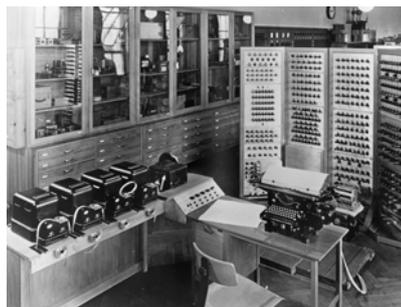


GWDG Nachrichten

Sonderausgabe 40 Jahre GWDG

**Wissenschaftliches Rechnen
in Göttingen – zur Geschichte des
Computers und der GWDG anlässlich
des 40-jährigen Bestehens der GWDG**



Inhaltsverzeichnis

1.	Vorwort	3
2.	Die Leibniz'sche Rechenmaschine	4
3.	Sprossenrad-Rechenmaschinen	27
4.	Der Erfinder des Computers: Konrad Zuse.....	42
5.	Heinz Billing – der Erbauer der ersten deutschen Elektronenrechner.....	76
6.	Anfänge der wissenschaftlichen Datenverarbeitung in Göttingen.....	121
7.	Die Rechenanlagen der GWDG.....	137
8.	Zeittafel zur Geschichte der GWDG.....	268

Titelfotos: Das linke Bild zeigt die von Heinz Billing im Jahr 1952 erbaute Göttinger Rechenmaschine G1 im Labor, das rechte Bild die aktuelle Neubeschaffung der GWDG aus dem Jahr 2010, den Hochleistungs-Rechencluster von NEC.

GWDG-Nachrichten für die Benutzer des Rechenzentrums

ISSN 0940-4686

33. Jahrgang, Sonderausgabe 40 Jahre GWDG

<http://www.gwdg.de/gwdg-nr>

Herausgeber: Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung mbH Göttingen
Am Faßberg 11, 37077 Göttingen

Redaktion: Dr. Thomas Otto Tel.: 0551 201-1828, E-Mail: Thomas.Otto@gwdg.de
Herstellung: Maria Geraci Tel.: 0551 201-1804, E-Mail: Maria.Geraci@gwdg.de
Druck: GWDG / AG H Tel.: 0551 201-1523, E-Mail: printservice@gwdg.de

1. Vorwort

Der Computer ist aus unserem Alltag nicht mehr wegzudenken. Er ist zum festen Bestandteil in nahezu allen Lebensbereichen geworden. Ohne ihn würde im heutigen digitalen Zeitalter vieles nicht mehr funktionieren. Einer der frühen Wegbereiter unseres heutigen Computers ist Konrad Zuse, dessen 100. Geburtstag wir in diesem Jahr feiern. In den Medien wird seit einigen Monaten ausführlich darüber berichtet. Konrad Zuse begann Ende der 30er-Jahre des vergangenen Jahrhunderts, die weltweit erste programmierbare automatische Rechenmaschine zu bauen – die Geburtsstunde des heutigen Computers. Dieses ist vielen Menschen kaum bekannt. Noch weniger bekannt ist, dass die erste Grundlage für die heutigen modernen Computer schon im Jahr 1679 durch Gottfried Wilhelm Leibniz gelegt wurde. Er entwickelte damals das binäre Zahlensystem und beschrieb sowohl das Rechnen mit dualen Zahlen als auch eine Maschine zur Durchführung von Addition und Multiplikation.

Der langjährige Mitarbeiter und Museumskustos der GWDG, Herr Manfred Eyßell, der mit großem Engagement das weit über Göttingen hinaus bekannte Rechermuseum der GWDG betreut, hatte anlässlich des 40-jährigen Jubiläums der GWDG im Jahr 2010 Mitte des letzten Jahres mit dem Erstellen einer umfangreichen beeindruckenden Artikelserie in den GWDG-Nachrichten begonnen, in der wesentliche Entwicklungen der Rechenmaschinenteknik in loser Folge dargestellt werden sollten. Dabei wurde, soweit jeweils möglich, ein Bezug zu Göttingen – wenn dieser nur marginal ist, dann immerhin zu Niedersachsen – und zum Rechermuseum bzw. zu dessen Exponaten hergestellt.

Die Artikelserie, die in dieser Sonderausgabe der GWDG-Nachrichten zusammengefasst ist, besteht aus folgenden Beiträgen:

- Die Leibniz'sche Rechenmaschine
(in zwei Teilen in den GN 7/2009 und 8/2009 erschienen)
- Sprossenrad-Rechenmaschinen
(in den GN 10/2009 erschienen)
- Der Erfinder des Computers: Konrad Zuse
(in zwei Teilen in den GN 1/2010 und 2/2010 erschienen)
- Heinz Billing – der Erbauer der ersten deutschen Elektronenrechner
(in zwei Teilen in den GN 4/2010 und 5/2010 erschienen)
- Anfänge der wissenschaftlichen Datenverarbeitung in Göttingen
(in den GN 6/2010 erschienen)
- Die Rechenanlagen der GWDG – die UNIVAC-Ära
(in den GN 8/2010 erschienen)
- Die Rechenanlagen der GWDG – die IBM-Ära
(in den GN 9/2010 erschienen)
- Die Rechenanlagen der GWDG – die Workstation-Ära
(in den GN 10/2010 erschienen)
- Die Rechenanlagen der GWDG – die Neuzeit
(erscheint in den GN 11/2010)

Ergänzend zu den letzten vier Beiträgen, die sich mit der Entwicklung der Rechenmaschinenausstattung der GWDG seit ihrer Gründung im Jahr 1970 befassen, wird am Ende dieser Sonderausgabe in einer Zeittafel ein Überblick über die wichtigsten Ereignisse in der 40-jährigen Geschichte der GWDG gegeben.

Otto

2. Die Leibniz'sche Rechenmaschine

2.1 Leibniz und seine Zeit: Das Barockzeitalter

Zur Einstimmung und zur Einordnung von Leibniz' Leistung hier ein kurzer Überblick über die Zeit, in der Leibniz lebte: das Zeitalter des Barock (etwa 1600 bis 1730).

1638 wurde Ludwig der XIV. geboren, der von 1643 bis 1715 als Sonnenkönig Frankreich regierte.

Am 1. Juli 1646 wurde Gottfried Wilhelm Leibniz in Leipzig geboren.

1648 endete mit dem „Westfälischen Frieden“ der „Dreißigjährige Krieg“, der, gespeist aus dem Gegensatz des Katholizismus der Gegenreformation und dem Protestantismus, Deutschland verwüstete.

Die Welfen, ein ursprünglich aus Süddeutschland stammendes Herrschergeschlecht, regierten ab dem 17. Jahrhundert das Herzogtum Braunschweig-Wolfenbüttel und das Kurfürstentum Hannover.

Ein Teilgebiet des Herzogtums Braunschweig-Lüneburg war Calenberg-Göttingen, dessen Hauptstadt 1636 Hannover wurde.

1680 starb Herzog Johann Friedrich, Herzog Ernst August (seit 1679) folgte und erhielt 1692 die Würde eines Kurfürsten von Hannover. Sein Sohn Georg Ludwig folgte ihm 1698 und erbte 1705 auch das Teilgebiet Lüneburg. 1714 bestieg er als Georg I. den englischen Thron. Sein Sohn Georg August (geb. 1683) regierte England als Georg II. von 1727 bis 1760. Bis zum Beginn der Regentschaft von Königin Viktoria 1837 regierten die Welfen in England.

Georg Friedrich Händel, seit 1710 in Hannover, ging 1712 nach London, wo er 1759 verstarb.

Der Aufstieg Preußens begann mit dem Großen Kurfürsten Friedrich Wilhelm (geb. 1620, Herrschaft: 1640-1688), der den Absolutismus durchsetzte und mit Frankreichs Ludwig XIV. politisch eng verbunden war, bis dieser 1685 die Hugenotten vertrieb. Friedrich III., seit 1688 Kurfürst von Brandenburg, krönte sich 1701 in Königsberg als Friedrich I. zum „König in Preußen“. Er regierte bis 1713, es folgte sein Sohn Friedrich Wilhelm I., der bis 1740 regierte. Dessen Sohn, Friedrich II., „der Große“, wurde als „erster Diener des Staates“ Vorbild des aufgeklärten Absolutismus und hatte den französischen Dichter und Philosophen Voltaire (1694-1778) von 1750 bis 1752 auf Schloß Sanssouci zu Gast. Er regierte bis 1786, gefolgt von Friedrich Wilhelm II.

In Rußland kam es 1666 zur Kirchenreform und Kirchenspaltung; Peter der Große (1689-1725) gründete 1712 die neue Hauptstadt Petersburg. Auf Leibniz' Anregung wurde dort 1725 eine Akademie der Wissenschaften gegründet.

Am 14. November 1716 starb Gottfried Wilhelm Leibniz in Hannover.

Kurfürst Georg August von Hannover (Georg II., König von Großbritannien) stiftete 1734 eine Universität in Göttingen (gegründet 1737). Dem Geist der Aufklärung verbunden, wurde in Göttingen das Primat der Theologie abgeschafft und die Gleichberechtigung der Fakultäten eingeführt.

James Watt (1736-1819) schuf 1769 die erste brauchbare Dampfmaschine.

1776 erklärten sich die „Vereinigten Staaten von Amerika“ unabhängig von England.

2.2 Leibniz' Lebenslauf

Gottfried Wilhelm Leibniz wurde am 1. Juli 1646 in Leipzig geboren. Sein Vater, Professor der Philosophie an der Universität Leipzig, starb im selben Jahr. Gottfried Wilhelm studierte von 1661 bis 1666 Rechtswissenschaft in Leipzig, Mathematik und Philosophie in Jena. Mit 21 Jahren promovierte er über die Lösung schwieriger juristischer Fälle.

Leibniz trat in kurmainzische Dienste und wurde Richter. Man schickte ihn an den Hof des französischen Sonnenkönigs, um Ludwig XIV. davon zu überzeugen, besser eine militärische Aktion gegen Ägypten vorzunehmen, als gegen Holland und deutsche Territorien vorzugehen.

In Paris befasste sich Leibniz mit mathematischen Studien und wurde 1669 auswärtiges Mitglied der *Académie des Sciences*. Die Forschung über Reihenentwicklungen führte dazu, dass er sich ab 1670 mit der Entwicklung einer Rechenmaschine für die vier Grundrechenarten befasste. 1673 stellte er in London der *Royal Society* ein erstes Modell vor. In die *Royal Society* wurde er aufgenommen, er fand jedoch keine Anerkennung für seine Rechenmaschine. Was die unendlichen Reihen betrifft, wurde ihm bedeutet, dass darüber schon der Engländer Mouton ein Buch veröffentlicht hatte. Leibniz ließ dann in Paris ein verbessertes Modell seiner Rechenmaschine bauen und präsentierte es 1675 in der *Académie des Sciences*. 1674 beschrieb er eine Maschine zur Lösung algebraischer Gleichungen.

Inzwischen brachte Leibniz' Verbindung zum Mainzer Hof kein ausreichendes Einkommen mehr.

Seine Bemühungen um eine bezahlte Anstellung am *Collège de France* scheiterten. Er bekam ein Angebot von Herzog Johann Friedrich aus Hannover, wohin es Leibniz aber nicht zog. Er versuchte, seinen Aufenthalt in Paris so lange wie möglich hinzuziehen. Anfang 1675 sagte er dann unter der Bedingung zu, dass er die Freiheit bekäme, „seine eigenen Studien in Kunst und Wissenschaft zum Wohle der Menschheit weiterzuführen.“

In den letzten Monaten des Jahres 1675 entwickelte Leibniz die Differential- und Integralrechnung, aber auch hier war er nicht der Erste. Isaac Newton aus Cambridge tat dies schon zehn Jahre zuvor, in Leibniz' Fassung wurde die Infinitesimalrechnung aber allgemein verwendet, seine Notationen werden bis heute benutzt.

Im Herbst 1676 verließ Leibniz Paris und trat seinen Dienst im Haus Hannover als Bibliothekar und Rat des Herzogs an. Er widmete sich dem Ausbau der 1665 gegründeten herzoglichen Bibliothek und entwickelte Ideen und Vorschläge für Verbesserungen in Verwaltung und Landwirtschaft. Er wurde mit politischen und diplomatischen Aufträgen beschäftigt. Reisen führten ihn nach Süddeutschland, Wien und Italien. 1678 wurde er herzoglicher Hofrat.

1679 entwickelte Leibniz in einer Abhandlung für die *Académie des Sciences* in Paris das nur auf 0 und 1 basierende binäre Zahlensystem („De Progressione Dyadica“) und beschrieb eine binär arbeitende Kugelrechenmaschine.

Weil in den Minen des Harzes im Winter die mit Wasserkraft betriebenen Pumpen zur Entwässerung der Stollen nicht ausreichend arbeiten konnten und die Minen geschlossen werden mussten, bekam Leibniz 1680 den Auftrag, Windmühlen als zusätzliche Energiequelle einzuführen. Mit dem Tod Herzog Johann Friedrichs wurde Leibniz' Stellung ungewiss. Nachfolger Ernst August musste erst vom Harz-Projekt überzeugt werden. Auch lag diesem aus Geldmangel nicht viel an der Bibliothek. Auf Leibniz' Vorschlag, eine kurze Geschichte über die Familie des Herzogs zu verfassen, wurde er zum Hofgeschichtsschreiber ernannt.

Da das Windmühlenprojekt sich gegen den Widerstand der etablierten Techniker nicht durchsetzen ließ (auch weil die Windkraft zu unsicher war), wurde es 1685 aufgegeben. Leibniz schlug eine Erweiterung der Familienchronik vor: Nach Schließung einiger Lücken könnte man die Familiengeschichte bis zum Jahr 600 zurückverfolgen. Dies war ein Grund für den Herzog, den größten Denker dieser Zeit an seinem Hof zu halten. Leibniz bekam ein regelmäßiges Gehalt, einen Sekretär und einen

Reiseetat. Ab 1691 war Leibniz auch Leiter der Wolfenbütteler Herzog-August-Bibliothek.



Abb. 1: Gottfried Wilhelm Leibniz¹

1694 konnte Leibniz seine Rechenmaschine in der endgültigen Form fertigstellen. Jedoch wollte ihm ein brauchbarer automatischer Zehnerübertrag über alle Stellen bis zu seinem Lebensende nicht gelingen.

1698 starb Herzog Ernst August, Georg Ludwig folgte nach. Dieser drängte sehr auf die Fertigstellung der Familienchronik. Die Arbeit daran nutzte Leibniz für viele Reisen, zum Ärger des Herzogs.

Sophie (1630-1714), die Frau Ernst Augusts, und Leibniz führten viele Gespräche über philosophische Themen und korrespondierten miteinander, wenn Leibniz auf Reisen war. Deren Tochter, Sophie Charlotte, wurde von Leibniz unterrichtet. Zusammen mit Leibniz bewog Sophie Charlotte ihren Gemahl Friedrich III., Kurfürst von Brandenburg, zur Gründung der Berliner Akademie der Wissenschaften (Brandenburgische Sozietät der Wissenschaften) am 11.07.1700. Leibniz wurde erster Präsident.

1. Ausschnitt aus einem Gemälde in der Gottfried Wilhelm Leibniz Bibliothek (GWLB) in Hannover

In den Jahren 1696-1714 ließ Kurfürstin Sophie von Braunschweig-Lüneburg den Herrenhäuser Garten in Hannover errichten. 1696 erhielt Leibniz von ihr den Auftrag, die Wasserspiele – insbesondere die große Fontäne – zu verbessern.

1714 starb Sophie und in Folge erhielt Leibniz nur noch Mittel für die Fortführung der Familienchronik. Georg Ludwig wurde König Georg I. von England. Obwohl Leibniz die hannoversche Thronfolge in England gefördert hatte, erlaubte Georg ihm nicht, mit nach London zu gehen. Er drängte auf Fertigstellung der Familienchronik.

Am 14.11.1716 verstarb Leibniz in Hannover nach kurzer Krankheit.

Werk und Arbeitsweise Leibniz' werden gut durch einen Satz von ihm charakterisiert: „Beim Erwachen hatte ich schon so viele Einfälle, dass der Tag nicht ausreichte, um sie niederzuschreiben.“

Der Briefwechsel Leibniz' umfasst rund 15.000 Briefe aus 200.000 Blättern an über 1.100 Adressaten, die in der Gottfried Wilhelm Leibniz Bibliothek Hannover (wo u. a. auch die GWDG-Nachrichten aufbewahrt werden) archiviert sind und von der Akademie der Wissenschaften zu Göttingen wissenschaftlich betreut werden. Er wurde am 1. Juli 2008 in das UNESCO Weltkulturerbe aufgenommen.

2.3 Die Leibniz'sche Rechenmaschine

2.3.1 Vorgeschichte

Im Jahr 1643 stellte der französische Physiker, Mathematiker und religiöse Philosoph Blaise Pascal (1623-1662) eine Rechenmaschine für Addition und Subtraktion fertig, die zum Rechnen mit der französischen Währung gedacht war. Sie wurde in der Folgezeit in ca. 50 Exemplaren handwerklich gefertigt. Die verschiedenen Stellen einer Zahl wurden auf runden Ziffernscheiben durch Drehen eingegeben. Bei einer vollständigen Umdrehung einer Scheibe erfolgte ein Übertrag in die nächsthöhere Stelle. Ob ein mehrfacher gleichzeitiger Übertrag möglich war, ist unwahrscheinlich.

2.3.2 Entwicklung einer Vier-Spezies-Rechenmaschine

Gottfried Wilhelm Leibniz begann etwa 1670 mit Überlegungen und schließlich der Entwicklung seiner Rechenmaschine. Über die begrenzten Fähigkeiten der Pascal'schen Rechenmaschine hinaus würde sie mit der Fähigkeit, auch Multiplizieren und Dividieren zu können, etwas absolut Neues und

Einmaliges sein. Ab 1672 arbeitete Leibniz in Paris intensiv an der Rechenmaschine und ließ ein erstes Funktionsmodell in einer Uhrmacherwerkstatt bauen, das er bei einer Reise nach London am 1.2.1673 der *Royal Society* vorführte. Die Resonanz war jedoch gering und nicht positiv. Es ist nicht sicher, ob dieses Modell die Staffelwalze als Schaltelement enthielt oder das Sprossenrad, worauf eine Skizze Leibniz' hindeutet.

In Paris entwickelte Leibniz die Rechenmaschine weiter und ließ 1674 ein verbessertes Modell aus Messing herstellen, das er am 9. Januar 1675 der *Académie des Sciences* präsentierte. Das französische Steueramt und das Pariser Observatorium bestellten daraufhin je eine Maschine. Es gelang aber nicht, brauchbare Maschinen herzustellen.



Abb. 2: Die Leibniz'sche Rechenmaschine in der Gottfried Wilhelm Leibniz Bibliothek in Hannover¹

Leibniz arbeitete vergeblich daran, den durchgehenden vollständigen Zehnerübertrag über 15 Stellen im Ergebniswerk zu realisieren.

Die Konstruktionsprinzipien, die Multiplikation und Division ermöglichen sollten, waren die Gliederung der Maschine in Eingabewerk, Ergebniswerk und Umdrehungszählwerk. Für die Übertragung der eingegebenen Zahl in das Ergebniswerk erfand Leibniz die der Addition dienende **Staffelwalze** als Maschinenelement. Von den vielen Erfindungen, die Leibniz für seine Maschine machen musste, hatte sie eine besondere Bedeutung für die spätere Entwicklung mechanischer Rechenmaschinen. Durch eine **zentrale Kurbel als Antriebselement** war es möglich, vielfach hintereinander die gleiche Eingabezahl

1. Bildnachweis: Internet, zur Ausstellung 2009 in der Kestnergesellschaft in Hannover

aufzuaddieren und somit Multiplikationen mit kleinem Multiplikator auszuführen.



Abb. 3: Vorn der verschiebbare Schlitten mit Kurbel, achtstelligem Eingabewerk und Umdrehungszählwerk¹

Das achtstellige Eingabewerk ist auf einem **verschieblichen Schlitten** angeordnet. Somit kann durch Verschiebung dieses Schlittens die Größenordnung der Eingabezahl um eine oder mehrere Dezimalstellen erhöht werden, womit eine gleichzeitige (implizite) Multiplikation um den Faktor 10, 100 usw. bis maximal 100.000.000 (100 Mio. = 1×10^8) möglich war, denn das Ergebniswerk umfasste 16 Stellen.



Abb. 4: Mittels Kurbel und Spindel kann das Eingabewerk am Resultatwerk entlang verschoben werden²

Subtraktion und Division erfolgten, wenn die zentrale Kurbel statt links herum im Uhrzeigersinn gedreht wurde. Die Anzahl der Kurbelumdrehungen (also Multiplikator bzw. Divisor) konnte im Umdrehungszählwerk abgelesen werden bzw. durch einen

1. Original der jüngeren Maschine in der GWLB
2. Nachbau der jüngeren Maschine von 1924 in der GWLB

Markierungsstift auf eine bestimmte Anzahl voreingestellt werden.



Abb. 5: Einer-, Zehner- und Hunderterstelle des Eingabewerks und Umdrehungszählwerk; im Resultatwerk sind zu erkennen die Resultaträder, die Zählräder, die Muldenräder und die Pentagon-Scheiben³

2.3.3 Funktionsweise

Bedeutendster Bauteil der Rechenmaschine ist die von Leibniz erfundene Staffelwalze.



Abb. 6: Unter dem Ergebniswerk liegende Staffelwalzen; zu erkennen sind auch die Zählräder und die auf der gleichen Vierkantwelle angebrachten Resultaträder. Die auf den dazwischenliegenden Wellen mit Fünfhorn und Muldenrad angebrachten Pentagon-Scheiben dienen zur Anzeige noch nicht vollständig ausgeführter Überträge⁴

Diese trägt auf ihrem Umfang neun achsenparallele Rippen „gestaffelter Länge“. Sind parallel angeordnete Staffelwalzen unterschiedlich weit in Achsrichtung verschoben, so kann ein jeder Staffelwalze zugeordnetes Aufnahmezahnrad (ZR) die jeweils in seinem Eingriffskreis befindliche Anzahl von Rippen

3. Original der jüngeren Maschine in der GWLB
4. Nachbau der jüngeren Maschine von 1924 in der GWLB

auf einem auf der gleichen Welle angebrachten zugehörigen Resultatrad (RR) anzeigen, wenn alle Staffelwalzen gleichzeitig einmal vollständig um ihre Achse gedreht werden. Mit jeder weiteren Drehung (für die gleiche oder eine andere Zahl) wird das Resultatrad um den Wert der dabei hinzukommenden Staffelwalzenrippen weitergedreht.



Abb. 7: Drei Einstellräder mit Schaulöchern und Teil des Ergebniswerks mit Ziffern auf dem Rand der Resultaträder¹

An den Einstellrädern werden die Ziffern der einzugebenden Zahl eingestellt, wobei eine Zahnstange die Staffelwalze soweit nach hinten schiebt, dass sich eine der eingestellten Ziffer entsprechende Anzahl von Rippen der Staffelwalze unterhalb des Aufnahmehahnrades befindet.



Abb. 8: Einstellräder, unter dem linken ist das Ende einer Zahnstange sichtbar; unter dem rechten Fünfhorn ist ein Zweihorn zu erkennen²

Werden nun über die Antriebskurbel mit Hilfe der großen Zahnräder alle acht Wellen mit den Staffelwalzen um eine volle Umdrehung gedreht, so drehen sich die Aufnahmehahnräder (AZ) jeweils um genau den Winkel, den die Anzahl der zum Eingriff kommenden Rippen der Staffelwalze vorgibt ($n \cdot 360^\circ/10$). Das auf der Welle der Aufnahmehahnräder angeordnete Resultatrad (RR) zeigt dann die in jeder Dezimalstelle eingestellte Zahl an, so dass der Bediener an den Resultaträdern die in das Ergebniswerk übertragene Zahl ablesen kann.

Das Umdrehungszählwerk bietet eine Kontrolle darüber, wie viele Kurbeldrehungen durchgeführt wurden. Bei der Multiplikation zeigt sich hier der Multiplikator für eine Stelle, bei der Division wird der Divisor voreingestellt (mit Hilfe eines Stöpsels) oder am Ende einer Division abgelesen.

1. Original der jüngeren Maschine in der GWLB

2. Nachbau (Funktionsmodell aus dem Jahr 2005) in der GWLB

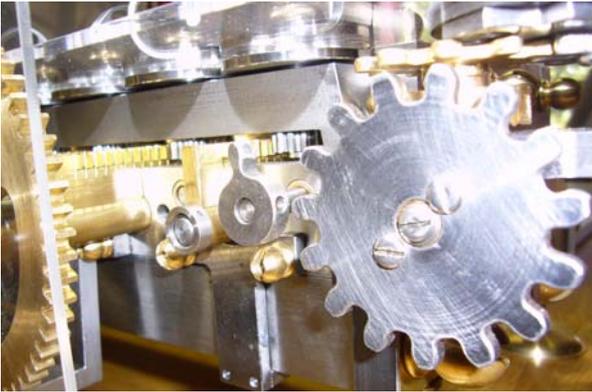


Abb. 9: Auf der Antriebswelle der Einerstelle hat ein einzelner Zahn (Mitte unten) die Aufgabe, bei jeder Umdrehung der Kurbel das Aufnahmezahnrad des Umdrehungszählers um Eins zu drehen¹

Zum Problem wurde allerdings der bei fortgesetzter Addition erforderliche Zehner-Übertrag. Er wurde von Leibnitz logisch richtig erdacht und eingebaut, nur gelang es Leibniz und seinen Mechanikern nicht, dies so zu gestalten, dass es einwandfrei funktionierte. Es liegt auf der Hand, dass man, wenn man zur Zahl 99.999.999 eine 1 addieren will, nicht leicht mit einer Kurbeldrehung erreichen kann, dass sämtliche Neunen zur Null weitergedreht werden und die links davon liegende Dezimalstelle den Wert Eins annimmt. Dazu müsste auf allen acht Wellen gleichzeitig der „Einzahn“ (EZ) beim Übergang von 9 zur 0 ein Zahnrad der links daneben angeordneten Achse (nächst höhere Stelle) um einen Zahn weiterbewegen. So wie beim Anfahren eines Güterzugs die Lokomotive nicht alle 50 Waggon gleichzeitig anziehen kann (die nicht starre Kupplungsverbindung sorgt hier dafür, dass zuerst nur ein Wagen gezogen wird, dann ein zusätzlicher zweiter, dritter usw., während die Lok immer mehr in Fahrt kommt), wird auch hier das Problem auf die Weise gelöst, dass während des letzten Teils der Kurbelumdrehung und etwas darüber hinaus die Überträge von rechts nach links zeitlich aufeinanderfolgen.

1. Nachbau (Funktionsmodell aus dem Jahr 2005) in der GWLB

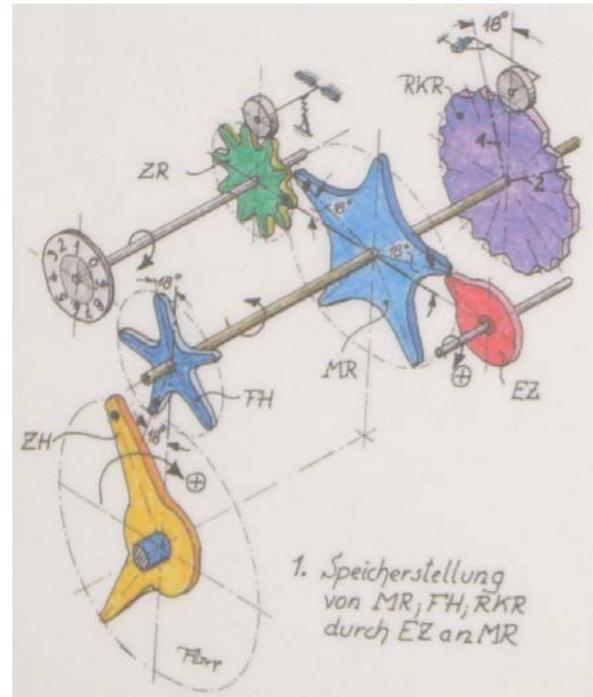


Abb. 10: Übertrag, Phase 1: Beim Wechsel von 9 auf Null dreht der Einzahn (EZ, rot) auf der Welle der Ziffer n das Muldenrad (MR, blau) in die Speicherstellung²

Erreicht wird dies dadurch, dass der Übertrag in zwei Phasen geschieht: In der ersten Phase dreht der Einzahn beim Übergang von 9 auf 10 das fünfzählige Muldenrad um 18° . Hierdurch gerät das auf gleicher Welle liegende um 18° verdreht positionierte Fünfhorn in den Flugkreis des darunter liegenden Zueihorns.

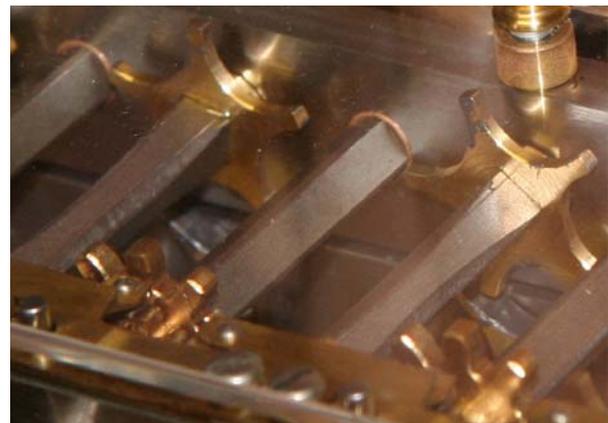


Abb 11: Zwei Fünfhörner, darunter das Zueihorn; im Vordergrund zwei Zählräder³

2. Funktionsskizze aus der Ausstellung im Welfenschloss der Universität Hannover
3. Detailfoto des hannoverschen Nachbaus

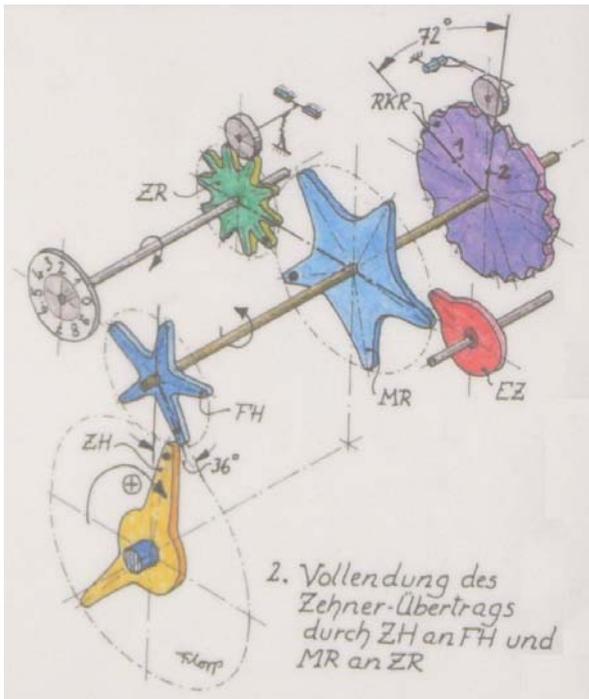


Abb. 12: Übertrag, Phase 2: Das Zweihorn (ZH, gelb) dreht das Fünfhorn und das Muldenrad (MR, blau), wodurch letzteres das Zählrad (ZR, grün) auf der Welle der Ziffer $n+1$ um einen Zahn weiterdreht und damit das Resultatrad um eine Ziffer¹

In der zweiten Phase bewegt das Zweihorn mit ausreichender Kraft, weil es auf der Welle der Staffelwalze sitzt, das Fünfhorn um 54° . Um den gleichen Winkel wird somit auch das auf gleicher Welle befindliche Muldenrad gedreht, welches das Aufnahmezahnrad der nächsten Stelle soweit bewegt, dass das Resultatrad dieser Stelle die nächsthöhere Ziffer anzeigt.

1. Funktionsskizze aus der Ausstellung im Wellenschloss der Universität Hannover

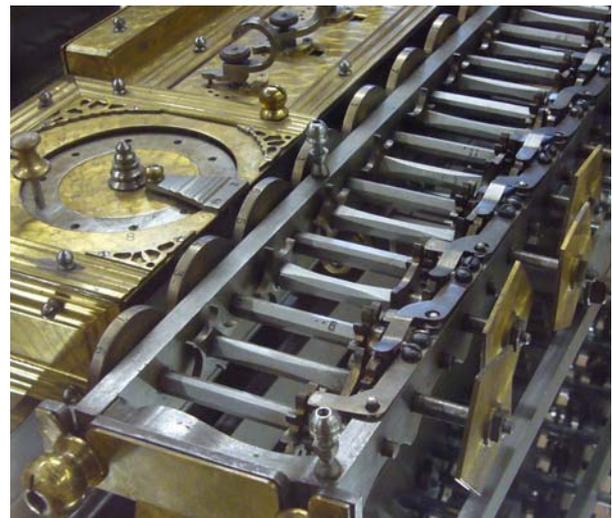


Abb. 13: Im Resultatwerk sieht man ganz links die Resultaträder, davor auf der dazwischen liegenden Vierkantwelle die Fünfhörner. Rechts sieht man die Zählräder und auf der anderen Welle die Muldenräder, die Federn zum Einrasten der Rastkerbenräder und die Pentagon-Scheiben²

Leider gelang es Leibniz bis zu seinem Lebensende nicht, den Mechanismus so zu gestalten, dass ein gleichzeitiger Übertrag über mehrere Stellen möglich wurde. Er ordnete daher am hinteren Ende der Anzeigewellen Pentagonförmige Scheiben an, an deren Stellung abzulesen war, wo ein Übertrag nicht vollständig ausgeführt wurde. Die Überträge konnten vervollständigt werden, wenn die zentrale Antriebskurbel mit lauter Nullen im Eingabewerk noch mehrfach weitergedreht wurde – solange, bis alle Pentagons nach oben hin eine glatte Linie bildeten.

Den zweistufigen Zehnerübertrag begann Leibniz erst ab etwa 1686 zu konstruieren. Damit entstand eine Rechenmaschine, die als „ältere Maschine“ überliefert ist, aber nicht erhalten blieb. Wie bei den vorausgehenden Modellen sind auch hier genauere Beschreibungen nicht vorhanden.

2. Nachbau der jüngeren Maschine von 1924 in der GWLB

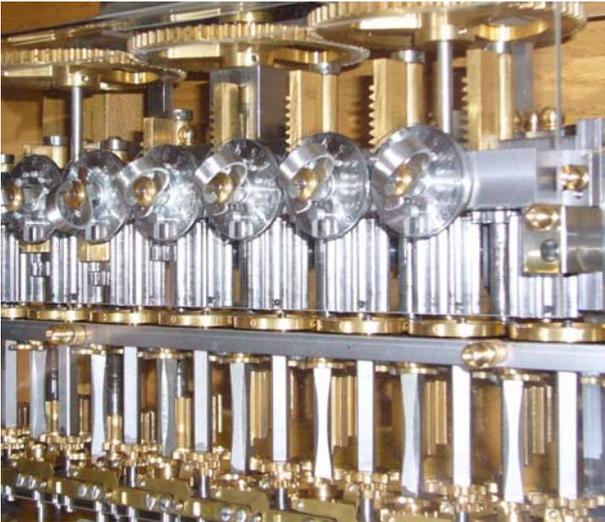


Abb. 14: Der Antrieb mit drei von der zentralen Kurbel gedrehten Zahnrädern, die wiederum acht Zahnwalzen antreiben. Von diesen werden über mit der Zahnstange verschiebbaren kleinen Aufnahmezahnradern (drei im linken Bildteil sichtbar) die Vierkantwellen mit den Staffelwalzen verschoben und gedreht. Die höherwertigen fünf Staffelwalzen sind in Nullstellung¹

Die Rechenmaschine besaß keine Vorrichtung, um das Ergebniswerk vor einer neuen Rechnung auf Null zu stellen: Die Zahl im Ergebniswerk musste in Eingabewerk eingestellt werden und mit einer Kurbeldrehung vom letzten Ergebnis subtrahiert werden. So zeigte es dann in allen Stellen eine Null an.

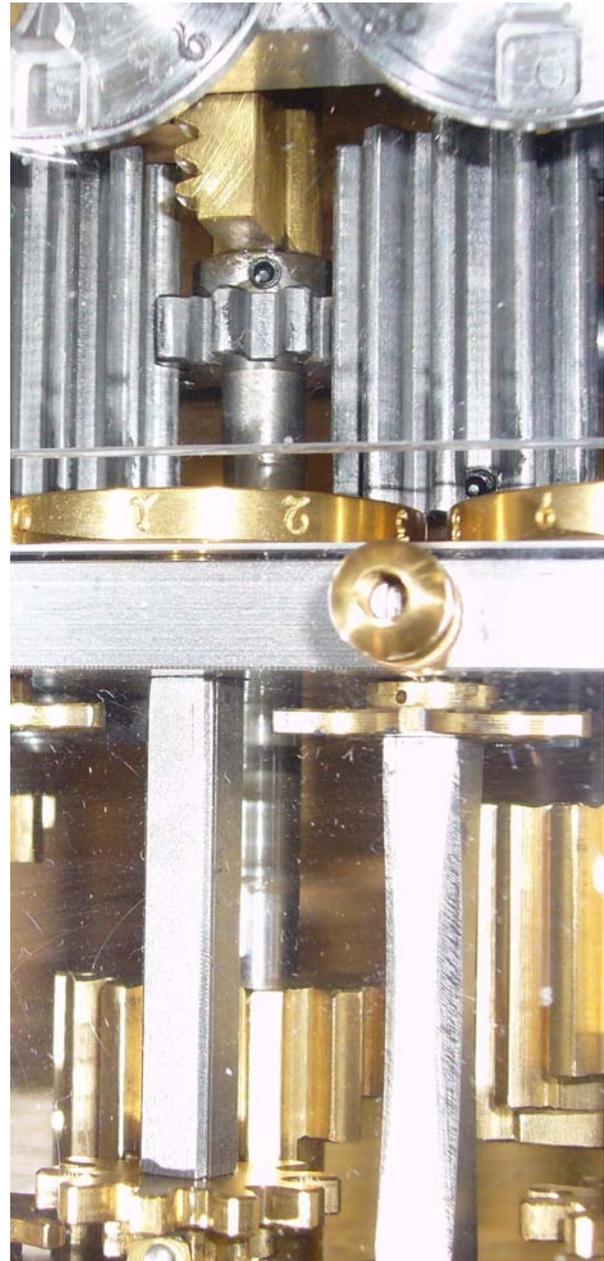


Abb. 15: Eines der kleinen Antriebszahnräder mit seiner Zahnstange (oben) auf der verschieblichen Welle mit der Staffelwalze (unten); über der Staffelwalze das Zählrad mit dem Resultatrad auf der gleichen Vierkantwelle²

Etwa 1690 begann Leibniz mit der „jüngeren Maschine“, an der er mit zunehmender Frustration wegen der großen technischen Schwierigkeiten bis zu seinem Lebensende werkelt. Mit ein Grund für den zähen Ablauf war, dass Leibniz kaum selbst Hand an die Maschine anlegte und die beauftragten Mechaniker Schwierigkeiten hatten, seine Skizzen

1. Nachbau (Funktionsmodell aus dem Jahr 2005) in der GWLB

2. Nachbau (Funktionsmodell aus dem Jahr 2005) in der GWLB

und teils unleserlichen Beschreibungen zu verstehen.

2.3.4 Die Rechenmaschine verschwindet in Göttingen

Nach seinem Tod verblieb die einzig erhaltene große Vier-Spezies-Rechenmaschine im Leibniz-Nachlass in der hannoverschen Bibliothek.

1737 wurde als erste Universität des Königreichs Hannover durch Georg II. von England die Universität Göttingen gegründet. Schon mit der Einrichtung der Universität 1734 wurde die königliche Modellkammer eingerichtet, in der mathematische Modelle und sonstige Demonstrationsobjekte der naturwissenschaftlichen Fächer für die Präsentation in Vorlesungen aufbewahrt wurden. Hierhin wurde die Rechenmaschine wohl nicht gegeben, denn sie wird in keiner der Inventarlisten erwähnt. Es ist nicht bekannt, wo die Maschine lagerte und wer damit zu tun hatte. 1764 soll der Mathematiker Abraham Gotthelf Kästner (1719-1800) die Maschine erhalten haben, mit der er sich aber nicht befasste. In Göttingen hat sich niemand für die Rechenmaschine interessiert. Die Idee Leibniz' war offensichtlich noch nicht reif für die Zeit; nicht einmal 100 Jahre später wurde sie von den Göttinger Wissenschaftlern aufgenommen. Die Rechenmaschine wurde 1879 auf einem Dachboden der Universität gefunden.

2.3.5 Die Rechenmaschine kommt wieder nach Hannover

Ab 1880 wurde die Rechenmaschine wieder in Hannover aufbewahrt, seit 1896 in der „Königlichen Öffentlichen Bibliothek“. Sie wies Funktionsmängel infolge unsachgemäßer Handhabung auf. Der Maschinentheoretiker Franz Reuleaux, der als Erster die eingerostete Rechenmaschine 1897 wieder genau betrachtete und dabei entdeckte, dass Leibniz offenbar als erster die Staffelwalze verwendet hatte, forderte eine Restaurierung der Maschine, die durch eine genaue Analyse ihrer Funktion ergänzt werden sollte. Diese Arbeit wurde vom preußischen Kultusministerium an Arthur Burkhardt übertragen, der die Maschine anschließend in der „Zeitschrift für Vermessungswesen“ (1897) beschrieb. Sein Ergebnis war, dass Leibniz einen Fehler in der Konstruktion des Zehnerübertrags gemacht habe, so dass die Maschine nie richtig gearbeitet haben konnte.

Diese Sichtweise ist jedoch zu negativ, denn die Schrägstellungen der Pentagone auf den verlängerten Wellen der Muldenräder und Fünfhörner dienen der Anzeige nicht vollendeter Zehnerüberträge. Durch Weiterdrehen der Kurbel mit einer Null im Eingabewerk lassen sich die Überträge nachholen. Die Leibniz'sche Maschine rechnet also mit dieser Korrektur richtig.

2.4 Nachbauten und Modelle der Leibniz'schen Rechenmaschine

2.4.1 Braunschweig

Die ersten Nachbauten der Leibniz'schen Rechenmaschine hatten den Zweck, in Museen diese frühe intellektuelle und handwerkliche Leistung zu präsentieren.

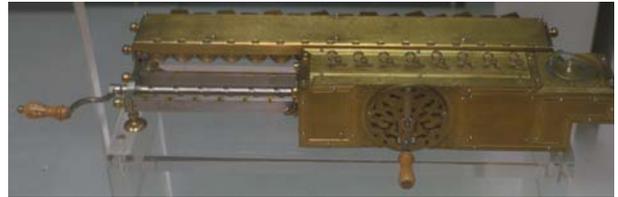


Abb. 16: Nachbau aus dem Jahr 1923 im Deutschen Museum München

Im Jahr 1923 wurde in der Rechenmaschinenfabrik Brunsviga in Braunschweig eine und im Jahr 1924 zwei weitere Repliken hergestellt. Sie wurden möglichst originalgetreu nachgebaut – mit allen Verzierungen. Dabei versuchte man nicht, den noch nicht geklärten Konstruktionsfehler zu beseitigen, der den vielfachen gleichzeitigen Stellenübertrag unmöglich machte.

Die erste dieser drei Rechenmaschinen (Abb. 16) wurde im seit 1906 bestehenden Deutschen Museum in München präsentiert, eine zweite ist heute in der Gottfried Wilhelm Leibniz Bibliothek in Hannover (GWLB – Niedersächsische Landesbibliothek) ausgestellt (Abb. 17 und 18) und eine dritte war für die Rechenmaschinenausstellung in der Firma Brunsviga gedacht. Sie befindet sich heute in der Sammlung des Braunschweigischen Landesmuseums.

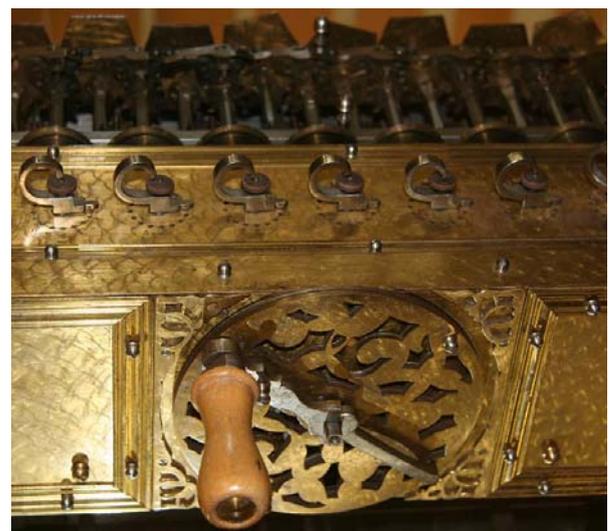


Abb. 17: Zentrale Antriebskurbel und Teile des Eingabe- und Resultatwerks¹

1. Nachbau von 1924 in der GWLB



Abb. 18: Umdrehungszählwerk auf dem Schlitten und rechter Teil des Resultatwerks¹

2.4.2 Dresden

In Dresden (Institut für Maschinelle Rechentechnik der Technischen Hochschule Dresden) befasste sich der Computer-Pionier Nikolaus Jens Lehmann mit der Leibniz'schen Rechenmaschine, und zwar mit dem Ziel, dem Konstruktionsfehler auf die Spur zu kommen und in einer nachgebauten Maschine zu beseitigen. Nach Messungen an der hannoverschen Original-Maschine wurde 1988 in Dresden ein erster Nachbau im Auftrag der Akademie der Wissenschaften der DDR von den Feinmechanikern Manfred Goebel und Klaus Rühle hergestellt. Er hat seinen heutigen Aufstellungsort in der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften. Dabei wurde durch Veränderung des Winkels zwischen den beiden Armen der Zweihörner erreicht, dass beinahe über alle Stellen zuverlässig ein Zehnerübertrag möglich war. Eine zweite Replik wurde im Jahr 1992 für das Museum für Verkehr und Technik in Berlin hergestellt. Sie wird im Technikmuseum in Berlin ausgestellt. Ein dritter Nachbau wurde 2001 für die Technischen Sammlungen der Stadt Dresden fertiggestellt (Abb. 19 und 20).



Abb. 19: Linker Teil mit Spindeltrieb für den Schlitten²

1. Nachbau von 1924 in der GWLB



Abb. 20: Rechter Teil mit Umdrehungszählwerk³

Lehmans Maschinen haben von rechts nach links abnehmende Spreizwinkel zwischen den Zweihörnern, die zwischen den Staffelwalzen angeordnet sind und von diesen angetrieben werden. Sie drehen im zweiten Teil der zweistufigen Zehnerüberträge die Fünfhörner und Muldenräder und damit die Ergebnisräder der nächsthöheren Stelle um je eine Dezimalstelle weiter. In der Leibniz'schen Maschine betragen die Spreizwinkel in allen acht Stellen etwa 90°. N. J. Lehmann hatte die Notwendigkeit abnehmender Zweihornwinkel dadurch erkannt, dass es einer bestimmten Zeit – d. h. eines Differenzwinkels – bedarf, um die Zehnerüberträge von Stelle zu Stelle weiter nach links richtig durchzuführen.

2.4.3 Paderborn

Ein weiterer Nachbau wurde 1995 vom Heinz-Nixdorf-Museumsforum in Paderborn in Auftrag gegeben und ist in der dortigen Ausstellung zu sehen.

2.4.4 Bonn

Im „Arithmeum“ in Bonn wurde von Ullrich Wolff und Ingo Laubach ein Nachbau gefertigt, der dort ausgestellt und vorgeführt wird.

2.4.5 Hannover

Hannover'sches Funktionsmodell

Im Jahre 2002 hatten Erwin Stein, Karl Popp und Franz Otto Kopp, Universität Hannover, durch weitgehende Forschung erkannt, dass auch die Lehmann'schen Nachbauten die Zehnerüberträge in bestimmten Fällen nicht vollenden und auch eine Weiterdrehung der Rechenkurbel um einen notwendigen Winkel bis zur Vollendung nicht möglich ist, weil vorher der zulässige Winkel bis zum Beginn einer neuen Rechnung überschritten wird.

2. Nachbau in den Technischen Sammlungen der Stadt Dresden
3. Nachbau in den Technischen Sammlungen der Stadt Dresden

2004/2005 berechneten, konstruierten und bauten sie mit Mitteln der DFG das Hannover'sche Modell mit (für Ausstellungszwecke) doppelten Staffelwalzen-Abständen im Vergleich zum Original. Das Modell hat mit sechs Eingabe- und zwölf Ausgabe-stellen eine kleinere Kapazität als das Original. Als eine weitere notwendige Korrektur der Leibniz'schen Maschine wurde die Reduktion des Teilungswinkels der Staffelwalzenzähne von $22,5^\circ$ (auch bei Lehmann) auf 21° berechnet und eingebaut.

Mit Hilfe einer Anschlagscheibe lässt das Hannover'sche Modell eine zusätzliche Drehung der Rechenkurbel von 87° in beide Richtungen zu, ohne dass eine weitere Rechnung mit der eingestellten Zahl erfolgt.

Das Hannover'sche Funktionsmodell 2005 steht in der Ausstellung im Welfenschloss.

Hannover'scher Nachbau

In Garbsen bei Hannover stellten Klaus Badur und Wolfgang Rottstedt von 2002 bis 2004 zwei originalgetreue Nachbauten der Leibniz'schen Rechenmaschine her. Dabei wurde großer Wert auf eine exakt baugleiche Kopie gelegt, vor allem, was die genauen Abmessungen der über 500 Bauteile betrifft. Da man modernste Maschinen zur Fertigung einsetzte, war es möglich, Maßgenauigkeiten von wenigen Hundertstel Millimeter einzuhalten.

Mit diesen Nachbauten wird eindrucksvoll gezeigt, welche Leistung Leibniz und die von ihm beauftragten Mechaniker vollbracht haben, denn es zeigte sich, dass die nachgebaute Rechenmaschine ohne konstruktive Korrekturen einwandfrei funktioniert. Werden mehrere Überträge erforderlich, so ist lediglich die Stellung der Fünfeckscheiben zu beachten: Eventuell sind nach der eigentlichen Rechnung noch eine oder mehrere Drehungen mit der Kurbel mit einer Null im Eingabewerk auszuführen, womit dann alle Überträge ausgeführt werden. Leibniz hat die Fünfeckscheiben genau zu diesem Zweck vorgesehen. Sie zeigen vorbereitete, aber nicht durchgeführte Überträge an, und es muss nur solange gekurbelt werden, bis diese Fünfeckscheiben alle in Ruheposition sind.

Einer dieser beiden Nachbauten von Klaus Badur und Wolfgang Rottstedt steht in der GWLB in der gleichen Vitrine wie das Original, und im Gegensatz zum Original darf es aus der Vitrine genommen und zum Rechnen benutzt werden (s. Abb. 21): Die Rechnung $12405897 \times 96878532 = 1201865089503204$ rechnet die Maschine problemlos. Probieren Sie mal aus, auf welchem Ihrer Rechner Sie auch genau dieses Ergebnis erhalten!



Abb. 21: Arbeiten mit dem Nachbau von 2005 in der GWLB in Hannover

2.5 Allgemeiner Aufbau und Funktionsweise von Rechenmaschinen mit Staffelwalze

Vorbild für die ab Ende des 19. Jahrhunderts in Manufakturen und industriell gefertigten Staffelwalzen-Rechenmaschinen war nicht die Leibniz'sche Maschine, sondern die mehrfach weiterentwickelte Thomas'sche Maschine (Charles Xavier Thomas, Paris: „Arithmomètre“). Diese Maschinen hatten fast gleiche Konstruktionsmerkmale, die wiederum weiterentwickelt wurden. In den Dreißigerjahren des 20. Jahrhunderts kamen als wesentliche Erweiterungen Motorantrieb und Tastatureingabe hinzu.

Im ersten Jahrzehnt des 20. Jahrhunderts hatte eine Staffelwalzen-Rechenmaschine folgende Merkmale:

Bedienungselemente:

- Holzkasten mit verschließbarem Deckel
- Deck- oder Einstellplatte mit in Schlitzen verschiebbaren Einstellschiebern
- Schaulochreihen
- Auf dem Schlitten Drehknöpfe zum Einstellen bzw. Löschen der Ziffern von Resultatwerk und Umdrehungszählwerk
- Kurbel
- Umstell- oder Steuerhebel oder Steuerknopf „Addition/Multiplikation“ und „Subtraktion/Division“

Unter der Deckplatte:

- Staffelwalzen
- Für jede Staffelwalze ein Einstellrädchen, welches sich auf einer Vierkantwelle verschieben lässt und durch eine Gabel mit dem auf der

Deckplatte befindlichen Einstellschieber verbunden ist

- Resultatwerk mit Zehnerübertrag
- Umdrehungszählwerk
- Antriebsvorrichtung (sämtliche Staffelwalzen werden durch eine einzige Kurbel in Drehbewegung versetzt)

Staffelwalze

Die Staffelwalze weist auf einem Drittel ihres Umfangs neun in ihrer Länge gestaffelte Zähne auf und dreht sich mit einer Welle, auf der sie montiert ist. Auch die darüber befindliche Vierkantwelle ist drehbar gelagert. Auf dieser befindet sich das verschiebbare Einstellrädchen, ferner zwei aufrecht stehende miteinander verbundene Zahnräder, welche je nach Verschiebung wechselweise in die Zähne eines waagrecht liegenden Rades eingreifen und durch Drehung eine oberhalb dieses Zahnrades befindliche Zahlenscheibe nach rechts oder links drehen, so dass eine der darauf befindlichen zehn Ziffern im Schauloch des Resultatwerkes erscheint.

Schlitten

Das Ergebniswerk und das Umdrehungszählwerk befinden sich in einem verschiebbaren Schlitten, der in Ruhestellung so steht, dass das Zahnrad für seine Einerstelle über der Staffelwalze für die Einerstelle steht, so dass diese bei Drehung ineinander greifen können. Durch Verschieben des Schlittens nach rechts kann man somit Multiplikationen mit 10, 100, 1000 usw. durchführen, weil dann die Einerstelle des Einstellschiebers auf die Staffelwalze der Zehner-, Hunderter-, Tausenderstelle usw. wirkt. Je größer die Stellenzahl des Resultatwerkes, um so größer kann der Multiplikator sein.

Der Schlitten wird zum Verschieben mit dem links vom Resultatwerk angeordneten Knopf angehoben, verschoben und an der richtigen Stelle wieder abgesenkt.

Beispiel für eine einstellige Addition

Verschiebt man einen der Schieber auf der Deckplatte derart, dass er neben der Zahl 3 steht, so hat der Schieber das unter der Deckplatte befindliche Einstellrädchen über seiner Staffelwalze um die gleiche Entfernung verschoben. Bei einer Kurbeldrehung drehen sich jetzt gleichzeitig sämtliche Staffelwalzen, wobei diejenige, über der die Zahl 3 eingestellt wurde, kurz nach Anfang der Drehung, nämlich sobald der entsprechende Walzenzahn und die beiden folgenden an das Einstellrädchen kommen, dieses mit herum dreht. Es nimmt dann die Vierkantwelle mit herum und überträgt die Drehbe-

wegung auf das hintere aufrecht stehende Zahnrad, welches seinerseits wieder auf das waagrecht liegende Zahnrad einwirkt und dadurch die darüber befindliche Zahlenscheibe um drei Zähne bzw. drei Ziffern vorwärts, d. h. im additiven Sinne dreht, so dass, befand sich im darüber angeordneten Schauloch z. B. zuvor die Null, dieses Schauloch fortan 3 zeigt. Alle anderen Staffelwalzen haben die Drehbewegung „blind“ mitgemacht, wenn deren Schieber auf Null stand.

Wollen wir zur Ziffer 3 nun noch 5 hinzuaddieren, brauchen wir den eben benutzten Einstellschieber nur auf die Zahl 5 weiterschieben, die Kurbel einmal drehen und können dann das Resultat „8“ im Schauloch des Resultatwerkes für die Einerstelle ablesen.

Zehnerübertrag

Wollen wir der Zahl 8 nach 4 hinzuzählen, ist wiederum 4 am Schieber einzustellen. Wird die Kurbeldrehung durchgeführt, so greift die zwischen den Ziffern 0 und 9 der Zahlenscheibe befindliche Zehnerübertragungsvorrichtung auf die links davon befindliche Dezimalstelle über und dreht deren Ziffernrad um eine Stelle weiter, womit im Schauloch der Zehnerstelle des Resultatwerkes die Ziffer „1“ angezeigt wird. Aus dem Resultatwerk lässt sich nun als Ergebnis die Zahl „12“ ablesen, denn als Einerstelle wird nach der Weiterdrehung der angezeigten „8“ um vier Stellen „2“ angezeigt.

Die Zehnerübertragungen in den verschiedenen Stellen wirken nicht gleichzeitig, da die hierfür aufzuwendende Kraft zu groß wäre. Damit sie nacheinander ablaufen können, ist der Umfang der Staffelwalze wesentlich größer, als dies die Unterbringung der neun Zähne erforderlich machen würde. Erst während des Leerganges der Walzen erfolgt die Übertragung eines Zehners in die nächsthöhere Stelle.

Ist die Zehnerübertragung nicht bis zur letzten Stelle der Maschine durchgehend, ist die Maschine meist mit einer „Zehnerwarnung“ ausgerüstet, damit der Rechner nachhelfen kann.

Umdrehungszählwerk

Die Ziffernscheibe des Umdrehungszählwerkes weist die Ziffern 0 bis 9 doppelt auf, einmal in weißer und einmal in roter Farbe. Die weißen zeigen sich bei Addition und Multiplikation, die roten bei Subtraktion und Division. Da das Umdrehungszählwerk (bei den frühen Maschinen) keine Zehnerübertragung besitzt, wird von derartigen Maschinen bei der abgekürzten Multiplikation der Multiplikator nicht richtig angezeigt. Es muss eine Korrektur, nämlich die Subtraktion der roten von der weißen Zahl, vorgenommen werden.

Nullstellung

Neben jedem Schauloch im Resultatwerk und im Umdrehungszählwerk befindet sich ein Drehknopf, mit dem die jeweilige Ziffer auf „0“ gedreht werden kann. Spätere Maschinen besaßen einen Griff, mit dem sämtliche Ziffern mittels einer Zahnstange gleichzeitig auf Null gestellt werden konnten.

Umschaltung von Addition/Multiplikation auf Subtraktion/Division

Die Kurbel wird immer in der gleichen Richtung (rechts herum) gedreht. Das Drehen der Ziffernanzeigescheiben wird dadurch in die entgegengesetzte Richtung umgeschaltet, dass mit dem Einstellhebel „Add/Mult-Subtr/Div“ mal das vordere und mal das hintere aufrecht stehende Zahnrad (s. o.) die Ziffernanzeigescheibe im Uhrzeigersinn oder entgegengesetzt weiterdreht.

Multiplikation

Da die Multiplikation einer Zahl fortgesetzte Addition bedeutet, kann die Zahl durch entsprechend häufige Umdrehungen der Kurbel mit der Anzahl der Kurbeldrehungen multipliziert werden. Anschließend sieht man den Multiplikanden im Einstellwerk, den Multiplikator im Umdrehungszählwerk und das Resultat in den Schaulöchern des Resultatwerkes.

Rechenbeispiel zur Multiplikation

Sind beide zu multiplizierenden Zahlen mehr als einstellig, so sollte vor der Rechnung eine kurze Überlegung über die geschickteste Vorgehensweise angestellt werden. An der beispielhaften Rechnung „21 x 15“ soll dies gezeigt werden:

Ein möglicher Rechengang (21 als Multiplikand) läuft wie folgt ab: Am Einstellwerk wird mittels der Schieber „1“ für die Einerstelle und „2“ für die Zehnerstelle eingestellt. Nach einmaliger Umdrehung der Kurbel steht die Zahl 21 im Ergebniswerk. Nach fünf Umdrehungen steht 105 im Ergebniswerk. Nun wird der Schlitten angehoben, um eine Stelle nach rechts verschoben und wieder abgelegt. Jetzt kann die Drehung der Staffelwalze der Einerstelle in die Zehnerstelle des Resultatwerks übertragen werden sowie die der Staffelwalze der Zehnerstelle in die Hunderterstelle des Resultatwerks. Eine weitere Umdrehung addiert somit die Zahl 210 auf und im Resultatwerk ist 315 abzulesen. Das Umdrehungszählwerk zeigt den Multiplikator 15 an, denn die ersten fünf Umdrehungen wurden dort in der Einerstelle gezählt, die folgende einzelne Umdrehung in der Zehnerstelle. Die Anzahl der Kurbelumdrehungen betrug insgesamt 6.

Der alternative Rechengang (15 als Multiplikand) läuft so ab: Am Einstellwerk wird mittels der Schieber „5“ für die Einerstelle und „1“ für die Zehnerstelle

eingestellt. Nach einmaliger Umdrehung der Kurbel steht die Zahl 15 im Ergebniswerk. Nun wird der Schlitten angehoben, um eine Stelle nach rechts verschoben und wieder abgelegt. Jetzt kann die Drehung der Staffelwalze der Einerstelle in die Zehnerstelle des Resultatwerks übertragen werden. Zwei weitere Umdrehungen (mit der Zahl 15 im Einstellwerk) addieren somit die Zahl 300 (2 x 150) auf und im Resultatwerk ist 315 abzulesen. Das Umdrehungszählwerk zeigt den Multiplikator 21 an, denn die erste Umdrehung wurde dort in der Einerstelle gezählt, die folgenden zwei Umdrehungen in der Zehnerstelle. Die Anzahl der Kurbelumdrehungen betrug insgesamt 3.

Die vor Ausführung der Rechnung anzustellende Überlegung lautet also, wenn man Kurbeldrehungen sparen will: Die Zahl mit der größeren Quersumme (hier 15 – Quersumme ist 6) ist am Einstellwerk einzustellen, die Zahl mit der kleineren Quersumme (hier 21 – Quersumme ist 3) ist in Kurbelumdrehungen umzusetzen.

Die entsprechende schriftliche Multiplikation zeigt beide Rechengänge im Vergleich:

1.)		21 x 15

	5 x 21 =	105
	linksschieben	
	+ 10 x 21 =	210

		315
		=====
2.)		15 x 21

	1 x 15 =	15
	linksschieben	
	+ 20 x 15 =	300

		315
		=====

Im ersten Fall muss eine der Zahlen mit 5 multipliziert werden (aufwendiger, fünf Umdrehungen), die andere mit 1 (insges. 5 + 1 = 6 Umdrehungen), im zweiten Fall eine mit 2 (leichter, zwei Umdrehungen), die andere mit 1 (insges. 2 + 1 = 3 Umdrehungen).

2.6 Staffelwalzen-Rechenmaschinen

Erste Rechenmaschinen vom Typ der Leibniz'schen Staffelwalze wurden in Deutschland im Sächsischen Ort Glashütte hergestellt. 1876 konstruierte der Uhrmacher-Ingenieur Curt Dietzschold (1852-1922) eine Vier-Spezies-Rechenmaschine und baute einige Rechenmaschinen seiner Konzeption. Arthur Burkhardt (1857-1918), der 1878 in die Uhren-

Manufaktur Lange & Söhne eintrat, lernte am Preußischen Statistischen Amt die Thomas'sche Rechenmaschine kennen. Dessen Direktor Dr. Enel verfügte bereits über umfangreiche praktische Erfahrung im Umgang mit Rechenmaschinen und konnte ihm die Vorteile der Thomas-Maschine gegenüber der Dietzschold'schen Neukonstruktion aufzeigen. Da die Thomas-Maschine patentrechtlich nicht mehr geschützt war und Enel einige Verbesserungsmöglichkeiten sah, erteilte er Burkhardt den Auftrag zum Bau zweier neuer Maschinen dieses Typs. Burkhardt hielt an der Konzeption Dietzscholds nicht weiter fest, verließ die Uhrenfirma Lange & Söhne und gründete die „Erste Deutsche Rechenmaschinenfabrik“ in Glashütte.

2.6.1 Thomas Arithmomètre

Die erste in Serie gefertigte Rechenmaschine der Welt wurde konstruiert von Charles Xavier Thomas (1785-1870) in Paris. Von 1820 bis 1878 wurden etwa 1.500 Maschinen gebaut, ab 1858 mit Umdrehungszählwerk. Die Maschine fand weite Verbreitung. Das abgebildete Exemplar (Abb. 22) wurde vom Mathematiker Felix Klein (1849-1925)¹ während seiner Professur am Mathematischen Institut der Universität Erlangen (1872-1875) angeschafft.



Abb. 22: Thomas Arithmomètre aus der Informatik-Sammlung Erlangen²

2.6.2 Burkhardt Arithmometer

Bereits 1879 konnte Burkhardt beim Statistischen Amt das erste von ihm gelieferte Paar Maschinen durch zwei verbesserte Exemplare einer endgültigen Konstruktion ersetzen. Die Burkhardt'sche Maschine wurde in drei Ausführungen gebaut:

1. Von 1886 bis zu seinem Tode 1925 war Felix Klein Professor für Mathematik in Göttingen.
2. Informatik-Sammlung Erlangen des Regionalen Rechenzentrums Erlangen und des Instituts für Informatik der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

sechs-, acht- und zehnstellig im Eingabewerk mit Preisen zwischen 350 und 600 Mark (etwa zum gleichen Preis wie die Maschine aus Paris). 1892 ist die 500ste Maschine im Bau.

Eine bedeutende Verbesserung wurde 1905 am Burkhardt-Arithmometer vorgenommen, die der „Schnell-Löschung“ von Resultat- und Umdrehungszählwerk durch Hebelzug (davor „Radauslöschungen“).



Abb. 23: Burkhardt-Arithmometer³

Die Kapazität des Arithmometer Modell H hat:

- Einstellwerk: sechs Stellen
- Umdrehungszählwerk: sieben Stellen
- Resultatwerk: zwölf Stellen

Eine weitere wesentliche Änderung wurde 1909 vorgenommen: statt in einen Holzkasten wird das Rechenwerk in ein Gusseisengehäuse eingebaut (davor gab es kaum Verbesserungen).

2.6.3 Konkurrenz aus dem eigenen Haus

1895 gründeten Eduard Zeibig, Eugen Straßberger und J. Schumann, letzterer ein ehemalige Mitarbeiter Burkhardts, ein Konkurrenzunternehmen, das die Staffelwalzenmaschine „Saxonia“ herstellte.

1920 vereinigt sich die „Erste Glashütter Rechenmaschinenfabrik“ mit der Glashütter Rechenmaschinenfabrik „Saxonia Schumann und Co.“ zur „Vereinigten Glashütter Rechenmaschinen, Tachometer- und Feinmechanische Werke, Glashütte i. Sa.“. Im August 1929 gehen die „Vereinigten Werke, Glashütte i. Sa.“ in Liquidation, 1932 wird das Konkursverfahren „mangels Masse“ eingestellt.

2.6.4 Archimedes

Erfolgreicher war Reinhold Pöthig (1877-1955), der bei Burkhardt das Mechanikerhandwerk gelernt hatte. Er fertigte ab 1904 Staffelwalzenmaschinen

3. Ausgestellt in den Technischen Sammlungen der Stadt Dresden

mit dem Namen des berühmten Mathematikers Archimedes.



Abb. 24: Archimedes C16 (Bau ab 1913)¹

Er ging frühzeitig und systematisch den Weg von der werkstatt- zur fabrikmäßigen Serienfertigung. Da sich seine Konstruktionen einer modernen Fertigungstechnologie anpassten, blieben sie besser konkurrenzfähig. Nach dem zweiten Weltkrieg wurde das Werk im Sommer 1945 demontiert, Pöthig wurde enteignet. Sein Verkaufsleiter und Schwiegersohn Ulrich Eichler sowie der Chefkonstrukteur Wilhelm Kiel (1896-1970) setzten sich in die amerikanische Zone ab. Sie gingen zur Firma Diehl in Nürnberg, bei der sie die Weiterentwicklung von Staffelwalzenmaschinen und deren Produktion fortführten. Die Produktion elektromechanischer Rechenmaschinen wurde in Nürnberg 1965 eingestellt. Auch in Glashütte wurde unter großen Schwierigkeiten die Produktion von Archimedes-Rechenmaschinen wieder aufgenommen. Unter dem Chefkonstrukteur Helmut Hensgen (1910-1996) wurden zunächst die Vorkriegsmodelle weiter gefertigt. Die Maschinen wurden weiterentwickelt und bis 1960 produziert.

2.7 Staffelwalzen-Maschinen im Rechnermuseum der GWDG

2.7.1 Bunzel-Delton No. 5

Die älteste Rechenmaschine in unserer Sammlung stammt vom Wiener Konstrukteur Hugo Bunzel. Diese im Jahr 1909 gefertigte Maschine ist in ihrem Aufbau den Maschinen von Arthur Burkhardt sehr ähnlich: Das Eingabewerk hat Schieberegulierung

1. Ausgestellt in den Technischen Sammlungen der Stadt Dresden

für fünf Stellen, ein 5-stelliges Umdrehungszählwerk (ohne Zehnerübertrag) und ein 9-stelliges Ergebniswerk im Schlitten. Die Maschine war in einen Holzkasten eingebaut, der leider nicht mehr vorhanden ist.

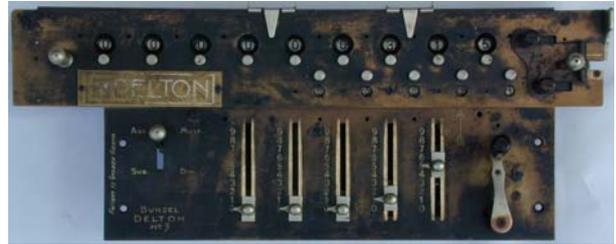


Abb. 25: Bunzel Delton No. 5, Draufsicht

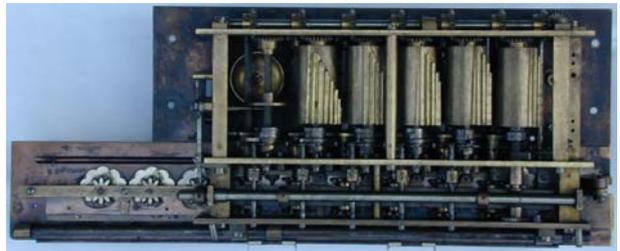


Abb. 26: Bunzel Delton No. 5, Ansicht von unten

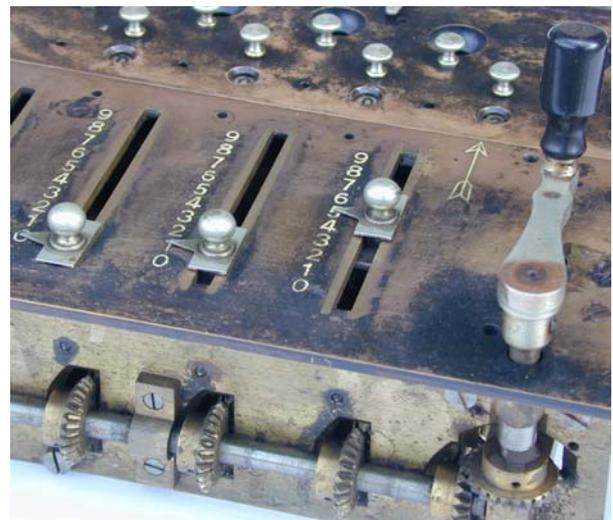


Abb. 27: Die Antriebskurbel mit Hauptantriebswelle – die Verbindung zu den Staffelwalzen ist in Abb. 28 zu erkennen



Abb. 28: Blick von unten auf alle Staffelwalzen und die auf der gleichen Welle angebrachten Einzähne. Dazwischen jeweils die Welle mit dem Mechanismus zum Zurückschieben des Einzahns nach erfolgtem Übertrag (siehe auch Abb. 31)

Die wesentlichen konstruktiven Unterschiede zur Leibniz'schen Maschine sind:

- Nicht das Eingabewerk ist verschiebbar, sondern das Resultatwerk.
- Es erfolgt kein Verschieben der Staffelwalzen mittels Drehknopf und Zahnstange, sondern ein Schieber verschiebt das Einstellzahnrad über der fest positionierten Staffelwalze.



Abb. 29: Das Einstellzahnrad ist so positioniert, dass es von fünf Zähnen der darunterliegenden Staffelwalze weitergedreht wird

- Das Umdrehungszählwerk besitzt für jede Eingabestelle eine unabhängige Anzeige.
- Der Zehnerübertrag im Ergebniswerk ist konstruktiv wesentlich geschickter gelöst als bei Leibniz: Bei einem Übertrag wird das für die

Weitergabe der Drehung an die nächsthöhere Stelle zuständige Einhorn so verschoben, dass es bei der weiteren Drehung in das Aufnahmezahnrad eingreifen kann. Zum Abschluss der Drehung wird es in seine Ruheposition zurückgeschoben.



Abb. 30: (Obere Bildhälfte: Schlitten hochgeklappt) Beim Zehnerübertrag schiebt die Excenterscheibe unter dem Zählrad (links oben gut zu erkennen) den Einzahn in die Übertragsposition (über den Hebel am unteren Bildrand)



Abb. 31: (Blick von unten:) Der in Übertragsposition gebrachte Einzahn (Kreis) wird zum Ende der Kurbeldrehung von Stahlfedern (Pfeile) dort gehalten, bis er wieder in die Ruheposition geschoben wird

- Der Wechsel der Betriebsarten Addition/Multiplikation und Subtraktion/Division wird nicht durch entgegengesetzte Drehung der Kurbel, sondern mit einem Hebel vorgenommen, der einen Satz von zwei Zahnrädern so verschiebt, dass die

Ziffernanzeigescheibe fortan anders herum gedreht wird.



Abb. 32: Der Umschalthebel „ADD./MULT“ / „SUB/DIV“, dessen Fortsetzung unter die Einstellplatte in Abb. 34 zu sehen ist

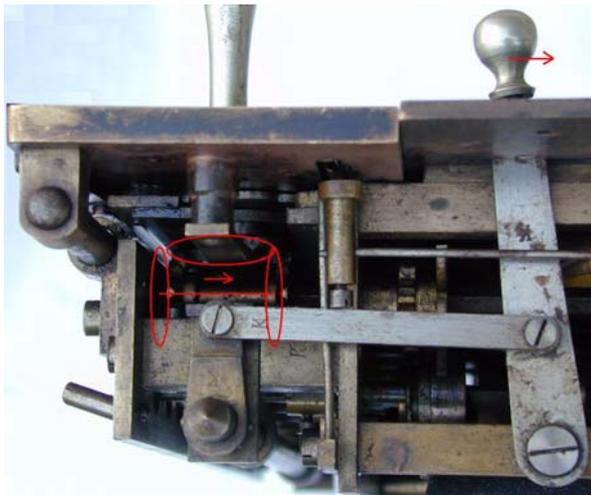


Abb. 33: Links oben (im Dunklen, mit roten senkrechten Ellipsen angedeutet) die beiden Zahnräder, die per Hebel verschoben werden, so dass das eine oder das andere in das Zahnrad der Ziffernscheibe (waagerechte Ellipse) eingreift

- Beim Resultat- und Umdrehungszählwerk kann an einem Drehknopf jede einzelne Stelle auf Null gedreht werden, beide Werke können aber auch mit einem Hebelzug gelöscht werden.

Bei der Leibniz'schen Maschine und anderen frühen Rechenmaschinen ohne Nullstellung (Löschung) des Resultatwerks musste vor Beginn einer Rechnung jeweils der alte Inhalt im Einstell-

werk eingestellt und subtrahiert werden, damit das Resultatwerk Null anzeigte.

2.7.2 Archimedes Modell GER

Eine ab 1932 hergestellte Vierspezies-Maschine mit elektrischem Antrieb und Volltastatur. Die Maschine hat vollautomatische Multiplikation und Division.



Abb. 34: Archimedes Modell GER (8 x 7 x14)

2.7.3 Archimedes Modell GEMRZ

Ein ab 1934 hergestellter elektrisch angetriebener Vollautomat mit zwei Resultatwerken mit jeweils eigenen Staffelwalzen. Das zweite Werk kann z. B. zum Aufaddieren von Multiplikationsergebnissen dienen. Die Maschine hat vollautomatische Multiplikation und Division sowie automatischen Wagenrücklauf. Sie hat ihren Platz auf einem Stahlrohrständer.



Abb. 35: Archimedes Modell GEMRZ auf dem Stahlrohrgestell



Abb. 36: Archimedes Modell GEMRZ (9 x 9 x 17)

2.7.4 Archimedes Modell LVM

Ein von Wilhelm Kiel konstruierter elektrisch angetriebener Vollautomat mit automatischer Division und verkürzter Multiplikation. Er verfügt über eine Volltastatur mit acht Eingabestellen, ein 7-stelliges Umdrehungszählwerk und 14 Stellen im Resultatwerk. Die Maschine wurde ab 1938 produziert.



Abb. 37: Beschriftung der Maschine, daneben die höchstwertige Stelle der Eingabe-Volltastatur



Abb. 38: Der Antriebsmotor mit Stiften für den Gerätestecker (links) und Wählscheibe für die Versorgungsspannung (rechts)

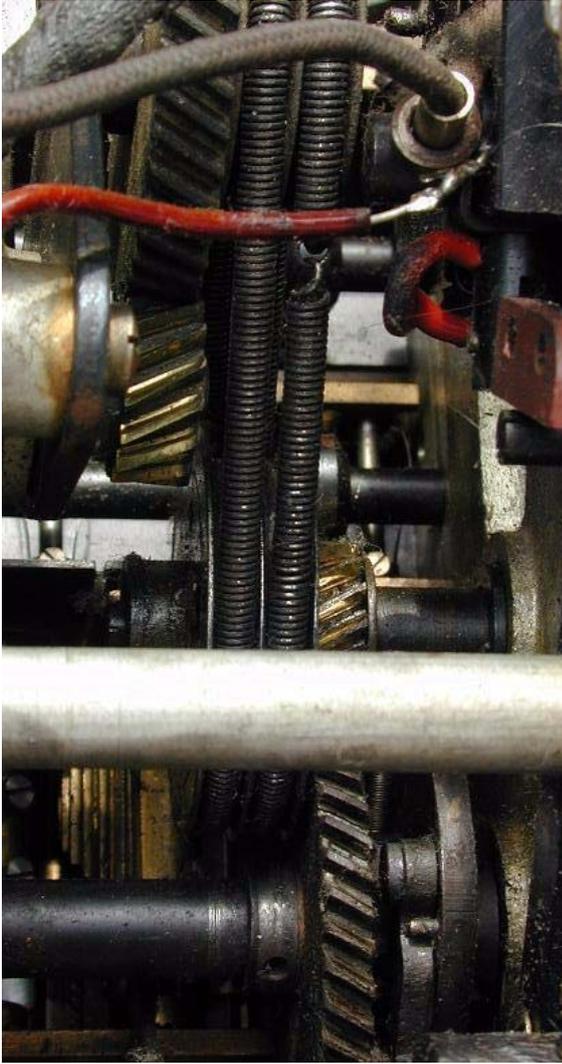


Abb. 39: Der Antriebsmotor mit Zahnrädern zum Antrieb der Hauptwelle (unten)

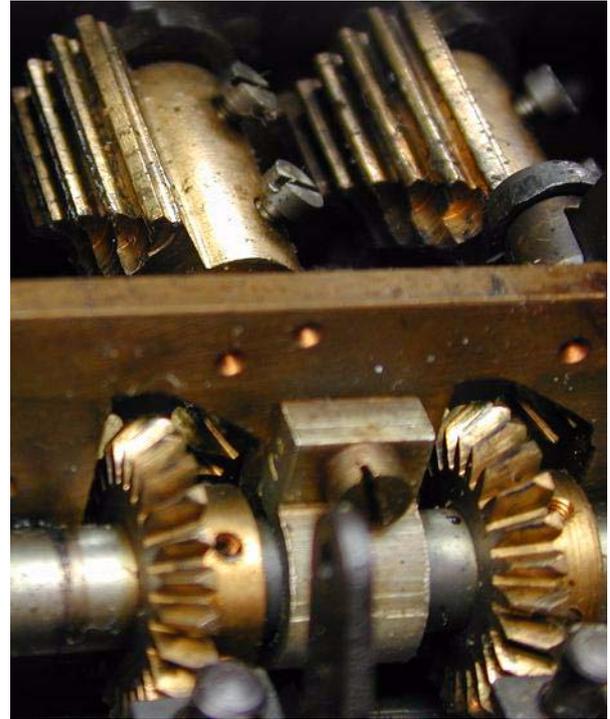


Abb. 40: Zwei Staffelwalzen, die durch Zahnräder auf der Hauptantriebswelle angetrieben werden

„Verkürzte Multiplikation (vM)“ beschleunigt die Rechenoperationen und bedeutet, dass, wenn $b > 6$ ist, bei einer Multiplikation der Zahl a mit b , nicht b -mal aufaddiert wird, sondern mit einer Verschiebung des Schlittens eine Multiplikation mit 10 durchgeführt wird und anschließend zweimal a subtrahiert wird (z. B. $11 \times 8 = 11 \times 10 - 2 \times 11$).

2.7.5 Diehl E 15

Eine ab 1954 produzierte vollautomatische Vierspezies-Rechenmaschine mit möglicher Rückübertragung des Ergebnisses in das Eingabewerk. Ihre Kapazität beträgt acht Eingabestellen, sieben Stellen im Umdrehungszählwerk und 15 Stellen im Resultatwerk.



Abb. 41: Rechenmaschine der ersten Generation von Diehl mit Archimedes-Lizenz

2.7.6 Diehl EvM 18

Eine ab 1956 produzierte vollautomatische Vierspezies-Rechenmaschine mit verkürzter Multiplikation. Ihre Kapazität beträgt neun Eingabestellen, neun Stellen im Umdrehungszählwerk und 18 Stellen im Resultatwerk.



Abb. 42: Diehl EVM18 Gesamtansicht

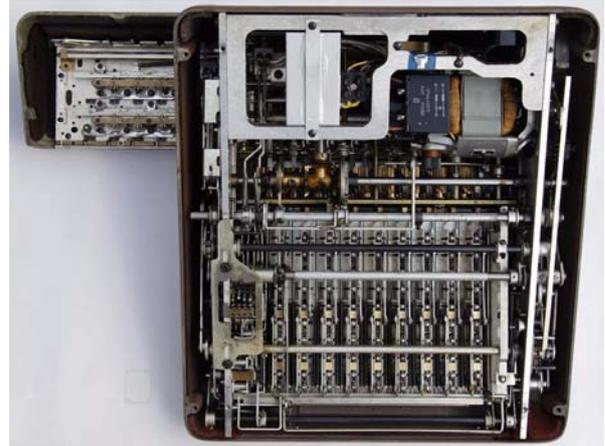


Abb. 43: Diehl EVM18 Gesamtansicht von unten

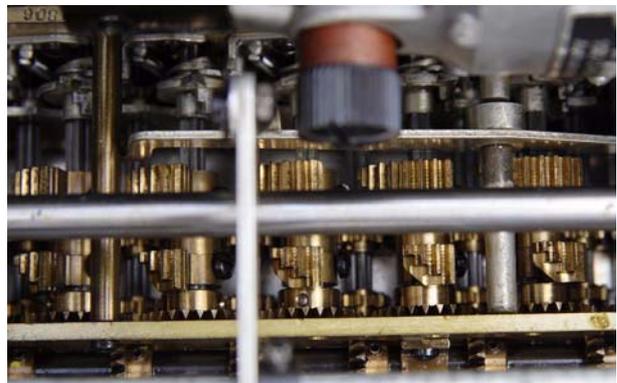


Abb. 44: Die Diehl EVM18 hat geteilte Staffelwalzen (der Zwischenraum wird im Bild von einer Welle überdeckt)

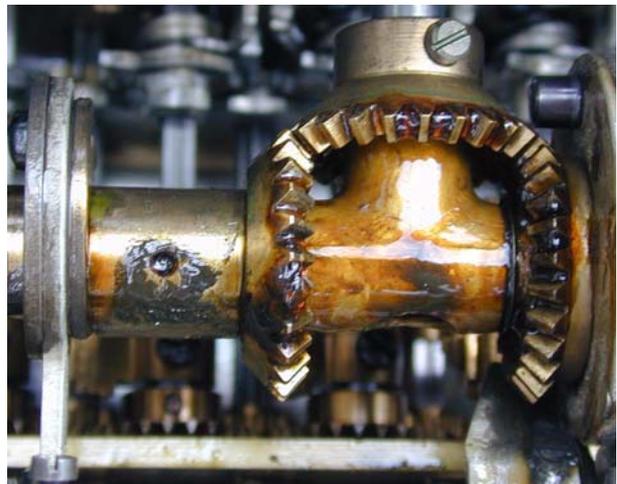


Abb. 45: Diehl EVM18 – Zahnradverbindung von der Hauptantriebswelle zu Antrieb des Schlittens – gut geschmiert

2.7.7 Diehl VSR 18

Eine ab 1962 produzierte vollautomatische Vierspezies-Rechenmaschine mit möglicher Rückübertragung des Ergebnisses in das Eingabewerk und Speicherwerk. Ihre Kapazität beträgt neun Eingabe-

stellen, neun Stellen im Umdrehungszählwerk und 18 Stellen im Resultatwerk. Sie besitzt Konstantenspeicher (neun Stellen) und Resultatspeicher (18-stellig).



Abb. 46: Diehl VSR18 (Vollautomat – Speicher – Rückübertragung – 18 Stellen im Resultatwerk)



Abb. 47: Die Bedienungselemente der Diehl VSR18

2.7.8 EMBEE „Badenia Modell TE 13“

Im Jahr 1904 begann der Uhrenfabrikant Mathias Bäuerle in St. Georgen im Schwarzwald Staffelwalzenmaschinen mit dem Namen „PEERLESS“ herzustellen.

Diese Maschinen mit Schiebereinstellung im Eingabewerk wurden abgelöst durch die „Badenia“ mit Volltastatur und elektrischem Antrieb.

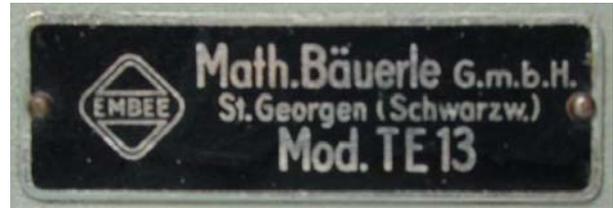


Abb. 48: Firmenschild auf der Rückseite der „Badenia Modell TE 13“

1955 brachte Mathias Bäuerle mit der „Badenia Modell TE 13“ eine elektrisch angetriebene Vierspezies-Rechenmaschine mit Volltastatur auf den Markt, die keinen verschieblichen Resultatschlitten mehr hatte.



Abb. 49: Die „Badenia Modell TE 13“; rechts die Tastenreihe für Multiplikator bzw. Divisor

Die Kapazität des Vollautomaten beträgt neun Eingabestellen, neun Stellen im Umdrehungszählwerk und 13 Stellen im Resultatwerk.

2.7.9 „Curta“

Kleine Taschen-Rechenmaschine von Kurt Herzstark (1902-1988), von 1948 bis 1972 von Contina AG in Vaduz / Liechtenstein in rund 140.000 Exemplaren gebaut.



Abb. 50: Curta Modell II mit elf Stellen im Eingabewerk, acht Stellen im Umdrehungszählwerk und 15 Stellen im Resultatwerk

Konstruktionsmerkmale der Maschine:

- Ergebniswerk im drehbaren Deckel (durch Drehung gelangt man in die verschiedenen Dezimalstellen)
- Löschvorrichtung im drehbaren Deckel (eine Umdrehung mit dem Löschebel setzt Resultatwerk und Umdrehungszählwerk auf Null)
- Zentraler Staffelwalzenkörper mit zwei gegenläufigen, aus ineinander geschichteten Scheiben aufgebauten Staffelwalzen zur Addition und zur Subtraktion durch Addition der Komplementzahlen – zur Subtraktion wird er mit der Handkurbel um eine Schicht achsig verschoben (Komplementärwerk)
- Zentrale Antriebswelle
- Ringförmig angeordnete Einstellschieber (17) mit Anzeige durch Ziffernrolle, die mittels Gewindespindel (16) gedreht wird

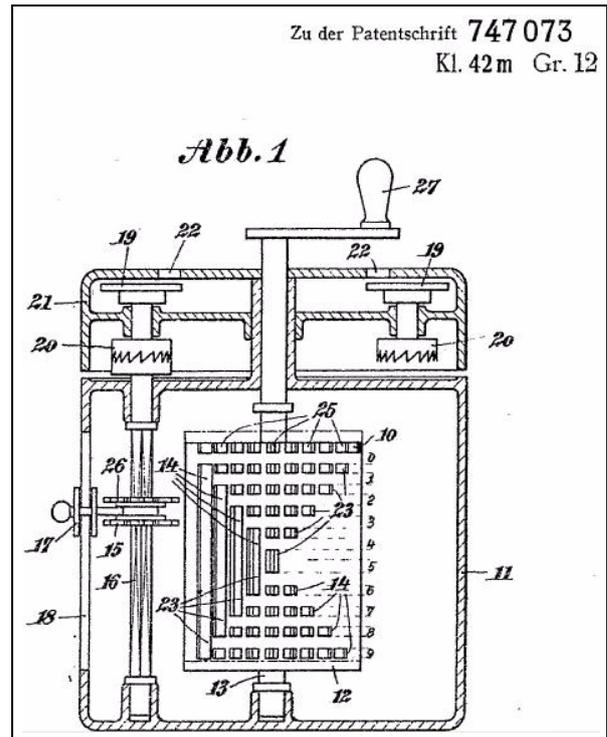


Abb. 51: Skizze aus dem Patent „Rechenmaschine mit einer einzigen von Einstellrädchen umgebenen Staffelwalze“; das Patent wurde am 6.9.1944 Curt Herzstark erteilt

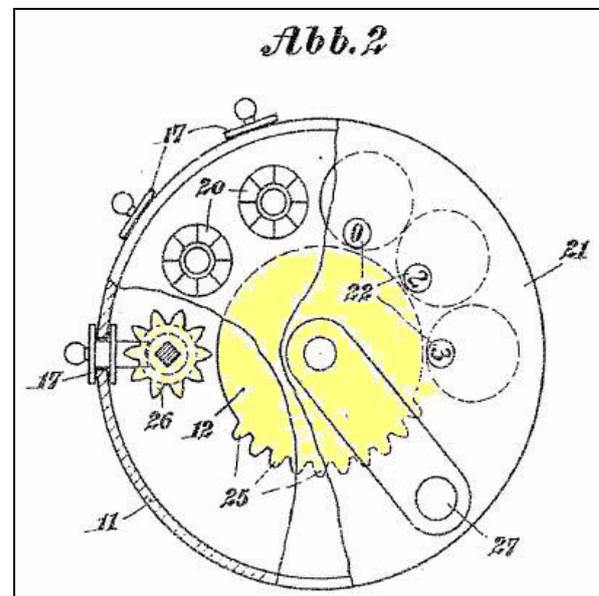


Abb. 52: Sicht von oben: 12 ist ein Scheibenelement (gelb) der zentralen Staffelwalze; die achsige Höhe des Zahnradchens 26 (gelb) bestimmt, wieviele Zähne (25, gelb) bei einer Kurbelumdrehung zum Eingriff kommen, um das Einstellrädchen 26 und damit die Zifferscheibe 20 entsprechend weit zu drehen

Funktionsbeschreibung:

- Mit den Einstellschiebern (17) wird das Zahnradchen (26) auf die Höhe der Staffelwalzenscheibe mit der zugehörigen Zähnezahlgeschoben.
- Die Zähne eines Scheibenelements (12) der zentralen Staffelwalze (25) greifen bei Drehung der Kurbel (27) in die auf gleicher Höhe liegen-

den Zahnradchen (26), wodurch die Zifferanzeigescheibe des Resultatwerks (19) entsprechend gedreht wird. Durch das Schauloch (22) zeigt sich jeweils eine Ziffer.

Die erste Curta hatte eine Kapazität von 8 x 6 x 11, das ab 1954 produzierte Modell II elf Eingabestellen, acht Stellen im Umdrehungszählwerk und 15 Stellen im Resultatwerk.

3. Sprossenrad-Rechenmaschinen

3.1 Stand der Technik zum Ende des 19. Jahrhunderts

Hier einige Schritte auf dem Weg zum modernen Rechner, die im 19. Jahrhundert Grundlagen für die Entwicklung im 20. Jahrhundert gelegt haben:

- Im Jahr 1800 entdeckt Alessandro Volta in Pavia das galvanische Element zur Stromerzeugung.
- 1808 entwickelt Joseph Marie Jaquard in Lyon den Programmspeicher für Webstühle in Form eines Lochbandprogramms aus Kartonkarten.
- 1818 erfindet Charles Xavier Thomas in Paris (unabhängig von Leibniz¹ und Hahn²) die Staffelwalze und beginnt 1820 mit der Produktion des „Arithmomètre“, einer Vierspezies-Rechenmaschine mit perfekter Zehnerübertragung.
- 1820 weist Hans Christian Oerstedt in Kopenhagen den Zusammenhang zwischen elektrischem Strom und Magnetismus nach.
- 1822 baut Charles Babbage in Cambridge ein kleines Arbeitsmodell einer Rechenmaschine zur Berechnung von Polynomtabellen.
- 1833 benutzen Karl Friedrich Gauß und Wilhelm Weber in Göttingen erstmals den elektrischen Strom und einen Fünfer-Code zur Übertragung von Signalen über weite Entfernungen.
- 1841 baut Didier Roth in Paris eine Addier- und Subtrahiermaschine mit Sprossenrad.
- 1854 stellt Heinrich Goebel in New York die erste brauchbare Glühlampe her.
- 1867 kommt von Malling Hansen in Kopenhagen die erste gewerbsmäßig hergestellte Schreibmaschine.
- 1876 erfinden Elisha Gray und Alexander Graham Bell unabhängig voneinander das Telefon.
- 1878 beginnt Arthur Burkhardt in Glashütte die Fertigung von Rechenmaschinen mit Staffelwalze (Nachbau der Thomas'schen Maschine).
- 1882 erfindet Hermann Hollerith in New York die Lochkarte und fertigt 1884 die erste betriebsfähige Lochkartenmaschine mit elektrischer Abföhlung.

1. Gottfried Wilhelm Leibniz erfand 1672 die Staffelwalze und entwickelte die Grundform der mechanischen Vierspezies-Rechenmaschine.
2. Philipp Mathäus Hahn baute 1774 die erste einwandfrei funktionierende Vierspezies-Rechenmaschine.

- 1886 gelingt Heinrich Hertz in Karlsruhe der Nachweis elektromagnetischer Wellen.
- 1892 beginnt die Serienproduktion der „Millionaire“, einer von Otto Steiger (München) entwickelten und von Hans W. Egli (Zürich) hergestellten Vierspezies-Rechenmaschine mit direkter Multiplikation mittels eines Multiplikationskörpers.
- 1897 erfindet Karl Ferdinand Braun in Straßburg die Kathodenstrahlröhre.

3.2 Das Sprossenrad als zentrales Maschinenelement einer Rechenmaschine

Schon Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716) plante 1670, seine Rechenmaschine mit einem Sprossenrad zu entwerfen. Dies ist durch eine Skizze belegt (siehe Abb. 1). In seinen Notizen findet sich der Satz: „Die Räder, die den Multiplikanden darstellen, sind mit je zehn Zähnen versehen, aber diese sind beweglich, so daß bald fünf, bald sechs Zähne hervorstehen usw., je nachdem man nämlich die zu multiplizierende Zahl 5- oder 6-fach darstellen will.“ Es ist aber nicht bekannt, ob er bereits in dem Rechnermodell, das er 1673 in London der Royal Society vorführte, das Sprossenrad als Maschinenelement verwendete oder schon die Staffelwalze. Das ist auch für das weiterentwickelte, 1675 in Paris vorgeführte Modell nicht klar..

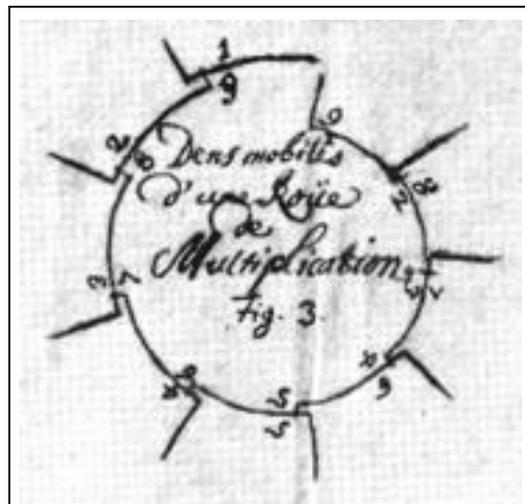


Abb. 1: Gottfried Wilhelm Leibniz, Skizze des Sprossenrades

Wahrscheinlich ist es Leibniz nicht gelungen, mit dem von ihm entworfenen Sprossenrad ein funktionierendes Übertragen einer eingestellten Ziffer in ein Resultatwerk zu bewerkstelligen. Die Funktion seines Sprossenrades muss man sich so vorstellen,

dass z. B. bei einer eingestellten Ziffer „6“ die Sprosse (oder Stift oder Zacken) „6“ und alle davor angeordneten Zacken („1“, „2“, ..., „5“) soweit aus dem Umfang der Rades herausragen, dass sie bei einer Umdrehung des Rades das Zahnrad einer Ziffernscheibe mitdrehen können.

Ein Modell zeigt die moderne Form des Sprossenrades:



Abb. 2: Modell eines Sprossenrades – 3 Zähne ausgefahren

Durch Verschieben eines Einstellhebels am äußeren Rand des Sprossenrades (mit der eingepprägten Ziffer „3“ versehen) schiebt eine weiter innen liegende Scheibe um so mehr in radialen Nuten gelagerte Zähne (Sprossen) über den äußeren Rand der äußeren Scheibe hinaus, als der Einstellhebel um den Scheibenumfang gedreht wird. In Abb. 2 sieht man auf die Scheibe, die sich in Stellung „3“ befindet: Am linken Rand sind die drei herausragenden Zähne zu sehen. Folgende Skizze zeigt dies noch deutlicher:

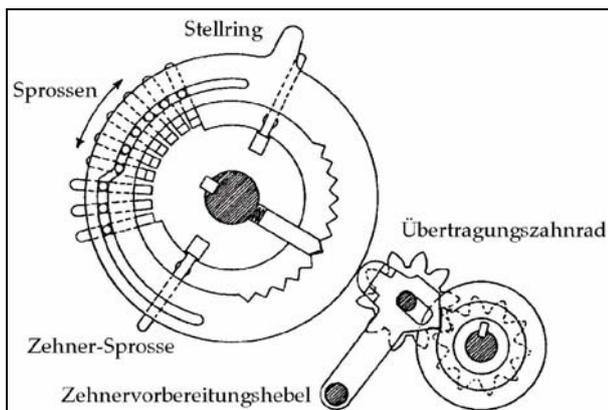


Abb. 3: Skizze eines Sprossenrades – 3 Zähne ausgefahren

Ein Teil der Sprossenräder einer moderneren Sprossenradmaschine sind in Abb. 4 zu sehen:

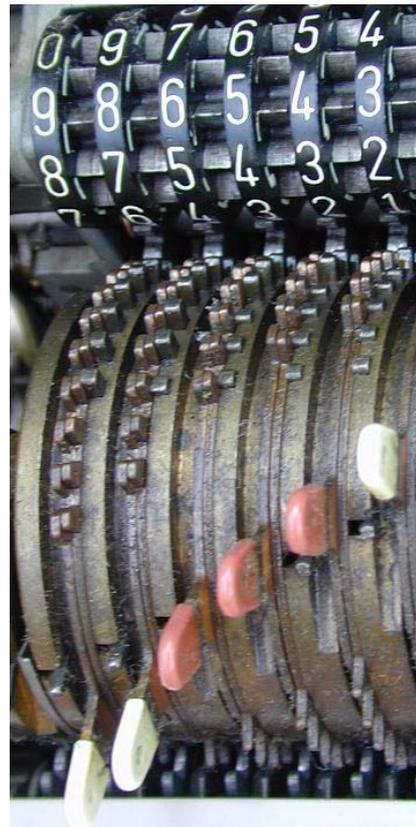


Abb. 4: Die Sprossenräder der höherwertigen Stellen einer Walther WSR160

Die Sprossenräder der fünf höherwertigen Stellen sind mit ihren Einstellhebeln zu sehen, darüber die Ziffernräder des Kontrollwerks (Anzeige der eingestellten Eingabe-Zahl) der sechs höherwertigen Stellen (986543). Die Sprossenräder sind jeweils aus drei Scheiben zusammengesetzt:

- An der linken Scheibe befinden sich der Einstellhebel (hier mit weißer oder roter Kappe) und Zähne, die das Ziffernrad des Kontrollwerks weiterdrehen, wenn er verschoben wird.
- An der rechten, etwas dickeren Scheibe sieht man die Enden von rechteckigen Stiften (Sprossen), die teils (fast) bündig mit der Oberfläche abschließen und teilweise herausragen. Beim Rad der höchstwertigen Stelle z. B. ragen alle Stifte heraus: Es sind insgesamt neun; daher wird die Ziffer „9“ angezeigt und bei einer vollständigen Umdrehung der Sprossenräder in das Resultatwerk übertragen, das unter den Sprossenrädern liegt und in dieser Abbildung nicht zu sehen ist.
- Zehner-Sprosse: An der rechten, etwas dickeren Scheibe sieht man in einer querliegenden

Öffnung einen einzelnen herausragenden Stift. Er bewirkt den Zehnerübertrag. Ist ein Übertrag erforderlich, kann er sich während der Umdrehung nach links bewegen und in das Zahnrad eingreifen, das den Wert der nächsthöheren Stelle im Resultatwerk anzeigt und speichert. Die nächsthöherwertige Stelle wird damit um 1 erhöht – oder verringert bei einer Subtraktion.

- Betrachtet man z. B. im Bild das dritte Sprossenrad von links, so erkennt man, dass drei Stifte der dickeren Scheibe nicht herausragen, jedoch die nachfolgenden sechs (nicht alle sind sichtbar). Dieses Sprossenrad hat bei der Verschiebung seines Stellhebels (mit roter Kappe) das zugehörige Ziffernanzeigerad auf „6“ gestellt (drittes Ziffernrad von links) und wird bei seiner nächsten Umdrehung 6 zu seiner Stelle im Resultatwerk hinzuaddieren – oder 6 subtrahieren bei Umdrehung gegen den Uhrzeigersinn.

Die prinzipielle Funktionsweise einer Sprossenradmaschine ist so, dass bei der Einstellung einer Zahl aus den nebeneinander liegenden Sprossenrädern jeweils so viele Zähne herausragen, wie es die eingestellte Ziffer bewirkt. Bei einer vollständigen Umdrehung des ganzen Blocks von Sprossenrädern greifen diese Zähne in Aufnahmezahnradern des Resultatwerks ein, womit dort an jeder Stelle das Ziffernrad entsprechend weitergedreht wird. Durch Drehen der Kurbel gegen den Uhrzeigersinn wird dabei subtrahiert statt addiert. Multiplikation geschieht durch fortgesetzte Addition, Division durch wiederholte Subtraktion (siehe Rechenbeispiel weiter unten). Bei entsprechender Verschiebung des Schlittens mit dem Resultatwerk gegen das Einstellwerk kann mit 10, mit 100, mit 1.000 usw. multipliziert werden.

Wesentliche Vorteile der Sprossenrad-Maschinen gegenüber den Maschinen mit Staffelwalze sind

- kleinere Bauform, denn die Sprossenräder sind dünne Scheiben, die auf einer gemeinsamen Welle montiert sind
- einfacherer und direkterer Antrieb wegen der gemeinsamen Antriebswelle
- wesentlich geringere Reibung bei der Kraftübertragung
- Dadurch, dass die Kurbel rechts- und links herum gedreht werden kann, wird der Umschaltmechanismus „Add/Mult“ – „Sub/Div“ eingesparrt.
- Bei dem später eingeführten Motorantrieb ist die wesentlich geringere zu bewegende Masse ein großer Vorteil.

- Wird ein Druckwerk angefügt, liegen die Sprossenräder eng genug zusammen, dass die Druckstellen den gewünschten engen Abstand zueinander haben.

3.3 Rechenmaschinen mit Sprossenrad

- Schon Gottfried Wilhelm Leibniz plante 1670, seine Rechenmaschine auf Grundlage des Sprossenrades zu entwerfen. Er wählte dann aber schließlich die Staffelwalze als zentrales Maschinenelement.
- 1709 baute Joannis Poleni in Padua eine – allerdings nicht einwandfrei funktionstüchtige – Rechenmaschine mit Sprossenrad.
- 1841 baute Didier Roth in Paris eine Addier- und Subtrahiermaschine mit Sprossenrad.
- 1872 entdeckten Frank Stephen Baldwin in St. Louis und Willgodt Theophil Odhner in St. Petersburg unabhängig voneinander das Sprossenrad.
- 1875 begann Frank S. Baldwin in Philadelphia die industrielle Fertigung von Vierspezies-Rechenmaschinen mit Sprossenrad.
- 1886 gründete Willgodt Theophil Odhner in St. Petersburg die Maschinenfabrik W. T. Odhner und begann die industrielle Fertigung einer Vierspezies-Rechenmaschine mit Sprossenrad.
- 1892 erwarben Grimme, Natalis & Co. die Odhner-Patente und begannen, die Vierspezies-Rechenmaschine „Brunsviga“ in Serie zu bauen.

3.4 Zwei Persönlichkeiten und ihre Firmen

Willgodt Theophil Odhner

Willgodt Theophil Odhner wurde am 10. August 1845 in Dalby in Zentral-Schweden geboren. 1864 begann er in Stockholm ein Maschinenbaustudium, das er aber nicht abschloss. Weil er 1868 in Schweden keine Arbeit fand, ging er nach St. Petersburg, wo er bei der Maschinenfabrik seines Landsmanns Ludvig Nobel (1831-1888, Bruder von Alfred Nobel) eingestellt wurde. Hier bekam er die Anregung, sich mit der Konstruktion einer Rechenmaschine zu befassen – er hatte ein Thomas-Arithmometer¹ zu reparieren und es ergaben sich Ideen für eine bessere Konstruktion einer solchen Rechenmaschine. Das erste Demonstrationsmodell (neun Resultatstellen) wurde 1875 fertig.

1. Staffelwalzen-Rechenmaschine von Charles Xavier Thomas (1820 patentiert)



Abb. 5: Willgodt Theophil Odhner im Alter von 33 Jahren¹

1878 erhielt Odhner für die Sprossenrad-Rechenmaschine ein Patent. Vom Fabrikbesitzer Nobel bekam er nun den Auftrag, 14 Rechenmaschinen in den Räumen der Fabrik zu produzieren – Werkzeuge und Material wurden ihm zur Verfügung gestellt. Diese Maschinen waren bereits 10-stellig (im Resultatwerk). Da er von Nobel nicht weiter unterstützt wurde, gründete Odhner 1886 eine eigene Werkstatt, die, ab 1893 in einem neuen Fabrikgebäude, als „W. T. Odhner, Maschinenfabrik und Metallgießerei in St. Petersburg“ firmierte. Die von ihm dort produzierten Rechenmaschinen waren sehr erfolgreich. Eine Lizenz für Deutschland, Belgien und die Schweiz konnte Odhner 1892 an die Braunschweiger Nähmaschinenfabrik Grimme, Natalis & Co. verkaufen.

Nach dem Tod Odhners am 15. September 1905 führten seine Söhne Alexander (1873-1918) und Georg die Firma weiter. Bis 1917 wurden etwa 23.000 Rechner produziert und verkauft.

Während der russischen Revolution 1917 wurde die Firma verstaatlicht und Sohn Alexander (Georg starb 1910) verlagerte die Firma in die schwedische Stadt Göteborg, wo unter dem Namen „Aktiebolaget Original-Odhner“ weiter produziert wurde.

1. © Tekniska Museet, Stockholm

Eine weitere Lizenz zur Produktion von Sprossenrad-Maschinen wurde 1918 an die schwedische Firma Axel Wibel vergeben, die unter dem Markennamen „Facit“ erfolgreich Rechenmaschinen produzierte. Diese Firma wurde 1924 von AB Åtvidabergs Industrier gekauft und später in „Facit AB“ umbenannt. Sie übernahm 1942 die Mehrheit der Anteile an „Original-Odhner“. Facit wurde 1973 von Elektrolux übernommen, worauf die Produktion mechanischer Rechenmaschinen eingestellt wurde.

Franz Trinks

Franz Trinks wurde am 9. Juni 1852 in Helmstedt geboren. Nach dem Abitur besuchte er die Handelsakademie in Hildesheim und anschließend studierte er Maschinenbau an der Technischen Hochschule Hannover.

1883 trat er in die Nähmaschinenfabrik „Grimme, Natalis und Co., KGaA“ ein und wurde gleich Betriebsdirektor, als Nachfolger des kurz vorher verstorbenen Carl Grimme (1836-1883). Bereits im nächsten Jahr wurde er neben Albert Natalis (1831-1904) persönlich haftender Gesellschafter.

Im März 1892 besuchte Franz Trinks eine Tagung deutscher Nähmaschinenfabrikanten in Hamburg, auf der von der St. Petersburger Firma „Königsberger & Co.“ die Patente und Vertriebsrechte für Deutschland, Belgien und die Schweiz über die Odhner-Rechenmaschine angeboten wurden. Nachdem sich Trinks von der Brauchbarkeit der Maschine überzeugt hatte, setzte er vor dem Aufsichtsrat seiner Firma den Erwerb der Patente und die Beschaffung der erforderlichen Produktionsmittel durch. Schon im Juli 1892 konnte die erste Rechenmaschine, ein exakter Nachbau der Odhner'schen Sprossenrad-Maschine produziert werden. In der Folge entwickelte Franz Trinks in mehr als 30 Jahren 22 Brunsviga-Modelle.

Franz Trinks ließ ab 1912 im Firmengebäude in Braunschweig eine bedeutende Sammlung von historischen Rechenmaschinen und Modellen der Konkurrenz anlegen, das Brunsviga-Museum. 1923 und 1924 wurden bei Brunsviga drei Nachbauten der Leibniz'schen Rechenmaschine hergestellt – die erste für das Deutsche Museum in München, eine weitere für die eigene Sammlung und eine für die Königliche Landesbibliothek in Hannover (wo das Original aufbewahrt wurde). Das Brunsviga-Museum wurde das größte Rechenmaschinenmuseum der Welt².

2. Die Sammlung gehört seit Schließung der Brunsviga-Maschinenwerke dem Braunschweigischen Landesmuseum



Abb. 6: Franz Trinks¹ mit seiner Rechenmaschine

1922 wurde Franz Trinks von der Technischen Hochschule Braunschweig die Ehrendoktorwürde verliehen. Er starb am 2. Oktober 1931 in Braunschweig.

3.5 Brunsviga-Rechenmaschinen

Der Fabrikbesitzer Albert Natalis (1831-1904) begann in Braunschweig mit der Herstellung von Nähmaschinen. Im November 1871 schloss er sich mit der Nähmaschinenfabrik und Eisengießerei von Carl Grimme (1836-1883) und anderen Firmen zusammen. Damit entstand die Firma „Grimme, Natalis & Co., KGaA“. Als in den 80er-Jahren die Lage auf dem Markt für Nähmaschinen schwierig wurde, produzierte man zusätzlich Herde, Öfen, Leuchtapparate, Warenautomaten und Waschmaschinen.

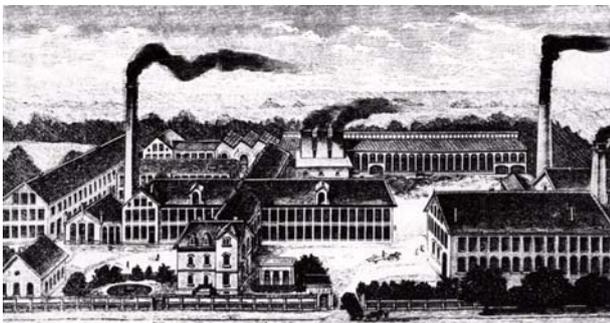


Abb. 7: Die Fabrikanlage Grimme, Natalis & Co. in Braunschweig²

1. © Braunschweigisches Landesmuseum

Nach dem Tod von Carl Grimme im Jahr 1883 wurde der Ingenieur Franz Trinks sein Nachfolger als Betriebsdirektor und 1884 auch persönlich haftender Gesellschafter.

1892 erwarben Grimme, Natalis & Co. die Odhner-Patente und begannen, die Vierspezies-Rechenmaschine „Brunsviga“ in Serie zu bauen.

Die erste Serie (Modell A, siehe Abb. 8) war ein genauer Nachbau der Odhner'schen Maschine. Es wurden schon im ersten Jahr 500 Maschinen gebaut und zum Preis von 150 Mark verkauft.

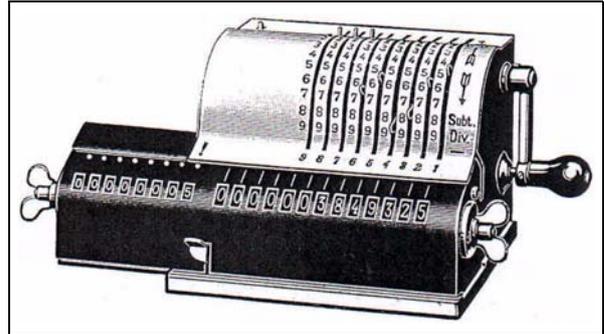


Abb. 8: Brunsviga Modell A aus dem Jahr 1892

Sie verfügte über ein 9-stelliges Einstellwerk, ein 8-stelliges Umdrehungszählwerk und ein 13-stelliges Resultatwerk. Mit den Flügelschrauben rechts und links am Schlitten stellte man Umdrehungszählwerk und Resultatwerk auf Null. Mit dem kleinen Hebel vorne am Schlitten konnte die Arretierung des Schlittens ausgerastet werden, damit sich der Schlitten nach links oder rechts verschieben ließ. Mit Rechtsdrehung der Kurbel (im Uhrzeigersinn) wurden die eingestellten Ziffern zur Zahl im Resultatwerk (im Schlitten) addiert; bei Linksdrehung der Kurbel (entgegen dem Uhrzeigersinn) wurden die eingestellten Ziffern von der Zahl im Resultatwerk subtrahiert. (Siehe die Beschriftung rechts am Einstellwerk.) Eine Zehnerübertragung im Resultatwerk war nur bis zur zehnten Stelle realisiert. Das Umdrehungszählwerk (links im Schlitten angeordnet) wurde bei jeder Umdrehung der Kurbel um 1 erhöht oder verringert, je nach Drehsinn. Im Umdrehungszählwerk wurde immer nur eine Stelle verändert (kein Übertrag). Verschoob man den Schlitten z. B. aus der Grundstellung um eine Stelle nach rechts, wurde die Zehnerstelle des Umdrehungszählwerks verändert.

2. © Braunschweigisches Landesmuseum

Im folgenden Jahr 1893 begann der Konstrukteur Franz Trinks, erste Verbesserungen vorzunehmen, die im Brunsviga Modell B (Abb. 9) realisiert waren.

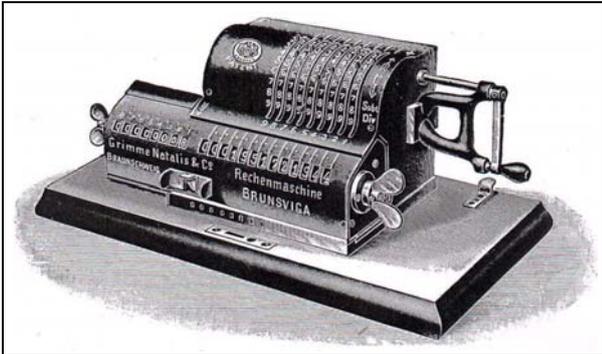


Abb. 9: Brunsviga Modell B aus dem Jahr 1893

Die Verbesserungen gegenüber Modell A waren nur geringfügig: der Holzsockel, eine Warnglocke (wenn man beim Subtrahieren ins Minus kam) und die verlängerte Kurbel.

Erst ab 1900 kamen echte konstruktive Verbesserungen:

- Sperrungen, die falsches Arbeiten und damit Beschädigung der Maschine verhinderten
- Zehnerübertragung bis zur 13. Stelle (1904)
- gemeinsame Löschrückführung für die Einstellhebel
- Drehsinnanzeiger
- lange Einstellhebel, die während des Rechenvorganges still standen
- Schaulöcher zur Sichtbarmachung der Eingabezahl (Anzeigewerk oder Kontrollwerk, 1907)
- Umdrehungszählwerk mit durchgehendem Zehnerübertrag (1907)
- Umkehrsperrung (1908)
- Schlittenschloss (1908)
- Kommaschieber, um die Dezimalstellen abzugrenzen (1908)



Abb. 10: Werbeanzeige aus dem Jahr 1905¹

1908 erschien mit der „Trinks-Arithmotyp“ die erste Maschine mit Druckwerk. Eine Rückübertragungsvorrichtung erlaubte es, das Rechenergebnis in das Einstellwerk zu übertragen. Dazu wurde beim Löschen des Ergebniswerkes ein spezieller Hebel betätigt, der einen Übertragungsmechanismus vom Resultatwerk zum Einstellwerk zum Eingriff brachte.

Grimme, Natalis & Co. waren mit ihren Rechenmaschinen weltweit äußerst erfolgreich. Bis 1912 wurden 20.000 Rechenmaschinen produziert. Es entstand in Deutschland ein dichtes Netz von Werksvertretungen. 1931 gab es ausländische Vertretungen in 92 Städten.

Nach Eingliederung des Braunschweiger Rechenmaschinenherstellers „Rema“ kamen ab 1926 verschiedene Modelle unter der Bezeichnung Nova-Brunsviga (System Trinks) auf den Markt. Es wurden neue Fabrikationsverfahren eingesetzt, Teile normiert und austauschbar gemacht.

1. © Braunschweigesches Landesmuseum



Abb. 11: Werbeanzeige aus dem Jahr 1936¹

Im zweiten Weltkrieg wurden nur wenige Rechenmaschinen hergestellt, da die Produktion auf Kriegsgüter und -waffen umgestellt wurde. Anfang der 50er-Jahre wurden wieder Rechenmaschinen produziert und es kamen Neukonstruktionen hinzu. Bis 1952 wurde insgesamt 265.000 Brunsviga-Rechenmaschinen hergestellt. 1957 verband man sich mit dem Wilhelmshavener Schreibmaschinenhersteller „Olympia Werke“. 1959 wurde die „Brunsviga Maschinenwerke AG“ ganz übernommen, der Markenname „Brunsviga“ wurde aufgegeben. Ende der 60er-Jahre wurde die Produktion von mechanischen Rechenmaschinen eingestellt und schließlich im Dezember 1992 die Firma Olympia Werke AG von der Muttergesellschaft AEG geschlossen.

3.6 Rechnen mit der Sprossenrad-Maschine

Um die Arbeitsweise mit der Sprossenrad-Maschine darzustellen, hier zwei beispielhafte Divisionen. Es wird eine Sprossenrad-Maschine der Kapazität 10 x 8 x 13 verwendet, d. h., das Einstellwerk (E-Werk) verfügt über zehn Stellen, das Umdrehungszählwerk (U-Werk) hat acht Stellen und das Resultatwerk (R-Werk) ist 13-stellig. Bei der Division ist der Dividend im Resultatwerk einzustellen, der Divisor im Eingabewerk und der Quotient kann zum Ende der Rechnung im Umdrehungszählwerk abgelesen werden. Ein eventueller Rest steht dann im Resultatwerk.

Beispiel 1: 3125 : 25 = 125

Die geläufige schriftliche Durchführung dieser Division sieht wie folgt aus:

3125,00:25=125	
-25	
62	Ziffer 1 ins Ergebnis
-25	Rest ist 6; 2 von oben
-25	(2x -25)
125	Ziffer 2 ins Ergebnis
-25	Rest ist 12
-25	5 von oben anfügen
-25	
-25	
-25	(5x -25)
0	Ziffer 5 ins Ergebnis
0	Rest: 0

Diese Darstellung ist übertrieben ausführlich, damit soll der übereinstimmende gleiche Ablauf beim Rechnen mit der Rechenmaschine deutlich werden:

Ablauf der Rechnung mit der Maschine:

1. Alle Werke löschen, Schlitten ganz nach rechts in die Grundposition.
2. Da der Dividend am Beginn der Rechnung linksbündig im Resultatwerk stehen sollte, stellt man folgende Ziffernfolge im Einstellwerk ein: 0000312500.
3. Eine Kurbeldrehung im additiven Sinn (rechts herum, im Uhrzeigersinn) transportiert diese Zahl ins Resultatwerk.
4. m R-Werk stellt man den Dezimalschieber so ein, dass 3125,000000000 abgelesen werden kann.
5. E-Werk und U-Werk stellt man nun erneut auf „Null“, die Rechnung kann beginnen.
6. Im E-Werk wird der Divisor 25 eingestellt, und zwar in der Form, dass die 2 sich über der 3 im R-Werk befindet und die 5 über der 1:
 E: 000025,0000
 R: 3125,000000000
 (siehe oben: schriftliche Division)
7. Nun wird der Divisor 25 so oft es geht abgezogen: Die Kurbel wird mehrfach gegen den Uhrzeigersinn gedreht, bis die Glocke erklingt.
8. Die Glocke schlägt kurz vor Vollendung der zweiten Umdrehung an, d. h. man gerät mit der fortlaufenden Subtraktion gleich nach der ersten Umdrehung ins Minus. Die überzählige Kurbeldrehung wird noch vollendet, aber durch eine Umdrehung im Uhrzeigersinn wieder rückgängig.

1. © Braunschweigesches Landesmuseum – LZ 129 verunglückte am 6. Mai 1937 bei der Landung in Lakehurst, USA

gig gemacht. Das U-Werk zeigt nun 1 an und das R-Werk 625.

E: 000025,0000

R: 0625,000000000

U: 10000000

9. Jetzt wird der Schlitten um eine Stelle nach links geschoben, damit nun von 62 mehrfach 25 subtrahiert werden kann:

E: 000025,0000

R: 625,000000000

10. Es wird wieder mehrfach gegen den Uhrzeigersinn gekurbelt, um 25 zu subtrahieren – solange, bis das Glockenzeichen ertönt. Die letzte Umdrehung (die dritte) wird wieder mit einer Rechtsumdrehung rückgängig gemacht. Das U-Werk zeigt nun 12 an und das R-Werk 125.

E: 000025,0000

R: 0125,000000000

U: 12000000

11. Wiederum wird der Schlitten um eine Stelle nach links geschoben, damit nun von 125 mehrfach 25 subtrahiert werden kann:

E: 000025,0000

R: 0125,000000000

12. Es wird wieder mehrfach gegen den Uhrzeigersinn gekurbelt, um 25 zu subtrahieren, solange bis das Glockenzeichen ertönt. Die letzte Umdrehung (die sechste) wird wieder mit einer Rechtsumdrehung rückgängig gemacht. Das U-Werk zeigt nun 125 an und das R-Werk 0.

E: 000025,0000

R: 0000,000000000

U: 12500000

13. Der Rechenvorgang ist beendet, das Resultatwerk zeigt Null als Rest. Jetzt muss nur noch im Ergebnis, das im Umdrehungszählwerk steht, das Komma richtig gesetzt werden:

Da die Anzahl der Dezimalstellen des Dividenten im R-Werk 9 (hinter dem Komma) beträgt und des Divisors im E-Werk 4, sind für den Quotienten (im U-Werk) $9 - 4 = 5$ Stellen mit dem Dezimalschieber abzugrenzen. Das Resultat kann dann als 125,00000 abgelesen werden.

Beispiel 2: 13579 : 5432 = 2,4998159

Die geläufige schriftliche Durchführung dieser Division sieht wie folgt aus¹:

		13579,00000000:5432,00000000=	
			2,4998159
2x	-5432		Ziffer 2 ins Ergebnis
	-----		Komma setzen
	27150		0 von oben runter
4x	-5432		
	-----		Ziffer 4 ins Ergebnis
	54220		0 von oben anfügen
9x	-5432		
	-----		Ziffer 9 ins Ergebnis
	53320		0 von oben anfügen
9x	-5432		
	-----		Ziffer 9 ins Ergebnis
	44320		0 von oben runter
8x	-5432		
	-----		Ziffer 8 ins Ergebnis
	8640		0 von oben runter
1x	-5432		
	-----		Ziffer 1 ins Ergebnis
	32080		0 von oben
5x	-5432		
	-----		5 ins Ergebnis
	49200		0 von oben
9x	-5432		
	-----		9 ins Ergebnis
	312		bleibt als Rest

Ablauf der Rechnung mit der Maschine:

1. Alle Werke auf Null, Schlitten ganz nach rechts in die Ausgangsposition.
2. Da der Divident am Beginn der Rechnung linksbündig im Resultatwerk stehen sollte, stellt man folgende Ziffernfolge im Einstellwerk ein: 0000135790.
3. Eine Kurbeldrehung im additiven Sinn (rechts herum, im Uhrzeigersinn) transportiert diese Zahl ins Resultatwerk.
4. Im R-Werk stellt man den Dezimalschieber so ein, dass 13579,00000000 abgelesen werden kann.
5. E-Werk und U-Werk werden erneut auf „Null“ gestellt, die Rechnung kann beginnen.
6. Im E-Werk wird der Divisor 5432 eingestellt, und zwar in der Form, dass die 5 sich über der 3 im R-Werk befindet, die 4 über der 5 usw.:

E: 000005432,0

R: 13579,00000000

(siehe oben: schriftliche Division)

1. Die Rechnung ist so natürlich nur dann sinnvoll, wenn Divident und Divisor entsprechend viele Stellen nach dem Komma mit dem Wert „Null“ haben.

7. Nun wird der Divisor 5432 so oft es geht abgezogen: Die Kurbel wird mehrfach gegen den Uhrzeigersinn gedreht, bis die Glocke erklingt.

8. Die Glocke schlägt kurz vor Vollendung der dritten Umdrehung an, d. h. man gerät mit der fortlaufenden Subtraktion ins Minus. Die überzählige Kurbeldrehung wird noch vollendet, aber durch eine Umdrehung im Uhrzeigersinn wieder rückgängig gemacht. Das U-Werk zeigt nun 2 an und das R-Werk 2715:

E: 000005432,0

R: 2715,00000000

U: 20000000

9. Jetzt wird der Schlitten um eine Stelle nach links geschoben, damit nun von 27150 mehrfach 5432 subtrahiert werden kann:

E: 000005432,0

R: 2715,00000000

Es wird wieder so lange gegen den Uhrzeigersinn gekurbelt, um 5432 zu subtrahieren, bis das Glockenzeichen ertönt. Die letzte Umdrehung (die fünfte) wird wieder mit einer Rechtsumdrehung rückgängig gemacht. Das U-Werk zeigt nun 24 an und das R-Werk 5422:

E: 000005432,0

R: 00542,20000000

U: 24000000

10. Wiederum wird der Schlitten um eine Stelle nach links geschoben, damit nun 5432 mehrfach von 54220 subtrahiert werden kann:

E: 000005432,0

R: 542,20000000

Es wird wieder gegen den Uhrzeigersinn gekurbelt, um immer wieder 5432 zu subtrahieren – solange bis das Glockenzeichen ertönt. Die letzte Umdrehung (die zehnte) muss mit einer Rechtsumdrehung rückgängig gemacht werden. Das U-Werk zeigt nun 249 an und das R-Werk 5332:

E: 000005432,0

R: 0053,32000000

U: 24900000

11. Nun wird weiter jeweils die nächste Stelle abgearbeitet, indem der Schlitten zunächst nach links geschoben wird und so lange gekurbelt wird, bis das Glockenzeichen ertönt. In dem Moment, wo sich der Schlitten nicht weiter nach links schieben lässt, ist die maximale Genauigkeit, die die Maschine erlaubt, erreicht. Das U-

Werk zeigt nun 24998159 an und das R-Werk 312.

12. Der Rechenvorgang ist beendet, das Resultatwerk zeigt den Rest an, die Division „ging nicht auf“. Jetzt muss nur noch im Ergebnis, das im Umdrehungszählwerk steht, das Komma richtig gesetzt werden:

Da die Anzahl der Dezimalstellen des Dividenten im R-Werk 8 (hinter dem Komma) beträgt und des Divisors im E-Werk 1, sind für den Quotienten (im U-Werk) $8 - 1 = 7$ Stellen mit dem Dezimalschieber abzugrenzen. Das Resultat kann dann als 2,4998159 abgelesen werden.

Die Beispiele erwecken den Eindruck, dass solche Rechnungen sehr mühsam sind, aber mit einiger Routine wird ein Rechner diese Rechnungen zügig durchführen können. Wichtig ist, dass er mit dem Dezimalschieber die Größenordnung der Zahl richtig einstellt und beim Kurbeln den Glockenton nicht überhört.

3.7 Sprossenrad-Maschine in Göttingen vorgeführt, aber nicht angeschafft

Die vermutlich erste deutsche Dissertation, die sich mit der Verwendung der Rechenmaschine für wissenschaftliche Rechnungen beschäftigte, wurde 1911 von dem Astronomen Cornelius Veithen¹ bei Carl Runge (1856-1927)² in Göttingen verfasst³. Veithen benutzte die „Millionaire“ von Steiger und Egli, eine Maschine mit direkter Multiplikation (1x1-Körper). Die verwendete Maschine befindet sich heute in der Sammlung des Mathematischen Instituts der Universität Göttingen.

Carl Runge nutzte die Thomas-Maschine während seiner Zeit als Professor in Hannover (1886-1904) bei Berechnungen, mit denen er die Güte seiner Näherungsformeln prüfte (z. B. für spektralanalytische Rechnungen); für ihn war die Rechenmaschine ein wichtiges Hilfsmittel. In Göttingen hat Runge keine Rechenmaschine mehr zur Verfügung gehabt.

Auf einem Mathematiker-Kongress 1921 in Göttingen wurde das Brunsviga-Modell „Trinks-Triplex“ vorgeführt, worauf allgemein bedauert wurde, dass „die Universitäten und Schulen für solche fachwicht-

1. Cornelius Veithen: „Über die Verwendung der Rechenmaschine bei der Bahnbestimmung von Planeten“ (15.05.1912)
2. Der Mathematiker Carl David Tolmé Runge war von 1904 bis 1925 auf dem ersten deutschen Lehrstuhl für Angewandte Mathematik in Göttingen.
3. Zitiert aus Hartmut Petzold: „Rechnende Maschinen“

tigen Lehrmittel nicht die erforderlichen Barmittel zur Verfügung haben“¹.

Die seit 1911 angebotene „Trinks-Triplex“ ist eine Maschine mit je 20 Stellen im Eingabewerk und im Resultatwerk, die in zwei Teile getrennt oder als Ganzes benutzt werden kann (siehe Abb. 12).

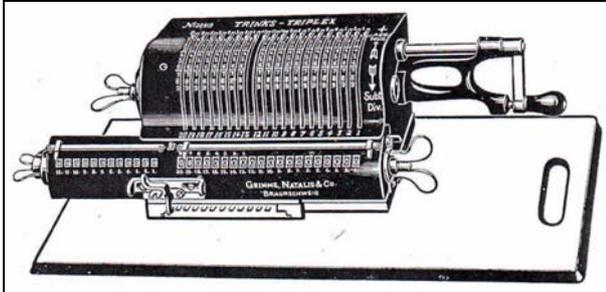


Abb. 12: Brunsviga „Trinks-Triplex“ (Modell MD II) aus dem Jahr 1911

Anfang der 20er-Jahre führte Felix Klein (1849-1925)² in seinen Kursen zur Lehrerbildung eine Brunsviga-Rechenmaschine vor und forderte, „daß bei ihrer großen Bedeutung die Rechenmaschine auch in weiteren Kreisen, als das heute leider noch der Fall ist, genau bekannt würde. Vor allem sollte natürlich jeder Lehrer der Mathematik mit ihr vertraut sein, und es müßte sich gewiß auch ermöglichen lassen, daß jedem Primaner unserer höheren Lehranstalten einmal eine solche Rechenmaschine vorgeführt wird“³. (In seiner Zeit als Professor in Erlangen hatte Klein eine Thomas'sche Staffelwalzen-Maschine beschafft.)

Obwohl die Sprossenrad-Rechenmaschinen von Brunsviga recht preiswert waren, wurden sie weder von Felix Klein noch von Carl Runge beschafft, die doch beide die Rechenmaschine als ein wichtiges Rechenhilfsmittel ansahen.

3.8 Sprossenrad-Maschinen im Rechnermuseum der GWDG

3.8.1 Brunsviga 13 ZK

Die Brunsviga 13 ZK ist eine weit verbreitete 4-Spezies-Rechenmaschine mit Handbetrieb. Die Kapazität beträgt 10 x 8 x 13 Stellen.

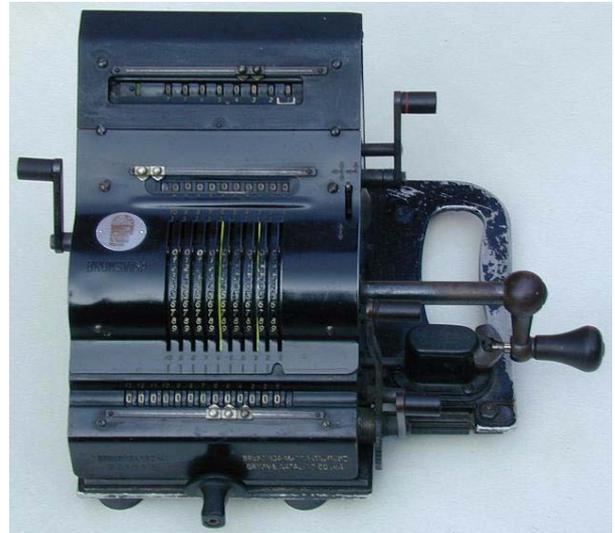


Abb. 13: Brunsviga 13ZK aus dem Jahr 1930

Die Maschine verfügt neben der Einzellösung der Werke über eine „Generallösung“ (Nullstellung aller drei Werke mit einem Griff), Einhand-Schlittenbedienung und Rückübertragungseinrichtung, d. h. die Ergebnisse aus dem Resultatwerk können mechanisch in das Einstellwerk übernommen werden. Das Umdrehungszählwerk befindet sich nicht im Schlitten, sondern ist fest über dem Einstellwerk angeordnet.



Abb. 14: Firmenschild auf der Brunsviga 13 ZK mit dem Logo „GEHIRN VON STAHL“

Dieser Maschinentyp wurde ab 1930 bis 1947 in unveränderter Form gebaut. Von 1954 bis 1961 war die konstruktiv gleiche Rechenmaschine in zeitgemäßer Farbgebung weiterhin im Programm.

1. Zitiert aus Hartmut Petzold: „Rechnende Maschinen“
2. Von 1886 bis zu seinem Tode 1925 war Felix Klein Professor für Mathematik in Göttingen.
3. Zitiert aus Hartmut Petzold: „Rechnende Maschinen“

3.8.2 Triumphator

Triumphator wurde 1900 in Leipzig als „Leipziger Röhrenwerke“ von Richard Kluge gegründet. Ab 1903 wurden Rechenmaschinen produziert, 1909 die Firma in „Triumphator Rechenmaschinenfabrik GmbH“ umbenannt. Die Triumphator-Rechenmaschinen zeichneten sich dadurch aus, dass sie erstmals ein Kontrollwerk und Zehnerübertragung im Umdrehungszählwerk hatten. Nach dem Zweiten Weltkrieg wurde 1948 die Produktion wieder aufgenommen im „VEB Triumphator-Werk Rechenmaschinenfabrik Mölkau“.

Triumphator CRN-1

Eine 4-Spezies-Rechenmaschine aus dem Jahr 1955 vom „VEB Triumphator-Werk“ mit Handbetrieb. Die Kapazität beträgt 10 x 8 x 13 Stellen.



Abb. 15: Schriftzug „Triumphator“ auf der CRN-1

Die Maschine verfügt über eine Rückübertragung vom Resultatwerk ins Einstellwerk.



Abb. 16: Triumphator CRN-1 aus dem Jahr 1955

3.8.3 Original-Odhner

1942 wurde die Firma Original-Odhner von Facit AB übernommen. Während Facit Rechenmaschinen mit Zehner-Tastatur baute, behielten die Original-Odhner-Maschinen ihre klassische Konstruktion bei.

Original Odhner Modell 139

Das Original Odhner Modell 139 wurde ab 1959 gebaut und hat eine Kapazität von 10 x 8 x 13 Stellen. Wie auch die anderen Original Odhner Modelle

verfügt es über Rückübertragung aus dem Resultatwerk. Seine Besonderheit ist die Zehnerübertragung im Umdrehungszählwerk.



Abb. 17: Original Odhner Modell 139, Gesamtansicht



Abb. 18: Original Odhner Modell 139, Firmenschild

Abb. 19 und 20 geben ein detailliertes Bild der Sprossenräder:

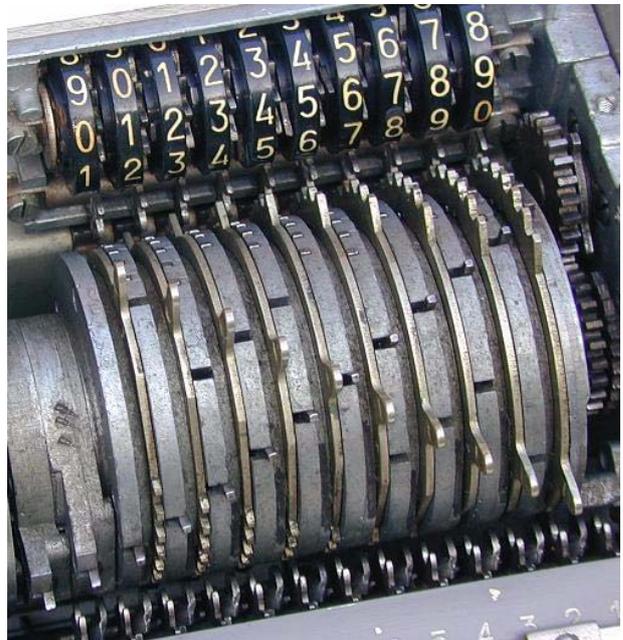


Abb. 19: Original Odhner Modell 139, Blick auf die Sprossenräder und das Kontrollwerk

Die linke Sprossenrad-Scheibe hat an ihrem Außenrand den Einstellhebel und die Zähne zum Verstellen des Kontrollwerks. In die rechte – dickere – Scheibe sind die Sprossen eingelassen, die bei

einer Umdrehung in die Aufnahmezahnäder des Resultatwerks eingreifen:



Abb. 20: Original Odhner Modell 139, Blick auf die Sprossenräder: die ausgefahrenen Zähne (Stifte) sind deutlich zu erkennen.

Man erkennt in Abb. 19 und 20, dass die Zehner-Sprosse von der Einer-Stelle zu den höherwertigen Stellen hin einen immer größer werdenden Abstand von den anderen Sprossen hat, damit die Überträge bei einer Umdrehung nacheinander ausgeführt werden.

3.8.4 Walther

Die Waffenfabrik Walther war vor dem Zweiten Weltkrieg in Zella-Mehlis ansässig. Sie wurde 1886 von Carl Walther (1858-1915) gegründet. Ab 1926 wurden auch Sprossenrad-Rechenmaschinen hergestellt. Nach dem Zweiten Weltkrieg (ab 1948) produzierte die Carl Walther GmbH in Niederstotzingen Rechenmaschinen.

Walther WSR160

Die WSR160 ist eine handbetriebene Vierspezies-Rechenmaschine aus dem Jahr 1960 (WSR = Walther Schnellrechenmaschine). Die Kapazität beträgt 10 x 8 x 16 Stellen.



Abb. 21: Ansicht der Walther WSR160 aus dem Jahr 1960



Abb. 22: Typenschild der Walther WSR160

Die Rechenmaschine verfügt über durchgehende Zehnerübertragung im Umdrehungszählwerk und Rückübertragung aus dem Resultatwerk in das Einstellwerk.



Abb. 23: Die Sprossenräder und darüber das Kontrollwerk der Walther WSR160, rechts unten einige Ziffern des Resultatwerks.

In einem Prospekt der Firma Walther findet sich ein Foto vom Sprossenrad, den Zifferscheiben des Kontroll- und Resultatwerks sowie die verbindenden Aufnahmezahnäder:



Das Herz der WSR

besteht aus einem mit höchster Präzision arbeitenden Räderwerk. Die sorgfältige Oberflächenbehandlung aller Teile gewährleistet die zuverlässige Funktion auch unter ungünstigen klimatischen Bedingungen. Das formschöne Gehäuse umschließt und schützt den Mechanismus.

Abb. 24: Ausschnitt aus einem Prospekt der Firma Walther

3.8.5 Facit

Die Firma Axel Wibell aus Stockholm produzierte seit 1918 unter dem Markennamen „Facit“ in der Tochterfirma „Facit AB“ Rechenmaschinen, zunächst auf der Basis von Odhner-Patenten. 1924 wurde die Firma von AB Åtvidabergs Industrier übernommen. Die Produktionsstätte wurde nach Åtvidaberg verlegt. Frühzeitig kamen eigene konstruktive Besonderheiten hinzu, darunter:

- Das Umdrehungszählwerk wurde nicht im Schlitten angeordnet, sondern fest im Maschinenkörper über dem Einstellwerk (1918).
- Auf einen außen liegenden Schlitten wurde ganz verzichtet, dafür wurde intern das Einstellwerk verschoben (1932).
- Es wurde eine Zehnertastatur verwendet (1932).
- Die Sprossenräder sind geteilt: Die Ziffern 1 bis 4 liegen auf einem anderen Sprossenrad als die Ziffern 5 bis 9.

Mit der Zehntasten-Maschine kam der Durchbruch in dem Markt, der von den Brunsviga-Werken in

Braunschweig beherrscht wurde. Der Konstrukteur war Karl Viktor Rudin (1882-1939). Seine Ideen gehen zum Teil auf die Konstruktionen des Amerikaners Frank Stephen Baldwin (1838-1925) zurück. Elektrisch angetriebene Modelle wurden bei Facit ab 1934 angeboten. Facit wurde 1973 vom Elektrolux-Konzern übernommen, der die Produktion mechanischer Rechenmaschinen einstellte.

Facit CA1-13

Eine 4-Spezies-Rechenmaschine mit vollautomatischer Division aus dem Jahr 1956 mit Zehnertastatur und elektrischem Antrieb. Die Kapazität beträgt 9 x 8 x 13 Stellen.



Abb. 25: Ansicht der Facit CA1-13

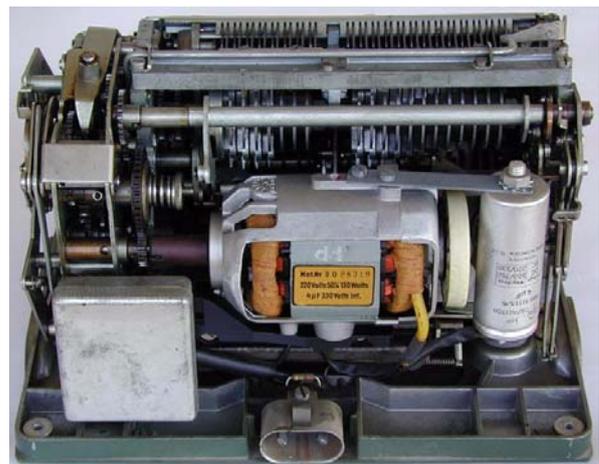


Abb. 26: Rückansicht der Facit CA1-13 bei geöffnetem Gehäuse

Facit CM2-16

Eine weit verbreitete 4-Spezies-Rechenmaschine aus dem Jahr 1959 mit Zehnertastatur und Handbetrieb. Die Kapazität beträgt 11 x 9 x 16.



Abb. 27: Ansicht der Facit CM2-16

Eine Besonderheit dieser Rechenmaschine ist die Doppelübertragung, d. h. sowohl der Inhalt des Resultatwerks als auch der Inhalt des Umdrehungszählwerks (Quotientenwerk) können in das Einstellwerk zurückübertragen werden (weltweit erstmalig). Damit kann auch mit dem Ergebnis einer Division weitergearbeitet werden.

3.8.6 Diehl

Die Weiterentwicklung und Produktion der Staffelwalzen-Rechenmaschinen vom Typ „Archimedes“ war nach dem zweiten Weltkrieg bei der Nürnberger Firma Diehl angesiedelt. Da man Ende der 50er-Jahre die Notwendigkeit erkannte, Rechenmaschinen mit Druckeinrichtung anzubieten, begann man 1959 mit der Entwicklung eines druckenden Vollautomaten mit Zehnertastatur. Das Maschinenelement Staffelwalze kam dafür nicht in Frage, denn der für das Druckwerk notwendige Ziffernabstand von 4 Millimetern konnte konstruktiv sinnvoll nicht mit Staffelwalzen, sondern am besten mit Sprossenrädern realisiert werden.

Diehl Transmatic



Abb. 28: Ansicht der Diehl Transmatic

Auf der Hannover-Messe 1963 konnte die Maschine erstmals vorgestellt werden und war sofort lieferbar. Sie war sehr erfolgreich und wurde als eine der am besten druckenden Vierspezies-Maschinen auf dem Markt bezeichnet.



Abb. 29: Blick auf die linke Seite bei abgenommenem Gehäuse

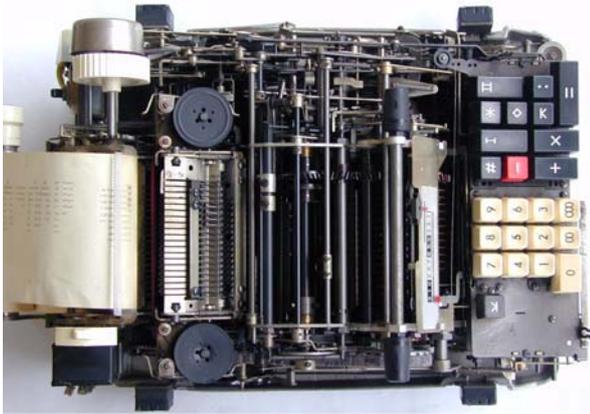


Abb. 30: Blick auf die Maschine von oben bei abgenommenem Gehäuse

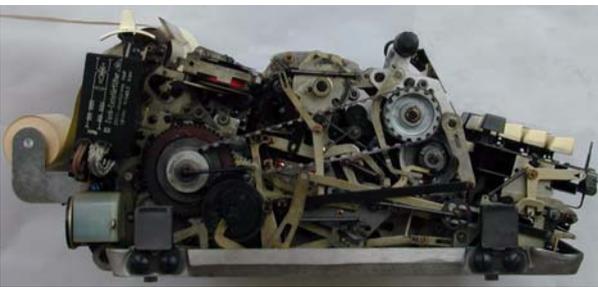


Abb. 31: Blick auf die rechte Seite bei abgenommenem Gehäuse

Die Kapazität der Diehl Transmatic beträgt 8 x 12 x 16. Multiplikation und Division werden vollautomatisch ausgeführt. Die Maschine weist zwei Saldierwerke auf und besitzt Konstantenspeicher und Druckspeicher.

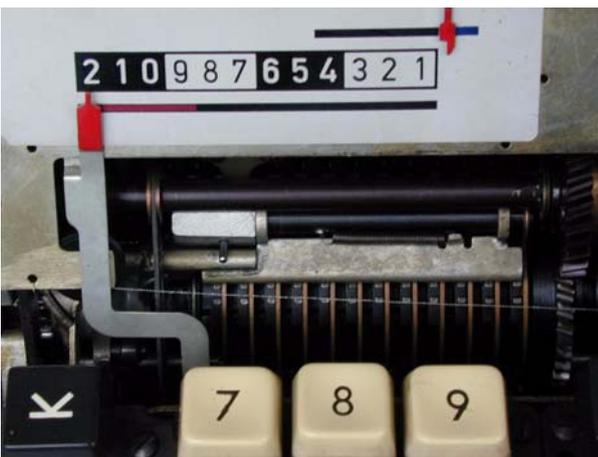


Abb. 32: Blick auf die Kommaanzeige und die zwölf Sprossenräder: es sind jeweils zwei Sprossen zu erkennen

Der Kaufpreis betrug 4.200,- DM.

Diehl decima

Um auch eine preiswertere Maschine anbieten zu können, wurde bei Diehl die „decima“ entwickelt. Dieser druckende Vollautomat wurde ab 1967 gefertigt. Die Kapazität beträgt 10 x 8 x 12 Stellen; er verfügt über einen Saldierspeicher und einen Druckspeicher sowie eine Komma-Automatik.



Abb. 33: Bedienungsfeld der Diehl decima

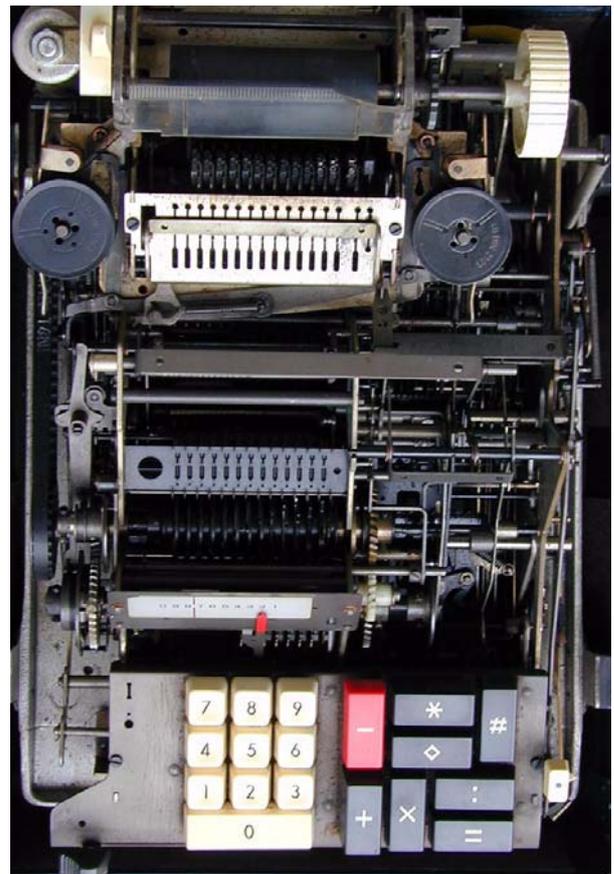


Abb. 34: Blick ins Innere der Diehl decima

4. Der Erfinder des Computers: Konrad Zuse

4.1 Einleitung

Konrad Zuse begann Ende der 30er-Jahre des 20. Jahrhunderts, programmierbare automatische Rechenmaschinen zu bauen. Vor ihm wurden dazu im Wesentlichen zwei Grundlagen gelegt: Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716) entwickelte das Zahlensystem mit der Basis Zwei und begann, eine symbolische Logik zu entwerfen. Mitte des 19. Jahrhunderts verband George Boole (1815-1864) Logik und Mathematik zur Aussagenlogik, die Anfang des 20. Jahrhunderts als Schaltalgebra auch Hilfsmittel zum Entwurf technischer Schaltungen wurde. Die andere Grundlage, nämlich die Programmsteuerung einer Rechenmaschine, die Charles Babbage (1791-1871) um 1833 in London entwickelte, war Konrad Zuse nicht bekannt. Hier musste Zuse mit seinen Überlegungen bei Null beginnen.

