Technik-Geschichte
in Jena e.V.

JENAER JAHRBUCH ZUR TECHNIK- UND INDUSTRIEGESCHICHTE

Mühlhausen, Edgar

OPREMA und ZRA 1 - Frühe Entwicklungen der digitalen Rechntechnik im Zeisswerk Jena

JJB bd1(1999) S. 109-127

Nutzungsbedingungen:
Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.
Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Edgar Mühlhausen

OPREMA und ZRA 1 – Frühe Entwicklungen der digitalen Rechentechnik im Zeisswerk Jena*

Der Anfang der digitalen Rechentechnik wird auf das Jahr 1936 datiert, und geht auf die Initiative eines einzelnen Mannes, Konrad Zuses,[1] zurück. Seither sind reichlich 60 Jahre vergangen. Personal-, Industrie- und wissenschaftliche Computer werden heute weltweit in kaum vorstellbarem Umfang produziert und verwendet. Welch atemberaubende Entwicklung hat sich in dieser Zeit vollzogen: Pionierleistungen in verschiedenen Ländern, Erfolge und Rückschläge, Entwicklung der mathematischen Logik entsprechend der verfügbaren Technik und umgekehrt unaufhörliche Technologieentwicklung zur immer besseren Erfüllung mathematisch-logischer, wirtschaftlicher, ergonomischer Anforderungen.

In der Entwicklungslawine der Digitalrechentechnik gebührt den frühen Arbeiten im Jenaer Zeisswerk ein besonderer Platz: Nicht nur die erzielten Erfolge, auch die Bedingungen, unter denen sie erreicht wurden, sind bemerkenswert.

Zur sinnfälligen Einordnung der Jenaer Arbeiten sei die vorausgegangene Entwicklung der Rechentechnik vorangestellt.

Rechenanlagen von Konrad Zuse und weitere deutsche Entwicklungen

Der 1910 in Berlin geborene Konrad Zuse studierte nach dem Abitur in Hoyerswerda an der Polytechnischen Hochschule Berlin Bauingenieurswesen und war danach in den Hentschel-Flugzeugwerken Berlin-Schönefeld als Statiker tätig. Die eintönige Wiederholung und den großen Zeitaufwand der statischen Berechnungen empfand er schon bald als besonders entwicklungshemmend, weshalb er sich intensiv um die Rationalisierung der Rechenprozesse bemühte.[2] 1936 führte er erste Versuche durch, mit mechanischen Mitteln eine Rechenanlage zu entwickeln.
1939 baute er die erste Anlage mit elektromagnetischen Relais auf und war damit auf dem richtigen Weg. Die Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt gab eine weitere Anlage in Auftrag, welche die Bezeichnung Z3 erhielt und 1941 fertiggestellt wurde. Die Z3, die 15 bis 20 arithmetische Operationen je Sekunde ausführte, war die erste voll arbeitsfähige programmgesteuerte Rechenmaschine der Welt.

Zuse arbeitete während des Krieges weiter, er entwickelte und baute bis 1945 seine Anlage Z4, die ab 1948 gute Dienste am Mathematischen Institut der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich leistete. Während des Krieges entstanden auch zwei Spezialrechner für die Flugzeugindustrie.

Nach 1945 war Konrad Zuse mit seiner Firma in Bad Hersfeld zunächst Alleinhersteller von digitalen Rechenautomaten in Deutschland. Ein wichtiges Nachkriegsprodukt war die Anlage Z11, die von 1956 bis 1960 mit der beachtlichen Anzahl von 80 Exemplaren ausgeliefert wurde. Die Z11 war speziell für die Auswertung geodätischer Vermessungen konzipiert. Als aber die fest verdrahteten Programme durch vier Lochstreifenleser ersetzt wurden, konnte die Anlage sehr vielseitig eingesetzt werden. Die Firma

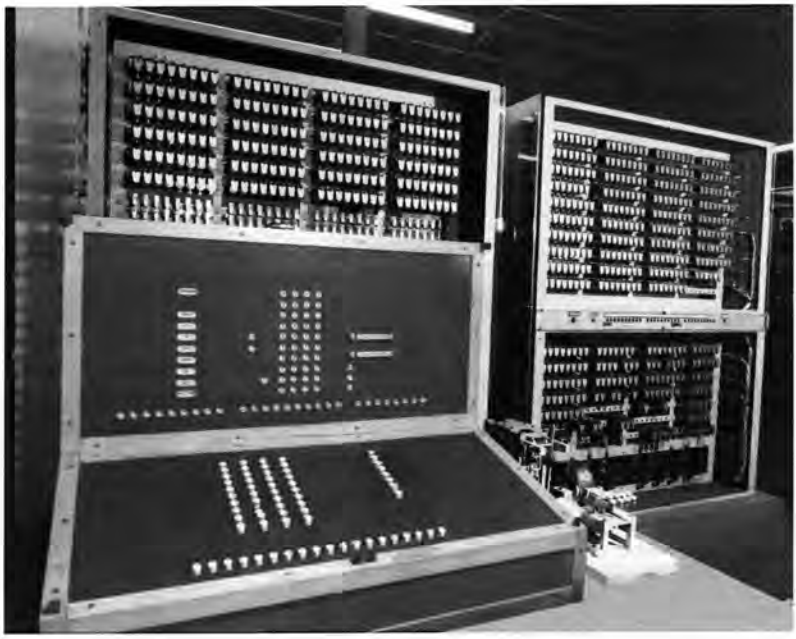


Bild 1
Erste voll arbeitsfähige programmgesteuerte Rechenmaschine der Welt: Zuse Z3, 1941

Leitz in Wetzlar führte auf einem Zuse-Rechner Optikberechnungen durch, und bei Zeiss in Oberkochen gab es zumindest ähnliche Bestrebungen.

Auch an anderen Orten im deutschen Sprachraum befaßte man sich in dieser Frühphase mit der Entwicklung elektronischer digitaler Rechenanlagen. Das ist in Tabelle 1 aufgezeigt. Bis 1954, dem Entwicklungsbeginn bei Carl Zeiss Jena, wurden aber außer den Zuse-Rechnern nur zwei weitere Anlagen fertiggestellt: G1 und G2 in Göttingen.[3]

Außerhalb Deutschlands entwickelte frühe Digitalrechner

Die Situation der digitalen Rechentechnik in den USA in diesen Jahren ist aus Tabelle 2 zu ersehen.
Markante Beispiele für amerikanische Entwicklungen sind:

- MARK 1[4] (1944)
  Ein serieller Relaisrechner, mit einem aus Ringzählern aufgebauten Rechenwerk. Die Anlage hatte 72 Zahlenspeicher mit je 23 Bit und einem Vorzeichenbit, außerdem 60 manuell zu bedienende Konstantenspeicher. Die Maschine brauchte etwa sechs Sekunden für eine Multiplikation, und etwa zwölf Sekunden für eine Division. Es gab drei Festprogramme zur Berechnung von Logarithmen, von Potenzen und von Sinus/Cosinus-Funktionen. MARK 1 war in den USA der erste wesentliche Schritt über die mechanischen Lochkartenanlagen hinaus hin zu komplexen wissenschaftlichen Rechenanlagen.
- ENIAC[5] (1946)
  Ein Röhrenrechner, der ebenfalls mit Ringzählern arbeitete. Daß man keinen Aufwand scheute, zeigen die Zahlen der verwendeten Bauelemente und die Abmessungen:
  - 18.000 Vakuumröhren, 70.000 Widerstände, 10.000 Kondensatoren, 6.000 Schalter

– Länge x Höhe x Tiefe (ca.) 30 m x 3 m x 1 m
Seit 1946 arbeitete die Anlage im Ballistik-Forschungszentrum in Aberdeen, 1955 bekam sie einen Museumsplatz.

