

# Die Z4 an der ETH Zürich : ein Stück Technik- und Mathematikgeschichte

Autor(en): **Speiser, A.P.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Elemente der Mathematik**

Band (Jahr): **36 (1981)**

Heft 6

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-35555>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# ELEMENTE DER MATHEMATIK

Revue de mathématiques élémentaires – Rivista di matematica elementare

*Zeitschrift zur Pflege der Mathematik  
und zur Förderung des mathematisch-physikalischen Unterrichts*

---

El. Math.

Band 36

Heft 6

Seiten 145–176

Basel, 10. November 1981

---

## Die Z4 an der ETH Zürich

### Ein Stück Technik- und Mathematikgeschichte\*

Nächsten Monat werden es 31 Jahre her sein, seit sich im Leben von Konrad Zuse und seiner jungen Firma Zuse K.-G. ein wichtiges Ereignis zugetragen hat. Es war auch, wie es sich zeigen sollte, ein wichtiges Ereignis in der Geschichte der numerischen Mathematik in der Schweiz.

Am Mittwoch, 11. Juli 1950 wurde eine Sendung von schweren Gestellen und Kisten, die mit einem Eisenbahnwagen von Deutschland gekommen war, in die ETH getragen und im Raum 11d (heute G39) abgeladen. Ein Stück dieser Sendung war absonderlich in jeder Beziehung: Ein Apparat, dicht gepackt mit Hebeln, Blechen, Federn, und gefüllt mit etwa 3000 präzise gearbeiteten Stahlstiften. Es ist anzunehmen, dass ausserhalb Deutschlands nicht mehr als ein halbes Dutzend Menschen in ihrem Leben je etwas auch nur entfernt Ähnliches gesehen hatten.

Die Sendung war die Relais-Rechenmaschine Z4, die Konrad Zuse in den letzten Kriegsjahren in Berlin gebaut hatte; das besonders merkwürdige Objekt war der mechanische Speicher. Professor Eduard Stiefel hatte die Maschine ein Jahr zuvor in Süddeutschland entdeckt, wohin sie in den Wirren des Kriegsendes fluchtartig gebracht worden war. Der Entscheid, sie zu erwerben, war eine aussergewöhnliche und gleichzeitig eine der glücklichsten Entscheidungen in Stiefels Leben.

Die vorliegende Arbeit enthält eine Schilderung von Ereignissen und Begebenheiten aus den ersten sieben Jahren des Instituts für angewandte Mathematik an der ETH, also aus der Zeit von 1948 bis 1955. Vier Jahre davon, nämlich 1950 bis 1954, waren durch den Betrieb der Z4 gekennzeichnet. Es ist sicher nicht übertrieben zu sagen, dass sich in diesen Jahren ein Stück Mathematikgeschichte und ein Stück Technikgeschichte zugetragen hat.

\* Überarbeitete Fassung des Referats, gehalten von Prof. Dr. A.P. Speiser, anlässlich des Kolloquiums zur Eröffnung der Ausstellung K. Zuse und die Frühzeit des wissenschaftlichen Rechnens an der ETH Zürich, am 16. Juni 1981

## Der Digitalrechner Z4

Eine Kurzbeschreibung der Rechenanlage Z4 lautet wie folgt:

- Relaisrechner mit 2200 Telefon-Relais
- Mechanischer Speicher mit 64 Worten
- Dualsystem, Gleitkomma, gut entwickelte Algorithmen für die Dezimal-Dual-Übersetzung
- Programmierung in einer sehr handlichen Maschinensprache, mit welcher die Z4 den meisten Maschinen ihrer Zeit deutlich voraus war. Das Befehlsverzeichnis war reichhaltig
- Programmsteuerung mit Lochstreifen; zyklische Unterprogramme auf einem zweiten Lochstreifen
- Zwischenspeicherung von Zahlen auf Lochstreifen
- Ausgabe mit Schreibwerk; sorgfältig ausgebaute Auswahlmöglichkeiten für die Zahlendarstellung.

## Der Erwerb der Z4

Diese Merkmale, im Jahr 1949 betrachtet, waren sehr überzeugend. Man muss bedenken, dass zu jener Zeit auf der Welt kaum ein Dutzend programmgesteuerter Rechner im Betrieb waren. Diejenigen, die für die Forschung in numerischer Mathematik verwendet wurden, waren weniger zahlreich als die Finger einer Hand; die übrigen waren mit Routine-Berechnungen ausgelastet. Es bestand kein Zweifel, dass die Z4 als Instrument ernsthafter mathematischer Forschung verwendet werden konnte.