In seinem autobiografischen Werk „Der Computer mein Lebenswerk“ nennt Konrad Zuse den Beweggrund für seine Entwicklung von Rechenmaschinen: die Entlastung des Menschen von umfänglichen, routinemäßigen Rechengvorgängen, namentlich die statischen Berechnungen des Bauingenieurs, gegen die er als Student des Bauingenieurwesens eine starke Abneigung empfand. Für solche Rechnungen gab es Rechenschemata und Formblätter und es lag der Gedanke nahe, solche Schemata statt vom Menschen von einer programmgesteuerten Maschine ausführen zu lassen. Er sah, dass Solches nicht von den damals aufkommenden Lochkartengeräten geleistet werden konnte.

Die Verwendung des Binärsystems stand für Konrad Zuse bereits ganz am Anfang seiner Überlegungen, ebenso die Realisierung des Rechenwerks mit elektromechanischen Relais der Fernmeldetechnik. Diese konnten mit ihren zwei diskreten Positionen – abgefallen und angezogen – mit ihren Schaltkontakten binäre Zustände und binäre Zahlen darstellen. Aber er sah auch, dass für den Bau einer Rechenmaschine Tausende von Relais erforderlich wären, was dem Preis einer solchen Maschine eine phantastische Höhe geben würde. Da ihm der Bau einer Relais-Maschine zu aufwändig erschien, konstruierte er zunächst einen Rechner rein mit mechanischen Mitteln.

4.2 Erste Schritte zum modernen Computer

- 1679: Gottfried Wilhelm Leibniz (Hannover) entwickelt das binäre Zahlensystem und beschreibt das Rechnen mit dualen Zahlen, auch beschreibt er eine Maschine zur Durchführung von Addition und Multiplikation.
- 1847: George Boole (Cork, Irland) entwickelt die formale Aussagenlogik und veröffentlicht „Mathematical Analysis of Logic“.
- 1833: Charles Babbage (London): Vorführung von Teilen der „Difference Engine“, einer Maschine, die Differentialgleichungen lösen sollte, um Tabellenwerke zu erstellen und zu drucken.
- 1871: Charles Babbage (London): Fertigstellung eines Teils vom Rechenwerk und des Druckers der „Analytical Engine“, einer geplanten Rechanlage mit Lochkarteneingabe, Rechenwerk, Mikroprogrammsteuerung, Speicherwerk und Druckausgabe.
- 1884: Hermann Hollerith (New York): erste betriebsfähige Lochkartenmaschine mit elektrischer Abföhlung.
- 1906: Henry P. Babbage und Firma R. W. Munro (London): Fertigstellung des Rechenwerks der „Analytical Engine“, um die Funktionstüchtigkeit zu demonstrieren.
- 1919: William Henry Eccles und F. W. Jordan (England): Erfindung der bistabilen Kippschaltung (Röhren-Flip-Flop).
- 1929: Charles Eryl Wynn-Williams (Cambridge University): schnelle Zähl-schaltung mit Elektronenröhren.
- 1932: Ernst Adolf Weygandt (Institut für angewandte Mechanik, Göttingen): automatischer digitaler Relaisrechner für Determinanten der Ordnung 3.
- 1934: Konrad Zuse (Berlin): Konzept eines programmgesteuerten Rechengeräts mit Steuereinheit, Recheneinheit und Speicher.
- 1935: Konrad Zuse (Berlin): Entwicklung einer Bedingungskombinatorik für Schaltungen – führte zur Entwicklung der Schaltalgebra.
- 1937: Claude Elwood Shannon (MIT, Boston, USA): Entwicklung der Schaltalgebra.
- 1937: Konrad Zuse (Berlin): „Versuchsmodell 1“ (später „Z1“) – erster programmgesteuerter binärer Rechenautomat.
- 1938: Claude Elwood Shannon (MIT, Boston, USA) zeigt die Äquivalenz zwischen logischen Operationen und Relais-schaltungen.
- 1941: Konrad Zuse (Berlin): „Versuchsmodell 3“ (später „Z3“) – erster voll arbeitsfähiger programmgesteuerter universeller Rechenautomat der Welt.

- 1942: Helmut T. Schreyer (Berlin): Röhrenrechner-Versuchsmodell.
- 1944: Howard H. Aiken (Universität Harvard, Cambridge, USA) und IBM: „Harvard Mark I“ / IBM ASCC – erster amerikanischer vollautomatischer Computer (Relaistechnik, dezimale Zahlendarstellung, nur beschränkt programmierbar).
- 1945: George R. Stibitz (BTL, Murray Hill, New Jersey): „Bell Model IV“ – Universalrechner mit 100%iger Fehlererkennung (Relaistechnik, dezimale Zahlendarstellung).
- 1945: Konrad Zuse (Göttingen): „Versuchsmo- dell 4“ (später „Z4“) – binäre universelle Parallel- maschine (Relaistechnik, erstmals mit Unterprogrammen).
- 1946: J. Presper Eckert und John W. Mauchly (Moore School, Philadelphia, USA): „ENIAC“ – erster Großrechner in Röhrentechnik, (dezimale Zahlendarstellung, durch manuell gestecktes Programm gesteuert).
- 1946: Heinz Billing (Göttingen) entwickelt einen elektronischen digitalen Magnettrommelspei- cher.
- 1948: Claude Elwood Shannon (MIT, Boston, USA): Schöpfung der Informationstheorie; Ein- führung des Begriffs „Bit“.
- 1949: Frederic C. Williams, Tom Kilburn (Man- chester University): „Manchester Mark I“ – kleine experimentelle binäre Serienmaschine in Röhrentechnik mit Magnettrommelspeicher, erstmals mit Index-Registern; erster Rechner mit intern gespeichertem Programm.
- 1952: John v. Neumann, Herman H. Goldstine (IAS, Princeton University, USA): binäre Paral- lelmachine mit intern gespeichertem Pro- gramm „IAS“.

4.3 Die Grundlagen

4.3.1 Das binäre Zahlensystem

1679 veröffentlichte Gottfried Wilhelm Leibniz seinen Text „De Progressione Dyadica“, in dem er Dualzahlen beschreibt und die Art und Weise, damit zu rechnen. Leibniz beginnt seine Abhandlung mit der Auflistung der Dualzahlen:

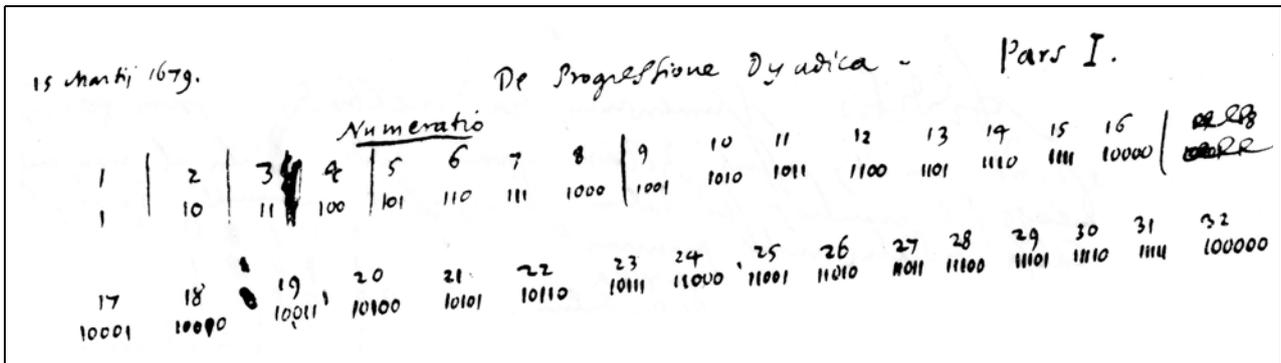


Abb. 1: Der Beginn des Textes „De Progressione Dyadica“: Auflistung der ersten 32 Dualzahlen

Beispielhaft für die Zahl 88 (1011000 in dualer Notation) gibt er die Formel an:

Abb. 2: Dualzahl 1011000

Verallgemeinert beschreibt man in jüngerer Zeit den Sachverhalt mit der Formel

$$a_k \cdot 2^k + \dots + a_3 \cdot 2^3 + a_2 \cdot 2^2 + a_1 \cdot 2^1 + a_0 \cdot 2^0 = \sum_{n=0}^k a_n \cdot 2^n$$

Abb. 3: Allgemeine Darstellung einer ganzzahligen Dualzahl

für eine ganzzahlige Dualzahl mit k Stellen, wobei a_n den Wert 0 oder 1 annehmen kann.

Abb. 4 zeigt Leibniz' Beispiel für die schriftliche Addition der beiden Dualzahlen 10110 (dezimal 22) und 11011 (dezimal 27):

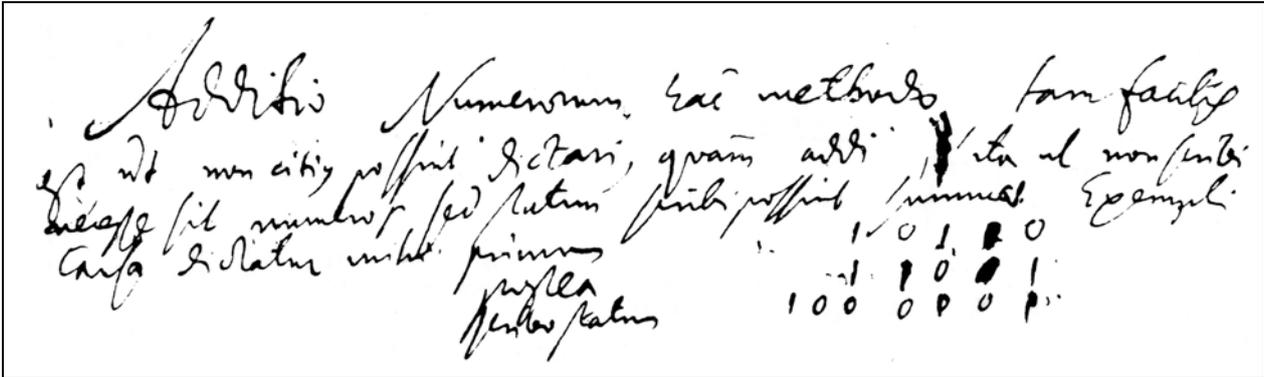


Abb. 4: Leibniz' Additionsbeispiel: $22 + 27 = 65$ (?) in binärer Schreibweise

Der voranstehende Text lautet: „Das Addieren von Zahlen ist bei dieser Methode so leicht, daß diese nicht schneller diktiert als addiert werden können, so daß man die Zahlen gar nicht zu schreiben braucht, sondern sofort die Summen schreiben kann. Zum Beispiel diktiert man zunächst als erstes: 10110, danach 11011. Ich schreibe sofort 1000001“.

Leider war der Meister beim Aufschreiben der Rechnung mit den Gedanken schon weiter – er verrechnete sich. Das Ergebnis lautet korrekt „110001“ (dezimal 49).

Abb. 5 zeigt die schriftliche Multiplikation von Dualzahlen bei Leibniz:

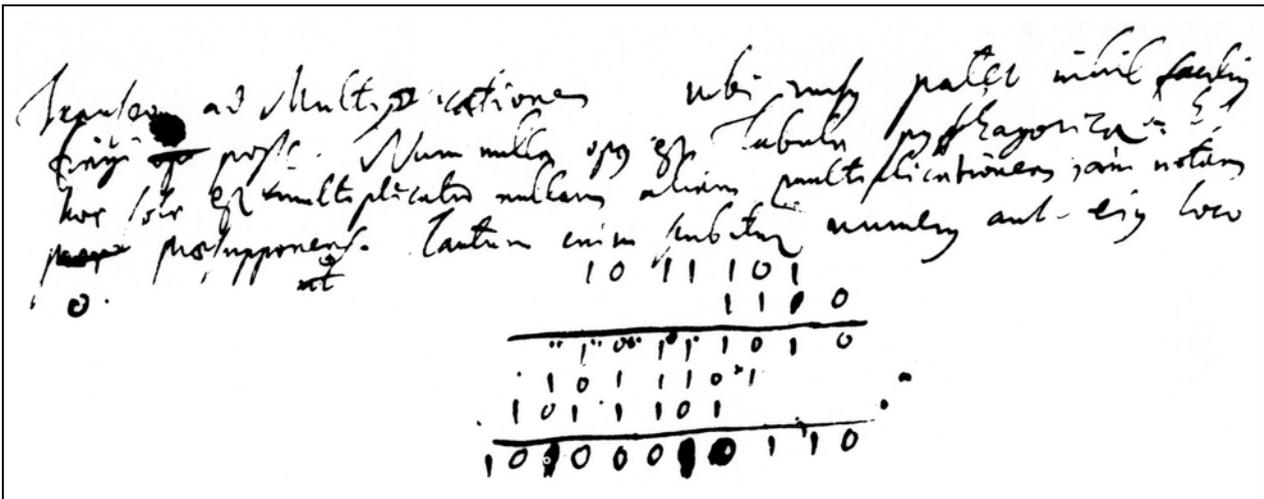


Abb. 5: Leibniz' Multiplikationsbeispiel $93 * 14 = 1302$ in binärer Schreibweise.

Die Rechnung lautet:

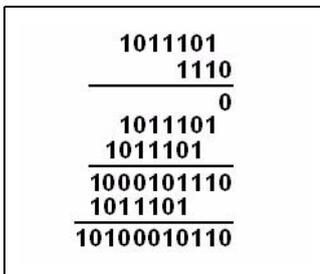


Abb. 6: Binäre Multiplikation der Zahlen 93 und 14 – für Ungeübte mit Zwischenergebnis

Der zugehörige Text lautet: „Ich gehe nun zur Multiplikation über. Hier ist es wiederum klar, daß man sich nichts leichteres vorstellen kann. Denn man braucht keine Pythagoreische Tafel und diese Multiplikation ist die einzige, die keine andere als bekannt voraussetzt. Man schreibt nämlich nur die Zahl oder an ihrer Stelle „0“.

4.3.2 Aussagenlogik und Schaltalgebra

Der Gedanke, mit Aussagen zu operieren wie mit abstrakten mathematischen Symbolen, geht auf Leibniz zurück. Der englische Mathematiker George Boole hat die zweiwertige Aussagenlogik erstmals so formalisiert und auf ein mathematisches Funda-

ment gestellt, dass sie im 20. Jahrhundert als Schaltalgebra Grundlage für die Automatisierungstechnik und den Computer werden konnte.

Die Aussagenlogik kennt die Werte „wahr“ (auch „ja“ bzw. in der Schaltalgebra „1“) und „falsch“ (oder „unwahr“, auch „nein“ bzw. in der Schaltalgebra „0“) und die grundlegenden Operationen „Identität“, „Konjunktion“ (Boolesches Produkt: UND), „Disjunktion“ (Boolesche Summe: ODER) und „Negation“ (NICHT). Insgesamt sind bei der Verknüpfung von zwei Variablen 16 Möglichkeiten gegeben, von denen „... GLEICH ...“ (Äquivalenz), „ENTWEDER ... ODER ...“ (Antivalenz oder exklusives ODER) und „WENN ... DANN ...“ (Implikation) als sinnvolle Verknüpfungen für Aussagen einleuchten.

Der Operator zur Konjunktion wird in Formeln als „ \wedge “, „oder“ „*“ dargestellt, der Operator zur Disjunktion „ \vee “, „+“ oder „&“, der Operator zur Negation durch ein vorangestelltes „ \neg “, einem Strich über dem Wert („ $\bar{}$ “) oder ein Apostroph an dem Wert (z. B. A' für „nicht A“). Ist eine Aussage falsch, hat sie den Wert „0“, ist sie wahr, hat sie den Wert „1“.

Die grundlegenden Formeln der Aussagenlogik lauten:

- Konjunktion: $C = A * B$
(C ist wahr, wenn sowohl A als auch B wahr sind)
- Disjunktion: $C = A + B$
(C ist wahr, wenn A oder B oder beides wahr ist)
- Negation: $C = \neg A$
(C ist wahr, wenn A nicht wahr ist)
- Es gibt ein Null- und ein Eins-Element mit $A + 0 = A$, $A + 1 = 1$, $A * 0 = 0$, $A * 1 = A$
- Für das Komplement gilt:
 $A + \neg A = 1$ und $A * \neg A = 0$
- Für die Umwandlung von Formeln der Aussagenlogik gilt das Dualitätsprinzip:
 $\neg(\neg A * B) = A + \neg B$, d. h. man vertauscht die Operatoren „*“ und „+“, die Werte „0“ und „1“ und ersetzt jede Variable durch ihr Komplement, wenn man einen Ausdruck negiert.

Beim Notieren der Formeln wird wie in der Algebra das „Mal“-Zeichen („*“) meist weggelassen. Es gelten das Kommutativgesetz $AB = BA$ und $A + B = B + A$ sowie das Distributivgesetz $A(B + C) = AB + AC$ und $A + BC = (A + B)(A + C)$. Klammern werden verwendet, weil „Punktrechnung vor Strichrechnung geht“.

Die Schaltalgebra wurde Anfang des 20. Jahrhunderts technisch umgesetzt und zwar mit Hilfe des elektromagnetischen Relais als Schalter.

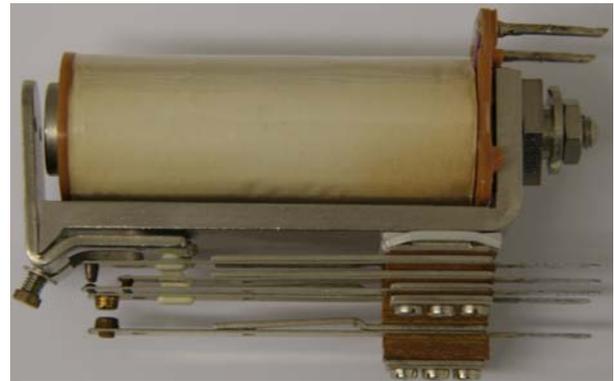


Abb. 7: Ein elektromagnetisches Relais mit einem Umschaltkontakt und einem Schließer

Ein elektromagnetisches Relais arbeitet so, dass eine stromdurchflossene (Eingangssignal „1“) Spule durch einen eisernen Kern ein Magnetfeld erzeugt, welches einen Anker anzieht. Die mechanisch mit dem Anker verbundenen Arbeitskontakte („Schließer“, a_1 in Abb. 8) werden geschlossen und können damit einen Strom leiten (Ruhezustand „0“ wechselt nach „1“) und die sogenannten Ruhekontakte („Öffner“, a_2 in Abb. 8) werden dabei geöffnet (Zustand „1“ geht nach „0“ über). Vielfach haben Relais auch Umschaltkontakte („Wechsler“, a_3 in Abb. 42).

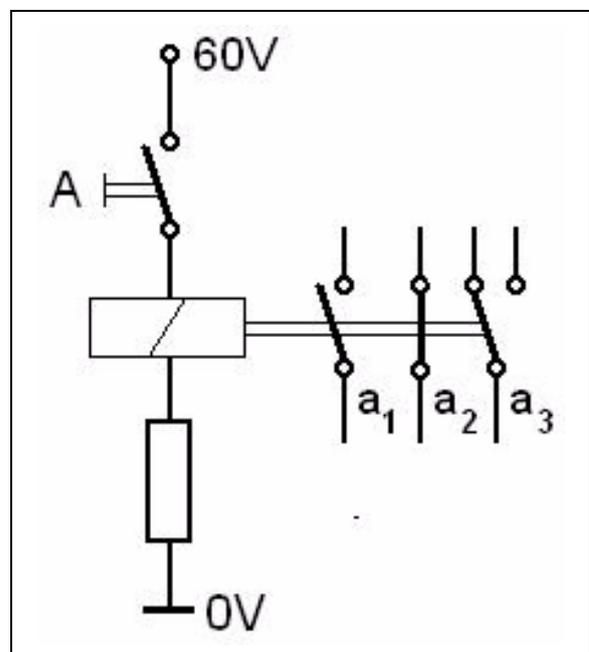


Abb. 8: Relais mit Schließkontakt, Öffnungskontakt und Umschaltkontakt

Der Begriff Schaltalgebra wird verständlich, wenn man sich vor Augen führt, dass in der Automatisierungstechnik technische Schaltvorgänge gewöhn-

lich an eine Reihe von Bedingungen gebunden sind, die vor dem Schalten erfüllt sein müssen. So wird z. B. der Motor zum Ausfahren eines Sonnenschutzes über der Veranda eingeschaltet, wenn

$$M = \neg Z * (S_A + S_I + A * S) * \neg R$$

wobei

S_A = Außenschalter betätigt

S_I = Innenschalter betätigt

A = „Automatik“ eingestellt

S = Sonnensensor meldet Sonnenschein

R = Regensensor meldet Regen

Z = Markise ist ausgefahren

M = Motor ist eingeschaltet

Der Motor wird also eingeschaltet, wenn „die Markise noch nicht ausgefahren ist“ und „wenn der Schalter innen“ oder „der Schalter außen betätigt wird“ oder „die Anlage auf Automatik gestellt ist“ und „der Sonnensensor Sonnenschein meldet“ und es nicht regnet: Bei Automatik und Sonnenschein wird die Formel zu

$$M = 1 * (S_A + S_I + 1 * 1) * 1$$

$$= (S_A + S_I + 1) = 1.$$

Ist der Sonnenschutz voll ausgefahren, betätigt er den Endkontakt, die Größe „Z“ wird „wahr („1“) und damit „¬Z“ unwahr („0“) und der Motor wird abgeschaltet, denn $M = 0 * (S_A + S_I + A * S) * \neg R = 0$.

In der Formel müssen Klammern gesetzt werden, denn UND geht vor ODER (so wie in der Algebra Punktrechnung vor Strichrechnung geht).

Die in Relais-technik realisierte Schaltung würde so aussehen:

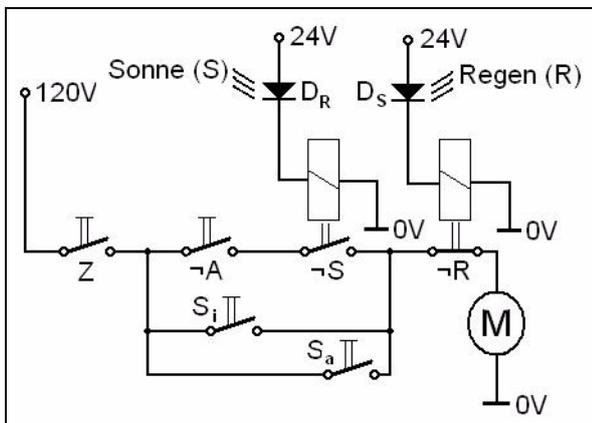


Abb. 9: Schaltung zur Steuerung des Motors einer Markise

4.3.3 Zuses Theoriegebäude

Ohne Kenntnis der oben erwähnten Grundlagen entwickelte Konrad Zuse zu Beginn seiner Arbeiten am Versuchsmodell 1 eine „Bedingungskombinatorik“ und fasste diese anfangs als praktische Konstruktionshilfe entwickelten Regeln 1938 in einem Manuskript „Einführung in die Dyadik, Vorarbeiten zur Schaltungsmathematik“ zusammen. Erst anschließend wurde er auf die Arbeiten anderer zu dieser Thematik aufmerksam, z. B. auf die 1928 erschienenen „Grundzüge der theoretischen Logik“ von David Hilbert¹. Die Beschäftigung mit diesem mathematisch ausgearbeiteten Formalismus erwies sich vor allem bei den extrem komplizierten Schaltungen für die arithmetischen Operationen mit Zahlen in halblogarithmischer Darstellung als notwendig. Der Entwurf der Addierwerke mit der Bedingungskombinatorik und mathematischen Logik bestärkte Zuse in dem weitreichenden Gedanken, „grundsätzlich alle Angaben“ in Ja-Nein-Werte aufzulösen. So wie er hier in den geistigen Fußstapfen Leibniz' wandelt, ähneln sich wohl auch die Gedankengänge bei dem Unterfangen, das komplizierte Zusammenwirken von Bedingungen und Fallunterscheidungen beim Entwurf aller Komponenten seiner Rechenmaschinen, insbesondere der Steuerungseinrichtungen, mit der mathematischen Logik zu formalisieren.

Zuses gedankliche Höhenflüge gipfelten in dem Ziel der Entwicklung einer universellen Sprache, in der man sich mit dem aus der programmierbaren Rechenmaschine erwachsenden künstlichen Gehirn würde unterhalten können.

4.4 Zuses Lebenslauf

4.4.1 Der Weg zum Erfinder: 1910-1935

Konrad Zuse wurde am 22. Juni 1910 in Berlin geboren. Seine Mutter Maria und sein Vater Emil hatten bereits die zwei Jahre alte Tochter Liselotte. Als Konrad zwei Jahre alt war, zog die Familie ins ostpreußische Braunsberg um, wo der Vater als mittlerer Postbeamter arbeitete. Als Konrad in der 11. Klasse des Gymnasiums war, bekam der Vater eine Stellung als Oberpostmeister in Hoyerswerda. Hier machte Konrad 1927 sein Abitur.

An der Technischen Hochschule Berlin-Charlottenburg begann er ein Maschinenbaustudium, sattelte aber nach Kurzem um auf Architektur und dann auf Bauingenieurwesen.

1. Der Mathematiker David Hilbert wurde 1862 in Königsberg geboren, war ab 1895 Professor in Göttingen, wo er 1943 starb.

Während des Bauingenieurstudiums wurde Zuse mit umfangreichen statischen Berechnungen konfrontiert, die schematisch abgearbeitet werden konnten. Die von Ingenieuren auf Formularen abgelegten Rechenschemata beruhten auf einer Zergliederung der mathematischen Aufgabe in ihre elementarsten Rechenschritte, die mit mechanischen Tischrechenmaschinen ausgeführt wurden. Die Zahlenrechnungen wurden von wenig qualifizierten „Rechenknechten“ oder Rechnerinnen (in den USA nannte man sie „Computer“) mit Tischrechenmaschinen immer wieder von neuem für wechselnde Zahlenwerte mit demselben vervielfältigten Formular ausgeführt. Eine Kontrolle bestand darin, dass zwei Rechnerinnen parallel und unabhängig voneinander die Rechnung oder auch nur Teile der Rechnung ausführten, wobei diese den Gesamtzusammenhang keinesfalls verstanden. Stimmt die Ergebnisse überein, war die Rechnung mit großer Wahrscheinlichkeit richtig.

Zuses Überlegungen zur Verbesserung solcher Rechenschemata führten zu immer konkreteren Vorstellungen von einer automatischen programmgesteuerten Rechenmaschine.

4.4.2 Versuchsmodelle und kriegswichtiges Gerät (1935-1945)

Versuchsmodell 1 (V1/Z1)

1934 begann Konrad Zuse, sich mit der Entwicklung einer programmgesteuerten Rechenmaschine zu befassen. Sein Versuchsgerät 1 baute er in der elterlichen Wohnung in Berlin-Kreuzberg (zuerst in der Wrangelstraße 38, ab 1936 in der Methfesselstraße 10) auf. Studienkameraden und seine Schwester unterstützten ihn mit Geldzuwendungen, andere Studienfreunde und sein Vater (nach dessen Pensionierung 1936) halfen bei der Arbeit. Die Mutter sorgte für das leibliche Wohl Aller. Sein Examen als Bauingenieur an der Technischen Hochschule Berlin-Charlottenburg machte Konrad 1935. Es folgte ein Jahr berufliche Tätigkeit als Statiker bei den Henschel-Flugzeugwerken in Berlin-Schönefeld.

Gleich zu Beginn der Rechnerkonstruktion aus Blechen und Stiften meinte sein Freund Helmut Schreyer, der Elektrotechnik studierte: „Das mußt Du mit Elektronenröhren machen.“ Aber eine überschlägige Rechnung zeigte Zuse, dass der Aufbau eines Rechners aus Elektronenröhren (oder auch Relais) wegen der zu erwartenden Größe der

Rechenanlage, aber auch wegen der damals unmöglichen Materialbeschaffung nicht realisierbar war. Ein mit Röhren ausgeführter Rechner müsste etwa 2.000 Röhren haben. Auch der zu erwartende Stromverbrauch machte ein solches Vorhaben unrealistisch. Mit Schreyer experimentierte Zuse aber nebenbei weiterhin mit elektronischen Digital-schaltungen für ein Rechenwerk.

Am 31. Mai 1936 gab Konrad Zuse seine Stellung bei Henschel auf und widmete sich voll seinem „Versuchsmodell 1“ in mechanischer Schaltgliedtechnik.

Er begann mit dem Speicherwerk. Es bestand aus Zellen, von denen jede der Speicherung einer Reihe von einzelnen Ja-Nein-Werten dient. Es bot sich eine matrixförmige Anordnung der einzelnen Speicherelemente an, wobei die Zeilen je einer Zahl und die Spalten je einer Binärstelle zugeordnet sind.

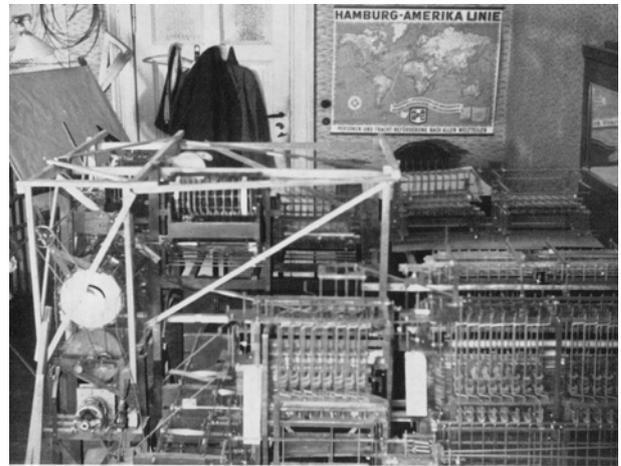


Abb. 10: Bau der V1 im Wohnzimmer der Familie Zuse

„Das Ergebnis dieser Überlegungen war eine aus gestanzten Blechen aufgebaute Konstruktion. Die Bleche haben Ausschnitte, in welche senkrecht zur Ebene stehende Stahlstifte spielen. Deren Aufgabe ist die Führung und Verknüpfung der einzelnen Glieder. Das Ganze kann sehr schön zwischen zwei Glasplatten untergebracht werden. Auf diese Weise ist es auch möglich, mehrere solcher Schichten übereinander unterzubringen. Das Speicherelement selbst reduziert sich ebenfalls auf einen einfachen Stahlstift, der in einem Blechausschnitt entweder links oder rechts von einer Nase liegt.“¹

1. Absatz zitiert aus: Konrad Zuse: „Der Computer mein Lebenswerk“

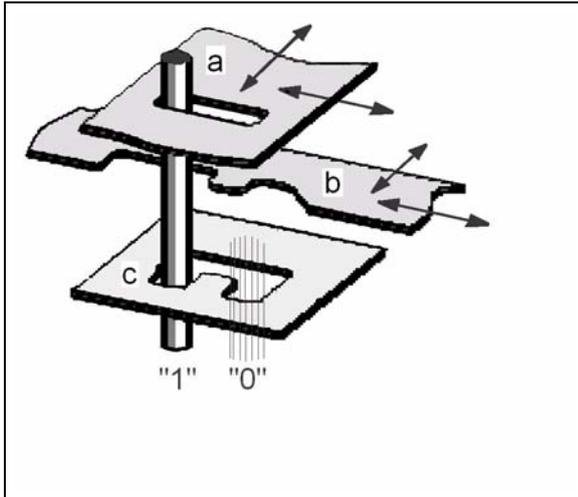


Abb. 11: Mechanische Speicherzelle für ein Bit

Abb. 11 zeigt ein Speicherglied zum Speichern eines Bits. Befindet sich der Schaltstift, wie in der Abbildung gezeigt, links von der Schaltnase des Festbleches c, ist eine „1“ gespeichert. Die Bleche a und b fungieren je nach Situation als Steuer-, bewegendes oder bewegtes Blech.

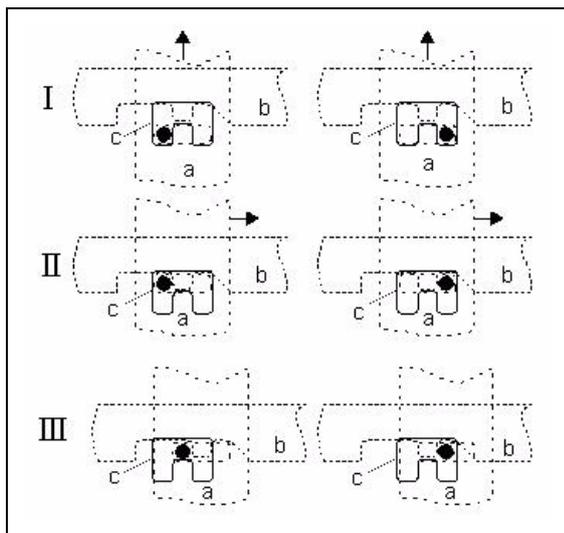


Abb. 12: Zwei Bit werden aus dem Speicher gelesen¹

Abb. 12 zeigt die einzelnen Zustände (I bis III) beim Lesevorgang für zwei Speicherglieder. Das linke Element speichert eine „1“, das rechte eine „0“.

1. Skizzen aus Zuses Patentanmeldung vom 18.09.1952 (erteilt am 18.02.1954)

Festblech c ist nur der Ausschnitt – als durchgezogene Linie – gezeichnet. Die Pfeile zeigen die jeweilige Bewegungsrichtung für den Übergang von einem zum nächsten Zustand.

- I. Grundstellung: Links ist eine binäre „1“ gespeichert, rechts eine „0“. Mit dem bewegenden Blech (Steuerblech) a wird der Schaltstift in eine freie Position gezogen.
- II. Der Schaltstift ist nun in einer Lage, wo er von Blech a sowohl in x- als auch in y-Richtung bewegt werden kann.
- II. Befindet sich der Schaltstift in linker Position („1“ gespeichert), wird er durch das bewegende Blech a nach rechts verschoben. Durch Kopplung über den Schaltstift (er nimmt die kleine Nase zwischen den beiden Aussparungen mit) wird auch Blech b nach rechts verschoben: Die „1“ kann ausgelesen werden. Befindet sich der Schaltstift hingegen in rechter Position („0“ gespeichert), wirkt sich die Bewegung von Blech a weder auf den Schaltstift noch auf Blech b aus, und letzteres bleibt in der Ruhestellung.

Rechenoperationen lassen sich grundlegend auf die logischen Verknüpfungen UND und ODER zurückführen, wie das Beispiel einer Addition der beiden Dualzahlen 1100 (dezimal 12) und 1010 (dezimal 10) zeigt:

	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
A =	1	1	0	0	
B =	1	0	1	0	
C =	1	0	1	1	0

Abb. 12a: Dualzahlen-Addition

Um das Ergebnis für die Stellen 2^0 bis 2^3 zu erhalten, benötigt man die logische Verknüpfung „ENTWEDER ... ODER“ (das Ergebnis C ist nur dann „1“, wenn entweder A oder B „1“ ist), und den Übertrag gewinnt man mit der Verknüpfung „UND“ (das Ergebnis C ist nur dann „1“, wenn sowohl A als auch B „1“ sind). Für das Ergebnis der einzelnen Stellen gilt die Formel:

$$C = A * \neg B + \neg A * B$$

und für den Übertrag gilt die Formel

$$U = A * B$$

Abb. 13 zeigt am Beispiel der UND-Verknüpfung die Realisierung der logischen Funktionen mit mechanischen Schaltgliedern:

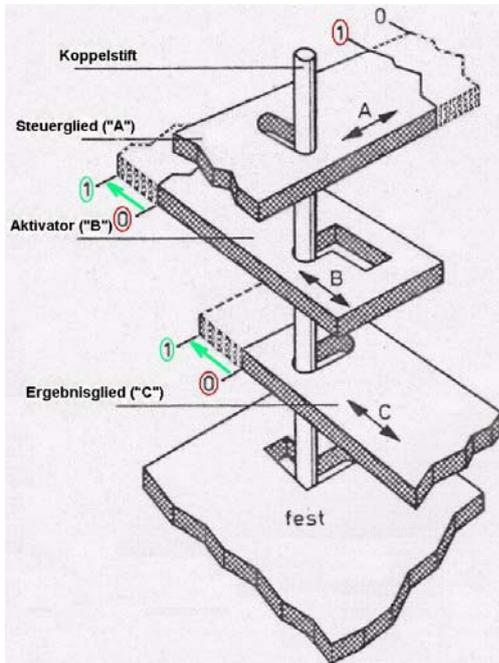


Abb. 13: UND-Verknüpfung in mechanischer Schaltgliedertechnik; die rote Markierung zeigt den Wert der Variablen im gezeichneten Zustand

Der in der Zeichnung gegebene Zustand lässt erkennen, dass,

- wenn das Blech A nach „0“ gezogen wird, der Koppelstift im festen Grundblech in eine Lage geführt wird, die verhindert, dass C in den Zustand „1“ gelangen kann – egal, ob der Aktivator „B“ in Stellung „0“ verharrt oder nach „1“ gerät;
- wenn B in Position „0“ verbleibt, auch das Ergebnisglied C in Position „0“ bleiben muss, egal, ob A in Stellung „0“ oder „1“ ist;
- ist jedoch das Steuerglied A in Stellung „1“, so nimmt Blech B über den Koppelstift Blech C nach „1“ mit, wenn es nach „1“ gezogen wird (grüne Kennzeichnung) – nur wenn A auf „1“ steht, kann ein Verschieben von B auf „1“ auch C nach „1“ mitnehmen.

„Damit war eine Konstruktion von zunächst bestehend erscheinender Einfachheit gefunden. Ein Speicherwerk mit 1000 Zellen konnte auf einem Raum von weniger als einem halben Kubikmeter untergebracht werden. Das war mit Relais nicht zu erreichen, denn ein Relaispeicher mit 1000 Zellen hätte etwa 40000 Relais erfordert, die einen ganzen Saal gefüllt hätten.“¹

Es entstand ein Rechengert mit folgenden Merkmalen:

- Billige, platzsparende, rein mechanische Schaltgliedertechnik
- Volltastatur zur Zahleneingabe (je vier Dezimalziffern für Mantisse und Exponent, Kommastellung)
- Leitwerk mit 86 Bedienungsgliedern für arithmetische Operationen
- Wortlänge: 24 Bits, Gleitkommadarstellung: 16 Bit Mantisse, 7 Bit Exponent und Vorzeichenbit
- Befehlslänge: 8 Bit
- Programmsteuerung des Leitwerks vom Lochstreifen (8-Bit-Code auf 35-mm-Kinofilmstreifen)
- Speicherwerk für 16 Zahlen à 24 Bit
- Duales Wählwerk zur programmgesteuerten Auswahl der Speicherzellen
- Rechenwerk für Mantissen-Zahlen
- Rechenwerk für Exponent-Zahlen
- Multiplikationssteuerung
- Operandenregister
- Sowohl Eingabe als auch Ausgabe mit automatischer Umwandlung vom dezimalen zum dualen System
- Antrieb: Alle Baugruppen erhalten ihren Arbeitstakt von Nockenscheiben einer Hauptsteuerwelle als gemeinsamen Impulsgeber.
- Taktfrequenz: 1 Hz

Das Versuchsmodell 1 war 1937 fertig gestellt. Wegen der Unvollkommenheit der mechanischen Teile infolge der primitiven Herstellungsweise war V1 nicht voll funktionsfähig und taugte nicht zur Ausführung längerer Programme.

Im Jahr 1983 begann Konrad Zuse die Rekonstruktion der Z1 aus dem Gedächtnis. Beim Nachbau von 1986 bis 1989 in Zuses Atelier in Hünfeld für das Museum für Verkehr und Technik in Berlin waren zwei Studierende, Ursula Schweier und Dietmar Saupe, seine Mitarbeiter. Der Rechner bekam nun die ursprünglich geplante Speicherkapazität von 64 Gleitkommazahlen. Die Teile wurden mit Unterstützung der Siemens AG maschinell gefertigt und der Nachbau ist voll funktionstüchtig.

1. Absatz zitiert aus: Konrad Zuse: „Der Computer mein Lebenswerk“



Abb. 14: Konrad Zuse, Ursula Schweier und Dietmar Saupe an dem fast fertig gestellten Nachbau der Z1¹

Der Nachbau der Z1 ist im Deutschen Technikmuseum in Berlin-Kreuzberg zu besichtigen (Abb. 14 bis 16).



Abb. 15: Nachbau der Z1 im Technikmuseum Berlin

Einen genaueren Blick auf die mechanische Schaltgliedtechnik bietet Abb. 16:



Abb. 16: Die Speichersteuerung (links) und die Speicherblöcke (rechts)

Versuchsmodell 2 (V2/Z2)

Da Konrad Zuse sich in der Erprobungsphase verschiedener Techniken sah, machte er nun den Schritt zur Relais-technik. Der Speicher des V1 hatte sich als ausreichend funktionstüchtig erwiesen – so ging er nun daran, das Rechenwerk durch Relais-technik zu ersetzen.

Bei der Suche nach einem Finanzier hatte Zuse Erfolg bei Kurt Pannke, einem Fabrikanten für Artillerierechner. Dieser stellte ihm einen Kredit von rund 7.000 Reichsmark zur Verfügung.

Da fabrikneue Relais zu teuer waren, wurden bei einem Altwarenhändler Fernsprechaltsrelais und einige Drehwähler gekauft. Nachdem diese gereinigt und justiert waren, ließen sie sich problemlos zu einem verblüffend schnell und betriebssicher arbeitenden Rechenwerk zusammenbauen.

Technische Daten des V2:

- 200 Relais im Rechenwerk
- Wortlänge: 16 Bit, Festkomma
- Befehlslänge: 8 Bit
- Steuerung über 8-Kanal-Kinofilmstreifen
- Speicherwerk der Z1, Kapazität: 16 Zahlen à 16 Bit
- Resultatanzeige: Dual über Fallklappen und Lampenstreifen, einschließlich Lage des Kommas
- Taktfrequenz: 3 Hz

Die Speicherung eines Bits kann mit der Selbsthaltungschaltung eines Relais realisiert werden: Wenn das Relais mit einem Impuls erregt wird (Taster „Setzen“ betätigen), schließt es einen Kontakt (a_1), der es weiterhin mit Strom versorgt. Ein weiterer Schließer (a_2) kann eine Lampe versorgen, die den Zustand „1“ anzeigt. Wird dieser Selbsthaltestromkreis kurz unterbrochen (Taster „Löschen“), fällt das Relais wieder ab und ist im Zustand „0“.

1. © Deutsches Technikmuseum, Berlin

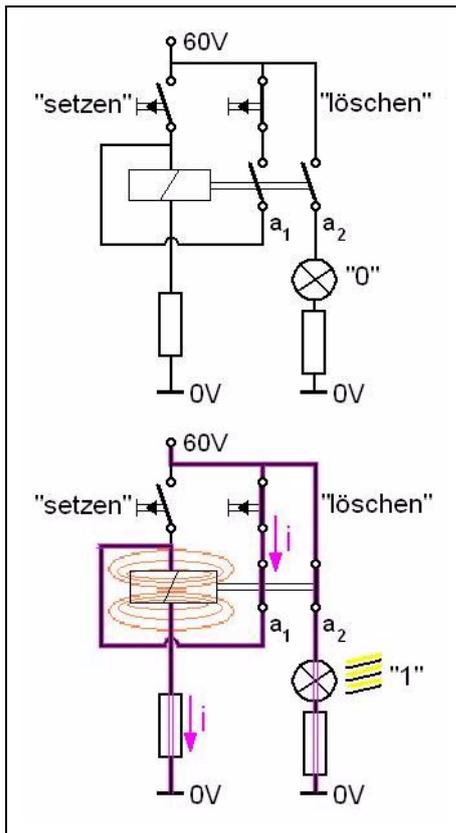


Abb. 17: Speicherung eines Bits mit Relais mittels Selbsthaltekontakt

Für das Addieren zweier Dualzahlen mit einer Relaischaltung sei auf das Beispiel im vorigen Abschnitt verwiesen. Man nennt eine Schaltung, mit der man zwei Dualziffern A und B addieren kann, wobei ein Übertrag in die nächsthöhere Binärstelle (U_n) entstehen kann, einen Halbaddierer. Eine Additionsschaltung muss aber auch als Eingangsgröße einen eventuellen Übertrag aus der wertniederen Binärstelle (U_{n-1}) berücksichtigen. Dies führt zum Volladdierer. Wie man aus der Tabelle in Abb. 18 entnehmen kann, lauten die Formeln für die Binärstelle n eines Volladdierers:

Zwischensumme:

$$C_n = A_n * \neg B_n + \neg A_n * B_n$$

Summe:

$$S_n = \neg C_n * U_{n-1} + C_n * \neg U_{n-1}$$

und Übertrag:

$$U_n = A_n * B_n + C_n * U_{n-1}$$

U_{n-1}	A_n	B_n	C_n	S_n	U_n
0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	1	0
0	1	0	1	1	0
0	1	1	0	0	1
1	0	0	0	0	1
1	0	1	1	0	1
1	1	0	1	0	1
1	1	1	0	1	1

Abb. 18: Wertetabelle für die Binärstelle n eines Volladdierers

Die erforderliche Schaltung in Relaischnik sieht wie folgt aus:

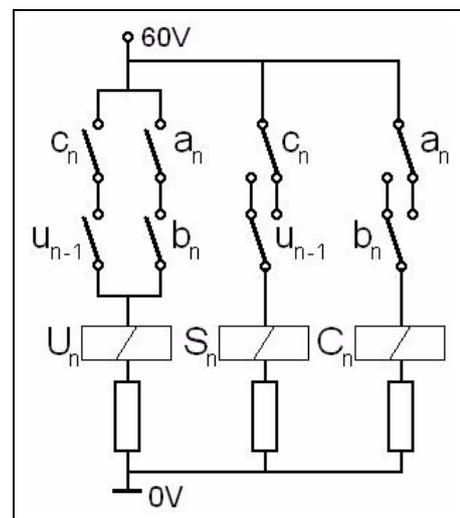


Abb. 19: Volladdierer in Relaischnik

Leider ist eine brauchbare Schaltung etwas komplizierter als die in Abb. 19 wiedergegebene Standard-schaltung, denn es ist bei einer größeren Wortlänge nicht ohne weiteres möglich, in allen Binärstellen den Übertrag simultan weiterzugeben. (Die Relais haben Ansprechzeiten von 6 bis 10 msec und das Ergebnis einer Binärstelle ist erst dann korrekt, wenn der Übertrag aus der nächstniedrigeren Stelle eingeflossen ist.)

Für die Fertigstellung des kleinen Testmodells V2 warb Zuse um Unterstützung durch die Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt (DVL), die in Berlin-Adlershof ansässig war.

Das Versuchsmodell 2 war im April 1939 fertig gestellt. Durch glückliche Fügung gelang es, das Gerät bei einer Besichtigung durch leitende Mitarbeiter der DVL einwandfrei arbeitend vorzuführen, obwohl der Rechner aufgrund der verwendeten gebrauchten Telefonrelais, die Zuse auch noch fehlerhaft umgebaut hatte, kaum funktionierte. Es wurde mit der DVL ein Vertrag zur Teilfinanzierung des Versuchsmodells 3 geschlossen.

Am 26. August 1939, bereits einige Tage vor Kriegsausbruch, wurde Konrad Zuse zur Infanterie eingezogen. Jedoch gelang eine Freistellung zum März 1940 dadurch, dass er wieder als Statiker bei der Henschel-Flugzeugwerke AG beschäftigt wurde – anfangs voll, seit September 1941 nur noch für eineinhalb Tage in der Woche. Bei Henschel leitete er die Gruppe „Statik“, die in der „Sonderabteilung F“ sämtliche Festigkeitsversuche für die als „F-Geräte“ bezeichneten ferngesteuerten Bomben durchführte.

Im April 1941 gründete Konrad Zuse die „Dipl.-Ing. K. Zuse Ingenieurbüro und Apparatebau“ mit einer Werkstatt in einer angemieteten Parterrewohnung in der Methfesselstraße 7. Bis 1944 wuchs die Firma auf etwa 20 Mitarbeiter – zum Teil von den Henschel-Flugzeugwerken zur Verfügung gestellt – an. Schon dabei waren seine baldige Ehefrau Gisela Brandes und sein späterer Firmenteilhaber (ZUSE KG ab 1949), der Student der Fernmelde-technik Alfred Eckhard.

Versuchsmodell 3 (V3/Z3)

Auch das Versuchsmodell 3 wurde vorwiegend aus Altmaterial gebaut. Es war mit seiner verhältnismäßig kleinen Ausgestaltung wiederum nur dafür gedacht, das Prinzip zu zeigen und die Programmsteuerung zu erproben.

Technische Daten des V3:

- 600 Relais im Rechenwerk
- Zehn Schrittschalter
- Wortlänge: 22 Bits, Gleitkommadarstellung: 14 Bit Mantisse, 7 Bit Exponent und Vorzeichenbit
- Befehlslänge: 8 Bit
- Zwei Register à 22 Bits
- Datenbus, 22 Bits breit
- Befehl für Quadratwurzel (neben den Grundrechenarten)
- Steuerung über 8-Kanal-Kinofilmstreifen
- Speicherwerk mit 1.792 Relais, Kapazität: 64 Zahlen à 22 Bit
- Eingabe über Tastatur: vier Dezimalen mit Kommaeinstellung über einen Bereich von 20 Dezimalstellen
- Resultatanzeige: Lampenfeld: vier Dezimalen mit Komma-Anzeige
- Taktfrequenz: 5,33 Hz

- Rechengeschwindigkeit: Multiplikation, Division und Quadratwurzel je ca. 3 sec

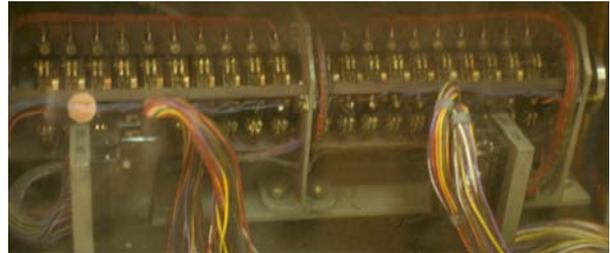


Abb. 20: Die Schaltwalze

Die zentrale Taktversorgung geschah über eine mit konstanter Geschwindigkeit drehende Schaltwalze mit leitenden und nichtleitenden Sektoren, an welchen durch Kohlebürsten zeitlich genau festgelegte Stromimpulse abgegriffen werden konnten. Hiermit wurden alle Schaltvorgänge getaktet. Zuse konnte die Maschine zur Fehlersuche beliebig langsam laufen lassen, indem er die Umdrehungsgeschwindigkeit der Schaltwalze verringerte.

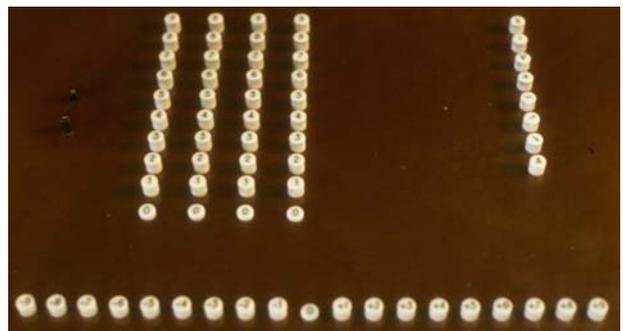


Abb. 21: Eingabetastatur der Z3

Das Versuchsmodell 3 wurde im Mai 1941 fertig und war verhältnismäßig betriebssicher. Am 12. Mai führte Konrad Zuse es Wissenschaftlern der DVL und der Henschel-Flugzeugwerke vor. V3 ist weltweit der erste funktionstüchtige, universelle, vollautomatische, frei programmierbare Rechner.

Die zur Programmsteuerung verwendeten Kinofilmstreifen hatte Konrad Zuse mit einem einfachen Handlocher perforiert. Ein selbstgebautes Lesegerät fühlte sie ab und übertrug die Befehle in den Rechner. Die damals schon in der Fernschreibtechnik gebräuchlichen 5-Spur-Lochstreifen-Lese- und -Stanzgeräte waren im Krieg nicht zu bekommen.

Mit einem Programm zur Berechnung einer komplexen Matrix konnte Zuse das Interesse der Flugzeugingenieure der DVL wecken, denn das Problem und die Berechnung des „Flatterns“ der Flügel von Flugzeugen (Verstärkung der Schwingungen der Flügel in der Eigenfrequenz durch den Luftstrom) bei kritischen Geschwindigkeiten war nur mit aufwändigen Berechnungen zu klären.

Pläne für eine nachfolgende Rechenmaschine waren schon im Werden, als Konrad Zuse im September 1941 zur Wehrmacht einberufen wurde. Nach einer Woche an der Ostfront wurde er jedoch für seine Tätigkeit als Statiker bei den Henschel-Flugzeugwerken „uk“ (= unabkömmlich) gestellt. Zuse konnte seine Tätigkeit in der Sonderabteilung F der Henschel-Flugzeugwerke Berlin-Schönefeld auf eine Teilzeittätigkeit reduzieren und seinen kleinen Betrieb weiter aufbauen. Dieser wurde im November 1942 in die Gewerberolle eingetragen und gehörte seit 1943 der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie an. Als Arbeitsgebiet war die Entwicklung und Musterfertigung von „kriegswichtigen Sondergeräten zur Aufstellung aerodynamischer und ballistischer Berechnungen“ angegeben. Für 1944 war die Umwandlung in eine Kommanditgesellschaft geplant.

Bei Bombenangriffen auf Berlin wurden im Dezember 1943 das Haus in der Methfesselstraße 10 und die in der Wohnung befindlichen Versuchsmodelle 1, 2 und 3 stark beschädigt und im Januar 1944 schließlich gänzlich zerstört.

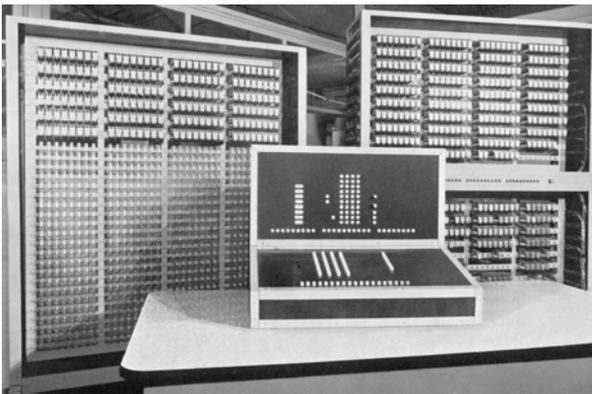


Abb. 22: Rekonstruktion der Z3

1960 bis 1961 wurde die Z3 – allerdings mit moderneren Relais – in der „ZUSE KG“ aus historischen Gründen für das deutsche Museum in München nachgebaut. Dort ist eine Rechenvorführung Bestandteil der Führungen durch die Informatik-Ausstellung. (Der Nachbau verfügt über nur 32 Worte Hauptspeicher.)

V4 (Z4, Teil 1)

Den Entwurf eines neuen, nun als „voll einsatzfähig“ (nicht mehr nur Versuchsmodell) bezeichneten „Rechengeräts“ mit mechanischem Speicher, Relaisrechenwerk und einer Genauigkeit von sechs bis sieben Stellen schickte Zuse an die DVL, die ihm im Dezember 1941 einen Kredit von 50.000 Reichsmark zur Verfügung stellte, der bis zum Jahresende 1949 zurückgezahlt werden sollte. Sie räumte sich ein Vorkaufs- und Vormietrecht auf die erste Maschine ein und behielt sich vor, die „interessier-

ten Stellen der deutschen Luftfahrt“ vertraulich über die Entwicklung zu informieren. Zuse, der seinen Privatbesitz als Pfand einbringen musste, wollte die fertige Maschine in einem eigenen Rechenbüro für Auftragsrechenarbeiten einsetzen.

Die Arbeit am V4, einer erweiterten Fortentwicklung des V3, begann im Juni 1942. Als Material verwendete Zuse Fernmelderelais aus dem Abfall der Telefonzentrale des OKW (Oberkommando der Wehrmacht), wo Freunde von ihm arbeiteten. Die Bleche wurden weiterhin mit der Hand gesägt und das Filmmaterial stammte aus Abfällen der Babelsberger Filmstudios. Die Arbeiten wurden durch den Bombenkrieg stark behindert, mehrmals wurde Zuses Betrieb beschädigt. Er musste mit dem Rechner dreimal umziehen, zuletzt in einen Keller in der Oranienstraße 6. Nach jedem Umzug musste die Maschine gereinigt und repariert werden.



Abb. 23: Blick auf die Relais der Z4

Im Juli 1943 beauftragte die Forschungsführung des Reichsministers der Luftfahrt und Oberbefehlshaber der Luftwaffe mit der Dringlichkeitsstufe SS (Sonderstufe) die Henschel-Flugzeugwerke mit der Entwicklung und Herstellung eines „Rechengerätes zur Durchführung algebraischer Rechnungen“. Diesen zum 31. Mai 1944 zu erfüllenden Auftrag gab die Firma an Zuse weiter, der das für die DVL begonnene V4 in Arbeit hatte. Zuses Kredit wurde von Henschel zurückgezahlt. Die fertiggestellte Maschine sollte dafür Henschel kostenlos zur Benutzung überlassen werden, wobei dies auch in einem Rechenbüro der Firma Zuse sein konnte.

Spezialgeräte für die Henschel-Flugzeugwerke

Parallel zur Entwicklung des V4 baute Zuse zur Verwendung in der Fertigung von ferngelenkten „fliegenden Bomben“ zwei Spezialgeräte:

Spezialgerät 1 (S1)

Um die aus Blech gebauten ferngesteuerten fliegenden Bomben (Typ Henschel Hs 293 Gleitbombe) flugtauglich zu machen, mussten sie in einer Messbrücke mit etwa 100 analog anzeigenden Messuhren vermessen werden. Für die umfangreichen Berechnungen, nach denen die nötigen Korrektoreinstellungen der Flügel und Leitwerke berechnet wurden, setzte man Tischrechenmaschinen ein, die aber den mechanischen Ansprüchen eines Zweischichtenbetriebs nicht gewachsen waren.

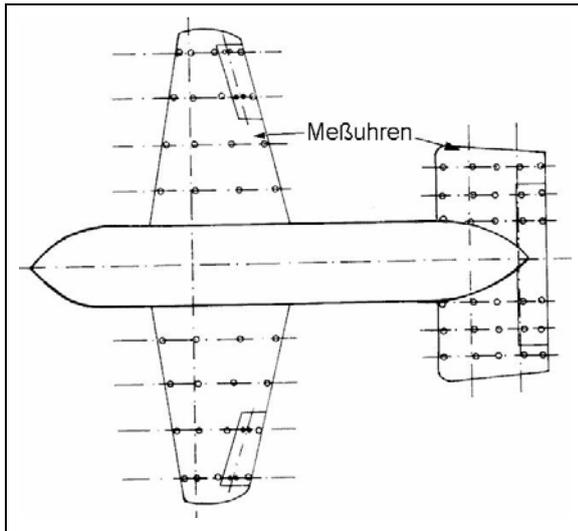


Abb. 24: Messuhren auf dem Blechgehäuse der Gleitbombe Hs293

Zuse konstruierte ein Spezialmodell zur Flügelvermessung, das diese Rechnungen automatisch durchführte.

Technische Daten des S1:

- ca. 600 Relais
- Wortlänge: 12 Bit, Festkomma
- Fest eingebaute, auf Schrittschaltern verdrahtete Programme
- Eingabe über Tastatur
- Resultatanzeige: Lampenfeld
- Taktfrequenz: 1 - 5 Hz

Der Rechner war von 1942 an Tag und Nacht in Betrieb, bis er 1944 durch Bomben zerstört wurde. Die Zuverlässigkeit der elektromechanischen Rechner war damit erstmals bewiesen. Die Gleitbomben wurden in großen Stückzahlen produziert, kamen aber kaum zum Einsatz.

Erster digitaler Prozessrechner: Spezialgerät 2 (S2)

Für ein zweites Spezialgerät („S2“) wurden besondere Messgeräte gebaut, bei denen die Positionen

der Messuhren schrittweise vom Rechner her abgetastet und per Schrittschalter als Binärzahlen in das Rechenwerk übertragen wurden. Mit seinen Analog/Digital-Wandlern war es der erste Prozessrechner der Welt. Es wurden Ungenauigkeiten der Flügel und des Leitwerks gemessen, worauf durch ein umfangreiches, fest verdrahtetes Rechenprogramm die erforderlichen Korrekturen an den Einstellungen des Leitwerks ermittelt werden konnten.

S2 war Teil einer Montagestraße für ferngesteuerte fliegende Bomben in einem ausgelagerten Betrieb der Henschel-Flugzeugwerke in Warnsdorf im damaligen Sudetenland. Von diesem Gerät blieben nur die Schaltzeichnungen erhalten. Es war ein einziges Mal gelaufen, bevor es bei der Demontage des Werkes verloren ging.

V4 (Z4, Teil 2)

Ein weiterer Kriegsauftrag vom August 1944 an Zuses Ingenieurbüro war ein „Planfertigungsgerät“ zur automatischen Herstellung von „Rechenplänen“ für das noch nicht ganz fertiggestellte V4. Die mathematischen Formeln sollten automatisch in die erforderliche Folge von Maschinenbefehlen umgewandelt und auf einem Lochstreifen abgelocht, nacheinander von der Maschine gelesen und ausgeführt werden. Ein solches „mathematisches Versuchsgerät zum Rechengert Bauart Zuse“ mit dem Zweck der „Vereinfachung der Eingabe des Rechenschemas in die Rechenmaschine“ sollte mit der höchsten Dringlichkeitsstufe bis zum 31. Januar 1945 ausgeführt werden.

Ende 1944 kamen zur Besichtigung der Rechenmaschine V4 Besucher von Wehrmacht und Luftwaffe. Zuses Werkstatt wurde als Wehrwirtschaftsbetrieb anerkannt.

Wegen der Materialknappheit baute Konrad Zuse eine einfachere Maschine als geplant, unter anderem verzichtete er auf bedingte Programmsprünge.

Technische Daten des V4:

- Relais-technik: 2.200 Relais
- Wortlänge: 32 Bits, Gleitkomma
- Speicherwerk in mechanischer Schaltgliedtechnik; Kapazität: 16 Worte zu je 32 Bit (geplant waren 64 W); Zugriffszeit: 0,5 sec
- Steuerung über 8-Kanal-Kinofilmstreifen, erstmals mit Unterprogrammen
- Taktfrequenz: 35 Hz
- Addition: 0,5 sec, Multiplikation: 2 sec, Division: 6 sec
- Leistung: ca. 30 Op./min

4.4.3 Zwischenstation in Göttingen

Am 6. Januar 1945 heiratete Konrad Zuse seine Mitarbeiterin Gisela Brandes.

Im Januar 1945 erhielt Konrad Zuse einen weiteren Kriegsauftrag der Forschungsführung des Reichsluftfahrtministeriums mit der Bezeichnung „Schaffung von Unterlagen für die Konstruktion und Fertigung algebraischer Rechengерäte in mechanischer Ausführung“. Einen Monat später wurde vom Planungsamt des Reichsforschungsrates festgestellt, dass Zuses Entwicklungen im Rahmen der „Flakaktion“ liefen und zum „Notprogramm der Rüstungsendfertigung“ gehörten, weshalb einige „wertvolle Geräte“ außerhalb von Berlin sicherzustellen seien. Der Transportbefehl lautete nach Göttingen, wo die beinahe fertiggestellte Maschine in der Aerodynamischen Versuchsanstalt (AVA), einem der wissenschaftlichen Zentren der Flugzeugtechnik, vorgeführt werden sollte.

Das Ministerium für Rüstung und Kriegsproduktion wies die Reichsbahn an, einen Güterwagen für das V4 bereitzustellen. Eine weitere Bescheinigung bewahrte unter dem „Stichwort ‚Forschung‘“ Zuse und sechs Mitarbeiter, darunter seine Frau Gisela, vor der drohenden Einberufung zur „Verteidigung Berlins“.

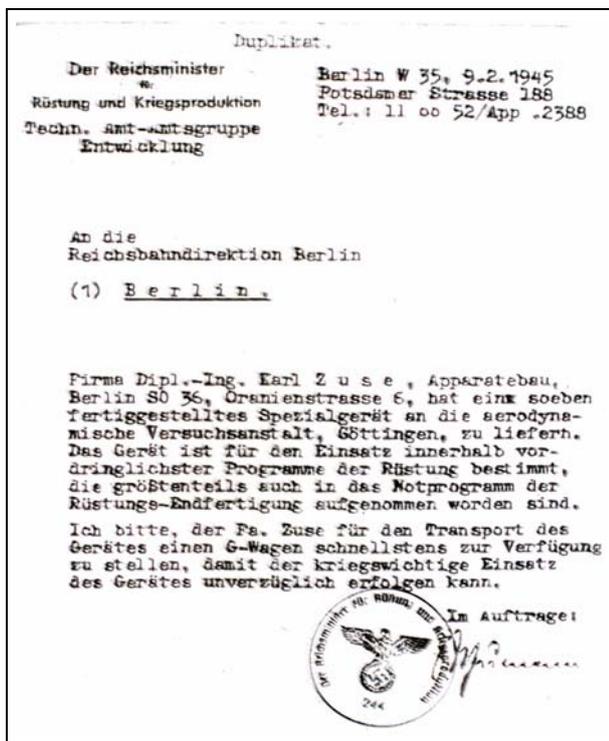


Abb. 25: Der Transportauftrag für „V4“

Der Abtransport des Rechners aus Berlin ist unter anderem dem Umstand zu verdanken, dass er den Namen „V4“ (Versuchsmodell 4) hatte und somit scheinbar in eine Reihe mit den „Vergeltungswaf-

fen“ V1 und V2 gehörte. Nur dadurch gelang es, einen Eisenbahnwagon für den Transport des Rechners zu organisieren. Unter großen Mühen wurde die Rechenanlage zur Bahn transportiert. V4 – das waren 20 schwere Kisten: Rechenwerk, Speicherwerk, acht große Relaischränke, Bedienungskonsole, Kabelkisten, Filmkiste und Koffer mit Schaltplänen – wurde verladen und war knapp zwei Wochen auf der stark bombardierten Strecke zwischen Berlin und Göttingen unterwegs. Am 22. Februar 1945 erfolgte ein Bombenangriff auf die Göttinger Eisenbahnanlagen, der 27 Menschen tötete und großen Sachschaden verursachte.

Zuse vermerkt in seinen Erinnerungen: „Kaum war es ausgeladen, als der Güterbahnhof angegriffen wurde; das Gerät blieb unversehrt. Es folgten noch ein paar ruhige Wochen in Göttingen. Das Gerät war in den Räumen der AVA (Aerodynamische Versuchsanstalt) aufgestellt. Dort konnten wir es so weit vollenden, daß es seine ersten programmgesteuerten Rechnungen durchführte. Während wir es den Herren der AVA – darunter die berühmten Professoren Prandtl und Küssner – vorführten, konnte man schon den Geschützdonner in Kassel hören.“¹ Der Zusammenbau und die Inbetriebnahme der V4 waren Ende März abgeschlossen, die Vorführung fand wahrscheinlich am Karfreitag, dem 30. März 1945, statt.

Um den Rechner geschützt unterzubringen, wurde Zuse angewiesen, ihn in die unterirdischen Produktionsstätten der V2-Raketen bei Nordhausen zu verbringen. Als er bei der Vorabbesichtigung der Örtlichkeit (Konzentrationslager Mittelbau) die dortigen erschütternden Umstände zu Gesicht bekam, beschloss er, nicht dorthin zu gehen. Wernher von Braun mit seiner Gruppe war gerade im Begriff, sich von dort nach Bayern abzusetzen und General Dornberger, der Chef der Raketengruppe, ermöglichte, dass auch Zuse für Ehefrau und Mitarbeiter einen Marschbefehl nach Bayern bekam. Er erhielt einen Wehrmachtlastwagen mit Anhänger und 1.000 Liter Dieselöl.

4.4.4 Kriegsende und Neubeginn: 1945-1949

Die Flucht entlang der Front dauerte 14 Tage, nach einem Unfall auf der Autobahn, den Henschel-Ingenieur Gerhard Overhoff erlitt, blieb dieser mit seinem Kollegen Harro Stucken in Hof zurück. In Hindelang im Allgäu erreichte Konrad Zuse mit seinen Begleitern ein vorläufiges Quartier. Hierhin war bereits vorher Wernher von Braun mit etwa 100 seiner Mitarbeiter gelangt. In einem Gespräch mit von Braun bekam Zuse nicht den Eindruck, dass dieser

1. Zitiert aus Konrad Zuse: „Der Computer mein Lebenswerk“, 2. Auflage

schon voraussah, welche Schlüsselstellung der Computer bei der Weltraumfahrt eines Tages einnehmen würde. Zuse trennte sich von der Gruppe von Brauns und zog etwas weiter nach Süden in die letzte kleine Ortschaft Hinterstein. Von Braun stellte sich am 2. Mai 1945 den Amerikanern, während Zuse seinen Computer verbarg und blieb.

(Göttingen wurde am 8. April 1945 den Amerikanischen Truppen widerstandslos überlassen.)



Abb. 26: Das Dorf Hinterstein – Holzschnitt von Konrad Zuse¹

Da keine Möglichkeit bestand, weiter am Rechner zu arbeiten, widmete Zuse sich theoretischen Arbeiten. Er arbeitete weiter an dem Entwurf einer algorithmischen Formelsprache, die er „Plankalkül“ nannte – der weltweit ersten höheren Programmiersprache. Darüber hinaus philosophierte er und malte.

Im Dorf wurde bekannt, dass eine Geheimwaffe „V4“ versteckt war und mancher befürchtete, dass der ganze Ort jeden Augenblick explodieren könnte. Das Gerücht erreichte Franzosen und Engländer, die dann aber die Maschine als belanglos einschätzten. In Hopferau bei Füssen konnte Zuse die Z4 in einem ehemaligen Pferdestall aufstellen und in Betrieb nehmen. Für die Sennerei des Dorfes führte er kleine Rechnungen durch (die Monatsabrechnungen), womit er den Inhaber gewaltig beeindruckte.

4.4.5 Die Firma ZUSE KG (1945-1967)

Von Hinterstein nach Neukirchen

Konrad Zuse lebte zunächst im Ort Hinterstein, wo er vor allem mit dem Malen von Ölbildern auf Holztafeln seine Familie ernährte. Am 17. November 1945 kam sein Sohn Horst zur Welt. Nachdem der ehemalige Henschel-Ingenieur Harro Stucken

(Zuses Begleiter von Berlin über Göttingen bis Hof) wieder zu ihm gestoßen war, verlagerten beide Ende Oktober 1946 die Z4 in den Keller des Mehllagers einer Bäckerei im nicht weit entfernten Hopferau. Gemeinsam setzten sie dort die Z4 „notdürftig“ in Betrieb und gründeten 1948 die Firma „Zuse-Ingenieurbüro, Hopferau bei Füssen“. Zuse zog mit seiner Familie in die benachbarte Ortschaft Wiedemen (wo am 7. Juli 1947 seine Tochter Monika geboren wurde).

In dieser Zeit entwickelte Konrad Zuse Zukunftspläne und bemühte sich um Kontakte zu wissenschaftlichen Stellen und zu Firmen.

- Er nahm im Sommer 1947 an dem von britischen Fachleuten organisierten Treffen deutscher Rechenmaschinenexperten in Göttingen teil.
- Im gleichen Jahr veröffentlichte er eine Beschreibung der Z4 in einer amerikanischen Fachzeitschrift.
- Er verhandelte Ende 1947 mit der IBM, die jedoch nur Interesse für seine Patente zeigte. Für die Entwicklungsvorhaben Zuses bestand kein Interesse. Ein Optionsvertrag auf die Patente zahlte sich für Zuse aus: „Innerhalb der sechs Monate kam die Währungsreform. So kamen wir mit Hilfe der IBM gut über die Währungsreform.“²
- Kontaktaufnahme mit der Firma Powers in Frankfurt am Main.
- Die Firma Remington Rand gab ihm einen Entwicklungsauftrag für einen Zusatzrechner für Lochkartengeräte in mechanischer Schaltgliedtechnik. Die betreffenden Geräte wurden Zuse und Stucken in Norwalk bei New York vorgeführt.
- Im Jahr 1948 verbrachte Zuse drei Wochen in England, wohin er zu einer Befragung deutscher Wissenschaftler eingeladen war.
- 1948 hielt Zuse in Göttingen auf der Tagung der Gesellschaft für angewandte Mathematik und Mechanik (GAMM) einen Vortrag über symbolische Rechnungen, ein Teilgebiet seines Plankalküls. Hierfür bestand jedoch bei den Zuhörern noch keinerlei Interesse.
- 1948 veröffentlichte Konrad Zuse sein Werk „Über den allgemeinen Plankalkül als Mittel zur Formulierung schematisch kombinativer Aufgaben“.

1. Aus Konrad Zuse: „Der Computer mein Lebenswerk“, 2. Auflage

2. Zitat aus Konrad Zuse: Der Computer mein Lebenswerk

- 1949 nahm der schweizerische Professor Eduard Stiefel mit ihm Kontakt auf, um sich die Rechenmaschine anzusehen. Eine von Stiefel angegebene einfache Differentialgleichung programmierte Zuse sofort und konnte sie auf seiner Maschine lösen. Das führte zu einem Vertrag mit der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) Zürich, die Z4 dorthin auszuliehen. „Vorher mußte sie gründlich überholt und ausgebaut werden.“¹

Mit der ETH Zürich kam es zu einem Mietvertrag über fünf Jahre. Eduard Stiefel, der 1948 das Institut für angewandte Mathematik gründete, plante mit seinen beiden Mitarbeitern, dem Mathematiker Heinz Rutishauser und dem Elektroingenieur Ambros Speiser an der ETH einen eigenen elektronischen Rechner zu bauen. Zu einem Studienaufenthalt hielten sie sich im Jahr 1949 in den USA bei Howard H. Aiken an der Harvard University und bei John von Neumann am Institute for Advanced Study in Princeton auf, um die dortigen Rechenmaschineneentwicklungen kennen zu lernen. Während seine beiden Mitarbeiter noch in den USA verweilten, erfuhr Eduard Stiefel von Konrad Zuse und nahm mit ihm Kontakt auf. Die Möglichkeit der kurzfristigen Aufnahme eines praktischen Rechenbetriebes mit der Z4 zu einer Zeit, als auf dem europäischen Kontinent nirgends ein Computer betrieben wurde, versprach praktische Erfahrungen für das eigene Vorhaben.

Der Vertrag mit Zuse lautete über eine Leihgebühr von 10.000,- Franken pro Jahr, voranzahlbar für fünf Jahre, mit der Option, die Maschine danach für 20.000,- sFr käuflich zu erwerben. Für Eduard Stiefel eine riskante Angelegenheit, vor allem wegen des einzigartigen mechanischen Speichers.

Zuse sollte die Z4 jedoch zuvor noch durch einige Ergänzungen erweitern.

Start der ZUSE KG mit der Z4

Die Aufträge der ETH Zürich und der Firma Remington machten den Aufbau der Firma möglich: Am 1. August 1949 gründete Konrad Zuse mit Harro Stucken und Alfred Eckhard, einem jener Studenten der Fernmeldetechnik, die schon während des Krieges an der Z4 gearbeitet hatten, im hessischen Dorf Neukirchen, Kreis Hünfeld, die „ZUSE KG“. Die Werkstatt wurde in einer alten kurhessischen Poststation (Relaisstation) eingerichtet.

Die ZUSE KG führte – am Anfang mit fünf Mitarbeitern – im engen Kontakt mit dem Züricher Institut den Umbau der Z4 schnell aus: Neben den Schal-

tungen zur Ausführung bedingter Befehle und einem zweiten Lochstreifenabtaster forderte Stiefel die Erweiterung des mechanischen Speichers von 16 auf 64 Speicherzellen und einen zusätzlichen Locher, mit dem auf einem weiteren Lochstreifen Zwischenwerte ausgestanzt werden konnten, so dass er als Zwischenspeicher wirkte.

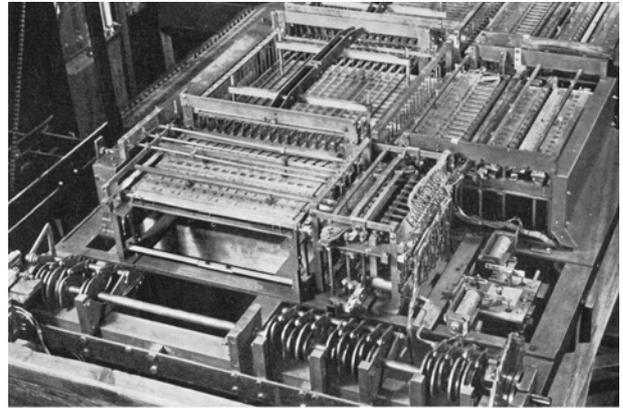


Abb. 27: Der mechanische Speicher der Z4



Abb. 28: Das Firmenschild

Als die Z4 ab dem 11. Juli 1950 bei der ETH Zürich in Betrieb genommen wurde, war sie der einzige in Europa arbeitende Computer. Der Rechenbetrieb an der ETH begann mit einem Festakt im Juli 1950, und die Maschine war in den folgenden Jahren täglich rund zehn Stunden in Betrieb.

1. Zitat aus Konrad Zuse: Der Computer mein Lebenswerk

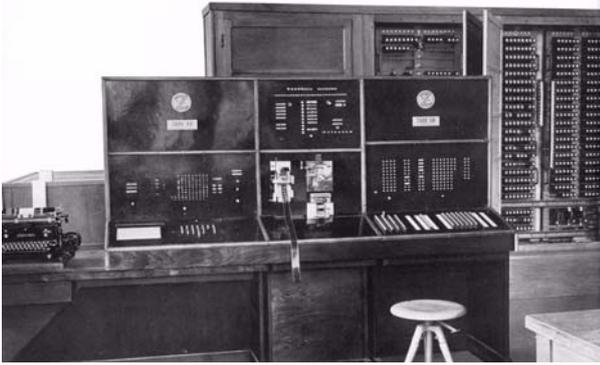


Abb. 29: Die Z4 in der ETH Zürich

In Abb. 29 sieht man im Vordergrund das Schaltpult, bestehend aus Eingabetastatur und Lampenfeld, zum Auslesen der Ergebnisse. In der Mitte zwei Abtaster und ein Locher für die Filmstreifen. Rechts vorn der Planfertigungsteil zur Herstellung von Programmen. Im Hintergrund links das mechanische Speicherwerk und rechts drei von zwölf Relais-schränken. Der mechanische Speicher wurde bald abgeschafft.

Die Rechenleistung der Anlage machte etwa 1.000 Operationen pro Stunde aus, eine Multiplikation dauerte 2,5 Sekunden.

Die Befehlsausführung wurde von 21 Schrittschaltern (Drehwähler aus der Fernmeldetechnik) gesteuert. Die ca. 2.200 Relais hatten bis zu vier Kontakte. Das Ansprechen der Relaiswicklung dauerte 30 msec und das Abfallen 60 msec. Die Ansprechwicklungen wurden mit 60 V versorgt, die Haltekreise mit 48 V. Der Stromverbrauch der Anlage betrug etwa 1 kW.

Ein Makel bei den Fernmelderelais bestand darin, dass sie im Rechner um ein Vielfaches mehr Schaltvorgänge zu verkraften hatten als in Fernmeldevermittlungseinrichtungen. Daher nutzten sich die Abstandsstifte der Kontaktfedern stark ab, was nötig machte, die Relais regelmäßig nachzuzustieren. Nachdem die Zulieferfirma Alois Zettler statt der Stahlstifte Nylonstifte verwendete, bekamen die Relais praktisch unbegrenzte Haltbarkeit.

Die Z4 war Tag und Nacht in Betrieb und machte in der ETH Zürich den allerbesten Eindruck: Sie war absolut betriebssicher. Zum Unterhalt genügte ein halber Arbeitstag eines Technikers pro Woche. Konrad Zuse bemerkte dazu, dass „das Klappern der Relais der Z4 das einzig interessante an Zürichs Nachtleben“ gewesen sei.

Die Betriebssicherheit der Anlage hatte ihren Grund vor allem in der Erfindung Zuses, dass die Relaiskontakte (schon in der Z3) immer nur im stromlosen Zustand schalteten; es kam also nicht vor, dass ein Stromfluss durch einen Relaiskontakt unterbrochen

wird und Funken entstehen. Der Strom wurde vielmehr erst nach Schließung des Kontaktes in Form eines Impulses von genau festgelegter Dauer auf die Leitungen gegeben. Der Impulsgeber hat die Form einer Schaltwalze, die durch einen Elektromotor mit 350 U/min angetrieben wird. Sie besitzt rotierende Messingsegmente, auf denen Kohlebürsten aufliegen. Insgesamt sind 120 Bürsten vorhanden, welche Impulse verschiedener Dauer und Phasenlage herstellen. Die Rechengeschwindigkeit des Gerätes wird ausschließlich durch diesen Impulsgeber bestimmt. Bei einer Fehlersuche kann der prüfende Techniker die Walze schrittweise von Hand drehen und damit die Rechengvorgänge gewissermaßen mit einer Zeitlupe beobachten.

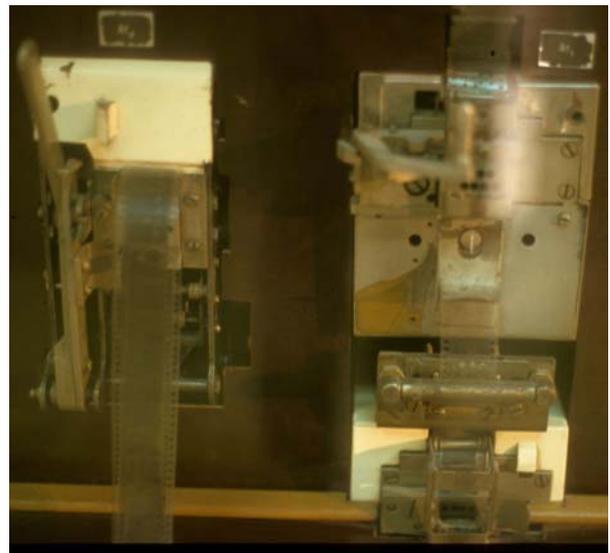


Abb. 30: Die beiden Filmabtaster der Z4

Abb. 30 zeigt die beiden Abtaster. Beim Rechnen eines mathematischen Problems lag im rechten Abtaster das Hauptprogramm, auf welchem z. B. ein Integrationsschritt zur Lösung einer Differentialgleichung programmiert ist. Der linke Abtaster verarbeitete ein Unterprogramm, hier das Ziehen einer Wurzel auf iterativem Weg. Der Film ist zu einer endlosen Schleife zusammengeklebt, ein einmaliger Umlauf ergibt einen Iterationsschritt. Wenn das Hauptprogramm an eine Stelle kommt, wo eine Wurzel berechnet werden muss, veranlasst es mit einem unbedingten Sprung das Anlaufen des Unterprogramms. Dieses berechnet mit immer weiteren Umläufen immer bessere Annäherungen an den Wurzelwert. Wird eine vorgegebene Differenz zwischen zwei aufeinanderfolgenden Ergebnissen unterschritten, führt ein bedingter Sprung zur Wiederaufnahme des Hauptprogramms.

Stiefel untersuchte die Anwendung numerischer Rechenverfahren auf der Maschine und berichtete auf internationalen Fachkongressen über die Arbeiten. Die Maschine brachte die Züricher Mathemati-

ker in eine attraktive Situation: Zum einen bot sie die Möglichkeit, Rechenverfahren auszuprobieren, zum anderen konnte man Aufbau und Konzeption der geplanten eigenen Rechenanlage mit praktischen Versuchen untermauern. Das Institut für angewandte Mathematik an der ETH Zürich wurde in den Jahren 1951 bis 1954 zu einem weltweit anerkannten Zentrum in der numerischen Mathematik.

Während des praktischen Rechenbetriebs gedieh auch die Überzeugung, dass eine entscheidende Voraussetzung für eine weitere Verbreitung des Rechnens mit Computern darin bestand, dass Anwender mit normaler mathematischer Hochschulbildung ihre Programme selbst schreiben konnten. Die Forderung nach einer Programmiersprache, in der jedermann das Programm für seine Aufgabe schreiben konnte, um es dann nur noch zur Ausführung im Rechenzentrum abzugeben, wurde aktuell. Rutishauser entwickelte eine Methode, nach der die Z4 Programme mit den von der Maschine ausführbaren Befehlen selbst „berechnen“ und lochen konnte.

Ab 1952 wurde in Zürich an der Entwicklung des elektronischen Rechners gearbeitet, der die Z4 1955 ablöste und mit der Bezeichnung ERMETH deren Rolle auf höherem Niveau weiterspielte. Die Z4 war während der folgenden vier Jahre am Deutsch-Französischen Forschungsinstitut Saint Louis bei Basel in Betrieb, 1960 kam sie ins Deutsche Museum in München.

Da ein Verbot elektronischer Entwicklungen durch den alliierten Kontrollrat bestand, wollte Zuse betriebssichere und „verhältnismäßig einfache Geräte“ bauen, die „rentabel, aber nicht superleistungsfähig“ sein sollten. Die Vermietung der Z4 an die Schweizer ETH hatte ihm 1949 die Gründung der ZUSE KG ermöglicht. Sie war die erste deutsche Spezialfirma für große universelle programmierbare Rechenmaschinen.

Relaisrechner Z5

Der erste gewichtige Auftrag nach dem Umbau der Z4 kam 1950 von der optischen Firma Ernst Leitz in Wetzlar, die eine große Relaisrechenanlage für optische Berechnungen bestellte. Obwohl diese als Z5 bezeichnete Maschine sechsmal so schnell arbeitete wie die Z4 und 200.000 DM kostete, stellte auch sie nicht die Hochleistungsmaschine dar, die alle Möglichkeiten der Zuse'schen Theorie enthielt. Die Maschine konnte im Juli 1952 installiert werden.

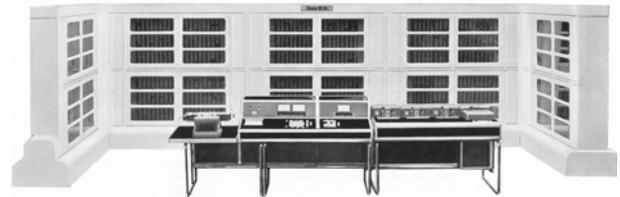


Abb. 31: Gesamtansicht der Z5

Eine Störquelle bei dieser Installation ergab sich daraus, dass die Stromversorgung statt mit einem Umformer (von einem Elektromotor angetriebener Generator) mit Transformator und Gleichrichter realisiert war. Bei kurzen Unterbrechungen der Stromversorgung kam es häufig dazu, dass Relais abfielen, was zu falschen Rechenergebnissen führte.

Technische Daten:

- Relais-technik: ca. 2.500 Relais
- Wortlänge: 32 Bits, Gleitkomma
- Programmsteuerung per Lochstreifen
- Unterprogrammtechnik
- Variablenspeicher in Relais-technik, Kapazität 12 Wörter
- Konstantenspeicher in Relais-technik, Kapazität 10 Wörter
- Taktfrequenz: 50 Hz
- Leistung: 16 Multiplikationen/sec
- Leistung: Addition: 0,1 sec, Multiplikation: 0,4 sec, Division: 0,75 sec, Wurzelziehen: 4 sec

Die Z5 war der erste in Deutschland an einen kommerziellen Kunden ausgelieferte Rechner.

Statistische Rechenlocher Z7 und M9/Z9

Mit dem Bekanntwerden der Installation der Z4 in Zürich ergaben sich für Zuse neue Kontakte und Aufträge. Für die schweizerische Remington Rand wurde 1950 ein programmgesteuerter mechanischer Rechenlocher „Z7“ entwickelt. Erstmals wurde in diesem Ergänzungsgerät zu Powers-Lochkartenmaschinen das Pipeline-Prinzip angewendet. Nachdem es von Zuse in Norwalk/USA bei Remington Rand vorgeführt worden war, bekam er 1951 den Auftrag für ein Multiplikationswerk in Relais-technik für einen Rechenlocher. Solche Geräte konnten Multiplikand und Multiplikator von beliebigen Spalten einer Lochkarte lesen, um das Ergebnis der Multiplikation an beliebiger anderer Stelle der Karte zu lochen. Es standen die vier Grundrechenarten zur Verfügung. Die Programme konnten Addition und Multiplikation in beliebiger Verschachtelung automatisch durchrechnen. Die Pro-

grammierung erfolgte über eine auswechselbare Stecktafel.

Technische Daten:

- Relaisstechnik
- dezimal, Festkomma
- Lochkarteneingabe
- Taktfrequenz: 10 Hz
- Multiplikation: 0,25 sec
- Lochkartenausgabe



Abb. 32: Schneidankerrelais der Z9

Da nicht bekannt werden sollte, dass es sich bei der Maschine um eine Zulieferung des kleinen deutschen Herstellers ZUSE KG handelte, erfolgte die Lieferung über die schweizerische Tochterfirma „Mitra“ der Remington Rand, und der Rechner bekam den Namen „Mitra M9“ (Zuse-intern: „Z9“). Ab 1953 produzierte die ZUSE KG die „Programmgesteuerte Rechenmaschine M9“. Bis 1955 wurden ca. 30 Stück verkauft. Es handelte sich um die erste Serienfertigung von Rechenmaschinen in Deutschland.

Kontakte

Geschäftliche Beziehungen zu den wissenschaftlichen Rechnerentwicklungen in Göttingen („G1“, ab 1948, fertig im Juni 1952 – erste deutsche funktionsfähige elektronische Rechenmaschine), Darmstadt („DERA“, von 1951 bis 1957), München („PERM“, von 1952 bis Mai 1956) und Dresden („D1“, von 1953 bis 1956) bestanden vorerst nicht. In Göttingen wurde Konrad Zuse von Heinz Billing der Magnettrommelspeicher vorgeführt, dessen Bedeutung für die Rechenmaschinenentwicklung Zuse aber damals noch nicht erkannte.

Relaisrechner Z11

Finanziell vorteilhaft erwies sich die Tatsache, dass in der Flurbereinigung, im Vermessungswesen und in der Geodäsie Rechenbedarf bestand. So konnte die ZUSE KG eine Reihe von Relaisrechnern Z11 verkaufen. Ihre Architektur basierte auf einer

gemeinschaftlichen Rechnerentwicklung „SM1“ aus dem Jahr 1952 mit Regierungsrat Heinrich Seifers vom Flurbereinigungsamt in München und auf der Technik des Spezialgeräts für Flügelvermessung „S1“. Die Entwicklung erfolgte im Auftrag der Deutschen Flurbereinigungsbehörden am Geodätischen Institut der TH München und lag bei der ZUSE KG in den Händen des Ingenieurs Alarich Bäumler und des Mathematikers Wolfgang Rubke. Aufgrund des Zuse'schen Prinzips des Impulsbetriebs arbeitete der Rechner schnell und betriebssicher.

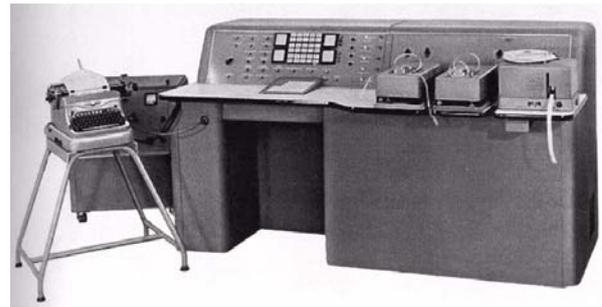


Abb. 33: Der ZUSE Z11



Abb. 34: Ausschnitt aus einem Prospekt der ZUSE KG

Technische Daten:

- Relaisstechnik: 1.665 Relais
- 28 Drehwähler
- Wortlänge: 27 Bits, Festkomma
- Programmsteuerung per Lochstreifen
- Unterprogrammtechnik
- Speicher in Relaisstechnik (654 Relais), Kapazität: 26 Wörter
- bis zu 1.000 Variablen
- Taktfrequenz: 100 - 200 Hz

- Addition: 0,2 sec, Multiplikation: 0,6 sec, Division: 1 sec
- Leistung: 2 Op./sec

Die relativ kleine, funktionell einfache Maschine arbeitete mit fest verdrahteten Programmen.

Ab 1956 ausgeliefert, war die Z11 das erste serienmäßig gebaute, programmgesteuerte Rechenggerät in Deutschland und fand weite Verbreitung bei der Feldvermessung, der Stadtvermessung, in der optischen Industrie und im Versicherungswesen. Es wurden insgesamt 43 Exemplare verkauft. Die ZUSE KG wuchs auf ca. 80 Mitarbeiter an.

Übergang zur Elektronik

Nachdem schon im Juni 1952 in Göttingen der erste deutsche Elektronenrechner in Betrieb gegangen war, wurde 1956 der erste amerikanische Computer in Deutschland installiert: eine UNIVAC 1 im Batelle-Institut in Frankfurt am Main.

Konrad Zuse hatte bereits 1947 bei der Befragung durch die Engländer und 1948 bei der GAMM-Tagung den Göttinger Rechenmaschinenpionier Heinz Billing kennengelernt. Mit seinen Erfahrungen im Umgang mit Relais konnte er Billing durch Rat und Tat helfen; so überließ er den Göttingern eine dringend benötigte Relaisart.

Bei einem Kolloquium über Rechenanlagen in Göttingen im März 1953 trug Heinz Billing über seine Röhrenrechnerentwicklungen und über den Magnettrommelspeicher vor.

Die persönliche Beziehung Konrad Zuses zu Heinz Billing war so gut, dass Zuse ihm einen Firmenwagen, einen zwei Jahre alten VW Käfer, verkaufte, den Billing weitere 10 Jahre privat nutzte.

Zuses Einstieg in die elektronische Technologie wurde wiederum von Heinz Billing unterstützt. Im Februar 1955 schloss die ZUSE KG einen Vertrag mit der Max-Planck-Gesellschaft und der DFG zwecks Know-how-Übernahme durch die ZUSE KG. Die Göttinger legten ihm alle Schaltungen ihrer Röhrenrechner mit Dimensionierungen offen, überließen eine Magnettrommel und besuchten ihn und seine Entwicklungsingenieure so oft es erwünscht wurde. Es war sogar geplant, dass Zuse die Göttinger elektronische Rechenmaschine „G1a“ nachbauen sollte. Dies wurde allerdings nicht in die Tat umgesetzt, denn der Entwurf der Z22 nach Theodor Frommes Plan einer „Minima“ war wesentlich moderner als das Konzept der G1a.

Mit der Aufhebung des Besatzungsstatuts in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1955 wurde der deutschen Industrie von den alliierten Mächten auch die Entwicklung von elektronischen Rechenanlagen erlaubt.

Elektronischer Rechner Z22

Entstehung der Z22

Der lange verzögerte Schritt zur Elektronik verlief etwa gleichzeitig mit der Aufnahme der Serienfertigung der elektromechanischen Z11. Während Konrad Zuse die unternehmerische Leitung der Firma allein innehatte, wurde die Entwicklung der Z22 von Lorenz Hanewinkel geleitet. Der Mathematiker Otto Suppes war für das Grundprogramm verantwortlich.

Ausgangspunkt für die Entwicklung des Röhrenrechners Z22 war 1955 der Plan des Freiburger Mathematikers Theodor Fromme der „Minima“, einer kleinstmöglichen programmgesteuerten Rechenmaschine, basierend auf den Überlegungen des niederländischen Ingenieurs Willem Louis van der Poel (PTT¹, Den Haag). Das Konzept fußte auf der Idee eines einfachen und billigen, aber möglichst vielseitig nutzbaren Hardware-Aufbaus.

Zu diesem Konzept gehörten der analytische Befehlscode, bei dem jedes Bit eine spezielle Bedeutung besitzt und bestimmte Schaltvorgänge auslöst, sowie die Tatsache, dass Multiplikationen nicht in einer aufwändigen Schaltung schnell, aber kostspielig durchgeführt wurden, sondern mit einem auf Additionen beruhenden Programm. Die längere Rechenzeit würde durch geschickte Programmgestaltung ausgeglichen werden.

Während die Befehle aller bisherigen frei programmierbaren Zuse-Maschinen hintereinander von einem Lochstreifen eingelesen und direkt ausgeführt wurden, erfolgte nun der Schritt zum abänderungsfähigen, intern gespeicherten Programm und damit zum von-Neumann-Konzept.

Trotz der bescheidenen Konzeption der Z22 gestaltete sich die Finanzierung ihrer Entwicklung sehr problematisch. Ein erster Interessent für eine solche Maschine war Wolfgang Haack, Professor mit Lehrstuhl für angewandte Mathematik an der TU Berlin. Er hatte sich bereits vergeblich um die aus Zürich abgegebene Z4 bemüht.

Im September 1955 erfolgte das Angebot der ZUSE KG an die TU Berlin über ein programmgesteuertes elektronisches Rechenggerät in Röhrentechnik „Z21“ mit Diodenlogik, seriell arbeitend mit Magnettrommelspeicher, einfachen Grundoperationen, Lochstreifen-Eingabe und Ausgabe über Fernschreiber.

Haacks Antrag auf 180.000 DM für die Finanzierung der Entwicklung des Rechners für die TU bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) blieb erfolglos. Die DFG vertrat zu diesem Zeitpunkt noch die Meinung, dass es sich bei der Beschäftigung mit

1. PTT = Posterijen, Telegrafie en Telefonie

den kostspieligen Computern um ein Spezialgebiet handele und es völlig ausreiche, wenn man sich in Göttingen, Darmstadt und München damit beschäftigte.

Ende 1956 änderte sich mit dem DFG-Programm zur Beschaffung von Rechenanlagen für die deutschen Hochschulen die Situation.

Nachdem die Mitarbeiter Haacks die Rechnerentwicklungen an den deutschen Standorten Göttingen, Darmstadt und München besichtigt hatten, erfolgte im November 1955 der Auftrag der TU Berlin an die ZUSE KG. Um den Kaufpreis zu verringern, wurde vereinbart, dass die Institutsmitarbeiter Fritz-Rudolf Güntsch und Harald Lukas im Werk in Bad Hersfeld an der Entwicklung der Rechenanlage mitarbeiteten.

Nach dem Baubeginn der Maschine 1956 kam 1957 der zweite Auftrag für einen solchen Rechner, und zwar von der TU Aachen (Professor Cremer). Letztere Maschine ging sogar noch vor der Maschine in Berlin in Betrieb.

Während in dieser Anfangsphase in den Verhandlungen mit zukünftigen Kunden in den Universitäten noch wegen deren unzureichender Finanzmittel sehr sparsam kalkuliert wurde, wurde die Situation für die ZUSE KG deutlich besser, als die Deutsche Forschungsgemeinschaft schließlich Mittel zur Beschaffung von Rechenanlagen bereitstellen konnte. Nun stieg auch die Großindustrie ein: In einer ersten Runde wurden jeweils drei Aufträge an die Firmen Siemens (2002), Telefunken (TR4), Standard Elektrik Lorenz (ER56) und Zuse (Z22) vergeben. Enttäuschend für Konrad Zuse war, dass jeweils drei Rechner finanziert wurden. Da die Z22 wesentlich weniger kostete als die Anlagen der anderen Hersteller, profitierte Zuse am wenigsten. Die finanziellen Schwierigkeiten der ZUSE KG wurden jedoch später durch großzügige Vorauszahlungen der DFG gemildert.

Aufbau der Z22

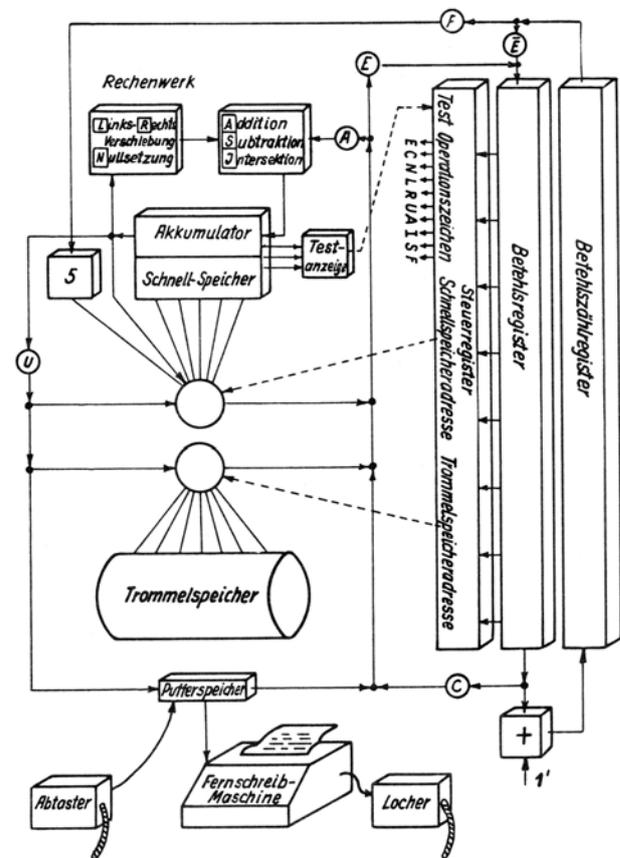


Abb. 35: Blockschaltbild der Z22

Die Z22 hatte eine Magnetrommel mit 8.192 Wörtern als Hauptspeicher und ein Register, über das sowohl Befehle als auch Zahlen liefen. Wesentlich war der sogenannte „analytische Code“, bei dem die Bits der Befehlswoorte in die „Befehlsbits“, die „Kurzadresse“ für den Schnell-Speicher und die „Langadresse“ für den Hauptspeicher gegliedert waren. Mit den Befehlsbits wurden Verbindungen innerhalb des Rechengerais geschaltet, die durch ihre Kombination verschiedenste, leicht neu konfigurierbare Zusammenschaltungen von Abläufen möglich machten.

Die Befehle wurden Bit für Bit seriell von der Trommel gelesen und jeweils, wenn einer vollständig in das Flip-Flop-Schieberegister aufgenommen war, in ein Steuerregister aus Flip-Flops zur Ausführung übertragen. Ein seriell arbeitender Akkumulator – der mit einem Akkumulatorergänzungsregister gekoppelt werden konnte – konnte mit einem Ein-Bit-Rechenwerk zusammen folgende Operationen ausführen: Addieren, nach links oder rechts Verschieben, mit einer Maske Ausblenden oder Löschen.

Abb. 36 zeigt eine Flip-Flop-Röhrensteckeinheit mit einer Doppeltriode E88CC. Auf den Platinen unterhalb des Röhrensockels ist aus Widerständen und Kondensatoren die bistabile Rückkopplungsschaltung zusammengelötet. Anfangs waren an der Flip-

Flop-Baugruppe zwei Glimmlampen angebracht, von denen die eine den Speicherzustand „0“, die andere „1“ anzeigte. Die Glimmlampen wurden später weggelassen, weil sie eine zu geringe Lebensdauer hatten.



Abb. 36: Röhren-Flip-Flop-Steckbaugruppe

Technische Daten der Z22:

- Röhrentechnik: 500 Röhren
- Diodennetzwerk: 2.400 Dioden
- Wortlänge: 38 Bits, Gleitkomma
- serielle Arbeitsweise

- Magnetkern-Schnellspeicher (Register): Kapazität: 15 Wörter, Zykluszeit: 100 μ sec
- Magnettrommelspeicher: Kapazität: 8192 Wörter à 38 Bit, 3000 U/min
- mittlere Zugriffszeit: 10 msec
- Taktfrequenz: 140 kHz
- Addition (FK/GK¹): 0,6/32,5 - 52,5 msec, Multiplikation (FK): 10 msec, Division (FK): 60 msec
- Leistung: 20 Op./sec
- Ein-/Ausgabe: Lochstreifen, Fernschreiber Siemens T100

Den Takt der Rechenmaschine lieferte eine Magnetspur auf der Trommel, d. h., die Umdrehungsgeschwindigkeit der Trommel bestimmte die Arbeitsgeschwindigkeit der Rechenanlage. Bei der verbesserten Version der Magnettrommel bestimmte eine mechanische Spur, in die feine Schlitzte eingefräst waren, den Takt.

Die Schaltungen der Z22 wurden im Wesentlichen unter Verwendung von Dioden und Ferritkernen aufgebaut, wodurch Röhren eingespart werden konnten. Da Ferritkerne sehr gleichmäßiges Material erforderten, welches nicht im ausreichenden Maße gegeben war, waren aufwändige Justierungen notwendig. Die Elektronenröhren wurden zur Signalverstärkung und in Flip-Flop-Registern eingesetzt. Befehlszählregister, Rückkehrregister (für Unterprogramme) und Akkumulator waren als Ferritkernmatrix ausgebildet (Schnellspeicher).

Die Magnetkerne des Schnellspeichers aus MgMn-Ferrit hatten einen Außendurchmesser von 2,1 mm und kosteten 1,- DM pro Stück.

1. FK = Festkomma, GK = Gleitkomma

Erste Auslieferung der Z22

Schon Anfang 1957 war die Z22 so weit fertiggestellt, dass sie auf der Deutschen Industriemesse in Hannover ausgestellt werden konnte.

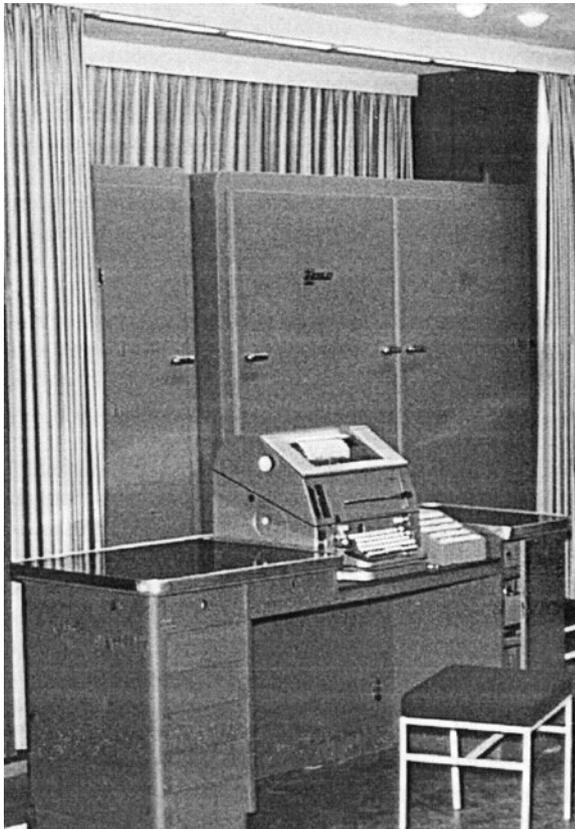


Abb. 37: Die Z22 auf der Hannover-Messe 1957 mit Lorenz-Fernschreiber

Ende Dezember 1957 wurde die erste Maschine per Luftfracht nach Berlin geliefert, wo sie im Januar 1958 in Betrieb genommen wurde. Im März 1958 erfolgte die Abnahme.

Für diese Maschine wurde eine Magnettrommel aus der Fertigung des Computerpioniers Andrew D. Booth aus London verwendet. Sie war für eine Umdrehungsgeschwindigkeit von 1.500 Upm ausgelegt, wurde aber in der Z22 mit 3.000 Upm betrieben. Wegen des Keilriemenantriebs, der einfachen Lagerung und der konstruktiv nicht kompensierten Wärmeausdehnung der Bauteile konnte die Trommel nicht exakt genug rund laufen. Schon während der ersten Betriebstage in Berlin wurden durch Kontakt der Schreib-/Leseköpfe mit der Oberfläche der Trommel so viele Spuren zerstört, dass die Trommel bald nur noch mit ihrer halben Speicherkapazität betrieben werden konnte.

Die Trommel wurde im Herbst 1958 durch eine Eigenentwicklung der ZUSE KG (noch mit Keilriemenantrieb) ersetzt.

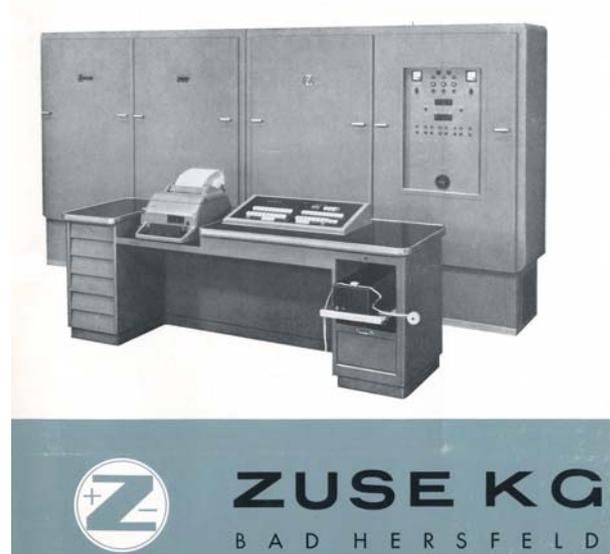


Abb. 38: Titelseite eines Prospekts für die Z22

Verwendung

Betriebswirtschaft:	Unternehmensforschung (Zuordnungs- und Optimalprobleme) Operations-Research
Bautechnik:	Hochbau, Tiefbau, Brückenberechnung
Maschinenbau:	Schwingungssysteme
Elektrotechnik:	Netzwerke, Filter, Lastverteiler
Kernreaktorbau:	Diffusion, Wärmeleitung
Vermessung:	Flurbereinigung, Landesvermessung, Straßenbau
Ballistik:	Flugbah askinetik
Aerodynamik:	Strömun
Optik:	Strahlengänge, automatische Korrektion
Bergbau:	Wettertechnik, Tagebauplanung (Massenberechnung)
Speicherkapazität:	8192 Worte zu 38 Dualstellen entsprechend 12 Dezimalen
Rechenzeiten:	Mit festem Komma in msec : Addition, Subtraktion 0,6 Multiplikation 10 Division 60 Quadratwurzel 200 In gleitendem Komma werden je nach Zugriffszeit 15-25 Operationen/sec durchgeführt

Abb. 39: Im Prospekt aufgeführte Anwendungsgebiete der Z22

Erfolg der Z22

Zuse schreibt in seinen Erinnerungen: „Besonders in den ersten Jahren des Baues elektronischer Geräte (Z22) gehörte Mut dazu, sie bei einer kleinen, kapitalschwachen Firma zu bestellen. Oft konnten sich die Mathematiker und Ingenieure der Kunden, die die logischen Vorzüge gerade unserer Geräte erkannt hatten, gegenüber ihren Vorgesetzten erst nach langwierigen Diskussionen durchsetzen. Damit hatten sie sich aber so exponiert, daß sie zusammen mit unseren Ingenieuren eine Art Kampfgemeinschaft bildeten, deren Glieder aufeinander angewiesen waren. Die Schwierigkeiten mußten gemeinsam überwunden werden. Manchmal hielten sich Angehörige der Kunden zur Einarbeitung bis zu einem Jahr in unserem Werk auf und verfolgten alle Phasen des Baus des Gerätes. Wir nahmen manchen Verbesserungsvorschlag von ihnen an. War das Gerät dann ausgereift, so fühlten sie sich selbst verantwortlich für das gute Arbeiten; denn hätte es versagt, wären sie bei ihrer Direktion mit blamiert gewesen.“¹



Abb. 40: Die Zeitung berichtet vom Erfolg der Z22

Die Z22 ist der erste deutsche kommerzielle Rechner mit interner Programmierung und die erste Serienproduktion von Elektronenrechnern in Deutschland. 1958 wurden 18 Exemplare ausgeliefert, 1959 7 Exemplare, insgesamt wurden bis Mitte 1960 41 Exemplare verkauft und installiert. Bis 1964 waren es insgesamt 56 Maschinen (inkl. Z22R).

1. Zitiert aus Konrad Zuse: Der Computer mein Lebenswerk

Personalia

Die Technische Universität Berlin-Charlottenburg verlieh Konrad Zuse am 28. Mai 1957 die Ehrendoktorwürde auf Beschluss des akademischen Senats im Juli 1956 nach Vorschlag der Fakultät für allgemeine Ingenieurwissenschaften.



Abb. 41: Konrad Zuse auf Seite 1 der Hersfelder Zeitung

Bis zum Juni 1953 war Hans Sauer der einzige Entwicklungsingenieur der ZUSE KG. An seine Stelle trat der Ingenieur Alarich Bäumler, der die technische Leitung der ZUSE KG übernahm. 1956 schied Alfred Eckhard als Gesellschafter aus, etwas später Harro Stucken. Dafür wurde Zuses Ehefrau Gisela Kommanditistin. Eingestellt wurden der Physiker Lorenz Hanewinkel (geb. 1931) und im September 1956 der Mathematiker Otto Suppes. Lorenz Hanewinkel verließ die ZUSE bereits im Jahr 1960. Theodor Fromme (geb. 11.9.1908) trat nach beratender Tätigkeit 1957 in die ZUSE KG ein und wurde wissenschaftlicher Leiter. Leider verstarb er schon am 21. November 1959.

Umzug nach Bad Hersfeld bzw. Hünfeld

1957 konnten neue Fabrikräume in der Wehneberger Straße in Bad Hersfeld bezogen werden; 1958 wechselte der Firmensitz der ZUSE KG von Neukirchen nach Bad Hersfeld. Die Familie Zuse zog nach Hünfeld um.

Nicht mehr so sehr an den technischen Entwicklungen der Rechner beteiligt, widmet sich Konrad Zuse wieder mehr theoretischen Überlegungen. 1958 beschreibt er in einer Veröffentlichung den Feldrechner, eine Vorwegnahme der massiv parallelen Rechner.

ZUSE Z22R

Ab Oktober 1959 wurde eine verbesserte Version des Elektronen-Rechners, die Z22R, ausgeliefert. Gegenüber der Z22 wurde die Schnellspeicher-Kapazität verdoppelt und der Magnettrommelspeicher wurde konstruktiv wesentlich verbessert: Er erhielt einen auf der Trommelwelle sitzenden 100-Hz-Motor.

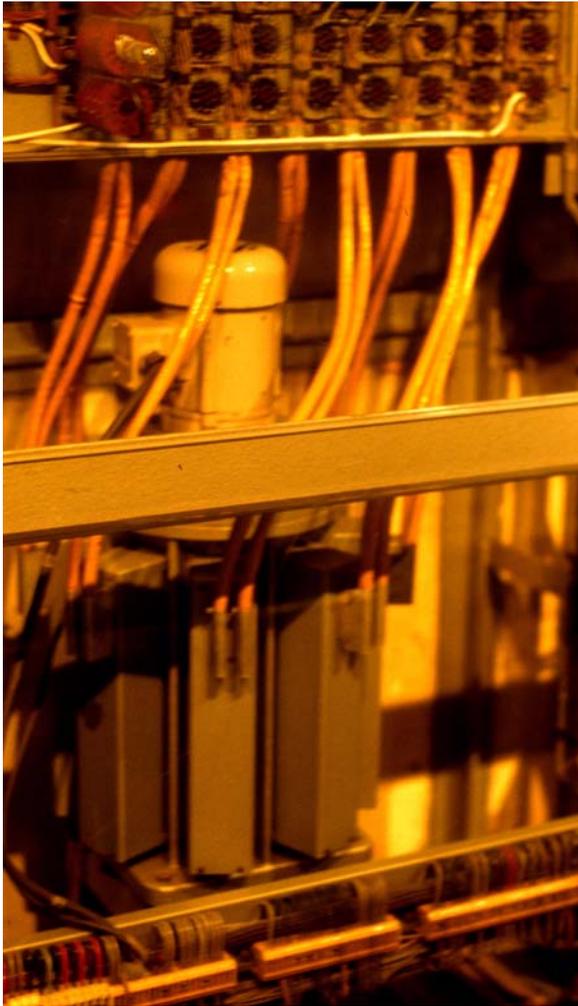


Abb. 42: Magnettrommel der Z22

Von diesem Modell wurden insgesamt 30 Exemplare verkauft.

Technische Daten:

- Röhrentechnik: 450 Röhren
- Diodennetzwerk: 2.300 Dioden
- Wortlänge: 38 Bits, Gleitkomma
- Magnetkern-Schnellspeicher:
Kapazität: max. 26 Wörter,
Zugriffszeit: 300 µsec

- Magnettrommelspeicher:
Kapazität: 8.192 Wörter,
mittlere Zugriffszeit: 5 msec
- Addition, Subtraktion (FK/GK¹):
0,6/35 - 55 msec,
Multiplikation (FK/GK): 15/30 msec,
Division (FK/GK): 60/70 msec
- Ein-/Ausgabe: Lochstreifen, Fernschreiber Siemens T100
- Zubehör: Magnetbandgeräte

ZUSE KG Elektronen- und Relais- Rechenanlagen		Bad Hersfeld, Juni 1960 Fernsprecher 2751-52 Fernschreiber 04 92 29
<i>Preisliste</i>		
der programmgesteuerten elektronischen Rechenanlage Typ Zuse Z 22 R		
Pos. Nr.	Bezeichnung	Preis DM ab Werk
1	Programmgesteuerte elektronische Rechenanlage Zuse Z 22 R mit Schnellspeicher für 14 Worte zu 38 Bits Trommelspeicher f. 8192 Worte zu 38 Bits Stromversorgung Bedienungstisch mit Bedienungspult Siemens-Blattferschreiber T typ 100 104 Zeichen/Zeile oder 68 Zeichen/Zeile angebautem Locher 10 Zeichen/Zeile Siemens-Lochstreifenabtaster 15 Zeichen/sec. Anschlußkabel (bis 10 m Länge)	238.000,—
27	Kühlanlage, wasser- oder luftgekühlt, Verdampfer und Luftkanäle in der Zuse Z 22 R eingebaut, Kompressoranlage separat montierbar	10.600,—

Abb. 43: Preisliste der Z22R

Die Röhren-Steckbaugruppe mit zwei Doppeltrioden E88CC enthält außer zwei 10-kOhm-Widerständen keine weiteren Bauelemente.

1. FK = Festkomma, GK = Gleitkomma



Abb. 44: Röhren-Steckbaugruppe mit zwei Röhren E88CC

Transistorrechner Z23

Die Z23 war eine ab 1958 durchgeführte Weiterentwicklung der Z22 in Transistortechnik (Dioden-Transistor-Logik). Die große logische Beweglichkeit durch einen analytischen Befehlscode wurde beibehalten, hinzu kamen Indexregister. Um den gegenüber der Z22 größeren Magnetkern-Schnellspei-

cher adressieren zu können, musste die Wortlänge auf 40 Bits erhöht werden.

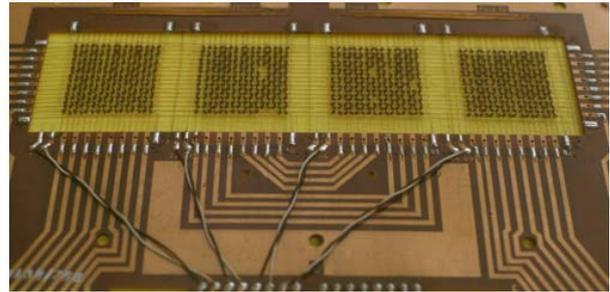


Abb. 45: Platine des Magnetkern-Schnellspeichers

Die Entwicklung der Z23 leitete Lorenz Hanewinkel. Hinzu kam Rudolf Bodo aus Wien, der dort an der Entwicklung des ersten europäischen Transistorrechners „Mailüfterl“ (von 1955 bis Mai 1958) an der TU unter Heinz Zemanek beteiligt war, wo ihn die ZUSE KG bereits finanziert hatte.

Langjährige Erfahrungen
und Anwendung
modernster Bauelemente
führten zur serienmäßigen Fertigung der

ZUSE Z23

Abb. 46: Ausschnitt aus einem Prospekt der ZUSE KG

Technische Daten:

- Transistortechnik: 2.700 Transistoren, 6.800 Dioden
- Wortlänge: 40 Bits, Gleitkomma
- Magnetkern-Schnellspeicher:
Kapazität: max. 256 Wörter,
Zugriffs-/Zykluszeit: 14/18 μ sec
- Magnettrommelspeicher:
Kapazität: 8.192 Wörter;
mittlere Zugriffszeit: 5 msec
- Taktfrequenz: 150 kHz
- Addition (FK/GK¹): 0,3/10,6 msec,
Multiplikation (FK/GK): 13/20 msec,
Division (FK/GK): 13/20 msec
- Zubehör: Magnetbandgeräte

1. FK = Festkomma, GK = Gleitkomma

Gesamtansicht des Rechners:

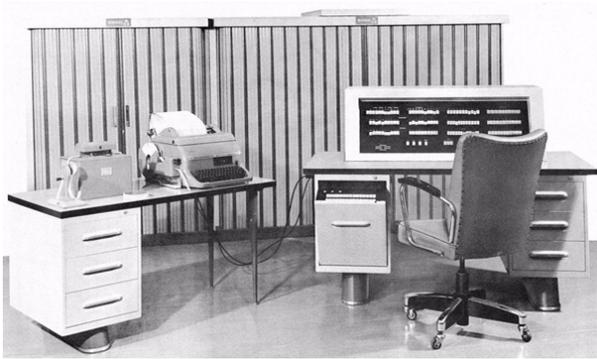


Abb. 47: Ansicht der Rechananlage Z23

Die Platinen der Z23 wurden manuell gefertigt und waren damit anfällig für kalte Lötstellen und Haarrisse.

Abb. 48 zeigt eine Platine mit zwei ODER-Gattern mit je drei Eingängen und negiertem Ausgang (NOR) in Dioden-Transistor-Logik (DTL):

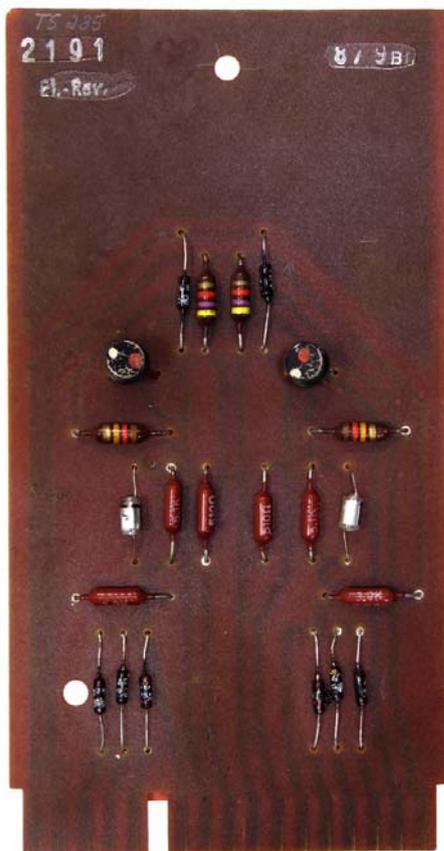


Abb. 48: Platine mit zwei ODER-Gattern mit je drei Eingängen in DTL

Die Logik der Schaltung übernehmen die Dioden an den Eingängen. Zur Signalverstärkung mit negierender Wirkung diente der Transistor.

In Abb. 49 wird oben der Zustand gezeigt, wenn an allen drei Eingängen das Signal „0“ liegt. Der positiv vorgespannte PNP-Transistor ist gesperrt, weil seine Basis positives Potential hat. Die negative Betriebsspannung bestimmt das Potential am Ausgang, er hat folglich den Wert „1“ (negative Logik). Wird an mindestens einen der Eingänge negatives Potential gelegt, also logisch „1“ (unteres Bild), dann ist auch die Basis des Transistors negativ gegenüber dem Emitter. Ein Strom kann durch den Transistor fließen und die ganze Betriebsspannung fällt am Widerstand R_A ab. Der Ausgang hat etwa 0 Volt und damit den logischen Wert „0“. Das RC-Glied im Signalweg dient der Verbesserung der Flankensteilheit der digitalen Impulse.

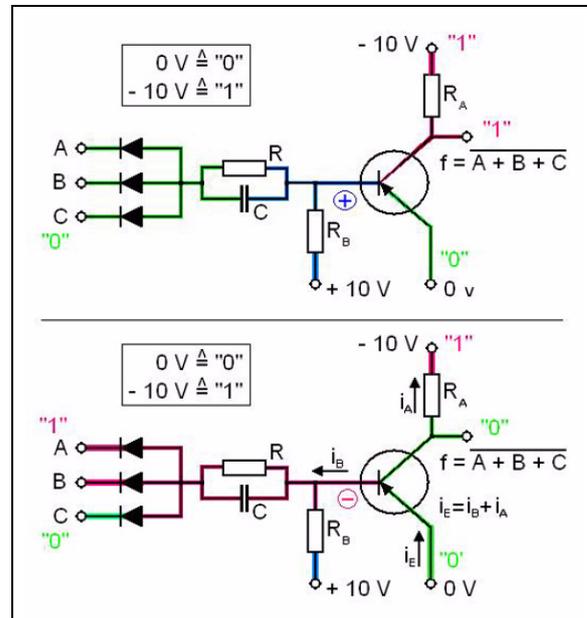


Abb. 49: ODER-Gatter mit Negation in Dioden-Transistor-Logik

Transistorrechner Z23V

Die ab 1964 produzierte Z23V erhielt einige Verbesserungen, u. a. eine Programmunterbrechungs- (Interrupt-)schaltung und die Möglichkeit zum Anschluss einer Kernspeichererweiterung von 4.096 oder 8.192 Wörtern (Modell Z23VK).



Abb. 50: Die 4-KW-Kernspeichererweiterung der Z23VK

Mit der Kernspeichererweiterung bekam die Z23 eine deutlich höhere Leistung, weil die Wartezeiten beim Zugriff auf die Magnettrommel nicht mehr entscheidend waren.

Zuse-Rechner nach Göttingen?

In Göttingen wurde ein von der Aerodynamischen Versuchsanstalt (AVA) 1959 beschaffter Magnettrommelrechner IBM 650 von der AVA, den Göttinger Max-Planck-Instituten und der Universität Göttingen gemeinsam benutzt. Da die Maschine schon

bald ausgelastet war, prüften einzelne Institute die Beschaffung eigener Rechenanlagen. Das Max-Planck-Institut für Strömungsforschung dachte dabei an eine Zuse-Rechenanlage. Der erste Schritt war der Besuch eines Programmierkurses durch einen Mitarbeiter:

Wir erlauben uns, Sie zu einem Kurs über die
Programmierung
unserer elektronischen Rechenanlage Zuse Z 22 R
einzuladen.

Dieser Einführungskurs beginnt am

Montag, den 20. Juni 1960 um 9 Uhr in Hannover,
Restaurant Schloßwende, Königswortherplatz 3

und dauert bis zum 24. Juni 1960

Im Laufe der Tagung haben Sie Gelegenheit, praktische Programme auf der elektronischen Rechenanlage Zuse Z 22 zu erproben. Ihre Teilnahme bitten wir Sie, uns auf beiliegender Antwortkarte mitzuteilen.

Wir würden uns freuen, Sie anlässlich der Tagung begrüßen zu können und zeichnen

mit verbindlicher Empfehlung

ZUSE KG

Bad Hersfeld, im Mai 1960

Abb. 51: Einladung zum Programmierkurs für die Z22

Der Kurs dauerte eine ganze Woche, wobei die Anlage ausführlich vorgestellt wurde:

<i>Programm</i>	
Montag, den 20. Juni 1960	
9 Uhr	Begrüßung durch Herrn Prof. Dr. W. Zerna Der Freiburger Code (Zahlen und Befehls- darstellung, Symbole, Befehle, Befehls- kreislauf)
Dienstag, den 21. Juni 1960	
	Fortsetzung: Freiburger Code Flußdiagramme - Druckbefehle - Bandbefehle
Mittwoch, den 22. Juni 1960	
	Aufbau der Z 22 R Adressenrechnen - Adresssubstitution
Donnerstag, den 23. Juni 1960	
20 Uhr	Intern Code - Grundprogramme Gemeinsames Abendessen
Freitag, den 24. Juni 1960	
15 Uhr	Adressenloses Programmieren Bericht von Prof. Dr. Zerna über den Ein- satz der Zuse Z 22 am Lehrstuhl für Massiv- bau der T. H. Hannover
Täglich 9 Uhr	Beginn der Vorträge
15 Uhr	Programmierungsübungen auf der elek- tronischen Rechenanlage Z 22

Abb. 52: Programm des Programmierkurses für die Z22

Die Firma ZUSE KG reservierte für den Kursteilnehmer ein Hotelzimmer in Hannover:

Deutsche Bundespost
158 FULDA TELEX VON BÄDHERSFELD 26/24 15 1450 =

Datum: 20.6.60
Uhrzeit: 15.16
Empfänger: Göttingen
4911A FULDA D

Bereits reserviert

HERR KIRDE
MAXPLANCK-INSTITUT FÜR
STROMUNGSFORSCHUNG
BOETTINGERSTR 6/8 GOETTINGEN =

Lehrmerk: 1516 1517

EIN EINBETTZIMMER FÜR SIE AB 20.6. ABENDS IM HOTEL GILDEHOF
HANNOVER JOACHIMSTR 6 RESERVIERT = ZUSE KG +

Dienliche Rückfrage: COL 6/8 20.6. 6→

Abteilungs-Nr. Hannover 6000 Bilde (a 100 St. / 6, 50)
+ C 187, DIN A 5 (02-294)
(Vl. 2 Anl. 4)

Abb. 53: Ein Hotelzimmer wurde reserviert

Das im Herbst versendete Angebotsschreiben unterschrieb Konrad Zuse persönlich:

ZUSE K.-G.

**ELEKTRONEN- UND RELAIS-RECHENANLAGEN
FERTIGUNGS- UND ABRECHNUNGSZENTRALEN**

An die
Georg-August-Universität
Max-Planck-Institut für
Strömungsforschung
z.Hd. Herrn Dipl. Ing. K i r d e
Göttingen

Ihre Zeichen: (16) Bad Hersfeld, Wehnebergstr. 4
Ihre Nachricht vom: den 12. Oktober 1960
Unsere Zeichen: Vertrieb
Betr.: Neuentwicklungen von transistorisierten elektronischen
Rechenanlagen für mathematisch-wissenschaftliche und
kaufmännisch-organisatorische Zwecke

Sehr geehrter Herr K i r d e !

Der ständig zunehmende Einsatz elektronischer Rechenanlagen auf allen Gebieten der Wissenschaft und Technik, Wirtschaft und Industrie, führte zu einer steigenden Nachfrage nach mittelgroßen, leistungsstarken Rechenanlagen, die preislich wie auch leistungsmässig den jeweiligen Gegebenheiten und Erfordernissen angepasst werden können.

In längerer Entwicklungsarbeit gelang es unseren Wissenschaftlern und Ingenieuren zwei Rechenanlagen zu entwickeln, welche diesen Forderungen entsprechen.

Mit den beiliegenden Prospekten erlauben wir uns, Sie über diese beiden neu entwickelten programmgesteuerten elektronischen Rechenanlagen in Transistortechnik ZUSE Z 23 und ZUSE Z 31 zu informieren.

Beide Anlagen repräsentieren in ihrer Klasse den neuesten Stand der Technik.

Während es sich bei der ZUSE Z 23 um eine Weiterentwicklung der seit einigen Jahren in laufender Serie hergestellten und mit bestem Erfolg eingesetzten programmgesteuerten elektronischen Rechenanlage ZUSE Z 22 R handelt, ist die ZUSE Z 31 eine völlige Neuschöpfung.

- 2 -

Dresdner Bank, Kto. 27004, Bad Hersfeld; Deutsche Bank, Kto. 09410, Bad Hersfeld; Kreis- und Stadtparkasse, Kto. 4580, Bad Hersfeld; Fennschickkassen: Frankfurt/Main, Kto. 528/84
Fernsprecher: Bad Hersfeld 2751/52 - Fernschreiber: 04/9229 - Bahn und Post: Bad Hersfeld
SAMSTAGS BETRIEBSRUHE

Abb. 54: Angebot einer Z23 oder Z31 im Oktober 1960, erste Seite

ZUSE K.-G., Bad Hersfeld

Blatt 2 zum Brief vom 12.10.60 an die Universität Göttingen

Diese Anlage ist im Baukastensystem gebaut, jederzeit beliebig erweiterbar und läßt sich sowohl für wissenschaftlich-technische wie auch für

kommerzielle und organisatorische Probleme gleich günstig einsetzen.

Sie arbeitet im dezimalen Zahlensystem und kann wahlweise mit Lochstreifen- oder Lochkarten- Ein- und Ausgabe ausgerüstet werden. Das Letztere gilt übrigens auch für die Z U S E Z 23.

Der Preis für die Grundmaschine der Z U S E Z 23 beträgt

DM 340.000,--,

der Preis für die Grundmaschine der Z U S E Z 31

DM 110.000,--

Unsere Mathematiker und Fachingenieure sind gern bereit, sich mit Ihnen unverbindlich über weitere Einzelheiten, insbesondere auch über die Einsatzmöglichkeiten dieser beiden programmgesteuerten elektronischen Rechenanlagen zu unterhalten.

Ihre diesbezüglichen Wünsche bitten wir, direkt an unsere Vertriebsabteilung zu richten. Selbstverständlich sind wir auch gern bereit, Ihnen weiteres Informationsmaterial zur Verfügung zu stellen.

Auf unserem Ausstellungsstand, anlässlich der INTERKAMA in Düsseldorf vom 19. bis 26. 10. 1960, Halle F, Standnr.6019, erteilen Ihnen unsere Mathematiker gern weitere Informationen.

Wir würden uns freuen, wenn unsere beiden Neuentwicklungen Ihr Interesse finden und begrüßen Sie

mit verbindlicher Empfehlung
Z U S E K G

Abb. 55: Angebot einer Z23 oder Z31 im Oktober 1960, zweite Seite, vom Chef unterzeichnet

Die Göttinger Institute machten jedoch gemeinsame Sache und entschieden sich für eine Großrechenanlage IBM 7040 und eine IBM 1401. Beide Maschinen wurden im Juni 1964 im Göttinger Rechenzentrum der AVA in Betrieb genommen.

Zeichentisch Graphomat Z64

Nach einem Vormodell Z60, das im Auftrag der Flurbereinigungsbehörden Wiesbaden entwickelt wurde, produzierte Zuse ab 1961 (Entwicklungsbeginn 1958) ein langjähriges Erfolgsmodell, den automatischen Zeichentisch „Graphomat Z64“.

Zentrale Baugruppen waren zwei von Konrad Zuse konstruierte Binärstufengetriebe (duale Planetengetriebe). Über Addiergetriebe konnten sich verschiedene, im Binärsystem abgestimmte Geschwindigkeitsstufen überlagern. Die einzelnen Stufen wurden über Kupplungen zu- und abgeschaltet, wobei die jeweilige Geschwindigkeit als Binärzahl an diesen Kupplungen eingestellt wurde. Die Umschaltungen mussten sehr schnell erfolgen: Man erreichte etwa 16 Schaltungen pro Sekunde. Die Genauigkeit von 1/16 mm wurde von keinem anderen Produkt erreicht. Die Ansteuerung des Zeichentisches erfolgte über Lochstreifen, Lochkarten oder online mit dem Rechner ZUSE Z25.

Das Gerät in Transistortechnik wurde in zwei Grundausführungen angeboten, die sich in Größe und Aufbau des Zeichentisches unterschieden: Modell G1 hatte einen 550 mm x 600 mm großen Zeichentisch, der in y-Richtung bewegt wurde. Der Zeichenkopf führte die x-Bewegung aus. Modell G4 verfügte über einen 1.200 mm x 1.400 mm großen feststehenden Zeichentisch, über den der Zeichenkopf sowohl in x- als auch in y-Richtung bewegt werden konnte.

Vom Z64 wurden 128 Exemplare verkauft und bei der Landvermessung, in der Meteorologie, beim Straßen- und Schiffbau sowie in der Textilindustrie eingesetzt.

Die Firma ZUSE KG nutzte den Zeichentisch auch bei der Herstellung der Rechnerplatten:

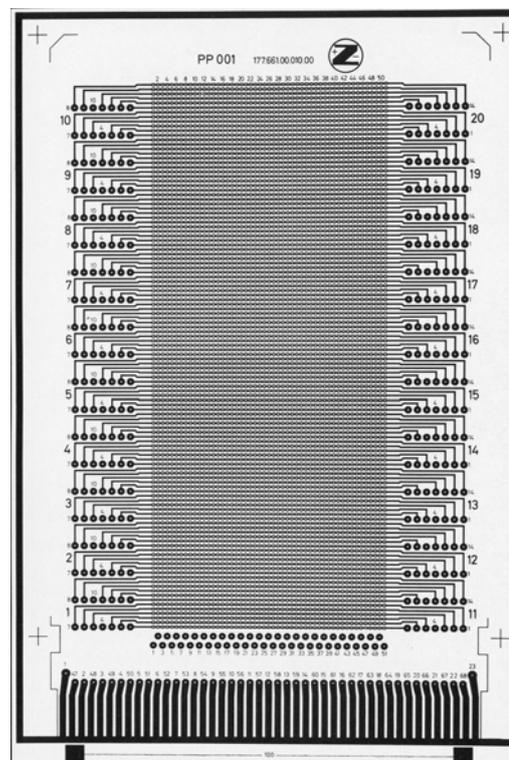


Abb. 56: Auf dem Graphomat gezeichnetes Platinenlayout

Transistorrechner Z25

Die serielle Kurzwortmaschine Z25 wurde ab 1960 von Radoslav Didi und Herbert Heins entwickelt, und zwar als Zusatzrechner für den Zeichentisch Z64. „Jedoch wurde dieses Gerät im Laufe der Entwicklung umfangreicher und nahm schließlich die Form eines kleinen Universalrechners an. Um diese Zeit (1960 und die folgenden Jahre) begannen sich die Stahlwerke für die Prozeßsteuerung zu interessieren. Man dachte daran, den Walzwerksprozeß stufenweise mit Computern zu automatisieren. Mit einigen Aufträgen gelang uns ein guter Start.“¹



Abb. 57: Der Transistorrechner Z25 und der Zeichentisch Graphomat Z64

Der Rechner war als Baukastensystem gestaltet, eine Zusammenschaltung von bis zu drei Zentraleinheiten war möglich.

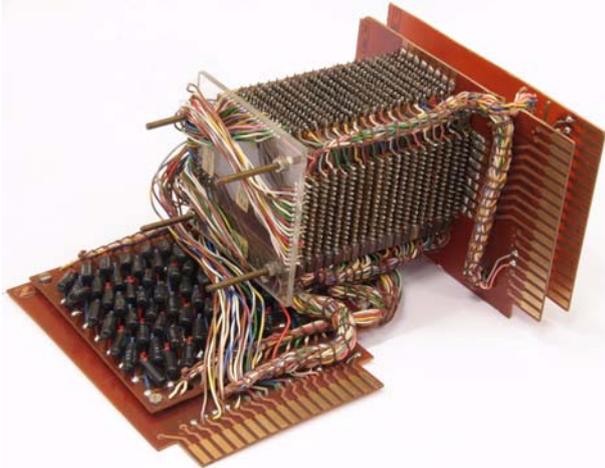


Abb. 58: Ein Magnetkernspeichermodul mit der Kapazität 1.024 Wörter

Technische Daten:

- Transistortechnik: 1.250 Transistoren, 4.500 Dioden
- Wortlänge: 18 Bits + Vz., Festkomma
- kein analytischer Code
- Programmspeicher (fest verdrahteter Ferritkernspeicher): Kapazität: 2.048 oder 4.096 Wörter, Zugriffszeit: 3,4 μ sec
- Magnetkernspeicher (3D): Kapazität: von 256 bis 16.352 Wörter, Zugriffs-/Zykluszeit: 8/10 μ sec
- Taktfrequenz: 294 kHz

1. Zitat aus Konrad Zuse: Der Computer mein Lebenswerk

- Addition 140 μ sec, Multiplikation: 2,94 msec, Division: 3,08 msec
- Leistung: 7.100 Op./sec
- Ein-/Ausgabe: Siemens-Fernschreiber T100, Lochstreifen- und Lochkartengeräte
- Zubehör: Magnetbandgeräte

Es kam aber dazu, dass die Auslieferung nicht planmäßig ablief. Ein neuer Transistortyp, der eine andere Löttechnik erfordert hätte, wurde eingesetzt und die Fehlerstellen traten erst nach einiger Zeit in Erscheinung. Man konnte nicht ausliefern und die Finanzierung der Firma geriet in große Schwierigkeiten.

Schließlich wurden immerhin 128 Exemplare verkauft.

Transistorrechner Z31

Die ab 1960 von Helmut Wehring entwickelte Maschine sollte eine kleine, unkomplizierte Maschine für kommerzielle Zwecke werden. Sie wuchs aber zu einer Maschine heran, die dann nur einen kleinen Kundenkreis fand.



Abb. 59: Gesamtansicht der ZUSE Z31

Nach Anlauf der Serienproduktion 1961 geriet man wie auch bei der Z25 in massive Fertigungsprobleme. Die kleine dezimale alphanumerische Serienmaschine nach dem Baukastenprinzip wurde erstmals im November 1962 ausgeliefert. Nur sechs Exemplare konnten verkauft werden.

Technische Daten:

- Transistortechnik: 13.000 Transistoren, 6.000 Dioden
- Wortlänge: 44 Bits (10 Dezimalstellen + Vz.), Festkomma
- analytischer Code
- Programmspeicher (fest verdrahtet): Kapazität: 2.500 Befehle/Steckeinheit, Zugriffszeit: 5 μ sec
- Magnetkern-Schnellspeicher: Kapazität: 200 - 1.000 Wörter, Zykluszeit: 390 μ sec
- Taktfrequenz: 53 kHz

- Addition 210/420 μ sec (ohne/mit Speicherzugriff), Multiplikation: 25 msec, Division: 40 msec
- Zubehör: Magnetbandgeräte

Transistorrechner Z26

1963 wurde mit der Entwicklung des Prozessrechners Z26 begonnen.

Wegen der Konkurrenzsituation auf dem Computermarkt und knapper finanzieller Ausstattung wurde die in Entwicklung befindliche schnelle Kurzwortmaschine Z26 fallengelassen. Sie wurde später von der Siemens AG als Prozessrechner „Siemens 301“ ins Programm genommen.

4.4.6 Das Ende der ZUSE KG (1964-1971)

Markterfolg

Die Firma ZUSE KG hatte bis Mitte der 60er-Jahre eine gute Marktposition in Deutschland inne. Den Verfall dieser Stellung machen die beiden Tabellen 1 und 2 deutlich:

Firma	installierte DV-Anlagen	bestellte DV-Anlagen
IBM	1.450	1.851
Remington Rand UNIVAC	275	81
Zuse	222	18
Bull/GE	194	136
Siemens	83	132
...
Telefunken	24	5

Tab. 1: Datenverarbeitungsanlagen in Deutschland am 1. Juli 1966

Firma	installierte DV-Anlagen	bestellte DV-Anlagen
IBM	2.509	859
Bull/GE	429	112
Remington Rand UNIVAC	378	184
Siemens	291	135
Zuse	240	5
...
Telefunken	55	79

Tab. 2: Datenverarbeitungsanlagen in Deutschland am 1. Juli 1968

1963 beschäftigte die ZUSE KG ca. 1.000 Mitarbeiter.

Am 27. Januar 1964 wurde der Grundstein für ein neues Werk gelegt, im Juni 1964 feierte man das Richtfest am Neubau. Die Firma hatte etwa 1.200 Mitarbeiter.

1964 übernahm die Firma Rhestahl die Mehrheit an der ZUSE KG, 1965 übernahm die Firma Brown, Boveri & Cie. AG (BBC), Mannheim, 100 % der Kapitalanteile, während Zuse noch Komplementär blieb.

1967 gab BBC 70 % der Anteile an die Siemens AG ab. Konrad Zuse schied als Gesellschafter aus, war aber weiterhin beratend tätig.

Ab 1969 gehörte die Firma zu 100 % der Siemens AG; Konrad Zuse schied aus.

1971 wurde die ZUSE KG aufgelöst, der Firmenname gelöscht und die Mitarbeiter weitestgehend in den Siemens-Konzern übernommen.

Zuse-Spezialisten

Zur GWDG kamen zwei Mitarbeiter, die bei der Firma ZUSE KG ihre ersten Berufserfahrungen gesammelt hatten: der Mathematiker Helmut Hoos, der in Bad Hersfeld in der Zentrale tätig war, und der Techniker Norbert Weisser, der in Berlin Zuse-Rechenanlagen betreute.

4.4.7 Wissenschaftliche und künstlerische Arbeit (1965-1995)

Obwohl die Arbeiten Konrad Zuses am Plankalkül nach nun fast 20 Jahren veraltet und entsprechende Programmiersprachen verbreitet waren, arbeitete Zuse fortan daran weiter. Auch die Arbeiten am „Rechnenden Raum“, also zur Parallelisierung von

Computerprogrammen und die Gedanken über sich selbst reproduzierende Systeme wurden weiterentwickelt und veröffentlicht.

Professor in Göttingen

Nach Lehraufträgen an der ETH Zürich und der TU Berlin wurde Konrad Zuse am 30. November 1966 von der Universität Göttingen, Fachbereich Wirtschaftswissenschaften, zum Honorarprofessor ernannt.



Abb. 60: Konrad Zuse im Ruhestand

Im Sommersemester 1967 hielt er im Fach Betriebswirtschaftslehre die Vorlesung „Allgemeine Einführung in die Entwicklungstendenzen informationsverarbeitender Geräte“, 14-tägig am Freitag von 14:00 Uhr bis 16:00 Uhr. Diese Vorlesung bot er auch im darauffolgenden Wintersemester 1967/68 und im Sommersemester 1968 an, und zwar sowohl für das Fach Betriebswirtschaftslehre als auch unter „Sonstige öffentliche Vorlesungen“.

Im Wintersemester 1968/69 lautete der Titel der Vorlesung „Allgemeine Einführung in die Entwicklungstendenzen informationsverarbeitender Systeme – II. Teil“.

Im Wintersemester 1969/70 las er noch einmal „Entwicklungstendenzen informationsverarbeitender Systeme“ für die Studierenden der Betriebswirt-

schaft und unter der Rubrik „Öffentliche Vorlesungen und Kurse für Hörer aller Fakultäten“.

Da das Interesse an dieser Vorlesung nachließ, stellte Konrad Zuse die Vorlesungen ein und wurde vom Sommersemester 1970 an im Vorlesungsverzeichnis als „beurlaubt“ vermerkt.

Biografie und Vorträge

„Der Computer mein Lebenswerk“

Während dieser Zeit schrieb Konrad Zuse seine Autobiografie „Der Computer mein Lebenswerk“, die 1970 im „verlag moderne industrie“ erschien.

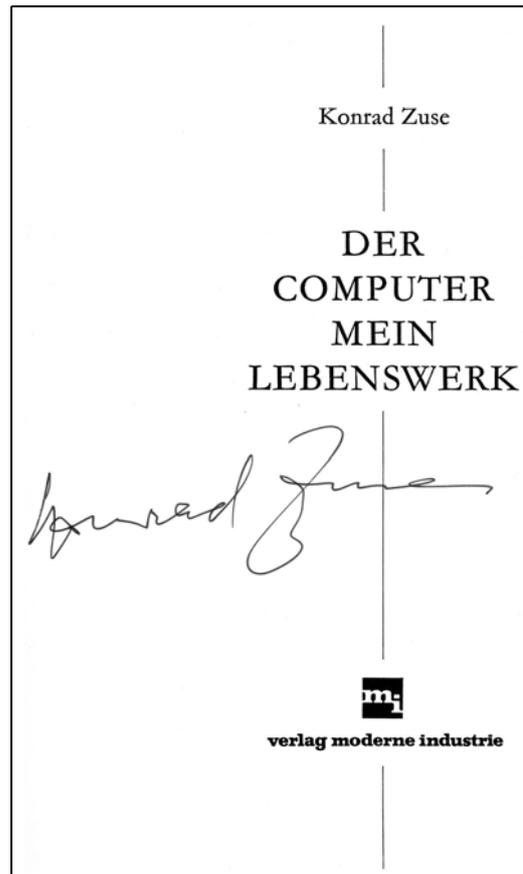


Abb. 61: Titelblatt der Autobiografie mit Autogramm des Verfassers

Eine Neuauflage in überarbeiteter Form erschien 1984 im Springer-Verlag.

Vorträge

Einen Besuch Konrad Zuses in Göttingen – um im großen Hörsaal einen Vortrag zu halten und anschließend bei der GWDG – konnten wir am 12. Februar 1986 erleben.

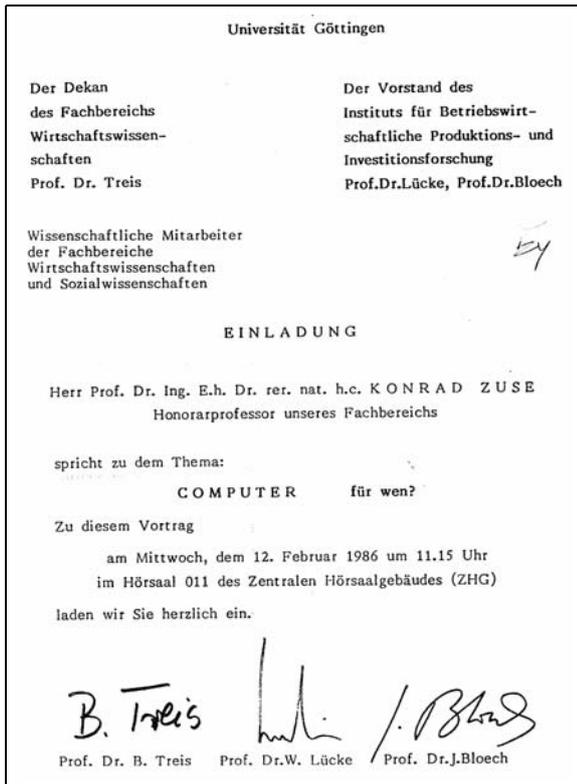


Abb. 62: Einladung zum Vortrag in der Universität Göttingen

Malerei

Konrad Zuse war auch als Maler sehr produktiv, er beherrschte viele Techniken. Hier drei beispielhafte Ölgemälde aus der Serie „Hochhäuser“:



Abb. 63: „Harmonie“ – Ölgemälde von Konrad Zuse (gez. Kuno See) aus dem Jahr 1970¹



Abb. 64: „Gespiegelt“ – Ölgemälde von Konrad Zuse aus dem Jahr 1983²



Abb. 65: „Abendstimmung“ – Ölgemälde von Konrad Zuse aus dem Jahr 1992³

Tod im Alter von 85 Jahren

Konrad Zuse starb am 18. Dezember 1995 in Hünfeld.