- WHIRLWIND 1[6] (1949)
Ein weiterer Röhrenrechner, dessen Zentraleinheit schon – wie später alle Rechner – mit einem echt addierenden Rechenwerk arbeitete. Seine Leistungsfähigkeit war für diese Zeit beeindruckend, wie Tabelle 3 zeigt.

Die OPREMA von Zeiss

Im Jahr 1954 begann die Entwicklung von digitalen Großrechnern im Jenaer Zeisswerk. Es war bekannt geworden, daß westdeutsche Firmen in der Lage waren (beziehungsweise kurz davor standen) ihre Optik-Entwicklungszeiten durch Einsatz eines Digitalrechners wesentlich zu verkürzen. Zur Sicherung der Marktfähigkeit von Zeiss Jena-Erzeugnissen erschien es zwingend, diesem aussichtsreichen internationalen Entwicklungsstand Rechnung zu tragen. Der Beschaffung einer entsprechenden Anlage aus den Ländern mit freier Marktwirtschaft standen staatliche Anordnungen und wirtschaftliche Beschränkungen entgegen.

Herbert Kortum,[7] Entwicklungshauptleiter in den Jenaer Zeisswerken und Wilhelm Kämmerer,[8] Entwicklungsleiter, gebührt das Verdienst, eine eigene Entwicklung initiiert und in kürzester Zeit zum Erfolg geführt zu haben.

Damals wurde an der Technischen Hochschule Dresden durch Nikolaus Joachim Lehmann[9] bereits an der Entwicklung eines elektronischen digitalen Rechners gearbeitet (siehe Tabelle 1). Jedoch mußte eingeschätzt werden, daß noch mehrere Jahre vergehen würden, bis daraus eine funktionstüchtige Anlage entstehen könne. In den Zeisswerken war aber Eile geboten. Kortum setzte bei den leitenden Stellen des Betriebes und den wirtschaftsleitenden Stellen der DDR durch, daß kurzfristig die Mittel für Entwicklung und Herstellung einer solchen Rechenanlage bereitgestellt wurden.

Bild 2
Prof. Wilhelm Kämmerer (1905–1994) und Prof. Herbert Kortum (1907–1979)

Bild 3
Pioniere der Rechentechnik im deutschen Sprachraum. Foto anläßlich des 70. Geburtstages von Konrad Zuse, 1980.
Von links nach rechts, sitzend: Prof. Dr. N. J. Lehmann (Dresden), Prof. H. Schreier (Brasilien), Prof. Dr.-Ing. e.h. Dr. mult. Konrad Zuse, Prof. H. Billing (München), Prof. W. Kämmerer (Jena). Stehend: Prof. Baron von Freytag-Löringhoff (Tübingen), Prof. F. L. Bauer (München), Prof. H. Zemanek (Wien), Dr. H. Seifers (München), Dr.-Ing. W. de Beauclair (Darmstadt), Prof. Dr.-Ing. H. Piloty (Darmstadt).

Von einem Team unter Kämmerers Leitung wurde die Rechenanlage unter dem Namen OPREMA entworfen, und unter seiner Leitung wurde sie gebaut.[10] Wegen der dabei erbrachten Leistungen ist Kämmerer zu den Pionieren der Rechentechnik zu zählen.

Interessant ist schon der zeitliche Ablauf der OPREMA-Entwicklung: Im späten Frühjahr 1954 begann die Konzeptionsphase mit sechs bis acht Mathematikern und Ingenieuren. Als am Ende des gleichen Jahres die Maschine fertiggestellt war, hatten ungefähr 250 Personen daran mitgewirkt. Ab April 1955 lief der Versuchsbetrieb. Im Juni des gleichen Jahres wurde der offizielle Rechenbetrieb aufgenommen, das erste Rechenzentrum der DDR gegründet. Sein Leiter war der Mathematiker Jung, der an der Entwicklung der Maschine von Anfang an beteiligt gewesen war.

Von vielen Beteiligten wurden bei der Entwicklung der OPREMA hervorragende Leistungen vollbracht. Stellvertretend seien noch einige genannt:

- Mathematiker Jung: Differenzierte das logische Konzept, sorgte für eine sinnvolle Aufteilung und Zusammenschaltung der Relais.
- Ing. Lenski: Leitete die Konstruktion der Anlage.
- Ing. Dietrich: Leitete den Aufbau der Anlage, organisierte, beschaffte Material. Es war keine leichte Aufgabe, trotz Planwirtschaft in wenigen Monaten 20.000 polarisierte Relais heranzuschaffen. Als erfahrener Fertigungsingenieur half er, verschiedene technologische Probleme zu lösen.
- Ing. Pöll: Er führte erste Laborarbeiten durch.
- Ing. Fritz Straube: Mitarbeiter von Kortum, arbeitete überall helfend mit, löste komplizierteste Probleme. Er war ein Joker in diesem ernsten Spiel.

- Ing. Knothe: Fertigungsbereichs-Leiter. Unter seiner Leitung entstanden die fast 200 Relaistafeln und ein großer Teil der Verkabelung der Anlage.

Was waren nun die charakteristischen Eigenschaften der OPREMA, was konnte sie leisten? Die Rechenanlage sollte zur Gewährleistung einer möglichst hohen Zuverlässigkeit aus zwei kompletten Rechnern bestehen, die – zur gleichen Zeit das gleiche Programm rechnend – ihre Ergebnisse ständig vergleichen sollten. Schon bei der Inbetriebnahme stellte sich heraus, daß beide Einzelrechner völlig einwandfrei arbeiteten. Deshalb wurde der Parallelbetrieb nie realisiert. Stattdessen standen zwei OPREMA-Rechner zur Verfügung.

Im Vergleich zu anderen Relaisrechnern war die OPREMA recht schnell. Das lag an der inneren Organisation:

- Parallelrechner
- intern dezimal rechnend
- Wortlänge 8 Dezimalstellen für das Zahlwort, zusätzlich 4 Stellen für den Exponenten
- Gleitkomma
- 25 Stück 3-Adress-Befehle.