Der Entscheid, sie zu erwerben, erscheint uns also heute eine Selbstverständlichkeit. Aber für die direkt Beteiligten vor 30 Jahren war die Situation nicht ganz so klar. Als bekannt wurde, dass die Z4 erhältlich war, mussten einige Fragen sorgfältig bedacht werden. Man musste sich vergewissern, dass die kleine Equipe von Konrad Zuse tatsächlich in der Lage war, die Maschine instand zu stellen und sie mit der Betriebssicherheit auszustatten, die für einen geordneten Betrieb erforderlich war. Über die Lebensdauer des Speicherwerks war eine Prognose nicht möglich.

Trotz diesen Unsicherheiten entschloss sich Stiefel, das Vorhaben zu verwirklichen und einen erheblichen Geldbetrag dafür einzusetzen. Sein Mut verdient grosse Anerkennung. Mit seinem Entschluss hat er den Grundstein zu einer Entwicklung gelegt, die Zürich zu einem der bedeutendsten Zentren in der numerischen Mathematik gemacht hat.

Dass der Entscheid keine Selbstverständlichkeit war, erhellt auch daraus, dass die Institute in Göttingen, Darmstadt und München, die ungeduldig auf maschinelle Rechenzeit warteten, sich gegenüber der Z4 passiv verhielten. Wenn sie ein Interesse angemeldet hätten, so hätten sie vermutlich gegenüber Zürich die Priorität erhalten.

Bezüglich der Betriebssicherheit wurden die Erwartungen nicht enttäuscht. Die Störungen blieben in einem Rahmen, der mit einem produktiven Rechenbetrieb gut vereinbar war; der Speicher zeigte im Laufe der schätzungsweise 30 Millionen

Speicher- und Ableseoperationen, die er während seiner Zürcher Zeit ausführte, keine nennenswerte Abnützung und erwies sich als wenig störanfällig.

### **Besondere Merkmale der Z4**

In der Geschichte der frühen Digitalrechner nimmt die Z4 einen ganz besonderen Platz ein. Im Gegensatz zu allen anderen Anlagen ist sie das Werk eines einzelnen Mannes, auf den alle ihre wesentlichen Ideen zurückgehen.

Konrad Zuse muss als der Urheber von sieben grundlegenden Erfindungen in der Computertechnik angesehen werden, die alle in der Z4 verwirklicht waren:

1. Die Verwendung des Dualsystems und die Ausarbeitung von Algorithmen für die Übersetzung zwischen den Zahlssystemen.
2. Die Verwendung des Gleitkommata mit den nötigen Algorithmen, die besonders in der Übersetzung dezimal – dual und umgekehrt sehr kompliziert werden.
3. Ein Algorithmus für die nichtrückstellende Berechnung der Quadratwurzel. Diese schöne Methode war dem amerikanisch-europäischen Computer-Establishment noch im Jahr 1949 unbekannt.
4. Look-ahead: Das Programm wird um zwei Befehle voraus abgelesen, und es wird ermittelt, ob eine Veränderung der Reihenfolge ihrer Ausführung Zeit sparen kann. Der Speicher hat zwei Sätze von Ablesekontakten, die zwei Worte auf Vorrat bereithalten können.
5. Pseudo-Speicher: Falls der Look-ahead-Mechanismus feststellt, dass eine zu speichernde Zahl innerhalb der nächsten zwei Befehle wieder gebraucht wird, wird sie in einem speziellen Register festgehalten und dort mit verschwindend kurzer Zugriffszeit wieder abgerufen.
6. Sonderwerte: Wenn ein Resultat die Kapazität des Rechenwerkes nach oben oder unten überschreitet, so wird es als Sonderwert bezeichnet. Es gibt die Sonderwerte  $\infty$ ,  $\gg$  (sehr gross),  $\ll$  (sehr klein), alle mit oder ohne Vorzeichen, ferner Null und Unbestimmt (?). Diese Sonderwerte werden gespeichert und es kann mit ihnen gerechnet werden: Zum Beispiel  $1/\infty = 0$ ,  $\infty - \infty = ?$  und so weiter.
7. Das ungewöhnlichste Merkmal waren zweifellos die rein mechanischen binären Schalt- und Speicherelemente, aus denen der 64-Wort-Speicher aufgebaut war. Sie waren verschieden von den Mechanismen in Registriertischen und Tischrechnern. Die Elemente konnten sowohl für Speicherung wie auch für arithmetisch-logische Funktionen, also zum Beispiel für die Adress-Decodierung verwendet werden. Um die gleiche Speicherkapazität zu erhalten, wären etwa 2500 Relais nötig gewesen, was Grösse, Gewicht und Kosten der Maschine mehr als verdoppelt hätte.