1. © Dr. h.c. Friedrich Genser, Düsseldorf
2. © Dr. h.c. Friedrich Genser, Düsseldorf
3. © Dr. h.c. Friedrich Genser, Düsseldorf

5. Heinz Billing – der Erbauer der ersten deutschen Elektronenrechner

5.1 Von Salzwedel nach Sydney

5.1.1 Kindheit und Schulzeit

Heinz Billing wurde am 7. April 1914 in Salzwedel (in Sachsen-Anhalt) geboren. Sein Vater war Rektor der Mädchenvolksschule in Salzwedel. Er wurde im Ersten Weltkrieg nicht Soldat und konnte bei der Familie bleiben. Heinz hatte einen Bruder, den fünf Jahre älteren Erhard.

Mit sieben Jahren wurde Heinz im April 1921 eingeschult, und zwar direkt in die zweite Klasse, denn sein Vater hatte ihm bereits Lesen, Schreiben und Rechnen beigebracht. Er bekam auch gleich den Spitznamen „Meister“. Auf dem humanistischen Gymnasium, wo er Latein, Griechisch und Englisch lernte, machte er 1932 das Abitur.

5.1.2 Studium und Beruf

Mit dem Ziel, Gymnasiallehrer zu werden, begann Heinz Billing ein Studium der Mathematik und Physik. „Als Universitätsstandort kam für mich nur Göttingen in Frage. Göttingen war damals die Hochburg der Mathematik.“¹

Seine erste Studentenbude in Göttingen vermietete ihm eine strenge Zimmerwirtin, die vielerlei Vorschriften machte. Schon im nächsten Semester zog er in eine zweite Bude in der Bürgerstraße 32a bei Fräulein Mann, die ihn bemutterte. Trotzdem wechselte Heinz Billing im Frühjahr 1933 nach dem zweiten Semester nach München. Im Herbst 1934, zu Beginn des sechsten Semesters, trat er in das Physikalische Institut der Universität München mit dem Ziel der Promotion ein.

Bei seiner Doktorarbeit an der Universität München glückte ihm 1938 der von Albert Einstein (1879-1955) vorgeschlagene Spiegeldrehversuch zur Klärung des Dualismus Welle/Korpuskel beim Licht.

Nach zehensemestrigem Studium bewarb sich Heinz Billing unter anderem bei der Aerodynamischen Versuchsanstalt (AVA) in Göttingen, um bei der Arbeit in einem rüstungsnahen Betrieb dem Wehrdienst zu entgehen. Die AVA war verbunden mit dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Strömungsforschung, welches von Ludwig Prandtl (1875-1953) geleitet wurde, der am Anfang des 20. Jahrhunderts die Grundlagen der Strömungsforschung geschaffen hatte. Billing kam in das Institut für Instationäre Aerodynamik von Hans Georg Küßner.

1. Aus der im SUPERBRAIN-Verlag, Düsseldorf, veröffentlichten Autobiografie „Ein Leben zwischen Forschung und Praxis – Heinz Billing“

5.1.3 Zweiter Weltkrieg

Im November 1938 wurde Heinz Billing dann doch zum Wehrdienst einberufen, und zwar zu einem Scheinwerferregiment nach Wolfenbüttel. Nach Kriegsbeginn wurde dieses Regiment am Südrand von Hannover eingesetzt. Weihnachten 1939 wurde die Einheit nach Sylt verlegt, um den Hindenburg-Damm zu schützen. Dann kam für Heinz Billing ein Marschbefehl nach Hamburg zum Wetterdienst – Beziehungen hatten dabei geholfen.

Überraschend für Billing wurde er Anfang 1941 UK (= unabhkömmlich) gestellt, und zwar bewirkte dies sein ehemaliger Institutsdirektor Küßner von der AVA in Göttingen. Heinz Billing kam also wieder nach Göttingen. Er konnte wieder in seine „Bude“ in der Bürgerstraße 32a bei Fräulein Mann einziehen.

Die berufliche Aufgabe Billings bestand nun darin, Mikrofone zu entwickeln, die an Bord von Jagdflugzeugen Feindflugzeuge erfassen und orten konnten. Die Weiterentwicklung des Radars machte später die erfolgreichen Entwicklungen Billings belanglos.

Ein weiteres erfolglos gebliebenes Projekt legte jedoch den Grundstein zu Billings Erfindung des Magnettrommelspeichers nach dem Krieg: Es ging darum, die Propellergeräusche eines Flugzeugs für die Aufnahme anderer Geräusche zu dämpfen, was Billing mit einem Magnetophonband, auf dem eine Endlosschleife lief, bewirken konnte. Durch Subtraktion des aufgenommenen Schalls wurde der Propellerklang kompensiert. Dies funktionierte jedoch nur im Labor, nicht aber im Flugzeug.

Am 3. Oktober 1943 heiratete Heinz Billing in Salzwedel Anneliese Oetker. Beide wohnten bei Fräulein Mann, bis sie im Sommer 1944 in die Schule, in der Anneliese als Lehrerin unterrichtete, umziehen konnten. Am 18. November 1944 wurde ihr Sohn Heiner geboren. Im Jahr 1945 zog die Familie in eine Dienstwohnung der AVA in der Hugo-Junkers-Straße 7 um.

5.1.4 Kriegsende

Am 7. April 1945 erreichten amerikanische Truppen den Rand von Göttingen und marschierten am 8. April in die Stadt ein. Die AVA wurde besetzt und vor den ehemaligen Mitarbeitern verschlossen.

Erst im Herbst 1945 wurden die Tore der AVA für einen kleinen Teil der Mitarbeiter, darunter Heinz Billing, wieder geöffnet. Der britischen Research Branch mit Sitz in der AVA Göttingen ging es um eine Auswertung technischer und wissenschaftlicher deutscher Arbeiten während des Krieges. Man

bekam die Aufgabe, über Ergebnisse der Kriegsarbeiten in aller Ruhe und Ausführlichkeit Berichte zu schreiben. Erwünscht waren auch Ausarbeitungen unfertiger Gedanken. Experimentelle Weiterführungen waren nicht möglich, da die Windkanäle und Labore geschlossen blieben. Das Geschriebene wurde ins Englische übersetzt und wurde zum „FIAT-Bericht“¹. Der deutsche Originaltext verblieb dem Verfasser.

Ende 1945 demonitierte man die großen Windkanäle und die Wissenschaftler der AVA zerstreuten sich bis auf wenige Ausnahmen in alle Welt.

5.1.5 Neubeginn

In der Bunsenstrasse 10 ließen sich die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft mit Max Planck und Otto Hahn, das Institut für Physik mit Werner Heisenberg, Max v. Laue und Carl Friedrich von Weizsäcker und das Institut für Hirnforschung mit Alois Eduard Kornmüller nieder.

Unter der Leitung von Konrad Beyerle mit tatkräftiger Beihilfe der englischen Besatzungsoffiziere (Research Branch mit Sitz in der AVA Göttingen) wurde im Mai 1946 ein „Institut für Instrumentenkunde“ gegründet, wohl auch, um der sehr großen jetzt verwaisten alten Werkstatt der AVA ein neues Betätigungsfeld zu verschaffen – auch, um besonders qualifizierte Mechaniker und Techniker für neue Aufgaben zur Verfügung zu haben. Billing baute in diesem Institut ein Labor für Hochfrequenztechnik auf.

Das Institut für Instrumentenkunde war im Gebäude des einstigen großen Windkanals der AVA untergebracht. Hier hatte Billing bis 1958 ausreichend Laborraum. Die Ausstattung des Institutes war jedoch anfangs erbärmlich: einige Verstärkerröhren aus Wehrmachtsbeständen, ein paar Messinstrumente für Strom und Spannung sowie ein kleiner, ganz einfacher Kathodenstrahlzillograph. Billing bekam Aufträge von den Instituten, die sich in den aufgelassenen Gebäuden der AVA niedergelassen hatten. Er konnte zwei Mitarbeiter einstellen: seinen alten Mitarbeiter Hofmeister von der ehemaligen Schallstation und einen begeisterten Rundfunkbastler und Funkamateurliebhaber, Liebermann².

5.1.6 Magnetophonspeicher

Im Spätsommer 1947 bereiste eine Gruppe englischer Computerfachleute aus dem National Physi-

cal Laboratory (NPL) in Teddington, wo man gerade mit der Entwicklung des Elektronenrechners „ACE“ begonnen hatte – darunter Alan M. Turing, John R. Womersley und Arthur Porter – die britische Besatzungszone Deutschlands, um das Computerwissen der deutschen Fachleute abzuschöpfen.

Geladen zu der in Form eines Kolloquiums stattfindenden Befragung durch die Engländer waren auf deutscher Seite u. a. Konrad Zuse (Relaisrechner seit 1939), Alwin Walther (TH Darmstadt, Differentialgleichungsmaschine ab 1941) und Helmut Schreyer (Röhrenversuchsmodell ab 1941).

Das nachfolgende Gespräch zwischen Billing und Womersley gab Billing den entscheidenden Impuls zur Entwicklung von Rechenmaschinen. Womersley berichtete von den englischen Plänen zur „Automatic Calculating Engine“ (ACE)³, eines binären schnellen seriellen elektronischen Rechenautomaten mit Verzögerungsspeicher. Dass die Verzögerungseinrichtung eine mit Quecksilber gefüllte Röhre ist, in der Ziffernimpulse als Schallimpulse entlanglaufen, erfuhr Billing nicht von ihm. Auch ein binäres Additionswerk beschrieb ihm Womersley.

Heinz Billing begann im Januar 1948 Versuche mit einem mit Tonband beklebtem Metallzylinder. Im Sommer 1948 wurde die Versuchsanordnung für 192 zwanzigstellige Dualzahlen einschließlich der notwendigen Synchronisierungseinrichtungen für das Umlaufregister fertig: ein erster Schritt zu einer Rechenanlage mit Magnetophonspeicher.

Billing schreibt: „Was mir der Engländer nicht verraten hatte, war die Tatsache, daß sich hinter der Verzögerungskette eine mit Quecksilber gefüllte Röhre verbarg, in der die Ziffernimpulse als Schallimpulse entlangliefen. Diese unvollständige Information leitete mich zwar zunächst in eine falsche Richtung – ich dachte an elektrische Verzögerungsketten –, doch dann kam ich auf die für mich naheliegende Idee der Magnettrommel. Magnetophone und Magnetophonbänder waren nämlich während des Krieges in Deutschland bis zu einem hohen Reifegrad entwickelt. Ich hatte bereits 1943 aus anderen Gründen mit einer Anordnung gearbeitet, bei der das Band zunächst an einem Gebekopf und dann an einem Empfangskopf vorbeilief. Mit der Magnettrommel hatte ich – ich meine dank der unvollständigen Information – zufällig sogar etwas Besseres und vor allem Einfacheres gefunden, als es meine englischen Lehrmeister hatten. Meine Idee war dabei, daß der Speicher aus einer rasch rotieren-

1. FIAT Review of German Science 1939-1946: Applied Mathematics
2. Billing verzichtet leider in seinen Texten darauf, auch die Vornamen seiner Mitarbeiter zu nennen.

3. Turing, Porter und Womersley entwickelten am NPL als Versuchsmodell die „Pilot-ACE“, die 1950 fertig wurde. Die ACE mit 7.000 Röhren wurde erst 1957 fertiggestellt.

den, mit magnetischem Material bedeckten Trommel bestand, auf der die Ziffern wie auf einem Magnetophonband aufgeschrieben wurden. Im Januar 1948 machte ich erste Versuche mit einer mit Tonband beklebten Magnettrommel für 192 zwanzigstellige Dualzahlen einschließlich der notwendigen Synchronisierungseinrichtungen für die Umlaufregister. Im Juli war das Prinzip der geplanten „Numerischen Rechenmaschine mit Magnetophonspeicher“ zur Veröffentlichung in der Zeitschrift ZAMM eingereicht. Sie erschien im Januar 1949. Am Ende der Veröffentlichung werden am Beispiel der gewöhnlichen Schrödingergleichung $Y''+F(x)Y+T(x)=0$ die Anforderungen an die Rechenmaschine erläutert. $F(x)$ und $T(x)$ sind numerisch vorgegebene Funktionen. Kommandierung erfolgt nicht vom Speicher, sondern vom Lochband her, welches für die hier benötigte Befehlschleife ringförmig zusammengeklebt werden kann. Auch die für jeden Integrationsschritt notwendige Adressenumrechnung wird bereits behandelt.“¹

5.1.7 Das Projekt droht zu scheitern

Auf einer GAMM-Tagung 1948 hielt Heinz Billing einen ersten Vortrag über seine „Numerische Rechenmaschine mit Magnetophonspeicher“. Anschließend begann aber das Projekt zu scheitern. Mit der Währungsreform am 21. Juni 1948 wurde der Etat des Instituts für Instrumentenkunde drastisch gekürzt. Kündigungen wurden angekündigt und die Gehaltszahlung unsicher. Seine zwei Mitarbeiter Hofmeister und Liebermann verschwanden nach Argentinien.

Am 29. Juli 1948 übergab Heinz Billing eine Akte zur Kenntnis der Max-Planck-Gesellschaft (MPG) mit dem detaillierten Vorschlag, in 33 Wochen mit einem Aufwand von 9.075 DM für Personal und 720 DM für Sachmittel die Funktionsfähigkeit der Rechenmaschine mit Magnetophonspeicher zu erweisen. Die Trommel sei bereits seit vier Wochen in Erprobung und der überwiegende Teil der benötigten Schaltelemente noch vor der Währungsreform gekauft. Das benötigte Personal seien drei Mann, nämlich ein Wissenschaftler, ein Techniker und ein Mechaniker. Nach Fertigstellung dieses Modells, an dem praktisch alle kritisch erscheinenden Elemente der Gesamtmaschine zu prüfen wären, ließe es sich durch Anfügen des Kommandowerkes und der Iterationseinrichtungen zu einer betriebsfähigen Rechenmaschine mit 192 Speicherplätzen vervollständigen.

Der Astrophysiker Ludwig Biermann (1907-1986) hatte das größte direkte Interesse an der Rechen-

maschine. Er war seit 1947 Leiter der astrophysikalischen Abteilung am Max-Planck-Institut für Physik und verfügte über die mit Tischrechenmaschinen ausgestattete Rechnergruppe der ehemaligen AVA, die in ihrer Kapazität auf die Dauer nicht seinen Wünschen entsprechen konnte. Er kannte die Grenzen der organisierten Nutzung mechanischer Tischrechenmaschinen und gehörte zu der kleinen Zahl von Wissenschaftlern, die sich sehr früh aus Überzeugung für die Entwicklung automatischer programmgesteuerter Rechenmaschinen einsetzten.

Die weitere Unterstützung für Billing war jedoch nicht groß, da man noch bis 1949 daran dachte, für die zu diesem Zweck in Göttingen gegründete Firma „Rechenautomaten GmbH“ in den Räumlichkeiten des Instituts für Instrumentenkunde eine Weiterentwicklung der analogen Integrieranlage der Vorkriegsfirma Askania zu fertigen. Dies ging jedoch schließlich zu Ungunsten des Standorts Göttingen aus, die Integrieranlage wurde bei Schoppe und Faeser in Minden entwickelt und gebaut.

Heinz Billing führte noch vor Weihnachten einer Gruppe, darunter Werner Heisenberg, Konrad Zuse und Ludwig Biermann, seine Versuchsanordnung mit Umlaufspeicher und Addierwerk funktionsfähig vor.

Konrad Zuse schreibt: „Ich erinnere mich noch gut an die erste Vorführung einer Speichertrommel durch Dr. Billing in Göttingen. Ehrlich gesagt, habe ich die Bedeutung dieser Erfindung damals nicht erkannt. Selber Erfinder zu sein heißt eben noch nicht, daß man in jedem Fall seine Kollegen versteht. Tatsächlich war die Trommel auf Jahre hinaus der weitaus wirtschaftlichste Speicher für elektronische Rechenmaschinen.“²

Dann verließ auch Heinz Billing der Mut. Professor Myers, Leiter des Department of Electrical Engineering an der Universität Sydney, der dort mit der Entwicklung elektronischer Rechenmaschinen beginnen wollte, kam nach einer Reise durch die USA und England kurz vor Weihnachten nach Göttingen und besuchte Billing. Beeindruckt von der Magnettrommel fragte er Billing, ob dieser zur Mitarbeit nach England oder Australien kommen wollte. Billing sagte zu, denn der ferne Kontinent reizte ihn und er sollte zunächst auf neun Monate ohne Familie zur Probe kommen, um an der Universität Sydney in Australien eine Rechenmaschine mit Magnettrommelspeicher zu entwickeln und zu bauen.

Am 10. Januar 1949 verfasste Billing eine Notiz an Biermann über den Entwicklungsstand der Göttin-

1. Aus Heinz Billing: „Die Göttinger Rechenmaschinen G1, G2 und G3“ im MPG-Spiegel 4/82

2. Zitiert aus: „Konrad Zuse: „Der Computer – Mein Lebenswerk“, 2. Auflage, Springer Verlag

ger Rechenmaschine: Mit den Plänen vom Juli 1948 (s. o.) ist es langsamer vorangegangen als beabsichtigt, wegen Währungsschwierigkeiten konnte man erst sechs Wochen später beginnen und der Hochfrequenz-Ingenieur war ausgefallen. Beyerle überließ daraufhin Billing den Ingenieur Wiese und den Konstrukteur Fritz Schuster aus seiner Mannschaft.

Am 20. Juni 1949 übergab Billing einen Zwischenbericht auf 34 Seiten mit 30 Bildern mit der Darstellung der bisherigen Ergebnisse und der zukünftigen Pläne – ein detailliertes Konzept des geplanten Rechners. So konnten Billings Mitarbeiter Wiese und Schuster die Arbeit fortführen. Schuster übernahm während der Australienzeit die Weiterentwicklung und stand in ständigem Briefwechsel mit Billing.

5.1.8 Sydney/Australien

Ende Juli 1949 reiste Heinz Billing mit einer Zwischenstation in England nach Australien ab.

Beim einwöchigen Aufenthalt in England besuchte Heinz Billing die Rechnerentwicklungen in London (Andrew D. Booth am Birkbeck College verfolgte auch die Entwicklung eines Trommelspeichers für den seit Mai 1948 laufenden Rechner „ARC“), Cambridge (Maurice V. Wilkes: EDSAC – serielle Maschine mit Quecksilberlaufzeitspeicher, im Mai 1949 fertig gestellt) und Manchester (Frederic C. Williams und Tom Kilburn entwickelten MARK 1 – parallele Maschine mit Kathodenstrahlröhrenspeicher – ging im April 1949 in Betrieb; Williams war allerdings gerade auf Reisen).

Besonders interessant war für Billing, dass man auch in Manchester einen Magnettrommelspeicher entwickelte. Im Gegensatz zu Billing, der Eisenoxid auf den Trommelzylinder aufspritzte, verwendete man dort elektrolytisch aufgebrachtes Nickel. (Eisenoxid setzte sich durch, da man damit stärkere Signale erhielt.) Wesentlich war eine neue Idee des Aufzeichnungsverfahrens, nämlich „non zero return“ (NRZ = Wellenschrift, siehe Abb. 1). Mit diesem Verfahren konnte man 300 Ziffern auf einem Quadratzentimeter Trommeloberfläche speichern – 30 mal mehr als auf der Versuchstrommel in Göttingen.

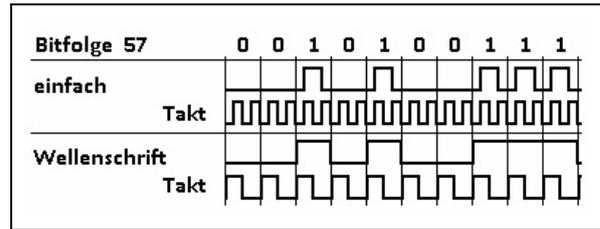


Abb. 1: Fortschritt im Aufzeichnungsverfahren: bei gleichem Takt doppelte Informationsdichte

In einem Brief an Ludwig Biermann empfiehlt Billing, dass Herr Wiese einen solchen Versuchsspeicher bauen möge. „Unsere Göttinger Maschine ist ja ohnehin nur als Modell gedacht. Wenn ich nach einem $\frac{3}{4}$ Jahr zurückkommen sollte, hoffe ich Ihnen eine noch wesentlich bessere Maschine hinstellen zu können, als wir sie bisher geplant hatten, bei nicht wesentlich größerem Aufwand.“¹

In Göttingen setzte sich nun Ludwig Biermann für die zu bauende Rechenmaschine ein. Biermann glaubte an die Zukunft der Digitalrechner und verständigte sich mit Werner Heisenberg.

Schon in den ersten Monaten seiner Australienzeit erhielt Billing einen von Heisenberg unterzeichneten Brief mit dem Angebot, in Göttingen unter wesentlich verbesserten Arbeitsbedingungen für das Max-Planck-Institut für Physik und Astrophysik Rechenautomaten auf Grundlage der hinterlassenen Pläne zu bauen. Er würde Leiter einer von ihm zusammen zu stellenden Gruppe. Formal bliebe er in seinem alten Institut für Instrumentenkunde. Die vorgesehene finanzielle Ausstattung erschien ausreichend und in den anschließenden brieflichen Verhandlungen wurde ihm dann noch die Trennung seines Etats von dem des Instituts für Instrumentenkunde zugesagt. Kurz vor Weihnachten gab Billing seine endgültige Zusage und kehrte nach Göttingen zurück – fünf Wochen per Schiff mit Zwischenstation in London.

Die Rückkehr fiel Heinz Billing nicht schwer, denn schon kurz nach seiner Ankunft in Sydney eröffnete ihm Myers, „daß sein Plan, eine elektronische Rechenmaschine zu bauen, vorerst gescheitert sei. Während er in der Welt herumgereist war, um sich über den internationalen Stand zu orientieren, hatten Kollegen aus der physikalischen Fakultät der Universität Sydney mit der Entwicklung eines Rechners nach britischem Vorbild begonnen.“² Als Speicher war ein Quecksilber-Laufzeitspeicher vorgesehen. Sie hatten die Unterstützung der Universität

1. Aus dem Brief Billings an Ludwig Biermann

2. Der Rechner „SILLIAC“ wurde 1956 fertig.

erhalten inklusive der finanziellen Zuwendungen. Zwei unabhängige Entwicklungen kamen nicht in Frage. Um Dr. Myers nicht ganz leer ausgehen zu lassen, erlaubte man ihm, Teilgeräte zur Hilfe beizusteuern. Damit hatte ich zwar die Möglichkeit, mich um den Magnettrommelspeicher zu kümmern, aber meine hochfliegenden Pläne hatten anders ausgesehen. Ich ließ mir in der Werkstatt eine Trommel bauen, die ich nach englischem Vorbild galvanisch mit Nickel überziehen ließ. Nickel erwies sich als schlechter im Vergleich zu meiner Göttinger Trommel mit Eisenoxyd. Bei der Zusammenarbeit mit der Zentralwerkstatt ging auch alles viel zögerlicher voran, als ich es von Göttingen gewohnt war. [...] Auch der Zugriff zu den englischen und amerikanischen Fachzeitschriften war für mich eine neue positive Erfahrung, wenn sie auch viele Monate alt waren, bis sie in unserer Bibliothek ausgelegt wurden. Neue, mir interessant erscheinende Schaltungen, wie den „blocking oscillator“ zur Herstellung kurzer elektrischer Impulse oder den stark gegengekoppelten Verstärker mit seiner großen Frequenzbandbreite konnte ich dort mit meinen Kollegen gleich ausprobieren und dann später auch in Göttingen verwenden.“¹

5.2 Die Göttinger Rechenmaschinen

Den Ausgangspunkt der Entwicklungen bildeten die praktischen Probleme aus dem Bereich der theoretischen Physik und Astrophysik, wegen derer Ludwig Biermann das Projekt der Rechenmaschine vorantrieb.

5.2.1 Arbeitsgruppe „Numerische Rechenmaschinen“

Mitte Mai 1950 war Heinz Billing wieder in Göttingen.

Konrad Beyerle, der Leiter des Instituts für Instrumentenkunde, stellte für die neu aufzubauende Arbeitsgruppe reichlich Laborraum im Obergeschoss von Haus 6 (beherbergte ehemals den größten deutschen Windkanal) zur Verfügung.

Von Beyerle erhielt er eine halbe Sekretärinnenstelle für Verwaltung und Schreibarbeiten, Fräulein Räuber, und das Mitbenutzungsrecht seiner Werkstatt. Die Arbeitsgruppe erhielt den Namen „Arbeitsgruppe Numerische Rechenmaschinen“.

Im Institut für Physik fühlten sich zunächst zwei Abteilungsleiter, Ludwig Biermann und Karl Wirtz, für Billing zuständig. Billings Mitarbeiter Wiese wurde von Wirtz „herausgeekelt“, indem er ihm ein

nicht akzeptables Gehaltsangebot machte. Wiese hatte wohl auch während Billings Abwesenheit den Fortgang der Entwicklungsarbeit mit zu wenig Elan verfolgt. Von den alten Mitarbeitern blieb also nur Fritz Schuster, ein erfahrener Techniker, Konstrukteur und Zeichner, der bis zu seiner Pensionierung bei Billing geblieben ist.

Zwei Wissenschaftler konnte Billing einstellen: im Juli 1950 Hermann Öhlmann und im Januar 1951 Wilhelm Hopmann, beide Diplom-Physiker. Als Elektrotechniker, die im Wesentlichen die Schaltungen zusammenlöten sollten, stellte er den Rundfunktechniker Arno Carlsberg und später H. Seibt ein. Weiterhin stellte er den Mechanikermeister Hans Lindner, der während des Krieges bei der AVA war und nun im Göttinger Filmstudio wegen dessen Niedergang keinen sicheren Arbeitsplatz mehr hatte, ein.

Mit seiner kleinen Arbeitsgruppe „Numerische Rechenmaschinen“ entwickelte Billing nun in einer sehr engen Arbeitsgemeinschaft mit der Gruppe um Ludwig Biermann in den Jahren 1950 bis 1960 die viel beachteten Rechenautomaten G1, G2 und G3 – jeder Typ etwa zehnmals schneller als sein Vorgänger.

5.2.2 Materialbeschaffung

Die Finanzierung war gesichert, Heisenberg hatte aus dem Marshallplan 200.000,- DM erhalten. Geld für die Beschaffung von Röhren, Widerständen usw. stand damit zur Verfügung.

Problematisch war allerdings die Ausstattung mit Laborgeräten, die man aus neuer Fertigung noch nicht kaufen konnte. Zunächst hatte man nur ein altes lichtschwaches Oszilloskop mit langsamen Vorverstärkern. Das benachbarte Max-Planck-Institut für Ionosphärenforschung (in Lindau am Harz) hatte aus altem Kriegsgerät eine kleine Serie von Oszillographen gebaut, von denen Billing einen kaufen konnte.

Da es kein neues Material gab, war man auf übriggebliebenes Kriegsgerät angewiesen. In Neuaußing gab es die Organisation „STEG“ (Staatliche Erfassungs-Gesellschaft), die altes Kriegsgerät und alte Lagerbestände sammelte. Hier konnte Billing Anfang Juni 1.000 Doppeltrioden, Pentoden und Dioden zum Stückpreis von ca. 4,- DM kaufen. Röhrensockel gab es für 0,10 DM. Auch Widerstände und Kondensatoren konnten so beschafft werden. Da diese aber zu große Toleranzen hatten, mussten sie alle nachgemessen und sortiert werden.

Zur Stromversorgung baute man aus alten Gleichstrommotoren und einem Drehstrommotor einen sog. Leonardsatz zusammen. Diese Art von Versorgung mit Gleichstrom glich dank der vorhandenen

1. Aus der im SUPERBRAIN-Verlag, Düsseldorf, veröffentlichten Autobiografie „Ein Leben zwischen Forschung und Praxis – Heinz Billing“

Schwungmasse kurzzeitige Spannungsschwankungen des Stromnetzes aus.

Auch Konrad Zuse half bei der Materialbeschaffung: „Mit seinen Erfahrungen im Umgang mit Relais hat er uns bei der G1 durch Rat und einmal auch durch Tat geholfen, als er uns aus seinem Fundus eine dringend benötigte Relaisart überließ.“¹

5.2.3 Beginn der Arbeit

Ludwig Biermann hatte eine Rechnergruppe unter der Leitung von Arnulf Schlüter eingerichtet, mit der Billings Gruppe eng zusammenarbeitete.

Aus England hatte Billing die Idee mitgebracht, durch eine geschickte Zifferndarstellung in Wellenschrift (NRZ²) die Kapazität des Trommelspeichers drastisch zu erhöhen (siehe Abb. 1).

Geplant wurde nun eine Maschine mit folgenden Daten:

- Arbeitsweise: seriell
- Wortlänge: 32 Bits
- Zahlensystem: dual, Festkomma
- Befehlssteuerung: intern von der Trommel
- Trommelspeicher: 6.000 Umdrehungen/min; Kapazität: 4.000 Dualzahlen
- Rechengeschwindigkeit: 50 Op/sec
- Ein-/Ausgabe: Lochstreifen, elektrische Schreibmaschine

Aus diesen Vorgaben entstand die 1954 fertiggestellte G2.

Die Umdrehungszahl der Trommel musste auf 50 Umdrehungen pro Sekunde reduziert werden, nachdem die erste Trommel zu Bruch gegangen war. Die Wortlänge wurde auf 51 Bits erhöht.

5.3 Die G1

Wie es nun zum Bau einer Maschine kam, die kleiner als die geplante war, beschreibt Billing:

„Als ich im Herbst 1950 gerade so richtig mit den Untersuchungen begonnen hatte, wie man die Kapazität des Trommelspeichers durch die aus England mitgebrachte Wellenschrift und durch kleinere Magnetköpfe und durch besseres Magnetmaterial etc. möglichst weitgehend erhöhen könnte, kam Professor Biermann mit seinen Mannen und fragte, wann denn nun die Maschine endlich fertig

werden würde. Sie wollten rechnen, möglichst nun und sofort. Ob hingegen die Maschine, die sie kriegen, das Beste wäre, was man zur Zeit machen könnte, wäre von sekundärem Interesse. Also setzten wir uns nach Beruhigung der Gemüter zusammen und diskutierten, welche Maschine mit Teilen und Techniken, die wir bereits leidlich sicher in der Hand zu haben glaubten, in kurzer Zeit zu erstellen sei.“³

Im Spätherbst 1950 wurde mit dem Bau der G1 – der „kleinen Maschine“ – begonnen. Mit der alten kleinen Magnettrommel als Herzstück bestanden Ende 1950 die dynamischen Register ihre Bewährungsprobe.

5.3.1 Hoher Besuch

Im November 1951 erstattete Bundespräsident Theodor Heuss der MPG einen Privatbesuch. Die Entwicklung der G1 war so weit fortgeschritten, dass man Einiges vorführen konnte: Zahlen eingeben, addieren und ausdrucken.

Heinz Billing hielt Theodor Heuss, Otto Hahn und Werner Heisenberg einen Vortrag über die Rechenmaschine und konnte anschließend die Addition von zwei Zahlen vorführen und dazu die notwendigen Umwandlungen vom Dezimalsystem ins duale System erklären. Heuss interessierte sich dann für zukünftige Anwendungszwecke.



Abb. 2: Beim Betrachten des Rechenergebnisses der G1: Theodor Heuss, Ludwig Biermann, Otto Hahn und Werner Heisenberg (vorn, v. l. n. r.)

5.3.2 Fortschritte

Im Januar 1951 waren die Magnettrommel, der Uhrverstärker und ein 12-stufiger Ringzähler für Sektor-

1. Aus der im SUPERBRAIN-Verlag, Düsseldorf, veröffentlichten Autobiografie „Ein Leben zwischen Forschung und Praxis – Heinz Billing“
 2. NRZ = Non Return to Zero

3. Aus der im SUPERBRAIN-Verlag, Düsseldorf, veröffentlichten Autobiografie „Ein Leben zwischen Forschung und Praxis – Heinz Billing“

und Wortimpulse fertig. Im Sommer 1951 konnten bereits Ein- und Ausgabe mit der Schreibmaschine, die Speicherung und die zyklische Vertauschung in Betrieb genommen werden (diese Komponenten werden weiter unten im Text beschrieben). Dann kamen der Akkumulator mit der Additions- und Subtraktionssteuerung hinzu. Nachdem auch die Quadratwurzel per Hardware realisiert war, konnten im Februar 1952 erste Proberechnungen – noch ohne Lochstreifen – durchgeführt werden.

Als Ende Mai 1952 die Lochstreifenleser in Betrieb gehen sollten, kam es zu großen Problemen. „Ein Anruf beim Relaiscomputer-Experten Zuse brachte die schockierende Antwort: Unsere Relais, aus irgendwelchen alten Postbeständen, waren absolut ungeeignet. Aber auch die Hilfe: Aus seinem Relaisvorrat für die Z5 schickte er uns 100 Stück herüber.“¹

1. Aus Wilhelm Hopmann: „Anfänge der Computerentwicklung und Anwendung in Wissenschaft und Forschung“, Vortrag auf dem 11. DECUS München e.V. Symposium 1988

Am 4. Juni fand die interne Generalprobe der G1 statt: Alle schon gelochten Programme wurden über die inzwischen angeschlossenen Lochstreifenleser eingegeben und richtig ausgeführt.

Am 6. Juni fuhr Billing mit Hopmann und Öhlmann zur 7. Jahrestagung der GAMM² nach Braunschweig und hielt einen Vortrag über die G1. Mit einer Vorführung vor etlichen Teilnehmern der GAMM-Tagung (auf deren Heimreise) am 7. Juni feierte Billings Team die offizielle Inbetriebnahme der G1.

Auch die Öffentlichkeit in Deutschland erfuhr davon. In der Presse wurde die G1 mit einigen Artikeln gefeiert, natürlich in der Göttinger Tageszeitung, aber auch überregional: Im Nachrichtenmagazin „Der Spiegel“ am 18.06.1952 wurde stark übertrieben: „G1 arbeitet noch nicht viel schneller als ENIAC“ lautete die Einschätzung des Autors. Tatsächlich leistete ENIAC etwa 500 Operationen pro Sekunde und die G1 nur 2 bis 3 Op/sec.

2. Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik

Gerade gegenwärtig hat Bowles seine Behausung in Tangers Eingeborenenviertel wieder einmal verschlossen und ist mit seiner ebenfalls schreibenden Frau Jane an einen anderen Punkt am Rande der Zivilisation hinübergewechselt, nach Bombay, inmitten der Menschenwüste Indiens. Es steht zu erwarten, daß im Lande der Lotusblume sein noch heftig hemdsärmeliger Existentialismus, diese jungamerikanische Ausgabe des Sarrismus, sich abklärt und fatalistisch aufschminkt.

Inzwischen hält in Literatur-Amerika die Ratlosigkeit über Paul Bowles' Rastlosigkeit an. Auch vom literarischen Neo-Realismus abgebrühten Kritikern wird dieses sich existentialistisch gebärdende enfant terrible einigermaßen unheimlich, und kopfschüttelnd fragt man: What makes Paully run? — Weshalb nur rennt denn Paulchen so?

ling einer deutschen Tageszeitung, die 1946 über ENIAC, eine der ersten „denkenden“ Maschinen, berichtete.

ENIAC hatte in den letzten Kriegsjahren mit seinen 18 000 Elektronenröhren u. a. die mathematischen Berechnungen für die Atombomben von Hiroshima und Nagasaki ausgeführt. Obwohl der Apparat etwa für die Hälfte der Arbeitszeit ausfiel, weil ständig Reparaturen nötig waren, ersetzte ENIAC die Kopfarbeit von über hundert Mathematikern.

Mit dem Robotgehirn ENIAC begann ein neues Zeitalter der Technik, die Ära der Maschinen, die intellektuelle Arbeit verrichten können (SPIEGEL 28/50). Alle Geräte dieser Art, die seither gebaut wurden, haben

- ein schnelles Rechenwerk, dessen Relais oder Elektronenröhren ähnlich zu ar-

Bewältigung der Aufgabe hätte normalerweise drei Generationen gedauert: 100 Jahre lang täglich 8 Stunden Rechenarbeit. Die Art der Aufgabe machte es auch unmöglich, die Arbeit etwa durch 100 Mathematiker auf 1 Jahr zu reduzieren, da man nicht nebeneinander, sondern nur nacheinander rechnen konnte. Das Elektronengehirn errechnete das Ergebnis in 103 Stunden.

Der amerikanischen Forschung stehen heute schon „Denk-Monster“ zur Verfügung, die in einer einzigen Stunde eine Million Multiplikationen schaffen. Es gibt Apparate, die in $\frac{1}{1000}$ Sekunde zwei zehnstellige Zahlen multiplizieren.

Schon einige Wochen vor Kriegsende hatte der deutsche Ingenieur Konrad Zuse in Göttingen seine Z 4 vorgeführt, eine Relaismaschine, die in der Arbeitsweise dem amerikanischen Mark I vergleichbar war. Aber erst jetzt, sieben Jahre später, können die deutschen Forscher mit der ersten elektronischen Maschine aufwarten. Sie ist von einem Team (Astrophysiker für Physik, Dr. Heinz Billing und Dipl. Phys. Wilhelm Hopmann vom Max-Planck-Institut für Instrumentenkunde) entwickelt und erprobt worden.

Das deutsche Gerät G 1 arbeitet noch nicht viel schneller als die amerikanische ENIAC, ist aber einfacher konstruiert. ENIAC brauchte noch hundert Radioröhren, um eine zehnstellige Zahl im „Gedächtnis“ zu behalten. Sein Zahlenspeicher reicht nur für 20 Zahlen aus. G 1 braucht insgesamt nur 470 Röhren, um 26 Zahlen speichern zu können. G 2 soll sich, wenn es 1953 fertiggestellt ist, mit seinen tausend Röhren sogar über 2000 Zahlen „merken“.

Die einfachste Art des Zahlenspeichers für Elektronen-Gehirne sind Lochkarten nach dem Hollerith-System oder gelochte Bänder: Die Maschine stanz unterschiedlich geformte Löcher in bestimmten Abständen in das Papier und tastet die auf diese Weise „notierten“ Zahlen später wieder ab.

1946 wurde in den USA ein neuer, komplizierterer Zahlenspeicher gebaut. Er wandelte die elektrischen Impulse einer von den Elektronenröhren errechneten Zahl an einer Quarzplatte in Ultraschallwellen. Der Ultraschall durchlief dann eine geschlossene Quecksilberöhre und wurde am anderen Ende durch einen zweiten Quarz in elektrischen Strom zurückverwandelt. Der Strom wurde wiederum an den ersten Quarz geleitet, in Ultraschall verwandelt, und so setzte sich der Kreislauf fort, bis die Zahl für die Weiterrechnung gebraucht wurde.

Die Maschine „spricht“ gewissermaßen die gewünschte Zahl mit unhörbaren Schallwellen immer wieder vor sich hin, damit sie sie nicht vergißt.

Andere Forscher, vor allem in den USA und in Deutschland, sind aber bei einer billigeren Aufzeichnung der gespeicherten Zahlen geblieben: 1948 veröffentlichte Dr. Billing sein Verfahren, nach dem die Zahlen auf einer Magnetophon-Trommel aufbewahrt werden. Etwa gleichzeitig wurde in den USA das gleiche Verfahren entwickelt. Zephir, ein elektronisches Gerät, das seit 1950 Texte in fremde Sprachen übersetzt, hat sein Vokabelverzeichnis bereits auf einer Magnetophon-Trommel notiert. (Diese Maschinen haben allerdings den Nachteil, daß sie nur wörtlich und nicht sinngemäß übersetzen.)

G 1 hat eine Magnetophon-Trommel von 15 Zentimeter Durchmesser und 20 Zentimeter Länge. Das Wort „Gedächtnis“ für diesen Zahlenspeicher darf nicht verwenden, wer auch bereit ist, ein Ma-



EINE BESONDERE ATTRAKTION

war das Erscheinen des Komponisten Igor Strawinsky im historischen Rittersaal im Haag, wo an seinem 70. Geburtstag mit einem Gala-Konzert das Holland-Festival 1952 eröffnet wurde. Der Komponist, der zum Abendanzug eine rote Nelke und eine Armbanduhr trug, saß auf einem Ehrenplatz links neben Hollands schulterfreier Königin Juliana, 43, die sich angeregt mit dem Maestro unterhielt. Am gleichen Abend wurde Strawinskys Oper „Rossignol“ zum ersten Male von der niederländischen Oper aufgeführt.

TECHNIK

ELEKTRONEN-GEHIRN

Für intellektuelle Arbeit

Als der Bundespräsident im letzten November die Max-Planck-Institute in Göttingen besichtigte, durfte er als erster Besucher in das bis dahin vor fremden Blicken gehütete Zimmer emporsteigen, in dem die „geheimnisvollen“ Apparate G 1 und G 2 gebaut wurden. Am 4. Juni mußte G 1 sein Examen ablegen, und zwei Tage später erzählte Dr. Heinz Billing auf der Braunschweiger Mathematikertagung den Fachleuten, wie die Geräte arbeiten.

G (= Göttingen) 1 und G 2 sind die beiden ersten elektronischen Rechenmaschinen in Deutschland, durch ihre Vorgänger in den USA unter dem Namen „Elektronengehirne“ bekannt. Die Anregung zum Bau entnahm Dr. Heinz Bil-

arbeiten scheinen wie die Nervenzellen im menschlichen Gehirn,

- einen Zahlenspeicher, eine Art „Gedächtnis“, und
- ein Kommando-Organ, das die vorgeschriebenen Arbeiten selbsttätig steuert.

Der Vorzug der elektronischen Rechenautomaten gegenüber den schon vorher bekannten Relaismaschinen*) war augenfällig. Mark I, eine amerikanische Relaismaschine vom Baujahr 1944, brauchte für eine Multiplikation 6 Sekunden, die später hergestellte ENIAC mit dem elektronischen Rechenwerk (Baujahr: 1945) nur noch 0,006 Sekunden.

Erst kürzlich half ein Roboter-Gehirn den Physikern der amerikanischen Universität Princeton, als es galt, ein mathematisches Problem der Urspaltung zu lösen. Die

*) Relais, wie sie zum Beispiel in Telefonzentralen benutzt werden, sind elektromagnetisch betätigte Schalter. Im Gegensatz zu ihnen werden bei den neuen Elektronenröhren keine mechanischen Teile mehr bewegt.

Abb. 3: Seite 32 in „Der Spiegel“ vom 18. Juni 1952

gnetophonband mit einer Beethoven-Sinfonie als „musikalisches Gedächtnis“ anzusprechen“, schränkt Dr. Heinz Billing ein.

G 1, der kleinere Rechen-Roboter, der noch im Juni eingesetzt werden soll, sieht einer spanischen Wand ähnlich: Eine mehrfach gefaltete Metallwand ist auf der Vorderseite mit 470 gespenstisch glimmenden Radioröhren und einigen Dutzend Kontrolllampchen besetzt. Die Rückseite ist ein Gewirr von Drähten und Spulen, so dicht wie das Geflecht eines Korbsessels. Befehle werden auf einer Schreibmaschine erteilt.

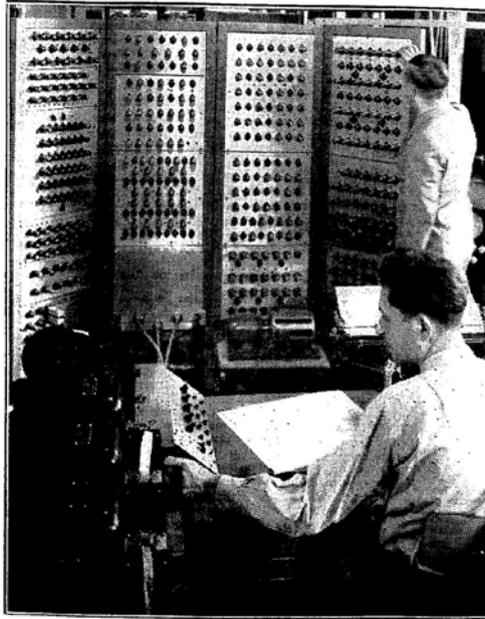
Die **Tastatur** ist ebenso groß wie die einer gewöhnlichen Büro-Schreibmaschine. Mit jeder Taste kann ein bestimmtes Kommando gegeben werden. Das kleine p zum Beispiel, das hinter die Ziffern einer Zahl geschrieben wird, bedeutet: Diese Zahl ist positiv. Das kleine m heißt: „Multipliziere mit...“ Das große S sagt der Maschine, daß sie eine Zahl speichern soll.

Die angeschlagenen Buchstaben und Zahlen erscheinen auf einem eingespannten Blatt Papier. Alles ist wie bei einer gewöhnlichen Schreibmaschine. Die Tastatur setzt sich aber erst von selbst in Bewegung, wenn die Taste D (Befehl: „Drucke“) angeschlagen wird. Zusätzlich muß angegeben werden, aus welchem Speicher das Ergebnis gewünscht wird. Dann schreibt die Maschine automatisch die in diesem Speicher aufbewahrte Zahl nieder.

Am 4. Juni, dem Tag der Hauptprobe für G 1, setzte sich Mitkonstrukteur Wilhelm Hopmann an die Schreibmaschine und schlug für eine Kontrollrechnung nacheinander die Ziffern 1 bis 7 und den Buchstaben p (= positiv) an. Auf dem Papier erschien also die Zahl 1234567p. Nächster Befehl über Schreibmaschine: „Multipliziere mit 538 476. Resultat auf Speicher 9 aufbewahren. Dividiere Zahl in Speicher 9 durch 538476. Resultat in Speicher 6. Drucke Zahl in Speicher 6.“ — Die Tastatur schrieb von selbst die Zahl 1234567p nieder. Die Kontrollrechnung war aufgegangen.

Für die eigentliche Arbeit, etwa die Berechnung des Weges von atomaren Teilchen oder die Aufstellung von mathematischen Reihen, können die Befehle in Lochstreifen eingestanzt werden. Bei Flugbahnen werden zum Beispiel immer wieder die gleichen Kommandos in der Rechnung verwendet.

Die Kommandofolge wird dann einmal in einen Lochstreifen eingestanzt, der Streifen an den Enden zusammengeklebt. Die gleichen Kommandos rasseln immer wieder durch die Maschine. Zwischen-



„Resultat auf Speicher 9“: Göttingens Elektronen-Gehirn

ergebnisse werden in die vorbestimmten Speicher geleitet. Müssen die Kommandos geändert werden, dann genügt ein vorher gegebener Befehl, und die Maschine übernimmt die neuen Kommandos selbständig von einem zweiten Gerät.

Hat sich der Roboter „verrechnet“, weil etwa eine Röhre ausgefallen oder eine andere Störung aufgetreten ist, dann schlägt er mit Klingelzeichen Alarm. „Weiß“ er nicht mehr weiter, weil vielleicht das Bedienungspersonal ihm eine falsche Kommandofolge gegeben hat, so kann es vorkommen, daß er Unsinn zu rechnen beginnt und sich wie ein geisteskrankes Gehirn benimmt.

Dr. Norbert Wiener, amerikanischer Mathematiker und Fachmann für elektronische Geräte, vergleicht die Elektronenröhren mit den 10 Milliarden Neuronen („Nervon-Einheiten“) im menschlichen Gehirn. Er glaubt, daß die Arbeit der Maschinen den Denkvorgängen im Gehirn sehr ähnlich ist. Nur sei die Zahl der Relais in dem „mechanischen Gehirn“ wesentlich kleiner. Die Maschinen hätten also eine auf ein spezielles Fachgebiet ausgerichtete Intelligenz.

Das „Denken“ der Maschinen ist logischer als die menschliche Gedankentätigkeit. Es

funktioniert außerdem schneller und reibungsloser. Die Maschine findet aus der Zahl der gegebenen Möglichkeiten die einzig passende sehr viel schneller heraus. „Wenn eine Maschine einer solchen Aufgabe gewachsen ist, so ist sie im gleichen Sinn klüger als der Theoretiker, der mit ihr arbeitet“, doziert Professor Ludwig Biermann.

Die **Betonung** liegt auf „im gleichen Sinn“. Denn der einem Gehirn ähnliche Mechanismus kann nur in einem sehr engen Bereich „denken“.

Schließlich sind G 1 und G 2 Werkzeuge, aber „Werkzeuge zur Leistung intellektueller Arbeit“. Sie haben zwar keine Phantasie und können nicht schöpferisch tätig sein, aber eine Art „eigener Initiative“ kann man ihnen schwerlich absprechen: Muß die Maschine an einem kritischen Punkt eine begonnene Rechnung weiterführen, dann kann sie aus gegebenen Kommandos das in diesem Fall einzig passende auswählen.

Auf dieser Fähigkeit beruht auch das Phänomen, daß eine Maschine Gesellschaftsspiele leichter gewinnt als der langsamere denkende Mensch. Zwar ist die Geschichte vom schachspielenden Roboter mißverstanden worden. Schach läßt millionenfache Zugmöglichkeiten zu, also mehr, als im Speicher der Maschine untergebracht werden könnten. Dagegen haben amerikanische Wissenschaftler einen ihrer Rechen-Roboter im Nullenspiel, einer Simplifizierung des Schachs, „ausgebildet“.

In diesem Spiel ist die Zahl der möglichen Entscheidungen bei jedem Zug eng begrenzt. Sie können also jeweils dem „mechanischen Gedächtnis“ des Elektronengehirns vorher eingepreßt werden. Die Maschine wählt dann selbsttätig den günstigsten Zug aus, indem sie blitzschnell alle möglichen Züge in ihrem Gedächtnis abtastet. Sie kann das Spiel viel leichter gewinnen, weil ihr keine sogenannten Denkfehler unterlaufen können.

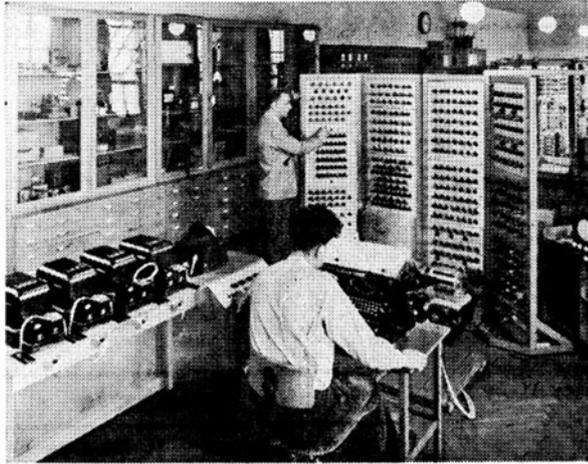
Die „denkende“ Maschine kann nicht den schöpferischen Planer ersetzen, wohl aber den mechanischen Rechner: Die elektronische Rechenmaschine G 1 kann etwa zehnmal soviel leisten wie eine der Rechnerinnen im Göttinger Max-Planck-Institut.

Wie Dampfmaschine, Bagger, Stanze und Elektromotor vor fünfzig Jahren die Existenz des Arbeiters bedrohten, so scheint die elektronische „Denk“-Maschine — wenn auch noch im kleinen Rahmen — heute dem Büroangestellten Konkurrenz zu machen.

Abb. 4: Seite 33 in „Der Spiegel“ vom 18. Juni 1952

Ein Artikel erschien in mehreren Tageszeitungen: im „Münchener Merkur“ (14.07.1952) und in der Ham-

burger „Freie Presse“: „G1 – das Göttinger Rechenwunder“:



Das ist es, das Göttinger Rechenwunder!

G 1 – das Göttinger Rechenwunder

Amerikas Vorsprung wird aufgeholt / Von Alfred Püllmann

Die erste Elektronen-Rechenmaschine auf dem europäischen Festland ist in den Göttinger Max-Planck-Instituten fertiggestellt. Dieses Wunderwerk der Physik wurde von Dr. Heinz Billing in Zusammenarbeit mit Diplomphysiker W. Hopmann und Dr. Arnulf Schlüter unter der Gesamtverantwortung des Astrophysikers Prof. Ludwig Biermann entwickelt und kürzlich auf einer Mathematikertagung in Braunschweig zum ersten Male der Fachwelt vorgestellt.

Die Entwicklung der modernen Roboter begann mit einer — Schildkröte. Wenn man sie mit hellem Licht anstrahlte, verkroch sie sich unter dem Sofa; wurde hingegen die Tür geöffnet, dann enteilte das mechanische Tierchen in die Küche, weil dort eine höhere Temperatur herrschte. Diese technische Spielerei wurde zum Vorläufer jener amerikanischen Mammutkonstruktionen, von denen die sogenannte „ENIAC“ weltberühmt geworden ist und als die schnellste Elektronen-Rechenmaschine der Erde zu einer Revolutionierung der gesamten naturwissenschaftlichen Arbeitsmethodik geführt hat. Mit 18 000 Elektronen-Röhren und rund 5000 Schaltern ausgestattet ist die ENIAC eine der genialsten Erfindungen der letzten Jahre. Sie verdankt ihre Entstehung der Kriegstechnik, die es notwendig machte, die Flugbahn eines Geschosses mit blitzartiger Geschwindigkeit zu berechnen oder das Geschütz schnellstens auf jenen Punkt zu richten, an dem die Radarstrahlen das feindliche Flugzeug aufgespürt hatten.

Leider hat die ENIAC einen bedenklichen Nachteil: sie erkaufte ihre hohe Geschwindigkeit mit einem riesigen technischen Aufwand. Um eine einzige zehnstellige Dezimalzahl in ihrem Gedächtnis zu behalten, benötigt die ENIAC allein mehr als 100 Radioröhren; da in der mathematisch-physikalischen Praxis bei komplizierteren Rechenaufgaben aber sehr viele Zwischenergebnisse gespeichert werden müssen, würde die Zahl der als Speicher dienenden Radioröhren einen geradezu astronomischen Wert erreichen — eine auch beim heutigen Stand der Technik ganz unlösbare Aufgabe!

Diese Erkenntnis machte sich der Göttinger Physiker Dr. Heinz Billing zunutze, als er mit dem Bau der ersten deutschen Elektronen-Rechenmaschine begann. Seiner Konstruktion, die nach ihrem Entstehungsort als „G 1“ bezeichnet wird, liegt an sich das gleiche Prinzip zugrunde, nach dem alle elektronischen Rechenmaschinen der Welt arbeiten: sie besteht aus einer sogenannten Recheneinheit, mit der multipliziert

und dividiert, subtrahiert, addiert und die Wurzel gezogen werden kann; sie besitzt ferner die überaus wichtigen Zahlenspeicher sowie schließlich eine Kommandostation, die automatisch angibt, welche Rechenoperation jeweils durchgeführt werden soll. In der Geschwindigkeit freilich kann es die G 1 mit der ENIAC noch nicht aufnehmen; dafür ist sie wesentlich einfacher konstruiert, braucht insgesamt nur 476 Röhren, kann 26 Zahlen speichern und arbeitet außerdem zuverlässiger.

Im Gegensatz zur ENIAC verwendet die G 1 nämlich keine Elektronenröhren zur Aufbewahrung der errechneten Zwischenwerte, sondern eine Magnetophontrommel von neun Zentimeter Durchmesser und zwanzig Zentimeter Länge. Diese Trommel, nach den Worten von Dr. Billing etwa einem Magnetophonband vergleichbar, auf dem eine Symphonie aufbewahrt wird, rotiert mit 50 Umdrehungen pro Sekunde an den verschiedenen Schreib- und Lesköpfen vorbei, wo sie ihre Zahlenimpulse empfängt. Sie ist imstande, 26 zehnstellige Dezimalzahlen aufzunehmen und ermöglicht dem Wissenschaftler sehr umfangreiche Ausrechnungen. Nach diesem Prinzip lassen sich bereits heute sieben Rechenoperationen in der Sekunde durchführen.

Der Anwendungsbereich der G 1 ist beinahe unbegrenzt. Gegenwärtig wird sie dazu benutzt, um die Bahnen zu berechnen, auf denen sich die von Professor Heisenberg erforschten kosmischen Höhenstrahlen im Magnetfeld der Erde bewegen. Auch die Bahnen von Elektronen, die um einen Atomkern kreisen, lassen sich mit der G 1 genauestens errechnen, eine Aufgabe, die bisher nur bei sehr einfachen Atomen durchgeführt werden konnte. Gerade an den komplizierter gebauten Atomen aber ist die Astrophysik im höchsten Maße interessiert, denn die Spektrallinien dieser Atome erlauben den Wissenschaftlern ziemlich sichere Rückschlüsse auf den Aufbau der Sonne und anderer Sternensysteme. Ebbe und Flut können bereits auf Jahrtausende im voraus errechnet werden, da man nun die Möglichkeit besitzt, die für den Eintritt der Gezeiten entscheidende Mondbahn genau vorherzubestimmen.

Was früher zehn geschulte Rechner mit mechanischen Rechenmaschinen leisteten, verrichtet die G 1 heute mit einer aus Wunderbare grenzenden Selbstverständlichkeit. Auf einer elektrischen Schreibmaschine, die etwa einem Fernschreiber ähnelt, werden die Aufgaben niedergeschrie-

Das Abenteuer

Von Dr. W.

Die Hamburger „Freie Presse“ hat de bildner Dr. Werner Wrage dabei unter Reise nach Afrika zu finden. Unsere 10. Juni und 2. Juli 1952 die Entwic Heute erhalten wir von der Grenze de

Liebe HFP!

Glaube mir, die letzten Tage und Nächte waren hart. Visa, Konsultatsbesuche, Devisenbeschaffung! Was für Laufereien, Zeitverluste, Mühen und Schweiß, denn die Sonne wollte uns in diesen Tagen einen Vorgeschnack von Afrika geben.

Und dann die tausend Kleinigkeiten, die man so leicht vergißt und die so wichtig sind. Und das Packen! Immer wieder auf das Nötigste reduzieren. Trotzdem häufen sich noch Zelte, Schlafsäcke, Wassertanks, Luftmatratzen, Kochtöpfe, Geschirr, Karten.

Aber endlich kam die letzte Nacht! „Früh ins Bett!“ lautete die Parole. Pustekuchen! Es wurde natürlich doch 1/21 Uhr nachts, bis alles fertig war,

ben; mit einer Rechenanweisung versehen wird der ganze Vorgang sodann durch einen Lochstreifen der G 1 sozusagen „zugesprochen“, die automatisch alle ihr erteilten Kommandos ausführt und die Resultate nun wiederum von der Schreibmaschine selbsttätig drucken läßt.

Während die erste kontinental-europäische Elektronen-Rechenmaschine in den Räumen des Max-Planck-Instituts ihre Bewährungsprobe besteht, ist Dr. Billing bereits im Begriff, eine noch vollkommenere Ausführung zu entwickeln, die als „G 2“ 1953 in Betrieb genommen werden soll. Sie ist der G 1 in der Geschwindigkeit um das Zehnfache überlegen, kann statt 26 etwa 2000 Zahlen in ihrem Gedächtnis behalten und besitzt außerdem die Fähigkeit, bei schwierigen Rechenaufgaben selbsttätig gewisse Entscheidungen zu treffen, indem sie automatisch bestimmt, welche von zwei anfallenden Rechenoperationen sie zuerst ausführen soll. Eine Bezeichnung aber lassen die Göttinger Wissenschaftler bei aller Genugtuung über diese erfolgreiche Konstruktion nicht gelten: die G 1 ist kein Elektronen-„Gehirn“, sie ist nichts weiter als ein Hilfsgerät des mit ihr arbeitenden, schöpferischen Menschen!

Aus dem kult

Der Schriftsteller und Journalist Benno Reifenberg, Chefredakteur der Halbmonatsschrift „Die Gegenwart“, feiert am 11. Juli seinen sechzigsten Geburtstag. Er ist seit 1927 in der Feuilletonredaktion der „Frankfurter Zeitung“ ein. Von 1929 bis 1932 war er Korrespondent der gleichen Zeitung in Paris, um danach sechs Jahre in der politischen Redaktion des Blattes zu wirken. 1945 gründete er mit einer Reihe ehemaliger Mitarbeiter der „Frankfurter Zeitung“ in Freiburg im Breisgau die Halbmonatsschrift „Die Gegenwart“.

Ein Kongreß der Internationalen Kunstkritikervereinigung, an dem 35 Kunstschriftsteller, Kunstwissenschaftler und Kunstkritiker aus zwölf Ländern teilnahmen, wurde in Zürich abgeschlossen. Die deutsche und die japanische Sektion dieses internationalen Verbandes, der von der UNESCO ins Leben gerufen wurde, wurden auf dieser Tagung neu aufgenommen.

Das bekannte Düsseldorfer „Kommödchen“ kommt nach seinem Holland-Gastspiel vom 1. bis 8. August nach Hamburg in die Hamburger Kammerspiele. Der Titel des Programms lautet: „Zwischen Whisky und Wodka“.

Am Wochenende hatten sich in Flensburg mehr als 5000 Sängern aus Schleswig-Holstein und Hamburg zum Schleswig-Holsteinischen Sängerbundestag versammelt. Den Höhepunkt bildete ein Festzug, der nach dem Motto „Das deutsche Lied in der Grenzstadt“ ausgerichtet war und die Fahnen und Wimpel von 165 Vereinen und Liederver-

Abb. 5: Artikel in der Hamburger „Freie Presse“ am 15. Juli 1952

5.4 Beschreibung der G1

Die G1 war noch eine kleine, langsame Maschine (2 bis 3 Operationen pro Sekunde), denn der „Hauptgesichtspunkt bei der Entwicklung der G1 war der Wunsch, möglichst schnell eine Maschine zu besitzen, mit der man rechnen kann.“¹ Die eigentlich geplante „große Maschine“ wurde erstmal zurückgestellt.

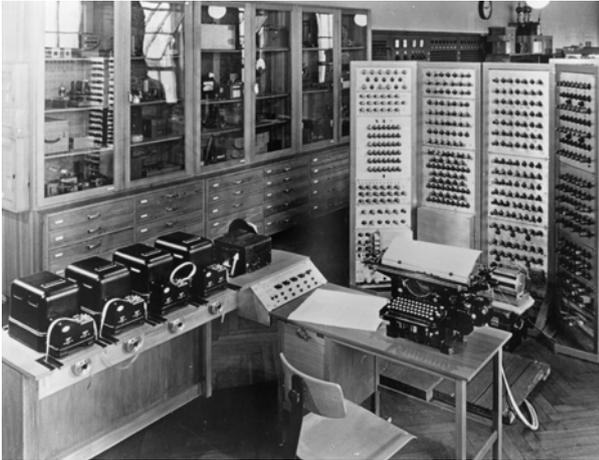


Abb. 6: Die G1 im Labor

5.4.1 Der Magnettrommelspeicher

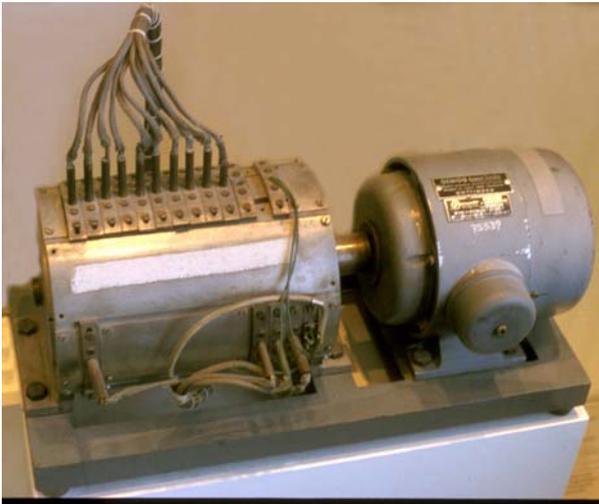


Abb. 7: Der Magnettrommelspeicher der G1 im Deutschen Museum in München



Abb. 8: Firmenschild auf dem Antriebsmotor des Trommelspeichers der G1

Die Speichertrommel besteht aus einem vollen Bondurzylinder² von 17 cm Länge und 8,8 cm Durchmesser und wird mit der horizontal liegenden Welle eines 0,3-kW-Drehstrommotors mit 3.000 Upm gedreht. Die magnetisierbare Oberfläche ist hergestellt durch Aufspritzen einer zur Magnetophonbandherstellung entwickelten Magnetit-Dispersion (γ Fe₂O₃). Diese Schicht ist etwa 0,03 mm dick. Der Abstand zwischen Trommeloberfläche und den Lesemagneten beträgt ca. 1/20 mm. Die Repräsentation der Dualziffern 0 und 1 erfolgt durch tangentiales Magnetisieren senkrecht zur Achse bis zur Sättigung in der einen oder anderen Richtung.

Die Schreibköpfe (die auch zum Lesen verwendet werden) ähneln den vom Magnetophonbandgeräten her bekannten Schreibmagneten. Sie enthalten einen lamellierten ringförmigen Eisenkern, der an der der Trommel zugewandten Seite einen 0,05 mm breiten Schlitz hat. Die den Kern umgebende Magnetspule hat 250 Windungen.

Der Abstand benachbarter Bits auf der Spur ist 2 mm. Das erlaubt, lediglich vier Zahlen à 32 Bit auf einem Trommelumfang zu speichern (Einteilung der Spur in vier Quadranten). Der Spurabstand beträgt gut 1 cm, 13 Speicherspuren sind angelegt. Die geringe Schreibdichte von 13,2 Bpi³ ergibt sich aus dem Mindestabstand der starr montierten Köpfe von ca. 60 µm von der Trommeloberfläche und das einfache Schreibverfahren „return to zero“, wobei dem gesetzten Bit eine Magnetisierungsrichtung zugeordnet ist und dem Bit „Null“ die entgegengesetzte. Maßeinheit bei der Kopfmontage war Zigarettenpapier (!).

1. Aus der im SUPERBRAIN-Verlag, Düsseldorf, veröffentlichten Autobiografie „Ein Leben zwischen Forschung und Praxis – Heinz Billing“

2. Bondur ist eine Legierung aus Aluminium, Kupfer und Magnesium

3. Bpi = Bits per inch

Die Uhr

Eine Spur spezieller Art ist ein mit der Trommel fest verbundenes eisernes Zahnrad (die „Uhr“). Durch die fest eingravierten Rillen kann mit einem Lesemagnet eine Folge magnetischer Impulse erzeugt werden.

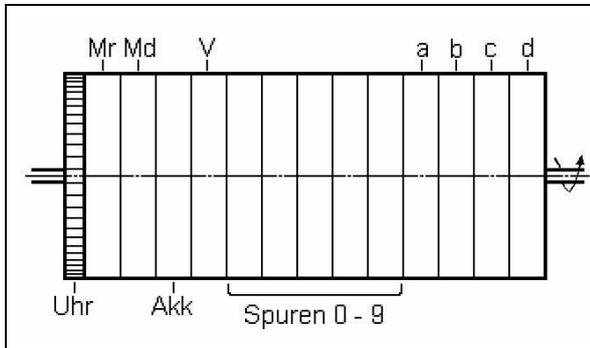


Abb. 9: Spureinteilung auf dem Trommelspeicher

Dynamische Speicher

Neben der links angeordneten Uhr befinden sich vier Spuren für die dynamischen Speicher Multiplizandenregister (Md), Multiplikatorregister (Mr), Akkumulator (Akk) und Verteiler (V). Deren Spuren werden durch dauernd eingeschaltete Löschmagnete nach Passieren von zwei Leseköpfen in der Minusrichtung magnetisiert und die Einsen hinterher von den Schreibköpfen neu eingeschrieben (siehe Abb. 11). Auf diese Weise kann eine gelesene Zahl eine Vierteldrehung später wieder auf die Trommel geschrieben und gleich wieder gelesen werden. Damit liegt die Zahl ständig als Impulsfolge vor, die durch das Additionswerk geschickt wird.

Statische Speicher

Es folgen fünf weitere Spuren, die in den ersten und dritten Quadranten die festen Umrechnungszahlen aus dem Dezimalsystem in das Dualsystem enthalten. Die Umrechnung geschieht einfach mit Hilfe der dualen Äquivalente der Zahlen 1×10^{-10} , 2×10^{-10} , 3×10^{-10} , ... 9×10^{-10} , die fest eingespeichert sind; jede eingegebene Dezimalzahl wird dann Stelle für Stelle mit 10 multipliziert und um eine Stelle weitergeschoben.

In den nullten und zweiten Quadranten enthalten diese Spuren Plätze für zehn weitere Zahlen, die gespeichert und nach Bedarf aufgerufen werden können – die statischen Speicher 0 bis 9.

Zyklische statische Speicher

Die vier Spuren rechts auf der Trommel nehmen die vier zyklischen Gruppen a, b, c und d zu je vier statischen Speichern auf. Wie bei den dynamischen Speichern sind über jeder Spur ein Schreibmagnet

und zwei Lesemagnete angeordnet. Die Zahleninhalte (je vier Wörter) können mit einem Befehl (Befehle Nr. 13: „a“, „b“, „c“ oder „d“) zyklisch vertauscht werden.

Der statische Speicher enthält somit Platz zur Aufnahme von 26 Zahlen zu je 32 Bits. Die maximale Zugriffszeit zu jeder Zahl beträgt 1/50 sec beim Schreiben und beim Lesen. Der Speicherinhalt bleibt beim Ausschalten der Maschine erhalten.

5.4.2 Zahlendarstellung

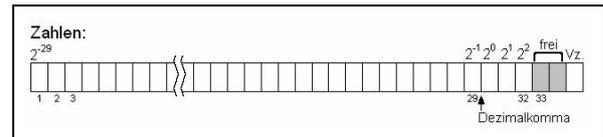


Abb. 10: Eine Dualzahl aus 32 Bits mit Vorzeichen und Komma nach der dritten Stelle

Beim Ablesen der Zahlen aus den statischen Speichern wie in allen internen Verbindungsleitungen der Rechenmaschine werden die Zahlen dargestellt durch Impulszüge, bei denen die Einsen durch Impulse und die Nullen durch Fehlen von Impulsen wiedergegeben werden. Der niedrigste Dualzifferwert der Position 2^{-29} erscheint zuerst, in der Position 2^5 steht die Vorzeichenziffer. Ein Impuls in Dualstelle 33 löst einen Alarm wegen Bereichsüberlauf aus. (Der erlaubte Zahlenbereich ist kleiner als dezimal 8.)

5.4.3 Das Rechenwerk

Ein serielles Rechenwerk bietet sich an, wenn der die Informationen liefernde Speicher recht langsam ist. Man benötigt dann für das Addierwerk nur eine Binärstelle und zur Übertragung der Zahlen nur eine Leitung. Aus den 50 Trommelumdrehungen pro Sekunde ergibt sich eine Bitfolgefrequenz von knapp 8.000 Bit/sec. Diese serielle Bitfrequenz konnte im Rechenwerk problemlos verarbeitet werden. Bei dieser kleinen Rechengeschwindigkeit konnten neben Elektronenröhren auch Relais verwendet werden: „Wir wußten von Konrad Zuse, daß Relais ganz zuverlässig arbeiteten, wenn man es vermied, die Kontakte unter Strom zu schalten. Trotzdem war der Relaiskasten lange eine Quelle vieler Ärgernisse.“¹

Das Rechenwerk besteht aus drei Registern: dem Akkumulator, dem Multiplizanden- und dem Multiplikatorregister (Md und Mr). Eine zentrale Stelle nimmt der Verteiler ein.

1. Heinz Billing: „Die Göttinger Rechenmaschinen G1, G2 und G3“ im MPG-Spiegel 4/82

Der Akkumulator

Das Addieren und Subtrahieren geschieht mit dem Akkumulator, der einen der genannten dynamischen Speicher enthält. Eine dem Akkumulator zugeführte Zahl wird zum vorherigen Akkumulatorinhalt hinzuaddiert oder von ihm abgezogen. Während im Akkumulator die Resultate der Rechenoperationen anfallen, dienen die beiden anderen dynamischen Speicher zur Aufnahme der bei der jeweiligen Rechenoperation benötigten Operatoren, z. B. Multiplikand und Multiplikator bei der Multiplikation (Multiplikandenregister und Multiplikatorregister).

Bei der Multiplikation wird zunächst das 20-stellige Produkt (64 Bits) errechnet, aber anschließend auf zehn Stellen (32 Bits) abgerundet.

Der Verteiler

Der Verteiler ist das Bindeglied zwischen statischem Speicher und Rechenwerk. Er ist der vierte dynamische Speicher und wird auch für die Umwandlung zwischen den Zahlensystemen (Dezimal- und Dualsystem) bei der Ein- und Ausgabe benötigt.

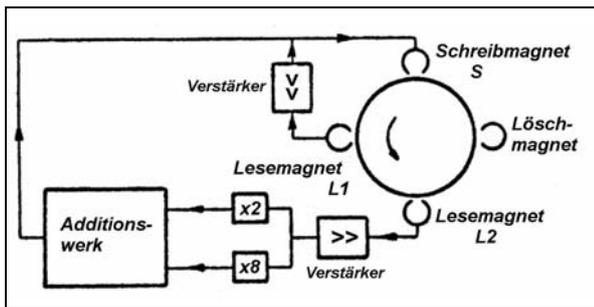


Abb. 11: Dynamischer Speicher; hier der Akkumulator

„Bei der Addition vom statischen Speicher zum Akkumulator müssen gleichwertige Ziffernpositionen (Dualstellen) der beiden zu addierenden Impulszüge zu gleicher Zeit an den beiden Eingängen des Addiergerätes zusammentreffen. Da der Ziffernzug im Akkumulator mit der Periode von zwei Zahlenlängen umläuft, die vier in einer Spur des statischen Speichers untergebrachten Zahlen aber nur eine Dauer von einer Zahlenlänge haben, ergibt sich die Notwendigkeit, aus dem 1. und 3. Quadranten des statischen Speichers entnommene Ziffernzüge vor Addition zum Akkumulator um eine volle Zahlenlänge zu verzögern. Diesem Zweck dient der Verteiler [in Abb. 11; d. V.], in dem der von L1 nach S geschlossene Kreis genau die Umlaufdauer einer Zahlenlänge hat.

Auch bei der Rückführung einer Zahl vom Akkumulator zum Zahlenspeicher wie bei einer Überführung vom Zahlenspeicher zum Md- bzw. Mr-Register

ergibt sich die gleiche Notwendigkeit der Verschiebung um eine Zahlenlänge.

Für den Befehl „zyklische Vertauschung“ wird die notwendige Verschiebung des Inhalts einer gesamten Spur um eine Zahlenlänge ebenfalls mittels des Verteilers vorgenommen.“¹

Die Multiplikation mit 10 wird durch Addition der um einen Takt zu der um drei Takte verzögerten Impulsfolge erreicht. Sie wird z. B. bei der Konvertierung Dual-Dezimal benötigt.

Die Durchführung der Addition zweier serieller Bitfolgen (Dualzahlen) ist aus Abb. 12 ersichtlich:

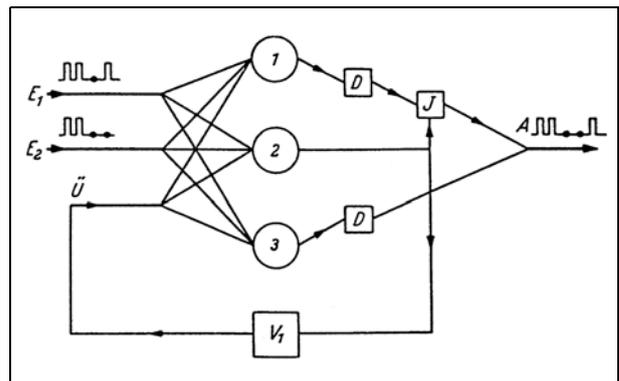


Abb. 12: Schema des 1-Bit-Addierwerkes der G1

Die technische Realisierung mit zehn Elektronenröhren zeigt Abb. 13:

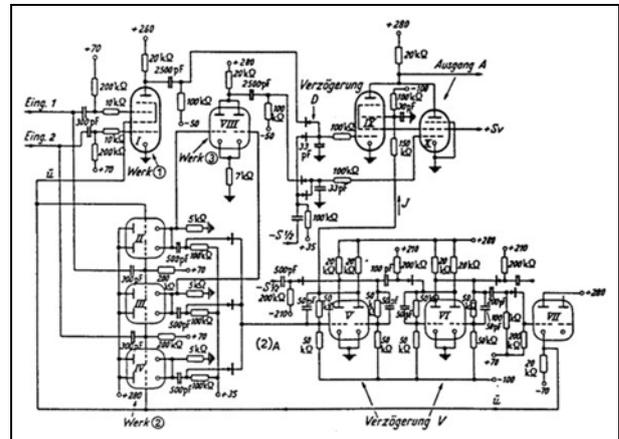


Abb. 13: Schaltplan des 1-Bit-Addierwerkes der G1

Auf eine genaue Funktionsbeschreibung soll hier verzichtet werden.

Die Register Md und Mr

Das Multiplikandenregister (Md) und das Multiplikatorregister (Mr) werden zur Multiplikation, Division

1. Zitiert aus: H. Billing, W. Hopmann, A. Schüter: „Die Göttinger bandgesteuerte Rechenmaschine G1“, Jan./Feb. 1953 in ZAMM

und zum Quadratwurzelziehen benötigt. Beide sind dynamische Register von zwei Zahlenlängen Umlaufdauer. Die Umlaufdauer kann durch eine einfache elektronische Schaltung auf Befehl hin in Mr um eine Ziffernlänge (1 Bit) verlängert und in Md um eine Ziffernlänge verkürzt werden, womit bei jedem Umlauf der Inhalt von Mr mit 2 und der von Md mit 2^{-1} multipliziert wird.

Die Multiplikation

Die Multiplikation geschieht dann durch Addition der Partialprodukte zum Akkumulatorinhalt bei Verschiebung des Multiplikanden um jeweils eine Ziffernlänge pro Addition.

Die Division

Die Division wird nach dem von John von Neumann¹ beschriebenen Verfahren durchgeführt, welches für maschinelle Division im Dualsystem besonders geeignet ist. Der Dividend wird dabei zunächst in den Akkumulator und der Divisor nach Md verbracht. Der errechnete Quotient wird Ziffer für Ziffer in Mr aufgebaut und am Schluss der Operation nach Löschung des Restes des Dividenden zum Akkumulator überführt.

Das Werk zum Wurzelziehen

Ein fest eingebautes Werk zum Wurzelziehen erwies sich bei der Häufigkeit von Wurzeloperationen bei den zu berechnenden Aufgaben als sinnvoll. Es erforderte 20 zusätzliche Röhren. Das zum Wurzelziehen verwendete Verfahren ist von Zuse² angegeben worden. Die Wurzel selbst wird aus technischen Gründen in Md und Mr gleichzeitig aufgebaut und ersetzt zum Schluss im Akkumulator den Radikanden.

5.4.4 Das Befehlswerk

Das Befehlswerk steuert die Ausführung der einzelnen Operationen im Rechenwerk, den Zahlenverkehr zwischen Speicher und Rechenwerk und den Betrieb der Lochstreifenleser. Es wird von der Schreibmaschine und den Lochstreifen gesteuert. Mit Hilfe eines Schaltwellengenerators werden die vom Eingabewerk einlaufenden Rechenbefehle zur Ausführung gebracht, indem die zum jeweiligen Befehl gehörigen Schaltwellen hergestellt werden, welche zu den richtigen Zeiten Verbindungswege zwischen den Recheneinheiten öffnen bzw. die

Recheneinheiten steuern. Die von den Schreibmaschinentasten bzw. Lochstreifenlesern erregten Relais legen den auszuführenden Befehl fest, die eigentliche Operation wird rein elektronisch gesteuert. Mit dem Begriff „Schaltwellen“ sind Impulse gemeint, die zu einem bestimmten Zeitpunkt relativ zum Trommelumlauf beginnen und zu einem bestimmten Zeitpunkt enden. (Bei der Beschreibung des Befehlsablaufs weiter unten wird dies deutlicher.)

5.4.5 Das Synchronisationswerk

Das Synchronisationswerk hält alle Teile der Maschine untereinander und mit der Speichertrommel im Gleichtakt. Es sorgt für die richtige zeitliche Abstimmung der in den einzelnen Maschinenelementen auszuführenden Operationen. Da es von der Trommel her gesteuert wird, sind deren Drehzahlschwankungen völlig unkritisch.

Das Synchronisationswerk besteht aus einem fest mit der Magnettrommel verbundenen eisernen Zahnrad mit 144 Zähnen (die Uhr), dessen Lesemagnet pro Trommelumdrehung in gleichen Abständen 144 Impulse abgibt. In den Speichern werden die Uhrimpulse verwendet, um die an den dortigen Lesemagneten anfallenden und gestaltnäßig und zeitlich schwach verformten Ziffernimpulse zu scharfen Impulsen zu regenerieren.

Die Zählwerke des Synchronisationswerkes dienen dem Zweck, die 144 Impulse pro Trommeldrehung und zusätzlich die seit Beginn eines Befehles abgelaufene Anzahl von Trommelumdrehungen abzuzählen, so dass es möglich ist, die Schaltwellen des Befehlswerkes bei Abstimmung auf die jeweilige Trommelstellung zu den richtigen Zeiten beginnen und enden zu lassen.

5.4.6 Das Ein- und Ausgabewerk

Die Schreibmaschine

Zur Eingabe von Zahlen und Befehlen sowie zur Ausgabe von Ergebnissen diente die umgebaute Vorkriegsschreibmaschine „Mercedes Elektra“.

Unter der Tastatur angebrachte Relaisanker (Zugmagnete) lösten bei 14 Tasten den Druckvorgang aus für die zehn Ziffern, zwei Vorzeichen, Zwischenräume und Wagenrücklauf.

Unter 32 Tasten der Schreibmaschine – sie tragen als Bezeichnung die Ziffern und die Operationssymbole – sind zusätzliche Kontakte angebracht, womit die entsprechende Ziffer oder das zugehörige Kommando der Rechenmaschine zugeleitet wird und dort durch Betätigen eines Relais die gewünschte Operation auslöst. Gleichzeitig wird die Eingabe auf der Schreibmaschine protokolliert. Um Rechenfeh-

1. Preliminary Discussions of the logical Design of an Electronic Computing Instrument by A. W. Burks, Goldstine, v. Neumann, Institute for Advanced Study Princeton 1947
2. Rutishauser, Speiser, Stiefel: „Programmgesteuerte digitale Rechengeräte“, Z. f. angew. Math. Phys. 1 (1950), S. 356

ler auszuschließen, die durch zu schnelle Aufeinanderfolge von zwei Tastenanschlägen auftreten könnten, wird das gesamte Tastenfeld während der Ausführung eines Befehls blockiert. Das wirkt sich praktisch nur bei den Befehlen Multiplikation, Division und Wurzelziehen aus, da sämtliche anderen Befehle in weniger als einer Zehntelsekunde ausgeführt werden.

Lochstreifenleser

Zur automatischen Eingabe von Ziffern und Befehlsfolgen steht ein Satz von vier Lochstreifenlesern zur Verfügung.

Der Lochstreifenstanzer

Ein Lochstreifenstanzer kann als zusätzlicher Zahlenspeicher dienen, denn auf die in den Lochstreifen gestanzten Zahlen kann über vier Lochstreifenleser wieder zugegriffen werden – allerdings nur in der Reihenfolge, in der die Zahlen gelocht sind, wobei beim Lesen zwischen den vier Lochstreifenlesern gewechselt werden kann.

5.4.7 Die Befehle

Da der verwendete 5-Spur-Lochstreifen pro Zeichen $2^5 = 32$ Kodierungsmöglichkeiten erlaubte, wurden 32 Befehle geschaffen.

Befehls- und Zahleneingabe

Bei Zahleneingabe und -ausgabe wird die notwendige Umwandlung vom Dezimal- ins Dualsystem und umgekehrt im langen Zyklus des Verteilers durchgeführt (Weg L2 nach S, siehe Abb. 11).

Eine Zahl Z ($|Z| < 8$) wird in die Maschine eingegeben, indem zunächst die Stelle vor dem Komma (auch wenn sie gleich Null ist), dann höchstens 9 weitere Stellen durch Anschlag der entsprechenden Zifferntasten und zum Schluss das Vorzeichen mit den Tasten p (positiv) oder n (negativ) einzeln eingegeben werden. Die Zahl wird dabei ziffernweise im Verteiler aufgebaut. Wenn weniger als zehn Ziffern eingegeben werden, werden bei Eingabe des Vorzeichens die fehlenden Ziffern als Nullen automatisch ergänzt.

Die so eingegebene Zahl steht nun im Verteiler und kann von dort mittels der Operationen „1a“ bis „9a“ (siehe Abb. 14) weiterverwendet werden. Hierzu

wird die mit dem Operationssymbol bezeichnete Taste der Schreibmaschine angeschlagen, nach Loslassen dieser Taste beginnt sofort die Ausführung des Befehls. Am Ende der jeweiligen Operation ist der Verteiler leer.

Operationen mit eingegebenen Zahlen				
Nr.	Befehl	A	M	z
1a	Z +	$\langle A \rangle + Z$	—	—
2a	Z -	$\langle A \rangle - Z$	—	—
3a ¹	Z m	—	Z	—
4a	Z ×	$\langle A \rangle + Z \cdot \langle M \rangle$	0	—
5a	Z √	$\langle A \rangle - Z \cdot \langle M \rangle$	0	—
6a	Z : —	$\langle A \rangle : Z$	0	—
7a	Z → z	—	—	Z
8a	Z D	—	—	—
Drucke die Zahl Z				
9a	Z L	—	—	—
Drucke und loche die Zahl Z				
1) hiernach soll Befehl 4) oder 5) folgen.				

Abb. 14: Operationen mit eingegebenen Zahlen – <A> ist Inhalt des Akkumulators, <M> ist Inhalt des Multiplizandenregisters und „Z“ ist eine Dezimalzahl

Zum Rechnen mit Zahlen aus dem statischen Speicher wird zunächst die Operation eingegeben (Befehle „1b“ bis „9b“, siehe Abb. 15) und von der Maschine vorgemerkt. Die Ausführung erfolgt erst, nachdem anschließend durch Anschlag einer Zifferntaste (oder Anschlag einer der Tasten „a“ bis „d“ und einer Zifferntaste der gewünschte Speicherplatz eingegeben wurde.

Operationen mit gespeicherten Zahlen				
Nr.	Befehl	A	M	z
1b	+ z	$\langle A \rangle + \langle z \rangle$	—	—
2b	- z	$\langle A \rangle - \langle z \rangle$	—	—
3b ¹	mz	—	$\langle z \rangle$	—
4b	× z	$\langle A \rangle + (\langle z \rangle \cdot \langle M \rangle)$	0	—
5b	√ z	$\langle A \rangle - (\langle z \rangle \cdot \langle M \rangle)$	0	—
6b	: z	$\langle A \rangle : \langle z \rangle$	0	—
7b	→ z	0	—	$\langle A \rangle$
8b	Dz	—	—	—
Drucke die Zahl <z>				
9b	Lz	—	—	—
Drucke und loche die Zahl <z>				
1) hiernach soll Befehl 4) oder 5) folgen.				

Abb. 15: Operationen mit gespeicherten Zahlen – <A> ist Inhalt des Akkumulators, <M> ist Inhalt des Multiplizandenregisters und <z> ist Inhalt der Speicherzelle z

Andere Operationen				
Nr.	Befehl	A	M	z
10 ¹	J	0	<A>	—
11	V	$\sqrt{\langle A \rangle}$	—	—
12	h	$\langle A \rangle : 2$	—	—
13	a	zyklische Vertauschung	$\langle a0 \rangle \rightarrow a1$	
	b, c, d	entsprechend	$\langle a1 \rangle \rightarrow a2$	
			$\langle a2 \rangle \rightarrow a3$	
			$\langle a3 \rangle \rightarrow a0$	
14	Ba	Start Lochband a		
	Bb, Bc, Bd	entsprechend		
15	F	Lochband halt		
16	I	Überlochen einer Fehllochung und Löschung eines Vorbefehls		

1) hiernach soll Befehl 4) oder 5) folgen.

Abb. 16: Andere Operationen

Befehl 13 („a“, „b“, „c“ oder „d“) ist die zyklische Vertauschung der vier Zahlen aus Spur a, b, c oder d, die das Programmieren iterativer Verfahren erheblich vereinfacht. Er ersetzt teilweise die bei speicherprogrammierten Maschinen gegebene Möglichkeit, während der Rechnung Adressen in den Befehlen zu verändern.

Mit Befehl 14 („Ba“, „Bb“, „Bc“ oder „Bd“) werden die Lochstreifenleser a bis d gestartet. Wird ein Leser mit einem nur Zahlen enthaltenen Lochstreifen gestartet, wird die nächste Zahl eingelesen. Durch einen vorher eingestellten Schalter am Bedienungspult (siehe Abb. 18) wird mit dem Abtasten des Vorzeichens am Ende dieser Zahl der Übergang auf einen anderen LS-Leser, der z. B. das Programm der Rechnung enthält, vorgenommen.

Jedem Tastenanschlag auf der Schreibmaschine entspricht die Abtastung einer Zeile auf dem Lochstreifen.

+ + + ○ + +	F	○ + + ○ + +	0
+ + + ○ + ○	a	○ + + ○ + ○	1
+ + + ○ ○ +	b	○ + + ○ ○ +	2
+ + + ○ ○ ○	c	○ + + ○ ○ ○	3
+ + ○ ○ + +	d	○ + ○ ○ + +	4
+ + ○ ○ + ○	h	○ + ○ ○ + ○	5
+ + ○ ○ ○ +	+	○ + ○ ○ ○ +	6
+ + ○ ○ ○ ○	-	○ + ○ ○ ○ ○	7
+ ○ + ○ + +	m	○ ○ + ○ + +	8
+ ○ + ○ + ○	J	○ ○ + ○ + ○	9
+ ○ + ○ ○ +	p	○ ○ + ○ ○ +	D
+ ○ + ○ ○ ○	n	○ ○ + ○ ○ ○	L
+ ○ ○ ○ + +	x	○ ○ ○ ○ + +	V
+ ○ ○ ○ + ○	x	○ ○ ○ ○ + ○	S
+ ○ ○ ○ ○ +	:	○ ○ ○ ○ ○ +	Zw
+ ○ ○ ○ ○ ○	→	○ ○ ○ ○ ○ ○	I

Abb. 17: Die Kodierung der G1-Befehle auf dem Lochstreifen

Jedem Operationssymbol und jeder Ziffer ist eine der bei fünf Lochreihen möglichen 32 Kombinationen zugeordnet, die bei Abtastung durch einen Entschlüsseler entschlüsselt und über 32 Leitungen – parallel zu den Kontakten an der Schreibmaschine – auf die Rechenmaschine wirken (siehe Abb. 19 links oben).

„Der Einsatz elektronischer Rechenmaschinen zur Durchführung längerer Rechnungen lohnt sich nur, wenn sich der Rechengang so gestalten läßt, dass eine im Vergleich zur ganzen Rechnung kurze Folge von Rechenbefehlen immer wieder auf neue Eingangswerte bzw. auf bei der Rechnung angefallene Zwischenresultate angewandt wird. Ein Musterbeispiel für derartige Rechnungen ist die Iteration.

Zur Eingabe sich wiederholender Befehlsfolgen werden Lochbänder benutzt, die an den Enden zu einem endlosen Band zusammengeklebt werden können.

Bei größeren Rechnungen ist ein einzelnes Lochband nicht ausreichend, vor allem, wenn ein Lochband noch als zusätzlicher Zahlenspeicher benutzt werden soll.“¹

1. Zitiert aus: H. Billing, W. Hopmann, A. Schütter: „Die Göttinger bandgesteuerte Rechenmaschine G1“, Jan./Feb. 1953 in ZAMM

Lochstreifeneingabe

Eine hinter dem Lochstreifenleser angeordnete „Relaispyramide“ – der Entschlüsseler – mit fünf Eingängen und 32 Ausgängen bewirkt, dass entsprechend der jeweiligen Lochkombination der zugehörige Ausgang der „Pyramide“ unter Strom gesetzt wird. Dieser Strom betätigt das gleiche Relais, das bei Arbeiten von der Tastatur aus sonst bei Drücken der zu dem betreffenden Befehl gehörenden Schreibmaschinentaste erregt wird.

Lochstreifenausgabe

Der LS-Stanzer locht, je nach Einstellung eines 7-stufigen Wahlschalters (siehe Abb. 18 rechts oben):

- 13.in Verbindung mit Befehl 9 gleichzeitig gedruckte Resultate;
 - 14.in fertig verschlüsselter Form das, was von Hand auf der Schreibmaschine eingegeben wird;
 - 15.- 6. das jeweils auf den LS-Lesern a bis d laufende Programm;
- Stellung 7 schaltet den Stanzer ab.

Die Ansteuerung des Stanzers geschieht mittels einer „Gleichrichterpyramide“ mit 32 Eingängen und fünf Ausgängen, die mit den fünf Eingängen des Stanzers verbunden sind. Die 32 Eingänge der „Pyramide“ sind mit den Relais verbunden, die von den 32 Tasten der Schreibmaschine erregt werden.

5.4.8 Das Bedienungspult

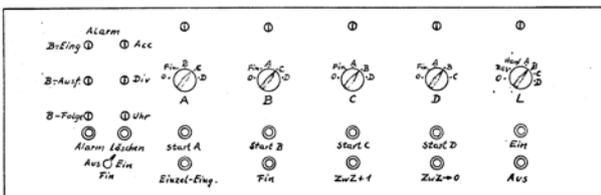


Abb. 18: Das Bedienungspult der G1

Das Bedienungspult enthält den Ein-/Aus-Schalter der Anlage (links unten in Abb. 16), die Glimmlampen zur Anzeige unerwünschter Betriebszustände der Rechenmaschine und die Schalter für die Lochstreifenleser und den Locher.

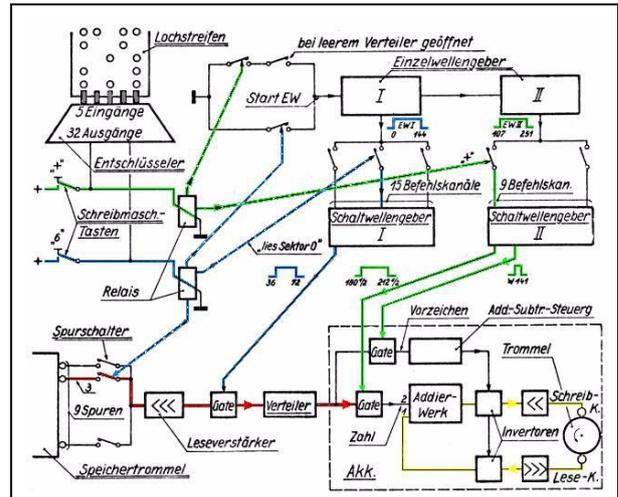


Abb. 19: Schaltskizze der G1

5.4.9 Arbeitsweise der G1 an einem Beispiel

Anhand von Abb. 19 sollen nun beispielhaft für die Befehlseingabe „+6“ die Vorgänge betrachtet werden, die in der Maschine ablaufen. Dieser Befehl addiert den Inhalt von Speicher 6 zum Akkumulator. Der Akkumulator (im Bild gestrichelt umrahmt) ist, ebenso wie die übrigen Register des Rechenwerks, ein dynamisches Register doppelter Zahlenlänge. Dies besagt, dass eine im Akkumulator befindliche Zahl von 72 Dualstellen als Impulszug in dem Kreis umläuft (gelbe Linie in Abb. 19), der aus dem Addierwerk (Eingang 1), dem oberen Invertor, Verstärker [<<], Schreibkopf, Teil der umlaufenden Magnettrommel (Rechentrommel), Lesekopf, Verstärker [<<<] und wiederum Eingang 1 des Addierwerks gebildet ist. Im Addierwerk kann eine vom Verteiler kommende Zahl zum bisherigen Akkumulatorinhalt addiert werden.

Auf den Befehl „6“ hin ist zunächst der Inhalt von Speicher 6 zum Verteiler zu überführen (rote Linien in Abb. 17) und anschließend die Addition des Verteilerinhaltes zum Akkumulator vorzunehmen. Der Verteiler ist ein dynamisches Register von wahlweise ein oder zwei Zahlenlängen Umlaufdauer. Der Speicher 6 ist auf der Speichertrommel im nullten Quadranten der Spur 3 untergebracht. Da jeder Quadrant eine Länge von 36 Dualpositionen besitzt, ist daher zunächst an der Speichertrommel der Relaiskontakt von Spur 3 zu schließen und dann das Gatter (Gate) zwischen Trommel und Verteiler für die Zeit 36 bis 72 zu öffnen. In dieser Zeit läuft der nullte Quadrant unter dem Lesekopf durch. Der Nullpunkt der Zeitskala ist definiert durch einen am Beginn des dritten Quadranten auf der Speichertrommel fest angebrachten eisernen Zahn, der unter einem besonderen Magnetkopf durchläuft. Zur Addition der 32 Dualziffern des Verteilerinhaltes

(also ohne Vorzeichen!) zum Akkumulator wird in der folgenden Umdrehung das Gatter zwischen Verteiler und Addierwerk für die Zeit $180 \frac{1}{2}$ bis $212 \frac{1}{2}$ (gezählt vom Beginn der ersten Umdrehung) geöffnet. Wichtig ist, dass die Öffnung der beiden besprochenen Gatter zur Ausführung des Befehls genau einmal für die angegebenen Zeiten geschieht.

Technisch wird die Ausführung des Befehls „+6“ folgenderweise erreicht: Die Befehlstasten der Schreibmaschine werden in der Reihenfolge „+“ und „6“ gedrückt und erregen die beiden zugehörigen Relais (blaue und grüne Linien in Abb. 19). Diese bleiben auch nach Loslassen der Tasten bis zur Ausführung des Befehls erregt. Bei Kommandierung vom Lochstreifen aus erfolgt die Erregung beider Relais über den Entschlüsseler. Das Relais „+“ darf die Addition noch nicht auslösen, da zunächst abgewartet werden muss, welcher Speicherinhalt addiert werden soll. Die einzige Wirkung des Relais „+“ besteht im Beispiel darin, dass der Relaiskontakt „+“ (zwischen Einzelwellengeber II und Schaltwellengeber II eingezeichnet) geschlossen und damit die später auszuführende Operation festgelegt wird.

Nach Erregen des Relais 6 laufen folgende Vorgänge ab: Der zugehörige Relaiskontakt der Spur 3, der Kontakt am Eingang des Einzelwellengebers I und der Kontakt am Eingang des Schaltwellengebers I werden geschlossen (blaue Linien). Der erste Kontakt bewirkt den Aufruf von Spur 3. Der zweite bewirkt, dass von einer der nächsten Nullstellungen der Trommel beginnend, jedoch frühestens $1/100$ Sekunde nach Kontaktschluss (nach dieser Zeit sind auch die beiden anderen Kontakte mit Sicherheit geschlossen), für die Dauer einer vollen Trommelumdrehung (Zeit 0 bis 144, blau gezeichnet) eine Schaltwelle – die Einzelwelle I – einmalig erzeugt wird. (Mit einer Schaltwelle ist ein Impuls bestimmter Länge gemeint.) Der dritte Kontakt leitet diese Welle in den Befehlskanal „lies Sektor 0“ des Schaltwellengebers I, letzterer steuert den Zahlverkehr zwischen Speichertrommel und Verteiler. An den aufgerufenen Befehlskanal ist im Schaltwellengeber I ein Gatter angeschlossen, das, durch die Einzelwelle 1 geöffnet, den Impuls 36 an ein Flip-Flop gelangen lässt. Dieses Flip-Flop erzeugt nun von der Zeit 36 bis 72 eine Schaltwelle, durch die

das Gatter zwischen Leseverstärker und Verteiler geöffnet wird.

Vom Einzelwellengeber I wird der Einzelwellengeber II angestoßen. Dieser erzeugt ebenfalls eine einmalige Welle von 144 Ziffernzeiten Dauer (grün gezeichnet), welche noch während des Ablaufes von Einzelwelle I zur Zeit 107 beginnt. Einzelwelle II veranlasst über den geschlossenen Kontakt „+“ und den Schaltwellengeber II, dass zunächst zur Zeit 141 das Vorzeichen der im Verteiler befindlichen Zahl abgefragt und dadurch das Addierwerk des Akkumulators auf Addition oder Subtraktion gestellt wird. Die Subtraktion wird durch Einschalten der beiden im Akkumulatorkreis gelegenen Invertoren ausgeführt (ein Invertor verwandelt Einsen in Nullen und umgekehrt). Eine zweite Welle ($180 \frac{1}{2}$ bis $212 \frac{1}{2}$) veranlasst dann die eigentliche Addition. Anschließend fallen die beiden Relais „+“ und „6“ ab und die Maschine steht für die Aufnahme des nächsten Befehls bereit.¹

5.4.10 Rechenleistung der G1

Die Rechenleistung wird hauptsächlich bestimmt durch die Lesegeschwindigkeit der Lochstreifenleser, die sieben Sprossen, also sieben Zeichen pro Sekunde schaffen. Die Ausführungszeit der meisten Befehle entspricht der Abtastgeschwindigkeit des Lochstreifenlesers: Bei den Operationen „1b“ bis „9b“ gibt das erste abgetastete Zeichen die Operation, das zweite und eventuell dritte den Speicherplatz an. Lediglich die Multiplikation und die Division benötigen 175 msec mehr, also 465 msec bzw. 610 msec bei Aufruf eines Speicherplatzes der Gruppen a bis d. Das Ziehen der Quadratwurzel erfordert insgesamt 640 msec.

5.4.11 Fehlersicherheit

Verschiedene Kontrollen überprüfen ständig den Zustand der Maschine, die Synchronisation, die Funktion des Entschlüsseler und zeigen das Auftreten unzulässiger Befehle und eine Überschreitung des Rechenbereiches über Glimmlampen im Bedienungspult (siehe Abb. 18) an.

1. Beschreibung von Wilhelm Hopmann in: „Die Bandgesteuerte Rechenmaschine G1“, aus „Vorträge über Rechenanlagen gehalten in Göttingen, 19. - 21. März 1953“

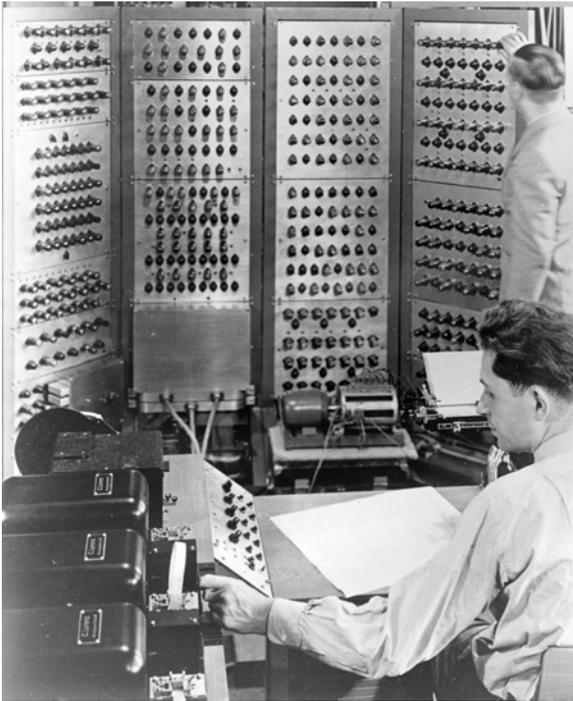


Abb. 20: Heinz Billing an der G1, Wilhelm Hopmann am Bedienungspult

5.5 Daten der G1

Arbeitsweise:

- seriell
- Taktfrequenz: 7,2 kHz
- 1 Indexregister

Informationsdarstellung:

- Wortlänge: 32 Bits + Vorzeichen
- Zahlensystem: dual mit dezimaler Ein-/Ausgabe
- Zahlenbereich: $|x| < 8$
- festes Komma hinter der dritten Dualstelle

Befehle:

- Anzahl: 32, davon 22 eigentliche Befehle
- Einadressbefehle
- Befehlseingabe: 32 Befehle durch 32 Schreibmaschinentasten eingebbar
- Befehlssteuerung: Lochstreifen, Schreibmaschine
- LS-Abtaster liest erst nach Ausführung eines Befehls den nächsten

Trommelspeicher:

- nur zur Speicherung der Operanden
- 3.000 Umdrehungen/min

- Folgefrequenz: 8.000 Bit/sec
- Schreibdichte: ca. 5 Bit pro cm
- Kapazität: 26 Zahlen
- Spurenzahl: 13
- Länge: 20 cm
- Durchmesser: 8 cm

Rechenzeiten (ohne / mit Zugriffszeit):

- Addition: 5 / 280 - 420 msec
- Multiplikation: 320 / 450 - 590 msec
- Division: 320 / 450 - 590 msec

Mittlere Operationsgeschwindigkeit:

- 2 - 3 Op/sec

Ein-/Ausgabe:

- 4 Lochstreifenabtaster (7 Z/sec)
(Telex-Lesegeräte der Fa. Lorenz)
- 1 Lochstreifenstanzer (8 Z/sec)
- 1 Schreibmaschine „Mercedes Electra“
(8 Z/sec)

Zifferneingabe:

- Lochstreifen

Programmeingabe:

- Lochstreifen

Bauelemente:

- 476 Röhrendioden
- 101 Relais

5.6 Betrieb der G1

Betriebszeit:

In ihrer Lebenszeit war die G1 insgesamt 33.946 Stunden in Betrieb, d. h. im Mittel 16,5 Stunden pro Tag.

Anfangs waren es nur 300 bis 400 Betriebsstunden im Monat, ab Herbst 1953 jedoch ca. 700 Betriebsstunden im Monat (von 720 überhaupt möglichen). Die nützliche Rechenzeit lag im Mittel in der Nähe von 82 % dieser Betriebszeiten. Während man bis März 1953 noch ca. 10 - 15 % Ausfallzeit hatte, entfiel insgesamt von den 18 % der fehlenden „nützlichen Rechenzeit“ im Schnitt nur 5 % auf unvorhergesehene Ausfallzeit.

Lebenszeit:

01.11.1952 - 30.06.1958 – Von insgesamt 49.560 Stunden im Max-Planck-Institut für Physik war sie 33.946 Stunden im Betrieb.

Nachteile:

Die wesentlichen Nachteile der G1:

- relativ kleine Rechengeschwindigkeit
- keine Umrechnungsmöglichkeit für Kommandos
- Da Unterprogramme mittels zyklisch zusammengeklebter Lochstreifen gesteuert werden, ist die Zahl der in einer Rechnung verwendbaren Subroutinen durch die Anzahl der Lochstreifenleser begrenzt.
- keine bedingten Sprungbefehle

Vorteile:

- Die serielle Betriebsweise ist der vorgegebenen langsamen Geschwindigkeit von Daten- und Befehlseingabe und Trommelspeicher angemessen.
- Die serielle Betriebsweise ist äußerst materialsparend.
- Beim Ausfall eines einzigen Schaltelements ist die Rechnung praktisch immer völlig verdorben, so dass der Ausfall sofort auffällt.

Wartung der G1

Die durch Alterung auftretenden, zunächst sporadischen Röhrenfehler lassen sich durch Änderung der Betriebsspannung zu permanenten machen. Bei einer wöchentlichen vorbeugenden Wartung werden Kontrollprogramme bei um 20 % verringerter und erhöhter Betriebsspannung (+280 V und -180 V) eingesetzt. Dabei werden die meisten gealterten Elemente der G1 vor ihrem völligen Ausfall bemerkt.

Die G1 wurde von Karl Heinz Gundlach und Hermann Öhlmann gewartet.

5.7 Die G1 im MPI für Physik

Im September 1952 begann der Transport der G1 über den Hof zum Max-Planck-Institut für Physik. Dazu mussten die vielen Verbindungsleitungen zwischen ihren vier Gestellen auseinandergelötet werden. Auch der schwere Maschinensatz wurde überführt. Es dauerte einige Wochen, bis sie wieder lief.

Ab dem 1. November 1952 war die G1 im regelmäßigen Zweischichtenbetrieb von Montag bis Freitag täglich für die Arbeiten der astrophysikalischen Rechengruppe in Betrieb. Außerhalb dieser Zeit stand sie für sonstige Rechnungen des Instituts zur Verfügung – sie lief also „rund um die Uhr“. Durchschnittlich rechnete die Rechengruppe monatlich 300 Stunden, andere Benutzer 100 Stunden. In den ersten fünf Monaten entfielen auf 2.100 Betriebsstunden rund 400 Ausfall- und Wartungsstunden.

Die G1 ist der erste deutsche elektronische Computer.

5.7.1 Bedingter Sprungbefehl

Im Herbst 1953 wurde noch ein bedingter Befehl in die G1 eingebaut, der die Möglichkeit gab, den Gang der Rechenoperationen je nach dem Vorzeichen der Zahl im Akkumulator zu beeinflussen.

5.7.2 Arbeitsweise der G1

Es konnte immer nur ein Benutzer rechnen; dieser musste zur Überwachung dabei sein. Am Anspringen der Lochstreifenleser sah er, welches Unterprogramm gerade in Betrieb war. Die ausgedruckten Zwischenresultate zeigten ihm, ob alles richtig lief.

Rudolf Kippenhahn schreibt: „Heute weiß jeder Programmierer, wie Programmschleifen zu schreiben sind. Aber keiner weiß mehr, daß Schleifen nicht einfach mit Uhu zusammengeklebt werden dürfen, weil sie sonst in den Lesegeräten stecken bleiben. Man muß den Klebstoff mit Aceton verdünnen.“¹

Mit dem Lochstreifenstanzer konnten Ergebnisse zur direkten Weiterverwendung bei weiteren Rechengängen ausgegeben werden.

Zur Arbeit mit der G1 schreibt Rudolf Kippenhahn: „Wenn die Maschine plötzlich stehen bleibt, etwa weil irgendetwas falsch programmiert war, lief die Uhr, welche die zugeteilte Zeit zählte, weiter. Man stand also unter dem Zwang, möglichst schnell das Programm zu ändern, damit die zugeteilte Zeit nicht verstrich. Jeder kam einmal in diese Situation, und wir lernten: vor der stehenden Maschine ist man beliebig dumm. Die Angst, Rechenzeit zu verlieren, lähmt alle Kreativität.“²

5.7.3 Benutzerschaft der G1

Schon während des Baus der Maschine gab es ein wöchentliches Seminar, an dem Erbauer und Benutzer teilnahmen. Für die Maschinen geeignete numerische Verfahren wurden diskutiert, wobei mehr und mehr Gewicht auf die Programmierung der G2 gelegt wurde.

1953 bestand die Rechengruppe des Max-Planck-Instituts für Physik aus drei Rechnern und drei auf das Rechnen spezialisierten Wissenschaftlern. Im ersten halben Jahr hatten etwa zehn weitere Personen mit selbst ausgearbeiteten Programmen gerechnet. Die berechneten Aufgaben stammten

-
1. Aus Rudolf Kippenhahn: „Als die Computer die Astronomie eroberten“
 2. Aus Rudolf Kippenhahn: „Als die Computer die Astronomie eroberten“

aus der Astrophysik, der Quantenmechanik und dem Gebiet der Molekül- und Atomkernstruktur.

Nach kurzer Übung konnte fast jeder wissenschaftliche Mitarbeiter die G1 selbständig bedienen. Angewandte Mathematiker und Techniker, nicht nur der Göttinger Max-Planck-Institute, waren zugelassen. Ein kleines Benutzerhandbuch ermöglichte auch auswärtigen Gästen das Rechnen. Sie durften bei uns rechnen, „sofern Biermann ihre Probleme für wissenschaftlich interessant hielt. Das war eine hohe Hürde, da der Hauptteil der Zeit natürlich für das MPI für Physik reserviert wurde – und der Benutzer willens war, auch seinen Nachtschlaf zu opfern.“¹

Ausgeführte Rechenprogramme:

- Berechnung der Bahnen, die Teilchen der kosmischen Höhenstrahlung im Magnetfeld der Erde beschreiben
- Theorie der Atomhüllen (Helium)
- Theorie der Atomkerne (Mesonenfelder)
- nichtstationäre Stoßwellen in der kosmischen Hydrodynamik
- hydrodynamische Probleme aus der Strömungslehre
- Störerbahnen
- Filterrechnungen (Hochfrequenztechnik)

5.7.4 Erfahrungsaustausch

Ab 1952 unterstützt und koordiniert die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) die in den westdeutschen Universitäten laufenden Computerentwicklungen. Gute Ideen aus Göttingen finden nun viel leichter den Weg zu den Entwicklungen in Darmstadt (DERA) und München (PERM) – und umgekehrt.

Im Herbst 1952 hielt Ludwig Biermann im Physikalischen Kolloquium der Universität Göttingen einen Vortrag über die G1, die G2 und ihre Einsatzmöglichkeiten. Bei den Zuhörern überwog noch die Skepsis.

Vom 19. bis 21. März 1953 wurden in Göttingen von Experten aller westdeutschen Orte von Rechenmaschinen-Entwicklungen Vorträge über Rechenanlagen anlässlich einer Tagung der Kommission „Rechenanlagen“ der DFG mit 126 Teilnehmern gehalten.

1. Zitiert aus der Autobiographie „Ein Leben zwischen Forschung und Praxis – Heinz Billing“ und dem Vortrag „Die Göttinger Rechenmaschinen G1, G2, G3“, gehalten in Göttingen am 19.06.1980

Am 19. September 1954 hielt Heinz Billing in Hamburg auf der Jahrestagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft einen Vortrag über die Rechenmaschinen.

5.7.5 Das Ende der G1

Die G1 wurde am 30. Juni 1958 in Göttingen abgeschaltet und beim Umzug des Max-Planck-Instituts für Physik nach München mitgenommen. Dort lief sie noch bis 1965 an der Universität und wurde dann verschrottet.

Erhalten blieb lediglich der Trommelspeicher. Er wird im Deutschen Museum ausgestellt (siehe Abb. 7 und 8).

5.8 Die G2

Schon während des Baus der „kleinen Maschine“ G1 wurde an der „großen Maschine“ G2 gearbeitet: Hermann Öhlmann entwarf die Schaltungen, Arno Carlsberg und H. Seibt bauten sie zusammen, worauf Öhlmann diese testete. Heinz Billing dachte (ab 1953) über eine parallele Rechenmaschine mit modernster Technologie (G3) nach. Nach erfolgter Überführung der G1 in das MPI für Physik im November 1952 konnte intensiv an der G2 gebaut werden.

Die wegen der vorrangigen Fertigstellung der G1 zurückgestellte G2 ging im Dezember 1954 in einen provisorischen Betrieb. Das war lange bevor die Industrie entsprechende Rechenanlagen liefern konnte.

5.9 Beschreibung der G2

Die G2 ist wie die G1 eine seriell arbeitende Maschine. Die Zahlendarstellung ist dual mit festem Komma. Im Gegensatz zur G1 wird bei der G2 das Rechenprogramm vom Lochstreifen auf die Magnettrommel geladen und von dort ausgeführt (intern gespeichertes Programm). So besteht die Möglichkeit, während des Programmablaufs Befehle und Daten des Programms durch das Programm ändern zu lassen.

5.9.1 Die Zahlendarstellung

Die Festkommazahlen haben eine Länge von 50 Bits und wie die G1 das Dezimalkomma hinter der dritten Dualstelle, womit sich ein Zahlenbereich von $\pm 7,99999999999999$ (15 Dezimalstellen) ergibt.

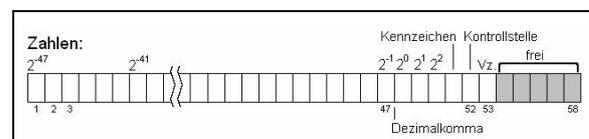


Abb. 21: Die Zahlendarstellung (Zelle einer Zahlspur)

Das freie Bit 52 dient zur Kontrolle: Ist es ungleich 0, wird ein Alarm wegen Bereichsüberschreitung ausgelöst (Zahl ist ≥ 8).

5.9.2 Die Befehlsdarstellung

In ein Computerwort der Länge von 50 Bits (ein Sektor auf der Trommel) werden zwei Befehle eingefügt.

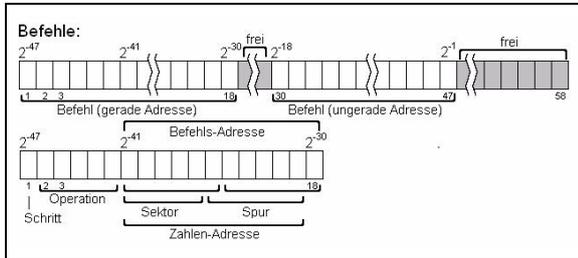


Abb. 22: Die Befehlsdarstellung (oben: Zelle einer Kommandospur, unten: Aufbau eines Befehls)

Die Zeitachse zeigt in Abb. 21 und 22 von links nach rechts, d. h. das niedrigstwertige Bit wird zuerst verarbeitet, beim Befehl ist dies der Schrittimpulse.

5.9.3 Der Befehlsvorrat der G2

Die G2 verfügt über 64 Befehle (Kommandos), die in der Maschine verdrahtete Operationen auslösen. Gekennzeichnet werden die Befehle mit einem Buchstaben oder Symbol oder mit ihrer dualen Verschlüsselung, ausgedrückt mit zwei Oktalzahlen. Es beginnt mit den Befehlen „00“ und „01“ (Symbol „F“) mit der Wirkung „Stop“, die sich nur dadurch unterscheiden, dass bei „01“ das Schritt-Bit gesetzt ist, was bei diesem Befehl keine Wirkung hat. Der höchste Befehl „76“ bzw. „77“ (Symbol „I“) hat mit und ohne Schritt-Bit keine Wirkung, seine Beschreibung lautet: „Tue nichts, gehe weiter“. Der Sinn dieses Befehls ist folgender: Ein versehentlich falsch eingegebenes Zeichen wurde mit der Rücktaste des Fernschreibers mit lauter Einsen überschrieben und ein falsch gelochter Befehl konnte auf dem Lochstreifen durch lauter Löcher in einer Sprosse korrigiert werden. Das Symbol „I“ steht für „Irrtum“.

Das Kommando (siehe Abb. 22, unten) besteht aus einem Operationsteil von zwei Oktalziffern (sechs Dualziffern) und einem Adressteil von vier Oktalziffern (zwölf Dualziffern). Der Operationsteil ist die Nummer der verdrahteten Operation, die vom Kommando ausgelöst wird. Der Adressteil kann eine Speicheradresse sein, aber auch eine Zahl wie z. B. bei den Druckbefehlen die Zahl der zu druckenden Ziffern.

Bedingte Sprungbefehle (unkonditioneller Sprung „K“ und konditioneller Sprung „Kk“) ermöglichen,

ein Programm bei einem anderen als dem nächstfolgenden Befehl fortzusetzen. Der „bedingte Sprung“ konnte vom Vorzeichen der Zahl im Akkumulator, vom Vorhandensein einer Kennzeichnung oder von der Stellung eines Schalters am Bedienungspult abhängig sein (Programmieren einer „Bedarfshaltestelle“).

Auch ein gegenüber der G1 völlig neuer Befehl ist „L“. Er dient dazu, mittels logischer Maskierung aus einer Zahl einen bestimmten Teil herauszuschneiden.

5.9.4 Das Kommandogerät

Eine neue Baugruppe ist das Kommandogerät. Zur Ausführung eines Befehls sind im Allgemeinen zwei Speicher aufzurufen: Auf das Lesen des Kommandospeichers („K“ in Abb. 23) folgt das Auslesen einer Zelle des Zahlenspeichers („Z“ in Abb. 23). Das Kommandogerät ist so aufgebaut, dass ein neuer Befehl bereits gelesen werden kann, während der vorhergehende noch ausgeführt wird.

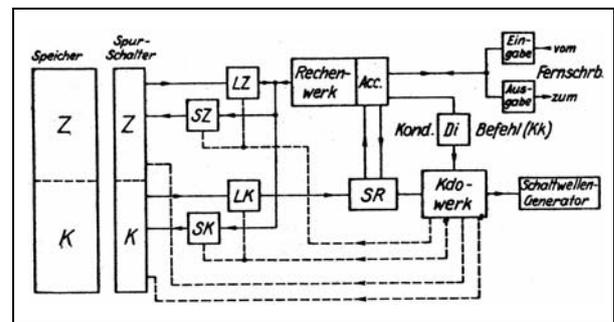


Abb. 23: Das Organisationsschema der G2

Arbeitsweise des Kommandogeräts

a) Normaler Befehlsgang, d. h. fortlaufende Befehlsabfolge (siehe Abb. 24):

Der Kommandospeicherwähler enthält die Speicheradresse des jeweils nächsten Befehls. Es handelt sich dabei um einen zwölfstufigen Untersetzter, bei dem sechs Stufen zur Spurwahl und sechs Stufen zur Sektorwahl dienen. Der Spurteil wird auf den Kommandospurwähler übertragen, der die Spurschalter betätigt. Die Sektorwahl erfolgt durch den Kommandosektorwähler, der den Leseverstärker „LK“ bzw. den Schreibverstärker „SK“ dann öffnet, wenn Koinzidenz herrscht zwischen dem Sektorteil des Kommandospeicherwählers und einem Untersetzter „I“, der am Ende eines jeden Halbsektors um eine Stufe weiterspringt. Das aus der so gewählten Kommandospeicherzelle auslaufende Kommando wird in einem statischen (aus Flip-Flops bestehenden) Register „RI“ abgesetzt. (RI hat 6 Bit für die Spur, 5 bzw. 6 Bits für den Sektor und 5 Bits für die Operation).

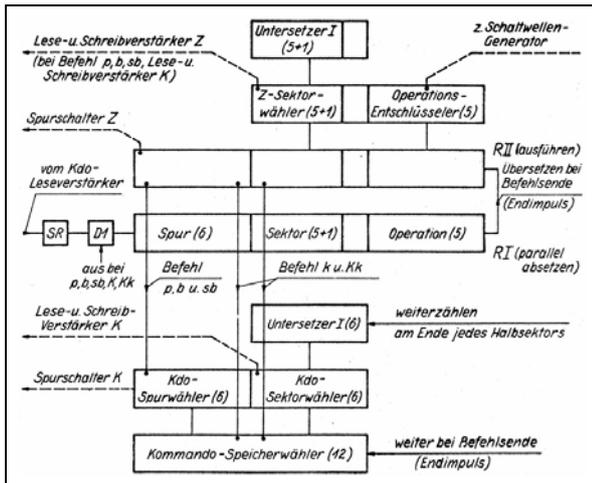


Abb. 24: Das Kommandogerät

Die Ausführung des in RI abgesetzten Kommandos wird ausgelöst durch einen „Endimpuls“. Er bewirkt das Weiterzählen des Kommandospeicherwählers um eine Stufe sowie das Übertragen des in RI befindlichen Befehls nach RII. Von hier aus wird der Befehl unmittelbar ausgeführt. (Die Spurwahl erfolgt direkt von RII aus, die Sektorwahl analog wie vom Kommandospeicherwähler).

Der Operationsentschlüsseler sorgt dafür, dass im Schaltwellengenerator die zur Durchführung der Operation nötigen Schaltwellen erzeugt werden. Nach Ausführung eines jeden Befehls wird ein Endimpuls abgegeben und das inzwischen nach RI gelaufene neue Kommando nach RII übertragen.

b) Anwendung des Schrittbefehls:

Der Schrittbefehl ermöglicht die Abänderung der Speicheradresse und damit eine Abänderung des Rechenganges, obwohl die Kommandos im Kommandospeicher „K“ unverändert bleiben. Diese ausgewählten Kommandos enthalten in ihrem Operationsteil den Schrittimpuls (siehe Abb. 22 unten). Dieser bewirkt, dass das Kommando über das Schrittregister „SR“, welches ein dynamisches Register ist und ein Addiergerät enthält, nach RI läuft. Die im Schrittregister befindliche Zahl wird zu der im Kommando enthaltenen Speicheradresse addiert. Zum Verändern der Zahl im Schrittregister besteht eine Verbindung zum Akkumulator. Befehle, die über das Schrittregister laufen, erhalten zur Kennzeichnung einen Strich (indiziert). So bedeutet z. B. „+301“: addiere Zahl aus Speicherzelle 301, wogegen „+301“ bedeutet: addiere Zahl aus Speicherzelle 301 plus der Zahl im Schrittregister.

Üblicherweise wird mit dem beschriebenen Mechanismus der Adressteil eines Befehls verändert. Es ist aber auch möglich, den Befehl selber zu verän-

dern. Die Veränderung des Befehls betrifft jedoch nur die aktuelle Ausführung des Befehls; im Kommandospeicher bleibt der Befehl in seiner ursprünglichen Form erhalten.

c) Unkonditioneller und konditioneller Sprungbefehl (K und Kk):

Der Befehl „K“ bewirkt, dass der normale Befehlsablauf unterbrochen wird. Enthält der in Speicherzelle „n“ befindliche Befehl die Operation „K“ und die Speicheradresse „r“, so wird als nächstes nicht aus Speicherzelle „n+1“, sondern aus Speicherzelle „r“ der nächste Befehl geholt. Beim konditionellen Sprungbefehl geschieht Selbiges nur, wenn der Akkumulatorinhalt ein negatives Vorzeichen hat.

5.9.5 Der Magnettrommelspeicher

Die Speichertrommel hat einen Durchmesser von 300 mm und rotiert mit 3.000 Umdrehungen pro Minute. Die Speicherzellen sind über 64 Spuren gleichmäßig verteilt. Eine Spur ist unterteilt in 32 Sektoren, in denen jeweils eine Zahl mit Vorzeichen oder zwei Befehle gespeichert werden können. Insgesamt beträgt die Speicherkapazität der Trommel also 2.048 Wörter, von denen ein beliebiger Teil für jeweils zwei Kommandos verwendet werden kann. Die Spuren werden entweder als „Zahlspur“ (Teil des Zahlenspeichers „Z“) oder als „Kommandospur“ (Teil des Kommandospeichers „K“) geschaltet. Dies geschieht mittels zweier Kippschalter, über die jede Spur auf der Rückseite des Maschinengestells verfügt. Mittels der Kippschalter an der Vorderseite des Maschinengestells können die Spuren auf „nur lesbar“ geschaltet werden, um Programme vor versehentlichem Überschreiben zu bewahren.

Ähnlich wie bei der G1 wird die Maschine von der Speichertrommel her synchronisiert. Ein Einzelimpuls charakterisiert die Nullstellung der Trommel; dieser bestimmt den Zeitpunkt Null, von dem ab die Sektoren abgezählt werden. Die Ausführung aller Befehle beginnt grundsätzlich zum Zeitpunkt Null.

Einteilung der Trommel:

- *Spuren 0 und 1:* Befehlsfolgen zur Ausführung der Lochstreifenbefehle
- *Spur 2:* Lochstreifenbefehle und Kommandofolgen zum Drucken von Zahlen und Kommandos
- *Spur 3 bis 62:* Zahlen- und Kommandospeicher
- *Spur 63:* Lochstreifenbefehle und Konstanten

Die Spuren 0, 1 und 63 sind generell schreibgeschützt, die anderen Spuren können mit Hilfe von Kippschaltern an der Vorderseite des Maschinengestells gruppenweise abgeschaltet werden.

5.9.6 Die dynamischen Register

Die G2 hat wie die G1 dynamische Register; das sind Spuren auf der Trommel, welche dauernd gelesen und neu beschrieben werden.

Dynamische Register sind

- *der Akkumulator (Akk)*, das Hauptrechenregister, in das addiert, subtrahiert und mit Potenzen von 2 multipliziert werden kann (durch Verschieben um entsprechende Anzahlen von Dualstellen). Im Akkumulator entsteht das Ergebnis einer Multiplikation; bei einer Division enthält er vor der Rechnung den Zähler und schließlich das Ergebnis der Division.
- *das Multiplikatorregister (Mr)*;
- *das Multiplizierenregister (Md)*, das auch die Funktion des Verteilers der G1 als Koppelregister zum Zahlenspeicher übernimmt;
- *das Ausgaberegister*, in welches eine Zahl gebracht wird, die gedruckt oder gelocht werden soll. In ihm wird sie ins Dezimalsystem konvertiert und jede Ziffer als Tetrade¹ dargestellt.

Diese vier Register haben je eine Länge von 100 Dualstellen. Damit können Produkte 50-stelliger Dualzahlen in voller Genauigkeit addiert werden. Auch ist das Rechnen mit doppelter Genauigkeit leicht zu programmieren und 27-stellige Dezimalzahlen können gedruckt werden.

- *Das Transferregister (Tr)* durchlaufen alle Zahlen und Befehle auf dem Weg in ihre Speicherzelle. Dadurch können diese vor ihrer Speicherung durch Hinzuaddieren von Konstanten verändert werden.
- *Das Schrittreger (SR)* mit der Länge 18 Bit enthält eine Konstante, die zu jedem Befehl mit gesetztem Schritt hinzuaddiert wird.

Die Inhalte der dynamischen Register können wahlweise auf einem Oszillographenschirm im Bedienungspult der Maschine sichtbar gemacht werden.

5.9.7 Die statischen Register

Die statischen Register sind aus Flip-Flops aufgebaut:

- *Das Kommandoregister II* enthält den Befehl, der gerade ausgeführt wird.
- *Das Kommandoregister I* enthält den nächstfolgenden Befehl.

1. Darstellung einer Dezimalziffer als 4-stellige Dualzahl

- *Der Kommandoähler (KZ = Adressregister)* enthält die Speicheradresse des Befehls im Kommandoregister I.

Der Inhalt dieser drei Register kann bei angehaltener Maschine an Glimmlampen abgelesen werden.

- *Der Vorzeichenähler (VZ)* speichert das Vorzeichen und sorgt dafür, dass entweder eine Addition zum Akkumulator (Inhalt von VZ = 0) oder eine Subtraktion (Inhalt von VZ = 1) durchgeführt wird.
- *Das Kennzeichenleseregister (KL)* wird gesetzt, wenn eine Zahl mit gesetztem Kennzeichenbit von der Trommel gelesen wird.
- *Das Kennzeichenschreibregister (KS)* wird durch den Befehl 70 („*“) gesetzt, damit nachfolgende Zahlen beim Schreiben auf die Trommel mit gesetztem Kennzeichenbit versehen werden.

Letztere drei Register bestehen aus je einem Flip-Flop.

5.9.8 Das Ein- und Ausgabewerk

Zur Ausgabe von Ergebnissen auf Papier und auf Lochstreifen war ein Fernschreiber der Marke Lorenz angeschlossen.

Das Eingabewerk ermöglicht folgende Vorgänge vor Beginn des Ablaufs eines Programms:

- Eingabe von 15-stelligen Dezimalzahlen in aufeinanderfolgende Zahlenspeicher
- Eingabe von Kommandos in aufeinanderfolgende Kommandospeicher; dabei wird eine vorher gespeicherte Konstante zum Adressteil addiert.
- Eingabe der Adresse des ersten zu füllenden Zahlen- bzw. Kommandospeichers
- Eingabe der für b) bestimmten Konstanten in den Zahlenspeicher
- Eingabe der Speicheradresse, von der aus die Rechnung beginnen soll und Start des Programms durch Auslösung eines Endimpulses

Zur Eingabe wird ein Fernschreiber verwendet. Dieser liefert mit Drücken z. B. der Zifferntaste „5“ einen Impulszug, der die duale Verschlüsselung der 5 darstellt. (Gleichwertig ist das Abtasten einer Lochreihe eines außerhalb der Maschine hergestellten Lochstreifens durch den am Fernschreiber angebauten Lochstreifenleser.) Dieser Impulszug gelangt in die niedrigste Position des Akkumulators. Mit jedem Druck auf eine Zifferntaste des Fernschreibers wird der Akkumulatorinhalt mit 10 multipliziert, wodurch nach abschließender Eingabe von „p“ oder „n“

schließlich die gewünschte mehrstellige positive oder negative Dezimalzahl als Dualzahl im Akkumulator aufgebaut wird.

Der Fernschreiber wird auch zum Ausdrucken von Zahlen benutzt. Da dieser Vorgang verhältnismäßig langsam ist, wird die auszugebende Zahl zuerst im Akkumulator durch fortlaufende Zehner-Multiplikation in eine dual verschlüsselte Dezimalzahl umgewandelt und dann in ein dynamisches Register, das Ausgaberegister, überführt. Während das Ausdrucken von diesem aus erfolgt, kann die Maschine weiterrechnen.

5.9.9 Das Bedienungspult

Das Bedienungspult der Anlage bietet unter anderem die Möglichkeit, mit der Taste „Speichern“ sämtliche Registerinhalte in Spur „Null“ der Magnettrommel abzuspeichern. Mit der Taste „Alter Zustand“ werden diese Informationen wieder in die entsprechenden Register zurückgeschrieben.



Abb. 25: Die G2 im Max-Planck-Institut für Physik, links das Bedienungspult

5.10 Daten der G2

Arbeitsweise:

- seriell
- Taktfrequenz: 92 kHz
- 1 Indexregister

Informationsdarstellung:

- Wortlänge: 50 Bits; dazu Vorzeichenstelle, Kontrollziffer, Markierung
- Zahlensystem: dual
- Zahlenbereich: $|x| < 8$
- festes Komma hinter der dritten Dualstelle

Befehle:

- Anzahl: 32
- Einadressbefehle

- Länge: 18 Bits, 2 Befehle pro Wort
- Befehlssteuerung: von der Trommel
- Während der Ausführung eines Befehls wird der nächste von der Trommel gelesen.
- Indexregister zur Adressmodifikation

Trommelspeicher (schon vor 1950 begonnen):

- 3.000 Umdrehungen/min
- Kapazität: 2.048 Wörter à 50+1 Bits
- Spurenzahl: 64
- Schreibdichte: ca. 18 Bit pro cm

Rechenzeiten (FK, ohne / mit Zugriffszeit):

- Addition: 0,6 / 20 msec
- Multiplikation: 80 / 100 msec
- Division: 80 / 100 msec

Mittlere Operationsgeschwindigkeit:

- 20 - 30 Op/sec

Ein-/Ausgabe:

- Lochstreifenleser (200 Z/sec)
- Fernschreiber (7 Z/sec)

Bauelemente:

- ca. 1.200 Röhren (Philips Doppeltriode E90CC)
- Germaniumdioden

5.11 Betrieb der G2

Die G2 wurde im Januar 1955 im Max-Planck-Institut für Physik installiert. Im ersten Betriebsjahr bereitete die G2 noch einigen technischen Kummer. Anfangs lag die mittlere Zeit zwischen zwei Fehlern sogar unter zwei Stunden.

Betriebszeit:

Im ersten Betriebsjahr 1955 leistete die G2 nur eine nützliche Rechenzeit von 37 %. Sie war im MPI für Physik insgesamt 36.076 Stunden in Betrieb, d. h. 15,2 Stunden pro Tag (im Mittel).

Gemittelt über ihre gesamte Lebenszeit bis Mitte des Jahres 1961 brachte sie es auf eine nützliche Rechenzeit von 78 %. Die Ausfallzeit betrug 5 %.

Lebenszeit:

Die G2 wurde vom 01.01.1955 bis zum 30.06.1961 im Max-Planck-Institut für Physik genutzt.

Die G2 war der erste deutsche speicherprogrammierte Computer (mit internem Programm).

Ein vergleichbarer Rechner war der ab Dezember 1954 in den USA produzierte Magnettrommelrechner IBM 650, der etwa 2.000 Elektronenröhren hatte und ähnlich wie die G2 funktionierte. Er wurde erst zwei Jahre nach der Fertigstellung der G2 bei IBM in Sindelfingen produziert.

5.12 Die G2 im MPI für Physik

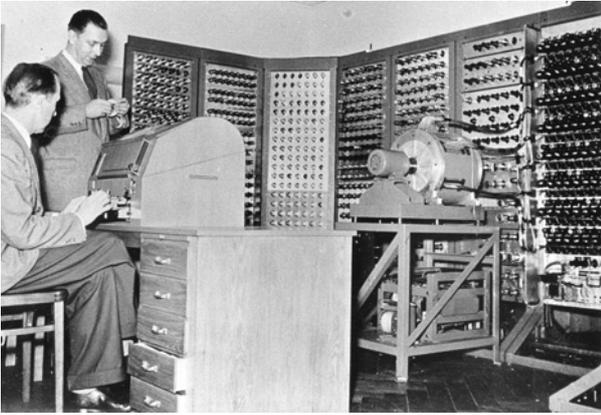


Abb. 26: Die G2 mit Heinz Billing und Hermann Öhlmann im MPI für Physik

Die G2 war für die Rechenarbeiten im Institutsbetrieb gedacht für die verschiedensten Aufgaben. Lange Routinerechnungen mit gleichbleibendem Programm waren selten. Im Laufe der Zeit entstand mit einer Sammlung von Teilprogrammen für die verschiedensten Probleme eine Programmbibliothek, aus der man sich bei der Vorbereitung einer neuen Rechnung bedienen konnte. Da die aus der Bibliothek entnommenen Teilprogramme selten völlig passten, besaß die G2 mit dem Transferregister eine Vorrichtung, welche die häufigsten notwendigen Abänderungen während des Übertrags vom Lochstreifen in den Zahlenspeicher automatisch erledigte.

5.12.1 Ausgeführte Rechenprogramme

- Störmerbahnen
- Stoßwellen im Magnetfeld
- Matrixinversion
- Quantenmechanik der Metalle
- Bahn eines kleinen Planeten über zwölf Jahre

„Elektronische Maschinen wurden bis dahin in der Astronomie noch nicht eingesetzt. Waren sie überhaupt dafür geeignet? Für die G2 kam die Stunde der Wahrheit 1955. Die Bestimmung des Abstandes Erde-Sonne, der Grundeinheit für die Entfernungen im Weltall, geschieht mit Hilfe nahe vorbeikommender Kleinplaneten. Zwei kleine Planeten bieten sich

hierfür an. Ihre Namen: Amor und Eros. Der Astronom kann sich also bei der Bestimmung der astronomischen Einheit entweder der amourösen oder der erotischen Methode bedienen. Im März 1956 sollte Amor wieder einmal der Erde besonders nahe kommen.

Seit Jahrhunderten hatten die Astronomen Verfahren zur Berechnung der Bewegung eines Himmelskörpers entwickelt, die er unter dem Einfluß des Schwerefeldes der Sonne und der großen Planeten ausführt. Nach der Entwicklung von mechanischen und elektrischen Tischrechenmaschinen konnten die Verfahren diesen Hilfsmitteln angepaßt werden. Die Mitarbeiter des Astronomischen Rechen-Instituts, das damals in Berlin-Babelsberg angesiedelt war, hatten viel Erfahrung in der Berechnung von Planetenephemeriden. Ein Jahr vor der Annäherung von Amor an die Erde schritt man ans Werk. Doch damals arbeitete bereits die G2, und so bot es sich an, auch mit ihr die Bahn des Amor zu berechnen. Da würde man sehen, was die neuen Maschinen, von denen so viel die Rede war, wirklich zu leisten vermochten.

Viele Wissenschaftler blickten damals misstrauisch auf die neu entstehenden Computer. Selbst ein Jahrzehnt später, als Hans-Heinrich Voigt und ich versuchten, in Göttingen ein gemeinsam von der Universität und der Max-Planck-Gesellschaft betriebenes Rechenzentrum zu schaffen, ließen uns Kollegen durchblicken, dass ihrer Meinung nach Computer zwar sehr wichtig sind, dass aber ein guter Mathematiker oder ein guter theoretischer Physiker sie nicht braucht.

Als der kleine Planet Amor im Anmarsch war, schritten in Göttingen Peter Stumpff, Stefan Temesvary, Arnulf Schlüter und Konrad Jörgens ans Werk.

Sie standen vor einer wohlbekannteren mathematischen Aufgabe, der Lösung eines Systems gewöhnlicher Differenzialgleichungen. Was man dazu tun muss, steht in den Lehrbüchern, und wenn es nicht so sehr auf Arbeitszeit ankommt – die Arbeit macht schließlich eine Maschine – muss man nicht die bisher für Tischrechenmaschinen entwickelten zeitsparenden astronomischen Rechenmethoden verwenden, sondern kann die Differenzialgleichungen nach wohlbekanntem Rezepten lösen. Das Göttinger Ergebnis war etwas anders als die von den in Babelsberg nach klassischen Verfahren berechneten Ephemeriden.

Und dann kam Amor. Wo aber stand er am Himmel? Dort, wo ihn die erfahrenen Babelsberger Rechner einen Platz zugewiesen hatten? Nein, er stand

näher an der Stelle, an die ihn die G2 plaziert hatte!“¹

5.12.2 Ende der G2 im Schatten der G3

Die G2 zog mit dem Max-Planck-Institut für Physik im Sommer 1958 nach München um, wo sie noch zwei Jahre intensiv genutzt wurde und schließlich ein halbes Jahr nach der Inbetriebnahme der Parallelmaschine G3 am 30. Juni 1961 außer Betrieb genommen wurde. Von ihr blieb leider kein Teil der Nachwelt erhalten.

5.13 Neue Technologien

Neben der Fertigstellung der G2 war das Hauptarbeitsfeld der Arbeitsgruppe „Numerische Rechenmaschinen“ Heinz Billings die Planung der G3 und damit die Beschäftigung mit einem wesentlichen Bauelement der G3, dem Ferritkern. Ferritkerne können Elektronenröhren und Dioden sowohl in den Logikschaltungen als auch im Speicher ersetzen. Getestet werden Kerne aus aus metallischem Material gewickelten Bandkernen (Typ 5000 Z der Firma Haeräus) und Ferritkerne der amerikanischen Firma General Ceramics Corp.. „Wegen der Wichtigkeit dieser Kerne für den Rechenmaschinenbau haben wir die deutsche Firma Dralowit ermutigt, die Entwicklung und Produktion derartiger Kerne aufzunehmen und es steht zu hoffen, daß brauchbare Kerne bald auch in Deutschland erhältlich sein werden. Wir planten zunächst einen Speicher mit 256 Wörtern à 40 Bits. Anfangs waren Kerne mit 6 mm Außendurchmesser aus den USA im Test. Diese haben ein Ferritvolumen von 22 mm³. Bei 40 in Serie liegenden Kernen erreicht man eine Schaltzeit von 10 µsec. Von den neuesten aus den USA gelieferten Kernen mit 3 mm Außendurchmesser und 1,5 mm³ Volumen versprochen wir uns eine wesentlich geringere Schaltzeit.“²

Weil für die Techniken, die vorgesehen waren, um die G3 schnell und leistungsfähig zu machen, noch nicht ganz die Zeit reif war, wurde zunächst eine Weiterentwicklung der G1 mit den neu zur Verfügung stehenden Technologien ins Auge gefaßt.

Geplant wurde eine lochstreifengesteuerte Serienmaschine mit der Arbeitsgeschwindigkeit der G2 und etwa gleich großem Hauptspeicher, wiederum einem Magnettrommelspeicher. Wesentliche Neuerungen waren die Zahlendarstellung mit Gleitkomma, eine wesentlich größere Wortlänge und

1. Rudolf Kippenhahn: „Als die Computer die Astronomie eroberten“
2. Zitiert aus Heinz Billings Autobiografie „Ein Leben zwischen Forschung und Praxis – Heinz Billing“, erschienen im SUPERBRAIN-Verlag, Düsseldorf

maximale Flexibilität in der durch eine Mikroprogrammierung zu erreichenden Befehlsausstattung.

5.14 Die G1a

Vom Konzept her wurde ein verbesserter Nachbau der G1 entwickelt. Es meldeten sich eine ganze Reihe von Interessenten für diese Maschine, so dass man den Bau von drei Exemplaren plante. Bei gleichem Organisationsschema und Materialaufwand wie bei der G1 war es nach den Erfahrungen mit dieser kleinen Maschine möglich, nun einen deutlich leistungsfähigeren Rechner zu bauen. Die drei Exemplare sollten planmäßig 1955 fertig werden.

Die starre Steuerung der Maschine von Lochstreifen sollte dadurch flexibler werden, dass zehn Lochstreifenleser vorgesehen wurden. Ein spezielles Speicheraufrufsystem zur Spuransteuerung auf der Magnettrommel diente mit der deutlich größeren Speicherkapazität der Trommel ebenfalls zur Erhöhung der Flexibilität der Rechenmaschine.

5.14.1 Wilhelm Hopmann

Die G1a wurde ab 1953 im Auftrag Heinz Billings von Wilhelm Hopmann entwickelt und gebaut.

Wilhelm Pius Karl Melchior Hopmann wurde am 6. März 1924 in Bonn geboren. Er war Sohn des Astronomen Josef Hopmann, der bis zum Ende des Zweiten Weltkrieges den Lehrstuhl für Astronomie der Leipziger Universität innehatte. Von 1946 bis 1950 studierte Wilhelm Hopmann in Göttingen Physik. Am 2. Januar 1951 trat er als Mitarbeiter von Heinz Billing in das Institut für Instrumentenkunde ein. Am Bau der Rechenmaschinen G1, G2 und G3 war Wilhelm Hopmann beteiligt, die Rechenmaschine G1a entstand unter seiner Leitung. Mit einer G1a ging Wilhelm Hopmann 1958 zum GFKF³-Institut für Kernfusion nach Aachen und von dort zur Kernforschungsanlage in Jülich. Im Jahr 1989 trat er in den Ruhestand und starb am 13. Dezember 2002 in Chamerau im Bayerischen Wald.

5.14.2 Zahlensystem und Befehle

Mit ihrer Wortlänge von 60 Bits kann die G1a Gleitkommazahlen mit einer Mantisse von ca. 13 Dezimalstellen darstellen. Die Mantisse ist stets kleiner als Eins und der Exponent kann zwischen +38 und -38 (dezimal) liegen. Intern arbeitet die Maschine mit 43 Dualstellen in der Mantisse und einem Exponenten von 7 Bit (zwischen 2^{-127} und 2^{+127}). Per Befehl kann auf Betrieb mit mehr als doppelter Genauigkeit (103-stellige Mantisse) umgeschaltet

3. GFKF = Gesellschaft zur Förderung der kernphysikalischen Forschung e. V.

werden, wobei jeweils zwei Sektoren im Trommelspeicher zusammengefasst werden. Des Weiteren kann per Befehl auf Rechnen mit festem Komma umgeschaltet werden, wobei eine erhöhte Genauigkeit möglich wird.

Die Aus- und Eingabe von Zahlen erfolgt in der Form „Mantisse – Mantissenvorzeichen – Exponentenvorzeichen – Exponent“, wobei das Komma vor der ersten Mantissenstelle liegt. Es bedeutet also z. B. „1548923556p/14“ die Zahl „+0,1548923556*10⁻¹⁴“.

Aus der Befehlsliste sei beispielhaft der Befehl zum bedingten Sprung (Befehl 27, Symbol „c“) herausgegriffen. Er umfasst die folgenden neun Variationen:

- c0: Ende Sprung
- c1: springe bis zum nächsten c0, wenn Exponent im Akkumulator negativ
- c2: überspringe den nächsten Befehl, wenn Akkumulator negativ
- c3: springe bis zum nächsten c0, wenn Akkumulator negativ
- c4: überspringe den nächsten Befehl, wenn die zuletzt aus dem Speicher gelesene Zahl gekennzeichnet war¹
- c5: springe bis zum nächsten c0, wenn die zuletzt aus dem Speicher gelesene Zahl gekennzeichnet war
- c6: überspringe den nächsten Befehl, wenn Schalter² „Bed. Sprung I“ eingeschaltet
- c7: springe bis zum nächsten c0, wenn Schalter „Bed. Sprung II“ eingeschaltet
- c8: überspringe den nächsten Befehl
- c9: springe bis zum nächsten c0

Die Möglichkeit, den Programmablauf von der Stellung eines Schalters am Bedienungsfeld abhängig zu machen, ergab z. B. die Möglichkeit, ein Programm an bestimmten Stellen anzuhalten („Bedarfshaltestelle“).

Die arithmetischen Befehle, einschließlich der Quadratwurzel, entsprachen denen der G1. Zur Beschleunigung der Multiplikation wurden je Schritt gleich zwei Partialprodukte zum Akkumulator addiert. Das erbrachte eine Multiplikationszeit von weniger als 20 msec.

1. Die Kennzeichnung einer Zahl erfolgt durch Setzen des Kennzeichen-Bits (wie bei der G2)
2. Schalter am Bedienungsfeld

Das Ausgaberegister eröffnete wie bei der G2 die Möglichkeit, Befehle während des Programmablaufs zu verändern: Für eine Lochstreifengesteuerte Maschine ein besonderes Merkmal, Befehlsbestandteile wie Zykluslängen, Spurwählerpositionen oder die Nummer des Lochstreifenlesers zur Auswahl eines Unterprogramms oder einer Zahlenkolonne während des Programmablaufs zu verändern.

5.14.3 Der Magnettrommelspeicher

Die Magnettrommel dient zur Zahlenspeicherung, nicht zur Speicherung des Programms. Auf 30 Spuren können je 60 Zahlen mit 60 Bits gespeichert werden (Kapazität: 1.800 Zahlen). Eine Speicheradresse im Befehlsword besteht aus drei Dezimalziffern hinter dem Operationssymbol. Die ersten beiden Ziffern geben den Sektor in der aufzurufenden Spur an, die dritte aber nicht die Spur, sondern die Nummer eines von zehn Schaltrelais, das den ihm zugehörigen 30-teiligen Wähler anschaltet (siehe Abb. 27). Jeder Wähler kann nun auf jede Spur des Hauptspeichers geschaltet werden. So bedeutet z. B. der Befehl „+347“: Addiere die Zahl aus Sektor 34 der an Wähler 7 liegenden Spur in den Akkumulator. Welche Spur das nun ist, wird vor oder während der Rechnung mit einem Einstellbefehl festgelegt.

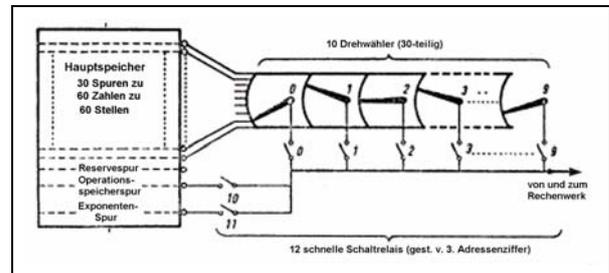


Abb. 27: Das Speicheraufrufsystem der G1a

Eine weitere Spur auf der Trommel ist der Operationsspeicher mit Platz für 40 Zahlen: Zwischenwerte und Konstanten. Er wird automatisch aufgerufen, wenn ein Sektor zwischen 60 und 99 befohlen wird; er benötigt also nur eine zweistellige Adresse.