Die Art der Festwertspeicher war dem Zweck angepaßt: vier Speicher konnten mit Hilfe von Kombinationssteckern mit je 80 Zahlenwerten geladen werden. Nach dem Aufruf eines Speichers wurden die Zahlenwerte sequentiell an den Rechenprozeß übergeben. Zum Wurzelziehen gab es ein fest verdrahtetes Programm, einen eigenen Befehl.

Die Leistungsaufnahme betrug nur 30 Watt, das möchte man kaum glauben. Diese Spar-Leistung liegt in der Verwendung von polarisierten Relais begründet.

In der gesamten Anlage wurden die Relais nur im stromlosen Zustand geschaltet, also ohne jegliche Funkenbildung. Diese Arbeitsweise war ein wichtiger Grund für die enorme Zuverlässigkeit und Lebensdauer (1954 bis 1963 ständig im Zwei- bzw. Dreischichtbetrieb).

Und eine letzte Besonderheit sei genannt. Von anderen Maschinen wohl bekannt, war die Begehbarkeit einer Rechenmaschine doch kurios (Bild 6).

OPREMA – in dem Namen kommt zum Ausdruck, daß die Anlage als OPtik-REchen-MAschine konzipiert war. So wurden anfänglich die bis dahin in der Optikberechnung üblichen Methoden in OPREMA-Programme umgesetzt. Das brachte einen enormen Zeitgewinn. Berechnungen, die früher Jahre gedauert hatten, konnten nun in einigen Wochen erledigt werden. Jedoch zeigte sich bald, daß die Maschine für viel schwierigere und größere Programme geeignet war. Weil die Behandlung von Zylinderflächen, Dezentrierungen und ähnliche Aufgaben in das Arbeitsprogramm aufgenommen werden konnten, brachte der Einsatz der OPREMA auch eine bedeutende Erweiterung der Möglichkeiten bei der Berechnung optischer Systeme. Durch Toleranzberechnungen konnte die Fertigungsbetreuung effektiver gestaltet und die Qualität der gefertigten Objektive verbessert werden.

Die Berechnungszeit für ein Mikroskop-Objektiv konnte auf durchschnittlich drei Jahre, für ein Fotoobjektiv auf vier Jahre verkürzt werden.

Die Ausbeute an produktionsreifen Systemen hatte von 1948 bis 1954 etwa 17 Prozent betragen. 1956, bei voller Wirksamkeit der OPREMA, stieg diese Vergleichszahl auf 70 Prozent!

Bild 4
Illustration:
Gesamtansicht der OPREMA

Die Leistungsfähigkeit der OPREMA-Anlagen wurde schnell bekannt, und bald kamen auch aus optik-fremden Bereichen Aufgabenstellungen. Auch diese konnten sehr gut bewältigt werden.

Die OPREMA war in einer bemerkenswert kurzen Entwicklungszeit entstanden. Wie war das möglich? Irgendwoher tauchte die Idee auf, daß vielleicht Kortum und/oder Kämmerer aus der sowjetischen Deportation, aus der sie 1953/54 entlassen wurden, fertige Pläne mitgebracht hätten. Kortum gibt dazu Auskunft:

„... Im Mai 1954 fand mit Herrn Minister Rau die für die Inangriffnahme dieser Entwicklung entscheidende Besprechung im Ministerium für Allgemeinen Maschinenbau statt, dabei wurde von mir die Verpflichtung übernommen, noch bis Ende des Jahres 1954 eine Zwillingsmaschine mit einer Tagesleistungs-Kapazität, die der von etwa 120 Rechnern[11] äquivalent ist, zu entwickeln und zu bauen.

Bild 5
Die langen Relaisreihen an der Rückseite der OPREMA

Bild 6
Wirtschaftsminister Wunderlich wird von Wilhelm Kämmerer durch die OPREMA geführt.

Viele Kollegen, die den Umfang dieses Unternehmens damals näher kennenlernten, haben es angesichts des Umfanges dieser Aufgaben nicht für möglich gehalten, diese Verpflichtung zu erfüllen. Als dann aber tatsächlich der Plan realisiert wurde und einige Tage vor Jahresende die beiden Maschinen mit Kosten, die mit den geplanten Kosten in guter Übereinstimmung waren, fertig montiert vorgestellt werden konnten, wurde von vielen Seiten die Version aufgebracht, wir hätten diese Entwicklung bereits fertig in der Tasche aus der SU mitgebracht. Dazu sei festgestellt, daß dies eine freie Erfindung der Urheber dieser Version ist, insofern, als wir uns hinsichtlich dieses Themas während unseres Aufenthaltes in der SU zwar durch Literaturstudien laufend über die in der Welt vorgegangene Entwicklung informieren konnten und insofern allerdings die nötigen

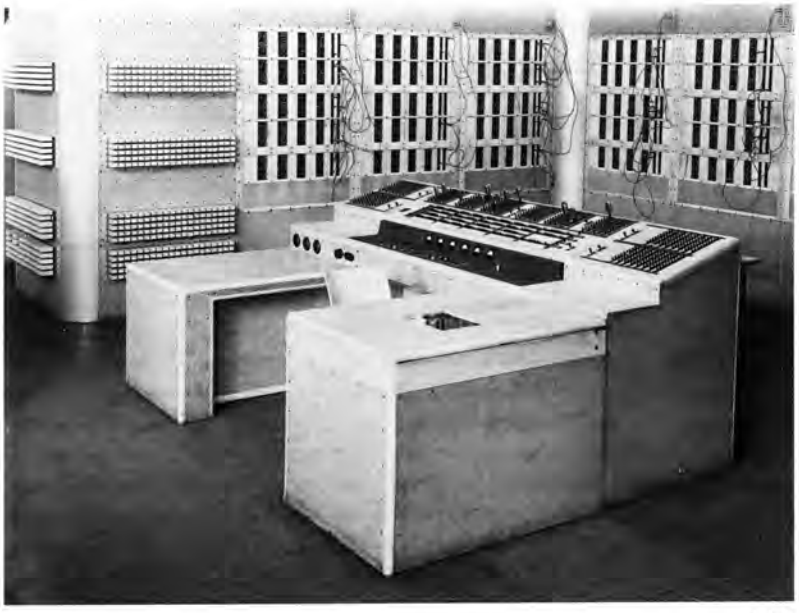


Bild 7
Programme wurden mit Kabelbrücken gesteckt

Fachkenntnisse und konkrete Vorstellungen zur Lösung der gestellten Aufgabe mitbrachten, wir hatten aber weder Zeit noch Gelegenheit, konkrete Vorarbeiten dazu durchzuführen und mitzunehmen. Es ist daher die Wahrheit, daß Entwicklung, Bau und Montage der gesamten Anlage mit allen dazu nötigen Arbeiten im Jahre 1954 durchgeführt worden sind."[12]

Wie bereits erwähnt, gab es zwar an der Technischen Hochschule Dresden schon Entwicklungsarbeiten einer digitalen Rechenanlage, bevor man in Jena damit begann. Die Entwicklung im Zeisswerk verlief jedoch schneller, und so war OPREMA die erste funktionierende Rechenanlage im Osten Deutschlands. Der Entwicklungsabschluß des Dresdner Rechners D1 war 1956 (siehe Tabelle 1).