Alle diese Ideen gehen auf Konrad Zuse zurück. In ein oder zwei Fällen war er vielleicht nicht der erste Erfinder, aber er hatte jedenfalls keine Kenntnis von Arbeiten an anderen Orten; er hat bis 1950 in vollständiger Isolation vom weltweiten Geschehen gearbeitet. Seine schöpferische Kraft unter solchen Umständen verdient uneingeschränkte Bewunderung.

## Der Rechenbetrieb an der Z4

Um den Erfolg zu verstehen, der dem Betrieb der Z4 in Zürich in den Jahren von 1950 bis 1954 beschieden war, ebenso die vielfältigen Impulse, die von ihr für die Forschung in numerischer Mathematik ausgegangen sind, muss man sich eine Anzahl von Besonderheiten vergegenwärtigen.

Einige von ihnen hängen mit dem allgemeinen Stand der Computertechnik in diesen Jahren zusammen; andere lassen sich nur auf Grund der ganz besonderen Merkmale dieser Maschine verstehen. Darüber möge im folgenden einiges gesagt sein. Der Leser mag aus diesen Bemerkungen gleichzeitig einiges über Beurteilungskriterien und Wertvorstellungen vor 30 Jahren entnehmen. Die Rechenzeiten der Z4 waren wie folgt:

Addition 0,5 s

Multiplikation 3 s

Division und Quadratwurzel 6 s

Speicherzugriff 0,5 s. Der Speicherzugriff war mit den Rechenoperationen überlappt und beanspruchte in den meisten Fällen keine zusätzliche Zeit.

Rechengeschwindigkeit: Etwa 1000 arithmetische Operationen pro Stunde.

Heute lächeln wir über solche Zahlen und wundern uns, dass auf dieser Grundlage überhaupt ernsthafte mathematische Arbeit in Aussicht genommen werden konnte. Diese Frage stellt sich aber nicht erst heute. Die Elektroniker lächelten schon damals; sie sagten «das können wir mindestens 100mal besser». Tatsache aber war, dass auf dem Markt keine elektronische Rechenanlage mit Speicher erhältlich war; es kam nur ein Eigenbau in Frage, der auf jeden Fall mehrere Jahre beanspruchen würde. Betrachtete man die Z4 in einem realistischen Vergleich unter den damaligen Gegebenheiten, so musste man sich sagen, dass ihre Kapazität der Leistung eines Rechenbüros mit etwa 40 mit Tischrechnern ausgerüsteten Personen entsprach. So etwas hätte weit ausserhalb der Reichweite des Instituts gelegen. Die Z4 offerierte also eine Rechenleistung, die auf keine irgendwie denkbare andere Art hätte beschafft werden können und die auch den meisten anderen mathematischen Instituten in Europa und USA unzugänglich war. Für die Entwicklung und Erprobung numerischer Verfahren war das eine vorzügliche Ausgangsposition.

Die wissenschaftliche Arbeit an der Z4 war ganz verschieden von dem, was wir heute gewohnt sind. Es gab keine Programmierungssprachen – nicht einmal der Begriff existierte. Die Z4 hatte eine anschauliche und handliche Maschinensprache, die sich vorteilhaft von den meisten elektronischen Projekten, die wir in USA und Europa studiert hatten, abhob. Das Verzeichnis der Befehle war reichhaltig. Es gab separate Tastaturen für die Eingabe von Zahlen und von Programmbefehlen. Beide waren benutzerfreundlich in einem Mass, das wir nirgendwo gesehen hatten; es war offenkundig, dass der Konstrukteur über reiche praktische Erfahrungen mit dem Betrieb solcher Anlagen verfügte. Auf Wunsch konnte man die Maschine wie einen Tischrechner benützen; man konnte also kurze Befehlsfolgen ausführen, ohne zuerst ein Programm herzustellen. Übersichtliche Lampenfelder erlaubten es, Daten sowohl im Dezimal- als auch im Dualsystem zur Anzeige zu bringen und abzulesen.