Eine 32. Spur der Trommel enthält Konstanten, die intern bei der Ein- und Ausgabe benötigt werden (Dual-Dezimal-Umwandlung).

Auf weiteren Spuren der Trommel liegen die Umlaufregister von doppelter Wortlänge für Akkumulator, Multiplikandenregister (das zusätzlich die Funktion des Verteilers der G1 hat), des Multiplikatorregisters und des Ausgaberegisters, das nach dem Vorbild der G2 die im Akkumulator konvertierte Zahl an die Schreibmaschine oder den Lochstreifenstanzer ausgibt.

5.14.4 Ein-/Ausgabe

Befehlseingabe über elektrische Schreibmaschine

Wie bei der G1 können Befehle und Zahlen von der Tastatur der Schreibmaschine direkt in das Rechenwerk eingegeben werden. Wird gleichzeitig ein Lochstreifen gestanzt, um ein Programm-Lochband zu erzeugen, hat man gleichzeitig die Rechenkontrolle, es wird somit „interaktiv“ programmiert.

Die Lochstreifenleser als Befehlsspeicher

Die Programmeingabe geschieht über photoelektrische Lochstreifenleser, die wesentlich die Rechengeschwindigkeit der Maschine bestimmen. Ein Lochstreifenleser empfängt das Hautprogramm, mit den anderen 9 Geräten können neun Unterprogramme eingearbeitet werden. Lochstreifenlängen von etwa 2 Metern gelten als gut handhabbar, pro Meter Lochstreifen sind etwa 100 Befehle gespeichert.

Da es noch keine ausreichend schnellen Lochstreifenleser zu kaufen gab, wurden diese selbst entwickelt. Als Antrieb benutzte man den Motor des Siemens-Motordrehwählers und erreichte so die Arbeitsgeschwindigkeit des Rechners von ca. 10 bis 20 Operationen pro Sekunde.

Ausgabe über elektrische Schreibmaschine

Die Ausgabe von Resultaten auf der elektrischen Schreibmaschine erfolgt mit etwa 10 bis 17 Ziffern pro Sekunde. Resultate, die wieder in der Maschine verwendet werden sollen, können mit dem an die Schreibmaschine angeschlossenen Locher gleichzeitig auf Lochstreifen ausgegeben werden.

5.14.5 Das Rechenwerk

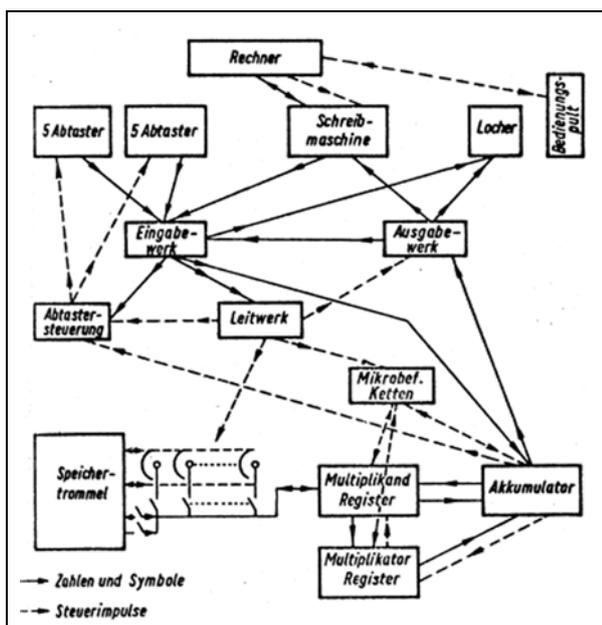


Abb. 28: Das Organisationschema der G1a

Das Rechenwerk ist wie bei der G1 aus den drei Registern Akkumulator, Multiplizierenregister und Multiplikatorregister aufgebaut, die unter Verwendung jeweils einer Trommelspeicherspür als dynamisches Register funktionieren. Das Multiplizierenregister ist auch das Verbindungsglied zum Speicher.

Zur Beschleunigung der Multiplikation werden mit jedem Schritt gleich zwei Partialprodukte in den Akkumulator addiert. Dieser hat darum ein Serienaddierwerk mit drei Summandeneingängen. Das Multiplizierenregister hat ebenfalls ein Addierwerk, um die Multiplikation mit 10 für die Ausgabe und die Addition der Exponenten der Faktoren bei der Multiplikation durchzuführen.

5.14.6 Mikroprogramm-Steuerwerk

Die Steuerung des Rechenwerks erfolgt in Mikroprogrammierung über aus Ferritkernen aufgebaute magnetostatische Ketten. Jeder Befehl ist aus Teiloperationen aufgebaut, die, sofern benötigt, der Reihe nach aktiviert werden. Jeder Operation ist eine Kette zugeordnet; eine weitere Kette mit 120 Gliedern wird, als Ringzähler geschaltet, zur Synchronisation des Rechenwerks mit der Trommel verwendet.

Die Ausführung der Makrooperation „Multiplikation“ mit Hilfe einer Reihe von Mikrooperationen soll hier beispielhaft erläutert werden.

Hier ein Auszug aus dem Vorrat der vorhandenen Mikrooperationen:

- 1: bringe Zahl aus der im Makrobefehl angegebenen Speicherzelle zum Multiplizierenregister Md
- 2: bringe Zahl aus Akkumulator zum Multiplikatorregister Mr
- 3: frage höchste Stelle des Multiplikatorregisters ab, ob dort eine 1 steht
- 4: addiere Zahl aus Md zur Zahl im Resultatregister Akk
- 5: verschiebe Zahl in Md um eine Stelle nach rechts
- 6: verschiebe Zahl in Mr um eine Stelle nach links
- 7: frage ab, ob Aufsummierung der Partialprodukte beendet
- 60: Makrooperation beendet

Und so läuft die Makrooperation „Multiplikation“ als Folge von Mikrooperationen ab:

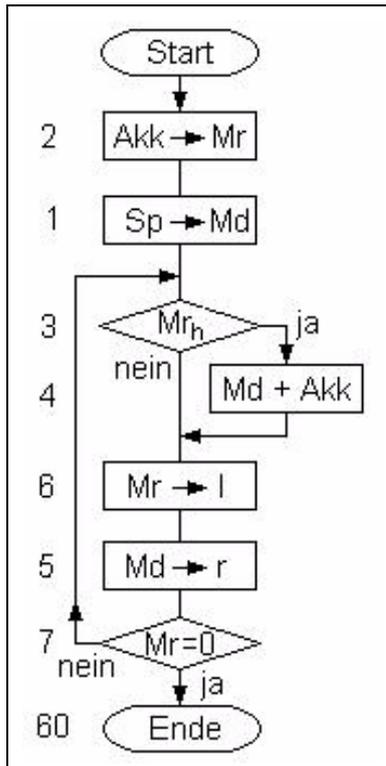


Abb. 29: Schema der Mikrooperationsfolge für „Multiplikation“

Bei der Mikroprogrammierung werden den einzelnen Mikrooperationselementen nacheinander Impulse in einer Reihenfolge zugeleitet, die durch die Art der jeweiligen Makrooperation bestimmt ist.

Magnetische Induktion

Hier muss nun kurz eine Erläuterung der Arbeitsweise von Ferritkernen eingeschoben werden:

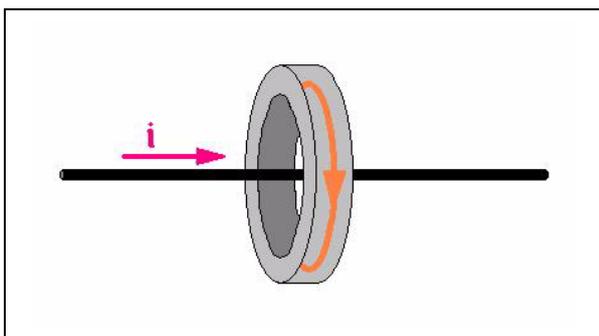


Abb. 30: Magnetischer Fluss

Um einen stromdurchflossenen Draht bildet sich ein ringförmiges Magnetfeld, das in einem Ferritkern einen magnetischen Fluss erzeugt. Bei einer bestimmten Stromstärke gerät der magnetische Fluss in die Sättigung, eine permanente Magnetisierung des Ringkernes (im Uhrzeigersinn oder gegen

den Uhrzeigersinn, je nach Stromrichtung) bleibt bestehen.

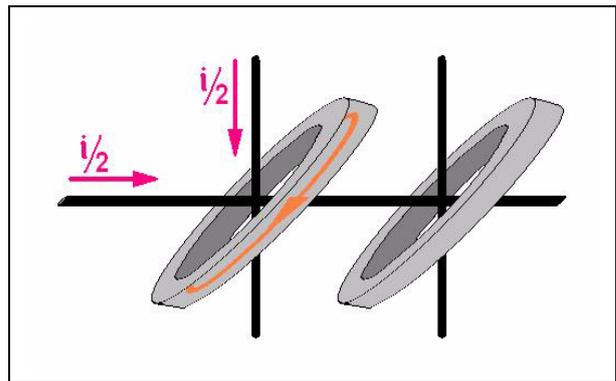


Abb. 31: Halbstromverfahren

Führt man zwei Drähte durch den Ferritkern, gerät nur der magnetische Fluss in dem Kern, durch den zwei Ströme sich zu dem Strom addieren, der zur Sättigung führt, in die Sättigung.

Führt man nun noch eine Drahtschleife um den Ferritkern, wird in dieser ein Stromimpuls induziert, wenn sich der magnetische Fluss im Kern in seiner Drehrichtung ändert.

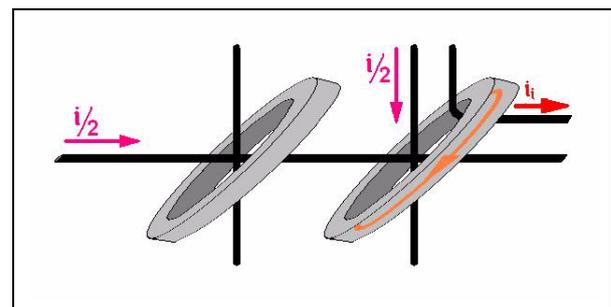


Abb. 32: Induzierter Stromimpuls

Da dieser „Leseimpuls“ i_i nur entsteht, wenn der Kern ummagnetisiert wird (sich die Flussrichtung ändert), ist er Ausdruck der in ihm gespeicherten Information. In einem Speicherkern muss nach dem Lesen (das den Kern ummagnetisiert hat) die ursprüngliche Information wieder eingelesen werden. Ein „Lese-Rückschreib-Zyklus“ ist erforderlich.

Matrix-Steuerwerk

Zur technischen Realisierung der Mikroprogrammierung wird in der G1a das Ferritkern-Matrix-Verfahren verwendet. Die Entschlüsselung des Makrobefehls wird mit Hilfe einer quadratischen Matrix aus Ferritkernen durchgeführt (linke Seite von Abb. 33; zur Vereinfachung der Darstellung enthält sie nur maximal 16 Ferritkerne und könnte damit nur 16 Schlüsselzahlen auflösen).

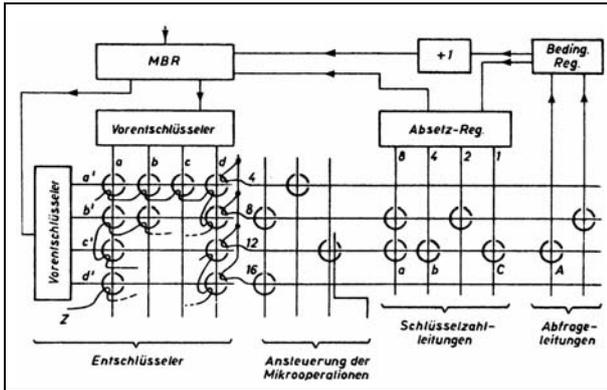


Abb. 33: Schaltschema eines Matrix-Steuerwerks mit Ferritkernen

Wenn durch je eine der Leitungen a...d und a'...d' nur die Hälfte des zum Ummagnetisieren eines Kerns nötigen Stroms geschickt wird, dann wird nur der Kern an der Kreuzung beider Leitungen ummagnetisiert. Das aufzurufende Leitungspaar wird vom Mikrobefehlsregister (MBR) über die beiden Vorentschlüsseler festgelegt. Das Ummagnetisieren eines Kerns der Matrix erzeugt in der an den Kern angeschlossenen Leitung (diese sind nur für die Kerne 4, 8, 12 und 16 der letzten Spalte in Abb. 33 gezeichnet) einen Stromimpuls. Diese Ausgangsleitungen des Entschlüssellers sind nun mit den Ansteuerleitungen für die Ausführung der Mikrooperationen gekreuzt. An jeder Kreuzungsstelle, an der von einer Ausgangsleitung des Entschlüssellers aus eine Mikro-operation ausgelöst werden soll, sind beide Leitungen durch einen weiteren Ringkern gesteckt, der sie damit induktiv miteinander verbindet.

Wenn von einem Entschlüsselausgang gleichzeitig mehrere Mikrooperationen ausgelöst werden sollen (z. B. könnten im oben erwähnten Beispiel der Multiplikation die Mikrobefehle Nr. 5 und Nr. 6 gleichzeitig gegeben werden), so können deren Ansteuerleitungen auch durch einen gemeinsamen Kern mit dem Entschlüsseler verkoppelt werden (in der Bildmitte von Abb. 33).

Im Allgemeinen wird man die Verkoppelung der Entschlüsselausgänge mit den Ansteuerleitungen so anordnen, dass die Folge der Schlüsselzahlen für die Mikrobefehle einer Makrooperation eine natürliche Zahlenfolge darstellt. Man braucht dann nur mit jedem Mikrobefehl die Schlüsselzahl im Mikrobefehlsregister um eins zu erhöhen.

Wo dies nicht möglich ist, kann man eine beliebige Zahl als nachfolgende Schlüsselzahl aufrufen, indem man die betreffende Ausgangsleitung des Entschlüssellers mit den zum Absetzregister führenden Schlüsselzahlleitungen in geeigneter Weise

verkoppelt. Das Absetzregister ist ein paralleles duales Register mit den Stellenwerten 1, 2, 4, 8, In Abb. 33 wird z. B. von der Ausgangsleitung Nr. 12 des Entschlüssellers über die Kerne a, b und c im Absetzregister die duale Schlüsselzahl 1101 (= 13) abgesetzt. Verzweigungen werden dadurch ermöglicht, dass nach Ablauf einer Grundzeit entweder die Schlüsselzahl aus dem Absetzregister zum Mikrobefehlsregister übertragen oder die alte Schlüsselzahl im Mikrobefehlsregister um Eins erhöht wird. Die Entscheidung kann getroffen werden unter Verwendung eines weiteren Koppelkerns auf der Ausgangsleitung des Entschlüssellers (in Abb. 33 Kern A). Der dadurch auf einer Abfrageleitung induzierte Impuls wird durch feste Verdrahtung demjenigen Element im Bedingungsregister oder an anderer Stelle in der Rechenmaschine zugeleitet, von dessen Zustand die Entscheidung abhängen soll und somit für die Entscheidung wirksam gemacht.

Die Kerne der Entschlüssermatrix werden durch eine gemeinsame Leitung vor der Aufnahme des nächsten Mikrobefehls wieder zurückmagnetisiert. Durch den dabei in der Sekundärwicklung erzeugten Stromimpuls werden damit auch die Verkoppelungsringkerne zurückmagnetisiert.¹

5.14.7 Rechengeschwindigkeit

Da die Befehlssteuerung der G1a vom Lochstreifen aus geschieht, ist die Lesegeschwindigkeit ausschlaggebend für die Rechengeschwindigkeit der Maschine. Um die unterschiedliche Verarbeitungszeit von Befehlen auszugleichen, ist die Eingabe-seite der Maschine so ausgelegt, dass bei den arithmetischen Operationen nach dem Lesen des beteiligten Operanden aus dem Speicher die Eingangsstufe der Mikrobefehlsketten sowie die Speicherwahlvorrichtungen schon den nächsten Befehl aufnehmen können.

5.14.8 Daten der G1a

Arbeitsweise:

- seriell

Informationsdarstellung:

- Wortlänge: 60 Bits
- Zahlensystem: dual mit dezimaler Ein-/Ausgabe
- Zahlenbereich: $2^{-128} < |x| < 2^{+128}$
- Gleitkomma
- Mantisse: 43 Bits (10 Dezimalstellen)

1. Auszüge aus: H. Billing und W. Hopmann: „Mikroprogramm-Steuerwerk“ in Elektronische Rundschau, Heft 10 (1955)

- 2 Bits Zahlen-Vorzeichen
- Exponent: 7 Bits
- 2 Bits Exponenten-Vorzeichen

Befehle:

- ähnlich G1, aber umfangreicher
- Anzahl: 45
- Einadressbefehle
- Befehlseingabe: 45 Befehle durch 45 Schreibmaschinentasten oder Lochstreifen eingebbar
- Lochstreifen-Abtaster liest während der Ausführung eines Befehls den nächsten
- Rechnen mit doppelter Wortlänge möglich
- Befehle zur Adressmodifikation

Trommelspeicher:

- 3.000 Umdrehungen/min
- Kapazität: 1.840 Wörter
- Spurenzahl: 38
- Anz. Wörter pro Spur: 60 auf 30 Spuren
- Anz. Wörter pro Spur: 40 auf 1 Spur
- 2 Spuren mit Hilfsgrößen
- 4 dynamische Register

Rechenzeiten (Gleitkomma, ohne Zugriffszeit):

- Addition: $2 + 0,66 n$ msec; (n = Differenz der Exponenten bei Addition und Multiplikation)
- Multiplikation: $18 + (n-m/2) 0,66$ msec (ca. 35 msec); (m = Zahl der unbedeutsamen Nullen am Ende des Multiplikators)
- Division: 31 msec
- Quadratwurzel: ca. 45 msec

Taktfrequenz:

- 180 kHz

Mittlere Operationsgeschwindigkeit (einschließlich Befehlsablesung):

- 15 - 20 Op/sec

Ein-/Ausgabe:

- 10 Lochstreifenleser (200 Z/sec)
- 1 Lochstreifenstanzer (50 Z/sec)
- 1 Schreibmaschine (13 Z/sec)

Bauelemente:

- 520 Röhren

- 35 Relais
- 10 Drehwähler

Betriebszeit:

- Am Anfang 300 bis 400 Betriebsstunden im Monat, ab Herbst 1958 ca. 700 Betriebsstunden (von 720 überhaupt möglichen).

5.14.9 Betriebssicherheit

Mit 70 - 80% nutzbarer Rechenzeit war die Betriebssicherheit der G1a geringer als erhofft. Paritätsprüfungen im Speicherwerk und im Lochstreifensystem verhinderten immerhin Rechenfehler.

Ein Pannenmanagement war notwendig, denn die Röhrenlebensdauer betrug im Schnitt nur 2.000 Stunden, bei 500 Röhren bedeutet dies alle vier Stunden eine Störung.

„Die Hälfte dieser Pannen ließ sich vermeiden durch die vorsorgliche Wartung am Sonnabend Vormittag. Erst wurde die Heizspannung aller Röhren gesenkt, dabei fielen diejenigen auf, die taub wurden. Das waren nach drei Jahren gut die Hälfte aller Röhren. Die Röhren hielten also in unseren Schaltungen länger als garantiert. Dann kamen die Gleichspannungen dran. Auch die wurden um 10 % gesenkt, erst die negativen, dann die positiven, dann beide Polaritäten. Dabei fielen die gealterten Widerstände vor allem der Flip-Flops auf.“¹

5.15 Betrieb der drei G1a-Rechner

Es waren vielerlei Schwierigkeiten zu überwinden, so dass der geplante Fertigstellungstermin (1956) nicht erreicht werden konnte (1956 verzögerte sich der Bau aufgrund vielerlei Schwierigkeiten): Das erste Exemplar wurde erst im Herbst 1958 „einigermaßen“ fertig.

Konrad Zuse, der daran dachte, die G1a als seinen ersten elektronischen Computer zu übernehmen, ließ diesen Gedanken wieder fallen.

Heinz Billing empfand die G1a als das „Schmerzkind“ seiner Rechnerentwicklungen: Es wurde viel zu spät fertig und war dann vom Konzept her schon völlig überholt.

5.15.1 Die Göttinger G1a

Das erste Exemplar der G1a verblieb in Göttingen beim Max-Planck-Institut für Strömungsforschung und war vom Herbst 1958 bis 1968 in Betrieb, betreut vom Diplom-Physiker W. Schneeweiss.

1. Heinz Billing in seiner Autobiografie „Ein Leben zwischen Forschung und Praxis – Heinz Billing“, erschienen im SUPERBRAIN-Verlag, Düsseldorf

Eberhard von König, der Rechenzentrumsleiter im Max-Planck-Institut für Strömungsforschung, berichtet: „Ein Exemplar einer verbesserten Ausführung der G1 wurde vom Institut käuflich erworben. Diese G1a, auch GB61 genannt („Geht besser seit 1961“, Anspielung auf mehrere Jahre währende Arbeiten bis zur Übergabe der funktionstüchtigen Anlage an das Institut), wurde noch bis über die Mitte der sechziger Jahre hinaus eingesetzt. Mit ihren zehn Lochstreifenlesern zum Abtasten eines Hauptprogramms mit bis zu neun Unterprogrammen, also mit Programmsteuerung, aber ohne Speicherung des Programms, war sie in dieser Zeit allerdings schon ein Anachronismus. Als Datenspeicher verwendete sie eine von Billing entwickelte Magnetrommel. Auf der G1a wurde von 1960 bis 1968 gerechnet.“¹

5.15.2 Die Jülicher G1a

Die zweite G1a ging an das im Aufbau befindliche Institut für Kernfusion in Aachen und wurde nach der Übersiedlung des Instituts in die Kernforschungsanlage Jülich im Jahr 1959 dort installiert. Mit dieser Maschine wechselte Wilhelm Hopmann auch sein Arbeitsumfeld von Göttingen nach Aachen bzw. Jülich. In Jülich war die Maschine bis zum Sommer 1961 im Einsatz und wurde dann an ein Gymnasium in Neuß als Anschauungsmodell gegeben. Dort ließ man sie noch häufig rechnen, Wilhelm Hopmann musste viele Male zu Reparatur-einsätzen dorthin fahren.

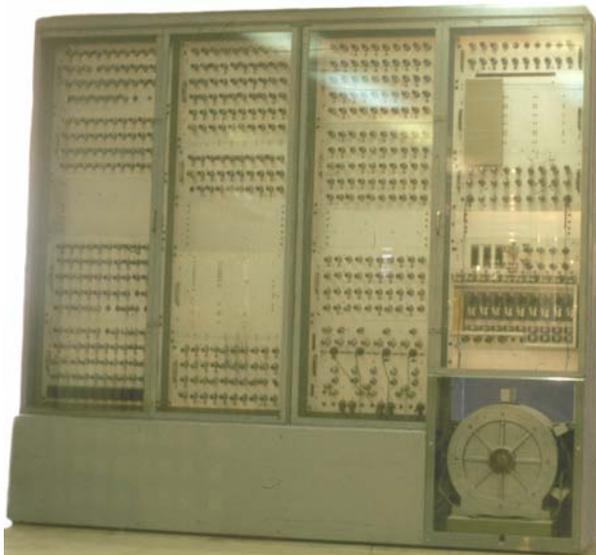


Abb. 34: Die G1a im Deutschen Museum in München

1987 gelangte die G1a in die Informatik-Ausstellung des Deutschen Museums in München.

1. Zitat aus: 50 Jahre Max-Planck-Institut für Strömungsforschung Göttingen 1925-1975

5.15.3 Die Helsinki-G1a

Im Frühjahr 1954 begann das finnische „Komitee für Mathematische Maschinen“ (Matematiikkakomitea) zu prüfen, wie für Finnland ein elektronischer Computer beschafft werden könnte. Man entschied schnell, die Göttinger Rechenmaschine G1a zu kopieren. Man plante, sie in Helsinki innerhalb von höchstens 18 Monaten zu bauen und dabei finnische Ingenieure zu Computer-Spezialisten auszubilden.

Das Max-Planck-Institut für Physik in Göttingen hatte die Pläne angeboten, nach denen die Finnen ohne eine Zahlung eine G1a in Finnland für ihre Verwendung bauen dürften. Was die Finnen zu diesem Zeitpunkt nicht wussten, war: Die Pläne waren noch in der Entwicklung, längst nicht endgültig.

Im Winter gingen die beiden finnischen Ingenieure Hans Andersin und Tage Carlsson nach Göttingen, um dort „Computer Technologie“ zu studieren, d. h., sie wirkten mit beim Bau der Göttinger G1a. Nach einem Jahr Mitarbeit bei Wilhelm Hopmann fuhren sie mit den kostenlos überlassenen Plänen und einigen bereits fertigen Teilen, wie z. B. dem Trommel-speicher und manche weiteren Spezialteile, zurück nach Helsinki. Sie haben ihre Version der G1a, die „ESKO“ genannt wurde (Elektronischer Serieller Computer), dann in Helsinki zu Ende entwickelt und zum Laufen gebracht.

Aufgrund der Verzögerungen gelang es nicht, die G1a als ersten Computer in Finnland in Betrieb zu nehmen. Die staatliche finnische Postsparkasse bestellte Ende 1957 einen IBM 650 Magnetrommelrechner. 1958, als man meinte, mit der G1a/ESKO fast fertig zu sein, verzögerte sich der Bau wiederum und IBM, die sich bemühten, besonders schnell zu liefern, konnten die IBM 650 als ersten Computer in Finnland installieren. Er wurde „Ensi“ genannt (der Erste).

Die G1a/ESKO ging 1960 im neuen Rechenzentrum der Universität von Helsinki in Betrieb. Sie wurde nur bis 1962 genutzt, denn sie war sehr unzuverlässig.

5.16 Erfahrungsaustausch

Im März 1953 tagte in Göttingen die Kommission „Rechenanlagen“ der Deutschen Forschungsgemeinschaft mit 126 Teilnehmern. Unter den Vortragenden: Konrad Zuse berichtete über die im Bau befindliche Z5, Arnulf Schlüter² über die Berechnung der Bahnen geladener Teilchen im Erdma-

2. Arnulf Schlüter (geb. 24.08.1922) war Mitglied der Rechengruppe des MPI für Physik; von 1961 bis 1990 war er Direktor des MPI für Plasmaphysik in München

gnettefeld auf der G1, Reimar Lüst¹ zeigte, wie man Rechenmaschinen das Wurzelziehen beibringt.

Von den mit der G1a gemachten Erfahrungen mit neuen Bauteilen wie neue Röhren, Kristalldioden und Ferritkernen profitierte die Entwicklung der G3, aber auch der Röhrenrechner von Konrad Zuse, die Z22: Zuse erhielt erprobte Dimensionierungen von Flip-Flops, Magnetköpfen und Schieberegistern sowie eine Magnettrommel.

Im Februar 1955 schlossen die Max-Planck-Gesellschaft und die ZUSE KG einen Vertrag mit dem Ziel, Zuse beim Einstieg in die für ihn neue Technik zu helfen. „Wir legten ihm alle Schaltungen mit Dimensionierungen offen, überließen eine Magnettrommel und besuchten ihn und seine Entwicklungsingenieure so oft es erwünscht wurde.“²

5.17 Die G3

5.17.1 Beginn mit der G3

„Vorarbeiten und Planungen zu einer schnellen Rechenmaschine begannen bereits 1953. Gegenüber G1 und G2 sollte die Maschine ein paralleles Rechenwerk bekommen, d. h. die Bits einer Zahl würden nicht (seriell) nacheinander, sondern (parallel) gleichzeitig addiert. Das erfordert, daß für jede Binärstelle im Rechenwerk eigene, parallel arbeitende Konstruktionsglieder vorhanden sein müssen. Der Vorteil zur Steigerung der Rechengeschwindigkeit läßt sich allerdings nur dann wirklich nutzen, wenn man auch einen schnellen Arbeitsspeicher hat. Der Trommelspeicher ist für diese Aufgabe zu langsam.“³

1. Reimar Lüst (geb. 25.03.1923) promovierte 1951 in Göttingen, war bis 1955 Stipendiat am MPI für Physik, dann Fulbright-Stipendiat in Chicago; seit 1960 wissenschaftliches Mitglied des MPI für Physik und Astrophysik, ab 1963 Direktor des MPI für extraterrestrische Physik in Garching, Präsident der MPG von 1972 bis 1984
2. Heinz Billing in seiner Autobiografie „Ein Leben zwischen Forschung und Praxis – Heinz Billing“, erschienen im SUPERBRAIN-Verlag, Düsseldorf
3. Heinz Billing in seiner Autobiografie „Ein Leben zwischen Forschung und Praxis – Heinz Billing“, erschienen im SUPERBRAIN-Verlag, Düsseldorf

Zwei wesentliche Neuerungen in der technischen Entwicklung machten die G3 zu einem schnellen Rechner: der Magnetkernspeicher und die Mikroprogrammsteuerung.

5.17.2 Der Magnetkernspeicher

(Anmerkung des Verfassers: Ich zitiere hier längere Texte von Heinz Billing, weil dieser O-Ton aus damaliger Zeit am besten passt.)

„Das war zum einen der Ferritkern als Speicherelement. Dieses Verfahren wurde seit 1952 in den USA entwickelt. Für die Speicherung eines jeden Bits benutzte man einen winzigen Ring von wenigen Millimetern Durchmesser aus magnetisierbarem Material, dem Ferrit. Durch kurze Stromstöße, die durch Drähte pulsieren, auf welche die Ferritkerne aufgefädelt sind, läßt sich ein Ring im beziehungsweise gegen den Uhrzeigersinn magnetisieren und behält dann diesen Magnetisierungszustand bei. Mit solchen Ferritkernen konnte man die Zeit für das Einschreiben beziehungsweise Herauslesen von Zahlen und Rechenkommandos im Speicher weiter verkürzen: Bereits die ersten Ferritkernspeicher gestatteten eine Zugriffszeit von weniger als 10 µsec.

Wir waren in der glücklichen Lage, bereits ab 1952 die ersten zwar noch recht mäßigen, in den folgenden Jahren jedoch stark verbesserten Kerne aus den USA zu erhalten, und hatten bis 1955 in zahlreichen Vorversuchen erprobt, daß sich aus ihnen der gewünschte Schnellspeicher würde bauen lassen. In Deutschland nahm 1953 die Firma Stemag – mit auf unsere Veranlassung – die Produktion derartiger Kerne auf, entwickelte gemeinsam mit uns Prüfverfahren und baute größere Kernspeichermatrizen, die wir dann zum Aufbau des G3-Speichers verwenden konnten. Trotz des hohen Preises von 50 Pfennig je Ferritkern entschlossen wir uns, für die G3 einen Speicher für 4.096 Worte à 42 Bit + 1 Kennzeichenbit anzuschaffen. Das waren 90000 DM Ausgaben allein für den Speicher. Ein damals sehr großzügiger Entschluß, wenn man bedenkt, daß Geld gut fünfmal höhere Kaufkraft hatte – natürlich nicht gerade für Ferritkerne.“⁴

4. Heinz Billing: „Die Göttinger Rechenmaschinen G1, G2 und G3“ im MPG-Spiegel 4/1982

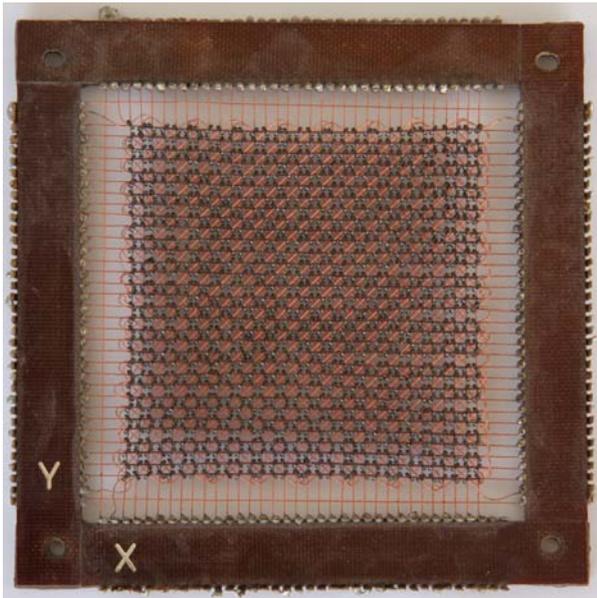


Abb. 35: Eine Matrixebene aus dem Magnetkernspeicher der G3 mit 1.024 Ferritkernen

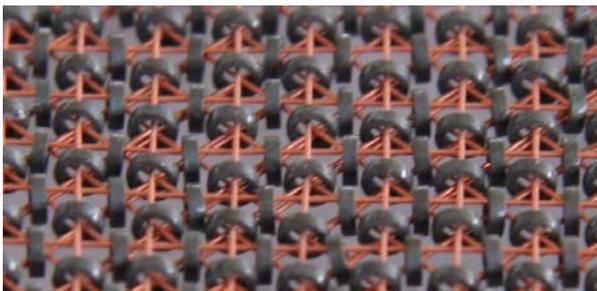


Abb. 36: Vergrößerter Ausschnitt aus einer Matrixebene des Magnetkernspeichers der G3

Funktionsweise des Magnetkernspeichers

In Abb. 35 ist eine Ebene des Kernspeichers zu sehen. Ein 1-KW-Kernspeicher¹ für 43 Bit Wortlänge besteht aus 43 solcher Ebenen: eine Ebene mit 1.024 Ferritkernen für jede Dualstelle.

Soll ein Wort gespeichert werden, muss in jeder Matrixebene durch einen bestimmten y-Draht der Strom $i/2$ geschickt werden und durch einen bestimmten x-Draht auch der Strom $i/2$, und zwar in negativer x-Richtung, wenn eine „0“ geschrieben werden soll und in positiver x-Richtung, wenn eine „1“ geschrieben werden soll. Beide Halbströme addieren sich in genau einem Ferritkern jeder Matrix, der dann gegen den oder im Uhrzeigersinn magnetisiert wird (siehe auch im früheren Abschnitt über „magnetische Induktion“).

1. 1 KW = 1 Kilowort = 1.024 Wörter

Soll ein Wort gelesen werden, wird in alle 43 Kerne dieses Wortes eine „0“ geschrieben (zerstörendes Lesen!). Diejenigen Kerne, in denen eine „1“ gespeichert ist, werden dabei ummagnetisiert, und in dem durch alle Kerne gefädelten Lesedraht wird ein Stromimpuls induziert, der Leseimpuls. Das gelesene Wort muss zwischengespeichert werden, damit es in dem noch zu vollendenden „Lese-Rückschreib-Zyklus“ wieder in den Kernspeicher zurückgeschrieben werden kann.

5.17.3 Die Mikroprogrammsteuerung

„Zweitens gaben aus Ferritkernen aufgebaute Schieberegister eine für damalige Zeiten ausgezeichnete Möglichkeit, die von Maurice V. Wilkes² in England stammende Idee der Mikroprogrammierung technisch zu verwirklichen. Dies bedeutet, daß man die einzelnen Rechenbefehle, etwa Multiplikation oder Wurzelziehen, aus elementaren Operationen, wie zum Beispiel Verbringen einer Zahl von einem Register in ein anderes, Verschiebung der Zahl im Rechenregister, Addition eines Registerinhaltes zu einem anderen usw., zusammensetzte. Dabei konnte die einzelne Mikrooperation beim Ablauf von verschiedenartigen Rechenbefehlen verwendet werden.

Zur technischen Realisierung dieses Konzepts entwickelte unsere Arbeitsgruppe Ketten aus Ferritkernen. Durch die Glieder einer solchen Kette ließ sich im Zeitabstand von 5 μ sec ein Impuls hindurchtreiben. Sobald er bei einem bestimmten Glied ankam, löste er die mit diesem Glied elektrisch verbundenen Mikrooperationen aus. Jeweils eine Kette entsprach einem Rechenbefehl. Die Ketten konnten Verzweigungen, Zusammenführungen und Schleifen bilden und erlaubten dadurch eine große Flexibilität beim Aufbau der Ablaufsteuerung zur Ausführung der Rechenbefehle.

Neben der Flexibilität hatte dieses Verfahren der Befehlsablaufsteuerung durch Mikrobefehle zwei weitere Vorteile: einmal war es in der Ausführung verhältnismäßig billig und betriebssicher, da es nur Ferritkerne und Dioden, aber kaum Verstärkerröhren benötigte; zweitens erlaubte es auch noch in einem späteren Entwicklungsstadium der Rechenanlage, durch Umbau oder Zusatz von Ketten, ohne tieferen Eingriff in die Rechenanlage, den Ablauf der

2. Maurice V. Wilkes entwickelte ab 1947 an der Universität Cambridge den seriell arbeitenden Rechner „EDSAC“, die weltweit erste Rechenanlage mit interner Programmierung und Mikroprogrammsteuerung, die ab Mai 1949 den ersten Computer-Service einer Universität anbot. (Anm.: vom Verfasser in das Zitat eingefügte Fußnote)

Rechenbefehle abzuändern oder neue Rechenbefehle einzubauen.“¹

Diese „Mikrobefehle“ sind die Elemente von „Makrobefehlen“, die komplizierte Operationen ausführen (siehe auch im früheren Abschnitt „Mikroprogramm-Steuerwerk“).

In so einem Makrobefehl kann dann mehrfach auf den Speicher zugegriffen werden. Auch ist der Befehl zum „Quadratwurzelziehen“ oder sogar „ x^y “ so leicht zu realisieren.

Der Befehlscode der G3 enthält 64 Makrobefehle. Jeder Makrobefehl wird aus einer Folge von Mikrobefehlen aufgebaut, von denen es insgesamt 121 verschiedene gibt. Die Mikrobefehle sind als fest verdrahtete Hardware realisiert.

5.18 Fortgang der Arbeiten

Mit der Inbetriebnahme der G2 Anfang 1955 begannen die Entwicklungsarbeiten an der G3.

Die Planung einer solchen Maschine mit paralleler Arbeitsweise wurde dadurch verzögert, dass zunächst noch kein ausreichend schneller Arbeitsspeicher verfügbar war. Das galt genauso für die Rechenmaschinenentwicklung am IAS in Princeton wie auch für die deutsche Konkurrenz „PERM“ in München². In München diente eine mit 15.000 Upm rotierende Magnettrommel als Hauptspeicher, ein Magnetkernspeicher wurde erst 1961 eingefügt.

„An die Verwendung von Transistoren statt der Verstärkerröhren war im Jahr 1955 noch nicht zu denken. Abgesehen von wenigen Labormustern gab es noch keine Transistoren, die der Schaltgeschwindigkeit der Röhre gleichkamen. Der Kernspeicher tat es zwar schon, aber es blieb noch viel zu tun und Heisenberg wie Biermann warteten schon.“³

5.19 Ein halbes Jahr Princeton

„In Princeton und durch die USA“

Nachdem Heinz Billing auf einer Tagung in Darmstadt Hermann Goldstine⁴, den Mitarbeiter John von

Neumanns am IAS⁵, kennengelernt hatte, lud dieser ihn für ein halbes Jahr nach Princeton ein.

Am 24.02.1956 reiste Heinz Billing mit dem Schiff ab Rotterdam nach Halifax in Kanada. Am 06.03.1956 erreichte er sein Ziel Princeton in New Jersey.

Mit einem Stipendium der US Navy und einem Empfehlungsschreiben von Goldstine konnte Billing die wichtigsten Forschungseinrichtungen mit ihren Computern besuchen.

Institute for Advanced Study (IAS): Albert Einstein war am 18. April 1955 gestorben, John von Neumann⁶ lag schwer krank im Hospital – Heinz Billing hat beide nicht mehr sehen können.

Bei **RCA⁷ in Trenton** traf er den Entwicklungschef Jan A. Rajchman⁸, der sich nach der Entwicklung des CRT-Speichers⁹ auch mit dem Ferritkernspeicher befasste.

Bei **RCA in Philadelphia** traf er den Österreicher J. A. Brustman, der ausführlich über die seit 1952 entwickelte und gerade in Betrieb genommene Rechenanlage „BIZMAC“ für das Militär berichtete, die über einen kleinen schnellen Magnetkernspeicher und einen Trommelspeicher verfügte.

Bei **Remington Rand** traf er mit dem Chef J. Presper Eckert¹⁰ zusammen und wurde über die geplante Rechenanlage „LARC“ unterrichtet.

In Keasby südlich von New York besuchte Heinz Billing Eduard von Albers-Schönberg bei der Firma **General Ceramics**. Von diesem, einem Schwager von Carl-Friedrich von Weizsäcker, erhielt er seine ersten Magnetkerne. Sie hatten einen Außendurchmesser von 9 mm.

Beim Besuch der **IBM in Yorktown Heights** bei Poughkeepsie nördlich von New York waren gerade die Rechenanlagen IBM 704/705 in der Endfertigung, bereit zur ersten Auslieferung. Diese Rechner

1. Heinz Billing: „Die Göttinger Rechenmaschinen G1, G2 und G3“ im MPG-Spiegel 4/1982
2. PERM = „Programmgesteuerte elektronische Rechenanlage München“ an der TH, am 7. Mai 1956 in Betrieb genommen.
3. Heinz Billing in seiner Autobiografie „Ein Leben zwischen Forschung und Praxis – Heinz Billing“, erschienen im SUPERBRAIN-Verlag, Düsseldorf
4. Herman Heine Goldstine: Mitentwickler der Computer EDVAC und IAS; geb. 13.09.1913, gest. 23.06.2004

5. Institute for Advanced Study in Princeton; berühmte Forscher: Albert Einstein, Kurt Gödel, John von Neumann und J. Robert Oppenheimer
6. John von Neumann: Architekt des Computers beim IAS; geb. 28.02.1903, gest. 08.02.1957
7. RCA = Radio Corporation of America
8. Jan Aleksander Rajchman: geb. 10.08.1911, gest. 01.04.1989
9. CRT = Cathode Ray Tube (Kathodenstrahlröhre), in parallel arbeitenden Rechnern als Hauptspeicher eingesetzt
10. John Adam Presper Eckert Jr.: Mitentwickler des ENIAC; geb. 09.04.1919, gest. 03.06.1995

hatten einen Magnetkernspeicher mit röhrensparender Ansteuerung über zwei Wählermatrizen.

Zu den Besichtigungen bei IBM: „Man erklärte mir die Offenheit mit dem raschen Fortschritt der technischen Entwicklung: Was bereits verkauft würde, wäre ja eigentlich schon veraltet. Wer es stehlen und nachbauen wolle, käme bereits zu spät. Was jedoch noch in der wissenschaftlichen Forschung steckte, wäre ohnehin Allgemeingut, zumindest ließe sich schwer abschätzen, was davon für die Anwendung wichtig würde. Doch selbst fertige Erprobungsmuster wurden uns bereitwillig gezeigt und erläutert. Top Secret wäre nur, was wirklich in die Fertigung ginge. Für mich war von größtem persönlichen Interesse, was noch in der Fertigung steckte. Über dünne magnetische Schichten oder auch über supraleitende Bauelemente für Computer konnte ich mich ungehindert mit den dortigen Physikern unterhalten.“¹

5.20 Von Göttingen nach München

Nach der Rückkehr Heinz Billings aus Nordamerika im Herbst 1956 begann er mit seiner Arbeitsgruppe den Bau der Maschine, die in angemessener Größe wirklich leistungsfähig war und dem Stand der Technik entsprach. Etwa gleichzeitig begann auch die deutsche Industrie, Rechenanlagen zu entwickeln:

- Röhrenrechner Zuse Z22, am Markt 1/1958
- Transistorrechner Siemens 2002, am Markt 1958
- Transistorrechner SEL ER56, am Markt 1958

Mit der Gründung der Kommission für Rechenanlagen der DFG im Jahr 1957, deren Mitglied Heinz Billing von Anfang an war, kam es erstmals zu einer staatlichen Förderung von Rechenanlagen in Deutschland. Man beschloss, durch die Beschaffung von deutschen Rechenanlagen für die deutschen Universitäten entsprechende Entwicklungsaktivitäten der deutschen Industrie zu fördern. Heinz Billing votierte dafür, je drei Anlagen von Siemens, SEL und Zuse zu bestellen.

Inzwischen hatte der Direktor des Max-Planck-Instituts für Physik, Werner Heisenberg², das Angebot angenommen, mit seinem gesamten Institut von Göttingen nach München umzuziehen. Seine Mitar-

beiter konnten mitkommen oder mussten ausscheiden

Im Jahr 1958 zog das Max-Planck-Institut für Physik und mit ihm die Arbeitsgruppe „Numerische Rechenanlagen“ nach München um und wurde dem Institut für Astrophysik des neuen Max-Planck-Instituts für Physik und Astrophysik als Abteilung angeschlossen.

Die Techniker Arno Carlsberg und Karl Heinz Gundlach sowie der Physiker Hermann Öhlmann gingen mit nach München. In München kam W. Heller dazu. Er war Fachschul-Ingenieur und betreute unter der Leitung von Hermann Öhlmann die G2 und später zusammen mit Arno Carlsberg die G3.

„Für mich und meine Arbeitsgruppe war eine ausgedehnte Etage über der Institutswerkstatt vorgesehen. Planung und Installation, Klimatisierung und Einrichtung waren eine neue ungewohnte Aufgabe für mich, die mir Spaß machte. Die G1 wurde mit dem Umzug außer Betrieb genommen. Die G2 und G3 mußten für den Umzug in die einzelnen Gestelle zerlegt und in München wieder montiert werden.“³

Familie Heisenberg zog im Juli 1958 nach München, das neue Institutsgebäude (Architekt: Sep Ruf) wurde am 9. Mai 1960 eingeweiht.

5.21 Das Ende der G2

Die G2 wurde in München bis Mitte 1961 betrieben, wurde aber nach und nach weniger benutzt, da die G3 mehr bot.

„Als wir die G2 dem Institut für Theoretische Physik der Universität München schenken, musste dies ohne den erfahrenen Wartungsingenieur W. Heller gehen. Das ging nicht gut. Man hat dort noch 2 Jahre an ihr herumgebastelt. Ohne den erfahrenen Wartungsingenieur ist man mit den unvermeidlichen Pannen nicht zurechtgekommen.“⁴ Als das Deutsche Museum sie als Ausstellungsstück übernehmen wollte, war die G2 bereits ohne Billings Wissen verschrottet worden.

5.22 Die G3 (Fortsetzung)

Die G3 ist eine Parallelmaschine, die intern dual und mit fließendem Komma rechnet. Sie kommt erst im Jahre 1960 in München zum Einsatz. Neu an ihr

1. Heinz Billing in seiner Autobiografie „Ein Leben zwischen Forschung und Praxis – Heinz Billing“, erschienen im SUPERBRAIN-Verlag, Düsseldorf

2. Werner Heisenberg: 1958 bis 1970 Direktor des Max-Planck-Instituts für Physik; geb. 05.12.1901, gest. 01.02.1976

3. Heinz Billing in seiner Autobiografie „Ein Leben zwischen Forschung und Praxis – Heinz Billing“, erschienen im SUPERBRAIN-Verlag, Düsseldorf

4. Heinz Billing in seiner Autobiografie „Ein Leben zwischen Forschung und Praxis – Heinz Billing“, erschienen im SUPERBRAIN-Verlag, Düsseldorf

sind der Ferritkernspeicher, die Mikroprogrammsteuerung und der Hardwarekeller.

5.22.1 Die Mikroprogrammsteuerung

Für die Mikroprogrammsteuerung entwickelten Heinz Billing und Wilhelm Hopmann ein Verfahren, das abweichend vom Ferritkern-Matrix-Verfahren der G1a mit magnetischen Schieberegistern arbeitet: das „Ketten-Verfahren“. Beim Ketten-Verfahren benötigt man weniger als halb so viele Elektronenröhren als beim Matrix-Verfahren, dafür deutlich mehr Dioden.¹

Die Mikroprogrammsteuerung erlaubte, mit technisch einfachen Mitteln weitere Maschinenbefehle zu realisieren, die von vornherein nicht vorgesehen waren:

„In der Tat wurden selbst nach Inbetriebnahme der G3 noch einige Rechenbefehle hinzugefügt. Denn hatte man erst einmal die Maschine so weit, daß die notwendigen Mikrobefehle ausführbar waren, so konnte man relativ leicht neue Maschinenbefehle mittels einer neuen Mikrokette zusammenbasteln. Das war natürlich eine Freude für die späteren Anwender in der Physikergruppe um Ludwig Biermann [...]. Aber auch unsere Freunde von der Münchener Konkurrenz, Friedrich Bauer und Klaus Samelson, brachten bei häufigen Besuchen gute Ideen ein. Der Erfindungswut waren glücklicherweise Grenzen gesetzt, da bei der G3 im Befehlswort nur 6 Bit für den Operationscode zur Verfügung standen, was nur für 64 Befehle ausreicht. Die wurden aber auch alle genützt.“²

5.22.2 Die Register

Während der Kernspeicher zur dauerhaften Speicherung von Programmen und Zahlen dient, wirken die Register bei der Verarbeitung von Befehlen und Zahlen mit. Sie sind aus elektronischen bistabilen Röhrenschaltungen aufgebaut: für jede Dualstelle ein „Flip-Flop“. Bei stehender Maschine können die Inhalte der Register an Glimmlampen abgelesen werden. Durch Druck auf den Knopf „Register löschen“ am Bedienungspult werden alle (wichtigen) Register auf Null gesetzt. Damit bringt man die Maschine in einen definierten Anfangszustand.

In Abb. 15 ist der Platz der Register der G3 skizziert.

1. Das Ketten-Verfahren wird wie das Matrix-Verfahren im Aufsatz: Heinz Billing, Wilhelm Hopmann: „Mikroprogramm-Steuerwerk“ in „Elektronische Rundschau“, Heft 10 (1955) beschrieben.
2. Heinz Billing: „Die Göttinger Rechenmaschinen G1, G2 und G3“ im MPG-Spiegel 4/1982

Das Universalregister

Das 42-stellige Universalregister entspricht dem Akkumulator der vorausgegangenen G-Maschinen. In ihm steht vor Ausführung des Befehls, der laut Programm an der Reihe ist, der eine Operand, nach seiner Ausführung das Ergebnis.

Der Befehlszähler

Der Befehlszähler ist ein Flip-Flop-Register, das den schrittweisen Ablauf eines Programms regelt bzw. die Unterbrechung dieser gleichmäßigen Abfolge, wenn sie durch Sprungbefehle vom Programm gefordert wird. Er enthält die Adresse des Befehlshalbwortes, das als nächstes ausgeführt werden soll. Da der Kernspeicher mit seinen 4.096 Worten Kapazität ($2^{12} W$) in jedem Wort zwei Befehle beherbergt, hat der Befehlszähler eine Größe von 13 Dualstellen.

Das Befehlsregister

In das Befehlsregister wird jeweils der Befehl geladen, dessen Adresse im Befehlszähler steht. Er hat deshalb den Umfang eines Halbwortes, nämlich 21 Dualstellen. Von ihm aus werden die Operationen der Maschine gesteuert.

Die Indexregister

Statt eines Indexregisters wie bei der G2 erhielt die G3 sechs Indexregister. Sie belegen die Kernspeicherzellen 1 bis 6, sind also nicht als Flip-Flop-Register realisiert. Mit Hilfe der Indexregister kann während des Programmablaufs der Adressteil der Befehle verändert werden.

5.22.3 Der Kellerspeicher

Auf Vorschlag der Münchener Entwickler Friedrich Bauer³ und Klaus Samelson entschloss sich Heinz Billing 1957, den von beiden erfundenen „Hardwarekeller“ mit Klammerbefehlen und Klammerzähler einzuführen. Dieser „Keller“ war ein spezieller Speicher, in dem Zwischenresultate abgelegt und an den richtigen Stellen wieder in den Rechengang eingefügt werden konnten, und zwar nach der Methode „first-in-last-out“ bzw. „last-in-first-out“ (LIFO). Als Keller dienten 16 Speicherzellen im Ferritkernspeicher.

„Bei der Berechnung längerer arithmetischer Ausdrücke benötigt man Speicherraum zur Speicherung der Zwischenergebnisse. Für diesen Zweck sind 16

3. Friedrich Ludwig Bauer (geb. 1924) erfand 1950 den Kellerspeicher für seinen Relaisrechner „Stanislaus“ (1952 an der TU München begonnen, 1956 fertiggestellt); Samelson und er erhielten ein deutsches und ein amerikanisches Patent dafür.

Worte des Ferritspeichers reserviert. Sie heißen „Keller“ und werden von einem speziellen Zähler, dem sogenannten „Klammerzähler“ her aufgerufen.

Im Befehlscode der G3 enthalten einige der Befehle ein Symbol, welches die öffnende Klammer „(“ darstellt. Wenn einer dieser Befehle ausgeführt wird, wird zunächst das bisherige Resultat an dem vom Klammerzähler angegebenen Kellerplatz abgespeichert, der Zähler um eine Einheit hochgezählt und dann der Befehl ausgeführt. Andere Befehle, welche eine geschlossene Klammer „)“ als Symbol enthalten, holen automatisch das zuletzt im Keller abgespeicherte Zwischenresultat zurück und führen mit diesem und dem im Rechenwerk anliegenden Resultat die im Rest des Befehls angegebene Operation aus. Gleichzeitig wird der Kellerzähler um eine Einheit heruntergezählt.

Diese gleichzeitig mit der Befehlsausführung automatisch vorgenommene Zahlenüberführung von und zum Keller spart Rechenzeit, verkürzt das Programm und erleichtert die Programmierung.¹

„Es ist aber nicht nötig, daß unmittelbar nach jedem „Klammer auf“-Befehl ein „Klammer zu“-Befehl folgt. Stehen z. B fünf „Klammer auf“-Befehle hintereinander, so werden nacheinander 5 Keller gefüllt. Bei den nächsten fünf „Klammer zu“-Befehlen werden ihre Inhalte in rückwärtiger Reihenfolge wieder abgebaut. Nur dürfen nicht mehr als 16 „Klammer auf“-Befehle direkt hintereinander kommen, wenn nicht Keller zerstört werden sollen.

Die Funktion des Kellers bringt deutlicher die englische Bezeichnung für ihn zum Ausdruck. Sie lautet „stack“, der „Stapel“, der „Stoß“. Es wird von unten nach oben gestapelt, der Stapel von oben nach unten wieder abgetragen (last in, first out). Auch der Name „push down list“ ist gebräuchlich.²

Heinz Billing schreibt dazu: „In dem Büchelchen für die Benutzer der G3, welches Hans Ludwig De Vries³ 1962 geschrieben hat, steht sehr schön über den Keller und was er ist: „Leider muß seine Funkti-

1. Beschreibung aus: Heinz Billing: „Die im MPI für Physik und Astrophysik entwickelte Rechenanlage G3“, in „Elektronische Rechenanlagen“, Heft 2/1961
2. Aus: Hans Ludwig De Vries: „Die elektronische Rechenmaschine G3 und ihre Programmierung“, 2. Auflage, Max-Planck-Institut für Physik und Astrophysik, München 1968
3. Hans Ludwig De Vries ist Emeritus am Institut für Numerische und Angewandte Mathematik der Universität Göttingen; (Anm.: vom Verfasser in das Zitat eingefügte Fußnote)

onsweise hier erklärt werden. Das allein schon erweckt den Anschein der Kompliziertheit. Lassen wir deshalb zunächst den Benutzer zu Wort kommen: „Der Keller ist ein wahrer Segen“ (Bruno Brosowski⁴, mündliche Mitteilung).“ Es folgt dann die Beschreibung und die Wirkungsweise der Klammerbefehle bei der Abarbeitung arithmetischer Ausdrücke.“⁵

5.22.4 Die Zahlendarstellung

Die Wortlänge der Maschine beträgt 43 Bit, davon entfallen bei Speicherung einer Gleitkommazahl 33 Bit auf die Mantisse, 9 Bit auf den Exponenten und 1 Bit wird als Kennzeichen verwendet. Letzteres erlaubt, Zahlenfelder aufzuteilen, z. B. eine Matrix in Zeilen und Spalten.

5.22.5 Der Befehlsaufbau

Pro Wort werden zwei Befehle à 21 Bit abgelegt. Sie bestehen aus:

- 6 Bit für Operationen
- 3 Bit für Indexregister
- 12 Bit für Adresse

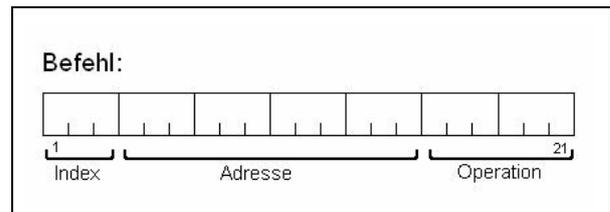


Abb. 37: Das Befehlswort der G3

Die Speicheradressen können über sechs Indexregister modifiziert werden.

5.22.6 Textverarbeitung

Ein Maschinenwort kann auch sechs Zeichen eines zu druckenden Textes aufnehmen. Dabei wird ein 7-Bit-Zeichencode verwendet. Die Buchstaben „I“ und „O“ existieren dabei nicht, stattdessen werden die „1“ und die „0“ verwendet.

4. Bruno Brosowski war von 1970 bis 1975 wissenschaftlicher Geschäftsführer der GWDG, anschließend am Institut für Mathematik der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main tätig; (Anm.: vom Verfasser in das Zitat eingefügte Fußnote)
5. Heinz Billing in seiner Autobiografie „Ein Leben zwischen Forschung und Praxis – Heinz Billing“, erschienen im SUPERBRAIN-Verlag, Düsseldorf

5.22.7 Befehlsvorrat der G3

Die G3 verfügt über 64 Befehle, die in Abb. 38 aufgelistet sind:

BEFEHLSLISTE			
OKT. NR.	BEF.	OKT. NR.	BEF.
00	NOP	40	2*
01	STP	41	
02	NEG	42	LLA
03	ABS	43	LRA
04	REZ	44	L+
05		45	L-
06	WL)	46	(+
07	(G	47	(-
10	GO	50	⇒
11	∅	51)⇒
12	IF>	52	→
13	IF<	53)→
14	IF*	54	
15	*	55	
16	WE<	56	∇L
17	Wα=	57	∇R
20	α=	60	+ (
21	α±	61	x (
22	USL	62	IF=)
23	USR	63	WSO
24	⊕	64	IDX
25	^	65	(A
26	K)	66	
27	(D	67	FTR
30	+	70	EBA
31	-	71	ABA
32	x	72	ASM
33	/	73	ATM
34	+))	74	SP)
35	-)	75)⇒
36	x)	76	L)
37	/)	77	AAS

Abb. 38: Befehlsliste

Hier seien beispielhaft drei mit einer Maske in Wortlänge arbeitende Befehle vorgestellt:

Kollation

Dieser Befehl (Nr. 26 „K“) vereinigt die Inhalte zweier Register in einem, wobei an den in der Maske mit 1 besetzten Bitpositionen der Inhalt des ersten und an den in der Maske mit 0 besetzten Bitpositionen der Inhalt des zweiten Registers überführt wird.

Dissektion

Dieser Befehl (Nr. 27 „D“) zerschneidet eine Zahl und überführt die Bits in zwei verschiedene Register entsprechend den Einsen und Nullen in der Maske.

Der Rest in beiden Registern wird mit Nullen aufgefüllt.

Tabellensuchbefehl

Dieser Befehl (Nr. 06 „WL“) = „Wenn in Liste Klammer zu“) durchsucht eine Tabelle von der im Befehl angegebenen Adresse bis zu einer gekennzeichneten Zahl hin. Er vergleicht der Reihe nach, ob in den durch Einsen in der Maske gekennzeichneten Ziffernpositionen zwischen einer im anliegenden Keller angegebenen Zahl und einer der Zahlen der Tabelle Übereinstimmung besteht.

Bei gefundener Übereinstimmung wird die Adresse des zugehörigen Tabellenplatzes in das Resultatregister gebracht und die beiden folgenden Befehle werden übersprungen.

Wird mit keiner Zahl der Tabelle Übereinstimmung gefunden, so erscheint die Adresse der gekennzeichneten Zahl im Resultatregister und der folgende Befehl wird ausgeführt.¹

5.23 Ein-/Ausgabe

Programmeingabe

Die Eingabe des Rechenprogramms und der Daten in die G3 erfolgt über Lochstreifen.

Der Programmierer schreibt sein Programm in der symbolischen Befehlssprache der G3 zunächst auf ein Formular, das Programmierpapier. Dann schreibt er es mit einer speziellen Schreibmaschine ab, an die ein Lochstreifenstanzer angeschlossen ist. Damit wird bei jedem Tastenanschlag eine dem angeschlagenen Zeichen zugeordnete Lochkombination in den Streifen gestanzt. Anschließend hat das Programm die Form, die die G3 aufnehmen kann.

Bevor man nun diesen Lochstreifen in die Maschine eingibt, startet man das „Leseprogramm“. Beim Leseprogramm handelt es sich um einen „Assembler“, also ein Programm, das die anschaulichen Symbole des auf dem Programmierpapier verfassten Programms in die von der Maschine verstandenen Maschinenbefehle aus Folgen von Nullen und Einsen übersetzt.

Zur Vorbereitung einer Rechnung auf der G3 liest man also per Lochstreifen zuerst das „Leseprogramm“ ein, legt anschließend den Lochstreifen mit dem eigenen Rechenprogramm ein und startet das Leseprogramm. Dieses liest die Zeichenfolge der Programmbandes ein, interpretiert sie um in die

1. Beschreibung aus: Heinz Billing: „Die im MPI für Physik und Astrophysik entwickelte Rechenanlage G3“, in „Elektronische Rechenanlagen“, Heft 2/1961

Maschinensprache und speichert diese Übersetzung in den Hauptspeicher, den Magnetkernspeicher. Auf dem Zeilendrucker erscheint ein Kommentar, der Auskunft darüber gibt, wie das Programm im Hauptspeicher abgelegt ist. Im Anschluss startet das „Leseprogramm“ das übersetzte Programm, „und dieses rechnet hoffentlich alles schön aus, was es soll. Es ist nützlich, sich dabei des öfteren an die Worte von Marshall H. Wrubel¹ zu erinnern: >> If you say > sit <, he (the computer) will sit whether there is a chair there or not <<.“²

Es wird ein 8-Spur-Lochstreifen benutzt mit 7-Bit-Zeichencode und Paritätsbit. Der verwendete optische Lochstreifenleser „Flexowriter“ bleibt stehen, wenn die Zahl der Löcher einer Sprosse gerade ist (die Quersummenkontrolle spricht an).

Abb. 39 gibt einen Überblick über die Befehlssymbole der G3 und ihre Kodierung auf dem Lochstreifen.

ZEICHENLISTE					
WAGEN UNTEN			WAGEN OBEN		
ZEI- CHEN	HEPTADE	OKT. NR.	ZEI- CHEN	HEPTADE	OKT. NR.
0	●●●●●●●	00 0	,	●●●●●●●	40 ,
1	●●●●●●●	01 1	(●●●●●●●	41 (
2	●●●●●●●	02 2)	●●●●●●●	42)
3	●●●●●●●	03 3	→	●●●●●●●	43 ↑
4	●●●●●●●	04 4	=	●●●●●●●	44 =
5	●●●●●●●	05 5	:	●●●●●●●	45 :
6	●●●●●●●	06 6	;	●●●●●●●	46 ;
7	●●●●●●●	07 7	[●●●●●●●	47 [
8	●●●●●●●	10 8]	●●●●●●●	50]
9	●●●●●●●	11 9	⇒	●●●●●●●	51 #
A	●●●●●●●	12 A	α	●●●●●●●	52 I
B	●●●●●●●	13 B	β	●●●●●●●	53 ∅
C	●●●●●●●	14 C	γ	●●●●●●●	54
D	●●●●●●●	15 D	δ	●●●●●●●	55
E	●●●●●●●	16 E	ε	●●●●●●●	56
F	●●●●●●●	17 F	φ	●●●●●●●	57
G	●●●●●●●	20 G	ψ	●●●●●●●	60
H	●●●●●●●	21 H	χ	●●●●●●●	61
J	●●●●●●●	22 J	ξ	●●●●●●●	62 *
K	●●●●●●●	23 K	κ	●●●●●●●	63 ÷
L	●●●●●●●	24 L	λ	●●●●●●●	64 ,
M	●●●●●●●	25 M	μ	●●●●●●●	65
N	●●●●●●●	26 N	ν	●●●●●●●	66
P	●●●●●●●	27 P	π	●●●●●●●	67
Q	●●●●●●●	30 Q	¬	●●●●●●●	70 ¬
R	●●●●●●●	31 R	ρ	●●●●●●●	71
S	●●●●●●●	32 S	σ	●●●●●●●	72
T	●●●●●●●	33 T	τ	●●●●●●●	73 ≠
U	●●●●●●●	34 U	⊕	●●●●●●●	74
V	●●●●●●●	35 V	∇	●●●●●●●	75
W	●●●●●●●	36 W	ω	●●●●●●●	76 v
X	●●●●●●●	37 X	ξ	●●●●●●●	77
Y	●●●●●●●	100 Y	η	●●●●●●●	140
Z	●●●●●●●	101 Z	ζ	●●●●●●●	141
.	●●●●●●●	102 .	v	●●●●●●●	142
w	●●●●●●●	103 w	^	●●●●●●●	143 ^
+	●●●●●●●	104 +	>	●●●●●●●	144 >
-	●●●●●●●	105 -	<	●●●●●●●	145 <
x	●●●●●●●	106 x	>	●●●●●●●	146 >
/	●●●●●●●	107 /	<	●●●●●●●	147 <
			ZW	●●●●●●●	150
			WR	●●●●●●●	151
			TA	●●●●●●●	152
α	●●●●●●●	113	{	●●●●●●●	153
⊗	●●●●●●●	114	#	●●●●●●●	154
ℤ	●●●●●●●	115	}	●●●●●●●	155
				●●●●●●●	IRRNUM

↑ linke Spalte ↑ rechte Spalte ↑

Die linke Spalte, als Text getippt, wird durch DT) ausgedruckt, wie die rechte Spalte angibt. Entsprechendes für ZTA.

Abb. 39: Zeichenkodierung auf dem Lochstreifen

Die Ausgabegeräte

Die Rechenergebnisse werden normalerweise auf dem **Zeilendrucker** mit 120 Zeichen Druckbreite und 10 Zeilen pro Sekunde Druckgeschwindigkeit ausgegeben.

Die Ausgabe auf der angeschlossenen **Schreibmaschine** hat praktisch keine Bedeutung, sie ist mit 10 Anschlägen pro Sekunde zu langsam.

Schließlich kann Information auf dem **Lochstreifenstanzer** ausgegeben werden: Zahlenwerte, aber

1. Marchall L. Wrubel: „A primer of programming for digital computers“ (University of Chicago, 1950); (Anm.: vom Verfasser in das Zitat eingefügte Fußnote)

2. Zitiert aus: Hans Ludwig De Vries: „Die elektronische Rechenmaschine G3 und ihre Programmierung“, 2. Auflage 1968

auch Programmcode. Sobald ein Programm fehlerfrei ist, sollte seine Übersetzung in die Maschinensprache in „Urleseform“ ausgestanzt werden. Zur Wiedereingabe bedarf es dann nicht mehr des Leseprogramms, sondern nur des verdrahteten „Urleseprogramms“.

Das Urleseprogramm wird durch Knopfdruck auf dem Bedienungspult gestartet oder durch den Programmbefehl „EBA“ (Eingabe vom Band), z. B. um ein Unterprogramm einzulesen.

Ein Analogsichtgerät ermöglicht die optische Ausgabe von Ergebnissen auf einem Bildschirm. Diese Grafiken können dann mit einer Kamera fotografiert werden.

5.23.1 Daten der G3

Arbeitsweise:

- parallel
- durch Ferritkernkette gesteuerte Mikrobefehle
- Taktfrequenz: 200 kHz
- 6 Indexregister zur Adressmodifikation
- 16 Kellerregister zur Zwischenspeicherung

Informationsdarstellung:

- Wortlänge: 43 Bits
- Zahlensystem: dual
- Zahlenbereich: $10^{-77} < |x| < 10^{+77}$
- Gleitkomma
- 33 Bits Mantisse
- 9 Bits Exponent
- 1 Bit Kennzeichen

Befehle:

- Anzahl: 64
- Einadressbefehle
- 2 Befehle à 21 Bits je Wort

Kernspeicher:

- Kapazität: 4.096 Wörter à 42+1 Bit
- Zykluszeit: 10 µsec

Trommelspeicher:

- (vorgesehen, aber nicht mehr realisiert)

Rechenzeiten (Gleitkomma):

- Multiplikation: 300 - 400 µsec

Mittlere Operationsgeschwindigkeit:

- 5.000 - 10.000 Op/sec

Ein-/Ausgabe:

- 10 Lochstreifenleser (200 Z/sec)
- 1 Schreibmaschine (13 Z/sec)

vorgesehen:

- 1 Lochstreifenstanzer (50 Z/sec)
- 1 Zeilendrucker
- Kathodenstrahl-Sichtgerät als Analogausgabe (ab 1962)

Bauelemente:

- 1.500 Röhren
- 6.000 Germaniumdioden
- 600 bis 700 Ferritkerne für die Mikroprogrammsteuerung
- 176.128 Ferritkerne für den Arbeitsspeicher

Peripherie:

- 3 Magnetbandspeicher vorgesehen (ab 1961 in Betrieb: Hersteller Ampex, Label Siemens&Halske)

Lebenszeit:

- 01.01.1961 - 09.11.1972

5.23.2 Betrieb der G3

„Die G3 war von Anfang an außerordentlich zuverlässig.“¹

Die Gesamtbetriebszeit betrug 57.300 Stunden, das entspricht 13,2 Stunden pro Tag. Dieser recht geringe Wert ist auf die vielfachen Änderungsarbeiten und Erweiterungen der Peripherie zurückzuführen. Von dieser Zeit waren 85,9 % nützliche Rechenzeit, nur weitere 1,1 % gingen durch unerwartete Fehler verloren.

Die G3 wurde im Max-Planck-Institut für Physik in München kurz vor Weihnachten 1960 eingeweiht. Wegen der großen Zuverlässigkeit und der leichten Bedienbarkeit der G3 wurde die G2 nun kaum noch genutzt.

1. Heinz Billing in seiner Autobiografie „Ein Leben zwischen Forschung und Praxis – Heinz Billing“, erschienen im SUPERBRAIN-Verlag, Düsseldorf

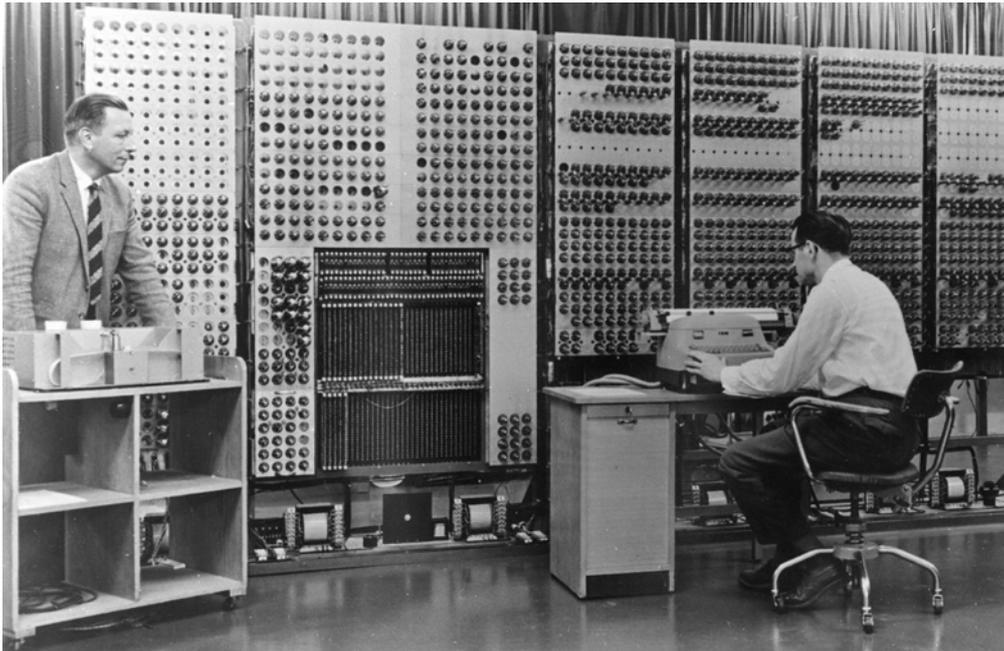


Abb. 40: Die G3 bei ihrer Einweihung: Heinz Billing (links) und Arno Carlsberg an der IBM-Schreibmaschine; in der Mitte die Mikroprogrammsteuerung

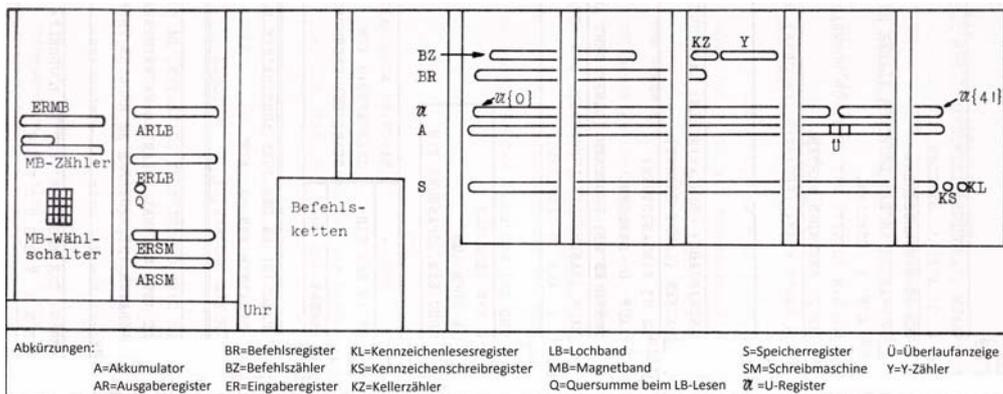


Abb. 41: Schematische Darstellung der Rahmen der G3 mit Anordnung der Register

Erläuterung zu Abb. 40:

Die rechten fünf Gestelle enthalten das Rechenwerk. Der Kernspeicher zieht sich etwa in Tischhöhe unter dem Rechenwerk entlang. In den linken Gestellen, die der Steuerung und der Ein-/Ausgabe dienen, fällt unten die große Anschlussstafel für die Mikrobefehlsketten auf.

Im September 1961 wird die G3 aus dem Labor der Abteilung in das Hauptgebäude des Max-Planck-Instituts überführt, an den Platz, den die G2 einnahm.

Später wurde die G3 noch um Magnetbandgeräte und um einen schwarzweißen Bildschirm zur Ausgabe von Kurven ergänzt.

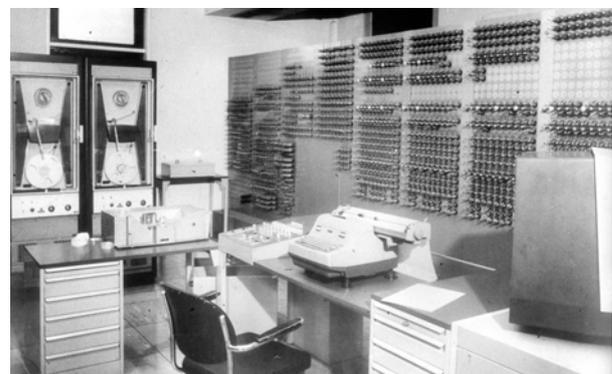


Abb. 42: Die G3 (mit Verkleidungsblechen), rechts das Sichtgerät und links zwei Magnetbandgeräte

Konkurrenz bekam die G3 durch eine IBM 7090 Großrechenanlage im Garching Rechenzentrum ab 1962, die 1967 durch eine IBM 360/91 ersetzt wurde. Am 9. November 1972 nahm Heinz Billing die G3 in einer Feierstunde mit einem Schraubenzieher außer Betrieb.

Ziel bei der Konstruktion der G3 war gewesen, eine zuverlässige Rechenanlage zu schaffen, die für die Bearbeitung der vielseitigen im Institut anfallenden Probleme ausreichte, die möglichst leicht bedienbar war und die im Rahmen der gegebenen technischen Möglichkeiten möglichst schnell rechnete. Man hätte durch Erhöhung der Röhrenzahl um 10 % durch Einbau eines zweiten Rechenwerks die Rechengeschwindigkeit um etwa 15 % steigern können, aber die höhere Zahl von Röhren hätte aufgrund ihrer Störanfälligkeit die Zuverlässigkeit des Rechners um einiges verschlechtert.

5.24 Zurück zur Grundlagenforschung

Im Jahr 1970 bekam Heinz Billing von Ludwig Biermann das Angebot, wieder auf dem Gebiet der Gravitationswellen zu forschen, und zwar, zunächst das Gravitationswellenexperiment von Joseph Weber (1919 - 2000) aus dem Jahr 1968 zu wiederholen. Dazu wurde vereinbart, dass Heinz Billing in Maryland alle Unterlagen zum Aufbau des Experiments werde einsehen können. 1972 besuchte Heinz Billing Weber in den USA und baute anschließend in München die Antenne nach.

Billing versuchte den Nachweis der von Albert Einstein vorausgesagten Gravitationswellen zu liefern. Die Bestätigung amerikanischer Messungen mit Antennen aus tonnenschweren Aluminiumzylindern verlief negativ, was in abschließenden Veröffentlichungen 1975 und 1976 festgehalten wurde. Der Nachfolger Biermanns, Rudolf Kippenhahn, bemerkte dazu: „Billing und seine Mannen sind diejenigen, welche bisher die Gravitationswellen am besten nicht gefunden haben.“¹

Heinz Billing setzte dann die Suche mit kleineren und immer größeren Laserantennen fort. Diese Methode wird – immer noch erfolglos – in größerem

1. Heinz Billing in seiner Autobiografie „Ein Leben zwischen Forschung und Praxis – Heinz Billing“, erschienen im SUPERBRAIN-Verlag, Düsseldorf

Maßstab in den USA, auch von Billings Mitarbeitern, und an der Universität Hannover (Projekt „GEO600“) weitergeführt.

5.25 Arbeit in Gremien und Ehrungen

Im Jahre 1961 wurde Heinz Billing als wissenschaftliches Mitglied der Max-Planck-Gesellschaft berufen. Außerdem wurde er Mitglied in der „Kommission für Rechenanlagen“ der deutschen Forschungsgemeinschaft.

Auf dem ersten Kongress der IFIP² auf deutschem Boden organisierte er 1962 die zugehörige Ausstellung unter dem Namen INTERDATA, die erste Computerausstellung auf dem Münchener Messegelände.

Im Jahr 1967 erfolgte die Berufung zum Honorarprofessor der Universität Erlangen. Billing musste im Semester alle 14 Tage eine zweistündige Vorlesung halten. Er trug über die allerneueste „Hardware“ vor.

1968 wurde der „Beratende Ausschuss Rechenanlagen“ (BAR) der Max-Planck-Gesellschaft gegründet. Heinz Billing wurde Vorsitzender und blieb es bis zu seiner Emeritierung.

Im Jahr 1972 sagte Werner Heisenberg in seinem Festvortrag anlässlich der Hauptversammlung der MPG in Berlin wörtlich über die Entwicklung der Göttinger Rechenmaschinen: „Diese Rechenmaschinen haben uns für die Institutsarbeit unschätzbare Dienste erwiesen. Es hat mir immer leid getan, daß später, als die sich schnell vergrößernde Computertechnik den Rahmen eines Max-Planck-Instituts sprengen mußte, die deutsche Industrie diese Vorarbeiten nicht mit voller Kraft weiterentwickelt hat. So ist die Führung in der Computertechnik ganz an die Industrie in Amerika übergegangen, und wir müssen unsere größten Rechenmaschinen in den Vereinigten Staaten kaufen.“³

Von 1970 bis 1988 war Heinz Billing Mitglied im wissenschaftlichen Beirat der GWDG.

2. IFIP = International Federation for Information Processing
3. Heinz Billing in seiner Autobiografie „Ein Leben zwischen Forschung und Praxis – Heinz Billing“, erschienen im SUPERBRAIN-Verlag, Düsseldorf

Ende April 1982 wurde Heinz Billing emeritiert. Festredner waren u. a. Konrad Zuse und Wolfgang Händler¹.

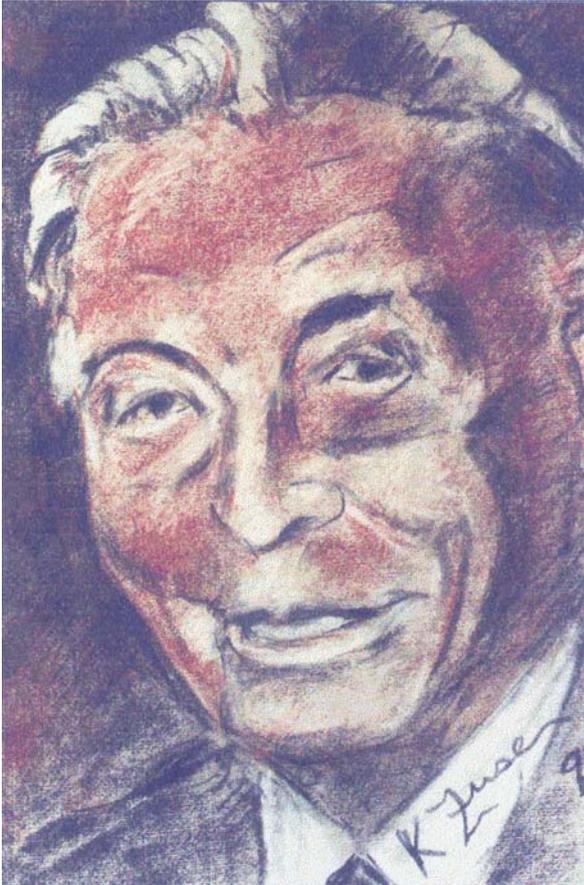


Abb. 43: Heinz Billing in einer Kreidezeichnung von Konrad Zuse 1995

1. Wolfgang Händler lebte vom 11.12.1920 bis zum 19.02.1998. Als Mitarbeiter des Nordwestdeutschen Rundfunks, wo er Filter zur Verbesserung von Fernsehbildern entwickelte, rechnete er auf der G1. Von 1956 bis 1959 war er bei Telefunken einer der Architekten der TR4. 1966 gründete er an der Universität Erlangen das „Institut für Mathematische Maschinen und Datenverarbeitung“.

1987 erhielt Heinz Billing als Erster die seitens der Gesellschaft für Informatik (GI) verliehene Konrad-Zuse-Medaille.

Von 1989 bis 1994 erfolgte die Niederschrift seiner „Lebenserinnerungen, aufgeschrieben für seine Kinder und Enkel“. (*Anmerkung des Verfassers: ...aus der hier reichlich zitiert wurde.*)



Abb. 44: Anneliese Billing und Ehemann Heinz beim 16. DV-Treffen der MPG 1999 in Göttingen

Angeregt durch Peter Wittenburg und Theo Plesser wurde ein Heinz-Billing-Preis für die Nutzung von Computern in der MPG gestiftet und jährlich zum DV-Treffen der Max-Planck-Institute verliehen, das erste Mal im Oktober 1993 in Göttingen durch Heinz Billing.

6. Anfänge der wissenschaftlichen Datenverarbeitung in Göttingen

Vorbemerkung

Das wissenschaftliche Rechnen mit automatischen Rechenmaschinen wurde in Göttingen von den Astrophysikern und den Strömungsforschern initiiert. Ersteres führte zu den von Heinz Billing entwickelten Göttinger Rechenmaschinen. Die andere Entwicklung soll in diesem Artikel beleuchtet werden, beginnend mit einem kurzen Abriss der Entstehung der Göttinger Institutionen zur Strömungsforschung. Der erste Abschnitt ist im Wesentlichen eine Kurzfassung der Darstellung im Buch „50 Jahre Max-Planck-Institut für Strömungsforschung in Göttingen 1925-1975“.¹

6.1 Strömungsforschung in Göttingen

6.1.1 Entstehung

Ludwig Prandtl (1875-1953) wurde am 04.02.1875 in Freising (Bayern) geboren und studierte Maschinenbau an der TH München.

Im Jahr 1898 wurde die „Göttinger Vereinigung zur Förderung der angewandten Physik und Mathematik“ (G. V.) gegründet, deren Vorsitz der Direktor der Farbwerke Elberfeld, Henry Theodor Böttinger (1848-1920), und Felix Klein² übernahmen.

Im Sommer 1904 wurde der 29-jährige Ingenieur Professor Dr. phil. Ludwig Prandtl auf das Extraordinariat für „Technische Physik“ der Universität Göttingen berufen.

Als die Göttinger Universitätsinstitute für experimentelle und mathematische Physik 1905 einen Neubau in der Bunsenstraße erhielten, erreichte die G. V. (indem sie die Hälfte der Kosten übernahm), dass auf dem selben Grundstück zusätzlich ein drittes physikalisches Institut erbaut und ein Extraordinariat für angewandte Elektrizität eingerichtet wurde. Gleichzeitig wurde das bisherige Institut für technische Physik umbenannt in „Institut für angewandte Mechanik“.

Das Michaelishaus in der Prinzenstraße, in dem bisher alle Physiker untergebracht waren, wurde nun den beiden Instituten für angewandte Mechanik und für angewandte Mathematik zugewiesen. Letzteres war nach der Berufung von Carl Runge (1856-1927) 1905 aus dem bisherigen Mathematischen Kabinett in der Hospitalstraße gebildet worden.

1907 wurde Prandtl die Möglichkeit geboten, eine Anlage für quantitative aerodynamische Modellversuche nach seinen Plänen zu erbauen. So entstand der erste Göttinger Windkanal (Querschnitt 4 m², Windgeschwindigkeit 10 m/s, Motorleistung 25 kW) auf einem Grundstück an der Hildebrandstraße. Die damals entwickelte Windkanaltechnik ist bis heute im Prinzip unverändert: Da es nur auf die Relativbewegung ankommt, wird ein ruhender Modellkörper einem möglichst homogenen, stabilen Windstrom bekannter Geschwindigkeit ausgesetzt und die am Modell angreifenden Kräfte werden komponentenweise gewogen. Die Baukosten dieser „Modellversuchsanstalt“ wurden von der „Motorluftschiff-Studiengesellschaft mbH“ getragen. Diese übergab die Anstalt 1913 an die Universität.

Nachdem sich am 11.01.1911 die „Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V.“ (KWG) mit einem gestifteten Kapital von etwa 10 Millionen Mark in Berlin konstituiert hatte, richtete Prandtl am 16.02.1911 an sie eine „Denkschrift über die Errichtung eines Forschungsinstituts für Aerodynamik und Hydrodynamik in Göttingen“. Dieser Vorschlag wurde im Senat und Verwaltungsausschuss der KWG von Böttinger, der beiden Gremien angehörte, unterstützt. Weil aber gleichzeitig der „Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt“ (DVL), an der sich die KWG bei ihrer Gründung beteiligte, eine Unterstützung zugesagt war, zogen sich die Verhandlungen in die Länge und drohten an der Haltung des Finanzministers zu scheitern, als sie bei Kriegsausbruch 1914 unterbrochen wurden.

Die Aerodynamische Versuchsanstalt

Indessen gelang es Prandtl wenig später, die Militärbehörden zu interessieren. So wurde, als ein Teil des Projekts, die „Aerodynamische Versuchsanstalt der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft“ (AVA) aus Mitteln der Militärverwaltung auf einem von Böttinger geschenkten Grundstück erbaut (Haus 1 des jetzigen Institutsgeländes an der Böttinger- und Bunsenstraße).

Prandtl wurde für die Dauer des Krieges von der Universität beurlaubt, um sich der AVA widmen zu können. Ein neuer Windkanal (4 m², 50 m/s, 300 kW) wurde im Januar 1918 in Betrieb genommen und auch der alte Windkanal wurde auf das neue Gelände verlegt (Haus 2).

Prandtl, der Rufe nach München erhielt, blieb endgültig in Göttingen, nachdem hier auf seine Anregung hin zusätzlich zur AVA ein „Kaiser-Wilhelm-Institut für Hydrodynamik“ errichtet werden sollte.

An der Universität Göttingen teilte sich im Juli 1922 die Philosophische Fakultät und es entstand die

-
1. Hrsg: Max-Planck-Institut für Strömungsforschung, 1975
 2. Felix Klein: geb. 1849 in Düsseldorf, ab 1886 Professor für Mathematik in Göttingen, gest. 1925

„Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät“, deren Dekan Prandtl für den Rest des Jahres wurde.

Das KWI für Strömungsforschung

Die Bauarbeiten für das neue Institut begannen im Sommer 1924 und am 16. Juli 1925 konnte das neue Haus an der Böttingerstraße 6 (Haus 3 des Institutsgeländes) durch den Präsidenten der KWG, Adolf von Harnack, eingeweiht werden. Das gesamte Institut erhielt die Bezeichnung „Kaiser-Wilhelm-Institut für Strömungsforschung verbunden mit der Aerodynamischen Versuchsanstalt“. Die ersten wissenschaftlichen Mitglieder des Instituts wurden sein Direktor Ludwig Prandtl und der stellvertretende Direktor der Aerodynamischen Versuchsanstalt, Albert Betz (1885-1968). Prandtl hatte außerdem die Leitung der Aerodynamischen Versuchsanstalt inne und war Inhaber des Lehrstuhls für Angewandte Mechanik und Strömungslehre der Universität Göttingen.

Trennung von AVA und Strömungsforschung

1937 erfolgte die formale Trennung beider Einrichtungen. Ein rechtsfähiger Verein „Aerodynamische Versuchsanstalt Göttingen e.V.“ wurde gegründet, und im Namen des „KWI für Strömungsforschung“ verschwand der Zusatz „verbunden mit der AVA“. Im Kriegsjahr 1941 erreichte die AVA ihre maximale Belegschaft mit über 700 Mitarbeitern. Die „Strömungsforschung“ war immer erheblich kleiner als die AVA. Ihre gesamte Belegschaft wuchs von anfangs 10 auf 40 bis 50 Mitarbeiter während des Krieges.

6.1.2 Die elektromechanische Determinantenrechenmaschine

Im Institut für Angewandte Mechanik befasste sich ab 1932 Ernst Adolf Weygandt (geb. 1908 in Hannover) mit der Entwicklung einer relais- und drehwählerbasierten Rechenmaschine zur Berechnung von Determinanten, also zur Auflösung von Gleichungssystemen.

$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}$ <p>a</p>	$\begin{vmatrix} 11 & 11 & 10 \\ 2 & 1 & 2 \\ 12 & 10 & 10 \end{vmatrix}$ <p>b</p>
---	--

Abb. 1: Dreireihige Determinante allgemein (a) und Beispiel (b)

Es entstand ein Modell zur Berechnung von dreireihigen Determinanten, wobei aus Gründen der Materialersparnis die Determinantenglieder maximal zweistellig sind und als Ziffern nur 0, 1, 2 und 3 zugelassen sind. Eine Determinante (siehe Abb. 1a) wird berechnet, indem die sechs Produkte

$$a_{11} a_{22} a_{33} + a_{12} a_{23} a_{31} + a_{13} a_{21} a_{32} - a_{31} a_{22} a_{13} - a_{32} a_{23} a_{11} - a_{33} a_{21} a_{12}$$

gebildet werden und ihrem Vorzeichen entsprechend addiert werden. Beispielhaft wurde die Determinante aus Abb. 1b in die Einstelltafel eingegeben (siehe Abb. 2), indem Drahtbrücken gesteckt wurden.

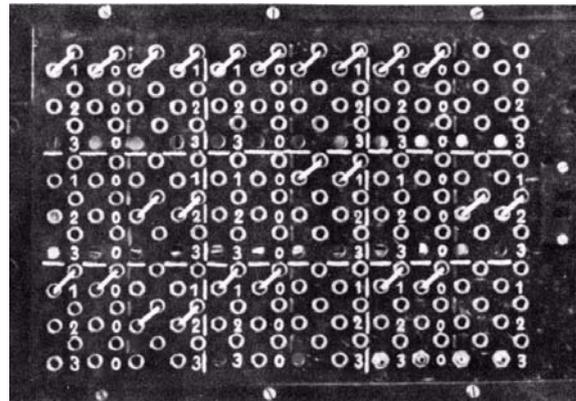


Abb. 2: Einstelltafel für eine dreireihige Determinante mit zweistelligen Determinantengliedern, deren Ziffern kleiner gleich 3 sind

In der Determinantenrechenmaschine werden mit einem „Wählerantrieb-Stromstoßpendel“ Impulse erzeugt, die nach Einschalten der Maschine in der jeweiligen, durch die Ziffern der Koeffizienten vorgegebenen Anzahl für jede Dezimalstelle den Drehwählern zugeleitet werden, so dass durch wiederholte Addition die sechs Produkte (s. o.) gebildet werden und vorzeichengerecht aufaddiert werden. Das Rechenergebnis wird im Resultatlampenfeld oberhalb der Maschine angezeigt.

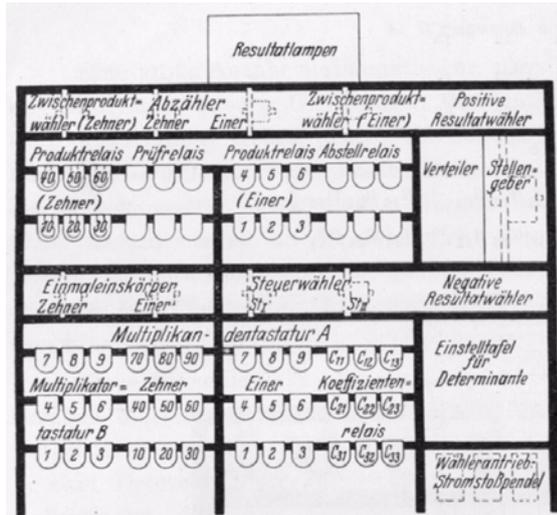


Abb. 3: Aufbauplan der Determinantenrechenmaschine

Verglichen mit einer mechanischen Rechenmaschine bilden die Relais zusammen mit der Einstelltafel die Tastatur (siehe Abb. 4), während die Drehwähler den Zahnrädern des Rechenwerks entsprechen (siehe Abb. 5).

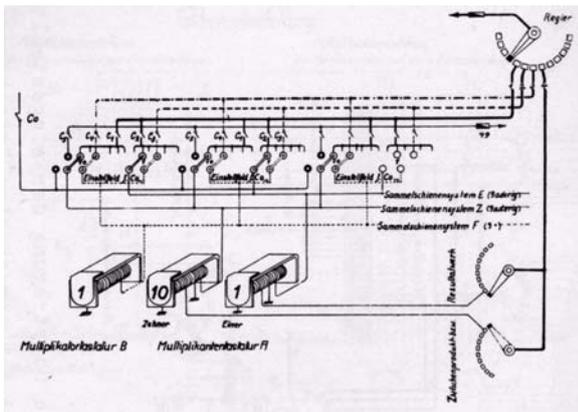


Abb. 4: Faktorenübertragung von der Einstelltafel in das Multiplikationswerk

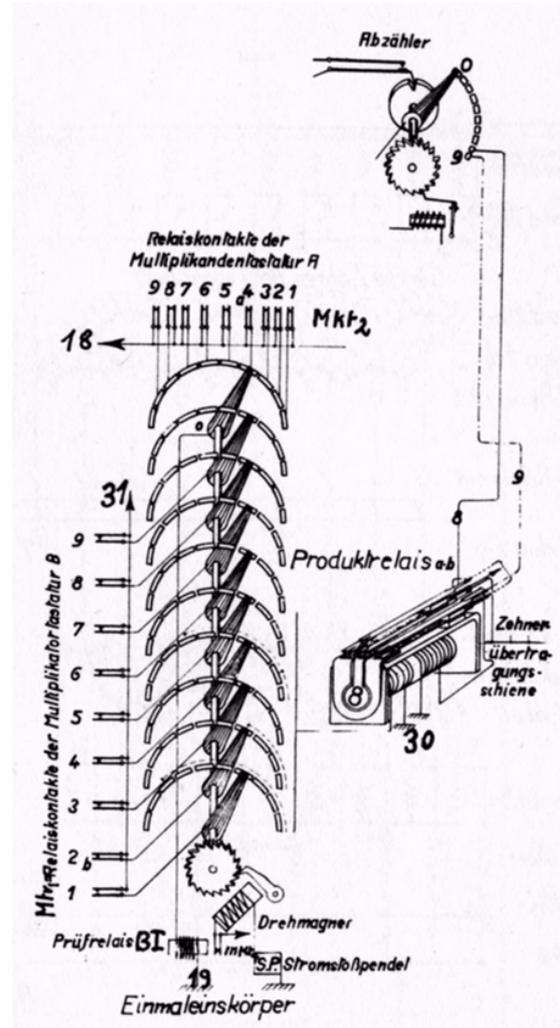


Abb. 5: Einmaleinskörper des Multiplikationswerkes

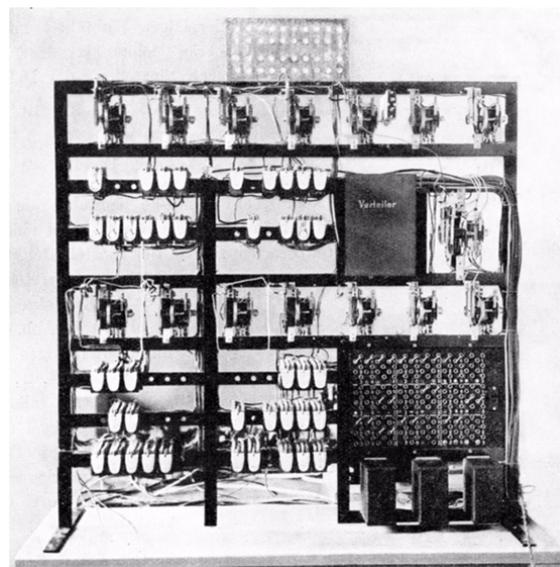


Abb. 6: Die Determinantenrechenmaschine

6.1.3 Nach dem Zweiten Weltkrieg

Für die noch gut erhaltene Stadt Göttingen endete der Zweite Weltkrieg am 8. April 1945 mit dem Einmarsch amerikanischer Truppen, die nach Einrichtung der britischen Zone von Engländern abgelöst wurden. Das KWI für Strömungsforschung und die AVA wurden am 11. April 1945 vorläufig geschlossen.

Anfang Juni 1945 erschien eine alliierte Kommission, die über das Schicksal der Institute entscheiden sollte: Die AVA wird als Rüstungsbetrieb geschlossen, das KWI für Strömungsforschung darf, als eine Einrichtung der Grundlagenforschung, weiterbestehen.

Unter Aufsicht des „Research Branch AVA Göttingen“, einer Dienststelle der britischen Rheinarmee, wurde nun ein beschränkter Institutsbetrieb wieder zugelassen. Ein Teil der AVA-Mitarbeiter und einige von auswärts kommende Fachleute wurden neben der 25-köpfigen Belegschaft des KWI angestellt, um Berichte über die deutsche Forschung während des Krieges zu schreiben. So entstanden die von Betz redigierten „Göttinger Monographien“ mit 7.000 Manuskriptseiten. Britische und amerikanische Aerodynamiker kamen nach Göttingen, um sich persönlich zu informieren. Alle Versuchsanlagen der AVA wurden demontiert oder zerstört. Nach Abschluss der Arbeiten wurde das Personal entlassen. Viele Wissenschaftler und Techniker sahen sich damals gezwungen, eine Stellung im Ausland anzunehmen. Die Wiedereröffnung des KWI für Strömungsforschung, das von Demontagen verschont blieb, erfolgte am 1. August 1946.

Was nach dem Zusammenbruch des Reiches aus der KWG werden würde, war ungewiss. Der Präsident Albert Vögler (1877-1945) war tot. Am Sitz des Vereins, in Berlin, setzte der Magistrat im Juli 1945 einen Notvorstand ein, der den sowjetischen Behörden genehm war: den Chemiker Robert Havemann (1910-1982). Auf ihrer Postsdamer Konferenz beschlossen die Alliierten die Auflösung der KWG.

Der Generalsekretär der KWG, Ernst Telschow (1889-1988), hatte sich auf Anweisung Vöglers, kurz vor der Einschließung Berlins durch die Rote Armee, mit einem kleinen Bürostab und einem Bankscheck über 1 Million RM nach Göttingen begeben. Er bemühte sich alsbald um Zusammenarbeit mit britischen, später auch mit amerikanischen und französischen Dienststellen. Es gelang ihm, persönliche Kontakte zu den in den Westzonen befindlichen Kaiser-Wilhelm-Instituten herzustellen, sie finanziell zu versorgen und den Willen zum Zusammenhalt der Gesellschaft zu stärken.

Anfang Juni 1945 brachten Amerikaner den greisen Max Planck (1858-1947) nach Göttingen, der 1930

bis 1936 Präsident der KWG gewesen war. Er war bereit, dieses Amt noch einmal zu übernehmen, bis Otto Hahn (1879-1968), den er zum Nachfolger designierte, ihn würde ablösen können. Die erreichbaren wissenschaftlichen Mitglieder stimmten zu. Damit war in Göttingen ein halbwegs satzungsgemäßer und jedenfalls handlungsfähiger KWG-Vorstand konstituiert. Telschow erreichte, dass die von Havemann erwirkte Sperrung westdeutscher Bankkonten der KWG aufgehoben wurde und dass der Göttinger Vorstand darüber verfügen konnte. Der aus der Internierung entlassene Otto Hahn wurde am 1. April 1946 Präsident der Gesellschaft. Die Militärregierungen waren nicht bereit, offiziell eine Gesellschaft anzuerkennen, die den Namen „Kaiser Wilhelm“ trug. Um die Tradition fortführen zu können, wurde am 26. Februar 1948 in Göttingen (wo Max Planck inzwischen verstorben war) ein neuer Verein gegründet: die „Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e. V.“. Sie übernahm in den Westzonen das Vermögen und die Aufgaben der KWG.

Prandtl gelang es noch im Einvernehmen mit Betz, Hahn, Telschow und dem Research Board, einige Mitarbeiter aus der AVA in das KWI für Strömungsforschung zu übernehmen. Zum Jahresende 1946 trat Ludwig Prandtl als Direktor des KWI für Strömungsforschung zurück.

Am 01.01.1947 übernahm Albert Betz die Leitung des Instituts für Strömungsforschung. Ludwig Prandtl behielt bis 1951 eine kleine Abteilung. Er verstarb im Jahre 1953 in Göttingen. Walter Tollmien (1900-1968), Nachfolger Prandtls auf dem Lehrstuhl für Angewandte Mechanik und Strömungslehre an der Universität Göttingen, wurde 1947 zum wissenschaftlichen Mitglied des Instituts, das immer eng mit dem Lehrstuhl verbunden war, ernannt. Nach der Emeritierung von Betz übernahm er am 01.05.1957 die Leitung des Instituts für Strömungsforschung. Albert Betz verstarb im Jahre 1968. Nach Walter Tollmiens Tod im Jahre 1968 erhielt das MPI für Strömungsforschung eine neue Struktur: Es wird fortan geleitet von einem Kollegium aus fünf wissenschaftlichen Mitgliedern.

[Teilweise wortwörtlich aus dem Aufsatz von Kurt Kraemer „Geschichte der Gründung des Max-Planck-Instituts für Strömungsforschung“ in der Festschrift zum 50-jährigen Bestehen des Instituts.]

Die AVA wurde 1953 als „Aerodynamische Versuchsanstalt Göttingen e. V. in der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e. V.“ wiedereröffnet und 1956 als „Aerodynamische Versuchsanstalt in der Max-Planck-Gesellschaft“ voll integriert.

Im Jahr 1969 erfolgte die Ausgliederung aus der Max-Planck-Gesellschaft und die Gründung der „Deutschen Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt e. V.“ (DFVLR).

6.2 Elektronische Datenverarbeitung

6.2.1 Die Göttinger Rechenmaschinen

Ab 1950 wurden im Max-Planck-Institut für Physik in Göttingen durch Heinz Billing die ersten deutschen elektronischen Rechenanlagen gebaut. Von 1953 bis 1956 konnte man auf der G1 rechnen, von 1956 bis 1958 auf der G2. Den größten Teil ihrer Betriebszeit standen diese Rechner der Rechengruppe des MPI für Physik zur Verfügung. Darüber hinaus konnten aber auch die Wissenschaftler der Universität Göttingen und der anderen Max-Planck-Institute auf ihnen rechnen – vorwiegend in den Nachtstunden.

Mitte 1958 wurde das Max-Planck-Institut für Physik (unter der Leitung von Werner Heisenberg) nach München verlagert. Die Göttinger Wissenschaft verlor damit ihre programmgesteuerten Rechenmaschinen.

Einer der von Heinz Billing und Wilhelm Hopmann entwickelten Rechner, die G1a, stand dem MPI für Strömungsforschung zur Verfügung: „Ein Exemplar einer verbesserten Ausführung der G1 wurde vom Institut käuflich erworben. Diese G1a, auch GB61 genannt („Geht besser seit 1961“, Anspielung auf mehrere Jahre währende Arbeiten bis zur Übergabe der funktionstüchtigen Anlage an das Institut), wurde noch bis über die Mitte der sechziger Jahre hinaus eingesetzt. Mit ihren zehn Lochstreifenlesern zum Abtasten eines Hauptprogramms mit bis zu neun Unterprogrammen, also mit Programmsteuerung, aber ohne Speicherung des Programms, war sie in dieser Zeit allerdings schon ein Anachronismus. Als Datenspeicher verwendete sie eine von Billing entwickelte Magnetrolle. Auf der G1a wurde von 1960 bis 1968 gerechnet.“¹

Während dieser Zeit wurden Überlegungen angestellt, industriell gefertigte Rechenanlagen zu beschaffen. Das Max-Planck-Institut für Strömungsforschung zeigte Interesse für die Rechenanlagen der Firma Zuse, die AVA orientierte sich zum amerikanischen Computerbauer IBM. Es kam zu einer gemeinsamen Lösung der Göttinger Institutionen.

1. Aus dem Aufsatz von Eberhard von König „Elektronische Datenverarbeitung im Max-Planck-Institut für Strömungsforschung“ in „50 Jahre MPI für Strömungsforschung Göttingen“

6.2.2 Rechenzentrum Göttingen

Die AVA beschaffte 1959 eine elektronische Rechanlage IBM 650 und ermöglichte die Mitbenutzung durch die anderen Göttinger Institute. Sie stand bis 1966 zur Verfügung und bot erstmals die Verwendung der Programmiersprache FORTRAN.



Abb. 7: Blick in das Rechenzentrum Göttingen, im Hintergrund in der Mitte die IBM 650

Die IBM 650

Die Entwicklung eines Magnetrolle-Speichers und des Magnetrolle-Rechners IBM 650 wurde 1948 von Frank E. Hamilton bei IBM begonnen. Im Juli 1953 wurde er angekündigt und im Dezember 1954 lief die Produktion in den USA an.

Der Rechner ist eine dezimal arbeitende, intern programmierte Serien-Parallelmaschine für wissenschaftliche Anwendungen. Gleitkommarechnung war optional, es wurden etwa 2.200 Exemplare produziert.



Abb. 8: Die IBM 650

Die IBM 650 ist ein Röhrenrechner, in dem Schaltvorgänge und Signalerzeugung mit Elektronenröhren realisiert werden. Da Elektronenröhren eine

recht geringe Lebensdauer haben, werden sie in Steckbaugruppen in die Rechnerschaltungen eingefügt.



Abb. 9: Flip-Flop-Röhrensteckeinheit der IBM 650

Technische Daten der IBM 650:

Bauelemente:

- ca. 2.000 Röhren
- ca. 5.000 Germanium-Dioden (Logik)
- Kondensatorspeicher (Register)

Wortlänge:

- 10 Dezimalstellen plus Vorzeichen
- à 5 Bits im Biquinär-Code
- Festkomma

Taktfrequenz: 125 kHz

Rechenleistung:

- Addition: 700 μ sec im Mittel
- Multiplikation: 2 msec

Magnettrommel:

- 12.500 Umdrehungen/min
- Kapazität: 1.000 Wörter (Modell 1)
- Kapazität: 2.000 Wörter (Modell 2)
- mittlere Zugriffszeit: 2,4 msec

Die IBM 650 im Rechenzentrum Göttingen:

- Gleitkommaeinrichtung
- Indexregister
- Kapazität: 2.000 Speicherplätze (10 Ziffern pro Speicherplatz)

Geschwindigkeit bei optimaler Programmierung:

- 35.300 Gleitkommaadditionen/min
- 6.000 Gleitkommamultiplikationen/min

Karteneinheit IBM 533:

- Lesen: 200 Karten/min
- Stanzen: 100 Karten/min

Zum Vergleich: Die IBM 650 addiert etwa genau so schnell wie die Göttinger Rechenmaschine G2 und beim Multiplizieren ist sie etwa 50mal schneller.

Lochkartenverarbeitung

Seit Beginn des 20. Jahrhunderts basiert die Datenverarbeitung in Betrieben und Behörden auf der Lochkartentechnik. Schon bevor programmierbare Rechner zur Verfügung standen, also vor dem zweiten Weltkrieg, wurden Daten in Lochkarten gestanzt, die Lochkarten mit Lochkartensortiermaschinen nach verschiedensten Merkmalen sortiert und mit Tabelliermaschinen einfache Rechnungen (Addition, Subtraktion und Multiplikation) ausgeführt. Die Ergebnisse wurden gedruckt und wieder in Lochkarten gestanzt.

Auch die IBM 650 ist Bestandteil der Lochkartentechnik, darüber hinaus bietet sie jedoch die Möglichkeit, komplexe Rechenprogramme ablaufen zu lassen, in denen die vier Grundrechenarten nur noch die elementare Grundlage sind. Programme und Eingabedaten wurden „offline“ mit Kartenlochern in Lochkarten gestanzt; Ausgabedaten, die für spätere Rechnungen wieder eingelesen werden sollten, oder auch von der IBM 650 in Maschinensprache übersetzte Programme wurden „online“ von der Karteneinheit IBM 433 gestanzt.

Im Göttinger Rechenzentrum standen neben der IBM 650 folgende „offline“ arbeitenden Maschinen der Lochkartentechnik zur Verfügung:

- 1 Tabelliermaschine IBM 420 mit elektromechanischem Speicher (AVA)
- 1 Tabelliermaschine IBM 447 mit elektromechanischem Speicher (AfwD)¹
- 1 Kartendoppler IBM 514, Leistung: 300 LK/Std. (AfwD)
- 1 Alphabetinterpreter / Lochschriftübersetzer IBM 557 (AfwD)
- 2 Sortiermaschinen IBM 82 (AfwD)
- 1 Kartenmischer IBM 88 (AfwD)
- 1 Rechenlocher IBM 602, 22 Dezimalstellen, 3 12-stellige Speicher, 12 Programmgänge (AfwD)
- 5 Schreiblocher IBM 26

Mit „AVA“ ist gekennzeichnet, welche Maschinen neben der IBM 650 von der Aerodynamischen Versuchsanstalt beschafft worden sind, mit „AfwD“ die von der Abteilung für wissenschaftliche Datenverarbeitung der Max-Planck-Gesellschaft beschafften Maschinen wie z. B. die in Abb. 10 gezeigte Lochkartensortiermaschine IBM 82, die in der Eingangshalle zum Rechenzentrum der GWDG als Bestandteil des Rechnermuseums ausgestellt ist:



Abb. 10: Lochkartensortiermaschine IBM 82 im Rechnermuseum der GWDG

6.2.3 Die Transistorrechner der IBM

Die IBM 7040

Mit dem Großrechner für wissenschaftliche Anwendungen IBM 7090 (Erstinstallation November 1959; Nachfolger des Röhrenrechners IBM 709), dem kleinen kommerziellen Rechner IBM 1401 (erste Auslieferung 1960) und der Entwicklung des Supercomputers „Stretch“, der im Mai 1961 an das Los

1. AfwD = Abteilung für wissenschaftliche Datenverarbeitung der Max-Planck-Gesellschaft

Alamos Scientific Laboratory ausgeliefert wurde, führte IBM die Transistortechnik ein, während in Deutschland die ersten Exemplare der Siemens 2002 als weltweit erster in Serie produzierter Transistorrechner schon ausgeliefert wurden. Die kleinere Version der IBM 7090, die IBM 7040, wurde im April 1963 eingeführt. Sie war eine Mehrzweck-Großrechenanlage in Transistortechnik, der Nachfolger des Röhrenrechners IBM 704. Eine Besonderheit war die Möglichkeit der Programmunterbrechung durch externe Signale. IBM produzierte insgesamt 29 Exemplare.

Technische Daten der IBM 7040:

Bauelemente:

- Germanium-Transistoren
- Germanium-Dioden (Logik)
- SMS-Schaltkreistechnik mit CDTL²-Logik

Wortlänge:

- 36 Bits
- Gleitkomma optional, auch mit doppelter Genauigkeit

Rechenleistung:

- Addition (FK/GK³): 8/29 µsec (AVA: 16/24 µsec)
- Multiplikation (FK/GK): 32/86 µsec (AVA: 40/36 µsec)
- Division (FK/GK): 84,2/117,5 µsec

Hauptspeicher:

- Magnetkernspeicher
- Kapazität: 4 - 32 KW⁴
- Zykluszeit: 8,2 µsec

Magnetplattenspeicher IBM 1301:

- 50 Platten (mit 600 mm Durchmesser)
- Kapazität: 50 Mio. Zeichen
- 1.800 Umdrehungen/min
- mittlere Zugriffszeit: 165 msec

Magnetbandspeicher IBM 729:

- 200/556/800 Zeichen/Zoll
- 20.000 - 150.000 Zeichen/sec

2. CTDL = Complementary Diode Transistor Logic

3. FK/GK = Festkomma/Gleitkomma

4. KW = Kilo Wörter = 1.024 Wörter

Die IBM 1401

Der Transistorrechner IBM 1401 wurde von Francis O. Underwood entwickelt und im Oktober 1959 angekündigt. Die IBM 1401, eine kleine zeichenorientierte synchrone Serienmaschine für kommerzielle Anwendungen, war ab Juni 1960 am Markt. Von diesem erfolgreichen Rechner wurden ca. 9.350 Exemplare produziert, ab 1964 auch von IBM Deutschland in Sindelfingen. Für Multiplikation und Division gab es eine Hardware-Erweiterung.

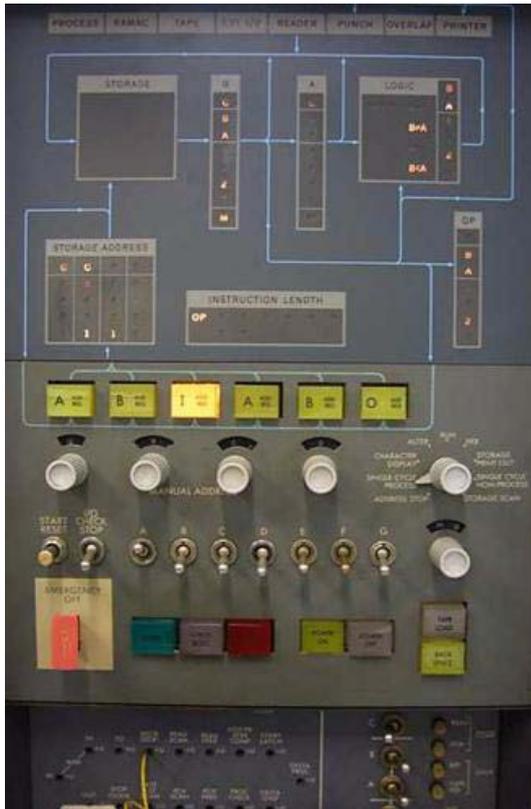


Abb. 11: Bedienungsfeld der IBM 1401

Die IBM 1401 ist aus etwa 3.000 Baugruppen aufgebaut, die IBM unter der Bezeichnung SMS-Technik einige Jahre in sämtlichen Transistor-Rechenanlagen verwendete. Das „Standard Modular System“ (SMS) umfasste neben den genormten Schaltkarten auch die Verbindungstechnik, die Stromversorgungen und die Schranksysteme. Solch eine typische Schaltkarte, auf der ein NAND-Gatter mit sechs Eingängen untergebracht ist, ist der Typ DFB 370206, der in Abb. 12 gezeigt ist¹:

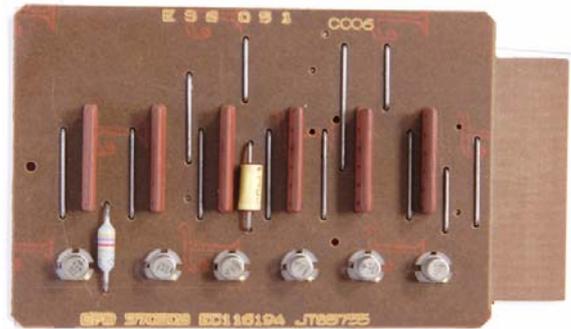


Abb. 12: SMS-Schaltkarte mit einem NAND-Gatter mit sechs Eingängen.

Die Schaltung besteht aus sechs Widerständen, die von den Eingangskontakten auf die Basis von sechs Transistoren führen. Die Transistoren sind mit Emitter und Kollektor in Reihe geschaltet. Der Ausgang der Schaltung führt nur dann das (invertierte) Signal „0“, wenn alle Transistoren mit Signal „1“ an der Basis auf Durchlass gepolt werden. Die Abbildung zeigt die Bestückungsseite der Platine, auf der Rückseite liegen die Leiterbahnen und 16 vergoldete Kontakte als Direktstecker zur Verbindung mit den weiteren Schaltungen des Systems. Drahtbrücken auf der Bestückungsseite der Platine sind erforderlich, da sich die Leiterbahnen nicht kreuzen können.

Ein weiteres Beispiel ist die SMS-Karte vom Typ DAW 370083, die drei NOR-Gatter mit je drei Eingängen enthält:

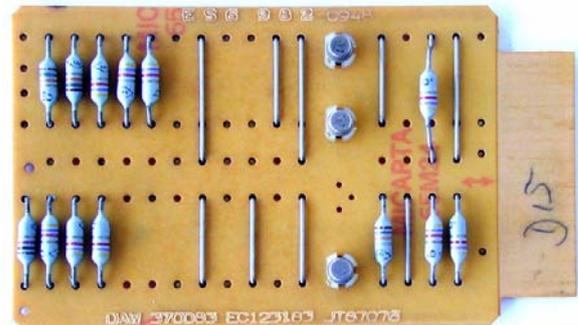


Abb. 13: Bestückungsseite der SMS-Schaltkarte mit drei NOR-Gattern mit je drei Eingängen

1. Die hier abgebildeten SMS-Schaltkarten aus dem Rechnermuseum der GWDG stellen einfachere Schaltungen dar, als sie in den Rechnern IBM 1401 und IBM 7040 verwendet wurden. In jenen – in CDTL-Technik – spielten Germaniumdioden als Logikbauelement die wesentliche Rolle.

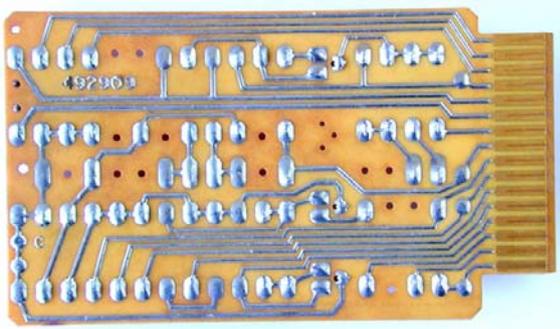


Abb. 14: Leiterbahnseite der SMS-Schaltkarte mit drei NOR-Gattern mit je drei Eingängen

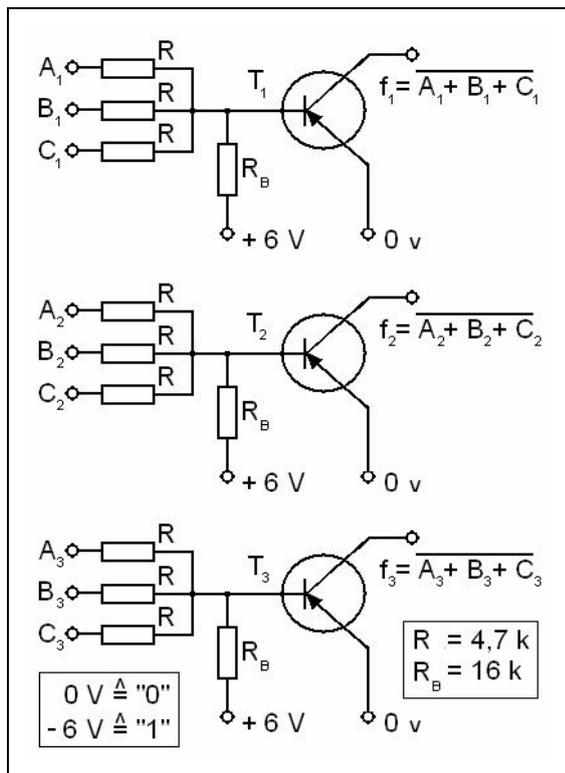


Abb. 15: Schaltplan der SMS-Karte mit drei NOR-Gattern mit je drei Eingängen

Der Magnetkernspeicher der IBM 1401 hatte in der Grundausstattung eine Kapazität von 4.000 Zeichen zu je 8 Bit. Davon enthalten 6 Bit den Zeichen-code, ein Bit dient zur Kennzeichnung des Endes einer Zeichenkette bzw. des Anfangs eines Befehls-wortes. Das achte Bit ist ein Prüfbit zur Fehlerer-kenung („parity bit“). In Abb. 15 ist eine von acht Spei-chererebenen gezeigt.

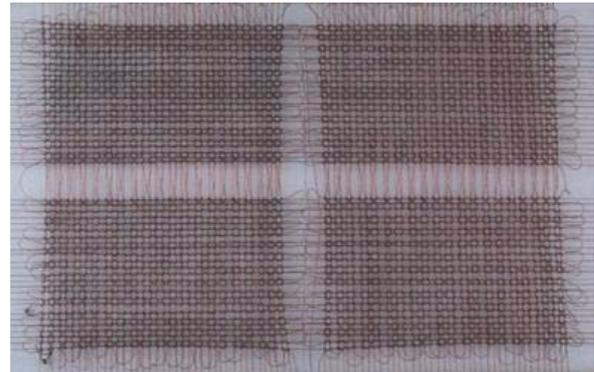


Abb. 16: Eine Ebene des Kernspeichers der IBM 1401 mit vier Feldern zu je 25 mal 40 aufgefädelten Ferritkernen (4.000 Bits von 4.000 Zeichen à 8 Bit)

Technische Daten der IBM 1401:

Bauelemente:

- ca. 10.000 Germanium-Transistoren
- ca. 14.000 Germanium-Dioden
- SMS-Schaltkreistechnik (ca. 3.000 SMS-Schaltkarten)
- CDTL-Logik

Wortlänge:

- variabel, 6 Bits pro Stelle + 1 Bit Wortmarke + 1 Prüfbit
- Befehle und Daten sind dezimal codiert (BCD)
- 2-Adress-Befehle
- Gleitkomma optional
- Gleitkomma auch mit doppelter Genauigkeit

Taktfrequenz: 1 MHz

Rechenleistung:

- Addition (2 zehnstellige Zahlen): 460 μ sec
- Addition (2 zwanzigstellige Zahlen): 805 μ sec

Hauptspeicher:

- Magnetkernspeicher
- Kapazität: 4.000 Stellen (1 Zeichen pro Speicherstelle)
- Zugriffs-/Zykluszeit: 11,5/20 μ sec

Magnetbandspeicher:

- bis zu 6 Laufwerke IBM 729
- 62.000 Zeichen/sec

Das Befehlsformat ist sehr einfach gehalten, denn die Kodierung ist durchweg dezimal, nicht binär. So bedeutet z. B. der Befehl „A299500“: Addiere den

Inhalt von Speicherzelle 299 zum Inhalt der Speicherzelle 500 und lege das Ergebnis in Speicherzelle 500 ab.

6.2.4 Neuausstattung des Rechenzentrums Göttingen

Anlagenkonfiguration

Da die IBM 650 bereits 1963 bis zur Grenze ihrer Kapazität ausgelastet war (wie auf den Rechenmaschinen G1 und G2 konnte nach Voranmeldung jeweils genau ein Benutzer rechnen), wurden 1964 neue Rechenanlagen beschafft: ein Großrechner IBM 7040 und ein kleiner Rechner IBM 1401. Letzterer stammte bereits aus deutscher Produktion (hergestellt bei IBM Deutschland in Sindelfingen).



Abb. 17: Von links nach rechts: IBM 1402, IBM 1401, IBM 1403, 2x IBM 729

Wie die IBM 650 wurde die IBM 7040 von der AVA beschafft und verwaltet, die IBM 1401 von der Abteilung für wissenschaftliche Datenverarbeitung der MPG. Die IBM 650 blieb bis Mai 1966 in Betrieb, alle Rechenanlagen standen neben der AVA auch den Max-Planck Instituten und der Universität Göttingen zur Verfügung.

Im März 1964 erschien im Rechenzentrum Göttingen erstmalig der frühe Vorläufer der „GWDG Nachrichten“, die „MITTEILUNGEN an unsere Benutzer“.

RECHENZENTRUM GOETTINGEN

Anschrift: Aerodynamische Versuchsanstalt
34 Göttingen, Bunsenstrasse 10

Telefon: 0551 (Göttingen) - 44051 (Sammelnummer)

Nr. 1 März 1964

MITTEILUNGEN
an unsere Benutzer

	Inhalt	Seite
I.	Ausrüstung des Rechenzentrums	2
II.	Benutzungsberechtigte Institutionen	3
III.	Anmeldeverfahren	3
IV.	Programmbibliothek	4

Abb. 18: „MITTEILUNGEN an unsere Benutzer“ des Rechenzentrums Göttingen, Nr. 1

Während die Installation der neuen Rechenanlagen IBM 7040 und IBM 1401 noch nicht abgeschlossen war, wurde schon die Anlagenkonfiguration bekannt gemacht:

IBM 7040 mit 16.384 Wörtern Kernspeicher und zwei Datenkanälen zum Anschluss von sechs Magnetbandeinheiten IBM 729-005, drei Magnetbandgeräten IBM 7330, einer IBM 1402 Karteneingabe- und -stanzeinheit und eines Schnelldruckers IBM 1403.

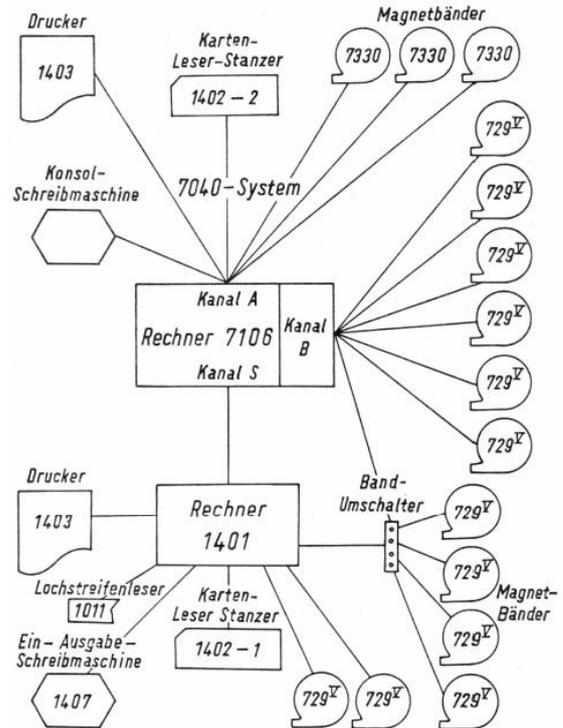


Abb. 19: Konfiguration von IBM 7040 und IBM 1401

Die Erstausrüstung der mit der IBM 7040 durch eine Kanalkopplung verbundenen IBM 1401 hat eine Kapazität des Magnetkernspeichers von 4.000 Zeichen. Für Ein- und Ausgabe von Lochkarten besitzt sie eine weitere IBM 1402 und für die Ausgabe der Rechenergebnisse einen Schnelldrucker IBM 1403. Magnetbandverarbeitung ist auf zwei Laufwerken IBM 729 möglich.

Die neuen Rechenanlagen gingen im Juni 1964 in Betrieb. Die Göttinger Zeitungen berichteten am 11./12. Juli 1964 und am 15. Juli 1964 (siehe Abb. 20 und 21):

In einer Sekunde 60000 Additionen

Größrechenanlage löst Forschungsprobleme für Göttinger Wissenschaftler → Neuer elektronischer Rechenroboter für Universität, Max-Planck-Gesellschaft und Aerodynamische Versuchsanstalt

Ein unentbehrliches Instrument zur Lösung komplizierter mathematischer Probleme haben die Wissenschaftler der Göttinger Forschungsinstitute erhalten. Das Rechenzentrum Göttingen wurde im Auftrag von Universität, Max-Planck-Gesellschaft und Aerodynamischer Versuchsanstalt um eine elektronische Datenverarbeitungsanlage erweitert, die leistungsfähig genug ist, alle in den nächsten vier Jahren im Bereich dieser drei wissenschaftlichen Institutionen anfallenden Rechenaufgaben in der angewandten Forschung mühelos zu lösen. Die neue IBM 7040 arbeitet mit der hundertfachen Leistung der bisher eingesetzten IBM 650. Ihre Tageskapazität geht ins Astronomische, denn allein in einer Sekunde vermag sie 60 000 Additionen oder 25 000 Multiplikationen auszuführen.

Dieser moderne Zauberkünstler der Mathematik erfüllt einen Wunschtraum der Forschung. Er kann für Aufgaben eingesetzt werden, deren mathematische Präzisierung bisher nicht rationell verwirklicht werden konnte und die nur in der gedanklichen Lösung des Mathematikers formuliert waren. Das ist das Ergebnis einer nur wenige Jahre dauernden Entwicklung, die in Deutschland im Anfangsstadium aus Göttingen starke Impulse erhielt. Die ungeahnten Möglichkeiten elektronischer Rechenanlagen veranlaßten das Max-Planck-Institut für Physik frühzeitig zur Konstruktion und zum Bau eigener Geräte.

Beachtliches Aufsehen

erregten der 1952 erstmals vorgestellte Rechenautomat G1 und die Weiterentwicklung G2 aus dem Jahre 1955, die etwa halb so schnell arbeitete wie die seit 1959 in Göttingen eingesetzte IBM 650. Die Entwicklung von Rechenmaschinen mußte damals aus wirtschaftlichen Gründen in Göttingen eingestellt werden, da die wachsende industrielle Fertigung die Möglichkeiten eines Institutes bald überflügelte.

Vor allem war es die AVA, welche die Hilfe von Rechenanlagen beanspruchte. Bis 1945 besaß sie noch ein eigenes Rechenbüro mit fast 30 Rechnerinnen, die mit Tischrechenmaschinen arbeiteten. Heute ist ein einziger Automat schneller, präziser und leistungsfähiger als sie alle zusammen, wo es gilt, z. B. Geschwindigkeiten und Drücke in Unter- und Überschallströmungsfeldern an Tragflügeln und Rumpfen zu berechnen oder durch



Rund 800 Lochkarten in der Minute kann das Kartenlesegerät verarbeiten.

Schwingungsberechnungen die Entscheidungen über das Auftreten des gefährlichen Flatterns an Tragflügeln und Rumpfen zu beeinflussen. Das Mineralogische Institut der Universität benutzt die Anlage zur Berechnung von Kristallstrukturen. Die Sternwarte will mit ihr eine mathematische Erfassung von Sternverteilungen in der Milchstraße vornehmen und das Max-Planck-Institut für Aeronomie in Lindau am Harz verarbeitet tausende von Meßdaten aus der Ionosphäre.

Bruchteile von Sekunden

Das Spitzenprodukt der Elektrotechnik hüllt sich in ein unscheinbares Gewand. Hochempfindliche Apparaturen verbergen sich hinter einfachen Blechverkleidungen. Kontrolllichter blinken. Unsichtbare Vorgänge verursachen leises Summen, Tonbänder spulen mit Hochgeschwindigkeit ab, ein Drucker rasselt monoton. Die Magie der Elektronik hat eine verblüffende, unverständliche Sprache für den Laien, wenn dann die Geheimzeichen der Lochkarten als Informationen und Befehle von der Maschine aufgenommen werden und in Bruchteilen von Sekunden den exakten Ablauf von Rechenoperationen bestimmen, deren Ergebnisse augenblicklich auf einem Druckgerät lesbar werden.

Das „Gedächtnis“ der Rechenanlage ist ein Kernspeicher mit einer Aufnahmefähigkeit von 16 384 Plätzen. Da die Anlage im Dualsystem arbeitet – sie kennt nur die Zahlen 0 und 1 – bedarf es eines eigenen Maschinen-codes, um die Plätze mit einer in der Regel zehnstelligen Zahl oder mit sechs Buchstaben besetzen zu können. Diese Eingabewerte werden umgewandelt in Worte zu je 36 Dualziffern, die also entweder den Wert 0 oder 1 haben können. Während der Rechenvorgänge kann jeder Platz des Speichers innerhalb von acht Mikrosekunden angesprochen werden.

Verständigung durch „Fortran“

Die Speicherkapazität kann durch zusätzlichen Anschluß von Magnetbandgeräten nahezu unbegrenzt vergrößert werden. Im Wechselspiel zwischen Speicher und Magnetband versorgt sich die Anlage mit den für ihre Arbeit notwendigen Anweisungen bei einer Geschwindigkeit von 10 000 Worten in der Sekunde. Das ist etwa 40mal schneller als die normale Eingabe durch Lochkarten. Ein Magnetband von 732 Meter Länge speichert rund 2 500 000 Worte. Eine besondere Funktion hat das Systemband. Die in ihm aufzeichneten Programme beeinflussen den Arbeitsablauf der Maschine und bilden die Lösungsgrundlage für die verschiedensten Berechnungsarten.

„Fortran“ ist die Geheimsprache, über die sich die Wissenschaftler mit der IBM 7040 verständigen. Die mathematischen Probleme werden darin soweit aufgeschlüsselt, daß die Maschine automatisch zur richtigen Lösung findet. Sie formt sich in einem Rechenwerk, welches durch Querverkabelung der vielen



Vor dem Kontrollpult des Rechenroboters: Dr. Riegers, der Leiter der Abteilung Aerodynamik in der AVA und gleichzeitig des Rechenzentrums (rechts) und sein leitender Mitarbeiter D. Hochstädter.

tausend einzelnen Schaltelemente addieren, subtrahieren, multiplizieren und dividieren kann. Rund 25 000 dieser kleinsten Baugruppen mit zusammen 500 000 Transistoren sind installiert.

Teamwork mit IBM 1401

Zur vollen Ausnutzung der Kapazität der IBM 7040 soll ihr eine kleinere Schwester, die 1401 zur Seite stehen. Sie hilft, die noch verhältnismäßig langsame Ein- und Ausgabe von Daten zu überwinden. „Nur“ 800 Lochkarten in der Minute kann der Kartenleser verarbeiten und in die Rechenanlage eingeben. Ein Schnelldrucker gibt die Resultate mit 600 Zeilen in der Minute wieder, wobei jede Zeile 131 Zeichen enthalten kann. Die 1401 wird künftig Informationen auf Magnetbänder schreiben und auch die Ergebnisse zunächst Magnetbändern anvertrauen, bevor sie später wieder in Lochkarten oder geschriebene Listen umgewandelt werden.

Für rund 50 Wissenschaftler arbeitet das neue Rechenzentrum jetzt schon, fast nachdem es in Betrieb genommen wurde. Dennoch ist es erst 30 Stunden im Monat als technischer Adam Riese tätig. Ende des Jahres soll es volle Leistungsfähigkeit erreicht haben, um dann der Forschung bisher verschlossen gebliebene Türen zu öffnen. cke

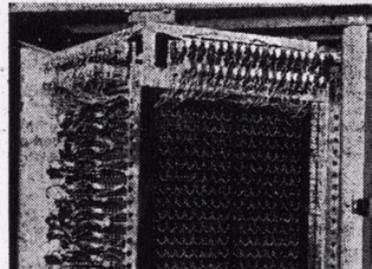
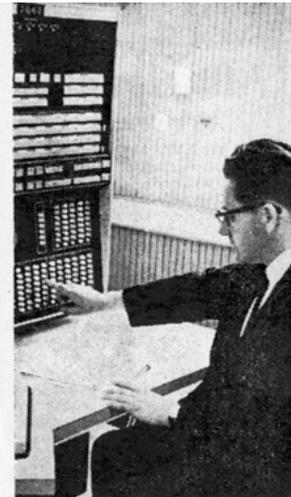
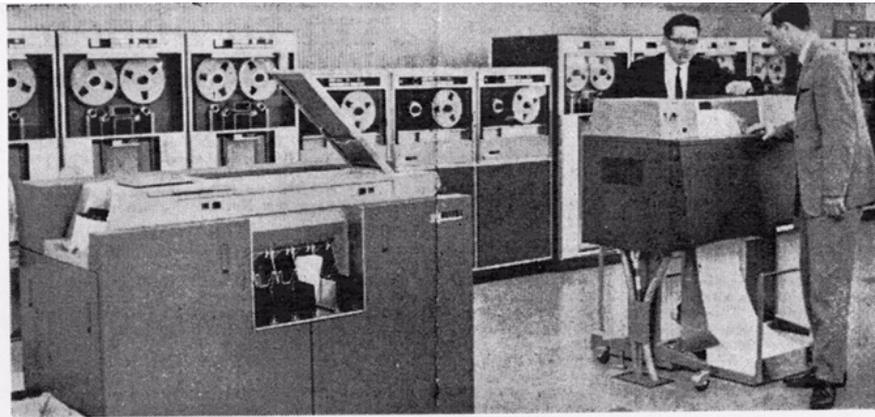


Abb. 20: Artikel über das Rechenzentrum Göttingen im Göttinger Tageblatt am 11./12. Juli 1964



Göttingen besitzt jetzt ein modernes Rechenzentrum

Das zweite in Niedersachsen / 60 000 Additionen pro Sekunde

Die Universitätsstadt Göttingen verfügt jetzt nach der TH Hannover über das zweite Rechenzentrum in Niedersachsen. Mit der Montage der IBM 7040 ist die Abteilung für wissenschaftliche Datenverarbeitung in der Max-Planck-Gesellschaft in den Stand versetzt worden, eine wertvolle Hilfestellung für zahlreiche wissenschaftliche Forschungsarbeiten im Bereich der Institute der Gesellschaft und der Georgia Augusta leisten zu können. Die Abteilung wird als Gemeinschaftsunternehmen der Max-Planck-Gesellschaft und der Aerodynamischen Versuchsanstalt geführt. Allein die beiden Elektronenhirne IBM 1401 und 1401 stellen einen Wert von rund sieben Millionen Mark dar.

Im Gebäudekomplex an der Bunsenstrasse wurde bereits vor gut zehn Jahren entscheidende Vorarbeit für den Bau deutscher Rechenautomaten geleistet. Im damals noch in Göttingen ansässigen MPI für Physik standen die Rechenautomaten G1 und G2 – die ersten nach dem Kriege in Deutschland entwickelten Geräte dieser Art. Heute werden in der Abteilung für wissenschaftliche Datenverarbeitung amerikanische Fabrikate des Weltunternehmens IBM verwendet.



Aufgabe dieser Abteilung, die mit rund 15 Mitarbeitern besetzt ist, ist es, Daten der verschiedenen Gebiete, wie Ionosphärenforschung, der landwirtschaftlichen Versuchsrechnung, der Tierzucht, der Dokumentation, der Soziologie, aber auch der Ver-

Schon allein aus diesen Beispielen wird deutlich, welch ein Wunderwerk der Technik sich hinter den nüchternen Typenbezeichnungen IBM 7040 oder IBM 1401 verbirgt. Sämtliche Geräte, die in vielen Großbetrieben der Industrie und des Handels schon Eingang gefunden haben, sollen nunmehr auch in Göttingen die Möglichkeit schaffen, Forschungsarbeiten zu rationalisieren, zu beschleunigen und

Der Clou der Abteilung ist die neue IBM 7040, eine elektronische Rechenmaschine. Ihr Arbeitsgebiet ist die Verarbeitung und Speicherung von Informationen, besonders Zahlen. Die IBM 7040 ist in der Lage, pro Sekunde bis zu 60 000 Additionen oder 25 000 Multiplikationen auszuführen. Sie arbeitet im Vergleich zur schon „alten“ IBM 650, die ebenfalls in der Abteilung noch vorhanden ist, einhundertmal schneller. Sie kann zum Beispiel ein Gleichungssystem aus 72 Gleichungen in 30 Sekunden auflösen. Durch eine Reihe intern angebrachter Prüfungen wird der Gang der Rechnungen überwacht, so daß sich kein Fehler einschleichen kann.

50 Wissenschaftler der Universität, der Max-Planck-Gesellschaft und der AVA nutzen es bereits für ihre Arbeiten. Dazu werden die Anlagen für Dokumentationszwecke eine weitere Hilfe leisten. Viele Möglichkeiten werden noch hinzukommen. Die IBM 7040 und 1401 sind Leihgaben der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Mit finanzieller Unterstützung der Max-Planck-Gesellschaft und der AVA wurden sie beschafft.

DAS IST DAS RECHENZENTRUM Göttingen, besetzt mit modernen elektronischen Rechen- und Datenverarbeitungsanlagen. Oben links im Bild die Magnetbändeneinheiten. Im Bild oben eine der Kommandostellen, an der uns D. Hochstädter, einer der leitenden Mitarbeiter, die Anlage erläuterte. Fotos: PIK

Unter- und Überschallströmungsfeldern um Tragflügel von Flugzeugen zu berechnen. Es müssen Reibungseffekte bei Strömungen registriert und ausgewertet werden. Oder ein anderes Beispiel: ein Forschungsvorhaben in der Tierzucht beschäftigt sich mit der Frage nach dem Verhältnis von Milchleistung und Eutergröße bei Kühen. Tausende von Rechnungen müssen bewältigt werden. Im Rechenzentrum Göttingen geht es binnen kurzer Zeit

Abb. 21: Artikel über das Rechenzentrum Göttingen im Göttinger Tageblatt am 15. Juli 1964

Noch im Jahr 1964 wurde die IBM 7040 auf 16.384 Kernspeicherstellen erweitert und es standen insgesamt zehn Magnetbändeneinheiten IBM 729-005 zur Verfügung, von denen vier per Umschalter auch mit der IBM 1401 verbunden werden konnten.

Kanal A der IBM 7040 ist ein Datenübertragungssystem, das keine zeitliche Überlappung von Rechnung und Ein-/Ausgabe gestattet. Über diesen Kanal sind angeschlossen:

- die Karteneinheit „1402-2“ (Lesen: 800 LK/min, Stanzen: 250 LK/min)
- der Drucker IBM „1403-2“ (48 verschiedene Zeichen, große Buchstaben, Interpunktionszeichen, Ziffern; 132 Zeichen pro Zeile; 600 Zeilen/min)
- die Konsolschreibmaschine (62 verschiedene Zeichen; 15 Zeichen/sec; 85 Zeichen/Zeile)

- drei Magnetbändeneinheiten IBM 7330 (max. 218 Zeichen/cm, Geschwindigkeit: 91 cm/sec; max. Bandlänge: 700 m)
- Rechner IBM 1401 mit seiner Peripherie. Kanal A wird in diesem Fall als Kanal S bezeichnet (symbolisch).

Kanal B leistet zeitliche Überlappung von Rechnung und Ein-/Ausgabe. An ihn sind angeschlossen:

- sechs Magnetbändeneinheiten IBM 729-V (max. 315 Zeichen/cm, Geschwindigkeit: 190 cm/sec; max. Bandlänge: 700 m)
- vier Magnetbändeneinheiten IBM 729-005, die wahlweise auch mit der IBM 1401 verbunden werden können. Die Laufwerke benutzen das Aufzeichnungsverfahren „PE“ (phase encoding) und erlauben die Schreibdichten 200, 554 und 800 cpi¹ (Sprossen pro Zoll)

1. cpi = characters per inch

An die IBM 1401 sind angeschlossen:

- die Karteneinheit „1402-1“
(Lesen: 800 LK/min, Stanzen: 250 LK/min)
- der Drucker IBM „1403-2“
(Kettendrucker mit 48 verschiedenen Zeichen:
große Buchstaben, Interpunktionszeichen, Zif-
fern; 132 Zeichen pro Zeile; 600 Zeilen/min)
- die Konsolschreibmaschine IBM 1407
(64 verschiedene Zeichen; 10 Zeichen/sec;
85 Zeichen/Zeile)
- ein Lochstreifenleser IBM 1011
- sechs Magnetbandeinheiten IBM 729-005
(davon vier zur IBM 7040 umschaltbar)

Die IBM 1401 verfügte über die folgenden Zusatzeinrichtungen:

- Multiplikations- und Divisionseinrichtung
- Kernspeichererweiterung auf 16.000 Stellen
- Abfühler- und Stanzerfreigabe
- Druckspeicher
- zusätzliche Druckstellen: 132 Druckstellen/Zeile
- erweiterte Druckaufbereitung
- zusätzliche Programmhilfen
- Vergleichseinrichtung Hoch-Niedrig-Gleich
- Umschalter A – G
- Instruktionen für verdichtetes Band
- Dualkartenverarbeitung
- vorzeitige Kartenabföhlung
- Zeilentransportunterdrückung

Die oben bei der IBM 650 aufgeführte Lochkarten-Peripherie („offline“-Verarbeitung) stand weiterhin zur Verfügung.

Der Rechenzentrumsbetrieb

Für die Benutzer ergab sich gegenüber dem Betrieb der IBM 650 die wesentliche Neuerung, dass nicht mehr Rechenzeit auf der Maschine beantragt werden musste, sondern dass die Programmläufe unter der Kontrolle des IBSYS-Monitorprogramms durch einen Operateur durchgeführt wurden. Die von den Benutzern abgegebenen Rechenaufträge wurden in der Reihenfolge ihrer Einlieferung abgearbeitet. Ein solcher Rechenauftrag wurde in Form eines Lochkartenstapels, eines „Jobs“, abgegeben. Der IBSYS-Monitor war ein Programm, das die Abarbeitung dieser Jobs steuerte und gewährleistete. Ver-

schiedene Untersysteme des IBSYS-Monitors konnten in einem Job in beliebiger Reihenfolge angesprochen werden:

- nur Übersetzen („compiling“ und/oder „assembling“)
- nur Laden (wenn das Programm auf Binärkarten vorlag)
- Übersetzen und Laden
- Übersetzen, Laden und Rechnen

Programmiert wurde mit FORTRAN.



Abb. 22: Blick ins Göttinger Rechenzentrum mit IBM 7040

In der AVA war der Rechenzentrumsbetrieb zunächst der Abteilung „Aerodynamik“ zugeordnet, ab 1. Januar 1966 wurde eine eigene Abteilung „Rechenanlagen“ geschaffen. Sie verfügte über 13 Mitarbeiter, davon fünf Wissenschaftler. Ab 1967 wurden sechs mathematisch-technische Assistentinnen ausgebildet.

Die Abteilung „Rechenanlagen“ wurde von Klaus Jakob geleitet, die Abteilung für wissenschaftliche Datenverarbeitung bis 1968 von Werner Sandler und anschließend von Dieter Wall.

Die Rechenanlagen wurden 1967 in zwei Schichten von insgesamt 16 Stunden betrieben. Sonntags war kein Betrieb.

Nutzung der Rechenanlagen

Benutzungsberechtigte Institutionen für das Rechenzentrum Göttingen waren:

- die Institute der Universität Göttingen
- die Institute der Max-Planck-Gesellschaft in Göttingen und Lindau am Harz sowie das Institut für Dokumentation in Frankfurt
- die Aerodynamische Versuchsanstalt Göttingen und die Institute der Deutschen Gesellschaft für Flugwissenschaften.

Für die Aufteilung der Rechenzeit auf die nutzungsberechtigten Institutionen liegen folgende Zahlen vor:

Jahr	Rechenzeit insgesamt	davon AVA
1964 (2. Hälfte)	1.492 Std.	496 Std.
1965	2.455 Std.	978 Std.
1966	3.365 Std.	1.428 Std.
1967	3.890 Std.	1.370 Std.

1967 wurden die Anlagen von 240 Programmierern aus 52 Instituten genutzt.

Arbeitsablauf und Beratung

„Den Arbeitsablauf der **IBM 1401**-Anlage regelt die Abteilung für wissenschaftliche Datenverarbeitung der Max-Planck-Gesellschaft.

Zur Anmeldung für Rechenarbeiten auf der **IBM 650** wird ein Formular benutzt, welches der Programmierer im Rechenzentrum erhalten kann. Die Anmeldung muß bis spätestens Donnerstag in der der Rechnung vorangehenden Woche vorliegen. Durch einen Aushang erfährt der Benutzer, wann er seine Arbeiten auf der IBM 650-Anlage durchführen kann.

Zur Programmberatung für Universitätsangehörige steht Herr Dipl. Phys. Kirde täglich von 9:00 bis 12:00 Uhr zur Verfügung. Im Übrigen geben die Mitarbeiter des Rechenzentrums Auskunft.“¹

Programmaustausch

„Für jedes auf der IBM 7040 laufende Programm ist vom Programmierer eine Karteikarte auszufüllen, aus der zu ersehen ist, welches Problem von dem Programm behandelt wird. Diese Übersichten werden von der AVA dem Benutzerkreis zugänglich gemacht werden, so daß jeder Benutzer sich informieren kann, welche Probleme bereits behandelt wurden. Damit soll versucht werden, vermeidbare Doppelarbeit auszuschalten. Dieses erstrebenswerte Ziel ist aber nur zu erreichen, wenn jeder Benutzer die gewünschte Karteikarte der Aufsicht ausgefüllt abgibt.

Die Institutionen, die eine IBM 7090 oder IBM 7040 Rechenanlage betreiben, haben sich in der SHARE-Organisation zusammengeschlossen. Die AVA ist dieser Organisation beigetreten. Zweck die-

ser Organisation ist es, einen Austausch der an den einzelnen Rechenanlagen laufenden Programme zu ermöglichen. Diese Programme mit den zugehörigen Beschreibungen stehen in der AVA entweder zur Verfügung oder werden durch sie beschafft.“²

Erweiterung der IBM 7040

Im Herbst 1966 erhielt das Rechenzentrum einen magnetbandgesteuerten Plotter EAI 3440.