Die Entwickler in Jena hatten sich auf das unter den damaligen Verhältnissen wirklich Machbare (insbesondere hinsichtlich der Bauelemente) konzentriert. Das war einer der Gründe für die schnelle und erfolgreiche Arbeit.

Der ZRA 1 von Zeiss

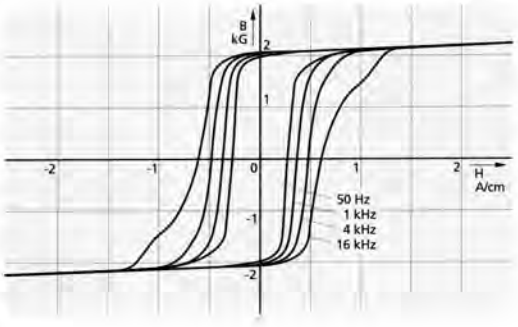
Nach dem erfolgreichen Abschluß des OPREMA-Projektes lag der Gedanke nahe, auf dem Gebiet der Rechnerentwicklung weiterzuarbeiten.

Wie wenig damals von dem explosionsartigen Aufschwung der Digitalrechner zu ahnen war, wird an einer Erinnerung des Autors deutlich: Irgendwann im Jahr 1955 standen wir zu dritt, Kortum, Kämmerer und der Autor, vor der OPREMA und erörterten die Frage, ob und wie weit die Rechentechnik wohl aus dem Bereich der Eigenentwicklung an Universitäten, Hochschulen und Großbetrieben (die über die dafür nötigen Mittel verfügen konnten) herauskommen werde. – Nicht zu denken an heutige Mikrochips und ihre hochspezialisierten Fertigungsverfahren, an Computerläden und Computerversandhandel!

1956 wurde bei Carl Zeiss Jena mit der Entwicklung eines zweiten Rechners, des ZRA 1, begonnen.[13] Entwicklungsziel war ein Rechenautomat mittlerer Geschwindigkeit zur Bearbeitung wissenschaftlich-technischer Aufgaben mit einem Höchstmaß an Betriebssicherheit und einer Struktur, die bequemes und schnelles Programmieren, insbesondere die Wiederverwendung allgemeiner Teilprogramme ermöglichte. Das Konzept sah vor:

- Wortlänge 48 Bit
- Eingabe durch Lochkarten (960 Programmzeilen pro Minute)
- Ausgabe durch Zeilendrucker (2,5 Zeilen pro Sekunde)
- Magnettrommel-Hauptspeicher für 4 k Worte (Trommeldrehzahl 1200 pro Minute).

Bild 8
Bewickelter Ringkern (Ø 5 mm) und seine Hystereskurven



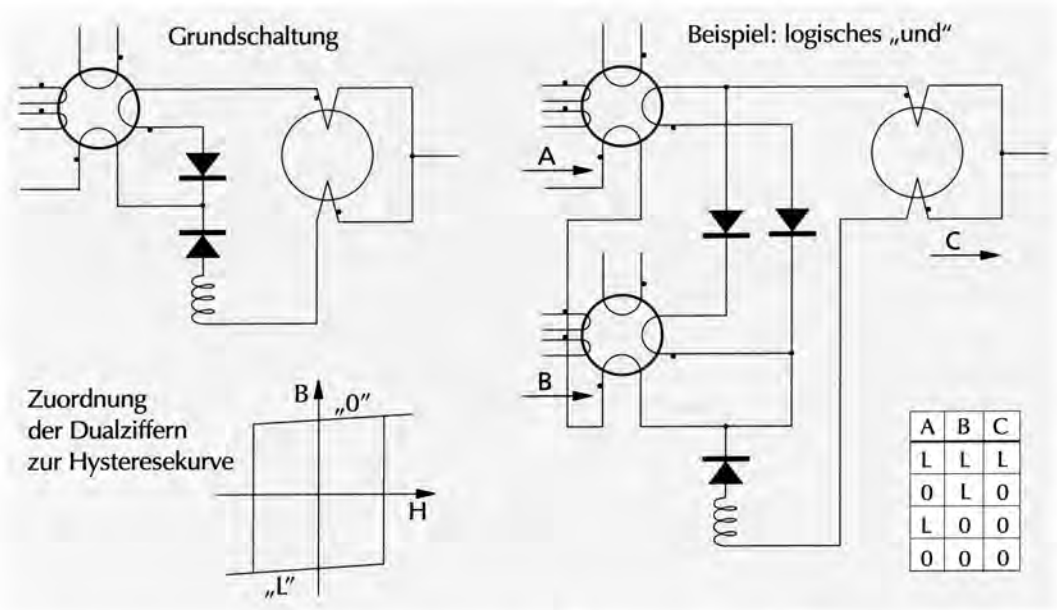


Bild 9
Logische Schaltkreise mit Ferritringkernen

Als aktive elektronische Bauelemente waren nur Elektronenröhren für die Unterhaltungselektronik greifbar. Transistoren für den industriellen Einsatz in Großgeräten waren zu dieser Zeit noch nicht im Angebot. Deshalb wurde der damals auch in anderen Entwicklungszentren der Welt verfolgte Weg beschritten, die gesamte logische Struktur des Rechners ausschließlich mit Ferritringkernen (Bild 8) zu realisieren. Ferritringkerne wurden damals verbreitet in den Speichern der Rechenautomaten eingesetzt. Wegen ihrer Robustheit und der zu erwartenden Zuverlässigkeit schienen sie geeignet für die Anwendung in digitalen Logikschaltungen.

In den Keramischen Werken Hermsdorf wurden die benötigten Ringkerne entwickelt. Die ersten Kerne hatten 10 mm Außendurchmesser, bald reduzierte man auf 5 mm. Damit wurden die in der Literatur beschriebenen digitalen Schaltungen untersucht.

Es folgten selbst entwickelte Schaltungen, die in mehreren Patenten geschützt wurden. Das Werk für Fernsehelektronik Berlin produzierte die dafür benötigten Germaniumdioden (Typ OA 170).

Bild 9 gibt einen Eindruck von den logischen Schaltungen mit Ringkernen und Dioden. Zum Schalten der Ferritkerne waren Impulsströme erforderlich, die mit Röhrenendstufen erzeugt wurden. Zur Erprobung der Schaltkreise lief ab September 1958 ein Dauerversuch.

Parallel zur Entwicklung der Schaltkreistechnik wurden die anderen Komponenten der Maschine (Logik, Trommelspeicher, Netzgeräte usw.) entwickelt und Produktionsvorbereitungen getroffen. Bau und Erprobung des ersten Musters liefen monatelang auch im Schichtsystem. Schon während der Hardwareentwicklung fanden die ersten Programmierkurse statt.

