

Konrad Zuse



Der Computer – Mein Lebenswerk





Howard Fine

Konrad Zuse

Der Computer – Mein Lebenswerk

Mit Geleitworten von F. L. Bauer und H. Zemanek

Zweite Auflage

Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

Professor Dr. Ing. E. h. Dr. mult. rer. nat. h. c. Konrad Zuse
Im Haselgrund 21, D-6418 Hünfeld

Das Buch basiert auf einer Autobiographie des Verfassers, die 1970 im Verlag Moderne Industrie unter dem gleichen Titel erschienen ist.

Mit 78 Abbildungen

ISBN 978-3-662-06517-4 ISBN 978-3-662-06516-7 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-662-06516-7

CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek. Zuse, Konrad: Der Computer: mein Lebenswerk / Konrad Zuse. Mit Geleitw. von F. L. Bauer u. H. Zemanek. – 2. Aufl. – Berlin; Heidelberg; New York; London; Paris; Tokyo: Springer, 1986.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdruckes, der Entnahme von Abbildungen, der Funksendung, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Die Vergütungsansprüche des § 54, Abs. 2 UrhG werden durch die „Verwertungsgesellschaft Wort“, München, wahrgenommen.

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1984, 1986

Ursprünglich erschienen bei Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 1986.

Softcover reprint of the hardcover 2nd edition 1986

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, daß solche Namen im Sinne der Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

GELEITWORT

Das Werk eines großen Mannes in wenigen Worten zusammenzufassen, wird notwendig, wenn diese Worte in Stein gemeißelt werden sollen. Auch im Geleitwort zur Autobiographie eines solchen Mannes ist es angebracht, Kürze walten zu lassen und durch wenig Worte den Autor um so mehr zu ehren. Für Konrad Zuse lauten diese Worte:

Schöpfer der ersten vollautomatischen, programmgesteuerten und frei programmierten, in binärer Gleitpunktrechnung arbeitenden Rechenanlage. Sie war 1941 betriebsfähig.

So oder ähnlich wird man einmal schreiben müssen, wenn Konrad Zuses Büste in der Walhalla neben denen Gregor Mendels und Wilhelm Conrad Röntgens – um nur zwei zu nennen, denen zuletzt diese Ehre zuteil wurde – aufgestellt wird.

München, August 1984

F. L. Bauer

GELEITWORT

Wie lange und ausführlich immer eine Autobiographie ist, sie kann nicht vollständig sein. Ich freue mich daher, in diesem Geleitwort ein Beispiel dafür anführen zu können, wie das Werk des Verfassers ausgestrahlt hat. Es ist ein kleines Beispiel, von einer Art wie es Dutzende geben mag, aber ein persönliches, das als mein Dank für die Anregung und Unterstützung – die zu einer dauerhaften Freundschaft geführt hat – gelten darf, aber auch als symbolischer Dank aller anderen, die von Konrad Zuse Richtung und Hilfe erhalten haben.

In den frühen Jahren der Computerentwicklung gehörten Besuche und der offene Erfahrungsaustausch zu den wichtigsten Motoren des Fortschritts. Man zeigte, was man hatte, und man ließ sich zeigen, was andere hatten – der Formalismus, mit dem man Patente erhält und verteidigt, kam erst später zum Zug – wenn überhaupt. Als wir in Wien das „Mailüfterl“ begannen (näheres dazu in den „Elektronischen Rechenanlagen“, Heft 6/1983), standen wir nicht nur mit den deutschen Universitätsprojekten in München, Darmstadt, Göttingen und Dresden in Kontakt, sondern auch mit Konrad Zuse und seiner Firma. Alle diese Kontakte waren wichtig und erfolgreich, aber die Verbindung mit Zuse ging weit über das normale Maß hinaus. Er finanzierte einen Mailüfterl-Mitarbeiter – mit dem Verständnis, daß dieser nach Abschluß seiner Dissertation in die Firma eintreten werde, was auch geschah. Dr. R. Bodo war dann in der ZUSE KG recht erfolgreich und setzte seine Karriere bei Siemens fort. Auch in der Speichertechnologie arbeiteten wir zusammen: wir erhielten einen Vorentwicklungsauflauftrag von der ZUSE KG, und wieder ging ein Wiener Mitarbeiter samt seiner Erfahrung nach Bad Hersfeld. Übrigens war die ZUSE KG auch der einzige zahlende Kunde der Mailüfterl-Gruppe: sie zahlte für die Benützung unseres Kernspeicher-Patentes (Dr. Kurt Bandat).

Wie viele Gespräche haben wir mit Konrad Zuse und seinen Mitarbeitern geführt – wer könnte sie zählen? Frommes Gedanken etwa waren auch grundlegend für die Mailüfterl-Architektur;

er war mehrfach in Wien. Mit Konrad Zuse war ich auf zahlreichen Kongressen, bei der Darmstädter Tagung von 1955, bei der Madrider Tagung von 1958, bei der Pariser ICIP 1959, beim IFIP Kongreß 1962 – für die spätere Zeit läßt sich eine Liste gar nicht aufstellen. Es sei aber noch erwähnt, daß Konrad Zuse auf dem Pioniertag des IFIP Council 1972 in Wien einen Vortrag hielt.

Und nun muß man sich vorstellen, wie groß die Summe aller derartigen Kontakte Zuses mit seinen – überwiegend natürlich jüngeren – Fachkollegen war und welchen Einfluß er daher auf die Computerentwicklung in Mitteleuropa hatte. Das kann aus seinen Lebenserinnerungen gar nicht hervorgehen – es ist ein Stück Geschichte, das andere schreiben müssen. Um so wichtiger aber ist es, dieses Buch nun in der überarbeiteten und erweiterten Fassung zu besitzen und zu studieren. Es berichtet bemerkenswert offen über die Fehler, die der Autor in seinem Leben gemacht hat (oder meint, gemacht zu haben). Die Umstände mögen sich ändern, aber die gleichen Fehler werden von den Nachgeborenen mit Gründlichkeit wiederholt. Wer sie vermeiden möchte, wird Konrad Zuses Lebenserinnerungen ein zweites Mal lesen müssen. Das scheint mir ein Lob zu sein, das man nur selten aussprechen darf.

Wien, August 1984

H. Zemanek

VORWORT

Dieses Buch erzählt die Geschichte des Computers aus der Sicht dessen, der vor nunmehr fast fünfzig Jahren den ersten Computer gebaut hat. Zugleich will es Antwort geben auf die mir oft gestellte Frage: „Wie kamen Sie eigentlich dazu, den Computer zu erfinden?“ Es erzählt auch meine Lebensgeschichte, die Geschichte des Erfinders Konrad Zuse. Solche Erfindergeschichten, beziehungsweise diejenigen, die sie erzählen, haben bisweilen einen Hang zum Märchenhaften. Das Publikum, so scheint es, schätzt vor allem den verkannten Erfinder und die wundersame Inspiration. Ich gestehe vorab, daß ich mit beidem nicht werde dienen können. Gewiß, auch in meinem Erfinderleben hat es Inspirationen gegeben; aber etwas Wundersames hatten sie nicht an sich. Alles in allem waren sie das Ergebnis harter Arbeit. Für meine Person gilt, was der große Erfinder Edison einmal sagte, daß nämlich das Erfinden zu einem Prozent aus Inspiration und zu neunundneunzig Prozent aus Transpiration, also Arbeit, besteht. Davon will ich berichten.

Fast ebensooft wie die eingangs zitierte Frage wurde mir die nach den Motiven meiner Erfindertätigkeit, meines Engagements, ja meiner Leidenschaft für die Technik gestellt. Nicht selten meinte ich darin den unausgesprochenen Vorwurf der Naivität mitschwingen zu hören. Auch dazu will ich einiges vorausschicken. Tatsächlich glaubten wir Pioniere der Computerentwicklung an die Technik. Was die Segnungen des technischen Fortschritts anging, herrschte unter uns ein ungeheurer Optimismus, um nicht zu sagen Euphorie. Man mag das Naivität nennen; man sollte aber nicht vergessen, daß diese Haltung erst nach dem Kriege, und auch dann erst allmählich, einer zunehmenden Skepsis gewichen ist. Die entscheidende Zäsur war hier wohl der erste Abwurf einer Atombombe. Seither erwartet man vom Forscher und Erfinder mehr als zuvor ein Bewußtsein von seiner Verantwortung gegenüber der Gesellschaft und von der möglichen Kehrseite der Entwicklungen, die seine Erfindung in Gang bringt. Der Erfinder, so wird gefordert, möge seine Entdeckungen

zuallererst der Öffentlichkeit präsentieren und sodann deren Erlaubnis einholen, an ihnen weiterzuarbeiten. Man wird sehen müssen, wie künftige Erfindergenerationen mit solchen Ansprüchen fertig werden. Ich selber will diesbezüglich Zweifel nicht verhehlen. Aus leidvoller Erfahrung weiß ich, daß neue Ideen in den seltensten Fällen überhaupt ein interessiertes Publikum finden. Ich selber habe in den dreißiger Jahren nur meinen engsten Freunden und Mitarbeitern zu erzählen gewagt, daß ich es für möglich hielte, daß Computer eines Tages Schachgroßmeister besiegen könnten. In der Öffentlichkeit hätte man mich dafür einen Phantasten geheißen. Wie also hätte ich, gesetzt den Fall, sie wäre mir bewußt gewesen, die mögliche Kehrseite solcher „Phantastereien“ zur Diskussion stellen sollen? Ich hätte mir wohl nur meine ohnehin nicht sehr zahlreichen Förderer verschreckt. Es ist eben so, daß eine Erfindung in der Regel erst dann öffentliches Interesse findet, wenn aus dem noch formbaren kleinen Kind sozusagen ein strammer Bursche geworden ist, der sich, um im Bild zu bleiben, so leicht nicht mehr herumkommandieren läßt. Die Freiheit des Forschers und Erfinders wird hier oft überschätzt, ganz zu schweigen davon, daß die technische und wissenschaftliche Entwicklung ein so komplizierter Prozeß ist, daß die Folgen einer bestimmten Innovation nur schwer vorauszusehen sind.

Und ein Weiteres wird vergessen: das, was man die Seele oder das Lebensgefühl nicht aller, aber doch vieler Erfinder nennen könnte. Für sie nämlich ist das Erfinden und Entdecken nicht eine Beschäftigung unter vielen, sondern tatsächlich, wie Oswald Spengler sagt, eine Leidenschaft. In der Figur des Faust hat Goethe diesem Lebensgefühl großartig Ausdruck gegeben. Und wie beim Faust, so finden sich auch in der Umgebung vieler Erfinder und Entdecker mephistophelische Gestalten. Nur zu oft ist der Erfinder der faustische Idealist, der die Welt verbessern möchte, aber an den harten Realitäten scheitert. Will er seine Ideen durchsetzen, muß er sich mit Mächten einlassen, deren Realitätssinn schärfer und ausgeprägter ist. In der heutigen Zeit sind solche Mächte, ohne daß ich damit ein Werturteil aussprechen möchte, vornehmlich Militärs und Manager. So ist etwa die amerikanische Computerentwicklung – oder gar die der Raumfahrt – gar nicht denkbar ohne die Unterstützung der Militärs. Ich selber habe es mehr mit Managern und Wissenschaftlern zu tun gehabt. Nach meiner Erfahrung sind die Chancen des Einzelnen, sich gegen solches Paktieren zu wehren, gering.

Zwei Bemerkungen noch zur technischen Seite dieses Buches. Zum einen sind viele meiner Unterlagen der Vorkriegszeit während des Krieges verlorengegangen. So gibt es zum Beispiel von

meinen ersten Rechenmaschinenmodellen kaum noch Bilder oder Pläne. Ich habe mich deshalb hie und da mit Handskizzen behelfen müssen. Zum zweiten bin ich davon ausgegangen, daß nicht jeder, der sich für die Geschichte des Computers interessiert, Computerfachmann ist. Ich habe mich deshalb entschlossen, das Buch so allgemeinverständlich wie möglich zu schreiben und dem Fachmann einen Wissenschaftlichen Anhang zur Verfügung zu stellen, auf den im Text jeweils verwiesen wird.

Schließlich möchte ich an dieser Stelle all jener gedenken, die mich auf die eine oder andere Weise in meiner Arbeit unterstützt haben und die heute nicht mehr leben. Es sind dies vor allem meine Eltern und meine Schwester sowie meine unmittelbaren Mitarbeiter Professor Helmut Schreyer, Günther Buttmann, die Gebrüder Herbert und Horst Müller, Hans Lohmeyer, Dr. Hans-Jürgen Funk und Theodor Fromme. Besondere Unterstützung fand ich in Deutschland bei den Herren Dr. Kurt Pannke, Professor A. Teichmann, Professor Alwin Walther, Gerhard Overhoff, Walter Hubing, Professor Hubert Cremer und Professor Herbert Wagner. Nach dem Kriege fand ich wesentliche Unterstützung auch aus der Schweiz; mein Dank gilt den Herren Professor Donald Brinkmann, Oskar Weder, Dr. Heinz Rutishauser und ganz besonders Professor Eduard Stiefel. Gedacht sei auch der Pioniere der Computerentwicklung Hans-Joachim Dreyer (Deutschland), Howard H. Aiken (USA), John v. Neumann (USA) und John W. Mauchly (USA).

Hünfeld, August 1984

K. Zuse

INHALTSVERZEICHNIS

1 ERSTES KAPITEL

Vorfahren und Eltern – Erste Kindheitserinnerungen – Schulzeit – Metropolis – Abitur

13 ZWEITES KAPITEL

Studium (nicht ohne Irr- und Seitenwege) und Studium Generale – Erste Erfindungen – Der Akademische Verein Motiv – Studentenleben zwischen Wissenschaft und Politik

30 DRITTES KAPITEL

Die frühen Jahre des Computers (und ein Exkurs zu seiner Vorgeschichte) – Mitarbeiter erinnern sich – Von der Mechanik zur Elektromechanik – Schreyers elektronische Rechenmaschine – Erste Außenkontakte – Zukunftsgedanken

49 VIERTES KAPITEL

Kriegsausbruch und (erste) Einberufung – Als Statiker im Flugzeugbau – Die Geräte Z2 und Z3 – Zweite Einberufung – Die „Zuse Ingenieurbüro und Apparatebau, Berlin“ – Der erste Prozeßrechner

66 FÜNFTES KAPITEL

Die Anfänge der Z4 – Eine Nachricht aus den USA – Versuch einer Doktorarbeit – Die Rechenmaschine für logische Operationen – Letzte Kriegsmonate in Berlin – Die Evakuierung – Vollendung der Z4 in Göttingen – Letzte Kriegstage im Allgäu

85 SECHSTES KAPITEL

Kriegsende – Flüchtlinge in Hinterstein – Der Plankalkül –
Der Rechnende Raum – Automation und Sich-selbst-reproduzierende-Systeme – Eine logarithmische Rechenmaschine – Computerentwicklung in Deutschland und in den USA – Umzug nach Hopferau bei Füssen –
Die Mühlen des Patentamts

101 SIEBTES KAPITEL

Das „Zuse-Ingenieurbüro, Hopferau bei Füssen“ –
Erste Geschäftspartner: IBM und Remington-Rand –
Die erste Pipelining-Konstruktion – Gründung der ZUSE KG in Neukirchen – Die Z4 an der ETH in Zürich – Computer in Europa: eine Zwischenbilanz – Verpaßte Gelegenheiten – Der erste deutsche Auftrag: die Z5

119 ACHTES KAPITEL

Die Teilhaber scheiden aus – Rechner für die Flurbereinigung – Die Elektronik setzt sich durch – Erste Gelder von der DFG – Verirrungen (und womöglich eine verpaßte Chance) – Die Feldrechenmaschine – Maßarbeit für Geodäten – Der Graphomat Z64 – Wachstum und Krise der ZUSE KG – Das Ende

140 NEUNTES KAPITEL

(Wieder) frei für die Wissenschaft – Ehrungen –
Blick in die Zukunft

165 WISSENSCHAFTLICHER ANHANG

- 165 Anlage 1. Vom Formular zur Programmsteuerung**
- 170 Anlage 2. Aufbau der Geräte**
- 188 Anlage 3. Zur Computerarchitektur**
- 190 Anlage 4. Zum Plankalkül**
- 199 Anlage 5. Vortrag anlässlich der Verleihung der Ehrendoktorwürde durch die Technische Universität Berlin (Auszug)**
- 202 Anlage 6. Der Computer fiel nicht vom Himmel**

- 207 Anmerkungen*
- 210 Literaturverzeichnis*
- 213 Personenregister*
- 215 Sachwortverzeichnis*
- 218 Verzeichnis der Computer und Rechengeräte*

ERSTES KAPITEL

Vorfahren und Eltern – Erste Kindheitserinnerungen – Schulzeit – Metropolis – Abitur

Ich bin am 22. Juni 1910 in Berlin geboren.

Die Ahnenforschung hat mich bis zu den Urgroßeltern geführt. Sie lebten in dem Dorf Voigtshagen in Pommern. Unter ihren Vorfahren soll mancher Schäfer gewesen sein. Daher mag der Hang zur Verschlossenheit röhren, den auch ich in mir verspüre. Manches spricht auch dafür, daß meine Vorfahren Hugenotten waren, die unter dem Namen Suze aus Frankreich herüberkamen. Aber dafür gibt es keine Beweise. Ich habe gleichwohl zeit meines Lebens das, was ich den Hugenottengeist nennen möchte, gut nachfühlen können. Die Hugenotten waren keine Revolutionäre; sie standen aber tapfer für ihren Glauben ein und ließen sich durch äußere Macht nicht beeindrucken.

Mein Vater war Preuße, preußischer Beamter im besten Sinne. Bei seinem vierzigjährigen Dienstjubiläum hatte er nicht einen Tag wegen Krankheit gefehlt. Meine Mutter war eine geborene Crohn und stammte aus Cammin. Sie



Die Eltern des Verfassers, Maria und Emil Zuse



Die Schwester des Verfassers, Lieselotte

war eine Nichte meines Vaters. Über ihre Kindheit hat sie nicht gern gesprochen. Aber ich weiß, daß meine Großmutter sich mit ihren beiden Töchtern, von denen eine meine Mutter war, in Berlin als Näherin hat durchschlagen müssen. Sie muß eine tapfere Frau gewesen sein. Auch von dieser Seite sind mir Sparsamkeit und Fleiß mitgegeben. Ich war das zweite Kind meiner Eltern. Meine zwei Jahre ältere Schwester hat später Volkswirtschaft studiert und war so klug, daß man von ihr sagen kann, sie hatte das Pech, in der damaligen Zeit als intelligenter Mensch und als Frau geboren zu sein. Sie war eine emanzipierte Frau, obgleich keine Frauenrechtlerin.

Meine Geburtsstadt Berlin habe ich schon mit zwei Jahren verlassen. Dennoch habe ich diese Stadt immer als meine eigentliche Heimat betrachtet. Spätere Besuche haben mich jedesmal aufs Neue fasziniert. Ich glaube, mich sogar an ein bestimmtes Bild erinnern zu können, das schon dem Zweijährigen großen Eindruck machte. In der Nähe des Bahnhofs Gleisdreieck lagen mehrere Eisenbahn- und Hochbahnbrücken übereinander. Ein Blick nach oben zu den sich überschneidenden Brücken und Bahnhofsanlagen ist mir bis heute im Gedächtnis. Vielleicht stammt von daher meine spätere Vorliebe für solche Motive in der Malerei.

Von meinem zweiten Lebensjahr an lebte ich in Braunsberg, einer verschlafenen ostpreußischen Kleinstadt. Mein Vater war dort mittlerer Postbeamter; wir wohnten im Postamt gegenüber dem alten schönen Rathaus. Von dem verschwommenen Bild der Berliner Hochbahnbrücken abgesehen, ist meine erste sichere Kindheitserinnerung die an den Beginn des Ersten Weltkrieges. Schon in den ersten Kriegswochen kamen viele Flüchtlinge nach Braunsberg. Ich sehe noch deutlich das Bild des Marktplatzes mit den Pferdewagen der Flüchtlinge vor mir. Auch unser eigenes Schicksal hing wohl damals an einem seidenen Faden,

*„Brücken“
(Ölbild des Verfassers)*



*Rathaus in Braunsberg,
Ostpreußen*

▽.



denn erst im letzten Augenblick konnte Ostpreußen durch die Schlacht bei Tannenberg befreit werden. Von all diesen Dingen begriff das Kind freilich noch nichts. Sehr lebhaft in Erinnerung sind mir auch die damals noch ziemlich häufigen Brände in der Stadt. Genau gegenüber meinem Schlafzimmer befand sich in der Giebelwand des Rathauses die Feuerglocke. Sie dröhnte nachgerade schauerlich und riß uns manche Nacht aus dem Schlaf. Meine kindliche Phantasie sah dann schon die ganze Stadt in Flammen, was beim damaligen Stand der Löschtechnik zumindest in der Braunsberger Altstadt noch durchaus möglich gewesen wäre. Es war jedesmal eine große Erleichterung, wenn wir erfuhren, daß es nicht bei uns, sondern in der Neustadt brannte.

Mit uns im Postgebäude wohnte der Postdirektor mit seiner Familie. Er hatte mehrere Kinder, von denen einige rechte Strolche waren. Sie machten allerlei Dummheiten, und an nicht wenigen war ich beteiligt. Die „Jungs von der Post“ standen nicht eben in bestem Ruf in Braunsberg. Zu unseren Glanzstücken gehörten Zirkusvorstellungen auf dem Posthof, zu denen sich die Kinder der gesamten Nachbarschaft einfanden. Auch die Postbeamten gehörten zu unseren Zuschauern. Die alten Postkutschen und die im Posthof aufgestellten Kabeltrommeln dienten uns als Kulissen. Ich balancierte auf einer alten leeren Teertrommel und vollbrachte dabei allerhand Kunststücke. Auch an einen unserer Streiche kann ich mich gut entsinnen: In jenen Jahren wurde die allgemeine Elektrizitätsversorgung eingeführt, und auch unser Treppenhaus bekam eine schöne Beleuchtung mit Schaltern in jedem Stockwerk. Wir Jungs pflegten uns nun oben unter dem Dach zu verstecken und von dort aus das Licht auszuknipsen, sobald ein abendlicher Besucher etwa die halbe Höhe der Treppe erreicht hatte. Dazu ließen wir einen Bügel mit einem weißen Hemd das Treppenhaus hinunter. Manch ein Besucher hat darauf fluchtartig unser Haus verlassen. Die Treppenschaltung war übrigens eine der ganz wenigen Anregungen in Sachen Technik, an die ich mich aus der Braunsberger Zeit erinnere. Ich weiß noch gut, wie sie mir mein Klassenkamerad Schiemann – wir besuchten da schon das Gymnasium – zwischen den Lateinstunden auf die ehrbaren alten Mauern des Gymnasiums Hosianum zeichnete. Ich bastelte sie zu Hause mit Hilfe von Blech und Nägeln nach.

Die Umgebung von Braunsberg bot wenig Abwechslung, zumal unser Aktionsradius ohne Fahrrad und Auto beschränkt war. Ein schöner Spaziergang führte den Fluß Passarge entlang, vorbei an den alten Speichern aus der Hansezeit. Dazu gab es die Hafffuferbahn und Dampfer, die über das Frische Haff nach Kahlberg und Narmeln fuhren. Das waren herrliche Sonntagsausflüge. Von daher röhrt wohl meine lebenslange Vorliebe für das Meer. Etwas weiter entfernt, in Masuren, wohnte der Bruder meines Vaters in einer geradezu paradiesischen Gegend. Bei Onkel Ernst in Cruttinnen habe ich oft meine Ferien verbringen können. Er war Förster und, wie mein Vater, ein typischer preußischer Beamter. Der Cruttinnenfluß war berühmt für seine Schönheit und stand unter Naturschutz. Es war herrlich anzusehen, wie die alten Bäume sich weit übers Wasser beugten und den Kahnfahrer zwangen, um sie herumzusteuern. „Das muß weg“, pflegte mein Onkel in seiner preußischen Ordnungsliebe zu



△

*Speicher aus der Hansezeit in Braunsberg
(Kreidezeichnung des Verfassers)*



*Die Mühle des Großonkels
(Linolschnitt des Verfassers aus der
Schulzeit)*

sagen. Natürlich liebte er auch die Natur; aber gegen die Ordnung durfte selbst sie nicht verstoßen. Ein paarmal durfte ich auch meinen Großonkel auf der Insel Wollin besuchen, der einen Bauernhof mit einer alten Windmühle besaß. Ich

besitze noch einen Linolschnitt aus dieser Zeit, der die Windmühle zeigt. Sie ist ein immer wiederkehrendes Motiv in meinen künstlerischen Arbeiten geblieben.

Es war damals noch möglich, nach drei Jahren Vorschule das Gymnasium zu besuchen. Ich absolvierte diese drei Jahre auf der Evangelischen Höheren Mädchen-Schule und war bei der Aufnahme ins Gymnasium knapp neun Jahre alt. Da ich später immer gerade so viel gearbeitet habe, daß ich nicht sitzenblieb, konnte ich mein Abitur bereits mit siebzehn Jahren machen. Auf diese Weise war ich immer etwa zwei Jahre jünger als die meisten meiner Klassenkameraden, was mir einiges an Minderwertigkeitsgefühlen eingetragen hat. Vor allem körperlich fühlte ich mich den zwei Jahre Älteren unterlegen. Ich habe auch des öfteren Prügel bezogen.

Ich besuchte das humanistische Gymnasium Hosianum, an dem der berühmte Mathematiker Weierstraß gewirkt hatte. Es herrschte dort noch der alte, traditionelle Geist. Die dicken Gewölbe der ehemaligen Burg, in der das Gymnasium untergebracht war, hatten gleichsam symbolischen Charakter. Die Lehrer, zum Teil noch Professoren genannt, thronten wie Halbgötter über uns Schülern. Acht Stunden Latein in der Woche – wir armen Sextaner hockten verschüchtert wie die Mäuschen vor der Katze beziehungsweise dem Kater. In stärkster Erinnerung ist mir unser Lateinlehrer Hohmann, genannt Tithemi, geblieben. Er stellte in besonders charakteristischer Weise den Typ des alten humanistischen Gymnasiallehrers dar. Sicher hat er auch einen positiven Einfluß auf seine Schüler gehabt. Mir persönlich jedoch lagen Sprachen nicht. Latein, insbesondere wie er es zu lehren pflegte, war mir ein Greuel. Im stärksten Berliner Bombenkrieg habe ich nicht wieder solche Ängste ausgestanden wie in den allmorgendlichen Lateinstunden, wenn jeder bangte, ob er heute drankäme.

Ich muß für meine Lehrer kein sehr angenehmer Schüler gewesen sein. Ich war als Kind und als Jugendlicher ein Träumer, und meine Gedanken schweiften auch in der Schule oft vom Thema ab.



„Tithemi“, Lateinlehrer am Gymnasium Hosianum in Braunsberg – der einzige Mann, vor dem der Verfasser in seinem Leben gezittert hat

Einer meiner Lehrer äußerte einmal sinngemäß, in der Klasse sitze einer, der besser Suse statt Zuse hieße. Die Seiten meines Lateinbuches, des „Ostermann“, zierten die Lokomotiven der Deutschen Reichsbahn und peinlich genau nachgezeichnete Berliner Stadtbahn-Züge. Tithemi war selbstverständlich erbost, hatte aber doch so viel Verständnis, daß er das Buch dem Zeichenlehrer Heider zeigte, der wiederum meinem Vater riet, er solle mir für meine Zeichenübungen besseres Papier geben.

Wenngleich meine Erinnerungen an das Gymnasium Hosianum in Braunsberg nicht ungetrübt sind, so habe ich dort doch manche Freundschaft schließen können, die die Schulzeit überdauert hat. Einer der Freunde aus dieser Zeit war Herbert Weber. Er wurde später mein erster Financier. Mit einem Teil seiner Ersparnisse begann ich den Computerbau. Auch heute noch besteht trotz der politischen Verhältnisse in Deutschland ein reger Kontakt zwischen den ehemaligen Schülern und Schülerinnen der Braunsberger Schulen.

Ich war in der Obertertia, als mein Vater Oberpostmeister in Hoyerswerda wurde. Zur Abwechslung kam ich nun auf ein modernes Reform-Realgymnasium. Tithemi hatte mir zum Abschied gesagt, er habe beide Augen und auch noch seine Hühneraugen zugeschlagen und mir statt einer Fünf eine Vier in Latein gegeben. Mit im wesentlichen diesen Lateinkenntnissen hielt ich auf dem Reform-Realgymnasium bis zum Abitur eine Zwei.

Dafür herrschte in Hoyerswerda ein freiheitlicher Geist. Wir hatten junge Lehrer mit einem Hang zur Schulreform. „Arbeitsunterricht“ war das große Schlagwort. Unser Kommentar: „Arbeitsunterricht – wenn alle schlafen und einer spricht.“ Der Geist aber konnte sich hier schon eher entfalten. Ich entsinne mich zum Beispiel an eine lebhafte Diskussion mit dem Geographielehrer, der mir durchaus nicht glauben wollte, daß die Drehung der Erde durch Ebbe und Flut abgebremst wird. Mit jugendlichem Pathos erklärte ich: „Und sie wird doch gebremst!“, was mir vom Physiklehrer Naumann auch bestätigt wurde.

Naumann – oder Nauke, wie wir ihn nannten – stellte, wie Tithemi in Braunsberg, einen besonderen Typ des Gymnasiallehrers dar, allerdings einen ganz und gar anderen. Er war gewiß ein hervorragender Mathematiker und las die Schriften von Gauß in lateinischer Sprache; aber die Lehrertätigkeit lag ihm nicht. Er war viel zu sehr mit sich selbst beschäftigt, als daß er etwa für die nötige Disziplin in der Klasse hätte sorgen können. Den Einsichtigeren von uns hat er oft leid getan. Ich selbst genoß bei ihm den Ruf eines guten Mathematikers; er kümmerte sich daher wenig um mich. Das führte dazu, daß ich meine Schularbeiten in Mathematik eine Zeitlang so vernachlässigte, daß ich ihm zu seiner großen Enttäuschung selbst einfachste Fragen nicht mehr beantworten konnte. Ein anderer Mathematik- und Physiklehrer imponierte uns durch die saloppe Art, auf die er auch schwierigste Dinge zu erklären pflegte, etwa die Brechung eines Lichtstrahls aus dem Prinzip der größten Faulheit in der Natur.

In der Stadt war ich als der „Bändelfahrer“ bekannt. Ich hatte mir ein altes Fahrrad gekauft, das aber so verbogen war, daß ich damit nicht wie meine Schulkameraden freihändig fahren konnte. Ich glich die Rechtsneigung des Gefährts durch einen Bindfaden auf der linken Seite der Lenkstange aus und



„Meine Bude“ (Karikatur des Verfassers aus der Schulzeit mit dem aus dem Stabilbaukasten gebauten Greiferkran)

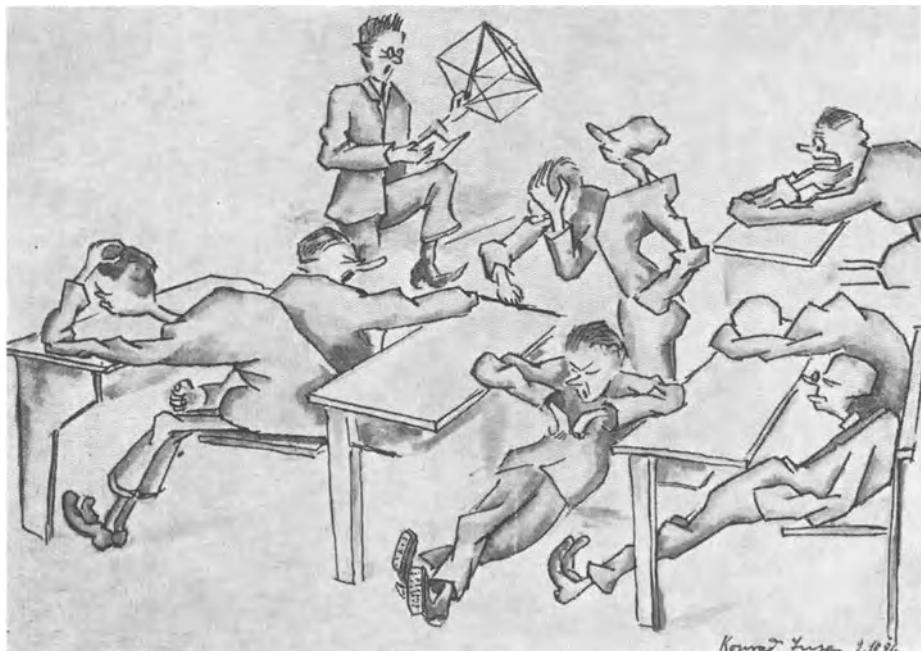
konnte – wie die anderen – mit den Händen in den Jackentaschen durch die Straßen radeln. Eines Tages entdeckte ich auch, daß das Rad ein Zweiganggetriebe hatte, das jedoch so defekt war, daß der Fahrradhändler es nicht reparieren konnte. Einen Tag später führte ich ihm stolz mein Zweiganggetriebe vor. Die fehlenden Teile hatte ich nach einigen Umkonstruktionen aus meinem Stabilbaukasten ergänzt.

Überhaupt war der Stabilbaukasten in dieser Zeit mein ein und alles. Das damals moderne Radiobasteln lag mir weniger. Ich hatte zeitlebens eine vorwiegend optische Einstellung zu meiner Umwelt. Ich habe mich wohl auch deshalb nie musikalisch betätigt. Diese vielleicht etwas einseitige Begabung wirkte sich noch bei der Konstruktion meiner Computermodelle aus: auch da bevorzugte ich zunächst mechanische und elektromechanische Konstruktionen und überließ die Elektronik anderen, die dafür bessere Voraussetzungen mitbrachten. Einstweilen aber galt meine Vorliebe Kränen und Greifern. Auf dem Schrank in meinem Zimmer baute ich einen riesigen Greiferkran, der über Schnüre in allen seinen Bewegungen von meinem Schreibtisch aus bedient werden konnte. Besondere Schwierigkeiten bereitete dabei die Schließbewegung des Greifers, deren Steuerung durch die Laufkatze und ihre Schwenkbewegung hindurchgeleitet werden mußte. Mit dem Stabilbaukasten beteiligte ich mich auch an Wettbewerben der Lieferfirma; mit den Preisen, die ich gewann, erwarb ich Ergänzungsbaukästen. Mit Spielzeugeisenbahnen verhielt es sich damals leider weniger einfach. Sie waren noch sehr teuer, und ich mußte froh sein, eine Lok zum Aufziehen zu

haben. Ich baute ein umfangreiches Schienennetz mit allen möglichen Typen von Weichen aus Konservenbüchsenblech und wurde doch – mit nur einem Zug und wenigen Wagen – des Spielens nicht recht froh.

In Hoyerswerda gab es endlich auch eine technische, eine technisierte Umwelt. Nicht weit von der Stadt lagen modern eingerichtete Braunkohlegruben und das bekannte, der Aluminumgewinnung dienende Lautwerk. Die großen Abraumförderbrücken gaben mir eine erste Vorstellung von einem automatisierten, technischen Zeitalter. Mit Begeisterung versuchte ich, diese Giganten mit meinem Stabilbaukasten nachzubauen.

Ich war inzwischen sechzehn Jahre alt, und bis zu diesem Zeitpunkt war es mein ersehntes Ziel gewesen, einmal Ingenieur zu werden. Nun aber ging mir plötzlich das Zeichnen immer flotter von der Hand: auch dies ein Ausdruck meiner eher optischen Grundeinstellung zur Welt. Eine Zeitlang stritt nun in mir der Ingenieur mit dem Künstler. Die Zeichnungen aus dieser Zeit – es waren vor allem Karikaturen – füllten eine ganze Mappe. Unser Zeichenlehrer Bracki gehörte bereits der Generation an, die sich auch für moderne Malerei interessierte. Er erklärte uns das Wesen der verschiedenen Kunstrichtungen der Zeit, insbesondere des Expressionismus, an dem ich schließlich selber Gefallen fand. Dresden war in der Nähe, und wir konnten die dortigen Kunstausstellungen besuchen. Am Ende blieb aber doch der Ingenieur in mir der Stärkere. Erst nach meinem Ausscheiden aus dem aktiven Berufsleben konnte ich mich wieder dem



Mathematikunterricht (Karikatur des Verfassers aus der Schulzeit)



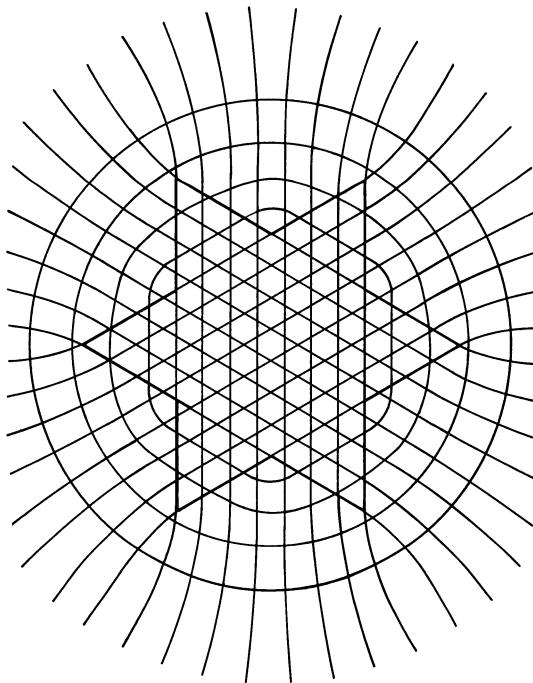
Kunstausstellung in Dresden (Karikatur des Verfassers aus der Schulzeit)

Zeichnen und der Malerei widmen. Inzwischen ist auch daraus ernsthafte Arbeit geworden.

Ingenieur also. Berlin, meine Geburtsstadt, war nicht weit. Dort gab es genug Technik und genug zu verbessern. Freilich, was sollte ich mich mit einer völlig verbauten Stadt aufhalten? Nein, ich wollte die Stadt der Zukunft entwerfen. Es gab damals in den illustrierten Zeitungen manchen Entwurf solcher Phantasiestädte, und der Film „Metropolis“ wurde als große Sensation empfunden. Als Jahresarbeit für die Oberprima entwarf ich mein Metropolis: eine 35-Millionen-Stadt nach verkehrstechnischen Gesichtspunkten.

Damals galt entweder das amerikanische Schachbrett muster oder ein rein zentrales System als besonders günstig. Ich wählte eine Kombination beider Formen, bei der sich das äußere zentrale Straßensystem im Zentrum in ein homogenes System auflöst. Als eine verkehrstechnisch günstige und auch städtebaulich reizvolle Lösung erschien mir das 60°-System. Ein äußeres zentrales System sollte sich im Zentrum in ein solches von 60° auflösen; enge Straßenschluchten sollten dadurch vermieden werden, daß nur die Sechsecke und nicht die dazwischenliegenden Dreiecke bebaut wurden. Das 60°-System ist verschiedentlich auch von Architekten für zivile Bauten, insbesondere für Wohnbauten, benutzt worden. Nach dem Krieg hatte ich Gelegenheit, in den USA eine ganze Villa zu bewundern, die in diesem System gebaut war – wie das Heidelberger Domizil des Verlages, in dem nun meine Erinnerungen erscheinen. Ich selbst habe später als Student einmal eine Schule im 60°-System entworfen.

*Metropolis – ein zentrales
Straßensystem löst sich im
Zentrum in ein homogenes
60°-System auf (Schülerarbeit
des Verfassers)*



Als Lösung für die Aufgabe der Straßenkreuzungen mit verschiedenen Ebenen schlug ich die inzwischen anderweitig bekannt gewordene Kleeblattkreuzung vor. Sie ist eine typische Mehrfacherfindung, die damals gleichzeitig an verschiedenen Stellen entstand. Das U-Bahn-Netz von Metropolis sollte besonders schnell und effizient sein. Ich entwarf ein kompliziertes System von Lokalzügen, die an jeder Station halten, und Expreßzügen, die mit gleichmäßiger Geschwindigkeit durchfahren sollten. Das Umsteigen zwischen den Lokalzügen und den Expreßzügen sollte während der Fahrt durch Aneinanderkoppeln ermöglicht werden. Das erforderte einen komplizierten und starren Fahrplan. Über das Sicherheitsproblem machte ich mir keine Gedanken.

Im Entwurf von Metropolis zeigt sich sehr schön der Gegensatz zwischen der Phantasie eines jungen Menschen und der strengen Disziplin, die die praktische Arbeit des Ingenieurs erfordert. Typisch war etwa, daß ich wohl den Verkehrsfluß in seinen Gesetzen gut erfaßte, aber dem ruhenden Verkehr überhaupt keine Beachtung schenkte. Wie hätte ich in einer kleinen Stadt im Jahre 1926 auch auf den Gedanken kommen sollen, daß sich das Parkproblem eines Tages zum brennendsten aller Verkehrsprobleme der Großstadt entwickeln sollte? Erst heute ist mir richtig bewußt, wie einseitig mein Entwurf auf Verkehrsprobleme eingestellt war.

Der Gedanke an Repräsentationsbauten etwa, an große Plätze und Prachtstraßen, an Kirchen und ähnliches kam mir überhaupt nicht. Mein Entwurf hätte also auch nicht für eine „Cässarenstadt“ getaugt und stand in völligem Kontrast zu dem

etwas späteren Entwurf Speers für das neue Berlin. Einseitig und letzten Endes langweilig sind indes beide.

Mein Abitur machte ich im Jahre 1927. Es fiel mir verhältnismäßig leicht, obwohl ich erst siebzehn Jahre alt war. Wir hatten sehr verständnisvolle Lehrer, bei denen nicht allein das Fachwissen zählte. Der freie Geist, der an unserer Schule herrschte, entsprach nur nicht immer den Vorstellungen meiner Eltern. Das galt besonders für den Religionsunterricht, der mitunter selbst uns Schülern etwas zu aufgeklärt erschien. Nach dem Abitur wollten meine Eltern mit mir zum Abendmahl; es war eine schwere Enttäuschung für sie, als ich ihnen erklärte, daß ich nicht mitgehen würde. Sie hatten in der Illusion gelebt, daß ich auch in bezug auf die Religion ein braver Schüler gewesen sei, was nicht zutraf. Ich entsinne mich auch noch gut an meinen Konfirmandenunterricht. Irgendwie war ich dort in den Ruf geraten, ein Musterschüler zu sein, so daß der Superintendent mich meistens nur fragte, wenn die anderen keine Antwort mehr wußten. Das nutzte ich aus und lernte von den aufgegebenen Liedern immer nur die letzte Strophe. Wenn ich ehrlich bin, muß ich gestehen, daß ich dabei nicht einmal ein schlechtes Gewissen hatte. Trotz vieler ernster Gedanken über religiöse Fragen konnte ich im Auswendiglernen von Kirchenliedern keinen besonderen Sinn erkennen.

Das Abitur wurde damals noch gefeiert. Ich entsinne mich an ein Gedicht, das von einem Schüler vorgetragen wurde und das mich sehr beeindruckte. Die Quintessenz dieses Gedichts lautete: „Im Grunde bist Du stets allein.“ Den Namen des Dichters habe ich vergessen; aber die Wahrheit dieser Worte habe ich in meinem späteren Leben oft erfahren.

ZWEITES KAPITEL

Studium (nicht ohne Irr- und Seitenwege) und Studium Generale – Erste Erfindungen – Der Akademische Verein Motiv – Studentenleben zwischen Wissenschaft und Politik

Mit dem Abitur war die Zeit der Träume vorbei. Ich begann mein Studium an der Technischen Hochschule Berlin-Charlottenburg. Der erste Eindruck war bedrückend. Etwas völlig Neues und Fremdes stürzte auf mich ein und nahm mir die Luft zum Atmen. Bis dahin war man, was organisatorische Fragen anging, fast völlig ohne Sorgen gewesen. Als Pennäler hatte man seinen Stundenplan gehabt und die Schulordnung. Nun war man plötzlich mit Bürokratismus und Papierkrieg konfrontiert. Es waren Entscheidungen zu fällen, und man mußte wissen, wo man welche Informationen bekam und wo und wie man welche Formulare auszufüllen hatte. Ich war der Verzweiflung nahe. In der Vorhalle der Hochschule gab es ganze Reihen von Tafeln mit den Ankündigungen der verschiedenen Vorlesungen. Wer sollte sich da zurechtfinden? Erst mit der Zeit erfuhr ich, daß es auch an der Hochschule fertig ausgearbeitete Pläne für die verschiedenen Semester und Fakultäten gab. Einen positiven Eindruck konnte ich immerhin von der offiziellen Immatrikulationsfeier mitnehmen. Es fiel der Satz „Mensch, werde wesentlich!“.