Im Dezember 1967 wurde die Rechenanlage IBM 7040 um einen Magnetplattenspeicher IBM 1301-2 erweitert, dazu erhielt die Anlage die Datenkanäle C und D. An Kanal C wurde ein „Direct Data Interface“ angeschlossen, das eine direkte Datenübertragung zwischen Rechenanlage und externen Messeinrichtungen gestattete. Je zwei Magnetbandeinheiten IBM 729-005 an den Kanälen B und C sowie der Papierstreifenleser an Kanal A konnten über Schalter wahlweise der IBM 7040 oder der IBM 1401 zugeordnet werden.

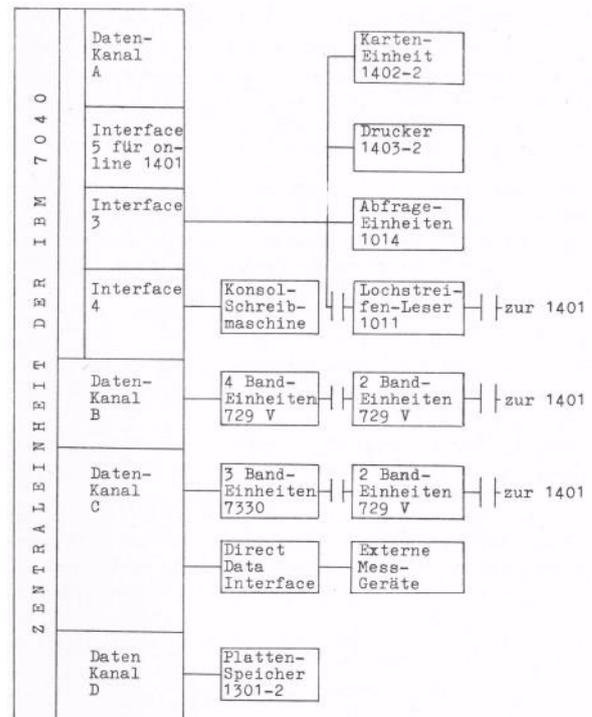


Abb. 23: Peripherie der IBM 7040

Über das „Direct Data Interface“ wurde eine Datenverbindung zu zwei Windkanälen eingerichtet.

6.2.5 Neuaufstellung der wissenschaftlichen Datenverarbeitung in Göttingen

„Spätestens 1968 wurde klar, daß die IBM 7040 für den Bedarf ihrer Benutzer nicht mehr ausreichte.

1. Auszug aus „MITTEILUNGEN an unsere Benutzer“, Nr. 3, des Rechenzentrums Göttingen, April 1965

2. Auszug aus „MITTEILUNGEN an unsere Benutzer“, Nr. 1, des Rechenzentrums Göttingen, März 1964

Wie sehr der tatsächliche Rechenbedarf in seiner Entwicklung durch die allzu geringe Kapazität der IBM 7040 gehemmt war, zeigte sich in den Folgejahren: alle auf dem Verbrauch an Rechenzeit bei der IBM 7040 basierenden Voraussagen der Bedarfsentwicklung, auch die optimistischsten, wurden durch die Wirklichkeit übertroffen.“¹

DFVLR

Die 1953 gegründete Aerodynamische Versuchsanstalt wurde 1969 aus der Max-Planck-Gesellschaft ausgegliedert. Unter dem Namen „Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt e.V.“ (DFVLR) entstand 1969 durch den Zusammenschluss der Einrichtungen Deutsche Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DVL) und Deutsche Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DFL) eine über mehrere Standorte in Deutschland verteilte Forschungseinrichtung.

IBM System/360 Modell 65

Die DFVLR erhielt im August 1971 ein neues Rechenzentrum im Haus 13 West des Institutsgebäudes. Am 20.07.1971 begann die Installation der neuen Rechenanlage IBM System/360 Modell 65; von Anfang August bis Oktober lief der Probebetrieb.

Das Modell 65 der Rechnerfamilie IBM System/360 war eine mikroprogrammierte Großrechenanlage für wissenschaftliche Anwendungen. Sie wurde im März 1966 von IBM erstmals ausgeliefert, insgesamt wurden 748 Exemplare hergestellt.

Die Mikroprogrammierung ermöglichte Programmkompatibilität mit der Rechenanlage IBM 7040.

Daten der IBM S/360-65:

Zentraleinheit 2065-I

- Mikromodul-Bauelemente (Hybridtechnik: „SLT“²)
- Wortlänge: 64 Bits
- Grundmaschinenzklus: 200 ns

Mikroprogramm Speicher

- Technologie: kapazitiv
- Wortlänge: 100 Bits
- Zugriffszeit: 200 ns

Magnetkernspeicher

1. Aus dem Aufsatz von Eberhard von König „Elektronische Datenverarbeitung im Max-Planck-Institut für Strömungsforschung“ in „50 Jahre MPI für Strömungsforschung Göttingen“
2. SLT = Solid Logic Technology

- Kernspeicher-Kapazität: 512 KB
- 1 Byte = 8 Bit + Paritätsbit
- Zugriffsbreite: 8 Byte parallel
- Zugriffszeit: 750 ns
- überlappende Speicherzugriffe

Kanäle

- zwei Selektorkanäle 2860-2: An jeden wurde eine Magnetplattenspeichereinheit IBM 2314 à sechs Laufwerke angeschlossen (auswechselbare Plattentapel)

Magnettrommelspeicher IBM 2301

- über 2-Kanal-Schalter wechselweise mit beiden Selektorkanälen zu verbinden
- Kapazität: 4 MB
- mittlere Zugriffszeit: 8,6 msec

Peripheriegeräte

- Anbindung langsamer Peripheriegeräte über einen Multiplexkanal 2870
- An dessen Selektorunterkanal wurden fünf Magnetbandeinheiten IBM 2401-2 (200, 556 und 800 cpi) angeschlossen, vier davon in 9-Spur-Technik mit 8-Bit-Code und eine in 7-Spur-Technik mit 6-Bit-Code, damit auch Bänder der IBM 7040 und IBM 1401 gelesen werden konnten.

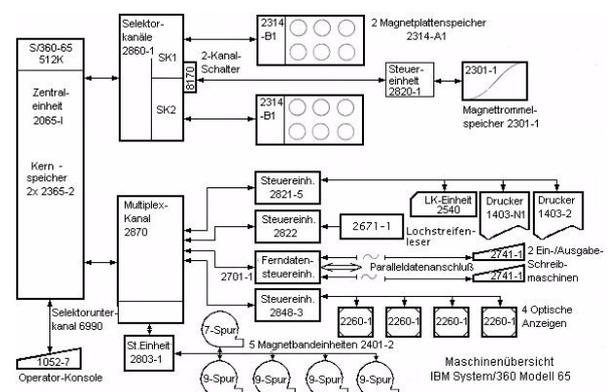


Abb. 24: Konfiguration der IBM System/360-65 der DFVLR

Max-Planck-Institut für Strömungsforschung

Das MPI für Strömungsforschung betrieb in seinem Rechenzentrum im Anschluss an die Betriebszeit der G1a mittlere Rechenanlagen DEC³ PDP-15 und DEC PDP-11/40, die nach Installation des Großrechners UNIVAC 1108 im Rechenzentrum der

3. Digital Equipment Corp.

GWDG mit diesem über eine Datenübertragungs-Standleitung verbunden wurde.

Das Institut wurde bald zum größten Einzelabnehmer von Rechenleistung bei der GWDG (im August 1973 über 35 Prozent der Rechenzeit).

Max-Planck-Institut für Aeronomie

Mitte 1969 bezog das MPI für Aeronomie ein neues Gebäude in Lindau am Harz. Das Rechenzentrum wurde mit einer Anlage Siemens 305 ausgestattet.

GWDG

Die Universität Göttingen und die Max-Planck-Gesellschaft gründeten zum gemeinsamen Betrieb

von Rechenanlagen am 29. April 1970 die „Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung mbH Göttingen“ (GWDG).

Eine wissenschaftliche Großrechenanlage UNIVAC 1108 ging am 18. Januar 1971 im Rechenzentrum im Gebäude des Max-Planck-Instituts für Biophysikalische Chemie am Faßberg in Göttingen in Betrieb.

Die GWDG übernahm die Lochkarten-Geräte des Göttinger Rechenzentrums (soweit sie vorher der Abteilung für wissenschaftliche Datenverarbeitung gehörten).

7. Die Rechenanlagen der GWDG

7.1 Die Gründung der GWDG

Im gemeinsam von der Aerodynamischen Versuchsanstalt (AVA) und der Max-Planck-Gesellschaft (MPG) betriebenen Göttinger Rechenzentrum wurde 1968 erkannt, dass AVA und MPG mit dem Mitbenutzungsangebot der Universität Göttingen einen gemeinsamen Rechenzentrumsbetrieb nicht sinnvoll weiter würden aufrechterhalten können. Die IBM 7040, die 1964 mit der Vorstellung, sie vier Jahre zu betreiben, in Betrieb genommen wurde, kam 1968 an ihre Leistungsgrenze. Darüber hinaus erschwerte die Tatsache, dass auch große Windkanäle an den Rechner angeschlossen wurden, den gemeinsamen Rechenzentrumsbetrieb.

Man entschied auf Seiten der AVA, ein eigenes Rechenzentrum einzurichten und bestellte dafür eine IBM System/360 Modell 65.

Die Max-Planck-Gesellschaft und die Universität Göttingen beschlossen, eine GmbH zu gründen, die für die Institute beider Institutionen ein Rechenzen-

trum mit einer wissenschaftlichen Großrechenanlage betreiben sollte.

So wurde am 7. Februar 1969 ein Antrag der Universität Göttingen und der Max-Planck-Gesellschaft auf Bewilligung eines Zuschusses für eine Großrechenanlage an die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) gestellt, der am 29. August 1969 bewilligt wurde. Ausgewählt wurde die Mehrprozessorrechenanlage UNIVAC 1108 der Firma Remington Rand. Am 29. April 1970 fand die Gründungsversammlung der „Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung mbH Göttingen“ (GWDG) statt. Zu je 50 % beteiligten sich als Gesellschafter die Max-Planck-Gesellschaft und das Land Niedersachsen.

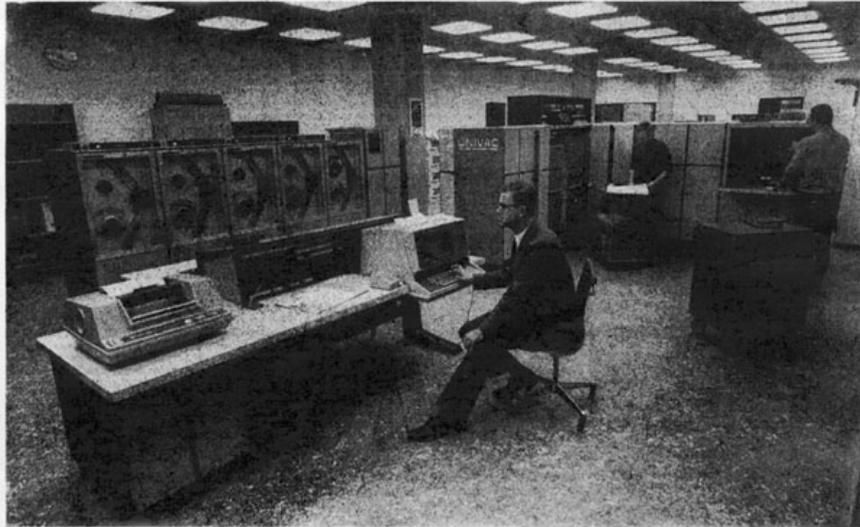
Günstigerweise errichtete die Max-Planck-Gesellschaft gerade zu der Zeit einen Neubau für das Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie am dem Ortsteil Nikolausberg vorgelagerten Faßberg. Hier konnte die GWDG mit ihrem Rechenzentrum als Mieter einziehen.



Elektronisches Supergehirn fährt mit voller Schicht

Auf einer der größten Göttinger Baustellen, der des Max-Planck-Instituts für physikalische Chemie, das zur Zeit bei Nikolausberg entsteht, konnte ein technologisches Wunderwerk der Öffentlichkeit vorgestellt werden. Zahlreiche Wissenschaftler der Max-Planck-Gesellschaft, an ihrer Spitze der Präsident Professor Dr. Adolf Butenandt sowie Professoren der Göttinger Universität und Vertreter der Stadt hatten sich eingefunden, um ein Großgehirn offiziell seiner Bestimmung zu übergeben, daß in seinen Dimensionen den letzten Stand der elektronischen Datenverarbeitung repräsentiert.

Noch nicht einmal zwei Jahre ist es her, daß die Universität Göttingen und die Max-Planck-Gesellschaft an die Deutsche Forschungsgemeinschaft einen Antrag auf Bewilligung eines Zuschusses für eine Großrechenanlage in Göttingen gestellt haben. Bereits im Dezember des Jahres 1969 wurde der Vertrag über die Bestellung des Rechenzentrums, eine UNIVAC 1108, unterzeichnet. Es ist das erste Mal in der Geschichte der Max-Planck-Gesellschaft, daß ein derart gi-



Der „Kommandostand“ des Supergehirns

gantisches Projekt in institutionalisierter Zusammenarbeit mit einer Landesuniversität verwirklicht wurde. Träger des Projekts ist die Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung GmbH Göttingen (GWDG), die sich am 28. April letzten Jahres konstituierte. Als ihre Gesellschafter fungieren das Land Niedersachsen und die Max-Planck-Gesellschaft.

Schon am 1. Juli 1970 nahm die GWDG ihre Arbeit auf. Noch im gleichen Jahr wurde am Fallberg mit der Installation des Großrechners begonnen. Zwei Monate später: Erstmals wird ein vorläufiger Betrieb der Anlage auf-

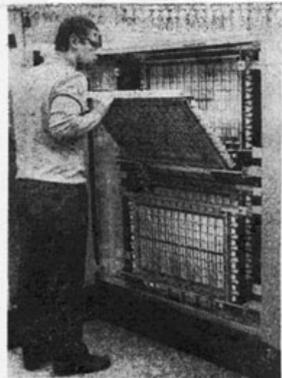
stitute außerhalb des Göttinger Raumes und sonstige von der öffentlichen Hand getragene hochschulfreie Institute und Forschungsanstalten, können die Anlage in Anspruch nehmen — für eine Gebühr von 440 DM pro Stunde (zum Vergleich: Für eine Arbeitsstunde eines vergleichbaren Rechenzentrums in der freien Wirtschaft werden 4000 DM in der Stunde berechnet).

Die Anschaffungskosten der Anlage werden von der Deutschen Forschungsgemeinschaft, der Universität (Land Niedersachsen) und der Max-Planck-Gesellschaft getragen. Die Betriebskosten der GWDG werden in diesem

ist nicht in der Lage, diese Geschwindigkeiten zu erfassen. Die Zugriffzeit des Rechners, das ist die Zeit, in der der Prozessor ein Wort des Kernspeichers lesen kann, beträgt nur 0,75 Mikrosekunden. Außer dem Kernspeicher sind der Anlage noch zwei externe Speicher angeschlossen, sogenannte Trommelspeicher, mit einer Kapazität von 12,5 Millionen Zeichen. Um auf diesen Speichern eine bestimmte Stelle zu finden, benötigt der Rechner 17 bzw. 92 Millisekunden.

Die gesamte Rechenanlage steht in einem vollklimatisierten Raum, in dem ständige konstante Luftfeuchtigkeit und eine Temperatur zwischen 21 und 28 Grad herrschen muß. Die Temperatur der Luft, die zur Kühlung durch die Maschine geblasen wird, darf nur zwischen 17 und 19 Grad liegen. Allein für die Klimatisierung der ganzen Anlage, die einen Raumbedarf von über 1000 Quadratmetern für sich in Anspruch nimmt, wurden viele hunderttausend DM aufgewendet. Obwohl erst relativ kurze Zeit in Betrieb, läuft der Großrechner bereits volle Schicht — er ist neun Stunden am Tag im Einsatz.

Wie Professor Brosowski betonte, ist es nicht nur Zielsetzung der Gesellschaft, ein Rechenzentrum als Dienstleistungsbetrieb zu unterhalten mit all seinen dazugehörigen Zusatzgeräten, wie Programmbibliothek, Locherei und der erforderlichen Systemsoftware. Vielmehr kommen wissenschaftliche Arbeiten auf dem gesamten Gebiet der Informatik und der Ausbildung von Fachkräften hinzu. Übrigens der Papierverbrauch dieses elektronischen Wunderwerks der Technik ist nicht gerade bescheiden: Es verschlingt eine halbe Million Blatt Papier und ebensoviel Lochkarten im Monat. **Cla**



Ein Blick in das komplizierte Innenleben des Speichers der gigantischen Rechenanlage.

EINE MILLION OPERATIONEN IN DER SEKUNDE

genommen. Im Januar dieses Jahres hatten die gigantischen elektronischen Geräte ihre Bewährungsprobe bestanden, es konnte normale Schicht gefahren werden. Nur 19 Monate waren vom Zeitpunkt der Antragsstellung bis zur Inbetriebnahme vergangen — eine Rekordzeit, die nicht zuletzt auf die Partnerschaft der Universität mit der Max-Planck-Gesellschaft bei diesem Projekt zurückzuführen ist.

Nutzen der Göttinger Großgehirns, dessen Kosten (ohne Baukosten) sich auf 7,8 Millionen DM beziffern, sind alle Institute und Einrichtungen der Universität und der Max-Planck-Gesellschaft im Göttinger Raum sowie Forscher, denen Beihilfen der Deutschen Forschungsgemeinschaft zur Durchführung ihrer wissenschaftlichen Arbeiten gewährt werden. Diese Institutionen können das Rechenzentrum kostenlos benutzen. Aber auch In-

Jahr rund 2,1 Millionen DM betragen. Allein die Wartung der Anlage kostet 360 000 DM. Hinzu kommen noch Strom und Materialkosten in Höhe von 250 000 DM. Die Kapazität des Rechners, für deren Betrieb laut Stellenplan 40 Mitarbeiter, darunter 12 Wissenschaftler mit Dr. Dieter Wall als Betriebsleiter Professor Dr. Bruno Brosowski als wissenschaftlicher Geschäftsführer und Dr. Kurt Pfuhl als administrativer Geschäftsführer vorgesehen sind, ist für den Laien fast unvorstellbar. Die Zentraleinheit der „1108“ ist in der Lage, eine Million Operationen in der Sekunde durchzuführen. Zwei zehnstellige Zahlen können in zwei Millionstel Sekunden multipliziert werden. Die Resultate der Rechenprogramme erscheinen auf zwei angekoppelten Schnelldruckern, die 10 und 25 Zeilen pro Sekunde drucken können — jede Zeile enthält 132 Zeichen. Das menschliche Auge

Abb. 1: Artikel zur Aufnahme des Rechenzentrumsbetriebs der GWDG im Göttinger Tageblatt vom 11. Februar 1971

Die UNIVAC 1108 wurde am 17. Juli 1970 installiert und am 18. Januar 1971 konnte der Rechenzentrumsbetrieb beginnen.

7.2 Die UNIVAC-Ära 1970 - 1986

7.2.1 UNIVAC 1108

Zentraler Großrechner im Rechenzentrum der GWDG war die UNIVAC 1108 MP, ein Multiprozessor-system.

Die UNIVAC 1108 wurde (als Nachfolger der UNIVAC 1107) 1964 vom amerikanischen Computerbauer Sperry Rand angekündigt. Im Dezember 1965 wurde die Großrechenanlage für Wissen-

schaft und Wirtschaft erstmals ausgeliefert. Sie war in Dioden-Transistor-Logik mit diskreten Bauelementen aufgebaut, hatte eine Wortlänge von 36 Bits (plus Prüffbit) und eine Zykluszeit von 125 nsec. Gleitkommarechnung war gegeben mit Voll-, Halb-, Drittel- und Viertelwortarithmetik. Zeichen wurden im herstellerspezifischen 6-Bit-FIELDDATA-Code kodiert, der keine Unterscheidung von Groß- und Kleinbuchstaben kannte. Später wurde auch der ASCII-Code unterstützt, er basierte auf Viertelworten. Der Kernspeicher fasste 64 KW¹, die in zwei Bänke – mit überlappenden Zugriffen – aufgeteilt

1. KW = Kilo-Worte = 1.024 Worte

waren. Die Zugriffszeit zum Hauptspeicher betrug 375 nsec, die Zykluszeit 750 nsec. Der Registersatz (ICR)¹ verfügte über 128 Register und war mit integrierten Schaltungen realisiert.

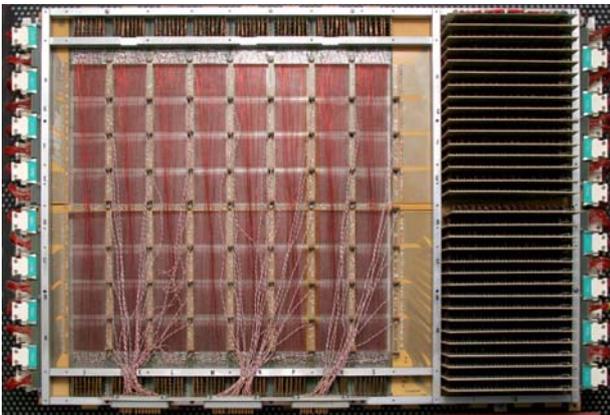


Abb. 2: Magnetkernspeicher der U1108

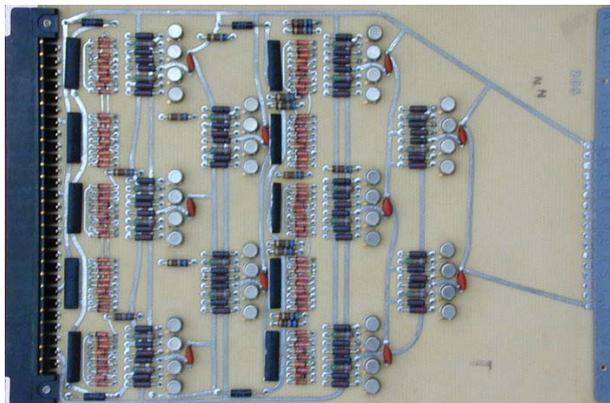


Abb. 3: Schaltkarte der U1108 mit zehn Flip-Flops

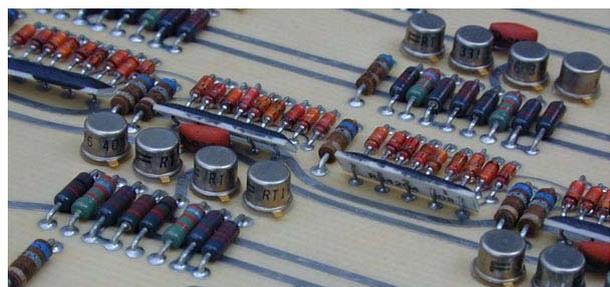


Abb. 4: Bauteile von Flip-Flops: Transistoren, Widerstände, Dioden

1. ICR = Integrated Circuit Register

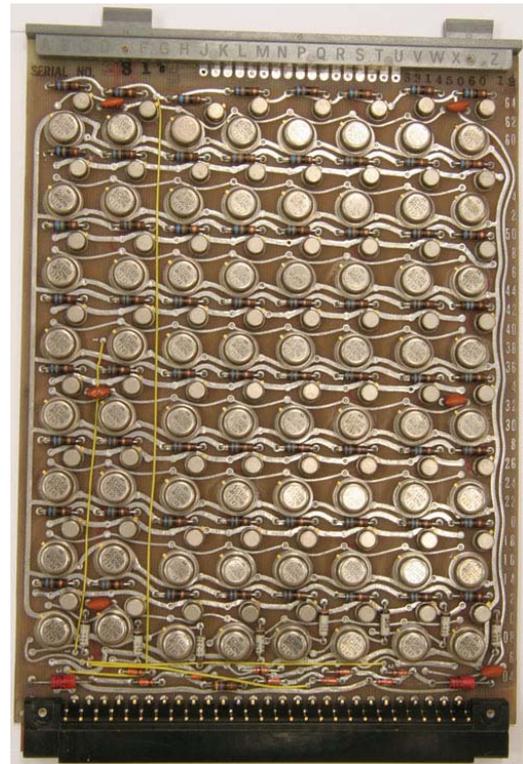


Abb. 5: Platine des Schnellspeicherregisters (ICR) der U1108

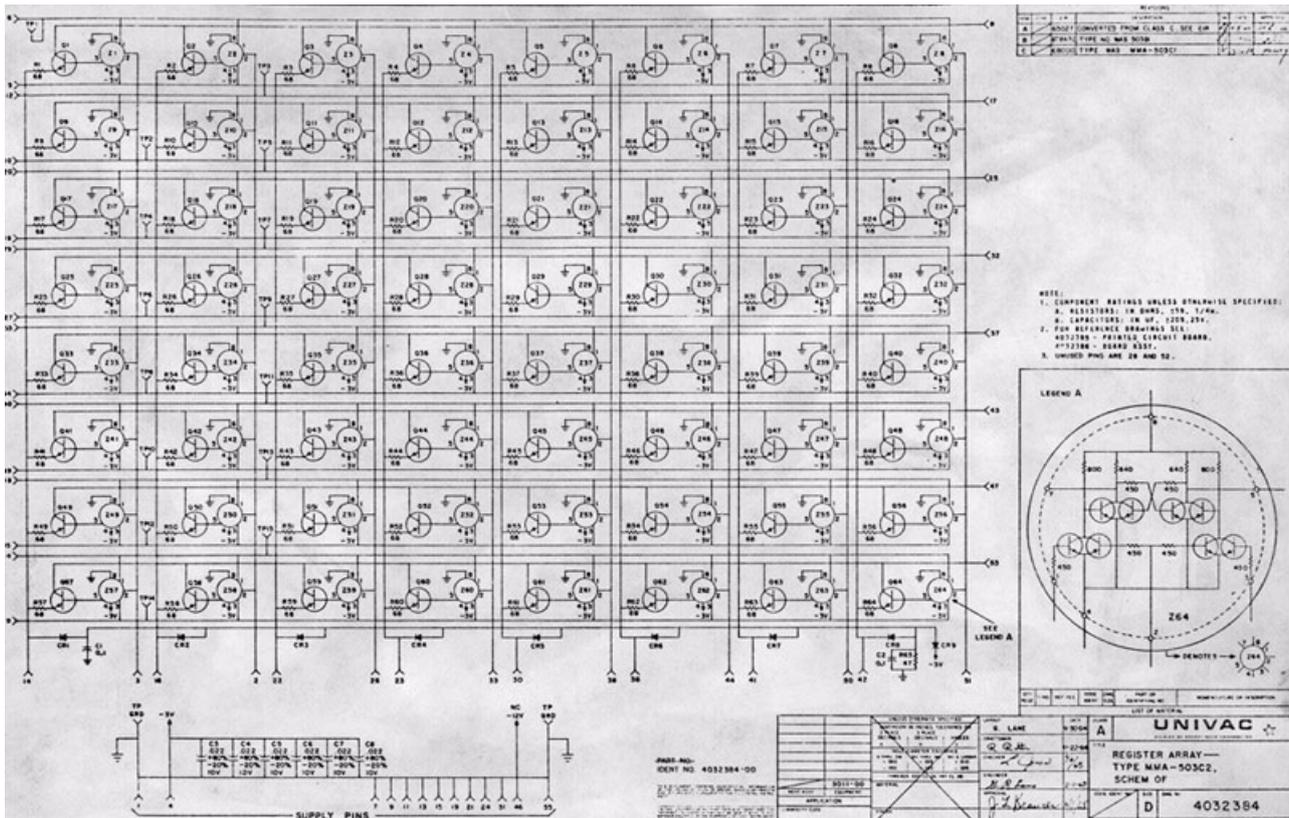


Abb. 6: Schaltplan einer Platine des Schnellspeicherregisters (ICR)



Abb. 7: Rechenzentrumsleiter Dr. Dieter Wall¹ bei der Eröffnung des Rechenzentrums an der Konsole der UNIVAC 1108; links Magnetbandgeräte UNISERVO VIC

1. Dieter Wall (1932 - 2010): Rechenzentrumsleiter ab 1970 und wissenschaftlicher Geschäftsführer der GWDG von 1976 bis 1997

Ab 1966 wurde die UNIVAC 1108 auch als Mehrprozessoranlage angeboten. Sie konnte bis zu drei Rechenprozessoren und zwei Ein-/Ausgabeprozessoren haben. Sie war weltweit der erste kommerzielle Multiprozessor-Computer. Ausgeliefert wurden von der Sperry Rand UNIVAC Division insgesamt 296 Prozessoren.

Anfangskonfiguration der GWDG

- 1 Prozessor
- Hauptspeicher: 128 KW
- Leistung: ca. 1 MIPS²
- Magnettrommelspeicher: FASTRAND III, FH 432, 2 Einheiten FH 1782
- Magnetbandgeräte: UNISERVO VIC (6 Laufwerke)
- 1 Ein-/Ausgaberechner: UNIVAC 9300 mit Drucker, Kartenleser und -stanzer



Abb. 8: Schild der UNIVAC 1108

2. MIPS = Millionen Instruktionen pro Sekunde

Technische Daten der U1108

Rechenprozessor:

- Anzahl: 1 - 3 Prozessoren
- Technologie: Transistor, diskrete DTL¹-Schaltkreise
- Wortlänge: 36 Bit
- Adresslänge: 18 Bit
- Takt: 1,3 MHz
- Zykluszeit (CPU-Takt): 125 ns
- Anzahl Register: 128, (Technologie: IC²)
- Adressraum: 256 KW

Hauptspeicher:

- Technologie: Ferritkern
- Kapazität: 128 KW
- Informationslänge/Zugriff: 1 W
- Anzahl Prüfbits: 1 Bit/Halbwort
- Zugriffszeit: 375 ns
- Zykluszeit: 750 ns

Leistungsdaten:

- Addition (FK/GK³): 0,75/2,40 µsec
- Multiplikation (FK): 2,25/2,63 µsec
- Division (FK/GK): 5,81/5,0 µsec
- Leistung: 1 MIPS

Ein-/Ausgabekanäle:

- Anzahl Wortkanäle (WC): 16
- Übertragungsrate WC: 240 KW/sec

Trommelspeicher Fastrand III

- Art: 2 horizontale Trommeln, 64 Schreib-/Leseköpfe, verschieblich in 64 Positionen
- Anzahl Laufwerke: 2
- Kapazität: 33 MW⁴
- mittlere Zugriffszeit: 92 msec
- Übertragungsrate: 50 KW/sec

-
1. DTL = Dioden-Transistor-Logik
 2. IC = Integrated Circuit = integrierter Schaltkreis
 3. FK = Festkomma, GK = Gleitkomma
 4. MW = Mega-Worte = Millionen Worte (1.024 * 1.024 W)



Abb. 9: Die FAstrand III im Jahr 2010 in der Eingangshalle der GWDG als Teil des Rechnermuseums

Trommelspeicher FH432

- Art: 1 vertikale Trommel
- Kapazität: 330 KW
- mittlere Zugriffszeit: 4,3 msec
- Übertragungsrate: 240 KW/sec

Trommelspeicher FH1782

- Art: 1 vertikale Trommel
- Kapazität: 2 MW
- mittlere Zugriffszeit: 17 msec
- Übertragungsrate: 240 KW/sec

Magnetband UNISERVO VIC

- Anzahl Laufwerke: 6
- Spurenzahl: 7 oder 9
- Aufzeichnungsverfahren: NRZI/PE
- Informationsdichte: 200/556/800 bpi
- Übertragungsrate: 96/128 Tausend Zeichen/sec

Die Anlage wurde in den ersten Jahren nur im Stapelbetrieb gefahren, d. h. der Anwender musste den Rechenauftrag als abgeschlossenes Ganzes in Form eines Lochkartenstapels übergeben und konnte noch nicht – wie später im Dialogbetrieb – den Auftrag während der Bearbeitung, z. B. aufgrund von Zwischenergebnissen, verändern.

Erweiterung der Konfiguration

1972 wurde die Rechenanlage um vier Kanäle und ein Magnetplattensystem vom Typ UNIVAC 8440 mit vier Laufwerken à 30 MW Speicherplatz erweitert.

Plattenspeicher U8440

- Art: Wechsellplatte
- Kapazität: 30 MW
- mittlere Zugriffszeit: 42,5 msec
- Übertragungsrate: 0,552 MB/sec



Abb. 10: Schreib-/Leseköpfe am Linearmotorantrieb der U8440

Weiterhin kamen modernere Magnetbandgeräte hinzu, nämlich sechs Laufwerke vom Typ UNISERVO 16:

Magnetband UNISERVO 16

- Spurenzahl: 9
- Aufzeichnungsverfahren: NRZI/PE
- Informationsdichte: 800/1600 bpi
- Übertragungsrate: 192 Tausend Zeichen/sec



Abb. 11: Magnetbandgerät UNISERVO 16

Um den Rechner für den Dialogbetrieb tauglich zu machen, wurde im Jahr 1974 der Hauptspeicher auf das Maximum von 256 KW verdoppelt. Aus Kostengründen wurden zwei steckerkompatible Speicherschränke DR 8800 der Firma Data Recall angeschlossen. Der Magnetplattenspeicher wurde um zwei Einheiten U8440 auf 180 MW erhöht. Zu diesem Zeitpunkt wurden auch die ersten drei Bildschirmgeräte UNISCOPE 100 beschafft.

Im Jahr 1976 erfolgte der Ausbau der UNIVAC 1108 zur Doppelprozessoranlage. Eine nominelle Gesamtleistung von 2 MIPS hätte sich ergeben, wenn nicht der Zugriff von zwei Prozessoren auf den gemeinsamen Hauptspeicher mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit zu Zugriffskonflikten geführt hätte. Es kam nur die etwa 1,9-fache Leistung eines Ein-Prozessor-Systems zustande.

Der Betrieb der Rechenanlage verlief nicht ohne ständige Probleme mit der Hardware. Im Juli 1977 übernahm die GWDG die Wartung der Data-Recall-Speicher (Hauptspeichermodule MEM 2 und

MEM 4), deren Schwächen in Bezug auf Verarbeitungsqualität und Betriebssicherheit durch den externen Wartungsdienst der Lieferfirma CIG nicht behoben werden konnten, selbst.

Im November 1977 traten immer noch viele Störungen auf: „Die Anzahl der Systemzusammenbrüche bleibt hoch. MEM 2 und MEM 4 gelten weiterhin als Hauptursache. In Wochenend- und Nachtarbeiten werden die Speicher einer gründlichen Überholung unterzogen.“¹ Später zeigte es sich, dass auch Fehler im Schnellspeicherregister den Betrieb der U1108 bis zu ihrem Ende stark beeinträchtigten und vorher wohl unerkannt schon für viele Probleme verantwortlich waren. Wegen dieser Probleme mit dem ICR wurde am 17.12.1978 ein Prozessor komplett ausgetauscht.

7.2.2 Angeschlossene Rechner

UNIVAC 418-III

Die UNIVAC 418-III war ein mittelgroßer wissenschaftlicher Rechner. Er kam im Juni 1969 auf den Markt. Die GWDG beschaffte zwei gebrauchte Exemplare, um sie als Vorschaltrechner zur Datenfernübertragung einzusetzen. Von zwei Anlagen kommt eine bereits im November 1974 zum Einsatz, die zweite wird vorwiegend zur Programmentwicklung, insbesondere der „ALWR“-Schnittstelle, eingesetzt.



Abb.12: Schild der UNIVAC 418-III

Technische Daten

- Technologie: Transistortechnik (Dioden-Transistor-Logik)
- Wortlänge: 18 Bits
- Anzahl Akkumulatoren: 2
- Anzahl Index-Register: 8
- Adresslänge: 12 Bits
- Hauptspeicher-Kapazität: 32 - 128 KW
- Anzahl E/A-Kanäle: 32
- Gleitkommazusatz
- Leistung: Addition: 1,5 µs

Hauptspeicher

- Technologie: Magnetkernspeicher
- Kapazität: 32 - 128 KW
- Zykluszeit: 0,75 µs

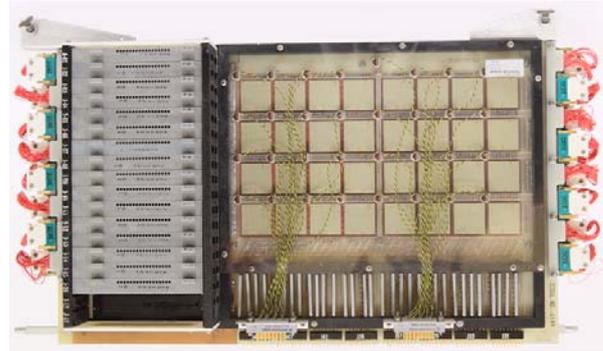


Abb. 13: Magnetkernspeichermodul der UNIVAC 418-III

Am 24. Oktober 1977 begann der Dialogbetrieb mit Identifikationsprüfung für alle Benutzer über einen Frontend-Rechner UNIVAC 418/III.

Im November 1977 wurde einer der beiden Magnettrommelspeicher Fastrand III an die U418-III angeschlossen.



Abb. 14: Links die beiden U418-III, in der Mitte der Inter Computer Coupler vor seiner Installation, rechts Magnetbandgeräte UNISERVO VIC

Im Januar 1980 ging auch die zweite UNIVAC 418-III, die bisher nur der Programmentwicklung diente, in den Benutzerbetrieb. Es wurde eine Aufgabenteilung vorgenommen: „Dialog-U418“ zum Anschluss der Bildschirmgeräte und „Remote-Batch-U418“ zum Anschluss von externen Rechnern.

UNIVAC 9300

Die UNIVAC 9300 (eine kleinere Version ist die U9200) wurde im Frühjahr 1966 angekündigt und ab Juni 1967 ausgeliefert. Insgesamt wurden 1.500 Anlagen U9200 und U9300 hergestellt. Die UNIVAC-Serie 9000 war IBM-kompatibel (byte-orientiert und IBM-Befehlssatz). Der kompakte Rechner bestand typischerweise aus der Zentraleinheit, einem Lochkartenleser und einem Drucker. Zwei RJE²-Stationen, davon eine im Benutzerbereich,

2. RJE = Remote Job Entry, d. h. Übertragung eines Lochkarten-Rechenauftrages und Empfang einer Ergebnisliste auf dem Drucker

1. GWDG-Nachrichten 11/1978

waren an die UNIVAC 1108 angeschlossen. Sie dienten dazu, Rechenaufträge in Form von Lochkartenstapeln einzulesen und die Ergebnislisten zu drucken.

Technische Daten

Prozessor:

- Wortlänge: 8 Bit
- Anzahl Akkumulatoren: 16
- Anzahl Index-Register: 16
- Adresslänge: 16 Bits
- IBM-kompatibel (IBM-Befehlssatz, Zeichen-code EBCDIC¹)

Hauptspeicher:

- Technologie: Magnetdraht-Speicher
- Adresslänge: 16 Bits
- Kapazität: 8 - 32 KB
- Zykluszeit: 0,6 μ s / 1 Byte

Ein-/Ausgabe:

- Anzahl E/A-Kanäle: 4
- E/A-Datenrate: 85 KB/sec

Leistung:

- Addition: 52 μ s

Im Magnetdrahtspeicher wurden Kupferdrähte verwendet, die mit einer Eisen-Nickel-Legierung überzogen waren. Schickte man durch einen solchen ummantelten Draht und durch eine quer dazu liegende Leiterbahn Ströme, die sich im Kreuzungspunkt zu einem Strom addierten, der ringförmig einen magnetischen Fluß zur Sättigung brachte, entstanden in der magnetisierbaren Ummantelung im oder gegen den Uhrzeigersinn gerichtete permanente Magnetfelder, die Nullen und Einsen repräsentierten.

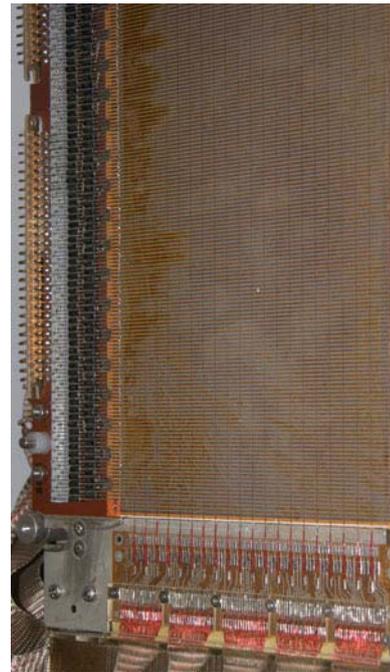


Abb. 15: Magnetdrahtspeicher der U9300

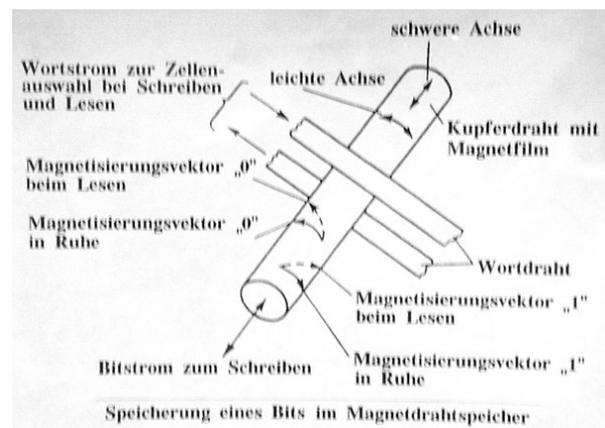


Abb. 16: Magnetdrahtspeicher der U9300; Funktionsweise

UNIVAC 1004

Die UNIVAC 1004 war ein kleiner kompakter Rechner mit Zentraleinheit, Lochkartenleser und Drucker. Programmiert wurde er mit einer auswechselbaren Programmstecktafel, auf der vier verschiedene Programme gesteckt sein konnten. Er wurde ab September 1963 produziert, die von der GWDG gebraucht beschaffte Version U1004-III war seit Juni 1964 auf dem Markt.

1. EBCDIC = Extended Binary Coded Decimals Interchange Code

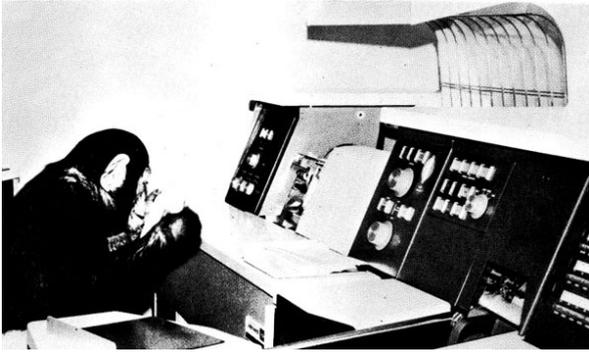


Abb. 17: An der UNIVAC 1004: „Programmieren ist soo einfach“

Technische Daten

Prozessor:

- Technologie: Dioden-Transistor-Logik, diskrete Bauelemente
- Wortlänge: 6 Bit
- Anzahl Akkumulatoren: 1
- Stecktafelprogramm

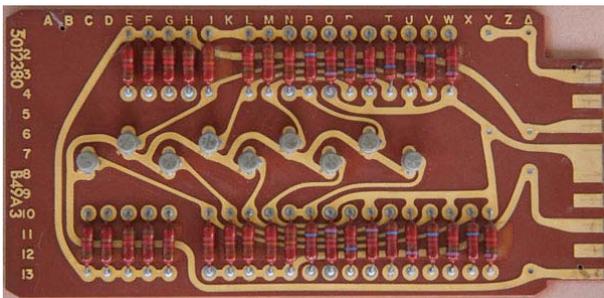


Abb. 18: Platine mit neun Negatoren der U1004

Hauptspeicher:

- Technologie: Magnetkernspeicher
- Kapazität: 961 Zeichen
- Zykluszeit: 6,5 μ s

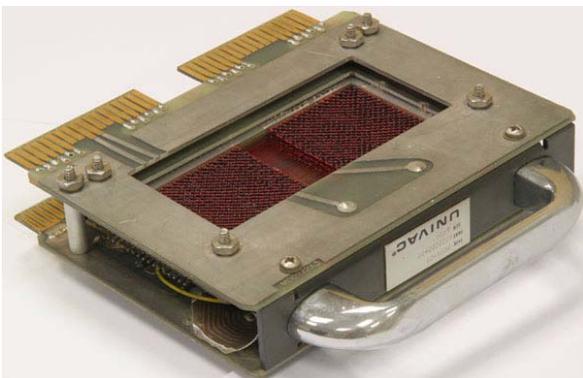


Abb. 19: Magnetkernspeicher der U1004

Ein-/Ausgabe:

- Anzahl E/A-Kanäle: 4
- E/A-Datenrate: 25,7 K

Leistung:

- Addition: 91 μ s

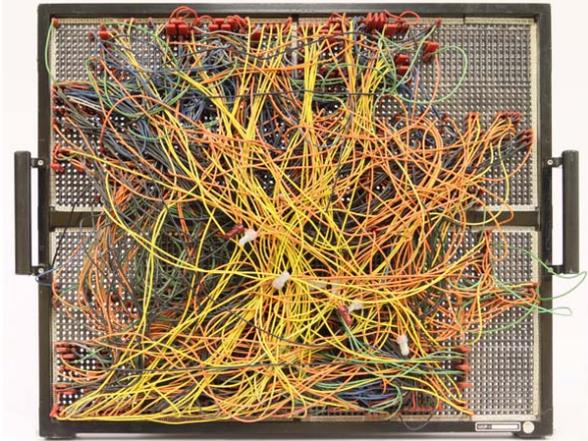


Abb. 20: Programmstecktafel der U1004

Ab 1976 besorgte eine UNIVAC 1004 die Lochkarteneingabe und Druckausgabe der UNIVAC 418-III.

DEC PDP-11/20

Die PDP-11/20 war der erste 16-Bit-Rechner der PDP-11-Serie. Sie kam im April 1970 auf den Markt und wurde im September 1971 von der GWDG beschafft. Mit einem Spezial-Interface wurde sie an die UNIVAC 1108 angebunden. Ihre Hauptaufgabe war der Betrieb des elektrostatischen Plotters „Statos 31“.

Technische Daten

Prozessor:

- Technologie: integrierte Schaltungen
- Wortlänge: 16 Bit
- Anzahl Akkumulatoren: 1
- Zykluszeit: 280 nsec
- Datenkanal: UNIBUS

Hauptspeicher:

- Technologie: Ferritkernspeicher
- Kapazität: 4 - 28 KW
- Zugriffszeit: 500 nsec
- Zykluszeit: 1,2 μ sec

Leistung:

- Addition, Subtraktion: 0,8 μ sec
- Multiplikation: 4 μ sec



Abb. 21: Zentraleinheit der PDP-11/20

Bei der Inbetriebnahme der PDP-11/20 wurde das sogenannte „Bootstrap“-Programm von etwa 20 Befehlen über die Schalter der Bedienungstafel (s. Abb. 21) eingegeben. Das „Bootstrap“-Programm startete dann das Einlesen des Systemprogramms als Lochstreifen von der Konsolschreibmaschine Teletype ASR 33 (s. Abb. 22). Anschließend konnten über das Spezial-Interface Plott-Daten von der U1108 empfangen und auf dem Status 31 ausgegeben werden.



Abb. 22: Teletype ASR 33

1976 wurde eine zweite PDP-11/20 beschafft, um Terminals und Kleinrechner anzuschließen.

7.2.3 Papierperipherie

Lochkartengeräte

Die Ära UNIVAC war gekennzeichnet von der damals typischen Art, Rechenaufträge an eine Großrechenanlage zu geben: Ein Programm wurde

mit Befehlen zur Steuerung seines Ablaufs in der Maschine, mit den Befehlen zum Starten eines oder mehrerer Rechen- bzw. Anwendungsprogramme und mit den Eingabedaten in Lochkarten gestanzt. Die Ergebnisse der Rechnung wurden mit einem Schnelldrucker auf Papier gedruckt und Daten, die eventuell wieder mit einem weiteren Programm eingelesen werden sollten, wurden wiederum in Lochkarten gestanzt. Nicht mit der Rechenanlage verbunden („off-line“) waren die Lochkartenstanzer, Lochkartendoppler, Lochkartenbeschrifter und die Lochkartensortiermaschine. Lochkartenbeschrifter dienten dazu, die in die Lochkarte gestanzten Zeichen auf den oberen Rand der Lochkarte zu drucken, was z. B. für Lochkarten aus dem an die Rechenanlage angeschlossenen Stanzer durchgeführt wurde. Die Lochkartensortiermaschine brauchte man, wenn einem der Lochkartenstapel heruntergefallen war und die Lochkarten nicht mehr in der richtigen Reihenfolge lagen.

Die GWDG hatte vom Göttinger Rechenzentrum die Lochkartengeräte übernommen, die der Abteilung für wissenschaftliche Datenverarbeitung in der Max-Planck-Gesellschaft gehörten. Modernere Lochkartenstanzer (Prüflocher), die die Fähigkeit hatten, die auf der Tastatur eingetippten Zeichen nochmals mit dem Inhalt der fertig gestanzten Lochkarte zu vergleichen, wurden mit der Rechenanlage UNIVAC 1108 von der Firma Remington Rand beschafft.

Lochkartenstanzer IBM 29

Den Benutzern im Rechenzentrum standen acht Kartenlocher IBM 29 zum Ablochen ihrer Programme zur Verfügung.



Abb. 23: Locher IBM 29

Lochkartenstanzer UNIVAC 1710

Fünf Schreib-Prüf-Locher UNIVAC 1710 waren in der Locherei der GWDG stationiert, wo drei Mitarbeiterinnen der GWDG im Auftrag der Benutzer Programme und Daten auf Lochkarten eingaben. Ein Prüflocher besaß einen Programm- und Datenspeicher, damit eine gelochte Lochkarte nochmals mit den Eingabedaten verglichen werden konnte.

Lochkartenleser UNIVAC 716

Zwei Lochkartenleser mit einer Leistung von 1.000 Lochkarten/min waren direkt an die UNIVAC 1108 angeschlossen. Über sie wurde der Großteil der Rechenaufträge eingelesen.

Lochkartenleser der UNIVAC 9300

Lochkartenleser waren auch in den beiden RJE-Stationen UNIVAC 9300 integriert. Sie lasen 600 Karten/min. Da eine der Maschinen im Benutzerbereich aufgestellt war, konnten hier die Benutzer eigenhändig Rechenaufträge eingeben.

Lochkartenstanzer der UNIVAC 9300

Ein Lochkartenstanzer mit der Geschwindigkeit 300 Karten/min war in eine der U9300 integriert.

Lochstreifengeräte

Neben Lochkarten wurden zunächst auch Lochstreifen zur Datenein- und -ausgabe verwendet, und zwar im Wesentlichen zum Datenaustausch mit Labor- und Prozessrechnern. Es standen 5-Spur- und 8-Spur-Lochstreifengeräte zur Verfügung. Der Betrieb eines Lochstreifen-Stanzers wurde Ende 1983 eingestellt. Die Telefondatenerfassung des MPI für biophysikalische Chemie speiste ihre Daten noch bis 1988 in Form von Lochstreifen in den Großrechner der GWDG ein.

Drucker

Die Rechenergebnisse der U1108 wurden in Form von Listen auf Endlospapier ausgegeben.

Über „Drucken von Texten“ konnte in den siebziger Jahren noch nicht wirklich gesprochen werden, weil die mit Druckwalzen und Druckstäben arbeitenden Drucker im Rechenzentrum der GWDG nur über einen unzulänglichen Zeichensatz und weder über Kleinbuchstaben noch über Umlaute verfügten. Darüber hinaus war das Druckbild sehr schlecht. Beim Trommeldrucker waren die Zeichen unterschiedlich geschwärzt und „tanzten“ auf der Zeile.

Trommeldrucker UNIVAC 758

Als Schnelldrucker war der Typ 758 von Remington Rand das Standard-Ausgabegerät. Es war ein Walzendrucker mit 1.600 Zeilen/min und 132 Druckstellen.

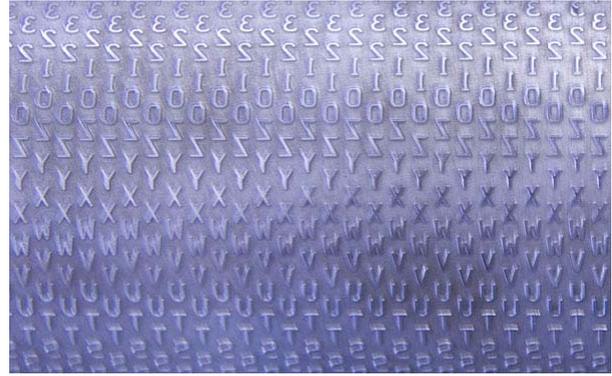


Abb. 24: Ausschnitt aus einer Druckwalze

Drucker der UNIVAC 9300

Die beiden U9300 boten jeweils einen Drucker mit 600 Zeilen pro Minute Druckgeschwindigkeit. Eine Besonderheit war die Drucktechnik mit Druckstab, der vor dem zu druckenden Papier horizontal hin- und herbewegt wurde. Er bot ein verglichen mit dem Walzendrucker sehr gleichmäßiges Schriftbild.

Typenbanddrucker UNIVAC 770

Ab Januar 1977 verfügte die UNIVAC 1108 über einen Typenband-Drucker. Das horizontal umlaufende Typenband war in eine auswechselbare Kassette eingebaut. Der Drucker hatte 132 Zeichen pro Zeile und druckte 800 Zeilen pro Minute. Mit ihm wurde auch die mit dem FIELDATA-Code der UNIVAC gegebene Beschränkung der Zeichensatzes aufgehoben. Von nun an konnte auch mit dem ASCII¹-Code gedruckt werden, der sowohl Groß- und Kleinschreibung bot als auch die deutschen Umlaute.

Plotter

Elektrostatischer Drucker Statos 31

Elektrostatischer Elementdrucker: „Es handelt sich hierbei um einen Drucker, der auf jeder Zeile bis zu 1408 schwarze Punkte gleichzeitig erzeugen kann. Der Abstand der einzelnen Punkte voneinander beträgt in Längs- und Querrichtung 0,01“ = 0,254 mm. Die Schreibbreite, die der Y-Richtung bei der Calcomp-Software entspricht, beträgt 35,7 cm. In der Längsrichtung des Papiers, die bei der Calcomp-Software der X-Richtung entspricht, ist die Länge einer Zeichnung praktisch unbegrenzt. Die Geschwindigkeit in der Längsrichtung des Papiers beträgt beim Zeichnen 2,5 cm pro Sekunde unabhängig von der Zahl der Punkte, die in einer Zeile zu zeichnen sind.“²

1. ASCII = American Standard Code for Information Interchange
2. Aus „PLOTTEEN ALLGEMEIN“ aus einer Loseblattsammlung der GWDG vom 10.02.1978

Technische Daten:

- Papierbreite: 37,78 cm
- Steplänge: 0,254 mm
- Ausgabe: schwarze Punkte
- Auflösung: 100 Punkte/Zoll
- Ausgabegeschwindigkeit: 2,54 cm/sec
- Plotbreite in Y-Richtung: 35,76 cm
- Papierlänge in X-Richtung: 30 m
- Anzahl Punkte pro Zeile: 1.408
- Punktgröße: 0,25 mm

Zwei Zeichen auf der Lochkarte wurden als ein Zeichen auf dem Status ausgedruckt. Der Plotter wurde vorwiegend zur Ausgabe von Grafiken und spezieller Schriften verwendet: griechisch, hebräisch, kyrillisch usw.

Der an der PDP-11/20 betriebene Plotter stand seit 1972 zur Verfügung.

Ebenfalls seit 1972 konnten zwei digitale Trommelplotter genutzt werden, die es erlaubten, Vektorgrafik zu plotten. Sie unterschieden sich in der Papierbreite:

Calcomp 563

Technische Daten:

- Breite: 75 cm
- Schrittweite: 0,10 mm
- Ausgabe: schwarze Kulistriche oder schwarze Tuschestriche

Calcomp 565

Technische Daten:

- Breite: 28 cm
- Schrittweite: 0,10 mm
- Ausgabe: schwarze Kulistriche oder schwarze Tuschestriche



Abb. 25: Trommelplotter Calcomp 565

7.2.4 Bildschirmterminals

UNISCOPE U100 und U200

1974 wurden erste Dialogterminals beschafft, nämlich drei Stück UNISCOPE 100. Weitere 16 Geräte folgten 1975.



Abb. 26: UNISCOPE 100 – Blick auf die Elektronikplatinen: rechts außen Bildschirm- und Speicher in Ferritkerntechnik

Vom Nachfolgetyp, dem UNISCOPE 200, wurden ab Ende 1975 33 Geräte beschafft.

Das Dialogterminal-Netz der GWDG hatte Anfang Januar 1976 folgenden Umfang:

- 25 Bildschirmgeräte U100 und U200 in der GWDG
- zwei U100 und vier U200 im MPI für Strömungsforschung
- ein U100 und zwei U200 im MPI für biophysikalische Chemie
- zwei U200 im MPI für Experimentelle Medizin
- ein U200 im MPI für Aeronomie

Dazu in der Universität je ein U200

- in der Sternwarte,
- im Institut für Geophysik,
- in der wirtschafts- und sozialwissenschaftlichen Fakultät,
- in der Universitätsbibliothek,
- im Institut für Numerische und Angewandte Mathematik und
- im Geisteswissenschaftlichen Zentrum.

Grafik-Terminals

Tektronix 4002A

Seit 1972 konnte auf einem Grafikmonitor Tektronix 4002A Vektorgrafik ausgegeben werden.



Abb. 27: Tektronix 4002A

Technische Daten:

- Breite: 15 cm
- Steplänge: 0,20 mm
- Punktraster: 1.024 x 760 Punkte
- Ausgabe: grüne Striche auf Bildschirm

„Durch Knopfdruck kann der Benutzer auf der angeschlossenen Hardcopyunit auch eine Papierkopie des Schirmbildes (20,4 cm x 15,2 cm) erstellen. Da der Bildschirm vor der Ausgabe des nächsten Plottfiles wieder gelöscht wird, ist eine Benutzung nur im Demandbetrieb und nur vom Benutzerraum aus sinnvoll. Durch Drücken der Eingabetasten Shift und H kann ein vorhandenes Bild zum Betrachten festgehalten werden.“¹

Kameras zum Abfotografieren des Bildschirms

Eine Robot-Kamera mit 35 mm Schwarzweißfilm konnte vor dem Grafik-Bildschirm montiert und per Programm ausgelöst werden.



Abb. 28: Robot-Kamera mit Halterung

Eine Sofortbild-Kamera zum Abfotografieren des Bildschirms wurde ebenfalls angeboten: „Falls vom Bildschirm des Sichtgeräts T4002 eine Kopie gewünscht wird, so kann in der Runübergabe eine Polaroid-Kamera ausgeliehen werden. Damit können Fotos des Bildschirms mit den Abmessungen 8,4 cm x 11,4 cm des Bildschirms gemacht werden. Dabei ergeben sich Fotos mit weißen Linien auf schwarzem Grund. Es ist Polaroid 4 x 5 Landfilm, Type 57, zu verwenden. Diese Filme können auch in der Runübergabe gegen Berechnung erworben werden.“²



Abb. 29: Polaroid-Kamera vom Typ Tektronix C10

1. Aus „PLOTTE ALLGEMEIN“ aus einer Loseblattsammlung der GWDG vom 10.02.1978

2. Aus „PLOTTE ALLGEMEIN“ aus einer Loseblattsammlung der GWDG vom 10.03.1977

Kurvenabtaster

Oktober 1978: „Das Tierärztliche Institut der Universität Göttingen hat dankenswerterweise der GWDG als Leihgabe ein Gerät „Pencil Follower Type PF 10 000 MK. 1B“ der Firma D-Mac Ltd. zur Verwendung durch die Benutzer des Rechenzentrums zur Verfügung gestellt. Mit dem Gerät ist es möglich, Kurven in Zeichnungen abzutasten und die X- und Y-Koordinatenwerte digitalisiert auf Lochstreifen zur weiteren Verarbeitung auf einem Rechner auszugeben. Die von dem Gerät abzutastenden Zeichnungen können bis zu 100 cm x 45 cm groß sein, die digitalisierten Koordinatenwerte sind vierstellig und das Auflösungsvermögen beträgt 0,1 mm. Möglich ist die Projektion von Dias.“¹

7.2.5 Rechenzentrumsbetrieb

Am 1. Januar 1978 wurde die Kontingentierung von Rechenleistung eingeführt.

Vom 4. Juni 1978, ab 6:00 Uhr, bis zum 15. Juni 1978, 11:30 Uhr kam es zur Stilllegung des Rechenbetriebs wegen der Erweiterung des Rechenzentrums in die neuen Räume des Untergeschosses von Turm 6 des MPIs für biophysikalische Chemie. Mit zusätzlichen 873 m² verfügte das Rechenzentrum nun über 1.397 m².



Abb. 30: Blick in den Maschinensaal: Im Vordergrund links die Konsole der U1108, rechts die Konsole der U418-III, dahinter links Magnetbandgeräte U16 und die Zentraleinheit der U1108

7.2.6 Rechnernetzwerk

Anschluss Göttinger Institute

MPI für Störungsforschung

Das Max-Planck-Institut für Strömungsforschung war mit seinen Rechanlagen DEC PDP-11/40, DEC PDP-15 und seiner RJE-Station U9200 von Anbeginn an über eine Standleitung mit dem Großrechner der GWDG verbunden.

MPI für Aeronomie

Seit 1971 war im Max-Planck-Institut für Aeronomie in Lindau am Harz eine RJE-Station U9200 über eine Standleitung mit der U1108 der GWDG verbunden. Mit ihr wurden Rechenaufträge eingegeben und die Druckausgabe vor Ort empfangen.

„Im April 1978 wurde eine Siemens 305-Anlage durch den „Megamini-Rechner“ Interdata 8/32 ersetzt. Das Institut benutzt diesen Rechner – wie bisher den Siemens-Rechner – in Ergänzung zum Großrechner der GWDG zur Auswertung seiner Experimentdaten. Die Interdata 8/32 ist als Terminal durch einen 1004-Emulator an den Göttinger Rechner angeschlossen.“²

MPI für Experimentelle Medizin

Seit 1971 war im Max-Planck-Institut für Experimentelle Medizin eine RJE-Station U9200 über eine Standleitung mit der U1108 der GWDG verbunden. Mit ihr wurden Rechenaufträge eingegeben und die Druckausgabe vor Ort empfangen.

Geisteswissenschaftliches Zentrum

An zentraler Stelle der Universität Göttingen, im Erdgeschoss des „Blauen Turmes“ stand seit 1971 ebenfalls eine RJE-Station U9300, mit der Rechenaufträge eingegeben und die Druckausgabe vor Ort empfangen werden konnte.

Institut für Numerische und Angewandte Mathematik

Die Rechanlage DEC PDP-15/40 war über eine Standleitung mit der U1108 der GWDG verbunden.

Prozessorrechneranschlüsse

Anfang 1977 begann die GWDG, sich intensiv mit Kleinrechnern auf DEC LSI-11-Basis zu befassen, um Institute bei Beschaffung und Einsatz von Laborrechnern zu unterstützen. In der Folge wurden etwa 20 Kleinrechner aus den USA eingeführten Komponenten zusammengebaut, in Instituten in Betrieb genommen und das dortige Personal geschult.

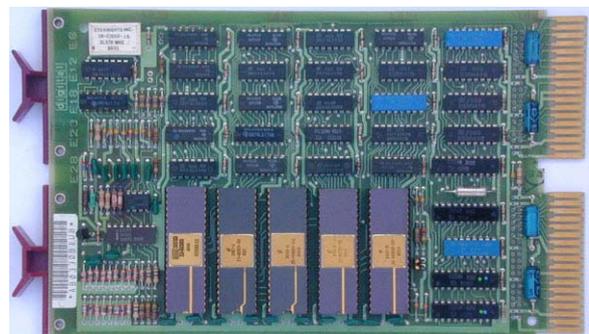


Abb. 31: Prozessorplatine DEC LSI-11/2

1. GWDG-Nachrichten 10/1978

2. GWDG-Nachrichten 1/1979

Im März 1979 begann die Installation der ersten Prozessrechneranschlüsse. Die Verbindung zum Rechenzentrum wurde vorwiegend mittels Akustikkoppler und Wählleitung hergestellt.

Ab Ende 1979 konnten diese Kleinrechner neben 8“-Diskettenlaufwerken auch mit Festplatten ausgestattet werden, nachdem Festplatten in Winchester-Technologie preiswert zu erhalten waren. Platten mit Kapazitäten von 10 MB bis 80 MB waren im Jahr 1979 auf den Markt gekommen.

Im September 1980 beschaffte die GWDG einen kompakten Laborrechner DEC MINC-11 mit einer LSI-11/2 als Prozessor. Mit ihm wurde Know-how über den Einsatz von A/D-Wandlern und grafischer Ausgabe bei Kleinrechnern erworben.

„Bis zum Ende der siebziger Jahre bestand die Rechenkapazität für die Institute im wesentlichen aus dem Rechner in ihrem Rechenzentrum. Daneben gab es allenfalls Prozeßrechner zur Meßwertfassung und Steuerung bei Experimenten unmittelbar neben der Versuchsanordnung im Institut.“¹

Rechnerverbund

Am 1. Januar 1974 wurde ein Rechnerverbund mit dem Regionalen Rechenzentrum für Niedersachsen in Hannover, dem Rechenzentrum der TU Braunschweig und der Universität Gießen eingerichtet.

Die Verbindungen zwischen den Rechnern wurden mit Standleitungen bzw. Wählleitungen der Post und Modems realisiert. Parallel zur Datenverbindung bestand eine Telefonleitung, über die die Operateure der Rechenanlagen miteinander sprechen konnten.

Technische Universität Braunschweig

Das Rechenzentrum der TU Braunschweig verfügte über eine ICL 1906S. Um die Wählleitungsverbindung zu nutzen, fügte der Göttinger Benutzer folgendes Kommando in seinen „Runstream“ ein:

```
@RUN
@AB*NACH.BRAUNSCHWEIG{,option}
{terminal}
```

Mit der Variablen `terminal` wird angegeben, wohin die Rechenergebnisse geschickt werden sollten (s. u.).

Universität Gießen

Die Verbindung zur Rechenanlage CDC 3300 der Universität Gießen wurde im Jahr 1976 eingestellt.

1. Aus „GWDG – 25 Jahre Datenverarbeitung für die Wissenschaft“ in Max-Planck-Gesellschaft, Berichte und Mitteilungen 3/95

RRZN² Hannover

Zentralrechner der TU Hannover war eine CDC Cyber 76 mit einem Vorschaltrechner Cyber 73. Die Verbindung war als Standleitung realisiert.

„Die Übertragung zwischen Göttingen und Hannover findet mehrmals täglich (auch nachts) über eine Standleitung statt. Die Hannoversche Arbeitsfolge (im folgenden Job genannt) des Benutzers wird nach dem Aufruf

```
@RUN
@HAN*HAN.HAN{,option} {terminal}
```

in der Form einer Massenspeicherdatei der U1108 mit Namen `HANNOVER$$$*ziffernfolge` in eine Warteschlange eingeordnet. Die Ziffernfolge besteht aus 12 Ziffern und setzt sich aus dem Datum (ersten 6 Ziffern) und der Uhrzeit (letzten 6 Ziffern) der Erstellung zusammen.

... `option`: Ergebnisausgabe in Datei oder zum Drucker von `>terminal<`,

... `terminal`: D13, D14, DG1, RMEXPA, RMSTFB, RMSTFC, RMUNIE, RMLIND, RMGWZF³

Die Ergebnisausgabe konnte an Drucker und Druckergruppen der GWDG geleitet werden, aber auch an Rechner in den Instituten:

RMEXPA: MPI für Experimentelle Medizin,

RMSTFB, RMSTFC: MPI für Strömungsforschung,

RMUNIE: Institut für Numerische und Angewandte Mathematik,

RMLIND: MPI für Aeronomie und

RMGWZF: Geisteswissenschaftliches Zentrum (im Blauen Turm).

Niedersächsischer Rechnerverbund

Die GWDG war seit der Gründung 1976 Mitglied des Niedersächsischen Rechnerverbundes (NRV) und hielt für die Nutzung durch die anderen niedersächsischen Hochschulen einen kleinen Teil ihrer Kapazität bereit. Die von der GWDG betreuten Göttinger Institute konnten umgekehrt Kapazitätsanteile an den Rechenzentren anderer niedersächsischer Hochschulen nutzen, insbesondere im Regionalen Rechenzentrum für Niedersachsen an der Universität Hannover (RRZN). Über dessen Mitgliedschaft im „Norddeutschen Vektorrechnerverbund“ konnten sie auch auf den Hochleistungssy-

2. RRZN = Regionales Rechenzentrum für Niedersachsen

3. Aus „Rechnerverbund RRZN Hannover“ aus einer Loseblattsammlung der GWDG vom 10.06.1976

stemem im Konrad-Zuse-Zentrum Berlin (Cray 1M) und im Rechenzentrum der Universität Kiel rechnen.

Rechnerverbund über die „ALWR“-Schnittstelle

Seit April 1978 wurde die Rechnerverbund-Schnittstelle in ihrer neuesten Version ALWR¹-Schnittstelle genannt. Bisher wurde die Leitungsprozedur UNIVAC 1004 verwendet, mit der nur 6-Bit-Zeichen übertragen werden konnten. Mit der ALWR-Schnittstelle werden 7-Bit-ASCII-Zeichen übertragen, also auch Groß- und Kleinbuchstaben. Die Rechnerverbund-Schnittstelle wurde maßgeblich in der GWDG entwickelt.

„Die Kommission Rechnerverbund des Arbeitskreises der Leiter wissenschaftlicher Rechenzentren (ALWR) hat am 9.7.1976 die Version 0 einer gemeinsamen symmetrischen Rechnerverbund-schnittstelle für den Austausch von Stapelaufträgen beschlossen. Diese Schnittstelle wird derzeit im Regionalrechenzentrum Hannover (CYBER76), an der Technischen Universität Clausthal-Zellerfeld auf einer TR440 mit Vorschaltrechner Siemens DUET und bei der GWDG implementiert, um bestehende, ältere Verbindungen abzulösen und neue Maschinentypen für die Benutzer zu erschließen, so zum Beispiel auch die beiden Telefunkenrechner TR440 in Oldenburg und Osnabrück. Der Verbund mit dem Rechenzentrum der Technischen Universität Braunschweig wird wegen der dortigen Randbedingungen – Front-End-Processor nicht frei programmierbar – wie bisher betrieben.“²

7.2.7 UNIVAC 1100/80

Zum Ende der 70er Jahre hin reichte die Leistung der Doppelprozessoranlage UNIVAC 1108 nicht mehr aus, um den Bedarf zu decken. So stellte die GWDG einen Antrag auf eine Sachbeihilfe zur Beschaffung einer UNIVAC 1100/82 an die DFG. Dieser wurde im September 1978 positiv entschieden und das Nachfolgemodell mit ähnlicher Architektur, die UNIVAC 1100/82, wurde bestellt. Die wissenschaftliche Großrechenanlage U1100/80, die maximal vier Rechenprozessoren haben konnte, wurde vom Hersteller Sperry Rand ab Oktober 1977 mit insgesamt mehr als 1.000 Prozessoren produziert. Der Übergang von U1108 zu U1100/82 bei der GWDG vollzog sich im Jahr 1979:

1. ALWR = Arbeitskreis der Leiter wissenschaftlicher Rechenzentren
2. GWDG-Nachrichten 4/1978

- Anlieferung am 28. Mai 1979,
- Installation im Juni 1979,
- ab 16. Juli 1979 Benutzerbetrieb im Batch probeweise nachts,
- ab 23. Juli 1979 Dialogbetrieb mit Bildschirmgeräten UNISCOPE,
- ab 6. August 1979 Benutzerbetrieb in drei Schichten täglich,
- 15. August 1979 um 12:00 Uhr: Beginn des 30-tägigen Probetriebs,
- 14. September 1979 um 12:00 Uhr: Ende des 30-tägigen Probetriebs. Mit Ausfällen von nur 1,78 % der Prüfungszeit konnte die Anlage am 14.09.79 abgenommen werden.
- 20. September 1979 um 6:00 Uhr: Stilllegung der U1108,
- 28. September 1979: Anschluss der U1108-Peripherie an die U1100/82.

Am 14. September 1979 konnte der Normalbetrieb auf der UNIVAC 1100/82 beginnen. Sie war mit zwei Rechenprozessoren, die je 2,5 MIPS leisteten, ausgestattet. Hinzu kam ein Ein-/Ausgabeprozessor mit direktem Zugriff auf den gemeinsamen Hauptspeicher.

Der Ein-/Ausgabeprozessor konnte den Betrieb der Kanäle mit der angeschlossenen Peripherie unabhängig von den Rechenprozessoren steuern und den gesamten Dateitransfer zwischen den Plattenspeichern und dem Hauptspeicher selbständig betreiben. Der Hauptspeicher hatte eine Größe von 1,5 MW. Der Zugriff darauf wurde durch einen vorgeschalteten Cache-Speicher erheblich beschleunigt.

Technische Daten

CPU:

- Anzahl: 2 Prozessoren
- Technologie: ECL, Multi-Layered Packaging, PLAs³
- Wortlänge: 36 Bit + 7 Prüfbits
- Adresslänge: 24 Bit
- Zykluszeit (CPU-Takt): 50 ns (20 MHz)
- Anzahl Register: 128

3. PLA = Programmable Logic Array

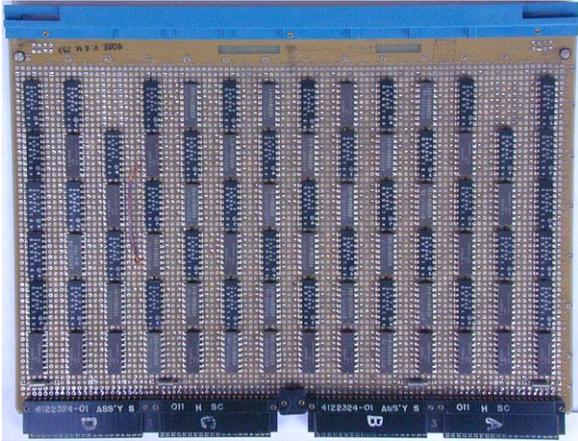


Abb. 32: Platine aus der Mikroprogrammsteuerung

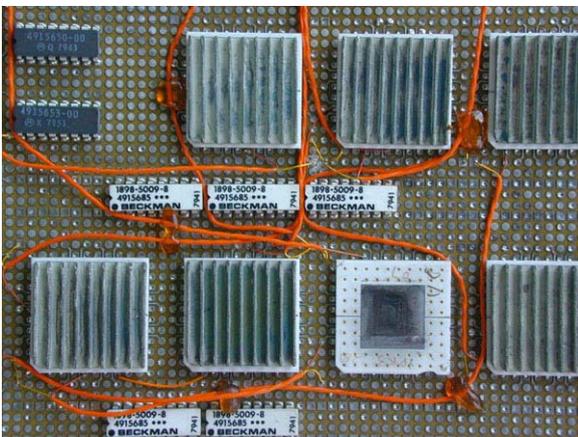


Abb. 33: Ausschnitt aus der Multiplexer-Platine mit PLAs

Pufferspeicher:

- Technologie: ECL¹
- Kapazität: 16 - 32 KW
- Informationslänge/Zugriff: 1 W
- Anzahl Prüfbits: 7 Bit/Doppelwort
- Zugriffszeit: 100 nsec
- Zykluszeit: 125 nsec

Hauptspeicher:

- Technologie: MOS, 16 Kbit/Chip
- Kapazität: 512 KW - 4 MW
- Zugriffszeit: 650 nsec/ 8 Wörter
- Zykluszeit: 1,25 µsec/ 8 Wörter

1. ECL = Emitter Coupled Logic

- Informationslänge/Zugriff: 4 W (vierfach verschränkt)
- Anzahl Prüfbits: 7 Bit/Doppelwort (1 Bit Fehlerkorrektur)

Leistung:

- Festkommaaddition: 200 nsec
- Gleitkommadivision: 4,8 µsec
- 2,5 MIPS pro Prozessor

Ein-/Ausgabeprozessor:

- Anzahl: 1 Prozessor
- Max. Datenfluss: 7 MB/sec
- Anzahl Wortkanäle (WC): 8 (für Geräte mit Wortschnittstelle)
- Übertragungsrate WC: 125 KW/sec
- Anzahl Byte-Multiplexkanäle (BX): 1 (für Geräte mit niedriger Übertragungsleistung)
- Übertragungsrate BX: 200 KB/sec
- Anzahl Block-Multiplexkanäle (BLX): 3
- Übertragungsrate BLX: 1.500 KB/sec

Plattenspeicher U8450

- Art: Festplatte
- Technologie: Winchester
- Anzahl Laufwerke: 8
- Kapazität/Laufwerk: 54 MW bzw. 220 MB
- mittlere Zugriffszeit: 32 msec
- Übertragungsrate: 1,26 MB/sec
- Zugriff über 2 Steuereinheiten



Abb. 34: Winchester-Magnetplatteneinheit U8450: links Schreib-/Leseköpfe, rechts innere Spule des Linearmotorantriebs

Magnetband UNISERVO 36

- Anzahl Laufwerke: 4
- automatische Einfädung
- Spurenzahl: 9
- Aufzeichnungsverfahren: PE/GRC
- Informationsdichte: 1.600/6.250 bpi
- Übertragungsrate: 1,25 MB/sec

Platten-, Trommel- und Magnetbandgeräte der U1108 wurden weiter verwendet. Das Trommeluntersystem FH1782 wurde um vier Einheiten, das Magnetplattensystem U8440 um zwei Einheiten erweitert. Eine Einheit UNISERVO 16 wurde auf 7-Spur umgerüstet.

7.2.8 Front-End-Prozessoren

UNIVAC 418-III

Beide Vorschaltrechner U418-III wurden an die U1100/82 angeschlossen, dazu Umschaltgeräte, die die Peripherie der U418-III wahlweise von einem System auf das andere schalten konnten.

Im März 1982 waren die Aufgaben der Vorschaltrechner U418-III:

- Bedienung der Remote-Stationen über 1004-Schnittstelle
- Dialogbetrieb
- Rechnerverbund über ALWR-Schnittstelle
- Kommunikation mit Prozessrechnern über RSP-Schnittstelle
- Kassetten einlesen
- Disketten einlesen
- Lochstreifen einlesen und stanzen
- Bedienung der HP2648A
- Bedienung der Diablo-Schreibmaschinen
- Bedienung von Teletypes über akustische Koppler
- Bedienung des Typenkorbdruckers NEC Spinwriter

DEC PDP-11/20

Ein Teil der Aufgaben wurde an eine DEC PDP-11/20 weitergeleitet und sollte von dieser nach Abschaffung der U418-III übernommen werden. Vorgesehen war der Anschluss von Prozessrechnern, IBM 2741-Schreibmaschinen und weiteren Geräten. Als erstes Gerät wurde ein Lochstreifenstanzer probeweise betrieben, dessen Betrieb

jedoch wegen der geringen Nutzung nach Außerbetriebnahme der UNIVAC 418-III eingestellt wurde.

DEC PDP-11/44

Eine mittlere Rechenanlage DEC PDP-11/44 wurde im November 1980 in Betrieb genommen, um die Plotter der GWDG zu betreiben. Sie blieb zunächst „off-line“, d. h., Daten vom Großrechner wurden mit Magnetbändern transportiert. Seit 1983 konnten diese Daten über eine in der GWDG entwickelte Kanalkopplung mittels einer Lichtleitfaser direkt übertragen werden.

Technische Daten:

Prozessor:

- Technologie: integrierte Schaltungen
- Wortlänge: 16 Bits

Pufferspeicher:

- Technologie: 4 KB SRAM¹-Chips
- Kapazität: 8 KB
- Zykluszeit: 275 ns

Hauptspeicher:

- Technologie: 16 KB DRAM²-Chips, ECC³
- Kapazität: 512 KB (max. 4 MB)

Massenspeicher:

- Magnetplattenlaufwerk RL02 (Wechselplatte)
- Kapazität: 10,4 MB

7.2.9 Papierperipherie

Lochkartengeräte

Lochkartenleser UNIVAC 716-2

Zwei LK-Leser mit je 1000 LK/min Leistung waren mit der U1100/82 verbunden.

Lochkartenstanzer UNIVAC 604

Zur Papierperipherie der U1100/82 gehörte auch ein Lochkartenstanzer mit der Geschwindigkeit 250 Karten/min.

Drucker

Erst mit den Druckern UNIVAC 776 und 770 standen Drucker zur Verfügung, die auswechselbare Druckbandkassetten aufwiesen und einen Zeichenvorrat von bis zu 177 Zeichen gleichzeitig bereithielten. Kleinschreibung und deutsche Umlaute wur-

1. SRAM = Static Random Access Memory

2. DRAM = Dynamic Random Access Memory

3. ECC = Error Correction Code

den allerdings nur auf einem dieser Drucker gleichzeitig angeboten.

Die ersten Ausgabegeräte zum qualitativ befriedigenden, reproduktionsfähigen Druck von Texten waren seit Anfang 1980 zwei Schreibmaschinen-Terminals Diablo HyTerm 1641, von denen eines mit Typenrad ausgestattet war, das die deutschen Umlaute und das Zeichen „?“ im Zeichenvorrat von 95 Zeichen hatte. An diesen Maschinen wurde interaktiv gearbeitet, d. h., auch das Starten eines Auftrags und die Kommandoeingabe konnten an ihnen erfolgen.

Typenbanddrucker UNIVAC 770

Zu dem bereits an der UNIVAC 1108 betriebenen Typenbanddrucker kam ein weiteres Exemplar hinzu. Wegen der auswechselbaren Typenbandkassetten konnte man jetzt neben dem Drucker mit für Textverarbeitung geeignetem Zeichensatz einen Schnelldrucker anbieten: 1.400 Zeilen/min bei 48-Zeichensatz. Neben 132 Druckstellen konnte auch mit 160 Druckstellen gearbeitet werden.

Typenbanddrucker UNIVAC 776

Auf einem Typenbanddrucker UNIVAC 776 wurde zuerst ein Druckband mit 64 Zeichen angeboten, später ein Druckband für alle 96 druckbaren ASCII-Zeichen.

Diablo 1641

Seit Ende 1979 waren zwei Schreibmaschinenterminals mit Typenrad vom Typ DIABLO HyTerm 1641 an die UNIVAC 1100/82 angeschlossen. Man konnte auf ihnen einen Dialog-Run starten und ein Programm aufrufen, welches Druckdateien interpretierte und deren Text auf der Typenradschreibmaschine druckte. Normalerweise wurde auf perforiertem Endlospapier gedruckt (das anschließend in einer Schneidemaschine in DIN-A4-Seiten zubereitet werden konnte). Es war aber auch möglich, seitenweise zu drucken und einzelne DIN-A4-Blätter oder auch Matrizen einzulegen.

Technische Daten:

- Druckgeschwindigkeit: 55 Zeichen/sec (etwa 1 DIN A4-Seite pro Minute)
- Zeichensatz: 95 Zeichen

NEC Spinwriter 5510

Ein Spindeldrucker NEC Spinwriter 5510 mit einem breiten Angebot an Typenkörpern verschiedener Fonts bot ab August 1981 die Möglichkeit, mit einem Zeichensatz von 128 Zeichen Texte zu drucken. Die Druckgeschwindigkeit betrug 55 Zeichen/sec, das war etwa eine DIN-A4-Seite pro Minute.

NEC Spinwriter 5525

Die Diablo-Schreibmaschinen wurden bis August 1982 betrieben. Sie wurden durch NEC Spinwriter 5525 mit dem Spindeltyp „German Pica 10“ ersetzt (mit dem gleichen Schriftbild, wie es die Diablos hatten).

Plotter

Im November 1980 wurden zwei Plotter der Firma Calcomp beschafft, die vier Farben zur Verfügung hatten und 5- bis 8-mal so schnell zeichneten wie die bisherigen Trommelplotter, die damit abgelöst wurden und außer Betrieb gingen.

Calcomp 1051

Technische Daten:

- Breite: 28,5 cm oder 84,5 cm (schmales oder breites Papier)
- Schrittweite: 0,025 mm
- Ausgabe: schwarze Kullistriche

Ein zweites Exemplar bot Farbausgabe. Vier Kugelschreiber mit den Farben blau, rot, gelb und schwarz wurden benutzt.

Calcomp 1012

Dieser Plotter plottete nicht auf Endlospapier, sondern auf gefaltetem Papier (Format DIN A3).

Technische Daten:

- Breite: 28,5 cm
- Länge: 39,0 cm
- Schrittweite: 0,05 mm
- Ausgabe: 4 Farben TintenkuLi

Ab Oktober 1986 stand ein zweiter Plotter dieses Typs zur Verfügung.

Versatec V80

Der elektrostatische Plotter/Printer Versatec V80 löste ab 1. Februar 1984 den Statos 31 ab. Der V80 wurde schon seit einiger Zeit als Hardcopygerät für die grafischen Bildschirmgeräte HP 2648A verwendet und sollte nun bis zur Beschaffung eines leistungsfähigen elektrostatischen Plotters Anfang 1985 dessen Aufgaben übernehmen. Der Versatec V80 hatte leider eine geringere Papierbreite als der Statos 31, der, solange sinnvoll, noch weiter betrieben wurde. Der Versatec V80 wurde an der DEC PDP-11/44 betrieben.

Technische Daten:

- Auflösung: 200 Punkte/Zoll (vertikal und horizontal)
- Ausgabegeschwindigkeit: 2,54 cm/sec

- Plotbreite in Y-Richtung: 26,82 cm
- Papierlänge in X-Richtung: 30 m
- Anzahl Punkte pro Zeile: 2.112
- Punktgröße: 0,13 mm
- Maximale Abweichung in X-Richtung: 1,50 %
- Maximale Abweichung in Y-Richtung: 0,50 %

Nach Installation des Plotters Benson 9215 wurde der V80 als Hardcopyeinheit an den Bildschirmgeräten HP 2648A genutzt, später an die VAX-11/780 angeschlossen.

Benson 9215

Nach 12-jähriger Betriebszeit wurde der elektrostatische Plotter Statos 31 am 1. April 1985 durch einen leistungsfähigeren elektrostatischen Plotter der Firma Benson abgelöst.

Technische Daten:

- Auflösung: 200 Punkte/Zoll
- Ausgabegeschwindigkeit: 3,43 cm/sec
- Papierbreite: 37,78 cm
- Plotbreite in Y-Richtung: 35,76 cm
- Anzahl Punkte pro Zeile: 2.816
- Punktgröße: 0,127 mm
- Maximale Abweichung in X-Richtung: 0,20 % (horizontal und vertikal)
- Maximale Abweichung in Y-Richtung: 0,50 %

7.2.10 Bildschirmterminals

UNISCOPE 100 und UNISCOPE 200

Das Dialogterminal-Netz der GWDG hatte Anfang Januar 1983 folgenden Umfang:

- 49 Bildschirmgeräte U100 und U200 in der GWDG

In den Max-Planck-Instituten:

- zwölf U100 und U200 im MPI für Strömungsfor-
- neun U200 im MPI für Experimentelle Medizin,
- neun U200 im MPI für Aeronomie,
- sechs U200 im MPI für biophysikalische Chemie.

Dazu in der Universität Göttingen je ein UNISCOPE 200:

- in der Akademie der Wissenschaften,
- im Fachbereich Agrarwissenschaften,
- im Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung,
- in der medizinischen Teilbibliothek,
- in der physikalischen Chemie,
- in der forstlichen Biometrie,
- in der mathematischen Verfahrenstechnik,
- im WiSo-Rechenzentrum,
- in der Pflanzenpathologie,
- in der psychiatrischen Klinik,
- im Institut für Waldarbeit,
- im Institut für Humangenetik,
- in der Universitätsverwaltung.

Weitere U200 in der Universität Göttingen:

- zwei U200 in der Geophysik,
- zwei U200 im Institut für Tierzucht und Haustiergenetik,
- drei U200 in der Sternwarte,
- drei U200 im Geisteswissenschaftlichen Zentrum,
- drei U200 im Kuratorium,
- drei U200 in der Sternwarte,
- vier U200 im Institut für Numerische und Angewandte Mathematik,
- acht U200 in der Universitätsbibliothek.

UTS20 und UTS400

Ab 1983 wurden etwa 90 Datensichtstationen vom Typ UTS¹ 20 beschafft und in der GWDG und in den Instituten eingesetzt. Ab 1985 kamen 75 Bildschirmgeräte des Typs UTS 400 hinzu. Die Anzahl von Instituten mit der Möglichkeit, ein Bildschirmterminal zu nutzen, wuchs in diesen Jahren kontinuierlich.

1. UTS = UNIVAC Terminal System

HP 2648A

Ab Ende 1980 bot die GWDG eine Erweiterung der grafischen Ausgabemöglichkeiten durch Anschluss von sechs grafischen HP-Bildschirmgeräten.



Abb. 35: Grafikterminal HP2648A

Technische Daten:

- Prozessor: Intel 8080
- Speicher: 12 KB ROM, 48 KB RAM
- Breite: 12,0 cm
- Länge: 24,0 cm
- Steplänge: 0,35 mm
- Punktraster: 360 x 720 Punkte
- Textmodus: 24 Zeilen à 80 Zeichen mit 7 x 9 Punkten

Mit den Grafikterminals wurde interaktiv in einer Dialogsitzung an der VAX-11/780 gearbeitet. Die Grafik, die mit Calcomp-Programmen erzeugt werden konnte, war größer als der Bildschirm und konnte hin- und hergeschoben werden (der Bildschirm zeigte jeweils einen Ausschnitt). Bild- und Textspeicher waren getrennt, d. h. man konnte zwischen Text und Grafik hin- und herschalten.

7.2.11 Kassettenverarbeitung

Seit 1976 stand ein in der GWDG entwickeltes universelles Kassettenlesegerät an der PDP-11/20 zur Verfügung. Es verfügte über eine Reihe von Laufwerken für verschiedene Kassettenformate:

- 3M-DC-300-Kassette,
- 3M-DC-100A-Kassette und
- Philips-Kassette

und beherrschte eine Reihe unterschiedlicher Aufzeichnungsverfahren. Die Kassetten wurden mit einem Begleitzettel im Operating abgegeben und das Ergebnis war schließlich eine Datei im Speicher der Großrechners, die dem Auftraggeber zugeordnet war.

7.2.12 Computer Output on Microfilm

Im März 1978 begannen Planungen zur Beschaffung eines COM¹-Gerätes.

Das COM-Gerät Benson 343 konnte im Juni 1981 in Betrieb genommen werden. Es diente dazu, auf der Sperry 1100 erzeugte Informationen auf Filmen auszugeben. Dabei konnte es sich um grafische Darstellungen handeln, die mit Plot-Software erzeugt wurden, oder um zeilen- und seitenorientierte Druckausgabe, wie sie mit jedem Standardprogramm erzeugt wurde. Die Hardware des COM-Gerätes war daraufhin ausgelegt, sowohl im grafischen Modus als auch im Printmodus zu arbeiten, allerdings nur in getrennten Phasen, nicht gemischt:



Abb. 36: links die PDP-11/44, in der Mitte die Benson COM 343

Grafik-Modus

Für den Grafik-Modus stand ein X-Y-Interpolator für Vektor-Grafik und ein grafischer Charactergenerator mit 128 verschiedenen Zeichen für Beschriftungen zur Verfügung. Dabei konnten die einzelnen Zeichen in vier Richtungen und in 16 verschiedenen Größen geplottet werden. Durch Mischung der Grundfarben rot, grün, blau, gelb, magenta, cyan und farblos (schwarz/weiß) einer Farbfilterscheibe konnten bis zu 4.096 Farbtöne erzeugt werden.

Die Plot-Geschwindigkeit betrug 500.000 Schritte pro Sekunde bei Leerfahrten und 100.000 - 500.000 Schritte pro Sekunde, abhängig von der gewählten Intensität, bei gezeichneten Vektoren, jeweils ohne Farbwechsel. Auf jeder Achse waren in vier Bereichen 8.192, 16.384, 32.768 oder 65.536 Punkte programmierbar. Die theoretische mittlere Auflö-

1. COM = Computer Output on Microfilm

sung betrug 2.400 x 3.400 Linienpaare pro Bild, allerdings war die praktisch erreichbare Auflösung durch die Empfindlichkeit des verwendeten Films begrenzt. Diese betrug maximal 200 Linienpaare pro Millimeter. Es standen insgesamt 1.024 einstellbare oder programmierbare Intensitätslevel zur Verfügung. Je nach Art des verwendeten Films war davon aber nur ein kleiner Bereich praktisch nutzbar.

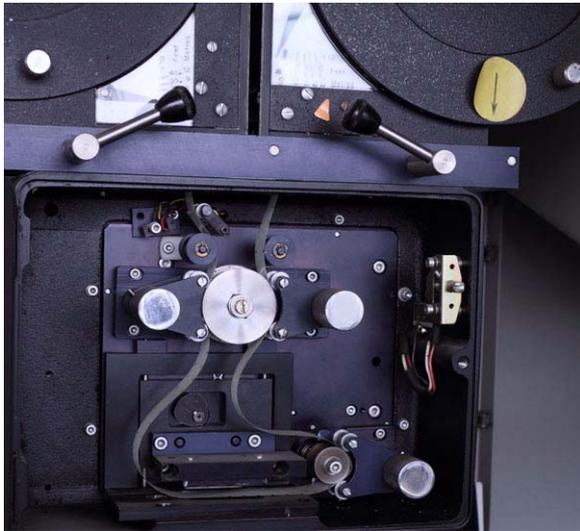


Abb. 37: Kamera für Schmalfilm

Print-Modus

Für den Print-Modus stand ein eigener Zeichengenerator mit 128 verschiedenen druckbaren Zeichen zur Verfügung. Die Druckgeschwindigkeit betrug 1 Seite pro Sekunde, d. h. maximal 4.560 Zeilen pro Minute. Das COM-Gerät war damit etwa doppelt so schnell wie der Schnelldrucker.

Filmformate

Das COM-Gerät war mit zwei verschiedenen Kameras ausgerüstet. Zum einen mit einer Universalkamera für unperforierten 16-mm-, 35-mm- und 105-mm-Film und zum anderen mit einer 16-mm-Kamera für perforierten 16-mm-Film und später für perforierten 35-mm-Farbumkehrfilm.

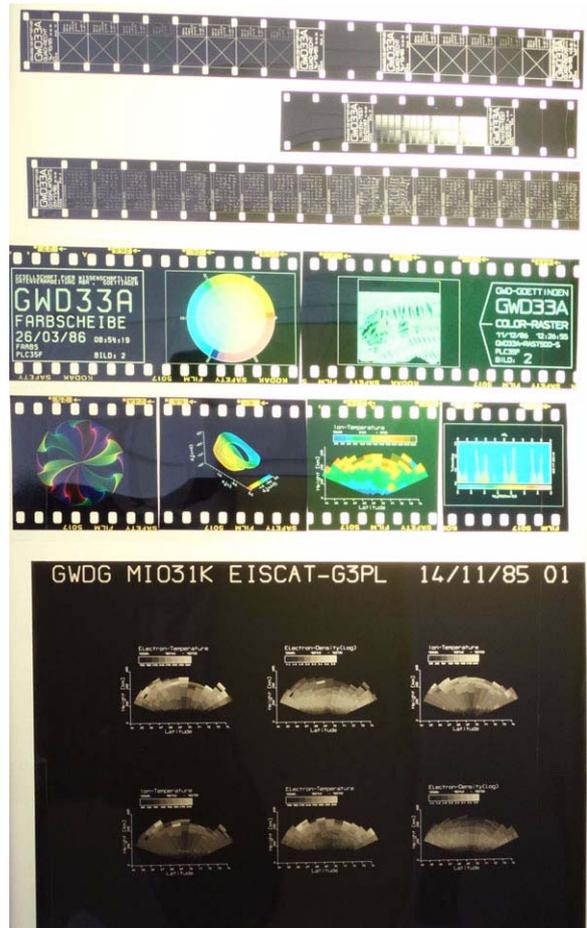


Abb. 38: Ausgabe-Beispiele (von oben nach unten): 16-mm-Schmalfilm, 36-mm-Diapositive, Grafik auf 36mm-Mikrofiche-Film

Zusätzliche Ausstattung

Die zusätzliche apparative Ausstattung umfasste ein Entwicklungsgerät für Schwarz-Weiß-Film, ein Vervielfältigungsgerät für Mikrofiches, ein Rückvergrößerungsgerät für Schwarz-Weiß-Film sowie mehrere Mikrofiche-Lesegeräte, von denen mindestens eines auch im Benutzerbereich aufgestellt wurde. Damit konnten Schwarz-Weiß-Filme und Mikrofiches in relativ kurzer Zeit im Rechenzentrum entwickelt und bei Bedarf auf Papier zurückvergrößert und Mikrofiches dupliziert werden. Farbfilme mussten allerdings außer Haus entwickelt werden, wodurch eine längere Umlaufzeit entstand.¹

Seit Anfang 1986 bestand die Möglichkeit, einzelne COM-Bilder vor der Belichtung auf dem COM-Gerät auf Grafikbildschirmgeräten anzusehen („Preview“).

Im März 1988 wurde das Benson-COM-Gerät von der PDP-11/44 auf eine DEC LSI-11 umkonfiguriert.

1. Aus den GWDG-Nachrichten 7/1984

Die Daten wurden wieder per Magnetband transferiert. Da die geringe Nutzung des COM-Geräts die hohen Betriebskosten nicht mehr rechtfertigte, wurde die COM-Anlage zum 31. März 1991 außer Dienst gestellt.

7.2.13 Disketten-Ein-/Ausgabesysteme

Mit zunehmender Verbreitung von Kleinrechnern und Personal Computern wurde es notwendig, im Rechenzentrum die Möglichkeit zu bieten, Daten über Disketten zwischen dem Rechner am Arbeitsplatz und dem Großrechner im Rechenzentrum zu transportieren. Dazu bot die GWDG nach und nach verschiedene Möglichkeiten:

DEC LSI-11

Ab März 1982 konnten 8"-Disketten im Format DEC RT-11 über eine dem Frontend-System vorgeschaltete DEC LSI-11 eingelesen werden. Benutzer von Kleinrechnern in den Instituten, die das Betriebssystem CP/M einsetzten und mit dem Utility-Programm „Reformatter“ Disketten im RT-11-Format beschreiben konnten, hatten damit auch die Möglichkeit, Daten in den Großrechner zu übertragen.

Ab Februar 1983 wurde auch angeboten, beliebige 8"-Disketten einzulesen, wenn sie folgende Voraussetzungen erfüllten:

- Die Disketten mussten soft-sektoriert und für Single-Head-Laufwerke geeignet sein,
- Die Formatierung musste sein: 77 Spuren à 26 Sektoren,
- Die Schreibdichte musste „single density“ sein mit 128 Bytes pro Sektor. Double-Density-Disketten konnten nur im DEC-RT-11-Format eingelesen werden.

IBM PC

Ab Juli 1984 war es möglich, von einem IBM-PC im Benutzerraum auch Dateien zwischen 5,25"-Disketten und der VAX-11/780 auszutauschen. Das Programm „Xenocopy“ auf dem PC gestattete darüber hinaus, eine Vielzahl von Dateiformaten nicht-IBM-kompatibler Mikrorechner-Hersteller zu schreiben und zu lesen.

Apple IIe

Weiterhin wurde im Juli 1984 im Benutzerbereich ein Mikrorechner „Apple IIe“ installiert, der sowohl mit dem Betriebssystem Apple DOS als auch mit dem Betriebssystem CP/M gestartet werden konnte. Unter Apple DOS konnte man mit dem Programm „ASCII Express“ Dateiübertragungen zwischen Disketten und den Großrechnern durchführen, unter CP/M war dies mit dem Übertragungsprogramm „Kermit“ möglich.

CBM 8032

Im September 1984 wurde mit der Aufstellung eines Mikrorechners Commodore CBM 8032 die Möglichkeit geschaffen, auch von Disketten im Commodore-Format (CBM 8050 oder 8250) Dateien zwischen Mikrorechner und Großrechner auszutauschen.

IBM PC

An den Großrechner wurde am 7. Mai 1985 ein IBM-PC angeschlossen, der neben 5,25"-Diskettenlaufwerken auch über zwei 8"-Diskettenlaufwerke verfügte. Auf ihm können mit einem Spezialprogramm Dateien verschiedenster Diskettenformate unterschiedlicher Mikrocomputerhersteller gelesen und geschrieben werden. Es war möglich, sich an diesem Personal Computer in einer Dialogsitzung am Großrechner anzumelden und Dateien zu übertragen oder dies in Form eines Batch-Jobs zu tun.

Sperry PC

Ab Dezember 1985 stand im Benutzerraum ein PC der Firma Sperry zur Verfügung. Es handelte sich um einen IBM-PC-kompatiblen Rechner mit einem Diskettenlaufwerk, einer Festplatte mit 10 Megabytes und einem Farbbildschirm. Er konnte wie ein Dialog-Terminal verwendet werden und bot die Möglichkeit zum Dateitransfer mit der Sperry 1100/80.

IBM PC AT

Im November 1986 wurde ein weiterer Bildschirmarbeitsplatz – und zwar ein IBM-PC AT mit einem PGA¹-Farbgrafikbildschirm (Auflösung: 640 x 480 Punkte mit 256 Farben aus einer Palette von 4.096 Farben) zusätzlich zum Bedienungsbildschirm – im Benutzerbereich zur Verwendung als Grafik-„Preview“-Gerät aufgestellt. Computergrafiken konnten hier, bevor sie auf einem Plotter ausgegeben wurden, in Augenschein genommen werden.

Atari ST

Im Dezember 1986 wurde im Benutzerraum ein Mikrorechner „Atari ST“ installiert und mit 19.200 Bd Übertragungsgeschwindigkeit mit der VAX 8600 verbunden. Es waren Dialog-Sitzungen möglich und Dateiübertragungen von 3,5"-Disketten mit dem Programm „Kermit“.

7.2.14 Erweiterung der U1100/80

Im September 1980 erhielten beide Rechenprozessoren jeweils einen Arithmetikbeschleuniger SAM². Nach dem Einbau der SAM's benötigten Programme, die hauptsächlich mit Gleitkommabefeh-

1. PGA = Professional Graphics Adapter
2. SAM = Scientific Accelerator Module

len arbeiteten, weniger CPU-Zeit und damit auch weniger Recheneinheiten als bisher für die gleiche Rechenleistung.

Am 14.11.1981 konnte die Rechnerleistung wiederum erhöht werden: die U1100/82 wuchs durch eine weitere CPU zur 1100/83 (Triple-Prozessor-System). Außerdem bekam sie einen zweiten Ein-/Ausgabeprozessor und weitere 12 KW Pufferspeicher.

Hinzu kam im November 1981 eine Erweiterung des Massenspeichers um ein Magnetplattenuntersystem U8470 mit acht Laufwerken, worauf die U8440 abgebaut werden konnten. Die Laufwerkskapazität des U8470 betrug 135 MW, die mittlere Zugriffszeit 23 msec. Weiterhin wurden im November 1981 vier Magnetbandlaufwerke UNISERVO 16 und zwei Magnettrommeln FH1782 abgeschafft.

Am 19. Mai 1982 wurde der Hauptspeicher der 1100/83 um ein 512 KW-Modul auf 2 MW erweitert.

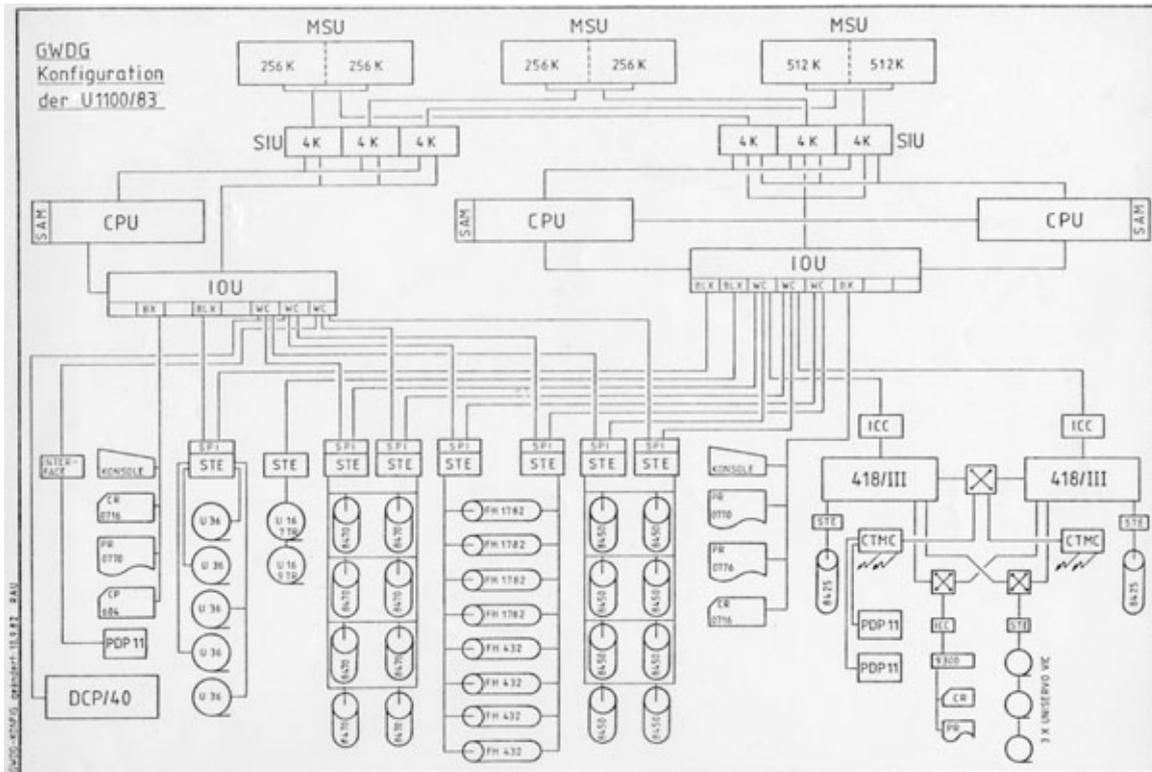


Abb. 39: Die Konfiguration der UNIVAC 1100/83 im September 1982

Abschied von UNIVAC

Ab 01.04.1983 wurde der Markenname „UNIVAC“¹ von der Firma Sperry Rand Corporation nicht mehr verwendet, die Rechenanlagen hießen fortan „Sperry“.

Am 01.11.1983 ersetzte ein Magnetplattensystem U8480, das dank eines vorgeschalteten Pufferspeichers sehr kurze Zugriffszeiten aufwies, die bisherigen Magnettrommeln. Bis dahin waren die Magnettrommeln den Magnetplattenspeichern in der Zugriffszeit überlegen. Das Cache-Disk-System bestand aus einer Kontrolleinheit mit je einem Kanal-Anschluss an beide Ein-/Ausgabeprozessor-

ren, einem Halbleiterspeicher als Pufferspeicher und einer Magnetplatte. Die Magnetplatte selbst hatte einen relativ langsamen Zugriff von 32 msec bei einer hohen Speicherkapazität von 143 Mio. Wörtern. Der Pufferspeicher hatte eine Zugriffszeit von 1 msec und eine Kapazität von 1 Mio. Wörtern.

Die GWDG war die erste Sperry-Installation in Deutschland, die ein solches System in den Produktionsbetrieb übernahm.

Nach erfolgreicher Inbetriebnahme des Cache-Disk-Systems wurde das Magnettrommel-Untersystem FH432/FH1782 am 06.01.1984 außer Betrieb genommen.

Mit dem 02.07.1984 wurde auf der Sperry 1100/80 der 6-Bit-FIELDDATA-Zeichencode abgeschafft und nur noch der ASCII-Code verwendet.

Im Oktober 1984 konnte die GWDG ihren Benutzern mitteilen, dass voraussichtlich im Januar 1985

1. UNIVAC = Universal Automatic Computer, nach der von der Remington Rand Corporation am 31.03.1951 auf den Markt gebrachten ersten kommerziellen Rechenanlage „UNIVAC 1“

eine gebraucht beschaffte Sperry 1100/82 zusätzlich zur vorhandenen Anlage installiert wird, um dem großen Bedarf an Rechnerleistung gerecht zu werden. Die Anlage wurde Ende November geliefert und am 21.12.1984 in den vorläufigen, eingeschränkten Benutzerbetrieb übernommen.

Erweitert wurde die Anlage um zwei Rechenprozessoren, einen Ein-/Ausgabeprozessor, 2 MW Hauptspeicher und 8 KW Pufferspeicher. Beide Anlagen waren nun mit jeweils 2 Mega-Wörtern Hauptspeicher ausgestattet. Eine Magnetband- und eine Magnetplattenkontrolleinheit kamen hinzu sowie ein „Byte Channel Transfer Switch“ (BCTS) zum Umschalten der Papierperipherie. Nicht verändert hatten sich die Plattenkapazität, die Anzahl der Magnetbänder und die Druckkapazität.

Die beiden Rechnersysteme 1100/83 und 1100/82 waren miteinander gekoppelt, um Massenspeicher und Peripheriegeräte gemeinsam nutzen zu können. Aufgabe der 1100/83 war die Abarbeitung des Batchbetriebs (U1180-B), während die 1100/82 (U1180-A) den Dialogbetrieb und kleine Batchläufe abwickelte.

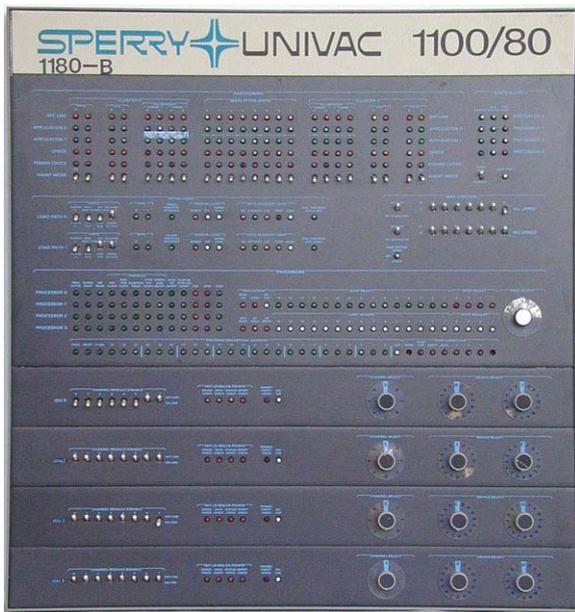


Abb. 40: Systemkonfigurierungseinheit der SU1100/80

An der Bedienungstafel der Systemkonfigurierungseinheit (s. Abb. 40) konnte die Rechanlage „gebootet“ werden („initial load“), die Zuordnung von Hauptspeicher und Massenspeicher zu den Prozessoren konfiguriert werden, Statusinformationen ausgelesen werden und Komponenten außer Betrieb genommen werden.

Die größte Konfiguration, die die GWDG betrieben hat, ein System Sperry 1100/80 mit fünf Rechenprozessoren und 4 MW Hauptspeicher, wurde 1984

erreicht. Sie leistete etwa 12,5 MIPS. Am 23. Oktober 1985 wurde nochmals der Massenspeicher erweitert, und zwar auf insgesamt 1.609 Mio. Wörter.

Die Sperry-UNIVAC-Ära endete, als am 5. Oktober 1986 die 1100/83 und am 6. Juli 1988 die 1100/82 stillgelegt wurden. Damit ging eine DV-technische Ära zu Ende, die fast auf den Tag genau 18 Jahre gedauert hat. Zwischen dem 17.07.1970 und dem 06.07.1988 haben die Anlagen 9.338.851 Aufträge, RUNs genannt, ausgeführt. 96 Millionen Blatt Papier sind dabei bedruckt worden.

7.2.15 DCP/40

Ab 1979 bot Sperry UNIVAC den Übertragungsrechner DCP/40¹ an. Die GWDG beschaffte im März 1982 zunächst einen Test-DCP/40, um die Ablösung der U418-III in den nächsten Jahren vorzubereiten.

Die Ablösung der U418-III durch den DCP/40 wurde im Februar 1983 vollzogen. Damit lief über ihn der Dialogbetrieb mit folgenden Funktionen:

- Dialogbetrieb auf Uniscopes,
- RJE-Betrieb für Remote 1004-Anschlüsse und
- TTY-Anschlüsse, die auch über akustische Koppler benutzt werden können.

Im Jahr 1983 wurden auf einen zweiten DCP/40 die restlichen Aufgaben übernommen:

- die RSP-Schnittstelle (über DIN-66019-Leitungsprozedur), über die auch der Lochstreifenleser und der Lochstreifenstanzer betrieben wurden,
- die ALWR-Schnittstelle (über DIN-66019-Leitungsprozedur),
- die Diablo-Schreibmaschinen,
- die HP-Terminals,
- der NEC-Spindeldrucker,
- Kassetten einlesen und
- Disketten einlesen.

7.2.16 DEC VAX-11/780

Die DEC VAX²-11/780 war seit November 1977 auf dem Markt.

Am 10. Juli 1981 ging eine Rechanlage VAX 11/780 mit angeschlossenem Farbgrafiksystem für

1. DCP = Distributed Communications Processor
2. VAX = Virtual Address eXtension

interaktive grafische Anwendungen AYDIN 5216 bei der GWDG in Betrieb.

Technische Daten

Prozessor:

- Technologie: integrierte Schaltungen (Schottky-TTL¹)
- Wortlänge: 32 Bits
- Anzahl Universalregister: 16
- Adresslänge: 32 Bits
- Gleitkommabeschleuniger
- Leistung: 1 MIPS

Cache-Speicher:

- Technologie: bipolar-TTL; 1-Kbit-SRAM-Chips
- Chip-Zugriffszeit: 45 nsec
- Kapazität: 8 KB
- Zykluszeit: 200 ns
- 8-Bit-ECC pro 64 Bit Quad-Wort

Hauptspeicher:

- Technologie: 16 Kbit dynamische N-MOS-RAM
- Kapazität: 1,5 MB
- Zugriffszeit: 200 ns
- Zykluszeit: 1,4 µs/64 Bits
- ECC: 8 Bits pro 64 Bit

Intelligente Konsole:

- Prozessor: LSI-11/2 mit 16 KB RAM und 8 KB ROM

Ein-/Ausgabe:

- UNIBUS: 1,35 MB/s
- MASSBUS: 5,0 MB/s

Plattenspeicher:

- Kapazität: 56 MB

Magnetband:

- Dual TU58

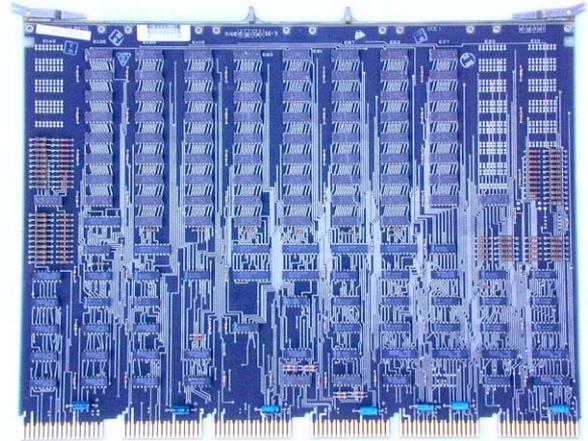


Abb. 41: Platine des Cache-Speichers der VAX-11/780

Im Mai 1985 wurde die VAX-11/780 über die Rechnerverbandschnittstelle mit der Großrechenanlage 1100/82-1100/83 verbunden. Dadurch war es möglich, Batchjobs von der Sperry 1100 zur VAX zu senden und ihre Listen auf einem beliebigen Drucker der S1100 ausgedruckt zu erhalten. Interaktive Benutzer der VAX konnten Batchruns zur S1100 übertragen und Ausgabedateien von dort empfangen.

Zu dem vorhandenen Spulen-Magnetbandgerät SI-9700 (800/1.600/6.250 bpi, 125 ips) erhielt die VAX im April 1985 ein zweites Magnetbandgerät, ein „Streamer“-Laufwerk Cipher 880 (1.600 bpi, 25 ips).

Ab Ende 1985 wurde die VAX-11/780 weiter ausgebaut. Sie bekam 4 MB Hauptspeicher hinzu und 1 GB Plattenspeicher. Es war beabsichtigt, sie über ihren bisherigen Verwendungszweck als Rechner für interaktive Grafik hinaus als Spezialsystem einzusetzen, das leichteren Netzzugang und größere Flexibilität hinsichtlich des Anschlusses von Spezialperipherie bot, als dies bei den Großrechnern Sperry 1100/80 erreicht werden konnte.

Peripherie der VAX-11/780

AYDIN 5216

Hauptanwendung der VAX-11/780 war das interaktive Farbgrafiksystem AYDIN 5216 mit zwei Grafikbildschirmen.

Grafik-Tablett Digi-Pad 5

Zur interaktiven Digitalisierung von grafischen Darstellungen stand das Grafik-Tablett „Digi-Pad 5“ der Firma GTCO ab Februar 1984 zur Verfügung. Mit einem Abtaststift, der die Form eines etwas dickeren Kugelschreibers hatte, konnte man beim Abfahren einer Linie neben der Position auch die Information eingeben, dass die „Mine“ eingedrückt wurde; beim Abfahren einer Linie mit einem Fadenkreuz

1. TTL = Transistor-Transistor-Logik

konnten 16 vom Programm abfragbare Tasten gedrückt werden.

Der bisherige Kurvenabtaster wurde zum 01.07.1984 abgeschafft.

Disketten-Ein-/Ausgabe

Im Juli 1985 wurden zwei 8“-Diskettenlaufwerke installiert, die Disketten in einfacher Schreibdichte (IBM-Standard) oder doppelter Schreibdichte (nur DEC-Standard) beschreiben und lesen konnten.

DEC microVAX II

Die DEC microVAX II war eine kompakte Ein-Platinen-Version der DEC VAX. Sie wurde seit 1985 produziert. Bei der GWDG kam sie als Vorschaltrechner an der DEC VAX-11/780 zum Einsatz.

Technische Daten:

Prozessor:

- Technologie: integrierte Schaltungen, microVAX-CPU-Chip
- Wortlänge: 32 Bits
- Adresslänge: 32 Bits
- Gleitkommabeschleuniger (FPA-Chip)
- Leistung: 1 MIPS

Hauptspeicher:

- Technologie: 16 KBit statische N-MOS-RAM
- Kapazität: 8 MB
- Zykluszeit: 400 ns
- ECC: 8 Bits pro 64 Bit

Intelligente Konsole:

- Prozessor: LSI-11/2 mit 16 KB RAM und 8 KB ROM

Ein-/Ausgabe:

- Q-Bus: 3,3 MB/s (DMA¹)

7.2.17 Textverarbeitung im Rechenzentrum

Textverarbeitungssystem

Ab 05.09.1983 stand den Benutzern ein spezielles Textbearbeitungssystem zur Verfügung. Es basierte auf einer Zentraleinheit mit Zilog Z80-Mikroprozessor, zwei 8“-Diskettenlaufwerken und zunächst einem Bildschirmgerät vom Typ „Ann Arbor Ambassador“. Als Betriebssystem wurde das bewährte CP/M eingesetzt. Der Schönschreibdrucker NEC Spinwriter wurde zunächst mit den Nutzern der U1100/83 geteilt. Als Software standen das Textbe-

arbeitungsprogramm „WordStar“ und das Datenerfassungsprogramm „InfoStar“ zur Verfügung.

Mehrplatz-Textverarbeitungssystem

Am 20. Juni 1985 wurde das Textbearbeitungssystem zu einem Mehrplatz-Textbearbeitungssystem ausgebaut. Zwei Bildschirmarbeitsplätze hatten Bildschirme vom Typ „Facit Twist“, die um 90 Grad gedreht werden konnten und bei senkrechter Position eine ganze DIN-A4-Seite darstellen.

Beide Benutzer hatten ihre eigene Prozessorplatine, das CP/M-basierte Betriebssystem „Turbodos“ verwaltete den Mehrbenutzerbetrieb. Eine dritte Prozessorplatine sorgte für die Koordinierung des Gesamtsystems mit den beiden 8“-Diskettenlaufwerken, der Festplatte und den beiden Druckern; die Systemsteuerung erfolgte über ein drittes Bildschirmgerät. Zu dem bisher vorhandenen NEC Spinwriter 5525 kam ein NEC Spinwriter 5510 hinzu.

In Verbindung mit dem Textbearbeitungsprogramm „WordStar“ konnte das Programm „StarIndex“ arbeiten, das einen Schlagwörterindex anlegen konnte sowie eine automatische Kapiteldurchnummerierung erzeugen und ein Inhaltsverzeichnis anlegen konnte. Mit dem Programm „OrthoCheck“ konnte eine deutsche Rechtschreibkorrektur durchgeführt werden. Weiterhin wurde das Datenerfassungssystem „InfoStar“ (DataStar/ReportStar) angeboten.

Texterfassung

Im April 1985 wurde im Benutzerbereich des Rechenzentrums eine Omnifont-Lesemaschine in Betrieb genommen. „Das von der amerikanischen Xerox-Tochter Kurzweil Computer Products entwickelte System „KDEM² 1200“ tastete auf Papier vorliegende Druck- und Schreibmaschinentexte in allen gebräuchlichen Schriften optisch ab, erkannte sie und erlaubte damit eine schnelle, kostengünstige und weitgehend fehlerfreie Erfassung größerer Textkorpora.

Im Gegensatz zu herkömmlichen Blättern, mit denen eine weitgehend automatische Erfassung von Normschriften (OCR-A, OCR-B) oder mehrerer gängiger Schreibmaschinenschriften möglich war, konnte die KDEM zusätzlich alle lateinischen und kyrillischen Druckschriften und in eingeschränktem Maße auch Griechisch lesen. Allerdings mussten in einer dem eigentlichen Erfassungsvorgang vorgeschalteten sog. „Trainingsphase“ die wesentlichen Charakteristika der in den Dokumenten vorkommenden Schriften (z. B. Zeilen- und Zeichenabstände und die Abbilder der vorkommenden Zeichen) der Maschine „beigebracht“ werden.³

1. DMA = Direct Memory Access

2. KDEM = Kurzweil Data Entry Machine

3. Aus den GWDG-Nachrichten 5/1985

Die KDEM-Workstation enthielt eine 16-Bit-Nova-CPU der Firma Data General, 384 KB Arbeitsspeicher und eine 10 MB Winchester-Festplatte. Zum Datentransfer konnte zunächst das eingebaute Diskettenlaufwerk dienen. Neben dem optischen Scanner stand ein Grafiktablett zur gezielten Auswahl von Dokumentteilen zur Verfügung. Die allgemeine Bedienung erfolgte über ein grafisches Bildschirmgerät und eine Tastatur.

7.2.18 Ende der Lochkarten-Ära

Im Juli 1984 erhielt die GWDG von der Firma IBM Deutschland GmbH in einem Rundschreiben die Mitteilung, dass die IBM ab August 1984 den Vertrieb von Lochkarten-Maschinen einstellen wird. Da die Lochkarte inzwischen allmählich von anderen Datenträgern ersetzt wurde, teilte die GWDG ihren Benutzern mit, dass die Anzahl der im Rechenzentrum zur Verfügung gestellten Lochkartengeräte nach und nach verringert wird und spätestens bei einem Nachfolgerechner der Sperry 1100/80 keine Lochkarten-Geräte mehr betrieben werden.

Während der Lochkartendoppler bei hohen Wartungskosten kaum noch genutzt wurde und schon Ende April 1980 abgeschafft wurde, blieben Lochkartenstanzer und Sortiermaschine bis zum Schluss erhalten. Die Anzahl der Locher wurde in der ersten Hälfte der 80er-Jahre nach und nach verringert.

Am 01.01.1986 erfolgte noch eine Preisanpassung der Locherei:

- 1.000 Spalten Lochen und Prüfen numerisch: 6,40 DM
- 1.000 Spalten Lochen und Prüfen alphanumerisch: 7,50 DM
- 1 Arbeitsstunde Bildschirmfassung: 26,- DM

Wegen der geringen Nutzung der Lochkartengeräte wurde die Lochkartenverarbeitung am 31. Dezember 1986 eingestellt. Ab Januar 1987 wurde die von der Locherei angebotene Datenerfassung „Dateien auf Disketten abspeichern“ angeboten.

7.2.19 Rechnernetzwerk

Vernetzung im Rechenzentrum

Ab Juni 1984 wurde das lokale Netzwerk „Planet“ der Firma Racal-Milgo dazu genutzt, Bildschirmterminals und Mikrocomputer mit den Großrechnern Sperry 1100 und VAX-11/780 zu verbinden. Über einen doppelten Koaxialkabel-Ring, der durch sämtliche Büros und Funktionsräume der GWDG geschleift war, wurden die Daten in Paketen übertragen. Neben einer Vielzahl von fest geschalteten Verbindungen war es möglich, für eine Dialogsitzung eine temporäre Verbindung zu schalten.

Rechnernetz in Göttingen

Ab 1980 wurden zunehmend weitere Institute mit ihren Rechnern an die Rechenanlagen der GWDG angeschlossen:

- im Januar 1980: Anschluss einer DEC PDP-11/60 im Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie an die UNIVAC 1100/82 über einen Front-End-Prozessor DEC LSI-11
- Anfang 1980: Prozessrechnerschnittstelle zum 3. Physikalischen Institut mit einer DEC LSI-11/2
- im September 1981: Datenübertragungsverbindung zum Rechenzentrum der Fachbereiche Wirtschaftswissenschaften und Sozialwissenschaften (WiSo-Rechenzentrum) mit PRIME 550 über Vorschaltrechner DEC LSI-11/03 mit ALWR-Protokoll

Einen Überblick über die Netzwerkverbindungen im Jahr 1983 gibt Abb. 42.

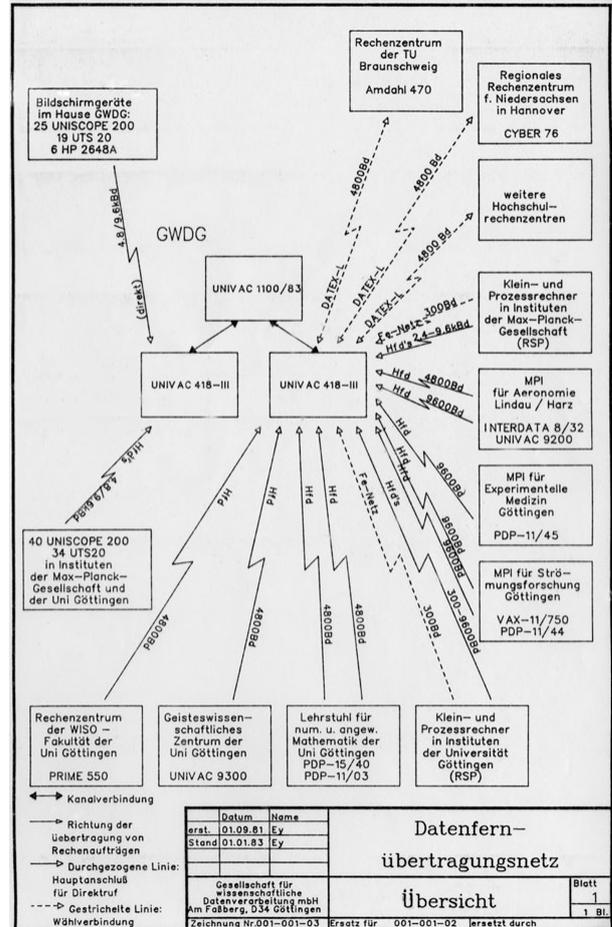


Abb. 42: Die an den Großrechner der GWDG angeschlossenen Institute mit ihren Rechnern und Terminals im Januar 1983

Einwahlverbindung

Ab März 1983, nach der Inbetriebnahme des DCP/40, stand für die Benutzer unter der Telefonnummer 23277 ein Telefon-Wählanschluss für den Dialogbetrieb auf der U1100/83 über einen akustischen Koppler zur Verfügung. Über einen akustischen Koppler, der asynchron mit der Geschwindigkeit 300 Bd¹ arbeitet, konnten teletype-ähnliche Geräte – oder Mini-Computer – Daten im ASCII-Code übertragen. Zur Fehlererkennung waren die sieben Datenbits jedes Zeichens dabei durch ein achttes Bit so zu ergänzen, dass die Parität des gesamten Zeichens ungerade ist (odd parity).

Ab September 1984 wurde unter der Telefonnummer 21843 auch eine Einwahlverbindung über akustische Koppler zur VAX-11/780 bereitgestellt. Die Schnittstelle war zur asynchronen Übertragung von 8-Bit-ASCII-Zeichen mit einer Geschwindigkeit von 300 Bd eingerichtet. Standardmäßig wurde das achte Bit vom Betriebssystem nicht interpretiert.

Eine weitere Einwahlverbindung über die MicroVAX II wurde im Dezember 1986 eingerichtet. Unter der Telefonnummer 22910 konnte eine asynchrone Übertragung von 8-Bit-ASCII-Zeichen eingerichtet werden, bei der die VAX mit 1.200 Bd sendete und mit 75 Bd empfing. Es war Dialogbetrieb mit der Sperry 1100/80 und mit der VAX 8600 möglich. Mit Hilfe des Programms „Kermit“ konnten auch Dateien übertragen werden. Es erfolgte keine Paritätsprüfung.

Beispiele für weitere Institutsanschlüsse

Seminar für Wirtschaftspädagogik

Im Juni 1984 wurden Mikrorechner vom Typ Commodore CBM 8032 und CBM 710 im Seminar für Wirtschaftspädagogik mit dem Großrechner der GWDG verbunden und es konnten Dateien übertragen werden.

WiSo-Rechenzentrum

Der an die PRIME 550 angeschlossene Plotter HP 7475A im Rechenzentrum der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften konnte ab März 1985 grafische Ausgabe des Rechnersystems der GWDG abnehmen.

Rechnerverbund

Ab Februar 1979 wurde die Verbindung der U1108 mit dem Regionalen Rechenzentrum in Hannover (CDC Cyber 76) als symmetrische RJE-Kopplung über FEP418² betrieben, ab Sommer 1979 auch zur ICL1906S in Braunschweig

1. Bd = Baud = Bits pro Sekunde

Ab Januar 1980 wurde der Rechnerverbund um Verbindungen zu den Rechnern TR440 der Universitäten in Oldenburg, Osnabrück und Clausthal-Zellerfeld erweitert. Einheitlich wurde jetzt eine symmetrische RJE-Kopplung über den Vorschaltrechner FEP418 durchgeführt.

Braunschweig

Im Dezember 1982 wurde im Rechenzentrum der TU Braunschweig die Rechenanlage ICL 1906S durch ein IBM-Rechnersystem ersetzt. Ab dem 13.12.1982 war der Vorrechner, der den Rechnerverbund abwickelt, mit der IBM-Anlage verbunden, aber es wurde erst einige Monate später möglich, im Rechnerverbund auf die IBM zuzugreifen.

Berlin

Am 20.06.1984 wurde der Rechnerverbund nach Berlin zum „Superrechner“ CRAY-1M des Konrad-Zuse-Zentrums für Informationstechnik (ZIB) aufgenommen. Gemäß einer Vereinbarung der Länder Berlin, Schleswig-Holstein und Niedersachsen wurde etwa ein Viertel der Cray-Rechnerleistung an die beiden norddeutschen Länder abgegeben, was von den Nutzern der GWDG kostenlos in Anspruch genommen werden konnte. Sinnvoll war die Nutzung der Cray für Programme, die im Wesentlichen Vektoroperationen ausführten.

Ab November 1984 gingen Rechenaufträge an den Vektorrechner Cray-1M in Berlin nicht mehr über den Umweg RRZN Hannover, von wo aus sie nach Berlin weitergeleitet wurden. Von der VAX-11/780 war nun über eine Wählleitung die Cyber 170-825 der TU Berlin direkt erreichbar, die im Rahmen des Berliner Rechnerverbundes mit dem Cray-Vorschaltrechner verbunden war.

Ab März 1986 wurde eine direkte DATEX-P³-Verbindung zwischen der Sperry 1100/82 (der Dialoganlage) und dem Vorrechner der Berliner Cray-1M genutzt. Nun war auch Dialogverkehr mit der CYBER 170-825 des ZIB möglich.

DATEX-P

Am 25.02.1985 erfolgte der Anschluss der GWDG an das Datex-P-Netz der Deutschen Bundespost.

Ab 01.10.1986 ging als lokales Paketvermittlungssystem eine DEC-MicroVAX II in Betrieb, die Verbindungen vom Übertragungsrechner DCP/40 der

-
2. FEP418 = Front End Processor UNIVAC 418-III
 3. DATEX-P ist ein paketvermittelndes öffentliches Datennetz der Deutschen Bundespost

Sperry 1100/80 und von der VAX-11/780 in das öffentliche Paketvermittlungsnetz DATEX-P ermöglichte. Über DATEX-P war auch Dialogverkehr möglich.

Internet

Ab Februar 1985 stellte die GWDG über DATEX-P den Zugang zu zwei internationalen Netzen zur Verfügung:

- EARN – das von IBM initiierte „European Academic and Research Network“, über das sehr viele Universitäten und wissenschaftliche Einrichtungen in Europa zu erreichen waren und
- BITNET – mit Zugang zu Universitäten und wissenschaftlichen Einrichtungen in den USA.
- Über Gateways konnten auch andere Netze, z. B. ARPANET erreicht werden.

Die Realisierung der Netzzugänge erfolgte über die NRV¹-Verbindung zur Technischen Universität Braunschweig, die als Gateway in die beiden Netze fungierte.

„Seit dem August 1985 ist die GWDG an das „European Academic and Research Network“ (EARN) angeschlossen. Dieses Netzwerk verbindet eine große Anzahl von wissenschaftlichen Einrichtungen in Europa und ermöglicht den Austausch von Nachrichten, unter Umständen auch Jobs, zwischen Benutzern der an das Netz angeschlossenen Rechner. Über sogenannte Gateways (Verbindungen zwischen zwei Netzen) ist außerdem ein Zugang zu folgenden anderen Netzen möglich:

- BITNET – Universitäten und andere wissenschaftliche Einrichtungen in den USA, Israel und einige Rechner in Japan;
- ARPANET – Vom Verteidigungsministerium der USA betriebenes Netz. Angeschlossen sind Universitäten und andere öffentliche Stellen;
- UUCP – Netzwerk, das mit dem UNIX-System arbeitende Rechner auf der ganzen Welt verbindet;
- JANET² – Universitäten und andere wissenschaftliche Einrichtungen in England;
- MAILNET – circa 30 Universitäten weltweit.“³

Im Jahr 1985 war noch nicht zu erahnen, was uns das Internet bringen würde. Besiegelt war das Ende der Lochkarten-Ära und der UNIVAC-Ära.

1. NRV = Niedersächsischer Rechnerverbund
 2. JANET = Joint Academic Network
 3. GWDG-Nachrichten 12/1985

7.3 Die IBM-Ära 1987 - 1994

Die bei der GWDG vorausgegangene UNIVAC-Ära, die im Jahr 1970 begonnen hatte, zeichnete sich durch den zentralen Großrechner aus, der im Batchbetrieb (Stapelbetrieb) mit Lochkarten als Medium der Programmeingabe arbeitete. Bildschirmterminals und damit Dialogbetrieb kamen erst nach und nach hinzu. Die Ausgabe von Texten hatte ein sehr einfaches Format (anfangs ohne die deutschen Sonderzeichen), grafische Ausgabe war nur in Schwarz/Weiß zu haben. Über fest geschaltete Telefonleitungen waren einige wenige Rechner in Instituten an den zentralen Großrechner angebunden. Sie dienten zur Eingabe von Lochkartenstapeln und boten Ausgabe der Rechenergebnisse auf dem Drucker. Dialogterminals waren zum Ende der UNIVAC-Ära nur in sehr kleiner Anzahl in Instituten vorhanden.

Die IBM-Ära ist gekennzeichnet vom Zentralrechner IBM 3090 und den Anfängen eines Rechnernetzes. Neben der Großrechenanlage wurden als Spezialrechner nacheinander eine DEC VAX 8600, VAX 8650 und VAX 9000 betrieben. Zum Ende der IBM-Ära kam ein erster Parallelrechner, eine KSR1, hinzu. Die Eingabe in die Rechner erfolgte inzwischen nur noch im Dialog, bei der Ausgabe wurde farbige Grafik zum Standard.

Nachdem im Mai 1987 der Antrag an die DFG⁴ auf eine neue Rechenanlage bewilligt worden war, konnte am 26. Mai 1987 mit der Firma IBM ein Vertrag über die Lieferung eines Großrechners IBM 3090-300E mit zwei Vektoreinrichtungen abgeschlossen werden.

Damit sich Mitarbeiter und Benutzer der GWDG mit der neuen Rechnerarchitektur frühzeitig vertraut machen konnten, lieferte IBM am 16. Juni 1987 eine Übungsmaschine IBM 4341. Die Lieferung der bestellten IBM 3090 war für November 1987 vorgesehen.

7.3.1 IBM 3090-200E/VF

Die wissenschaftliche Großrechenanlage IBM 3090 kam im April 1985 auf den Markt. Sie wies maximal vier Prozessoren auf, die alle mit einer Vektoreinrichtung ausgestattet sein konnten. Jede CPU hatte dann zwei Vektorpipelines. Insgesamt wurde 300 Prozessoren ausgeliefert.

Daten der IBM 3090-200E/VF der GWDG

Prozessor:

- Anzahl Prozessoren: 2

4. DFG = Deutsche Forschungsgemeinschaft

- Technologie: ECL¹-ICs im wassergekühlten TCM²
- Wortlänge: 32 Bit, Byte-orientiert
- Gleitkomma-Operationen mit bis zu 128 Bit Wortlänge
- Zykluszeit: 17,2 nsec
- Leistung pro Prozessor: 16 MIPS³
- Datenpfadbreite: 64 Bits

Vektoreinrichtung:

- Anzahl Vektoreinrichtungen: 1 (in einem der Prozessoren)
- Anzahl Vektorpipelines: 2
- Leistung Vektoreinrichtung: 116 MFLOPS⁴

Pufferspeicher:

- Kapazität: 64 KB/Prozessor

Hauptspeicher:

- Technologie: 1-Mbit-Chips
- Kapazität: 64 MB

Ergänzungsspeicher

- Kapazität: 64 MB

Ein-/Ausgabe:

- Anzahl Kanäle: 32
Byte-MUX und Block-MUX, Übertragungsgeschwindigkeit: max. 3 MB/sec pro Kanal

Magnetplattenspeicher:

- Anzahl Magnetplattenundersysteme: 4 je 1 Doppelsteuereinheit IBM 3880
- davon eine IBM 3880 mit 16 MB Cache
- Anzahl Magnetplatteneinheiten: 6 (Typ IBM 3880 mit je 2 Laufwerken IBM 3380)
- Technologie: Dünnfilm-Kopf
- 2 Zugriffsmechanismen pro Laufwerk
- maximale Übertragungsgeschwindigkeit: 3 MB/sec
- Gesamtkapazität: 30 GB

IBM 3880 Modell J:

- Anzahl Laufwerke: 6

1. ECL = Emitter Coupled Logic
 2. TCM = Thermal Conduction Module
 3. MIPS = Millionen Instruktionen pro Sekunde
 4. MFLOPS Millions of Floating Point Operations per Second

- Speicherkapazität/Laufwerk: 1,26 GB (einfache Schreibdichte)
- mittlere Zugriffszeit: 12 msec

IBM 3880 Modell K:

- Anzahl Laufwerke: 6
- Speicherkapazität/Laufwerk: 3,78 GByte (dreifache Aufzeichnungsdichte)
- mittlere Zugriffszeit: 16 msec

Magnetbandkassettenpeicher:

- Typ IBM 3480
- Puffer der Steuereinheit: 512 KB
- Anzahl Laufwerke: 4
- Technologie: Dünnfilmschreibköpfe
- Aufzeichnungsdichte: 38.000 bpi
- Übertragungsgeschwindigkeit: 3 MB/sec
- Kapazität: max. 200 MB
- Kassettengröße: 12,5 x 11,0 x 2,5 cm
- Bandbreite: 0,50 Zoll
- Beschichtung: Chrom-Dioxid
- Bandgeschwindigkeit: 2 m/sec
- Rückspulzeit: 48 sec

Magnetbandspulenspeicher:

- Typ IBM 3422
- Anzahl Laufwerke: 2
- Aufzeichnungsdichte: 1.600 bpi im PE⁵-Modus und 6.250 bpi im GCR⁶-Modus
- Übertragungsgeschwindigkeit: 200 KB/sec im PE-Modus und 780 KB/sec im GCR-Modus
- Bandgeschwindigkeit: 3,18 m/sec (125 ips⁷)
- Rückspulzeit (720 m): 70 sec

Am 5. Oktober 1987 begann das Ende der UNIVAC-Ära mit dem Abbau der Sperry 1100/83 und eines Teils der Peripherie, um Platz für die neue Rechanlage zu schaffen. Die verbleibende Sperry 1100/82 sollte nach einer Übergangszeit am 30. Juni 1988 stillgelegt werden.

5. PE = Phase Encoding
 6. GCR = Group Coded Recording
 7. ips = inch per second

Am 24. Oktober 1987 wurde eine IBM 3090-200E/VF mit einer Vektoreinrichtung geliefert, ihre Installation begann. Am 4. November 1987 wurde die Rechanlage an die GWDG übergeben. Es folgte die Software-Implementation. Als Betriebssystem lief VM/CMS¹. Am 13. November 1987 konnte die Übungsmaschine abgebaut werden, ein eingeschränkter Benutzerbetrieb begann auf der IBM 3090.

Am 19. November 1987 begann der uneingeschränkte Benutzerbetrieb auf dem neuen Zentralrechner.



Abb. 43: IBM 3090-200E

Vektorprozessor

Die Vector Facility (VF) der IBM 3090 war ein Zusatz zu jeweils einem Zentralprozessor. Als eine Erweiterung des (skalaren) Prozessors enthielt sie zur Vektorverarbeitung geeignete Vektorregister, eine arithmetische und logische Einheit und eine Multiplikationseinheit. Die VF enthielt 16 jeweils 32 Bit breite und 128 Elemente lange Vektorregister, die REAL*4- oder INTEGER*4-Vektoren (32 Bit) enthalten konnten. Aufeinanderfolgende Paare, bestehend aus einem geraden und einem ungeraden Vektorregister, wurden zur Verarbeitung von REAL*8-Vektoren (64 Bit) verwendet.

Aus der Existenz zweier Vektorpipelines folgte, dass maximal zwei Gleitkommaoperationen pro

1. VM/CMS = Virtual Machine/Conversational Monitor System

Maschinentakt ausgeführt werden konnten. Da ein Maschinentakt der IBM 3090 17,2 Nanosekunden dauerte, folgte für die Vektorleistung der IBM 3090 eine theoretische obere Grenze von 116 MFLOPS pro Vektorprozessor, d. h. 116 Millionen Gleitkommaoperationen pro Sekunde. Diese theoretische Grenze berücksichtigte jedoch nicht die Zeiten, die zum Laden der Vektoren und zum Füllen der Pipelines notwendig waren, und war für eine Beurteilung der tatsächlich erzielbaren Vektorleistung irrelevant.



Abb. 44: Thermal Conduction Module im Rechnermuseum der GWDG

Abb. 44 zeigt eines von 16 „Thermal Conduction Modules“, aus denen jeweils ein Prozessor aufgebaut war. In der aufgeschnittenen Ecke sieht man die 36 Leiterbahnebenen (Keramik, hellgrau), einige der 100 ICs (dunkelgraue Quadrate) und die Stahlstempel, die mit einer Stahlfeder in einem heliumgefüllten Hohlraum zur Wärmeabfuhr auf die Chipoberflächen gepresst wurden. Zuoberst der Kupferhohlkörper, durch den Kühlwasser floss, um die Wärme abzuführen.

Ergänzungsspeicher

Beim Ergänzungsspeicher mit einer Kapazität von 64 MB handelte es sich um einen für den Programmierer nicht adressierbaren Speicher, den das System zum Auslagern nicht aktiver Programmteile benutzte, die erst wenn der Ergänzungsspeicher überlief auf die „Paging-Area“ der Systemplatten gelangten.

Wartungsrechner

Die sogenannte Prozessorsteuereinheit überwachte ständig den gesamten Rechnerkomplex. Es handelte sich um einen kompletten Rechner mit zwei Festplatten.



Abb. 45: Konsol-Monitore

Die Abb. 45 und 46 vermitteln einen Eindruck vom Arbeitsplatz der Operateure: zum einen die Monitore, an denen die Rechanlage gesteuert und überwacht wurde und zum anderen die Magnetbandgeräte, wo noch Hand angelegt werden musste.



Abb. 46: Magnetbandgeräte der IBM 3090: links Kassetten-Laufwerke IBM 3480, rechts Spulen-Laufwerke IBM 3422

7.3.2 Peripherie

Drucker

Die Zeichencodierung der IBM 3090 für Bildschirmgeräte und Drucker erfolgte nach dem EBCDIC-Code (US-Variante).

Zeilendrucker IBM 4245-20

Der Zeilendrucker IBM 4245 Modell 20 war ein Stahlbanddrucker. Es wurde auf liniertem Papier mit 132 Zeichen pro Zeile und 72 Zeilen pro Seite gedruckt.

Daten:

- Druckgeschwindigkeit: 2.000 Zeilen/min (= 33 Seiten/min)

Der Express-Drucker IBM 4245 wurde zum 31. Dezember 1992 abgeschafft. Nachdem die Wartung gekündigt war, trat gleich ein Defekt ein, dessen Reparatur nicht mehr sinnvoll war. Ersatz war der HP LaserJet III Si.

Laserdrucker Siemens 2200/3

Ab dem 8. Februar 1988 erfolgte die Standard-Druckausgabe auf dem Siemens-Laserdrucker 2200 Modell 3. Die Ausgabe erfolgte auf unliniertem, weißem Papier (DIN A4: Breite 297 mm, Länge: 216 mm). Eine Druckseite konnte mit kleinem Font im Quer-(Landscape-)Format 66 Zeilen à 132 Spalten umfassen, im Hoch-(Portrait-)Format 66 Zeilen à 80 Spalten oder mit größerem Font 58 Zeilen à 66 Spalten.

Daten:

- Druckgeschwindigkeit: 106 Seiten/min

Plotter

Die Plotter wurden bis zur Außerdienststellung der Sperry 1100/80 weiterhin an dieser betrieben. Die Plotfiles wurden per Magnetband von der IBM 3090 empfangen.

Im Februar 1988 waren folgende in der UNIVAC-Ära beschafften Plotter in Betrieb:

- Benson 9215 (elektrostatischer Plotter)
- Calcomp 1051 (zwei Exemplare), mit schwarzem oder 4-Farben-Kuli
- Calcomp 1012 (DIN A3, mit 4-Farben-TintenkuLi
- Dialogterminals HP 2648A (schwarz/weiß)

Einer der beiden Calcomp 1012 wurde zu Testzwecken an die IBM 3090 angeschlossen.

(Die Beschreibung der Plotter folgt weiter unten!)

Bildschirmterminals

Bildschirmterminals wurden über einen Vorschaltrechner SEL¹ 8809 und zwei lokale Steuereinheiten ITT² 9474 mit der IBM 3090 verbunden. Für die Grundausstattung des Rechenzentrums wurden insgesamt 34 SEL-Bildschirmgeräte unterschiedlichen Typs in den Benutzerräumen der GWDG installiert.

1. SEL = Standard Electric Lorenz

2. ITT = International Telephone and Telegraph, Mutterfirma von SEL

Grafikterminals

Grafikterminals wurden erstmals an die VAX-11/780 angeschlossen, für die diese Rechenanlage auch gedacht war. Die beiden interaktiven Grafikterminals AYDIN 5216 und 5218 wurden noch im Mai 1990 an der VAX 8650 betrieben, als erste Defekte auftraten und die Herstellerfirma mitteilte, dass die Gerätetypen nicht mehr unterstützt würden. Schließlich wurde das AYDIN-System im Jahr 1991 mit Außerbetriebnahme der VAX 8650 abgeschafft.

Als Ersatz für AYDIN wurde im April 1990 eine Grafik-Workstation DEC VAXstation 3520 beschafft.

Weitere an der VAX betriebene Grafikterminals waren ein Tektronix 4010, ein Retro-Graphics VT640 und ein Plessey PT1006.

Ein Farb-Datensichtgerät IBM 3192-G stand ab April 1988 als „Preview“-Gerät zur Betrachtung von Plot-Dateien zur Verfügung.

Daten des IBM 3192-G:

- Bildschirmdiagonale: 14“ (35,6 cm)
- Bildpunkte: 720 x 384 Pixel
- Zeichenfläche: 24,0 x 17,2 cm
- Farben: rot, grün, blau, weiß, gelb, türkis, rosa, schwarz

Ab 1988 begann Farbgrafik auch für die Dialogterminals am Großrechner Standard zu werden.

Nach der Installation der VAX 9000 wurden im Benutzerbereich zur Grafikausgabe X-Window-Terminals installiert, die über Terminal-Server über Ethernet-Verkabelung an der VAX hingen. Der Typ DEC VT1200 war ein monochromes System mit einer Auflösung von 1.280 x 1.024 Bildpunkten, beim VT1300 handelte es sich um ein Farbgrafik-System mit einer Auflösung von ebenfalls 1.280 x 1.024 Pixeln mit einer Farbtiefe von 8 Bit. Beide Terminals wurden mit der DECwindows-Software betrieben und hatten eine grafische Bedienungsfläche.

Magnetbandrollen

Ab Juli 1988 wurde die Verarbeitung von Magnetbandrollen auf der IBM 3090 nicht mehr gefördert.

Auf der VAX 8650 wurden Magnetbandrollen weiter verarbeitet, dagegen keine Kassetten.

7.3.3 Vorschaltrechner

Eine besondere Schwierigkeit bei Großrechnern lag darin, dass nicht ohne weiteres Geräte fremder Fabrikate oder spezielle EDV-Geräte unmittelbar angeschlossen werden konnten, um ihre Daten zur Verarbeitung dem Großrechner zu übergeben oder

von diesem Ergebnisse für die weitere Verwendung zu bekommen. Diese Aufgaben wurden von Vorschaltrechnern (Frontend-Prozessoren) erledigt.

In der UNIVAC-Ära waren dies eine PDP-11/20 zum Anschluss eines elektrostatischen Plotters, von Prozessrechnern und verschiedener Terminals und eine PDP-11/44 zum Anschluss der Peripherie für die Grafikausgabe. Zum Anschluss von Bildschirmterminals und externen Rechnern in Instituten und im Rechnerverbund mit anderen Hochschulrechenzentren dienten die UNIVAC 418-III und deren Nachfolger Sperry DCP/40 als Vorschaltrechner.

Sperry DCP/40

Am 1. Januar 1988 wurde ein Sperry DCP/40 mit der 3270-SDLC-Schnittstelle und 19.200 Bd Übertragungsgeschwindigkeit an die IBM 3090 angeschlossen.

