplatzsystem erweiterte und in den Verwaltungen praktisch aller Institute einsetzte. Das System ist erst in den späten 90er Jahren durch das jetzige SAP-Buchungssystem abgelöst worden, mit etwa fünffachem finanziellen Aufwand pro Institut und eingeschränkter Flexibilität.

(C) Externer Zugang: Akustikkoppler /Modems

Bereits seit 1975 bestand im Fritz-Haber-Institut die Möglichkeit, sich vom häuslichen Arbeitsplatz über Modems/Akustikkoppler mit dem Zentralrechner zu verbinden. Die Akustikkoppler waren damals eine einfache Möglichkeit, die restriktive Anschlusspolitik der Deutschen Bundespost wenigstens für den Heimanschluss zu umgehen. Beim Anschluss des Zentralrechners, der eigentlich über alle Modem-Kontrollfunktionen verfügte, war das Fritz-Haber-Institut gezwungen, einen extra für Deutschland von DEC/CSS (Computer Special Systems) entwickelten Modemadapter MODAP-10, vgl. 14., zwischen Rechner und Postmodem, vgl. 13., zu schalten, um die Richtlinien der Post zu erfüllen. Die Monatsmiete des Postmodems, das zwar 300-bit/s-fähig war, aber wegen der "Gefahr des Übersprechens" auf 200 bit/s gedrosselt war (heute betreibt die Deutsche Telekom die gleichen Drähte bei DSL-2 mit bis zu 25 Mbit/s), überstieg deutlich den Kaufpreis eines 300-bit/s-Modems, das nach den Post-Richtlinien nicht hätte betrieben werden dürfen. Dennoch gelang es, über etwa 15 Jahre hinweg zwei Wahlleitungen (8305-471 und 8305-472) durchgehend für die Modemeinwahl offen zu halten.

13. Modem Siemens D200S ("Postmodem") 200 bit/s, 1976



Das im oberen Teil abgebildete Modem war für etwa acht Jahre von der "Deutschen Bundespost" gemietet. Es konnte nach Beendigung des Mietvertrages für eine weitere Monatsmiete gekauft werden.

14. DEC/CSS MODAP-10 Modemadapter, 1976



Zum Betrieb des Modems war die Installation des (praktisch funktionslosen) Modemadapters (unter Teil des Bildes) von der Post zwingend vorgeschrieben.

15. Akustikkoppler ACK600 200/300/600 bit/s, 1976



Da auch Akustikkoppler sehr teuer waren, hat das Fritz-Haber-Institut die Entwicklung des preiswerten Akustikkopplers ACK600 durch Vorabbestellung von etwa 10 Stück bei einer kleinen Berliner Firma unterstützt. Dieses Gerät war bereits für die nächst höhere Datenrate von 600 bit/s vorbereitet, die jedoch nie zum Einsatz kam.

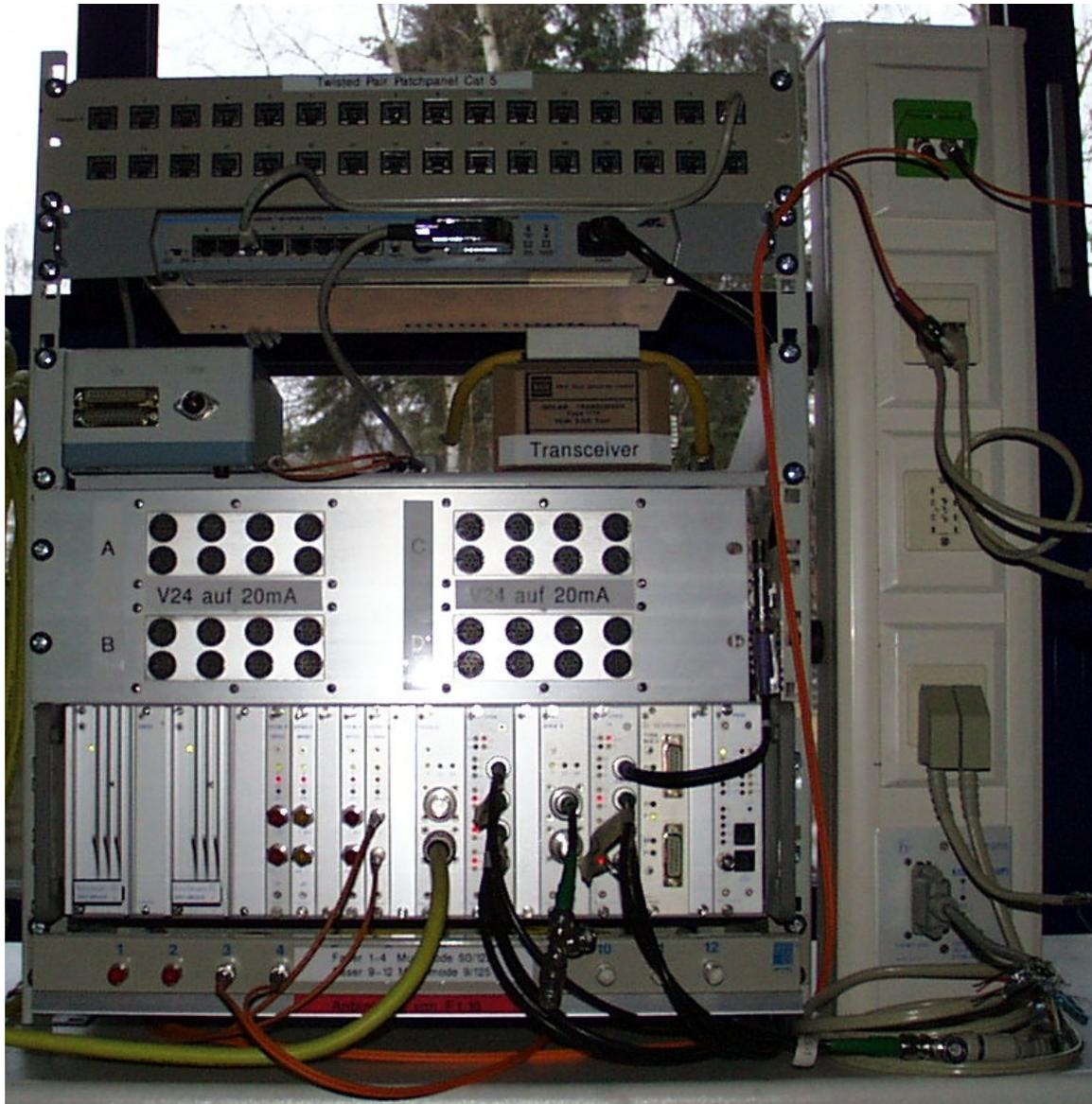
16. Akustikkoppler Semdata Series 700 75/1200 bit/s, 1983