In meinem Elternhaus in Hoyerswerda konnte ich nun nicht mehr wohnen. Ich bezog eine „Bude“ in Berlin. Als Studienfach belegte ich Maschinenbau. Ernüchternd waren für mich die Übungen im Maschinenzeichnen. Sie ließen dem schöpferischen Geist nur wenig Freiheit in der Art der Darstellung; alles war genormt und festgelegt: die Strichdicken, die Art der Vermaßung, selbst die Plätze, an die die Maßzahlen zu setzen waren. Dem Künstler in mir mußte das Studium der Architektur als verlockende Fata Morgana erscheinen. Ich sattelte um – und war wieder enttäuscht: keine Rede von Entwürfen technisch großzügiger Bauten, jedenfalls nicht in den ersten Semestern. Dorische und ionische Säulen aber konnten mich nicht begeistern. Vielleicht wäre ein passabler Architekt aus mir geworden, wer weiß? Ich sattelte jedoch abermals um; diesmal innerhalb derselben Fakultät. Der Bauingenieur erschien mir nun als die ideale Kombination von Ingenieur und Künstler.

Studenten der Technischen Hochschulen mußten damals wie heute vor und während des Studiums praktische Arbeit leisten. Zunächst stürmte da wieder etwas völlig Neues auf den jungen Studenten ein; aber dann merkte man doch, daß die praktische Arbeit eine Erweiterung des Lebenshorizontes bedeutete. Ich arbeitete zuerst als Maurer auf einer Berliner Baustelle. Wir Praktikanten galten natürlich als Vertreter der „Kapitalistenklasse“ und wurden entsprechend behan-

delt. Wir merkten aber bald, daß man mit den Arbeitern gut auskommen konnte, wenn man nicht den „feinen Pinkel“ spielte und gute Arbeit leistete. Ich lernte schnell, daß Arbeiter nicht gleich Arbeiter war. Die Akkordmaurer etwa waren ein Menschenschlag für sich. Es gab kaum eine Möglichkeit, mit ihnen näher in Kontakt zu kommen. Sie waren allein auf schnelles Geldverdienen aus und vertranken einen großen Teil ihres Lohns schon während der Arbeit. Es versteht sich, daß das nicht generell für die Maurer galt. Ein ganz anderer Menschenschlag waren die Zimmerleute. Irgendwie wirken wohl Handwerk und Werkstoff auf den Charakter der Menschen zurück. Bei den Zimmerleuten konnte man auch einen echten Berufsstolz bemerken. Später habe ich beim Brückenbau gearbeitet und die Brückenbauer kennengelernt. Unter einer rauen Schale verbarg sich bei ihnen meist ein guter Kern. Damals wurden in Berlin die alten Stadtbahnbrücken für den modernen Zugverkehr durch neue ersetzt, und die Arbeit mußte bei vollem Verkehr erfolgen. Provisorisch wurden neue Brückenträger über die alten Brücken gelegt; darunter wurde die alte Brücke durch die neue ersetzt. Wegen des knappen Raumes, insbesondere in der Höhe, mußten wir ganze Tage in gebückter Stellung arbeiten. Den größten Eindruck aber haben mir die Schmiede gemacht. Sie fühlten sich durchaus als etwas Besonderes. Irgendwie erinnerten sie einen an die Zeit, in der dieser Berufsstand noch als mit geheimen Kräften im Bunde galt. Gern wäre ich länger bei ihnen geblieben; aber der Plan der Praktikantenausbildung sah dafür nur eine Woche vor.

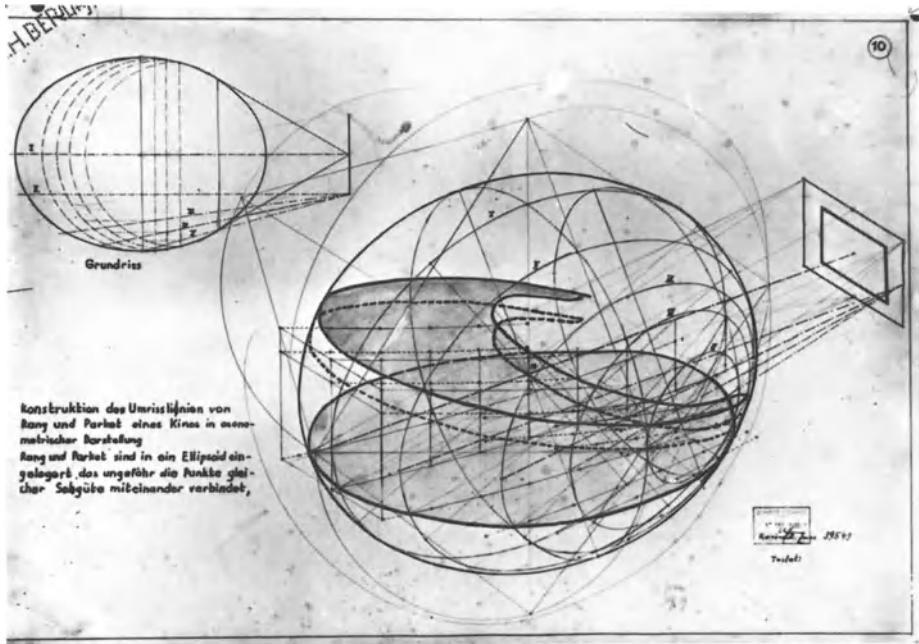
Eine ausgesprochene Abneigung hatte ich gegen die statischen Rechnungen, mit denen man uns Bauingenieurstudenten quälte. Die Professoren, die diese Rechnerei beherrschten, bewunderte ich wie Halbgötter aus einer anderen Welt. Würde ich das jemals begreifen? Später sollte ich über das Problem des statischen Rechnens auf die Idee der programmgesteuerten Rechenmaschine kommen. Zunächst allerdings ging die Phantasie andere Wege. Verkehrsprobleme fesselten mich immer noch; nur mußte ich feststellen, daß die Wirklichkeit, jedenfalls in Berlin, anders aussah als in meinem Metropolis. Damals kamen die Verkehrsampeln auf, und ihre Einführung in Berlin verursachte ein völliges Chaos. So wußte ich immerhin, daß es noch andere Träumer geben mußte. Mir selber schwebte damals etwas wie die grüne Welle vor. Mit Hilfe von grafischen Darstellungen versuchte ich, diese Idee auf die Berliner Friedrichstadt anzuwenden, was mir jedoch nicht gelang. In der Enge der Berliner Friedrichstadt kann ein solches System auch nicht gut funktionieren. Heute wissen wir, daß sich grüne Wellen vor allem auf Ausfallstraßen anwenden lassen, wobei man Kompromisse in bezug auf kreuzende Straßen machen muß.

Viel Zeit widmete ich damals auch der Fotografie. Allerlei kleinere und größere Erfindungen vom Selbstauslöser bis zum Vollautomaten beschäftigten mich. Dabei fehlte mir für die praktische Durchführung dieser Ideen jede Erfahrung. Es war eine große Enttäuschung für mich, als unter der Bezeichnung Photomatons die automatischen Fotokabinen eingeführt wurden, die ich doch selbst hatte erfinden wollen. Sie arbeiteten nach dem Umkehrverfahren und lieferten in acht Minuten fertige Bilder. Zum Glück gab es auf dem Gebiet der Fotografie noch andere Aufgaben. Da waren etwa die Drogerien und Fotoge-

schäfte, die Platten und Filme entwickelten, Kopien und Vergrößerungen anfertigten und so weiter. Hier mußte sich vieles verbessern lassen. Was der gute Fotoamateur in der Dunkelkammer tat, um aus seinen Aufnahmen das Beste herauszuholen, mußte sich auch mechanisieren lassen. Ich dachte an Dinge wie die individuelle Entwicklung der Platten und möglichst der einzelnen Filmbilder, die Auswahl des besten Bildausschnitts, der günstigsten Papiersorte und der optimalen Belichtung für die Vergrößerung. Ich entwarf automatische Entwicklungsanlagen, bei denen am laufenden Band die Negative an dem Laboranten vorbeiliefen, der lediglich die Knöpfe „normal“, „unterbelichtet“ und „überbelichtet“ zu drücken hatte. Die individuelle Entwicklung war gesichert. Dazu sollte der Kunde die Möglichkeit haben, sich mit Hilfe besonderer Geräte die gewünschten Ausschnitte seines Fotos auszusuchen. Zu den Filmen sollten schließlich Lochkarten oder Lochstreifen angefertigt werden, die die Daten über Belichtung, Ausschnitt und so fort festhielten, so daß man bei weiteren Aufträgen lediglich die Lochkarten in automatische Vergrößerungsgeräte stecken müssen, um die gewünschten Vergrößerungen zu erhalten. Es war eine typische Anfängeridee. Die individuelle Entwicklung ist inzwischen durch Belichtungsmesser, Ständentwickler und Filme mit großem Belichtungsspielraum überholt; sie war nur in den Anfängen der Fotografie aktuell. Die Verwendung von Lochkarten als Begleitkarten für Steuerungszwecke mußte wiederum am Aufwand scheitern. Der junge Student hatte keine Ahnung von den Kosten selbst einfacher Lochkartengeräte. Das Projekt blieb zu Recht nur auf dem Papier.

Die Fotografie aber beschäftigte mich eine Zeitlang so sehr, daß ich mir überlegte, sie zum Beruf zu machen. Meine Dunkelkammer enthielt ein Gewirr von eigens konstruierten Geräten mit Spezialrechenschiebern und ähnlichen Dingen. Besonders technisch und künstlerisch einwandfreie fotografische Kopien von Zeichnungen und Grafiken hatten es mir angetan. Selbstverständlich konnte ich mir kein teures Spezialgerät leisten. Aber mit einem einfachen 9×12-Plattenapparat und einer besonderen Beleuchtungseinrichtung ließ sich das Problem lösen. Eine ringförmige Lichtquelle rund um das Bild ergibt für solche Aufnahmen die ideale Beleuchtung. Meine ringförmige Lichtquelle war eine einzelne rotierende Lampe.

Was regte den Studenten, der keine Verbindung zur Praxis hatte, noch an? Zuallererst das Kino. Da mußte doch etwas zu verbessern sein. Zunächst beschäftigten mich die Frage der sauberen perspektivgerechten Projektion und die Wahl des richtigen Sitzplatzes. Seltsamerweise herrscht auch heute noch das Vorurteil, die besten Plätze im Kino lägen hinten. Das mag für die Kindertage des Films zutreffend gewesen sein, als das Flimmern die Augen strapazierte und man nur ganz hinten ein erträglich ruhiges Bild hatte. Eigentlich aber sollten die Größe der Leinwand und des Zuschauerraumes so aufeinander abgestimmt sein, daß in der Mitte die besten Plätze liegen. Tatsächlich gibt es heute schon Kinos, in denen das der Fall ist und die auch für die mittleren Plätze die höchsten Preise verlangen. Was vielen Kinobesuchern auch nicht auffällt, ist der Umstand, daß die besten Plätze – ob nun hinten oder vorne – in der Nähe der zentralen Achse des Kinos liegen.

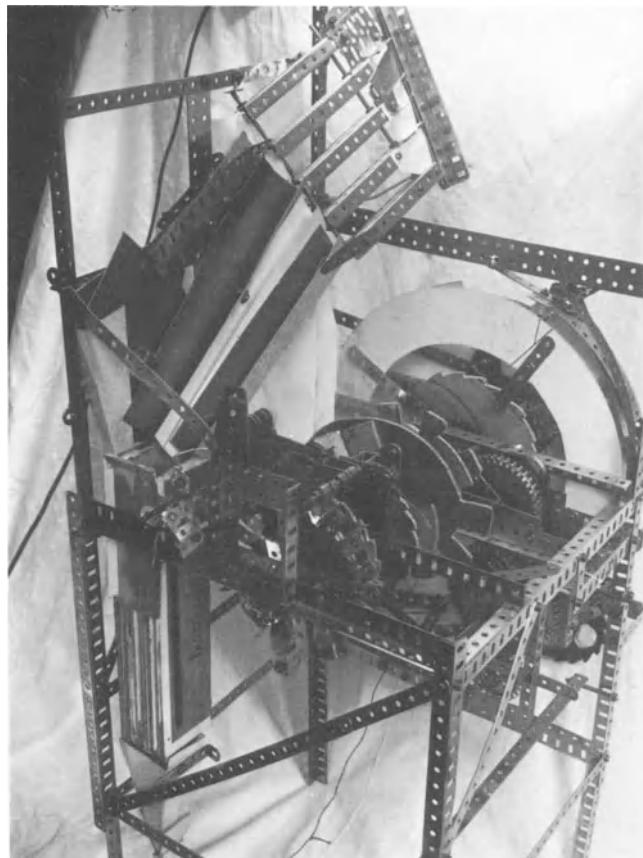


Elliptisches Kino (Studienarbeit des Verfassers im Fach „Darstellende Geometrie“)

Beim Theater ist das nicht so wichtig, da man die Schauspieler auch von der Seite körperlich sieht. Bei der Bildprojektion hat dieser Gesichtspunkt aber entscheidende Bedeutung; denn je weiter man sich von der Mittelachse des Bildes entfernt, desto verzerrter erscheint das Bild dem Betrachter. Solche Überlegungen veranlaßten mich, den Zuschauerraum eines Kinos mit optimaler Platzverteilung zu entwerfen. Ich ging davon aus, daß die Punkte gleicher Sehgüte im Parkett auf einer Ellipse liegen, die symmetrisch zur Hauptachse des Kinos der Leinwand vorgelagert ist. Bei räumlicher Betrachtung kommt man entsprechend zu einem Ellipsoid, das die Umrisse von Parkett und Rang bestimmt. Es war eine Sonderaufgabe der darstellenden Geometrie, in der es von Ellipsen und Spiralen nur so wimmelte.

Ich machte mir auch Gedanken über eine grundsätzliche Änderung der Projektionstechnik. Daß Panoramaprojektionen große Möglichkeiten bieten müßten, war mir klar; nur verstand ich nicht genügend von der Optik, um die projektionstechnischen Schwierigkeiten überblicken oder gar lösen zu können. Vor allem störte mich, daß nur im Breitformat projiziert werden konnte. Als Fotograf wußte ich, daß viele Bildeffekte besser durch das Hochformat erzielt werden können. Mir schwebte eine Lösung vor, die es erlaubte, wahlweise während der Vorführung zum „gotischen Format“ überzugehen. Später hat die Filmtechnik mit dem Breitwandbild genau den umgekehrten Weg eingeschlagen. Meiner Meinung nach liegt dieser Entwicklung etwas Unnatürliches zugrunde. Die technische Lösung, aus einem normalen Bild durch Verzerrung über

*Warenautomat mit
Geldrückgabe
(Arbeit des Verfassers
aus der Studienzeit)*



zylindrische Linsen ein noch breiteres zu machen, halte ich für verkrampt. Die Güte des Bildes leidet in jedem Fall darunter.

Zu den Gegenständen meiner Umwelt, die mir technische Anregungen geben konnten, gehörten auch die verschiedenen Verkaufautomaten, Wiegeautomaten und dergleichen. Vor allem eine Aufgabe schien mir ungelöst: die automatische Geldrückgabe. Ich konstruierte – diesmal nicht nur auf dem Papier – einen Automaten, bei dem man Waren verschiedener Preise und Mengen nacheinander an einer Wähl scheibe bestellen konnte. Die Preise wurden im Automaten addiert; danach konnte man durch Einwerfen beliebiger Geldstücke die Herausgabe der Waren veranlassen. Der Automat addierte die eingeworfenen Beträge, bildete die Differenz zum Preis der gewählten Ware und zahlte sie aus.

Schließlich ein Großprojekt: die Eroberung des Weltraums. Damals gehörte die Mondrakete mehr in den Bereich des phantastischen Romans. Man konnte auch sonst allerhand darüber lesen, und Fritz Lang drehte den Film „Frau im Mond“; aber für ernsthafte Projekte war die Welt noch nicht reif. Trotzdem träumte auch ich von der Mondrakete. Daß auf dem Mond kein Leben sein

konnte und auf den anderen Planeten unseres Sonnensystems kaum welches zu erwarten war, wußte ich. Also hinaus zu anderen Sonnen mit anderen Planetensystemen! Der Gedanke, daß es Sonnen mit bewohnbaren Planeten geben müsse, galt damals als kühn, ja nachgerade leichtsinnig. Es war die Zeit der – heute als überholt geltenden – Jeansschen Theorie, nach der unser Sonnensystem eine große Ausnahme wäre: eine einsame Sonne, bei der durch das äußerst seltene Ereignis der Annäherung an eine andere Sonne ein Planetensystem entstanden ist. Diese Hypothese störte mich nicht. Damals machte zwar noch kein Sänger mit seinen Photonenraketen von sich reden, aber ich rechnete so: Wenn es möglich wäre, mit Raketen ein tausendstel Lichtgeschwindigkeit zu erreichen, dauerte die Reise bis zum nächsten Fixstern viertausend Jahre. Warum also sollte man nicht eine Flotte von Raketen ausrüsten, auf der ein ausgewählter Teil der Menschheit, sich unterwegs fortpflanzend, schließlich das Ziel erreichte? Ich stellte mir das so vor, daß man, nach der Eroberung zunächst unseres eigenen Planetensystems, von technischen Basen auf den Morden der äußersten Planeten aus irgendwo im Weltraum riesige Raketen montierte, die jeweils hundert oder zweihundert Menschen aufnehmen konnten. In Abständen von einigen Jahren sollten diese Raketen abgeschossen werden, so daß sich eine Kette von ihnen in Richtung auf den nächsten Fixstern bewegte. Ähnliche Vorschläge aus jener Zeit von Clarke und Zielkowski waren mir leider nicht bekannt. Immerhin wird in Olaf Helmers „50 Jahre Zukunft“¹ für das Jahr 2100 die Möglichkeit einer mehrere Generationen dauernden Expedition zu anderen Sonnensystemen erwähnt. Zwar liegen solche Projekte auch heute noch außerhalb des technisch Erreichbaren, aber sie werden inzwischen doch ernsthaft diskutiert. Sosehr mich der Gedanke der Weltraumfahrt allerdings auch bewegte, über phantastische Gedankenspiele kam ich nicht hinaus. Diese Dinge lagen zu weit in der Zukunft, als daß sie mich wirklich hätten fesseln können. Als dann gegen Ende des Zweiten Weltkrieges die V2-Raketen bekannt wurden, rechnete ich mir aus, daß eine Mondrakete die Höhe des Kölner Doms erreichen und vor allem mindestens genauso teuer werden müsse, eine Schätzung, die durch das Apollo-Projekt im wesentlichen bestätigt worden ist. Ich habe zwar immer daran geglaubt, daß die Weltraumfahrt zu den großen Zielen unseres Zeitalters gehört; aber vor 1950 konnte ich mir beim besten Willen nicht vorstellen, daß noch in meiner Generation ein Staat die dafür erforderlichen Summen würde aufbringen können.

Die Zukunftsstadt Metropolis, das automatische Fotolabor, das elliptische Kino, der geldwechselnde Warenautomat, das Raumfahrtprojekt – all das ist nur ein kleiner Teil der technischen Ideen, die der Erfindung des Computers vorausgingen. Mein Studium war in dieser Hinsicht eine Zeit doch wieder der Träume, obgleich schon mehr der Wach- als der Schlafträume. Woran ich übrigens nicht recht glauben kann, das ist der sogenannte schöpferische Schlaftraum. Es heißt ja von manchen Forschern und Erfindern, die entscheidenden Ideen seien ihnen im Schlaf gekommen. So soll Kekulé auf diese Weise den Benzolring entdeckt haben. Mag sein, es war so; ich selber war jedenfalls bei meinen Erfindungen immer hellwach. Ohnehin neige ich mehr zu ängstlichen

Träumen. So kommt es noch heute vor, daß ich im Schlaf von Examensängsten heimgesucht werde. Ich bin dann immer sehr glücklich, wenn ich aufwache und feststelle, daß ich mein Diplom schon in der Tasche habe.

Daß ich dieses Diplom trotz meiner vielen Irr- und Seitenwege doch noch erworben habe, erscheint mir freilich bis heute als ein Wunder. Ich hatte dabei auch einiges Glück, etwa während der Mathematikprüfung im Rahmen des Vorexamens bei Professor Hamel. Die Fragen, die er meinen Mitprüflingen stellte, hätte ich allesamt nicht beantworten können, und so hatte ich bereits alle Hoffnung aufgegeben, als er plötzlich auf die Krümmung einer Kurve zu sprechen kam. In der Ebene ist das natürlich verhältnismäßig einfach; dann aber fragte er mich, wie denn die Verhältnisse im dreidimensionalen Raum liegen? Ich dachte zum ersten Mal in meinem Leben über diese Frage nach und antwortete: „Im Raum kommt die Windung hinzu.“ Daraus schloß Hamel, daß ich einen gewissen Blick für das mathematisch Wesentliche hätte, prüfte mich während der ganzen mündlichen Prüfung nicht mehr und gab mir eine gute Note.

Finanziert haben mein Studium und das meiner Schwester meine Eltern. Sie haben dafür auf viele persönliche Annehmlichkeiten verzichten müssen. Damals habe ich das noch nicht recht erkannt. Im Gegenteil strapazierte ich die Geduld meiner Eltern noch, als ich nach dem Vorexamen plötzlich auf die Idee verfiel, Reklamezeichner zu werden. Fast ein Jahr lang ließ ich mich für diesen Zweck vom Studium beurlauben, und das ohne nach einer entsprechenden Ausbildungsmöglichkeit auch nur zu suchen. Ich wollte Autodidakt sein. Zum Glück, möchte man sagen, war die Konjunktur in diesen Jahren so schlecht, daß ich keinerlei Erfolg hatte und nach einem Jahr reumütig zum Bauingenieurstudium zurückkehrte. Allerdings war ich auch dann nicht der fleißigste Student. Vorlesungen waren mir nach wie vor ein Greuel und das beste Schlafmittel. Außerdem habe ich mich durch manches ablenken lassen, wovon noch zu berichten sein wird. Auf meinen eigenen Werdegang zurückblickend, kann ich gleichwohl nur hoffen, daß auch in Zukunft nicht nur Platz für den Spezialisten in seinem Fach, sondern auch für den universell Begabten sein wird. Ich glaube, daß gerade Vielseitigkeit die Voraussetzung für aus dem Rahmen fallende Ideen ist. Eine solche Idee, ein „Seitensprung“ der Technik, wenn man so will, war letzten Endes auch der Computer.

Zu den angesprochenen Ablenkungen gehörten in meinem Fall die Bücher. Wie viele junge Menschen begeisterte ich mich für Henry Fords „Mein Leben und mein Werk“². Endlich einmal ein Bekenntnis zur Technik! Henry Ford war ja nicht nur ein Pionier auf dem Gebiet des Kraftfahrzeugbaus, er hatte auch neue soziale Ideen, die denen der Fachwissenschaftler durchaus konträr waren. Der Gedanke etwa, durch Erhöhung der Löhne die Kraftfahrzeuge zu verbilligen, lief den damals üblichen Ansichten völlig zuwider. Heute wissen wir, daß Henry Fords Ideen eine wesentliche Voraussetzung dessen waren, was wir den „american way of life“ nennen. Wir jungen Deutschen hatten es allerdings schwer, solche Ideen zu vertreten. In der Zeit steigender Arbeitslosenzahlen erschien es geradezu grotesk, von Rationalisierung und Erhöhung der Produktion zu reden. Bekanntlich war die große Arbeitslosigkeit am Ende der zwanziger Jahre ein

guter Nährboden für radikalere Lösungsversuche. Die Sozialisten verschiedenster Prägung wiesen mit Recht auf das Versagen des kapitalistischen Wirtschaftssystems hin. Wir Studenten der Technischen Hochschule glaubten, die Lösung aller Probleme in rein wirtschaftlichen Maßnahmen suchen zu müssen. Die unterschiedlichsten Strategien zur Belebung des Geldumlaufs waren in der Diskussion, etwa nach dem Motto „Neues Geld schafft neue Kaufkraft, neue Kaufkraft schafft neue Arbeitsplätze, neue Arbeitsplätze schaffen neues Geld – so schließt sich der Kreis“. Für andere war die Goldwährung an allem schuld. Manche der damals unter uns kursierenden Ideen mögen einen vernünftigen Hintergrund gehabt haben; was aber ihre praktische Durchführbarkeit anging, waren sie allesamt wirklichkeitsfremd und phantastisch. Heute sind sie zu Recht fast alle vergessen. Der vielleicht phantastischste Vorschlag stammte von Silvio Gesell: er wollte den Kreislauf der Wirtschaft durch Schwundgeld in Gang halten.

Ich las damals auch den ersten Band von Karl Marx' „Kapital“³ und versuchte, so gut es ging, das schwierige Buch zu verstehen. Während meiner Praktikantentätigkeit auf dem Bau imponierte es den jungen Bauarbeitern dann entschieden, endlich einmal jemanden zu treffen, der das „Kapital“ wirklich gelesen hatte. Ich las Rathenau, Freud, Weininger, Nietzsche, Rilke, Möller van den Bruck, Ernst Jünger und viele andere. Ich gestehe, sie haben mich nicht sehr beeindrucken können. Ihre Bücher erschienen mir zu abstrakt, die Probleme darin zu breit, zu wenig konkret abgehandelt. Und unter den vielen Stimmen dieser Zeit tönte, zunächst nur gelegentlich, dann immer stärker und lauter, auch die der Nationalsozialisten. Wir Studenten der Technischen Hochschule betrachteten diese neue politische Heilslehre sehr nüchtern. Ihre Bibel, Hitlers „Mein Kampf“, wurde von dem einen oder anderen gelesen, wirklich ernstgenommen wurde sie nicht. Dagegen machte auf viele von uns der schon zitierte Oswald Spengler nachhaltigen Eindruck. Heute wissen wir, mit welch erstaunlichem Weitblick dieser große Gelehrte die Geschichte unseres Jahrhunderts vorausgesehen hat. Da ich mich zum Preußentum durchaus bekenne, möchte ich wenigstens einen kurzen Abschnitt aus seinem Buch „Preußentum und Sozialismus“⁴ zitieren, das mich seinerzeit sehr angeregt hat. Spengler schreibt darin:

[...] es waren zwei sittliche Imperative gegensätzlicher Art, die sich aus dem Wikingergeist und dem Ordensgeist der Deutschritter langsam entwickelten. Die einen trugen die germanische Idee in sich, die anderen fühlten sie über sich: *persönliche Unabhängigkeit* und *überpersönliche Gemeinschaft*. Heute nennt man sie Individualismus und Sozialismus. Es sind Tugenden ersten Ranges, die hinter diesen Worten stehen: Selbstverantwortung, Selbstbestimmung, Entschlossenheit, Initiative dort, Treue, Disziplin, selbstlose Entzagung, Selbstzucht hier. Frei sein – und dienen: es gibt nichts Schwereres als dieses beide ...⁵

Natürlich hat sich im Laufe der ein bis zwei Generationen, die seit meiner Studienzeit vergangen sind, ein erheblicher Wandel in der Denkweise vollzogen. Vieles, was uns seinerzeit bewegt hat, wird von der heutigen Jugend vielleicht gar nicht mehr verstanden oder als unnötiger Ballast empfunden. Gibt es heute noch

junge Menschen, die sich von Dichterworten nachhaltig beeindrucken lassen? Uns war das selbstverständlich. Ich erinnere mich an ein kleines Büchlein von Rainer Maria Rilke – es hieß „Briefe an einen jungen Dichter“⁶ – und einen Absatz darin, der es mir besonders angetan hatte:

Niemand kann Ihnen raten und helfen, niemand. Es gibt nur ein einziges Mittel. Gehen Sie in sich. Erforschen Sie den Grund, der Sie schreiben heißt; prüfen Sie, ob er in der tiefsten Stelle Ihres Herzens seine Wurzeln ausstreckt, gestehen Sie sich ein, ob Sie sterben müßten, wenn es Ihnen versagt würde zu schreiben. Dieses vor allem: Fragen Sie sich in der stillsten Stunde Ihrer Nacht: *Muß ich schreiben?* Graben Sie in sich nach einer tiefen Antwort. Und wenn diese zustimmend lauten sollte, wenn Sie mit einem starken und einfachen „*Ich muß*“ dieser ernsten Frage begegnen dürfen, dann bauen Sie Ihr Leben nach dieser Notwendigkeit; Ihr Leben bis hinein in seine gleichgültigste und geringste Stunde muß ein Zeichen und Zeugnis werden diesem Drange.⁷

Was hier über den Dichter gesagt ist, gilt wohl für alle schöpferisch tätigen Menschen.

Eine einheitliche Geisteshaltung der Jugend freilich gab es damals sowenig wie heute, jedenfalls nicht unter uns Studenten. Ich selber war voller Oppositionsgeist. Das führte mitunter durchaus zur Konfrontation mit der älteren Generation; doch hielt sich das in einem erträglichen Rahmen. Alles in allem war diese Zeit aus meiner Sicht eine Zeit des Suchens, teilweise der Ratlosigkeit, aber auch des ehrlichen Bemühens um friedliche und humane Lösungen der immer dringender werdenden Probleme. In dieser Hinsicht unterschied sich die deutsche Jugend in ihrem allergrößten Teil kaum von derjenigen anderer europäischer Länder.

Was das Leben von uns Studenten anging, so war es wohl vor allem weniger von Anonymität geprägt als das späterer Studentengenerationen. Damals waren Hochschulen und Universitäten bei weitem nicht so überfüllt. Die Technische Hochschule Berlin-Charlottenburg etwa hatte sechstausend Studenten und galt bereits als ein Massenbetrieb. Man riet mir öfter, doch lieber eine kleinere Hochschule zu besuchen, da man dort besseren Kontakt zu den Professoren habe. Berlin stand allerdings in einem sehr guten Ruf, sowohl fachlich als auch als Stätte, an der fleißig gearbeitet wurde. Dennoch wurde dort nicht nur gearbeitet; hinter den Kulissen spielte sich ein reiches und abwechslungsreiches Studentenleben ab. Natürlich gab es auch in Berlin Bummelstudenten, und ich selbst habe, wie gesagt, die Geduld meiner Eltern zeitweise recht ordentlich strapaziert; es gehörte aber doch zum guten Ton, daß nach einigen Semestern etwas freierer Lebensgestaltung die Arbeit für das Examen um so intensiver wieder aufgenommen wurde. Der ewige Student war die Ausnahme und meist schlecht angesehen. Ich glaube allerdings auch, daß man den Studenten zu meiner Zeit mehr Freiheiten ließ als heute, Freiheiten, die sie zu nutzen wußten. So pflegten einige alte Studentenverbindungen an unserer Hochschule, darunter der „Akademische Verein Motiv“, dem ich angehörte, die schönen Künste und den Humor. Ja, wir im Motiv betrachteten uns nachgerade als eine Schule des studentischen Humors. Besonders die Architekten, die sich nicht selten als unverständene

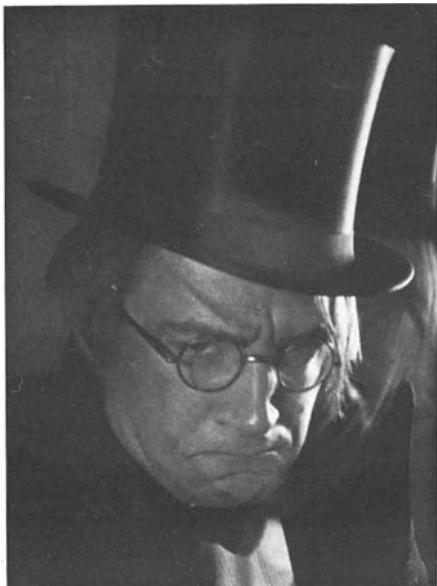
Künstler fühlten, nahmen regen Anteil an unseren Veranstaltungen. Aber auch künftige Bauingenieure und Studenten aus anderen Fakultäten suchten hier einen Ausgleich für den nüchternen Betrieb der Hochschule und waren voll jugendlichem Übermut.

Bei uns im Akademischen Verein Motiv hatte das Theaterspielen Tradition, und zwar das Theaterspielen in einer recht eigenwilligen Form: Zu jeder wöchentlichen Kneipe wurde für den sogenannten offiziellen Teil eine „Mimik“, wie wir sagten, vorbereitet, an die sich meist noch inoffizielle Stegreifmimiken anschlossen. Der „Thespiskärrner“ hatte die Aufgabe, das Ganze zu organisieren. Die Themen mußten jedesmal neu sein, Wiederholungen kamen nur ausnahmsweise vor. Weibliche Rollen wurden, wie weiland bei Shakespeare, von Männern gespielt. Ernsthafte Rollen gab es nicht. Nur für wenige Aufführungen gab es ein Manuskript; meist spielten wir nach einer kurzen Vorbesprechung aus dem Stegreif. Der Autor eines Stükkes, sofern überhaupt jemand diesen Titel verdiente, wurde nicht genannt, und auch die Schauspieler traten anonym auf. Auch war es nicht üblich, am Ende der Vorstellung vor den Vorhang zu treten und sich zu verbeugen: dazu waren wir zu stolz. Natürlich kannte in diesem kleinen Kreis jeder jeden, so daß über die Rollenverteilung kaum einmal Zweifel bestanden. Bei der Themenwahl war uns kaum etwas heilig. Der jugendlichen Kritik wurde freier Lauf gelassen. Tagesereignisse aus Politik und Gesellschaft erfreuten sich besonderer Beliebtheit. Ich entsinne mich noch gut der Mimik, die zur Aufführung kam, als es plötzlich Mode geworden war, von Dover nach Calais zu schwimmen. Den Ärmelkanal konnten wir natürlich nicht auf die Bühne zaubern; aber es konnte sich jemand im Garten gründlich mit Dreck beschmieren und als gefeierter Kanalschwimmer aus einem Gully klettern. Gab die Gegenwart nichts her, griffen wir auf die Geschichte zurück. So waren der Brand Roms unter Nero oder die klassische Gestalt der Lucrezia Borgia Gegenstand kulturhistorisch wertvoller Darbietungen. Eine Zeitlang gehörte es zum guten Ton, die Mimiken in Versen abzufassen, und einige von uns konnten das – nach einer gewissen Alkoholzufuhr – sogar aus dem Stegreif. Zu den wenigen als Text ausgearbeiteten Mimiken gehörte die „Augustus-Mimik“ in lateinischer Sprache. Hier kamen mir meine auf dem Gymnasium Hosianum erworbenen Lateinkenntnisse zustatten. Ich selbst spielte den Kaiser Augustus, mir zur Seite Otto Wiegand den Varus. Damit auch der Nicht-Lateiner etwas von der Mimik verstand, wurde der „Teutsche Sklave, Schmidt geheißen“ vorgeführt. Ihm wurden die wichtigsten Fragen umständlichst ins Deutsche übersetzt. Als Dolmetscher trat der „Sacerdos divinus“ auf.

Sehr beliebt waren auch unsere Kabarett-Vorstellungen. Ich erinnerte mich an meine Zeit als tonnentreter Clown auf dem Braunsberger Posthof und machte daraus eine Kabarett-Nummer. Sie endete damit, daß ich die Tonne senkrecht stellte und mit einem Satz auf den Deckel sprang. Am Abend der Vorstellung brach der Deckel prompt entzwei, und ich steckte in der Tonne. Es war wohl mein größter Erfolg in diesem Metier. Wichtig war bei diesen Vorstellungen der Conferencier; Rolf Reschke spielte ihn besonders gut. Er war ein unverwüstlicher Mensch. Nach dem Ersten Weltkrieg hatte er ohne seine

Schuld sein Studium nicht abschließen können und war Sportredakteur geworden. Eine Zeitlang war er Mitglied der Deutschen Eishockey-Nationalmannschaft. Seine Frau Marion war eine große Fechtmeisterin. Die beiden haben es ihr ganzes Leben, insbesondere nach dem Zweiten Weltkrieg, nicht leicht gehabt. Im Zweiten Weltkrieg war Reschke wieder Soldat und wurde schwer verwundet. Ich habe ihn kurz vor Kriegsende in einem Berliner Lazarett besuchen können. Er erzählte mir, er habe erst in einem anderen Bett gelegen, auf das bei einem Bombenangriff die Trümmer der Decke heruntergefallen seien. Sein Galgenhumor jedenfalls hatte darunter nicht gelitten.

Ich dachte mir damals auch allerlei Tricks aus, um mit primitiven Mitteln wirksame Bühneneffekte zu erzielen. So baute ich aus zwei einfachen Papierrollen eine Schneemaschine: auf der einen Seite wurden Papierschnitzel in die Rolle eingewickelt, das Papier wurde auf die andere Rolle gewickelt und der Schnee fiel schön gleichmäßig heraus. Von unserem Drogisten ließ ich mir Rauchpulver mischen, das unter anderem beim Brand Trojas gute Dienste tat. Später ließ ich die Geister Schillers und Goethes in einer Rauchfahne erscheinen. Sie sollten in einer meiner Mimiken der damaligen Generation tüchtig die Meinung sagen. Eine rauhe, aber schöne Sitte, wie wir fanden, war das „Leimen“. Ein junger Fuchs – ein Student des ersten oder zweiten Semesters –, der zum ersten Mal auf der Bühne stand, mußte „geleimt“ werden, das heißt in irgendeiner Weise mit Wasser übergossen. Meine erste Rolle war der Siegfried, der an der Quelle von Hagen angegriffen wurde. Man sorgte natürlich dafür, daß die Quelle sich über mich ergoß.



Der Verfasser als Schauspieler

Es war eine schöne Zeit, in der ich mich als Schauspieler, Dichter und Bühnengestalter austoben konnte. Meine Lieblingsrollen waren verkannte Erfinder oder Künstler und sonstige schräge Figuren. Mein Lieblingsschauspieler war damals Charlie Chaplin.

Aber nicht nur auf der Bühne hatten wir allerlei Dummheiten im Kopf. Damals war es zum Beispiel noch möglich, daß um Mitternacht die ganze Kneiptafel auf die Bismarckstraße zog und mitten auf dem „Knie“, dem heutigen Ernst-Reuter-Platz, die Kneipe fortsetzte. Auch wußten wir, daß sich Gaslaternen mit einem Fußtritt löschen lassen. Man kann das heute, wo es keine Gaslaternen mehr gibt, getrost erzählen. Ein besonderer Anlaß für einen Studentenulk war die „Stierspritze“, ein Ausflug, der alljährlich am Todestag unseres Begründers Professor Stier stattfand. Nachdem wir draußen am Wannsee einige Alkohol zu uns genommen hatten – es war die einzige Gelegenheit im Jahr, bei der wir bereits vormittags tranken –, kehrten wir in der rechten Stimmung ins Stadtgebiet zurück und besuchten etwa die Nachmittagsvorstellung eines Kinos, wo wir das Kunststück versuchten, von den hinteren Sitzen aus mittels eines Luftballons das Bild zu verdunkeln. Einige von uns spielten dann die empörten Besucher und verlangten vom Geschäftsführer, er solle die Studentenlümmel hinauswerfen. Oder wir gingen in ein Kabarett und verabredeten, bei den einzelnen Nummern abwechselnd entweder wie irrsinnig zu klatschen oder ganz und gar zu verstummen, beziehungsweise zu pfeifen. Natürlich waren die Schauspieler abwechselnd in Hochform und der Verzweiflung nahe. Ein andermal stellten wir uns auf einem belebten Platz ostentativ zum Fotografieren auf, nicht ohne dabei ordentlich den Verkehr zu behindern. Darauf kam ich aus einer Seitenstraße, ergriff die Kamera und lief davon. „Haltet den Dieb!“ ging es hinter mir her, und die Berliner Bevölkerung nahm lebhaften Anteil an der Jagd. Ich lief in einen Hausflur und konnte gerade noch den ersten Treppenabsatz erreichen, als schon die Meute hinter mir herkam. Seelenruhig kam ich die Treppe herunter und fragte: „Suchen Sie jemand? Da ist eben einer ganz schnell die Treppe hinaufgelaufen.“ Von den Fremden erkannte mich keiner, und die Sache löste sich in Wohlgefallen auf.

Auch künstlerisch Begabte hatten bei uns Gelegenheit, sich zu betätigen. Die Kneipköpfe auf den Kneiplisten wurden meistens improvisiert. In der Hochschule hatten wir eine Tafel, an der regelmäßig unsere Veranstaltungen durch besondere Plakate angekündigt wurden. Sie wurden aufbewahrt; leider haben nur wenige die Kriegsjahre überstanden. Beim späteren Brand des Motivhauses in der Leibnizstraße sind auch wertvolle künstlerische Arbeiten verlorengegangen. Einmal wurde ein von mir gemaltes Plakat auch gestohlen. Zum Glück ist es aber vorher fotografiert und für eine Postkarte verwendet worden. Wer weniger musisch begabt war, hatte Gelegenheit, sich beim Segeln auf dem Wannsee vom Studieren zu erholen. Besonderer Beliebtheit erfreuten sich selbstverständlich Fahrten in Damenbegleitung. Jeder Segler wußte, daß abends nahezu regelmäßig die berühmte Wannseeflaute einsetzte ... Ich selbst meinte leider, für das Segeln keine Zeit zu haben. Ich wurde durch zu viele andere Dinge davon abgehalten. Eine Zeitlang war ich damals übrigens Vegetarier und Antialkoholiker. Meine

Plakat zu einem Ball (Zeichnung des Verfassers aus der Studienzeit)



beiden Berliner Cousinsen hatten mich dazu verführt. Sie meinten, daß man davon ein besserer Mensch werde. Ich bin dann aber sehr bald wieder ein normaler Mensch geworden.

Bei all diesem Treiben haben wir doch hart gearbeitet. Dabei gab es natürlich auch kameradschaftliche Hilfe. Da die meisten Übungen für das Studium damals noch routinemäßig durchgeführt wurden, hatten wir zum Beispiel „Vorexamen für Bauingenieure – Gesammelte Werke“ im Keller des Motivhauses. Bummelanten aber wurden nur eine gewisse Zeit geduldet. – Das war das Milieu, in dem ich lebte, als ich begann, über den Computer nachzudenken.

Wenn ich mich recht erinnere, fallen die ersten konkreten Überlegungen in das für die deutsche Geschichte so entscheidende Jahr 1933. Natürlich ist dies nicht der Ort für eine ausführliche Darstellung der damaligen politischen Verhältnisse. Sie hatten auch nur einen mittelbaren Einfluß auf meine Arbeit als Erfinder. Gleichwohl ist dieser Einfluß nicht gering zu achten. Man stelle sich nur einmal vor, die Computerentwicklung – und überhaupt die Wissenschaftsentwicklung – hätte in dieser Zeit ihren normalen Gang unter normalen politischen Verhältnissen gehen können. Man muß nicht überheblich sein, um zu postulieren, daß unser Rang in der Wissenschafts- und Technikentwicklung heute ein anderer wäre. So gesehen, gehört auch die politische Geschichte dieser Zeit zur Geschichte des Computers, und ich will dazu das mir notwendig erscheinende sagen.