Um den Benutzern den Übergang von der Sperry 1100/80 zur IBM 3090 auch finanziell zu erleichtern und die vorhandene Hardware länger nutzen zu können, wurde dieser Datenübertragungsrechner Sperry DCP/40 an der IBM 3090 weiter betrieben. An ihm waren die in den Instituten vorhandenen Terminals UTS20 und UTS400 angeschlossen. Auf dem DCP lief ein Programm, das die angesprochenen Terminals gegenüber der IBM 3090 wie ein Terminal IBM 3270 erscheinen ließ. Damit war es möglich, die Sperry-Terminals auch noch an der IBM zu benutzen.

Diese Möglichkeit endete am 27. September 1989 mit der Abschaffung des DCP/40.

Zum 1. April 1988 wurden die Remote-Verbindungen auf den einen DCP/40 konzentriert und der andere abgebaut.

Weiterhin bediente der DCP/40 noch folgende Anschlüsse:

- über DATUS zum DATEX-P
- mit BSC¹ zur TU Braunschweig und EARN²
- OMNIMUX (lokale Vermittlung)
- PLANET (lokales Netzwerk)
- IBM-Tokenring (lokales Netzwerk)

ITT 8809-25

An die IBM 3090 wurde ein IBM-kompatibler Übertragungsrechner ITT 8809-25 angeschlossen, um die Terminals zu bedienen und Verbindungen zu entfernten Rechenanlagen bereitzustellen.

-
1. BSC = Binary Synchronous Communication
 2. EARN = European Academic Research Network

Der Frontend-Rechner Sperry DCP/40 wurde durch einen weiteren IBM-kompatiblen Rechner ITT 8809-25 ersetzt. An ihn wurden unter anderem die Standleitung nach Braunschweig und die Rechner in den Max-Planck-Instituten angeschlossen.

7.3.4 Terminals

Bildschirmgeräte

Mit der Abschaffung der Sperry 1100/82 endete die Zeit der UNISCOPE 200. Die Bildschirmgeräte UTS 20 und UTS 400 konnten noch so lange betrieben werden, wie der DCP/40 im Einsatz war, auf dem ein SNA¹-Gateway installiert war.

Über lokale SNA3270-Steuereinheiten vom Typ IBM 7171 und ITT 9474 wurden im Rechenzentrum der GWDG Bildschirmgeräte ITT 9210 (im Dialoggeräteraum I) und ITT 9230 – mit diesem Typ war der Schulungsraum (Dialoggeräteraum II) ausgestattet – angeschlossen. Das Modell ITT 9230 konnte auch mit der VAX 8650 verbunden werden.

Im zweiten Quartal 1988 wurden sechs Bildschirmgeräte vom Typ ITT 9266-G angeschlossen; es handelte sich um vektorgrafikfähige Farbbildschirme.

Bildschirmgeräte, die vornehmlich für den Betrieb an der VAX 8650 gedacht waren, waren die DEC VT220 kompatiblen Qume QVT 203. Über eine Emulation konnten sie auch an der IBM-Anlage arbeiten.

Eine große Zahl von asynchronen Bildschirmterminals waren an der VAX 8600 und an der microVAX II angeschlossen. Im März 1987 waren dies ca. 45 Terminals, PCs² und Drucker an der VAX 8600 und ca. 20 Terminals und PCs an der microVAX II. Im Mai 1988 waren etwa 33 VT100 in den Instituten angeschlossen (über die Fernmeldezentrale der Universität) und ebenfalls etwa 33 VT100 in der GWDG und im MPI für biophysikalische Chemie.

Über den SEL 8809 und die IBM 7171 war eine lokale Untervermittlung (Omnimux) an die IBM 3090 im Einsatz, die Verbindungen zu den verschiedenen Rechnern der GWDG vermittelte. Beide Steuereinheiten erlaubten den Anschluss asynchroner ASCII-Terminals an die mit dem 3270-Protokoll im EBCDIC-Code arbeitende IBM 3090. Die IBM 7171-Steuereinheit hatte darüber hinaus den Vorteil, in einen transparenten Übertragungsmodus geschaltet werden zu können, so dass ein Filetransfer mit Hilfe des auf fast allen Rechnern einsetzbaren Programms „Kermit“ ermöglicht wurde.

In den Instituten der Universität Göttingen waren Ende 1987 53 Bildschirmterminals in Betrieb, Ende 1989 nur noch 30. Dafür erhöhte sich die Zahl von Arbeitsplatz- und Experimentrechnern von 38 (Ende 1987) auf ca. 150 (Ende 1989). In den Göttinger Instituten der Max-Planck-Gesellschaft waren Ende 1987 63 Bildschirmterminals angeschlossen, Ende 1989 noch ca. 50. Die Zahl der Arbeitsplatz- und Experimentrechner dagegen wuchs von 16 (Ende 1987) auf ca. 120 (Ende 1989). Zum Ende der IBM-Ära (um 1994) ging die Zahl der an die GWDG angeschlossenen Bildschirmterminals fast auf Null zurück, während Arbeitsplatzrechner im PC-Netz der GWDG in sehr großer Zahl angeschlossen wurden.

Dialoggeräteraum I

Im Dialoggeräteraum I waren 18 Bildschirmstationen SEL 9192W, fünf grafikfähige IBM 3192G und ein TEX-Preview-Arbeitsplatz installiert. Sie waren über lokale Steuereinheiten an die IBM 3090 angeschlossen.

Dialoggeräteraum II

Im September 1987 wurden die zwölf an die Sperry angeschlossenen UTS400 durch IBM 3270-kompatible Bildschirmterminals ITT 9230 ersetzt.

Im Januar 1990 wurden diese Terminals gegen zwölf IBM-kompatible PCs (ITT XTRA) ausgetauscht, deren Emulationsprogramm eine IBM-3192C-Bildschirmstation emuliert. Die PCs waren mit einer speziellen Koaxial-Verbindung über lokale Steuereinheiten an die IBM 3090 angeschlossen, die 3270-Kompatibilität bot das Kommunikationsprogramm „Extra“ der Firma Attachmate.

An den PCs im Dialoggeräteraum II war die Entwicklung der Möglichkeiten für Personal Computer gut abzulesen. Anfangs waren sie als typische Rechenzentrums-Installation so ausgestattet, dass sie lediglich als Bildschirmterminal zum Großrechner (hier IBM 3090) genutzt werden konnten.

Die zwölf IBM-AT-kompatiblen PCs, die als Terminal an der IBM 3090 genutzt werden konnten, standen ab Juni 1990 auch für PC-Anwendungen zur Verfügung, z. B. war es möglich, Textverarbeitung mit Word zu machen und auf einem PostScript-Laserdrucker zu drucken. Es bestand nun auch die Möglichkeit, von diesen PCs Dateien zwischen Großrechner und PC zu übertragen, und zwar von 3,5“-Disketten mit 1,44 MB und von 5,25“-Disketten mit 1,2 MB Speicherkapazität.

Im Mai 1991 wurde die SNA-Anbindung mit Extra-Emulation auf den PCs auf Ethernet umgestellt und das DECnet-Protokoll verwendet. Die PCs waren nun nicht mehr über die speziellen Koaxial-Verbindungen mit den Steuereinheiten verbunden, son-

1. SNA = System Network Architecture

2. PC = Personal Computer

dem konnten über Ethernet alle Rechner im DEC-Netz erreichen.

Ab November 1991 waren zwei PCs mit einer X-Window- bzw. DECwindows-Emulation ausgestattet. Die Emulation konnte 256 Farben bei einer Auflösung von 1.024x768 Bildpunkten darstellen. Es wurde eine Windows-Oberfläche für UNIX und VAX geboten.

Im Dezember 1991 erhielten die zwölf PCs im Dialoggeräteraum zwei neue Grundplatten mit 33-MHz-Intel-80386-Prozessoren, kombinierte VGA/8514-Grafikadapter und 17“-Farbmonitore. Nun konnten alle PCs als X-Window-Terminal genutzt werden. Weiterhin erhielten die PCs mit einer neuen TCP/IP-Software eine direkte Anbindung an das Internet. Ein „Telnet“-Programm mit VT100-Emulation und eines mit 3270-Emulation ermöglichten passenden Zugang zur DEC- und zur IBM-Welt. Mit „FTP“ konnten Dateien transferiert werden.

Zwei Drucker, der Kyocera F-1010 und der QMS PS810 PostScript-Drucker, waren im Dialoggeräteraum II installiert.

Terminalanschlüsse für externe Rechner

Mit der Sperry 1100/80 wurden die NRV²-Verbindungen abgeschafft und durch DFN- oder DECnet-Protokolle ersetzt. Auch die RSP³-Verbindungen mussten durch andere Protokolle ersetzt werden.

7.3.5 Erweiterungen und Einweihung der IBM 3090

Schon im April 1988 wurde die Rechanlage um einen dritten Prozessor mit Vektoreinrichtung erweitert. Die Leistung betrug nun 48 MIPS. Außerdem wurde die Massenspeicherkapazität durch Anschluss von zwei Magnetplattenuntersystemen IBM 3780 Modell K auf eine Gesamtmassenspeicherkapazität von 45 GB erhöht.

Die Einweihung der IBM 3090 in Anwesenheit des damaligen Niedersächsischen Ministers für Wissenschaft und Kunst, Dr. Johann-Tönjes Cassens, erfolgte etwas verspätet am 15. Dezember 1988.

1. FTP = File Transfer Program

2. NRV = Niedersächsischer Rechnerverbund
3. RSP = Remote Symbiont Protocol

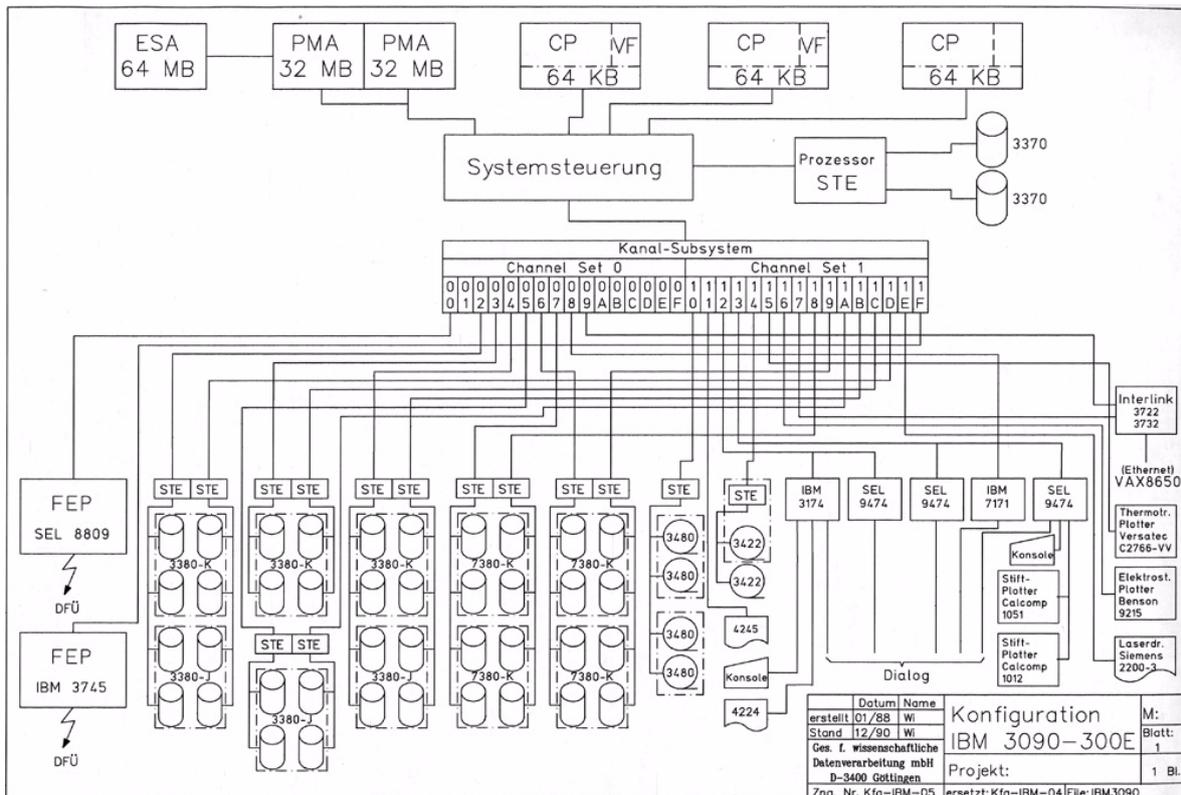


Abb. 47: Anlagenkonfiguration der IBM 3090-300E/VF Ende 1990

7.3.6 Das Ende von Sperry UNIVAC bei der GWDG

Ende März 1988 wurde der Anschluss der Sperry 1100/82 an das EARN/BITNET abgeschaltet. Die GWDG war nun nur noch über die IBM 3090 zu erreichen.

Nachdem die Sperry 1100/82 am 30. Juni 1988 abgeschaltet worden war, konnte am Abend des 6. Juli 1988 das letzte Kabinett im Maschinensaal der GWDG abgebaut werden. Damit ging eine DV-technische Ära zu Ende, die fast auf den Tag genau 18 Jahre gedauert hatte. Die größte Konfiguration, die die GWDG betrieben hatte, ein System Sperry 1100/80 mit fünf Rechenprozessoren, 4 MW Hauptspeicher und 1,9 GW Massenspeicher, wurde 1984 erreicht. Sie leistete etwa 12,5 MIPS. Zwischen dem 17. Juli 1970 und dem 6. Juli 1988 haben die Anlagen 9.338.851 Aufträge, RUNs genannt, ausgeführt. 96 Millionen Blatt Papier sind dabei bedruckt worden.

Das Ende von Sperry UNIVAC als traditionsreicher Rechnerhersteller kam wenig später. Erstes schlechtes Zeichen war der Verzicht auf den Markennamen UNIVAC; im Jahr 1986 fusionierte Sperry mit dem ebenfalls auf eine hundertjährige Tradition zurückblickenden Computerbauer Burroughs zur Firma „UNISYS Corp.“, die aber am Computermarkt keine herausragende Rolle mehr spielen sollte. Entwicklung und Herstellung von Computern fanden bald nicht mehr statt.

7.3.7 Rechnernetzwerk

Kopplung der Großrechner

Im Dezember 1987 wurde ein IBM VM/DECnet Gateway der Firma Interlink installiert. Das Gerät mit einer microVAX II-CPU erlaubte den Anschluss der IBM 3090 an das im Rechenzentrum verlegte Ethernet und betrieb die IBM-Anlage als einen Knoten im DECnet.

Die installierte Version erlaubte gleichzeitig bis zu 16 Verbindungen und hatte eine Durchsatzrate von maximal 80 KB/sec. Die Transferrate pro Verbindung lag bei maximal 45 KB/sec.

Von Februar 1988 an wurden das Deutsche Forschungsnetz (DFN) und das Paketvermittlungsnetz der Deutschen Bundespost (DATEX-P) genutzt:

- DFN: Unterschiedliche Rechnerarchitekturen sollten vorzugsweise unter Nutzung von DFN-Software verbunden werden. Der Durchgriff auf VAX-Ressourcen wurde durch ein zentrales Gateway unterstützt.
- X.25: Der Einsatz der Netzwerkarchitekturen erforderte keine getrennte Auslegung des Über-

tragungsnetzes, wenn die herstellerunabhängige X.25-Übertragungstechnologie eingesetzt wurde. X.25-Leitungen waren auch die Voraussetzung für ein offenes Netzwerk, für das allerdings noch die oberen Protokollschichten fehlten.

Vernetzung im Rechenzentrum

Ab 1988 sorgte eine X.25-Untervermittlung DATUS 5810 für externe Rechnerverbindungen über das paketorientierte Datennetz DATEX-P¹ der Deutschen Bundespost. Eine lokaler Vermittlungsmultiplexer Racal Milgo Omnimax 2000 ermöglichte ab dem 18. Mai 1988 den Verbindungsaufbau zu den Rechnern der GWDG innerhalb des Göttinger Rechnernetzes.

Ab Februar 1989 stand das Dateiübertragungsprogramm „Kermit“ auch auf der IBM 3090 zur Verfügung. Mikrorechner konnten nun über das Vermittlungssystem OMNIMUX oder über das lokale Netzwerk PLANET eine Verbindung zur IBM 3090 aufbauen, sich dort anmelden und das Programm „Kermit“ aufrufen.

DECnet

Göttinger DEC-Netz

Die GWDG förderte die Vernetzung der mit DEC-Rechnern ausgestatteten Bereichsrechenzentren auf der Basis von DECnet, der von diesen Rechnern standardmäßig benutzten Kopplungs-Software.

DECnet umfasste Protokolle zum Datei- und Dialogzugriff auf alle im Netz erreichbaren Rechner und weitere Dienstleistungen wie z. B. Mail.

Die Kopplung der Rechenanlagen konnte über serielle Leitungen, Ethernet oder das X.25-Netz (DATEX-P) erfolgen.

Außer für DEC-Rechner gab es auch Produkte zum Anschluss anderer Systeme an DECnet. Das galt speziell für IBM-Rechner: Die GWDG integrierte die IBM 3090 als Endknoten in das Netz mittels eines VM/DECnet-Gateways.

Das „Göttinger DEC-Netz“ wurde organisatorisch von der GWDG verwaltet. Diese Verwaltung bezog sich insbesondere auf die Festlegung der Adressen der teilnehmenden Rechner und der Netzwerktopologie.

Arbeitsplatz- und Experimentrechner in allen Instituten, die Bereichsrechenzentren und die Rechner im Rechenzentrum der GWDG einschließlich der IBM 3090 konnten über das DECnet-Protokoll die Funktionen Dialog, Dateitransfer und RJE² nutzen.

1. DATEX-P = Data Exchange, paketorientiert
2. RJE = Remote Job Entry

Im Folgenden sind die anfangs beteiligten Institute und die Typen der angeschlossenen Rechner aufgeführt:

- GWDG:
VAX 8650, microVAX II, IBM-PC, (geplant ab 12/1987): IBM 3090
- MPI für biophysikalische Chemie:
microVAX II, VAX-11/730, PDP-11/73, PDP-11/44, IBM-PC
- MPI für Strömungsforschung:
VAX-11/750, microVAX II, PDP-11
- MPI für Aeronomie:
VAX 8550, microVAX II, PDP-11
- Institut für numerische und angewandte Mathematik:
VAX-11/780, microVAX II
- Institut für forstliche Biometrie:
microVAX II
- Institut für Forsteinrichtung und Ertragskunde:
microVAX II

Im April 1988 waren mit der GWDG die Max-Planck-Institute für

- biophysikalische Chemie,
- experimentelle Medizin,
- Strömungsforschung und
- Aeronomie

über DECnet verbunden. Dazu kamen in der Universität

- Institut für Numerische und Angewandte Mathematik,
- Institut für Metallphysik,
- Forstlicher Fachbereich und
- Psychiatrische Klinik.

Die GWDG bot für Rechenanlagen, die über DECnet angeschlossen waren, neben dem Zugriff auf ihre Großrechner auch eine Verbindung zum DATEX-P-Netz und damit zu auswärtigen Rechnern. Seinerzeit verfügbar war die Dialogverbindung zum Konrad-Zuse-Rechenzentrum (ZIB) in Berlin. Die Realisierung weiterer Zugriffsmöglichkeiten war beabsichtigt, bedurfte aber wegen der entstehenden Übertragungskosten noch einer Klärung der Abrechnungsmodalitäten.

TCP/IP

Das in den USA mit dem Ethernet eingeführte Übertragungsprotokoll TCP/IP¹ spielte in Göttingen im betrachteten Zeitraum noch keine große Rolle, weil

es in der IBM-Welt noch nicht angekommen war und die DEC-Welt ihr eigenes Übertragungsprotokoll hatte.

Anschluss von externen Rechnern

Während in der UNIVAC-Ära nur eine kleine Anzahl von Rechnern in den Instituten und in wenigen Rechenzentren anderer Hochschulen per „Datenfernübertragung“ über Stand- oder Wählleitungen der Deutschen Bundespost mit dem Großrechner der GWDG verbunden war, entwickelte sich dies in der IBM-Ära zu einem Rechnernetz. Immer mehr Rechner in Instituten – mittlere Rechner, Klein- und Prozessrechner und schließlich auch eine große Anzahl von Arbeitsplatzrechnern – sollten mit den Rechenanlagen im Rechenzentrum der GWDG verbunden werden.

Möglich wurde diese Vernetzung durch die Netzwerktechnologie „Ethernet“, die es erlaubte, dass alle angeschlossenen Rechner miteinander kommunizieren konnten, und zwar jeder mit jedem. Die Kommunikation – Dialogterminal und Dateitransfer – konnte über das Ethernet mit verschiedenen Protokollen abgewickelt werden: In Göttingen wurde vorwiegend das DECnet-Protokoll und das TCP/IP-Protokoll verwendet, in geringem Umfang auch Appletalk, das allerdings nur die Rechner des Herstellers Apple (und kompatible) zum Dateiaustausch miteinander verbinden konnte.

Innerhalb des Telefonnetzes der Universität Göttingen wurden auch höhere Übertragungsgeschwindigkeiten möglich, nachdem die Universitäts-Fernmeldezentrale mit einer Hochgeschwindigkeitsleitung angebunden werden konnte, auf der der Datenverkehr mit Hilfe von Multiplexern zusammengefasst und gebündelt auf eine schnelle Mietleitung mit zunächst 64 Kbit/sec (mit dem Multiplexer T96) und ab Juli 1988 mit 1,92 MBit/sec (Multiplexer HSM2) geschaltet wurde.

Das Ethernet erlaubte dort, wo die Rechner mit Koaxialkabeln untereinander verbunden werden konnten, die Übertragungsgeschwindigkeit 10 MBit/sec. Solche Teilnetze konnten über sogenannte „Remote Bridges“ mit Telefonstandleitungen geringerer Übertragungsraten miteinander verbunden werden.

Im Jahr 1993 konnte das Hochgeschwindigkeitsnetz GÖNET in Betrieb genommen werden, das auf Glasfaserleitungen hoher Übertragungskapazität basierte.

1. TCP/IP= Transmission Control Protocol / Internet Protocol

Angeschlossene mittlere und Kleinrechner über RSP-Schnittstelle

Im August 1987 waren noch folgende Institutsrechner über die RSP-Schnittstelle verbunden. Sie waren mit dem verbliebenen DCP/40 verbunden und wurden später ans Ethernet angeschlossen:

- Agrarökonomie: DEC PDP-11/23
- Bioklimatologie: DEC PDP-11/23
- Forsteinrichtung: DEC LSI-11/2
- Forstliche Biometrie: DEC PDP-11/34
- Geochemie: DEC PDP-11/34
- II. Phys. Institut: DEC PDP-11/23
- II. Phys. Institut: DEC PDP-11/34
- III. Phys. Institut: DEC PDP-11/23
- IV. Phys. Institut: DEC PDP-11/34
- Neurobiologische Forschung: DEC PDP-11/03
- Neurophysiologie: DEC PDP-11/34
- Planungs- und Informationszentrum: DEC LSI-11
- Sternwarte: DEC PDP-11/44

Diese Rechner konnten alle mittels DECnet miteinander verbunden werden.

Wählleitungszugänge

Im Dezember 1991 wurden Zug um Zug die vier Wählleitungszugänge zur GWDG um- und aufgerüstet.

Die vier bisherigen Modems, die jeweils nur für eine Geschwindigkeitsklasse ausgelegt waren, wurden durch sogenannte Multi-Modems ersetzt. Alle vier Geräte konnten nun mit bis zu 9.600 Bit/s Übertragungsgeschwindigkeit arbeiten. Die Wählleitungszugänge waren nun unter einer Sammelrufnummer (50267-10) erreichbar. Eine neu installierte ISDN¹-Nebenstellenanlage übernahm die Weiterschaltung auf einen freies Modem.

Terminalschnittstellen zur IBM 3090

Terminals an der IBM 3090 arbeiteten mit der 3270-Emulation. Das Netzwerk der IBM-Anlage wurde auf der Basis der IBM System Network Architecture (SNA) aufgebaut. Der Zugang zur IBM 3090 erfolgte über einen Frontend-Rechner, eine Ausnahme bildeten nur die lokal aufgestellten Bildschirme, die über eine Steuereinheit direkt an einen IBM-Kanal angeschlossen wurden.

1. ISDN = Integrated Services Data Network

Die GWDG stellte auf dem FEP² folgende Protokolle zum Anschluss von Endgeräten zur Verfügung:

a) Asynchron

Zum Anschluss von (Teletype-artigen) Geräten, die Zeichen für Zeichen sendeten und empfangen. Im FEP erfolgte eine Umsetzung auf ein IBM-Standard-Terminal (IBM 3270) mit Full-Screen-Funktionalität.

b) SNA3270

Zum Anschluss von Steuereinheiten gemäß SNA-Konvention, an denen Bildschirmgeräte betrieben wurden. Die synchrone Leitung wurde mit einem speziellen IBM-Protokoll oder der X.25-Übertragungstechnologie betrieben.

Für Personal Computer gab es spezielle Hard- und Software, die eine SNA3270-Emulation bot.

c) X.25

Zum Anschluss von SNA-3270-Steuereinheiten und der DFN-Software.

d) DFN

Filetransfer, RJE und zeilenorientierter Dialog mit Rechnern, die den DFN-Protokoll-Spezifikationen folgten.

e) RSCS

„Remote Spooling Communication System“ zur Kopplung von IBM-Rechnern. Benutzer von angeschlossenen Rechnern konnten direkt Mails, Jobs und Printfiles tauschen.

Ab Januar 1988 stand eine Standleitung zum Rechenzentrum der TU Braunschweig zur Verfügung, die für eine RSCS-Kopplung benutzt wurde. Diese Verbindung ermöglichte einen direkten Zugang zu EARN/BITNET und ähnlichen Netzen.

7.3.8 Rechnerverbund

Braunschweig

Eine Verbindung zum Rechenzentrum der TU Braunschweig mit der Amdahl 470 V/7 und dem Vorschaltrechner IBM 4341 konnte gleich nach Installation der IBM 3090 von dieser bedient werden, da die Braunschweiger Anlagen IBM-kompatibel waren.

Berlin

Anfangs die Cray-1M, später eine CRAY X-MP/24 des Konrad-Zuse-Zentrums für Informationstechnik Berlin (ZIB) waren über DATEX-P erreichbar.

2. FEP = Front End Processor

RRZN und andere

Das regionale Rechenzentrum für Niedersachsen (RRZN, an der Universität Hannover) und weitere Hochschulrechenzentren im niedersächsischen Rechnerverbund wurden ebenfalls über DATEX-P erreicht.

7.3.9 Internet

EARN/BITNET

Im November 1987 wurde die IBM 3090 an das EARN-Netz angeschlossen, und zwar über eine Standleitung nach Braunschweig, dem nächsten Knoten im EARN-Netz.

Die Sperry 1100/82 war über eine DATEX-L¹-Wählleitung an Braunschweig angeschlossen; das sollte wegen der zusätzlichen Kosten am 31.01.1988 enden.

EARN/BITNET umfasste im März 1988 2.200 Knoten.

Wissenschaftsnetz (WIN)

Im Auftrag des Vereins zur Förderung eines deutschen Forschungsnetzes (DFN-Verein) wurde von der Deutschen Bundespost TELEKOM ein Datenetz für die hochschulübergreifende Kommunikation eingerichtet. Das Netz sollte bundesweit bis April 1990 fertiggestellt sein und den Namen „Wissenschaftsnetz“ (WIN) tragen.

Das Netz entsprach technisch und betrieblich dem öffentlichen DATEX-P-Netz. Entgegen den Regelungen im öffentlichen DATEX-P-Netz wurde die Nutzung des WIN zu festen monatlichen Gebühren überlassen, es fielen also keine zusätzlichen Volumen- und Zeitgebühren an. Die GWDG bekam einen 64 kbit/s-Anschluss (vorher 4,8 kbit/s).

„Mit dem WIN werden die bisher unterhaltenen Standleitungen (EARN) und der Datex-P-Anschluss überflüssig. Die vom EARN bekannten Netzfunktionen werden vorerst erhalten bleiben. Zu einem spä-

1. DATEX-L = Data Exchange, leitungsvermittelt

teren Zeitpunkt wird jedoch der Übergang auf einheitliche DFN- und ISO-Protokolle erfolgen.“²

Im WIN waren alle Universitäten, Großforschungseinrichtungen, viele Fachhochschulen und öffentliche Informationsanbieter erreichbar. Die Übergänge ins Ausland blieben zunächst in der gewohnten Form erhalten (EARN, öffentliches DATEX-P-Netz). Innerhalb Europas wurde jedoch im Rahmen eines EUREKA-Projekts an der Errichtung eines europäischen Wissenschaftsnetzes gearbeitet, das ähnliche Möglichkeiten wie das deutsche Wissenschaftsnetz bieten sollte.

Die Nutzung von Verbindungen innerhalb des WIN wurde bis auf weiteres nicht berechnet. Der Übergang in das öffentliche DATEX-P-Netz, der auch angeboten wurde, war weiterhin kostenpflichtig. Selbstverständlich war ein Teilnehmer im WIN auch vom öffentlichen DATEX-P-Netz erreichbar.

Der WIN-Anschluss der GWDG sollte voraussichtlich am 14.02.1990 installiert werden und der vorher benutzte DATEX-P-Anschluss am 5. März 1990 abgeschaltet werden.

Alle an die DATUS-X.25-Untervermittlung angeschlossenen Rechner bekamen den freien Zugang zum WIN.

Gopher

Der „Internet-Gopher“ war ein verteiltes, weltweites Informations- und Retrievalsystem, welches sich damals in vielen Ländern und speziell in den wissenschaftlichen Rechenzentren Deutschlands schnell verbreitete. Das Informationssystem wurde 1991 von der University of Minnesota entwickelt und erlaubte aufgrund seiner einfachen Handhabung speziell dem DV-Laien, problemlos auf vielfältige Informationen in vielen Rechnern zuzugreifen.

Im Februar 1993 standen weltweit über 500 Gopher-Server zur Verfügung, in Europa über 100, in Deutschland über 50.

2. GWDG-Nachrichten 1/1990

7.3.10 Das PC-Netz der GWDG

Im Jahr 1990 wurde in der GWDG ein PC-Netz mit einem zentralen Server und Benutzer-Authentifizierung eingerichtet. Dieser Server war anfangs ein PC des Typs IBM PS/2, Modell 80 mit dem Betriebssystem OS/2, und als Netzwerksoftware wurde „3+Open“ der Firma 3Com eingesetzt.

Am 21. März 1991 wurde ein wesentlich leistungsfähigerer Server eingesetzt, nämlich die „GWDW04“, eine DEC VAXstation 3100. Als Netzwerksoftware wurde nun PATHworks von DEC verwendet. Damit war es möglich, optimal sowohl mit der IBM 3090 als auch mit der VAX 9000 zu kommunizieren. Für den Benutzer ergab sich eine weitere Neuerung, nämlich, dass er auch im PC-Netz über persönlichen Speicherplatz verfügen konnte, denn der Server war mit ausreichend großen Festplatten bestückt. Auch wurde der Benutzer bei der Anmeldung am PC mit seinem persönlichen Speicherplatz auf der VAX 9000 automatisch verbunden. Darüber hinaus bekam der Benutzer zu virtuellen Platten Zugriff, auf denen System- und Anwendungssoftware zur Verfügung standen. Automatisch wurden auch die beiden Drucker im Dialoggeräteraum II verbunden (der Kyocera und der QMS PS810).

Bedingt durch den Ausbau des Netzes kam der Server des PC-Netzes an die Grenzen seiner Leistungsfähigkeit. Ende Juli 1993 wurden die Aufgaben dieses Servers auf zwei neue Server aufgeteilt:

Server für Anwendungssoftware wurde „GWDP51“ – ein leistungsfähiger IBM-PC-kompatibler Rechner mit Intel-486-Prozessor mit dem Betriebssystem OS/2 – und Server für Benutzerdaten und Druckausgabe wurde die „GWDU03“ – eine DECstation 3100 –, d. h. die Benutzerdaten wurden im UNIX-Cluster der GWDG gespeichert. Von nun an wurde auch im PC-Netz das TCP/IP-Protokoll verwendet.

Um Zeit für die Migration zu bieten, blieb der vorherige Server „GWDW04“ bis Ende 1993 in Betrieb.

7.3.11 Ein-/Ausgabe-Peripherie

Drucker mit veralteter Technologie

Im April 1987 ging der erste Typenkorbdrucker NEC Spinwriter außer Betrieb. Als Ersatz stand ein Laserdrucker Kyocera F1010 bereit. Ab August 1987 standen keine Schreibmaschinenterminals mehr zur Verfügung und im Januar 1989 wurden auch die verbliebenen Nadel-, Typenrad- und Typenkorbdrucker abgeschafft.

Laserdrucker

QMS Lasergrafix 1200

Ab März 1985 stand ein erster Laserdrucker Lasergrafix LG 1200 zur Verfügung. Er wurde bis zum 1. Dezember 1989 an der VAX 8650 betrieben.

Daten:

- Auflösung: 300 dpi
- Druckgeschwindigkeit: 10 Seiten/min

Kyocera F1010

Ein Laserdrucker Kyocera F1010 stand ab Oktober 1986 zur Verfügung. Seit der Außerbetriebnahme des QMS LG 1200 war er im VAX-Benutzerraum installiert.

Daten:

- Auflösung: 300 dpi

Kyocera F2200

Der 1987 beschaffte kleine Laserdrucker Kyocera wurde bis zum Abbau der S1100/82 an dieser, anschließend an der IBM 3090 weiter betrieben. Ein weiterer Kyocera 2200 war an die VAX angeschlossen und im VAX-Benutzerraum stationiert.

Daten:

- Auflösung: 300 dpi
- Druckgeschwindigkeit: 12 Seiten/min

Siemens 2200-3

Am 17. Dezember 1987 wurde als Haupt-Drucksystem der Laserdrucker Siemens 2200 Modell 3 geliefert; am 8. Februar 1988 ging er in den Benutzerbetrieb.

Daten:

- Auflösung: 240 dpi
- Druckgeschwindigkeit: 103 Seiten/min



Abb. 50: Laserdrucker Siemens 2200

Agfa P400PS

Der Agfa P400PS war der erste PostScript-Laserdrucker in der GWDG und an der VAX von November 1989 bis August 1993 in Betrieb. Ab 2. Mai 1992 war er nicht mehr an der IBM 3090 angeschlossen,

sondern an der VAX 8650. Er wurde durch einen HP LaserJet 4 ersetzt.

Daten:

- Auflösung: 406 dpi
- Druckgeschwindigkeit: 12 Seiten/min

QMS 810

Dieser PostScript-fähige Laserdrucker war seit 1990 an den PCs im Dialoggeräteraum II verfügbar.

Daten:

- Auflösung: 300 dpi

HP LaserJet IIIsi

Der im Oktober 1991 beschaffte PostScript-Laserdrucker HP LaserJet IIIsi wurde im November 1993 so aufgerüstet, dass das Papier nun doppelseitig bedruckt werden konnte.

Daten:

- Auflösung: 300 dpi
- Druckgeschwindigkeit: 18 Seiten/min

HP LaserJet 4 Si MX

Der im Juni 1993 beschaffte PostScript-Laserdrucker HP LaserJet 4 Si MX ersetzte im August 1993 den Agfa P400, womit die Qualität der Druckausgabe wesentlich gesteigert wurde:

Daten:

- Auflösung: 600 dpi

Kyocera FS-3500

Im August und im Oktober 1993 gingen zwei Laserdrucker vom Typ Kyocera FS-3500 in den Benutzerbetrieb, letzterer mit einer Duplexeinheit, die es ermöglichte, beidseitig zu drucken.

Plotter

Die Plotter (grafische Ausgabe auf Papier) waren zum Teil an der PDP-11/44 (bis 1992) angeschlossen, zum Teil direkt an einem IBM-3090-Kanal (Siemens 2200, Versatec C2766 und Benson 9215), über lokale Steuereinheit SEL 9474 (Calcomp 1012, 1051) und zum Teil an der VAX (Versatec V 80, Prism 132 und QMS LG 1200).

Calcomp 1012

Der Stiftplotter war seit November 1980 im Einsatz. Da die Fa. Calcomp den Wartungsvertrag gekündigt hatte, wurde er am 01.01.1992 abgeschafft.

Calcomp 1051

Dieser Stiftplotter blieb weiterhin im Einsatz – bis zu seiner Abschaffung mit der Außerdienststellung der IBM 3090.

Versatec V80

Der elektrostatische Plotter war bis 1991 an der VAX 8650 angeschlossen. Da dies an der VAX 9000 nicht möglich war, ging er im Jahr 1991 mit der Abschaffung der VAX 8650 außer Betrieb.

Prism 132

Der Farbrasterplotter gehörte seit 1985 zur Peripherie der VAXen.

Versatec C2766-VV

An der Rechenanlage IBM 3090 gab es ab Januar 1989 die Möglichkeit, farbige Grafiken mit mehr als vier Farben bzw. farbige Flächengrafiken auf Papier oder Klarsichtfolie auszugeben. Hierfür stand der Thermotransfer-Plotter C2766-VV der Firma Versatec als neues Farbausgabegerät zur Verfügung.

Beim Thermotransfer-Verfahren wurden wachshaltige Farben von einem Farbträgerband durch Wärme abgelöst und auf das Ausgabemedium übertragen. Da die Farben unter zusätzlichem Druck auf die Oberfläche des Ausgabemediums „geschweißt“ wurden, waren die Plots absolut wischfest, lichtbeständig und von brillianter Qualität.

Für Liniengrafiken konnten die sieben Grundfarben – Schwarz, Rot, Grün, Blau, Magenta, Gelb und Cyan – verwendet werden. Zusätzlich standen für Flächengrafiken noch 249 verschiedene Farbschattierungen zur Verfügung.

Daten:

- Punktgröße: 0,08 mm
- nutzbare Zeichenfläche:
23,9 x 20,0 cm (DIN A4) bzw.
36,2 x 28,6 cm (DIN A3)

Der Versatec C2766 ging zum Jahresende 1993 wegen der hohen Wartungskosten außer Betrieb.

Benson 9215

Der elektrostatische Plotter wurde wegen seiner hohen Wartungskosten und der nachlassenden Ausgabequalität am 1. März 1992 abgeschafft.

HP 7600-355

Ab Anfang 1991 war im Rechenzentrum für die grafische Ausgabe ein elektrostatischer Farbplotter HP 7600 Modell 355 installiert. Dieser Farbrasterplotter bot die Möglichkeit, auch großformatige Zeichnungen bis DIN A0 in hoher Auflösung mit bis zu 2.000 Flächenfarben auszugeben. Er konnte auch für reine Schwarz/Weiß-Ausgaben verwendet werden.

Daten:

- elektrostatisches Prinzip
- Auflösung: 406 dpi (= 160 Punkte/cm)

- Durchmesser der Schreibspitzen: 0,06 mm
- Anzahl Stiftelektroden: 160 pro cm (zwei gegenüber versetzte Reihen im Abstand von 0,0625 mm)
- Farben: Cyan, Gelb, Magenta, Schwarz
- Das Papier machte 4 Durchläufe.
- Ausgabemedium: Endlospapier, Länge: 152,4 m und Breite: 91,4 cm, davon konnten maximal 86,3 cm für eine Zeichnung genutzt werden.

HP 7550A

Der Stiftplotter HP 7550A, angeschlossen an die VAX 9000, konnte ab Januar 1992 auch von der IBM 3090 für die Ausgabe von Plotdateien genutzt werden.

Daten:

- Typ: Flachbett-Stiftplotter mit Einzelblattverarbeitung und automatischer Zuführung bzw. Ablage des Papiers
- Schrittweite: 0,025 mm
- Plottersprache: HP-GL
- Anzahl Stifte: 8, auf einem Stiftkarussell angeordnet;
- Farben: Schwarz, Rot, Grün, Blau, Magenta Purpur), Gelb, Cyan (Türkis)
- Stiftart: Tintenkuli
- Strichbreite: 0,3 mm
- Blattgröße: DIN A3 (42,0 x 29,7 cm)
- nutzbare Zeichenfläche: 39,9 x 27,1 cm
- Stiftwechsel: Die Zeit für den Stiftwechsel betrug 2,5 Sekunden.

Tektronix 4692

Zum AYDIN-Grafiksystem beschaffte die GWDG einen Farb-Tintenstrahldrucker Tektronix 4692. An der VAX 9000 konnte dieses Gerät nicht weiter betrieben werden. Es wurde daher an die Grafik-Workstation DEC VAXstation 3540 angeschlossen.

Canon CLC 500

Ab Anfang 1993 war der Plotter/Kopierer Canon CLC¹ 500 in Betrieb. Erstmals bestand im Rechenzentrum der GWDG die Möglichkeit, PostScript-Grafiken im Format DIN A3 auszugeben. Eine IPU² 10 ermöglichte die Nutzung des Kopierers als Plotter oder Scanner.

-
1. CLC = Color Laser Copier
 2. IPU = Intelligent Processing Unit

Daten:

- Verfahren: elektrostatisch
- Bildformate: DIN A4 und DIN A3
- Auflösung: 400 dpi (157 Punkte/cm), (280 dpi im DIN-A3-Format)
- Farbtiefe: 24 Bit, d. h. über 16 Mio. Farben pro Bildpunkt
- nutzbare Zeichenfläche:
DIN A4: 19,8 x 29,1 cm
DIN A3: 29,1 x 40,8 cm
- Grundfarben: Cyan, Gelb, Magenta und Schwarz
- Je Grundfarbe waren 256 Halbtonstufen möglich.
- Farbkopien auf Overhead-Folie waren möglich.
- IPU 10 Bildspeicher: 48 MB
- IPU 10 Textspeicher: 4 MB

Der CLC 500 wurde von einer Workstation „SUN SPARC 10“ gesteuert.

Tektronix Phaser IISD

Ab November 1993 war ein weiterer PostScript-Farbdrucker im Einsatz, der hinsichtlich der Ausgabequalität höchsten Ansprüchen genügte. Es handelte sich um den Farbsublimationsdrucker Tektronix Phaser IISD, der aufgrund seiner stufenlosen Farbmischtechnik fotorealistische Farbbilder druckte.

Daten:

- Auflösung: 300 dpi
- Papiergröße: DIN A4 (200 x 238 mm)

Der Nachteil dieses Druckers muss auch genannt werden: Hinsichtlich des Verbrauchsmaterials war er besonders teuer – eine DIN-A4-Seite kostete etwa 7,50 DM.

HP DraftMaster MX Plus

Ab Dezember 1993 stand ein Stiftplotter für großformatige Darstellungen (bis maximal DIN A0), der HP DraftMaster MX Plus, zur Verfügung.

Daten:

- Stiftart: Tintenkuli, 7 Farben – oder
- Stiftart: Tusche, 4 Strichstärken

Grafische Ausgabe

Computer Output on Microfilm

Im März 1988 wurde das Benson COM-Gerät von der PDP-11/44 auf eine DEC LSI-11 umkonfiguriert.

Die Daten wurden wieder per Magnetband transferiert. Die „On-Line“-Verbindung zur PDP-11/44 musste aufgegeben werden, da sie auf einer Kanal-Kopplung zur Sperry 1100 basierte.

Agfa Matrix SlideWriter

Anfang 1991 wurde an den Kleinrechner Apple Macintosh IIcx im PC-Labor ein „Agfa Matrix Slide-Writer“-Diabelichter angeschlossen. Hier bestand die Möglichkeit, Computergrafik auf Farbdiaositivfilm, Farbnegativfilm oder Schwarz/Weiß-Negativfilm zu belichten. Die Auflösung betrug 4.096 x 2.732 Pixel und es konnten 16,7 Millionen Farbtöne dargestellt werden.

Daten:

- Auflösung: 4.096 x 2.732 Pixel
- Fläche: 36 x 24 mm
- Anzahl Farben: 16,7 Mio.
- Kamera: Pentax A3000
- Film: Kodak Ektachrome 100 ASA

Grafische Eingabe

Kamera-Scanner

1985 wurde ein Kamera-Scanner „Datacopy Model 900“ beschafft und an einem IBM PC/AT in Betrieb genommen. Er gestattete das Digitalisieren grafischer Vorlagen bis zu einer Größe von etwa DIN A2. Das Gerät wurde bis 1992 im Rechenzentrum betrieben.

HP ScanJet

Ein DIN-A3-Flachbett-Scanner für scharz/weiße Vorlagen vom Typ HP ScanJet wurde ab 1990 an einem IBM PC/AT im PC-Labor betrieben.

Daten:

- Auflösung: 300 dpi

Epson GT-6000

Ein DIN A3 Flachbett-Scanner für farbige Vorlagen vom Typ Epson GT-6000 wurde ab 1990 an einem IBM PC/AT betrieben.

Daten:

- Auflösung: 400 dpi

DIGIPAD 5

Das Grafik-Digitalisier-Tablett DIGIPAD 5 wurde nach Außerbetriebnahme der VAX 8650, an der es quasi in „real-time“ betrieben wurde, zusammen mit seinem Grafik-Preview-Bildschirm LEXIDATA 2400 an die VAXstation 3540 angeschlossen.

Agfa ARCUS Plus

Ein farbiger Flachbett-Scanner Agfa ARCUS Plus mit Durchlichteinrichtung, die es gestattete, Filme zu scannen, wurde ab 1993 an einem Macintosh im PC-Labor betrieben.

Daten:

- Auflösung: 600 dpi
- Scan-Fläche: 22 x 35 cm
- Durchlicht-Fläche: 15,5 x 22 cm

7.3.12 Datenträger einlesen

„Ein besonderes Problem für ein Rechenzentrum, welches Großrechenanlagen betreibt, besteht darin, Daten einzulesen, die auf anderen Systemen erfasst oder erstellt wurden und sich auf einem dafür spezifischen Datenträger in spezifischem Format befinden. Zunächst galt es nur, industriekompatible Magnetbänder, die auf fremden Magnetbandeinheiten beschrieben worden waren, zu lesen, aber schon in der Mitte der siebziger Jahre mussten Magnetbandkassetten verschiedener Größen und Aufzeichnungsverfahren und später Disketten aller gängigen Fabrikate verarbeitet werden. [...]

Ende 1988 wurde ein PC-kompatibler Rechner, der über Ethernet mit den Großrechnern IBM 3090 und VAX 8650 verbunden ist, zum Zweck der Dateiübertragung zwischen PCs und Großrechnern in Betrieb genommen. Dieser und weitere Rechner wurden später mit immer leistungsfähigeren Magnetbandkassettenlaufwerken und Wechselplatten ausgestattet, um neben dem Dateitransfer über Disketten auch die genannten anderen Speichermedien zur off-line-Übertragung auch größerer Dateien zu nutzen.“¹

Lochstreifen

Wegen mangelnder Nachfrage wurde im März 1988 die Verarbeitung von Lochstreifen mit der Abschaffung der Sperry 1100/82 nicht mehr unterstützt.

Kassetten

Am 1. Juni 1988 wurde das Spezialsystem zum Einlesen von Magnetbandkassetten von der Sperry 1100 auf die VAX 8650 umgestellt.

Disketten

Scanner-AT

Seit März 1988 stand im VAX-Benutzerraum ein IBM PC AT „Scanner-AT“ mit DECnet/Ethernet-Anschluss zum schnellen Dateitransfer (bis zu

1. „GWDG – 25 Jahre Datenverarbeitung für die Wissenschaft“ in Max-Planck-Gesellschaft, Berichte und Mitteilungen 3/95 [S. 40-43]

8 KB/sec) zur VAX 8650 und zur IBM 3090 zur Verfügung.

Daten:

- Festplattenkapazität: 20 MB
- Diskettenlaufwerk: 5,25“ / 1,2 MB

„Mikro 12“

Ab Anfang Dezember 1988 stand im Run-Übergaberaum des Rechenzentrums ein IBM-AT-kompatibler Mikrorechner zum Austausch von Dateien zwischen den Großrechnern der GWDG und Personal Computern über Disketten bereit. Der mit „Mikro 12“ bezeichnete Rechner war über eine DECnet-Verbindung sowohl an die IBM 3090 als auch an die VAX 8650 angebunden.

8“-Disketten konnten direkt an der VAX 8650 eingelesen werden. Das Einlesen von Disketten mit unterschiedlichsten Herstellerformaten brauchte nicht mehr angeboten zu werden, da sich das MS-DOS/IBM-Format allgemein durchgesetzt hatte.

7.3.13 Texterfassung

Kurzweil Lesemaschine KDEM 1200

„Seit 1985 stand den Benutzern des Rechenzentrums eine Omnifont-Lesemaschine Kurzweil KDEM¹ 1200 zur Verfügung, mit der nahezu beliebige gedruckte Texte als maschinenlesbare Zeichenfolgen erfasst werden können. Bei ihrer Beschaffung war diese Maschine ein Novum – zumindest an den Hochschulen der Bundesrepublik. Zur Übertragung der eingelesenen Texte auf die Großrechner der GWDG war die KDEM 1200 über eine Leitung mit der VAX-11/780 verbunden.“²

Daten:

- DIN-A3-Flachbettscanner
- grafisches Tablett
- Lesegeschwindigkeit: 90.000 Zeichen/Std
- gute Schreibmaschinentexte: 25 - 40 Seiten pro Stunde
- gute Drucktexte: 10 - 25 Seiten pro Stunde

Wegen des aufwändigen Trainierens lohnte sich eigentlich nur die Erfassung größerer Texte ab etwa 20 - 30 Seiten.

Im Juni 1987 wurde der Hauptspeicher der Lesemaschine auf 25 MB erweitert und das Diskettensystem

wurde von 8“-Disketten auf 5,25“-Disketten umgestellt.

Ab August 1990 erfolgte die Ausgabe über die VAX 8650, mit der die Lesemaschine direkt verbunden war; ab Januar 1991 war es die VAX 9000.

Im April 1993 trat ein Defekt im Scan-System der Lesemaschine auf, dessen Behebung sich nicht mehr lohnte. Die KDEM wurde ausgemustert. Es standen seit einiger Zeit Ersatzsysteme bereit:

Kurzweil Discover 386

Ab August 1990 gab es alternativ zur Lesemaschine KDEM das Programm „Kurzweil Discover 386 Intelligent Scanning System“, das mit einem herkömmlichen DIN-A4-Flachbettscanner HP Scanjet zusammen arbeiten konnte und auf einem herkömmlichen 386er-PC lief. Diese Technik löste über kurz oder lang die eigenständige Lesemaschine ab. Anfangs war sie nur für „einfache“ Textvorlagen geeignet, d. h. Vorlagen in Schreibmaschinenschrift oder in unproblematischen Druckschriften. Das Vorhandensein acht verschiedener Wörterbücher (Deutsch, Englisch, Französisch, Finnisch, Niederländisch, Italienisch, Spanisch und Schwedisch) ermöglichte das Einlesen von fremdsprachigen Dokumenten. Die Software vermochte Text hervorhebungen wie Unterstreichungen, Hoch- und Tiefstellungen, Kursiva und unterschiedliche Schriftgrößen ebenso zu erkennen wie unterschiedliche Absatzformate, Tabulatoren, zwei- und mehrspaltige Druckvorlagen und Tabellen. Darüber hinaus konnten auch Grafiken jeglicher Art entweder gemischt mit Text oder allein für sich eingelesen werden.

Die Texte wurden nach Wunsch für die Weiterverarbeitung mit einem bestimmten PC-Textverarbeitungsprogramm vorformatiert.

Gute Druckvorlagen konnten in weniger als drei Minuten pro Seite verarbeitet werden. Das Programm bot auch die Möglichkeit des Batch-Betriebs, indem die Erstellung der Bit-Maps – das eigentliche Einscannen – von dem eigentlichen Leseprozess, der dann später unbeaufsichtigt erfolgen konnte, abgetrennt wurde.

Optopus

Ein weiteres PC-orientiertes Texterfassungssystem, Optopus von Macrolog, wurde mit einem 600-dpi-Scanner Ricoh RS636 1991 in Betrieb genommen. Diese hohe Auflösung ermöglichte das Erkennen kleinerer und kleinster Buchstaben.

Optopus war für wissenschaftliche Anwendungen („schwierige“ Vorlagen, nicht-lateinische Schriften oder Non-Standard-Typografie) das leistungsfähigste System auf dem Markt.

1. KDEM = Kurzweil Data Entry Machine
 2. „GWDG – 25 Jahre Datenverarbeitung für die Wissenschaft“ in Max-Planck-Gesellschaft, Berichte und Mitteilungen 3/95 [S. 39]

Optopus war auf einem speziell ausgestatteten PC installiert. Dies war ein mit 33 MHz getakteter 386er-AT mit 8 MB Hauptspeicher und einer Festplatte von 120 MB. Darüber hinaus befand sich in einem seiner Erweiterungssteckplätze ein weiterer 32-Bit-Prozessor mit 2 MB RAM¹, der im Wesentlichen zu Bitmuster-Vergleichen und zur Zeichensatzorganisation herangezogen wurde. Die Verwaltung für diese leistungsfähige Hardware übernahm das Betriebssystem Concurrent DOS 386 von Digital Research, welches trotz hoher MS-DOS-Kompatibilität Multi-tasking- und sogar Multiuserfähigkeiten bot.

Je nach Güte des Trainingssets ließen sich 30 - 40 Buchseiten pro Stunde verarbeiten.

Hinzu kam noch 1993 eine unter MS-Windows arbeitende Version von Optopus auf einem weiteren PC, der in das PC-Netz der GWDG eingebunden ist.²

7.3.14 Textverarbeitung

WordStar

Der seit 1983 im Rechenzentrum eingesetzte Mikrorechner zur Textverarbeitung mit WordStar stand wegen seiner nicht mehr zeitgemäßen Leistungsfähigkeit ab Januar 1989 nicht mehr zur Verfügung.

TeX-Preview

Der seit Juli 1987 im Dialoggeräteraum I installierte Ganzseitenbildschirm (Portraitformat, 1.200 x 1.664 Bildpunkte) am IBM AT „Preview-PC“ wurde am 1. Februar 1993 abgeschafft, weil er zu sehr an Kontrast, Schärfe und Helligkeit verloren hatte. Neuere Möglichkeiten waren:

- Preview an einem Farbterminal IBM 3192G
- Preview an einem PC im PC-Netz der GWDG
- Preview an einem mit der VAX verbindbaren X-Window-Terminal.

7.3.15 PC-Labor als Serviceangebot

Im November 1990 wurde das PC-Labor eingerichtet. Ziel war, die Beratung der Benutzer bei Beschaffung und Betrieb von Arbeitsplatzcomputern und Workstations zu verbessern. Die Geräteausstattung sollte kontinuierlich ausgebaut werden und den Stand der Technik repräsentieren. Feste Beratungszeiten wurden zu bestimmten Themen angeboten:

- Scannen von Bildern

- Bildverarbeitung
- Konvertierung von Bilddateiformaten
- Netzwerktechnik
- Terminal-Emulationsprogramme
- Dateitransfer
- Texterkennung
- PC-Konfigurierung
- CAD, Leiterplattenentwurf
- multimediale Anwendungen

Arbeitsplätze im PC-Labor

DECstation 3100

- MIPS R2000 mit 16,67 MHz Taktfrequenz, 12 MB Hauptspeicher (HSP)
- Betriebssystem: ULTRIX
- TK50 Cartridge-System
- Netzwerkanschluss DECnet und TCP/IP

Scanner-AT

- Intel 80386, 25 MHz Taktfrequenz, 8 MByte HSP
- Sigma LaserView Monochrom-Bildschirm 19“ (1.664 x 1.200 Bildpunkte)
- HP ScanJet Flachbettscanner
- Programme: „Discover“, „HP Scanning Gallery“, MS „Paintbrush“

AT-kompatibel

- Intel 80386, 20 MHz Taktfrequenz, 8 MByte HSP
- Anschluss an PLANET und mit Koax-Terminalanschluss an IBM 3090
- zur Demonstration von Terminalemulation mit Farbgrafik, Übertragen von Großrechner-Farbgrafik in das PC-System, Dateitransfer PC <-> Großrechner

„CAD“ AT-kompatibel

- Intel 80386, 25 MHz Taktfrequenz, 8 MByte HSP, mathematischer Coprozessor; Grafikadapter 8514/A
- IDEK iiyama Farbgrafikbildschirm 21“ mit Artist-XJS-Farbgrafikadapter, NEC Multisync 3D Farbgrafikbildschirm 12“
- Programme: CAD mit „AutoCAD“, Entwurf von Leiterplatten mit „AutoPACK-Router SMD“

Im Mai 1992 wurde eine leistungsfähigere Hardware eingesetzt: ein PC mit Intel 486, 50 MHz Takt-

1. RAM = Random Access Memory
 2. „GWDG – 25 Jahre Datenverarbeitung für die Wissenschaft“ in Max-Planck-Gesellschaft, Berichte und Mitteilungen 3/95 [S. 40]

frequenz und 16 MB Hauptspeicher. Die eingebaute Festplatte hatte nun 120 MB Kapazität. Die Grafikkarte hatte eine Auflösung von 1.600 x 1.200 Bildpunkten bei 16 Farben. Es wurde ein 21“-Bildschirm eingesetzt. Auf das angeschlossene Digitalisiereta-blett konnten Vorlagen bis zum Format DIN A3 aufgelegt werden.

„Demo-Tafel“ IBM PS/2 Model 80

- Intel 80386, 20 MHz Taktfrequenz, 8 MB HSP
- SCSI-Festplatte
- NEC Multisync 4D
- Netzwerk: Ethernet, IBM Token-Ring, PLANET
- zur Demonstration von Terminalemulation mit Farbgrafik, Übertragen von Großrechner-Farbgrafik in das PC-System, Dateitransfer PC <-> Großrechner, Terminalemulation mit „Kermit“, Umwandlung von Bild-Dateiformaten, „EmTeX“

Apple Macintosh IIcx

- Motorola 68020 mit 16 MHz Taktfrequenz, 1 MByte HSP
- NEC Multisync 3D
- Anwendungen: „OzTeX“, „MS Word“, „Hypercard“, „Mac Conductor“, Dateiumwandlungen Macintosh <-> MS DOS
- Anbindung des Macintosh über TCP/IP oder DECnet, dazu über „AppleTalk“ in den „Public Folder“

Ausgabe auf Farbdia

Ab Juni 1991 bestand die Möglichkeit der Ausgabe von Computer-Grafik auf Farb-Diapositiven. Zu diesem Zweck war an den Apple Macintosh IIcx ein Agfa-Matrix-SlideWriter-Diabelichter angeschlossen.

Da sowohl Pixel- als auch Vektorgrafiken von dem Macintosh-Programm „Conductor“, das den Diabelichter steuerte, entgegengenommen wurden, konnte prinzipiell jede Art von computererzeugter Grafik auf Farb-Diapositive gebracht werden.

Daten:

- Auflösung: 4.096 x 2.732 Pixel auf 36 x 24 mm Diapositiv
- Anzahl Farben: 16,7 Millionen

Eine Kathodenstrahlröhre belichtete in drei Durchgängen – jeweils durch einen Filter mit den Grundfarben Rot, Grün und Blau – den in einer Pentax A3000 eingespannten 35-mm-Kodak-Ektachrom-Film mit 100 ASA. Die Bildröhre konnte durch Steuerung der Zeit, die der Kathodenstrahl auf einem bestimmten Bildpunkt ruhte, 256 Grauwerte

erzeugen. Da die Farbinformation mit 24 Bit pro Pixel kodiert wurde, konnten 16,7 Millionen Farben auf das Dia gebracht werden.

Grafikdateien

Für die Umwandlung von Grafikformaten stand eine Reihe von Programmen auf verschiedenen Rechnern zur Verfügung.

Probleme entstanden durch die Größe der Bilddateien (300.000 Bytes bis 1 MB), die vielfach nicht mehr auf eine Diskette passten und deren Übertragungszeit über das Netz nicht selten 10 bis 20 Minuten betrug.

ScreenMachine

Ab März 1992 wurde im PC-Labor auch der Einstieg in multimediale Anwendungen geboten. In einen leistungsfähigen IBM-kompatiblen PC mit Intel-486-Prozessor war ein Echtzeit-Farbvideo-Digitizer, die „Screen Machine“ der Firma Fast Electronic, eingebaut. Die Screen Machine konnte die Videosignale VHS, S-VHS, Video-8 und Hi8 verarbeiten und über die VGA-Grafikkarte des Computers darstellen. Durch die Karte wurden Bilder mit einer Auflösung von 640 x 512 Bildpunkten in 21 Bit Farbtiefe digitalisiert. Diese Einzelbilder konnten auf der Festplatte abgespeichert werden.

Ausstattung des Arbeitsplatzes:

- 486er IBM-kompatibler PC
- S-VHS-Recorder
- Hi8-Camcorder
- Farb-Flachbettscanner
- Sony-Farb-Videomonitor
- Farb-Tintenstrahldrucker HP DeskJet 500C

7.3.16 DEC VAX 8600

Am 6. November 1986 wurde die VAX-11/780 durch eine VAX 8600 mit Gleitkommazusatz¹ abgelöst. Bis auf die veralteten Wechselplattenlaufwerke vom Typ RK07 wurde die gesamte Peripherie übernommen. Hinzu kamen ein Wechselplattenlaufwerk DEC RA60 mit einer Kapazität von 205 MB, zwei Festplattenlaufwerke der Firma System Industries vom Typ SI 9751 (Kapazität je 414 MB) und SI 9761 mit zweimal 256 MB.

Es waren zwei Spulen-Magnetbandgeräte angeschlossen: ein SI 9700 der Firma System Industries und ein Streamer-Laufwerk TWF DU/F 880.

Die DEC VAX 8600 kam im Oktober 1984 auf den Markt. Sie war eine mikroprogrammierte mittlere

1. Floating Point Accelerator FP86-AA

Rechenanlage mit fehlertolerantem Design. Sie verfügte über eine 4-stufige Pipeline und einen Gleitkommabeschleuniger. Wie bei allen VAX-Rechnern lief das Betriebssystem VMS¹.

Daten:

Prozessor:

- Technologie: ECL-Gate-Arrays
- Wortlänge: 32 Bits
- Taktfrequenz: 12,5 MHz (80 nsec)
- Leistung: 3,8 MIPS
- Bus: UNIBUS, MASSBUS, CI-Bus, SBI-Bus (13 MB/s)

Hauptspeicher:

- Technologie: 256 Kbit MOS-Chips
- Fehlerkorrektur: 1 Bit, ECC: 8 Bit pro 4 W
- Hauptspeicherkapazität: max. 32 MB
- Hauptspeicherkapazität bei der GWDG: 20 MB
- Zykluszeit: 650 nsec / 4 W

Pufferspeicher:

- Technologie: ECL
- Fehlerkorrektur: ECC
- Kapazität: 16 KB

Massenspeicher:

- Plattenspeicherkapazität: 1,5 GB

Ihre Hauptaufgabe übernahm die VAX 8600 von der VAX-11/780, nämlich die interaktive Grafik.

7.3.17 DEC VAX 8650

Am 2. November 1987 wurde der Prozessor der DEC VAX 8600 zu einem VAX-8650-System aufgerüstet. Die im Dezember 1986 auf den Markt gekommene VAX 8650 hatte mit 55 nsec eine kürzere Zykluszeit als die VAX 8600 (80 nsec) und einen größeren Pufferspeicher (64 KB). Damit erhöhte sich die Prozessorgeschwindigkeit um ca. 40 %, womit insgesamt 5 bis 6 MIPS an VAX-Rechenleistung zur Verfügung standen.

Eine Gleitkommaeinrichtung war weiterhin vorhanden, ebenso blieb es bei der Hauptspeichergroße von 20 MB.

Daten:

- Leistung: 5,5 MIPS
- Hauptspeicherkapazität: 20 MB
- Plattenspeicherkapazität: 1,5 GB

Zwei Magnetbandgeräte:

- ein schnelles Magnetbandgerät: 6.250, 1.600 und 800 bpi (SI 9700)
- ein langsames Magnetbandgerät mit 1.600 bpi (TWF DU/F 880)

Die übrige Peripherie blieb erhalten:

- 8“-Diskettenlaufwerke
- Laserdrucker QMS LG 1200
- 2 AYDIN-Farbmonitore
- 1 Inkjet-Farbdrucker (Tektronix 4692)
- 1 elektrostatischer Plotter (Versatec V80)
- 1 Digitalisiertablett (DIGIPAD 5)

Die VAX 8650 bildete zusammen mit einer DEC microVAX II einen VAX-Cluster mit folgenden Funktionen:

- zentraler DECnet-Server der Instituts- und Bereichsrechner
- Bereitstellung von VAX-Rechenkapazität für Spezialanwendungen
- Betrieb von Spezialperipherie und Einsatz von Spezialsoftware
- interaktive Grafik
- DECnet-Zugriff auf auswärtige Netze
- Anbindungen des Göttinger DECnets über Gateway-Komponenten an den Großrechner IBM 3090

Am 2. Dezember 1987 war die Verbindung zur IBM 3090 mittels eines INTERLINK-Rechners (intern microVAX II) betriebsbereit. Der Benutzerbetrieb auf dieser INTERLINK-Kopplung konnte am 5. Januar 1988 aufgenommen werden.

Die Massenspeicherkapazität wurde im Dezember 1987 um zwei Magnetplattenlaufwerke SI 93 à 900 MB erhöht. Damit standen insgesamt 3 GB Massenspeicher zur Verfügung. Im Jahr 1989 wurde der Hauptspeicher auf 36 MB erweitert, der Massenspeicher auf 4,2 GB, und es wurde ein SI DT 5250-5 Cartridge Tape Subsystem angeschlossen.

Wegen ihrer nicht mehr zeitgemäßen Leistungsdaten wurde die VAX 8650 am 20. Februar 1991 abgebaut (Übergabe an das Rechenzentrum der Fried-

1. VMS = Virtual Memory System

rich-Schiller-Universität Jena) und durch eine VAX 9000-210 ersetzt.

7.3.18 DEC VAX 9000

Die DEC VAX 9000-210VP, der erste Vektorrechner des Herstellers Digital Equipment Corp., kam im Oktober 1989 auf den Markt. Es wurden über 250 Exemplare hergestellt.

Im Februar 1991 wurde in der GWDG die DEC VAX 8650 durch eine VAX 9000-210 mit Vektoreinrichtung ersetzt. Sie wurde am 21. Februar 1991 geliefert und am 22. Februar der GWDG betriebsbereit übergeben.

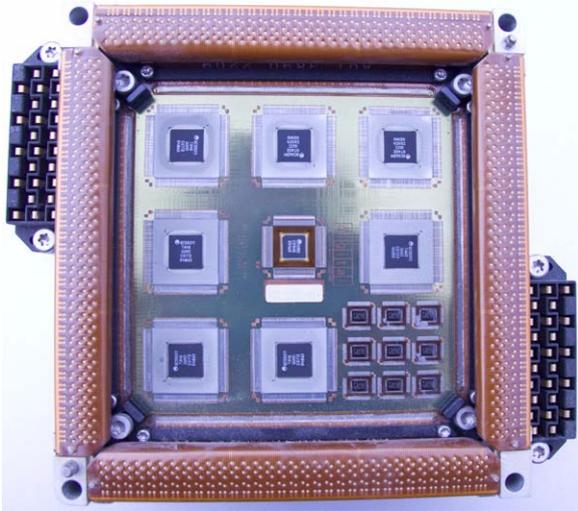


Abb. 50: Prozessormodul der VAX 9000

Abb. 50 zeigt eines der 16 Module, aus denen der Prozessor der VAX 9000 aufgebaut war. Die Chips stammten vom Hersteller Motorola.

Der Vektorprozessor besaß 16 Vektorregister für 64-Bit-Operanden, jedes Vektorregister fasste 64 Vektorkomponenten. Die Pipeline verarbeitete ein Real*8-Wort pro Prozessorzyklus.

Daten:

- Technologie: Multi-Chip-Technik
- Wortlänge: 32 Bits
- Taktfrequenz: 62,5 MHz (16 ns)
- Skalarleistung: 20 MIPS
- Vektorleistung: 120 MFLOPS
- Hauptspeicherkapazität: 256 MB (bei der GWDG, max. 512 MB)
- Pufferspeicherkapazität: 128 KB pro Prozessor
- Plattenspeicherkapazität: 13,4 GB

Peripherie:

Festplatte RA90

- Anzahl Laufwerke: 8
- Kapazität pro Laufwerk: 1,3 GB

Festplatte SI93C

- Anzahl Laufwerke: 3
- Kapazität pro Laufwerk: 900 MB

Magnetbandkassetten TA90E

- Art: Doppellaufwerk

Magnetband SI 9700

- (wurde von VAX 8650 übernommen und nur bis September 1991 angeboten)

Kassettenstation TA90

- Anzahl Laufwerke: 2

Im Mai 1994 kündigte die GWDG an, die VAX 9000 zum Ende des Jahres 1994 abzuschaffen – mit anschließender Fortsetzung der VMS-Funktionalität auf einer Workstation. Am 19. August 1996 erfolgte die Abschaltung der Rechenanlage DEC VAX 9000.

7.3.19 DEC microVAX II

Der „Supermikrocomputer“ DEC microVAX II kam im Mai 1985 auf den Markt.

Daten:

Prozessor:

- Technologie: „VAX-on-a-Chip“ VLSI-CMOS-Mikroprozessor MicroVAX 78032 und Gleitkomma-Chip MicroVAX 78132
- Wortlänge: 32 Bits

Hauptspeicher:

- Kapazität: max. 9 MB

Massenspeicher:

- Festplatten: RD53
- Kapazität: 71 MB

Disketten:

- Doppel-Diskettenlaufwerk 5,25“

Im September 1985 schaffte die GWDG die erste microVAX II an; weitere Exemplare folgten im Dezember 1985 und im September 1989.

7.3.20 DEC PDP-11/44

Die PDP-11/44 wurde bis Anfang 1992 betrieben. Angeschlossen waren grafische Ausgabegeräte.

7.3.21 Erste Workstations

VAXstation 2000

Die DEC VAXstation 2000 kam im Februar 1987 auf den Markt und war als Farbgrafik-Arbeitsstation mit einem 19“-Farbmonitor mit 1.024 x 864 Bildpunkten und einer Farbtiefe von 24 Bit ausgestattet. Neben dem MicroVAX-Mikroprozessor verfügte sie über einen Gleitkomma-Koprozessor und einen Grafik-Koprozessor.

Daten:

Prozessor:

- Typ: microVAX II Chipsatz
- Wortlänge: 32 Bits
- Zykluszeit: 400 nsec

Hauptspeicher:

- Kapazität: max. 6 MB

Festplatten:

- Kapazität: 41 MB

Diskettenlaufwerk 5,25“:

- Kapazität 1,2 MB

Magnetbandkassette:

- Kapazität 96 MB

CD-ROM-Laufwerk

VAXstation 3100

Die VAXstation 3100, eine Desktop-Workstation, kam im März 1989 auf den Markt.

Daten:

Prozessor:

- Typ: CVAX Chip
- Wortlänge: 32 Bits
- Taktfrequenz: 22,2 MHz
- Leistung: 5,2 MIPS

Hauptspeicher:

- Kapazität: 8 - 32 MB

Pufferspeicher:

- Kapazität (on-chip): 1 KB
- Kapazität (on-board): 32 KB

Festplatten:

- Kapazität: 100 - 332 MB

Magnetbandkassette:

- Kapazität 96 MB

CD-ROM-Laufwerk

VAXstation 3520

Die Grafik-Workstation DEC VAXstation 3520 kam Anfang 1988 auf den Markt und war als Farbgrafik-Arbeitsstation mit einem 19“-Farbmonitor mit 1.280 x 1.024 Bildpunkten ausgestattet. Die Version 3520 war mit zwei Prozessoren auf einer Platine ausgestattet und konnte als 3540 (ab März 1989) vier Prozessoren auf einer Platine haben. Dabei begleiteten einen Prozessor jeweils ein Gleitkomma-Koprozessor und ein Grafik-Koprozessor.

Daten:

- Wortlänge: 32 Bits
- Zykluszeit: 90 nsec
- Hauptspeicher-Kapazität: max. 64 MB
- Pufferspeicher-Kapazität: 64 KB
- Leistung: 3 VUPS¹ pro Prozessor
- Plattenspeicher-Kapazität: 280 MB
- Diskettenlaufwerk 3,5“ / 1,44 MB
- Magnetbandkassette TK70: 296 MB

Die VAXstation 3520 bei der GWDG war zunächst mit 24 MB Hauptspeicher und mit 1 GB Plattenspeicher ausgestattet. Ende 1990 wurde sie zur VAXstation 3540 ausgebaut und verfügte damit über vier Prozessoren. Ihre Leistung stieg damit auf 12 VUPS.

1. VUPS = VAX Units of Performance (1 VUPS ≈ 1 MIPS)



Abb. 51: Die VAXstation 3540 im Rechnermuseum der GWDG

DECstation 3100

Bei den DECstations handelte es sich um RISC-Workstations mit MIPS-Mikroprozessor und dem Betriebssystem ULTRIX, der UNIX-Variante von DEC. Die DECstation 3100 kam im April 1989 auf den Markt.

Daten:

Prozessor:

- Typ: MIPS R2000A/R2010 Chipset
- Wortlänge: 32 Bits
- Taktfrequenz: 16,67 MHz
- Leistung: 16,2 MIPS, 3,7 MFLOPS

Hauptspeicher:

- Technologie: 1 Mbit DRAM-Chips auf 2 MB SIMMS, ECC, 120 nsec
- Kapazität: 8 - 24 MB

Pufferspeicher:

- Technologie: SRAM, 25 nsec
- Kapazität (Befehle): 64 KB
- Kapazität (Daten): 64 KB

Festplatten:

- Anschluss: SCSI
- Kapazität: max. 3 x 332 MB

7.3.22 Parallelrechner

Um das Leistungsangebot auf den für ein wissenschaftliches Rechenzentrum erforderlichen Stand zu bringen, sollte ein Parallelrechner beschafft werden.

Im Folgenden ist nachzuvollziehen, welches ein langwieriges Unterfangen dies im letzten Jahrzehnt des 20. Jahrhunderts war.

Im Jahr 1987 initiierte die GWDG das Projekt „Parallelrechner für die Grundlagenforschung“. „Gemeinsam mit Wissenschaftlern der Universität Göttingen und den Göttinger Max-Planck-Instituten sollte im Rahmen dieses Projektes ein Parallelrechner beschafft und von der GWDG betrieben werden. Projektziele waren die Integration des Parallelrechners in den wissenschaftlichen Rechnerbetrieb, die Entwicklung von parallelisierten Anwendungsprogrammen und der Einsatz des Rechners für rechenintensive Forschungsaufgaben.“¹

SUPRENUM

Am 12. Januar 1989 stellte einer der Entwickler, Prof. Dr. U. Trottenberg in einem Vortrag über das Thema „SUPRENUM – Architekturmodell, Programmiermodell, Anwendungen“ den Parallelrechner vor. Am 21. August 1989 stellte die GWDG einen Antrag an die DFG für den Parallelrechner der Firma SUPRENUM².

„Unter den 1987 verfügbaren Parallelrechnermodellen wurde von der GWDG zunächst das SUPRENUM-System ausgewählt, eine von der Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung, Bonn-Birlinghofen und deutschen DV-Firmen getragene Parallelrechnerentwicklung, deren Hard- und Softwarekonzeption zum damaligen Zeitpunkt

1. „GWDG – 25 Jahre Datenverarbeitung für die Wissenschaft“ in Max-Planck-Gesellschaft, Berichte und Mitteilungen 3/95 [S. 29]
2. SUPRENUM = Super-Rechner für numerische Anwendungen

anderen Systemen überlegen war. Leider konnte das SUPRENUM-Konsortium diese Konzepte nicht zügig genug in ein marktreifes Produkt umsetzen, so daß dieses Beschaffungsvorhaben aufgegeben werden mußte.“¹

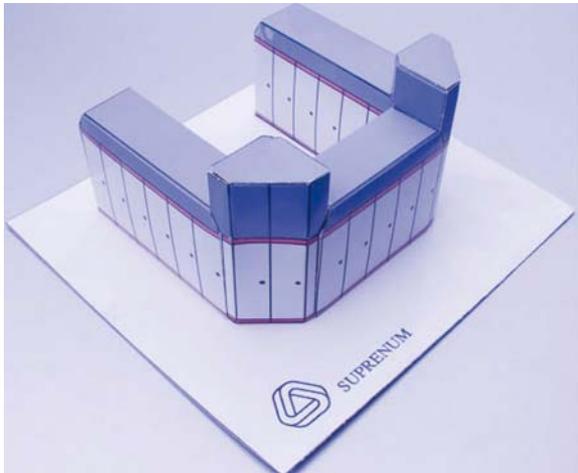


Abb. 52: Papiermodell des SUPRENUM

Die deutsche Firma SUPRENUM GmbH stellte insgesamt sechs Exemplare des auf dem Mikroprozessor 68000 basierenden Parallelrechners her, den meisten Interessenten reichte dann aber das Papiermodell.

KSR1

In einem neuen Anlauf wurde ab 1989 das Auswahlverfahren wieder aufgenommen. Am 15. Mai 1991 wurde ein Antrag an die DFG für einen Parallelrechner der Firma Kendall Square Research (KSR) gestellt.

Am 19. Juni 1991 konnten die Vertragsverhandlungen mit KSR beginnen, ab dem 18. Dezember 1991 führte die GWDG in Manchester auf dem ersten Rechner von KSR in Europa Testläufe durch.

Am 23. März 1992 begutachtete eine Kommission der DFG in Göttingen den KSR-Antrag und am 23. Oktober 1992 kam es zum Vertragsabschluss mit KSR. Die KSR1-32 wurde am 16. November 1992 geliefert und am 24. November betriebsfertig übergeben.

Daten:

- Anzahl Prozessoren: 32
- Taktfrequenz: 20 MHz
- Leistung pro Prozessor: 40 MFLOPS
- Gesamtleistung: 1,28 GFLOPS

1. „GWDG – 25 Jahre Datenverarbeitung für die Wissenschaft“ in Max-Planck-Gesellschaft, Berichte und Mitteilungen 3/95 [S. 29]

- Speicher pro Prozessor: 32 MB
- Hauptspeicherkapazität: 1 GB
- Plattenspeicherkapazität: 24 GB



Abb. 53: Die KSR1

„Das herausragende, zu dieser Zeit einzigartige Merkmal des KSR-Systems ist die Speicherorganisation nach dem Prinzip des virtuell gemeinsamen Speichers. Obwohl der Speicher physikalisch auf die einzelnen Prozessoren des Systems verteilt ist, kann der Benutzer die verteilten Daten über einen globalen Adressraum ansprechen.“²

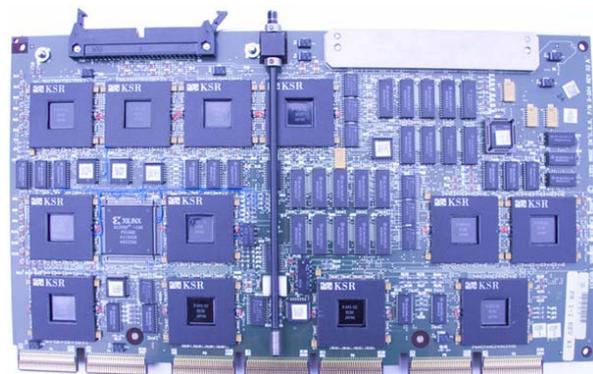


Abb. 54: Die Prozessorplatine der KSR1, Prozessorseite

2. „GWDG – 25 Jahre Datenverarbeitung für die Wissenschaft“ in Max-Planck-Gesellschaft, Berichte und Mitteilungen 3/95 [S. 29]

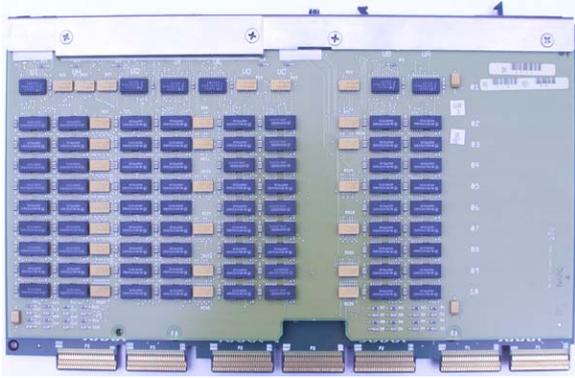


Abb. 55: Die Prozessorplatine der KSR1, Speicherseite

„Der Grundbaustein eines Parallelrechners KSR1 ist ein Prozessor-Speicher-Element bestehend aus einem superskalaren Prozessor, einem lokalen Cache-Speicher und einer Verbindung zu den anderen Prozessor-Speicher-Elementen. Der Prozessor besitzt eine superskalare 64-Bit-Architektur und eine Taktrate von 20 MHz; er setzt sich aus vier funktionalen Einheiten zusammen, nämlich Cell Execution Unit (CEU), External I/O Unit (XIU), Integer Processing Unit (IPU) und Floating Point Unit (FPU). Alle funktionalen Einheiten arbeiten im Pipeline-Modus, können also eine Instruktion pro Prozessorzyklus beginnen; zusätzlich enthält jedes Instruktionswort zwei Instruktionen, von denen die eine entweder für CEU oder XIU und die andere entweder für IPU oder FPU bestimmt sind (dual instruction mode). Innerhalb der funktionalen Einheiten wird die Nutzung der Pipelines durch einen relativ großen Registersatz, z. B. 64 FPU-Register, unterstützt. Jeder Prozessor bildet zusammen mit einem lokalen Cache-Speicher von 32 MByte ein Prozessor-Speicher-Element. Dieser lokale Speicher enthält einen weiteren Subcache-Speicher, der in jeweils 256 KByte für Instruktionen und Daten aufgeteilt ist. Damit wird ein einheitlicher Adreßraum durch eine dreistufige Speicherhierarchie realisiert: lokaler Subcache-Speicher, lokaler Cache-Speicher und Gesamtheit aller Cache-Speicher.

Bis zu 32 Prozessor-Speicher-Elemente sind durch einen schnellen gerichteten Ring miteinander verbunden, der als slotted ring im Pipeline-Modus bis

zu 1 Gbyte pro Sekunde überträgt und als „Ring:0“ bezeichnet wird. In einer zweiten Hierarchiestufe, die bei der GWDG allerdings nicht realisiert ist, können bis zu 34 Ringe des Typs „Ring:0“ zu einem Ring verbunden werden, der als „Ring:1“ bezeichnet wird.“¹

Der Magnetplattenspeicher ist als RAID²-5-System ausgeführt. Aus 1 GB-Festplatten ist eine Konfiguration von 3 RAID-5-Einheiten mit jeweils 5 x 2 1-GB-Festplatten aufgebaut.

7.3.23 Das Ende der IBM 3090

Die Abschaffung der IBM 3090 vor allem wegen der hohen Wartungskosten erfolgte Ende 1993. Die bereits vorhandenen Workstations zeigten, dass auf die IBM 3090 verzichtet werden konnte.

„Ursprünglich war geplant, die IBM 3090 bis zum Ende des Jahres 1993 außer Dienst zu stellen und zu verkaufen. Zu diesem Zeitpunkt sind sowohl die Hardware-Wartungsverträge als auch die Softwarelizenzen abgelaufen. Wegen der erst Ende des Jahres aufgetauchten Schwierigkeiten bei der Migration zum Workstationcluster wird dieser Termin geringfügig hinausgeschoben, und zwar bis Anfang Februar. Für den Monat Januar ist vorgesehen, die IBM 3090 so gut es geht weiter in Betrieb zu halten. Gegenwärtig wird geplant, noch die Monatsabrechnung Januar laufen zu lassen und die IBM 3090 dann spätestens am 14. Februar endgültig auszuschalten.“³

Am 9. März 1994 wurde die IBM 3090 zum letzten Mal bei der GWDG abgeschaltet, der Abbau begann am nächsten Tag.

7.3.24 Ausblick

Mit IBM 3090 und DEC VAX 9000 endete die Ära der zentralen Großrechner. Sie wurden verdrängt durch leistungsfähige „Workstations“, die zentral in großer Anzahl für verschiedene Aufgaben spezialisiert wurden und dezentral in großer Anzahl mit dem Rechenzentrum vernetzt wurden.

1. GWDG-Nachrichten 2/1993
2. RAID = Redundant Array of Inexpensive Disks
3. GWDG-Nachrichten 1/1994

7.4 Die Workstation-Ära 1993 - 2001

„Ein völliger Bruch mit der bisherigen Art, Rechnerleistung bereitzustellen, wurde durch den Einsatz von sechs Workstations unter dem herstellerunabhängigen Betriebssystem UNIX im Jahre 1992 vorbereitet.“¹

„Eine Ära geht zu Ende: Die großen Universalrechner müssen – zumindest in der Wissenschaft – den Scharen der Arbeitsplatzrechner mit hoher Leistung und niedrigem Preis weichen. Damit wird sich das Bild der wissenschaftlichen Datenverarbeitung grundlegend verändern.“²

In der Workstation-Ära wurden auch die Parallelrechner dem geänderten Bedarf angepasst. Beginnend mit der Beschaffung der KSR1 (32 Prozessoren und 1,28 GFLOPS Leistung) im November 1992 wurde in regelmäßigen Abständen die neueste, leistungsfähigste und herausragende Rechnerarchitektur für Göttingen beschafft: Im Januar 1995 die SGI Power Challenge mit sechs Prozessoren und einer Leistung von 1,8 GFLOPS, im November 1996 eine Cray T3E mit 40 Prozessoren und einer Leistung von 24 GFLOPS, im Januar 1998 die erste Generation der IBM RS/6000 SP mit zwölf Prozessoren und einer Leistung von 640 MFLOPS und im Januar 2000 die zweite Generation der IBM RS/6000SP mit 144 Prozessoren und einer Leistung von 216 GFLOPS.

7.4.1 Das Workstation-Cluster der GWDG

„Die GWDG hat in ihren Maschinenräumen eine Anzahl von Workstations unterschiedlichen Fabrikats zu einem Cluster verbunden und beabsichtigt, dieses Cluster im Laufe der Zeit so weit auszubauen, daß es die IBM 3090, die 1987 in Betrieb genommen wurde, im Verlauf des Jahres 1993 nach und nach ersetzen kann. Bis 31. März 1993 wird die IBM 3090 ohne Einschränkungen weiter betrieben werden, danach wird die Konfiguration stufenweise reduziert. Je früher die vollständige Ablösung erfolgen kann, desto besser, denn die IBM 3090 verursacht hohe Betriebskosten, die zweckmäßiger für die zukünftige Ausstattung verwendet werden sollten. Die VAX 9000 der GWDG, die erheblich stärker in die Zusammenarbeit mit Rechnern der Institute eingebunden ist, muß noch einige Jahre länger betrieben werden.

Der Aufbau eines starken Clusters von Workstations als Überlaufkapazität für die Arbeitsplatzrech-

ner in den Instituten ist Teil eines neuen, des verteilten kooperativen Versorgungskonzepts. Es setzt natürlich eine angemessene Ausstattung der Institute mit Rechnern voraus, weiterhin eine flächendeckende Vernetzung, wie sie mit dem GÖNET angestrebt wird und insbesondere eine neue Verteilung der Aufgaben und eine viel weitergehende Kooperation zwischen den Anwendern und dem Rechenzentrum. Die GWDG wird sich darum nach Kräften bemühen.“³

Der Aufbau des UNIX-Clusters bedeutete auch die Realisierung der sogenannten verteilten Datenverarbeitung.

„Trotz der hohen Leistungsfähigkeit der RISC⁴-Prozessoren moderner Workstations weisen sie vor allem im Ein-/Ausgabe-(I/O-)Bereich und die auf ihnen zum Einsatz kommenden UNIX-Systeme im Bereich der Speicherverwaltung gewisse Schwächen auf, die ihren Einsatz als große Universalrechner mit einer hohen Zahl simultaner Dialogsitzungen und einer erheblichen Hintergrundlast an Batchanwendungen zur Zeit als nicht realisierbar erscheinen lassen. Die Dialog- und Batchlast eines Universalrechners wie der IBM 3090 kann nur dann mittels Workstations erbracht werden, wenn diese Last auf mehrere leistungsfähige Workstations verteilt wird. Darüberhinaus werden die RISC-Systeme der meisten Hersteller als hinsichtlich der Prozessorzahl nicht ausbaufähige Ein-Prozessor-Systeme angeboten, eine Erhöhung der Rechenleistung ist in nennenswertem Umfang also nur durch die Erhöhung der Zahl der eingesetzten Workstations erzielbar. Aus Gründen der Skalierbarkeit muss daher der Einsatz von Workstations im Rahmen eines beliebig erweiterbaren Clusters konzipiert werden. Dabei sollte dieses Cluster dem Benutzer als ein einheitliches System erscheinen, d. h. im Idealfall sollte es für ihn völlig transparent sein, auf welcher Workstation des Clusters er gerade seine DV-Arbeiten ausführt. Die systemtechnischen Komponenten, mit deren Hilfe diese Transparenz erzielt wird, werden als Komponenten der verteilten Datenverarbeitung bezeichnet. Sie beruhen meist auf dem sogenannten Client-Server-Prinzip: ein clusterweit zu erbringender Dienst (wie z. B. Identifizierung und Authentifizierung beim „login“ in eine Station des Clusters) wird von einer speziell als Server konfigurierten Station des Clusters für die übrigen Stationen – den Clients – erbracht.“⁵

1. „GWDG – 25 Jahre Datenverarbeitung für die Wissenschaft“ in Max-Planck-Gesellschaft, Berichte und Mitteilungen 3/95 [S. 30]
2. Sonderausgabe der GWDG-Nachrichten „Das Workstation-Cluster der GWDG“, September 1992

3. Sonderausgabe der GWDG-Nachrichten „Das Workstation-Cluster der GWDG“, September 1992
4. RISC = Reduced Instruction Set Computer
5. Sonderausgabe der GWDG-Nachrichten „Das Workstation-Cluster der GWDG“, September 1992

Neben der einheitlichen Benutzerverwaltung war ein gemeinsames Benutzerdateisystem aller Rechner des Clusters eine weitere wesentliche Komponente der verteilten Datenverarbeitung: Jeder Benutzer sollte von jeder Station des Clusters stets in gleicher Weise Zugriff auf seine Dateien haben. Auf dem Workstation-Cluster der GWDG wurden die genannten verteilten Dienste (einheitliche Benutzerverwaltung und gemeinsames Dateisystem) mit Hilfe der Systemkomponenten „NIS“ (Network Information System) und „NFS“ (Network File System) erbracht.

Eine Einheitlichkeit der auf den einzelnen Workstations des Clusters eingesetzten Betriebssysteme wäre eine ebenso wichtige Voraussetzung für die Transparenz des Clusters gegenüber dem Benutzer gewesen. Diese Einheitlichkeit hätte man am einfachsten durch die Beschränkung auf Workstations nur eines Herstellers (homogenes Cluster) erreichen können. Um aber Flexibilität bei Clustererweiterungen zu erreichen und keine Abhängigkeit von nur einem Hersteller zu haben, hat die GWDG ein heterogenes Cluster aufgebaut, in dem von jedem bedeutenden Hersteller mindestens ein Referenzsystem vertreten war. Die damit bei der GWDG zum Einsatz kommenden UNIX-Derivate waren

- AIX auf IBM-Systemen,
- ULTRIX, OSF/1, Digital UNIX und True64 UNIX auf DECstations und AlphaStations,
- Sun OS und Solaris auf Sun SPARCstations und
- IRIX auf den Workstations von SGI.

Weiterhin wurden Arbeitssysteme und Referenzsysteme auch auf Intel-PCs eingerichtet:

- SCO¹-UNIX auf 386er- und 486er-PCs
- Linux auf 386er- und 486e-PCs
- FreeBSD auf 486er-PCs

Im Januar 1992 begann der Betrieb auf den ersten, Benutzern zugänglichen Workstations der GWDG, einer DECstation 5000 und einer IBM RS/6000, unter den UNIX-Betriebssystemen ULTRIX bzw. AIX.

Im Juli 1992 schließlich begann der Ausbau der Workstations zu einem Cluster aus zwei DECstations 5000 und fünf Systemen IBM RS/6000, die über einen FDDI²-Ring gekoppelt waren. Über Glasfaserkabel wurden Übertragungsraten von 100 Mbit/s unterstützt. Ein Cisco-Router stellte die Verbindung zum Ethernet und zum Internet her.

1. SCO = Santa Cruz Operation
2. FDDI = Fiber Distributed Data Interface

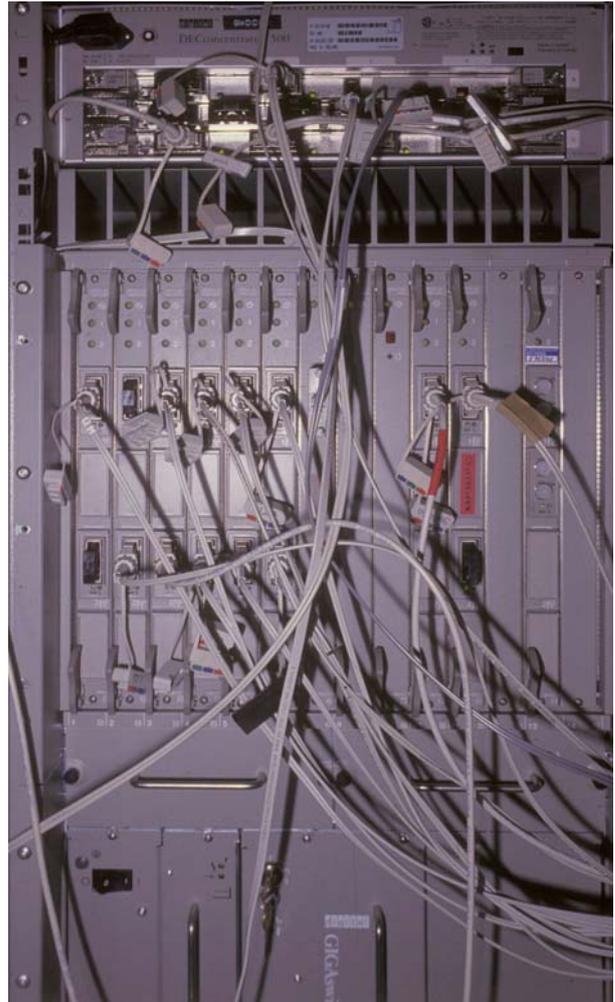


Abb. 56: Der Giga-Switch

„Die Kommunikation der Workstations untereinander und mit der Außenwelt wird über einen Giga-Switch, ein Schaltwerk mit maximal 200 Mbit/sec Übertragungsrate pro Verbindung, und einen FDDI-Ring mit 100 Mbit/s, zum Teil aber auch über Ethernet mit 10 Mbit/s realisiert. Durch die schnelle Kopplung ist es möglich – und das ist das entscheidende an dem neuen Konzept –, den gesamten Auftragsstrom als Ganzes zu lenken, so daß das System von Workstations die Auftragslast weitgehend wie ein einziger großer Rechner abarbeitet. Dabei kann vorteilhaft angestrebt werden, für jede Teilaufgabe jeweils die Komponente des Systems, das heißt diejenige Workstation einzusetzen, die für die Teilaufgabe am besten geeignet ist.

Die Zahl der Workstations wurde 1993 und 1994 immer weiter erhöht. Dieses Konzept, den traditionellen Universalrechner durch ein System verteilter Rechner zu ersetzen, war trotz vieler und großer Anfangsschwierigkeiten bei der GWDG sogar so erfolgreich, daß Anfang 1994 der Universalrechner

IBM 3090-300E abgeschafft werden konnte, wodurch die Wartungskosten erheblich sanken.“¹

Im Januar 1993 begann die Erweiterung des Workstation-Clusters um 15 Workstations der Firma Digital Equipment, darunter zwölf DECalpha-Systeme, fünf Workstations der Firma IBM und zwei Workstations der Firma Sun Microsystems.

Im Januar 1995 bestand das Workstation-Cluster bereits aus 34 Workstations. Sie dienten als Dialog-, Login-, Batch- und Compute-Server sowie als spezialisierte File-, Backup-, Archiv-, Mail- und Name-Server, als Grafikstationen oder waren als Referenz- und Testsysteme im Einsatz.

Hier ein Überblick über die im Januar 1995 im Rechenzentrum installierte Leistung:

Im UNIX-Cluster:

- Anzahl Workstations: 34
- Leistung: 2,5 GFLOPS
- Hauptspeicher: 3 GB
- Plattenspeicher: 30 GB

Auf der KSR1:

- Anzahl Prozessoren: 32
- Leistung: 1,28 GFLOPS
- Hauptspeicher: 1 GB
- Plattenspeicher: 30 GB

Auf der SC 900/PowerChallenge:

- Anzahl Prozessoren: 4
- Leistung: 1,2 GFLOPS
- Hauptspeicher: 512 MB
- Plattenspeicher: 6 GB

Auf der VAX 9000:

- Anzahl Prozessoren: 1
- Leistung: 120 MFLOPS
- Hauptspeicher: 256 MB
- Plattenspeicher: 18 GB

Die IBM 3090/300VF mit ihrer Leistung von 232 MFLOPS wurde damit vom Workstation-Cluster schon weit übertroffen.

7.4.2 Das Farm-Prinzip

Den singulären Großrechner löste eine Anzahl kleinerer Rechner ab, die sich die Arbeit teilten. Waren die für spezielle Aufgaben vorgesehenen Rechner wiederum in größerer Anzahl gleichartiger oder ähnlicher Geräte vorhanden, wurde dies zu jener Zeit mit dem Begriff „Farm“ bezeichnet: „Workstation-Farm“.

Die Workstation-Farm

Rechner, die für eine Vielzahl von Klienten – und damit für die Nutzer – Dienste und Ressourcen anbieten, werden „Server“ genannt. Diese sind meist für ihre Aufgabe speziell ausgestattet.

Ein Dialog-Server bot typischerweise eine große Anzahl von Anwendungsprogrammen, insbesondere tat dies der Applikations-Server.

Dialog-, Login-, Batch-, Compute- und Applikations-Server sind vielfach Funktionen der gleichen Maschinen. Das Merkmal, das den Batch-Server von den anderen Compute-Servern unterschied, war, dass er nicht im Dialog bedient wurde, sondern dass Rechenaufträge unbedient der Reihe nach abgearbeitet wurden. Dabei konnten die Jobs für Stunden oder Tage auf den Batch-Maschinen laufen. Der Dialog-Server hingegen ermöglichte interaktives Arbeiten.

Es folgt ein (unvollständiger) Überblick über diverse Server-Arten der GWDG-Workstation-Farm:

Batch-Server

Der Einsatz von IBM-RS/6000-Workstations unter dem Betriebssystem AIX war die erste Maßnahme, weil man sich davon eine erleichterte Migration von Programmen bei der für Ende 1993 geplanten Außerbetriebnahme der IBM 3090 versprach.

Ende 1992 wurden – aus Referenzgründen – auch ein DEC- und ein Sun-System in den Verbund der Batch-Server integriert. Die Batch-Jobs wurden von der Systemsoftware „CODINE“ verwaltet.

Im März 1996 taten insgesamt 13 spezielle Batch-Server bei der GWDG ihren Dienst:

GWDU13 ... GWDU15 (IBM RS/6000 Model 560), GWDU21 ... GWDU27 (DEC Alpha), GWDU50 ... GWDU52 (DEC AlphaStation 600 5/266).

Die Anzahl der „Batch-Worker“ musste laufend vergrößert werden. So wurde der Dialog-Server „GWDU20“ (login.gwdg.de) im Dezember 1996 von einer leistungsfähigeren Workstation abgelöst und unter dem Namen „GWDU29“ in die Reihe der Batch-Server eingereiht. Der Dialog-Server „AIX“ (GWDU08) wurde im Februar 1997 durch eine neue Hardware ersetzt, nämlich durch eine IBM RS/6000-R40. Die bisherige „GWDU08“ wurde

1. „GWDG – 25 Jahre Datenverarbeitung für die Wissenschaft“ in Max-Planck-Gesellschaft, Berichte und Mitteilungen 3/95 [S. 30]

unter dem Namen „GWDU02“ in die Reihe der Batch-Server eingereiht. So – und durch weitere Neubeschaffungen – kam eine Vielzahl weiterer Batch-Server hinzu.

Compute-Server

Mit dem Beginn des Jahres 1999 erreichten Intel-PCs mit dem Betriebssystem Linux die Spitzenstel-

lung unter den Rechnern der GWDG, was die Integer-Rechenleistung betraf: Die PCs vom Typ „Dell Personal Workstation 610“ mit Intel-Pentium-II-Xeon-Prozessoren waren mit 450 MHz getaktet. Diese Systeme traten an die Stelle der Rechner „GWDU101“ und „GWDU102“ und der 16 PCs im Kursraum der GWDG, die nachts als Batch-Rechner in einem Compute-Cluster arbeiteten.

System	Prozessor	MHz	Name	SPECint95	SPECfloat95
DEC 500/400	A21164	400	GWDU20	9,77	12,80
DEC PW433AU	A21164	433	GWDU53	12,10	16,90
DEC PW500AU	A21164	500	GWDU56	13,70	18,00
IBM SP2/160Thin	POWER2SC	160	GWDK002	7,06	22,40
Dell PW610	PII-Xeon	450	GWDU101	18,90	13,30
SGI Octane	R10000	175	GWDU65	7,60	14,20

Tab. 1: Ergebnisse des SPEC-Benchmark für verschiedene Rechner der GWDG

Dialog-Server

Der Begriff „Dialog-Server“ wurde nicht einheitlich gebraucht. Er bezeichnete z. B. Workstations, an denen im Dialog gearbeitet wurde oder Server, die Arbeitsplatzrechnern den Dialog-Zugang über ein X-Windows-Terminal-Fenster boten. Dialog-Server waren für alle Betriebssystemplattformen erforderlich.

Der erste Dialog-Server mit einem 16“-Farbmonitor war ab September 1992 eine IBM RS/6000 Modell 520 (GWDU05). Als Dialog-Server, jeweils ausgestattet mit einem 19“-Graustufen-Monitor, standen ab Mai 1994 auch die AIX-Workstations „GWDU13“, „GWDU14“ und „GWDU15“ (IBM RS/6000 Modell 560) zur Verfügung.

Login-Server

Ab 1993 fungierte die „GWDU19“ als Login-Server, ihre Aufgaben wurden aber zunehmend von den leistungsstarken DECalphas (GWDU20), den Linux-Systemen „GWDU101“ und „GWDU102“ sowie der IBM RS/6000 SP2 (GWDXxx) übernommen.

Die Login-Server waren unter dem Alias-Namen „login.gwdg.de“ zusammengefasst. Die Anmeldung am Login-Server war der übliche Zugang zum UNIX-Cluster. Auf der leistungsstarken „GWDU20“ waren auch viele Anwendungen installiert.

Da die Authentifizierung der Benutzer beim Login und beim Zugriff auf zentrale Ressourcen für alle Maschinen des Clusters durchgeführt werden musste, waren mehrere Workstations als Login-Server eingerichtet.

Ab Dezember 1996 wurde ein neuer Dialog-Server für den Alias-Namen „login.gwdg.de“ installiert, nämlich ein DEC AlphaServer 4100. Damit wurde eine Leistungssteigerung von etwa dem Sechsfachen gegenüber der bisherigen „GWDU20“ erreicht.

Applikations-Server

Die Applikations-Server boten eine große Auswahl von Anwendungsprogrammen.

Ein neues Linux-System wurde im Februar 2001 als Applikations-Server in Betrieb genommen. Es übernahm verschiedene Funktionen des Login-Rechners „Login.GWDG.de“. Es handelte sich um ein Zwei-Prozessor-Pentium-III-System mit einer Taktung von 700 MHz, mit 1st-Level-Caches von 1 MB und mit 2 GB Hauptspeicher.

File-Server

Die File-Server regelten den Zugang zum Massenspeicher mit den Benutzerdaten. Im Februar 1997 wurden zwei Workstations vom Typ DEC AlphaServer 500/333 speziell als Fileserver eingesetzt.

FTP-Server

Im Jahr 1995 wurde der erste eigenständige FTP-Server eingerichtet, ein Linux-PC „FTP1.GWDG.de“ mit zwei Pentium-Prozessoren (Taktrate 90 MHz), 64 MB Hauptspeicher und vier Festplatten mit je 9 GB Kapazität. Vorher bestand lediglich ein FTP-Dienst auf einer DECstation.

Ab September 1997 war die Hardware-Plattform die „GWDU32“, eine DECstation 3000/800 unter dem Betriebssystem Digital UNIX. Das Filesystem des Servers bestand aus sechs Magnetplatten mit ins-

gesamt ca. 47 GB Kapazität. Es wurde ergänzt durch einige in den Dateibaum integrierte CD-ROM-Laufwerke.

Eine Umstellung auf einen leistungsfähigeren Rechner, wiederum ein Linux-PC, war im September 1997 in Arbeit.

Die Verbindung zum FTP-Server stellte man mit dem Kommando `ftp ftp.gwdg.de` her. Im PC-Netz der GWDG und von anderen Windows-PCs im Netz aus war das Inhaltsverzeichnis `pub` des FTP-Filesystems über einige Samba-Server direkt zugreifbar (über „Netzlaufwerk verbinden“).

Der FTP-Server der GWDG bot eine große Auswahl von Betriebssystemsoftware (insbesondere Linux) und freie Anwendungssoftware. Eine Reihe von externen Servern mit Anwendungssoftware wurde auf dem FTP-Server der GWDG „gespiegelt“, d. h. deren Programmangebot wurde in ständig aktualisierter Kopie bereitgehalten. Beispiele für gespiegelte externe Server waren `ftp.microsoft.com` und `ftp.dante.com`. Letzterer bot alles, was im Bereich TeX/LaTeX angeboten wurde.

Samba-Server

Ein UNIX-Rechner mit dem Samba-Dienst bot die Gateway-Funktion für PCs mit den Betriebssystemen MS Windows 3.x/95/98/NT zur UNIX-Welt. Der Samba-Server stellte das Stammverzeichnis jedes Benutzers im UNIX-Cluster für Windows-Rechner als importierbares Netzwerklaufwerk bereit. Er ermöglichte den Zugriff auf die benutzereigenen Datenbereiche im UNIX-Cluster, zu den Druckdiensten im UNIX-Cluster und zu solchen Angeboten wie dem Softwarearchiv, einer Sammlung frei verfügbarer Programme.

Als Samba-Server diente bis August 1999 die „GWDU19“, ein Sun SPARCserver 1000. Ihre Funktion wurde später von der deutlich schnelleren „GWDU66“ übernommen, einer Workstation Sun Ultra Enterprise 450 unter dem Betriebssystem SunOS. Nach Außerbetriebnahme der „GWDU19“ wurde für den Samba-Server der Alias-Name „samba.gwdg.de“ eingeführt.

Ab Anfang August 2000 war unter dem Alias-Namen „Samba“ ein neuer Rechner „GWDU60“ im Einsatz, nämlich ein System „Dell Precision 620“ mit einem Doppelprozessorsystem Pentium II mit 266 MHz Taktfrequenz und 512 MB Hauptspeicher. Es lief das Betriebssystem Free BSD.

WWW-Server

Auf den WWW-Servern wurden ab Mai 1994 die Webseiten der GWDG auf der „GWDU19“, einem SUN SPARCserver 1000, angeboten.

Diesen Internet-Dienst mit dem logischen Namen (URL¹) „WWW.GWDG.DE“ übernahm im Jahre 1999 die „GWDU66“, eine SUN Ultra Enterprise 450, von der „GWDU19“.

Cache-Server

Der Web-Cache-Server diente dazu, aufgerufene Web-Seiten in der Nähe des Klienten einige Zeit aufzubewahren, um die Zugriffszeiten zu verbessern und die Netzbelastung zu verringern. Ab etwa August 1997 betrieb die GWDG einen Cache-Server. Dieser Server mit dem Namen „WWW-Cache.GWDG.de“ wurde im Januar 1998 durch ein leistungsfähigeres System ersetzt.

Mail-Server

Ab dem 31. Oktober 1999 war bei der GWDG ein neuer Mail-Server im Einsatz, der den Namen „mailer.gwdg.de“ von seinem Vorgänger übernahm.

Der Mail-Service wurde von einer zentralen Komponente realisiert, dem sogenannten Mailer. Dieser arbeitete weitgehend unabhängig vom UNIX-Cluster und war daher auch noch funktionsfähig, wenn z. B. der File-Service der GWDG ausfallen sollte.

Der Mailer stellte jedem Benutzer eine Mailbox zur Verfügung, die in Ordner unterteilt war. Im Ordner „Inbox“ wurde die empfangene E-Mail abgelegt. Mit Hilfe von Filtern konnte eingehende E-Mail automatisch anhand von Kriterien, wie z. B. Absenderadresse oder Gegenstand (Subject), in bestimmten Foldern abgelegt werden. Von den Foldern wurden täglich Sicherheitskopien angelegt. Filterregeln dienten auch zum Aussondern von „Spam“, also von unerwünschter E-Mail.

Zu versendende E-Mail wurde dem Mailer per SMTP-Protokoll übergeben.

Auf dem Mailer war ein WWW-Server installiert, der das Bearbeiten von E-Mail per Web-Mail-Interface erlaubte und eine Reihe von Einstellmöglichkeiten zum Mail-Account bot.

News-Server

Der News-Server verwaltete den Zugang zu Diskussionsforen (weltweit) und stellte auch lokal Diskussionsforen zu bestimmten Themen bereit.

Ab Juli 1992 betrieb die GWDG einen USENET-News-Server auf einer DECstation 5000. Anfangs diente die „GWDU19“ auch als News-Server, übernommen wurde diese Funktion 1999 von einem leistungsfähigen PC mit Intel-Pentium-II-Xeon-Prozessor, getaktet mit 450 MHz. Er arbeitete mit dem Betriebssystem FreeBSD. Dieser Rechner verfügte

1. URL = Uniform Resource Locator

über 512 MB Hauptspeicher und 36 GB Plattenspeicher.

Name-Server

Der Name-Server (DNS-Server, anfangs die „GWDU01“, eine DECstation 2100) bot den „Domain Name Service“, nämlich die Bereitstellung der zugehörigen Internet-Adresse (IP-Adresse) zu einem Rechnernamen. Zum „primary“ Name-Server gesellte sich mindestens ein Backup-Name-Server, der „secondary“ Name-Server, der im Falle eines Ausfalls den Dienst übernehmen konnte.

Tape-Server

Ab 1994 standen verschiedene Bandgeräte für den Datenaustausch im UNIX-Cluster zur Verfügung. Diese Geräte wurden am Rechner „GWDU10“ betrieben, der im Benutzerbereich der GWDG zugänglich war. Folgende Laufwerke waren angeschlossen:

- 8 mm EXABYTE:
Unterstützt werden der EXB8200- und der EXB8500-Modus jeweils ohne und mit IDRC¹ (Datenkompression).
- 4 mm DAT:
Für 4-mm-DAT²-Kassetten im DDS³-Format zum Lesen mit und ohne DC (Datenkompression). Beim Schreiben wurde immer das DDS-Format mit DC benutzt.
- 4 mm GIGATAPE:
Für 4-mm-DAT-Kassetten im DDS-(DDS-1)-Format oder im GIGA-Format.
- QIC⁴-150:
In diesem Laufwerk konnten QIC-Kassetten im QIC-150-Format (Kassettentyp DC6150) gelesen und geschrieben werden, das QIC-120-Format konnte nur gelesen werden.
- QIC-525:
In diesem Laufwerk konnten QIC-Kassetten des Formats QIC-525 (Kassettentyp DC6525) gelesen und geschrieben werden.
- 9-Spur-Bandspulen:
Dieses Gerät las und schrieb 9-Spur-Bänder im Format 1.600 bpi PE⁵ und 6.250 bpi GCR⁶. Als Besonderheit konnten Bänder im Format 800 bpi NRZI⁷ und 3.200 bpi DPE gelesen werden.

1. IDRC = Improved Data Recording Capability
 2. DAT = Digital Audio Tape
 3. DDS = Digital Date Storage
 4. QIC = Quarter-Inch Cartridge
 5. PE = Phase Encoding
 6. GCR = Group Coded Recording
 7. NRZI = Non Return to Zero Invert

- CD⁸-ROM⁹:
CDs im ISO-9660-Format konnten gelesen werden.
- 3,5“ Disketten:
Dieses Laufwerk las und schrieb 3,5“-Disketten mit 720 KB (Double Density), 1,44 MB (High Density) und 2,88 MB (Extended Density) Speicherkapazität.

Es wurde auch die Möglichkeit angeboten, benutzereigene Geräte anzuschließen. Die Peripheriegeräte konnten von den Benutzern selbst bedient werden.

Wegen der Aufstellung des Tape-Servers im Benutzerzimmer konnte er auch als Dialog-Server genutzt werden. Er verfügte über einen 16“-Farbmonitor.

Archiv-Server

Mit dem ersten Einrichten eines UNIX-Clusters bei der GWDG wurde auch ein Bandroboter zur Datenarchivierung installiert. Das erste System war ein „Metrum RSS-48b“ für VHS¹⁰-Kassetten. Es folgte ein „Digital TL820“-DLT¹¹-Bandroboter. Beide Systeme wurden vom Archiv-Server (GWDU32 = archiv.gwdg.de) mit DEC-OSF/1-Betriebssystem gesteuert.

Druck-Server

Drucker und Plotter waren ab März 1991 an eine DECstation 5000/200 (GWDU03) angeschlossen.

Die im Juni 1997 beschaffte „GWDU58“ (ein Pentium-PC) übernahm von der „GWDU03“ die Druck- und Grafikausgabe.

„Alle zentralen Drucker und Plotter der GWDG können von PCs unter Microsoft-Windows-Systemen im GÖNET-Bereich direkt mit Druckaufträgen beschickt werden, wenn bei der Windows-Anmeldung die GWDG-PC-Netz-Benutzerkennung bestehend aus Userid und Passwort verwendet wird.

Bei der Druckereinrichtung wird im Netzwerkpfad der Name des Samba-Druckers (GWDU58) und der Drucker-Warteschlangenname angegeben. Beim erstmaligen Einrichten eines Netzwerkdruckers auf einem Arbeitsplatzrechner mit Betriebssystem Windows 95 (oder neuer) wird automatisch der passende Druckertreiber von der „GWDU58“ kopiert und installiert, ohne daß der Benutzer eingreifen muß.“¹²

8. CD = Compact Disk
 9. ROM = Read Only Memory
 10. VHS = Video Home System
 11. DLT = Digital Linear Tape
 12. GWDG-Nachrichten 6/1998

Im letzten Quartal des Jahres 1999 wurden drei veraltete Druck-Server durch ein neues leistungsfähiges System abgelöst. Beim neuen Printer-Server mit dem Namen „GWDU58“ handelte es sich um einen Dell PowerEdge 1300 mit dem UNIX-Betriebssystem FreeBSD, der zentrale Durchgangspunkt für alle Druckaufträge aus UNIX-Cluster und PC-Netz der GWDG sowie dem gesamten GÖNET-Bereich, Macintosh-Rechner eingeschlossen, geworden war. Die Druckaufträge wurden an sämtliche von der GWDG betriebenen Monochrom-, Farb- und Spezialdrucker weitergeleitet, wobei eine automatische Abrechnung der Druckaufträge vorgenommen wurde.

Druckausgabe im „Blauen Turm“

Ab dem 2. Februar 1999 bestand für alle Benutzer der GWDG die Möglichkeit, Dokumente im Bereich des GWZ¹ auszudrucken. Ein Drucker vom Typ HP LaserJet 5Si befand sich im Raum der „Internet-Hotline“ im Erdgeschoss des „Blauen Turms“.

Appleshare-Server

Das Softwareprodukt „Ethershare“ der Firma Helios diente in der GWDG seit 1994 dazu, über Ethernalk (Appletalk über Ethernet) auf die Dienste des UNIX-Clusters zugreifen zu können. Es stellte im Wesentlichen Appleshare-Server-Funktionalitäten für Macintosh-Rechner zur Verfügung, die gemeinsam in einem Appletalk-Netz verbunden waren. Damit standen den Apple-Anwendern nach Anmeldung mit dem GWDG-Benutzernamen und dem UNIX-Passwort die Datei- und Druckdienste des UNIX-Clusters zur Verfügung.

Als Server diente bis August 1998 die „GWDU19“, eine mit vier SuperSPARC-Prozessoren ausgestattete Workstation, an deren Stelle dann die „GWDU66“ trat, eine mit vier 300-MHz-UltraSPARC-Prozessoren bestückte SUN Enterprise 450.

Die Drucker-Farm

„Der Paradigmenwechsel in der Rechnerausstattung und der schnelle Fortschritt der Laserdrucktechnik legen es nahe, die zentrale Bereitstellung von Druckkapazität neu zu konzipieren, das heißt, ähnlich wie bei Workstations, dem Farm-Prinzip folgend, eine größere Anzahl mittelschneller Laserdrucker aufzustellen. Dabei ergeben sich folgende Vorteile:

- Leichte Anpassbarkeit an das geforderte Druckvolumen,
- Einsatz jeweils neuester Technologie mit geringem Investitionsbedarf,

1. GWZ = Geisteswissenschaftliches Zentrum

- hohe Druckqualität,
- niedrige Wartungskosten auf Basis von Eigenwartung sowie
- Ausfallsicherheit durch Redundanz.

Der Druckbedarf wurde entsprechend diesem Konzept durch Beschaffung von fünf Kyocera FS-3500 und zwei HP 4Si/mx PostScript-fähigen Systemen abgedeckt, die zusammen eine nominelle Druckkapazität von ca. 100 Seiten/min im DIN-A4-Format, einseitig oder doppelseitig mit 300 bzw. 400 dpi Auflösung zur Verfügung stellen.

Die Drucker wurden direkt oder über Terminal-Server an das lokale Netz des Rechenzentrums angeschlossen. Die bisher schon als Drucker-Server betriebene VAXstation 3540 ermöglicht eine Warteschlangen-Verwaltung mit Lastausgleich der einzelnen Drucker und die Integration mit den UNIX-Systemen.

Des Weiteren wird eine genaue Abrechnung der Seitenzahl durch Auswertung des Zählerstandes über einen Rückkanal des Druckers garantiert und damit die Voraussetzung für eine benutzerspezifische Abrechnung geschaffen.“²

Im Jahr 1997 wurden die Drucker nach und nach von der VAX 3540 entfernt und auf ein PC-System mit FreeBSD übernommen. Das monochrome Drucken wurde ab 1995 vom Druckserver „GWDU49“ (Pentium-PC mit FreeBSD) übernommen, das farbige Drucken 1998 vom „GWDU61“ (Pentium-PC mit FreeBSD). Ende 1998 wurde die VAX 3540 außer Betrieb genommen. Die Kyocera-Drucker wurden aufgrund ihres Alters und ihrer Störanfälligkeit ebenfalls abgeschafft.

In den GWDG-Nachrichten 6/1998 war zu lesen:

„Im Benutzerraum der GWDG werden seit einigen Jahren zwei Druckerfarmen unabhängig voneinander betrieben. Die ältere Farm besteht aus mittlerweile nur noch zwei Laserdruckern vom Typ Kyocera FS-3500, die neuere Farm aus zur Zeit sechs Hewlett-Packard-Laserdruckern 4Si und 5Si. Die Ansteuerung der Kyocera-Drucker erfolgt über eine betagte VAXstation 3540, für die kein Wartungsvertrag mehr besteht und die bei einem größeren Defekt sofort außer Betrieb ginge. Da außerdem die altersbedingte Störanfälligkeit der Kyocera-Drucker stark zugenommen hat und keine wesentlichen Bestände an Verbrauchsmaterial hierfür mehr vorhanden sind, werden die Kyocera-Drucker in den

2. „GWDG – 25 Jahre Datenverarbeitung für die Wissenschaft“ in Max-Planck-Gesellschaft, Berichte und Mitteilungen 3/95, [S. 34-35]

nächsten Monaten außer Betrieb genommen werden.“

7.4.3 Vorböten der Workstation-Ära

VAXstation 3100

Die Desktop-Workstation mit VAX/VMS-Betriebssystem kam im März 1989 auf den Markt.

Ab März 1991 diente sie unter dem Namen „GWDW04“ als Anwendungs- und Fileserver in der zweiten Generation des PC-Netzes.

Daten:

- Prozessor: CVAX-Chip
- Wortlänge: 32 Bits
- Taktfrequenz: 22,2 MHz
- Pufferspeicher (on-chip): 1 KB
- Pufferspeicher (on-board): 32 KB
- Hauptspeicher: 8 - 32 MB
- Plattenspeicher: 100 - 332 MB
- Leistung: 5,2 MIPS

VAXstation 3540

Die Grafik-Workstation VAXstation 3520 kam Anfang 1988 auf den Markt und wurde 1990 von der GWDG beschafft, um das interaktive AYDIN-Grafiksystem zu ersetzen. Ende 1990 wurde sie zu einer VAXstation 3540 aufgerüstet, indem sie eine zweite Prozessorplatine mit weiteren zwei CPUs erhielt.

Daten:

- Prozessor: CVAX-Chip
- Anzahl Prozessoren: 4
- Wortlänge: 32 Bits
- Taktfrequenz: 22,2 MHz
- Pufferspeicher: 64 KB
- Hauptspeicher: 64 MB
- Plattenspeicher: 280 MB

Grafikmonitor:

- Auflösung: 1.280x1.024 Pixel
- Farbtiefe: 24 Bits

Bis Anfang des Jahres 1995 wurden Grafikgeräte an der VAXstation 3540 betrieben, die aber während des Jahres 1994 außer Dienst gestellt wurden (Digipad) oder durch bessere Alternativen im UNIX-Cluster ersetzt wurden. Am 28. Februar 1995 wurde die VAXstation für den allgemeinen Benutzerbetrieb gesperrt und für eine Verwendung als Druck-Server

vorbereitet. Ende 1998 beendete sie auch ihren Dienst als Druck-Server und wurde stillgelegt.

7.4.4 Workstations der GWDG

Die Workstation-Farm der GWDG bekam sehr schnell eine sehr große Typenvielfalt, so dass die folgende Aufzählung nur beispielhaft ist.

DECstation

Die Bezeichnung „DECstation“ erhielten die Workstations der Firma Digital Equipment, die mit einem UNIX-Betriebssystem ausgestattet waren. Sie hatten anfangs 32-Bit-RISC-Mikroprozessoren der Herstellers MIPS, später die Eigenentwicklung von DEC – den „Alpha“-Prozessor, einen 64-Bit-Mikroprozessor.

DECstation 2100

Die Desktop-Workstation mit ULTRIX-Betriebssystem kam 1988 auf den Markt. Bei der GWDG diente sie als Nameserver (mit dem Namen „GWDU01“).

Daten:

- Prozessor: MIPS R2000
- Wortlänge: 32 Bits
- Taktfrequenz: 20 MHz
- Hauptspeicherkapazität: 24 MB
- Festplattenkapazität: 100 MB

DECstation 3100

Die Desktop-Workstation mit ULTRIX-Betriebssystem kam im April 1989 auf den Markt.

Ab November 1990 wurde sie als UNIX-Referenz-Workstation im PC-Labor eingesetzt.

Daten:

- Prozessor: MIPS R2000A / R2010 Chipset
- Wortlänge: 32 Bits
- Taktfrequenz: 16,67 MHz
- Hauptspeicherkapazität: 12 MB
- Pufferspeicher (Befehle/Daten): 64/64 KB
- Festplattenkapazität: 200 MB
- Leistung: 16,2 MIPS / 3,7 MFLOPS¹

DECstation 5000/120

Die DECstation 5000 Modell 120 kam im April 1990 auf den Markt. Die GWDG beschaffte im Januar

1. MFLOPS = Millionen Floating-Point-Operationen pro Sekunde

1991 das erste Exemplar, im Oktober desselben Jahres zwei weitere.

Daten:

- Prozessor: MIPS R3000/R3010
- CPU/FPU¹-Chipset
- Wortlänge: 32 Bits
- Taktfrequenz: 20 MHz
- Hauptspeicherkapazität: 8 - 128 MB
- Festplattenkapazität: 180 oder 330 MB
- Leistung: 21,7 MIPS

DECstation 5000/125

Gemeinsam mit der DECstation 5000 Modell 120 kam im April 1990 auch die DECstation 5000 Modell 125 auf den Markt. Die GWDG beschaffte im Oktober 1991 ein Exemplar.

Die technische Daten unterschieden sich nur im höheren Takt von 25 MHz und damit in einer höheren Leistung von 26,8 MIPS vom Modell 120.

DECstation 5000/200

Die DECstation 5000 Modell 200 kam im Mai 1990 auf den Markt. Die GWDG beschaffte im März 1991 ein erstes Exemplar. Ausgestattet mit dem Betriebssystem ULTRIX wurde sie unter dem Namen „GWDU03“ als Dialog-Server, Druck-Server, FTP-Server und als Gateway zum PC-Netz eingesetzt, später als Backup-Server und zur Clusterüberwachung.

Daten:

- Prozessor: MIPS R3000/R3010, CPU/FPU-Chipset
- Wortlänge: 32 Bits
- Taktfrequenz: 25 MHz
- Hauptspeicherkapazität: 64 MB
- Festplattenkapazität: 330 MB (extern bis zu 21 GB)
- Leistung: 24 MIPS

Die „GWDU03“ wurde in ihrer Funktion als Druck-Server im Juni 1997 von der „GWDU58“, einem Standard-Pentium-PC mit dem Betriebssystem FreeBSD, abgelöst.

DECstation 5000/240

Eine DECstation 5000 Modell 240 beschaffte die GWDG im November 1991.

Sie wurde als „GWDU12“ unter dem Betriebssystem ULTRIX als Dialogserver eingesetzt, später spezieller als X11-Server und als Referenz.

Daten:

- Prozessor: MIPS R3000/R3010
- Wortlänge: 32 Bits
- Taktfrequenz: 40 MHz
- Hauptspeicherkapazität: 32 MB
- Festplattenkapazität: 330 MB (extern bis zu 21 GB)

DEC Alpha

Ab März 1996 stellte DEC die Wartung für ULTRIX ein. Dies betraf bei der GWDG z. B. die Workstations „GWDU03“ und „GWDU12“ mit MIPS-Prozessor. Damit musste auch kurze Zeit später der Betrieb dieser Rechner eingestellt werden. Nach ULTRIX wurde auf den DEC-Workstations mit Alpha-Prozessor „OSF²/1“ eingesetzt, das durch „Digital UNIX“ abgelöst wurde.

Die RISC-Workstations DEC 3000 waren mit dem superskalaren 64-Bit-Mikroprozessor DEC Alpha ausgestattet. Als Betriebssystem diente „OSF/1“, später umbenannt in „Digital UNIX“ und „True64 UNIX“.

DECstation 3000/500

Die DECstation 3000 Modell 500 kam im November 1992 auf den Markt. Die Workstation mit dem Namen „GWDVMS“ wurde als singuläres VMS³-System betrieben, um den Benutzern der VAX 9000 nach deren Abschaffung weiterhin die Betriebssystemumgebung VAX/VMS, nun OpenVMS Alpha, zu bieten.

Daten:

- Prozessor: DECchip 21064
- Wortlänge: 64 Bits
- Taktfrequenz: 150 MHz
- Hauptspeicherkapazität: 192 MB
- Festplattenkapazität: 16 GB

Ein 9-Spur-Magnetbandgerät stand den VMS-Benutzern nicht mehr zur Verfügung, es wurde aber ein Magnetbandkassettenlaufwerk für IBM-3480-Kassetten angeschlossen.

Die GWDG beschaffte Ende 1993 drei weitere Systeme mit Hauptspeicherkapazitäten von 128 oder 256 MB sowie Festplatten von 10 bis 70 GB,

1. FPU = Floating Point Unit (Gleitkommazusatz)

2. OSF = Open Software Foundation
3. VMS = Virtual Memory System

die Ende Januar 1994 zum höher getakteten Modell 800 umgerüstet wurden. Sie wurden unter den Namen „GWDU30“, „GWDU31“ und „GWDU32“ als Batch-Server, File-Server, FTP-Server und Archiv-Server mit dem Betriebssystem DEC OSF/1 eingesetzt.

Die als File-Server eingesetzte Maschine bekam 256 MB Hauptspeicher und eine Festplattenausstattung von 70 GB Kapazität; der Archiv-Server (GWDU32 = archiv.gwdg.de) bekam 10 GB Plattenspeicher und betreute das VHS-Kassetten-Robotsystem „Metrum RSS-48b“.

Die 10-GB-Plattenspeicher wurden als Platten-cache konfiguriert und dienten der Zwischenlagerung von archivierten Dateien: Dateien wurden zunächst im Cache gespeichert und erst anschließend automatisch auf Kassette kopiert. Das Archivsystem besaß eine Gesamtkapazität von 560 GB.

DECstation 3000/800

Im Jahr 1994 wurden Systeme DECalpha 3000/800 beschafft. Sie wurden unter den Namen „GWDU21“ bis „GWDU28“ als Batch-Server mit dem Betriebssystem DEC OSF/1 eingesetzt.

Daten:

- Prozessor: DECchip 21064
- Wortlänge: 64 Bits
- Taktfrequenz: 200 MHz
- Hauptspeicherkapazität: 192 MB

DECalpha 4000/620

Die im November 1993 beschaffte Workstation DECalpha 4000/620 wurde als Dialog-Server mit DEC OSF/1 (= Digital UNIX) eingesetzt. Der Rechner mit dem Namen „GWDU20“ wurde typischerweise unter dem Alias-Namen „login.gwdg.de“ erreicht.

Daten:

- Prozessor: DECchip 21064
- Wortlänge: 64 Bits
- Taktfrequenz: 160 MHz
- Anzahl CPUs: 2
- Hauptspeicherkapazität: 512 MB
- Leistung: 320 MFLOPS

Besonderheit:

- hohe I/O-Leistung: 160 MB/s

DEC AlphaStation 600 5/266

Die Grafik-Workstation DEC AlphaStation 600 5/266 kam im August 1995 auf den Markt. Im Januar 1996 wurde das Workstation-Cluster um drei Rechner vom Typ DEC AlphaStation 600 5/266 mit dem Betriebssystem „Digital UNIX“ (vormals OSF/1) erweitert. Die Maschinen mit den Namen „GWDU50“, „GWDU51“ und „GWDU52“ wurden als Batch-Server (unter Codine) eingesetzt.

Gegenüber den DECalpha-3000/500-Rechnern zeichneten sie sich durch die höhere Taktrate und durch ein verbessertes Prozessor- und Cache-Design sowie eine hohe Gleitkomma-Leistung aus.

Daten:

- Prozessor: DECchip 21164
- Wortlänge: 64 Bit
- Taktfrequenz: 266 MHz
- Hauptspeicherkapazität: 384 MB bzw. 512 MB
- Leistung: 532 MFLOPS

DEC AlphaServer 4100

Der im Dezember 1996 beschaffte DEC AlphaServer 4100 5/400 kam als Dialog-Server mit Digital UNIX zum Einsatz. Der Rechner trat an die Stelle der DECalpha 4000/620 und behielt deren Namen „GWDU20“. Auch der Alias-Name „login.gwdg.de“ blieb.

Daten:

- Prozessor: DECchip 21164A
- Anzahl Prozessoren: 2
- Wortlänge: 64 Bits
- Taktfrequenz: 400 MHz
- Hauptspeicherkapazität: 1 GB
- Leistung: 1,6 GFLOPS

DEC AlphaStation 500/333

Die DEC AlphaStation 500/333 kam im März 1996 auf den Markt. Im Februar 1997 wurden zwei Workstations vom Typ DEC AlphaServer 500/333 als File-Server eingesetzt.

Daten:

- Prozessor: DECchip A21164
- Wortlänge: 64 Bits
- Taktfrequenz: 333 MHz
- Hauptspeicherkapazität: 32 - 512 MB
- Leistung: 666 MFLOPS

DEC Ultimate Workstation 533au2

Die DEC Ultimate Workstation 533au2 kam 1997 auf den Markt. Die beiden Rechner mit den Namen „GWDU70“ und „GWDU71“ waren seit Anfang Januar 1999 als Compute-Server im Einsatz (unter dem Betriebssystem Digital UNIX und der Codine-Batch-Verwaltung).

Die Rechner zeichneten sich durch eine hohe Gleitkomma-Leistung aus.

Daten:

- Prozessor: DECchip 21164A
- Wortlänge: 64 Bits
- Taktfrequenz: 533 MHz
- Hauptspeicherkapazität: 2 GB
- Leistung: 1,1 GFLOPS

DEC Ultimate Workstation 500au

Die DEC Ultimate Workstation 500au kam 1997 auf den Markt. Die fünf Rechner mit den Namen „GWDU72“ bis „GWDU76“ waren seit Anfang Januar 1999 als Compute-Server im Einsatz (unter dem Betriebssystem Digital UNIX und der Codine-Batch-Verwaltung).

Die Rechner zeichneten sich durch eine hohe Gleitkomma-Leistung aus.

Daten:

- Prozessor: DECchip A21164
- Wortlänge: 64 Bits
- Taktfrequenz: 500 MHz
- Hauptspeicherkapazität: 1 GB
- Leistung: 1 GFLOPS

IBM RS/6000

Die Workstations IBM RS/6000 basierten auf der superskalaren Power-Architektur. Die ersten Modelle waren mit einem CMOS-Chipsatz als CPU ausgestattet, die folgenden Modelle verfügten über den PowerPC-Mikroprozessor.

IBM RS/6000-520

Die RISC-Workstation IBM RS/6000 Modell 520 kam im Januar 1991 auf den Markt. Im September 1992 beschaffte die GWDG ein Exemplar, um es als Batch-Server (unter dem Namen „GWDU05“) einzusetzen. Im April 1995 wurde sie Dialog-Server und secondary Name-Server.

Daten:

- Prozessor: RISC 2032 (8 CMOS-Chips)
- Wortlänge: 32 Bits
- Taktfrequenz: 20 MHz

- Befehls-cache: 8 KB
- Datencache: 32 KB
- Hauptspeicherkapazität: 16 MB
- Festplattenkapazität: 6 x 335 MB
- Leistung: 27,5 MIPS / 7,4 MFLOPS



Abb. 57: IBM RS/6000 Modell 520 mit 16“-Farbmonitor im Rechnermuseum der GWDG

IBM RS/6000-550

Von der im März 1991 auf den Markt gekommenen Workstation IBM RS/6000 Modell 550 beschaffte die GWDG im September 1992 ein Exemplar als Dialog-Server, File-Server und Batch-Server (Name: „GWDU08“), im Jahr 1993 kamen noch zwei weitere hinzu.

Daten:

- Prozessor: POWER 4164 mit integrierter FPU¹
- Wortlänge: 32 Bits

1. FPU = Floating Point Unit

- Taktfrequenz: 41,6 MHz
- Befehls-cache: 8 KB
- Datencache: 64 KB
- Hauptspeicherkapazität: 256 MB
- Festplattenkapazität: 2 x 400 MB
- Leistung: 83,5 MFLOPS

IBM RS/6000-560

Die IBM RS/6000 Modell 560 kam im März 1992 auf den Markt. Im September 1992 beschaffte die GWDG drei Exemplare, um sie als Batch-Server (Namen: „GWDU13“, „GWDU14“ und „GWDU15“) einzusetzen.

Daten:

- Prozessor: RISC-Chipsatz
- Wortlänge: 32 Bits
- Taktfrequenz: 50 MHz
- Befehls-cache: 8 KB
- Datencache: 32 KB
- Hauptspeicherkapazität: 128 MB
- Festplattenkapazität: 800 MB
- Leistung: 100 MFLOPS

SUN SPARC

Die erste Version des Betriebssystems für Sun-Workstations unter dem Namen „SunOS“ wurde auf Basis von BSD-UNIX als proprietäres Betriebssystem für den Einsatz auf Servern und Workstations von Sun entwickelt. Version 5.0 von SunOS wurde auf der Basis von UNIX System V neu entwickelt und der Produktname „Solaris“ eingeführt.

SUN SPARCserver 100

Die Workstation mit dem Namen „GWDU19“ und dem Betriebssystem „SunOS“ wurde 1993 beschafft und erfüllte zahlreiche zentrale Aufgaben: Dialog-Server, WWW-Server, News-Server und Samba-Server.

Daten:

- Prozessor: SuperSPARC TMS 390
- Anzahl CPUs: 4
- Wortlänge: 64 Bits
- Taktfrequenz: 40 MHz
- Pufferspeicher: 1 MB pro CPU
- Hauptspeicherkapazität: 512 MB
- Leistung: 200 MFLOPS

In ihrer Funktion als Druck-Server wurde die „GWDU19“ im Juni 1997 von der „GWDU58“ abge-

löst. Im August 1998 wurde die Workstation außer Betrieb genommen.

Sun SPARCstation IPX

Die Sun Microsystems SPARCstation IPX kam 1991 auf den Markt und wurde von der GWDG im Dezember 1991 als Referenz-Workstation beschafft. Sie erhielt den Namen „GWDU11“.

Daten:

- Prozessor: SPARC-Chip mit integrierter FPU
- Wortlänge: 32 Bits
- Taktfrequenz: 40 MHz
- Pufferspeicher: 64 KB
- Hauptspeicherkapazität: 24 MB
- Festplattenkapazität: 424 MB
- Leistung: 28,5 MIPS / 4,2 MFLOPS

Sun SPARCstation 10

Die Grafik-Workstation Sun SPARCstation 10 kam 1992 auf den Markt. Sie gehörte zum Farblaserdrucker CLC 500. Neben ihrer Funktion als Print-Server (Name: „GWDU16“) diente sie als Referenzsystem.

Daten:

- Prozessor: SuperSPARC-Chip TMS 390
- Anzahl Prozessoren: 2
- Wortlänge: 64 Bits
- Taktfrequenz: 40 MHz
- Cachekapazität: 1 MB
- Hauptspeicherkapazität: 32 MB
- Festplattenkapazität: 4 x 535 MB
- Leistung: 40 MIPS pro CPU



Abb. 58: Ausschnitt der CPU-Platine der Sun SPARCstation 10 mit zwei Mikroprozessoren SuperSPARC TMS 390 auf „Daughterboard“

Sun Ultra 1 Modell 170

Die Grafik-Workstation Sun Ultra 1 Modell 170 kam im November 1995 auf den Markt. Sie wurde im Juli 1996 von der GWDG als WEBdoc¹-Server und als Video-Arbeitsplatz beschafft.

Daten:

- Prozessor: UltraSPARC
- Wortlänge: 64 Bits
- Taktfrequenz: 167 MHz
- Hauptspeicherkapazität: 32 - 512 MB
- Festplattenkapazität: 20 GB
- Leistung: 341 MIPS / 126 MFLOPS

Sun Ultra Enterprise 450

Die Sun Ultra Enterprise kam im Jahr 1996 auf den Markt. Die „GWDU66“ mit dem Betriebssystem SunOS wurde im April 1998 in den Benutzerbetrieb genommen, in mehreren Funktionen löste sie die „GWDU19“ ab. Ab dem 1. September 1998 diente sie auch als Appleshare-Server.

Daten:

- Prozessor: UltraSPARC
- Anzahl Prozessoren: 4
- Wortlänge: 64 Bits
- Taktfrequenz: 300 MHz
- Leistung: 25 MFLOPS

Silicon Graphics

SGI Indy

Die SGI Indy mit dem Betriebssystem „IRIX“ kam im September 1993 auf den Markt und wurde im Dezember 1995 von der GWDG beschafft.

Daten:

- Prozessor: MIPS R4000SC
- Wortlänge: 64 Bits
- Taktfrequenz: 100 MHz
- Pufferspeicher: 1 MB
- Hauptspeicherkapazität: 32 MB
- Festplattenkapazität: 535 MB



Abb. 59: Workstation SGI Indy

Ihr Arbeitsfeld war die Ansteuerung der zentralen grafischen Ausgabegeräte im Rechenzentrum der GWDG und die Verwaltung der Plotter-Warteschlangen. Sie wurde ab dem 6. Januar 1998 durch das traditionelle BSD-UNIX-Spool-System unter dem Betriebssystem FreeBSD auf einem 233-MHz-Pentium-PC ersetzt.

SGI OCTANE/MXE

Die Grafik-Workstation SGI OCTANE/MXE war ab Januar 1997 auf dem Markt und wurde im Februar 1998 von der GWDG beschafft.

Ihr Einsatzgebiet im Dialoggeräteraum war die Analyse und 3D-Darstellung von komplexen Modellsystemen in Echtzeit. Der Rechner mit dem Namen „GWDU65“ war mit dem seinerzeit schnellsten MIPS-Prozessor R10000 ausgestattet und mit der Grafikkomponente MXE versehen. Diese beinhaltete zwei eigene Geometrie- und Pixelprozessoren und einen gesonderten Cache zur Texturbearbeitung.

Daten:

- Prozessor: MIPS R10000
- Wortlänge: 64 Bits
- Taktfrequenz: 250 MHz
- Hauptspeicherkapazität: 64 MB - 2 GB
- Leistung: 1 GFLOPS
- Festplattenkapazität: 2 - 27 GB

Um die CPU auszulasten, liefen auch Batch-Jobs auf der „GWDU65“, allerdings mit geringster Priorität, so dass es zu keinen Beeinträchtigungen der interaktiven Anwendungen kam.

Zur Workstation gehörte ein Stereobetrachtungssystem der Firma Stereographics zur Betrachtung dreidimensionaler Objekte. Der Stereoeffekt wurde erzeugt, indem auf dem Bildschirm abwechselnd zwei Darstellungen des Objektes abgebildet wurden, die mit leicht versetzten Blickrichtungen erzeugt wurden. Eine Stereobrille schloss im gleichen Takt abwechselnd das rechte und linke Glas, so dass jedes Auge nur die seiner Blickrichtung entsprechende Darstellung wahrnahm. Die Synchroni-

1. Digitale Bibliothek

sation zwischen Darstellung und Brille übernahm ein kleiner Infrarot-Sender.

NeXT

NeXTstation TurboColor

Die NeXTstation TurboColor war Bedienungs-Workstation der im November 1992 in Betrieb genommenen KSR1.

Daten:

- Prozessor: Motorola MC68040
- Wortlänge: 32 Bits
- Taktfrequenz: 33 MHz
- Cache (Befehle/Daten): 8/8 KB
- Hauptspeicherkapazität: 16 - 128 MB
- Festplattenkapazität: 426 MB
- Leistung: 25 MIPS / 2,9 MFLOPS

Mit der Stilllegung der KSR1 im Juni 1998 kam auch das Betriebsende der NeXTstation.

IBM-kompatible PCs unter UNIX

IBM 386er PC

Im September 1992 wurde ein erster Referenz-PC („GWDP27“) mit dem Betriebssystem SCO UNIX im Benutzerbereich der GWDG aufgestellt.

Ab 26. Januar 1994 standen ein weiteres Referenzsystem für SCO ODT¹ (Name: „GWDP61“) im Benutzerraum auf einem PC mit dem Mikroprozessor Intel 80386 und ein Referenzsystem für Linux (Name: „GWDP88“) im PC-Labor zur Verfügung, ebenfalls auf einem 386er-PC.

Intel 486DX2 PC

Ab Juli 1997 gab es im PC-Labor ein FreeBSD-Referenz-System mit dem Namen „GWDU60“.

Daten:

- Prozessor: Intel 80486DX2
- Wortlänge: 32 Bits
- Taktfrequenz: 50 MHz
- Hauptspeicherkapazität: 20 MB
- Festplattenkapazität: 325 MB und 812 MB (2 Platten)

1. SCO ODT = Santa Cruz Operation Open Desktop

Intel Pentium Pro PC

Im Juni 1997 wurden zwei PCs beschafft und mit dem Betriebssystem Linux ausgestattet. Sie taten fortan unter den Namen „GWDU101“ und „GWDU102“ als Batch-Worker ihren Dienst. Der Prozessor Intel Pentium Pro verfügte über einen 256 KB großen Pufferspeicher.

Technische Daten:

- Prozessor: Intel Pentium Pro
- Wortlänge: 32 Bits
- Taktfrequenz: 200 MHz
- Hauptspeicherkapazität: 128 MB
- Festplattenkapazität: 2 GB
- Leistung: 440 MIPS

Dell XPS D266

Die im November 1997 beschafften PCs wurden ab Februar 1998 im Kursraum eingesetzt, und zwar mit dem Betriebssystem Linux als Batch-Worker neben ihrer Funktion als Kursraum-Windows-Arbeitsplätze. Ein Gerät diente ab August 1996 im PC-Labor als FreeBSD-Referenzsystem.

Technische Daten:

- Prozessor: Intel Pentium II
- Wortlänge: 32 Bits
- Taktfrequenz: 266 MHz
- Hauptspeicherkapazität: max. 184 MB
- Festplattenkapazität: 6 GB

Dell PW610

Anfang Januar 1999 wurden die Kursraum-Rechner, die mit Linux als Betriebssystem in der kursfreien Zeit als Batch-Worker in einem Compute-Cluster arbeiteten, durch Rechner vom Typ Dell PW610 ersetzt. Durch ihren schnellen (mit vollem CPU-Takt versorgten) Second Level Cache waren sie besonders leistungsfähig (siehe Tab. 1).

Daten:

- Prozessor: Intel Pentium II Xeon
- Wortlänge: 32 Bits
- Taktfrequenz: 450 MHz
- Hauptspeicherkapazität: 256 MB
- Festplattenkapazität: 10 GB



Abb. 60: Dell Personal Workstation 610

Dell PowerEdge 1300

Die Power-Edge-Systeme von Dell waren Rack-Einbau-Systeme. Ein System war ab Ende 1999 als Druck-Server „GWDU58“ im Einsatz.

Daten:

- Prozessor: Intel Pentium III
- Anzahl Prozessoren: 2
- Wortlänge: 32 Bits
- Taktfrequenz: 500 MHz
- Hauptspeicherkapazität: 512 MB
- Festplattentyp: IBM Ultra-Wide-SCSI
- Anzahl Festplatten: 2
- Festplattenkapazität: 2x 9 GB

Dell Precision 620

Ein System war ab August 2000 als Samba- und Dialog-Server „GWDU60“ im Einsatz.

Daten:

- Prozessor: Intel Pentium III Xeon
- Anzahl Prozessoren: 2
- Wortlänge: 32 Bits
- Taktfrequenz: 800 MHz

- Busfrequenz: 133 MHz
- Hauptspeicherkapazität: 512 MB
- Festplatten-Typ: SCSI-3
- Festplattenkapazität: 9 GB

7.4.5 PCs im Rechenzentrum

Spezialrechner

Neben standardmäßig ausgerüsteten PCs mit Windows-Betriebssystemen oder UNIX standen PCs für spezielle Aufgaben bereit. Sie wurden nach und nach im Benutzerraum installiert, nach Auflösung des PC-Labors entstand ein „Spezialgeräte Raum“ für diese Rechner.

Bis auf den Virenschanner-PC waren alle Rechner an das Rechnernetz der GWDG angebunden, so dass der Zugriff auf Daten im UNIX-Cluster oder PC-Netz gewährleistet war. Alle Ausgabegeräte der GWDG (Drucker und Plotter) waren ansteuerbar.

Linux-Referenz-PC

Ab 26. Januar 1994 stand ein Referenzsystem für Linux (Name: „GWDP88“) im PC-Labor zur Verfügung (386er-PC). Als Wechselmedium bot er ein Laufwerk Syquest 88 MB, in dem 44-MB- und 88-MB-Wechselplatten gelesen und geschrieben werden konnten – neben dem „raw“- und dem Linux-Format auch im MS-DOS-Format. Das CD-ROM-Laufwerk war in der Lage, neben dem ISO-9660-Format auch die „Rockridge Extensions“ (z. B. lange UNIX-Dateinamen) zu verstehen. Dieser Rechner wurde im Mai 1994 mit einem Magnetbandkassetten-Streamer-Laufwerk vom Typ „Conner 250“ ausgestattet, welches QIC-40- und QIC-80-Magnetbandkassetten der Formate DC2000, DC2040, DC2060, DC2080 und DC2120 verarbeiten konnte.

Linux-Referenz-Pentium-PC

Im PC-Labor der GWDG wurde ab Juni 1994 für einige Zeit auch ein Linux-Pentium-Rechner „GWDP91“ als Referenz-PC aufgestellt, der in seiner Ausstattung den PCs aus dem von der GWDG verwalteten Leihrechner-Pool der Universität entsprach. Der Rechner war mit dem UNIX-Cluster vernetzt. Auf ihm konnte erprobt werden, ob bestimmte Aufgabenstellungen mittels Leihrechner unter UNIX ohne Softwarekosten realisierbar wären.

Daten:

- Prozessor: Intel Pentium
- Wortlänge: 32 Bits
- Taktfrequenz: 90 MHz
- Hauptspeicherkapazität: 16 MB

Virenschanner-PC

Ab Juni 1995 stand im Benutzerraum der GWDG ein PC mit Pentium-Prozessor und schreibgeschützter Syquest-Wechselfestplatte zur Verfügung, auf dem mitgebrachte Disketten nach Computerviren durchsucht werden konnten. Darüber hinaus waren Virensuchprogramme verschiedener Hersteller installiert, damit die Benutzer verschiedene Programme kennenlernen konnten oder auch mit verschiedenen Programmen die Virensuche durchführen konnten, denn nicht alle Programme fanden alle Viren.

Archivierungs-PC

Im November 1995 wurde im Benutzerraum ein PC installiert, der Arbeiten zur Dateiarchivierung unterstützen sollte. Dazu war er mit einem Magnetbandkassettenlaufwerk und einem CD-ROM-Writer ausgestattet. Zur Zwischenspeicherung der Dateien war eine Plattenpartition eingerichtet, die 700 MB freien Speicherplatz bot.

Beim Magnetbandkassettenlaufwerk handelte es sich um den Typ Conner Tape-Stor 800 MB mit „Travan“-Technologie, der CD-ROM-Recorder war ein Pinnacle RCD-1000 zum Beschreiben von CD-ROMs.

Im Oktober 1998 wurde dieser PC durch ein zeitgemäßes Gerät ersetzt. Es handelte sich dabei um einen Pentium-II-PC mit 300 MHz Taktrate, der mit einem Mitsubishi-CDRW-226- und einem Iomega-Zip-Laufwerk ausgestattet war. Mit diesem CD-Writer konnten CD-R und wiederbeschreibbare CD-RW mit zweifacher Geschwindigkeit beschrieben werden.