## Interaktives Rechnen

Das Rechnen auf der Z4 war interaktiv im stärksten Sinn des Wortes. Der Begriff des interaktiven Rechnens existierte damals freilich noch nicht, einfach deshalb, weil man der Situation, in welcher das Rechnen nicht-interaktiv wird, noch nie begegnet war. Der Mathematiker war zugleich Programmierer und Operateur und war mit dem Gang seines Programms dauernd verbunden. Zwischenresultate wurden laufend ausgedruckt; man konnte Wartestellen im Programm einbauen und neue Zahlen eintasten, die man sich auf Grund der abgelesenen Zwischenresultate überlegt hatte. Wenn der Gang der Rechnung den Erwartungen nicht entsprach, so konnte man sie frühzeitig abbrechen.

Das Schreibwerk war eine elektrische Schreibmaschine, die mit Zugmagneten versehen worden war. Es stand eine Auswahl von Druckschemata zur Verfügung, die überaus benutzerfreundlich ausgestaltet waren. Man konnte die Ergebnisse nach Wahl mit beweglichem Komma oder mit zugefügter Zehnerpotenz ausdrucken. Die Kommas wurden geradlinig untereinander angeordnet. Man konnte die ausgedruckte Stellenzahl frei wählen; unnötige Nullen wurden unterdrückt; alle diese Merkmale waren in den Programmbefehlen enthalten. Dieses Schreibwerk war ein wichtiges Hilfsmittel in der interaktiven Arbeit, und seine Ausgestaltung war seiner Zeit deutlich voraus.

Aber die Z4 offenbarte sich dem Benutzer nicht nur optisch, sondern auch akustisch: Durch genaues Zuhören bekam man manche Aufschlüsse über den Programmablauf. Deutlich konnte man das Ticken des Programmabtasters, das Klappern der Relais im Rechenwerk und das Klirren der Speicheroperationen unterscheiden. Mit einiger Übung konnte man zu jeder Zeit sagen, ob eine Addition, eine Multiplikation oder eine Division im Gang war. Längere Umspeichervorgänge oder Sprünge – also das Überspringen einer Folge von Befehlen – waren sofort erkenntlich. Ein Blick durch die Glasfront auf zwei Schrittschalter half, Divisionen von Quadratwurzeln zu unterscheiden. Ein Steckenbleiben des Programmes – etwa wegen falscher Befehlsfolgen – war sofort hörbar. Auf diese Art konnte der Benutzer das Schicksal seines Programmes in einer Weise verfolgen, die wir heute nicht mehr kennen und die einer rationellen Ausnützung der Rechenkapazität in hohem Masse förderlich war. Anders wäre es undenkbar gewesen, mit der Rechenleistung von 1000 arithmetischen Operationen pro Stunde kreative Arbeit zu leisten.

## Begrenzungen

Durch die nach heutigen Maßstäben bescheidene Rechenleistung war der Umfang der Rechenaufgaben, die in Angriff genommen werden konnten, begrenzt. Aus betrieblichen Gründen konnte man an Aufgaben von mehr als 100 Stunden Dauer nur in Sonderfällen herangehen. *Der Rahmen war also gegeben durch die Schranke von 100 000 Operationen und 64 Speicherplätzen.* Diese Schranke war einerseits eine Fessel für die Verwirklichung von Ideen, gleichzeitig aber ein enormer Ansporn für die Suche nach Methoden und Verfahren, um in diesem beschränkten Rahmen

möglichst viel unterzubringen. Ich bin überzeugt, dass dieser Ansporn ein wesentlicher Faktor für die Entstehung der bedeutenden Arbeiten von Stiefel und Rutishauser in den Z4-Jahren war. Darüber hinaus bestand für alle Benützer ein starker Anreiz, ihre Programme sorgfältig zu bedenken und in jedem Einzelfall die günstigsten Wege zu suchen. – Ich kann nicht umhin, diese Situation mit der heutigen Regelung an Hochschulinstituten zu vergleichen, wo jeder Benützer beliebige Rechen- und Speicherkapazität – in manchen Fällen erst noch kostenlos – beanspruchen kann. Seinerzeit hätten wir wohl gesagt, dass ein solcher Zustand der schöpferischen Tätigkeit des Wissenschafters fast schrankenlose Entfaltungsmöglichkeit eröffnen würde. Heute müssen wir erkennen, dass der Wegfall von Schranken nicht bei allen Benützern eine Stimulierung des Erfindungsgeistes zur Folge hat ...