Wir Motiver waren, wie wohl die meisten Verbindungsstudenten, politisch rechts eingestellt. Aber was hieß das, rechts? Die jüngere Altherrenschaft, die

damals noch sehr zahlreich war, bestand zum großen Teil aus Kriegsteilnehmern. Ich habe keinen kennengelernt, der einen neuen Krieg gewünscht hätte. Es gab auch Friedensbewegungen und einen entsprechenden Gedankenaustausch zwischen den ehemaligen Frontsoldaten der verschiedenen Länder. Solche Dinge wurden sehr ernst genommen, und man meinte es durchaus ehrlich. Radikale politische Richtungen hatten bei uns bis zur Wirtschaftskrise kein, und auch danach nur wenig Gehör gefunden. An der Tatsache der russischen Revolution freilich konnte niemand, der mit offenen Augen die Politik verfolgte, vorbeigehen. Man wußte, daß diese Revolution mit brutalster Härte geführt worden war und noch geführt wurde. Die Parolen von der Vernichtung des Kapitalismus und der Bourgeoisie wurden deshalb ernst genommen. Weniger ernst nahmen wir die Parolen der Nationalsozialisten. Daß dies ein Fehler war, wußten wir erst, als es zu spät war. Mich selber hatte, wie gesagt, Spenglers „Preußentum und Sozialismus“ stark beeindruckt. Ich versuchte hier Antworten auf die politischen Probleme der Zeit zu finden. Noch heute halte ich Spengler nicht für einen der geistigen Väter des Nationalsozialismus. Man denke nur an seine „innere Freiheit des Preußen“ und an Grundsätze wie „Mehr sein als scheinen“. Alles in allem erscheint mir als das Charakteristische dieser Zeit auch und gerade im Bereich des Politischen eine ungeheure Orientierungslosigkeit und Verwirrung. Wären damals die USA in der Lage gewesen, mit einem wirksamen Wirtschaftsprogramm die Arbeitslosigkeit zu bekämpfen, und hätten sie diese Idee nach Europa oder Deutschland bringen können, so wäre wahrscheinlich der ganze politische Spuk der extremen Parteien in kürzester Zeit verschwunden gewesen.

Ich erinnere mich noch, wie ich selbst eines Tages eine Einladung zu einem Vortrag über moderne russische Architektur erhielt. An Ort und Stelle fand ich mich inmitten einer kommunistischen Jugendgruppe. Sie bestand vorwiegend aus Studenten. Durch meine Marxkenntnisse kam ich schnell mit einigen von ihnen ins Gespräch. Man wußte, daß ich aus bürgerlichen Kreisen kam, respektierte aber durchaus meine Kritik. Man lud mich zu einem Kapitalkurs ein. Dieser Kurs bestand dann im wesentlichen aus Diskussionen zwischen dem Vortragenden und mir. Ich gab prinzipiell kontra. Aber der Vortragende war kein sturer Partefunktionär, sondern ging auf meine Argumente ein. Den anderen Teilnehmern machten diese Diskussionen viel Spaß, und ich konnte bald feststellen, daß manche von ihnen öfter auf meiner Seite als auf der des Vortragenden standen. Erst als ich behauptete, auch in einem sozialistischen Staat müsse nach dem Gesichtspunkt der Rentabilität gearbeitet werden, stieß ich auf absolutes Unverständnis. Rentabilitätsrechnungen waren, damals jedenfalls, für die Anhänger des Sozialismus eine Angelegenheit des dekadenten Kapitalismus. Einmal erlaubte ich mir auch die Bemerkung, daß der Mehrwert eines Unternehmens doch wohl auch auf die persönliche Initiative und Tüchtigkeit des Unternehmers zurückzuführen sei. Sie wurde mit einem nachsichtigen Kopfschütteln quittiert.

Ein andermal trat vor diesem Kreis ein älterer Redner auf, der offenbar selber Russe war. Er wich in seiner Art völlig von den üblichen politischen Propagandarednern ab. Er sprach von Rußland als einem Agrarland und schilderte die

Nöte der Bauern. Alles das klang sehr menschlich, und man spürte, daß er die Dinge, von denen er sprach, wirklich kennengelernt hatte. Die Schlichtheit und Ehrlichkeit dieses Redners waren bestechend, und er fand entsprechend guten Anklang. Wie unerfreulich waren dagegen die Ausführungen fanatischer Kommunisten zum Thema Weltrevolution. Die – notfalls kriegerische – Eroberung des gesamten Erdballs für den Sozialismus war für sie eine unabdingbare Forderung.

Wir schrieben, wie gesagt, das Jahr 33, und es schien nicht ratsam, sich länger in dieser Gesellschaft aufzuhalten. Zum Glück hatte ich es stets vermieden, meinen Namen auf irgendeine Liste zu setzen. Andere waren nicht so vorsichtig gewesen; später erfuhr ich, daß einige Kursteilnehmer verhaftet worden waren.

Nach dem 30. Januar veränderte sich auch die Atmosphäre an der Technischen Hochschule schnell. Die neuen Machthaber begannen auch hier, die Schlüsselpositionen zu besetzen. Es war höchste Zeit, Examen zu machen und von der Hochschule zu verschwinden. Anfänglich versuchten wir sogar noch, die Dinge, die da auf uns zukamen, mit studentischem Humor zu nehmen. Der alte Geist wollte sich nicht beugen. Zu einer Semesterantrittskneipe hatte ich eine, wie ich fand, sehr schöne Mimik vorbereitet, bei der die Geister Schillers, Goethes und Friedrich Lists beschworen wurden: in wohlgesetzten Versen sollten sie ihre Meinung zu den politischen Ereignissen kundtun. Als meine Freunde in dem Manuscript lasen, baten sie mich händeringend, ich solle die Mimik nicht aufführen, es seien auch offizielle Gäste in brauner Uniform geladen. Ob ich denn mit Gewalt ins Konzentrationslager wolle? Die Mimik blieb unaufgeführt. Später, wir schrieben das Jahr 34, ergab sich eine ähnliche Situation bei einem Hochschulball. Traditionsgemäß sollten wir dort eine zünftige Mimik aufführen, und ich spielte den Schnellzeichner, ebenfalls eine meiner Lieblingsrollen. Ich hatte mir vorgenommen, den damals nicht nur in Studentenkreisen unbeliebten SA-Führer Röhm darzustellen, wie er mit einer Maschinengewehrattrappe auf eine wenige Meter entfernte weiße Fläche schießt. Auch hier hörte ich auf die Warnung meiner Freunde und wählte ein weniger gefährliches Sujet.

Allenthalben wurde nun gleichgeschaltet und marschiert. Uns Studenten schmeckte das gar nicht. Aber schließlich sagten wir: Gut, wir werden auch etwas tun; aber wenn, dann nur in einem Wehrsportlager. Elf Kommitonen meldeten sich als Freiwillige. Wir glaubten allen Ernstes, wir würden drei Wochen lang mit dem Besenstiel exerzieren. Statt dessen zogen wir wenige Stunden später in eine Reichswehrkaserne in Marienwerder in Westpreußen ein. Wir bekamen einen Stahlhelm auf den Kopf, ein Gewehr in die Hand und was der Soldat sonst noch braucht. Die weitere Ausbildung erfolgte in Arys in Ostpreußen.

Für uns in der Weimarer Republik aufgewachsene „verweichlichte“ Jünglinge war das eine erhebliche Umstellung. Zum ersten Mal in unserem Leben kamen wir mit dem authentischen preußischen Militärgeist in Berührung. Die Ausbilder wußten, daß wir freiwillige Studenten waren, und erkannten das an. Sie waren wahrscheinlich froh, nach zwölfjähriger Dienstzeit endlich einmal wieder jemanden vor sich zu haben, der ihre Witze noch nicht kannte. Von politischer Propaganda blieben wir übrigens verschont. Wir hörten nicht einmal den damals

schon üblichen „deutschen Gruß“. Wir waren in die alte „reaktionäre“ Reichswehr geraten. Die Ausbildung war kurz; aber wir empfanden diese Zeit nie als Drill.

An eine kleine Begebenheit kann ich mich besonders gut erinnern: Es wurde das bekannte Verfahren besprochen, anhand des Standes der Sonne und der Uhr die Himmelsrichtung zu bestimmen. Der Hauptmann persönlich war dabei und stellte die Frage, was man wohl in der Nacht tun könne, wenn die Sonne nicht sichtbar sei, wohl aber der Mond. Dafür gab es in den Ausbildungsbüchern einige ungenaue Anweisungen bezüglich Halbmond, zunehmendem und abnehmendem Mond, die ich nicht kannte. Ich meldete mich aber und bot folgendes Verfahren an: „Anhand der Phase des Mondes bin ich in der Lage, die Position der Sonne – hinter meinem Rücken – zu bestimmen. Danach kann ich mit dem fiktiven Bild der Sonne genauso verfahren wie am Tage.“ Die Reaktion war allgemeines Erstaunen. So etwas hatte man noch nicht gehört. Das Ansehen unserer Studententruppe stieg daraufhin erheblich. Damals bekam ich auch einmal eines der komplizierten Flakrichtgeräte zu sehen. Es bestand im wesentlichen aus einem Analogrechner und machte mir mit seinen zahlreichen Kurvenwalzen, Spindeln und Getrieben nachhaltigen Eindruck. Zu den modernen elektronischen, digitalen Feuerleitrechnern war allerdings noch ein weiter Weg.

Am Ende dieses Kurses entließ uns unser Oberleutnant mit den Worten: „Werden Sie hart!“ – „Im Grunde bist Du stets allein“, „Mensch, werde wesentlich!“, „Werde hart!“: Worte, die mir zu Leitsätzen meines Lebens wurden.

Nach dem Röhm-Putsch verschwand die SA aus dem Straßenbild. Das hatte die psychologische Wirkung, daß man annahm, den ungestümen und hysterischen Zeiten folgte nunmehr eine Periode der sachlichen Arbeit. Die wesentlich gefährlichere SS trat nach außen hin noch kaum in Erscheinung; sie arbeitete mehr im Verborgenen. An der Technischen Hochschule sah man ein, daß es zum Aufbau einer leistungsfähigen Wirtschaft Ingenieure, und daß der Student Gelegenheit zum Arbeiten brauchte. Die Opposition gegen das herrschende Regime blieb an der Hochschule trotzdem erheblich. Erst die Jahre des allgemeinen Wirtschaftsaufbaus und die Friedensreden Hitlers konnten den Großteil der Studenten, aber auch der übrigen Bevölkerung überzeugen. Die Olympiade 1936 und die doch weitgehende Anerkennung des Nazi-Regimes durch das Ausland taten ein übriges. Zwar drangen schon Berichte von Konzentrationslagern durch; meistens aber wurden sie als stark übertriebene Greuelpropaganda angesehen.

Manche Studentenverbindungen zogen es nach der Machtergreifung vor, sich aufzulösen. Wir im Motiv hatten die Übergangszeit verhältnismäßig gut überstanden und waren auch nicht gleichgeschaltet worden. Zwar mußten wir unseren Namen aufgeben; aber als „Kameradschaft Wilhelm Stier“ konnten wir im wesentlichen unser bisheriges Verbindungsleben fortsetzen. Kritisch wurde es erst, als man von uns verlangte, daß alle jüdischen Mitglieder den Verein verlassen müßten. Bisher hatte von der Tatsache, daß drei Motiver Juden waren, kaum jemand Notiz genommen. Ich selbst wußte es überhaupt nicht. Als wir auf Grund dieser Forderung den Verein doch auflösen wollten, waren es die

jüdischen Mitglieder, die freiwillig und stillschweigend austraten und die übrigen beschworen, nicht ihretwegen eine so traditionsreiche Verbindung – sie war die zweitälteste der Hochschule und bestand seit 1847 – aufzulösen.

Es sei aber nicht verschwiegen, daß es auch bei uns ein paar Übereifrige – Armleuchter, wie wir sie nannten – gab, die nach 1933 versuchten, uns sozusagen von innen her gleichzuschalten. Es gelang ihnen nicht. Unser Haus blieb eine Stätte der freien Meinungsäußerung, ein Ort, wo man, wie wir sagten, noch „eine Lippe riskieren“ konnte.

DRITTES KAPITEL

Die frühen Jahre des Computers (und ein Exkurs zu seiner Vorgeschichte) – Mitarbeiter erinnern sich – Von der Mechanik zur Elektromechanik – Schreyers elektronische Rechenmaschine – Erste Außenkontakte – Zukunftsgedanken

Nach dem Studium wurde ich Statiker bei den Henschel-Flugzeug-Werken. Es war im Jahr 1935. Aber ich gab diese Stelle bald auf und richtete mir eine Erfinderwerkstatt in der Wohnung meiner Eltern ein. Ich wollte mich ganz dem Computer widmen können.

Es ist hier vielleicht der Ort für einen kleinen Exkurs zu dessen Vorgeschichte. Sie beginnt im 17. Jahrhundert, mit Leibniz, der, neben Schickard und Pascal, einer der Pioniere des Rechenmaschinenbaus war, der das Zahlensystem mit der Basis 2 mathematisch entwickelte und der die ersten Ansätze einer symbolischen Logik schuf, also dessen, was wir heute Aussagenkalkül oder Boolesche Algebra nennen. Gerade die symbolische Logik erwies sich später als außerordentlich wertvoll bei der Konstruktion von Rechengeräten und führte zur Verallgemeinerung des Begriffs Rechnen überhaupt. Schon Leibniz aber hatte vom „Ausrechnen einer Streitfrage“ gesprochen. Zur Vorgeschichte des Computers gehören auch die Lochkartengeräte, die bereits eine Reihe von Möglichkeiten bieten, die über die der einfachen Tischrechner hinausgehen. Die eigentliche Computerentwicklung liegt dann etwas abseits dieser Linie und ist ein gutes Beispiel für die Entstehung und Durchsetzung neuer Ideen. Die ersten Anregungen kamen von Ingenieuren und Wissenschaftlern, die für ihre jeweiligen Zwecke nach technischen Hilfsmitteln suchten. Das gilt auch für Babbage, den eigentlichen Vater des Computers, der bereits im vorigen Jahrhundert die wesentlichen Gedanken für den Bau von programmgesteuerten Rechengeräten entwickelte. In England, wo er lebte, war damals gerade der Jacquard-Webstuhl eingeführt worden. Babbage war Mathematiker und übertrug das Steuerungsprinzip der Lochkarten auf die Rechenmaschine. Weil ihm die Mittel der Elektrotechnik noch nicht zur Verfügung standen, mußte er alle Probleme mechanisch lösen. Der Antrieb seiner Maschine sollte mit Dampf erfolgen. An den technischen Problemen ist er schließlich nach dreißigjähriger Arbeit auch gescheitert. Es heißt, er sei ein vergrämter und mit seiner Umwelt zerstrittener Erfinder gewesen. Bedrängte ihn schon die Ahnung von den möglichen Auswirkungen seiner Ideen, wenn sie sich erst einmal voll verwirklichen ließen? Er kannte jedenfalls schon den bedingten Befehl, also die Möglichkeit, den Ablauf der Rechnungen durch die Ergebnisse selbst zu beeinflussen, die unseren heutigen Rechenanlagen ihre logische Beweglichkeit verleiht. Oder war er nur verbittert, daß er seine Ideen nicht mehr selber verwirklichen konnte? Wie dem auch sei, er geriet in Vergessenheit. Die

Rechenmaschinenindustrie, die eigentlich zuständig gewesen wäre, nahm keine Notiz von seinen Arbeiten, und hundert Jahre später wußte kaum noch jemand davon. Das Schicksal des Erfinders Babbage zeigt: auch die beste Idee kann sich nicht durchsetzen, wenn die technischen Voraussetzungen für ihre Verwirklichung fehlen.

Man kann sich nun fragen, warum die neuere Geschichte des Computers ausgerechnet in den dreißiger Jahren unseres Jahrhunderts beginnt. War die Zeit erst jetzt reif für einen Neuanfang? Die technischen Schwierigkeiten, an denen Babbage scheiterte, waren bereits 1910 überwunden. Bestand also vielleicht eine gewisse Scheu, die geistigen Fähigkeiten des Menschen kritisch zu untersuchen und systematische Schritte in Richtung einer Intelligenzverstärkung zu tun? Man muß es fast annehmen. Für einen Neuanfang braucht es offenbar zu den technischen Voraussetzungen die geistige Bereitschaft der Forscher und Erfinder. Und wie so oft in der Geschichte der Erfindungen, entstanden nun ganz ähnliche Ideen unabhängig voneinander an verschiedenen Orten. Zur selben Zeit nämlich wie ich in Deutschland, begannen in den USA Aiken, Stibitz, Eckert, Mauchly, v. Neumann und einige andere ihre Arbeit. Wie ich, war keiner von ihnen Fachmann auf dem Gebiet der Rechenmaschinentechnik. Ich weiß nicht, inwieweit sie Babbage kannten. Sie sind im wesentlichen ihre eigenen Wege gegangen.

Ich selber verstand, als ich mit dem Computerbau begann, weder etwas von Rechenmaschinen, noch hatte ich je von Babbage gehört. Erst viele Jahre später, als meine Konstruktionen und Schaltungen im wesentlichen festlagen, wurde mir seine Maschine vom Prüfer des amerikanischen Patentamtes entgegengehalten. Die sonst sehr gründlichen deutschen Prüfer hatten Babbage nicht gekannt.

Dies also waren in etwa die Ausgangsbedingungen, als ich 1935 beschloß, Computererfinder zu werden. Natürlich waren meine Eltern von diesem Vorhaben nicht eben begeistert; sie hatten aber doch so viel Vertrauen in meine Fähigkeiten, daß sie mich, so gut es ihnen möglich war, unterstützten. Später durfte ich sogar das größte Zimmer ihrer Wohnung benutzen, um meine ersten, noch etwas ungeschlachten Apparate aufzubauen. Unterstützung fand ich auch bei meinen Studienfreunden. Sie halfen mir mit Geldbeträgen, die sich heute vielleicht bescheiden ausnehmen würden, ohne die ich damals aber nicht einmal die notwendigen Materialien für meine Arbeit hätte beschaffen können. Mein erster Financier war mein alter Schulfreund Herbert Weber aus Braunsberg. Auch meine Schwester gehörte zu den ersten Geldgebern, und natürlich halfen immer wieder meine Eltern. Jeder gab, soviel er entbehren konnte, und am Ende waren etliche tausend Mark zusammengekommen.

Andere, die nichts geben konnten, arbeiteten praktisch mit und halfen mir in meiner Werkstatt. All diese Helfer und Mitarbeiter der ersten Stunde haben ihren Teil zur Entwicklung des Computers beigetragen. Es waren Herbert Weber, Rolf Pollems, Günter Buttman, Walther Buttman, Andreas Grohmann, Roland Grohmann, Herbert Müller, Hans Müller, Kurt Mittreng, A. Löchel, Eckstein und schließlich Helmut Schreyer, von dessen Arbeit noch ausführlich die Rede sein wird.

In Karl-Heinz Czaudernas Buch über die Entstehung der Z3⁸ haben einige von ihnen später über diese Zeit berichtet:

Kuno, wie wir Studentenfreunde Konrad Zuse nannten, war ein vielseitig begabter junger Mann. Er zeichnete außergewöhnlich gekonnt, er mimte – schauspielerte – gekonnt. Er hatte Phantasie und technischen Erfindergeist, wie seine aus Blech und Winkelprofilen gebauten Automaten zeigten, z. B. der Mandarinenspielautomat, der Geld kassierte und Mandarinen ausgab, manchmal allerdings mit der Ware auch das Geld wieder zurückgab. Eines Tages, er war gerade mit seinem Diplom fertig und arbeitete seit einigen Monaten als Statiker, erklärte er uns, einigen von seinen Freunden, daß er eine Universal-Rechenmaschine zu bauen beabsichtigte. Er suchte Helfer.

Ich hatte gerade, 20jährig, mein Vorexamen als Berg-Ingenieur hinter mir. Ich sagte zu. Im Sommer und Herbst 1936, vor allem aber im Sommer 1937, habe ich monatelang ganze Tage bei Zuse gearbeitet. Ich aß zu Mittag und Abend bei ihm, d. h. bei seiner Mutter. Er hatte sich in der väterlichen Wohnung in einem kleinen Zimmer, in der Methfesselstraße in Berlin, eine kleine Werkstatt eingerichtet und benutzte außerdem das große Wohnzimmer, aus dem er die Familie verbannt hatte, als Aufbauraum für die Maschine. Ein kleineres drittes Zimmer diente ihm und uns als Aufenthaltsraum während der kurzen Stunden der Entspannung. Oft spielten wir abends hier Schach. Hier war Zuse übrigens nicht der Stärkste. In langen Gesprächen während dieser Entspannungspausen versuchte er, mir die Notwendigkeit des Studiums der mathematischen Logik zu erklären ...

Meistens arbeitete nur einer von uns bei Zuse, äußerstenfalls einmal bastelten wir zu zweit ... Sein Vater, bereits pensioniert als Postbeamter, ließ sich wieder für ein Jahr reaktivieren, seine Schwester steuerte ihr Gehalt hinzu. Denn außer Essen und Trinken für Kuno und uns, die Mitarbeiter, brauchte er ja auch manche kleine Summe für sein Material. Einige Freunde, die nicht mitarbeiteten, schickten ihm Geld. Darunter befand sich auch mein Bruder Roland, der gerade das Examen als Architekt bestanden hatte und als Referendar in Detmold arbeitete. Er schickte ihm einen Teil seines geringen Referendar-Einkommens.

Fest glaubten wir alle an ihn und seine Erfindung. Wir wußten natürlich nicht genau, wie alles arbeiten sollte. Er hatte zwar versucht, mir z. B. die Vorzüge des Dual-Systems als Kommandosprache für die Maschine zu erklären. Natürlich verstand ich als mathematisch geschulter junger Mensch das Prinzip und das Vorhaben, ich war aber nicht in der Lage zu verstehen, wie z. B. das Speicherwerk seiner utopischen Maschine funktionieren sollte. Was war nun meine Aufgabe? Nun, in der Hauptsache habe ich die Blechrelais für die erste Maschine, die heute unter der Bezeichnung „Z1“ in die Geschichte eingegangen ist, gebastelt. Keine sehr einfache Aufgabe übrigens, denn von der Genauigkeit dieser Handarbeit hing das fehlerlose Arbeiten der Maschine ab. Meistens brauchte man mehrere Exemplare des gleichen Relais. Kuno zeichnete die Form exakt auf Papier. Ich klebte das Papier auf ein Sperrholzbrettchen, befestigte zwischen diesem und einem zweiten Brettchen, das unten lag, die Anzahl der nötigen Bleche, schraubte die zwei Brettchen mit Gewindeschrauben zusammen und sägte mit einer kleinen elektrischen Laubsäge die Form der Relais aus. Diese Relais fertigte ich zu Tausenden. Das war meine Hauptaufgabe. Natürlich half ich später auch beim Zusammenbasteln der einzelnen Werke der Maschine, das ja Hand in Hand mit der Herstellung der Relais ging.

Ich bin ehrlich genug zu sagen, daß ich blind arbeitete und nicht genau wußte, wie dieses Monstrum, das da entstand, einmal arbeiten sollte. Und trotzdem, war die Maschine einmal fertig, arbeitete sie unter heillosem Gerassel und gab die exakten Lösungen für komplizierte Aufgaben. Sie nahm fast das ganze Wohnzimmer ein. Sie war nicht mehr aus der Wohnung zu entfernen. Ich glaube, erst nach der Zerbombung des Hauses konnte diese erste Zuse-Universal-Rechenmaschine im Kriege ins Museum geschafft werden.

Nach Fertigstellung dieser ersten mechanischen Maschine konnte Zuse diese der Forschungsanstalt für Luftfahrt vorstellen. Er erreichte eine gewisse Unterstützung und Förderung. Er konnte gegenüber seiner väterlichen Wohnung in der Methfesselstraße eine andere Wohnung mieten, in der er einige Mitarbeiter beschäftigte, mit denen er die Weiterentwicklung dieser Universal-Rechenmaschine betrieb. Von hier aus ist die Geschichte des ersten „Computers“ bekannt. Ich war damals und bin auch jetzt nicht wenig stolz auf meine handwerkliche Fertigkeit, von der letzten Endes das Arbeiten dieser ersten Maschine z.T. abhing. Ich bin auch der Meinung, daß Konrad Zuse ohne die finanzielle oder praktische Unterstützung dieser ersten fünf bis sechs Freunde es sehr schwer gehabt haben würde, seine weltbewegende und umwälzende Erfindung zu verwirklichen. (*Dipl.-Ing. Andreas Grohmann*)⁹

Konrad Zuse war ein älteres Semester in unserer Korporation „Motiv“ an der TH Berlin, dem wir jüngeren Semester gerne geholfen haben, seine Idee, ein funktionsfähiges Modell einer Rechenmaschine zu bauen, zu verwirklichen. Er hatte sich eine Werkstatt eingerichtet, wo er nun den mechanischen Zusammenbau vornehmen wollte. Wir haben dort mit der Laubsäge nach seinen Angaben Bleche ausgesägt und ähnliche Hilfsarbeiten verrichtet.

Die Erklärungen, die Konrad Zuse uns dabei gab im Hinblick auf die Weiterentwicklungsmöglichkeiten dieses Modells, waren für mich so beeindruckend, daß ich mir von meinem Vater 500,- RM erbat, um sie Zuse zu geben, als er wegen Materialmangel nicht mehr weiterbauen konnte.

Die Tatsache, daß man so Lösungen für die sehr zeitaufwendigen Berechnungen komplizierter statischer und dynamischer Aufgaben, die zu dieser Zeit in der Flugzeugindustrie besonders gefragt waren, kurzfristig und z.T. überhaupt nur so finden konnte, war maßgebend, daß wir alle Zuse als besonders genialen „Motiver“ anerkannten.

Hinzu kam, daß er uns jungen Semestern gerne mit Rat und Tat zur Seite stand und als Hobby großes Interesse am Zeichnen und Bauen von Bühnenbildern und Anschlägen sowie am Mitspielen auf unserer Laienbühne hatte.

Die volle Zukunft des Computers habe ich damals noch nicht erkannt, da es mir noch nicht möglich war, Zuse in all seinen himmelstürmenden Ideen zu folgen. (*Dipl.-Ing. Rolf Edgar Pollems*)¹⁰

Meine Arbeit bei Zuses Entwicklung hat sich leider beschränkt auf Besuchsstunden mit Gesprächen und den Versuchen, einige Überlegungen beizusteuern, sowie das Beschaffen von Leibniz' Werken, in denen dieser das Dualsystem beschreibt und untersucht. Als Student habe ich immer die Karte der Staatsbibliothek Unter den Linden gehabt und im großen Lesesaal überall herumgestöbert.

Eine Maschine erfinden zu müssen, die dem Ingenieur stures Wiederholen von Rechengängen, besonders langen wie bei Matrizen, abnimmt, leuchtete uns Studenten ein. Aber Zuse machte uns klar, daß Rechnen nur ein Spezialfall logischer Operationen ist und daß sein Apparat auch Schach spielen können müsse. Auch andere Anwendungsmöglichkeiten, wie Wettervorhersage, fielen uns ein, als die Z1 noch mit dem mechanischen Rechenwerk und Speicher, aufgebaut aus rechtwinklig gestapelten Scharen von Blechstreifen mit Stahlzylinerchen dazwischen, arbeitete und die Befehle aus alten Film-Zelluloidbändern erhielt, die Loch für Loch mit der Hand gestanzt wurden. Abgesehen von der genialen theoretischen Grundlage, in die wir uns mühsam eindenken mußten, imponierte uns die genauso geniale konstruktive Lösung. Und es machte uns Eindruck, daß dieses Konglomerat aus primitiven Apparaten auf dem Wohnzimmertisch und den danebenstehenden Gestellen viel schneller und – wenn überhaupt – dann richtig und beliebig genau Wurzeln ziehen konnte im Vergleich zu unseren Rechenmethoden. Wir

konnten uns vorstellen, daß sich diese Geschwindigkeit steigern ließe, aber nicht im Traum haben wir an die Möglichkeit und auch an die Notwendigkeit (!) der erreichbaren Rechengeschwindigkeit gedacht, die dank der Elektronik gang und gäbe ist und uns schon selbstverständlich erscheint. (*Dipl.-Ing. Walther Buttman*)¹¹

In dieser Anfangszeit hielten wir unsere Arbeit geheim. Wurden wir gefragt, was wir denn für geheimnisvolle Apparate bauten, sagten wir, wir arbeiteten an einem Tankmesser für Flugzeuge. Das Luftfahrtministerium hatte damals einen Wettbewerb ausgeschrieben, der hunderttausend Reichsmark für eine gute Lösung dieses Problems versprach. In Wirklichkeit hat sich keiner von uns jemals damit befaßt.

Für die technische Seite unserer Arbeit verweise ich hier zum ersten Mal auf den Wissenschaftlichen Anhang. In Anlage 1 ist dort zunächst der Weg vom Formular zur Programmsteuerung gezeigt. Bezeichnend ist dabei, daß ich erst eine elektromechanische Lösung im Auge hatte. Das Fernmelderelais war mir schon bekannt; überschlägige Überlegungen zeigten aber, daß eine solche Rechenanlage Tausende von Relais benötigt hätte, also ein Zimmer voll Relais-schränke. Davor hatte ich eine gewisse Scheu, denn damals war eine Rechenmaschine ein Gerät, das man wie eine Schreibmaschine auf den Tisch stellen konnte. Insbesondere die Speicherung Tausender von Zahlen war problematisch. Damals erschien schon ein Kilowort Speicherkapazität als außergewöhnlich. Ungefähr vierzigtausend Relais wären dafür erforderlich gewesen. Ich bemühte mich daher doch wieder um mechanische Lösungen. Es gelang mir, für das Speicherwerk eine kompakte mechanische Konstruktion zu entwickeln. Durch den Erfolg ermutigt, glaubte ich, daß auch für die übrigen Teile des Gerätes – insbesondere für die arithmetische Einheit – mechanische Lösungen von Vorteil wären. Nach einigen Anfangserfolgen mußte ich allerdings feststellen, daß die Mechanik für solche Aufgaben nicht flexibel genug ist. Zwei Jahre meines Lebens hatte ich mich mit mechanischen Konstruktionen herumgequält, bis ich es schließlich doch aufgeben mußte. Die Geräte dieser Zeit sind leider im Bombenkrieg zerstört worden. Immerhin hatte ich auch an ihnen die Grundgesetze der Schaltungstechnik entwickeln und erproben können. Dabei half die mathematische Logik. Der Übergang von der Mechanik zur Elektromechanik und auch zur elektronischen Lösung war dadurch sehr erleichtert. Diese Zusammenhänge werden in der Anlage 2 des Wissenschaftlichen Anhangs im einzelnen beschrieben. Hier sei zunächst auf die Ideen von Schreyer eingegangen.

Ich will dazu etwas ausholen. Die Arbeit an den Geräten Z1 bis Z3 verlief ohne alle Formalitäten, das heißt mehr improvisatorisch als in dem, was man einen geregelten Arbeitszusammenhang nennt. Ich selbst verbrachte gleichwohl achtzig Stunden in der Woche in meiner Werkstatt. Und doch blieb noch Zeit für Abwechslung und Geselligkeit. Der Film „King Kong“ war damals gerade angelaufen und war Anlaß für eine Mimik bei den Motivern: auf der Bühne waren aus Papier die Wolkenkratzer von New York nachgebaut, und King Kong erschien, um sie zu zertrümmern. Den King Kong gab Helmut Schreyer so überzeugend, daß es ihm den Namen fürs Leben eintrug. Ich wiederum vermu-



Helmut Schreyer (rechts) und der Verfasser (links) mit einem gemeinsamen Freund

tete, daß, wer solcher Schandtaten fähig war, auch in meiner Werkstatt nützlich sein könne. Ich lud Schreyer ein, er kam, sah sich meine seltsamen Bleche an und äußerte spontan: „Das mußt du mit Röhren machen.“ Ich hielt es, ehrlich gesagt, für eine seiner vielen Schnapsideen. Mit Röhren baute man Radioapparate – aber Rechenmaschinen? Andererseits, warum eigentlich nicht?

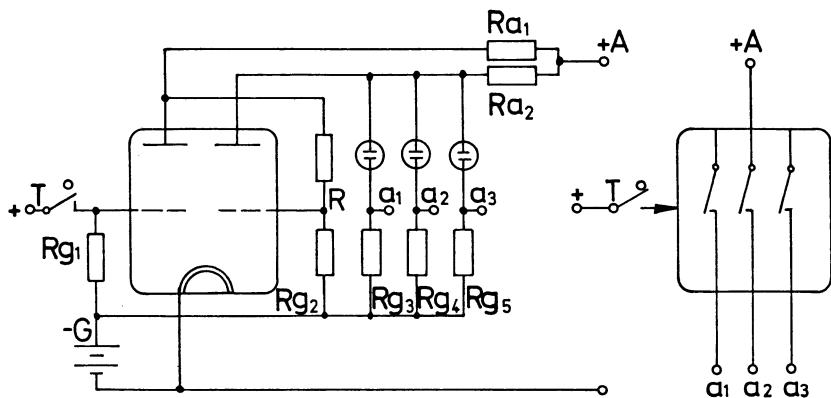
Helmut Schreyers vermeintliche Schnapsidee sollte sich als eine der fruchtbarsten der gesamten Computerentwicklung erweisen. Ich selbst hatte sie nie ernsthaft verfolgt, was in erster Linie meiner schon erwähnten optischen Einstellung zur Welt zuzuschreiben sein dürfte. Dinge, die man nicht sieht, waren für mich immer schwer durchschaubar. Eben darum war ich auch nie Radiobastler gewesen. Schreyer dagegen hatte auf diesem Gebiet große Erfahrung. Die Idee, Röhren für Rechenmaschinen zu verwenden, war etwa zur gleichen Zeit auch bei den Amerikanern aufgetaucht; aber davon wußten wir beide nichts. Vielleicht war Helmut Schreyer der erste, der sie wirklich systematisch verfolgte. Wie so oft, galt freilich auch hier das eingangs zitierte Wort Edisons, wonach auf ein Prozent Inspiration neunundneunzig Prozent Transpiration kommen.

Fürs erste arbeiteten wir gemeinsam weiter an meinen mechanischen Modellen, und Schreyer verbrachte sogar seine Semesterferien bei mir. Die Konzentration auf die Arbeit kostete ihn immer große Opfer. Während ich eher zu den jungen Männern gehörte, bei denen es den Mädchen gelang, anständig zu bleiben, hatte er meistens mehrere Freundinnen, die ihn von der Arbeit abhielten. Trotzdem ging er mit großem Eifer ans Werk. Nur morgens war er schwer aus dem Bett zu bekommen. Ich mußte einen beträchtlichen Teil meiner Erfindungsgabe darauf verwenden, mir immer neue Weckmethoden auszudenken, die ihn aber allesamt nicht sehr beeindruckten. Sehenswert war sein Arbeitsplatz. Man konnte daran archäologische Studien treiben und an den

verschiedenen Schichten der übereinanderliegenden Werkzeuge und Materialien erkennen, woran er wann und wie lange gearbeitet hatte.

Noch während der Arbeit an den mechanischen Modellen nahm allmählich die Idee der elektronischen Rechenmaschine Gestalt an. Die Schaltalgebra kam uns zu Hilfe. Waren nicht schon die Gesetze gefunden, um rechnerische Schaltungen sowohl in der elektromagnetischen Relaistechnik als auch in der mechanischen Schaltgliedtechnik mit einem gemeinsamen Kalkül, dem Aussagenkalkül, darzustellen? Man brauchte also nur die Grundschaltung in Röhrentechnik für die drei Grundoperationen Konjunktion, Disjunktion und Negation zu finden, dazu ein passendes Speicherelement und Mittel, um diese Elemente zusammenzuschalten. Die Aufgabe war klar: wir brauchten kein völlig neues Gerät in elektronischer Technik zu bauen, sondern den Entwurf nur in abstrakter Schaltgliedtechnik, das heißt formal mit symbolischen Elementen auszuführen. Unabhängig davon konnten die logischen Grundschaltungen entwickelt werden. Das gab eine gute Arbeitsteilung. Schreyer war mit Begeisterung dabei und fand nach kurzer Zeit Lösungen für das Problem. Er schrieb bei Professor Stäblein am Institut für Schwingungsforschung an der Technischen Hochschule Berlin-Charlottenburg seine Doktorarbeit zu diesem Thema. An seinen Entwürfen ist bemerkenswert, daß er noch mit Glimmlampen arbeitete. Die Halbleitertechnik war damals noch nicht soweit, daß eine elegante Diodenlogik, wie wir sie heute nennen, möglich gewesen wäre. Glimmlampen haben durch ihre Ionisierungszeit eine gewisse Trägheit. Immerhin erlaubten sie fünf- bis zehntausend Schaltungen pro Sekunde. Die Aussicht, die Geschwindigkeit von Rechenmaschinen auf diese Weise zu vertausendfachen, erschien uns damals märchenhaft. Schreyer erfand eine geschickte Kombination von Röhren und Glimmlampen, wobei die Röhren die Funktion der Wicklung eines elektromechanischen Relais und die Glimmlampen die Funktion der Kontakte übernahmen. Als erstes baute er eine kleine Relaiskette auf.

Enttäuschend war die Reaktion bei unseren Zuhörern, als wir 1938 im kleinen Kreise der Technischen Hochschule diese Versuchsschaltung vorführten und dabei auch das Problem der elektronischen Rechenmaschine vortrugen. Als wir erklärten, wir würden etwa zweitausend Röhren und einige tausend Glimmlampen brauchen, um ein leistungsfähiges programmgesteuertes Rechengerät zu bauen, reagierte man mit Kopfschütteln. Das war Phantasterei. Die größten elektronischen Geräte waren damals Sendeanlagen mit einigen hundert Röhren. Man fragte nach dem Strombedarf eines solchen Rechengerätes, und ich verwies auf den Flugzeugbau: es gebe Hochgeschwindigkeitswindkanäle, vor deren Inbetriebnahme man im Kraftwerk anrufen müsse, damit sie dort eine zusätzliche Turbine einschalteten. Aber das Beispiel machte niemandem Eindruck. Nur Stäblein erkannte die neuen Möglichkeiten, und so konnte Schreyer weiter an dem Problem arbeiten, soweit es unsere bescheidenen Mittel erlaubten. Allerdings ist kein vollständiges Rechengerät dabei entstanden. Das Erlebnis an der Technischen Hochschule aber war uns eine Lehre. Von da an hielten wir uns mit Angaben über die Geschwindigkeiten, die elektronische Rechner einmal würden erreichen können, zurück.



Röhrenschaltung von Schreyer. Links: Schaltung einer Röhre mit parallelen Gittern; rechts: symbolische Darstellung

Schreyer war es auch, der mir beim Übergang zur Relaismaschine half. Das mechanische Speicherwerk konnte hier beibehalten werden, doch mußten wir bei den Rechenwerken und den Steuerungen zu elektromechanischen Bauelementen wie Relais und Schrittschaltern übergehen. Vor allem Schreyers Erfahrungen als Fernmeldefachmann waren hier sehr nützlich. Er wußte sehr gut, daß es bereits fertig entwickelte Bauelemente wie Relais und Schrittschalter gab und daß man sie bei bestimmten Altwarenhändlern gebraucht und verhältnismäßig billig erwerben konnte.

Freilich erschienen mir nicht alle seine Ratschläge so praktisch. So verwendete man zum Beispiel im Fernmeldebau bestimmte Spezialrelais mit Ansprech- und Abfallverzögerung, und er schlug mir vor, diese auch für meine rechnenden Schaltungen zu verwenden. Es geht dabei darum, daß im allgemeinen über die Kontakte der einen Relaisgruppe die Wicklungen der nächsten Gruppe geschaltet werden müssen, weshalb die Relais der ersten Gruppe nicht sofort abfallen dürfen. Grundsätzlich wäre dieses Problem zwar mit abfallverzögerten Relais lösbar, und man hat es wohl auch verschiedentlich damit versucht; das Verfahren hat aber entscheidende Nachteile. Bei den meisten zyklisch arbeitenden Schaltungen einer Rechenmaschine nämlich muß die Abfallzeit sehr sauber eingestellt sein, was ein sehr exaktes Justieren erfordert. Ferner kann das Gerät nur bei der einmal fest eingestellten, der Justierung entsprechenden Geschwindigkeit betrieben werden. Das erschwert die Fehlersuche beträchtlich; denn es ist insbesondere bei neu zu entwickelnden Schaltungen ein großer Vorteil, die Arbeit der einzelnen Relaisgruppen Schritt für Schritt verfolgen und die Maschine an einer beliebigen Stelle des Ablaufs warten lassen zu können. Bei meinen mechanischen Konstruktionen verwendete ich einen im Viertakt arbeitenden Impulsgeber, durch den sämtliche Schaltungsbewegungen synchronisiert wurden. Bei den mechanischen Schaltgliedern entsprechen diese vier Takte den vier Richtungen in der Ebene, die zusammen ein volles Spiel ergeben. Für die Übertragung der Impulse waren umfangreiche, durch das ganze Gerät verlaufende Hebelkon-

struktionen erforderlich. Bei der elektromechanischen Konstruktion trat an die Stelle des mechanischen Impulsgebers eine Schaltwalze, die die nötigen Spannungsimpulse erzeugte. Sogenannte Kommutatoren mit Kohlebürsten waren dafür am besten geeignet. Bei meinen ersten Versuchsschaltungen behalf ich mich allerdings mit verhältnismäßig primitiven anderen Konstruktionen. Die Übertragungen sind dann problemlos über elektrische Leitungen möglich. Dieses Verfahren hatte einen angenehmen Nebeneffekt, der mir als Nichtfachmann der Elektrotechnik zunächst gar nicht wichtig erschien. Beim Abschalten eines Relais nämlich entsteht aufgrund der Selbstinduktion der Wicklung ein Funken. Erfolgt das Abschalten über Relaiskontakte, so werden diese stark durch die Funken beansprucht und nutzen sich schnell ab. Im Fernmeldewesen ist dies durch Funkenlöschschaltungen noch einigermaßen zu beherrschen. Bei Computern schalten die Relais jedoch wesentlich häufiger. Durch die Schaltwalze wurde nun bewirkt, daß die Relais stets stromlos schalteten. Dieser Nebeneffekt hat ganz erheblich zur Betriebssicherheit unserer Relaismaschinen beigetragen.

Im Gegensatz zu mechanischen Geräten ist bei den Relaismaschinen die Schrittzahl innerhalb einer Periode, also eines Spiels, beliebig wählbar. Bei meinen ersten Geräten – der Z2, Z3 und Z4 – arbeiteten wir noch mit fünfschrittigen Spielen. Das hatte seinen Grund darin, daß wir im Altwarenhandel nicht die Relais bekommen konnten, die wir uns gewünscht hätten. Wir brauchten einen Schritt zum Ansprechen und zwei Schritte zum Abfallen. Wir wußten aber sehr wohl, daß zwei Schritte für ein Spiel genügen. Spätere Geräte, insbesondere das Modell Z11, wurden dann auch nach diesem Prinzip gebaut. Man brauchte dazu sauber angepaßte Relais, bei denen die Ansprechzeit etwa gleich der Abfallzeit ist.

Das beschriebene Verfahren erforderte außerdem Haltekreise, die ebenfalls von der Schaltwalze her synchronisiert wurden. Durch die Verwendung der Schaltwalze und dieser zusätzlichen Haltekreise erschien zwar der Aufwand gegenüber den traditionellen Schaltungen der Fernmeldetechnik höher; die Vorteile des Verfahrens waren aber so erheblich, daß sie auch Schreyer und die anderen Mitarbeiter, die etwas vom Fernmeldewesen verstanden, überzeugten. Auch in elektronischen Geräten hat sich das streng taktmäßige Arbeiten fast allgemein durchgesetzt.

Wir schrieben inzwischen das Jahr 1937, und unsere Arbeit hatte Formen angenommen, die eine bessere Finanzierung erforderten. Ich bekam Kontakt mit dem damaligen Fabrikanten von Spezialrechenmaschinen Dr.-Ing- Kurt Pannke. Das erste Telefongespräch mit ihm war typisch für die damalige Einstellung der Fachwelt: „Ich habe mir sagen lassen“, begann Dr. Pannke, „daß Sie eine Rechenmaschine erfunden haben. Nun will ich Ihnen nicht den Mut nehmen, als Erfinder zu arbeiten und neue Ideen zu entwickeln. Aber eines muß ich Ihnen doch von vornherein sagen: Auf dem Gebiet der Rechenmaschinen ist praktisch alles bis in die letzten Möglichkeiten erforscht und ausgeklügelt. Da gibt es kaum noch etwas zu erfinden, das hat mir auch der berühmte Rechenmaschinenkonstrukteur Hamann bestätigt, nach dessen Ideen rund eine Million

Rechenmaschinen gebaut worden sind. Arbeitet Ihre Rechenmaschine nach dem Prinzip der wiederholten Addition oder nach dem Prinzip der Einmaleins-Körper?" – „Das ist in meiner Maschine dasselbe“, sagte ich, worauf, statt einer Antwort, eine längere Pause folgte.