In den frühen 80er Jahren kamen auch Akustikkoppler wie der Gezeigte zum Einsatz, bei denen Sende- und Empfangsdatenrate unterschiedlich waren (75/1200 bit/s) und die damit in gewisser Weise die heutige "Asymmetrie" von DSL vorwegnahmen.

(D) Netze und Netzkomponenten

17. Der "Netzwerkschrank"



In diesem Aufbau sind unterschiedliche Geräte und Netzverbindungen aus verschiedenen Zeiten zusammengefasst. Auf einige der Techniken wird später eingegangen.

Im Schrank (19-Zoll-Technik) kennt man von oben nach unten:

- Patchfeld RJ45 Cat. 5 (100BaseT)
- Hub für 10 BaseT
- Wandler V24 auf 20 mA für Testaufbauten (1982), Transceiver für 10Base5
- 32fach Wandler von V24 auf 20 mA Terminal-Anschlusstechnik (1986)
- Hirschmann Sternkoppler
- Glasfaser-Patchfeld

Im Kabelkanal rechts sind zu sehen:

- Glasfaser-Anschlussdose
- RJ45-Anschlussdose (10Base100)
- ADO-8-Dose (ursprünglich Telefontechnik, für Terminals in der Verwaltung)
- TAD-Anschlussdose
- Transceiver für Kanaleinbau, Anschlüsse RG58

Terminal-Netzwerke

Mit der Installation des DECSys10 begann am Fritz-Haber-Institut die Zeit des interaktiven Arbeitens mit dem Computer. Der BAR hatte dem Institut einen Gesamtbetrag von 120.000,- DM für ASCII-Terminals zur Verfügung gestellt. Erste Anfragen ließen einen Preis von knapp unter 10.000 DM pro Terminal erwarten. Im Rahmen harter Verhandlungen war es gelungen, insgesamt 30 Terminals vom Type Elite1500 für den Betrag zu bekommen, was für damalige Verhältnisse ein extrem niedriger Preis pro Terminal war. Damit war im Fritz-Haber-Institut die Zahl interaktiver Terminals pro Mitarbeiter weitaus höher als in anderen vergleichbaren Einrichtungen.

An den Zentralrechner konnten in der als Erstausrüstung gelieferten Konfiguration insgesamt 64 Terminals angeschlossen werden. Wir hatten uns im Vorfeld der Installation entschlossen, im Haus eine passive Terminalnetzwerk-Verkabelung auf der Basis von Telefonkabeln selbst zu verlegen. Im den Gebäuden Faradayweg 4-6 wurden 200 Leitungen verlegt, im Bereich Faradayweg 16 waren dies 80 Leitungen. Bereits damals wurde diese Verkabelung "strukturiert". Zu den Gebäudeverteilern führten 80-adrige Kupferleitungen (entsprechend 20 Terminalleitungen), in die Etagenverteiler 40-adrige Leitungen und in ausgewählte Stützpunkte in den Arbeitsräumen 20-adrige Leitungen. Die Terminalsteckdosen am Arbeitsplatz (ADO-4-Telefonsteckdosen) waren dann mit 4-adrigem Telefonkabel angeschlossen. Im zentralen Rechnerraum war ein selbstgebauter Patch-Schrank installiert (der "Sarg", da seine Holzverkleidung schwarz gestrichen war), in den einerseits bis zu 80 Rechneranschlüsse hineingeführt wurden, andererseits die 200 Hausleitungen endeten. Eine verkleinerte Version des Sargs (32 Rechnerleitungen, 80 Hausleitungen) stand im Rechnerraum der Abteilung Hosemann (Faradayweg 16) und verteilte von dort die an eine abgesetzte Datenstation angeschlossenen Terminals auf drei Abteilungen (Block, Ueberreiter, Hosemann).