Dia-Scanner-PC

Ab Mai 1996 stellte die GWDG ihrer Benutzerschaft im Spezialgeräteraum einen PC zur Verfügung, auf dem Diapositive und Papiervorlagen gescannt werden konnten. Beim Dia-Scanner handelte es sich um den Typ Nikon LS-1000 mit einer optischen Auflösung von 1.340 dpi für 24x36-mm-Dias. Als Zubehör gab es einen Auto-Feeder. Als Flachbett-Scanner war ein HP ScanJet IIcx mit 400 dpi optischer Auflösung für Vorlagen bis zu DIN A4 angeschlossen.

Hardwareausstattung:

- Pentium-PC mit 32 MB Hauptspeicher
- Grafikkarte Matrox (64 Bit, 1 MB RAM)
- Festplatten (1 GB und 4 GB)
- CD-ROM-Laufwerk
- Wechselfestplattenlaufwerk Syquest mit 270 MB
- Magnetbandkassettenlaufwerk (DDS, 4 GB)

Referenz- und Service-PC

Ab Juni 1996 stand den Benutzern ein zusätzlicher PC als Referenz- und Servicerechner zur Verfügung. Auf diesem Rechner waren bzw. wurden auf Anforderung die aktuellen Versionen bekannter PC-Programme unter den Betriebssystemen

- Windows for Workgroups,
- Windows 95 und
- Windows NT

installiert.

Der Rechner war mit einer umfangreichen Auswahl von Dienstprogrammen ausgestattet: Compiler (Fortran und C), Editoren, Konvertierungsprogramme und allgemeine Hilfsprogramme. Insbesondere wurden Textbearbeitung und grafische Anwendungen durch eine Vielzahl der bekanntesten Programme unterstützt.

Videoarbeitsplatz

Die GWDG hatte im Frühjahr 1996 aus Investitionsmitteln, die allein von der Max-Planck-Gesellschaft bereitgestellt wurden, mit Unterstützung einiger Max-Planck-Institute einen qualitativ hochwertigen Videoarbeitsplatz eingerichtet.

Die Hauptkomponenten der Anlage waren:

- eine UNIX-Workstation Sun Ultra 1 Modell 170 mit 20 GB Magnetplattenkapazität und einer DLT-Magnetbandstation
- ein Festplatten-Videorecorder Pronto Video 12 mit ca. 10 Minuten Aufnahmekapazität
- ein Betacam-SP-Schnittvideorecorder Sony UVW 1600P sowie
- ein Schnitt- und Effektsystem Sony FXE 100P mit zwei Zuspielkanälen und einem Recorderkanal

Zwei Videomonitore (Sony PVM 2054QM und PVM 1444QM) gestatteten die Beobachtung der Signale von unterschiedlichen Quellen und ein umschaltbarer S-VHS¹-VHS-Videorecorder Panasonic AG5700 diente zum Be- und Abspielen der üblichen Bandkassetten. Der Festplatten-Videorecorder verwendete das DigitalvideofORMAT von 720 x 576 Punkten bei 8 Bit Farbtiefe pro Bildpunkt.

Der primäre Verwendungszweck der Anlage war die Videoverfilmung von animierten, computergenerierten Bildsequenzen. Hierbei wurden die Einzelbilder von der Workstation über den SCSI-Bus auf den Festplattenrecorder kopiert und dort zu Sequenzen kombiniert. In der Regel reichte dabei die Kapazität

1. S-VHS = Super Video Home System

von ca. 10 Minuten (d. h. 15.000 Einzelbilder) aus; andernfalls konnte auch fernbedient vom Rechner aus vom Festplatten-Videorecorder auf den Betacam-SP-Videorecorder (Auflösung: ca. 700 Linien) geschnitten werden. Im Standardfall wurde der Kopiervorgang vom Schnittsystem aus kontrolliert und anschließend dann ein S-VHS- (Auflösung: ca. 400 Linien) oder ein VHS-Band (Auflösung: ca. 250 Linien) bespielt.

Mit dem Betacam-SP-Schnittspieler stand ein zweiter Zuspeler zur Verfügung, so dass auch Effekte wie Überblendungen oder Bild in Bild bei Bedarf möglich waren.

Die Videoanlage konnte alternativ auch zur Digitalisierung von Videofilmen eingesetzt werden, indem auf dem Festplatten-Videorecorder über einen A/D-Wandler aufgezeichnet wurde. Jedes Einzelbild ließ sich danach vom Festplatten-Videorecorder über den SCSI-Bus als Rastergrafikdatei auf dem UNIX-Dateisystem der Workstation ablegen.

FreeBSD-Referenz-PC

Ab Juli 1997 wurde im PC-Labor der GWDG ein PC mit dem Namen „GWDU60“ unter FreeBSD betrieben. „Die Geschichte und Ausgestaltung des Betriebssystems UNIX sind wesentlich von der Universität von Kalifornien in Berkeley mitgeprägt worden, die in der Vergangenheit ihr UNIX-Derivat als Berkeley Software Distribution (BSD) verteilt hat. Die Portierung des BSD-UNIX auf die PC-Plattform Anfang der 90er Jahre mit der Verfügbarkeit des 80386-Prozessors und seiner Nachfolger führte über 386BSD hin zu FreeBSD.

Im Vordergrund stand der ursprüngliche Gedanke einer Referenzinstallation. Im Laufe der Zeit stellte sich heraus, daß dieses System immer mehr auch für konkrete Anwendungen eingesetzt wurde.¹ Installiert wurden Compiler und Interpreter (Basic, C, C++, Fortran, Modula-3 und Pascal), Grafiksoftware, numerische Bibliotheken und Pakete, Satzprogramme wie LaTeX und groff, das X-Window-System X11 sowie vielerlei Hilfsprogramme. Aus diesem Grund wurde im August 1998 der 486erDX2-PC durch einen Pentium-II-PC, Rechnername weiterhin „GWDU60“, ersetzt. Das System war in die UNIX-Benutzerverwaltung integriert, nach Anmeldung mit dem GWDG-Benutzernamen wurde man mit seinen permanenten und temporären UNIX-Stammverzeichnissen verbunden.

Dreidimensionales Stereo-Sehen

Auf der SGI Octane im Dialoggeräteraum konnten ab August 2000 dreidimensionale Grafiken mit einer Spezialbrille in Stereo betrachtet werden.

1. GWDG-Nachrichten 8/1998

Kursraum und Dialoggeräteraum

Bei den Rechnern im Kursraum der GWDG handelte es sich um 486er-PCs, die ihr Betriebssystem (MS DOS mit Windows 3.1) auf einer schreibgeschützten Syquest-Wechselfestplatte mit 88 MB Kapazität hatten.

Anfang 1995 (vom 6. bis zum 9. Februar) wurde der Schritt zu einem moderneren Betriebssystem getan, nämlich zu Windows NT 3.51. Dazu erhielten die Rechner eine 400-MB-Festplatte, auf der auch die wichtigsten Anwendungen lokal installiert waren. Für weitere Anwendungen wurde ein Server mit Windows NT 3.5 bereitgestellt, und im März 1995 kam noch ein Server mit dem Betriebssystem Novell 4.1 hinzu.

Im Kursraum und im Dialoggeräteraum der GWDG waren 16 bzw. 8 Rechner für die allgemeine Nutzung des PC-Netzes der GWDG installiert. Sie wurden am 2. Februar 1998 durch erheblich leistungsfähigere Pentium-II-Systeme mit einer Taktrate von 266 MHz und mit 64 MB Hauptspeicher ersetzt. Beim Betriebssystem erfolgte der Übergang von Windows NT 3.51 zu Windows 4.0.

Batch-Betrieb im Kursraum

Ab dem 15. Mai 1998 arbeiteten die 16 Kursraum-PCs bei der GWDG jede Nacht als „Batch-Worker“ unter dem Betriebssystem Linux während der Zeiten, in denen das Rechenzentrum geschlossen war. Die Rechner waren vollständig in das UNIX-Cluster der GWDG integriert und konnten über das Batch-System „Codine“ mit Aufträgen beschickt werden.

Die Leistung der Maschinen war in etwa mit der der alten Batch-Server „GWDU21“ bis „GWDU28“ (DECstation 5000/800) vergleichbar. Wegen des relativ kleinen Hauptspeichers musste allerdings auf eine entsprechende Dimensionierung der Probleme geachtet werden. Als Entwicklungsplattform dienten die beiden PentiumPro-Rechner „GWDU101“ und „GWDU102“. Ausführbare Programme, die auf diesen Rechnern erstellt wurden, waren auf den Kursraum-PCs verwendbar.

Im Juli 1998 wurde der Hauptspeicher der Kursraum-Rechner um 128 MB auf 196 MB verdreifacht. Als weitere Verbesserung wurde eine Erhöhung der Bandbreite der Netzanbindung durchgeführt. Nachdem dieses PC-Cluster mit 100 Mbit/s angeschlossen war, konnte es auch für grobgranulare parallele Anwendungen genutzt werden.

Dialog-Betrieb mit Linux

Ab Mai 1998 stand auf den PCs im Kursraum und auf zunehmend mehr Rechnern im Benutzerraum der GWDG neben Windows NT als weiteres Betriebssystem Linux zur Verfügung. Diese Option

konnte beim Neustart der Rechner im Bootmanager-Menü gewählt werden. Danach wurde das System gestartet und stand nach dem Bootvorgang mit einer Textkonsole oder einem Eingabefeld eines X11-Window-Managers zur Angabe der Benutzererkennung bereit. Die Anmeldung erfolgte mit der üblichen UNIX-Cluster-Kennung. Als Window-Manager wurde die Benutzeroberfläche „KDE“ verwendet.

„Auf den Linux-PCs steht das Filesystem des UNIX-Clusters zur Verfügung. Lokal auf den Rechnern ist lediglich ein kleiner wesentlicher Teil des Betriebssystems vorhanden, sonstige Software wird zentral durch einen Fileserver zur Verfügung gestellt. Auf diese Weise kann mit geringen lokalen Ressourcen eine große Auswahl an Standard-UNIX-Software nach kurzer Phase des Herunterladens lokal verwendet werden. Da der Rechner gewöhnlich mit nur einem Benutzer belastet ist, sind die Antwortzeiten entsprechend schnell. Insbesondere für X11-Anwendungen sind daher diese Rechner in dieser Betriebsweise hervorragend geeignet.“¹

Anfang Januar 1999 wurden die Kursraum-Rechner, die mit Linux als Betriebssystem in der kursfreien Zeit als Batch-Worker in einem Compute-Cluster arbeiteten, durch Rechner vom Typ Dell PW610 ersetzt. Durch ihren schnellen (mit vollem CPU-Takt versorgten) Second Level Cache waren sie besonders leistungsfähig.

7.4.6 Apple-Macintosh-Beratungszentrum

Ab Mai 1999 gab es bei der GWDG einen Service, der für die Macintosh-Benutzer in der Max-Planck-Gesellschaft und der Universität Göttingen eingerichtet wurde. Es wurden persönliche Beratung zu Themen rund um den Apple Macintosh und auch Vor-Ort-Einsatz bei Problemen mit dem Macintosh angeboten. Ein spezieller Web- und File-Server war auch vorhanden. Er konnte z. B. über die URL <http://www.mac.gwdg.de> erreicht werden und bot Hilfestellungen verschiedener Art sowie ein umfangreiches Link-Verzeichnis zu allen Aspekten des Macintosh.

Das PC-Labor wurde auch von Herstellerfirmen genutzt, um neue Produkte für eine gewisse Zeit den Benutzern der GWDG zum Ausprobieren zur Verfügung zu stellen.

So wurde z. B. ab Juli 1994 ein Exemplar der neuen Produktlinie von Apple, der seinerzeit stärkste Power Macintosh 8100/80 16/1000/CD, für drei Monate im PC-Labor aufgestellt.

Daten:

- Prozessor: PowerPC 601

- Wortlänge: 64 Bits
- Taktfrequenz: 80 MHz

7.4.7 PC-Netz der GWDG

Nachdem im Rechenzentrum der GWDG einzelne PCs mit einem auf Koaxial-Verkabelung basierenden PC-Netz (ab 1984) und dann mit einem Token-Ring-Netzwerk (ab 1986) miteinander verbunden wurden, wurde schließlich im Jahr 1990 ein erstes PC-Netz mit zentralem Server und Benutzer-Authentifizierung eingeführt. Ständige Anpassungen von Rechnerhardware sowie Netzwerk-, System- und Anwendungssoftware an den Stand der Technik lassen sich innerhalb der GWDG als eine Generationsabfolge darstellen:

1. Generation (1990): Eingesetzt wurde ein Netzwerk auf Basis von 3Com 3+Open, einer frühen Variante des späteren LAN-Managers von Microsoft, mit einem PC-Server (IBM PS/2 Modell 80 mit 386er-CPU und OS/2 als Betriebssystem) als Anwendungsserver. Es wurde noch nicht die Möglichkeit geboten, Benutzerdaten im Netz zu speichern. Hauptanwendungen waren Microsoft Word 5 und Terminal-Emulationszugänge zu den Großrechnern der GWDG, IBM 3090 und DEC VAX 9000. Die Arbeitsplatzrechner waren IBM-kompatible PCs mit dem Betriebssystem MS DOS.

2. Generation (März 1991): Umstellung auf das auf LAN-Manager basierende Netzwerkbetriebssystem PATHWorks von Digital Equipment mit einer DEC VAXstation 3100 (GWDW04) als Anwendungs- und File-Server. Die Klienten-Arbeitsplatzrechner waren typischerweise Intel-386er-Systeme mit dem Betriebssystem MS-DOS 5.0.

3. Generation (Juli 1993): Es kam ein leistungsfähigerer Anwendungs-Server „GWDP51“ zum Einsatz, ein 486er-PC mit dem Betriebssystem OS/2. Eine DECstation 5000/200 (GWDU03) diente als Gateway zu den File-Servern des UNIX-Clusters. Auch kam eine neue Version von PATHWorks zum Einsatz und es wurde möglich, MS Windows 3.1 auf den 386er-Klienten einzusetzen sowie Windows-Anwendungsprogramme. Als Netzwerkprotokoll wurde nun TCP/IP verwendet.

4. Generation (Februar 1995): Für Server und Klienten wurde einheitlich das Betriebssystem Windows NT 3.51 eingesetzt. Windows NT unterstützte im Netzwerk das sogenannte „Domain“-Konzept; das bedeutet, ein Benutzer muss sich nur einmal an einer Domäne anmelden und kann danach alle von dieser Domäne zur Verfügung gestellten Services und Ressourcen mit den ihm zugeteilten Rechten benutzen.

Die PC-Netz-Server haben sich dann zu einer Server-Farm entwickelt. Neben dem Anwendungs-Server

1. GWDG-Nachrichten 5/1998

ver „GWDG-PC-S1“ (Primary Domain Controller – PDC) mit den Funktionen Anmeldeüberprüfung, Applikations-Server und Benutzerdatenserver existierten ein Backup Domain Controller (BDC) „GWDG-PC-S2“ (Funktionen: Anmeldeüberprüfung und Installations-Server) und ein Kommunikations-Server „GWDG-PC-SC1“ mit der Funktion, RAS¹ (PPP²)-Dienste zur Anwahl via Modem bereitzustellen (vier Modems mit der Einwahlsammelnummer 201-1888 mit maximal 28.800 bps standen zur Verfügung). Bei diesen Servern handelte es sich um Pentium-90-Systeme mit 32 MB Arbeitsspeicher.

Die 16 Klienten im Kursraum wurden alle durch neuere Systeme ersetzt, durchweg 486er-PCs mit 66 MHz Taktfrequenz und 16 oder 20 MB Hauptspeicher. Im Benutzerraum waren acht Pentium-Systeme mit 32 MB Hauptspeicher als Arbeitsplatzrechner hinzugekommen.

Ein File-Server „GWDG-PC-FS1“ und ein Print-Server „GWDG-PC-PS1“ (der Druck-Server leitete die Druckaufträge weiter an den UNIX-Druckserver „GWDU58“) kamen später hinzu.

5. Generation (Februar 1998): Für Server und Klienten wurde einheitlich das Betriebssystem Windows NT 4.0 eingesetzt. Ein weiterer Anwendungs-Server „GWDG-PC-S3“ wurde in Betrieb genommen. Mit dem Einsatz von Windows NT 4.0 wurde es möglich, die persönlichen Einstellungen der Benutzer in servergespeicherten Profilen („roaming profiles“) vorzuhalten. Egal auf welchem PC ein Benutzer sich nun anmeldete, er fand jeweils seine aktuelle individuelle Arbeitsumgebung vor.

Zusammen mit der Einführung der neuen Betriebssystemversion wurden auch die Rechner im Dialoggeräteraum und im Kursraum am 2. Februar 1998 durch neue Geräte ersetzt. Es handelte sich um PCs des Typs Dell Dimension XPS D266 mit folgenden Daten:

- Prozessor: Intel Pentium II
- Taktfrequenz: 266 MHz
- Hauptspeicherkapazität: 64 MB
- Grafik: Echtfarbandarstellung mit 1.024 x 768 Bildpunkten
- Festplattenkapazität: 6 GB

Die Geräte im Kursraum erhielten zwei Festplatten, damit wurde den Kurshaltern ermöglicht, für ihre Kurse ganz spezielle Konfigurationen (z. B. ein anderes Betriebssystem) einzurichten. Darüber hinaus wurden ab Mai 1998 die Kursraum-PCs so ein-

gerichtet, dass sie unter dem Betriebssystem Linux in der kursfreien Zeit im Batch-Betrieb als Computer-Server genutzt werden konnten.

Die im Kursraum freigewordenen Rechner wurden als Erstausrüstung in einem neu eingerichteten, von der GWDG betreuten Schulungsraum in der Niedersächsischen Staats- und Universitätsbibliothek installiert. In der kursfreien Zeit standen diese Geräte, die sowohl mit dem PC-Netz der GWDG als auch mit dem Studierenden-Netz verbunden waren, den Studierenden zur Verfügung. Am 30. April 1998 wurde dieser gemeinsame Schulungsraum eröffnet.

7.4.8 Netzwerk

Interne Vernetzung

Die interne Vernetzung innerhalb des Workstation-Clusters wurde mittels FDDI-Technologie über Glasfaserkabel abgewickelt. Dabei wurden Übertragungsraten von 100 Mbps unterstützt. Beginnend 1992 hingen die meisten Workstations an diesem FDDI-Ring. Ein Cisco-Router stellte die Verbindung zum Ethernet (Übertragungsrate: 10 Mbp/s) und zum Internet her.

Anbindung der Institute

Der Stand vom September 1992 war, dass einige wenige Institute bereits über sogenannte Remote-Bridge-Verbindungen verfügten, die die lokalen Netze mit dem Netz der GWDG koppelten und dadurch über eine physikalische Verbindung allen Rechnern im lokalen Netz die Kommunikation mit den Rechnern der GWDG und darüber hinaus mit Netzen anderer Institute und weltweiten Netzen erlaubten. Diese Verbindungen waren auf Übertragungsraten von 64.000 bps beschränkt.

Terminals

Terminals, die mit bisheriger Technik an die GWDG angeschlossen waren, konnten zunächst weiter genutzt werden. Sie wurden an Terminal-Server angeschlossen, die einen Übergang zum Ethernet der GWDG ermöglichten. Es dauerte aber nicht lange, bis mit Netzwerkkarten ausgestattete Arbeitsplatzrechner die Bildschirmterminals verdrängten.

Während bei Workstations und X-Windows-Terminals der Ethernet-Adapter Standard war, konnten Personal Computer leicht mit einer Ethernet-Netzwerkkarte ausgestattet werden, um mit dem GÖNET verbunden zu werden.

GÖNET

Die sternförmig von den Instituten zum Rechenzentrum geschalteten Stand- und Wählleitungen innerhalb des Telefonnetzes der Universität Göttingen sollten durch ein modernes, im Wesentlichen auf

1. RAS = Remote Access Service
2. PPP = Point-to-Point-Protocol

dem TCP/IP-Protokoll basierendes leistungsfähiges Datennetz abgelöst werden. Daher wurde Ende 1989 die Planungsgruppe „GÖNET“ zur Konzipierung eines solchen Netzes eingerichtet. Beginn der Arbeiten zur ersten Phase des GÖNET, während weiterhin der Anschluss von Terminals über Stand- und Wählleitungen mit bis zu 19.000 bps vorgenommen wurde.

GÖNET

Um eine Verbesserung der Infrastruktur für rechnergestützte Kommunikation für die Universität Göttingen zu erreichen, wurde im Jahr 1989 mit der Planung eines Göttinger Universitätsnetzes (GÖNET) begonnen. Im Rahmen dieses Projektes sollte von 1992 bis zunächst 1994 der Aufbau weiterer und der Ausbau bestehender lokaler Netze finanziert werden und die Verknüpfung der Institute untereinander und mit der GWDG verbessert werden.

Im Juni 1992 kam es zur Inbetriebnahme des GÖNET-Backbones, eines Bündels von Glasfaserkabeln, das in einem Ring von der GWDG über den Uni-Nordbereich, das Universitätsklinikum, den Bereich des alten Klinikums, das GWZ und durch die Innenstadt zur Metallphysik, in den Südbereich und zur Universitätssternwarte reichte. In diesem „Backbone“ wurde FDDI-Technologie mit einer Übertragungsleistung von 100 Mbps eingesetzt. Die dabei benutzte Glasfasertechnik war, was die Übertragungskapazität betrifft, mit dieser Übertragungsrate noch längst nicht an ihren Grenzen angekommen, so dass, wenn Anschlusskomponenten, die eine höhere Leistung ermöglichen, zu vertretbaren Kosten verfügbar wären, eine weitere Kapazitätserhöhung möglich würde.

In der GWDG und an verschiedenen Standorten sorgten Router des Typs „Ungermann Bass“ für die Auskopplung der Datenpakete in die verschiedenen Subnetze. Institutsnetze, die mit dem Glasfaserring nicht direkt erreichbar waren, wurden über Remote-Bridge-Verbindungen angeschlossen.

Neben den Universitätsinstituten wurde auch das Max-Planck-Institut für Strömungsforschung (auf eigene Kosten) an den Glasfaser-Backbone angebunden.

In der ersten Ausbaustufe (Phase I) wurden die Institute der Fachbereiche Mathematik, Physik, Chemie, Geowissenschaften, Biologie, Forst- sowie Wirtschafts- und Sozialwissenschaften (bis auf wenige Ausnahmen) direkt an den Glasfaserring angeschlossen. In der zweiten Phase kamen die fehlenden Institute dieser Fachbereiche hinzu und die Fachbereiche Theologie, Jura, Medizin und Historisch-Philologische Wissenschaften. In der ersten Ausbaustufe wurden fast ausschließlich bestehende Netze angeschlossen und in der zwei-

ten Ausbaustufe wurden zumeist Netze vollständig neu aufgebaut.

Im August 1994, also nach dem ersten Betriebsjahr des GÖNET, zeigte es sich – neben behebbaren Problemen –, dass sowohl die Funktionalität der Routersoftware als auch der Durchsatz der Router weder den Anforderungen noch den Zusagen der Lieferfirma SNI¹ genügten. SNI musste sich bereiterklären, die Router gegen ein anderes Fabrikat auszutauschen. Dieser Austausch begann am 19. September 1994 und war am 1. Oktober abgeschlossen. Die neuen Geräte waren vom Typ „Backbone Concentrator Node“ des Herstellers Wellfleet. Es handelte sich um das Topmodell der Firma und sollte der schnellste – performance-stärkste – Router auf dem Markt sein.



Abb. 61: Wellfleet-Router

Durch die Wellfleet-Router wurden die Protokolle IP, DECnet (Phase IV), Novell IPX und Appletalk unterstützt.

Im Oktober 1994 waren die Arbeiten zur zweiten Ausbaustufe des GÖNET-Projekts weitgehend abgeschlossen. Die dritte Ausbaustufe (Phase III), deren Beginn eigentlich für den Sommer 1994 vorgesehen war, wurde wegen der Mittelknappheit auf einen späteren Zeitpunkt verschoben.

Abb. 62 zeigt den Ausbaustand des GÖNET zum Ende des Jahres 1995. Die Glasfaserverbindungen zu den Max-Planck-Instituten, zum Deutschen Pri-

1. SNI = Siemens Nixdorf Informationssysteme

matenzentrum (DPZ) und zum Institut für den Wissenschaftlichen Film (IWF) sind nicht dargestellt.

Ein zweiter Bauabschnitt begann im Juli 1998.

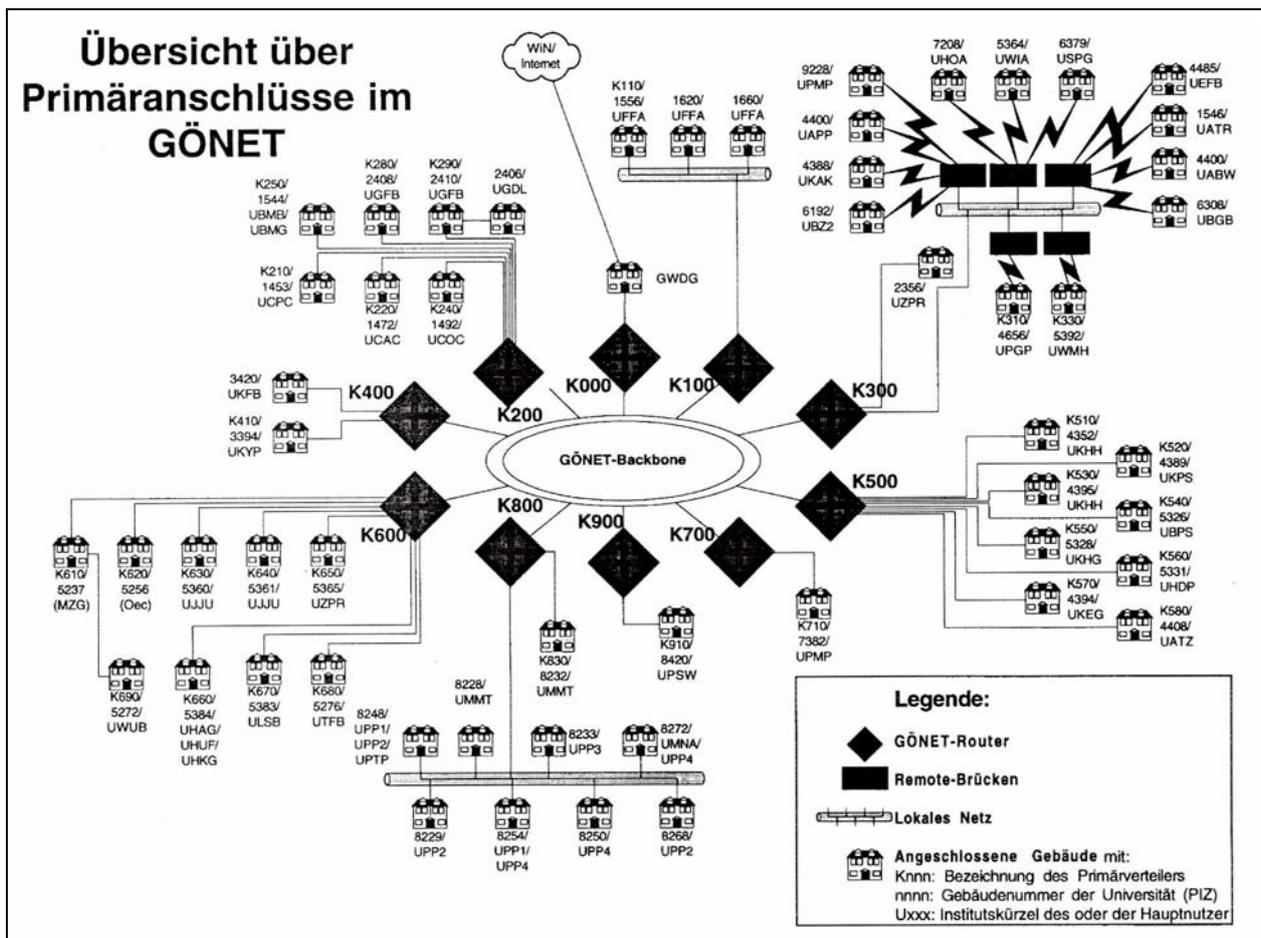


Abb. 62: GÖNET-Ausbauzustand Ende 1995

Zweiter GÖNET-Bauabschnitt

„Die Universität Göttingen plant unter Federführung der GWDG in ihrer Eigenschaft als Universitäts-Rechenzentrum in einem zweiten Bauabschnitt den dringend notwendigen weiteren Ausbau des GÖNET-Netzwerkes. Der Schwerpunkt liegt, wie auch bei den bisherigen Phasen I bis III, auf dem Ausbau der passiven und aktiven Infrastruktur für den Anschluß der Universitätsgebäude an das GÖNET. Aus Gründen der Zukunftssicherheit und angesichts der durch Multimedia-Technologien massiv ansteigenden Netznutzung muß hier auch weiterhin in Lichtwellenleiter investiert werden. Die Prioritätenliste für den Ausbau wurde aufgrund von Kosten-/Nutzenanalysen Mitte 1997 aktualisiert und in dieser Form durch den Senat der Universität festgelegt.

Einzelne Gebäude, die aufgrund der knappen Mittel wegen der anfallenden Verlegekosten in absehbarer Zeit nicht mit LWL¹ versorgt werden können, müssen daher mit weniger leistungsfähigen, aber

preiswerteren Technologien angeschlossen werden. Im GÖNET sind daher bereits Funk- und Laserübertragungssysteme im Einsatz, aber auch die vorhandenen Kupferleitungen des universitäts-eigenen Fernmeldenetzes (aus den 60er Jahren!) werden genutzt. Gerade in diesem Bereich ergaben sich in jüngster Zeit dramatische Entwicklungen.

Der Einsatz von Basisbandmodems in Verbindung mit Routern oder Remote-Bridge-Systemen gestattete in den Anfangsjahren nur Übertragungsraten bis zu 160 kbit/s, in Einzelfällen konnten auch Verbindungen bis zu 2 Mbit/s mit verhältnismäßig hohen Kosten für entsprechend leistungsfähige Modems einschließlich der zugehörigen Routerports eingerichtet werden.

Im Jahre 1996 gab es bei der GWDG Ansätze, unter Einsatz von DSL²-Technologien über die Kupfer-

1. LWL = Lichtwellenleiter
2. DSL = Digital Subscriber Line

TP¹-Kabel des vorhandenen Telefonnetzes erheblich höhere Übertragungsraten zu erreichen.

Erste Versuche mit HDSL²-Systemen zeigten sich als sehr erfolgreich. Verschiedenen Institute konnten unter Einsatz von Crocus HDSL zu 1/5 der bisherigen Kosten bei 2 Mbit/s Übertragungsrate angeschlossen werden. Die HDSL-Systeme haben den Vorteil, Übertragungsgeschwindigkeiten von 2 Mbit/s voll-duplex in beiden Richtungen zu ermöglichen. Sie arbeiten auch mit mehreren Leitungspaaren und erleichtern damit den Betrieb auch auf längeren Strecken oder auf Leitungen mit geringerer Übertragungsqualität.

Ein noch günstigeres Preis-/Leistungsverhältnis erscheint durch Systeme in ADSL³-Technologie erreichbar. Die im ANSI⁴-Standard T1.413 definierte Technologie ist die zur Zeit vielversprechendste DSL-Technik. Über den Einsatz in privaten Leitungsnetzen hinaus wird ADSL, durch die Liberalisierung des Telekommunikationsmarktes beschleunigt, in absehbarer Zeit auch den privaten Endverbraucher erreichen.⁵

Weiterer GÖNET-Ausbau

Ab November 1999 wurden die bis dahin zehn FDDI-Router durch modernere und leistungsfähigere Geräte in Gigabit-Technologie ersetzt. Der Gigabit-Ethernet-Backbone hatte nun nicht mehr die Topologie eines Ringes, sondern drei Hauptknoten vom Typ Corebuilder 9000 (bei der GWDG, in der Fernmeldezentrale der Universität und am Universitäts-Campus) wurden – jeder mit jedem – miteinander verbunden. Sie wurden so ausgestattet, dass bei einem Ausfall eines dieser Standorte die wichtigsten Netzfunktionen (Zugang zum Internet sowie dringend benötigte Dienste wie DNS und E-Mail) erhalten bleiben. Die restlichen Knoten erhielten eine Gigabit-Verbindung zu jeweils zwei Hauptknoten, damit bei Ausfall eines Hauptstandortes der Betrieb gesichert blieb.

Standard-Anschlusstechnik für die Gebäudeanschlüsse wurde Fast-Ethernet mit 100 Mbit/s Übertragungsrate.

Für die im Netz verwendeten Protokolle trat eine entscheidende Änderung ein: Das DECnet-Protokoll wurde nicht mehr unterstützt. Dies konnte leicht in Kauf genommen werden, da inzwischen praktisch alle Rechner mit TCP/IP arbeiteten. Bis zur vollständigen

Abschaltung am 1. März 2000 wurde der alte GÖNET-Router bei der GWDG ausschließlich für DECnet parallel betrieben.

Die neuen Router boten die Möglichkeit, parallel über mehrere Leitungen die Bandbreite zu erhöhen.

Die Außenanbindung an das G-WiN⁶ geschah im Rechenzentrum der GWDG mit Hilfe eines SDH⁷-fähigen Routers Typ 12012 der Firma Cisco. Eine zweite Anschlussmöglichkeit an das G-WiN im Hauptknoten FMZ, die bei einem Ausfall der Hauptverbindung einen Notbetrieb ermöglichte, sollte in möglichst naher Zukunft geschaffen werden.

Netzzugang für Studierende

Aufbau des Studierendennetzes

In der Zeit der Großrechner bestand praktisch kein Bedarf, die Belange der Studierenden bezüglich einer Versorgung mit EDV zu berücksichtigen, denn es gab solche Bedürfnisse nicht. Wenn ein Studierender die Rechenanlagen der GWDG nutzen wollte, stand diese Arbeit immer im Zusammenhang mit Projekten eines Universitätsinstituts und die Arbeit wurde über das Institut abgewickelt.

Mit der zunehmenden Verbreitung von Personal Computern, die für den normalen Studierenden etwa ab Mitte der 90er Jahre auch preislich erschwinglich wurden, wurde die Nutzung von Rechnern auch für den Einsatz im Studium zunehmend wichtiger und die GWDG musste sich auch für die Unterstützung des Angebots von für die Studierenden zugänglichen Arbeitsplätzen in der Universität und für den Zugang auch der privaten Rechner der Studierenden zum Internet stark machen.

Im Jahre 1996 wurde ein Projekt zwischen Universität, GWDG und Studentenwerk begonnen, eine Standard-DV-Umgebung für Studierende bereitzustellen, indem vom Studentenwerk mit Unterstützung durch die GWDG Pools von öffentlich für die Studierenden zugänglichen Arbeitsplatzrechnern an mehreren Stellen der Universität installiert wurden. Durch eine von engagierten Studierenden betriebene „Internet AG“ des Studentenwerks wurde ein Client/Server-basierendes internetfähiges Netz von Computerarbeitsplätzen eingerichtet.

„Das Betriebsmodell für die öffentlich aufgestellten Rechner wurde von den Studierenden der „Internet AG“ beim Studentenwerk entwickelt: Auf preiswerten und einfachen Rechnern wurde ein stark abgespecktes Linux installiert, das sich durch seine Ressourcenschonung auszeichnete. Somit konnte auch schon ein älterer 486er-PC in einen grafischen

1. TP = Twisted Pair
2. HDSL = High Data Rate Digital Subscriber Line
3. ADSL = Asymmetric Digital Subscriber Line
4. ANSI = American National Standards Institute
5. GWDG-Nachrichten 7/1998

6. G-WiN = Gigabit-Wissenschaftsnetz
7. SDH = Synchronous Digital Hierarchy

Arbeitsplatz verwandelt werden, über den der Zugriff auf einen sogenannten Terminalserver möglich war. Dieser Terminalserver war anfangs ein gut ausgebauter Pentium-Rechner, der einerseits zahlreiche solcher Arbeitsplätze bedienen konnte, andererseits die Daten vom zentralen Fileserver hielt. Dies bedeutete, dass man von allen Arbeitsplätzen aus dieselbe Umgebung vorfand und dennoch eine solche dezentrale Umgebung sehr leicht zu verwalten war.

Da das für die Funktion als Internet-Arbeitsplatz erforderliche Linux bei Bedarf jederzeit über das Netz geladen werden konnte und die Implementation einen Zugriff auf die lokale Festplatte ausschloß, konnte die Umgebung auch sehr gut (ohne daß eventuelle Sicherheitsbedenken erhoben werden müssen) mit einer lokalen Installation koexistieren.

Der gemeinsame Schulungsraum von GWDG und SUB in der SUB ist hierfür ein eindrucksvoller Beweis: Beim Einschalten der Geräte kann der Nutzer jeweils individuell entscheiden, welche Umgebung geladen werden sollte – die Windows-NT-basierte GWDG-Umgebung von der lokalen Festplatte oder die studentische Umgebung vom Terminalserver.“¹

Anschluss der Wohnheime

Bis Ende 1998 wurden alle Studentenwohnheime an das Datennetz GÖNET angeschlossen. In den meisten Fällen war es möglich, sie an die Glasfaser (Übertragungsleistung 100 Mbit/s) des GÖNET-Backbones anzuschließen; einige Wohnheime mussten anfangs mit Modemleitungen (29 kbit/s) vorlieb nehmen oder erhielten eine Verbindung über eine Funkbrücke (2 Mbit/s).

Im August 1998 wurden in einem Pilotprojekt mit der Firma Ericson GmbH weitere Studentenwohnheime und Institute mit ADSL-Verbindungen versorgt, die vorher über keine Verbindung verfügten oder über Modemverbindungen oder RND-Brücken (64 kbit/s oder 160 kbit/s) angeschlossen waren. Erzielt wurden Übertragungsraten zwischen 2.016 und 7.968 kbit/s (down) und zwischen 224 und 672 kbit/s (up) – je nach Qualität und Länge der Leitung.

Dank des Engagements des Studentenwerks waren im Oktober 1998 in Göttingen bereits über 1.700 Wohnheimplätze vernetzt. Mit dieser Zahl stand Göttingen an vierter Stelle der deutschen Hochschulen – ein wichtiger Standortvorteil der Universität. Nach einer im November 1999 durchgeführten Umfrage des Deutschen Studentenwerks wies die Zahl der vernetzten Wohnheimplätze in Göttingen

mit ca. 4.000 bundesweit die höchste Anzahl auf und übertraf damit auch die großen deutschen Universitäten.

Weiterer Ausbau des Studierendennetzes

Das Netz der studentischen Rechner inklusive der Server und der persönlichen Rechner in den Wohnheimen war logisch vom Netz für den wissenschaftlichen Datenverkehr der Universität getrennt, indem es in einem sogenannten VLAN² zusammengefasst war. Der GÖNET-Backbone mit seinen 622 Mbit/s verfügte über entsprechende Reserven. Die VLAN-Technik erforderte keine separaten Kabel und damit auch keine zusätzlichen Investitionen. Die durch die Anbindung der Wohnheime, die interne Verkabelung und die öffentlichen Arbeitsplatzrechner der Studierenden entstandenen Kosten wurden durch Beiträge der beteiligten Studierenden aufgebracht.

Im September 1998 wurde zur Betreuung der Studierenden bei den alltäglichen Fragen der Konfiguration eigener Rechner durch die Universität eine „Studentische Hotline“ eingerichtet, die von der GWDG in ihrer Funktion als Universitätsrechenzentrum die erforderliche technische Unterstützung erhielt.

Einen Account bekamen die Studierenden nach Zuzahlung eines kleinen Betrages von 20,- DM zum Semesterbeitrag und erhielten damit neben dem Zugang zu den Arbeitsplatzrechnern und einem persönlichen Speicherbereich auch eine E-Mail-Adresse und die Möglichkeit, persönliche Web-Seiten anzulegen. Mitte 1998 hatten bereits etwa 4.000 Studierende dieses Angebot angenommen.

Studierende, denen kein vernetzter Arbeitsplatz zur Verfügung stand, hatten die Möglichkeit, sich mit verschiedenen Wählleitungsanschlüssen der GWDG zu verbinden (siehe unten!).

Das Studierendennetz wurde zügig ausgebaut und erhielt als Kernstück einen Authentifizierungs- und einen File-Server mit den Homeverzeichnissen und den persönlichen Konfigurationsdateien der einzelnen Benutzer. Auf diesen und weiteren Linux-Servern wurden die Grunddienste wie E-Mail und WWW mit privaten Seiten der Benutzer vorgehalten. Dezentrale Terminal-Server hingen über Switches vor Ort in dem gemeinsamen VLAN des Studierendennetzes – welches im Backbone-Bereich mit 100 Mbit/s arbeitete – und versorgten die Arbeitsplatzrechner mit ihrer grafischen Bedienoberfläche und lieferten die notwendige Rechenleistung zur Ausführung der Anwendungsprogramme wie Webbrowser, Mailprogramm, Chat-Client und Officepaket.

1. GWDG-Nachrichten 10/1998

2. VLAN = Virtual Local Area Network

Die wie X-Terminals konfigurierten PCs booteten als Diskless-Workstations mittels des Boot-ROMs auf der Netzwerkkarte per Bootp-Request von einem verfügbaren Terminal-Server und bekamen von diesem das Authentifizierungsfenster eines der antwortenden X11-Windows-Server und schließlich die grafische Bedienoberfläche. Der Verzicht auf Festplatte und CD-ROM-Laufwerk in diesen Rechnern machte sie betriebssicherer und ermöglichte einen schnellen Austausch gegen ein Ersatzgerät im Fehlerfall. Auch bot sich eine Weiterverwendung älterer Systeme an.

Im Januar 2000 verfügten über 8500 Nutzerinnen und Nutzer, das waren etwa ein Drittel der Göttinger Studierenden, über einen entsprechenden Account, der ihnen die Nutzung des Internet und seiner zahlreichen Dienste von zu Hause, per Modem oder Wohnheim-Festanschluss oder innerhalb der Universität an zahlreichen Terminalstandorten ermöglichte. Anfang 2000 wurden ca. 200 Terminals an 16 Standorten direkt von der Hotline betreut, weitere Standorte mit ca. 50 Terminals waren im Februar 2000 gerade im Aufbau.

Wähl-Zugang für PCs

Die Verbindung von Arbeitsplatzrechnern außerhalb des Datennetzes der GWDG geschah per Wählleitung über das Telefonnetz der Deutschen Telekom.

Das PPP-Protokoll diente dazu, eine TCP/IP-Anbindung über eine serielle Modemleitung zu ermöglichen. Dazu musste das TCP/IP-Protokoll in das Betriebssystem des PCs eingebunden sein und musste dort mit

- IP-Adresse,
- Subnetzmaske,
- Gateway-Adresse und
- Domain Name Server (DNS, Primary und Secondary)

konfiguriert werden. Diese Parameter wurden nach dem Verbindungsaufbau dem PC automatisch zugewiesen.

Die DNS sind für die Namensauflösung im Internet zuständig, insbesondere von WWW-Adressen (URLs). Die IP-Adressen lauteten 134.76.10.46 und 134.76.98.2.

Für die Einwahlverbindungen war auf der Seite der GWDG ein RAS¹-Server (PC mit Betriebssystem Windows NT) zuständig für die Verbindung ins Internet. Der RAS-Dienst begann Anfang August 1995 mit einer Testphase, ab Anfang 1996 wurde dieser

Dienst offiziell angeboten – mit fünf Modem-Leitungen unter der Sammelnummer 201-1888.

Ab Anfang Juni 1996 bestand ein weiterer RAS-Zugang zum PC-Netz der GWDG, der in der Fernmeldezentrale der Universität installiert war. Es handelte sich, wie auch beim RAS-Zugang in der GWDG, um einen Windows-NT-3.51-Server, der weitere acht Telefonleitungen zur Verfügung stellte.

Erreichbar war dieser RAS-Server über die Universitäts-Sammelnummer 39-9921, die auch von außerhalb des Uni-Telefonnetzes ansprechbar war. Ein entscheidender Vorteil für die Nutzer in der Universität war, dass Institute, die sich in dem Rufnummernbereich der Universität befanden, eine Verbindung zum GÖNET und damit auch zum Internet bekamen, ohne Telefoneinheiten bezahlen zu müssen.

Die Anbindung an den Server konnte mit jedem beliebigen Telefonmodem erreicht werden. Es waren Verbindungsgeschwindigkeiten bis 28,8 kbit/s möglich, die allerdings von der Qualität der Universitäts-Telefonleitungen abhängig waren.

Als Protokoll wurde PPP eingesetzt und die Übertragung geschah mit den Netzwerkprotokollen IPX/SPX (in geringem Maße), NetBEUI oder TCP/IP. Die beiden erstgenannten Protokolle ermöglichten es, auch auf Novell- oder Windows-Server zuzugreifen.

Die Anmeldung erfolgte mit dem Benutzernamen und Passwort im PC-Netz, die Anmeldedomäne lautete „GWDG-PC“.

Wählzugang über ISDN

Die Einwahl über ISDN² hatte gegenüber dem analogen Modem den Vorteil, dass

- der Verbindungsaufbau erheblich schneller erfolgte und dass
- die Übertragungsrate mit 64 kbit/s spürbar schneller war und
- die Verbindung deutlich weniger störanfällig war.

Nachteilig waren die Kosten für eine ISDN-Adapterkarte von ca. 100,- bis 120,- DM.

Mitte Januar 1995 wurden die fünf für die Sammelrufnummer 5026710 tätigen Modems durch sechs leistungsfähigere Geräte (maximale Übertragungsgeschwindigkeit: 28,8 kbit/s) ersetzt. Mit sechs Amtsleitungen war nun der Maximalausbau der ISDN-TK-Anlage der GWDG ausgenutzt. Da die Modems Datenkompression anboten (max. 4:1), betrug die theoretisch mögliche Übertragungsrate

1. RAS = Remote Access Service

2. ISDN = Integrated Services Digital Network

115.200 bps, also etwa 14.400 Zeichen/sec. Die Modems waren über einen Terminal-Server mit dem Netz der GWDG verbunden.

Ab Anfang August 1996 konnten Verbindungen zum Netzwerk der GWDG und damit auch zum Internet über weitere ISDN-Einwählpunkte realisiert werden. Es standen dazu vier sogenannte S0-Schnittstellen zur Verfügung, die eine gleichzeitige Anmeldung von acht Benutzern ermöglichten. Die zentrale Sammelnummer für diesen Dienst lautete 201-1892. Dieser Service wurde von einem Windows-NT-Server 3.51 bereitgestellt, ab Ende 1997 Windows NT 4.0.

Die ISDN-Anschlüsse wurden ohne Login-Prozedur geschaltet. Es wurde lediglich mit „dem Netz“ verbunden (IP-Router). Eingerichtet wurde der Zugriff auf das Internet und (mit Anmeldeprozedur) auch der Zugriff auf lokale Rechner (UNIX-Cluster) und das PC-Netz (Drucker).

Bei der Anmeldung im PC-Netz der GWDG war der Benutzername im PC-Netz einzugeben und die Anmeldedomäne „GWDG-PC“. Damit auch auf die Server im PC-Netz zugegriffen werden konnte, mussten bei der Konfiguration auf dem PC auch die Windows Name Server eingetragen werden (Primary und Secondary): 134.76.11.71 und 134.76.11.72

Ab März 1997 war ein neuer Primärmultiplexanschluss S2M in Betrieb, über den gleichzeitig 30 ISDN-Verbindungen mit einer Geschwindigkeit von jeweils einem B-Kanal (64 kbit/s) aufgebaut werden konnten. Der Zugang wurde über einen mit dem Betriebssystem Windows NT 4.0 arbeitenden Rechner ermöglicht. Die zentrale Sammelnummer für diesen Zugang lautete 209060.

Aufgrund dieser Erweiterung konnte im Juli 1997 die Einwahlmöglichkeit unter der Nummer 201-1892 abgeschafft werden.

Die Nutzung der Einwahlmöglichkeiten wurde immer stärker, so dass dieser Zugang zu den Rechenanlagen der GWDG und vor allem zum Internet von der GWDG weiter ausgebaut werden musste.

Ab dem 15. Juli 1998 befand sich eine Einwahlanlage der Firma 3Com im Testbetrieb, die den Standard X2 und später auch V.90 beherrschte. Hiermit ließen sich dann Verbindungen mit bis zu 56 kbit/s aufbauen.

Im Juni 1999 wurden die Einwahlknoten bei der GWDG auf zwei Zugänge konzentriert, die beide von leistungsfähigen Geräten der Firma Ascend bedient wurden:

Hinter der Nummer 2099485 verbarg sich eine von der GWDG beschaffte MAX6000 mit zwei S2m-Kanälen, also insgesamt 60 digitalen Zugängen (ISDN). Davon waren maximal 32 Kanäle für die analoge Einwahl über Modems zugänglich.

Die Nummer 2016 wurde von einer Ascend MAX-TNT der Telekom bedient, auf der zunächst acht S2M-Kanäle aufgeschaltet waren. Damit konnten von dieser Anlage 240 gleichzeitige Verbindungen angenommen werden, von denen 192 mit analogen Modems (V.90, max. 56 kbit/s) angesprochen werden konnten.

Ab dem 16. Juni 2000 hatte die GWDG für den universitätsinternen Einwahlzugang eine neue Sammelnummer – die 39-1310 – in Betrieb genommen. Sowohl analoge (32 Eingänge, V.90 bis max. 56 kbit/s) als auch ISDN-Anrufe (60 Eingänge) wurden von der Einwahlanlage Ascend MAX-6000 mit zwei S2m-Kanälen angenommen.

Der RAS-Server mit der Einwahlnummer 39-9921 wurde damit abgelöst. Auch die Einwahlnummer 2099485 wurde wenige Wochen später gestrichen.

Zusammenfassung der Einwahlmöglichkeiten

Für Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Max-Planck-Institute und der Universität:

- 6 Leitungen für VT100-Zugänge unter der Sammelnummer 5026710
- 32 analoge Leitungen (max. 28,8 Kbit/s) für PPP unter der Sammelnummer 201-1888
- 30 ISDN-Leitungen für PPP unter der Sammelnummer 209060
- 30 Leitungen für ISDN- und Analogbetrieb bis 56 kbit/s (3Com-Anlage, Testbetrieb ab 15.07.1998) unter der Sammelnummer 201-602

Für Studierende der Universität (mit Studentenwerks-Account):

- 48 analoge Leitungen (max. 28,8 kbit/s) für PPP unter der Sammelnummer 39-9811
- 16 analoge Leitungen (max. 33,6 kbit/s) für PPP unter der Sammelnummer 25346
- 30 ISDN-Leitungen für PPP unter der Sammelnummer 389010
- 30 Leitungen für ISDN- und Analogbetrieb bis 56 kbit/s (3Com-Anlage, Testbetrieb ab 15.07.1998) unter der Sammelnummer 201-601

Kooperation mit GöTel

Mit der Göttinger Telefongesellschaft GöTel kam es im Juni 2000 zu einer Kooperation: Angebunden an das Funknetz und eingebunden in die Benutzerverwaltung der GWDG wurde bei der Firma GöTel ein

Einwahlserver mit zwei S2m-Kanälen installiert. Damit standen insgesamt 60 Datenleitungen zur Verfügung. Für alle Besitzer eines GWDG-Accounts oder eines Accounts für Studierende bestand nun ab dem 26. Juli 2000 die Möglichkeit, sich unter der Rufnummer 0109301926751 zu günstigen Minutenpreisen aus dem Göttinger Umland in das Netz der GWDG einzuwählen.

7.4.9 Internet

Internet Gopher

Ab August 1992 wurde der Informations-Server „Internet-Gopher“ auf einer DECstation 5000 eingerichtet.

Internet Gopher war ein verteiltes, weltweites Informations- und Retrievalsystem, welches sich in vielen Ländern und speziell in den wissenschaftlichen Rechenzentren Deutschlands schnell verbreitete. Es wurde 1991 von der University of Minnesota entwickelt und erlaubte aufgrund seiner einfachen Handhabung speziell dem DV-Laien, problemlos auf vielfältige Informationen in vielen Rechnern zuzugreifen.

Im Februar 1993 gab es weltweit über 500 Gopher-Server.

Wegen des Informationsangebots im World Wide Web (WWW) wurde zum Ende des Jahres 1996 der Gopher abgeschafft.

E-Mail

Ab September 1992 bekamen die Nutzer der GWDG auch eine E-Mail-Adresse. Sie lautete: `userid@gwdg.de`.

World Wide Web

Im April 1993 wurde der weltweite Informationsdienst „World Wide Web“ vom CERN (Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire, dem Europäische Kernforschungszentrum in Genf), wo er seit 1980 entwickelt wurde, für die allgemeine Nutzung freigegeben. Schnell wurde damit das Internet zur wohl größten öffentlich zugänglichen Online-Informationsquelle.

„Ursprünglich als ein Verbund von Universitätsrechnern gegründet und mit derzeit ungebrochenem Wachstum – man schätzt weltweit mindestens drei Millionen angeschlossene Rechner – basieren eine Vielzahl unterschiedlicher Dienste auf dem Internet-Protokoll TCP/IP. Daraus resultiert das Problem, aus der gewaltigen Datenfülle das wirklich Relevante herauszuziehen.

Die Entwickler am CERN hatten sich zum Ziel gesetzt, ein Werkzeug zu schaffen, das die verschiedensten verteilten Informationsquellen unter

einer attraktiven und bedienerfreundlichen Benutzeroberfläche zusammenführt. Dabei entstand das World Wide Web (= weltweites Gewebe, kurz WWW oder auch W3 genannt) als ein Integrationsversuch der bisher existierenden Internetdienste. Es präsentiert sich als ein nach modernen Konzepten aufgebautes verteiltes Hypertext-/Hypermedia-Informationssystem, d. h. die Dokumente in diesem System sind durch Links (Verbindungen) miteinander verknüpft, wobei sich jede solche Referenz auf ein beliebiges Objekt beziehen kann. Derartige Objekte können in diesem Zusammenhang Texte, Bilder, Video- oder Audio-Sequenzen, sonstige Datentypen oder gar ausführbare Programme sein.

Der Zugriff auf Internet-Informationsdienste erfolgt stets nach dem Client-Server-Prinzip: Ein Server stellt Informationen zur Verfügung und der Benutzer startet einen geeigneten Klienten, um die angebotenen Daten abzurufen. Damit Klient und Server sich verstehen, müssen sie eine gemeinsame Sprache sprechen: das Protokoll.

Auch das WWW gehorcht diesem Prinzip und baut eine Verbindung zu den entsprechenden Informationsservern (i. d. R. WWW-Server) auf. Das dieser Kommunikation zugrundeliegende Protokoll lautet HTTP (HyperText Transfer Protocol). Wird ein anderer Informationsdienst, wie zum Beispiel Gopher ausgewählt, so kommuniziert der WWW-Klient direkt über dessen Protokoll mit dem jeweiligen Server, ohne daß hierbei ein WWW-Server vermitteln müßte.

HTTP verwendet keine stehenden Verbindungen wie z. B. FTP, sondern eröffnet diese erneut für jede Anfrage, wartet auf die Antwort und bricht dann die Verbindung wieder ab. Dies ist schon allein deshalb sinnvoll, weil der nächste Zugriff durchaus einen anderen Server als Ziel haben kann. Vorteilhaft ist hierbei, daß die Ports der Server nicht belegt sind, während der Benutzer ein Dokument liest. Demgegenüber verursacht natürlich der ständige Auf- und Abbau von Verbindungen für aufeinanderfolgende Anfragen an denselben Server eine gewisse Geschwindigkeitsminderung.“¹

Der Zugang zum Informationsangebot des WWW geschah über Webbrowser-Programme, die auf allen Rechnern, die mit dem TCP/IP-Protokoll an das Internet angeschlossen waren, eingerichtet werden konnten. Man konnte von Angebot zu Angebot wechseln und sich dabei Texte, Bilder und Videos anzeigen lassen, dazu auch Ton in Form von Sprache und Musik.

1. GWDG-Nachrichten 9/1994

Rechnerverbund

Der von einigen wissenschaftlichen Rechenzentren in Norddeutschland aufgebaute Rechnerverbund ging über in ein ganz Deutschland umfassendes Datennetz für die Wissenschaft.

„WiN“

Seit dem 3. Juli 1994 verfügte das Göttinger Datenetz über einen 2-Mbit/s-Zugang zum deutschen Wissenschaftsnetz WiN.

„Der Übergang zum 2-Mbit-WiN hat sich als sehr positiv erwiesen: Die Übertragungsraten zu/von externen Rechnern, insbesondere auch zu Rechnern in den USA, haben sich im Mittel um mehr als den theoretisch zu erwartenden Faktor 30 (2 Mbit ~ 30*64 Kbit) erhöht. Die schlechten Übertragungsraten der Vergangenheit waren also nicht nur durch die langsame 64-kbit-Verbindung der GWDG zum WiN verursacht, sondern resultierten zum Teil auch aus der totalen Überlastung des 64-Kbit-Subnetzes des WiN, dessen „Verstopfung“ die volle Auslastung des 64-Kbit-Anschlusses der GWDG in vielen Fällen verhinderte.

Leider sind die jährlichen Anschlußkosten für einen 2-Mbit-Anschluß recht hoch (ca. 400.000,- DM pro Jahr) ...“¹

„B-WiN“

„Der Verein zur Förderung eines Deutschen Forschungsnetzes e. V. (DFN-Verein) hat im September 1995 mit der Deutschen Telekom AG einen Vertrag über die Bereitstellung eines Breitband-Wissenschaftsnetzes abgeschlossen. Im Vertrag ist vorgesehen, daß ab April 1996 mit der Installation von Anschlüssen beim Kunden begonnen werden soll. Die Anschlußgeschwindigkeit beträgt zunächst 34 Mbit/s, ab 1997 sollen auch Anschlüsse mit 155 Mbit/s realisiert werden. Während der ersten Monate wird nur IP-Verkehr, ab Anfang 1997 werden dann auch X.25-Verbindungen vermittelt.“²

Am 2. Mai 1996 konnte die GWDG den 2-Mbit/s-Anschluss zum deutschen Wissenschaftsnetz WiN durch einen 34-Mbit/s-Anschluss ersetzen.

„Das B-WiN wurde als Virtuelles Privates Netz (VPN) auf Basis des nationalen ATM-Crossconnect-Netzes der Deutschen Telekom aufgebaut; es wird daher gelegentlich auch als "Intranet für die Wissenschaft" bezeichnet. Das Netz erreichte zu Beginn eine Übertragungsgeschwindigkeit von 34 Mbit/s, die im Juli 1996 auf 155 Mbit/s und später auf 622 Mbit/s erhöht wurde. Das B-WiN war damit eines der schnellsten Forschungsnetze der Welt; ein mit

155 Mbit/s ebenso schnelles Forschungsnetz existierte bis dahin nur in den USA.

Das WiN war zunächst mit 6 Mbit/s über EuroNET mit den anderen europäischen Forschungsnetzen verbunden; die USA-Konnektivität wurde Anfang 1997 von bisher 7 Mbit/s auf 34 Mbit/s erweitert. Seit dem 25. Februar 1999 bestehen Verbindungen mit dem europäischen Forschungsnetz TEN-155.

Das B-WiN wurde ab etwa 2000 schrittweise vom Gigabit-Wissenschaftsnetz G-WiN abgelöst.“³

„LWN“

Am 19. März 1999 wurde das Landeswissenschaftsnetz Nord (LWN) offiziell in Betrieb genommen. Die Initiative für das LWN kam aus dem Bestreben der beiden Länder Niedersachsen und Bremen, all ihren Wissenschaftseinrichtungen eine dringend notwendige Mindestgüte beim Anschluss an das bundesweite Breitband-Wissenschaftsnetz B-WiN zu ermöglichen. Während Göttingen schon seit 1994 über einen Hauptanschluss an das Wissenschaftsnetz verfügte, konnten sich viele Hochschulen wegen dessen hoher Kosten nur mit einer selbst finanzierten Zuleitung an den nächstgelegenen Hauptanschluss mit einer Teilkapazität anschließen. Durch das neue Wissenschaftsnetz wurden nun alle Wissenschaftsstandorte über eine Ringstruktur mit 155 Mbit/s verbunden, manche Einrichtungen wurden über Stichstrecken an den Ring herangeführt (siehe Abb. 63). Die eingesetzte Technologie war voll kompatibel mit dem B-WiN, so dass damit eine Infrastruktur geschaffen wurde, die für die Einführung des bundesweiten Gigabit-Wissenschaftsnetzes im Jahr 2000 eine für Niedersachsen wichtige Voraussetzung lieferte.

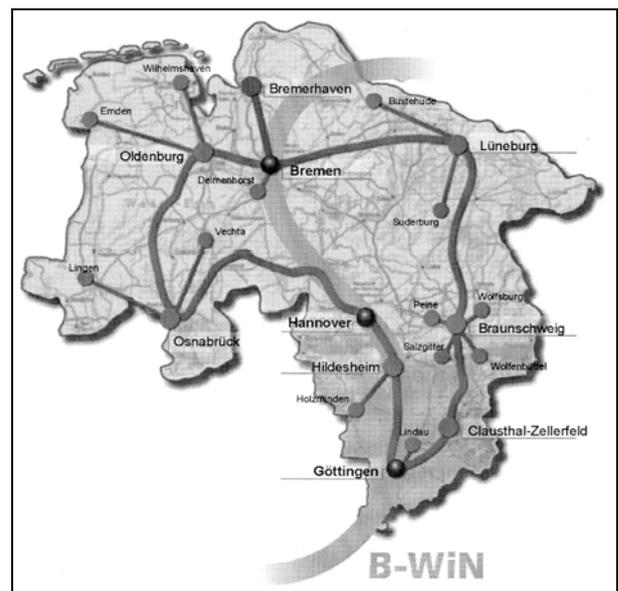


Abb. 63: Landeswissenschaftsnetz Nord

1. GWDG-Nachrichten 7/1994
2. GWDG-Nachrichten 11/1995

3. Aus Wikipedia

Durch die Ringstruktur wurde eine hohe Ausfallsicherheit erreicht. Das LWN war über drei Knoten mit dem B-WiN verbunden, die sich in Bremen, Hannover und Göttingen befanden. Um die nach Göttingen über das LWN herangeführten Einrichtungen in Hildesheim und Braunschweig mitversorgen zu können, wurde der B-WiN-Knoten bei der GWGD auf 155 Mbit/s erhöht. Als Nebeneffekt konnte auch die Kapazität des Göttinger B-WiN-Anteils gesteigert werden, so dass der Anschluss mit dem gestiegenen Bedarf aufgrund des weiteren Netzausbaus Schritt hielt.

Verbindung zum Internet

Anfang Januar 1999 wurde auch die Anbindung des B-WiN an die USA (genauer gesagt, an das MCI-Teilnetz des Internets) deutlich verbessert. Die bisherigen zwei 45-Mbit/s-Strecken wurden auf insgesamt 155 Mbit/s aufgestockt; außerdem wurde der Aufpunkt in Deutschland von Frankfurt nach Hannover verlegt und somit den Verkehrsströmen angepasst.

Der Außenanschluss der GWGD, über den die Göttinger Max-Planck-Institute, die Universität Göttingen und das BRZN¹ mit dem B-WiN verbunden waren, besaß Mitte 1999 eine Leistungsfähigkeit von 44 Mbit/s.

Am 15. Juli 1999 hat der DFN die Zugangskapazität zum DE-CIX auf 90 Mbit/s erhöht. Der DE-CIX in Frankfurt ist einer der zentralen Austauschpunkte für den Internet-Verkehr zwischen deutschen Internet-Providern. Er wurde eingerichtet, um zu vermeiden, dass die verschiedenen Teilnetze des Internet in Deutschland über die USA miteinander kommunizieren.

Im August 1999 erhöhte der DFN-Verein die Kapazität für die Anbindung des B-WiN an die US-Internets um weitere 155 Mbit/s auf 310 Mbit/s, nachdem bereits im März 1999 die transatlantische Kapazität von 90 Mbit/s auf 155 Mbit/s erhöht worden war.

Das B-WiN war mit dem TEN-155, dem breitbandigen Backbone der europäischen Wissenschaftsnetze, mit 155 Mbit/s verbunden.

ATM-Backbone

Im Dezember 1997 wurde innerhalb des GÖNET-Backbones ein ATM²-Netz in Betrieb genommen.

Am 12. Mai 1998 wurde bei der GWGD der neue ATM-Backbone durch den damaligen Niedersächsischen Wissenschaftsminister Thomas Oppermann eingeweiht. Mit 622 Mbit/s verband das bisher

schnellste Teilstück der wissenschaftlichen Datenautobahn in Niedersachsen die fünf Max-Planck-Institute im Göttinger Raum, die GWGD und die Universität Göttingen – untereinander und mit dem Breitband-Wissenschaftsnetz.

Die ATM-Technik erlaubte neben dem reinen Internet-Verkehr auch Datenverbindungen mit besonderen Qualitätsanforderungen wie Video und Sprache, war also eine Grundlage für Multimedia-Anwendungen. Über den neuen Backbone konnten somit Visualisierungen zur Interpretation von Forschungsergebnissen – aber auch Lehrveranstaltungen – ohne gegenseitige Beeinträchtigung übertragen werden, da garantierte Teilkapazitäten bereitgestellt werden konnten.

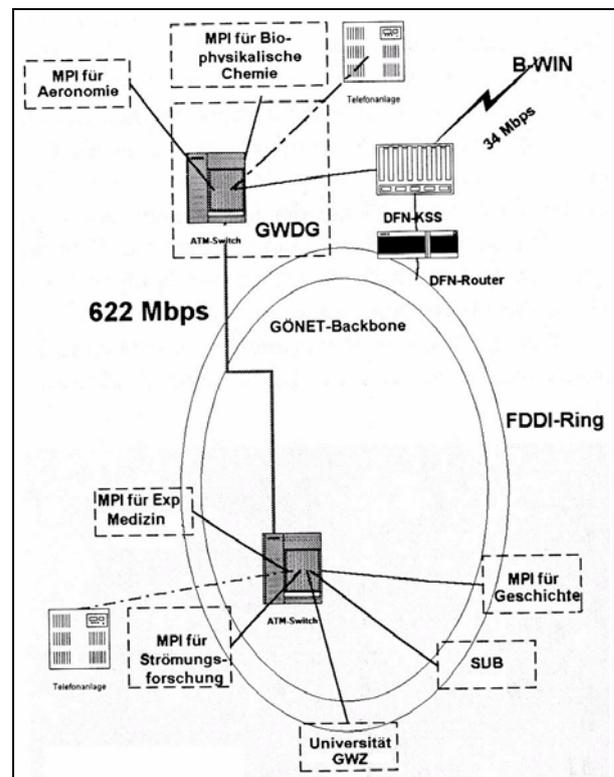


Abb. 64: ATM-Backbone

Datennetz in Göttingen

Am 28. Juni 1999 wurde das gemeinsame Datennetz der Universität Göttingen, der Stadt Göttingen, der Göttinger Max-Planck-Institute und der GWGD in Betrieb genommen. Die Grundlagen für diese Hochleistungsinfrastruktur für Forschung und Lehre wurden mit einer Vertragsunterzeichnung im Dezember 1998 gelegt.

Durch die gemeinsame Nutzung von Leerrohren, Glasfaserleitungen und aktiven Komponenten konnten nicht nur die vorhandenen Mittel wirkungsvoller eingesetzt werden, sondern es wurde auch der Ausbau des Netzes beschleunigt mit dem Ziel,

1. BRZN = Bibliotheksrechenzentrum für Niedersachsen (eine Abteilung der SUB Göttingen)
2. ATM = Asynchronous Transfer Mode

die Attraktivität des Bildungs- und Wissenschaftsstandorts Göttingen auch in Zukunft sicherzustellen.

Über das Göttinger Netz waren Mitte 1999 bereits mehr als 10.000 Rechner von Universität, GWGD und den Max-Planck-Instituten sowie über 3.000 Wohnheimplätze untereinander und mit dem Internet verbunden. Der zentrale Knoten bei der GWGD verfügte über zwei Leitungen zu je 155 Mbit/s an das ringförmige Landeswissenschaftsnetz (LWN), das die Voraussetzungen auch für multimediegestützte Lehre bot. Ferner war dieser Knoten mit 44 Mbit/s an das Breitbandwissenschaftsnetz des DFN (B-Win) angebunden.

„Der Zugang zu dieser modernen Infrastruktur ist nun auch für Schulen möglich. Das gut ausgebaute Göttinger Stadtschulnetz bietet fast allen Schulen eine Standleitung zum Rathaus. Aufgrund der Leistungsfähigkeit des gemeinsamen Netzes und den Erfahrungen der Wissenschaft bei der Nutzung von Kupferleitungen zur Hochgeschwindigkeitskommunikation mittels ADSL-Technik wird auch hier eine Leistungssteigerung möglich. Schülerinnen und Schüler werden so mit den Veränderungen vertraut, die moderne Datentechnik jenseits von Modem und ISDN bewirkt und ermöglicht.“¹

1. Spektrum 3/1999

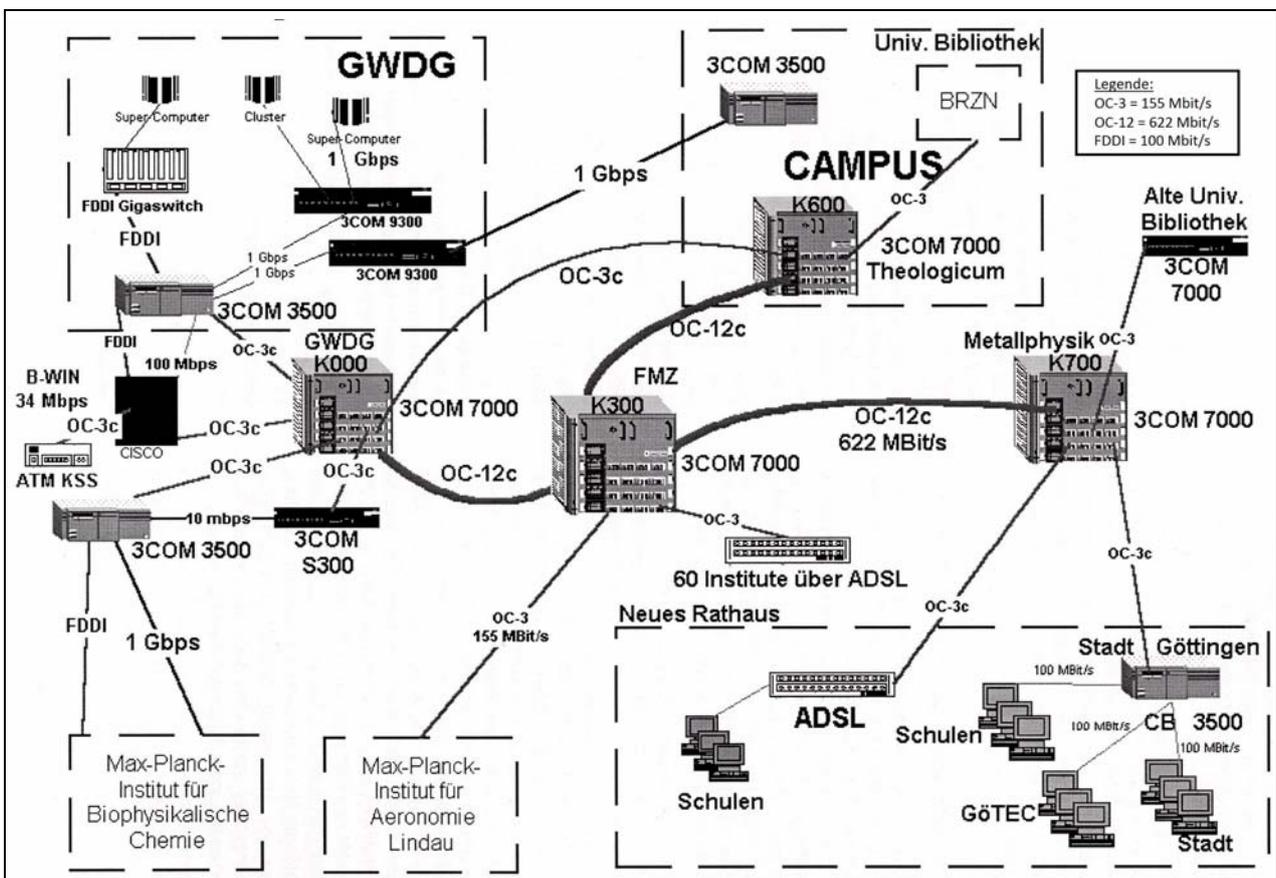


Abb. 65: ATM- und Gigabit-Backbone des GÖNET

Die technische Funktionsfähigkeit des Netzes, das zum Transport des lokalen und internationalen Internetverkehrs moderne Protokolle wie ATM und Gigabit Ethernet einsetzt, wurde durch Komponenten der Firma 3Com gewährleistet. Am zentralen Übergabepunkt zwischen Stadt- und Universitätsnetz versah ein Corebuilder 7000 den Dienst.

Hochleistungsdatennetz im MPI für biophysikalische Chemie

Am 18. November 1998 wurde am Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie nach 2½ Jah-

ren Bauzeit ein neues Rechnernetz eingeweiht. Das Netz verband die verschiedenen Abteilungen und Arbeitsgruppen am Institut untereinander. Die Verbindung nach außen in das Göttinger Wissenschaftsnetz GÖNET sowie in das Internet erfolgte über einen Anschluss im Rechenzentrum der GWGD.

Das Rückgrat der institutsinternen Vernetzung bildeten Glasfaserkabel, die aus einer Vielzahl von einzelnen Fasern bestehen. Diese LWL-Strecken verbanden das im selben Gebäude befindliche

Rechenzentrum der GWDG, in dem sich auch der zentrale Verteiler befand, mit 14 weiteren Verteilerstandorten im Institut. An jedem dieser Standorte konnten bis zu 200 Rechner mit variabler Geschwindigkeit von 10, 100 oder 1000 Mbit/s angeschlossen werden. Zur Inbetriebnahme wurden etwa 2.500 Benutzerarbeitsplätze mit einem Netzwerkanschluss versorgt. Der zentrale, im Rechenzentrum der GWDG aufgestellte und dort auch betreute Gigabit-Vermittlungsknoten in neuester Technologie – Corebuilder 9000 und 3500 der Firma 3Com – sorgte für eine schnelle Weiterleitung der Datenströme innerhalb des Hauses. Bei den Bauarbeiten wurden ca. 6.000 m Glasfaserkabel und 65.000 m Kupferkabel, auf denen ebenfalls Gigabit-Signale übertragbar sind, installiert.

Funknetz

In den GWDG-Nachrichten 5/2000 konnte berichtet werden:

„Rechtzeitig zu Beginn des Sommersemesters wurde von der GWDG am 20. April 2000 der erste Teilbereich eines Funknetzes in Betrieb genommen. Dieses Funknetz dient als Ergänzung des stationären Hochgeschwindigkeitsnetzes, an das bereits über 10.000 Rechner der hiesigen Max-Planck-Institute und der Universität Göttingen angeschlossen sind.

Mit der Funktechnologie wird es möglich, auch von außerhalb des eigenen Büros mit Hilfe eines Laptops und einer geeigneten Einschubkarte auf Rechner und Daten zuzugreifen, elektronische Post zu bearbeiten oder über das Internet Informationen bis hin zur online vorgehaltenen Literatur abzurufen. Moderne Verschlüsselungstechniken sorgen dafür, dass diese über den Äther abgewickelte Kommunikation vertraulich bleibt.“

Der erste Abschnitt des Göttinger Funk-LANs – die Versorgung des GWZ-Bereichs in der Innenstadt – wurde am 16. Februar 2001 durch den damaligen Niedersächsischen Wissenschaftsminister Thomas Oppermann offiziell in Betrieb genommen. „Demonstrativ durchtrennte er dabei das LAN-Anschlusskabel eines Rechners, der dennoch mit dem GÖNET verbunden blieb.“¹



Abb. 66: Minister Oppermann (rechts) und GWDG-Geschäftsführer Prof. Schneider (links)

Weitere Universitätsbereiche wurden nach und nach an das Funk-LAN angeschlossen. „Damit“, so meinte Minister Oppermann, „steht für Forschung und Lehre in Göttingen eine Infrastruktur bereit, die sich mit der führenden amerikanischen Universitäten messen kann und die für das Land Niedersachsen richtungsweisend ist.“²

Das Funk-LAN diente als Ergänzung des existierenden stationären Hochgeschwindigkeitsnetzes GÖNET, an das im Jahr 2001 bereits über 10.000 Rechner der Göttinger Max-Planck-Institute und der Universität Göttingen angeschlossen waren.

Trotz der geringen Sendeleistung von 30 mW oder 100 mW (ein Bruchteil eines Mobiltelefons – bis zu 2 W) konnten Daten mit bis zu 11 Mbit/s übertragen werden. Es bot damit eine 1000 Mal schnellere Übertragung als das herkömmliche Mobiltelefon und erlaubte sogar Video- und Tonübertragungen in Echtzeit. Der Teilnahme an Televorlesungen auch außerhalb eines speziellen Hörsaals stand damit nichts mehr im Wege.

7.4.10 Speichersysteme

Bandroboter Metrum TSS-48b

Zum Aufbau eines Workstation-Clusters im Jahr 1992 gehörte auch die Installation eines Backup- und Archivierungssystems. Das erste derartige System war der Anfang 1993 beschaffte Roboter „Metrum TSS-48b“, der Platz für 48 T120-VHS-Kas-

1. GWDG-Nachrichten 3/2001

2. GWDG-Nachrichten 3/2001

setten hatte. Es handelte sich dabei um Bandkassetten, wie sie auch zur Video-Aufzeichnung (Spieldauer 120 Minuten) verwendet wurden. Auf einer Kassette konnten 14,5 GB Daten gespeichert werden, das Gesamtsystem umfasste eine Kapazität von 560 GB. Die Laufwerke vom Typ RSP-2150 konnten 4 MByte/s im Burst-Betrieb und 2 MByte/s im Dauerbetrieb leisten. Als Software wurde „UniTree“ auf DEC OSF/1 von Digital eingesetzt.

Bandroboter TL820

Im Dezember 1994 beschaffte die GWDG für Backup- und Archivierungszwecke einen Bandroboter der Firma Storage Works vom Typ TL820 „DLT Automated Tape Library“.



Abb. 67: Einblick in den Bandroboter Digital TL820, rechts oben drei Laufwerke, links der Roboter-Greifer mit Strichcode-Leser

Eine Einheit dieses Systems bestand aus drei SCSI-DLT-Laufwerken vom Typ DEC TZ87 und einem drehbaren Magazin mit Fächern für 264 DLT-Kassetten. Ein Roboter transportierte die Kassetten von ihrem Platz im Magazin zu einem der drei Laufwerke und wieder zurück. Die Kassetten wurden mittels ihrer Etiketten von einem Strichcode-Leser identifiziert. Der maximale Ausbau aus fünf Einhei-

ten konnte 5,2 TB Daten in komprimierter Form speichern.

Steuersoftware war weiterhin „UniTree“ von Digital Equipment.

7.4.11 Ein-/Ausgabe-Peripherie

Drucker

Aus dem Netz der GWDG ansprechbare Drucker werden zunehmend auch an Standorten außerhalb des Rechenzentrums der GWDG angeboten. So in der Niedersächsischen Staats- und Universitätsbibliothek (SUB), in der Internet-Hotline im Blauen Turm, in Printshops und in Studentenwohnheimen. Die Kosten wurden für Studierende in DM bzw. Euro eingezogen.

Kyocera FS-3500

Fünf Laserdrucker vom Typ Kyocera FS-3500 wurden im Benutzerraum, im Kursraum und im Maschinenraum eingesetzt.

Daten:

- Auflösung: 300 dpi
- Druckgeschwindigkeit: 75 Seiten/min

Die Drucker wurden von der VAXstation 3540 bedient. Ab der zweiten Hälfte 1997 wurden sie nach und nach bis Ende 1998 abgeschafft.

HP LaserJet 4Si

Vom Laserdrucker HP LaserJet 4Si waren ab 1994 bis zu sechs Stück im Einsatz. 1998 arbeiteten diese in der Druckerfarm im Benutzerraum. Ein Drucker versah seinen Dienst ab dem 2. Februar 1999 in der Internet-Hotline im GWZ.

Daten:

- Auflösung: 600 dpi
- Druckgeschwindigkeit: 30 Seiten/min

HP LaserJet 5Si

1998 waren sechs Laserdrucker HP LaserJet 5Si in der Druckerfarm im Benutzerraum in Betrieb. Sie boten auch das Format DIN A3 und konnten im Duplex-Modus beidseitig drucken.

Daten:

- Auflösung: 600 dpi
- Druckgeschwindigkeit: 24 Seiten/min

Linotronic 330

Zur Herstellung von Druckvorlagen höchster Qualität wurde Anfang 1994 ein Satzbelichter Linotronic 330 der Firma Linotype-Hell beschafft (Benutzerbetrieb ab März 1994), der die zu druckenden Doku-

mente auf Satzfilm oder Papier ausgab. Die Dokumente wurden mit dem eingebauten Raster Image Processor (RIP) 50 bearbeitet und erstellt. Mit der maximalen Auflösung von 1.333 Pixel/cm (3.387 dpi¹) wurden eine äußerst hohe Aufzeichnungsqualität und die originalgetreue Ausgabe von Schwarz/Weiß- und Farbdrukken mit vollem Tonumfang erreicht. Die Arbeitsgeschwindigkeit war von der gewählten Auflösung abhängig.

Der Betrieb des Satzbelichters wurde zum 1. Oktober 2001 eingestellt.

Canon CLC 500

Der Farblaserkopierer Canon CLC² 500 kam im März 1993 in den Benutzerbetrieb.

Der CLC 500 wurde über die IPU 10 mit GPIB-Interface von einer Workstation Sun SPARCstation 10 (GWDU16) angesteuert.

Daten:

- Technologie: Farblaserverfahren
- Grundfarben: Zyan, Magenta, Gelb und Schwarz
- Farbtiefe: 24 Bits
- Farbtiefe: 256 Farben
- Halbtonstufen je Farbe: 256
- Papierformate: DIN A3 und DIN A4
- Transparentfolie DIN A4
- Bedruckbarer Bereich für DIN A3: 29,1 x 40,8 cm und für DIN A4: 19,8 x 29,1 cm

Ein Nachteil dieses Druckers war, dass kein doppelseitiger Druck möglich war.

Die Materialkosten pro Folie betragen 1,10 DM; die Qualität der Folien war bei diesem Drucker allerdings nicht sehr gut.

Canon CLC 800

Der Farblaserkopierer Canon CLC 800 wurde Anfang 1998 beschafft. Mit PostScript-Interpreter

diente er als Standard-Drucksystem für Farbausgabe in den Formaten DIN A3 und DIN A4.

Daten:

- Technologie: Farblaserverfahren
- Grundfarben: Zyan, Magenta, Gelb und Schwarz
- Farbauflösung: 400 x 400 dpi
- Farbtiefe: 24 Bits
- Halbtonstufen je Farbe: 256
- Papierformate: DIN A3 und DIN A4
- Transparentfolie DIN A4
- Bedruckbarer Bereich für DIN A3: 29,1 x 40,8 cm und für DIN A4: 19,8 x 29,1 cm
- Druckgeschwindigkeit: 7 Seiten/min (vollfarbig), 28 Seiten/min (einfarbig)

Der CLC 800 wurde von einer Workstation Silicon Graphics O2 angesteuert, auf der das RIP³-Programm (PostScript-Interpreter) Cyclone II der Firma Colorbus lief, das den Plotter in Höchstgeschwindigkeit mit gerasterten Druckseiten versorgte.

Gegenüber dem CLC 500 arbeitete der CLC 800 mit um ein Drittel feinerem Trockentoner und einer verbesserten Strich-Halbton-Trennung, wodurch eine noch brillantere Farbdarstellung ermöglicht wurde. Darüber hinaus konnte auf dem CLC 800 im sogenannten Duplex-Mode eine Papierseite doppelseitig bedruckt werden.

„Druckstraße“

Seit Anfang des Jahres 2000 war im Rechenzentrum ein Digitaldrucksystem für farbige Ausdrücke im Einsatz, die sog. „Druckstraße“. Sie bestand aus den Komponenten

- Druckserver „Colorbus Cyclone Production“ (DCII),
- Vollfarbdrucker „Xerox DocuColor 40“ (DC40) und
- automatisches Broschürenproduktionssystem (Automatic Stapler Folder – ASF40).

1. dpi = dots per inch (Bildpunkte pro Zoll)
2. CLC = Color Laser Copier

3. RIP = Raster Image Processing

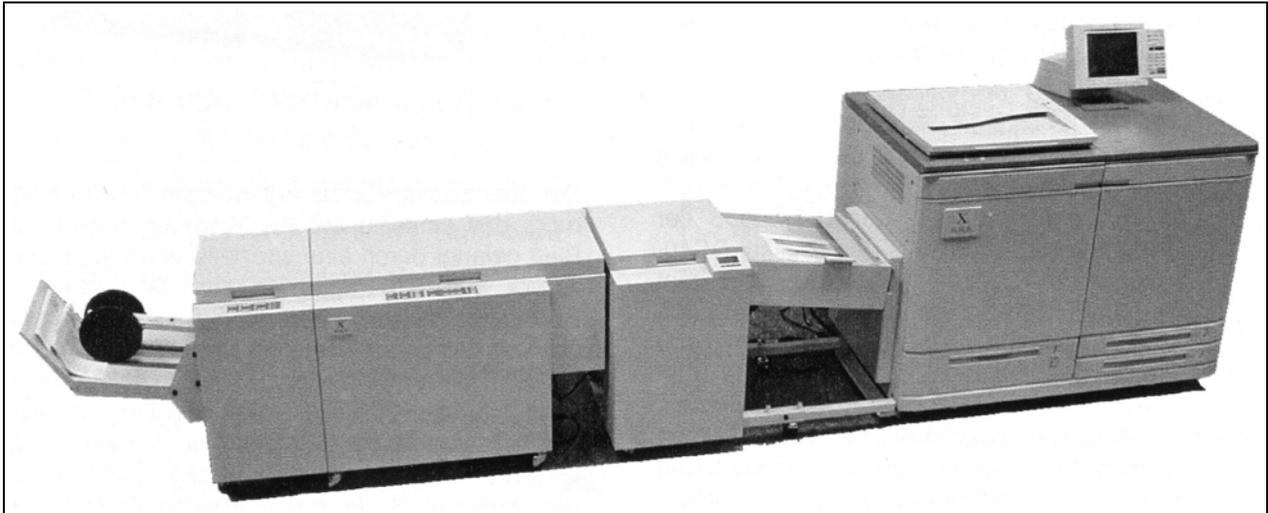


Abb. 68: Die Druckstraße: Drucker Xerox DC40 und ASF40 mit Sammler, Hefter/Falzer und Trimmer (v. r. n. l.)

Mit der Druckstraße konnten u. a. die folgenden Druckerzeugnisse – doppelseitig, farbig in DIN A4 oder DIN A5 – in kleiner bis mittlerer Auflage schnell, direkt und kostengünstig produziert werden:

- Faltblätter (sogenannte Flyer)
- Informationsseiten, Prospekte
- Einladungen, Ankündigungen
- Pressemitteilungen
- Zeitschriften
- wissenschaftliche Publikationen

Zum doppelseitigen Druck einer 140-seitigen Publikation auf 70 DIN-A4-Blättern benötigte die DC40 weniger als 5 Minuten.

Druckserver Cyclone DCII

„Der Druckserver Cyclone DCII der Fa. Colorbus erhält die Druckaufträge in Form von PostScript-Dateien vom zentralen Printserver GWDU58 der GWDG und bedient seinerseits den Drucker DC40. Die Software des Cyclone DCII läuft unter dem Betriebssystem Sun-Solaris auf einer Intergraph TDZ-2000 Workstation mit Dual Intel Pentium II 400 MHz Prozessoren, 512 MB RAM, 100 MHz Busbandbreite und fünf 4,3 GB Ultra SCSI-Festplatten. Die DCII ist darauf abgestimmt, PostScript-Dateien in Höchstgeschwindigkeit zu rastern und die DC40 optimal mit gerasterten Druckseiten zu versorgen. Unterstützt wird dabei PostScript Level 2. Ein gesamter, mehrere Seiten umfassender Druckauftrag kann auf den Festplatten (Disk-Array für die Grundfarben Zyan, Magenta, Gelb und Schwarz) verarbeitet und gespeichert werden. Die Farbkalibrierung mit Hilfe eines X-Rite DTP-32 Auto-Scan-

Farbdensitometers sichert eine konsistente Farbwiedergabe.“¹

Drucker Xerox DC40

„Das Kernstück der Druckstraße ist der Farblaserdrucker Xerox DC40. Er verfügt über vier Farbdruckstationen für die Farben Zyan, Magenta, Gelb und Schwarz, die in Reihe hintereinander angeordnet sind [siehe Abb. 69; d. V.]. Dadurch wird eine Produktivität von bis zu 40 DIN-A4-Seiten pro Minute erreicht.



Abb. 69: Drucker Xerox DC40, Innenansicht

Der doppelseitige Druck erfolgt ohne Zwischenlagerung; das einseitig auf der Vorderseite bedruckte Blatt gelangt durch eine spezielle Wendeautomatik zurück auf den Papierweg zum Bedrucken der Rückseite. Die Druckgeschwindigkeit verringert sich deshalb beim doppelseitigen Druck nur geringfügig auf 30 DIN-A4-Seiten pro Minute. Die Farbauflö-

1. GWDG-Nachrichten 5/2000

sung beträgt 400 dpi (Punkte pro Zoll) mit einer Farbtiefe von 32 Bit (4*8 Bit).¹

Broschüreneersteller ASF40

„Zur Broschüreneerstellung wird die direkt an dem Drucker DC40 angeschlossene Nachbereitungsmaschine ASF40 der Fa. Plockmatic genutzt. Die ASF40 (Automatic Stapler Folder) besteht aus drei Modulen [siehe Abb. 13; d. V.] zum

1. Sammeln und Drehen (accumulator, rotator)
2. Heften und Falzen (booklet maker)
3. Beschneiden (face trimmer)

Maximal 20 Blätter können geheftet und gefalzt werden, d. h., die Broschüre darf nicht mehr als 80 Seiten umfassen. Die Heftung besteht dabei aus zwei Klammern im Falz. Zur Erstellung von DIN-A5-Broschüren werden die aufgesammelten DIN-A4-Blätter vor dem Falzen im Rotator der ASF40 um 90 Grad gedreht; da der Rotator dafür ca. 4 Sekunden benötigt, muss in diesem Fall wegen der hohen Ausgabegeschwindigkeit des Druckers die Broschüre aus mindestens zwei Blättern bestehen. Im letzten Arbeitsgang wird die Broschüre mit Hilfe des Trimmers beschnitten; es handelt sich hierbei lediglich um einen Seitenrandschnitt von 2 – 5 mm, um eine gerade Seitenkante zu erzielen.“²

Plotter

Agfa PCR II

Der Agfa SlideWriter zur Grafikausgabe auf 24x36-mm-Diafilm wurde abgelöst durch den Filmrecorder Agfa PCR II.

HP DesignJet 650C

Der Tintenstrahlplotter HP DesignJet 650C zur Postererstellung wurde 1995 beschafft. Seine Auflösung betrug 300 dpi. Er war bis Ende 2000 in Betrieb.

HP DesignJet 755CM

Der Tintenstrahlplotter HP DesignJet 775CM zur Postererstellung wurde 1996 beschafft. Seine Auflösung betrug 300 dpi.

HP 7600-355

Der HP 7600-355 wurde Anfang 1991 im Rechenzentrum der GWDG installiert. Es handelte sich um einen elektrostatischen Farbplotter für Formate bis zu DIN A0 mit eingebautem Vektor-Raster-Konverter.

Daten:

-
1. GWDG-Nachrichten 5/2000
 2. GWDG-Nachrichten 5/2000

- Technologie: elektrostatisch
- Zeichnungsmedium: Endlospapier mit einer Breite von 91,4 cm
- Bedruckbarer Bereich: 86,3 cm

Daten (Flächengrafiken):

- Grundfarben: Zyan, Magenta, Gelb und Schwarz
- Farbauflösung: 406 dpi
- Mehr als 2.000 verschiedene Farbtöne (geditherte Farben)

Daten (Liniengrafiken):

- Grundfarben: Schwarz, Rot, Grün, Blau, Magenta (Purpur), Gelb und Zyan (Türkis)
- Strichstärke: 0,2 mm

HP DraftMaster MX Plus

Der HP DraftMaster MX Plus wurde im Dezember 1993 im Rechenzentrum der GWDG installiert. Es handelte sich um einen Großformat-Stiftplotter für Formate bis zu DIN A0.

Daten:

- Technologie: Faser-, Tusche- und Kugelschreiber
- Stifte pro Karussell: 8
- Auflösung (kleinste adressierbare Schrittweite): 0,025 mm
- Zeichnungsmedium: Endlospapier mit einer Breite von 91,9 cm
- Bedruckbarer Bereich: 86,3 cm
- Farben (Kugelschreiber): Schwarz, Rot, Grün, Blau, Gelb, Violett und Zyan (Türkis)
- Strichstärken (Tusche): 0,25 mm, 0,35 mm, 0,50 mm und 0,70 mm

HP DesignJet 2500CP

Ab Anfang Januar 1998 stand der Farbtintenstrahlplotter HP DesignJet 2500CP für hochwertigen Farbdruck im Großformat bis DIN-A0-Übergröße – d. h. für Postererstellung in Spitzenqualität – im Rechenzentrum der GWDG zur Verfügung.

Er war seinerzeit im Anwendungsbereich des Großformatdrucks eines der leistungsfähigsten Ausgabegeräte. Er war als Ergänzung zum Grossformatplotter DesignJet 650C gedacht und sollte dann zum Einsatz kommen, wenn eine außerordentlich hohe Zeichnungsqualität erforderlich war.

Die besonders hohe Zeichnungsqualität und die sehr gute Farbwiedergabe auch bei weichen Farb-

verlaufen erklärte sich aus dem UV-Tintensystem mit pigmentierter Tinte für lichtbeständige Ausdrücke. Die automatische Farbkalibrierung sorgte für gleichbleibende Farbqualität.

Daten:

- Technologie: thermischer Tintenstrahldruck
- Hauptspeicher: 68 MB
- Festplatte: 2 GB
- Grundfarben: Zyan, Magenta, Gelb und Schwarz
- Farbauflösung: 600 x 600 dpi im Präsentationsmodus, 300 x 300 dpi im Schnellmodus
- „Intelligentes“ Tintensystem mit automatischer Auffüllung der Druckköpfe aus der Druckpatrone
- Tinteninhalt pro Druckkopf: 40 ml
- Tinteninhalt pro Druckpatrone: 410 ml
- Düsen pro Druckkopf: 300
- Papier: Rollen 91,7 cm breit und 30,5 m lang
- Druckgeschwindigkeit: 37 Minuten pro A0-Seite (im Präsentationsmodus), 15 Minuten pro A0-Seite (im Schnellmodus)

Tektronix Phaser II SDX

Zur Erstellung von Farbgrafiken in fotografischer Qualität war ab November 1993 der Farbsublimationsdrucker Tektronix Phaser II SDX im Einsatz. Die exzellente Ausgabequalität hatte allerdings ihren Preis: Die Materialkosten für eine Seite bzw. pro Folie betragen ca. 10,- DM.

Daten:

- Technologie: Farbsublimation
- Papiergröße: DIN A4

Der Phaser II SDX wurde im September 2000 außer Betrieb genommen.

Tektronix Phaser 220e

Der Thermotransferdrucker Tektronix Phaser 220e wurde im Dezember 1994 in Betrieb genommen.

Seine Stärke war die hohe Farbbrillanz. Die Farbe wurde in drei Phasen (Zyan, Magenta und Gelb) aufgetragen und es konnte ein extrem breites Farbspektrum dargestellt werden. Da pro Farbpunkt (Pixel) nur acht Farben möglich waren ($2^3 = 8$), wurden zusätzliche Farben mit Hilfe spezieller Dithering-Verfahren erzeugt. Das Ergebnis war ein Farbdruk in verblüffender Qualität und hoher Leuchtkraft.

Daten:

- Technologie: Thermowachs
- Farben: Zyan, Magenta und Gelb
- Farbauflösung (Standard): 300 x 300 dpi
- Farbauflösung (Hochauflösungsmodus): 600 x 300 dpi
- Formate: DIN A4 quadratisch (18 x 18 cm) und DIN A4
- Bedruckbarer Bereich: 200 x 287 mm
- Einzugsfächer: 2 (für Papier und Folie)

Eine Ausgabeseite auf Papier kostete etwa 1,40 DM und eine Folienseite 3,20 DM. 1996 wurden monatlich ca. 1.000 Folien auf dem Tektronix Phaser 220e gedruckt.

Der Phaser 220e wurde im September 2000 außer Betrieb genommen.

Tektronix Phaser 350

Im Dezember 1996 wurde der Festtintendrucker Tektronix Phaser 350 beschafft. Der Drucker lieferte brillante Folien.

Die Festtintentechnologie, die auch als Phasenwechselverfahren (Phase Change) bezeichnet wurde, beruhte auf dem Übergang einer Substanz von einem Aggregatzustand (fest, flüssig oder gasförmig) in einen anderen. Beim Phaser 350 wurden zwei Phasenwechsel durchlaufen. Spezial-Festtintenfarbstifte (ColorStix Ink) wurden in einem kleinen Behälter geschmolzen (Wechsel 1) und dann in einem der Zeichnung entsprechenden Muster auf den Zeichnungsträger (Papier oder Folie) aufgebracht. Die Farben wurden unmittelbar nach dem Auftreffen auf dem Zeichnungsträger wieder fest (Phasenwechsel 2). Durch den Anpressdruck zweier Walzen wurde das Bild schließlich kaltfixiert, um die Oberflächenstruktur zu verbessern. Das Ergebnis war ein Farbdruk mit satten, kräftigen und klaren Farben.

Die Materialkosten betragen 1,10 DM pro Folie.

Daten:

- Technologie: Festtintenverfahren (Phase Change)
- Stifte: 4 Wachsfarbstifte
- Grundfarben: Zyan, Magenta, Gelb und Schwarz
- Auflösung: 300 x 600 dpi
- Format: DIN A4
- Bedruckbarer Bereich: 200 x 283 mm

- Einzugsfächer: 2 (für Papier und Folie)
- Druckgeschwindigkeit:
6 Seiten pro Minute (Papier)
2 Seiten pro Minute (Folie)

Tektronix Phaser 360

Ab Dezember 1998 war der Festtintendrucker Tektronix Phaser 360 im Rechenzentrum im Einsatz. Die Materialkosten pro Folie betragen 1,10 DM.

Tektronix Phaser 840

Ab dem Jahr 2000 war der Tektronix Phaser 840 im Rechenzentrum im Einsatz. Die Materialkosten betragen bei diesem Festtintendrucker ebenfalls 1,10 DM pro Folie.

Mitsubishi S6800-40

Zur Erstellung von fotorealistischen Farbbildern im Format DIN A3 war ab März 1997 der Farbsublimationsdrucker Mitsubishi S6800-40 im Einsatz. Der Plotter arbeitete mit einem Intel-80960-Prozessor mit 40 MHz Taktrate und verfügte über einen 132 MB großen Speicher.

Daten:

- Technologie: Farbsublimation
- Grundfarben: Zyan, Magenta, Gelb und Schwarz
- Auflösung: 300 x 600 dpi
- Farbtiefe: 24 Bits
- Anzahl Farben: 16,7 Mio.
- Anzahl Graustufen: 256
- Druckträger: Papier DIN A3 und DIN A4, Folie DIN A4
- Bedruckbarer Bereich (Papier): 308 x 444 mm (DIN A3 Übergroße)
- Bedruckbarer Bereich (Folie): 203 x 276 mm (DIN A4)
- Druckgeschwindigkeit: ca. 4 Minuten pro Seite

Die Materialkosten pro DIN-A4-Folie betragen 9,- DM und die für ein DIN-A3-Papier 12,- DM.

7.4.12 DEC VAX 9000

Die VAX 9000 der GWDG, die erheblich stärker als die IBM 3090 in die Zusammenarbeit mit Rechnern der Institute eingebunden war, musste noch einige Jahre länger betrieben werden. Sie besaß ab Sep-

tember 1992 keine direkt angeschlossenen Terminals mehr, der Dialogverkehr wurde über den Ethernet-Anschluss abgewickelt.

Im Mai 1994 wurde die Abschaffung der VAX 9000 zum Ende des Jahres mit anschließender Fortsetzung der VMS-Funktionalität auf einer Workstation angekündigt, die Frist konnte jedoch verlängert werden. Schließlich wurde der letzte Großrechner der GWDG am 19. August 1996 abgeschaltet. Benutzer, die weiterhin das Betriebssystem VMS benötigten, wurden auf eine DECstation 3000/500 mit vergleichbarer Leistungsfähigkeit migriert, wo ihnen allerdings ein Vektorzusatz nicht mehr zur Verfügung stand.

7.4.13 Parallelrechner

KSR 1

Der erste Parallelrechner der GWDG, eine Kendall Square Research KSR1 mit 32 Prozessoren und einer Leistung von 1,28 GFLOPS, wurde im November 1992 in Betrieb genommen.

Bis etwa 1996 wurde die KSR intensiv genutzt, dies nahm ab, als Workstations ihren Leistungsvorsprung aufholten. Da zudem die Herstellerfirma Kendall Square Research wegen wirtschaftlicher Schwierigkeiten Entwicklung und Verkauf ihrer Rechner einstellte (Ankündigung am 21. September 1994), wurde ab 1995 keine Neuentwicklung von Anwendungen auf der KSR1 mehr durchgeführt. Beginnend mit 1996 nahm deshalb die Auslastung der KSR stetig ab, zum Ende 1997 war sie praktisch auf den Wert Null gesunken. Die GWDG hatte wegen des verminderten Einsatzes bereits Anfang 1996 die Wartung reduziert, dann ab Mitte 1997 ganz gekündigt.

Interessant war die KSR1 aber auch während der letzten Zeit für Test- und Vergleichszwecke. Die richtungsweisende Speicherorganisation eines virtuell gemeinsamen Speichers nach dem CC-NUMA-Konzept (Cache Coherent Non Uniform Memory Access) wurde untersucht und mit neueren Realisierungen eines virtuell gemeinsamen Speichers bei den Herstellern HP und SGI verglichen. Da die KSR1-Installation bei der GWDG als weltweit eine der letzten noch betriebsbereit war, kamen auch von außerhalb Nutzungswünsche, die von der GWDG unterstützt wurden.

Die KSR1 wurde am 30. Juni 1998 endgültig abgeschaltet.



Abb. 70: Die KSR1 im Rechnermuseum der GWDG, im zur Vitrine umgebauten rechten Turm die Bedienungsworkstation „NeXTstation TurboColor“

Ersatz fand die KSR in den Parallelrechnern Cray T3E und SGI Power Challenge.

Cray T3E

Im Jahr 1996 wurden in Deutschland mehrere wissenschaftliche Rechenzentren mit massiv paralle-

len Rechnern vom Typ Cray T3E ausgestattet, z. B. das Konrad-Zuse-Zentrum für Informatik Berlin (mit 128 Prozessoren) und das Rechenzentrum Garching des Max-Planck-Instituts für Plasmaphysik (mit 416 Prozessoren). Die zentralen Höchstleistungsrechner waren ausschließlich für große Produktionsrechnungen bestimmt. Für die Entwicklung und den Test von parallelen Programmen, für exploratorische Vorstudien und Projekte mit großer, aber nicht extremer Rechenlast sollten dezentral eine Vielzahl kleinerer Parallelrechner zur Verfügung stehen. Die Max-Planck-Gesellschaft hatte deshalb die Mittel zur Beschaffung von vier solchen Entwicklungsplattformen vom Typ T3E bereitgestellt. Eines dieser Systeme (mit 20 Prozessoren) wurde am 22. Oktober 1996 der GWDG geliefert und ging dort am 15. November in den (vorläufigen – d. h. mit gewissen Einschränkungen) Benutzerbetrieb.

Die Cray T3E kam 1995 auf den Markt. Sie war ein Multiprozessor-System mit verteilter Speicherorganisation, bei dem die Einzelknoten über ein schnelles Netzwerk in dreidimensionaler Torus-Topologie miteinander verknüpft waren.

Prozessortyp

Die Einzelknoten waren mit einem Mikroprozessor vom Typ DEC Alpha EV5 (21164) mit 64-Bit-Arithmetik und einer Taktung von 300 MHz bestückt. Mit den beiden Gleitkomma-Pipelines dieses Prozessors für Multiplikation und Addition ergab sich damit eine theoretische Spitzenleistung von 600 MFLOPS pro Einzelknoten. Dies summierte sich zu einer theoretischen Spitzenleistung von 9,6 GFLOPS für den Vorrechner bei der GWDG sowie 247,2 GFLOPS für die T3E in Garching bzw. 76,8 GFLOPs für die T3E am ZIB in Berlin.

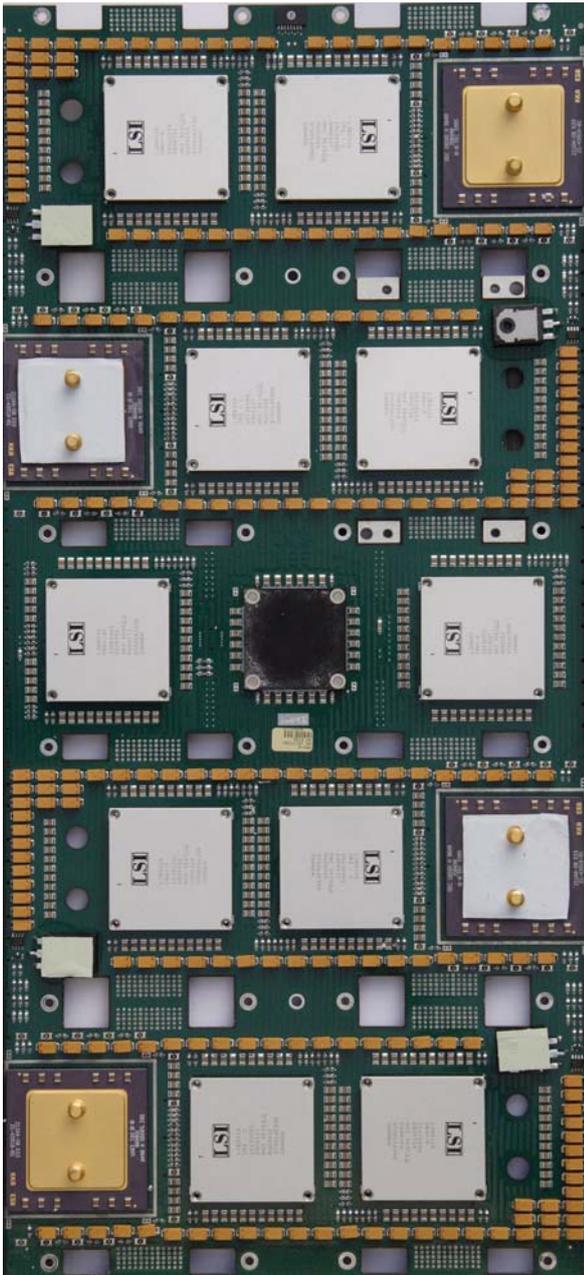


Abb. 71: Cray-T3E-Prozessorplatine mit vier Mikroprozessoren DEC Alpha 21164

Speicherhierarchie

Auf dem Prozessorchip waren drei Caches vorhanden, die bei den Alpha-Prozessoren bekannten jeweils 8 KB großen First-Level-Caches für Daten und Instruktionen mit 256 Cache-Lines von jeweils vier Wörtern mit 64 Bit und der für den neuen Alpha-Prozessor typische dreifach assoziative, 96 KB große Second-Level-Cache mit je 512 Cache-Lines von jeweils acht Wörtern.

Die nächste und dritte Ebene der Speicherhierarchie der T3E bildete der lokale Speicher in DRAM¹-Technologie mit jeweils 128 MB Speicherplatz. Dies ergab bei der GWDG einen verfügbaren Hauptspei-

cher von insgesamt 2 GB. Dem lokalen Speicher waren sogenannte Streaming-Buffer zur schnelleren Bedienung des Prozessors mit Datenströmen an die Seite gestellt.

Die vierte Ebene der Speicherhierarchie stellten die entfernten Speicher bzw. lokalen Speicher anderer Einzelknoten dar. Diese Ebene war über die sogenannten E-Register und die Netzwerkrouter mittels Shared-Memory-Get- und -Put-Routinen in einem logisch gemeinsamen Adressraum erreichbar.

Die Massenspeicherebene der Speicherhierarchie wurde über spezielle I/O²-Knoten angesprochen. Für die T3E der GWDG waren 50 GB lokaler Plattenplatz vorgesehen.

Die Cray T3E war über FDDI und Ethernet in das Netz der GWDG integriert, es wurden jedoch eine eigene Benutzerverwaltung und ein eigenes Filesystem eingerichtet. Das Filesystem des Workstation-Clusters der GWDG und das Filesystem am T3E-Hauptrechner in Garching konnten jedoch über NFS „gemountet“ werden.

Im Januar 1998 wurde die Cray T3E um einen zweiten Rechnerschrank mit weiteren 20 Prozessoren erweitert. Die neu hinzugekommenen Prozessoren, die wie die 20 bereits vorhandenen vom Typ DEC Alpha 21164 waren, waren mit jeweils 256 MB Hauptspeicher ausgestattet. Bei den vorhandenen Prozessoren wurde gleichzeitig der Speicher von 128 MB auf 256 MB aufgestockt. Die Prozessoren waren von nun an in der Topologie eines dreidimensionalen Torus miteinander verschaltet. Die nun zu erwartende Leistung betrug maximal 24 GFLOPS.

Am 9. Januar 1998 wurde der Rechner wieder in den Benutzerbetrieb übergeben.

In der TOP-500-Liste der 500 schnellsten Parallelrechner der Welt war die Cray T3E der GWDG mit ihrer Maximalleistung von 21,6 GFLOPS am Ende des zweiten Drittels zu finden.

Daten:

- Prozessor: DECchip 21164
- Prozessoren: 40
- Wortlänge: 64 Bits
- Taktfrequenz: 300 Mhz
- Hauptspeicher: 256 MB/CPU
- Hauptspeicher (insgesamt): 10 GB
- Leistung: 600 MFLOPS/CPU
- Gesamtleistung: 21,6 GFLOPS

1. DRAM = Dynamic Random Access Memory
2. I/O = Input/Output = Ein-/Ausgabe

SGI Power Challenge L / SNI SC900

Die „Power Challenge L“ der Firma Silicon Graphics (SGI), ein eng gekoppeltes symmetrisches Multiprozessorsystem mit bis zu 36 Prozessoren, kam im Juni 1994 auf den Markt. Das Betriebssystem der Power Challenge war IRIX, die UNIX-Version von Silicon Graphics.

Die Beschaffung dieses sehr leistungsfähigen Parallelrechnersystems erfolgte im Rahmen einer Kooperation mit der Firma Siemens Nixdorf Informationssysteme AG (SNI), die diese Systeme unter dem Namen SC900 vermarktete.

Die SNI SC900 / SGI Power Challenge wurde aufgrund ihres Shared-Memory-Programmiermodells Nachfolger der KSR1. Sie wurde am 5. Januar 1995 geliefert und war ab dem 30. Januar 1995 mit dem Namen „GWDU43“ bei der GWDG im Benutzerbetrieb. Der Rechner war über FDDI in das Rechnernetz der GWDG eingebunden, es konnte auf das gesamte Filesystem der Clusters zugegriffen werden. Die Benutzerverwaltung wurde zentral über „yellow pages“ gesteuert, die Batch-Verwaltung lief unter „Codine“.

„Die Power Challenge ist ein symmetrischer Multiprozessor, deren Einzelknoten vom Typ R8000 mit einem schnellen Bus über einen gemeinsamen Speicher gekoppelt sind. Der R8000 ist eine Weiterentwicklung der RISC-Prozessorserie der Firma MIPS, bei der erstmalig eine 64bit-Architektur realisiert ist. Er zeichnet sich durch eine besonders hohe Leistungsfähigkeit für Floating-Point-Operationen aus. Durch die gleichzeitige Bearbeitung von bis zu vier Floating-Point-Operationen erreicht er bei einer Taktrate von 75 MHz eine Rechengeschwindigkeit bis zu 300 Mflop/s. Einer hohen Floating-Point-Leistung kommt auch der 4 MB große streaming cache zugute, von dem Floating-Point-Daten direkt in die Register der CPU fließen. Integer-Daten werden noch in dem 64 KB großen first-level cache zwischengespeichert.“¹

Daten:

- Prozessor: MIPS R8000
- Anzahl Prozessoren: 4, später 6
- Wortlänge: 64 Bit
- Taktfrequenz: 75 MHz
- First-Level-Cache: 64 KB pro CPU
- Streaming-Cache: 4 MB pro CPU
- Hauptspeicherkapazität: anfangs 256 MB, dann 512 MB

- Plattenkapazität: 2 GB, später 34 GB
- Maximalleistung (4 CPUs): 1,2 GFLOPS
- Maximalleistung (6 CPUs): 1,8 GFLOPS

Die PowerChallenge fiel im Jahr 1996 wiederholt wegen Hardwarefehlern aus. Als Entschädigung für die dadurch verursachten Aufwände bei Nutzern und bei der GWDG stellte die Wartungsfirma SNI kostenlos eine 9-GByte-Festplatte zur Verfügung. Damit erhöhte sich der Plattenplatz auf 16 GB.

Wegen der hohen Auslastung des Rechners erweiterte ihn die GWDG im Januar 1998 um ein weiteres Zwei-Prozessor-Board auf die im verfügbaren Gehäuse maximale Zahl von sechs Prozessoren. Bei dieser Gelegenheit wurde auch der Massenspeicher durch Einbau von zwei zusätzlichen Festplatten mit je 9 GB Kapazität auf insgesamt 34 GB erhöht.

IBM RS/6000 SP

Der Compute-Server IBM RS/6000 SP (SP = Scalable Powerparallel) enthielt 12 Prozessoren vom Typ Power2SC mit jeweils 160 MHz Taktrate und 7 GB Hauptspeicher. Er bot eine Maximalleistung von 640 MFLOPS. Die Rechenknoten waren durch ein schnelles Netzwerk, den High Performance Switch, miteinander gekoppelt.

Daten der Knoten:

- Prozessor: IBM Power2SC
- Anzahl Prozessoren/Knoten: 1
- Anzahl Knoten: 12
- Wortlänge: 32 Bits
- Taktfrequenz: 160 MHz
- Hauptspeicherkapazität: 512 MB/Knoten
- Plattenspeicherkapazität: 2 GB/Knoten
- Maximalleistung: 7,7 GFLOPS
- Hauptspeicherkapazität: 7 GB



Abb. 72: Ein RS/6000-SP-Power2-SC-Knoten

In Abb. 72 ist ein Rechenknoten bei geöffnetem Abdeckblech zu sehen: Im linken Teil befindet sich das Netzteil, in der Mitte und rechts unten zwei Festplatten, rechts oben die vier Speicherplatinen, von

1. GWDG-Nachrichten 1/1995

denen eine in Abb. 73 gezeigt ist. Oberhalb der Festplatten (mit hellblauem Griff) hat der Netzwerkadapter seinen Platz. Der Prozessor ist auf dem Foto nicht sichtbar, er befindet sich auf der Grundplatine auf dem Boden des Gehäuses.



Abb. 73: Eine RS/6000-SP-Power2-SC-Speicherplatine

Die SP war in das Workstation-Cluster der GWDG integriert, alle Einzelknoten boten die dort gewohnte Umgebung. Die Einzelrechner hatten die Namen „GWDK001“ bis „GWDK012“. Zwei Rechner waren vor den anderen ausgezeichnet, zum einen, weil sie mit 1 GB Hauptspeicher doppelt so viel hatten wie die anderen, und zum anderen, weil sie direkt mit dem FDDI-Netz des Clusters verbunden waren, während die anderen indirekt über den High Performance Switch verbunden waren.

Die RS/6000 SP diente für die Benutzer der GWDG sowohl der sequentiellen als auch der parallelen Verarbeitung.

In der sequentiellen Verarbeitung löste sie die IBM-Workstations „GWDU13“, „GWDU14“ und „GWDU15“ in ihren Funktionen als Batch- und Dialog-Server ab und behob damit einen Engpass in der Versorgung mit Rechenleistung auf AIX-Rechnern. Alle Anwendungen, die unter AIX liefen, wurden deshalb auf der SP zur Verfügung gestellt, bei Einzelplatzlizenzen auf der „GWDK011“, bei Campuslizenzen auf allen Knoten der SP. Gesteuert wurden die sequentiellen Aufgaben über Batch-Warteschlangen.

Das schnelle Verbindungsnetz der SP machte diesen Rechner auch für die Parallelverarbeitung sehr geeignet. Die Leistung des Verbindungsnetzes lag bei 110 MB/s Bandbreite und 30 Mikrosekunden Latenzzeit bei Punkt-zu-Punkt-Kommunikation. Als Programmiermodell wurde in erster Linie Message Passing eingesetzt. Außerdem stand auch noch das datenparallele Programmiermodell in Form des High Performance Fortran (HPF) zur Verfügung. Die SP unterstützte zwei verschiedene Protokolle zur Kommunikation: IP (Internet Protokoll) und US (User Space), das mit weniger Systemaufrufen arbeitete und deshalb schneller war.

Die Beschaffung der IBM RS/6000 wies eine Besonderheit auf: Sie wurde zur Hälfte von Institut für Geophysik der Universität Göttingen finanziert und stand ihm deshalb zur Hälfte exklusiv zur Verfügung.

Erweiterung der RS/6000 SP

Im Januar 2000 wurde eine neue Generation der IBM RS/6000 SP installiert, die sich durch eine hybride Parallelrechner-Architektur auszeichnete: Ein Cluster von Rechnern war über einen schnellen mehrstufigen Kreuzschalter vernetzt. Dieses Cluster stellte ein System mit verteiltem Speicher dar, das Parallelverarbeitung mit Nachrichtenaustausch ermöglichte. Jeder einzelne Rechenknoten im Cluster bestand wiederum aus vier Prozessoren, die über einen gemeinsamen Speicher gekoppelt waren. Der Einzelknoten erlaubte somit die Parallelisierung im Shared-Memory-Programmiermodell.

Die Rechenknoten vom Typ „Winterhawk2“ enthielten zwei Prozessorplatinen mit jeweils zwei Prozessoren IBM Power3-II.

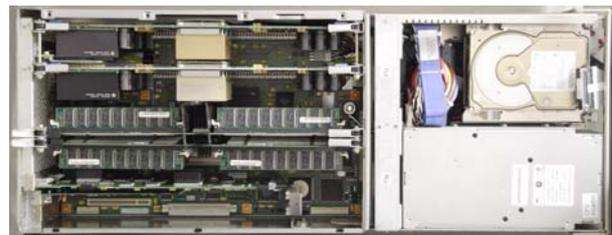


Abb. 74: Ein RS/6000-SP-Winterhawk2-Knoten

Abb. 74 zeigt das Innere eines Winterhawk2-Knotens: Im linken Gehäuseteil von oben nach unten zwei Prozessorkarten, zwei Speicherplatinen und die Netzwerkadapter. Rechts sind übereinander zwei Festplatten angeordnet, daneben das Netzteil.

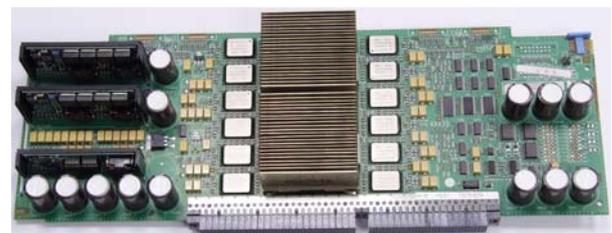


Abb. 75: Eine RS/6000 SP Winterhawk2 Prozessorplatine, in der Mitte die beiden von Kühlkörpern verdeckten Prozessoren

Das System mit insgesamt 36 Knoten bestand aus 144 Prozessoren mit einer maximalen Gesamtrechenleistung von 216 GFLOPS und einem Speicherausbau von insgesamt 108 GB. Ein System dieser Leistungsklasse rangierte in der TOP-500-Liste der schnellsten Rechner unter den ersten 100.

Dieser Rechnertyp wurde bei der GWDG im Rahmen eines speziellen Abkommens mit IBM vor der offiziellen Markteinführung eingesetzt.

Gemeinsam mit den zwölf Rechenknoten des älteren RS/6000SP-Systems füllten die Rechner bei der GWDG drei Schränke. Die neuen Winterhawk2-Knoten erhielten die Namen „GWDK013“ bis „GWDK048“. Sie waren in das Filesystem des UNIX-Clusters eingebunden. Die Netzverbindung erfolgte über einen Fast-Ethernet-Switch mit Gigabit-Verbindungen zu den Datei-Servern. Daneben waren die Knoten noch an zwei weitere Netze angebunden: dem internen Steuerungsnetz und dem High Performance Switch (HPS). Über das interne Steuerungsnetz hatte die Kontroll-Workstation Zugriff auf alle Knoten, um deren Konfiguration zentral zu generieren und zu überwachen. Über den HPS wurde bei Parallelverarbeitung die Kommunikation zwischen den Knoten mit sehr hoher Geschwindigkeit abgewickelt.

Daten:

- Prozessortyp: IBM Power3-II
- Anzahl Knoten: 36
- Anzahl Prozessoren pro Knoten: 4
- Wortlänge: 32 Bits
- Taktfrequenz: 375 MHz
- First-Level-Cache pro Prozessor: 64 KB jeweils für Instruktionen und für Daten „on-chip“
- Second-Level-Cache pro Prozessor: 4 MB
- Hauptspeicher pro Knoten: 4 GB
- Plattenspeicher pro Knoten: 2 x 9 GB

Die Prozessoren der IBM-RS/6000-Power3-Architektur waren superskalar, d. h. sie besaßen mehrere parallele Funktionseinheiten. Dazu gehörten zwei Floating-Point-Pipelines, von denen jede pro Takt das Ergebnis einer Multiplikation, einer Addition oder einer verketteten Multiplikation/Addition liefern konnte. Weiterhin gab es drei Integer-Einheiten und zwei Datentransfereinheiten, die pro Takt je eine 8-Byte-Zahl zwischen Register und Level-1-Cache transportieren konnten. Auf dem Prozessorchip integriert waren die 64 KB großen Instruktions- und Daten-Caches. Mit der Möglichkeit, pro Takt zwei verkettete Multiplikation/Addition-Operationen durchzuführen, ergab sich als Maximalleistung des Prozessorchips 1,5 GFLOPS. Jedem der beiden Prozessoren war ein Level-2-Cache von 4 MB auf der Prozessorplatine zugeordnet. Der 4 GB große Hauptspeicher des Knotens war mit einer Bandbreite von 1,5 GB/s an die vier Prozessoren gekoppelt. Um die volle Bandbreite zwischen Prozessor und Hauptspeicher nutzen zu können, war in der

Prozessorhardware ein Prefetching-Mechanismus implementiert, der die Latenzzeit des Speicherzugriffs verbergen konnte.

7.4.14 Ausblick

Die nächsten Jahre in der Entwicklung des Rechenzentrums waren gekennzeichnet durch die Ablösung von Workstations durch leistungsfähigere Maschinen und durch die Ablösung der Parallelrechner durch Architekturen mit einer vielfach höheren Anzahl von Prozessoren. Eine besondere Neuerung im Rechenzentrumsbetrieb trat mit der Virtualisierung von Servern und des Massenspeichers ein. Die Vernetzung der Arbeitsplatzrechner in Göttingen erreichte mit dem Einsatz des „Active Directory“ eine neue Qualität.

7.5 Die Neuzeit 2002 - 2010

Der Beginn der „Neuzeit“ ist gekennzeichnet durch die Einführung des „Active Directory“, das neben dem Workstation-Cluster zur Versorgung des Rechenzentrums mit DV-Kapazität nun auch das gesamte Netz von GWDG, Universität Göttingen und den Max-Planck-Instituten einheitlich mit DV-Ressourcen und Diensten versorgt. Es soll nach und nach alle Arbeitsplatzrechner in den Instituten einschließen und bietet einen einheitlichen Zugang („Single Sign-On“) mit dem Angebot, überall die eigene Arbeitsumgebung vorzufinden.

Weiterhin beginnt in der „Neuzeit“ die Virtualisierung von Rechnern und Speichersystemen.

Auf dem Parallelrechnersektor kommt es zu einer Vervielfachung der für eine Aufgabe zur Verfügung stehenden Prozessoren.

Mit dem „Grid-Computing“ soll eine neue Basis für eine neue digitale wissenschaftliche Infrastruktur und Wissenskommunikation gelegt werden.

Redundanzsysteme an einem anderen Standort sollen die Ausfallsicherheit aller wichtigen Systeme erhöhen. Das längerfristige Ziel ist ein mit allen unverzichtbaren Ressourcen ausgestattetes Redundanz-Rechenzentrum an einem zweiten Standort in Göttingen.

7.5.1 Das Workstation-Cluster der GWDG

Im Folgenden soll über wesentliche Erweiterungen und Neuerungen im Workstation-Cluster gegenüber den im vorangegangenen Abschnitt „Die Workstation-Ära“ dargestellten Serverkonfigurationen und Aufgaben von Servern berichtet werden.

Batch-Verarbeitung

Bei der GWDG wurden neben der interaktiven Nutzung von Rechnern zahlreiche Maschinen für lang-

laufende Berechnungen genutzt, die viele Stunden bis wenige Tage Rechenleistung benötigten, um relevante Ergebnisse zu produzieren. Um dies sinnvoll geregelt zu ermöglichen, wurde das Batch-Queueing-System „CODINE“ eingesetzt, das dafür sorgte, dass die gewünschten Berechnungen auf passenden Rechnern störungsfrei abgewickelt werden konnten.

„Die Batch-Queueing-Systeme nehmen jederzeit Aufträge (Batch-Jobs) von Anwendern als Job-Files entgegen, verwalten diese anstehenden Jobs in Warteschlangen und starten immer dann automatisch den nächsten geeigneten Job, wenn eine passende Maschine dafür frei wird. Die Rechenergebnisse eines Batch-Jobs stehen dem Anwender nach Beendigung des Jobs in Ausgabefiles zur Verfügung.“¹

- Die Aufträge werden auf viele Maschinen unter Berücksichtigung ihrer Auslastung verteilt.
- Unterschieden wird die Architektur der Maschine: Alpha (64-Bit) mit True64 UNIX, x86er-PC mit Linux, Itanium-PC (64-Bit) mit Linux, IBM RS/6000 SP und IBM RS/6000 p690 mit AIX².
- Unterschieden werden serielle (Benutzung einer CPU) und parallele Verarbeitung (Verwendung mehrerer CPUs).

Login-Server

Beim Server mit dem Namen „Login.GWDG.de“ handelte es sich bis Juni 2008 um eine unter True64 betriebene Alpha-Maschine, die so in die Jahre gekommen war, dass sie beim nächsten Fehlerzustand für immer außer Betrieb genommen werden musste. Sie wurde daher am 1. Juli 2008 durch den Rechner mit dem Namen „GWDU05“ ersetzt, die unter SuSE-Linux arbeitet.

Compute- und Batch-Server

Neuer Compute-Server mit Intel-64-Bit-Itanium-Prozessoren

Im UNIX-Cluster der GWDG stand ab August 2002 ein neues Rechnersystem für Anwendungen mit großem Hauptspeicherbedarf bereit. Es handelte sich um das Multiprozessor-System Dell PowerEdge 7150, bestehend aus vier Itanium-Prozessoren mit Intels neuer 64-Bit-Architektur und einem Hauptspeicher von 16 GB.

Das System wurde unter Linux betrieben und war in das UNIX-Cluster integriert. Zur Abwicklung von Produktionsrechnungen im Stapelbetrieb war die

1. GWDG-Nachrichten 7/2002
2. AIX = Advanced Interactive eXecutive

„GWDU15“ in das CODINE-System eingebunden. Das System wurde Mitte des Jahres 2007 außer Betrieb genommen.

Neuer Compute-Server mit zwei Quad-Core-CPU's

Für (vornehmlich) statistische Berechnungen der Medizin und Mikrobiologie steht seit September 2009 ein Compute-Server „GWDU115“, ein Dell PowerEdge R710 mit zwei Quad-Core-Prozessoren (Taktfrequenz: 2,66 GHz), zur Verfügung. Die neue Nehalem-Mikroarchitektur von Intel zeichnet sich durch einen besonders schnellen Zugriff auf den Hauptspeicher aus. Das 64-Bit-SuSE-Linux-System verfügt über 24 GB Hauptspeicher und eine große lokale Festplattenkapazität.

Samba-Server

Grundlage für die Nutzung von Ressourcen im Netzwerk durch Microsoft-Windows-Systeme bildet das von Microsoft entwickelte „Server Message Block Protocol“ (SMB). Eine Implementation des SMB-Protokolls unter UNIX-Betriebssystemen leistet die Open-Source-Software „SAMBA“.

Die GWDG betreibt für ihre Nutzer zwei Server unter dem UNIX-Derivat FreeBSD, auf denen per SAMBA zentrale maschinelle Dienste des Rechenzentrums u. a. für Windows-Arbeitsplatzrechner bereitgestellt werden. Bei diesen Diensten handelt es sich um den Zugang zum UNIX-Dateisystem und zu den Druckern.

Beide Server können sowohl unter dem Alias „SAMBA.GWDG.de“ als auch unter dem Alias „GWDG-print.GWDG.de“ erreicht werden. Will man sie gezielt ansprechen, wählt man die Alias-Namen „SAMBA1.GWDG.de“ und „GWDG-print1.GWDG.de“ bzw. „SAMBA2.GWDG.de“ und „GWDG-print2.GWDG.de“.

Die neuen Server lösten die „GWDU58“ und die „GWDU60“ in ihrer Funktion als SAMBA-Server ab. Die „GWDU60“ blieb als Server für den UNIX-Dialogbetrieb erhalten. Ab Anfang 2002 waren die Funktionen von „SAMBA2“ bzw. „GWDG-Print2“ für eine Übergangszeit auf dem Rechner „GWDU68“ realisiert.

Dialog-Server

Für die beiden Dialog-Server „GWDU60“ (FreeBSD) und „GWDU101“ (Linux) im UNIX-Cluster ist leistungsstarke Hardware beschafft worden, die im September 2003 bereits im Einsatz war (GWDU60) bzw. kurz danach eingesetzt wurde (GWDU101).

Bei den Rechnern handelt es sich um Dell-Server vom Typ PowerEdge 2650 mit jeweils zwei Xeon-Prozessoren à 3 GHz und 2 GB Hauptspeicher.

Die Schwerpunkte des Softwareangebots des Rechners „GWDU101“ liegen in den Bereichen der Computeralgebra und der numerischen Datenverarbeitung, während das System „GWDU60“ mehr der grafischen Software und der Grafikausgabe verpflichtet ist.

OpenLDAP-Server

Verzeichnisdienste stellen in der Informationstechnologie Verzeichnisdaten zunächst ganz allgemeiner Art über ein Netzwerk zur Verfügung. Von der International Telecommunications Union (ITU) wurden eine Reihe von X.500-Standards (Normen) verabschiedet, die u. a. den Aufbau eines Verzeichnisdienstes und mit dem Directory Access Protocol (DAP) den Zugriff auf Verzeichnisse definieren. Aus DAP abgeleitet ist das Lightweight Directory Access Protocol (LDAP), welches auf der verbreiteten Internet-Protokollfamilie TCP/IP aufsetzt.

Verzeichnisse nach X.500 sind hierarchisch organisiert und arbeiten mit Objektklassen, die aus einer Reihe von Attributen bestehen, welche die zugehörigen Objekte beschreiben.

Ein Verzeichnis nach X.500 kann also beispielsweise die Struktur einer Universität mit ihren Fachbereichen und Instituten widerspiegeln und Mitarbeiter als Objekte beinhalten, welche durch Objektklassen mit relevanten Attributen wie etwa Vor- und Nachname, Raum- und Telefonnummer beschrieben werden.

Bei der Administration von Computersystemen ist es sinnvoll, ein Benutzerverzeichnis zur Verwaltung der Benutzer einzurichten. Ein solches, nach LDAP aufgebautes Verzeichnis, ist im Microsoft Windows Active Directory für die Verwaltung der Benutzer und auch für die Verwaltung der Computer vorhanden. Für die vielen UNIX-Betriebssysteme in der Open-Source-Welt hat sich das OpenLDAP-Projekt als Quasi-Standard durchgesetzt. So kann es auf Rechner mit den Betriebssystemen FreeBSD, Linux und Solaris verwendet werden. Für ein Cluster von Workstations eignet es sich besonders, weil es die Replikation von Daten auf mehreren Servern unterstützt, um die Ausfallsicherheit des Verzeichnisdienstes zu erhöhen.

Bei der GWDG sind die Workstations mit den Namen „GWDU112“ (primärer OpenLDAP-Server) und „GWDU111“ (sekundärer OpenLDAP-Server) für den Verzeichnisdienst OpenLDAP zuständig. Der primäre Server „GWDU112“ ist die Quelle aller Verzeichnisdaten, die aus der traditionellen UNIX-Benutzerdatenbank gespeist wird. Zur Erhöhung der Ausfallsicherheit und zur Verteilung der Last werden zusätzliche OpenLDAP-Server eingesetzt, welche die Verzeichnisdaten per Replikation übermitteln bekommen.

Die OpenLDAP-Klienten, also alle UNIX-Systeme im Cluster, verwenden OpenLDAP zur Benutzeranmeldung und -verwaltung.

In der Anfangszeit des UNIX-Clusters wurde ein anderer Verzeichnisdienst, nämlich NIS (früher „yellow pages“ genannt) von Sun Microsystems, verwendet. Ab 2005 wurde auch die Benutzerverwaltung des Active Directory aus OpenLDAP gespeist, indem zum Abgleich beider Systeme in regelmäßigen Abständen die Veränderungen im OpenLDAP-Verzeichnis dem Active Directory mitgeteilt wurden.

Meta-Directory

Das Meta-Directory soll die bestehenden Verzeichnisse und Datenbanken für die Verwaltung von Benutzern in der GWDG synchronisieren.

Das Meta-Directory erkennt Veränderungen in den Verzeichnissen und überträgt sie anhand definierter Kriterien und Regeln in die weiteren angeschlossenen Systeme: OpenLDAP und ADS¹ bei der GWDG, ADS in weiteren Institutionen, z. B. dem G 3-7 IT². Hierbei werden die Informationen zusätzlich an das im jeweiligen Zielverzeichnis benötigte Format angepasst.

Mit dem Meta-Directory soll in Göttingen ein „Single Sign-On“ erreicht werden, also ein system- und institutionenübergreifender Benutzernamen mit zugehörigem einheitlichen Passwort. Schnell realisiert wurde dies für den Abgleich zwischen dem OpenLDAP-Verzeichnisdienst für UNIX-Systeme und dem Active Directory für Windows-Systeme im Netz der GWDG. Identitäten werden direkt nach deren Erzeugung in relevante weitere Verzeichnisse und Datenbanken übertragen. So können beispielsweise neu angelegte Benutzer direkt auf ein Exchange-Postfach oder sowohl auf UNIX-Systeme, die OpenLDAP als Authentifizierungssystem verwenden, als auch auf Windows-Systeme im Active Directory zugreifen.

Mit dem Meta-Directory wurden die Benutzeraccounts (Identitäten) der GWDG-UNIX-Benutzer, der GWDG-AD³-Benutzer, der Benutzer der Internet-Hotline der Studierenden (jetzt studIT) und der Benutzer des G 3-7 IT synchronisiert. Das „Identity Management“ bzw. Meta-Directory der GWDG ist skalierbar ausgelegt und ermöglicht die langfristige Integration einer Vielzahl von Verzeichnissen am Wissenschaftsstandort Göttingen. Im September 2010 verwaltete das Meta-Directory ca. 80.000 Identitätsobjekte.

-
1. ADS = Active Directory Service
 2. G 3-7 IT = Geschäftsbereich 3-7 IT der Universitätsmedizin Göttingen (UMG)
 3. AD = Active Directory

Ein Meta-Directory-Redundanzsystem wurde im dritten Quartal 2006 im Rechenzentrum des G 3-7 IT aufgestellt.

Druck-Server

Der seit September 2002 als „GWDU111“ eingesetzte Druck-Server des Typs Dell PowerEdge 2650 wurde im Oktober 2007 von einem wesentlich leistungsfähigeren Dell PowerEdge 2950 abgelöst. Die Geschwindigkeit, mit der Druckdateien nun zu den Druckern und Plottern geschickt werden konnten, erhöhte sich um mehr als das Zehnfache.

Mail-Server

Zugunsten einer besseren Lastverteilung werden die beiden Mailer-Funktionen „Posteingangsserver“ und „Postausgangsserver“ ab dem 22. März 2004 hardwaremäßig entkoppelt. Der Posteingangsserver, der die eintreffenden Mails sammelt und dem Nutzer anbietet, wurde ab diesem Zeitpunkt physikalisch auf einem anderen System abgebildet als der Postausgangsserver, der zum Versand der Nachrichten dient.

- Posteingangsserver (Protokolle POP3 u. IMAP): „mailbox.GWDG.de“,
- Postausgangsserver (Protokoll SMTP): „mailer.GWDG.de“

Der Mail-Server bietet die üblichen Standardprotokolle SMTP, POP3 und IMAP4 in sowohl verschlüsselter als auch unverschlüsselter Form, um eine komfortable Verwaltung über dedizierte Mailprogramme zu gewährleisten. Steht kein solches Programm zur Verfügung und will man nur über einen Web-Browser bequem auf die eigenen Mails zugreifen, erweist sich das Webmail-Interface als das geeignete Mittel. Die GWDG bot anfangs zwei solcher Programme an: das „IMHO-Webmail-Interface“ und das modernere „Squirrel“. Letzteres ist heute noch im Einsatz.

Im Oktober 2007 wurde der Mail-Server in das globale UNIX-Filesystem integriert, um seine Stabilität und Ausfallsicherheit zu erhöhen. Da nun mehrere Server auf die Daten der Mailboxen zugreifen können, kann im Falle des Hardware-Defekts eines Servers schnell ein anderer an dessen Stelle treten.

Das zweite, seit Oktober 2005 im Einsatz befindliche Mailssystem, der Exchange-Server, wird weiter unten beschrieben.

Web-Server

Im Jahr 2003 erfolgte eine softwaremäßige Erneuerung und eine Änderung der Konzeption wurde durchgeführt:

Auf dem zentralen Web-Server „WWW.GWDG.de“ wurde nur noch das Web-Angebot der GWDG

gehalten, nicht mehr die Web-Angebote und Homepages der Nutzerschaft. Um den Web-Server autark und weitgehend unabhängig von Störungen zu machen, wurde er aus dem Workstation-Cluster der GWDG herausgenommen. Seine Funktionsfähigkeit war seitdem nur noch vom Netzwerk und von der Stromversorgung abhängig.

Softwaremäßig ist Linux die Betriebssystem-Grundlage, Apache die Web-Server-Software, MySQL die Datenbank-Software und PHP der Skript-Präprozessor.

Für die Nutzerschaft wurde ein Web-Server mit dem Namen „WWWuser.GWDG.de“ eingerichtet, der nach außen hin allerdings auch den Namen „WWW.GWDG.de“ zeigt. Aufgrund seiner Einbindung in das Workstation-Cluster ist es möglich, weiterhin dafür zu sorgen, dass die Benutzerdateien in einem eigenen Verzeichnis namens „www“ vom Web-Server nach außen hin unter dem URL <http://www.gwdg.de/~userid> präsentiert werden.

Im Zuge des neuen Webauftritts der GWDG, der am 17. März 2009 online gegangen ist, wurde ein völlig neues Konzept für den Web-Server der GWDG realisiert. Um eine klare Trennung von Inhalt und Design durchzuhalten und damit auch ein einheitliches Erscheinungsbild zu gewährleisten und um vor allem das Bearbeiten und Einstellen von Inhalten und die Pflege der Seiten zu vereinfachen, wurde der neue Webauftritt auf Basis eines Content-Management-Systems (CMS) erstellt. Es sollte ein etabliertes und ausgereiftes CMS zum Einsatz kommen. Nach einer umfassenden Marktsichtung und Prüfung anhand verschiedener Kriterien fiel die Wahl ziemlich schnell und klar auf das weit verbreitete Open-Source-Produkt Typo3, da es die gestellten Anforderungen am besten erfüllte.

Virtuelle Web-Server

Möchte man eine URL vom Typ <http://www.name.uni-goettingen.de> oder <http://www.name.mpg.de> haben, kann ein virtueller Web-Server eingerichtet werden. Dafür standen anfangs die beiden leistungsfähigen Workstations Sun Enterprise 450 (unter Solaris) und eine Dell PowerEdge 2650 (unter Linux) zur Verfügung.

Die Institute und Einrichtungen der Max-Planck-Gesellschaft und der Universität Göttingen können ihre Web-Server von der GWDG betreiben lassen. Über das Konzept des virtuellen Web-Servers ist es möglich, dass die einzelnen Server unter dem Namen des jeweiligen Instituts laufen, obwohl sie auf zentralen Servern der GWDG angesiedelt sind. Die Vorteile dieses gemeinsamen Betriebs von Web-Servern sind

- der schnelle Internet-Anschluss,
- die verbesserte Sicherheit der Rechner (durch zentrale Systempflege der GWDG-Administratoren) und
- die Datensicherheit durch täglichen Backup.

Die virtuellen Server werden durch je einen Apache-Web-Server auf dem Host-Server realisiert, der so konfiguriert ist, dass entsprechende, in einem Name-Server eingetragene Adressen auf bestimmte Verzeichnisse abgebildet werden: sogenannte namensbasierte virtuelle Server. Für den Anbieter bedeutet dieses Konzept, dass er nur eine Adresse (URL¹), Platz auf dem Server und einen Zugang dorthin benötigt.

Für die Realisierung der virtuellen Server standen im März 2004 drei Maschinen bereit:

- eine unter Solaris betriebene Sun Enterprise 450, an die im SAN² gelegener Plattenspeicher von 580 GB angeschlossen ist
- eine unter Linux laufende Dell PowerEdge 2650
- eine unter Linux laufende Dell PowerEdge 1655 MC

Auf allen drei Rechnern ist das Datenbanksystem MySQL installiert – teilweise sind virtuelle Server auch an andere Datenbanken angebunden. Als Skriptsprachen, mit denen die Anbindung der Datenbank an die Server realisiert wird, stehen PHP, Perl und Python zur Verfügung.

Im März 2004 bedienten die drei Rechner zusammen 195 virtuelle Webserver. Der am meisten frequentierte war der zentrale Webserver der Max-Planck-Gesellschaft „WWW.MPG.de“, von dem z. B. im Januar 2004 690.135 Seiten abgerufen wurden.

Im Juli 2009 war die Anzahl der bei der GWDG „gehosteten“ virtuellen Web-Server auf ca. 500 gewachsen, auf denen Webauftritte von Instituten, Abteilungen, Forschergruppen oder Projekten betrieben werden.

Wegen grundlegender Erneuerung von Hard- und Software wurden ab Juni 2009 die Webauftritte von den virtuellen Web-Servern „VWEB1.GWDG.de“ und „VWEB4.GWDG.de“ auf die neu eingerichteten Web-Server „VWEB5.GWDG.de“ und „VWEB10.GWDG.de“ migriert. Während „VWEB5“ im Wesentlichen die gleichen Merkmale und Funktionen bietet wie die außer Betrieb gehenden Server, ist „VWEB10“ nach einem anderen Konzept aufgebaut. Seine Funktionen sind auf mehrere, mit

XEN-Technologie virtualisierte Maschinen aufgeteilt.

Wiki-Server

Gegenüber dem herkömmlichen Web-Auftritt bietet „Wiki“ die Möglichkeit, Webseiten über einen Web-Browser auch vom entfernten Nutzer verändern und erweitern zu lassen: Jeder Nutzer kann Änderungen am Text vornehmen, die durch Abspeichern sofort wirksam werden.

Wie es das Beispiel der großen Online-Enzyklopädie „Wikipedia“ zeigt, können alle Arten von Informationssammlungen nichtstatischen Inhalts, etwa für die Dokumentation laufender Projekte, die Kommunikation innerhalb von Arbeitsgruppen oder die Dokumentation von z. B. EDV-Systemen, mit einem Wiki aufgebaut, erweitert und genutzt werden.

Über den Wiki-Server der GWDG kann diese Information zentral gehalten werden, der Zugriff kann auf bestimmte Benutzergruppen beschränkt werden. Die Systempflege liegt in der Hand der Administratoren der GWDG, für die Administration der einzelnen Wikis und deren Inhalte sind die Kunden verantwortlich.

Seit April 2007 bietet die GWDG ihren Kunden eigene Wikis auf virtuellen Web-Servern. Mittlerweile ist die Zahl der Wikis auf 150 angestiegen.

Archiv-Server

Der Archiv-Server der GWDG dient der längerfristigen Speicherung umfangreicher Datenbestände, auf die relativ selten und i. d. R. nur noch lesend zugegriffen wird. Aus Sicherheitsgründen liegen die Dateien in zweifacher Ausfertigung auf Magnetbandkassetten einer angeschlossenen automatischen Bandbibliothek an zwei räumlich getrennten Standorten vor.

Backup-Server

Der zentrale Backup-Service dient der regelmäßigen (täglichen) automatischen Sicherung aller Nutzerdatenbestände und wichtiger Systemverzeichnisse nicht nur des Workstation-Clusters der GWDG, sondern vorwiegend externer, d. h. in den Benutzerinstituten vor Ort betriebener Rechner. Er wurde im Jahr 2003 z. B. von über 900 externen Rechnern in Anspruch genommen. Dieser Service greift ebenfalls auf die auch vom Archiv-Server genutzte automatische Bandbibliothek zu. Aktuell nutzen ca. 1.400 Rechner diese individuelle Backup-Lösung

7.5.2 Workstations der GWDG

IBM RS/6000

Workstations der Serie IBM RS/6000 mit dem Betriebssystem AIX wurden im betrachteten Zeit-

1. URL = Uniform Resource Locator
2. SAN = Storage Area Network

raum nicht mehr neu beschafft. Mit der Stilllegung des Parallelrechners IBM RS/6000 SP im Jahr 2006 wurde schließlich auch das Betriebssystem AIX den Benutzern nicht mehr angeboten.

DEC Alpha

Die RISC-Workstations DEC 3000 waren mit dem superskalaren 64-Bit-Mikroprozessor DEC Alpha ausgestattet. Als Betriebssystem diente OSF/1, später umbenannt in „Digital UNIX“. Auf einer DECstation 3000 wurde nach Abschaffung der DEC-VAX-Systeme weiterhin auch das Betriebssystem VMS¹ zur Verfügung gestellt:

DECstation 3000/500

Die DECstation 3000 Modell 500 kam im November 1992 auf den Markt. Die Workstation mit dem Namen „GWDVMS“ wurde als singuläres VMS-System ab Mai 1994 betrieben, um den Benutzern der VAX 9000 nach deren Abschaffung weiterhin die Betriebssystemumgebung VAX/VMS, nun Open-VMS Alpha, zu bieten.

Daten:

- Prozessor: DECchip 21064
- Wortlänge: 64 Bits
- Taktfrequenz: 150 MHz
- Hauptspeicherkapazität: 192 MB
- Festplattenkapazität: 16 GB

Nach fast 25 Jahren – beginnend mit der Inbetriebnahme einer VAX-11/780 bei der GWDG im Juli 1981 – wurde am 1. Oktober 2005 mit der Stilllegung der „GWDVMS“ auch das Angebot des Betriebssystems „VMS“ bei der GWDG beendet.

Server unter UNIX und Windows

Es wurden und werden vorwiegend Systeme der Firma Dell eingesetzt. Es folgen die Daten einiger typischer Vertreter. Die PowerEdge-Systeme von Dell sind Rack-(Schrank-)Einbau-Systeme. Es wurde und wird eine Vielzahl unterschiedlicher Typen in großer Anzahl eingesetzt.

Dell PowerEdge 1650

Eingesetzt z. B. als Fakultäts- und Instituts-Server im Active Directory.

Daten:

- Prozessor: Intel Pentium Xeon
- Anzahl Prozessoren: 2
- Wortlänge: 32 Bits

1. VMS = Virtual Memory System

- Taktfrequenz: 1,13 bis 2,4 GHz
- Arbeitsspeicher: 512 MB
- Festplatte: RAID-1 gespiegelt



Abb. 76: Dell Rack-Server, von oben nach unten: PE 2650 (ohne Frontabdeckung), PE 1850 und 3 x PE 1650

Insgesamt waren über 30 Server vom Typ Dell PE 1650 im Einsatz.

Dell PowerEdge 1955

Eingesetzt wurde der PE 1955 z. B. als ESX-Server.

Daten:

- Prozessor: Intel Quadcore Xeon
- Anzahl Prozessoren: 2
- Wortlänge: 32 Bits
- Taktfrequenz: 2,33 GHz
- Arbeitsspeicher: 8 GB
- Speicherbus: 1.333 MHz

Insgesamt waren über 45 Server vom Typ Dell PE 1650 im Einsatz.

Dell PowerEdge 2650

Einsatzzwecke: Instituts-Server im AD, SAMBA-Server GWDU111 und GWDU112.

Daten:

- Prozessor: Pentium IV Xeon
- Anzahl Prozessoren: 2
- Wortlänge: 32 Bits
- Taktfrequenz: 2,4 GHz oder 3,06 GHz
- Arbeitsspeicher: 512 MB - 2 GB
- Speicherbus: 533 MHz
- Festplatte: 2 Systemplatten, SCSI, je 18 GB, RAID-1 gespiegelt
- Ethernet: Gigabit

Ein Dell PE 2650 löste im August 2003 als „GWDU60“ mit FreeBSD die alte Hardware ab.

Anwendungsbereiche: grafische Software und Grafikausgabe.

Ebenfalls ein Dell PE 2650 löste als „GWDU101“ mit Linux die alte Hardware ab.

Anwendungsbereiche: Computeralgebra und numerische Datenverarbeitung.

Insgesamt waren über 35 Server vom Typ Dell PE 2650 im Einsatz (nicht gerechnet die Knoten des Linux-Xeon-Clusters).

Dell PowerEdge 2950

Einsatzzweck: Druck-Server „GWDU111“ ab Oktober 2007.

Daten:

- Prozessor: 4-Kern-Xeon
- Anzahl Prozessoren: 2
- Wortlänge: 32 Bits
- Taktfrequenz: 3,0 GHz
- Arbeitsspeicher: max. 32 GB

Dell PowerEdge 7150

Ein System ist seit August 2002 als Compute-Server „GWDU15“ im Einsatz.