Dazu muß man wissen, daß damals das wichtigste Rechenmaschinenproblem die Multiplikation war. Es gab zwei Schulen, die je eines der beiden genannten Prinzipien verfochten. Die meisten Maschinen arbeiteten mit wiederholter Addition, das heißt der Multiplikand wurde, entsprechend der gerade herausgegriffenen Ziffer des Multiplikators, wiederholt in das Register der Maschine hineinaddiert. Das elegantere Verfahren war zweifellos das der Einmaleins-Körper, bei dem die Teilprodukte des kleinen Einmaleins durch technische Mittel direkt dargestellt und die Teilprodukte dann unmittelbar in das Register hineinaddiert wurden. Es war leider auch das teuerste. Heute hält sich kaum noch ein Rechenmaschinenkonstrukteur mit solchen Fragen auf. Damals aber war das eine oder das andere Verfahren unter seinesgleichen eine Art Weltanschauung. Und nun behauptete also ein junger Mann, das sei bei ihm ein und dasselbe. Trotzdem kam Dr. Pannke in meine Werkstatt, und ich konnte ihm erklären, daß im binären Zahlensystem das Einmaleins auf vier einfache Formeln beschränkt ist:

$$0 \times 0 = 0$$

$$0 \times 1 = 0$$

$$1 \times 0 = 0$$

$$1 \times 1 = 1$$

Der ganze Aufwand für die Einmaleins-Körper war also überflüssig.

Ähnlich wie mein Gesprächspartner dachten damals alle Unternehmer der Rechenmaschinenindustrie. Man war ganz und gar auf die Tagesprobleme ausgerichtet. Große und kostspielige Rechenmaschinen für Wissenschaftler, für Mathematiker und Ingenieure zu bauen, erschien absurd, versprach vor allem keinen geschäftlichen Erfolg. Diese Leute hatten doch kein Geld. Und dann: die geringen Stückzahlen! Immerhin konnten wir mit den etwa siebentausend Reichsmark, die Dr. Pannke uns zur Verfügung stellte, unsere Arbeit fortsetzen. Der Versuch, die mechanische Schaltgliedtechnik auch auf die Rechenwerke anzuwenden, mußte aus den obengenannten Gründen aufgegeben werden. Ich nahm das zweite Versuchsgerät mit einem aus elektromagnetischen Relais aufgebauten Rechenwerk in Angriff, das mit dem mechanischen Speicher des ersten gekoppelt wurde. Es handelte sich um das Gerät, das wir später Z2 nannten.

Trotz der immensen Arbeit in meiner Werkstatt fand ich damals auch die Zeit, mir über die Theorie und die zukünftige Entwicklung des Computers Gedanken zu machen. Ich hielt diese Gedanken in stenografierten Tagebuchnotizen fest. Ein paar dieser Notizen habe ich über die Kriegszeit hinwegretten können. Die wichtigsten will ich im folgenden wiedergeben und jeweils kurz kommentieren.

20. 6. 37.

W:

zur pr.

✓ e r l y g r o b e r e

* zur pr.:

✓ em: r u p n R v.
zur s h a n t a c s .
zur pr.: ~ C w: elip
pr. of, & zu -.

✓ Leib am lang:

✓ b y. n i c h t .
✓ s o n t a m n o r .
✓ a r f u r k l o s
✓ zu r o c k : [e-e'le, -o-e'el]

g e e 19. Ju 37.

✓ e - a t c u n u) o r

R - en t u n L o 6.

Beginn der Tagebuchnotiz vom 20.6.37 („Mechanisches Gehirn ...“)

20.6.37

Tagebuch:

Mechanisches Gehirn:

Seit etwa einem Jahr beschäftige ich mich mit dem Gedanken des mechanischen Gehirns.

Erste Gedanken: Im Anschluß an die Rechenmaschine. Herstellung von Rechenplänen nach Anweisungen. Mathematisches Gehirn: Differenzierung. Sprachhirn. Übersetzen, Schreiben usw. Erste produktive Gedanken für Einzelheiten: April 37. Erkenntnis der Bedingungsketten. Auflösung aller Operationen in Bedingungsketten. Die Idee kam mir beim Entwurf des Leitwerks der Rechenmaschine im Sekundalsystem. (Ist das und das der Fall, so muß das und das geschehen.)

Entscheidender Gedanke 19. Juni 37

Erkenntnis, daß es Elementaroperationen gibt, in die sich sämtliche Rechen- und Denkoperationen auflösen lassen.

Ein primitiver Typ eines mechanischen Gehirns besteht aus einem Speicherwerk, Wählwerk und einer einfachen Vorrichtung, in der einfache Bedingungsketten von 2–3 Gliedern behandelt werden können. Mit dieser Form des Hirns muß es theoretisch möglich sein, sämtliche Denkaufgaben zu lösen, die von Mechanismen erfaßbar sind, jedoch ohne Rücksicht auf die dazu erforderliche Zeit. Kompliziertere Gehirne betreffen lediglich die schnellere Erledigung von Vorgängen; z. B.:

1. parallele Ausführung von Elementaroperationen
2. gleichzeitige Bestimmung langer Bedingungsketten

Dementsprechend muß für jede zu lösende Aufgabe ein Spezialhirn möglich sein, das diese möglichst schnell löst.

Die Operationen folgen einem Plan ähnlich einem Rechenplan.

Mit Ausgangsbedingungen und Resultat. Dementsprechend Speicherplan. Jedoch kann der Speicher- oder Arbeitsplan sich aus den vorhergehenden Operationen ergeben (z. B. die Nummern der Speicherzellen) und sich so aus sich selbst aufbauen (vgl. „Keimzelle“).

Hier ist also bereits die Grundidee der späteren John-v.Neumann-Maschine vorweggenommen. Weiter heißt es in den Notizen:

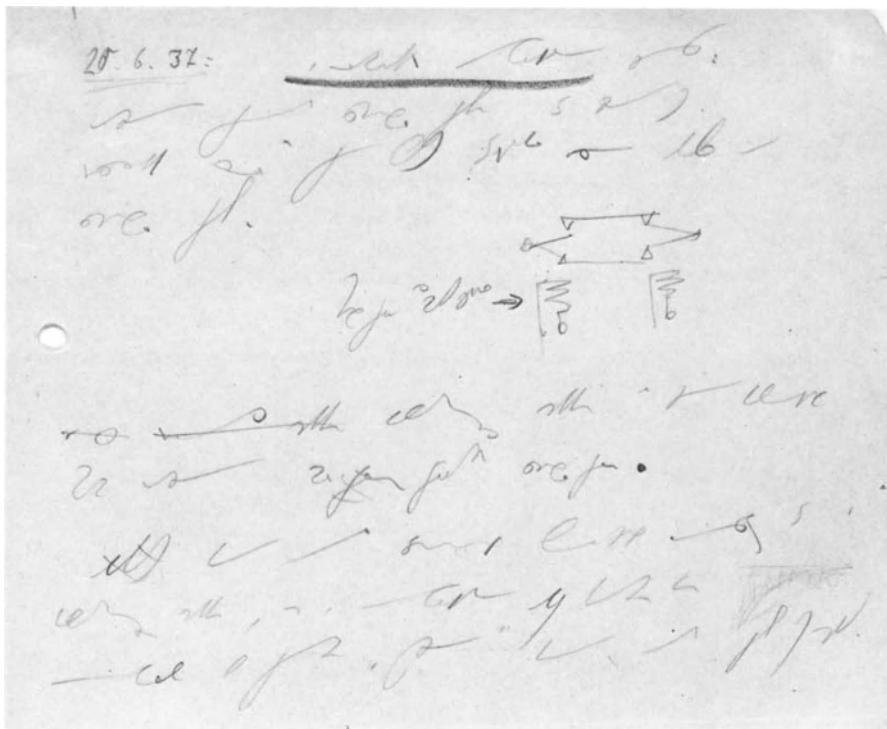
20.6.37: Die Elementaroperation heißt:

Vergleich zweier Sekundalziffern auf Gleichheit. Resultat ist zweifach variabel, also ebenfalls eine Sekundalziffer.

Grundzelle des mechanischen Hirns

Bedingungsketten sind gleichbedeutend mit dem Vergleich mehrstelliger Sekundalzahlen. Bei einer aufeinanderfolgenden Lösung von Bedingungsketten kann die Operation abgebrochen werden, sobald das Zeichen „ungleich“ bei nur einer Ziffer sich ergibt.

Damals glaubte ich noch, der Vergleich zweier Sekundalziffern – heute sagen wir Binärziffern – stellte die eigentliche Grundoperation dar. Meine Gedanken faßte ich in einer kleinen Schrift zusammen. Da Leibniz für das binäre Zahlensystem den Ausdruck Dyadik benutzte, nannte ich meine Bedingungskombinatorik allgemeine Dyadik. In einem Brief an meinen früheren Mathematiklehrer erwähnte ich stolz meine Gedanken. Die Antwort lautete, wie sie lauten mußte: dieser Formalismus sei längst unter dem Namen Aussagenkalkül bekannt. Das



Tagebuchnotiz vom 20.6.37 („Die Elementaroperation ...“)

war für mich eine Überraschung. Im Mathematikunterricht des Gymnasiums und der Hochschule war dieser Kalkül der mathematischen Logik nie erwähnt worden. Also studierte ich Hilbert/Ackermann, Frege, Schröder und andere Logiker. Die Boolesche Algebra war damals in Deutschland wenig bekannt. Meiner Meinung nach ist der Aussagenkalkül auch fortschrittlicher und klarer als die Boolesche Algebra. Trotzdem hat sich der Ausdruck Boolesche Werte für Ja-Nein-Werte in der Informatik fest eingebürgert.

Zunächst stellte ich fest, daß der Aussagenkalkül praktisch isomorph mit meiner Bedingungskombinatorik war. Jedoch ist er mathematisch exakter durchgearbeitet. An die Stelle der Verknüpfungen notwendiger und hinreichender Bedingungen meiner Bedingungskombinatorik treten die aussagenlogischen Operationen Konjunktion und Disjunktion mit den Zeichen \wedge bzw. \vee . Der Ansatz auf Seite 187 in der Anlage 2 des Wissenschaftlichen Anhangs schreibe sich demnach:

$$(Ls_1 \vee Ls_2 \vee Ls_3) \wedge [(Vx' \wedge Bv) \vee (\bar{V}x' \wedge \bar{B}v)] \Rightarrow Vr$$

Dabei sind in der Schreibweise von Hilbert/Ackermann die Negationsstriche über die Variablen gesetzt.

Es würde hier zu weit führen, alle die Gesetze zu entwickeln, die sich aus der Analogie zwischen dem Aussagenkalkül und den Relaischaltungen ergeben. Hierüber gibt es schon eine umfangreiche Literatur. Heute sind uns diese Dinge selbstverständlich; aber damals öffneten sich mir die Tore zu einer neuen Welt des Rechnens. Das mehr oder weniger unsystematische „Herumknobeln“ konnte in klare Gesetze gefaßt werden. Darüber hinaus bot der Aussagenkalkül Regeln, die ich noch nicht kannte, etwa das Dualitätsprinzip. Es lautet: Ist ein beliebig zusammengesetzter, aussagenlogischer Ausdruck gegeben, so bildet man das Gegenteil dieses Ausdrucks, indem man die einfachen, nicht negierten Variablen negiert, bei allen einfach negierten Variablen die Negation aufhebt und sämtliche \wedge -Zeichen in \vee -Zeichen verwandelt und umgekehrt. Ein einfaches Beispiel: A sei die Aussage „Es ist schönes Wetter“, B die Aussage „Ich habe frei“. Dann sei $A \wedge B$ die Bedingung dafür, daß ich einen Spaziergang mache („Es ist schönes Wetter und ich habe frei“). Der nach dem Dualitätsprinzip umgewandelte Ausdruck lautet als Formel $\bar{A} \vee \bar{B}$, in Worten: „Es ist nicht schönes Wetter oder ich habe nicht frei.“ Unter diesen Umständen mache ich keinen Spaziergang.

Es war wie eine Erleuchtung, dieses Prinzip auf Schaltungen zu übertragen. Für unser Beispiel etwa ergeben sich zwei einfache Grundschaltungen, die zueinander invers sind:



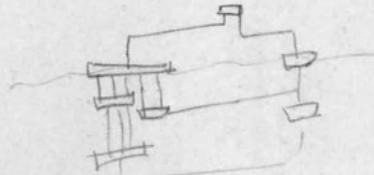
Dieses Gesetz zeigte bei systematischer Anwendung überraschende Effekte, die besonders für die Konstruktion der Additionsschaltungen Vorteile brachten. Damit hatten wir ein Werkzeug, mit dem die recht komplizierten arithmetischen Operationen im gleitenden Komma schaltungsmäßig zu lösen waren. Ich wandte es zuerst auf das mechanische Gerät Z1 an.

Die abstrakte Schaltgliedtechnik erlaubte zunächst eine neutrale Darstellung, die sich sowohl in die elektromechanische Relaistechnik als auch in die mechanische Schaltgliedtechnik übertragen ließ. Aus den schon erwähnten Gründen wählte ich zunächst die letztere. Die einzelnen Teile arbeiteten auch zufriedenstellend; doch traten Schwierigkeiten beim Zusammenspiel aller Teile auf. Während bei elektrischen Konstruktionen Verbindungen beinah ohne jede Beschränkung zwischen entfernt liegenden Teilen des Gerätes durch einfache Drähte hergestellt werden können, müssen bei mechanischen Konstruktionen komplizierte Übertragungen durch Hebel und Gestänge an deren Stelle treten.

Im Zusammenhang mit solchen logischen Überlegungen befaßte ich mich damals auch schon mit grundsätzlichen Fragen der Computerarchitektur. Darunter versteht man den Gesamtaufbau, die Zusammenstellung und das Zusammenwirken der einzelnen Aggregate.

16.7.37. Organische Schreibweise
Pfeile für die
Tangentialen und
Zugkraften.

Abz: L = 82 mm am 1. ge
Am Ende des Balkens sind
die Kräfte an der Stelle ③
mit den Ziffern 1, 2, 3 beschriftet.
Pfeile mit dem Zeichen
gleichen sich auf.



Winkelspannung.
Stahl über Wasser.
Werkstofflehre in Klasse

Beginn der Tagebuchnotiz vom 16.7.37 („Organische Schreibweise ...“)

In mein Tagebuch schrieb ich:

16.7.37 Organische Schreibweise eines Intervalls.

Im Gegensatz zur schematischen Schreibweise.

Angefangen von den Achsen über Entwicklung der Hauptkörper mit anschließenden Intervallen.

Rechenpläne: Rechenmaschinen, mit vielen Werken, die imstande sind, parallele Operationen auszuführen, die im Rechenplan hintereinander liegen, müssen imstande sein, einen gespeicherten Rechenplan zu überlegen, um vorauszusehen, welche Operationen gleichzeitig ausgeführt werden können. Jede Operation kann ausgeführt werden, sobald ihre Ausgangswerte bekannt sind.

Ähnlichkeit des Rechenplanes mit dem Stammbaum einer Familie. Zwei Ausgangsindividuen ergeben ein neues.

Maßgebend für die Entfernung einer Rechenoperation vom Anfang ist der längste Stammweg, d. h. der Weg zum Ausgang über jeweils die Ausgangswerte, die die meisten Rechenoperationen führen.

Den Begriff Intervall faßte ich damals mehrdimensional auf. Es schwebte mir vor, geometrische Körper, zum Beispiel Teile des Maschinenbaus, als räumliche Intervalle aufzufassen und sie durch logische Formeln zu beschreiben. Die Gedanken zum Plankalkül, wie ich später sagen sollte, entsprechen den heutigen sehr modernen Überlegungen über Multiprozessorsysteme. Des weiteren ist hier ein Problem angesprochen, das ich damals schon das Problem „Schachhirn“ nannte und das mich sehr intensiv beschäftigte. Allerdings habe ich es als gelernter Bauingenieur nicht streng mathematisch behandelt. Die Frage, ob es Spiele geben kann, die ohne Wiederholungen im Unendlichen verlaufen, müßte wohl einmal untersucht werden. Ich hatte damals kaum Gesprächspartner, mit denen ich mich über dieses Thema hätte unterhalten können. Es war mir aber klar, daß es eines Tages Rechenmaschinen geben würde, die den Schachweltmeister besiegen können. Ich schätzte die Zeit, die bis dahin vergehen würde, auf ungefähr fünfzig Jahre. Da die besten Schachprogramme heute bereits die Spielstärke von Großmeistern erreichen, könnte es am Ende sogar sein, daß meine Schätzung zutrifft. Dabei wäre zu betonen, daß es weniger um das Schachhirn, also den Computer, als um die Schachprogramme geht.

Die folgende Notiz skizziert, kurz gesagt, die logische Entwicklung von der Babbage-Maschine – beziehungsweise meiner Z3 – zum Computer mit Programmspeicherung, den wir heute als John-v.Neumann-Maschine kennen. Es war damals klar, daß der Weg zur Programmspeicherung mit der Konsequenz der Befehlsumrechnung führen mußte. Die Verwirklichung dieser Evolution des Computers war freilich immer nur in dem Maße möglich, wie die technischen Voraussetzungen gegeben waren. Nach dem Stand der Technik von 1938 wäre es nicht vernünftig gewesen, eine John-v.Neumann-Maschine zu bauen. Auf dieses Thema wird in der Anlage 3 des Wissenschaftlichen Anhangs näher eingegangen. Hier zunächst die Notiz aus dem Jahr 1938:

4. 6. 38

Planwerk

Arbeitswerk

Solange das Planwerk nur das Arbeitswerk bedient, ohne daß „erarbeitete Angaben“ in das Planwerk eingehen, handelt es sich um „starre“ Pläne. Das Planwerk dient dann nur dazu, starre Pläne mit wiederholenden oder periodischen Teilen einfacher niederzulegen und kann in jedem Fall durch einen Lochstreifen ersetzt werden.

I. 1) Abtaster steuert Arbeitswerk	W Wählwerk Sp Speicherwerk Op Operationswerk Pl.Sp. Splan-Speicherwerk A Abfühlwerk (ruft an Zellen 0, 1, 2 ... von Plan-Sp.)
2)	

Planablesung aus Speicherwerk

3)	E Einstellwerte Pl W Planwerke
----	-----------------------------------

Steuerung der Plan-Ablesung über Wählwerk. Am Einstell-Werk E wird Plan-Nummer (Nr.) eingestellt, darauf werden fortlaufend die Zellen gewählt.

Bei 1 bis 3 steuert das Planwerk nur das Arbeitswerk.

II. Sich selbst steuerndes Arbeitswerk (Unterpläne „gegliederte starre Pläne“)

4) Unterscheidung zwischen „äußerem“ und „innerem“ Befehlen. Äußere Befehle steuern das Arbeitswerk, „innere“ Befehle das Planwerk.

E_0 = Zählwerk für Hauptplan

E_1 = Zählwerk für Unterplan

Innere Befehle: „weiter machen E_1 “ Nr. ...
„weiter machen E_0 “ Fortsetzung

Bei äußeren Befehlen gibt das gerade in Betrieb befindliche Werk E_i den nächsten Befehl. Innere Befehle bewirken Wechsel des außenliegenden Zählwerks, wobei E_1 (Unterplanwerk) von der gewünschten Nr. an weiter zählt und E_0 dort, wo es zuletzt stehenblieb.

4a) Dasselbe mit getrennten Wählwerken und Speicherwerken (nur im Planwerk)

5) Mehrfach-Verschachtelung:

Befehle: „Weiter machen E_i Nr.“ ...
„Weiter machen E_i Fortsetzung“
sonst wie vorher.

6)

Speichern des Befehls Nr. (vom Pl.Sp), der nach Abruf des folgenden Unterplanes abgelesen werden soll. Speicherwerk mit mehreren Zellen (je nach Zahl der Planstufen).

Befehle: „weiter machen Nr. ...“
„speichern auf (Sp B Nr.)_i Nr. ...“
„steuern von E durch (Sp B Nr.)_i“

7)

Beste Form

Vereinigung von Sp B N₂ und Pl Sp sonst selber Zauber. Beste Form des „starren gegliederten Planwerks“.

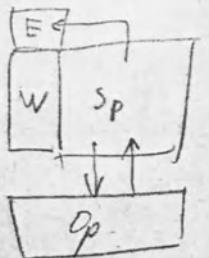
III. Lebende Pläne

8)

Übernahme von Angaben aus dem „Arbeitswerk“ in das „Planwerk“
Rückkoppelung

9) Vereinigung von Arbeits- und Planwerk

9) ~ 3 Sch. an.



6. 6. 38. ~~jetzt~~ vor - vor - ~~jetzt~~.
~~vor~~ = vor 1. vor 2.
vor 2. z. g. in der zeit 2. g. f. - 1.
vor 1. ~~z. g.~~ 1. z. g. 2. a. z. g. 3. a. z. g.
z. g. 2.
vor = z. g. = z. g. a. z. g.
z. g. a. z. g. a. z. g. a. z. g. a. z. g.
z. g. a. z. g. a. z. g. a. z. g. a. z. g.
z. g. a. z. g. a. z. g. a. z. g. a. z. g.
z. g. a. z. g. a. z. g. a. z. g. a. z. g.
z. g. a. z. g. a. z. g. a. z. g. a. z. g.
z. g. a. z. g. a. z. g. a. z. g. a. z. g.
z. g. a. z. g. a. z. g. a. z. g. a. z. g.

Ende der Tagebuchnotiz vom 4. 6. 38 („Vereinigung ...“)

Eine letzte Tagebuchnotiz schließlich stammt aus dem Kriegsjahr 1941:

Die Paradoxien der Mengenlehre laufen auf den Wagnerschen Hammer in der Schaltungs-Mathematik. Eine endlose lebende Schaltung ist überhaupt nur durch solche Paradoxien, wenn auch auf großen Umwegen, möglich. Ist also die Triebkraft des Lebens der Irrtum? Vergleiche mit der Relaiskette. Nur eine beschränkte Folge von zeitlichen Abläufen ist möglich. Daher zwangsläufig „endlicher“ Verlauf? Zusammenhang mit der Chiffrier-Technik.

1. 11. 41.

46

aber nur
Logik zu erarbeiten

1. 2. 3. 4. 5. 6.
1. 2. 3. 4. 5. 6.
1. 2. 3. 4. 5. 6.
1. 2. 3. 4. 5. 6.
1. 2. 3. 4. 5. 6.
1. 2. 3. 4. 5. 6.
1. 2. 3. 4. 5. 6.

für 2. Jahr.

Tagebuchnotiz vom 1. 11. 41 („Die Paradoxien ...“)

Ich bin mir darüber im klaren, daß die hier vertretene Auffassung den Mathematiker kaum befriedigen wird. Sie zeigt gleichwohl, wie ich mich sehr ernsthaft bemühte, Brücken zwischen der theoretischen Logik und der Praxis zu bauen. Leider habe ich die damals schon veröffentlichten Arbeiten von Turing nicht gekannt. Seine Arbeit „On Computable Numbers“¹² ist inzwischen in Fachkreisen weltbekannt geworden. Turing kam von der mathematischen Logik her zum Modell der Rechenmaschine und stellte den Begriff der Berechenbarkeit in den Mittelpunkt seiner Betrachtungen. Ich selber bin genau den umgekehrten Weg gegangen.

VIERTES KAPITEL

Kriegsausbruch und (erste) Einberufung – Als Statiker im Flugzeugbau – Die Geräte Z2 und Z3 – Zweite Einberufung – Die „Zuse Ingenieurbüro und Apparatebau, Berlin“ – Der erste Prozeßrechner

Inzwischen gingen die politischen Ereignisse in Deutschland ihren verhängnisvollen Gang. Ich selber nahm, ganz meiner Arbeit lebend, nur wenig Anteil daran. Es wäre damals freilich auch nicht leicht gewesen, sich ein authentisches Bild von den Verhältnissen innerhalb und außerhalb Deutschlands zu machen. Natürlich wußte man, daß die offiziellen Nachrichten lückenhaft, wenn nicht gefälscht waren. Aber gerade darin lag das – informationstheoretische – Problem: wie sollte man aus unvollständigen oder falschen Nachrichten die Wirklichkeit rekonstruieren? Es ist ja in einem totalitären Staat nicht so, daß grundsätzlich alle Nachrichten falsch sind. Im Gegenteil sind die meisten durchaus richtig, wenn gleich tendenziös gefärbt; es werden jedoch bestimmte Informationen unterdrückt. Die politische Färbung der Nachrichten läßt sich mitunter zurückrechnen; es gibt aber kaum eine Möglichkeit, Fehlendes zu ergänzen. Hinzu kommt, daß der Verstand nicht ständig gegen das Unterbewußtsein ankämpfen kann, das dem Trommelfeuer der Propaganda ungeschützt ausgesetzt ist. Man kann auch nicht grundsätzlich das Gegenteil für richtig annehmen; denn was ist schon – logisch gesehen – das Gegenteil einer Mitteilung? Um aber keine Mißverständnisse aufkommen zu lassen: Deutschland war in diesen Jahren auch nicht so von der Außenwelt abgeschnitten, daß nicht für den, der Ohren hatte zu hören, Nachrichten von draußen hereinsickerten. So ging zwar die offizielle deutsche Presse nach dem Einmarsch in die Tschechoslowakei elegant darüber hinweg, daß man damit den bis dahin geltenden Grundsatz aufgegeben hatte, nur von Deutschen bewohnte Gebiete „anzugliedern“; aber von einem Freund, der damals gerade in London weilte, erfuhr ich, welch gewaltigen Schock dort diese Nachricht ausgelöst hatte und daß auch bis dahin verhältnismäßig deutschfreundliche Zeitungen praktisch über Nacht ihre Einstellung änderten. Nur, welche Konsequenzen sollten wir jungen Deutschen daraus ziehen? Wir waren durch die bisherigen „Erfolge“ an den Gedanken gewöhnt, daß alles friedlich ablaufen werde, und hofften weiter auf den Frieden. Der erwähnte Freund – es war Kurt Mittrenga – hatte noch unmittelbar vor Ausbruch des Zweiten Weltkrieges englische Freunde in Berlin zu Besuch. Sein nach dem Krieg niedergeschriebener Bericht darüber gibt die Stimmung wieder, die der Kriegsausbruch bei uns auslöste:

Seinerzeit waren durch Devisenbeschränkungen Reisen ins Ausland sehr erschwert und unsere Kenntnis der Nachbarländer daher mäßig. Dabei war unser Interesse um so größer,

was wir durch die Vorliebe für amerikanische und englische Schallplatten kompensieren konnten.

Nur einem unserer Bundesbrüder, dessen Eltern im Ausland lebten, war es 1938/39 möglich, für ein Jahr am Imperial College in London zu studieren, seinerzeit eine ungewöhnliche Sache. Dort weckte er bei seinen englischen Studienkollegen so viel Interesse für Deutschland, daß sich 17 junge Engländer im August 1939 zu einer Deutschlandreise aufmachten. 15 davon beschränkten sich auf einen Aufenthalt am Rhein und im Schwarzwald, während zwei seiner besten Freunde anschließend nach Berlin kamen.

Das ganze Motiv bot auf, was eben möglich war. Die beiden wohnten auf dem Haus, es wurden Kneipen, abendliche Lokalbummel und herrliche Segelfahrten veranstaltet, und für beide war dieses Zusammensein mit der damaligen Schönheit Berlins ein so unvergeßliches Erlebnis, daß sie noch heute davon sprechen. Der eine, Chemiker, hielt einen Vortrag in englischer Sprache über die „Synthetische Herstellung von Vitamin A“. Er ist später übrigens ein bekannter Mann geworden, mehrfacher Ehrendoktor und Leiter der weltweiten Forschung auf dem Pharmagebiet der ICI (Dr. Alfred Spinks) – leider ist er inzwischen verstorben –, während der andere (Prof. Dr. Ronald Wood) heute Professor für Biologie und Dekan der biologischen Fakultät am Imperial College in England ist. Es waren Tage der Verständigung und der Freundschaft.

Aber die Wolken zogen sich immer mehr zusammen, immer wieder erschien das Wort „Krieg“ in den Zeitungen, und auf eine entsprechende Anfrage bei der englischen Botschaft wurde eine sofortige Abreise angeraten. Nach der Euphorie war das eine schlimme Situation. Unter der Versicherung der Freundschaft auch über den Krieg hinaus reisten sie ab und wurden von einem Teil der Bundesbrüder auf der Fahrt im Zug durch die Berliner Bahnhöfe begleitet.¹³

Es mag nach allem, was wir heute wissen, naiv erscheinen, aber es war für uns alle eine bittere Enttäuschung, daß es zum Krieg kam. Mich selber trafen die politischen Ereignisse völlig unvorbereitet. Ich wurde mitten aus meiner Arbeit herausgerissen und auf Grund meiner früheren kurzen Ausbildung bei der Reichswehr zur Infanterie eingezogen. Die meiste Zeit meines Militärdienstes verbrachte ich allerdings in der Eifel. Es war noch die Zeit des Abwartens. An kriegerischen Ereignissen habe ich nie teilgenommen.

Das Gerät Z2 stand bei meiner Einberufung kurz vor der Vollendung. Dr. Pannke richtete an meine Dienststelle ein Urlaubsgesuch mit der Begründung, daß ich meine Arbeiten ordnungsgemäß übergeben solle. Er schrieb sinngemäß, ich arbeitete an einer großen wissenschaftlichen Rechenmaschine, die auch im Flugzeugbau verwendet werden könne. Dieses Schreiben übergab ich meinem Hauptmann, der es sogleich weiterleitete. Der Bataillonskommandeur, ein Major, bestellte mich zu sich, eröffnete mir zunächst, daß ich als ganz junger Soldat ohnehin kein Recht auf Urlaub hätte, und fuhr fort: „Was heißt hier, Ihre Maschine kann im Flugzeugbau verwendet werden? Die deutsche Luftwaffe ist tadellos, was braucht da noch berechnet zu werden?“ – Was hätte ich darauf erwidern sollen? Der Urlaub wurde nicht gewährt.

Ein halbes Jahr sollte mein Militärdienst dauern, ein halbes Jahr, in dem ich viel Zeit hatte, die 1937 und 38 entwickelten und in Tagebuchnotizen festgehaltenen Gedanken weiterzuverfolgen. Ich erwähnte bereits, daß ich beim Studium der Addierwerke auf die Idee gekommen war, grundsätzlich alle Angaben

– heute sprechen wir von Daten beziehungsweise Informationen – in Ja-Nein-Werte aufzulösen. Wir sahen, daß sich dieses Prinzip auf alle Komponenten der Rechenmaschine, insbesondere auf die Steuerungseinrichtung, übertragen läßt und zur Schaltalgebra unter Anlehnung an den Aussagenkalkül führt. Was auf diese Weise an Steuerungsvorgängen formal erfaßt wird, ist nicht mehr reine Zahlenrechnung. Die entscheidende Frage lautete nun: Lassen sich in einer solchen Theorie des allgemeinen Rechnens Denkvorgänge oder zumindest formale Zusammenhänge erfassen, die diesen zugrundeliegen? – Ein heißes Eisen, denn es geht nun nicht mehr darum, Zahlenrechnungen leichter durchzuführen, sondern das gesamte Gebiet Rechnen erreicht eine höhere Stufe. Die Journalisten haben das nach dem Krieg instinkтив erfaßt und das Schlagwort vom „Elektronengehirn“ geprägt. Damals freilich stand ich mit diesen Gedanken allein. Für die ursprüngliche Idee der wissenschaftlichen, programmgesteuerten Rechenmaschine konnte ich unter Fachkollegen noch Verständnis finden. Man bezweifelte nur, daß die Maschine wirklich funktionieren würde. Wenn ja, wäre sie selbstverständlich sehr brauchbar. Aber eine Theorie des allgemeinen Rechnens? Ich beschloß, von vornherein auf die Zustimmung anderer zu verzichten. Die Eifel war der rechte Ort, für mich allein darüber nachzudenken.

Nicht lange vor meiner Einberufung hatte ich nur deshalb Schach spielen gelernt, weil ich das Schachspiel für ein Modell hielt, an dem ich den Rechenmaschinenkalkül entwickeln und erproben konnte. Als Soldat hatte ich nun immer ein Reiseschach bei mir. Beim Schachspiel konnte man auf wenig Raum und mit wenigen Elementen eine komplizierte Verflechtung von Bedingungen, Fallunterscheidungen und dergleichen studieren. Ich suchte einen Weg, um die Gesetze des Schachspiels mit Hilfe der mathematischen Logik zu formalisieren, also etwa die Schachmattbedingung für Schwarz: „Schwarz ist matt, wenn der schwarze König von mindestens einer weißen Figur angegriffen wird und weder der König auf ein Feld ausweichen kann, welches von keinem weißen Stein angegriffen oder gedeckt wird, noch Schwarz – im Falle, daß der schwarze König nur von einer weißen Figur angegriffen wird – den Angriff dieser Figur abwehren kann, indem Schwarz entweder diese Figur schlägt oder eine eigene Figur dazwischensetzt.“ Meine bereits früher ausgesprochene Vermutung, daß es Rechenmaschinen eines Tages möglich sein müsse, den Schachweltmeister zu besiegen, mußte nun sorgfältiger unterbaut werden. Aber bis dahin war noch ein weiter Weg. Selbst heute, nach Jahrzehntelanger Entwicklung besonders in den USA, ist dieses Ziel noch nicht erreicht. Man spricht in diesem Zusammenhang von „artificial intelligence“ oder „general problem solving“. Ich selbst prägte damals den Ausdruck angewandte Logistik. Damals war Logistik im deutschen Sprachgebrauch noch identisch mit mathematischer Logik.

Immerhin trug also die Militärzeit zur Klärung meiner Gedanken bei. Mein Hauptmann wußte, woran ich arbeitete, und stellte mir zeitweise sogar sein Zimmer zur Verfügung, damit ich in Ruhe meinen Studien nachgehen konnte. Eine Zeitlang befaßte ich mich auch mit dem Chiffrierproblem. Der Gedanke, die Möglichkeiten des allgemeinen Rechnens mit Bedingungen und Aussagen zur Verschlüsselung von Nachrichten einzusetzen, war mir schon vorher gekommen.

II
Karl von
Lippe-Detmold.
2. Lt. Gepfeifer
Telepostnr.: 24946.

26. Dez. 1937

Chiffriergerät

Das hier vorgeschlagene Gerät hat zur Aufgabe, Fünferkombinationen von Forschreibmaschinen zu verschlüsseln. Es ist ein Zusatzerät, welches entweder konstruktiv mit der Schreibmaschine verbunden sein kann, oder als selbständiges Gerät dazwischen geschaltet wird. Die Arbeitsweise ist vollkommen selbsttätig, d. h. es braucht während des Sendens keinerlei Einstellungen vorgenommen zu werden.

Methode:

Die Verschlüsselung der Zeichen erfolgt in 3 Stufen:

1) Durch Addition eines Summanden.

Die Fünferkombinationen werden als fünfstellige Stundenzahlen (Zahlen eines Systems mit der Basis 2) aufgeführt.

Beginn der Eingabe des Verfassers an das Heereswaffenamt, den Entwurf für ein Chiffriergerät betreffend

Jetzt wurde die Frage für mich aktuell. Ich war nämlich kein begeisterter Soldat. Die freiwillige Ausbildung im Jahr 1933 war nur eine kurze Episode gewesen, und ich drängte mich keineswegs danach, Jahre meines Lebens als Infanterist zu verbringen. In dieser Einstellung unterschied ich mich übrigens kaum von meinen Kameraden. Andererseits hätte ich, wie sie, meine Pflicht getan, wenn es notwendig gewesen wäre. Das Chiffrierwesen erschien mir aber als ein möglicher Ausweg, und tatsächlich konnte ich eine Verbindung zu Dr. Liebknecht im Heereswaffenamt herstellen, der damals für das Chiffrierwesen zuständig war. Ich fertigte einen Entwurf für ein Verschlüsselungsgerät, und die Reaktion war zunächst durchaus positiv. Bald aber gab man mir zu verstehen, daß man bereits über gute Geräte dieser Art verfüge. Gemeint war die Enigma, die man damals für absolut sicher hielt. Bekanntlich sollte sich diese Überzeugung als falsch erweisen; denn in der Tat gelang es den Engländern, die Enigma mit Hilfe eines Colossus genannten elektronischen Gerätes zu entzaubern. Wir wissen heute, daß der schon erwähnte Turing daran großen Anteil hatte. Ich selber habe mich mit dem Problem der Entschlüsselung nie befaßt. Mir fehlten dazu die mathematischen Voraussetzungen. Mein Vorstoß in Richtung Chiffrierwesen erwies sich als ein Fehlschlag; aber man zeigte bei Dr. Liebknecht doch so viel Verständnis für meine Lage, daß man mich zu Besprechungen nach Berlin reisen ließ.

Auch Schreyer bemühte sich damals vergeblich, die Behörden für unsere Arbeiten zu interessieren. Er schlug vor, eine Röhrenmaschine zu entwickeln, die unter anderem zur Flugabwehr geeignet sein würde. Sie sollte etwa zweitausend Röhren enthalten. Auf die Frage, wie lange er für die Entwicklung wohl brauche, entgegnete er vorsichtig: „Etwa zwei Jahre.“ – „Ja, was glauben Sie denn, wann wir den Krieg gewonnen haben?“ war die Antwort.

Ich selber lernte in Berlin Professor Herbert Wagner kennen. Er war Leiter der Sonderabteilung F bei den Henschel-Flugzeug-Werken und entwickelte dort ferngesteuerte fliegende Bomben. „Ihre Rechengeräteentwicklung ist sicher sehr interessant, aber dafür kann ich Sie nicht vom Militärdienst befreien. Ich kann aber einen Statiker gebrauchen“, meinte er. Für diese unmittelbar der Waffenentwicklung dienende Tätigkeit wurde ich schließlich „uk“ gestellt.

Das Arbeitsgebiet war neu für mich. Herbert Wagner gehörte zu den Pionieren der deutschen Luftfahrt. An der Technischen Hochschule Berlin-Charlottenburg hatte er das neue Fachgebiet Luftfahrt mit aufgebaut. Insbesondere für die Statik hatte er neue Verfahren entwickelt; denn die Flugzeugstatik ist etwas ganz anderes als die Baustatik. Das hatte ich schon während meiner ersten kurzen Tätigkeit als Statiker im Flugzeugbau im Jahr 1936 erfahren.

Die Arbeitsweise Wagners beeindruckte uns alle sehr. Er war ein außerordentlich sicherer und vielseitiger Rechner. Blitzschnelle Überschlagsrechnungen und geschickt gewählte Vereinfachungen waren seine Spezialität. Er konnte stundenlang, Seite für Seite, Theorien und Rechnungen entwickeln. Wir anderen saßen dann um seinen Schreibtisch und hatten alle Mühe, seinen Gedanken wenigstens in den wichtigsten Punkten zu folgen. Nachher brauchten wir oft Tage, um seine Berechnungen nachzuprüfen. Aber nie ist es meines Wissens jemandem gelungen, ihm auch nur einen Fehler nachzuweisen. Sowohl die

Ansätze als auch die Zahlenrechnungen waren immer richtig. Bei ihm und seiner Arbeitsgruppe konnte ich viel lernen. Ein wirklicher Ingenieur bin ich erst dort geworden. Ich schließe daraus, daß es keinen Sinn hat, das Studium zu sehr auszudehnen. Aufbauend auf gewissen Grundlagen, muß die Ausbildung von einem bestimmten Punkt an in der Praxis erfolgen.

Bei den Entwicklungen der Abteilung F hatte zwar die Statik nur geringe Bedeutung; dennoch traten einige besondere Probleme auf. Die uns gestellten Aufgaben waren technisch hochinteressant und faszinierend. Daß die hochgezüchteten Waffen, um die es dabei ging, letzten Endes dem Krieg und dem Mord dienten, wurde darüber leicht vergessen. Und doch hätten wir im Grunde alle lieber an zivilen Aufgaben gearbeitet.

Als erstes entwickelten wir das Gerät Hs 293, das von Flugzeugen auf Erd- und Seenziele abgeworfen werden sollte. Die Steuerung nach dem Abwurf erfolgte über Funkverbindung auf Sicht mit besonderen Vorrichtungen. Das Gerät ist während des Krieges noch eingesetzt worden. Allerdings war der Wettkampf zwischen Angriffs- und Abwehrwaffen auch hier der kritische Punkt: Die Entwicklungszeit war, wie in der Technik üblich, erheblich unterschätzt worden. Als die Waffe schließlich einsatzbereit war, war die gegnerische Abwehr schon in der Lage, die Funkverbindung der Steuerung zu stören.

Bereits vorher war mit der Entwicklung des Gerätes Hs 294 begonnen worden, einer Kombination aus fliegender Bombe und Torpedo. Dieses Gerät war dem damaligen Stand der Waffentechnik sicher weit voraus. Die Bombe flog zunächst als ferngesteuerter Flugkörper und tauchte dann kurz vor dem Ziel unter Wasser, um als Torpedo bis zum Ziel weiterzuschwimmen. Die Steuerung erfolgte über Draht. Die Abspulung zweier Drähte aus Drahtspulen war dabei ein besonderes Problem, das aber bereits an anderer Stelle gelöst worden war. Ein anderes Problem war die Gestaltung des Torpedokörpers. Alle bisherigen Versuche, Torpedos von Flugzeugen abzuwerfen, hatten unbefriedigende Ergebnisse gehabt. Man hatte zu sehr auf der traditionellen Form des Torpedos, der nach der Vorstellung seiner Konstrukteure als Schwimmkörper nicht schwerer als Wasser sein durfte, beharrt. Das hatte eine sehr leichte Konstruktion erfordert; viele der Torpedos waren deshalb beim Aufschlag aufs Wasser zerbrochen. Wagner brach nun mit dieser alten Vorstellung und verwendete einen Körper, der wesentlich schwerer als das verdrängte Wasser war – für einen Flugzeugbauer kein Problem. Eine besondere Schwierigkeit sahen wir darin, vor dem Eintauchen des Torpedos ins Wasser Flügel, Steuerung und Leitwerk abzusprengen. Wir stellten umfangreiche Versuche an. Die Flügelholme wurden an ihrer Basis mit Sprengringen versehen. Ich erinnere mich noch gut an einen Versuch, bei dem die Zündung der Absprengung versagte und dennoch durch den Aufprall auf das Wasser der Flügel einwandfrei abrasiert wurde.

Noch später, schon gegen das Kriegsende hin, wurde auch die Entwicklung einer Boden-Luft-Rakete zur Flugabwehr begonnen. Nach dem Krieg bemühten sich dann die Siegermächte um die deutschen Wissenschaftler. Auch die Mitarbeiter der ehemaligen Abteilung F an der Technischen Hochschule Berlin-Charlottenburg wurden dabei in alle Winde zerstreut. Herbert Wagner und

einige andere tauchten später in den USA wieder auf. Er selber starb am 28. Mai 1982 in Corona del Mar in Californien.

Für meine Rechenmaschinen blieben mir während der Arbeit für die Sonderabteilung F nur die Abendstunden, die Sonnabende und Sonntage. Dennoch war 1940 das Gerät Z2 einigermaßen vorführbereit. Ich nahm Verbindung mit der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt in Berlin-Adlershof auf, und Professor Teichmann kündigte seinen Besuch in meiner Werkstatt an. Stunden zuvor versuchte ich noch immer fieberhaft, das Gerät zum ordentlichen Arbeiten zu bringen – vergeblich. Die Gäste kamen, ich schwitzte Blut und Wasser – und siehe da, das Gerät arbeitete einwandfrei. Auch danach bekam ich die Z2 kaum wieder einmal zum fehlerfreien Laufen. Der inverse Vorführeffekt aber hat mir noch öfter geholfen. Das Versagen der Z2 war übrigens einfach zu erklären: Ich hatte in meiner Materialnot alte Telefonrelais benutzen müssen und war gezwungen gewesen, Ruhekontakte zu Arbeitskontakte umzubauen. Dabei hatte ich übersehen, daß die oberen Kontaktfedern eine Auflage brauchten, um die nötige Vorspannung für den Kontaktdruck zu erwirken. Anstelle der erforderlichen zwanzig waren nur ein bis zwei Gramm Kontaktdruck vorhanden. Das konnte nicht gutgehen.