In der Bezeichnung ZRA1 dieses zweiten Jenaer Digitalrechners ist der Name Zeiss gekürzt enthalten: Zeiss-Rechen-Automat 1. Dieser Name deutete auf ein Verkaufsprodukt hin – im Gegensatz zur OPREMA.

Bild 10
Gesamtansicht des ZRA1

Ein Kraftakt war die Vorbereitung des ZRA1 für die Ausstellung auf der Leipziger Frühjahrsmesse 1960. Zwei Monate vor Messebeginn wurde die noch nicht voll funktionsfähige Anlage in die Messehalle transportiert. Unter schlechten Arbeitsbedingungen wurde vor Ort die Justierung im Mehrschichtbetrieb zu Ende gebracht. Einen Tag vor Messebeginn rechnete der ZRA1 ein bescheidenes Erprobungsprogramm: $y = x^2$.

Im März/April 1960 wurden zwei Anlagen ZRA1 in den Zeisswerken in Jena aufgebaut und die Serienfertigung der Rechner aufgenommen. In den Folgejahren wurden 33 Exemplare des ZRA1 produziert. Sie bildeten den Grundstock für die auf ihrer Basis ins Leben gerufenen Rechenzentren in Industriebetrieben, Forschungseinrichtungen und Hochschulen der DDR. Die Möglichkeiten des Zeiss-Rechenzentrums erweiterte der ZRA 1 in erheblichem Maße:

– Eine spezielle Maschinensprache für Optikberechnungen wurde entwickelt.

Bild 11
Detail: Kommandopult des ZRA1

- Berechnungen von Variosystemen und Dezentrierungsberechnungen wurden durchgeführt.
- Bildfehler dritter Ordnung konnten analytisch behandelt werden.
- Die Entwicklungszeiten von Objektiven wurden weiter verkürzt.

Kaum war die Serienfertigung des ZRA1 angelaufen, wurden aus den gewonnenen Erkenntnissen bereits die Zielstellungen für die Weiterentwicklung zum ZRA2 abgesteckt.[14] Insbesondere sollten die Ferritkernschaltkreise miniaturisiert werden.

Es gab bereits erste Muster neuer Baugruppen (Bild 12), als Ende 1961 die Entwicklung abgebrochen wurde.

Der ZRA1 des Zeiss-Rechenzentrums wurde 1968 abgelöst durch eine ICL-Anlage der dritten Generation aus England. Mit ihr war erstmalig die externe Speicherung auf Magnetbändern möglich. Neben Wissenschaftlich-technischen Berechnungen konnten nun auch anspruchsvolle Aufgaben der Massendatenverarbeitung gelöst werden.

Schlußbemerkungen

Die hohe Bewertung der Leistungen der Jenaer Wissenschaftler wird nicht geschmälert, wenn wir feststellen, daß rundum in der Welt die Entwicklung der Rechentechnik große Fortschritte machte.

Insbesondere in den USA stellten staatliche und militärische Auftraggeber erhebliche Mittel bereit. Das führte einerseits zu sehr großen Rechenanlagen, nicht nur hinsichtlich ihrer Rechenleistung. Andererseits erlaubte der steigende Bedarf in dem riesigen Land schon sehr früh eine Serienproduktion, was zu entsprechend moderaten Preisen führte.

Auch Konrad Zuse, im westlichen Teil Deutschlands lebend, führte seine Entwicklungen erfolgreich weiter. Er erreichte zum Beispiel durch aussagenlogische Überlegungen eine besonders sparsame Schaltungstechnik. Dadurch kam er bei den störanfälligen Röhrenrechnern mit weniger Schaltelementen aus und erzielte eine bessere Zuverlässigkeit und einen vergleichsweise niedrigen Preis. Bis 1961 wurden seine Baumuster bis zur Anlage Z 31 weitergezählt.

Eingeordnet in die weltweite Entwicklung der digitalen Rechentechnik ist der Jenaer Beitrag eine kleine Episode. Eine Episode aber, die alle Beteiligten mit der Gewißheit erfüllte, ohne lange Vorbereitungen sehr gute

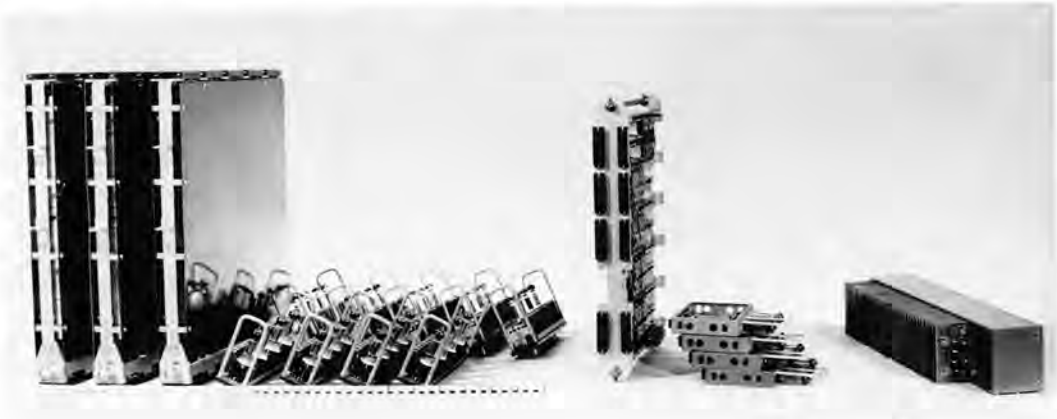
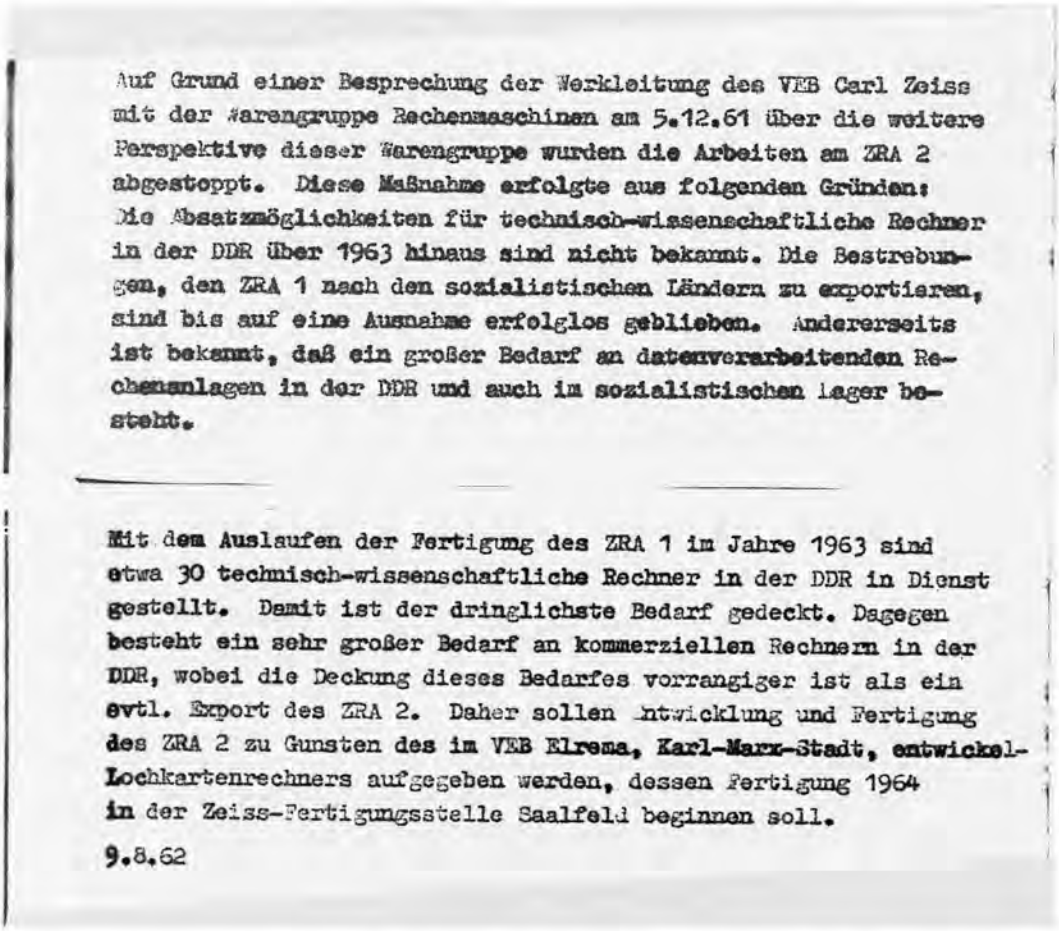