Wenn wir auf die Zürcher Zeit der Z4 zurückblicken, so können wir abschätzen, dass sie während dieser vier Jahre ungefähr 15 Millionen Rechenoperationen ausgeführt hat. Die heutige Anlage an der ETH erbringt – wenn man die zentralen und die peripheren Prozessoren zusammenrechnet – die gleiche Rechenleistung *in einigen Sekunden*. Es ist ganz klar, dass während der vier Z4-Jahre zusammengerechnet für die Programmierung mehr Sorgfalt aufgewendet wurde und dass auch mehr wissenschaftlich bedeutende und praktisch nützliche Ergebnisse entstanden sind als heute während einiger Sekunden Betriebszeit. Diese Feststellung enthält im Grund eine Selbstverständlichkeit und ist nicht eine Kritik an den heutigen Benützern. Der Vergleich zeigt aber, wie grundlegend sich das digitale Rechnen und die numerische Mathematik im Verlauf eines Vierteljahrhunderts gewandelt haben.

### **Der Betrieb der Z4**

Die Z4 nahm wenige Wochen nach der Installation den produktiven Betrieb auf. Sie erwies sich bald als so zuverlässig, dass man sie während der Nacht unbeaufsichtigt laufen lassen konnte. Bekannt ist der Ausspruch von Konrad Zuse, dass das Klappern der Relais der Z4 an der ETH das einzig Interessante an Zürichs Nachtleben gewesen sei ...

Für den Rechenbetrieb war die Verantwortung Heinz Rutishauser übertragen worden. Seiner aussergewöhnlichen schöpferischen Kraft sind Ideen für Änderungen zu verdanken, die hardwaremässig relativ geringfügig waren, die aber die Einsatzmöglichkeiten gewaltig erweiterten. So konzipierte er eine Betriebsart, wonach die Maschine als Compiler funktionieren konnte. Dabei ist zu bedenken, dass die Z4 das Konzept des gespeicherten Programms nicht kannte; der Speicher war dazu viel zu klein. Das kompilierte Programm wurde auf Streifen ausgelocht.

Es oblag uns Ingenieuren, die Hardware-Änderungen auszuführen. Ich erinnere mich noch gut an die endlosen Stunden, die ich oft brauchte, um unter den etwa 30000 Lötstellen jene zu finden, die geändert werden mussten, um Rutishausers Ideen auszuprobieren! Glücklicherweise war die Z4 ausgezeichnet dokumentiert; die Schaltschemata waren übersichtlich und bis in die letzte Einzelheit nachgeführt. Gegen Ende 1950 begann eine Periode überaus fruchtbaren mathematischen Schaffens. Man muss sich vergegenwärtigen, dass damals auf der Welt nur einige

wenige programmgesteuerte Digitalrechner mit Speicher für die wissenschaftliche Forschung in numerischer Analysis im Betrieb waren. Die Z4 wurde bald eines der fruchtbarsten Arbeitsinstrumente. In den vier Jahren ihres Betriebs publizierten E. Stiefel und H. Rutishauser unter anderen die folgenden, bedeutenden Ergebnisse: Die Methode der konjugierten Gradienten für die Lösung linearer Gleichungssysteme; der QD-Algorithmus und seine Beziehung zur Theorie der Kettenbrüche; der Begriff der numerischen Stabilität in der Integration gewöhnlicher Differentialgleichungen; das Konzept der Programmiersprachen und der Compiler; die Computersprache ALGOL (Bauer, Rutishauser, Samelson). Ich glaube nicht, dass Stiefel bei seinem Entscheid, die Z4 zu kaufen, auf einen so grossen Erfolg zu hoffen wagte.

Als Nichtmathematiker hatte ich an diesem Geschehen keinen wissenschaftlichen Anteil, habe es aber aus nächster Nähe mitverfolgen können. Es gehört zu den eindrücklichsten Erinnerungen meines Lebens, wie in diesen Jahren ein Center of Excellence entstanden ist, das bald zu den bedeutendsten Instituten für numerische Mathematik der Welt gehörte. Der allgegenwärtige schöpferische Geist, das ununterbrochene Erwägen und Abwägen von neuen Ideen, die gründliche Fachkenntnis und die sichere wissenschaftliche Intuition – das waren tägliche Selbstverständlichkeiten, beinahe möchte man sagen «das war die Luft, die man atmete». Die Z4 war der Kristallisationspunkt für diesen Anfang.