Die Vorführung der Z2 hatte genügt, die Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt zu interessieren. Deren technischer Direktor, Professor Bock, hielt mir zwar einen langen Vortrag, ich solle mir nur ja nicht einbilden, daß ich als Erfinder ein reicher Mann werden, ein Schloß am Meer besitzen und im Horch – damals einem der elegantesten Autos – herumfahren würde. Gleichwohl aber einigten wir uns auf einen Vertrag: die schon im Bau befindliche Z3 wurde von der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt teilfinanziert. Sie war 1941 fertiggestellt und das erste Gerät, das wirklich voll funktionsfähig alle wichtigen Elemente einer programmgesteuerten Rechenmaschine für wissenschaftliche Zwecke nach dem Stand der Technik enthielt. Es hatte – in heutiger Terminologie – folgende Eigenschaften:

Elektromagnetische Relaistechnik

(600 Relais im Rechenwerk, 1400 Relais im Speicherwerk)

Binäres Zahlensystem

Gleitendes Komma

Wortlänge 22 Bit

(Ein Bit ist die Abkürzung von binary digit und ist ein Ja-Nein-Wert bzw. eine Binärziffer. Unter Wort versteht man heute die in einer Speicherzelle speicherbare Information, also in diesem Fall die komplette Zahl mit Vorzeichen, Exponent und Mantisse.)

Speicherkapazität 64 Worte

Steuerung über 8-Kanal-Lochstreifen (d. h. daß ein Befehl aus 8 Bit bestand)

Eingabe über eine Spezialtastatur, bei welcher die Lage des Kommas relativ zu vier Dezimalziffern eingestellt werden konnte.

Ausgabe durch Anzeige der Resultate auf Lampenstreifen einschließlich der Lage des Kommas

Geschwindigkeit: etwa 3 Sekunden für Multiplikation, Division bzw. Quadratwurzelziehen

19. Sept. 1940

S. Bony DVL.

A. Teichmann DVL.

K. Koch,

C. Schmieden.

P. Mayer DVL

L. Schreyer DVL

24. IX. 40.

W. Kirschner DVL

12. Mai 1941

A. Teichmann DVL

K. Koch

L. Schreyer DVL

P. Mayer DVL

14. Mai 1941

Eintragung Denselb

Seite aus dem Besucherbuch des Verfassers mit der Eintragung vom 12. Mai 1941, dem Tag der Vorführung des ersten programmgesteuerten Rechengerätes Z3 vor Besuchern von der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt (12. Mai 1941, A. Teichmann DVL, K. Koch, C. Schmieden DVL, Schreyer, P. Mayer DVL)

Das Gerät wurde zum größten Teil aus Altmaterial gebaut; die Daten der Wicklungen der Relais waren deshalb uneinheitlich. Ich mußte verschiedene Spannungen benutzen, um die Relais einigermaßen gut zusammenschalten zu können, was viel überflüssige Arbeit verursachte. Dennoch war die Z3 verhältnismäßig betriebssicher. Leider konnte sie nur von mir allein gewartet werden.

Die logischen Zusammenhänge des Gerätes, insbesondere der arithmetische Teil im binären Zahlensystem mit Gleitkomma und allen Übersetzungsvorgängen von einem Zahlensystem ins andere, waren voll verdrahtet. Die Speicherkapazität von vierundsechzig Worten ist nach heutigen Begriffen nicht sehr hoch. Sie genügte jedoch vollkommen, um das Prinzip zu zeigen und die Programmsteuerung zu erproben. Die Herstellung der Programme war noch recht primitiv.

Handelsübliche Lochstreifengeräte, wie sie damals schon im Fernsprechbau für 5-Kanal-Lochstreifen benutzt wurden, konnte ich während des Krieges nicht bekommen. Ich half mir mit selbstgebauten Loch- und Lesegeräten und benutzte normale Filmstreifen, eine Idee Schreyers. Gelocht wurden sie mit einem einfachen Handlocher.

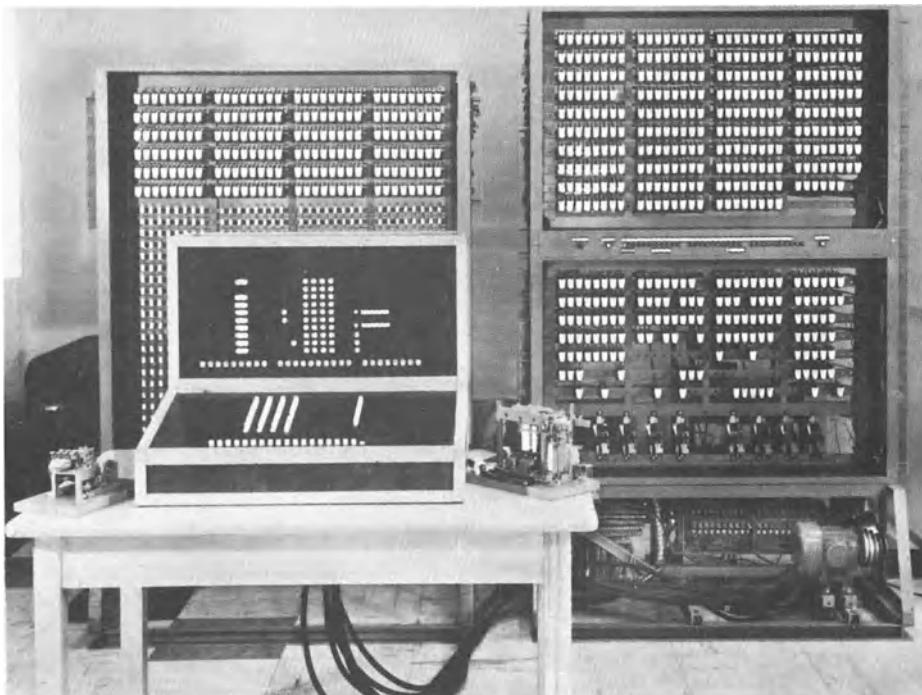
Außer einigen Prüfungsprogrammen, zum Beispiel zur Berechnung von Determinanten oder quadratischen Gleichungen, war hauptsächlich das Programm für die Berechnung einer komplexen Matrix wichtig. Dies stellte einen wesentlichen Arbeitsgang bei der Berechnung der kritischen Flatterfrequenzen von Flugzeugen dar. Flügelflattern kann bei kritischen Geschwindigkeiten der Flugzeuge eintreten, wenn sich die Schwingungen der Flügel in der Eigenfrequenz durch den Luftstrom verstärken. Es entspricht etwa dem Flattern einer Fahne. Diese Erscheinung hatte in der Pionierzeit des Flugzeugbaus viele zunächst unerklärliche Abstürze verursacht. Nur langsam konnten ihre sehr schwierigen theoretischen Grundlagen erforscht werden. Die Berechnung der kritischen Frequenzen erforderte einen großen Rechenaufwand. Daher waren in erster Linie die „Flatterfachleute“ an der programmgesteuerten Rechenmaschine interessiert.

Die Z3 wurde während des Krieges mehreren Dienststellen vorgeführt; sie wurde indes nie im Routinebetrieb eingesetzt. Dazu wäre unter anderem meine Unabkömlichkeitstellung für diese Aufgabe nötig gewesen. Offiziell aber galt die Z3 nicht als dringlich. Sie wurde mehr oder weniger als Spielerei und als das Privatvergnügen meiner Freunde und mir angesehen. Meine „uk-Stellung“ galt nach wie vor ausschließlich für meine Tätigkeit als Statiker.

Die Z3 ist 1944 im Bombenkrieg zerstört worden. 1960 wurde sie nachgebaut und im Deutschen Museum in München aufgestellt.

1941, kurz nach der Fertigstellung der Z3, wurde ich überraschend abermals einberufen. Die deutsche Ostfront war festgefahren; gewaltige Verluste erforderten den Nachschub von Reserven. Auch ich marschierte nach Osten – ohne alle Illusionen. Was einem dort bevorstand, wußte jeder. Andere ließen ihre Familie zurück, ich die Z3. Wer würde sich wohl darum kümmern? Sie war schließlich das Ergebnis jahrelanger harter Arbeit. Mitten in diese trübsinnigen Betrachtungen platzte nach wenigen Tagen meine erneute uk-Stellung. Unter Hunderten von Kameraden war ich auserwählt, die schon in Marsch befindliche Truppe zu verlassen und den Heimweg anzutreten. Eine solche Situation läßt eine besondere Stimmung aufkommen. Warum gerade ich? Gewiß, ich war nicht uk gestellt worden, weil ich an der Entwicklung des Computers arbeitete, sondern als Statiker im Flugzeugbau. Aber ich lebte vollkommen in der gerade erschlossenen Welt der neuen Ideen. Besonders das allgemeine Rechnen beschäftigte mich immer mehr. Und immer klarer stand die Möglichkeit des künstlichen Gehirns vor mir. Das Schicksal, sagte ich mir, hatte entschieden, daß ich daran weiterarbeiten durfte.

Zurück in Berlin, war ich also wieder Statiker bei den Henschel-Flugzeug-Werken. Mit der Zeit aber erreichte ich nun eine Teilbeschäftigung. Ich konnte mitten im Krieg die „Zuse Ingenieurbüro und Apparatebau, Berlin“ aufbauen,



Die rekonstruierte Z3 im Deutschen Museum in München

zunächst mit nur zwei, drei Mitarbeitern, später wurden es etwa zwanzig. Natürlich war es damals schwer, geeignete Mitarbeiter zu bekommen. Was es gab, waren ungelernte, meist weibliche Arbeitskräfte oder solche, die sich andernorts unbeliebt gemacht hatten, beziehungsweise die nicht in das normale Angestelltenschema hineinpaßten. So konnte ich einmal einen hervorragenden Konstrukteur einstellen, der längere Zeit in einer Nervenheilanstalt gewesen war. In einem normalen Betrieb wäre er mit seinen Eigenarten vermutlich des öfteren angeeckt; bei uns gab es mit ihm kaum Probleme. Mein Buchhalter wiederum hatte als Jugendlicher eine große Dummheit begangen und war dafür gerichtlich belangt worden. Auch er paßte sich unserem kleinen Betrieb hervorragend an. Ich konnte ihm blind vertrauen, denn er hatte den ehrlichen Willen, wieder ein ordentliches Mitglied der Gesellschaft zu werden. Daß diese beiden Mitarbeiter nicht zum Militärdienst eingezogen werden konnten, war überdies ein großer Vorteil. Der Buchhalter freilich beging eines Tages die zweite große Dummheit seines Lebens: um wieder in den Besitz der bürgerlichen Ehrenrechte zu kommen, meldete er sich ohne mein Wissen freiwillig an die Ostfront. Wenig später erhielt ich die Nachricht, daß er gefallen war. Zu den Mitarbeitern der ersten Stunde zählte auch „Veronika“, die von der Gebrauchsgrafik zum technischen Zeichnen umgeschult war. Sie sattelte später noch einmal um und ist heute als Künstlerin tätig: Vera Grohmann aus Herford.

Trotz aller nur erdenklichen kriegsbedingten Schwierigkeiten gingen die Arbeiten in meiner Firma gut voran. Zeitweise wählte ich auch den Ausweg, mit Hilfskräften zu arbeiten, die nur stunden- oder tageweise bei mir tätig waren, so Alfred Eckhard und Karl-Ernst Hoestermann, beide Motiver, die Fernmeldewesen studierten. Sie waren als Soldaten eingezogen, konnten aber ihren Dienst im Fernsprechamt des Oberkommandos der Wehrmacht in der Bendlerstraße tun. Von dort brachten sie noch weitere Mitarbeiter, unter anderem Kurt Brettschneider, mit. Auch von ihnen haben später einige kurze Berichte für das schon erwähnte Buch von Czauderna verfaßt. Zwei dieser Berichte will ich in Auszügen wiedergeben:

Es war ein ganz großer Glücksumstand, daß ich, Soldat der Deutschen Wehrmacht, im Mai 1940 als „Mechaniker“ zur Fernsprechvermittlung im OKW-Berlin kommandiert wurde. Zwar konnte ich mein unterbrochenes Studium der Nachrichtentechnik an der TH Berlin nicht fortsetzen, aber in der Freizeit bei der Montage der ersten programmgesteuerten Rechenmaschinen mitarbeiten.

Konrad Zuse hatte mich im Herbst 1940 zu einer Vorführung seiner ersten Relais-Maschine Z2 zusammen mit Helmut Schreyer und Alfred Eckhard in die elterliche Wohnung in der Methfesselstraße eingeladen. Das Haus im Stil der hochherrschaftlichen Wohnhäuser aus der 2. Hälfte des vorigen Jahrhunderts mit Marmortreppe und Stuckdecken stand im krassen Gegensatz zu der nüchternen Atmosphäre, die man von Instituten und Entwicklungslabors gewohnt war. Meine erste Reaktion: Hat sich die Bande einen Ulk mit mir gemacht? Meine Zweifel wurden jedoch bald beseitigt. In einem großen Wohnzimmer, im Jugendstil möbliert, stand ein mechanisches, undefinierbares Etwas, zusammengebaut aus Blech, Stabilbaukisten-Einzelteilen, Glaplatten, Kurbelarmen, Zahnrädern und einer Programmwalze wie bei einem Glockenspiel, in der Größe eines Eßtisches für 8 Personen. Dieses Gebilde wurde mir als erste, programmgesteuerte, mechanische Rechenmaschine vorgestellt. Sie war jedoch nicht mehr betriebsfähig. Daneben auf einem alten Küchentisch war ein Gestell aufgebaut von ca. 1 m Höhe und 0,6 m Breite, voller Relais, Drehwähler und mit einem grausamen Drahtverhau, die erste programmgesteuerte Rechenmaschine mit einem Relais-Rechenwerk (Z2). Wie jeder Besucher, mußte auch ich den Wert einer Determinante 3. Grades aus selbstgewählten vierstelligen Zahlen mit Hilfe von Bleistift und Papier ausrechnen. Dann wurde feierlich ein Einankerumformer angelassen (Zuse wohnte in einer Berliner Gleichstromgegend), ein motorgetriebener Drehschalter mit Segmenten und Schleifkontakte eingeschaltet, die von mir gewählten Zahlen mit Drucktasten in den Rechner eingegeben, und dann begann ein Klicken und Klappern von Relais, Stampfen und Rattern von Drehwählern und nach ca. 1 Minute wurde an einem Lampenfeld angezeigt, mit dem Resultat, daß ich falsch gerechnet hatte. Als mir dann nach weiteren Manipulationen am Rechner auch noch nachgewiesen wurde, wo ich mich verrechnet hatte, schlug meine anfängliche Skepsis in helle Begeisterung um.

Nun kam eine eifrige Diskussion in Gang über Zuses Pläne für die Entwicklung und den Bau einer größeren Relais-Rechenmaschine. Manche Vorschläge zur Verbesserung der Betriebssicherheit wurden akzeptiert, z. B. der Ausschuß von alten Relais und die Verwendung von neuen Drähten für die Verkabelung der Anlage. Wegen zu erwartender Änderung bei der Inbetriebnahme wurde ein Kompromiß zwischen wilder Verdrahtung und abgebundenen Kabelbäumen gefunden, eine Technik wie sie in ähnlicher Form bei Fernsprech-Hauptverteilern üblich war. Der motorgetriebene Kontaktgeber wurde als Schaltwalze konzipiert und für die ganze Anlage ein flacher Staubschutz-Schrank mit Glastüren geplant.

Bei dem Zusammenbau der Anlage wirkten dann noch andere Kameraden aus dem Wöhlersaal OKW mit. Ich erinnere mich an Peter Löchel, der jedoch besonders eigenwillig die Schaltungstechnik ohne Taktgeber vertrat und deshalb bald wieder ausschied, und Kurt Brettschneider, der besonders gute Beziehungen zum Verwalter der Relais-„Abfallkiste“ im OKW entwickelte. Wir erhielten einen Stundenlohn von 1 Reichsmark plus Freibier, das als Braubier damals noch in 5-l-Fäßchen mit Pferdewagen ausgefahren und von der gütigen Mutter Zuse für uns ewig hungrige und durstige Soldaten auf Flaschen abgefüllt wurde.

Die Rechenmaschine (erst sehr viel später kam die Bezeichnung „Computer“ auf) wurde in einem knappen Jahr fertiggestellt. Dabei haben wir Soldaten uns immer gewundert, wann Zuse die vielen Schaltungsentwürfe gemacht haben könnte. Bestimmt war sein Arbeitstag mit 15 Stunden nicht zu Ende.

Mit der erfolgreichen Inbetriebnahme der Anlage war der endgültige Beweis erbracht, daß ein Digital-Rechner für die Lösung zukünftiger technischer Probleme große Vorteile haben kann. So erinnere ich mich an eine Diskussion, bei der auf unsere Frage, ob ein Rechnereinsatz bei der Berechnung von Objektiven möglich sei, von Zuse geantwortet wurde: „Ja, wenn man trigonometrische Funktionen mit dem Rechner bestimmen kann“ (was später auch von Zuse realisiert wurde). Bei einer anderen Diskussion wurde von Zuse sogar der Vorschlag gemacht, die Verdrahtung von Rechenmaschinen von einem programmgesteuerten Automaten durchführen zu lassen. Daran war damals aber noch nicht zu denken, denn die dafür notwendige Entwicklung von geeigneten Bauelementen hätte den Rahmen der kriegsbedingten Improvisation gesprengt.

Bald nach Fertigstellung dieser später mit Z3 bezeichneten Anlage wurde in den inzwischen gemieteten Räumen einer Parterre-Wohnung gegenüber von Methfesselstraße 10 mit dem Bau eines sehr viel größeren Rechners begonnen. Der Auftrag war von der DVL (Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt) Berlin-Adlershof gekommen. Auch dieses unter dem Namen Z4 laufende Gerät war eine universelle Anlage für technisch-wissenschaftliche Rechnungen. Außerdem baute Zuse Spezialgeräte für Flügelvermessung. Es sollten mit eigens dafür entwickelten, als Analog-Digital-Wandler arbeitenden Meßuhren Tragflächenprofile gemessen und mit Hilfe des fest programmierten Rechners Korrekturwerte bestimmt werden.

Noch vor der Fertigstellung dieses ersten Prozeßrechners war die goldene Zeit im OKW für mich zu Ende. Der Kontakt zu Zuse und seinen programmgesteuerten Rechnern ist aber bis zum heutigen Tage nicht abgerissen. Noch während der letzten Kriegswochen half ich bei Stromsperrre im Haus Oranienstraße 6 den Fahrstuhlkorb, beladen mit der Z4, per Handrad an der Aufzugswinde vom Keller zur Laderampe heraufzudrehen. (*Karl-Ernst Hoestermann*)¹⁴

Im Juli 1940 wurde ich als Nachrichten-Techniker ins OKW Berlin versetzt. In einem Gespräch mit dem Kameraden K. E. Hoestermann erfuhr ich von den Versuchen von Dipl.-Ing. K. Zuse. Da ich Interesse an diesen Arbeiten hatte, erklärte sich Herr Zuse auf Anfrage durch Herrn Hoestermann bereit, auch mich mitarbeiten zu lassen.

Die Arbeit begann im Sommer 1940 in der Wohnung von Herrn Zuse. Unsere Werkstatt war ein großes, umfunktioniertes Wohnzimmer. Links an der Wand stand ein sonderbares Gebilde: ein großes Gestell aus Holzleisten, vielen Zahnrädern und einigen Drähten, insgesamt etwa 1,5 m² groß. Es dürfte sich dabei wohl um den anfänglichen Versuch von Herrn Zuse und den Herren Eckhard, Hoestermann u.a. gehandelt haben. Auf einem Tisch zwischen Tür- und Fensterwand stand das erste Modell einer elektrischen Rechenmaschine, ein Gestell mit etwa 100 bis 150 Relais. Meine erste Arbeit bestand darin, dieses Gerät zu verdrahten.

Dann wurde aus Laubsägewerkstoff, Messingdraht und Blech ein Impulsgeber gebaut. Da alles wie erwartet funktionierte, konnte gleich im Anschluß die erste richtige Maschine

gebaut werden. Zunächst mußten aber noch einige hundert alte Telefonrelais gereinigt und für unsere Zwecke umgebaut werden. Leider mußte ich im Februar 1942 nach Ostpreußen, da durch den Krieg mit Rußland im Nachrichten-Regiment dringend Leute gebraucht wurden.

Herr Zuse erreichte für mich einen Arbeitsurlaub von 3 Monaten in Berlin. Die erste Maschine wurde in Falkenhöh montiert. Ich mußte darauf bis zum Juli 1944 wieder zum OKH nach Ostpreußen zurück. Dann wurde ich für Herrn Zuse uk gestellt – zur Gruppe Osenberg.

Herr Zuse war inzwischen in die Nähe des Görlitzer Bahnhofs umgezogen. Er arbeitete nun in einer großen Etage einer leerstehenden Fabrik für Flugzeugteile. Die Belegschaft bestand, einschließlich einiger Frauen, aus etwa 20 Personen. Mit aller Kraft wurde die V4, bzw. später Z4 in Angriff genommen. Ich war zusammen mit einer Russin im Keller beschäftigt, und meine Aufgabe bestand im Verdrahten einer Maschine, die aus mehreren Teilen bestand. Die beiden größten davon, Teil A und B, erhielten eine Drahtführung in Kabelbäumen. Die Teile A und B waren etwa 2 m hoch und fast ebenso breit; sie enthielten ca. 900 Relais. Kurz vor der Vollendung, es wurden bereits Proberechnungen gemacht, beendigte ein schwerer Luftangriff unsere Arbeit in der Oranienstraße. (*Kurt Brettschneider*)¹⁵

Meine Mitarbeiter aus dem Fernsprechamt verstanden aber nicht nur etwas von der Elektrotechnik, sondern auch von der Kunst, sich gegen den „General Heldenklau“ zu halten: Fernsprechämter waren damals schon fast voll automatisiert, und in den weiten Wählersälen sah man kaum einen Menschen. Sobald sich aber herumsprach, daß eine Kommission zur Feststellung überflüssigen Personals in Anmarsch war, herrschte dort eitel Aktivität. An allen Stellen klingelten die Alarmglocken, und Störkommandos liefen eifrig umher, um Schäden zu beheben. „Nun, das sieht ja jeder, daß die Leute hier dringend gebraucht werden“, lautete regelmäßig das Urteil der Kommission.

An ihren Arbeitsplätzen verfügten diese Mitarbeiter auch über alle damals noch funktionierenden Fernsprechverbindungen. Das normale Postnetz war zu stark belastet; aber das Netz der Reichsbahn arbeitete noch einwandfrei. Und unter dem Tisch hatten sich meine Mitarbeiter geheime Steckverbindungen angelegt, um von einem Netz in das andere überwechseln zu können. Brauchte ich einmal eine dringende Verbindung, fanden sie immer einen Weg, mir zu helfen.

Diese jungen Leute hatten gute Fachkenntnisse. Sie waren jung, tatkräftig und für eine neue Sache zu begeistern. Sie wußten auch da noch einen Ausweg, wo die Schwierigkeiten unüberwindlich erschienen. So war natürlich die Materialbeschaffung in diesen Zeiten ein ständiges Problem. In der Dienststelle in der Bendlerstraße aber gab es besagte „Abfallkiste“, in die man alles nicht mehr brauchbare Material hineinwarf. Von den Mitarbeitern konnte es dann billig bezogen werden. Und noch immer befand sich darin das Bauteil, das wir gerade dringend brauchten. Solche Mitarbeiter waren unbezahlbar. Ich habe an sie nur eine unangenehme Erinnerung: Eines Tages nämlich rieten sie mir, gebrauchte Relais mit Tetrachlorkohlenstoff zu reinigen. Ich beauftragte zwei junge Mädchen mit dieser Arbeit – und fand sie nach einer Stunde halb ohnmächtig an ihrem Arbeitsplatz. Tetrachlorkohlenstoff hat eine betäubende Wirkung und darf nur

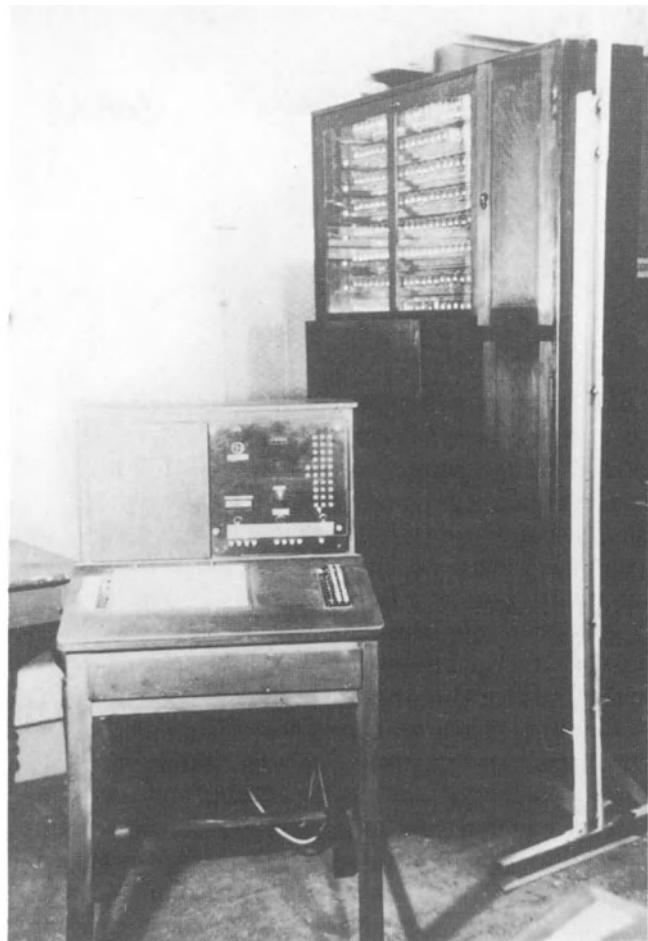
bei ständiger Lüftung des Arbeitsplatzes benutzt werden. Ich meine noch heute, man hätte mich darüber in Kenntnis setzen sollen.

Während des Aufbaus der Firma befand sich meine Werkstatt an verschiedenen Orten. Ich hatte meine Arbeiten in der Dienstwohnung meines Vaters in der Wrangelstraße 38 begonnen. Mit meinen Eltern war ich 1936 auch in die Methfesselstraße 10 umgezogen. Als die Räume dort zu klein wurden, konnte ich in den zusammenhängenden Häusern in der Methfesselstraße 7 und Belle Alliancestraße 29 Büroräume und Werkstätten einrichten. 1943 wurden diese Räume ausgebombt, wobei auch die Z3 nachhaltig beschädigt wurde. Danach mietete ich die von Brettschneider erwähnten Fabrikräume in der Oranienstraße 6. Sie waren mein letztes Berliner Domizil.

Mitten in der Aufbauphase meiner eigenen Firma war bei den Henschel-Flugzeug-Werken, an meinem Hauptarbeitsplatz also, eine neue Aufgabe aufgetaucht. Die von Wagner entwickelten ferngesteuerten fliegenden Bomben ließen sich nur einwandfrei steuern, wenn ihre Flugeigenschaften sehr gut waren. Ein präzises Modell hätte gefräste Flügel und Leitwerke erfordert, also eine ausgesprochen teure Fertigungstechnik. Wagner kam nun auf den Gedanken, eine normale, aus Blech gebaute Zelle zu verwenden und Bauungenauigkeiten durch die Korrektur der Einstellung der Flügel und Leitwerke auszugleichen. Zu diesem Zweck wurde jede Zelle in eine Meßbrücke mit etwa hundert Meßuhren eingefahren. Die Positionen der Meßuhren wurden abgelesen, auf ein Protokoll übertragen und dann in einer langwierigen Rechnung mit Einflußzahlen multipliziert. Hieraus wurden die nötigen Verstellungen der Leitwerke und Querruder errechnet. Für diese Rechnung waren etwa ein Dutzend Tischrechenmaschinen eingesetzt. Da sie im Zweischichtbetrieb arbeiteten, waren sie den mechanischen Ansprüchen nicht gewachsen. Außerdem benötigten sie sehr viel Zeit.

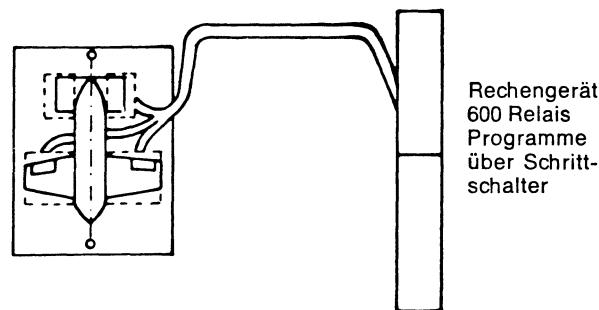
Ich konstruierte das von Hoestermann erwähnte Spezialmodell für die Flügelvermessung S1, das diese Rechnungen vollautomatisch durchführte. Es war in Relaistechnik – achthundert Relais – ausgeführt, arbeitete im Binärsystem mit festem Komma und hatte fest eingebaute, auf Schrittschaltern verdrahtete Programme. Der Schrittschalter ist ein ebenso bewährtes Bauelement der Fernmeldetechnik wie das Relais. Da die Programme bei dieser Maschine stets die gleichen blieben, konnte man durch die Verwendung von Schrittschaltern Lochstreifen und zugehörige Geräte einsparen. In seinem Schaltungsaufbau war das Gerät ein Vorläufer des späteren Modells Z11. Es war etwa zwei Jahre lang Tag und Nacht in Betrieb, bis es 1944 durch Bomben zerstört wurde. Schwierig war nur die Wartung, denn ausgebildete Serviceleute für Computer gab es damals noch nicht. Ich selbst litt in dieser Zeit schwer an Ischias und mußte mich ein ums andere Mal in zweistündiger, schmerzhafter Fahrt zu dem in einem Vorort Berlins liegenden Werk begeben, nur um mit einem kleinen Handgriff das Gerät wieder in Gang zu setzen.

Die Flügelvermessung regte mich zu einem weiteren Gedanken an: Das Ablesen von Meßuhren mußte sich ebenfalls mechanisieren lassen. Damit war die Idee der Prozeßsteuerung geboren. Es wurden besondere Meßgeräte gebaut, Analog-Digital-Wandler, wie wir heute sagen, bei denen die Positionen der



Das Spezialmodell S1 für die Flügelvermessung

Meßuhren schrittweise vom Rechengerät her abgetastet wurden. Gleichzeitig lief ein Schrittschalter im Rechengerät mit, der die so abgelesenen Positionen als Binärzahlen auf das Rechenwerk übertrug. Das ganze Gerät fand ein tragikomisches Ende: Es wurde Anfang 1944 in einem ausgelagerten Werk der Henschel-Flugzeug-Werke in Warnsdorf im Sudetenland aufgestellt, und noch während ich es aufbaute, kam der Befehl zur Demontage des gerade errichteten Werkes wegen der für Deutschland bedrohlichen Kriegsentwicklung. Ich baute dennoch wie ein Besessener weiter, allein getrieben von dem Ehrgeiz, dieses interessante Gerät wenigstens einmal wirklich arbeiten zu sehen. Schließlich war es geschafft: die erste Prozeßsteuerung per Computer. Wenn sich auch keine Menschenseele dafür interessierte, so hatte ich doch das angenehme Gefühl, wieder einmal ein schwieriges Problem gelöst zu haben. Ich fuhr nach Berlin zurück und überließ

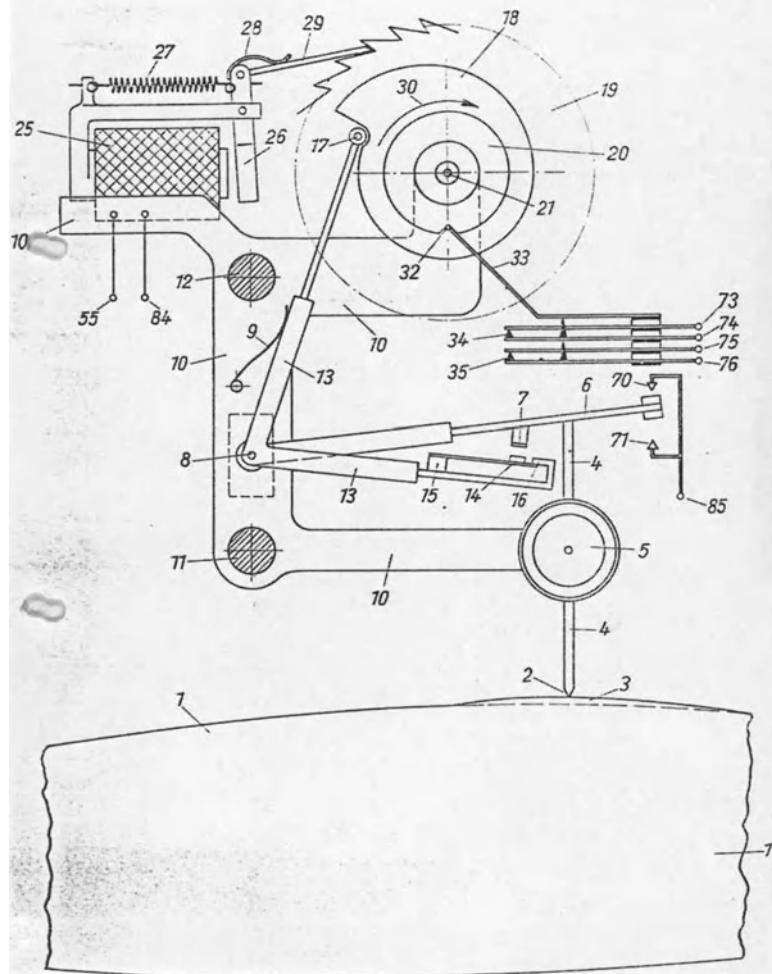


Meßbrücke mit automatischer Übertragung v. d. Meßuhren auf das Rechengerät

Die erste Prozeßsteuerung: Die Zelle einer ferngesteuerten, fliegenden Bombe wird in eine Meßbrücke eingebracht. Etwa 100 Meßuhren tasten die Ungenauigkeiten des Flügels und des Leitwerks ab und übertragen diese Werte direkt auf das programmgesteuerte Rechenwerk

das Gerät seinem Schicksal. Ob das Werk wirklich demontiert wurde, weiß ich nicht. Einer anderen Version zufolge soll es ganz oder teilweise gesprengt worden sein. So oder so aber besteht grundsätzlich die Möglichkeit, daß mein Gerät 1944/45 in die Hände der Russen gefallen ist. Damals gehörte es immerhin zu den drei oder vier funktionsfähigen Computern der Welt. Ich nehme allerdings kaum an, daß die Russen sich über die Bedeutung des Gerätes im klaren waren. Mir wurde immerhin eine Patentanmeldung „Verfahren zur Abtastung von Oberflächen und Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens“ erteilt.

Bevor man meinen Entwurf annahm, hatte man übrigens eine andere, nach dem Analogprinzip arbeitende Lösung erwogen, bei der die Meßuhren mit Potentiometern, das sind verstellbare Widerstände, gekoppelt werden sollten, die dem Einflußwert entsprechend abgestimmt waren. Wahrscheinlich hätte auch sie zu brauchbaren Ergebnissen geführt; es wäre jedoch eine reine Spezialausführung gewesen. Ich glaube, Professor Wagner erkannte schon damals, daß die digitale Lösung die größere Zukunft hatte.



Analog-Digital-Wandler (Planskizze aus der Patentanmeldung „Verfahren zur Abtastung von Oberflächen und Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens“)

FÜNFTES KAPITEL

Die Anfänge der Z4 – Eine Nachricht aus den USA – Versuch einer Doktorarbeit – Die Rechenmaschine für logische Operationen – Letzte Kriegsmonate in Berlin – Die Evakuierung – Vollendung der Z4 in Göttingen – Letzte Kriegstage im Allgäu

1942 begannen wir mit dem Bau der Z4, einer Weiterentwicklung der Z3. Auch die Z4 war noch voll auf die Elektromechanik abgestellt, wie es dem damaligen Stand der Technik entsprach. Für das Speicherwerk empfahl sich die mechanische Konstruktion; Rechenwerk und Steuerungen wurden mit Relais und Schrittschaltern aufgebaut. Um dem Gerät von der Programmierseite her eine größere Flexibilität zu geben, wurden mehrere Ausbaustufen mit mehreren Abtastern und Lochern vorgesehen. In der Anlage 4 des Wissenschaftlichen Anhangs ist darüber ein eingehender Bericht gegeben.

Die Arbeiten an der Z4 wurden schon stark durch den Bombenkrieg behindert. Mehrmals ist mein Betrieb beschädigt worden; die Z4 mußte während des Krieges innerhalb Berlins dreimal ihren Platz wechseln. Es geschah in einer der vielen Bombennächte, als ich wieder einmal durchs Haus ging, um nach eingeschlagenen Brandbomben zu sehen, daß ich, auf dem zweiten Treppenabsatz stehend, über mir ein Krachen hörte. Im letzten Augenblick sprang ich unter einen Türrahmen, und neben mir stürzte die Treppe zusammen. Ich tastete mich mühsam über Trümmer hinweg in den Keller. Diesmal konnte ich nicht, wie schon so oft zuvor, die Stubenbrände mit einer Handspritze löschen. Das Haus brannte ab.

Ich hatte noch Zeit, einiges zu retten, unter anderem die zitierten Tagebuchnotizen aus den Jahren 1937 und 38. Auch hatten wir die wichtigsten Konstruktionszeichnungen schon ausgelagert und an anderer Stelle sicher untergebracht. Dennoch sind in dieser Nacht wichtige Unterlagen, vor allem Skizzen und Pläne aus der Frühzeit des Computerbaus verlorengegangen. Im nachhinein muß ich auch gestehen, daß ich damals nicht einmal unbedingt bemüht war, ausgerechnet die historischen Unterlagen zu retten. Das Gefühl für den Wert solcher Dokumente kommt leider erst mit der Zeit.

Die anfliegenden Bomberverbände wurden damals über den Rundfunk angekündigt. Nicht selten stand ich dann gerade an der Maschine und versuchte, sie in Gang zu bringen. Mehr als einmal ging ich nicht rechtzeitig in den Keller. Ich entsinne mich noch, wie ich auf der Z3 ein schwieriges neues Programm ausprobierte, das zum ersten Mal während eines Bombenangriffs funktionierte. Später wurde ich dann oft gefragt, was ich in diesem Augenblick empfunden hätte. Dazu ist vielleicht zu sagen, daß ein solches Gerät immer abschnittweise fertig wird und viele Vor- und Zwischenprüfungen erfordert. Abgeschlossen ist

eine solche Konstruktion eigentlich nie. Es sind immer wieder Mängel abzustellen oder Neuerungen einzubauen. Sind dann nach wochen- oder monatelangen Bemühungen die Voraussetzungen gegeben, daß das Gerät einwandfrei arbeiten müßte, so ist der Augenblick, in dem nur noch der Startknopf zu drücken ist, natürlich besonders spannend. Ich selber hatte vor diesem Augenblick aber immer eine ausgesprochene Scheu. Zu oft habe ich die Enttäuschung erlebt, daß das Gerät doch noch Fehler hatte, die zu suchen und zu beseitigen wieder längere Zeit erforderte. Diese Fehlersuche nimmt überhaupt den größten Teil der Arbeitszeit und der Energie eines Erfinders in Anspruch. Um so etwas jahrelang durchzustehen, braucht es gute Nerven. Zähigkeit führt da nicht selten eher zum Erfolg als Intelligenz und Ideenreichtum. Arbeitet das Gerät nach einer Entwicklungsphase aber doch einmal auf Anhieb, so muß man dieses Glück, von dem man kaum zu träumen wagte, erst verdauen. Die eigentliche Freude kommt viel später. Die Geschichte, daß eines meiner Geräte während eines Bombenangriffs zum ersten Mal richtig arbeitete, ist, so gesehen, eben auch nur bedingt wahr.

Während des letzten Kriegsjahres erfuhr ich durch Zufall und auf etwas abseitigen Wegen, daß man auch in den USA an der Entwicklung automatischer Rechenmaschinen arbeitete: Die Tochter meines damaligen Buchhalters arbeitete beim deutschen Geheimdienst und wußte durch ihren Vater von unserer Arbeit. Natürlich hätte er ihr nichts erzählen dürfen, denn solche Dinge fielen damals unter das Kriegsgeheimnis. Aber die Tochter revanchierte sich mit der Erzählung von einem Foto, das der deutsche Geheimdienst besitze und das ein ähnliches Gerät zeige. Eine interessante Geschichte. Was aber tun, um Näheres zu erfahren? Auf direktem Wege war an das Foto nicht heranzukommen; denn dann hätten beide zugeben müssen, daß die geplaudert hatten. Also machten sich eines Tages zwei meiner Mitarbeiter auf zum Geheimdienst, präsentierten eine offizielle Bescheinigung des Luftfahrtministeriums und fragten an, ob irgendwelche Informationen über vergleichbare oder ähnliche Entwicklungen im Ausland vorlägen. Nein, hieß es, davon sei nichts bekannt. Meine Mitarbeiter aber wußten sogar die Schublade, in der das Foto liegen mußte, und ließen nicht locker, bis sie es tatsächlich in Händen hatten. Es zeigte das Gerät MARK I, das Professor Aiken von der Harvard University gebaut hatte. Leider konnten wir dem Foto keine Einzelheiten entnehmen; es war lediglich zu erkennen, daß es sich um einen „sequence controlled calculator“ handeln mußte. Genaueres über die Computerentwicklung in den USA erfuhren wir erst nach dem Krieg. Ich werde später noch davon berichten.

Während des Krieges war meine Firma die einzige, die in Deutschland Rechengeräte entwickeln durfte. Dennoch hatten wir gegenüber den USA einen Entwicklungsvorsprung. Heute wissen wir, welch ein gewaltiger wirtschaftlicher Nutzen darin hätte liegen können. Damals sah man die Dinge anders. Kaum jemand konnte sich geschäftliche Aussichten für unsere Geräte vorstellen. Eine zivile Fertigung wäre auch gar nicht möglich gewesen; sie war offiziell verboten. Zwar hatte ich einige Förderer und Freunde, wie Professor Teichmann und Professor Wagner; aber die waren doch auch mit ihren eigenen Ideen beschäftigt und mehr als ausgelastet. Der Rechenmaschinenfabrikant Dr. Pannke wie-



Aikens MARK I

derum, der mich in meiner Frühzeit unterstützt hatte, sah in unserer Arbeit letztendlich eher eine Konkurrenz für seine traditionellen mechanischen Geräte.

Aus dieser Zeit stammt meine Erfahrung, daß sich ein Erfinder innerhalb seines Ideenkreises nach Möglichkeit auf kurzfristig erreichbare Ziele beschränken sollte. Über angewandte Logistik oder unglaubliche Geschwindigkeiten elektronischer Geräte konnte ich, wie schon berichtet, nur mit wenigen Vertrauten reden, wollte ich nicht als unseriös gelten. Zu diesen wenigen Vertrauten gehörte Professor Teichmann. Auf seine Unterstützung konnte ich, gegen alle Widerstände, rechnen. Und Widerstände gab es damals genug. Lange nach Kriegsende schrieb er mir einmal:

Für uns war es ein Lichtblick, als uns angekündigt wurde, ein Dipl.-Ing. Zuse könne uns helfen. Die Direktion der damaligen Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt und das zuständige Ministerium wurden in Bewegung gesetzt; Geld wurde bewilligt. Aber dornenvoll war das Gestüpp der Probleme rein technischer Art, das der damalige Dipl.-Ing. Zuse durchdringen oder überwinden mußte. Von prominenter Seite wurde mir eines Tages ganz offen erklärt, ich sei wohl ein recht guter Wissenschaftler, aber hier sei ich auf einen a priori klar erkennbaren Schwindler hereingefallen. Als es dieserhalb zu einer harten Aussprache kam, bat ich, Herrn Prof. Dr.-Ing. Wagner zu befragen. Ein Telefonanruf erfolgte, und Prof. Wagner sagte etwa: „Bei uns arbeitet Herrn Zuses Gerät in der zunächst entwickelten Stufe bereits.“ Das war für die kleine statisch-dynamische Arbeitsgruppe ein Triumph, weniger deshalb, weil wir die Unterstützung von Herrn Zuses Entwicklung befürwortet hatten, als deshalb, weil nun vor den Vertretern der höchsten Zweifler feststand, daß Herr Zuse Großes mit Erfolg zu entwickeln begonnen hatte.¹⁶

Teichmann hätte am liebsten schon während des Krieges einen Auftrag über ein großes elektronisches Rechengerät mit zweitausend Röhren befürwortet.