Bild 12
Baugruppenvergleich ZRA1 – ZRA2:
Links: Mit Ferritkern-Bausteinen bestückte Einschubrahmen und röhrenbestückte Impulsendstreifen des ZRA1.
Daneben die funktional identischen Bausteine des ZRA2.
Rechts im Bild ein Funktionsmuster der Kernspeicher in Ferro-Transistortechnik.



Auf Grund einer Besprechung der Werkleitung des VEB Carl Zeiss mit der Warengruppe Rechenmaschinen am 5.12.61 über die weitere Perspektive dieser Warengruppe wurden die Arbeiten am ZRA 2 abgestoppt. Diese Maßnahme erfolgte aus folgenden Gründen: Die Absatzmöglichkeiten für technisch-wissenschaftliche Rechner in der DDR über 1963 hinaus sind nicht bekannt. Die Bestrebungen, den ZRA 1 nach den sozialistischen Ländern zu exportieren, sind bis auf eine Ausnahme erfolglos geblieben. Andererseits ist bekannt, daß ein großer Bedarf an datenverarbeitenden Rechenanlagen in der DDR und auch im sozialistischen Lager besteht.

Mit dem Auslaufen der Fertigung des ZRA 1 im Jahre 1963 sind etwa 30 technisch-wissenschaftliche Rechner in der DDR in Dienst gestellt. Damit ist der dringlichste Bedarf gedeckt. Dagegen besteht ein sehr großer Bedarf an kommerziellen Rechnern in der DDR, wobei die Deckung dieses Bedarfes vorrangiger ist als ein evtl. Export des ZRA 2. Daher sollen Entwicklung und Fertigung des ZRA 2 zu Gunsten des im VEB Elrema, Karl-Marx-Stadt, entwickelten Lochkartenrechners aufgegeben werden, dessen Fertigung 1964 in der Zeiss-Fertigungsstelle Saalfeld beginnen soll.

9.8.62

Bild 13
Zwei Abschnitte aus dem Abbruchbericht zum ZRA2

Lösungen gefunden zu haben, die sich weit über die eigentlichen Zielstellungen als nützlich und zuverlässig erwiesen. Wie in mehreren anderen Fällen ist aus einer Entwicklung, die ursprünglich nur für den werkseigenen Bedarf gedacht war, ein Produkt hervorgegangen, das sich sehr gut verkaufte.

Daß dann von zentraler Stelle die wirtschaftspolitische Entscheidung getroffen wurde, die Rechnerentwicklung aus dem Profil des Optikherstellers Zeiss herauszunehmen, wollen wir heute nicht mehr bedauern. Die frei gewordenen Potenzen konnten auf anderen Gebieten sinnvoll eingebracht werden: Sie wurden insbesondere für die Entwicklung von Spezialrechnern zur Steuerung automatisierter Zeissgeräte genutzt.

Anmerkungen

* Nach einem Vortrag vom 20. Januar 1994 im VDI-Arbeitskreis „Technikgeschichte". Besonderer Dank gilt Herrn Claus Guthknecht vom Zeiss-Rechenzentrum für seine aktive Mitwirkung, insbesondere bei den umfangreichen Quellenrecherchen. Herrn Hans-Jürgen Grunewald ist für die sachkundige Durchsicht des Manuskripts zu danken.

1 Konrad Zuse, Prof. Dr.-Ing. e.h. Dr. mult., 1920–1995. Geboren in Berlin, Kindheit und Jugend in Braunsberg/Ostpreußen und in Hoyerswerda (Abitur 1927). 1928–1935 Studium Bauingenieurwesen an der Polytechnischen Hochschule Berlin-Charlottenburg. Danach Tätigkeit bei den Hentschel-Flugzeugwerken in Berlin-Schönefeld. Zuse gilt als Begründer der digitalen Rechentechnik: 1936–1938 Entwicklung des ersten, noch völlig mechanisch arbeitenden Rechners Z1. 1939 erster voll funktionsfähiger elektromechanischer Rechner (Z2). 1941 erster programmgesteuerter, in binärer Gleitpunktrechnung arbeitender Rechner der Welt (Z3). 1946 Entwicklung des „Plankalküls", der wahrscheinlich ersten Programmiersprache der Welt. 1949–1966 wurden in der Zuse KG in Bad Hersfeld weitere programmgesteuerte Rechengeräte in elektromechanischer sowie Röhren- und Transistortechnik entwickelt und gefertigt. Ab 1964 Tätigkeit als Berater und freier Mitarbeiter verschiedener Firmen und Gesellschaften. Am 18.12.1995 verstarb Konrad Zuse in Hünfeld bei Fulda.

2 Zuse, Konrad: Der Computer – Mein Lebenswerk. 3. unv. Auflage, Berlin/Heidelberg/New York u.a. 1993

3 G1 und G2: Digitalrechner des Max-Planck-Instituts Göttingen (1952 und 1954); Entwicklungen von Prof. Dr. Heinz Billing, Garching.

4 MARK 1: „Markstein 1", wurde 1944 nach etwa siebenjähriger Entwicklungszeit durch den Harvard-Professor Howard Hathaway Aiken im Auftrag der amerikanischen Marine in Zusammenarbeit mit IBM fertiggestellt. Er diente der Lösung von Differentialgleichungen.