### **Die Partnerschaft zwischen Eduard Stiefel und Konrad Zuse**

Die Übernahme der Z4, ihre Installation und ihr erfolgreicher Betrieb wären nicht denkbar gewesen, wenn nicht zwischen Eduard Stiefel und Konrad Zuse ein partnerschaftliches Verhältnis der besten Art bestanden hätte. Die beiden fast gleichaltrigen Männer waren nach Herkunft, Ausbildung und bisheriger Laufbahn denkbar verschieden. Beiden waren aber eine grosse schöpferische Kraft, ein sicheres intuitives Urteil und eine enorme Arbeitskraft gegeben. Als sie sich begegneten, waren sie noch nicht 40 Jahre alt. Professor Stiefel hat uns Assistenten nie in sein Inneres blicken lassen, seine Gefühle blieben uns verborgen. Man geht aber wohl nicht fehl in der Annahme, dass zwischen den beiden nicht nur eine Geschäftsbeziehung und eine wissenschaftliche Partnerschaft bestanden hat, sondern eine echte und dauernde Freundschaft. Es ist anzunehmen, dass ohne diese gegenseitige Übereinstimmung das Unternehmen nicht zustande gekommen wäre. Die Erklärung für äussere Erfolge ist oftmals in den Tiefen des menschlichen Gefühlslebens zu suchen und zu finden.

### **Die kommerzielle Datenverarbeitung**

Grosse und helle Lichter haben die Eigenschaft, dass sie auch markante Schatten werfen. Es ist ein Merkmal fast aller hervorragenden Centers of Excellence, dass sie die begabtesten Köpfe in ihren Sog hineinziehen und dass sich alle Beteiligten mit dem gemeinsamen Ziel und auch mit den gemeinsamen Auffassungen identifizie-



ren. Das führt dazu, dass Nachbargebiete es schwer haben, sich zu entfalten: Das Kraftfeld des Hauptgebietes ist so stark, dass Ansätze in der Nachbarschaft einen schweren Stand haben. Je näher am Zentrum sie liegen, desto geringer sind ihre Überlebenschancen. Dieses Schicksal erlebte die kommerzielle Datenverarbeitung an der ETH. Es ist eine Tatsache, dass die Wichtigkeit der kommerziellen Datenverarbeitung nicht erkannt wurde, und zwar nicht nur in den frühen Ansätzen, sondern auch dann noch, als ihre Bedeutung – gemessen an der weltweit installierten Rechenkapazität – jene der numerischen Mathematik weit überholt hatte. Die Folge war, dass die ETH Zürich sowohl in der Forschung als auch im Unterricht gegenüber vergleichbaren Hochschulen empfindlich ins Hintertreffen geriet. Angesichts der grossen Bedeutung dieses Gebietes für die Praxis kam und kommt diesem Mangel ein gesamtwirtschaftliches Gewicht zu. Erst jetzt ist diese Lücke im Begriff, sich zu schliessen.

### **ERMETH – ein Glied der Verstärkerröhren-Generation**

Es folgen zum Abschluss einige Bemerkungen zur Entstehung der ERMETH. Um sie zu verstehen, muss man bis 1948, das Gründungsjahr des Instituts, zurückgehen. Stiefel hatte schon damals die Überzeugung gewonnen, dass das Institut in den Besitz einer elektronischen Rechanlage kommen musste. Und zwar kam nur ein Eigenbau in Frage; kommerzielle Rechner, die den Anforderungen der mathematischen Forschung genügten, waren damals nicht in Sicht.

Für einen Eigenbau fehlten aber die Kenntnisse; in der publizierten Literatur war praktisch nichts zu finden. Stiefel beschloss daher frühzeitig, zwei seiner Assistenten, einen Mathematiker und einen Elektroingenieur, für ein Jahr nach den USA zu entsenden. Die Wahl fiel auf Heinz Rutishauser und auf den Verfasser dieser Arbeit. Wir verbrachten das Jahr 1949 hauptsächlich an der Harvard University und am Institute for Advanced Study. Die Gastfreundschaft, mit der wir aufgenommen wurden, war ein eindrücklicher Beweis für die Grosszügigkeit, mit der die Amerikaner damals den Europäern ihre weit vorgerückte Technologie zur Verfügung stellten.