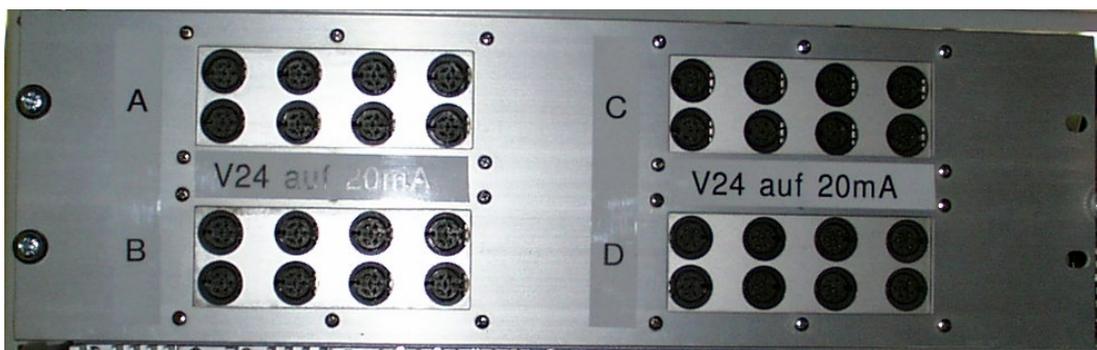
Die Verbindung zwischen dem Zentralrechner und dieser abgesetzten Datenstation wurde über ein eigens für diesen Zweck verlegtes Koaxialkabel mit einer Datenrate von 2 Mbit/s betrieben.

18. 20 mA-/V24-Umsetzer für eine Leitung Datenrate bis 19,2 kbit/s, 1976



Zum Anschluss von Terminals an Rechner gab es im Jahre 1973/74 zwei unterschiedliche serielle Übertragungstechniken: 20 mA bzw. RS232/V24. Wegen der im Institut zu überbrückenden Entfernungen erfolgte der Anschluss der Terminals mit der vom Fernschreiber abgeleiteten robusteren 20 mA-Technik. Die alternative RS232/V24-Technik konnte "offiziell" nur Entfernungen bis 15 m, praktisch aber bis ca. 90 m überbrücken. Die Leitungen im Institut waren aber teilweise über 200 m lang. Wurde im Einzelfall an einer Stelle ein V24-Anschluss benötigt, kam der hier gezeigte, von Elektroniklabor entwickelte Umsetzer zwischen beiden Anschlusstechniken zum Einsatz.

19. V24 / 20 mA-Umsetzer für 32 Leitungen Datenrate bis 38,4 kbit/s, 1986



Im Jahre 1986, bei Bezug des Rechenzentrums-Neubaus (Gemeinsames Rechenzentrum GRZ, Vorläufer des heutigen Gemeinsamen Netzwerkzentrums, GNZ) und Installation des DECSys10-Nachfolgers DEC VAX 8600, hatte sich die V24-Technik trotz der erwähnten Nachteile durchgesetzt. Deshalb war die Aufgabe zu lösen, die vorhandenen ca. 250 Terminals mit 20 mA-Schnittstellen an die V24-Interfaces des neuen Rechners anzuschließen. Aus den gleichen Gründen wie 1973 entschied sich das Rechenzentrum für die robustere Technik und installierten an den Rechnerinterfaces Baugruppen mit

jeweils 32 Umsetzern. Diese neuen Geräte, die von einer kleinen Berliner Firma angeboten wurden, ermöglichten Datenraten bis zu 38,4 kbit/s.

20. Bridge Ethernet-Terminalserver 10 Ports V24, Datenrate bis 19,2 kbit/s, 1988



Nach seiner Einführung konnte das Ethernet (s.u.) mittels so genannter Terminalserver als transparentes Medium für den Anschluss von ACSII-Terminals benutzt werden. Dies war zunächst notwendig, da das seriell betriebene ACSII-Terminal immer noch das Arbeitspferd des Benutzers beim Umgang mit dem Zentralrechner war. Im Jahre 1987 wurde eine "Hybrid-Lösung" im Fritz-Haber-Institut gewählt. Im Zentralrechner DEC VAX 8600 war ein Spezialinterface einer Fremdfirma installiert, das für den Rechner wie ein Terminal-Multiplexer aussah, aber nach außen einen Ethernetanschluss hatte. Zusätzlich waren dezentral "Bridge"-Server an das Ethernet angeschlossen, die jeweils bis zu 10 Terminals bedienen konnten. Diese Konstruktion wurde vom damaligen Direktor Prof. Zeitler treffend als "verteilter Terminalschwitch" charakterisiert.