5 ENIAC: Electronic Numerical Integrator And Computer – „Elektronisches numerisches Integrier- und Rechengerät", US-Patent 3120606 vom 26.5.1947. Erster frei programmierbarer Computer, wurde 1946 durch den Elektroingenieur John Presper Eckert jun. und den Physiker John William Mauchley an der Moore School der University of Pennsylvania entwickelt.

6 WHIRLWIND 1: „Wirbelwind", dieser Computer wurde unter der Leitung von Jay Forrester am MIT entwickelt und gilt als erster Echtzeitrechner der Welt.

7 Herbert Kortum, Prof. Dr., 1907–1979. Nach dem Physikstudium promovierte er mit 22 Jahren und arbeitete als Assistent bei Prof. Dr. Esau am Physikalischen Institut Jena. 1934 wurde Kortum Mitarbeiter bei Carl Zeiss Jena und beschäftigte sich unter anderem mit Entwicklungsarbeiten an feinmechanischen Rechengeräten. Später wurde ihm ein selbständiges Arbeitsgebiet, die Entwicklung von Luftfahrtnavigationsgeräten, übertragen. 1945 Deportation in die amerikanisch besetzte Zone Deutschlands. 1946 Rückkehr nach Jena; 1946 bis 1953 Aufenthalt als Spezialist in der Sowjetunion. Ab 1954 Hauptleitung über alle Entwicklungsbüros bei Carl Zeiss Jena. 1955 wurde er gemeinsam mit Kämmerer für die Entwicklung der OPREMA mit dem Nationalpreis der DDR ausgezeichnet. 1960–1972 leitende Tätigkeit in Jenaer Instituten der Akademie der Wissenschaften der DDR. Am 18.9.1979 verstorben.

8 Wilhelm Kämmerer, Prof. Dr., 1905–1994. Nach dem Studium der Mathematik in Göttingen und Gießen Promotion. 1942 wurde Kämmerer Mitarbeiter einer Entwicklungsabteilung bei Carl Zeiss Jena. 1946 bis 1953 Aufenthalt als Spezialist in der Sowjetunion, ab 1954 Entwicklungsleiter bei Carl Zeiss Jena. 1955 gemeinsam mit Kortum für die Entwicklung der OPREMA mit dem Nationalpreis der DDR geehrt. 1960–1972 Forschungstätigkeit in Jenaer Instituten der Akademie der Wissenschaften der DDR. 1991 für seine bedeutenden Verdienste mit der Konrad-Zuse-Medaille der Gesellschaft für Informatik e.V. geehrt. Am 15.8.1994 in Jena verstorben.

9 Nikolaus Joachim Lehmann, Prof. Dr.-Ing. habil., 1921 geboren, Studium der Technischen Physik und Mathematik, 1948 Promotion. 1952 Dozent und ab 1953 ordentlicher Professor an der Technischen Hochschule Dresden, 1956 Gründungsdirektor des Instituts für Maschinelle Rechentechnik. 1962 Mitglied des Forschungsrates, 1964 Nationalpreis der DDR. 1986 emeritiert. Unter Leitung von Lehmann entstanden die Rechner D1, D2 und weitere bedeutende Konstruktionen elektronischer Rechner der DDR. Er genießt internationaes Ansehen für seine Entwicklung von Fachsprachen. 1989 mit der Konrad-Zuse-Medaille der Gesellschaft für Informatik e.V. geehrt.

10 Kämmerer, Wilhelm/Herbert Kortum: OPREMA, die programmgesteuerte Zwillingsrechenanlage des VEB Carl Zeiss Jena. In: Feingerätetechnik 3 (1955), S. 103–106

11 Gemeint ist der anerkannte Berufsstand der Optikrechner.

12 Kortum, Herbert: Erfahrungs- und Rechenschaftsbericht über die Lage der Forschung und Entwicklung im VEB Carl Zeiss Jena. Mai 1958, Betriebsarchiv Carl Zeiss Jena (BACZ).

13 Angaben zum ZRA 1 wurden dem Sonderdruck der Jenaer Rundschau 1 (1959) entnommen.

14 Siehe Abbruchbericht zum Forschungsthema ZRA2. BACZ, Nr. 24038. Der Autor ist Mitverfasser dieses Berichts.

15 Archiv des Autors, bzw. Fachzeitschriften wie „Electronics" und „Radio Fernsehen Elektronik" entnommen.

Tabellenanhang[15]

1945	Fertigstellung der Z4	Duale Wortdarstellung, 27 Bit Wortlänge
1945 bis Ende der 50er Jahre	Entwicklung und industrielle Fertigung der Z11	Duale Wortdarstellung, 27 Bit Wortlänge, Einadressbefehle, Serienrechner, 10 bis 26 Arbeitsspeicher, Additionszeit 200 ms. Multiplikationszeit 600 ms, Relais, Schrittschalter, Lochstreifeneingabe und -ausgabe, Programme fest verdrahtet oder auf Lochstreifen
1952	Inbetriebnahme der G1 im Max-Planck-Institut Göttingen	Duale Wortdarstellung, 32 Bit Wortlänge, Einadressbefehle, Serienrechner, Arbeitsspeicher: Magnettrommel mit 26 x 6 Worten, Additionszeit 5 ms, Multiplikationszeit 320 ms, 406 Röhren, 101 Relais, Lochstreifeneingabe und -ausgabe, Schreibmaschine, Programmabarbeitung schrittweise durch Lochstreifenleser
1950 – 1954	Entwicklung der G2 im Max-Planck-Institut Göttingen	Duale Wortdarstellung, 50 Bit seriell, Einadressbefehle, Magnettrommel mit 2048 Worten, Additionszeit 0,6/20 ms, Multiplikationszeit 80/100 ms, Lochstreifeneingabe und -ausgabe, Indexregister, Programm auf Trommel
1950 – 1957 1958	Entwicklung der DERA an der TH Darmstadt Inbetriebnahme	Dezimale Wortdarstellung 14 Stellen, Einadressbefehle, Serienrechner, Ferritkernspeicher 100 Worte, Trommelspeicher 3000 Worte, Additionszeit 0,8 ms, Multiplikationszeit 12 bis 16 ms (ohne Zugriffszeit), Lochkarten, Drucker, Adressenrechenwerk, 1440 Röhren, 8000 Dioden, 90 Relais
1950 – 1956	Entwicklung der PERM im Institut für elektrische Nachrichtentechnik und Meßtechnik München	Duale Wortdarstellung, 51 Bit Wortlänge, Parallelrechnter, Einadressbefehle, Ferritkernspeicher 2048 Worte, Gleitkomma, Additionszeit 12/30 bis 540 µs, Multiplikationszeit 280/500 µs, Lochstreifeneingabe und -ausgabe, Schreibmaschine, Trommelspeicher 8192 Worte, 2400 Röhren, 3000 Dioden
1950 – 1956	Entwicklung der D1 am späteren Institut für maschinelle Rechentechnik der TU Dresden	Duale Wortdarstellung, 72 Bit Wortlänge, Serienrechner, Einadressbefehle, Magnettrommelspeicher 2048 Worte, Additionszeit 6 ms, Multiplikationszeit 22 ms, Lochstreifeneingabe und -ausgabe, Blattschreiber, 760 Röhren, 100 Relais