Die Entdeckung der Z4 durch Professor Stiefel und der Entscheid, sie zu erwerben, waren während unseres USA-Aufenthaltes erfolgt. Nach unserer Rückkehr fanden wir dementsprechend eine Aufgabe vor, die sich erheblich von jener unterschied, auf die wir uns vorbereitet hatten; wir waren zunächst durch Installation und Betrieb der Z4 vollständig absorbiert.

Dann aber begannen Planung und Bau der Anlage, die den Namen ERMETH (Elektronische Rechenmaschine der ETH) trug. Ihre Fertigstellung wurde durch die Z4 um ein bis zwei Jahre verzögert. Vermutlich ist es dieser Verzögerung zu verdanken, dass die ERMETH überhaupt ein Erfolg wurde; sie ermöglichte es, das Erscheinen neuer Komponenten mit wesentlich grösserer Zuverlässigkeit abzuwarten. Auf Grund von Erfahrungen an anderen Orten ist es sehr fraglich, ob mit Komponenten der vorhergehenden Generation überhaupt ein produktiver Rechenbetrieb möglich gewesen wäre.

Die ERMETH vereinigte nützliche Merkmale in einer Kombination, die selten anzutreffen war. Viele der Ideen hatten wir von unseren Gastaufenthalten in USA und von Besuchen in England mitgebracht. Weitere, überaus wertvolle Merkmale kamen auf Grund der Tatsache hinzu, dass mehrjährige Erfahrungen aus dem praktischen Betrieb mit der Z4 verwertet werden konnten. Die ERMETH-Equipe hatte damit einen Vorzug, den die wenigsten Hochschulgruppen, die mit dem Bau von Elektronenrechnern beschäftigt waren, aufzuweisen hatten.

Die ERMETH ging 1955 in Betrieb. Es war die letzte Gelegenheit für den Selbstbau eines Computers. Inzwischen hatte die Industrie den Ball aufgenommen, und eine kleine Gruppe an einer Hochschule hatte keine Chance mehr mitzuhalten. Nach einer Reihe von erfolgreichen Betriebsjahren hatte auch die ERMETH ausgedient. Damit zog sich das Institut für angewandte Mathematik von der Hardware-Szene, wo es ein kurzes, aber intensives Gastspiel gegeben hatte, zurück.

An der Software-Front ist die ETH unvermindert - und unverändert erfolgreich - tätig geblieben. Sowohl in der numerischen Analysis als auch in den Programmierungssprachen ist in den vergangenen Jahrzehnten ein ununterbrochener Fluss von bedeutenden und allgemein anerkannten Ergebnissen entstanden, der noch heute andauert. Die ETH Zürich ist auf der Landkarte der Computerwissenschaften deutlich sichtbar eingezeichnet; die Saat auf diesem Feld trägt reiche Früchte. Das Feld wurde von 1948 bis 1950 hergerichtet und erstmals beackert. Wie sah die Forschungsszene unseres Landes damals aus? Der Nationalfonds war bereits gegründet; der Wissenschaftsrat und das Bundesamt für Bildung und Wissenschaft existierten noch nicht. Aber die Zeit hatte ein gewaltiges Plus für sich: Es war eine Periode des raschen Aufstiegs; von Jahr zu Jahr standen mehr Mittel zur Verfügung. Es ist eine Erfahrungstatsache, die sich immer wieder bestätigt, dass solche Perioden für die Wissenschaften besonders fruchtbar sind.

Die Zeit der Mittelknappheit, in der wir heute leben, ist bedeutend schwieriger. Ich hoffe trotzdem, dass sich in 30 Jahren eine Gruppe von Zuhörern, so wie wir heute, in einem Hörsaal versammeln wird, um einer Pioniertat der Jahre 80 und 81 zu gedenken!

A. P. Speiser, Brown Boveri Baden

## Kipp-Ikosaeder I

Zur Betrachtung stehen zentrisch-symmetrische *Ikosaeder* vom topologischen Typ des regulären, also berandet von 20 Dreiecken, die zu fünft in den 12 Ecken zusammenstossen. Ein konvexes Exemplar, etwa aus Karton oder dünnen Stäben zusammengebaut, wird nach dem klassischen Satz von A. Cauchy (1813) selbst bei gelenkiger Verbindung der Elemente starr sein. Bei vorhandenen Hohlkanten