21. Transtec Multiprotokoll-Terminal/Printer-Server 4/8/16 Ports V24 bis 38,4 kbit/s, paralleler Printeranschluss, 1989



Schon vor der unter 20. beschriebenen Hybrid-Lösung gab es auf dem Markt Terminalserver, die mit den Standard-Ethernet-Interfaces der Rechner zusammenarbeiten und

dadurch mit vielen Rechnern gleichzeitig Kontakt aufnehmen konnten. Ursprünglich hatte die Firma Digital solche Server mit ihrem proprietären LAT-Protokoll angeboten. Es gab aber sehr schnell Fremdhersteller, die neben LAT im gleichen Gerät auch das TCP/IP-Protokoll anboten. So konnten vom gleichen Terminal Verbindungen sowohl zu allen DEC-Rechnern als auch zu den sich immer stärker durchsetzenden UNIX-Rechnern aufgebaut werden. Die Geräte der Firma Transtec konnten darüber hinaus Drucker über die damals weit verbreitete Centronix-Schnittstelle anschließen, so dass auch von Zentralrechner weit entfernte Drucker bedient werden konnten.

22. TU-Terminal-Konzentrator mit Philips-Multiplexer 9600 bit/s, 1985

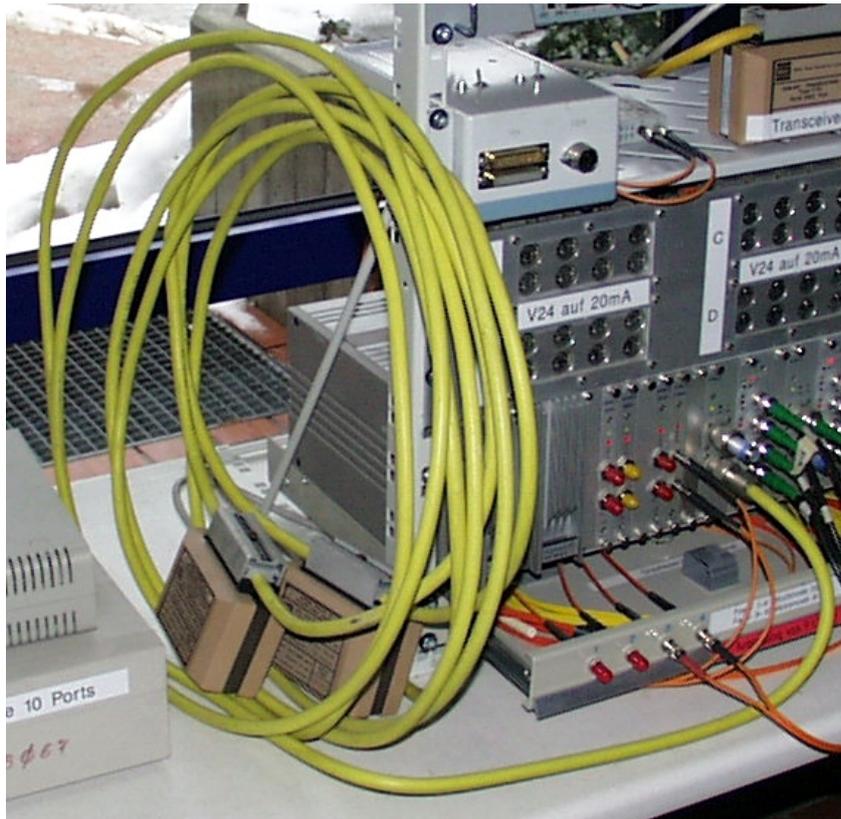


Die ausgestellte Kombination des Statistischen Multiplexers der Firma Philips mit einem von der Technischen Universität Berlin (TUB) entwickelten Konzentrator diente der Anbindung von ASCII-Terminals an einen vom Fritz-Haber-Institut mitfinanzierten Rechner CDC Cyber 805, der an der TUB aufgestellt und vom dortigen Rechenzentrum betrieben wurde. Der Rechner lief unter dem Batchbetriebssystem NOS/BE, das von der TUB um einige selbst entwickelte Komponenten zum Anschluss von Terminals ergänzt war. Die Akzeptanz dieser Lösung war bei der bereits seit über zehn Jahren an interaktives Arbeiten gewöhnten Benutzerschaft des Fritz-Haber-Instituts eher gering. Das Eintippen von "Steuerkarten", wie sie in den TUB-Dokumentationen zum Betriebssystem immer noch hießen, sowie das Fehlen einer durchgängigen Dateistruktur entsprachen nicht mehr den Anforderungen eines Benutzers an ein Rechnersystem. Dies führte zu einem nur geringen Nutzungsanteil, den das Fritz-Haber-Institut an dem gemeinsam beschafften System in Anspruch nahm.

Ethernet-Technik

Im Jahre 1980 wurde von den Firmen 3Com, DEC, Intel und Xerox eine lokale Netzwerktechnik mit dem Namen "Ethernet" definiert, die mit ihren Weiterentwicklungen bis heute den Markt beherrscht. Die erste Version war das "Yellow Cable", vgl. 23, das als Koaxialkabel mit einer Länge von bis zu 500 Metern theoretisch bis zu 200 Geräte miteinander verbinden konnte. Seine offizielle Bezeichnung lautete 10Base-5. Die Gesamtdatenrate für alle Teilnehmer war auf 10 MBit/s begrenzt. Zur Vermeidung von Signalreflexionen war es erforderlich, dass beide Enden des Kabels mit 75-Ohm-Widerständen abgeschlossen wurden. Das „Yellow Cable“ ermöglichte es, durch Einsatz von Spezialwerkzeugen während des laufenden Betriebs zusätzliche „Transceiver“ zu installieren. Diese Geräte übernehmen das eigentliche Senden und Empfangen auf dem Ethernet-Kabel, wobei sie über ein 15-poliges Transceiverkabel mit dem Netzknoten (Rechner, Drucker ...) verbunden sind. Am Fritz-Haber-Institut war diese Ethernet-Variante im Gebäude T von 1986 bis 1998 in Betrieb.