Tabelle 1
Entwicklung der Rechentechnik im deutschsprachigen Raum Anfang der 50er Jahre

1944	Mark 1	Relaismaschine
1946	ENIAC	Ringzähler im 1 aus 10-Code, Relaismaschine
1949	AVIDAC	Parallelrechner, Röhrenrechner
	WHIRLWIND1	Parallelrechner, Röhrenrechner
	SEAC	Röhrenrechner
1951	ADEC	Dualdezimale Wortdarstellung, 3-Adressmaschine,
	SWAC	Röhrenrechner
	UNIVAC 1	Röhrenrechner
		Dualdezimale Wortdarstellung, Parallelrechner,
		3-Adressmaschine, Röhrenrechner
1952	IAS	Parallelrechner, Röhrenrechner
	MANIAC 1	Parallelrechner, Röhrenrechner
	ORDVAC	Parallelrechner, Röhrenrechner
	MAGNETRONIC	Röhrenrechner
	RESERVISOR	Parallelrechner, Röhrenrechner
	ILLIAC	Röhrenrechner
	ELECOM 100	Röhrenrechner
1953	LOGISTICS	Röhrenrechner
	OARAC	Dualdezimale Wortdarstellung, Röhrenrechner
	IBM 701	Parallelrechner, Röhrenrechner
	RAYDAC	Parallelrechner, Röhrenrechner
	MAGNEFILE	Dualdezimale Wortdarstellung, Röhrenrechner
	UNIVAC SC 1103 A	Parallelrechner, 2-Adressmaschine, Röhrenrechner
	FLAC 1,2	Röhrenrechner
	ORACLE	Parallelrechner, Röhrenrechner
	UDEC 1,2	Parallelrechner, Röhrenrechner

Tabelle 2
Digitale Rechner in den USA – bis 1953 in Dienst gestellt. Die meisten der aufgeführten Anlagen hatten einen Trommelspeicher.

Numerisches System	Bit pro Wort	16
	Arithmetisches System	Festkomma
	Befehlstyp	Einadress-Befehle
Rechenwerk	Arbeitsweise	Parallel
	Additionszeit	15 µs
	Multiplikationszeit	34 µs
	Divisionszeit	64 µs
Speicher	Magnetkern-	6 144 Worte
	2 Magnettrommeln	36 848 Worte
	5 Magnetbandlaufwerke	125 000 Worte pro Bandlaufwerk
Eingabe	Fotoelektrischer Leser	200 Zeichen/Sekunde
	Mechanischer Leser	14 Zeichen/Sekunde
	Magnetband	30 Zoll/Sekunde
Ausgabe	Magnetband	188 Zeichen/Sekunde
	Osz. Kamera	200 Zeichen/Sekunde
	Fernschreiber	10 Zeichen/Sekunde
Bauelemente	Vakuumröhren	7 850
	Kristalldioden	14 000
	Magnetkerne	104 448
Leistungsaufnahme	Rechner	160 kVA
	Kühlung	130 kVA
Zuverlässigkeit	MTBF	19,4 Stunden

Tabelle 3
Ausgewählte technische Daten des „WHIRLWIND 1", 1949

Informationsdarstellung	
Wortlänge	38 Bit, 39. Bit als Sonderzeichen für Null, Unendlich, Unbestimmt
Numerische Daten	
Zahlensystem Verschlüsselung Zahlenbereich	Dezimal Stibitz-(3-Excess)-Code Gleitkomma: Exponentenbereich $\|y\| < 15$ Vorzeichen 2 Bit, Zahlenfaktor 32 Bit (8 Dezimalen), Exponent 4 Bit, rein dual verschlüsselt
Befehle	
System Aufbau Anzahl	Dreiadressbefehle Je 6 Bit für 1. und 2. Adresse, 5 Bit für 3. Adresse, 6 Bit für Operationsteil 25 Befehle
Arbeitsweise	
Rechenwerk	Parallelrechner
Takt	150 Hz
Programmeingabe	Stecktafeln
Rechenzeiten mit Zugriff und Abspeichern	
Addition Multiplikation Division Radizieren	120 ms 800 ms 800 ms 1200 ms
Speicher	
Arbeitsspeicher	32 Relaisregister
Eingabespeicher Magazine	28 Register auf Stecktafeln 4 Relaisregister, nach jedem Lesen zyklisch nachgefüllt aus Magazinen 4 Stecktafeln zu je 80 Wörter
Ein- und Ausgabe	
Eingabe	Programme und Daten: Stecktafeln
Ausgabe	Schreibmaschine
Bauelemente für beide Anlagen zusammen	
Polarisierte Relais Selengleichrichter	17 000 90 000
Leistungsaufnahme	30 Watt

Tabelle 4
Technische Daten der OPREMA im Überblick

Informationsdarstellung	
Wortlänge	12 Dezimalstellen (48 Bit)
Numerische Daten	
Verschlüsselung	Rein dual
Zahlenbereich	Festkomma: $\|x\| < 1.11$ Dezimalstellen Gleitkomma: Exponentialbereich $\|y\| < 19.9$ Dezimalst. Zahlenfaktor 12. Tetrade für Vorzeichen, Markierung und Prüfzeichen
Befehle	
System	Komplexe Einadressbefehle
Länge	48 Bit (1 Wort)
Aufbau	Rechenteil (Rechenoperationen), Testteil (Testergebnis benötigt für bedingte Operationen), Transportteil (Transport-, Sprung-, Stopoperationen), Adressteil (Grundadresse, IR-Nummer und Operationsangabe)
Anzahl	Insgesamt etwa 10^5 Befehle möglich
Arbeitsweise	
Serienrechner	
Takt	200 kHz
Indexregister, Adressenrechenwerk	Befehlsverarbeitung in zwei Phasen, dadurch gleichzeitige Verarbeitung zweier Befehle bedingt möglich
Rechenzeiten ohne Zugriffszeit mit festem (gleitendem) Komma	
Addition Multiplikation Division Andere Operationen Mittlere Zugriffszeit	3,8 ms (7 ms) 7 ms (8 ms) 14 ms (14 ms) 0,5 ... 2,5 ms 2,5 ms
Speicher	
Magnettrommel	12 000 U/min, Kapazität 4096 Wörter
Ein- und Ausgabe	
Eingabe	Lochkarten, ca. 1000 Wörter/min
Ausgabe	Blockdrucker, 150 Zeichen/min, Schnelldrucker vorgesehen
Bauelemente	
Röhren Germaniumdioden Ferritkerne	770 (nur als Treiber bzw. Verstärker) 12 000 8 500
Logische Einheiten, Verstärkereinheiten	Als Einschübe

Tabelle 5
Technische Daten des ZRA 1