Wegen der mangelnden Dringlichkeitsstufe hätten wir aber weder Personal noch ausreichendes Material dafür bekommen. Es war schon schwierig genug, Geräte in der verhältnismäßig einfachen und robusten Relaistechnik zu bauen. Schreyer erhielt immerhin den Auftrag, am Lehrstuhl von Professor Stäblein ein Versuchsmodell eines Rechenwerks für 10 Binärstellen zu bauen. Das Modell war Ende des Krieges funktionsfähig, ist dann aber in den Wirren der Nachkriegszeit verlorengegangen.

Schreyers Problem beim Bau dieses Versuchsmodeells war, daß er Spezialröhren mit zwei parallelen Gittern benötigte und daß er, jedenfalls offiziell, für eine derartige Sonderentwicklung keine ausreichende Dringlichkeitsstufe bekam. Wir hatten aber einen guten Freund, der Entwicklungsingenieur bei Telefunken war und der den Mut hatte, die Entwicklung und Fertigung dieser Röhren zwischen die kriegswichtigen sonstigen Arbeiten in seinem Labor hineinzumogeln. Später stellten wir fest, daß man in den USA denselben Röhrentyp für denselben Zweck entwickelt hatte, wenngleich wohl kaum auf so abenteuerlichem Wege. Martin F. Wolters, der damals zusammen mit Schreyer an der Technischen Hochschule arbeitete, hat später sehr anschaulich über den ständigen Beschaffungsnotstand in dieser Zeit berichtet:

Kleinteile und Bauelemente waren uns ausgegangen. Sie waren auch Anfang 44 kaum zu beschaffen. Dem Chefassistenten Dr. Schreyer gelang es, mit Berlin-Adlershof, der Luftfahrtversuchsanstalt, inzwischen längst natürlich voll militärisch betrieben, Kontakt aufzunehmen und für unser Institut die Aufgabe zu bekommen, aus abgeschossenen britischen und amerikanischen Maschinen rätselhafte Geräte auf ihren Verwendungszweck hin zu untersuchen. Solche Einschubeinheiten wurden uns nun einmal in der Woche lastwagenweise geliefert. Ich habe dadurch recht früh in meiner technischen Laufbahn gelernt, wie gut es ist, das Nützliche mit dem Angenehmen zu verbinden: Wir waren zwar in vielen Fällen, ganz bestimmt nicht in allen, erfolgreich und konnten angeben, welche Funktion diese Geräte vermutlich ausübten. Nach einer derartigen Untersuchung blieb jedoch eine riesige Menge an ganz modernen Einzelheiten, Widerständen, kleinen Wickelkondensatoren, Drehkondensatoren, modernsten Kleinröhren und Kleinbatterien etc. übrig. Wir litten nie wieder Mangel an Bauteilen, die wir ad hoc für die Rechnerentwicklung benötigten, behielten aber so viel übrig, daß ein schwunghafter Radio-Reparaturbetrieb damit aufgezogen werden konnte. Der vielen Luftangriffe wegen war es nahezu eine Katastrophe, wenn irgendwo in einem Haushalt das Radio ausfiel. Wir verfügten also nicht nur über Ersatzteile, sondern als Preis für die Reparaturen auch stets über genügend alkoholhaltige Getränke, Zigaretten oder Kaffee, um unseren Erfindergeist scharf und unsere Motivation hochzuhalten.

Leicht war es trotzdem nicht: Jeder Morgen fing damit an, daß die über Nacht durch die ständigen Bombenangriffe angerichteten Schäden notdürftig ausgebessert wurden. Das mindeste, was einem passierte, war, daß die ganze Fensterabdeckung in den Raum geflogen war und alles mit Staub und Splittern überdeckte. Ein gütiges Schicksal hatte es jedoch verfügt, daß der zweite Assistent, ein gewisser Herr Janje, ein reizender junger Jugoslawe am Lehrstuhl Professor Stäblein, mitwirkte, dessen beste Eigenschaft es war, über einen Vater zu verfügen, der Glaser von Beruf war. Nicht nur war Freund Janje beschlagen im Auskitt von eisernen Fensterrahmen, die traditionellerweise mit Pappe oder Sperrholz statt Glas gefüllt wurden. In solchen verdunkelnden Werkstoffen saß auch immer irgendwo eine kleine Scheibe Glas und die besorgte unser Freund Janje. Sein Spruch war immer „Ick sehe klar, mein Vater is Jlaser“.

Trotz unserer Versorgung mit Bauelementen und Kleinteilen, die wir uns mit unserem Intellekt und dem Gelernten ehrlich verdient haben, benötigten wir ein massives Stück Bronze mit hohem Kupferanteil. So etwas gab es nirgends. Der ständig verwegene Ideen generierende Dr. Schreyer ließ nur den Hinweis fallen, daß im allgemeinen die Straßenbahnoberleitungen aus gut leitender Bronze bestehen. Sie hätten wohl auch den nötigen Durchmesser. Dieses war keine Aufforderung zum Plündern, sondern nur so als Bemerkung gedacht. Das konnte aber nicht verhindern, daß Janje und ich anläßlich einer gemeinsamen Luftschutznachtwache nach der Entwarnung uns mit Draht, Meßinstrumenten und einer Metallsäge ausrüsteten und durch die zerbombten Straßen wanderten, um irgendwo eine herunterhängende Straßenbahnoberleitung zu finden, was uns nach einem Hin- und Herlaufen auch gelang. Nach der Prüfung, ob die Leitung auch wirklich tot war, stand Janje Schmiede, und ich sägte ein 50 cm langes Stück aus der Oberleitung, das ich dann in meinen Ärmel steckte. Wir zogen mit unserem Raub von dannen. Sehr viel später wurde mir erst klar, daß man mich wegen Plünderung auf der Stelle hätte erschießen können. Hoffentlich würdigt Freund Zuse diesen todesmutigen Einsatz für sein Werk.

...

Das Zuse-Schreyersche Konzept der Umwandlung der mechanischen Relaismaschine in eine Anordnung von „Elektronenrelais“, wie man damals sagte, geschah mit Hilfe einer von Telefunken entwickelten Stahlröhre, einer Doppeltriode mit dem Namen EDD 3. Diese Röhre wird mir ewig im Gedächtnis bleiben, weil ich aus ihr und den Adlershofischen Ersatzteilen den einzigen Radioapparat gebastelt habe, einen zweistufigen Geradeaus-Empfänger, den ich jemals in meinem Leben gemacht hatte. Er war winzig klein, aus aufladbaren kleinen amerikanischen Batterie-Elementen gespeist und funktionierte sowohl mit Kopfhörern als auch mit Lautsprechern recht gut. Er paßte in meine Fotobereitschaftstasche und wurde mir prompt in der U-Bahn geklaut, indem man die Riemen durchschnitt im Gedränge. Das aber wollte ich gar nicht erzählen, sondern von der Tatsache berichten, daß wir in diesem Entwurf das, was man heute ganz modern mit Dioden tut, damals mit Glimmlampen getan haben. Wir waren zwar langsam, aber auf der Basis eines ganz modernen Konzepts. Die Anordnung steht, glaube ich, heute im Deutschen Museum. Es geschah mir die große Ehre, daß ich damit beauftragt wurde, Schaltzeiten der Glimmlampen zu steigern. Ich brachte bald heraus, daß das retardierende Element auf Ionisation innerhalb der Glimmlampe beruht, die sich als Wandladungseffekte bemerkbar machten. Nachlesen in der Lektüre – gesucht waren nun Mittel gegen Wandionisationseffekte – ergab als ersten Hinweis „Bestrahlung mit Ultraviolett“. Woher aber im letzten Kriegsjahr eine UV-Lampe nehmen? Ich weiß nicht mehr, wer auf die Idee kam, die Friseure auszuprobieren. Zu jedem Opfer bereit, ließ ich mir die Haare stufenweise kürzer schneiden, und so kam ich durch mehrere Friseurbetriebe, bis ich schließlich einen entdeckte, der bereit war, seine Höhensonnen in den Dienst der Wissenschaft zu stellen. Er hatte zwar kein Radio, doch aber einen Staubsauger zu reparieren. Hierdurch und durch das Versprechen, daß er zuschauen dürfte, wie seine Lötlampe die Wandionisationseffekte vertreibt, konnte ich ihm die Lampe entlocken und Versuche damit anstellen. Die Ergebnisse waren nicht nennenswert. Der Friseur war sauer. Die nächste Möglichkeit laut Literatur war das Einbringen radioaktiver Substanzen. Nun ging die Jagd nach radioaktiven Substanzen los. Inzwischen waren wir „kriegentscheidender Betrieb“. Gewonnen war ein Freund unseres Chefassistenten Dr. Schreyer, der derzeitiger Chef des Blindgängersuchkommandos des Bombenentschärfungstrupps war. Dieses war die Truppe mit den meisten Verlusten des gesamten Weltkrieges. Die Bombe mußte, wenn sie als Blindgänger eingeschlagen hatte, zunächst lokalisiert werden: Sie fällt ja nicht senkrecht in die Erde, sondern macht irgendwelche verschlungenen Wege. Am vermuteten Ort mußte geschachtet werden, um die bis zu 8 Meter tief liegende Bombe freizulegen. Dieses taten Spezialkommandos aus den Konzen-

trationslagern, die alle 15 Minuten abgelöst wurden und ansonsten ein relativ gutes Leben führten. Dann mußte der Sprengkommando-Offizier hinabsteigen, ausgerüstet mit Kehlkopf-Mikrofon und Werkzeug und sich an die Arbeit machen. Er mußte Handgriff für Handgriff schildern. Wenn es knallte, wußte sein Nachfolger, daß eben dieser Handgriff falsch gewesen war. So wurde rein empirisch die britische Raffinesse im Erfinden neuer und versteckter Zünder bekämpft. Dr. Schreyer handelte sich den Auftrag ein, eine Maschine zu erfinden, die oben auf der Erdoberfläche herumgefahren anzeigen sollte, wo die Bombe lag, um die Schachtarbeiten auf ein Minimum zu begrenzen. Durch die Übernahme wurden wir kriegsentscheidender Betrieb, was gewisse Vorteile hatte. Man war jetzt in der Lage „ein Fläschchen radioaktive Substanz“ einfach anzufordern. Wir bekamen dann dieses Fläschchen aus dickem Glas in schönes dickes Stanniol eingewickelt eines Tages auf den Schreibtisch gestellt. Nun hatten wir zwar bei Professor Nikoradse ein bißchen was über Atomphysik gehört, waren uns aber über die Strahlungsgefährdung nicht sehr im klaren. Wir hatten einen Geigerzähler, der sich in der Umgebung des Fläschchens auch sehr deutlich meldete. So, nun ging es darum, die Versuche zu beginnen, zunächst einmal in der Form, daß die Kolben der Glimmlampen von außen mit dieser Substanz, die aussah wie ein gelblicher Leim, bestrichen wurden. Im Dunkeln sah man natürlich, daß diese Substanz außerordentlich hell leuchtete, was uns unbedarfterweise auf den Gedanken brachte, unsere inzwischen schon recht betagten Armbanduhren, deren Leuchtziffern nicht mehr so hell strahlten, durch diese Substanz etwas aufzumöbeln, was wir dann auch taten. Wir amüsierten uns darüber, daß der Geigerzähler nahezu verrückt spielte, wenn wir ihm unsere Armbanduhr hinhielten, fanden aber außerordentlich schön, wie stark diese Uhren jetzt leuchteten. Man konnte fast dabei lesen. Was uns rettete, war wohl nur die Tatsache, daß der Krieg bald darauf zu Ende war und uns das geschah, was sehr vielen Leuten geschehen ist: Ein russischer Soldat nahm uns unsere Uhr weg. Aus heutiger Sicht kann ich nur begrüßen, daß es damals uhrenklaude Soldaten gab, und ich kann nur hoffen, daß die späteren Besitzer dieser Uhr nicht allzusehr leiden mußten.

Die Maschine zum Auffinden der Blindgänger fand insofern eine Lösung, als wir nach vielen vergeblichen Versuchen mit elektrischen und magnetischen Feldern, die alle an mangelnder Eindringtiefe scheiterten, Besuch eines Marineoffiziers bekamen – in einer völlig anderen Sache – der uns nach der Versuchsanordnung fragte und dann lakonisch meinte: „Warum machen Sie das eigentlich, die Marine hat seit vier Jahren ein solches Gerät zum Aufsuchen von abgesoffenen Übungstorpedos.“¹⁷

Ein besonderer Fall von Hilfsbereitschaft sei noch erwähnt, den ich beim Bau der Z4 erlebte. Das Speicherwerk der Z4 war in der von der Z1 und Z2 her bewährten mechanischen Schaltgliedtechnik konstruiert. Dazu waren Schnittwerkzeuge für die verschiedenen Blechformen erforderlich. Wegen – wieder einmal – nicht ausreichender Dringlichkeitsstufe war es unmöglich, die Arbeiten in einer regulären Werkstatt unterzubringen. In dieser Situation hatte der Meister der Lehrwerkstatt von Henschel ein Einsehen und mogelte sie bei sich ein. Leider wurden die eben fertigen Schnittwerkzeuge durch einen Luftangriff zerstört. Die Z4 mußte doch wieder behelfsmäßig mit von Hand gesägten Blechen ausgerüstet werden.

Dies waren also die Verhältnisse, unter denen wir in der Pionierzeit des Computerbaus arbeiten mußten. Vorrang hatten damals diejenigen Forschungen, die als, wie es hieß, „kriegsentscheidend“ eingestuft waren. Später erzählte man sich, daß Speer eines Tages von meinen Rechenmaschinen erfahren und

Hitler vorgetragen habe, eine derartige Erfindung könne zum Endsieg beitragen. Hitler soll geantwortet haben, dazu brauche er keine Rechenmaschine, das mache er mit dem Mut seiner Soldaten. Dichtung oder Wahrheit? – Es war die Zeit der Gerüchte. Ein anderes besagte, die Z3 sei am Atlantikwall eingesetzt gewesen, um ballistische Rechnungen für die deutsche Artillerie durchzuführen. Von diesem immerhin weiß ich mit Sicherheit, daß es falsch ist. Meine Rechengeräte waren nur mittelbar von militärischem Nutzen. Gleichwohl befand ich mich damals, wie viele meiner Techniker- und Ingenieurkollegen bei den Henschel-Flugzeug-Werken, in einer prekären Situation. Angesichts des Bombenkrieges auf die deutsche Zivilbevölkerung konnten wir – trotz der negativen Einstellung vieler von uns zum herrschenden Regime – unsere Aufgabe auch nicht darin sehen, die Bemühungen um den Bau von Flugabwehr-Raketen zu sabotieren. Ich entsinne mich noch gut, wie wir nach dem grausamen Bombenangriff auf Dresden alle von einem heftigen Zorn gepackt wurden und wie wir uns nun erst recht in die Arbeit stürzten, um die laufenden Entwicklungen einsatzfähig zu machen.

Der feindliche Ring um Deutschland freilich zog sich 1944 mehr und mehr zusammen. Bald ging es nur noch ums Überleben. Die Arbeitsverhältnisse wurden immer unerträglicher. Es erschien notwendig, meinen Betrieb zu evakuieren. Die Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt erbot sich, meine Rechenmaschine in einen kleinen polnischen Ort auszulagern. Der Ort hieß Paradies. Ich kann wohl von Glück sagen, daß ich diesem Paradies entgangen bin. In Berlin hatten wir nun fast täglich Fliegeralarm, und auch wir blieben von den Bomben nicht verschont. Die Z1, die Z2 und die Z3 versanken unter Schutt und Trümmern. An der Z4 arbeiteten wir mit um so größerem Eifer im Keller weiter. Um die Arbeit zu beschleunigen, nahmen fast alle den Lötkolben in die Hand, ganz gleich ob Mathematiker, technischer Zeichner, Sekretärin oder Werkstudent. Diese aus der Not geborene Methode hat sich auch später gut bewährt: der Weg vom Reißbrett zum fertigen Gerät wird dadurch erheblich abgekürzt. Auch einige Fremdarbeiter wurden mir damals zugeteilt; wir machten keinen Unterschied zwischen ihnen und den deutschen Mitarbeitern. Es herrschte Chaos, aber ein produktives Chaos. Allen Widrigkeiten zum Trotz wurde, wie sich später zeigen sollte, wichtige und zukunftsweisende Arbeit geleistet. Mir selber blieb sogar noch Zeit, alte Gedanken zu ordnen und neue aufzuschreiben.

Mein erster Programmierer, vielleicht nach Lady Lovelace, die im vorigen Jahrhundert für Babbage arbeitete, der erste Computerprogrammierer überhaupt, war blind. Weil ich wehrtaugliche Mathematiker kaum hatte bekommen können, hatte ich mir von der Blindenlehranstalt in Marburg die Adressen mathematisch begabter Blinder geben lassen. Es kamen acht Personen in Frage; Herrn Fast stellte ich ein. Es war erstaunlich, wie gut er sich in die neue Technik einarbeitete. Wir rätselten zunächst herum, wie wir ihm den Begriff Relais klarmachen sollten, und waren dann sehr erstaunt, als er sagte, daß er ein solches Relais einmal „sehen“ wolle. Er nahm es in die Hand, befühlte es und hatte in wenigen Minuten seine Funktionsweise verstanden. Bei dem Entschluß, blinde Mathematiker zu werben, hatte ich übrigens einen Hintergedanken: diese

Blinden, so dachte ich, sind wenig durch ihre Umwelt abgelenkt und müßten daher gut geeignet sein, sich in die Theorie des allgemeinen Rechnens einzuarbeiten. Außerdem war die Blindenschrift ein Beispiel für eine Vercodung der Zeichen des Alphabets mit sechs Bit.

Andere qualifizierte Mitarbeiter erhielt ich, als die deutsche Führung auf den verzweifelten Gedanken verfiel, den Krieg durch den Einsatz neuer Waffen noch für sich entscheiden zu wollen. Entsprechende Fachkräfte wurden aus dem aktiven Dienst zur deutschen Luftfahrt abgestellt, und auch ich konnte bei dieser Gelegenheit über die Henschel-Flugzeug-Werke einige gute Arbeitskräfte bekommen. Unter ihnen waren Hans Lohmeyer, ein Mathematiker, und Adolf Lutsch, ein Student der Nachrichtentechnik. Lutsch ist heute Professor an der Research Unit for Solid State Electronics an der Rand Africans University. Lohmeyer kam aus Münster und war ein Schüler des berühmten Logikers Heinrich Scholz. Er war alles andere als ein vorbildlicher Soldat und froh, wieder zivile Arbeit leisten zu können. Er hatte aber kaum daran geglaubt, seine speziellen Kenntnisse auf dem Gebiet der mathematischen Logik dabei verwenden zu können. Um so erstaunter war er, als ich ihm als erste Arbeit meine Ansätze über die Schaltalgebra vorsetzte. Ich hatte endlich auch für die schwierigen Fragen der mathematischen Logik einen Gesprächspartner. Schröders „Algebra der Logik“¹⁸, die Arbeiten Frege's¹⁹ und vor allem Hilbert/Ackermanns „Grundzüge der theoretischen Logik“²⁰ wurden studiert und besprochen.

Mir schwebte damals eine universelle Sprache vor, mit deren Hilfe man sich mit einem künstlichen Gehirn unterhalten konnte. Ich verfiel zunächst auf das Esperanto, fand aber schnell heraus, daß es sich dabei nur um eine von grammatischen Mängeln bereinigte Umgangssprache handelte. Danach studierte ich Carnaps „Logische Syntax der Sprache“²¹; aber Carnaps Gedanken hielten sich zu einseitig an die Mittel der mathematischen Logik. Eine brauchbare Lösung mußte irgendwo zwischen diesen beiden Möglichkeiten liegen. Heute, 40 Jahre später, ist sie immer noch nicht gefunden. Auch eine Arbeit auf dem Gebiet der Schaltalgebra von Hansi Piesch²² war schon bekannt geworden. Hansi Piesch war zu ähnlichen Resultaten gekommen wie ich; allerdings stellte sie noch nicht die Analogie zwischen Schaltalgebra und Aussagenkalkül heraus. Die Arbeiten von Shannon kannten wir damals noch nicht.

Meine eigenen Arbeiten hatte ich inzwischen in Übereinstimmung mit Professor Alwin Walther in Darmstadt zu einer Dissertation zusammengefaßt. Walther hatte in seinem Institut für praktische Mathematik schon ideelle Vorarbeit für den späteren Einsatz programmgesteuerter Rechner geleistet und unterstützte mit seiner Werkstatt die Herstellung der Z4, wobei sich vor allem Dr. de Beauclair um den Bau der Abtaster und Locher für Lochstreifen verdient machte. Bei Walther sollte ich nun also promovieren. Zwei Ausschnitte aus meiner Arbeit – sie stammen aus der Einleitung und dem ersten Kapitel – mögen Einblick in die Gedanken geben, die mich damals bewegten:

... Der Begriff „Rechnen“ wird im Sprachgebrauch bereits verschieden angewendet. In der Wissenschaft, Technik und Wirtschaft wird unter Rechnen im allgemeinen etwas

verstanden, was im wesentlichen aus Zahlenrechnen besteht. In der Umgangssprache jedoch wendet man das Wort Rechnen auch auf gedankliche Kombinationsarbeit an, die mit Zahlenrechnen wenig zu tun hat. Man sagt z. B. „Ich rechne damit, daß der Gegner sich zurückziehen wird, wenn seine Zufuhr abgeschnitten ist und ein Durchbruch mit Erfolg verhindert werden kann“. Hier kombiniert man aus den Umständen „die Zufuhr ist abgeschnitten“ und „ein Durchbruch kann mit Erfolg verhindert werden“ das Resultat: „der Gegner zieht sich zurück.“ Man sagt, daß man auf jemanden rechnen kann, wenn es unter bestimmten Umständen jeweils nur eine Handlungsweise für einen Menschen von Charakter gibt, die sich mitunter errechnen läßt. Dieser volkstümliche Gebrauch des Wortes Rechnen deutet bereits die Möglichkeit einer allgemeinen Kombinationsrechnung an.

Praktisch treten außerhalb des Zahlenrechnens liegende Rechnungen sehr viel auf; z. B. ist die Bildung der Ableitung einer mathematischen Formel eine Rechnung, die sich nach einem strengen Schema ergibt. Gemeint ist hier das Aufsetzen der Formel für die Ableitung aus der gegebenen Formel. Überhaupt kann man eine Reihe von mathematischen Umformungen von Ausdrücken, Gleichungen und Formelsystemen als schematische Rechenarbeit betrachten, soweit hierfür klare Regeln vorgeschrieben sind, an Hand derer sich für die gegebenen Daten klare Resultate ergeben.

Bei technischen Aufgaben ist sehr oft bereits das Aufsetzen der Formel eine rein schematische Gedankenarbeit, also Rechenarbeit. Gemeint ist hier nicht die eigentliche Zahlenrechnung, sondern beispielsweise der Ansatz der Rechnung für ein statisches System von gegebener Anordnung der Glieder. Der Verlauf der Rechnung ergibt sich hier in den meisten Fällen aus wohl erdachten und auch von einfachen Menschen erlernbaren Schemata. Die „Ausgangsangaben“ der Rechnung sind hier die Daten über den Aufbau des Systems, und das Resultat sind die Formeln, welche die Beziehungen der in dem System vorkommenden Größen (Kräfte, Lasten, Verschiebungen usw.) angeben.

In der Wirtschaft ist beispielsweise die Berechnung des Nettolohns keine reine Zahlenrechnung, da hier eine Reihe von Umständen (ist verheiratet, hat Kinder, ist kriegsbeschädigt, ist wehrsteuerpflichtig, hat Überstunden gemacht, usw.) mitsprechen, die erst nach bestimmter Kombination das Resultat ergeben. In der Statistik besteht die Rechnung darin, aus gegebenem Material bestimmte Daten nach gegebenen Kriterien herauszusuchen, das Material nach den verlangten Gesichtspunkten zu ordnen, zu sieben und Posten aufzuaddieren. Auch dies ist keine eigentliche Zahlenrechnung, wenn man von der reinen Additionsarbeit absieht.

Man hat es bisher nicht für erforderlich gehalten, diese Dinge in einem Formalismus zu erfassen und zu untersuchen, ob nicht all diese Rechnungen ebenso wie die Zahlenrechnungen in gewisse überall wiederkehrende Grundoperationen auflösbar sind. Man spricht wohl von einer neuen „Steuerformel“, aber noch niemand hat hierfür tatsächlich eine Formel angegeben, d. h. unter Vermeidung der Wortsprache, die bei der Berechnung der Steuer mitwirkenden Umstände durch eine strenge Zeichensprache so zu kombinieren, daß hiernach in jedem Falle das Resultat eindeutig bestimmbar ist.

So gibt es beispielsweise im Eisenbahnsicherungswesen klare Gesetze, unter welchen Umständen eine Sperre in Tätigkeit zu treten hat. Hierfür sind auch sinnreiche Getriebe entwickelt worden, um die Resultate mechanisch zu errechnen. Aber auch hier ist es noch nicht üblich, mit logischen Formeln das Kriterium für „muß gesperrt werden“ anzugeben. Es sind somit auch nur für Spezialfälle Regeln für die mechanische Lösung solcher Rechenaufgaben aufgestellt worden. Jeder, der vor ein solches Problem gestellt ist, beginnt zunächst nach freiem Ermessen „herumzuknöbeln“, was da wohl zu machen wäre, bis er eine Lösung gefunden hat. Aber er hat auch dann noch keine Garantie, daß diese Lösung die beste ist. Das ist dasselbe, wie wenn ein mathematischer Laie in Unkenntnis des eleganten Verfahrens eine Wurzel durch „Probieren“ findet und hierbei durch Zufall entdeckt, daß eine quadratische Gleichung zwei Lösungen hat ...

... Definition des Begriffes „Rechnen“

Unter „Rechenaufgaben“ wollen wir im folgenden ganz allgemein alle die schematischen Operationen, Formeln, Ableitungen, Algorithmen usw. verstehen, bei denen für alle in Frage kommenden Fälle nach einer bestimmten Vorschrift aus gegebenen Ausgangsangaben bestimmte Resultatangaben abgeleitet werden. Der Prozeß der Bildung dieser Resultate wird mit „Rechnen“ bezeichnet. Zur untersten Stufe gehört das Rechnen mit Zahlen; hier ist der Rechnungsgang bereits so schematisch und klar, daß mechanische Lösungen bereits in großem Umfang angewandt werden.

Rechnen heißt also noch einmal kurz: „Aus gegebenen Angaben nach einer Vorschrift neue Angaben bilden“ ...²³

Die Zeiten waren meinem Promotionsvorhaben nicht günstig. Ihren eigentlichen Zweck als Dissertation hat meine Arbeit nie erfüllen können. Ich habe mich auch nicht, oder nicht genügend, um eine anderweitige Veröffentlichung bemüht. In dieser Hinsicht war ich nie sehr energisch, ein Umstand, den ich im nachhinein sehr bedaure. Vielleicht wäre aber auch die Zeit noch nicht reif für solche Gedanken gewesen; eine Fachwelt, die dafür Interesse hätte haben können, entstand erst viel später. Da wiederum war ich viel zu sehr mit dem Aufbau – oder besser: Wiederaufbau – meiner Firma beschäftigt, als daß ich Zeit für die wissenschaftliche Schriftstellerei hätte aufbringen können.

Noch während der Arbeit an der Z4 bauten wir auch ein kleines Versuchsmo dell einer „logistischen“ Rechenmaschine. Ich übertrug den Gedanken der Programmsteuerung auf das Rechnen mit Ja-Nein-Werten. Dabei treten als Operanden, Zwischenwerte und Ergebniswerte nur Ja-Nein-Werte auf. Entsprechend gibt es als Rechenoperationen nur die drei Grundoperationen des Aussagenkalküls: Konjunktion, Disjunktion und Negation. Das Rechenwerk einer solchen programmgesteuerten Maschine braucht also nur zur Ausführung dieser Operationen ausgebaut zu werden und schrumpft zu einem Satz mit nur wenigen Relais zusammen. Das Speicherwerk braucht pro Zelle auch nur je einen einzelnen Ja-Nein-Wert aufzunehmen. Das Programmwerk konnte entsprechend den Geräten Z1 bis Z4 aufgebaut sein.

Der Gedanke erschien zunächst bestechend einfach. War damit nicht der Schlüssel zu einer Klasse sehr einfacher und doch außerordentlich universeller Rechengeräte gefunden? Heute möchte ich diesen Maschinentyp als Babbage-Boole-Maschine bezeichnen, weil das von Babbage gefundene Prinzip der Programmsteuerung auf Boolesche Variablen angewendet wird. Unser Versuchsmo dell hatte freilich keinerlei praktischen Wert. Das sehr einfache Rechenwerk mußte nämlich durch eine außerordentlich große Zahl von einzelnen Operationen erkauft werden.

Zerlegt man zum Beispiel nur eine arithmetische Multiplikation, so ergeben sich viele Tausende von Grundoperationen zwischen den einzelnen Bits. Die Programme werden also sehr unhandlich. Auch werden die Rechenzeiten bei einer Relais-Rechenmaschine außerordentlich lang; selbstverständlich dachten wir aber schon an den Einsatz elektronischer Mittel. Zu den sehr langen Programmen kam bei der Maschine noch der Nachteil der Starrheit, denn sie erlaubte keine bedingten Befehle.

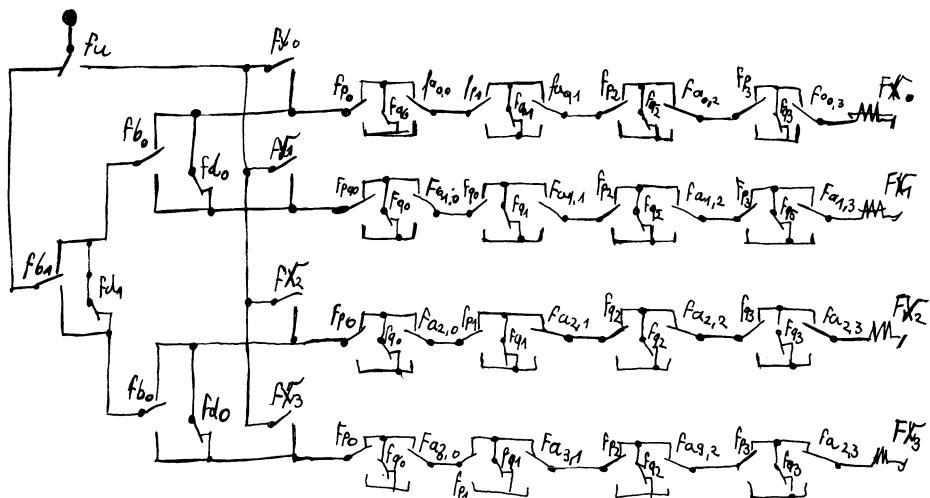
Im Gegensatz zur Babbage-Boole-Maschine ermöglicht die sogenannte Turing-Maschine im Prinzip alle beweglichen Programme, da bei ihr der Ablauf der Rechnung durch den Gang der Rechnung selbst beeinflußt werden kann. Turings Maschine, die mir damals kein Begriff war, weil wir, wie gesagt, seine Arbeiten noch nicht kannten, liegt folgende Idee zugrunde: Wir haben einen Informationsträger in Form eines endlosen Bandes, das in einzelne Felder aufgeteilt ist, die im einfachsten Falle je ein Bit aufnehmen können. Dieses Band läuft durch ein Gerät, das mit einer Einrichtung versehen ist, mit dessen Hilfe das jeweils in Arbeitsstellung befindliche Feld des Bandes gelesen beziehungsweise beschrieben werden kann. Das Gerät kann in bezug auf das Band drei Operationen ausführen: Neueinschreiben eines Bits, Linksverschieben des Bandes und Rechtsverschieben des Bandes. Ferner kann das Gerät im Innern mehrere Zustände einnehmen und nach einem eingebauten Gesetz von einem Zustand in einen anderen übergehen. Die Operationen und die Auswahl des nächsten Zustandes erfolgen jeweils abhängig vom gegebenen Zustand und den auf dem Band gelesenen Informationen. Die Programmierung einer solchen Maschine ist allerdings sehr schwierig, und die Programme sind sehr umfangreich. Auf Grund ihrer Universalität hat sich die Idee der Turing-Maschine aber mit Recht einen hervorragenden Platz in der später begründeten Automatentheorie erobern können. Meines Erachtens sollte man indes auch die Babbage-Boole-Maschine als eine mögliche Grundform programmgesteuerter Maschinen gelten lassen. Auf die praktische Entwicklung der Computer haben dann beide Formen kaum Einfluß gehabt.

Ein besonderes Ereignis noch im Kriegsjahr 1944 war es, als mich Professor Heinrich Scholz aus Münster besuchte. Es war der erste Kontakt mit einem anerkannten und bedeutenden Vertreter der mathematischen Logik. Auf Grund meiner bisherigen Erfahrungen hatte ich zunächst große Bedenken, mit einem reinen Mathematiker über die profanen Fragen der angewandten Logistik und die sich dahinter verborgende Möglichkeit des künstlichen Gehirns zu sprechen. Unsere Unterhaltung erwies sich aber als sehr fruchtbar, wenngleich sie zum Teil unter widrigen Bedingungen, nämlich im Luftschutzkeller, stattfand. Scholz stand meinen Ideen aufgeschlossen gegenüber, was mich ermutigte, mich noch intensiver mit ihnen zu beschäftigen. Leider blieb dies meine einzige Begegnung mit dem großen Gelehrten. Scholz ist kurz nach dem Krieg verstorben. Auch sein Schüler und mein damaliger Mitarbeiter Lohmeyer verunglückte bald nach dem Krieg bei einem Autounfall tödlich.

Ende 1944 waren die Schaltungen für die Z4 praktisch ausgearbeitet. Die wichtigsten Teile des Gerätes konnten wir noch kurz vor Kriegsende funktionsfähig fertigstellen. Ich mußte mich allerdings darauf beschränken, den logischen Aufbau der Maschine nur für die Lösung numerischer Rechenoperationen nach einem starren Programm auszuführen. Das erforderte viel Disziplin, denn die theoretischen Untersuchungen verleiteten sehr dazu, die Möglichkeiten der Maschine zu erweitern. Da Programme genauso wie Zahlen aus Folgen von Bits aufgebaut sind, lag es nahe, auch die Programme zu speichern. Damit hätte man bedingte Sprünge, wie wir heute sagen, ausführen und Adressen umrechnen

können. Es gibt dafür verschiedene schaltungsmäßige Lösungen. Ihnen allen liegt ein gemeinsamer Gedanke zugrunde: die Rückwirkung des Ergebnisses der Rechnung auf den Ablauf und die Gestaltung des Programmes selbst. Symbolisch kann man das durch einen einzigen Draht darstellen. Ich hatte, offen gesagt, eine Scheu davor, diesen Schritt zu vollziehen. Solange dieser Draht nicht gelegt ist, sind die Computer in ihren Möglichkeiten und Auswirkungen gut zu übersehen und zu beherrschen. Ist aber der freie Programmablauf erst einmal möglich, ist es schwer, die Grenze zu erkennen, an der man sagen könnte: bis hierher und nicht weiter. Wir stehen heute noch mitten in dem Prozeß der Ausschöpfung der logischen Möglichkeiten dieses Prinzips. Meine Scheu übrigens, den besagten Draht zu legen, trug meinen Geräten nach dem Krieg den Ruf ein, nicht einmal mit bedingten Befehlen rechnen zu können. Dies als kleine Marginalie zum eingangs angesprochenen Problem „Verantwortungsbewußtsein des Erfinders“.

Während des Krieges wäre es freilich ohnehin kaum möglich gewesen, leistungsfähige Geräte mit Speicherprogrammen zu bauen. Wie in der Anlage 4 des Wissenschaftlichen Anhangs gezeigt, wäre es auch wenig sinnvoll gewesen, im Rahmen der elektromechanischen Technik Geräte nach solchen Prinzipien zu konstruieren. Doch fand ich neben der praktischen Arbeit an der Z4 noch Zeit, auf dem Papier Geräte mit Programmspeicherung und Adressenumrechnung zu entwerfen. Ich arbeitete die Patentzeichnungen für ein solches Gerät aus, für das außerdem assoziative Speicher vorgesehen waren. In den Wirren der letzten Kriegsmonate ist diese Arbeit leider in den Anfängen steckengeblieben. Auch mußten erst die Voraussetzungen für die Programmierung derartiger Geräte geschaffen werden. Das veranlaßte mich, den „Plankalkül“ vorzubereiten. In



Skizze eines assoziativen Speichers aus dem Jahr 1943. In jeder Binärstelle einer jeden Speicherzelle sind Vergleichsschaltungen mit den aufgerufenen Kombinationen eingebaut

Rechenplan-gesteuerte Rechengeräte

Algebraische Geräte (Zahlenrechnung)

Starke Rechenpläne für häufig wiederkehrende Rechmanagen mit umfangreichem Zahlenmaterial.

Logistische Geräte (Kombinationsrechnung)

Freie Rechenpläne, rechnerische Lösung schematischer Denkoperationen

Grundform	Erweiterungen zu	Übergangsgeräte	Eigentliche logistische Geräte
z. B. für Determinanten Gleichungssysteme Produktsummen Matrizen usw. Vollautomatische Durchführung der Zahlenrechnung für alle Rechnungen beliebigen Umfangs, die sich aus den elementaren Rechenoperationen zusammensetzen.	Spezielle Ausgestaltung der Geräte für Komplexe Rechnungen Kreis- und Hyperbel-Funktionen Wurzeln algebraischer Gleichungen höheren Grades Auswertung tabellarisch gegebener Funktionen Numerische Integration Matrizenrechnung	Erleichterung der Herstellung von Rechenplänen zu 1 u. 2 Direktes Eintasten der Formeln Reduzieren von Rechenplänen Einflechten von Unterplänen	Elementare Geräte für den Aussagenkalkül Mathematische Behandlung von Formeln, Formalismen und Schaltungen Selbsttätige Bildung von Rechenplänen zu 1, z. Anweisungen für abgeschlossene technische Systeme. (Formelverbände). Allgemeines Rechnen mit Umständen, Fällen, Situationen usw. Schematische Denkoperationen aller Art und aller Gebiete.
Versuchsgerät im Einsatz erprobt.	Schaltungen im Prinzip entworfen.	Schaltungen entworfen. Fertigung vorbereitet.	Schaltungen in Arbeit. Prinzipielle Wege geklärt.

1 Grundform	2 Erweiterungen zu	3 Übergangsgeräte	4 Eigentliche logistische Geräte
z. B. für Determinanten Gleichungssysteme Produktsummen Matrizen usw. Vollautomatische Durchführung der Zahlenrechnungen für alle Rechnungen beliebigen Umfangs, die sich aus den elementaren Rechenoperationen zusammensetzen.	Spezielle Ausgestaltung der Geräte für Komplexe Rechnungen Kreis- und Hyperbel-Funktionen Wurzeln algebraischer Gleichungen höheren Grades Auswertung tabellarisch gegebener Funktionen Numerische Integration Matrizenrechnung	Erleichterung der Herstellung von Rechenplänen zu 1 u. 2 Direktes Eintasten der Formeln Reduzieren von Rechenplänen Einflechten von Unterplänen	Elementare Geräte für den Aussagenkalkül Mathematische Behandlung von Formeln, Formalismen und Schaltungen Selbsttätige Bildung von Rechenplänen zu 1 und 2. Anweisungen für abgeschlossene technische Systeme. (Formelverbände). Allgemeines Rechnen mit Umständen, Fällen, Situationen usw. Schematische Denkoperationen aller Art und aller Gebiete.
Versuchsgerät im Einsatz erprobt.	Schaltungen im Prinzip entworfen.	Schaltungen entworfen. Fertigung vorbereitet.	Schaltungen in Arbeit. Prinzipielle Wege geklärt.

„Entwicklungsplan“ aus dem Jahr 1944

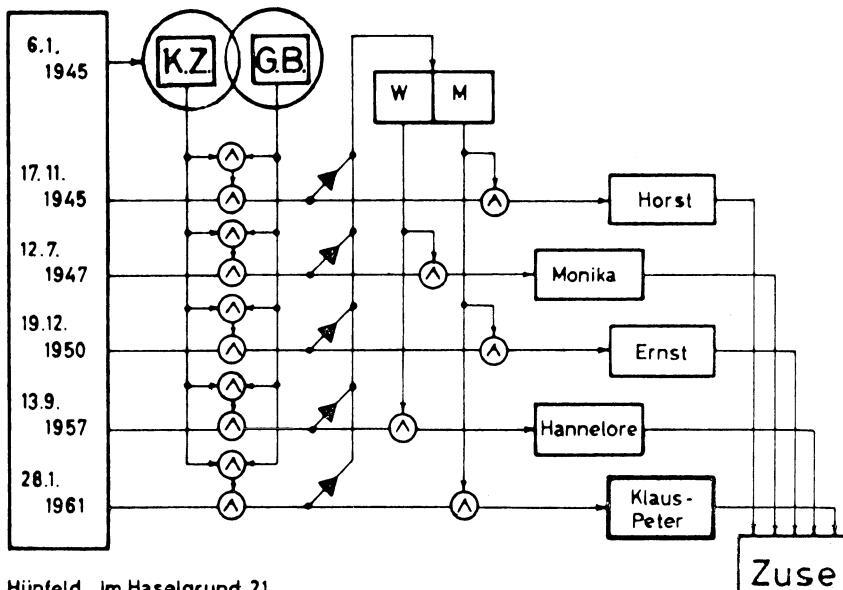
meinen Unterlagen aus dieser Zeit finden sich noch eine zufällig erhalten gebliebene Handskizze für einen assoziativen Speicher und eine Übersicht über die mir vorschwebende künftige Geräteentwicklung.

Wenn ich heute an diese Zeit zurückdenke, will es mir selbst unglaublich erscheinen, daß wir im ständig bombardierten Berlin noch zum Arbeiten kamen. Einen Großteil der Nächte verbrachten wir im Luftschutzkeller. Ringsum fielen Bomben und brannten Häuser. Mehr als einmal glaubten wir nach schweren Angriffen, nun wäre es endgültig aus, denn nichts funktionierte mehr. Wir waren ohne Wasser, ohne Stromversorgung, ohne Telefon, und es gab kaum noch betriebsfähige Verkehrsmittel. Aber jedesmal war nach wenigen Stunden fast alles wieder betriebsbereit. Irgendwo kamen auch alle Mitarbeiter wieder unter. Ich selber habe noch während der abenteuerlichen letzten Kriegsmonate geheiratet. Es war im Januar 1945. Meine Frau war damals auch noch meine Mitarbeiterin. Aus unserer Ehe gingen fünf Kinder hervor; die Geburtsanzeige unseres fünften Kindes mag darüber nähere Auskunft geben. Unseren Sohn Ernst haben wir leider im Jahr 1979 verloren.