23. Yellow Cable (10Base5) mit zwei Transceivern 10 Mbit/s, 1986



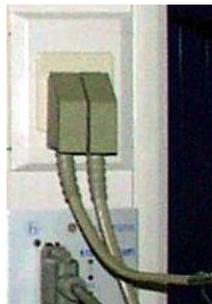
Beispiel eines Ethernetkabels auf Koaxialbasis („Yellow Cable“) mit angeschlossenem Transceiver.

24. Thinwire Ethernet (10Base2, Cheapernet, RG58) mit BNC-Anschlussstechnik 10 Mbit/s, 1986



Da das klassische "Yellow Cable" wegen seiner Material-Eigenschaften schlecht zu handhaben und gleichzeitig ziemlich teuer war, wurde das 10Base-5-Kabel Mitte der 80er Jahre durch den Typ 10Base-2 ergänzt. Hier kam billiges Koaxialkabel vom Typ RG58 zum Einsatz, wobei das Netzwerk aus Einzelkabeln mit BNC-Steckern an den Enden zusammengesetzt wurde. Geräteanschlüsse wurden über BNC-T-Stücke realisiert. Die Netzwerkenden wurden auch hier mit Widerständen (50 Ohm) abgeschlossen. Ein Anschluss von Geräten im laufenden Betrieb war hier nicht möglich, andererseits "verführte" der einfache Aufbau manchen dazu, durch einfaches Umstecken Konfigurationsänderungen durchzuführen, was praktisch immer zu Netzwerkzusammenbrüchen führte.

25. TAD-Doppeldose, 1990



Der Nachteil der leichten Manipulationsmöglichkeit durch Laien ließ sich durch den Einsatz von TAD-Anschlussdosen vermeiden. Dabei wurde die eigentliche Verkabelung

in Kabelkanälen verborgen, so dass für den Benutzer nur eine den Standard-Telefondosen (TAE) ähnliche Doppelsteckdose sichtbar war, in die er passende Patchkabel einzustecken hatte. Diese Patchkabel bestanden aus zwei Koaxial-Leitungen, die das Signal zum Gerät und wieder zurück führten (leider konnte man mit Gewalt auch Telefone in die Dose stecken ...). Die 10Base-2-Technik war im gesamten Fritz-Haber-Institut von 1986 bis etwa 2000 flächendeckend im Einsatz, in Einzelfällen sogar noch bis 2006.

26. Hirschmann Sternkoppler mit verschiedenen Koax- und Glasfaser-Anschlüssen 1988



Der wesentliche Nachteil der bisher vorgestellten Ethernet-Varianten war die Längenbegrenzung. Mit der Einführung von "Netzwerk-Hubs" wurde es jedoch möglich, verschiedene Segmente, für die die jeweilige Längenbegrenzung galt, zu einem Netzwerk zusammen zu schalten. Die ersten Hubs, die im Fritz-Haber-Institut zum Einsatz kamen, waren die "Sternkoppler" der Firma Hirschmann.

Die Glasfasertechnik ermöglichte es, die Übertragungreichweite und damit den Gesamtumfang des lokalen Netzes erheblich zu vergrößern. Mit den Hirschmann-Sternkopplern wurde schon früh das MPI für molekulare Genetik in das Ethernet des Fritz-Haber-Instituts integriert. Durch das Zusammenschalten mehrerer Sternkoppler mit entsprechend vielen Segmenten konnte ein sehr großes Netzwerk in Ethernet-Technik aufgebaut werden. Bald zeigte sich jedoch ein entscheidender Nachteil dieser Technik: Die Hubs waren letztlich nur "dumme" Verstärker, die auftretende Fehler in einem Segment in alle anderen angeschlossenen Segmente weiterleiteten.

27. Allied Telesis Bridge mit 2 Ports 1990



Zur Vermeidung der Fehlerverbreitung im Gesamtnetzwerk wurden so genannte "Bridges" entwickelt, die einkommende Datenpakete empfangen und nur bei Fehlerfreiheit weiterleiten, und zwar nur in das Segment, in dem sich der Empfänger des Datenpakets befand. Das Bild zeigt die einfachste Version einer Bridge, bei der ein Netzwerk in zwei Teile geteilt wird, so dass zwar jeder Netzteilnehmer jeden anderen erreichen kann, Störungen aber nicht von einem Segment in das andere weitergeleitet werden. Außerdem wird der Verkehr zwischen Teilnehmern im gleichen Segment nicht auf das andere Segment weitergeleitet. Die gleiche Technik kommt heute noch bei den so genannten Switches zum Einsatz, die aber die Weiterleitung noch während des Empfangs beginnen, sobald die Zieladresse erkannt ist.