Daten:

- Prozessor: Intel Itanium
- Anzahl Prozessoren: 4
- Wortlänge: 64 Bits
- Taktfrequenz: 800 MHz
- Level-1-Cache: 32 KB (Data/Instr.: 16/16 KB)
- Level-2-Cache: 96 KB
- Level-3-Cache: 2 MB
- Hauptspeicherkapazität: 16 GB
- Festplatten-Typ: IBM Ultra-Wide-SCSI
- Festplattenkapazität: 36 GB
- Leistung: 3,2 GFLOPS/CPU

Das System wird unter Linux betrieben und ist in das UNIX-Cluster integriert. Zur Abwicklung von Produktionsrechnungen im Stapelbetrieb ist die „GWDU15“ in das CODINE-System eingebunden.

Dell PowerEdge 7650

Ein System ist seit August 2002 als Compute-Server „GWDU15“ im Einsatz.

Daten:

- Prozessor: Intel Itanium
- Anzahl Prozessoren: 4
- Wortlänge: 64 Bits
- Taktfrequenz: 800 MHz
- Level-1-Cache: 16 KB
- Level-2-Cache: 96 KB
- Level-3-Cache: 4 MB
- Hauptspeicherkapazität: 16 GB
- Festplattentyp: IBM Ultra-Wide-SCSI
- Festplattenkapazität: 36 GB
- Leistung: 3,2 GFLOPS/CPU

Dell PowerEdge R410

Der Rack-Server Dell PowerEdgeR410 ist seit Mitte 2009 auf dem Markt.

Einsatzzweck: ESX-Server

Daten:

- Prozessor: Intel Quadcore Xeon
- Anzahl Prozessoren: 2
- Wortlänge: 64 Bits
- Taktfrequenz: 2,8 GHz
- Level-2-Cache: 2 MB
- Arbeitsspeicher: 8 GB
- Speicherbus: 1.333 MHz



Abb. 77: Dell Rack-Server, von oben nach unten: PE 1850, PE R410 (2 x), PE 2650 und PE 1850, PE 1950

Apple Macintosh unter Mac OS X

Das Macintosh-Team der GWDG sorgt dafür, dass auch einige Macintosh-Referenz-Systeme im Benutzerbereich der GWDG zur Verfügung stehen.

Mit der G5-Serie der Power Macs begab sich Apple als erster PC-Hersteller in die Welt der 64-Bit-Systeme. Das erste 64-Bit-Betriebssystem von Apple hörte auf den Namen „Panther“.

Der Power Mac G5 DP kam im August 2003 auf den Markt und wurde vom Apple-Chef Steve Jobs als „weltweit schnellster Rechner“ angekündigt.

Daten:

- Prozessor: PowerPC 970
- Wortlänge: 64 Bits
- Taktfrequenz: 2 GHz

7.5.3 Virtualisierung

Server-Virtualisierung

Erste Server-Virtualisierung auf einer IBM S/390

Im August 2001 hielt eine in der wissenschaftlichen Welt längst nicht mehr aktuelle Rechnerarchitektur wieder Einzug in den Maschinenraum der GWDG. In einem gemeinsamen dreimonatigen Forschungsprojekt der Firma IBM mit der GWDG sollte untersucht werden, ob Server-Farmen, die heute das Bild prägen, in einen einzigen Rechner hinein „konsolidiert“ werden können.

So wie die IBM 3090 mit ihrem Betriebssystem VM¹/CMS² jedem Benutzer eine virtuelle Maschine zur Verfügung stellte, so sollten nun auf Basis des Betriebssystems VM eine Reihe virtueller Maschinen mit dem PC-Betriebssystem Linux gleichzeitig nebeneinander und unabhängig voneinander laufen. Es sollte erprobt werden, ob die zur damaligen Zeit üblichen Workstation-Server in Form solcher virtueller Rechner produktiv arbeiten können.

Die Hardware der IBM S/390 bot dafür 8 GB Hauptspeicher und 16 Festplatten zu je 18 GB. Intern verfügte das Plattensubsystem über eine völlige Redundanz der Ansteuerung zur Sicherstellung höchster Verfügbarkeit.

-
1. VM = Virtual Machine
 2. CMS = Conversational Monitoring System

Mit 8 GB Platten-Cache (Halbleiterspeicher) wurde die Voraussetzung für sehr schnelle Zugriffszeiten geschaffen. Die Verbindungen zwischen Rechner und Plattensystemen waren als Glasfaserkabel mit 17 MByte/s Nutzdatenrate realisiert.

Es zeigte sich bei dem Projekt, dass eine Reihe von Diensten in Form virtueller Linux-Maschinen auf einem IBM-Mainframe würden laufen können: Mail-Server, Name-Server, FTP-Server, Samba-Server oder auch Datenbanken. Vieles konnte nicht ausprobiert werden, weil unter Linux übliche Anwendungsprogramme nicht auf der IBM-Hardware lauffähig waren, z. B. Netscape oder StarOffice.

Einige IBM-Entwickler des S/390-Linux gingen zur Firma VMware, die zur Zeit Virtualisierungssysteme anbietet.

Dell Blade Server und VMware

Die Virtualisierung von Servern eröffnet einen weiten Bereich an Möglichkeiten, große „Serverlandschaften“ zu vereinheitlichen und zur Verfügung stehende Ressourcen effektiv nutzen zu können. Mit einer Servervirtualisierung können IT-Ressourcen gut auf derzeitige und zukünftige Anforderungen ausgerichtet werden, wogegen Server, die in einzelnen physikalischen Rechnern realisiert sind, deutlich weniger Flexibilität bieten.

In der Aufbauphase (von Ende 2006 bis Mitte 2007) wurden als Hardware zwei Dell-Blade-1855-Systeme mit 12 GB Arbeitsspeicher eingesetzt. Der Massenspeicher für die virtuellen Festplatten der virtuellen Server wurde aus dem Storage Area Network (SAN) der GWDG zur Verfügung gestellt. Als Basisbetriebssystem wurde „VMware ESX Server“ mit der Verwaltungssoftware „VMware Virtual Infrastructure“ eingesetzt. Als Gastbetriebssysteme wurden zunächst „Windows Server 2003“, „SuSE Linux Enterprise 10“, „FreeBSD“ und „Debian“ auf den virtuellen Servern eingesetzt. Die Administratoren der virtuellen Server benutzten auf ihrem lokalen PC das Programm „VMware Virtual Infrastructure Client“, um ihre Systeme ein- und auszuschalten und zu betreuen.

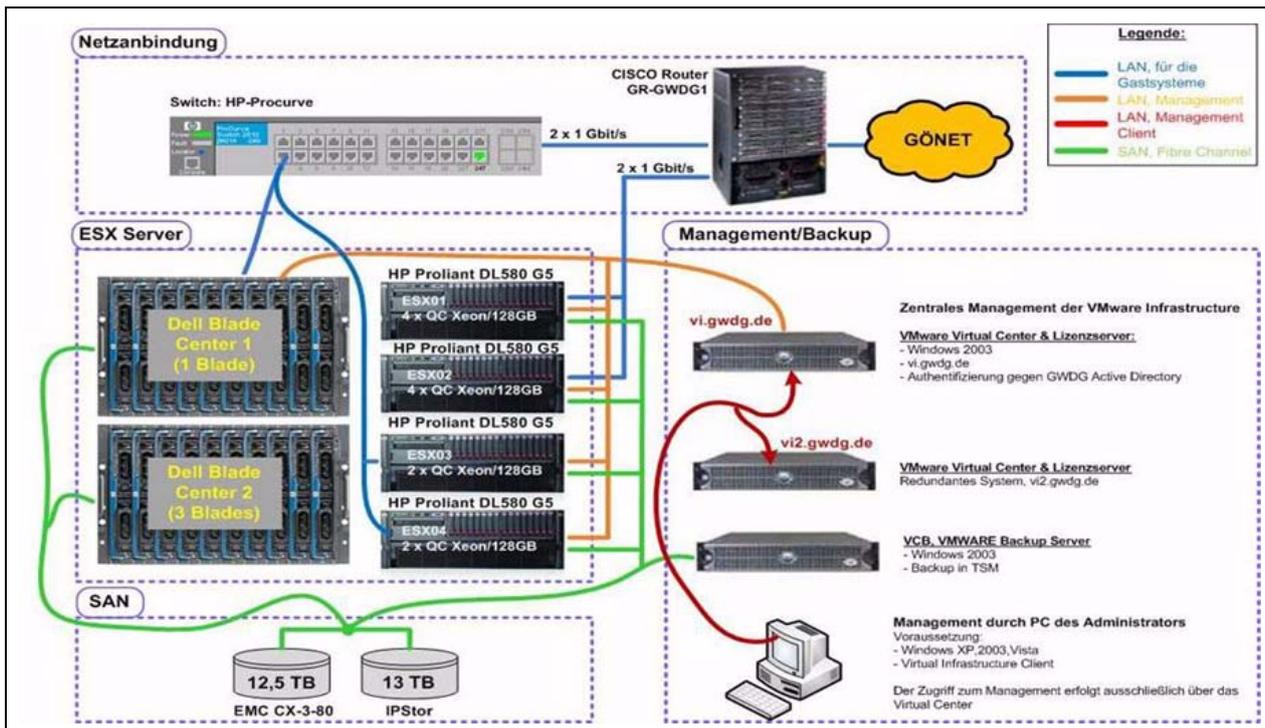


Abb. 78: Server-Virtualisierung bei der GWDG (Stand: Juni 2009)

Ein Merkmal der Server-Virtualisierung ist, dass der vorhandene physikalische Speicher von den virtuellen Maschinen „überzeichnet“ werden kann, denn wenn sich im Speicher Blöcke gleichen Inhalts befinden, wird für das anfordernde Gastbetriebssystem der Platz nicht doppelt belegt, sondern nur ein Verweis zu diesem Speicherblock erstellt.

Gut geeignet für die Server-Virtualisierung sind Systeme mit normaler Lastverteilung, z. B. Web-Server oder Active-Directory-Domain-Controller zur Domänenabsicherung. Systeme mit viel Ein-/Ausgelast auf Festplatten und Netzwerk wie z. B. Mail-Server und FTP-Server sind für die Virtualisierung ungeeignet.

Als „Hosts“ werden die physikalischen Server bezeichnet, auf denen bei der GWDG das auf Linux basierende Betriebssystem VMware ESX installiert ist. Als „Guests“ werden die virtualisierten Server-Systeme bezeichnet, die im Rahmen der Virtualisierung auf den Hosts laufen, wobei typischerweise mehrere Guests auf einem Host betrieben werden.

Der Host stellt den Gastsystemen die Ressourcen Prozessor, Arbeitsspeicher und Massenspeicher zur Verfügung. Diese werden durch eine Virtualisierungsschicht vom Gast getrennt und verwaltet. Physikalische Hardware wie Festplatten, CD-ROM-Laufwerke und Netzwerkkarten werden über die Virtualisierung dem Gastsystem „vorgetäuscht“. Das Gastsystem erkennt hierbei nicht, dass es sich um eine virtualisierte Umgebung handelt und nutzt die

Ressourcen so, als würden diese (physikalisch) real existieren.

Das Host-System bestand im August 2007 bei der GWDG aus fünf „realen“ Servern vom Typ Dell Blade 1955 mit jeweils zwei Quadcore-Xeon-Prozessoren, getaktet mit 2,33 GHz. Die ESX-Server waren an die SAN-Virtualisierung der GWDG angebunden und nutzten dort (Mitte 2007) 5 TB Massenspeicher. Eine zentrale Managementstation verwendete einen Dell Blade 1650 mit dem Systemprogramm „VMware Infrastructure Server“. Dieses System war redundant ausgelegt und wurde vom Programm „VMware Infrastructure Client“ auf dem Arbeitsplatzrechner des Administrators bedient. Im August 2007 liefen 105 virtuelle Server mit den Betriebssystemen Linux, Windows, FreeBSD und Solaris auf dem ESX-Server. Diese Zahl wuchs bis Mitte 2010 auf ca. 350 an. Aktuell befinden sich neun Host-Server vom Typ HP Proliant als „reale“ Server im Einsatz.

7.5.4 Speichersysteme

Storage Area Network

Das Storage Area Network (SAN) der GWDG ist seit der Beschaffung der ersten Komponenten im Jahr 2000 stetig gewachsen. Es umfasste im Februar 2005 17 Fibre Channel Switches, über die insgesamt 31 Rechner auf 11 zentrale Massenspeichersysteme unterschiedlicher Hersteller zugriffen.

„Fibre Channel“ ist eine Netzwerktechnologie mit Übertragungsraten im Gigabit-Bereich. Die Verbindungsmedien können sowohl TP¹-Kupferleitungen als auch Glasfaserleitungen sein. Das Fibre Channel Protocol (FCP) ist ein eigenständiges Transportprotokoll, mit dem z. B. SCSI²-Kommandos übertragen werden können. SCSI ist die übliche Anschlussart mit hohem Datendurchsatz für Festplatten an Computer.

Die durch das historische Wachstum bedingte Vielfalt der im SAN betriebenen Speichersysteme war mit erheblichem administrativen Aufwand verbunden, der durch Einsatz von Techniken der Speicher-Virtualisierung deutlich verringert werden sollte.

Speicher-Virtualisierung

Viele moderne Betriebssysteme fassen die an einen Rechner angeschlossenen Festplatten zu größeren Einheiten, den virtuellen Platten, zusammen, indem zwischen physikalischer Platte und Betriebssystem eine Virtualisierungsschicht eingefügt wird. Ähnlich basiert die Speicher-Virtualisierung im SAN auf Einfügung einer Verwaltungsschicht zwischen den ans SAN angeschlossenen Rechnern und den Massenspeichersystemen. Letztere werden komplett dem Verwaltungssystem zugeordnet, von dem sie in einem gemeinsamen, sehr großen Speicherpool unter einer gemeinsamen administrativen Oberfläche verwaltet werden. Massenspeicher wird ausschließlich als virtuelle Platte über diese Verwaltungsschicht an die angeschlossenen Rechner weitergegeben.

Es gibt zwei prinzipiell verschiedene Ansätze zur technischen Umsetzung dieses Konzeptes:

- Erstens die sogenannte Outband-Lösung, bei der – abgesehen von einem kleinen Steuerungsrechner für die Zugriffskontrolle – die gewünschte Funktionalität durch Einsatz geeig-

netter Treibersoftware auf den beteiligten Hosts realisiert wird.

- Zweitens die sogenannte Inband-Lösung, die mit Virtualisierungsservern arbeitet, durch die der gesamte Datenverkehr zwischen Hosts und Massenspeichersystemen geleitet wird.

Die Outband-Lösung hat den Vorteil der Unabhängigkeit von zusätzlicher Hardware (als weitere potenzielle Störungsquelle in einem zunehmend komplexen Umfeld).

Mit dem Einsatz einer Inband-Lösung ist neben den administrativen Vorteilen auch eine deutliche Reduktion der Treibervielfalt verbunden. Die angeschlossenen Rechner „sehen“ nämlich nur die Virtualisierungs-Server als ein einziges riesiges Massenspeichersystem, nicht mehr die Hardwarevielfalt der einzelnen RAID³-Systeme.

Einen weiteren Vorteil der Virtualisierung bietet der Einsatz synchroner Spiegel. Mit dieser Funktionalität kann die Migration großer Datenbereiche von einem RAID-System auf ein anderes für den Anwendungsbetrieb völlig transparent erfolgen.

Ab Mitte 2004 wurden bei der GWDG verschiedene Produkte getestet mit dem Ziel, spätestens Ende des Jahres 2005 ein geeignetes Virtualisierungsprodukt im SAN einzusetzen. Es wurde eine Inband-Lösung, das Produkt IPStor der Fa. FalconStor, ausgewählt.

Seit Anfang 2006 im Einsatz, ermöglicht die Speichervirtualisierung bei der GWDG eine einheitliche effektive Administration großer Datenmengen in einem heterogenen Umfeld und erlaubt eine kostengünstige Anpassung des bereitgestellten Massenspeichers an Bedarfsänderungen der Kunden, eine Kostenreduktion durch optimierte Nutzung und Flexibilität bei der Zuordnung von Massenspeicher.

1. TP = Twisted Pair

2. SCSI = Small Computer Systems Interface

3. RAID = Redundant Arrays of Inexpensive Disks

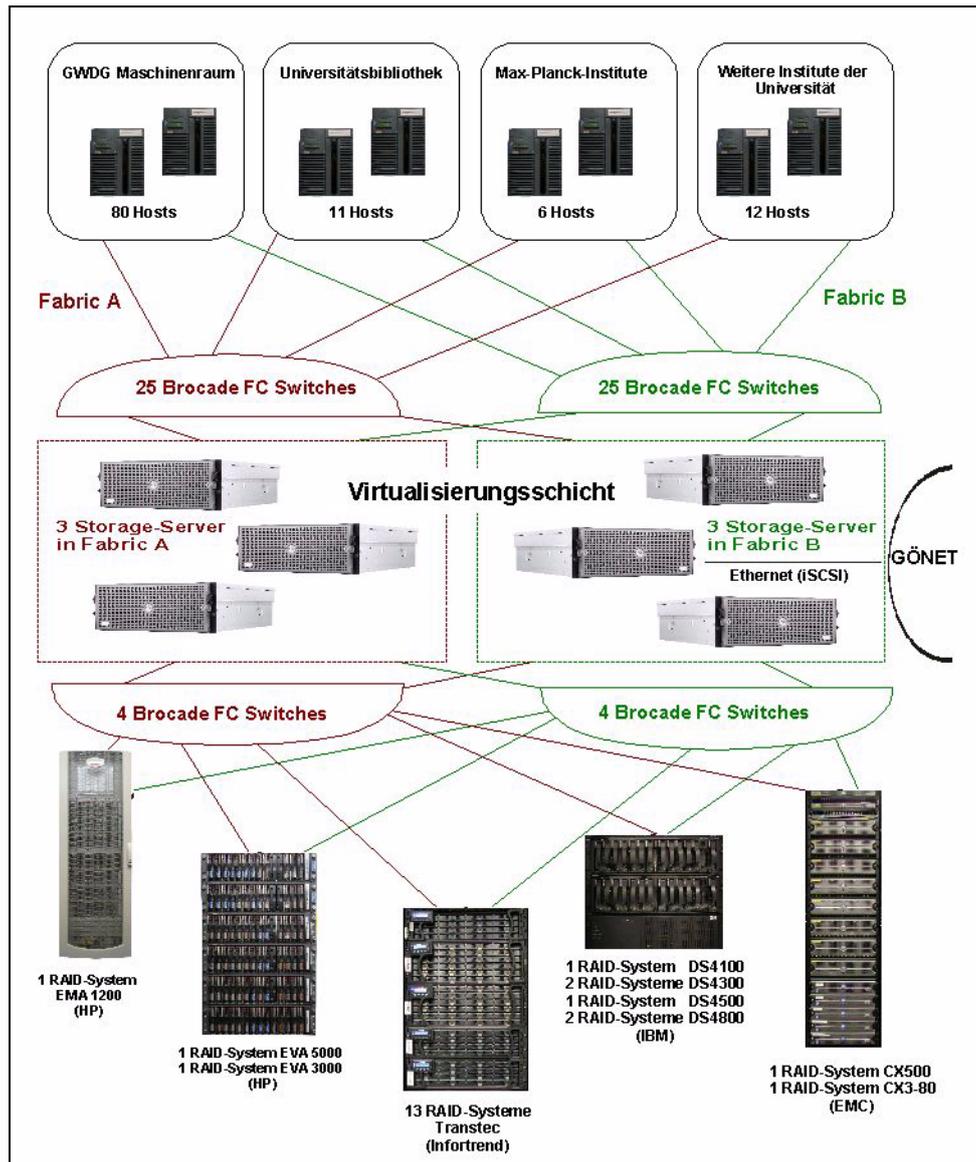


Abb. 79: Speicher-Virtualisierung bei der GWDG (Stand: Mitte 2009)

Globales Filesystem

Insbesondere für den UNIX-Fileservice setzt die GWDG in ihrer SAN-Umgebung ein globales Filesystem ein. Globale Filesysteme ermöglichen mehreren Klienten heterogener Plattformen, gemeinsam auf dieselben Massenspeicher-Ressourcen zuzugreifen.

Eingesetzt wird das System „StorNext FS“ der Firma Quantum. Es steuert Dateizugriffe über Metadaten-Server, die als Cluster mit Fail-Over-Betrieb konfiguriert sind. Zwischen den beiden Metadaten-Servern besteht eine „Heartbeat“-Verbindung (über TCP/IP). Fällt ein Server aus, so werden dessen Funktionalitäten vom anderen Server übernommen. Um die Serverressourcen ökonomisch einzusetzen, betreibt die GWDG die Metadaten-Server als „Active-Active-Cluster“, d. h. im Normalbetrieb werden von beiden Servern aus Filesysteme an die

Klienten über das SAN zur Verfügung gestellt. Zur Lastverteilung wird die Menge der Filesysteme etwa gleichmäßig auf die beiden Metadaten-Server verteilt.

7.5.5 Archiv und Backup

Die GWDG bietet ihren Nutzern sowohl ein Archiv- als auch ein Backup-System an.

Archiv-System

Beim Archiv-System handelt es sich um ein in das UNIX-Cluster integriertes HSM¹-System. Werden vom Nutzer Daten in das Archiv-System des UNIX-Clusters kopiert, so gelangen diese zunächst einmal auf ein gewöhnliches Magnetplatten-System. Von diesem aus werden sie nach wenigen Minuten

1. HSM = Hierarchical Storage Management

auf ein Magnetbandkassetten-System ausgelagert, und zwar zweifach, so dass sich eine Datei immer auf mindestens zwei unterschiedlichen Datenträgern befindet, die auch noch räumlich weit getrennt gelagert werden. Diese doppelte Auslegung der Datensicherung dient dazu, Daten langfristig sicher aufbewahren zu können. Demzufolge ist das Archiv-System dafür gedacht, Daten abgeschlossener Projekte aufzubewahren, um beispielsweise den Forderungen der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) nach einer 10-Jahres-Aufbewahrungsfrist von Forschungsdaten nachzukommen.

Für Daten, die noch länger zugänglich gehalten werden müssen, wie Daten aus dem sogenannten Weltkulturerbe, kommt durchaus auch eine mehrfache Absicherung in Frage. Auch dafür bietet die GWDG im Rahmen von Forschungsprojekten zur Langzeitarchivierung Lösungsmöglichkeiten an.

Backup-System

Das Backup-System der GWDG verfolgt eine ganz andere Zielsetzung als das Archiv-System. Durch das regelmäßige automatische Kopieren von veränderten Dateien in das Backup-System und dort auf ein Magnetbandkassetten-System soll weitestgehend verhindert werden, dass aktuelle Arbeiten auf dem lokalen Rechner verloren gehen. Solche „Katastrophen“ können dadurch passieren, dass aus Versehen zu bearbeitende oder als überflüssig eingestufte Dateien gelöscht werden oder dass gar eine komplette lokale Magnetplatte nicht mehr lesbar ist. Da in der Regel solch ein Datenverlust schnell bemerkt wird und dadurch die verlorenen Dateien auch schnell zurückgeholt werden, ist die Aufbewahrungszeit einer Datei im Backup-System auf höchstens drei Monate begrenzt. Das Backup-System ist also völlig ungeeignet für die langzeitige Aufbewahrung von Daten, es dient ausschließlich dazu, im „Katastrophenfall“ Dateien zurückladen zu können.

Die GWDG setzt als Backup-System den Tivoli Storage Manager (TSM) der Firma IBM ein. Es gilt als eines der weltweit leistungsfähigsten, sichersten und zuverlässigsten Systeme.

Bandroboter adic AIT Series

Ab September 1999 war im Maschinenraum der GWDG eine automatische Bandbibliothek der Firma Grau Storage Systems vom Typ „ABBA/J“ in Betrieb. Der Modellname wurde vor der Installation bei der GWDG in „adic AIT¹ Series“ geändert.

Die Bandbibliothek konnte aus bis zu zehn Modulen aufgebaut werden, von denen jedes Modul je zwei Kassettenlaufwerke „Dual AIT-1“, „Dual AIT-2“ und

1. AIT = Advanced Intelligent Tape

„Dual AIT-3“ haben konnte. Die ab 1998 verfügbaren Magnetbandkassetten vom Typ AIT-1 konnten 25 GB (komprimiert: 65 GB) speichern und hatten eine Datentransferrate von 3,0 MByte/s. Für die Kassettentypen AIT-2 (seit 2001) und AIT-3 (seit 2005) lauteten die Werte 50/130 GB und 6,0 MByte/s bzw. 100/200 GB und 12,0 MByte/s.

Zusätzlich gab es zwei CD-ROM-Laufwerke für CD-ROM im Caddy.

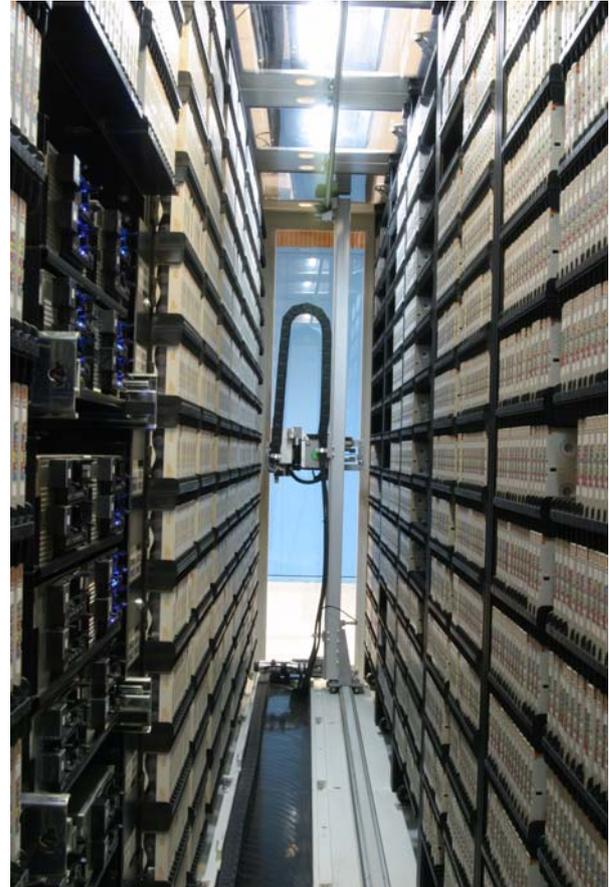


Abb. 80: Bandroboter ABBA/J

Bei der GWDG waren sechs Module miteinander verbunden und wurden gemeinsam betrieben. Die Kassetten wurden vom Roboter-Greifarm aus dem Regal entnommen und in ein geeignetes Laufwerk eingelegt. Die Kassetten wurden mittels ihrer Etiketten von einem Strichcode-Leser identifiziert.

Die aus sechs Modulen bestehende Bandbibliothek hatte 4.158 Stellplätze für Magnetbandkassetten und 105 Regalplätze für CD-ROMs. Als Gesamtkapazität standen 70 TB für Backup und 30 TB für das Archiv zur Verfügung.

Bandroboter-Redundanzsystem

Eine zweite Bandbibliothek gleichen Typs war aus Sicherheitsgründen am Redundanzstandort im (damaligen) Medizinischen Rechenzentrum – also an einem entfernten Standort – installiert. Sie wurde

am 28. Januar 2003 zusammen mit zwei leistungsstarken Backup-Servern in Betrieb genommen.

Die neue Bandbibliothek konnte in ihrer damaligen Ausbaustufe ein Datenvolumen von maximal ca. 270 TB aufnehmen. Damit ließ sich, zusammen mit der alten, bei der GWDG befindlichen Bandbibliothek, die eine Speicherkapazität von ca. 200 TB besaß, ein Datenvolumen von ca. 470 TB für Backup und Archivierung nutzen. Dies entspricht, unter der Annahme einer mit 5 KB beschriebenen DIN-A4-Seite, umgerechnet einem Papierstapel von ca. 9.400 km Höhe.

Mit der Beschaffung weiterer Module für die beiden Bandbibliotheken ließ sich bei zukünftigem Bedarf die Kapazität ohne größere Probleme nochmals verdoppeln.

Beide Bandroboter waren über eine schnelle Glasfaser-Strecke des GÖNET miteinander verbunden. Mit diesem zukunftsweisenden Konzept der verteilten redundanten Datensicherung betrat die GWDG Neuland und konnte sicherstellen, dass auch im Katastrophenfall, also bei Wegfall eines der beiden Standorte, ein zentraler Backup-Service sowie Kopien aller archivierten Daten weiterhin zur Verfügung standen.

Diese Kooperation zwischen GWDG und MRZ war ein erster bedeutender Schritt, wichtige Dienste und Datenarchivierungen durch das Betreiben von redundanten Geräten am jeweils anderen Standort zu sichern.

Langfristiges Ziel ist der Aufbau eines räumlich abgesetzten gemeinsam betriebenen Redundanz-Rechenzentrums, das gewährleisten soll, dass bei Ausfall von Geräten in einem der z. Z. noch bestehenden dezentralen Rechenzentren wichtige Dienste, wie z. B. Mailing und Internetzugang, weiterhin verfügbar und archivierte Daten durch Spiegelung gesichert sind. Für Betriebsunterbrechungen können u. a. der Ausfall der Stromversorgung, ein Brand oder ein Wasserschaden die Ursache sein.

Bandroboter adic Scalar 10K

Im Jahr 2005 wurde ein LTO¹-3-Bandroboter der Firma adic sowohl im Maschinenraum der GWDG als auch im Medizinischen Rechenzentrum installiert. Das Modell „Scalar 10K“ ist eine SAN-fähige Bandbibliothek, die am Standort GWDG über 1.000 Fächer für Magnetbandkassetten verfügt. Es wird der Kassettentyp LTO-3 verwendet, der eine Speicherkapazität von 400 GB bzw. komprimiert 800 GB besitzt und mit einer Datenrate von 70 bzw. 140 MByte/s beschrieben und gelesen werden kann.

1. LTO = Linear Tape Open



Abb. 81: LTO-3-Bandroboter „adic Scalar 10K“, Blick ins Innere

Als Archiv-Fileserver kamen anfangs zwei IBM Blade-Server zum Einsatz, die mit jeweils zwei Dual-Core-Prozessoren PC970MP ausgestattet waren.

Als TSM²-Server, der weiter unter dem Betriebssystem AIX betrieben wurde, arbeitete zu Beginn eine IBM pSeries 570 mit vier 1,9-GHz-Power5+-Prozessoren in 64-Bit-Technik mit 8 GB.

7.5.6 Redundanz

Im Rahmen der langjährigen Kooperation mit der Universitätsmedizin Göttingen (UMG) und der Niedersächsischen Staats- und Universitätsbibliothek (SUB) sowie der Abteilung IT der Universität Göttingen werden wichtige Speicher- und Serversysteme außer im Rechenzentrum der GWDG auch im Rechenzentrum der UMG, der Fernmeldezentrale (FMZ) der Universität und in einem seit März 2010 in der SUB zur Verfügung stehenden katastrophensicheren Raum untergebracht. Neben dem Bandroboter handelt es sich um SAN-Speichersysteme und Serversysteme, im Wesentlichen Komponenten des ESX-Clusters für die Server-Virtualisierung. Bei den redundanten Servern handelt es sich z. B. um DNS-Server, OpenLDAP-Server, Mail-Server und Domänencontroller des Active Directory. Ferner gibt es eine Kooperation mit dem Rechenzentrum

2. TSM = Tivoli Storage Manager

Garching für den standortübergreifenden ausfallsicheren Betrieb einzelner Dienste.

7.5.7 Active Directory

Ab Januar 2002 richtete die GWDG einen zentralen Active Directory Service für die Universität Göttingen und einzelne Max-Planck-Institute ein. Dabei sollten die folgenden Aspekte zur Geltung kommen:

- Der Active Directory Service fügt sich in die bestehenden DV-Strukturen ein und drängt sich nicht auf.
- Alle Bereiche der Universität (Fakultäten, Institute und Arbeitsgruppen) können sich anschließen, wenn sie es wünschen.
- Es muss sowohl eine zentrale als auch eine verteilte (abstufbare) Verwaltung möglich sein (zum Beispiel das Administrieren einer Institutsumgebung).
- Benutzerinformationen liegen zentral vor, ebenso Profil- und Konfigurationsinformationen, also Informationen und Einstellungen für Softwarekomponenten.
- Die angebotenen Ressourcen und Dienste liegen – bis auf lokale Druckdienste – zentral bei der GWDG und sollen für den Anwender so einfach wie möglich nutzbar sein.

Während in der Anfangszeit des Active Directory bei der Einrichtung von Domänen und der Zuordnung von Servern zu den Domänen noch viel Rücksicht auf die bis dahin gewachsenen Strukturen genommen wurde, sollte nach und nach immer mehr das Ziel einer klaren, übersichtlichen und leicht zentral verwaltbaren Struktur angestrebt werden.

Die für die Struktur erforderlichen Server wurden auf einer obersten Ebene (Top Level) und einer darunter liegenden Ebene der Fakultäten angeordnet. Während auf oberster Ebene mehrere Server redundant und mit Lastverteilung ihre Verwaltungsaufgaben wahrnahmen, waren es auf der darunter liegenden Ebene nur noch zwei sich gegenseitig vertretende Server für jede Fakultät.

So, wie die GWDG eine Domäne beanspruchte, sollte es für jede Fakultät der Universität und jedes angeschlossene Max-Planck-Institut möglichst auch nur eine Domäne geben. Die darunter liegenden Strukturen, die Institute und Abteilungen, wurden in sogenannten Organizational Units (OUs) verwaltet. Allerdings beanspruchten einige Institute, die bereits eine komplexe Netzwerkstruktur mit eigenen Servern aufgebaut hatten, zunächst eigene Domänen.

Technische Hintergründe

Das anfangs eingesetzte Betriebssystem Windows 2000 benutzte das bereits in der Internet-Welt seit Langem verbreitete DNS (Domain Name System) als Grundlage zum Auffinden von Rechnern und Diensten im Netzwerk. Dies war ein einschneidender Wechsel gegenüber den dafür vorher benutzten Mechanismen älterer Microsoft-Betriebssysteme, welche auf dem WINS¹-Dienst, einer Auflösung von NETBIOS-Namen zu TCP/IP-Adressen, basierten.

Benutzer und Computer

In die Strukturen des Active Directory, die mit ihren Domänen und OUs die organisatorische Struktur der Universität Göttingen abbilden, werden sämtliche Benutzer und Rechner in Form von Benutzerkonten und Computerkonten eingefügt. Die Benutzerkonten werden generell in der Domäne „GWDG“ gehalten, damit über ganz Göttingen ein einheitlicher Benutzerkatalog Gültigkeit hat. Der Benutzerkatalog des Active Directory wird dabei ständig automatisch mit dem Benutzerkatalog des UNIX-Clusters abgeglichen. Neue Benutzer werden in den UNIX-Benutzerkatalog eingefügt und gelangen dann weiter in den Benutzerkatalog des AD.

Auf Domänen-Ebene und in den OUs der Institute und Abteilungen können die Benutzer gruppiert werden, damit bestimmten Benutzern gleiche Ressourcen und gleiche Rechte für den Zugriff auf diese Ressourcen zugewiesen werden können.

Die Computerkonten werden in den OUs unterhalb der Domänen angelegt. Auch sie werden so gruppiert, dass gleichartig zu behandelnde Rechner zusammengefasst werden.

Die Inhalte der AD-Datenbank sind in Objekten abgespeichert: Benutzerobjekte und Computerobjekte. Die Objekte haben Attribute, die bestimmen, was in welchen Objekten abgespeichert wird. Durch sogenannte ACLs (Access Control Lists) wird eindeutig geregelt, wer wie auf Objekte zugreifen kann. Das Schema ist eine Definition für alle Objekttypen und Attribute. Ein (gesicherter) Zugriff ist über das offene LDAP²-Protokoll möglich.

Anfangs stellte die GWDG jeweils einen Server für jede Fakultät zur Verfügung. Alle eingesetzten Server waren Rack-Mount-Systeme vom Typ Dell PowerEdge 1650.

Die Instituts-Server vom Typ Dell PowerEdge 1650 wurden bei der GWDG „gehostet“, das bedeutet: im Maschinenraum der GWDG mit entsprechender Infrastruktur wie Klimatisierung, unterbrechungs-

1. WINS = Windows Name Service

2. LDAP = Lightweight Directory Access Protocol

freier Stromversorgung sowie abgesichertem Zugang. Installation und Betreuung leistete das Windows-Team der GWDG.

Vom PC-Netz zum Active Directory

Ziel der Umstellung war es, den heutigen Ansprüchen an eine verteilte, aber auch mit zentralen Diensten versehene EDV-Landschaft gerecht zu werden. Für den Anwender sollte erreicht werden, dass er an seinem Arbeitsplatzrechner möglichst zeitnah aktuelle Anwendungen für seine tägliche Arbeit zur Verfügung hat und möglichst unkompliziert auf zentrale Ressourcen im Netzwerk zugreifen kann.

In einer zweijährigen Planungs- und Realisierungsphase hat die GWDG in mehreren Teilschritten ihr PC-Netz von einer auf Microsoft NT basierenden auf eine Microsoft-Windows-2000-Active-Directory-Struktur umgestellt. Um einen für die Anwender gleitenden Übergang zu ermöglichen, wurden folgende Teilschritte vollzogen:

Anfang 2000:

- Installation einer sogenannten Windows 2000 „Top Level Directory“. Diese bildete eine Domäne im Sinne von Windows 2000 mit dem DNS-Namen „top.gwdg.de“.
- Um die Kompatibilität mit älteren Microsoft-Systemen zu erhalten, gab es zusätzlich noch eine NetBIOS-Umgebung mit dem Namen „GWDG“.
- Die sich in Benutzerbetrieb befindliche, auf Windows NT basierende Domäne „GWDG-PC“ wurde als sogenannte „Child-Domain“ in die hierarchische Struktur des AD eingebunden und wurde weiterhin in einem „mixed mode“ betrieben. Mixed Mode bedeutete hier, dass sowohl Windows NT als auch Windows 2000 Server ihre Dienste im Zusammenspiel anbieten konnten.

Herbst 2001:

- Umstellung der bei der GWDG aufgestellten Arbeitsplatzsysteme von Windows NT 4 auf Windows 2000 Professional und Aktualisierung der darauf zur Verfügung stehenden Anwendungssoftware.
- Im nächsten Schritt wurden eine neue Datei-Serverumgebung realisiert und die im PC-Netz gespeicherten Dateien (ca. 500 GB) Anfang Dezember 2001 übernommen.

März 2002:

- Umstellung der Benutzerkonten
- Inbetriebnahme des neuen Windows-Druck-Servers

- Arbeitsplatzsysteme unter dem Betriebssystem Windows 2000 standen im Benutzerraum der GWDG, im Kursraum der GWDG und in der SUB zur Verfügung.
- Nach der Anmeldung in der Domäne „GWDG“ wurden automatisch Netzlaufwerke mit dem zentralen PC-Netz-Datei-Server der GWDG verbunden. Unter dem Laufwerksbuchstaben P: erhielt der Nutzer Zugriff auf den eigenen Datenbereich, über das Laufwerk W: gab es Zugriff auf einen gemeinsamen Institutsdatenbereich, vorausgesetzt, dies war für das Institut realisiert.
- Automatische Zurverfügungstellung einiger Standarddrucker im Rechenzentrum
- Weitere Druckverbindungen über das auf dem Desktop liegende Icon „GWDG-Drucker“.

Im Mai 2002 war die Umstellung des zentralen Bereiches des PC-Netzes abgeschlossen.

Server im Active Directory

Zentraler Datei-Server

Der neue zentrale Dateiserver des PC-Netzes war aus Gründen der Datensicherheit und Verfügbarkeit als Microsoft-Windows-2000-Clustersystem mit zwei redundanten Servern konzipiert. Als Massenspeichersystem wurde ein RAID-System durchgängig auf Fibre-Channel-Technologie basierend mit einer Kapazität von knapp 1 TB eingesetzt.

Alle Daten hierauf wurden seitens der GWDG täglich gesichert.

Windows-Druck-Server

Ein neuer Windows-Druck-Server war unter dem Namen „winprint.top.gwdg.de“ (oder für ältere Betriebssysteme mit dem NetBIOS-Namen „WIN-PRINT“ zu erreichen. Über diesen Server waren alle Druckerwarteschlangen der GWDG zu erreichen. Die eigentliche Druckausgabe wurde an die Druckeransteuerungs-Umgebung im UNIX-Cluster weitergereicht. Ein Vorteil bei der Benutzung des Windows-Druck-Servers war das automatische Installieren und Aktualisieren der jeweils benötigten Druckertreiber auf den Klienten. Allerdings funktionierte dies nur bei den Arbeitsplatzsystemen, die als Mitglieder in eine im AD integrierte Domäne eingetragen waren.

Windows-Software-Server

Der Software-Server mit dem Namen „software.top.gwdg.de“ sollte mehrere Funktionen abdecken.

Zum einen diente er zum automatischen Installieren von Arbeitsplatzsystemen und zum Versorgen die-

ser Systeme mit aktuellen Softwareversionen und Fehlerkorrekturen. Hierbei wurde der in Windows 2000 integrierte „Remote Software Installation Service“ (RIS) benutzt.

Desweiteren wurden hier auch bestimmte Softwarepakete zum Download angeboten. Als Beispiel sei hier die Antiviren-Software genannt, die anfangs noch nicht zentral administriert und installiert wurde.

Dieser Server wurde auch als zentraler Lizenz-Server, wie zum Beispiel für das Programm AutoCAD, benutzt und ausgebaut.



Abb. 82: Einige Server des Active Directory, von oben nach unten: „GWD-WinTS1“ (PE 1950), „GWD-WinTS2“ (PE 2950), „GWD-Software1“ (PE D710), „UG-UBGB100-S1“ (PE D710), „GWD-Image-S1“ (PE 2650), „GWD-WININFO“ (PE 2650), „GWD-S1“ (PE 1950), „GWD-S2“ (PE 1950), „GWD-FAXSRV1“ (PE 2650)

Terminal-Server

Im September 2002 ging der Terminal-Server „WinTS1.top.GWDG.de“ mit dem Betriebssystem Windows 2000 in Betrieb. Wie auch beim Vorgänger „GWDG-CERES-APPS“ wurde der Citrix Neighbourhood Client zur ICA¹-Verbindung genutzt. Im

Wesentlichen wurde die Anwendung „Office XP“ mit Outlook und Frontpage unterstützt.

Der alte Terminal-Server blieb bis Ende Oktober 2002 in Betrieb.

Die auf verschiedenen Betriebssystemen (Windows, Macintosh und UNIX) vorhandenen Remote-Desktop-Verbindungs-Programme verdrängten bald die ICA-Klienten, wenn es um die Nutzung der Terminal-Server der GWDG ging.

Exchange-Server

Seit Oktober 2005 stellt die GWDG neben dem UNIX-Mailserver einen Microsoft Exchange Server 2003 als weitere Kommunikationsplattform zur Verfügung. Zielsetzung war dabei, über die klassische E-Mail-Übermittlung hinaus weitere Dienste bereitzustellen wie die Organisation von Terminen, Aufgaben und Adresslisten sowohl für den einzelnen Anwender als auch für eine Gruppe; Funktionalitäten also, die mit dem Schlagwort „Groupware“ umschrieben werden. Weiterhin sollten auch die Zugangsmöglichkeiten erweitert werden, damit neben den üblichen Mail-Klienten und Web-Browsern sowie dem Office-Produkt Outlook auch die wachsende Schar der mobilen Geräte mit einbezogen werden konnte.

Der Exchange-Server besteht aus einem „Frontend“- und einem „Backend“-Bereich. Der Backend beherbergt die Posteingangsfächer (Mailboxen) – pro Knoten maximal 5.000 – und war anfangs als ein Vier-Knoten-Cluster realisiert. Jeder Knoten wurde dabei durch einen Server repräsentiert. Drei Knoten waren dabei stets aktiv im Produktionsbetrieb, während der vierte passive Knoten im Problemfall für jeden der anderen Knoten als Ersatz dienen konnte. Im Frontend-Bereich befanden sich zwei weitere Server, die den Zugang zum Mailsystem regelten. Sie waren stets aktiv und führten mittels Network Load Balancing einen dynamischen Lastenausgleich durch. Fiel einer der beiden Server aus, übernahm automatisch der andere die ganze Arbeit. Mit dieser Konfiguration, die bei größer werdender Last noch um zusätzliche Server erweitert werden sollte, wurde ein hohes Mass an Ausfallsicherheit sichergestellt.

Der Exchange-Server bietet für die Nutzer folgende Zugangsmöglichkeiten:

- MAPI (Mail Access Programming Interface): Die Zugriffsart von Outlook, die ermöglicht, dass neben E-Mail auch der Kalender, Kontakte, Aufgabenlisten und Notizen zentral gehalten und bearbeitet werden können.

1. ICA = Independent Computing Architecture

- IMAP (Internet Mail Access Protocol): Hier kann jeder IMAP-fähige Mail-Klient verwendet werden, um Nachrichten zu versenden, zu empfangen und zu organisieren. Ein Zugriff auf die Groupware-Funktionalität ist nicht möglich.
- POP3 (Post Office Protocol): Dieses Verfahren, das die serverbasierte Organisation von E-Mail nicht unterstützt, kann auch verwendet werden, ebenfalls ohne Groupware-Unterstützung.
- OWA (Outlook Web Access) ist eine Komponente des MS¹ Exchange Server 2003, die über ein Web-Interface den Zugriff auf Nachrichten, Kalendereinträge, Kontakte und Aufgaben mit einem der üblichen Web-Browser gestattet. Dank der SSL²-Technologie erfolgt die Datenübertragung verschlüsselt.
- OMA (Outlook Mobile Access): Hierüber können die E-Mails, Termine, Aufgaben und Adressen von einem mobilen Klienten (z. B. Mobiltelefon oder Smartphone) mit allerdings nur minimalen Darstellungsmöglichkeiten abgerufen und abgeglichen werden.
- EAS (Exchange ActiveSync): Für einen PDA³ lässt sich der Synchronisationsprozess, der sonst im Allgemeinen über einen PC erfolgt, auch direkt mit dem Exchange Server vornehmen, z. B. über eine kabellose Anbindung per WLAN⁴. Die Verbindung läuft verschlüsselt über SSL. Nach erfolgreicher Synchronisation kann man dann mit seinen Daten wieder offline weiterarbeiten.

Für den Nutzer hat der Exchange-Server u. a. folgende Vorteile:

- Während im UNIX-Mailer die Mails als flache textdateien abgelegt sind, liegen diese bei Exchange strukturiert in einer Datenbank. Daher ist die Suchzeit in einer großen Mailbox bei Exchange wesentlich kleiner.
- Exchange bietet nicht nur den E-Mail-Dienst, sondern alle Groupware-Funktionen von Outlook.

Ausbau des Active Directory

Im Mai 2000 lief die Umstellung auf das Betriebssystem Windows XP an.

Im Oktober 2006 umfasste das Active Directory 50 Domänen mit etwa 3.000 Arbeitsplatzrechnern und Servern.

-
1. MS = Microsoft
 2. SSL = Secure Sockets Layer
 3. PDA = Personal Digital Assistant
 4. WLAN = Wireless Local Area Network

Im Oktober 2010 umfasste das Active Directory 50 Domänen mit etwa 5.000 Arbeitsplatzrechnern und Servern.

7.5.8 PCs im Rechenzentrum

Spezialrechner

Neben standardmäßig ausgerüsteten PCs mit Windows-Betriebssystemen oder UNIX standen PCs für spezielle Aufgaben bereit. So wurden im Mai 2002 im „Raum für PC-Anwendungen“ und im „Dialoggeräteraum“ fünf Service-PCs installiert, die für grafische Anwendungen bereit standen. Zur grafischen Eingabe, Aufbereitung grafischer Ausgabe und zur effizienten Nutzung der grafischen Ausgabegeräte waren sie mit spezieller Hard- und Software ausgestattet. (Einige der Spezialprogramme konnten aus Lizenzgründen nicht im PC-Netz bereitgestellt werden.)

GWDG-SPC1

- Typ: Dell Optiplex GX110
- Prozessor: Intel Pentium III
- Taktfrequenz: 667 MHz
- Arbeitsspeicher: 256 MB
- Festplattenkapazität: 20 GB
- Besonderheiten: ZIP-Laufwerk 250 MB

GWDG-SPC2

- Typ: Dell Precision 330
- Prozessor: Intel Pentium 4
- Taktfrequenz: 1,7 GHz
- Arbeitsspeicher: 256 MB
- Festplattenkapazität: 40 GB
- Besonderheiten: ZIP-Laufwerk 250 MB, DVD-Brenner

GWDG-SPC3

- Typ: Dell Precision 330
- Prozessor: Intel Pentium 4
- Taktfrequenz: 1,7 GHz
- Arbeitsspeicher: 256 MB
- Festplattenkapazität: 40 GB
- Besonderheiten: ZIP-Laufwerk 250 MB, Diascanner Nikon LS-2000, DIN-A3-Scanner Epson GT-12000

GWDG-SCR1

- Typ: Dell Precision 330
- Prozessor: Intel Pentium 4

- Taktfrequenz: 1,7 GHz
- Arbeitsspeicher: 256 MB
- Festplattenkapazität: 40 GB
- Besonderheiten: ZIP-Laufwerk 250 MB, DVD-Brenner

GWDG-SCR3

- Typ: Dell Precision 330
- Prozessor: Intel Pentium 4
- Taktfrequenz: 1,7 GHz
- Arbeitsspeicher: 512 MB
- Festplattenkapazität: 40 GB
- Besonderheiten: ZIP-Laufwerk 250 MB, CD-Brenner, DIN-A0-Großformatscanner „Vidar Titan II“

Der Großformatscanner „Titan Vidar II“ wurde im August 2007 durch ein Modell der Serie CS600eN der Firma Graphtec abgelöst. Dieser Scanner kann mit einer Scanbreite von 106,6 cm und einer optischen Auflösung von 600 x 600 dpi scannen. Die Farbauflösung beträgt 24 Bit. 8 Bit RGB, 4 Bit RGB, 8 Bit Grau und 1 Bit Schwarz/Weiß stehen ebenfalls zur Auswahl. Die Scangeschwindigkeit beträgt 30 Sekunden für ein farbiges A0-Poster (bei 400 dpi Auflösung).

Durchlichtscanner DIN A3

Seit Januar 2003 ist neben dem Epson 12000GT am „GWDG-SPC3“ mit dem UMAX PowerLook 2100XL ein weiterer DIN-A3-Scanner im Benutzerbetrieb. Er ist mit einer Durchlichteinheit ausgerüstet, die das Einscannen von bis zu DIN A3 großen Transparentvorlagen erlaubt.

Eine Optik mit langer Brennweite führt zu hoher Brillanz und sehr guter Abbildungsleistung. Die „MagicScan“-Steuerfunktion erlaubt es z. B., automatisch bis zu 32 Kleinbilddias einzuscannen.

Daten:

- Auflösung: 800 x 1.600 dpi (interpoliert bis zu 9.600 dpi)
- Abtasttiefe (Farbmodus): 24 oder 36 Bits pro Pixel
- Abtasttiefe (Graustufen): 8 oder 12 Bits pro Pixel

- Max. Scanbereich: 12“ x 17“

Diascanner

Seit April 2003 steht im Benutzerbereich ein hochauflösender Diascanner des Typs „Nikon LS4000ED“ zur Verfügung. Das Gerät ermöglicht das Einscannen von Kleinbildvorlagen bis zu einer Auflösung von 4.000 dpi und 14 Bit Farbtiefe pro Farbkanal. Der Scanner verfügt über mehrere automatische Bildretuschierfunktionen zum Korrigieren von Vorlagenmängeln wie z. B. Kratzer, Staub, Fingerabdrücke und Filmkorn.

Es können sowohl Kleinbilddias (Dia- und Negativfilmstreifen) als auch gerahmte Kleinbilddias eingescannt werden. Für letztere ist auch ein Diagemagazin SF-200 für den automatischen Einzug vorhanden.

Daten:

- Optische Auflösung: bis 4.000 Pixel/Zoll
- Farbtiefe (A/D-Wandlung): 14 Bits pro Kanal
- Max. Scanbereich: 12“ x 17“; mit Diarahmenadapter: 3.946 x 5.782 Pixel, mit Filmstreifenhalter oder Diagemagazin: 3.946 x 5.959 Pixel
- Belichtungsfenster: mit Diarahmenadapter oder Diagemagazin: 25,1 x 36,8 mm, mit Filmstreifen-einzug 25,1 x 38,0 mm
- Sensor: CCD-Zeilensensor mit 3.964 Pixeln
- Lichtquelle: LEDs für Rot, Grün und Blau
- Scangeschwindigkeit: zwischen 38 sec und 2 min 55 sec je nach Einstellungen in der Software

7.5.9 SUB-Kursraum

Im Dezember 2003 wurden die PCs im SUB-Kursraum durch neue Geräte vom Typ Dell SX270 mit 2,6 GHz getaktetem Pentium-4-Prozessor, 512 MB Hauptspeicher und 18,6 GB Festplatte ersetzt.

Einem neuen Versorgungskonzept folgend, wurden im September 2008 die Rechner im SUB-Schulungsraum durch „Thin Clients“ vom Typ „Igel 2110 LX Smart“ ersetzt. Die Thin Clients besitzen keine eigene Festplatte. Die Anmeldung auf den Geräten erfolgt im Active Directory. Verbunden wird der Benutzer mit einem speziellen Terminal-Server

„GWD-WinTS2“, auf dem eine Auswahl von Anwendungsprogrammen angeboten wird.



Abb. 83: Der Thin Client Igel 2110 LX

7.5.10 Netzwerk

GÖNET-Ausbau 2009

Im September 2009 konnte die Ausfallsicherheit des GÖNET-Backbones wesentlich erhöht werden. Während der GÖNET-Backbone lange nur aus einer einzigen Strecke von der GWDG am Faßberg bis zur Physik an der Bürgerstraße – mit einem Abzweig von der Hospitalstraße in die Sternwarte – bestand, wurde ab August 2007 eine parallel verlaufende Richtfunkstrecke zwischen der GWDG und dem Blauen Turm betrieben. Es wurden zwar ab Ende der 1990er-Jahre einzelne Teilstücke des Backbones mit zusätzlichen Glasfasern verstärkt, aber sie verliefen immer nur in den Kanälen des vorhandenen Backbones. Ein unglücklich zugreifender Bagger hätte damit immer an einer Stelle den Backbone in zwei Teile zerlegen können, was leider auch zweimal passiert ist. Mit der Richtfunkstrecke hätte bei einem Schaden zwischen der GWDG und dem Platz der Göttinger Sieben (GWZ) immerhin ein Notbetrieb von einem Zehntel der normalen Bandbreite aufrecht erhalten werden können.

Im Zuge anderer Baumaßnahmen hatte sich 2008/2009 die Möglichkeit ergeben, eine vollständig neue und mit der alten nicht überlappende Trasse für eine zusätzliche Backbone-Verbindung zu errichten. Diese Trasse mit neuen Glasfaserleitun-

gen wurde am 14. September 2009 fertiggestellt und am 16. September in Betrieb genommen. Dadurch konnte die Ausfallsicherheit des GÖNET-Backbones nun deutlich verbessert werden: Die Kernrouter an den Standorten GWDG, FMZ und Theologicum sind nun jeweils untereinander über zwei Glasfaserleitungen verbunden, die jeweils über vollständig unabhängige Kabeltrassen geführt werden. Die Verbindungen GWDG-FMZ und GWDG-Theologicum bestehen dabei aus je zwei 10-Gbit/s-Ethernet-Verbindungen, wobei die Last dynamisch über die Leitungen verteilt wird. Die Reserveverbindung FMZ-Theologicum wird wie bisher über eine 10-Gbit/s-Ethernet-Verbindung und eine bei Ausfall dieser Verbindung dynamisch aktivierte Gigabit-Ethernet-Verbindung realisiert. Neu ist hier nur, dass die beiden Leitungen auf unterschiedlichen Trassen verlaufen.

Die Anbindungen der Router der zweiten Ebene (Klinikum, Physik und Physiologie) erfolgen weiterhin an je zwei Kernnetz-Routern. Hier waren die Kabelwege schon vorher unabhängig, da ja eine Leitung in die nördliche und eine in die südliche Richtung ging.

Die redundanten SAN-Standorte werden dadurch, wie die IP-Verbindungen zwischen den GÖNET-Routern auch, besser gegen einen eventuellen Ausfall abgesichert, denn auch die SAN-Router in der GWDG, der FMZ und im Theologicum wurden nun doppelt miteinander verbunden und die Leitungen auf verschiedene Trassen verteilt.

Studierendennetz

Im September 2002 wurden über 300 Rechner von der Internet-Hotline betreut. Die Account-Gebühr für die Nutzung des studentischen Internetzugangs betrug nun 10,- Euro.

Ein wichtiges Ereignis in der Geschichte der Internet-Hotline war im April 2008 die komplette Übernahme durch die Universität Göttingen, wo sie als Verwaltungseinrichtung der (damaligen) Stabsstelle Datenverarbeitung angegliedert wurde. Damit einher ging die Umbenennung in „studIT – IT-Service für Studierende“. Nachdem der Studierendenbeitrag zuletzt 12,- Euro betrug, konnte das umfangreiche Angebot nun durch Mittel aus den Studienbeiträgen kostenfrei von jedem Studierenden der Universität Göttingen in Anspruch genommen werden.

Wähl-Zugang für PCs

Die Einwahlzugänge fielen nach und nach weg, weil Analogmodem und ISDN kaum noch genutzt wurden. Bestehen blieb noch die Einwahlnummer für den Zugang über GöTEL (01926751). Alternativ bieten eine Reihe von Providern einen Zugang, der

dann durch Verwendung eines VPN-Klienten auch die Verbindung zur GWDG ermöglicht.

Für den Datenaustausch mit dem persönlichen Verzeichnis bei der GWDG kann auch die Web-VPN-Seite der GWDG „VPN.GWDG.de“ genutzt werden.

uni@home

Der Vertrag zwischen der Deutschen Telekom AG (T-Com) und der Universität Göttingen für die Einwahl im Rahmen des uni@home-Programms wurde Ende 2005 von Seiten der Telekom gekündigt und endete am 28. Februar 2006. Damit entfiel die Einwahlmöglichkeit in das GÖNET per ISDN oder analogem Modem über die Telefonnummer 2016.

DFN@home

Der seit Oktober 2002 angebotene Zugang für Modem- oder ISDN-Nutzer zum GÖNET „DFN@home“ unter der bundeseinheitlichen Telefonnummer 019161 erfolgt über die Zuteilung einer IP-Adresse aus dem Netz der GWDG durch einen speziellen Netzwerktunnel. Verwendet man einen DSL-Anschluss, muss keine Rufnummer angegeben werden.

Rechnerverbund

G-WiN / X-WiN

Der Anschluss der Universität Göttingen und der Göttinger Max-Planck-Institute sowie anderer am GÖNET angeschlossener Einrichtungen an das Wissenschaftsnetz „G-WiN“ – und darüber über den Dienst „DFNInternet“ an das Internet – erfolgt über den G-WiN-Anschluss der GWDG. Der Anschluss stellte bis März 2004 eine Übertragungsbandbreite von 155 Mbit/s bei einem monatlichen Übertragungsvolumen von 24 TB zur Verfügung.

Der DFN-Verein passt die Leistungen – insbesondere das erlaubte Übertragungsvolumen der Anschlüsse – in der Regel jährlich kostenneutral an. Am 17. Februar 2004 wurden vom DFN-Verein die erlaubten Übertragungsvolumina der G-WiN-Anschlüsse rückwirkend zum 1. Januar 2004 um 50 % erhöht.

Diese Anpassung hatte für den Anschluss der GWDG zu einem zulässigen Volumen geführt, das über die nominelle Leistung des 155-Mbit/s-Anschlusses hinausging. Daher änderte sich die Spezifikation des GWDG-Anschlusses nun auch bezüglich der Übertragungsrate. Für das GÖNET stand damit ein Anschluss mit 622 Mbit/s Bandbreite und 36 TB/Monat Übertragungsvolumen zur Verfügung.

Um dies umzusetzen, hat der DFN-Verein der GWDG auf seinem Router einen Gigabit-Ethernet-Anschluss zur Verfügung gestellt. Da auch auf dem

GÖNET-Router der GWDG kurzfristig ein entsprechender Port verfügbar war, konnte die Umstellung des G-WiN-Anschlusses bereits am 4. März 2004 erfolgen.

Im März 2007 wurde die Bandbreite für den X-WiN-Anschluss auf 2 Gbit/s erhöht. Nach der letzten Umstellung zum 1. Januar 2008 stehen aktuell 5 Gbit/s zur Verfügung.

Funk-LAN

Seit Dezember 2000 betreibt die GWDG, insbesondere im Nahbereich von Gebäuden der Universität Göttingen, ein flächendeckendes Funk-LAN nach dem Standard IEEE¹ 802.11b. Es arbeitete anfangs im Frequenzbereich von 2,4 GHz und erlaubte eine Übertragungsgeschwindigkeit von bis zu 11 Mbit/s.

Das Funk-LAN mit dem Namen (SSID²) „GoeMobile“ ist ein eigenständiges, flächendeckendes Netzwerk, welches durch Gateways den Zugang zum GÖNET ermöglicht. Sogenannte „Access Points“ (APs – Funk-Sender und -Empfänger) sind über Router mit einem VLAN³ im Festnetz verbunden. Die Übertragung im VLAN ist verschlüsselt (IPSec).

Im Juli 2002 waren in Göttingen etwa 70 APs installiert, es gab Funk-Verbindung zum GÖNET über Antennen an folgenden Orten:

- GWDG Maschinenraum
- GWDG Vortragsraum
- GWDG Verwaltung
- MPI für biophysikalische Chemie T2
- MPI für biophysikalische Chemie SOG
- MPI für biophysikalische Chemie NMR2 (Dach)
- MPI für biophysikalische Chemie Foyer
- MPI für biophysikalische Chemie OHB⁴
- Hörsaal 1105 im MZG
- Hörsaal HS 011 im ZHG
- Internet-Hotline (MZG Raum 0402)
- Bibliothek Oeconomicum
- Bibliothek Theologicum
- Bibliothek SUB Altbau
- Paulinerkirche (alte SUB)

-
1. IEEE = Institute of Electrical and Electronic Engineers
 2. SSID = Service Set Identifier
 3. VLAN = Virtual Local Area Network
 4. OHB = Otto-Hahn-Bibliothek

- Blauer Turm (alle vier Ecken auf dem Dach über dem 13. Stockwerk)
- Zoologie Raum Z212
- Aula (Vorplatz)
- Aula (Vizepräsident)
- Geozentrum (Dach Geochemie)
- Geozentrum Hörsaal MN14
- Geozentrum Hörsaal MN15
- Geographie Hörsaal MN08
- Geographie Hörsaal MN09
- Verfügungsgebäude
- Juridicum Innenhof
- Chemie Hörsaal MN29
- Chemie Praktikums-Hörsaal
- Chemie Seminarraum
- Forst (Hochhaus, Dach)
- Mikrobiologie (Dach)
- Mathematik (NAM¹ CIP²-Raum)
- Physik (Dach)
- Pädagogik (2 x auf dem Dach des Hochhauses)
- Primatenzentrum (2 x auf dem Dach)
- Primatenzentrum Vortragsraum
- Heizkraftwerk (2 x auf dem Schornstein)
- Rathaus (2 x auf dem Dach)
- IWF³ (Nonnenstieg)

„Da aufgrund des verwendeten Frequenzbandes die Abstrahlung eher „lichtähnlich“ erfolgt, ist quasi eine Sichtverbindung zum AP erforderlich. Eine wirklich flächendeckende Nutzung über die ganze Stadt ist deshalb nicht realistisch, sodass bestimmte Kernbereiche der Stadt (Campus, Bibliotheken etc.) durch eine höhere AP-Dichte bevorzugt „verfunkelt“ werden. Einen wesentlichen Einfluss auf die Qualität des Funkempfangs hat die Antenne des APs. Da die Sendeleistung nach dem Standard festgelegt ist (0,1 W an der Antenne), kann lediglich durch Einsatz besserer Antennen eine größere Reichweite erzielt werden. Deshalb sind im GoeMobile einige hohe Gebäude mit weitreichenden Antennen

bestückt. Funk ist damit teilweise in Entfernung von bis zu 3 km (bei freier Sicht) empfangbar.“⁴

Für das Funknetz wurden im Frühjahr 2007 neue Geräte der Firma Trapeze Networks beschafft und in Betrieb genommen. Damit wurde es möglich, neue Zugangsmöglichkeiten anzubieten und das Netz weiter auszubauen.

Die Access Points, die bei Trapeze „Mobility Points“ heißen, beherrschen alle wesentlichen Funk-LAN-Standards. So auch den Standard 802.11a, der, im wenig belegten Frequenzbereich von 5 GHz gelegen, eine Bandbreite von 54 Mbit/s erlaubt und mehr parallele Funkkanäle bietet. Da die GWDG am DFN⁵-Roaming teilnimmt, bedeutet dies für GoeMobile, dass sich Benutzer anderer Forschungseinrichtungen und Universitäten im GoeMobile unter Verwendung der eigenen Benutzerkennung einwählen können. Eine Authentifizierung erfolgt dann über den entsprechenden RADIUS-Server der Einrichtung, der der Benutzer angehört.

Authentifizierung und Netzzugang werden weiterhin von zwei RADIUS-Servern verwaltet: Jede Benutzeranmeldung am Funk-LAN wird von den RADIUS-Servern auf „Korrektheit“ überprüft, sodass das GoeMobile ausschließlich von berechtigten Anwendern genutzt werden kann. Ein zentrales VPN⁶-Gateway (zuerst ein Cisco 3060, später zwei Cisco ASA 5520) sorgt für verschlüsselte Datenübertragung.

Funk-LAN-Zugang für Tagungen und Veranstaltungen

Die neue Funk-LAN-Struktur erlaubt nun auch den einfachen Zugang für Gäste bei Tagungen und sonstigen Veranstaltungen. Es wird eine spezielle SSID ausgestrahlt, die i. d. R. den Namen der Veranstaltung trägt. Die Gäste müssen sich hierbei nicht authentifizieren, es wird ihnen aber auch nur der Zugang zum Internet erlaubt, nicht der Zugriff auf interne Dienste der GWDG.

Roaming

Den Angehörigen der am DFN-Roaming teilnehmenden Institutionen ist es möglich, auch an anderen Standorten mit der eigenen Benutzerkennung Zugang zum Internet bzw. Wissenschaftsnetz zu bekommen. Voraussetzung ist die Teilnahme der eigenen Institution am DFN-Roaming.

Seit Mai 2010 bietet die GWDG in ihrem Funk-LAN den Zugang zum Netz über „eduroam“ an. Eduroam ist inzwischen flächendeckend über Europa verbreit-

1. NAM = Numerische und Angewandte Mathematik
 2. CIP = Computer-Investitionsprogramm
 3. IWF = Institut für den wissenschaftlichen Film

4. GWDG-Nachrichten 7/2002
 5. DFN = Deutsches Forschungsnetz
 6. VPN = Virtual Private Network

tet und auch viele Institutionen in den USA, Asien und Australien sind angeschlossen.

Die lokale Nutzung des „eduroam“ erspart die Verwendung eines VPN-Klienten, die Datenübertragung ist verschlüsselt.

Ausbaustand des GoeMobile

Im Mai 2008 gab es im GoeMobile 162 Mobility Points. Tendenziell wurde das GoeMobile im Innenbereich der Institute noch weiter ausgebaut, sodass „echtes“ Roaming für die Benutzer möglich ist.

Bis Ende 2008 waren knapp 200 Mobility Points installiert; aktuell sind es ca. 300.

7.5.11 Learning Resources Center

Am 5. April 2005 wurde das Learning Resources Center (LRC) in der Niedersächsischen Staats- und Universitätsbibliothek (SUB) eröffnet.

„Das LRC bietet einen integrierten Zugriff auf Hard- und Software sowie technische Systeme, mit denen Recherche, Kommunikation, Multimedia, Produktion und Druck sowie Nutzung unterschiedlicher digitaler Medien möglich sind. Erstmals stehen damit in Göttingen gedruckte Medien, elektronische Dokumente und die nötige Infrastruktur zur Verarbeitung an einem zentralen Ort integriert und an den Bedürfnissen der universitären Nutzergruppen orientiert zur Verfügung. Das LRC ist ein gemeinsames Projekt von SUB und GWDG und steht insbesondere Wissenschaftlern und Studierenden offen.

Im LRC stehen für diese Nutzer die notwendigen Hilfsmittel zum umfassenden Einsatz der wissenschaftlichen Datenverarbeitung im Lern- und Forschungsprozess bereit. An 25 Benutzerarbeitsplätzen können sie im OPAC-Katalog der SUB recherchieren, auf das große Angebot von elektronischen Zeitschriften zugreifen und das Informationsangebot des Internet nutzen. Auf diesen Arbeitsplätzen sind zudem zahlreiche Programme zur Text- und Bildverarbeitung installiert, sodass hier die Erstellung von Studienarbeiten und wissenschaftlichen Publikationen möglich ist. Für die Erzeugung und Bearbeitung von Bildern stehen zudem vier weitere Arbeitsplätze mit Großmonitoren und graphischer Spezialsoftware zur Verfügung.

Zur Eingabe von Bild- und Textmaterial stehen Dia- und Flachbettscanner bereit, zur digitalen Weiterverarbeitung hochwertige Texterkennungs- und Bildbearbeitungssoftware. Die fertigen Text- und Bilddokumente können vor Ort auf Schwarz/Weiß- oder Farbdruckern in DIN-A4- oder DIN-A3-Größe ausgedruckt werden. Posterpräsentationen können bis zur Größe DIN A0 auf einem hochwertigen

Großformat-Farbdrucker (HP 1050C) ausgegeben werden.“¹

Die Ausstattung des LRC wurde im April 2006 aktualisiert und stark erweitert. So standen im Juni 2006 folgende Geräte den Nutzern zur Verfügung:

- 40 zum Teil sehr leistungsfähige PCs
- Schwarz/Weiß-Drucker (DIN A3 und DIN A4)
- 1 Farbdrucker (DIN A3 und DIN A4)
- 1 Posterdrucker (bis DIN A0)
- 1 Fotodrucker
- 5 DIN-A4-Scanner
- 1 DIN-A3-Scanner
- 1 Diascanner
- 1 Mikrofilmscanner
- 1 mobile Videokonferenzanlage

Der Betrieb des LRC wurde am 1. Oktober 2009 ganz von der Abteilung „StudIT“ der Universität Göttingen übernommen. Lediglich der Betrieb der Drucker fällt noch in den Verantwortungsbereich der GWDG.

7.5.12 Drucker

Drucker im Rechenzentrum der GWDG

Canon CLC 500

Der Farblaserkopierer Canon CLC² 500 kam im März 1993 in den Benutzerbetrieb, sein Betrieb wurde zum 1. Mai 2002 eingestellt. Insgesamt wurden über 500.000 Seiten gedruckt.

Canon CLC 800

Der Farblaserkopierer Canon CLC 800 wurde Anfang 1998 beschafft. Wegen häufiger Ausfälle und vergleichsweise hoher Betriebskosten wurde er am 26. September 2003 abgeschafft. In den fast sechs Jahren seines Betriebs hat er ca. 250.000 Farbseiten und ca. 170.000 Seiten in Schwarz/Weiß bedruckt.

Als Ersatz wurde das leistungsstärkere und kostengünstigere Drucksystem Canon CLC 3200 beschafft.

HP DesignJet 20PS

Im Januar 2003 wurde für das Aufgabenfeld „Foto-realistischer Farbdruck“ (als Ersatz für den Mitsubishi S6800-40) ein HP DesignJet 20PS beschafft. Dieser Drucker war hinsichtlich Verbrauchsmaterial-

1. GWDG-Nachrichten 4/2005
2. CLC = Color Laser Copier

kosten, Druckqualität und Einsatzmöglichkeit dem Sublimationsdrucker um einiges überlegen und stellte somit eine wesentliche Verbesserung dar.

Mit Hilfe des HP DesignJet 20PS konnten Farbgrafiken in Foto- bzw. Offset-Druckqualität auf hochwertigem Fotopapier in den Formaten DIN A4 und DIN A3 ausgegeben werden.

„Der HP DesignJet 20PS verfügt über ein Sechsfarbtintensystem, das neben den vier Grundfarben Zyan, Magenta, Gelb und Schwarz noch die Farben Hell-Zyan und Hell-Magenta enthält. Das Drucksystem erreicht damit eine maximale Auflösung von 2.400 dpi; verantwortlich dafür ist die hochentwickelte thermische Tintenstrahltechnik. So besitzt der Druckkopf für jede Farbe 304 Düsen, die kleinste Farbtröpfchen mit einem Volumen von bis zu vier Picolitern bei hoher Geschwindigkeit und äußerster Präzision auf das Medium Papier aufbringen. Durch Übereinanderplatzieren von bis zu 29 Tintentröpfchen auf einen Punkt – dem sogenannten Color-Layering-Verfahren – gelingt es, ein überaus großes Farbspektrum aufs Papier zu bringen; 3.500 echte Mischfarben sind so realisierbar. Selbst feine Linien werden scharf wiedergegeben und Farbübergänge gelingen sehr weich und harmonisch. Im Ergebnis entsteht eine feinkörnige Farbqualität, die das Niveau eines Offset-Drucks erreicht. Zudem sorgt ein integriertes automatisches Farbkalibrierungssystem für eine beständig gleichbleibende Farbqualität.“¹

Daten:

- Technologie: thermischer Tintenstrahldruck mit Sechsfarbtintensystem CMYKcm
- Düsen pro Druckkopf: 304
- Grundfarben: Zyan, Hell-Zyan, Magenta, Hell-Magenta, Gelb und Schwarz
- Schwarz/Weiß-Auflösung: 600 x 600 dpi (im Präsentationsmodus)
- Farbauflösung: 2.400 x 1.200 dpi (im Präsentationsmodus)
- Automatische Farbkalibrierung
- Hauptspeicher: 16 MB
- Formate: DIN A3 und DIN A4
- Bedruckbare Bereiche: DIN A3: 287 x 405 mm, DIN A4: 200 x 282 mm

Der Drucker wurde von einem Print-Server (PC unter Windows 2000) bedient. Mit der dort installierten RIP²-Software wurden die vom Benutzer abge-

schickten Dateien bearbeitet und in das Ausgabeformat PCL3GUI für den Drucker umgewandelt.

Canon CLC 3200

Ab September 2003 betrieb die GWDG einen Farblaserdrucker Canon CLC 3200 als Nachfolger des CLC 800.

Daten:

- niedriger Seitenpreis
- Tonerfixierung ohne Öl
- Seitengröße: DIN A3 und DIN A4
- Auflösung: 600 x 600 dpi
- Farbmanagement

Der Canon CLC 3200 war bis Ende 2009 in Betrieb.

HP DesignJet 5000 PS 42

Für den Anwendungsbereich des Großformatdrucks wurde im Oktober 2003 das Angebot der GWDG durch eines der seinerzeit leistungsfähigsten Ausgabegeräte für den Großformatdruck erweitert. Gegenüber den voll ausgelasteten Großformatdruckern HP DesignJet 2500CP und HP DesignJet 1055CM (Papierbreite: 91,7 cm) ließ der neue HP 5000PS den Ausdruck von Postern mit einer maximalen Breite von 105 cm zu.

Besonders hervorzuheben waren bei diesem Drucker die sehr hohe Zeichnungsqualität, die ausgezeichnete Farbwiedergabe (Pantone-zertifiziert) auch bei weichen Farbverläufen, die hohe Produktionsgeschwindigkeit sowie die automatische Farbkalibrierung für gleichbleibende Farbqualität.

Daten:

- Technologie: thermischer Tintenstrahldruck
- Grundfarben: Schwarz, Magenta, Zyan, Gelb, Zyan-hell, Magenta-hell
- Anzahl Druckkopfpatronen: 6
- „Intelligentes“ Tintensystem
- Auflösung (Präsentationsmodus): 1.200 x 600 dpi
- Auflösung (Schnellmodus): 300 x 300 dpi
- Papierbreite: 106,7 cm = 42“
- bedruckbare Papierbreite: 105,2 cm
- Papier: Spezialpapier auf Rolle, 30,5 m lang
- Druckgeschwindigkeit (Präsentationsmodus): 6,32 m²/h

„Jeder Druckkopf verfügt über 300 Düsen und eine Tintenkapazität von 40 ml. Der Druckkopf reinigt sich selbst und füllt sich bei Bedarf automatisch

1. GWDG-Nachrichten 2/2003
2. RIP = Raster Image Processor

nach. Bei Absinken des Tintenlevels unter ein bestimmtes Maß wird der Druckprozess unterbrochen und der Druckkopf von der zugehörigen Patrone aufgetankt. Die Tintenpatronen haben eine Kapazität von 680 ml pro Farbe. Durch dieses „intelligente“ Tintensystem ist somit ein problemfreies Drucken auch bei sehr großen Grafiken mit höchster Farbdeckung gewährleistet.

Der HP 5000PS ist bezüglich Speicher und optionalem Zubehör maximal ausgestattet, er verfügt über 256 MB Hauptspeicher und eine 20-GB-Festplatte.¹

Die Gesamtdurchlaufzeit für Dateiübertragung, Rasterbildverarbeitung und Druck war abhängig von der Komplexität und dem Format der Zeichnung. Für die meisten A0-Ausdrucke (PostScript) lag sie im Bereich von 15 bis 20 Minuten und war damit etwa so lang wie beim bisherigen sehr schnellen „Expressposterdrucker“ HP 1055CM.

Der Drucker wurde im Dezember 2009 durch den Großformatdrucker HP Z6100 ersetzt.

HP DesignJet 1055CM

Der Großformat-Posterdrucker HP DesignJet 1055CM war ab dem Jahr 2004 im Einsatz.

Daten:

- Technologie: thermischer Tintenstrahl Druck
- Grundfarben: Zyan, Magenta, Gelb und Schwarz
- Tinte: 4 Dye-Tinten
- Farbauflösung: 600 dpi
- „Intelligentes“ Tintensystem mit automatischer Auffüllung der Druckköpfe aus der Druckpatrone
- Papier: Rolle
- Bedruckbare Breite: 90 cm
- Druckgeschwindigkeit: 15 Minuten pro A0-Seite

Der HP 1055CM wurde im März 2007 vom HP DesignJet 4500 als Standard-Posterdrucker abgelöst. Er fand einen neuen Einsatzort in der Bereichsbibliothek Physik.

Canon W8200P

Mitte 2005 wurde ein Großformatdrucker Canon W8200P installiert. Dieser Drucker sollte den in die Jahre gekommenen HP 2500CP ablösen. Der Plotter ist mit pigmentierter, d. h. lichtbeständiger Tinte ausgestattet. Darüber hinaus übertrifft er seinen Vorgänger etwa um den Faktor 3 an Druckgeschwindigkeit, so dass ein DIN-A0-Ausdruck auf

dem Canon nur etwa eine Viertelstunde in Anspruch nimmt.

Daten:

- Technologie: Tintenstrahl Druck
- Grundfarben: Zyan, Magenta, Gelb und Schwarz sowie Photo-Zyan und Photo-Magenta
- Tinten: UV-beständig
- Farbauflösung: 1.200 x 1.200 dpi
- Bedruckbare Breite: 105 cm
- Druckgeschwindigkeit: 15 Minuten pro A0-Seite

Die Tinten Photo-Zyan und Photo-Magenta haben nur ein Sechstel der Dichte von üblichen Tinten, wodurch ein Farbdruck mit nahezu perfekter Bildglättung und größtmöglichem Farbraum gesichert ist.



Abb. 84: Canon W8200P

Der Drucker besitzt keinen eingebauten PostScript-RIP. Das Rastern der Druckaufträge für diesen Drucker wird von einer RIP-Software übernommen, die auf einem separaten PC läuft. Der Einsatz einer externen RIP-Software bietet gegenüber dem druckerinternen RIP den Vorteil einer größeren Flexibilität. So können z. B. auf speziellen Kundenwunsch die Druckaufträge mit dieser RIP-Software beliebig skaliert und geschachtelt werden.

Océ CPS900

Im April 2006 wurde die „Druckstraße“ Xerox DC40 von einem neuen Drucksystem, dem CPS900 der Firma Océ, abgelöst.

Die Anwendungsmöglichkeiten reichten vom einfachen Ausdruck einzelner Farbseiten – doppelseitig, in DIN A4 oder DIN A5 – bis zur Herstellung umfangreicher Broschüren in kleiner bis mittlerer Auflage. So konnten Farbbroschüren in den Formaten DIN A5 oder DIN A5 mit maximal 80 Seiten (d. h. 20 Blätter) in guter Qualität mit einer Geschwindigkeit von 30 Seiten pro Minute erstellt werden.

1. GWDG-Nachrichten 10/2003

Die Océ CPS900 bestand aus folgenden drei Komponenten:

- Druckserver Océ CPS1000C
- Farbdrucker Océ CPS900 mit sieben Prozessfarben
- Nachverarbeitungssysteme Übergabebrücke, Rotator, Bookletmaker, Booklet Trimmer, Seitenbeschneider und Squarefold Module

Druckserver

Der Druckserver Océ CPS1000C war ein leistungsfähiger PC mit 2,8-GHz-Prozessor, 1 GB Arbeitsspeicher und 300 GB Festplatte. Die Druckaufträge wurden von diesem PC entweder über eine Warteschlange entgegengenommen oder direkt als PDF-Datei verarbeitet. Zum Nachbearbeiten der PDF-Datei standen zwei sehr umfangreiche Zusatzprogramme zur Verfügung. Als RIP kam die Software Fiery® der Firma Efi zum Einsatz.

Drucker

Der Drucker Océ CPS900 war ein bezüglich seines Funktionsumfanges sehr leistungsfähiger Farblaserdrucker. Als Neuheit bei Laserdruckern besaß er neben den üblichen vier Tonerfarben Zyan, Magenta, Gelb und Schwarz noch die Farben Rot, Grün und Blau. So wurde eine naturgetreue Farbwiedergabe möglich.

Mit der neuartigen „Océ Direct Imaging“-Technologie wurden Tonerpartikel exakt nebeneinander positioniert. Das führte zu einer dünnen Tonerschicht mit sehr guten Eigenschaften in der Druckverarbeitung: Die Drucke waren falzbar, ohne dass sich der Toner vom Papier löste. Das Auftragen der Farben geschah mittels sieben neuartiger sog. „Direct-Imaging-Trommeln“, für jede Farbe eine. Feinste Bildspuren auf der Trommel wurden durch eine Elektronik im Inneren pixelgenau einzeln angesteuert und erlaubten dadurch die Übertragung einer genau definierten Toner Menge. Dadurch war eine optimale Bildwiedergabe mit 600 x 2.400 dpi Auflösung gewährleistet. Darüber hinaus garantierte die „Direct Imaging“-Technologie eine konstante Farbwiedergabe über die gesamte Auflage hinweg und auch bei Folgeaufträgen, ohne dass der Drucker kalibriert werden musste; d. h. Luftfeuchtigkeit und Umgebungstemperatur hatten keinen Einfluss mehr auf das Druckergebnis.

Die CPS900 war in der Lage, während eines Druckauftrags Papiere aus verschiedenen Fächern zu ziehen. Dadurch war es z. B. möglich, den Einband einer Broschüre auf hochwertigem 170-g-Papier zu drucken und den Inhalt auf „normalem“ 80-g-Papier.

Endverarbeitung

Die Nachbearbeitungseinheit bestand aus folgenden Modulen:

- Die Übergabebrücke verband den Drucker mit dem Rotator.
- Der Rotator drehte die gedruckten DIN-A4-Seiten um 90° zur Produktion von DIN-A5-Broschüren.
- Der Bookletmaker sammelte die einzelnen Blätter bis zum fertigen Satz und erstellte dann einen Mittelfalz mit oder ohne Heftung.
- Der Booklet Trimmer schnitt die Vorderseite der Broschüre. Dieser Endbeschnitt konnte variabel zwischen 2 und 5 mm eingestellt bzw. auch abgeschaltet werden.
- Der Seitenbeschneider beschneidete die obere und untere Kante der Broschüre in einem Arbeitsgang. Auf diese Weise war es möglich, randlos bedruckte Broschüren zu erstellen.
- Das „Squarefold Module“ führte eine Veredelung des Rückens einer Broschüre durch, d. h. der Broschürenrücken lief nicht mehr spitz zu, sondern wurde flach gepresst. Auch dieses Modul war auf Wunsch abstellbar.

Die Druckstraße Océ CPS900 wurde im Juli 2010 von der leistungsfähigeren Druckstraße Océ CS665 Pro abgelöst.

HP DesignJet 4500

Im März 2007 ersetzte ein neuer Großformatdrucker mit erweiterten Möglichkeiten, das Modell „DesignJet 4500“ von Hewlett-Packard, den bisherigen Standard-Posterdrucker HP 1055cm.

Obwohl er nur mit den vier Farben Zyan, Magenta, Gelb und Schwarz arbeitet, sorgen ein mit 5 Picolitern bei Farbdruck bzw. 25 Picolitern bei Schwarz/Weiß-Druck sehr feiner Farbauftrag sowie die große Anzahl von Druckkopfdüsen (524 Düsen pro Druckkopf) sowie seine sehr hohe Auflösung von 2.400 x 1.200 dpi für eine sehr hohe Druckqualität.

Daten:

- Technologie: thermischer Tintenstrahldruck
- Grundfarben: Zyan, Magenta, Gelb und Schwarz
- Tinte: 3 Tinten wasserbasiert, Schwarz ist pigmentiert
- Düsen pro Druckkopf: 524
- Auflösung: 2.400 x 1.200 dpi
- Papier: Rolle
- Bedruckbare Breite: 105,7 cm

- Druckgeschwindigkeit pro DIN-A0-Poster:
2 Minuten in Entwurfsqualität,
10 Minuten in bester Druckqualität
- Arbeitsspeicher: 512 MB
- Festplattenspeicher: 40 GB

Ein Standard-Posterdruck wird in Arbeitseinheiten abgerechnet, eine Ausgabe auf Hochglanz-Fotopapier kostet 25,- Euro.

HP Z6100

Seit Dezember 2009 steht mit dem HP Z6100 den Benutzern der GWDG im Rechenzentrum ein neuer Großformatdrucker zur Verfügung. Er löste den in die Jahre gekommenen HP 5000PS ab. Gegenüber dem Vorgängermodell zeichnet sich dieser Drucker vor allem durch eine doppelt so hohe Druckgeschwindigkeit aus. Der Drucker ist mit acht pigmentierten Farben ausgestattet, die für ein breites Farbspektrum und herausragende Detailtreue sorgen. Anhand seiner drei Schwarzintinten ist der Drucker in der Lage, weiche feine Übergänge, neutrale Grautöne sowie ein sattes Schwarz zu erzeugen.

Der Drucker ist mit einem integrierten Spektrophotometer ausgestattet, das eine herausragende Farbgenauigkeit und -konsistenz garantieren soll.

Daten:

- Technologie: thermischer Tintendruck
- Arbeitsspeicher: 256 MB
- Festplattenspeicher: 40 GB
- Grundfarben: Zyan, Zyan hell, Magenta, Magenta hell, Gelb, Grau hell, Fotoschwarz und Mattschwarz
- Tinte: 8 pigmentierte Tinten
- Farbauflösung: 2.400 x 1.200 dpi
- Düsen (insgesamt): 2.112
- Tröpfchengröße: 4 pl (helle Farben), 6 pl (satte Farben)
- Linienbreite: min. 0,07 mm
- Bedruckbare Breite: 105 cm
- Druckgeschwindigkeit:
Entwurfsqualität: 60,8 m²/h,
Produktionsqualität: 14,9 m²/h;
Fotoqualität: 8,1 m²/h

Canon imagePROGRAF iPF8100

Seit Februar 2008 steht den Benutzern der GWDG mit dem „Canon imagePROGRAF iPF8100“ ein neuer Großformatdrucker für besonders hochwer-

tige Ausdrücke zur Verfügung. Sein herausragendes Merkmal ist ein 12-Tintensystem mit Tinten in den Farben Mattschwarz, Schwarz, Photo-Zyan, Zyan, Photo-Magenta, Magenta, Gelb, Rot, Grün, Blau, Grau und Photo-Grau. Dadurch können – zusammen mit einer Druckauflösung von 2.400 x 1.200 dpi – Farbabstufungen und Farbverläufe extrem genau wiedergegeben werden. Da es sich bei den Tinten um Pigmenttinten handelt, sind Ausdrücke vom iPF8100 extrem lichtbeständig. Der Hersteller Canon garantiert, „dass die Ausdrücke volle 100 Jahre lang lichtbeständig sind und in diesem Zeitraum nicht negativ vom Licht beeinträchtigt werden.“



Abb. 85: Canon imagePROGRAF iPF8100

Daten:

- Technologie: Tintenstrahldruck
- Interne Festplatte: 80 GB
- Grundfarben: Mattschwarz, Schwarz, Photo-Zyan, Zyan, Photo-Magenta, Magenta, Gelb, Rot, Grün, Blau, Grau und Photo-Grau
- Tinten: lichtbeständige Pigmenttinten
- Farbauflösung: 2.400 x 1.200 dpi
- Bedruckbare Breite: 105 cm
- Düsen pro Druckkopf: 2.560 Düsen pro Farbe
- Papier: Rollen 111,8 cm breit und 18 m lang
- Bedruckbare Breite: 110,3 cm
- Druckgeschwindigkeit:
16 Minuten pro A0-Seite (in bester Qualität),
5 Minuten pro A0-Seite (im Schnellmodus)

Die interne Festplatte hat den Vorteil, dass mehrere Druckdateien komplett auf ihr gespeichert werden können und ein Druckauftrag für Mehrfachdruck nicht wieder eine neue Datenübertragung erfordert. Auch kann ein Druckauftrag, der wegen Papiermangel angehalten wurde, nach Wechseln der Papierrolle auf Tastendruck neu gestartet werden.

Canon imageRUNNER Advance C5030i

Seit Ende 2009 betreibt die GWDG einen Farblaserdrucker „Canon imageRUNNER Advance C5030i“, der den in die Jahre gekommenen Canon CLC 3200 ablöste. Der Drucker zeichnet sich durch ein hervorragendes Schriftbild sowie eine gute Graustufen-darstellung aus.

Daten:

- Technologie: Farblaser
- Auflösung: 600 dpi
- Papierformate: DIN A3 und DIN A4
- Druckgeschwindigkeit: 15 DIN-A4-Seiten pro Minute

Océ CS665 Pro

Seit Juli 2010 ist eine „Druckstraße“ vom Typ Océ CS665 Pro bei der GWDG im Einsatz. Neben dem ein- und doppelseitigen Druck in DIN A3 beherrscht die neue Druckstraße auch den Broschürendruck sowie die Leimbindung von Büchern im Format DIN A4 bis zu 150 Blatt. In der Druckgeschwindigkeit übertrifft die CS665 Pro ihr Vorgängermodell um mehr als das Doppelte: Sie beträgt jetzt maximal 65 DIN-A4-Seiten bzw. 36 DIN-A3-Seiten pro Minute.

Neu ist auch, dass der Broschürenfinisher (Booklet-maker) jetzt Dreifach-Falzung beherrscht. Damit entfällt beim Druck von Flyern das Falten per Hand oder mit einer separaten Falzmaschine.

Die CS665 Pro ist mit einem Scanner/Kopierer mit Einzelblatteinzug ausgestattet. Damit können bis zu 100 Blatt – auch doppelseitig – eingescannt oder kopiert werden.

Als Toner verwendet das Drucksystem einen „High-Definition-Polymer-Toner“, wodurch der Tonerverbrauch im Vergleich zu Druckern, die mit konventionellem Toner in Pulverform arbeiten, gesenkt wird. Auch benutzt die CS665 Pro kein Silikonöl zur Fixierung mehr, was Vorteile bei der Inline-Nachverarbeitung bringt.

Daten:

- Druckertyp: Vollfarb-Laserdrucker/-kopierer/-scanner
- Technologie: laserbasierende Elektrofotografie ohne Fixieröl
- Toner: Polymertoner in den Farben Zyan, Magenta, Gelb und Schwarz; während des Betriebs nachfüllbar
- Auflösung: 600 x 1.800 dpi, 256 Abstufungen je Farbe
- Arbeitsspeicher: 1 GB

- Druckgeschwindigkeit (Farbe und S/W): 65 Seiten/min (DIN A4), 36 Seiten/min (DIN A3)
- Papier während des Betriebs nachfüllbar
- Bedruckbarer Bereich: 318 x 480 mm
- Scannerauflösung: 600 x 600 dpi
- Maximalgeschwindigkeit beim Scannen (Farbe und S/W): 39 Blatt/min
- Maximalgeschwindigkeit beim Kopieren (Farbe und S/W): 65 DIN-A4-Seiten/min

Als Raster-Image-Prozessor (RIP) fungiert ein externer PC mit zwei Intel-CoreDuo-Mikroprozessoren, die mit 3,0 GHz getaktet sind. Die Hauptspeichergröße beträgt 1 GB.

Mit Hilfe eines Spektralfotometers kann die Farb- ausgabe der CS665 Pro kalibriert werden.

Diabelichtung

Die Diabelichtung im Rechenzentrum auf dem Filmrecorder Agfa PCR II wurde wegen zu geringer Nutzung zum 1. Juni 2006 eingestellt.

Für eventuelle weitere Benutzung wurde der Filmrecorder im Maschinenraum der GWDG weiter betriebsbereit gehalten; zum 1. September 2007 wurde die Diabelichtung endgültig eingestellt.

Externe Drucker

Aus dem Netz der GWDG ansprechbare Drucker und Plotter werden zunehmend auch an Standorten außerhalb des Rechenzentrums der GWDG angeboten.

Externe Drucker (Stand März 2008):

SUB (Lesesaal 1):

- S/W-Laserdrucker HP LJ8000DN

LRC im Neubau der SUB:

- S/W-Laserdrucker Kyocera FS9520DN (3 x)
- Farblaserdrucker Canon iRC3220
- Großformatdrucker HP DJ1050C

LRC im Altbau der SUB:

- S/W-Laserdrucker Kyocera FS3830N

Bereichsbibliothek Physik:

- S/W-Laserdrucker HP LJ 8000DN
- Farblaserdrucker Canon iRC3220
- Großformatdrucker HP DJ1055CM

Bereichsbibliothek Medizin:

- S/W-Laserdrucker HP LJ8000DN

Bibliothek Mittlere und Neuere Geschichte:

- S/W-Laserdrucker HP LJ5000DN

Bibliothek Klassische Philologie:

- S/W-Laserdrucker Kyocera FS3900DN

Bibliothek Geowissenschaften und Geografie:

- S/W-Laserdrucker Kyocera FS9100DN

Bibliothek Seminar für Englische Philologie:

- S/W-Laserdrucker Kyocera FS3900DN

Bibliothek WiSo im Oeconomicum:

- S/W-Laserdrucker HP LJ 8000DN

studIT – IT-Service für Studierende (ehemals Internet-Hotline):

- S/W-Laserdrucker HP LJ8000DN

- S/W-Laserdrucker HP LJ8150DN

Diese Drucker werden von der GWDG betreut und sind genauso nutzbar wie die im Rechenzentrum der GWDG aufgestellten Geräte.

7.5.13 Parallelrechner

Die GWDG beschafft und betreibt seit 1993 ein dem Technologiestand und den Finanzierungsmöglichkeiten ihrer beiden Gesellschafter angepassten Bestand an Hochleistungsrechnern. In der Abb. 86 ist der exponentielle Leistungszuwachs der von der GWDG betriebenen HPC¹-Systeme in der logarithmischen Darstellung als linearer Anstieg sichtbar.

1. HPC = High Performance Computing

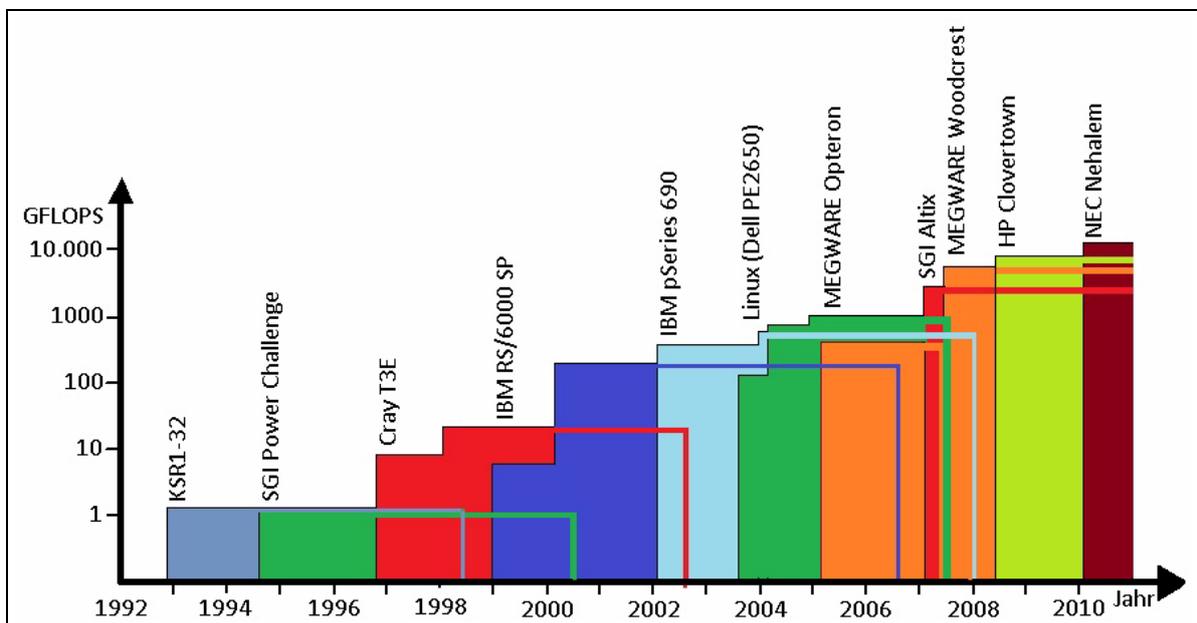


Abb. 86: Zeitliche Entwicklung der Gesamtleistung der bei der GWDG installierten HPC-Systeme

Wegen der rasanten technologischen Entwicklung steigert sich die Leistungsfähigkeit der Hochleistungsrechner bei konstantem Preis um einen Faktor 10 innerhalb von etwa vier Jahren, so dass die Betriebsdauer eines Hochleistungsrechners etwa fünf Jahre betragen sollte und in entsprechenden Zeitabständen Systeme der neuesten Technologie beschafft werden müssen.

IBM RS/6000 SP

Das 1998 beschaffte Parallelrechnersystem IBM RS/6000 SP kam nach einer umfangreichen Erweiterung im Jahr 2000 auf eine Maximalleistung von 336 GFLOPS. Seitdem wurden mehrere modernere und leistungsfähigere Multiprozessorsysteme beschafft. Da die Nutzung der RS/6000 SP schließlich stark zurückgegangen war und für neue

Systeme genügend Platz, Strom und Kühlleistung zur Verfügung stehen mussten, wurde die RS/6000 SP am 15. Juli 2006 abgeschaltet und abgebaut.

IBM pSeries 690

Die GWDG betrieb ab Anfang des Jahres 2002 drei Multiprozessorsysteme „eServer pSeries 690“ (auch „Regatta“ genannt) von IBM. Es handelte sich um symmetrische Shared-Memory-Multiprozessoren mit jeweils 32 Prozessoren vom Typ Power4 und 32 GB Hauptspeicher. Bei einer Taktrate von 1,1 GHz summierte sich die Spitzen-Rechenleistung aller 96 Prozessoren auf 422 GFLOPS. Die Kapazität des lokalen Massenspeichers betrug 216 GB. Die drei p690-Systeme „GWDK81“, „GWDK82“ und „GWDK83“ waren voll in das UNIX-Cluster der GWDG integriert.

Der Power4-Prozessor

Der Power4-Chip besaß zwei 64-Bit-Prozessoren, die jeweils einen 128 KB großen Befehls-Cache und einen 64 KB großen Daten-Cache als Level-1-Caches enthielten. Ebenfalls auf dem Chip waren drei Level-2-Cache-Module mit jeweils 480 KB.

Jeder Power4-Mikroprozessor hatte acht unabhängige Ausführungseinheiten, zwei davon waren Floating-Point-Einheiten, die jeweils eine Multiply-And-Add-Operation pro Takt-Zyklus durchführen konnten. Dies akkumulierte sich zu einer theoretischen Leistung von 4,4 GFLOPS. Hinzu kamen zwei Integer-Einheiten, zwei Load/Store-Einheiten und je eine Einheit für Verzweigungsoperationen und Bedingungsprüfung. Jeder Prozessor besaß 32 Universalregister und 32 Gleitkomma-Register.

Das Multichip-Modul

Jeweils vier Power4-Chips waren auf einem Multichip-Modul (MCM) vereinigt und über unidirektionale Chip-to-Chip-Datenpfade miteinander verbunden, die die Daten mit der Hälfte des Prozessortaktes mit einer Busbreite von 16 Bytes weitergaben. Jeder Chip griff über einen Datenbus auf einen

Level-3-Cache und je zwei auf ein dahinter liegendes Hauptspeicher-Modul mit einem Drittel des Prozessortaktes mit einer Busbreite von ebenfalls 16 Bytes zu.

Der MCM-Interconnect

Jeweils vier MCMs waren im IBM eServer p690 zu einem symmetrischen Multiprozessor mit insgesamt 32 Prozessoren zusammengefasst (siehe Abb. 87). Die Datenpfade zwischen den MCMs geben die Daten mit der Hälfte des Prozessortaktes mit einer Busbreite von 8 Bytes weiter.

Daten:

- Prozessor: Power4
- Anzahl Prozessoren: 32
- Taktfrequenz: 1.300 MHz
- Level-1-Cache: 32 KB
- Level-2-Cache: 1,41 MB
- Level-3-Cache: 512 MB
- Leistung: 5.200 GFLOPS/CPU

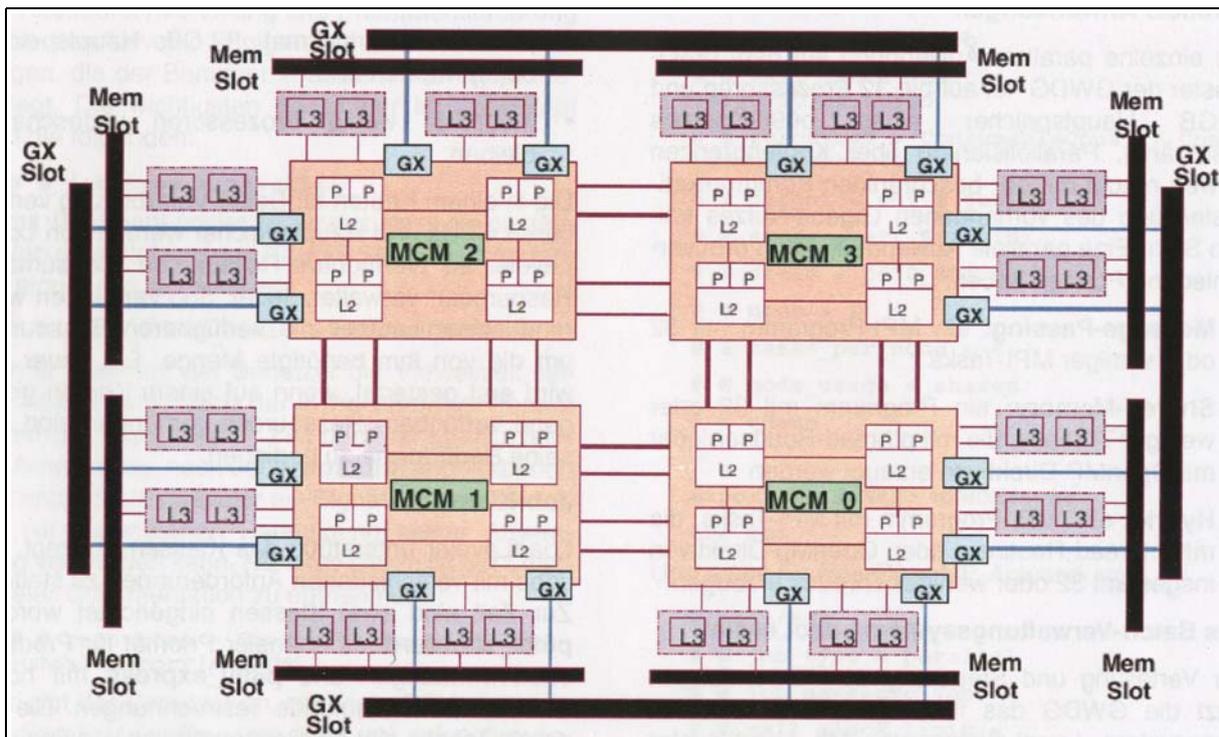


Abb. 87: Zusammenschaltung der vier MCMs mit 32 Prozessoren bei einer IBM p690

Als zunehmend Probleme mit großem Hauptspeicherbedarf zu rechnen waren, kam es vor, dass Prozessoren nicht genutzt werden konnten, weil sie ihren Anteil am Gesamtarbeitsspeicher verloren. So wurde am 10. Juli 2003 für das System pSeries960 mit dem Rechnernamen „GWDK81“ der Hauptspei-

cherausbau von 32 GB auf 64 GB verdoppelt. Auf der „GWDK81“ konnten nunmehr Anwendungen mit geringem Parallelisierungsgrad und hohen Speicheranforderungen bearbeitet werden, ohne die Gesamtnutzung der CPU-Ressourcen so stark zu beeinträchtigen, wie das vorher der Fall war.

Ende des Jahres 2003 wurde dieser Parallelrechner-Cluster um ein viertes Regatta-System erweitert, das den Namen „GWDK84“ bekam. Damit standen für shared-memory-parallele (SMP) Anwendungen insgesamt 128 Prozessoren mit einer Gesamtleistung von 0,65 TFLOPS und einem gesamten Hauptspeicher von 160 GB zur Verfügung.

Da nach der Inbetriebnahme der SGI Altix 4700 die Nutzung der Regatta-Systeme stark zurückging, wurden zum 1. Dezember 2007 die älteren drei Systeme „GWDK81“, „GWDK82“ und „GWDK83“ abgeschaltet, das neuere und leistungsfähigste pSeries690-System „GWDK84“ blieb weiterhin in Betrieb.

Der Ende 2003 installierte Shared-Memory-Parallelrechner IBM pSeries690 („GWDK84“) hatte bei einer Gesamtrechenleistung von 0,22 TFLOPS einen Stromverbrauch von 15 KW und war damit um den Faktor 6 weniger energieeffizient als das 2007 in Betrieb genommene System SGI Alti 4700, das 40 KW verbraucht, um eine Gesamtrechenleistung von 3,28 TFLOPS bereitzustellen. Aus diesem Grund wurde der letzte IBM-pSeries690-Rechner am 1. Februar 2009 außer Betrieb genommen. Damit wurde eine beträchtliche Einsparung an Energiekosten erreicht bei einer vergleichsweise kleinen Reduzierung der insgesamt bei der GWDG verfügbaren Rechenleistung.

Linux-Xeon-Cluster

„Die GWDG hatte im Sommer 2003 einen PC-Cluster der Firmen Dell und Scali, bestehend aus insgesamt 55 Einzelrechnern (54 Rechenknoten und einem Frontend-Rechner), beschafft und im September in Betrieb genommen.

Jeder dieser Rechner, ein Rack-Server vom Typ PowerEdge 2650 der Firma Dell, besitzt zwei Intel-Xeon-Prozessoren mit einer Taktrate von 3,06 GHz und einem 512 MB großen Second-Level-Cache. Der Hauptspeicher hat jeweils eine Größe von 4 GB und ist über den schnellen, mit 533 MHz getakteten Frontsidebus vom Typ Serverworks-Grand-Champion an die Prozessoren angebunden. Jeder Knoten besitzt ein schnelles 143 GB großes SCSI-Massenspeichermedium.

Der Cluster soll zur Deckung des steigenden Bedarfs an Parallelverarbeitungskapazität dienen. Er ist mit einem schnellen Kommunikationsnetz mit SCI (Scalable Interface) der Fa. Dolphin ausgestattet, das den Ansprüchen paralleler Anwendungen mit nicht zu hoher Kommunikationslast gerecht wird. Er soll die IBM-Multiprozessorsysteme pSeries690 entlasten, die dann in erster Linie

Anwendungen mit hoher Kommunikationslast bearbeiten können.“¹

Das Netzwerk war topologisch als zweidimensionaler Torus mit 6 x 9 Knoten aufgebaut. Die 54 Rechner waren in drei Schränken mit je 18 Einschüben angeordnet.

Für TCP/IP-Dienste war als weiteres Netzwerk eine Fast-Ethernet-Verkabelung vorgesehen, die die Rechner untereinander und über Gigabit-Uplinks mit dem Frontend sowie den Netzen der GWDG verband. Der Frontend-Rechner hatte dabei zwei Verbindungen: eine nach außen in das Netz der GWDG (dort mit Namen „GWDU102“), eine in die interne Vernetzung der Clusterknoten (dort mit Namen GWDL102). Die Cluster-Knoten ihrerseits waren über einen weiteren Gigabit-Uplink in das Netz der GWDG eingebunden, um auf diese Weise den direkten Zugriff auf das Benutzer-Filesystem zu erlauben.

Erste Erweiterung

Durch eine Beschaffung einer Forschungsgruppe des Max-Planck-Instituts für Aeronomie konnte der Linux-Cluster bei der GWDG Mitte Januar 2004 um 45 Knoten erweitert werden. Insgesamt standen danach 99 Dual-Pentium4-Knoten (3,06 GHz Taktrate) für rechenintensive, parallele Anwendungen zur Verfügung. Die maximale Leistung des Clusters betrug nun 745 GFLOPS.

Zweite Erweiterung

Im Dezember 2004 wurden dem System weitere 27 Knoten hinzugefügt, wiederum von derselben Forschungsgruppe des Max-Planck-Instituts für Sonnensystemforschung in Katlenburg-Lindau finanziert.

Das schnelle Kommunikationsnetz mit SCI-Karten von Dolphin in zweidimensionaler Torus-Topologie wurde ebenfalls erweitert, von 11 x 9 auf 14 x 9, so dass die neuen Rechner zusammen mit den alten ein homogenes System für parallele Anwendungen auf maximal 252 Prozessoren bildeten. Die Leistung des Linux-Clusters erhöhte sich damit von 745 GFLOPS auf 948 GFLOPS.

Im September 2008 wurde der Linux-Xeon-Cluster außer Betrieb genommen.

MEGWARE Opteron-Cluster

Im Februar 2005 wurde von der GWDG zur Erweiterung und Erneuerung ihrer Rechenressourcen für numerische Anwendungen ein Cluster aus AMD-Opteron-Systemen in Betrieb genommen. Dank der 64-Bit-Architektur dieser Rechner und ihrem großen

1. GWDG-Nachrichten 10/2003

Speicherausbau werden Anwendungen mit hohem Speicherbedarf unterstützt. Gleichzeitig erlaubt die Kompatibilität zur IA32-Architektur auch eine Nutzung für alle Anwendungen, die bisher auf dem PC-Cluster (Linux-Cluster) der GWDG liefen.

Für sequentielle und SMP¹-parallele Anwendungen stehen acht Server mit je vier Prozessoren und 32 GB Hauptspeicher bereit, die die Aufgaben der alten Batchrechner vom Typ DECalpha übernehmen. Die acht Quad-Opteron-Systeme („GWDO201“ bis „GWDO208“) bilden den „Quad-Cluster“. Sie sind durch Gigabit Ethernet miteinander verbunden.

Für parallele MPI²-Anwendungen sind 32 Server mit je zwei Prozessoren und 16 GB Hauptspeicher mit einem schnellen InfiniBand³-Kommunikationsnetz verbunden. Dieses Parallelrechnersystem ist somit besonders für Anwendungen mit hohem Speicherbedarf und mittlerer Kommunikationslast geeignet. Die 32 Dual-Opteron-Systeme („GWDO001“ bis „GWDO032“) bilden den Dual-Cluster, der zu den Gigabit-Ethernet-Verbindungen jedes Rechners zusätzlich durch das schnelle InfiniBand-Netzwerk eine hohe Kommunikationsleistung erhält.

-
1. SMP = Symmetric Multiprocessing
 2. MPI = Message Passing Interface
 3. InfiniBand ist eine skalierbare Verbindungstechnik zwischen schnellen Prozessoren untereinander und zu deren Speichersystemen.

Der Einwahl- und Entwicklungsrechner ist die „GWDU105“, ebenfalls ein Dual-Opteron-System.

Zur Kühlung dieser Rechnersysteme verwendet die GWDG (seinerzeit) erstmals wassergekühlte Einbauschränke, die die von den eingebauten Komponenten erzeugte Wärme über den Kaltwasserkreislauf des Maschinensaals abführen. Wenn diese Kühltechnik in Zukunft weiter angewendet wird, lassen sich höhere Leistungszuwächse im Maschinensaal der GWDG realisieren, als dies mit konventioneller Luftkühlung möglich wäre.

Dual-Opteron „AMD Model 248“

Die 32 Knoten des 64-Bit-Parallel-Clusters sind vom Typ AMD Model 248 und sind zusätzlich mit einem schnellen InfiniBand-Kommunikationsnetz untereinander verbunden.

Daten:

- Prozessor: AMD Opteron
- Anzahl Prozessoren: 2
- Wortlänge: 64 Bits
- Taktfrequenz: 2,2 GHz
- Befehls-cache: 64 KB
- Datencache: 64 KB
- Level-2-Cache (on-chip): 1 MB
- Arbeitsspeicher: 16 GB
- Leistung: 4,4 GFLOPS/CPU

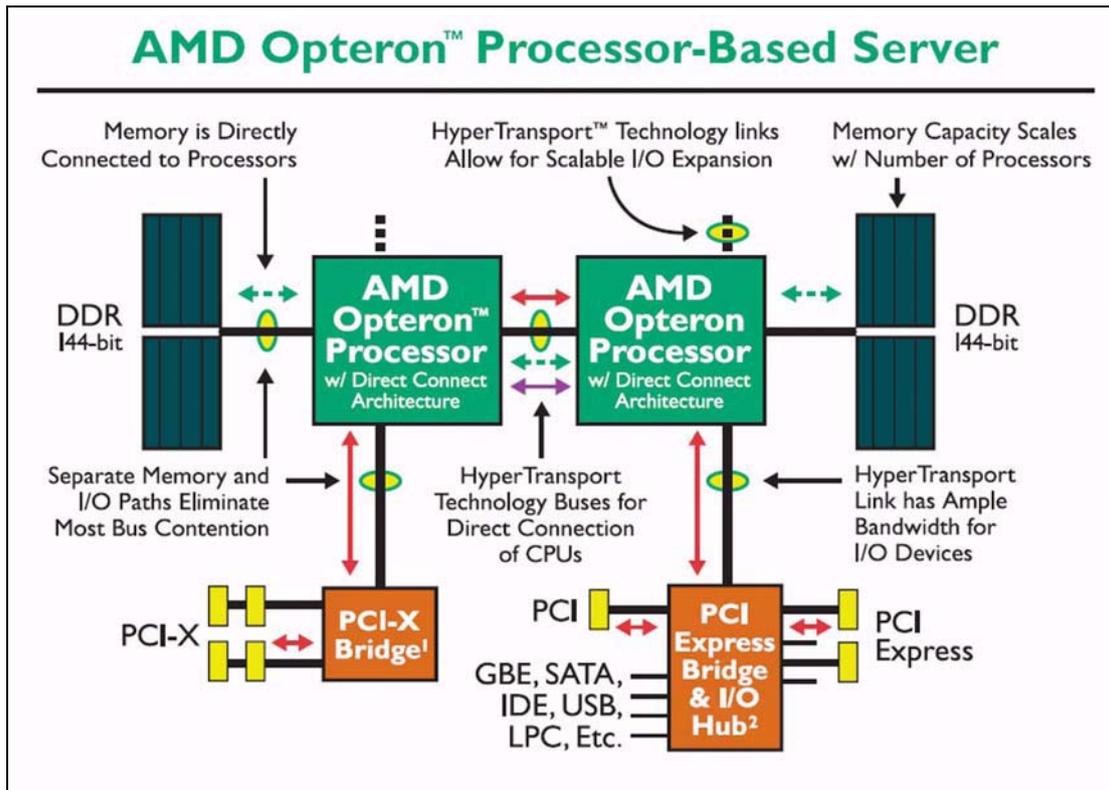


Abb. 88: AMD Model 248 „Dual Opteron“ (© Copyright 2005 AMD)

Quad-Opteron „AMD Model 850“

Die acht Knoten des 64-Bit-Seriell-Clusters sind vom Typ AMD Model 850.

Daten:

- Prozessor: AMD Opteron
- Anzahl Prozessoren: 4
- Wortlänge: 64 Bits
- Taktfrequenz: 2,4 GHz
- Befehls-cache: 64 KB
- Daten-cache: 64 KB
- Level-2-Cache (on-chip): 1 MB
- Arbeitsspeicher: 32 GB
- Leistung: 4,8 GFLOPS/CPU

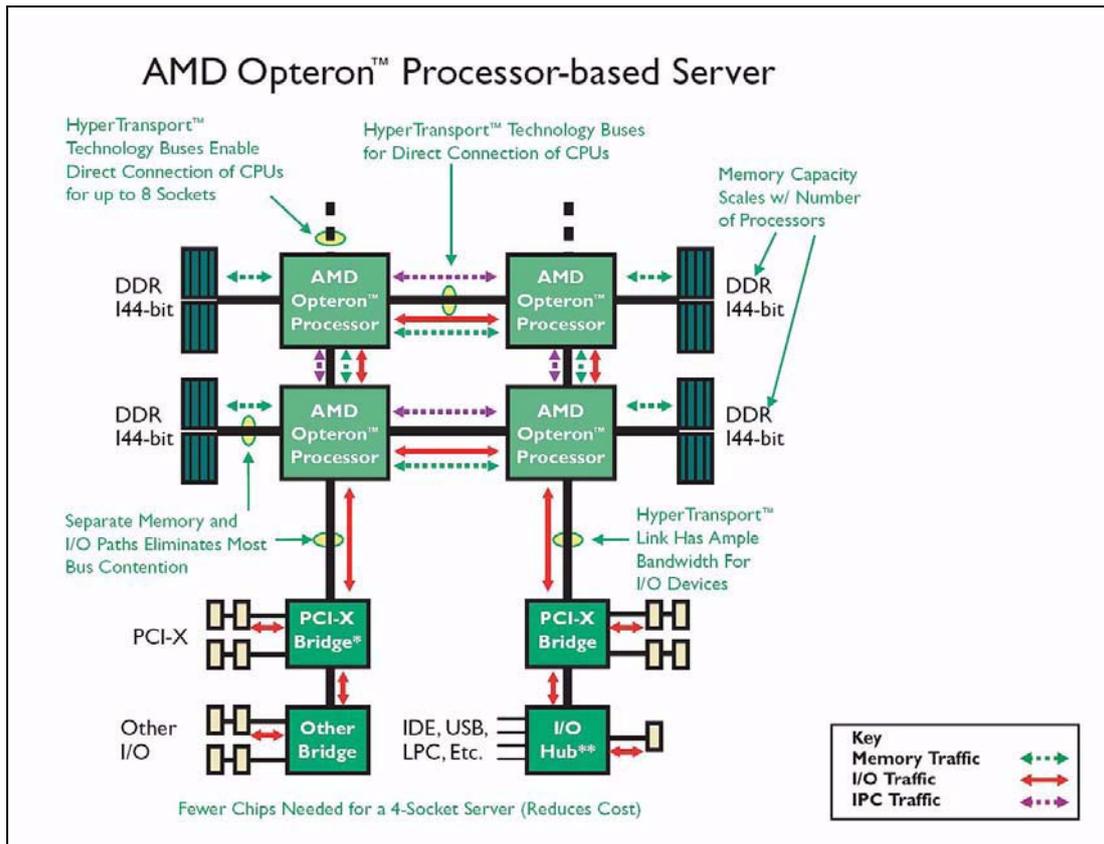


Abb. 89: AMD Model 850 „Quad Opteron“ (© Copyright 2005 AMD)

Bei beiden Systemen hat jeder Prozessor seinen eigenen Zugang zu seinem Speicherbereich, wodurch sich die Speicherzugangsbandbreite mit der Zahl der Prozessoren nicht verringert. Die Multiprozessorsysteme haben einen gemeinsamen Speicher mit globalem Adressraum, der Zugangsweg und damit die Zugangslatenz zu den Daten hängt jedoch von der relativen Lage des Prozessors zum angesprochenen Speicherbereich ab: Es handelt sich um eine NUMA¹-Architektur. Die Systeme werden mit dem Betriebssystem Linux betrieben.

Parallelrechner-Neubeschaffung 2006

Nach der Erstellung eines Beschaffungskonzeptes im Frühjahr 2006 erfolgte im Sommer 2006 eine europaweite Ausschreibung für ein HPC-System, bestehend aus einer „Shared-Memory“-Komponente mit mindestens 64 Prozessorkernen pro Systemknoten und einer Cluster-Komponente mit einem leistungsfähigen Kommunikationsnetz. Es gingen Angebote von insgesamt acht Herstellern ein, sechs für die Cluster-Komponente und drei für die Shared-Memory-Komponente. Das Hauptkriterium für die Auswahl war die für das feststehende

1. NUMA = Non Uniform Memory Access

Investitionsvolumen angebotene Leistung, die durch vorgegebene Benchmarks ermittelt wurde. Auf der Basis dieser Leistungsvergleiche war das Angebot der Firma SGI für die Shared-Memory-Komponente das günstigste, für die Cluster-Komponente lag die Firma MEGWARE vorn.

SGI Altix 4700

Die Lieferung des SGI-Systems Altix 4700 erfolgte Anfang Dezember 2006, Mitte Januar 2007 wurde der reguläre Benutzerbetrieb aufgenommen.

Die SGI Altix ist ein Parallelrechnersystem, in dem Einzelknoten („Blades“ genannt) über ein schnelles Kommunikationsnetzwerk miteinander verbunden sind. Die Gesamtheit der lokalen Speicher aller Knoten sind als gemeinsamer Speicher nutzbar. Die gemeinsame Sicht auf die verteilten Speicher wird durch Cache-Coherence-Mechanismen gewährleistet. Die Altix gehört damit zur Klasse der ccNUMA²-Multiprozessoren, wobei NUMA darauf verweist, dass die Zugriffszeiten auf Daten im gemeinsamen Speicher von ihrem physikalischen

2. ccNUMA = cache-coherent Non Uniform Memory Access

Speicherort, im lokalen oder in entfernten Knoten, abhängen.



Abb. 90: Parallelrechner SGI Altix

Das Altix-System der GWDG besteht aus 128 „Density Compute Blades“ mit je zwei Dual-Core-Itanium2-Prozessoren, so dass insgesamt 512 Kerne die Rechenleistung von maximal 3,28 TFLOPS¹ liefern. Die verwendeten „Montecito“ Dual-Core-Prozessoren gehören zur vierten Generation der Intel-Itanium2-Prozessorlinie.

Daten:

- Prozessor: Intel Itanium2 (Dual Core)
- Anzahl Prozessoren: 256
- Wortlänge: 64 Bits
- Taktfrequenz: 1,6 GHz
- Befehls-Cache: 16 KB pro Kern
- Daten-Cache: 16 KB pro Kern
- Level-2-Befehls-Cache: 1 MB pro Kern
- Level-2-Daten-Cache: 256 KB pro Kern
- Level-3-Cache (on-chip): 12 MB pro Kern

1. TFLOPS = Tera Floating Point Operations per Second = Billionen Gleitkommaoperationen pro Sekunde

- Arbeitsspeicher: 8 bis 24 GB pro Blade (DDR² DIMM³)
- Hauptspeicher (gesamt): 1.472 GB
- Frontside-Bus: 533 MHz, 8,5 GB/s
- Leistung (max., gesamt): 3,28 TFLOPS

Der gesamte Hauptspeicher von 1.472 GB ist inhomogen verteilt: 8 Blades mit 24 GB, 80 Blades mit 12 GB und 40 Blades mit 8 GB. Über die zentralen Fileserver der GWDG sind die Benutzerverzeichnisse für permanente und temporäre Daten angebunden. Im Verzeichnis „Scratch“ steht ein lokaler Plattenspeicher der Größe 3,6 TB bereit.

Das Verbindungsnetz „NUMalink4“ besteht aus Routern mit je acht Ports, die gegebenenfalls kaskadiert über Kabel alle Blades miteinander verbinden. Über jeden dieser Ports können gleichzeitig 3,2 GByte/s Daten in beide Richtungen fließen, die Latenzzeit für jeden Router beträgt 50 ns.

MEGWARE Woodcrest-Cluster

Der Name „Woodcrest-Cluster“ leitet sich von dem Namen ab, der von Intel für die im Jahr 2007 neuen Dual-Core-Xeon-Prozessoren mit 64-Bit-Unterstützung verwendet wird. Der Woodcrest-Cluster enthält insgesamt 151 Rechenknoten (mit den Namen „GWDM001“ bis „GWDM151“) und einen Zugangsserver („GWDU104“) mit je zwei Dual-Core-Prozessoren, 8 GB Hauptspeicher und 400 GB Plattenspeicher. Mit einer Gesamtleistung der insgesamt 604 Rechenkerne von 7,25 TFLOPS, einem verteilten Hauptspeicher von 1,2 TB und einem lokalen Plattenspeicher war der Woodcrest-Cluster das leistungsstärkste Rechnersystem der GWDG im April 2007.



Abb. 91: MEGWARE Woodcrest-Cluster

Das Multi-Computer-System von MEGWARE ist auf parallele Anwendungen mit geringerem Kommunikationsbedarf zugeschnitten. In ihm sind 150 Ein-

2. DDR = Double Data Rate
3. DIMM = Dual Inline Memory Module

zelknoten mit je vier Xeon-Prozessorkernen, 8 GB Hauptspeicher und 400 GB Plattenspeicher über ein schnelles InfiniBand-Kommunikationsnetz und das Gigabit Ethernet verbunden.

MEGWARE Woodcrest-Knoten

Der MEGWARE Woodcrest-Knoten verwendet das Tyan i5000PX Board mit dem neuen Intel-Chipsatz 5000P, der aus Memory Controller Hub und I/O Controller Hub besteht. Die beiden Dual-Kern-Prozessoren Intel Xeon 5160 sind mit einem Frontside-Bus angebunden, der einen Bustakt von 1.333 MHz und eine Bandbreite von 10,7 GByte/s hat. Die Verbindung mit dem Speicher (acht 1-GB-DDR2-Module) ist über vier parallele Kanäle realisiert, die bei einem Takt von 667 MHz eine Gesamtschreibrate von 21 GByte/s und eine Gesamtleserate von 10,7 GByte/s ermöglichen.



Abb. 92: Blick auf einige Woodcrest-Blades

Prozessor Intel Xeon 5160

Der Mikroprozessor Intel Xeon 5160 weist zwei Kerne auf, die je einen Befehls- und einen Daten-Cache von je 16 KB besitzen. Gemeinsam ist ein 4 MB großer Level-2-Cache. Die Taktrate beträgt 3 GHz.

HP Clovertown-Cluster

Das Grid-Ressourcen-Zentrum Göttingen „Goe-Grid“ wurde am 13. Mai 2008 in der GWDG in Betrieb genommen. Hier sollen die umfangreichen Rechen- und Speicherressourcen der in Göttingen ansässigen „Grid-Communities“ HEP-Grid, Instant-Grid, MediGrid, Services@MediGrid, OptiNum¹-Grid und Text-Grid gebündelt werden. Darüber hinaus ist das Göttinger Grid-Zentrum „Tier-2“-Knoten für das weltweite LHC²-Projekt am CERN, dem europäischen Labor für Teilchenphysik in Genf.

Die technische Ausstattung des Grid-Ressourcen-Zentrums Göttingen umfasst einen Hochleistungs-

Rechencluster mit über 800 Rechenkernen, einen Massenspeicherbereich mit 180 TB Kapazität und Archivspeicherkapazität von 30 TB. Dabei handelt es sich um ein System von HP mit 78 HP ProLiant-Blade-Servern mit je zwei Intel-Quad-Core-Xeon-Prozessoren (Name: „Clovertown“), die mit 2,66 GHz getaktet sind. Jedes Blade (Prozessoreinschub) besitzt einen Hauptspeicher von 16 GB.



Abb. 93: Blick auf einige HP ProLiant-Blades

In den drei wassergekühlten Schränken des Rechenclusters von HP sind mehr als 100 TB Massenspeicher zur Aufnahme der im Rahmen der LHC -Experimente gewonnenen und durch Simulation erzeugten Daten untergebracht. Weiterer Speicherplatz von 80 TB wurde in einem EMC-System der Firma Dell bereitgestellt und in das virtuelle Storage Area Network integriert. Schließlich wurde für den Archivspeicher die Bandbibliothek der GWDG um 30 TB Speicherkapazität erweitert.



Abb. 94: 1-TB-Magnetplatten des HP-Rechenclusters

Zum Grid-Ressourcen-Zentrum Göttingen gehört auch ein Rechencluster des Instituts für Theoreti-

1. OptiNum = Optimierung technischer Systeme und naturwissenschaftlicher Modelle mit Hilfe numerischer Simulationen im Grid
2. LHC = Large Hadron Collider

sche Physik, der aus Erstausrüstungsmitteln der Physik finanziert wurde. Der Cluster besteht aus 30 ProLiant-1U-Servern von HP, jeweils mit zwei Quad-Core-Prozessoren und 16 GB Hauptspeicher ausgestattet. Insgesamt leistet das Clovertown-Cluster 9,5 TFLOPS.

NEC Nehalem-Cluster

Wegen des steigenden Bedarfs nach Rechenleistung für numerische Simulationen und der Außerbetriebnahme von veralteten Parallelrechnern mit vergleichsweise geringer Leistung, aber hohem Stromverbrauch wurde ein modernes leistungsfähiges System beschafft. Unter den zur Auswahl stehenden Clustersystemen mit Hochgeschwindigkeitskommunikationsnetz war das Angebot von NEC nicht dasjenige mit der höchsten Rechenleistung, sondern das unter Berücksichtigung des Energieverbrauchs wirtschaftlichste. Das System wurde gemeinsam mit dem MPI für Sonnensystemforschung und dem Institut für Geophysik der Universität Göttingen beschafft.

Der Parallelrechner NEC Nehalem-Cluster wurde im Januar 2010 geliefert und ging nach dem erfolgreichen Durchlaufen eines vierwöchigen Probebetriebs Mitte März 2010 in den normalen Benutzerbetrieb.

„Nehalem“ ist der Name, den Intel für seine neuen Quad-Core-Xeon-Prozessoren mit 64-Bit-Unterstützung verwendet, die in den Rechenknoten zum Einsatz kommen.

Der Nehalem-Cluster enthält insgesamt 188 Rechenknoten (Namen: „GWDN001“ bis „GWDN188“) mit je zwei Quad-Core-Prozessoren, 36 GB Hauptspeicher und 1 TB Plattenspeicher, von denen 900 GB für den lokalen Scratch-Bereich zur Verfügung stehen. Der Zugangsrechner, die „GWDU203“ (mit dem internen Namen „GWDN203“), hat ebenfalls zwei Quad-Core-Prozessoren, aber 48 GByte Hauptspeicher und 1 TB Plattenspeicher, von denen 900 GB für einen Work-Bereich zur Verfügung stehen, der per NFS¹ im gesamten Cluster gemountet ist.



Abb. 95: NEC Nehalem-Cluster

Die Rechenknoten sind durch ein leistungsfähiges InfiniBand-Kommunikationsnetz und ein Gigabit-Ethernet sowie ein Service-Fast-Ethernet miteinander verbunden.

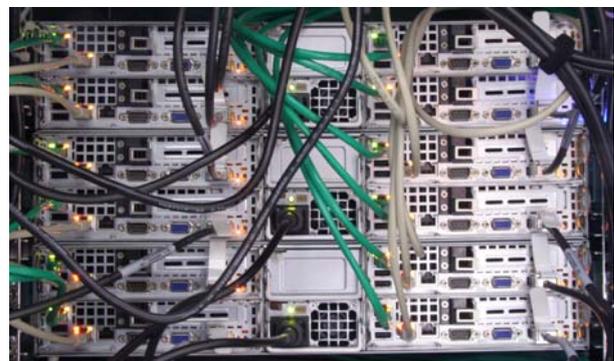


Abb. 96: Blick auf zwölf der Nehalem-Knoten und die Verkabelung für InfiniBand (schwarz), Gigabit-Ethernet (grau), Service-Netz (grün)

Der Prozessor

Auf dem Prozessorchip des Intel Xeon E5540 aus der Prozessorserie mit der Bezeichnung Nehalem sind vier mit 2,53 GHz getaktete Prozessorkerne untergebracht. Die Architektur jedes Kerns ist durch eine 14-stufige Befehlspipeline gekennzeichnet, die von Instruktionen und Daten aus dem Level-2-Cache versorgt wird. Sie kann bis zu vier Befehle pro Takt starten und auf die zehn Verarbeitungseinheiten – drei für Integer-Operationen, drei für SSE²-

1. NFS = Network File System

2. SSE = Streaming SIMD Extensions

Operationen, zwei für Fließkommaoperationen und je eine für Lade- und Speicheroperationen – verteilen.

Von besonderer Bedeutung für die Rechengeschwindigkeit bei wissenschaftlichen Anwendungen sind die SSE-Verarbeitungseinheiten, die mit ihrer Datenbreite von 128 Bit gleichzeitig zwei Gleitkomma-Operationen mit 64-Bit-Operanden bearbeiten können und pro Takt zwei Ergebnisse liefern. Man erhält eine theoretische Spitzenleistung eines Kerns von 10,12 GFLOPS.

Der Rechenknoten

Die Kommunikation zwischen den beiden Quad-Core-Prozessoren läuft über den mit 6,4 GHz getakteten „QuickPath“ mit einer Datenrate von 51,2 GByte/s. Die Verbindung mit dem Speicher ist über drei 64 Bit breite Kanäle realisiert, die bei den verwendeten DDR3-Speichermodulen (1,066 MHz) eine Gesamtdatenrate von 26,6 GByte/s ermöglichen. Der Anschluss an das InfiniBand-Netzwerk

erfolgt mit einer theoretischen Bandbreite von 20 GByte/s.

7.5.14 Ausblick

Was schon bei den letzten Rechnerbeschaffungen der GWDG berücksichtigt wurde, wird in Zukunft immer stärker beachtet werden müssen: Der Energieverbrauch im Verhältnis zur erzeugten Rechenleistung muss weiter gesenkt werden! Die GWDG ist hier u. a. mit dem zunehmenden Einsatz wassergekühlter Schränke auf einem guten Weg.

Weiterhin viel Energie aufwenden werden auf jeden Fall die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der GWDG, denn es macht sehr viel Freude, den Anwenderinnen und Anwendern der Max-Planck-Gesellschaft und der Universität Göttingen stets die neuesten, besten und leistungsfähigsten Hilfsmittel der Informations- und Rechentechnologie anbieten zu können und bei den immer wieder höchst interessanten Herausforderungen mitwirken zu dürfen.

8. Zeittafel zur Geschichte der GWDG

07.02.1969	Antrag der Universität Göttingen und der Max-Planck-Gesellschaft an die Deutsche Forschungsgemeinschaft auf Bewilligung eines Zuschusses für eine Großrechenanlage
29.04.1970	Gründungsversammlung der GWDG
18.01.1971	Beginn des Normalbetriebes auf der UNIVAC 1108
Mitte 1971	Beginn des Dialogbetriebes mit drei Bildschirmen
01.01.1974	Rechnerverbund mit dem Regionalen Rechenzentrum für Niedersachsen in Hannover und dem Rechenzentrum der TU Braunschweig
Mitte 1975	Dialogbetrieb mit 45 Bildschirmen
13.04.1975	Prof. Dr. Bruno Brosowski scheidet als wissenschaftlicher Geschäftsführer aus
23.02.1976	Prof. Dr. Dieter Wall wird wissenschaftlicher Geschäftsführer
Mitte 1976	Gründung der Prozessrechnerkommission des Beirats zur Begutachtung von Rechnerbeschaffungen in den Instituten
24.10.1977	Dialogbetrieb und Identifikationsprüfung für alle Benutzer über einen Front-End-Rechner UNIVAC 418/III
01.01.1978	Einführung der Kontingentierung von Rechenleistung
Januar 1978	Erste Ausgabe der GWDG-Nachrichten
März 1979	Installation der ersten Prozessrechneranschlüsse
14.09.1979	Ablösung der UNIVAC 1108 durch ein Doppelprozessorsystem und Beginn des Normalbetriebes auf der UNIVAC 1100/80
Ende 1980	Erweiterung der grafischen Ausgabemöglichkeiten durch Anschluss von sechs grafischen Bildschirmgeräten und Inbetriebnahme von zwei Vierfarb-Plottern
10.07.1981	Inbetriebnahme einer Rechenanlage VAX 11/780 mit angeschlossenem Farbgrafiksystem für interaktive grafische Anwendungen
14.11.1981	Vergrößerung der Rechnerleistung durch Inbetriebnahme des dritten Rechenprozessors, des zweiten Ein-/Ausgabeprozessors und durch Erweiterung des Massenspeichers
01.05.1982	Dialogbetrieb auch während des unbedienten Betriebs
01.01.1983	Einrichtung der Arbeitsgruppe „Nichtnumerische Datenverarbeitung“
Februar 1983	Dialogbetrieb über neuen Frontend-Rechner UNIVAC DCP/40
Mitte 1983	Erstes lokales Netz bei der GWDG
31.10.1983	Erweiterung des Massenspeichers durch Inbetriebnahme eines Plattenspeichers mit Pufferspeicher auf 1.257 Mio. Wörter
Anfang 1984	Erster Einsatz des Textverarbeitungssystems TeX
20.06.1984	Aufnahme des Rechnerverbundes zur CRAY-1M des Konrad-Zuse-Zentrums für Informationstechnik in Berlin
15.10.1984	Inbetriebnahme eines Mikrofilm-Gerätes Benson 343

21.12.1984	Vergrößerung der Rechnerleistung durch Aufnahme des Batch-Betriebes auf einer angekoppelten SPERRY 1100/83
31.12.1984	Dr. Kurt Pfuhl scheidet als administrativer Geschäftsführer aus
Februar 1985	Einsatz des ersten Laserdruckers
Februar 1985	Anschluss an EARN und BITNET über das Rechenzentrum der TU Braunschweig
August 1995	Versenden und Empfangen der ersten E-Mails
23.10.1985	Erweiterung des Massenspeichers um 29 % auf insgesamt 1.609 Mio. Wörter
25.02.1986	Anschluss an das Datex-P-Netz der Deutschen Bundespost
05.10.1986	Abbau der SPERRY 1100/83
06.11.1986	Aufnahme des Benutzerbetriebes auf einer VAX 8600
Mitte 1987	Einrichtung einer Verbindung zum deutschen Wissenschaftsnetz WiN und damit auch zum Internet
24.10.1987	Ablösung des Rechners UNIVAC 1100/82 durch eine IBM 3090-200E mit einer Vektoreinrichtung
02.11.1987	Aufrüstung der VAX 8600 zu einer VAX 8650
19.11.1987	Beginn des uneingeschränkten Benutzerbetriebes auf der IBM 3090-200E
14.04.1988	Dialogverbindung zum WISO-Rechenzentrum
Mitte 1988	Dialogbetrieb mit mehr als 200 Bildschirmen
29.06.1988	Letzter Tag des Benutzerbetriebes auf der SPERRY 1100/82
22.10.1988	Installation des dritten Prozessors und einer zweiten Vektoreinrichtung für die IBM 3090
15.12.1988	Einweihung der vollständigen Rechenanlage IBM 3090 mit dem Niedersächsischen Minister für Wissenschaft und Kunst Dr. Johann-Tönjes Cassens und dem MPG-Präsidenten Prof. Dr. Dr. Heinz A. Staab
21.08.1989	Antrag an die DFG auf einen Parallelrechner der Firma SUPRENUM
Ende 1989	Einsetzung der Planungsgruppe des universitätsweiten Übertragungsnetzes GÖNET
21.02.1991	Lieferung einer VAX 9000-210 mit einer Vektoreinrichtung
15.05.1991	Antrag an die DFG auf einen Parallelrechner der Firma Kendall Square Research (KSR)
Mitte 1991	Beginn der Arbeiten zur ersten Phase GÖNET
Januar 1992	Beginn des Betriebes auf den ersten für Benutzer zugänglichen Workstations der GWDG, einer DECstation 5000 und einer IBM RS6000, unter den UNIX-Betriebssystemen Ultrix bzw. AIX
Juni 1992	Erster Einsatz eines USENET-News-Servers auf einer DECstation 5000
August 1992	Erster Einsatz des Informations-Servers Internet-Gopher auf einer DECstation 5000
16.11.1992	Lieferung eines Parallelrechners Kendall Square Research KSR1 mit 32 Prozessoren
September 1992	Erste Auflage der Sonderausgabe der GWDG-Nachrichten über „Das Workstation-Cluster der GWDG“

01.10.1992	Beginn der Abrechnung der Nutzung des Workstation-Clusters
März 1993	Inbetriebnahme des GÖNET-Backbones
September 1993	Erweiterung des Workstation-Clusters auf insgesamt 15 Workstations der Firma Digital, darunter zwölf DECalpha-Systeme, sowie fünf Workstations der Firma IBM und zwei Workstations der Firma SUN
Oktober 1993	Veröffentlichung des von der GWDG erarbeiteten „Konzepts zur Versorgung der wissenschaftlichen Institute Göttingens mit Datenverarbeitungskapazität“, basierend auf den Empfehlungen der Kommission für Rechenanlagen der DFG
November 1993	Veröffentlichung des Leistungsangebots der GWDG „Rechner, Netze, Spezialisten“, in dem die GWDG sich als Kompetenzzentrum darstellt.
November 1993	Abschluss des Microsoft-Select-Vertrages, durch den alle Hochschulen Niedersachsens und alle Max-Planck-Institute kostengünstig Microsoft-Anwendungssoftware über die GWDG beziehen können
18./19.11.1993	10. DV-Treffen der Max-Planck-Institute, erstmalig in Göttingen, danach jährlich, bis auf wenige Ausnahmen, in Göttingen
01.01.1994	Beginn der Kontingentierung auch von personellen Diensten
09.03.1994	Abschaltung der IBM 3090-300E
März 1994	Beginn des Betriebs eines Satzbelichters Linotronic 330 der Firma Linotype-Hell
Mai 1994	Erster Einsatz eines WWW-Servers
03.07.1994	2-Mbit-Zugang zum deutschen Wissenschaftsnetz WiN
Ende 1994	Ende der Arbeiten zur zweiten Phase des GÖNET
Januar 1995	Lieferung des Parallelrechners SGI PowerChallenge und Beginn des Benutzerbetriebes
September 1995	Die GWDG erhält ein Logo, das bei allen zukünftigen Kontakten nach außen verwendet wird.
29.11.1995	25-Jahr-Feier mit Festversammlung und -kolloquium mit der Niedersächsischen Ministerin für Wissenschaft und Kultur Helga Schuchardt, dem MPG-Vizepräsidenten Prof. Dr. Herbert Walther und dem Universitäts-Präsidenten Prof. Dr. Hans-Ludwig Schreiber
30.11./01.12.1995	11. GI-Fachtagung über Rechenzentren „Organisation und Betrieb von DV-Versorgungssystemen“
Februar 1996	Erste ISDN-Anschlüsse als Wählzugang zum Netz der GWDG
02.05.1996	34-Mbit-Zugang zum Wissenschaftsnetz WiN
20.05.1996	Beginn der ersten Phase eines Kostenrechnungssystems
01.08.1996	Stilllegung der VAX 9000
06.09.1996	Tag der offenen Tür
15.11.1996	Inbetriebnahme des Parallelrechners Cray T3E
31.07.1997	Prof. Dr. Dieter Wall scheidet als Geschäftsführer aus; Nachfolger wird Prof. Dr. Gerhard Schneider
19.11.1997	Wissenschaftliches Kolloquium „Die Organisation des verteilten DV-Versorgungssystems“ anlässlich der Verabschiedung von Prof. Dr. Dieter Wall als Geschäftsführer

09.01.1998	Erweiterung des Parallelrechners Cray T3E um 20 Prozessoren auf 40 und Speicher- ausbau auf 10 GByte
12.05.1998	Eröffnung des 622-Mbit-ATM-Backbones durch den Niedersächsischen Minister für Wissenschaft und Kultur Thomas Oppermann
30.06.1998	Abschaltung der KSR1
23.11.1998	Prof. Dr. Dieter Wall wird das Verdienstkreuz 1. Klasse des Verdienstordens der Bun- desrepublik Deutschland durch den Niedersächsischen Minister für Wissenschaft und Kultur Thomas Oppermann verliehen
19.03.1999	Erhöhung des B-WiN-Knotens bei der GWDG auf 155 Mbit im Rahmen der Inbetrieb- nahme des Landeswissenschaftsnetzes Nord (LWN)
28.06.1999	Inbetriebnahme des gemeinsamen Datennetzes der Universität Göttingen, der Stadt Göttingen, der Göttinger Max-Planck-Institute und der GWDG
13.01.2000	Inbetriebnahme der ersten „Druckstraße“ von Xerox
10.02.2000	Einweihung des neuen Parallelrechnersystems IBM RS/6000 SP mit 144 Prozessoren durch den Niedersächsischen Minister für Wissenschaft und Kultur Thomas Opperr- mann
20.04.2000	Inbetriebnahme des ersten Funk-LAN-Teilbereiches
30.04.2000	Abschaltung der SGI PowerChallenge
04.10.2000	Neuer Webauftritt und neues Logo
Januar 2001	Erweiterung des Parallelrechnersystems IBM RS/6000 SP um 64 Prozessoren
16.02.2001	Offizielle Inbetriebnahme des Göttinger Funk-LANs „GoeMobile“ durch den Nieder- sächsischen Minister für Wissenschaft und Kultur Thomas Oppermann
31.12.2001	Prof. Dr. Gerhard Schneider scheidet als Geschäftsführer aus; Nachfolger wird Prof. Dr. Hartmut Koke
Januar 2002	Inbetriebnahme des IBM-p690-Clusters mit 96 Prozessoren
31.03.2002	Abschaltung der Cray T3E
August 2002	Start des Projektes „GÖ* – Integriertes Informationsmanagement am Wissenschafts- standort Göttingen“
28.01.2003	Inbetriebnahme eines verteilten Bandrobotersystems für Backup und Archivierung
30.06.2003	Prof. Dr. Hartmut Koke scheidet als Geschäftsführer aus; Nachfolger wird Prof. Dr. Bernhard Neumair
Oktober 2003	Inbetriebnahme des Dell-Linux-Clusters mit 108 Prozessoren
Januar 2004	Erweiterung des Dell-Linux-Clusters um 90 Prozessoren
Februar 2004	Inbetriebnahme eines vierten Systems IBM pSeries690 mit 32 Prozessoren
04.03.2004	Umstellung des G-WiN-Anschlusses auf 622 Mbit
01.12.2004	Einführung einer neuen Organisationsstruktur
Dezember 2004	Erweiterung des Dell-Linux-Clusters um 54 Prozessoren
Februar 2005	Inbetriebnahme eines 64-Bit-AMD-Opteron-Clusters in wassergekühlten Schränken
05.04.2005	Eröffnung des Learning Resources Center (LRC) in der SUB

September 2005	Inbetriebnahme des ersten Microsoft Exchange Servers
01.10.2005	Abschaltung des letzten VMS-Systems bei der GWDG
13.10.2005	Übertragung der Gesellschaftsanteile des Landes Niedersachsen auf die Georg-August-Universität Göttingen – Stiftung Öffentlichen Rechts
Dezember 2005	Beginn des Aufbaus einer Infrastruktur zur Servervirtualisierung
Januar 2006	Inbetriebnahme einer neuen „Druckstraße“ von Océ
15.07.2006	Abschaltung der IBM RS/6000 SP
25.-27.09.2006	ZKI-Herbsttagung bei der GWDG
März 2007	Umstellung des X-WiN-Anschlusses auf 2 Gbit
30.03.2007	Einweihung der beiden Hochleistungs-Parallelrechnersysteme SGI Altix 4700 mit 512 Prozessorkernen und Woodcrest-Cluster von MEGWARE mit 600 Prozessorkernen durch den Staatssekretär im Niedersächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kultur Dr. Josef Lange, den MPG-Vizepräsidenten Prof. Dr. Herbert Jäckle und den Universitäts-Präsidenten Prof. Dr. Kurt von Figura
01.12.2007	Abschaltung der drei älteren IBM-pSeries690-Systeme
01.01.2008	Umstellung des X-WiN-Anschlusses auf 5 Gbit
13.05.2008	Offizielle Inbetriebnahme des Göttinger Grid-Ressourcen-Zentrums „GoeGrid“ mit dem Niedersächsischen Minister für Wissenschaft und Kultur Lutz Stratmann, dem Universitäts-Vizepräsidenten Markus Hoppe, dem BMBF-Ministerialdirektor Dr. Wolf-Dieter Lukas und dem D-Grid-Geschäftsführer Prof. Dr. Uwe Schwiegelshohn
22.09.2008	Abschaltung des Dell-Linux-Clusters
18.-20.11.2008	25. DV-Treffen der Max-Planck-Institute in der Paulinerkirche
01.02.2009	Abschaltung des letzten IBM-pSeries690-Systems
17.03.2009	Neuer Webauftritt
Mai 2009	Inbetriebnahme einer Redundanz-Anbindung des GÖNET an das X-WiN mit 1,7 Gbit
Februar 2010	Inbetriebnahme des Redundanzstandortes in der SUB
März 2010	Inbetriebnahme des neuen NEC-Nehalem-Clusters mit 1.504 Rechenkernen
Juni 2010	Inbetriebnahme einer neuen „Druckstraße“ von Océ
30.06.2010	Prof. Dr. Bernhard Neumair scheidet als Geschäftsführer aus; Nachfolger werden Prof. Dr. Oswald Haan als wissenschaftlicher Geschäftsführer und Dr. Paul Suren als administrativer Geschäftsführer
28.10.2010	Festkolloquium „40 Jahre GWDG“ mit dem Universitäts-Vizepräsidenten Markus Hoppe, dem MWK-Abteilungsleiter Ministerialdirigent Heiko Gevers und dem MPG-Vizepräsidenten Prof. Dr. Herbert Jäckle