Gisela Zuse

Noch im Jahr 44 muß es gewesen sein, daß mich ein guter Bekannter besuchte, der sich noch in das täglich bombardierte Berlin wagte. Wieder einmal hatten wir einen Nachtangriff hinter uns. Die Verkehrsmittel waren noch nicht wieder in Gang gekommen, und wir gingen zu Fuß von meiner Wohnung in der Methfesselstraße zu meinem Betrieb in der Oranienstraße. Unser Weg führte vorbei an rauchenden Trümmern; die nachträglichen Explosionen von Zeitbomben gaben unserem Gespräch einen makabren Hintergrund. Mein Bekannter hatte



Hünfeld, Jm Haselgrund 21

Geburtsanzeige des fünften Kindes des Verfassers

Erstaunliches zu erzählen. Es sei nun soweit, sagte er, man könne die gewaltigen Energien in den Atomkernen beherrschen und freisetzen. Es käme die große Bombe, und es bestünde sogar die Gefahr, daß durch einen falschen Versuch der gesamte Erdball explodierte. Woher er seine Informationen hatte, weiß ich nicht. Ich selber hörte bei dieser Gelegenheit zum ersten Mal von der möglichen Existenz der Atombombe. Bald aber wollten die Gerüchte nicht mehr verstummen, vor allem nachdem die Entwicklung der sogenannten Vergeltungswaffen V1 und V2 offiziell bekanntgegeben worden war. Wir Ingenieure betrachteten die angeblichen Wunderwaffen allerdings sehr nüchtern. Wir konnten ihre Möglichkeiten realistisch abschätzen. Immerhin vermuteten wir, daß, wer solche Geschosse entwickelte, tatsächlich über Nuklearsprengstoff verfügen müsse. Nur so wäre – logisch gesehen – der gewaltige Aufwand zu rechtfertigen gewesen, den man etwa bei der V2 hätte betreiben müssen, um eine knappe Tonne Sprengstoff in ein Hunderte von Kilometern entferntes Ziel zu bringen. Wie wir heute wissen, befand sich die deutsche Führung zu diesem Zeitpunkt schon jenseits dieser elementaren Logik.

Ebenfalls 1944 – es war gegen das Jahresende hin – besuchte mich ein Herr, der sich für meine Mitarbeiter und mich als ein ausgesprochener Glücksfall erweisen sollte. Er stellte sich vor als Dr. Funk, theoretischer Physiker. Er habe einen Einberufungsbefehl, ob ich ihn nicht brauchen könne. Selbstverständlich könne ich das, sagte ich ihm. Er dürfe aber nicht glauben, daß ich seine Unabkömmlichkeitserwirkung können. Er ließ sich davon nicht beirren, und so schickte ich ihn schließlich zu den Henschel-Flugzeug-Werken zu Professor Wagner, der meine Aufträge gegenüber dem Reichsluftfahrtministerium betreute. Sollte er

sein Glück versuchen; ich selber hielt die Sache für aussichtslos. Zu meiner grenzenlosen Überraschung kam er drei Tage später wieder. Er hatte es geschafft.

Es waren damals verschärfte Bestimmungen ergangen, die es praktisch unmöglich machten, jemanden uk zu stellen, und bei Henschel war man darüber in große Verlegenheit geraten, weil auch unentbehrliche Mitarbeiter ihren Einberufungsbefehl bekommen hatten. In eben dieser Situation war dort Dr. Funk erschienen und hatte behauptet, er wisse, wie man noch Leute uk stellen könne. Man war erstaunt und wollte Näheres erfahren. Aber er gab sein angebliches Wissen nicht preis, sondern ließ sich einige wohlformulierte Bescheinigungen ausstellen. Dann rief er systematisch die Dienststellen des Dritten Reiches an und stellte immer dieselbe Frage: „Sie sind doch jetzt zuständig für uk-Stellungen?“ Die Antwort war ein stereotypes „Nein“. Bis er schließlich beim Gauleiter persönlich anlangte. Auch diesem stellte er seine Frage, und diesmal war die Antwort: „Woher wissen Sie das?“ Wagner war so glücklich über diese Nachricht, daß er als ersten Fall den des Dr. Funk durchspielte.

Der Mann erwies sich auch für uns als unbezahlbar. Als Physiker hat er nie für mich gearbeitet, aber er organisierte noch in den letzten Kriegswochen die Verlegung meiner Firma aus Berlin. Die meisten Versuchsgeräte waren zwar schon durch den Bombenkrieg zerstört oder beschädigt, aber die Z4 stand kurz vor der Vollendung. Sie hieß damals noch nicht Z4, sondern V4, was nicht mehr war als eine Abkürzung für VersuchsmodeLL 4. Der Gleichklang dieser Abkürzung mit der für die sogenannten Vergeltungswaffen V1 und V2 hat unseren Computer gerettet: „Die V4 muß aus Berlin in Sicherheit gebracht werden“, lautete die Parole. Sie stammte, natürlich, von Dr. Funk. Er organisierte den Transport zu einer Zeit, als selbst für Teile von Düsenjägern kein Waggon mehr aus Berlin herauszubekommen war.

Die Z4 wurde verladen und nach Göttingen in Marsch gesetzt. Für die großen Relaischränke waren die Treppen zu eng; sie konnten nur über den Lastenfahrradstuhl transportiert werden. Und wieder einmal kam im unpassenden Moment der obligatorische Fliegeralarm. Der Strom fiel aus, und wir konnten uns davon überzeugen, wie hilflos der moderne Mensch ohne Elektrizität ist. Es fehlte an einer Handkurbel, und wir konnten nur mit unsäglicher Mühe die Fahrstuhlwinde von Hand betätigen. Millimeterweise schafften wir das Gerät vom Keller ins Erdgeschoß. Danach war die Z4 vierzehn Tage auf der stark bombardierten Strecke zwischen Berlin und Göttingen unterwegs. Kaum war sie ausgeladen, wurde der Güterbahnhof angegriffen. Sie blieb wie durch ein Wunder unversehrt.

Auch für mich, meine Frau und alle meine Mitarbeiter hatte Dr. Funk die nötigen Bescheinigungen zum Verlassen Berlins beschafft. Es gab nur wenige, die es vorzogen zu bleiben. Schmerzlich war es für mich, daß ich meine Eltern, die mich in all den Jahren unterstützt hatten, in Berlin zurücklassen mußte. Die wichtigsten Unterlagen konnte ich mitnehmen. Aber was war wichtig? Im nachhinein wußte ich es besser. Auch bei dieser Gelegenheit ist Wertvolles verlorengegangen.

Es folgten verhältnismäßig ruhige Wochen in Göttingen. Die Z4 war in den Räumen der Aerodynamischen Versuchsanstalt aufgestellt. Dort konnten wir sie soweit fertigstellen, daß sie die ersten programmgesteuerten Rechnungen durchführte. Während wir sie den Herren der Aerodynamischen Versuchsanstalt – darunter den berühmten Professoren Prandtl und Küssner – vorführten, konnte man von Kassel her schon Kanonendonner hören. Heute weiß man, daß wir uns in Göttingen hätten überrollen lassen können. Damals aber konnte kein Mensch wissen, was geschehen würde. Göttingen hätte auch Kriegsschauplatz werden können, denn zu den großen unterirdischen Rüstungswerken im Harz war es nicht weit. Später wurde Göttingen von den Engländern besetzt. Sie wären an der Z4 gewiß sehr interessiert gewesen. Womöglich hätten sie uns samt dem Gerät nach England geholt. Es sollte anders kommen.

Unsere erste Sorge galt in diesen Tagen der Z4. Schließlich erhielten wir den „Befehl“, sie in eines der unterirdischen Rüstungswerke zu bringen. Der erste Besuch dort war selbst für uns, die wir durch den Berliner Bombenkrieg allerhand gewohnt waren, erschütternd. Zum ersten Mal standen wir der unmenschlichen Grausamkeit des Dritten Reiches gegenüber. In kilometerlangen Stollen arbeiteten zwanzigtausend KZ-Häftlinge unter unvorstellbaren Bedingungen. Man hatte während der Rückzugsbewegungen im Osten übermäßig viele Häftlinge hier zusammengezogen, ohne auch nur ihre Ernährung sicherstellen zu können. Nach dem Besuch sagten wir uns: Überall hin, nur nicht hierher! Wir ließen uns lediglich einen Wehrmachtslastwagen mit Anhänger geben, mit dem wir das Gerät transportieren konnten.

Zur selben Zeit wurde die Arbeitsgruppe Wernher von Brauns vom Harz nach Bayern verlegt, und über General Dornberger gelang es auch uns, einen Marschbefehl nach Bayern zu bekommen; dazu tausend Liter Dieselöl. Vierzehn Tage lang flohen wir entlang der Front, vorbei an brennenden Ortschaften und über zerbombte Straßen. Wir fuhren meist nachts; am Tag fanden wir notdürftigen Unterschlupf bei Bauern. Zwei Ingenieure der Henschel-Flugzeug-Werke, Gerhard Overhoff und Harro Stücken, hatten sich uns angeschlossen. Unterwegs hatten wir viel Zeit, über die Zukunft zu reden. Die beiden gehörten zu denen, die das Computergeschäft voraussahen.

Es fehlte während dieser Fahrt nicht an kritischen Situationen. Ich saß meistens neben Overhoff auf dem offenen Anhänger des Lastwagens, jederzeit bereit, bei Gefahr herunterzuspringen. Eines Nachts standen wir wieder einmal abgedunkelt auf der Autobahn, als ein anderer Wagen in voller Fahrt von hinten auf uns zukam. Overhoff schrie: „Er sieht uns nicht!“ und sprang ab. Ich selbst reagierte weniger schnell und blieb sitzen, was mir wahrscheinlich das Leben rettete. Der andere Lastwagen bog im letzten Augenblick ab, der abspringende Overhoff wurde erfaßt und erlitt eine schwere Oberschenkelverletzung. Wir mußten ihn in Hof in ein Krankenhaus schaffen; Stücken übernahm seine Betreuung.

Nachgerade schaurig war die nächtliche Fahrt durch München: kaum ein Mensch auf der Straße, die Stadt in Dunkel gehüllt, man erwartete Fliegerangriffe. In dieser Nacht aber geschah nichts. Es herrschte eine gespenstische Ruhe.

Ohne Aufenthalt kamen wir bis an die Alpen. Zum ersten Mal in meinem Leben sah ich das Hochgebirge. Wie friedlich lag das Kloster Ettal; aber wir mußten weiter. In Oberjoch bei Hindelang fanden wir schließlich ein vorläufiges Quartier. Wir teilten es mit Wernher von Braun und seinen Mitarbeitern. Zu verdanken hatten wir das wieder einmal Dr. Funk. Der hatte sich inzwischen in Katlenburg bei Nordheim niedergelassen, in unmittelbarer Nähe der Dienststelle des damaligen Reichsforschungsbeauftragten Osenberg. Dr. Funk ging dort aus und ein und hatte uns auch nach unserem Weggang aus Berlin, wann immer es nötig gewesen war, Bescheinigungen aus erster Hand besorgt. Wie er uns freilich in Oberjoch hat unterbringen können, ist mir bis heute ein Rätsel. Selbst Wernher von Braun hatte von seinen vielen tausend Mitarbeitern nur die hundert wichtigsten dorthin mitnehmen können.

Nach dem Berliner Bombenkrieg und der abenteuerlichen Flucht erlebten wir nun Tage der Ruhe in einer herrlichen, friedlichen Landschaft. Ich konnte in diesen Tagen auch ein kurzes Gespräch mit Wernher von Braun führen, hatte allerdings nicht den Eindruck, daß er und sein Mitarbeiterstab schon voraussahen, welche Schlüsselstellung der Computer eines Tages bei der Weltraumfahrt einnehmen würde. In seine Pläne, sich den Amerikanern zu übergeben, waren wir nicht eingeweiht. Wir hielten es auch bald für richtiger, uns selbständig zu machen und ein eigenes Quartier zu suchen. Wir fanden es in dem kleinen Alpendorf Hinterstein bei Hindelang. Von den finsternen Machenschaften der SS in diesen Tagen bemerkten wir nichts. Erst viel später erfuhr ich aus Wernher von Brauns Lebenserinnerungen, in welch großer Gefahr wir damals schwieben:

Dornberger, der in Peenemündes bester Zeit 18000 Leute unter seinem Kommando hatte – darunter über 5000 Ingenieure und Wissenschaftler – befehligt jetzt im Oberjocher „Haus Ingeborg“ noch etwa hundert Soldaten und einige Wissenschaftler. Aber auch in diesem 150-Betten-Hotel hat sich schon eine Gruppe von dreißig SS-Männern eingenistet, um Dornberger zu bewachen.

Der General ahnt, was kommen wird – eine Auseinandersetzung zwischen seinen Leuten und der SS. Das SS-Kommando muß schleunigst ausgeschaltet werden. General Dornberger setzt sich mit dem Führer dieser SS-Formation, einem Sturmbannführer, zusammen und läßt Kognak auffahren. Als die dritte Flasche entkorkt ist, steht der Sturmbannführer so stark unter Alkohol, daß er bereit ist, jede Frage zu beantworten.

„Welchen Auftrag haben Sie eigentlich, Sturmbannführer?“

„Mein Befehl lautet, Sie und die Raketenfachleute im ‚Haus Ingeborg‘ zu beschützen.“

„Und vor *wem* sollen Sie uns beschützen?“

„Vor den Amerikanern und den Franzosen, Herr General“, lallt der Führer des SS-Kommandos.

„Glauben Sie denn wirklich, daß Sie und Ihre dreißig Männer ganze Armeen aufhalten können?“

„Natürlich nicht, Herr General!“ Nach einer kleinen Pause, die er zu einem neuen Schluck nutzt, schwinden seine letzten Hemmungen:

„Ich habe den ausdrücklichen Befehl, Herr General, Sie alle zu erschießen, damit Sie nicht in die Hand des Feindes fallen ...“

Dornberger fährt der Schreck in die Glieder, als er diesen Mordplan in solcher Deutlichkeit erfährt. Was er bisher nur geahnt hat, ist für ihn jetzt Gewißheit.

Der General gießt dem Sturmbannführer neuen Kognak in das Glas und fragt ihn: „Glauben Sie denn wirklich, daß es irgendeinen Sinn hat, diesen Befehl auszuführen? Der Krieg ist aus. Die SS wird es bald nicht mehr geben. Und wenn die alliierten Truppen erfahren, daß Sie hier ein Blutbad angerichtet haben, wird man Sie sofort aufhängen!“

Die beiden reden noch lange miteinander – bis der Sturmbannführer zusammenbricht. Dornberger weiß jetzt, daß er diesen Mann zur Vernunft bringen kann. „Ich habe einen Plan, um Ihnen und Ihren Männern das Leben zu retten. Liefert Sie schleunigst Ihre Waffen meinen Soldaten ab. Verbrennen Sie Ihre Uniformen! Ich werde Ihnen andere geben – vom Heer. Dann wird man Sie für gewöhnliche Soldaten der Wehrmacht halten.“

Am nächsten Tag ruft der Sturmbannführer seine Leute zusammen und folgt dem Rat Dornbergers. Doch ihrem Schicksal werden sie nicht entgehen: Die SS-Tätowierung in der Achselhöhle wird sie verraten.²⁴

SECHSTES KAPITEL

Kriegsende – Flüchtlinge in Hinterstein – Der Plankalkül – Der Rechnende Raum – Automation und Sich-selbst-reproduzierende-Systeme – Eine logarithmische Rechenmaschine – Computerentwicklung in Deutschland und in den USA – Umzug nach Hopferau bei Füssen – Die Mühlen des Patentamts

Im Allgäu hatte man den Krieg bis dahin nicht unmittelbar zu spüren bekommen. Erst jetzt, in den letzten Kriegstagen, kamen die Flüchtlinge. Helmut O. Goeze schildert die Situation sehr treffend so:

Alle Ortschaften südlich von Sonthofen, besonders Oberstdorf und Hindelang, waren seit Anfang April 1945 von Flüchtlingen überfüllt, alle Hotels und Pensionen besetzt, desgleichen viele Bauernhäuser.

Während der letzten Kriegstage kamen noch etwa 2000 Angehörige von Gruppen der Wehrmacht und der SS in das Ostrachtal über die kleinen Dörfer nach Hindelang, Oberstdorf und Hinterstein sowie in die hochgelegenen Weidetäler und Almhütten der Ostrachtaler Berge. Sie bildeten einen Teil der „Alpenfestung“, die bis zum tragischen Ende gehalten werden sollte, – eine sehr gefährliche Situation für die kleine Ortschaft Hinterstein mit etwa 75 Häusern, die sich auf drei Ortsteile im engen Tal verteilten: das vordere Dorf mit einer Kapelle, das mittlere mit der Pfarrkirche und das hintere Dorf mit einer alten Barockkapelle. Dahinter, am Eingang eines 10 km langen Hochtals, befand sich auf einem großen Weidegelände ein riesiges Arbeitslager, in welchem schließlich auch Flüchtlinge und Kinder untergebracht wurden. Dazu noch Flakgeschütze und Feldkanonen, ein „Wallensteins Lager erster Güte“.

Insgesamt wenigstens 1200 Flüchtlinge, 2000 Soldaten und etliche 100 Arbeitsleute sowie unbekannte Größen, die in letzter Minute Verstecke finden mußten. Nachdem nahezu ganz Deutschland Anfang Mai 1945 besetzt war, war die Verteidigung der „Alpenfestung“ ein völlig sinnloses Unternehmen, genauso wie die Zerstörung von Brücken und Kraftwerken.

Da liefen Leute herum, die von einer Sprengung des alten Kraftwerks bei Bruck faselten. Die Bauern und Hotelwirte unter Führung von „Waidmannsheil“, Karl Agerer, verlangten eine Gewähr der Verhinderung dieses Unfalls. Ich selbst fuhr hinauf nach Oberjoch zum „Haus Ingeborg“, wo ein sehr verständnisvoller, leitender Herr der Peenemünder Gruppe den Hintersteinern seine Unterstützung zusagte. Es war Wernher von Braun, der für mich seinerzeit noch kein Begriff war.

Die Hintersteiner formten ihre eigene Schutzstaffel. Die Amerikaner unter General Patton marschierten bereits in die Tschechoslowakei, die Franzosen waren in Süddeutschland in den Vorgebirgen und Alpen beschäftigt. Daher auch ihr Erscheinen in USA-Tanks in Sonthofen.

Einem Sonderführer und Dolmetscher bei der Wehrmacht war es gelungen, in Hindelang einen Kontakt zwischen dem Kommandanten der Franzosen und den deutschen Einheitsführern zu etablieren. Um weitere Kampfhandlungen am 7. Mai 1945 zu verhindern, wurde vereinbart, eine ordnungsgemäßige Übergabe zu erzielen mit Ablieferung der Waffen in den Räumen der Hintersteiner Feuerwehr.



Hinterstein im Allgäu (Holzschnitt des Verfassers)

Am nächsten Tage erfolgte dann die offizielle Besetzung mit einer unnötigen, beklagenswerten Tragödie, weil zwei oder drei Arbeitsleute aus dem Lager flüchteten, von denen zwei verletzt wurden und einer später starb.²⁵

Goezes Bericht hat den Ereignissen etwas vorgegriffen. Noch herrschte Krieg und wir planten, wie gesagt, den Umzug nach Hinterstein. Was wir nicht wissen konnten, war, daß sich dort tags zuvor eine Gruppe von SS-Leuten mit Gewalt Quartier verschafft hatte. Als wir mit unseren Wehrmachtstransportwagen vorfuhren, glaubten die Bauern, wir gehörten dazu und begegneten uns völlig abweisend. Wir mußten sie erst davon überzeugen, daß wir „harmlose Wissenschaftler“ waren, ehe wir die Z4 in einem Keller verstecken durften. Wir selbst fanden über das Dorf verteilt lediglich gute Unterkünfte.

Es war eine sehr gemischte Gesellschaft, die der Krieg in Hinterstein zusammengeführt hat. Ich erinnere mich noch gut an einen SS-Mann, der bis zuletzt meinte, den Mund vollnehmen zu müssen: „Kapitulieren? Kommt gar nicht in Frage, solange der Führer noch lebt!“ Ein paar Tage später war es dann soweit, und ich traf ihn bei der Registrierung wieder. Er war nun ein bescheidenes Männchen in Zivil, das sich als „Fremdarbeiter“ eintragen ließ. Auch zwei Kompanien Marokkaner wurden nach Kriegsende im Dorf einquartiert. Mit ihnen sollte Dr. Funk nähere Bekanntschaft machen. Funk hatte die Gunst der Stunde Null nutzen und sich den Wehrmachtstransportwagen sichern wollen, was ihm ausnahmsweise einmal nicht gelungen war; dafür hatte er dann Lebensmittel

transportieren dürfen und sich einen großen Schweizer Käse beiseite rollen können. Eines Tages nun bekam er den Auftrag, die im Dorf abgelieferten Waffen nach Hindelang zu schaffen. Unterwegs wurde er von besagten Marokkanern aufgehalten, die wahre Freudentänze aufführten, als sie die Waffen fanden. Funk und seine Begleiter wurden verhaftet; zum Glück geschah nicht viel. Ihm selber gelang es, während der Nacht zu fliehen und eine amerikanische Truppe zu erreichen. Bei Nacht und Nebel kam er mit einem amerikanischen Offizier heimlich zu mir, und wir verabredeten, die Z4 noch am nächsten Tag in die amerikanische Zone zu schaffen. Daraus wurde nichts. Wozu auch? Mit der Zeit zerstreuten sich die mehr oder weniger zwielichtigen Gestalten. Nur einige – darunter wir – blieben.

Einer, der ebenfalls blieb, machte bald im ganzen Dorf von sich reden. Er war mit der SS-Gruppe als deren Gefangener nach Hinterstein gekommen, gab sich als Physiker aus und trug sich mit allerhand verrückten Ideen. Unter den Nazis hatte er trotz seiner Verhaftung an diesen Ideen weiterarbeiten dürfen; jetzt erklärte er sich zu einem Verfolgten des Nazi-Regimes. Von den Franzosen wurde er abwechselnd verhaftet und wieder freigelassen. Einmal erzählte er ihnen, die SS habe kurz vor Kriegsende zwei Lastwagen voll Lebensmittel in einer Klamm versteckt. Die Franzosen suchten mehrere Tage, fanden aber nichts. Ein andermal gab er an, die Pläne der deutschen Düsenjäger befänden sich in seinem Gewahrsam. Die Franzosen durchsuchten das Haus, in dem er wohnte, und fanden wieder nichts. Als er schließlich behauptete, im Dorf sei eine große Rechenmaschine versteckt, die er erfunden habe, hielten es die Franzosen nicht mehr der Mühe wert zu suchen. Zu mir kam er dann und erzählte: „Herr Zuse, Sie glauben ja nicht, wie ich Ihretwegen ausgefragt worden bin. Man wollte alles über Ihre Maschine wissen, aber ich habe nichts verraten.“ Er verfügte allerdings über eine geheimnisvolle Quelle für Lebensmittelmarken. Die Freundschaft mit ihm konnte uns also immerhin Brot einbringen. Einmal hielt ich es deshalb zwei Stunden auf der Dorfstraße mit ihm aus, während er ununterbrochen auf mich einredete. Es war kurz nach Hiroshima, und er hatte das natürlich schon alles gewußt. Er selber habe in den letzten Kriegsmonaten an einer Erfindung gearbeitet, bei der Photonen in einer Glasflasche eingeschlossen wurden. Das Ganze gebe eine fürchterliche Explosion. Er sei indischer Physiker. Außerdem wolle er Kühe mit Schafserum impfen, damit diese nicht nur Milch und Fleisch lieferten, sondern auch Wolle. Das war natürlich alles hochinteressant; aber ich wollte doch endlich in den Besitz einer seiner Brotmarken kommen. Als ich ihn daraufhin ansprach, erklärte er, es täte ihm leid, aber ausgerechnet heute hätte er keine bei sich.

Ein andermal kam er sehr aufgeregt zu mir: „Herr Zuse, es ist etwas Fürchterliches passiert. Ihre Maschine ist abtransportiert worden, alles ist kaputt.“ Das Gerät war gleich am Ortseingang untergebracht, in einem Haus, an dem die Franzosen ständig vorbeifuhren. Ich schllich hin und war auf das Schlimmste gefaßt. Es war alles in bester Ordnung. Ein Stück unterhalb des Dorfes war eine Trafostation abmontiert worden. Auch Goeze weiß von diesem originellen Herrn einiges zu berichten:

Dieser seltsame, indische Wahrsager war in Baden oder Württemberg als fragwürdiger Schullehrer bekannt, hatte allerlei Untersuchungen in Gefängnissen hinter sich. Nach dem Kriegsende kam für ihn der Zeitpunkt einer Metamorphose. Der „Verfolgte das Nazi-Regimes“ fühlte sich nunmehr berechtigt, seine eigenen Dispositionen zu treffen.

Er hatte eine tüchtige und allgemein beliebte Lehrerin, ein Fräulein Mans, ihres Amtes enthoben und ihre Schulräume in einem großen Haus hinter der Pfarrkirche zu seinem Hauptquartier verwandelt. Mehrere fragwürdige Damen wurden von ihm für seine Büroarbeiten engagiert. Er hielt sie vollauf beschäftigt, hatte endlos viele Briefe zu schreiben, die an deutsche Dienststellen, an Bekannte und an den französischen Kommandanten gingen.

Dem französischen Kommandanten in Hinterstein, Capitain Begout, den anderen Offizieren und ihrem Damengesinde versprach er die beste Wiener Sachertorte, die unter seiner persönlichen Aufsicht in der Hintersteiner Bäckerei Weber hergestellt wurde, unter der Voraussetzung, daß er seinen Passierschein und die Erlaubnis zur Fahrradbenutzung in kürzester Zeit erhalten würde. Wichtige Entscheidungen für Frankreich ständen „auf dem Spiele“.

Capitain Begout erkundigte sich bei mir, seinem Dolmetscher, ob er es riskieren könne, diesen Professor frei herumlaufen zu lassen.

Ich meinte, man könnte es vorübergehend riskieren. Es wäre ja schließlich unter eingehender Kontrolle durch die französische Besatzung.

Die Sachertorte wurde ein wahres Festessen.²⁶

Auch eine englische Gräfin wohnte im Dorf; sie war zwar schon sehr lange dort zu Hause, doch hatte sie ihre alten Beziehungen aufrecht erhalten. Aufs höchste besorgt kamen eines Tages die Bauern zu ihr: die Vergeltungswaffe V4 sei in Hinterstein versteckt, und das ganze Dorf könne jeden Augenblick explodieren. Zwar hatte ich meinen Mitarbeitern aufgetragen, auf allen noch vorhandenen Unterlagen das Zeichen V4 unkenntlich zu machen; aber diese Vorsichtsmaßnahme hatte offenbar nicht die gewünschte Wirkung gehabt. Die Gräfin übermittelte das Gerücht zwei Offizieren des englischen Secret Service. Als die Franzosen das Gebiet räumten, um es den nachrückenden Amerikanern zu überlassen, erschienen, kaum waren die Franzosen verschwunden, zwei englische Offiziere bei mir, die die V4 sehen wollten. Ich zeigte ihnen alles, und sie fuhren sichtlich enttäuscht wieder ab. Etwa zur selben Zeit hatten die Engländer in Göttingen von einem mysteriösen Rechengerät erfahren. Erste einschlägige Berichte aus den USA hatten den Computer plötzlich ins Gespräch gebracht, und man gab sich die größte Mühe, meine Spur zu verfolgen – ohne Erfolg. Die andere englische Stelle hatte mich zwar registriert, aber auch bei den Engländern blühte der Bürokratismus: die beiden Stellen hatten keine Verbindung untereinander.

Wir blieben in Hinterstein, und fürs erste war gar nicht daran zu denken, unsere Arbeit fortzusetzen. Irgend jemand hatte zwar den Einfall, mit der Z4 Horoskope zu erstellen, und vielleicht hätte man damit tatsächlich gute Geschäfte machen können; aber wir fanden – zum Glück – niemanden, der uns dafür brauchbare Formeln liefern konnte.

Meine Gruppe von etwa zwölf Personen löste sich allmählich auf. Ein jeder mußte zusehen, wie er weiterkam. Auch Dr. Funk verschwand eines Tages mit unbekanntem Ziel. Erst viele Jahre später hatten wir wieder Verbindung. Er ist inzwischen verstorben.



Hubert Tannheimer

Der zivile Verkehr ruhte noch fast völlig. Nur die notwendigsten und lebenswichtigen Transporte waren möglich. Auch das Post- und Fernmeldewesen war noch nicht wieder in Gang gekommen. Dennoch konnte ich eines Tages Verbindung mit Overhoff und Stucken aufnehmen, die wir seinerzeit in Hof hatten zurücklassen müssen. Sie hatten sich auf abenteuerlichen Wegen nach Österreich durchgeschlagen. Overhoff befand sich ganz in meiner Nähe, in Tannheim bei Oberdorf, auf der anderen Seite der deutsch-österreichischen Grenze. Etwas außerhalb der Legalität konnten wir sogar miteinander telefonieren: einer meiner Mitarbeiter war im Zivilberuf in einem Elektrizitätswerk tätig und hatte sich mit dem Leiter eines kleinen versteckten E-Werkes im Ostrachtal angefreundet, von dem aus „technische“ Gespräche nach Österreich geführt werden durften. Zum ersten Mal war vom Wiederaufbau meiner Firma die Rede, obwohl wir wußten, daß daran im Ernst noch nicht zu denken war.

Inzwischen hatten meine Frau und ich nach einigen Umzügen innerhalb des Dorfes ein endgültiges Quartier im Hause Tannheimer gefunden. Frau Tannheimer war früher einmal die Gattin des Direktors des Berliner „Wintergarten“ gewesen, zu seiner Zeit ein Kabarett von internationalem Rang. Das mondäne Berliner Leben hatte ihr aber nie sehr behagt. Bei einem Skiurlaub in Hinterstein hatte sie den urbayerischen Skilehrer Hubert kennengelernt; die beiden hatten geheiratet und bildeten nun ein höchst gegensätzliches Paar. Ihrer Gastfreundschaft haben meine Frau und ich viel zu verdanken, denn die allgemeine Stimmung in der Bevölkerung war, was uns Flüchtlinge anging, nicht eben positiv. Hubert lebt noch; er zählt zu den Hintersteiner Originalen und ist in seinem Leben wohl kaum über die Kreisstadt Hindelang hinausgekommen.

Es war in dieser Zeit schon eine hohe Kunst, auch nur das zum Leben Notwendigste zu beschaffen. Heizmaterial etwa: Eines Tages wurde mir und meinen noch am Ort befindlichen Mitarbeitern eine große alte Buche zugewie-



Haus Tannheimer in Hinterstein im Allgäu (Holzschnitt des Verfassers). Heute ist an dem Haus eine Gedenktafel angebracht, die an den Aufenthalt des Verfassers erinnert

sen. Schon der Marsch dorthin dürfte zwei Stunden gedauert haben, denn irgendeine Fahrgelegenheit hatten wir nicht. Überdies stand der Baum an einer sehr gefährlichen Stelle am Hang. Wahrscheinlich hatten die Holzfäller ihn aus genau diesem Grund stehen lassen. Fast wider Erwarten gelang es uns, den gewaltigen Baum – heute würde er als Naturdenkmal gelten – zu fällen. Als dann meine Mitfäller noch vor dem Winter Hinterstein verließen, kam ich zwar in den Besitz einer ansehnlichen Holzmenge; aber es war unmöglich, jemanden zu finden, der mir mein Holz ins Dorf transportierte. Ich mußte mühsam Kleinholz sammeln, um unser Zimmer einigermaßen warm zu bekommen.

Besonders schlimm stand es um die Ernährung. Wollte man überleben, mußten zusätzliche Lebensmittel beschafft werden. Bei den Bauern war nicht viel zu holen, denn die Alpentäler dort sind nicht sehr fruchtbar. Nur einmal bot mir ein Bauer großzügig an, in seinem Garten Brennesseln zu pflücken. Er hatte erfahren, daß meine Frau sie unseren Kindern als Spinatersatz vorsetzte. Zum ersten Mal in meinem Leben ging ich auch unter die Feinschmecker und bereitete mir eine Mahlzeit aus Schnecken, allerdings ohne die Kräuterbutter, die dazugehört. Auf ausgedehnten Spaziergängen suchte ich Pilze, was den Vorteil hatte, daß ich dabei ungestört meinen Gedanken nachhängen konnte. Uns gegenüber wohnte der alte Königlich-Bayerische Förster Hohenadl, auf dessen Pilzkenntnisse man sich verlassen konnte. Ich lernte alle eßbaren Pilze der Gegend

kennen; nur Fliegenpilze, von denen Hohenadl behauptete, daß man sie essen könne, wenn man die obere Haut abziehe, habe ich nicht probiert. Viele Jahre später las ich, daß sie auch ohne Haut nicht ungefährlich sind.

Frau Tannheimer betrieb ein Andenkengeschäft, und Herr Tannheimer betätigte sich auch als Maler. Einige seiner recht schönen Bilder kann man heute noch in Hinterstein bewundern. In jenen Jahren aber waren die Amerikaner seine wichtigsten Kunden. Sie liebten kleine Ölbilder auf Holztafeln; das gefragteste Motiv waren Gemsen. Ich malte sie im Akkord und unter einem Pseudonym und verdiente damit die Miete für unser Zimmer. Für mich selber und mit mehr künstlerischem Ernst fertigte ich Holzschnitte, von denen ich einige über die Zeit habe retten können.

In der Hauptsache aber beschäftigten mich damals wissenschaftliche Fragen. Da ich nicht praktisch arbeiten konnte, holte ich das, was mir an früheren Notizen geblieben war, heraus, um es in eine geschlossener Form zu bringen. Auch die als Doktorarbeit geplanten „Ansätze einer Theorie des allgemeinen Rechnens“ konnte ich nun noch einmal überdenken. Aber das war nur der Anfang. Die Konsequenzen aus dem Satz „Rechnen heißt, aus gegebenen Angaben nach einer Vorschrift neue Angaben bilden“ mußte ich erst noch ziehen. Sie entsprechen in etwa dem, was wir heute unter allgemeiner Informationsverarbeitung verstehen. An die Stelle des Begriffs Vorschrift ist der Begriff des Algorithmus getreten. Auch das Wort Programm war damals noch nicht üblich. Da ich statt dessen Rechenplan sagte, nannte ich das Ganze Plankalkül. Heute können wir den Plankalkül als erste algorithmische Sprache in das Gefüge der Sprachen einordnen. Es ging mir damals darum, nach den mehr sporadischen Betrachtungen über das allgemeine Rechnen, den noch unsystematischen Analysen des schematischen Rechnens und den gewagten Spekulationen im Hinblick auf das künstliche Gehirn ein klares, arbeitsfähiges System zu entwickeln. Ich wollte die Aufgaben abgrenzen und einige charakteristische Beispiele zusammenstellen. Näheres dazu findet sich in der Anlage 4 des Wissenschaftlichen Anhangs. Die Arbeit über den Plankalkül entstand in den Jahren 1945/46, und ich hatte keinerlei Möglichkeit, sie zu veröffentlichen. Auch wäre dazu eine Überarbeitung nötig gewesen, wozu ich einen kleinen Mitarbeiterstab gebraucht hätte.

Zur selben Zeit wurde auch in den USA an der Theorie der Programmierung gearbeitet. Besonders Goldstine und v. Neumann leisteten hier wichtige Vorarbeit. Sie beschäftigten sich von vornherein mehr mit den numerischen Rechnungen und entwickelten auch eine sehr anschauliche Darstellungsform für komplizierte Programmabläufe: das Flußdiagramm. Die bedingten Befehle und die verschiedenen Variationen der Adressenumrechnung behandelten sie ähnlich wie ich in meinem Plankalkül. Auf die logischen Operationen gingen sie indes nicht näher ein, denn diese wurden vorerst nicht angewendet.

Die grundsätzliche Idee formaler algorithmischer Sprachen wurde ungefähr zehn Jahre später wieder aufgegriffen. Zwischen 1955 und 1960 entstanden die Programmiersprachen FORTRAN, ALGOL und COBOL. Auch sie waren in erster Linie auf numerische Rechnungen zugeschnitten, entsprachen aber sonst weitgehend dem Plankalkül. Es läßt sich heute schwer feststellen, inwieweit hier

Gedanken des Plankalküls übernommen wurden und inwieweit – was wahrscheinlicher ist – mehrere Forscher gleichzeitig zu prinzipiell gleichen Ergebnissen kamen. ALGOL war eine europäische Gemeinschaftsarbeit. Ich selbst war um diese Zeit mit dem Aufbau meiner Firma beschäftigt und konnte nur gelegentlich Gespräche mit einigen Schöpfern von ALGOL, etwa mit Rutishauser und Bauer, führen. Meist redeten wir aneinander vorbei. Der Grundgedanke des Plankalküls, eine Programmiersprache systematisch von ihren logischen Wurzeln her aufzubauen, erschien meinen Gesprächspartnern überzogen oder wurde als unnötiger Ballast empfunden. Aus der damaligen Situation war diese Einstellung sehr wohl zu verstehen. Heute sind wir freilich längst soweit, daß numerische Rechnungen nur noch eine untergeordnete Rolle spielen. Im Vordergrund stehen organisatorische und logische Probleme, und vielerorts wird versucht, den eingeführten Befehlssprachen nachträglich das mittlerweile doch notwendige logische Grundgerüst zu geben. Als Beispiel sei nur PROLOG genannt. Programme wie die für das Schachspiel aber sind mit ihnen entweder gar nicht oder nur sehr umständlich formulierbar. Der Plankalkül wäre hier wohl weit tauglicher. Ich glaube auch, daß die unter den Bezeichnungen „artificial intelligence“ und „general problem solving“ bekannten Bemühungen mehr Erfolg hätten, wenn die im Plankalkül liegenden Möglichkeiten genutzt würden. Wir haben heute Spezialsprachen, die auf bestimmte Zwecke zugeschnitten sind und die sich oft an die eingeführten Sprachen anlehnen. Wichtig sind dabei die Compiler, die Übersetzerprogramme für derartige formale Sprachen. Die beste algorithmische Sprache ist ohne solche Compiler für die wichtigsten Maschinentypen wertlos. Der Plankalkül hätte erst noch compilergerecht zugeschnitten werden müssen. Die später entwickelten algorithmischen Sprachen waren von vornherein darauf abgestimmt. Die deutschen Pioniere auf dem Gebiet der Compilerentwicklung waren Professor Bauer und Professor Samelson. Ihre Programme wurden noch im jeweiligen Maschinencode aufgebaut. Der Umsetzungsprozeß von einer Formelsprache in die andere, beispielsweise von ALGOL in den Maschinencode einer Rechenanlage, kann aber als symbolische Rechnung aufgefaßt werden. Unter den eingeführten algorithmischen Sprachen gibt es wohl kaum eine, die ihren eigenen Compiler formulieren könnte. Der Plankalkül aber ist so universell, daß er auch diese Forderung erfüllt.

Die Entwicklung der formalen Sprachen ist noch in vollem Gange. Professor Zemanek verwendet gern den Vergleich mit dem Turmbau zu Babel: einerseits ist man fest entschlossen, den Weg zur Mechanisierung schematischer Denkoperationen weiterzugehen; andererseits stoßen grundsätzliche Neuerungen auf größte Schwierigkeiten, weil die vorhandenen Betriebssysteme nur schwer zu ändern sind. Trotzdem habe ich die Hoffnung nicht ganz aufgegeben, daß der Plankalkül noch einmal praktische Bedeutung bekommen wird.

Doch zurück ins Jahr 1945 und nach Hinterstein. Ich erlebte diese Zeit mit durchaus zwiespältigen Gefühlen. Zum einen fand ich in der Abgeschiedenheit des kleinen Alpendorfes endlich die nötige Ruhe für meine theoretischen Arbeiten, zum anderen aber war diese Umgebung der Idee der Mechanisierung der Denkvorgänge alles andere als förderlich. Bisher hatte ich in der Großstadt

Berlin gelebt und gearbeitet; jetzt lebte ich fern von technischen Dingen inmitten einer herrlichen Natur. Anders gesagt: Die blumenübersäten Wiesen des Allgäu und, nicht zu vergessen, das Kinderlachen meines ersten Sohnes, verleiteten nicht eben dazu, die Welt in Ja-Nein-Werte aufzulösen. War ich überhaupt auf dem richtigen Wege? Ich glaube, die meisten Forscher, die in der einen oder anderen Weise an der Entwicklung des Computers beteiligt waren, haben sich irgendwann einmal mit der Frage nach dem Verhältnis von menschlicher Willensfreiheit und Kausalität befaßt. Schließlich ist es eine Frage, die den Menschen seit dem Beginn der Philosophiegeschichte beschäftigt, und der Gedanke ist naheliegend, daß sie durch die Computerentwicklung in eine neue Perspektive gerückt wird. Auch ich glaubte, in dieser Frage Stellung beziehen zu sollen, und verfaßte eine Abhandlung mit dem Titel „Freiheit und Kausalität im Lichte der Rechenmaschine“. Ich verfügte weder über eine Bibliothek noch über die nötigen philosophischen Grundlagen. Nur Schopenhauers „Preisschrift über die Freiheit des Willens“²⁷ hatte mir früher einmal großen Eindruck gemacht. So blieb die Arbeit unfertig. Das Problem aber hat mich von da an nicht mehr losgelassen. Ich habe vor, die alte Abhandlung noch einmal gründlich zu überarbeiten und gesondert herauszubringen.

Es geschah bei den Betrachtungen über die Kausalität, daß mir plötzlich der Gedanke auftauchte, den Kosmos als eine gigantische Rechenmaschine aufzufassen. Ich dachte dabei an die Relaisrechner: Relaisrechner enthalten Relaisketten. Stößt man ein Relais an, so pflanzt sich dieser Impuls durch die ganze Kette fort. So müßte sich auch ein Lichtquant fortpflanzen, ging es mir durch den Kopf. Der Gedanke setzte sich fest; ich habe ihn im Laufe der Jahre zur Idee des „Rechnenden Raumes“ ausgebaut. Es sollte freilich dreißig Jahre dauern, ehe mir eine erste konkrete Formulierung der Idee gelang. Davon später mehr.

Ebenfalls in die Hintersteiner Zeit fallen erste Gedanken über die Anwendungsmöglichkeiten für, wie ich damals sagte, logistische Rechenmaschinen. Ich sah solche Anwendungsmöglichkeiten in der Automatisierung von Konstruktions-, Fertigungs- und Bauverfahren. Auch hier handelte es sich zunächst noch um eher spekulative Anfänge. 1957 aber konnte ich diese Gedanken anlässlich der Verleihung der Ehrendoktorwürde durch die Technische Universität Berlin öffentlich vortragen. In der Anlage 5 des Wissenschaftlichen Anhangs ist mein damaliger Vortrag in Teilen wiedergegeben. Ich war mir allerdings auch 1957 darüber im klaren, daß die Zeit für solche Gedanken längst nicht reif war. Ich hatte erhebliche Zweifel, ob es überhaupt sinnvoll wäre, ein so „futurologisches“ Thema, wie wir heute sagen würden, vorzutragen. Eine um so größere Freude war es mir, daß Professor Helmcke sich von meinen Gedanken angesprochen fühlte. Wir haben die damit zusammenhängenden Fragen später noch oft durchgesprochen. Und immerhin wurde in den darauffolgenden Jahren doch manches von dem verwirklicht, was ich vorhergesehen hatte: so die Steuerung von Werkzeugmaschinen durch Computer oder der Entwurf und die Konstruktion von Schaltungsteilen für Rechenmaschinen durch Rechenmaschinen. John v. Neumann hat die Idee der „Sich-selbst-reproduzierenden-Systeme“ aus der Sicht des Mathematikers behandelt²⁸, und seit einigen Jahren komme auch ich

wieder dazu, mich mit diesen Fragen zu befassen. Ich werde in einem späteren Kapitel noch davon berichten.

Die Gedanken über den Plankalkül, über das Verhältnis von Willensfreiheit und Kausalität, über den Rechnenden Raum und Sich-selbst-reproduzierende Systeme kulminierten schon in der Hintersteiner Zeit in einem einzigen Punkt: in der Idee der „technischen Keimzelle“. Als das höchste erreichbare Ziel, als der „Stein der Weisen“ nachgerade, erschien mir die Konstruktion der Keimzelle des künstlichen Supergehirns. Einmal in die Welt gesetzt, würde es durch Lernprozesse sich selbst ständig verbessern und könnte es mit dem gesamten Wissen der Zeit gefüttert werden. Die Lösung aller weiteren schwierigen Fragen könnte man dann diesem Instrument überlassen – sofern man es noch im Griff hätte. An all diesen Problemen ist inzwischen – wenn auch zum Teil unter anderen Bezeichnungen – weiter gearbeitet worden. Einiges von dem, was mir damals erst in einer fernen Zukunft möglich schien, ist heute bereits Wirklichkeit. Und ich zweifle nicht daran, daß wir in dieser Richtung noch forschreiten werden.