28. RJ45(10BaseT)-Patchfeld 1990



Etwa seit 1990 kam als neue Technik für die Ethernet-Übertragung 10BaseT hinzu, bei der als Übertragungsmedium paarweise verdrehte ("twisted") Kupferaderpaare zum Einsatz kamen. Diese Technik, die keinen Datenbus mehr darstellt, sondern nur noch eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung, hat im Laufe der Zeit die anderen Kupfer-Übertragungstechniken praktisch verdrängt. Die Übertragungsgeschwindigkeit auf diesem Medium ist zweimal um den Faktor 10 gesteigert worden: 100BaseT und 1000BaseT. Mit dieser Technik angeschlossene Geräte können gleichzeitig senden und empfangen ("full duplex"), da jeweils separate Leitungen vorhanden sind.

29. Glasfaser-Spleißbox als Patchfeld 1995



Im Glasfaserbereich wurde inzwischen die Übertragungsgeschwindigkeit sogar auf 10 Gbit/s gesteigert (in Max-Planck-Instituten des GNZ-Verbundes im Einsatz). Versionen mit 40 GBit/s und 100Gbit/s sind inzwischen definiert und werden in Kürze verfügbar sein.

Da inzwischen die überbrückbaren Entfernungen für Glasfaster-Ethernet auf ca. 100 km gesteigert wurden, ist diese Technik nicht mehr nur im lokalen Netz im Einsatz, sondern auch in Stadtnetzen (Metropolitan Area Network, MAN) und sogar im Weitverkehrsbereich (Wide Area Network, WAN).

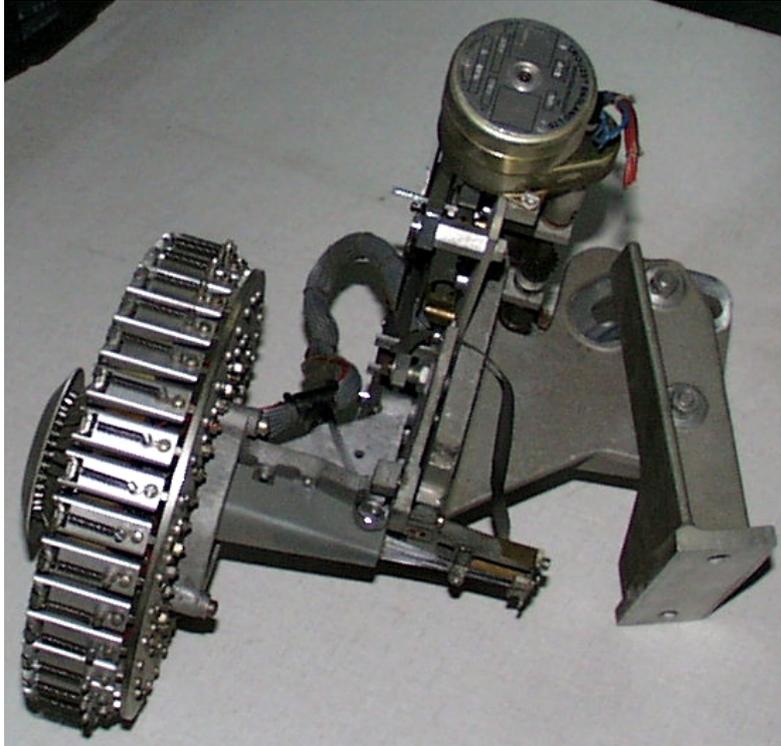
(E) Datenein- und Ausgabe, Backup

30. Lochkartenleser DEC CR10D 1000 Karten/min, 1974 – 1985



Der Kartenleser Modell DEC CR10D wurde zusammen mit dem DECSystem10 beschafft, um den vom ursprünglich lochkartenorientierten Vorgängersystem ICL 1909/4 immer noch vorhandenen Lochkartenbestand zu übernehmen. Entsprechend wurde er vor allem in den Anfangsjahren stark ausgelastet. Er bestach durch einfache Konstruktion, relativ störungsfreien Betrieb und niedrigen Geräuschpegel. Anmerkung: Baugleiche Geräte wurden noch im Jahre 2000 anlässlich der US-Präsidentschaftswahl in einigen Bundesstaaten eingesetzt, in denen die Wähler mittels einer Schablone Löcher in Lochkarten stanzen mussten - mit den bekannten Unregelmäßigkeiten, die möglicherweise sogar wahlentscheidend waren.

31. Lochkartenbeschrifter aus ICT-Lochkartenstanzer, 5 x 7 – Matrix 1966 – 1976



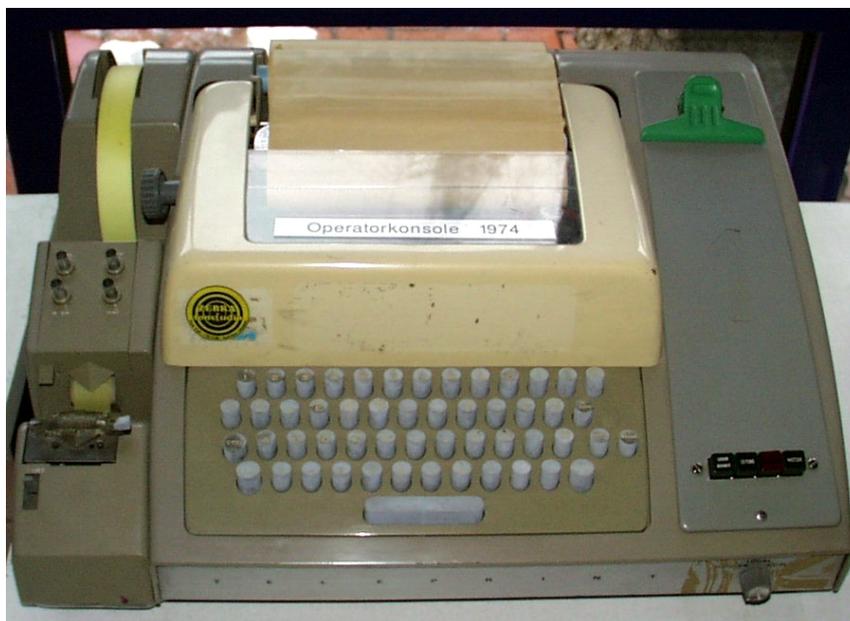
Beim Umgang mit den 80-stelligen Lochkarten war es für Ungeübte nützlich, wenn am oberen Rand der Lochkarte der Inhalt im Klartext ausgedruckt war. Zu diesem Zweck hatten die im Institut eingesetzten Lochkartenstanzergeräte eine Beschriftereinheit, mit der dieser Ausdruck parallel zum Stanzvorgang vorgenommen wurde. Die Drucktechnik war im Prinzip die gleiche wie später beim Nadeldrucker, nur dass hier das ganze Zeichen zeitgleich gedruckt wurde. Dazu wurden bis zu 35 Elektromagnete in einer 5 x 7 – Matrix-Anordnung angesteuert, die zur Beschriftung entsprechende Nadeln zusammen mit einem Farbband auf den Lochkartenrand drückten.

32. Lochkarten-Handstanzer (“Locher 4”) 1966



Wenn bei einem Kartenleser eine Karte nicht richtig in die Lesestation eingezogen wurde, kam es recht häufig zu einer Beschädigung der Lochkarte. Diese Karte musste dann schnell nachgelocht werden. Hierzu hatten die Operateure den ausgestellten “mobilen” Lochkartenstanzer zu Verfügung. Da die drei Produktions-Kartenstanzer im Benutzerraum durchnummeriert waren, wurde dieses Gerät immer als “Locher 4” angesprochen.

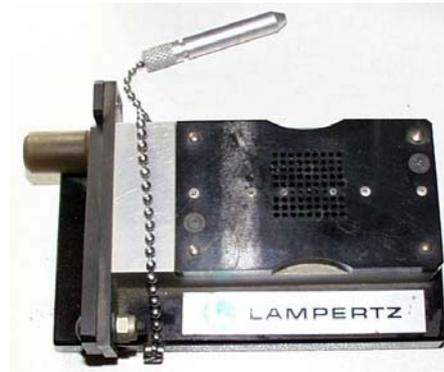
33. Teletype TT33 (US-Fernschreiber) mit 8-Kanal-Lochstreifenlese- bzw. Stanzeinheit links, 1966



Dieses Gerät, ursprünglich als Fernschreiber entwickelt, wurde bis in die 70er Jahre an vielen Stellen eingesetzt, an denen Vorgänge protokolliert werden mussten, z.B. an Messapparaturen, als zentrale Bedienkonsolen von Großcomputern etc. Am Zentralrechner ICL 1909/4 des Fritz-Haber-Instituts war eine leicht modifizierte Variante als Operatorkonsole angeschlossen (1966 bis 1974). Am Nachfolgerechner

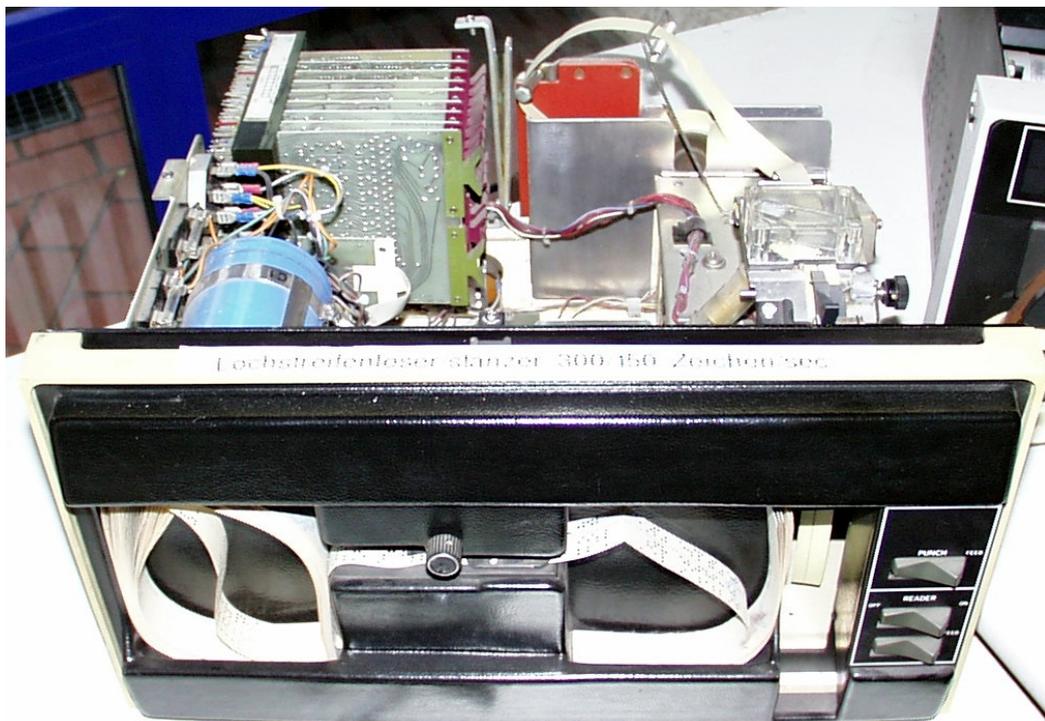
DECSystem10 war kurzzeitig die robustere Variante TT35 im Einsatz, die aber bald von einem Nadeldrucker DEC LA36 abgelöst wurde.

34. Lochstreifen-Handstanzer für 8-Kanal-Lochstreifen, 1966



Für kleinere Korrekturen an Lochstreifen – teilweise nach Einkleben eines Zwischenstücks – konnte diese kleine Handstanzer eingesetzt werden.

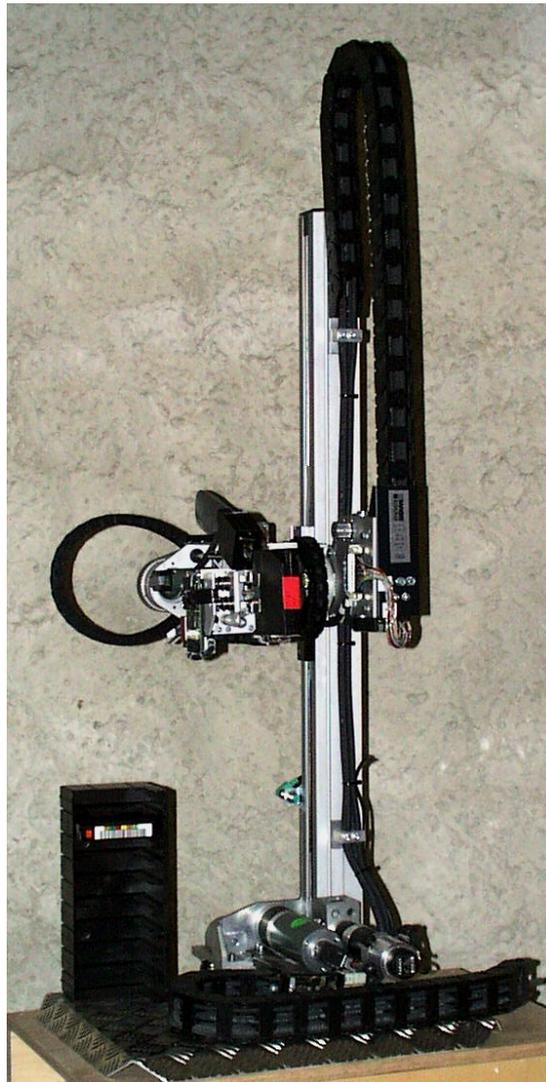
35. Lochstreifenleser/-stanzer DEC PTP/PTR-10 8-Kanal Faltdlochstreifen Lese-/Stanzgeschwindigkeit 300/150 Zeichen/s, 1974-1985



Neben der Lochkarte war in der Anfangszeit der Computer der Lochstreifen ein wichtiges Ein-/Ausgabemedium. Die Firma Digital hatte hierzu die praktische Variante

"Faltlochstreifen" im Einsatz, bei der sich nach dem Einlesen bzw. Stanzen der Lochstreifen selbsttätig wieder zusammenlegte, so dass die sonst üblichen Aufwickelvorgänge entfielen. Das ausgestellte Gerät war am Zentralrechner DECSystem10 im Einsatz. Der langjähriger Maschinensalleiter Peter Wruck hatte die Stanzeinheit auf 5-Kanal-Rollenbetrieb umgestellt. Mit den gestanzten Lochstreifen wurde am Fritz-Haber-Institut in den Jahren 1974 bis 1985 ein vollautomatisches Röntgengoniometer gesteuert.

36. Kassettengreifarm des Magnetbandroboters ADIC AML/J 2002-2005



Der Kassettengreifarm ist zentrale Komponente des ausgemusterten Magnetbandroboters AML/J, der zwischen 2002 und 2005 das Herzstück des netzwerkweiten Backupsystems im GNZ bildete. Obwohl als Greifer für viele verschiedene Medien konzipiert, hat er im GNZ nur Magnetkassetten des Typs LTO-1 transportiert. Er dürfte in dieser Zeit etwa 250.000 Bandbewegungen durchgeführt und dabei etwa 500 km zurückgelegt haben - ohne Störungen.