Weiter oben schrieb ich, ich hätte in Hinterstein fern aller Technik gelebt; hier wäre nun eine Einschränkung anzubringen. Der bereits erwähnte Förster Hohenadl nämlich hatte einen Bruder in Oberstdorf, der sich mit der Mechanisierung des Messens und Erfassens von Baumbeständen beschäftigt hatte. Das Ergebnis dieser Beschäftigung war eine automatisch registrierende Meßkluppe, ein Gerät zur Messung der Dicke eines Baumes. Es lieferte einen Lochstreifen, der in ein logarithmisch arbeitendes Rechengerät eingesetzt wurde, die wohl einzige voll logarithmische digitale Rechenmaschine der Welt. Der Bruder Hohenadl konnte mir seine Geräte noch vorführen; höheren Ortes aber hatte er mit seiner Idee keinen Anklang finden können. Noch heute ist die Erfassung der Baumbestände für Forstverwaltungen problematisch und nicht zufriedenstellend gelöst. Die Konstruktion der Hohenadlschen Meßkluppe war verhältnismäßig einfach. Heute ständen genügend Computer zur Verfügung, um die Zahlen, die sie liefert, auszuwerten. Hohenadls Geräte sind noch erhalten, und ich hoffe, daß es einmal möglich sein wird, sie an passender Stelle der Öffentlichkeit zugänglich zu machen.

Nun, da der Krieg zu Ende war, erfuhren wir endlich auch Genaueres über die Computerentwicklung außerhalb Deutschlands. Zwar wußten wir seit 1944, daß wir nicht die einzigen waren, die Rechenmaschinen bauten. Aber wo standen die Kollegen im Ausland, in den USA vor allem? Als erstes hörten wir von dem großen Analoggerät, das am Massachusetts Institute of Technology gebaut worden war. Wenig später erfuhren wir Näheres von Aikens MARK I. Die erste große Überraschung aber war die Nachricht von der gewaltigen elektronischen Rechenanlage ENIAC. Schreyer hatte also recht gehabt.

Es ist vielleicht ganz interessant, an dieser Stelle einmal Bilanz zu ziehen und den Entwicklungsstand im Jahr 1945 zu vergleichen. Die wichtigsten Geräte in den USA waren zu diesem Zeitpunkt:

- Das Gerät MARK I, entwickelt an der Harvard University unter der Leitung von Professor Aiken. Es war ein programmgesteuertes, elektromechanisches

Gerät. Es arbeitete im Dezimalsystem mit festem Komma, benutzte spezielle Schrittschalter als Speicherelemente und wurde durch Lochkarten gesteuert.

- Ein Relaisrechner im Binärsystem, entwickelt bei der Firma Bell unter der Leitung von Stibitz (Modell V).
- Das Gerät ENIAC, entwickelt unter der Leitung von Eckert und Mauchly. Das mit großem Aufwand gebaute elektronische Rechengerät enthielt achtzehntausend Röhren. Seine Konstruktionsprinzipien erscheinen uns heute zwar gerade wegen dieses großen Aufwands primitiv; doch war damit das Tor für die weitere elektronische Entwicklung geöffnet.

In Deutschland standen dem gegenüber:

- Die Geräte Z1 bis Z4, von denen freilich die Z4 als einziges Gerät gerettet war.
- Das Gerät zur Prozeßsteuerung S2.
- Der Plankalkül als allgemeine algorithmische Programmierungssprache.
- Das elektronische Versuchsmodell von Schreyer.
- Das elektronische Modell von Dr. Dirks.

Über die Geräte Z1 bis Z4 ist das Wesentliche bereits gesagt. Die Z4 arbeitete in Relaistechnik, im binären Zahlensystem und mit gleitendem Komma. Von den amerikanischen Geräten kommt ihr der von Stibitz konstruierte Relaisrechner am nächsten. Das Gerät S2 hat keine Entsprechung in den USA. Wie schon erwähnt, ist es möglicherweise den Russen in die Hände gefallen. Soweit mir bekannt ist, gab es um 1945 in den USA auch keine dem Plankalkül entsprechende Arbeit. Erst später erschienen die Arbeiten von Goldstine und v. Neumann. Dem ENIAC konnten wir in Deutschland allerdings nur ein elektronisches Versuchsgesetz gegenüberstellen, das leider nicht gerettet werden konnte. Es war dem ENIAC insofern überlegen, als hier erstmals bewußt mit logischen Bauelementen und nach den Gesichtspunkten der Schaltalgebra gearbeitet wurde.

Ein wichtiger Unterschied zwischen der Computerentwicklung in den USA und in Deutschland war der, daß die amerikanischen Forscher wenn nicht zusammen arbeiteten, so doch voneinander wußten und Kontakt miteinander hielten. Meine Mitarbeiter und ich dagegen wußten nicht einmal von der Existenz unseres potentiellen deutschen Kollegen Dr. Dirks. Daß er unabhängig von uns elektronische Rechengeräte entwickelte, war uns völlig unbekannt. Wegen der militärischen Geheimniskrämerei während der Kriegszeit wußte auch er nichts von Schreyer und mir. Dr. Dirks hatte hauptsächlich auf dem Gebiet der Magnetspeicherung gearbeitet und noch während des Krieges ein kleines Modell gebaut.

Allgemein kann man sagen, daß die amerikanischen Geräte im Vergleich zu den deutschen den zehn- bis hundertfachen Aufwand erforderten. Zeitlich hatten dennoch wir einen kleinen Vorsprung. Die Z3 war 1941 fertig, die Spezialgeräte S1 und S2 1942 beziehungsweise 1943, Aikens MARK I 1944, Stibitz' Relaisrechner etwa 1945 und der ENIAC 1945–47. Zu nennen wäre hier außerdem die bereits erwähnte englische Dechiffriermaschine Colossus, von der wir damals

allerdings noch keinerlei Kenntnis hatten. Nach dem Krieg dann erregten die Nachrichten über die amerikanischen Geräte weltweites Aufsehen. Von unserer Arbeit erfuhr die Weltöffentlichkeit lange nichts. So mußte der Eindruck entstehen, der Computer sei eine amerikanische Erfindung. Erst nach und nach sollte sich die Wahrheit durchsetzen. Heute wird kaum noch ernsthaft bestritten, daß die in meiner Berliner Werkstatt 1941 fertiggestellte Z3 der erste zufriedenstellend arbeitende Computer der Welt war.

Der Vorsprung, den wir in Deutschland in mancher Hinsicht nach dem Kriege hatten, ging in den folgenden Jahren weitgehend verloren. In den USA konnte mit voller Kraft und auf breiter Basis weitergebaut werden. Die Industrie war zwar auch dort zurückhaltend; aber die Entwicklung wurde von wissenschaftlichen Instituten getragen. Dahinter standen in der Regel militärische Stellen als die wichtigsten Förderer. Durch sie erhielt die Computerentwicklung in den USA ihre stärksten Impulse. Aiken konstruierte dann in schneller Folge die Geräte MARK II bis MARK IV. Sein Institut stand allen Wissenschaftlern der Welt offen; eine Gelegenheit, die von vielen genutzt wurde. Er hat die Erkenntnisse und die Ergebnisse seiner Arbeit frei und offen allen zur Verfügung gestellt und wurde zu einem wichtigen Lehrmeister auf dem Gebiet der Computer.

In Deutschland dagegen ruhte bis etwa zur Währungsreform im Jahr 1948 die Arbeit nahezu völlig. Während die Erfolge der amerikanischen Kollegen durch die Weltpresse gingen, zogen wir – es war im Jahr 46 – mit der Z4 von Hinterstein nach Hopferau bei Füssen. Die Z4 fand Platz in einem ehemaligen Pferdestall; ich selber bezog mit meiner Frau und unseren inzwischen zwei kleinen Kindern eine einfache Bauernstube. Es war eine schwierige Zeit, die dennoch auch ihre guten Seiten hatte. Die Tage vergingen ohne Hetze und voller Hoffnung. Bei meinem zweijährigen Sohn konnte ich beobachten, wie die Liebe zur Technik trotz der ländlichen Umgebung zum Durchbruch kam. Der einzige technische Gegenstand im Dorf war eine Jauchepumpe, und sobald er das monotone Pumpgeräusch hörte, zog er mich dorthin. Er konnte stundenlang den Bewegungen der Kolben zusehen. Es war derselbe Sohn, der mich im Alter von zehn Jahren mit der Feststellung überraschte, auf dem Mond brauchten die Glühbirnen der Autoscheinwerfer keine Glaskolben; es sei dort sowieso Vakuum, und man könne den Draht einfach frei aufspannen. Er hat später Elektrotechnik studiert und arbeitet heute an der Technischen Universität Berlin.

Kurz vor dem Umzug nach Hopferau war Stucken wieder zu mir gestoßen; zusammen konnten wir die Z4 notdürftig in Betrieb setzen. Eine Anwendungsmöglichkeit für das Gerät gab es freilich nicht. Wir hätten allenfalls die Fettgehaltsberechnung der dortigen Sennerei übernehmen können. Ein Wiederaufbau meiner Firma lag noch weit außerhalb des Möglichen. Nach dem Morgenthauplan sollte Deutschland bekanntlich in eine grüne Wiese mit weidenden Kühen verwandelt werden. Werkzeuge und Material waren nur im Schwarzhandel zu bekommen. Wir scherzten, die Amerikaner hätten nur eins vergessen, daß nämlich ihre Soldaten achtlos Konservenbüchsen wegwarf. In der Tat haben wir derartigen Abfall gesammelt und verwendet.

Eines Tages war unverhofft auch Schreyer wieder aufgetaucht. Er managte ein amerikanisches Kino in Erlangen, in jener Zeit ein Traumposten, verschaffte er doch Zugang zu amerikanischer Verpflegung. Schreyer wurde dann von einem südamerikanischen Geschäftsmann nach Brasilien gelockt. Auch mich wollte er dorthin mitnehmen; zum Glück habe ich mich nicht überreden lassen. Die vielversprechende Arbeit an seiner elektronischen Rechenmaschine konnte Schreyer in Brasilien nicht fortsetzen. Er hatte es dort anfänglich sehr schwer. Man hatte ihm falsche Versprechungen gemacht. Dank seiner Energie hat er es am Ende doch geschafft. Als ich ihn Jahre später in Brasilien besuchte, übte er drei Berufe aus und hatte dennoch viel Zeit für mich. Er pflegte sich bei jeder Stelle damit zu entschuldigen, daß er gerade bei einer anderen zu tun habe. Seine während des Krieges gebauten Geräte sind, wie gesagt, nicht erhalten geblieben. Der Koffer mit dem wenigen, was er aus Berlin hatte retten können, wurde ihm auf einer Bahnfahrt von Hopferau nach Erlangen gestohlen.

Was mich selber angeht, weiß ich heute, daß ich damals die Zeit hätte nutzen sollen, um Patente anzumelden. Ich tat es nicht, weil ich im damaligen Deutschland an einen Erfolg meiner Arbeit nicht glaubte. Manch anderer, der sich in den ersten Nachkriegsjahren seine Erfindungen und Patentschriften sicherte und in Darmstadt hinterlegte, ist später gut damit gefahren. Die Anmeldung meiner Ideen hätten gewiß auch mir finanziellen Erfolg gebracht. So verfügte ich damals schon über brauchbare Schaltungen für sämtliche entwickelten Adressenvariationen und Umrechnungen. Das Prinzip der Programmspeicherung war mir ebenfalls bekannt. Allerdings glaubte ich, daß es sich dabei nicht um eine anmeldungsfähige Erfindung handele; denn konstruktiv werden die gleichen Elemente wie für die Zahlenspeicherung verwendet. Ich entsinne mich noch, wie der spätere Patentanwalt Puchberger und ich versuchten, möglichst umfassende Formulierungen für die logistische Rechenmaschine zu finden. Bei Patentanmeldungen kommt es jedoch mehr auf konkrete, gegenständliche Formulierungen als auf mathematisch-logische Beziehungen an. Ebenso versuchten wir, die dem Sondergerät für die Flügelvermessung zugrundeliegende Idee möglichst universell zu schützen. Leider konzentrierten wir uns dabei auf das Verfahren, Meßuhren abzutasten. Wir kamen beide nicht auf die entscheidende Idee, die direkte Verbindung zwischen einem Analog-Digital-Wandler und einem Rechengerät anzumelden. Damit hätten wir die gesamte Prozeßsteuerung schützen können.

Einige Patentanmeldungen hatte ich bereits vor und während dem Krieg eingereicht, so 1936 die mechanische Schaltgliedtechnik mit dem mechanischen Speicher, auf die mir später auch das Patent erteilt wurde – freilich erst, als diese Konstruktionen keine Bedeutung mehr hatten. Meine ersten Anmeldungen für die Programmsteuerung und die Rechenwerke machte ich 1937; sie wurden wegen mangelnder Offenbarung zurückgezogen. Bei einer gleichzeitigen Anmeldung in den USA wurde mir, wie schon erwähnt, Babbage entgegengehalten. Auch als die Z3 konkrete Gestalt angenommen hatte, meldete ich – es war Mitte 1941 – ein entsprechendes Patent an. Die Anmeldung lief später unter dem Aktenzeichen Z391 und war wohl meine wichtigste. Sie wurde erst Ende 1952 mit

einundfünfzig Ansprüchen bekanntgemacht. Der Prüfer hatte – elf Jahre nach der Anmeldung – gegen die Patentfähigkeit keinerlei Bedenken. Keiner der heute bedeutenden Computerhersteller erhob gegen die Patenterteilung Einspruch, lediglich die Firma Triumph, die später allerdings von der IBM unterstützt wurde. In bewundernswerter Kleinarbeit wurden eine Fülle von Entgegenhaltungen zusammengestellt, womit entschieden ein Beitrag zur Geschichte des Computers geleistet worden ist. Dennoch konnten Neuheit und Fortschriftlichkeit meiner Erfindung nicht in Zweifel gestellt werden. Erst Mitte 1967, also sechsundzwanzig Jahre nach der Anmeldung, wurde die endgültige Entscheidung durch das Bundespatentgericht herbeigeführt. Es wurde dahingehend erkannt, daß eine patentwürdige Erfindung nicht vorliege: „Die Neuheit und Fortschriftlichkeit des mit dem Hauptantrag beanspruchten Gegenstandes“, so hieß es, „sind nicht zweifelhaft. Indessen kann auf ihn mangels Erfindungshöhe kein Patent erteilt werden.“ Von dieser Entscheidung war nicht nur ich, sondern auch die Firma Telefunken, mit der ich damals einen Patentvertrag hatte und deren Patentabteilung meine Anmeldungen bearbeitete, zutiefst enttäuscht. Als schmerzlich empfand ich es auch, daß der entscheidende Beschwerdesenat die Rechtsbeschwerde an den Bundesgerichtshof nicht zuließ.

Die drei wichtigsten Patentansprüche, deren als neu und fortschrittlich anerkannte Gegenstände also 1941 konzipiert waren, hatten folgenden Inhalt:

1. Programmgesteuerte Rechenmaschine mit einem *Speicher*, bestehend aus einzelnen anrufbaren, jeweils einen Operanden als mehrstellige Binärzahl speichernden Speicherzellen, mit einem zur Ausführung verschiedener Rechenoperationen einstellbaren *Rechenwerk* und einem *Programmwerk* zum Einstellen der Operationsabläufe im Rechenwerk und der Operanden- und Resultattransporte zwischen Rechenwerk und Speicherwerk nach einer vorgegebenen, auf einem Programmträger aufgezeichneten Folge von nacheinander automatisch abgelesenen Operations- und Transportbefehlen, dadurch gekennzeichnet, daß im Programmwerk zwei Kontaktfelder mit einzelnen steuerbaren Schaltergruppen und mehr Ausgangswirkleitungen als Eingangssteuerleitungen vorgesehen sind, deren eines, gesteuert von einem durch die abgelesenen (in Ja-Nein-Werte verschlüsselten) Transportbefehle eingestellten Satz von Adressenaufnahmegliedern, die Verbindung der in diesen Aufnahmegliedern eingestellten Speicherzellen mit den Operandeneinstell- bzw. Resultatgliedern des Rechenwerks bewirkt und deren anderes, gesteuert von einem durch die abgelesenen (in Ja-Nein-Werten verschlüsselten) Operationsbefehle eingestellten Satz von Operationsbefehlsaufnahmegliedern, die Einschaltung von die Operationen im Rechenwerk einleitenden Operationsschaltern bewirkt.

2. Programmgesteuerte Rechenmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Durchführung von arithmetischen Operationen mit in halblogarithmischer Form vorliegenden Operanden $y = B^a \cdot b$ im Rechenwerk zwei Rechenschaltungen vorgesehen sind, die zur Durchführung der mit den Werten a und b zu bewirkenden Teiloperationen ausgebildet sind, und daß jede Speicherzelle in den Werten a und b zugeordnete, binäre Stellenbereiche aufgeteilt ist, von denen bei einem Transportbefehl der eine mit den Operandeneinstell- und Resultatgliedern der einen und der andere mit denen der anderen Rechenschaltung verbunden wird.

3. Programmgesteuerte Rechenmaschine nach Anspruch 1 und 2 dadurch gekennzeichnet, daß zur Steuerung der in einzelne Spiele gegliederten Operationsabläufe Fortschalte-

Vorrichtungen, wie Steuerschalter oder Relaisketten, vorgesehen sind, die von den Operationsschaltern eingeschaltet werden und für jedes Spiel selbsttätig um einen Schritt weiterschalten und damit die für den Ablauf einer eingestellten Operation nacheinander erforderlichen Einstellungen am Rechenwerk bewirken²⁹.

Unseres Erachtens war die Abgrenzung gegen den Stand der Technik, insbesondere gegen Babbage, gelungen: Babbage kannte die Wahlpyramide noch nicht, jene Wähleinrichtung am Speicherwerk, die nach Einstellen der Adresse die Verbindung zwischen der gewünschten Speicherzelle und dem Rechenwerk herstellt. Babbage arbeitete noch nicht mit Adresseneinstellungen, sondern im direkten Lochkartencode. Seine Variablenkarten enthielten tausend Lochfelder, von denen jeweils nur eines gelocht wurde. Zwar hatte Couffignal eine primitive Programmsteuerung beschrieben³⁰, doch fehlte auch bei ihm die Wahlpyramide. In finanzieller Hinsicht betraf mich das Urteil des Bundespatentgerichts allerdings nicht mehr; ich hatte schon vorher meine Rechte abgetreten. Bei der Feier meines siebzigsten Geburtstags im Jahr 1980 hat Präsident Häußer vom bundesdeutschen Patentamt dieses Urteil zum Anlaß seines Vortrages an der Technischen Universität Berlin genommen. Ich habe den Vortrag als Anlage 6 des Wissenschaftlichen Anhangs in dieses Buch aufgenommen.

Wie ich, so hatte auch Schreyer es versäumt, seine entscheidende Idee der Kombination von elektronischen und programmgesteuerten Rechenmaschinen rechtzeitig anzumelden. Seine noch mit Glimmlampen dioden aufgebauten Schaltungen wurden später durch die neuen Möglichkeiten der Halbleitertechnik überholt. Dagegen hatte Dr. Dirks nach dem Kriege seine Anmeldungen in Darmstadt hinterlegt. Sie bestanden aus einem ganzen Paket mit Hunderten von Ansprüchen. Die bedeutendsten behandelten die Speicherung durch magnetische Schichten. Diese Idee war nicht ganz neu. Er hatte unter anderem rotierende Speicher in Scheiben- und Trommelform angemeldet. Dabei werden die Informationen – aufgelöst in Folgen von Bits – in mehreren parallelen Spuren auf der Mantelfläche einer Trommel gespeichert, die mit einer Magnetschicht versehen ist. Wichtig ist hier, im Gegensatz zur Musikaufzeichnung auf Tonbändern, die genaue zeitliche Taktung aller Vorgänge beim Zusammenspiel zwischen Rechenwerk und Speichertrommel. Dirks verwendete dazu ein zunächst unscheinbares Hilfsmittel, die Taktspur: auf dem Trommelumfang wird eine besondere Spur mit einer konstanten Folge gleichmäßig verteilter Impulse vorgesehen, die den Rhythmus für das Arbeiten der ganzen Maschine angeben. Bei der Abgrenzung seiner Ideen gegenüber den bis dahin bekannten stellte sich diese Taktspur als die entscheidende Neuerung heraus. Es ist schwer, einen mit Trommelspeicher arbeitenden Computer ohne diese Taktspur zu bauen. Alle Bemühungen, passende Entgegenhaltungen zu finden, scheiterten. Dennoch dauerte auch hier das Erteilungsverfahren sehr lange. Dirks hatte zunächst fast die gesamte einschlägige Industrie als Einsprechende gegen sich. Auf Grund seiner guten Position konnte er jedoch schon während des Erteilungsverfahrens wichtige Verträge abschließen und – zusammen mit der Firma Siemag, mit der er in enger Verbindung stand – Millionenbeträge einnehmen. Als ihm schließlich

auf die Erfindung der Speichertrommel ein Patent erteilt wurde, erhob einer der abgewiesenen Einsprechenden Nichtigkeitsklage, die beim Bundespatentgericht wegen „mangelnder Erfindungshöhe“ zum Erfolg führte. Ich bin sicher, Dirks war von dieser Entscheidung ebenso überrascht wie ich von der Zurückweisung der Z391. Er konnte, weil es sich um ein Nichtigkeitsverfahren handelte, Berufung einlegen, so daß die Sache zur endgültigen Entscheidung an den Bundesgerichtshof ging. Der Ausgang ist mir leider nicht bekannt.

Daß das Bundespatentgericht in den beiden beschriebenen Fällen die Erfindungshöhe nicht anerkannt hat, mag daran liegen, daß zwischen den Entscheidungen und der Anmeldung der Erfindungen jeweils mehr als zwanzig Jahre lagen. Die Beurteilung einer erfinderischen Leistung zu einem so späten Zeitpunkt wird sicher nur demjenigen möglich sein, der zur fraglichen Zeit selbst an der einschlägigen Entwicklung beteiligt war. Es muß als ein Mißstand unseres Patentgesetzes angesehen werden, daß sich ein Patenterteilungsverfahren so lange hinziehen kann, bis die allgemeine Anwendung des zur Zeit der Anmeldung überraschend gewesenen Erfindungsgedankens zur Gewohnheit geworden ist. Leider ist dieser Mißstand auch durch unser neues Patentgesetz, das sogenannte Vorabgesetz, nicht beseitigt: durch die Aufschiebung der Prüfung kann es dazu kommen, daß diese überhaupt erst sieben Jahre nach der Anmeldung in Angriff genommen wird. Hinzu kommt, daß unser Patentgesetz auf dem römischen Sachenrecht aufbaut, das heißt, daß nur konkrete Vorrichtungen oder Verfahren zur Herstellung konkreter Dinge geschützt werden können. Gerade die neuen Erkenntnisse auf dem Feld der Computerentwicklung erlauben es aber, Schaltungen und Rechengeräte mit Hilfe der Schaltalgebra und der Automatentheorie in ihrer logischen Funktion rein formal darzustellen. Es war bei meinen Anmeldungen ein häufiges Argument der Prüfer, daß solche logischen Formulierungen nicht patentfähig seien. Mein Argument, Rechenmaschinen stellten gleichsam „Fleisch gewordene Mathematik“ dar, fand kein Gehör. Noch viel deutlicher wird dieses Problem beim Schutz von Programmen: hier handelt es sich eindeutig um Anweisungen zur Benutzung von Geräten, die nach dem Patentgesetz nicht schutzfähig sind. Inzwischen bemüht man sich ernsthaft, auch dafür einen brauchbaren Schutz zu schaffen. In der Frühzeit der Computerentwicklung herrschte dagegen große Unklarheit über die Schutzrechte für Computer und alles, was mit dem Computer zusammenhing. Ich selber darf mich wohl, ohne darüber in Wehleidigkeit verfallen zu wollen, zu den Leidtragenden dieses Umstandes zählen.

SIEBTES KAPITEL

Das „Zuse-Ingenieurbüro, Hopferau bei Füssen“ – Erste Geschäftspartner: IBM und Remington-Rand – Die erste Pipelining-Konstruktion – Gründung der ZUSE KG in Neukirchen – Die Z4 an der ETH in Zürich – Computer in Europa: eine Zwischenbilanz – Verpaßte Gelegenheiten – Der erste deutsche Auftrag: die Z5

Wir schreiben das Jahr 1947, und immer noch lebe ich in Hopferau im Alpenvorland. Inzwischen im Besitz eines Fahrrades, steht mir zwar nicht die Welt, doch wenigstens die nähere Umgebung offen. Nur langsam kommen die öffentlichen Verkehrsmittel in Gang. Als endlich die ersten Personenzüge fahren, sind sie so überfüllt, daß man gelegentlich auf Puffern oder Trittbrettern reist, wofür es besondere Techniken zu entwickeln gilt. Kaum ein Tag, an dem es nicht irgendwo irgend etwas zu „organisieren“ gibt. Es sind abenteuerliche Zeiten. Man ist froh, wenn man von seinen Fahrten unbeschadet nach Hause kommt. Die sonderbarsten Geschichten gehen um, und nicht alle sind so harmlos wie die von dem Herrn, der einer Dame durchs Abteifenster hilft und ihr dabei die Schuhe auszieht. Schuhe sind, wie so vieles, Mangelware . . . – Kann man sich vorstellen, wie Stücken und mir zumute war, als wir in einer solchen Zeit beschlossen, ein Ingenieurbüro zu gründen? Unser Mut resultierte nicht zuletzt aus der Einsicht, daß wir nichts zu verlieren hatten. Wir gründeten ohne große Formalitäten das „Zuse-Ingenieurbüro, Hopferau bei Füssen“.

Wir waren selbst nicht wenig überrascht, als schon nach kurzer Zeit die ersten Kontakte zum Ausland zustande kamen. Wir erhielten Besuch aus England, Frankreich und den USA. Sogar ein Versicherungsmathematiker aus München hat sich eines Tages zu uns verirrt. Ansonsten aber hatte man in Deutschland andere Sorgen. Was den Computer anging, wollte man abwarten. Man würde sehen, was aus den Spielzeugen versponnener Wissenschaftler und Erfinder wurde. Ganz anders die Reaktion im Ausland: schon 1948 wurde ich zu einer „interrogation“ deutscher Wissenschaftler nach London eingeladen. Es war ein unbeschreibliches Erlebnis, nach den Jahren auf dem Dorf wieder etwas von der großen Welt zu sehen. Ich blieb drei Wochen; irgendwelche geschäftlichen Folgen hatte die Reise leider nicht.

Unsere Arbeit wurde zunächst von den USA aus entscheidend gefördert. Zu verdanken hatten wir das demselben Helmut O. Goeze, der so anschaulich die Hintersteiner Verhältnisse zu beschreiben wußte. Eben dort, wo er Dolmetscher bei den Franzosen gewesen war, hatten wir ihn auch kennengelernt. Inzwischen war er in die USA übergesiedelt; er war mit einer Amerikanerin verheiratet. In Hinterstein hatte ich ihm die Z4 vorgeführt, und das Gerät hatte ihm gewaltig imponiert. Nicht nur weil es rechnen konnte, sondern auch weil es, ich zitiere, „fraglos etliche Tonnen wog. So etwas wochenlang durch ganz Deutschland bei

Luftangriffen unter Lebensgefahr nach Hinterstein im Allgäu zu transportieren, mußte schon einen tieferen Sinn haben und von Weltbedeutung sein“³¹. Nun, in den USA, wollte Goeze sich für dieses weltbedeutende Etwas einsetzen. Es gelang ihm, den damaligen Präsidenten der IBM, Thomas Watson, für mich und die Z4 zu interessieren. Von Watson wiederum ging die Weisung an die Deutsche Hollerith – sie wurde gerade erst in IBM umbenannt –, sich um den Rechenmaschinenerfinder im Allgäu zu kümmern. Zwei der damaligen Direktoren der Hollerith, Hummel und Scharr, machten sich mit einem der noch wenigen Firmenwagen auf den Weg. Angesichts eines intakten Automobils stellte uns der Bauer, bei dem ich mit meiner Familie logierte, sogar seine gute Stube zur Verfügung.

Es sollte nicht bei diesem Besuch bleiben; die Verhandlungen wurden fortgesetzt, schließlich ein Optionsvertrag auf den Erwerb meiner Patente abgeschlossen. Da es um alte Reichsmark ging, war man verhältnismäßig großzügig. Der Vertrag enthielt außerdem die Klausel, daß sich die vereinbarten Beträge nach sechs Monaten verdoppeln sollten, falls bis dahin keine Einigung erzielt war. Natürlich zogen sich die Verhandlungen länger hin, denn jede Vereinbarung mußte erst von der anderen Seite des Atlantiks her genehmigt werden. Inzwischen war es in Deutschland zur Währungsreform gekommen. Ich hatte das unverhoffte Glück, daß man mir die doppelten Beträge auch noch in frischer D-Mark zahlen mußte.

Zu unserem Leidwesen aber interessierte sich die IBM nur für meine Schutzrechte. Daß wir an der Z4 weiterarbeiten, gar Neuentwicklungen in Angriff nehmen wollten, waren in den Augen der Amerikaner „perfectly foolish conditions“. Auch bei IBM glaubte man noch nicht an die Zukunft des Computers. Ich stand vor einer schweren Entscheidung. Finanziell wäre die Zusammenarbeit mit der IBM für mich und meine Mitarbeiter gewiß von Vorteil gewesen. So kurz nach der Währungsreform war ein gut dotierter Posten der Traum vieler Deutscher. Sicher hätte ich auch auf meine Schutzrechte gute Abschlüsse machen können; dazu wäre bei den späteren Auseinandersetzungen die IBM auf meiner Seite gewesen. Auch hätte sich die Haltung der maßgeblichen Herren ja noch ändern können. Das alles ließ sich aber nicht voraussehen. Angesichts solcher Unwägbarkeiten entschied ich mich schließlich für den weiteren Aufbau meiner Firma. Die schon an anderer Stelle angedeutete Konsequenz war die, daß ich mich fortan kaum noch mit theoretischen Problemen befassen konnte. Vielleicht hätte die ganze Informatik eine andere Entwicklung genommen, wenn ich mich damals anders entschieden hätte. Andererseits konnte ich wohl nicht anders entscheiden. Man wollte mir von Seiten der IBM nicht einmal verbindlich zusagen, daß ich überhaupt auf dem Computergebiet würde weiterarbeiten können. Kaum mehr Interesse zeigten die Herren von der Deutschen Hollerith an unseren Zukunftsplänen. Mit Herrn Scharr immerhin konnte ich interessante Gespräche führen. Es ging dabei um Dinge, die wir heute unter den Bezeichnungen CAD (Computer Aided Design) und CAM (Computer Aided Manufacturing) kennen.

Im Gegensatz zur IBM war die Remington-Rand bereit, Entwicklungsaufträge

zu vergeben. Merkwürdigerweise interessierte man sich dort besonders für die mechanische Schaltgliedtechnik, die ich schon vor dem Kriege aufgegeben hatte. Die Ingenieure der Remington-Rand trauten ihrer eigenen Elektronik noch nicht recht und wollten für alle Fälle ein weiteres Pferd im Stall haben. Wir erhielten einen Entwicklungsauftrag für einen Zusatzrechner für Lochkartengeräte in mechanischer Schaltgliedtechnik, einen sogenannten Rechenlocher.

Es ging bei diesem Gerät darum, aus einer Lochkarte mehrere Werte abzulesen, sie durch kleinere Formeln – etwa $a \times b + c$ – zu verknüpfen, und das Ergebnis wieder in dieselbe Karte einzulochen. Da die mechanische Schaltgliedtechnik verhältnismäßig langsam arbeitet, erfand ich eine Konstruktion, die heute als Pipelining bekannt ist. Damals ging es in erster Linie darum, die einzelnen aufeinanderfolgenden Teiladditionen einer Multiplikation räumlich hintereinander auf viele Addierwerke zu verteilen. Die Aufgabe für eine Lochkarte durchlief nacheinander eine Reihe von Stationen, wobei die Rechnung für die nächste Karte bereits unmittelbar folgen konnte, sobald die vorangegangene das erste Addierwerk durchlaufen hatte. Auf diese Weise waren bis zu zehn Lochkarten gleichzeitig in Arbeit. Die Leistung des Gerätes konnte so mit rein mechanischen Mitteln gegenüber bisherigen Konstruktionen erheblich gesteigert werden. Dasselbe hätte natürlich auch eine Relaismaschine leisten können, die jedoch erheblich mehr Platz eingenommen hätte. Damals waren noch – in erster Linie psychologische – Bedenken gegen die großen, auf mehrere Schränke verteilten Geräte zu überwinden. Das Pipelining-Prinzip ist in den letzten Jahren wieder aktuell geworden, allerdings für andere Aufgabenstellungen. Leider sind die Unterlagen für mein damaliges Gerät, wie das Gerät selbst, bis auf wenige Überreste verschollen. Da seinerzeit auch nichts veröffentlicht wurde, gilt das Pipelining-Prinzip heute als eine der neuesten amerikanischen Erfindungen.

Unser damaliges VersuchsmodeLL wurde nach den USA transportiert und dem Laboratory for Advanced Research der Remington-Rand in Norwalk in der Nähe von New York vorgeführt. Das ganze Unternehmen zog sich etwa zwei Monate hin; danach erhielten wir einen Anschlußauftrag auf Entwicklung kleiner Aggregate. Auf lange Sicht gesehen war es jedoch klar, daß der Elektronik die Zukunft gehörte. Unser mechanischer Rechenlocher wurde nie praktisch eingesetzt. Für den Aufbau unserer Firma waren die Aufträge der amerikanischen Remington-Rand gleichwohl sehr wichtig.

Stucken und ich hatten die Gelegenheit genutzt und waren mitgereist in die USA. Es war für uns beide der erste Aufenthalt in diesem gastfreundlichen Land. Befürchtungen, man könnte uns als Deutschen einen frostigen Empfang bereiten, erwiesen sich als unbegründet. Wir konnten viele anregende Gespräche führen und lernten schnell Land und Leute kennen. Mir selbst machte natürlich New York den größten Eindruck, hatte ich mich doch schon beim Entwurf meines Metropolis im Geist in eine solche Welt versetzt. Nun, in der Wirklichkeit, hatte so viel Modernität fast etwas Erschreckendes. Vor allem der starke Autoverkehr schuf eine Atmosphäre hektischer Betriebsamkeit. In Norwalk, wo wir uns eine Zeitlang aufhielten, war es kaum möglich, einen Spaziergang zu machen. Zum

einen gab es dafür kaum geeignete Wege, zum anderen wurden wir immer wieder von anhaltenden Autofahrern gefragt, ob wir nicht mitfahren wollten. Bedenkt man, wie es damals in deutschen Städten aussah, wird man begreifen, weshalb uns solche Dinge einigermaßen verwirrten. Es war mir damals auch noch nicht begreiflich, warum die Amerikaner die Briefkästen nicht an die Häuser, sondern an den Rand des Bürgersteigs setzen. Ich meinte, sie seien einfach zu faul, zu Fuß zu gehen. Heute weiß ich, daß das Parkproblem nach solchen Lösungen verlangt. Vielleicht sollten wir von den Amerikanern ja auch diese Dinge „am Rande“ übernehmen.

Natürlich besuchten wir unsere Geschäftspartner von der Remington-Rand. Hier hatte Stucken Gelegenheit, sich mit General Groves zu unterhalten, der während des Krieges den Bau der Atombombe organisiert hatte und nun für die Remington-Rand arbeitete. Meine eigenen Englischkenntnisse reichten für ein solches Gespräch leider noch nicht aus. Stucken berichtete mir später, daß es General Groves jedenfalls nicht an Selbstbewußtsein mangelte. Die USA, so hatte er sich sinngemäß geäußert, hätten im letzten Krieg zwei bedeutende Generäle besessen: Eisenhower und einen, dessen Namen zu nennen ihm seine Bescheidenheit verbiete.

Ein weiterer Besuch führte uns an die Harvard University in Cambridge bei Boston. Professor Aiken persönlich zeigte uns seine Geräte. Sein Interesse an unseren Arbeiten war allerdings nicht sehr groß. Man war in Harvard noch ganz davon überzeugt, daß der Computer eine amerikanische Erfindung sei. Es bedurfte einiger Mühe, unsere amerikanischen Gesprächspartner davon zu überzeugen, daß auch wir unser Licht nicht unter den Scheffel zu stellen brauchten. Aiken hat dies später eingesehen und sich entsprechend geäußert.

Auch in sachlicher Hinsicht gab es zwischen uns einige Differenzen. Aiken vertrat das Dezimalsystem und hatte sehr schöne Vercodungen für Dezimalziffern durch mehrere Bits entwickelt. Ich selbst war mehr ein Anhänger der rein binären Darstellung, jedenfalls was die großen wissenschaftlichen Computer anging. Allerdings hatte ich bei der mechanischen Lösung für das Lochkartengerät ebenfalls verschlüsselte Dezimalziffern benutzt. Dort war es tatsächlich die bessere Lösung. Nicht überzeugen konnten mich Aikens Ideen über eine Schaltalgebra: er verhinderte den direkten Weg logischer Aussageformeln und paßte sich den mathematischen Formalismen an; statt AVB schrieb er A+B-A.B. Zum Glück hat sich das nicht durchgesetzt. Heute ist das Arbeiten mit logischen Formeln selbstverständlich. Allerdings spricht man dabei von Boolescher Algebra.

Vor unserer Abreise konnten wir noch den gerade im Aufbau befindlichen „Whirlwind“ bewundern. Er war zu seiner Zeit wohl der großzügigste Computer der Welt und nahm mehrere Stockwerke in einem Gebäude ein. Allein seine Kühlvorrichtung erschien uns außerordentlich.

Neben den Amerikanern waren Schweizer unsere ersten Geschäftspartner. Eines Tages – es war im Jahr 1949 – tauchte ein vornehmer Wagen aus der Schweiz in Hinterstein auf. Professor Stiefel von der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich war zu Ohren gekommen, daß irgendwo in einem

HOWARD AIKEN
CONSULTING MATHEMATICIAN AND ENGINEER

October 1, 1962

Box 8245
University of Miami
Coral Gables 46, Florida

Telephone
MO 1-2511
Extension 2322

Dr. Konrad Zuse
Wehneberger StraBe 4.
privat: Hunfeld, Im Haselgrund
Fernsprecher 928

Dear Dr. Zuse:

Thank you for your letter of September 17th together with the welcome news that your reconstructed Model ZUSE Z 3 is to be installed in Deutsche Museum in Munich.

It is indeed true that, as you say, there is considerable confusion as to the priorities in the field of the first controlled program computers as to who was the first in these several fields.

I shall be happy to call your letter to the attention of any colleague who is interested in this matter.

With kindest regards.

Sincerely,

Howard H. Aiken

HHA : dm

Brief von Howard H. Aiken an den Verfasser

kleinen Dorf im Allgäu ein Computer zu finden sei. Er war eben von einer Studienreise in die USA zurückgekommen, wo er „viel schöne Maschinen in schöne Schränke mit Chromleisten“ gesehen hatte. Der Professor war nicht wenig überrascht, als er die äußerlich doch schon ein wenig ramponierte Z4 auch noch in einem Pferdestall aufgebaut fand. Trotzdem diktierte er mir eine einfache Differentialgleichung, die ich sofort programmieren, auf der Maschine vorführen und lösen konnte. Danach schlossen wir einen Vertrag: die Z4 sollte – nach gründlicher Überholung und Reinigung – an die ETH ausgeliehen werden.



Professor Eduard Stiefel

Kenner der damaligen Zeit mögen sich fragen, wie die Zusammenarbeit mit amerikanischen Firmen oder mit einer Schweizer Hochschule trotz den Kontrollratsgesetzen möglich war. Offen gestanden haben wir uns darum nicht viel gekümmert. Stucken übernahm es, die jeweils notwendigen Formulare auszufüllen. Was er in sie hineingeschrieben hat, wollte ich so genau gar nicht wissen. Bei den Amerikanern hatten wir ohnehin die nötige Rückendeckung. Und unsere Schweizer Partner legten wohl auch deshalb Wert auf ein Mietverhältnis, weil sie einen Kaufvertrag vermeiden wollten. Juristisch gesehen blieb das Gerät mein Eigentum, für das lediglich Anzahlungen geleistet worden waren. Im übrigen dürfte den zuständigen Behörden unsere kleine Firma auch kaum sehr wichtig vorgekommen sein.

Die Aufträge der ETH Zürich und der amerikanischen Remington-Rand verschafften uns die Basis für den Neuaufbau der Firma. 1949 konnten wir nach Neukirchen im Kreis Hünfeld in Hessen umziehen. Mit Harro Stucken und Alfred Eckhard gründete ich dort die ZUSE KG.

Als grundverschiedene Charaktere konnten wir drei uns gut ergänzen. Stucken war unser „Kosmopolit“. Er stammte aus einer alten Kaufmannsfamilie, und das Reisen lag ihm im Blut. Als Leiter der Abteilung „Reisen und Wandern“ fuhr er in einem alten DKW durch die Lande, führte insbesondere die Verhandlungen in der Schweiz und fühlte sich auch in den USA bald zu Hause. Alfred Eckhard war einer jener Studenten der Fernmeldetechnik gewesen, die schon während des Krieges in Berlin an der Z4 gearbeitet hatten. Er war nicht nur Ingenieur, sondern auch ein guter Kaufmann, was der Firma in den Anfangsjahren sehr zugute kam. Manchem unserer Mitarbeiter mag er in Gelddingen gar zu rigoros erschienen sein; in späteren Jahren aber hat uns sein breiter Daumen auf dem Portemonnaie der Firma des öfteren gefehlt. Ich selbst hatte in dem Trio wohl die Rolle des versponnenen Erfinders, der hin und wieder auch brauchbare Ideen



Harro Stucken



Alfred Eckhard

hatte, vorausgesetzt, daß man ihn rechtzeitig „auf die Erde zurückholte“. Da mir kaufmännische und organisatorische Aufgaben nie sonderlich lagen, war ich einerseits froh um meine mehr dem Realitätsprinzip verpflichteten Teilhaber. Andererseits war es nicht immer leicht, sich zwischen zwei Managern zu halten.

Eckhard war es, der uns in Neukirchen die erste richtige Wohnung seit unserem Wegzug aus Berlin beschaffte. Auch dies im Jahr 49. Unseren Betrieb hatte er in einer alten Station der Pferdepost unterbringen können. Von nun an sollten wir unsere Relaisrechenmaschinen also in einer ehemaligen Relaisstation bauen, und tatsächlich stammt das Wort Relais genau daher: wie in der Postkutschenzeit an der Relaisstation neue Pferde eingespannt wurden, so hatte auch das elektromagnetische Relais ursprünglich nur die Aufgabe gehabt, bei der Telegrafie einen neuen Stromkreis einzuschalten.

Wir begannen den Firmenaufbau mit großem Engagement und viel Energie, aber mit bescheidenen Mitteln. Unsere erste Haustelefonanlage bestand aus Altmaterial. Eckhard hatte sie gebastelt, weil so etwas, wie er meinte, zu einer richtigen Firma einfach dazugehörte. Sie funktionierte zwar nicht immer, aber was machte das schon. Wir hatten ohnehin den Verdacht, die Anlage diente vor allem seinem Privatvergnügen. Eckhard war ein leidenschaftlicher Telefonierer und liebte es über alles, sich mit verstellter Stimme als Beamter irgendeiner erfundenen Behörde zu melden.

1950 wurde die Z4 verladen und nach Zürich geschafft. Es war der sechste Transport, den wir ihr zumuten mußten. In Besprechungen mit Stiefel und seinen Mitarbeitern Dr. Rutishauser und Dr. Speiser wurden erhebliche Erweiterungen geplant. Es stellte sich heraus, daß meine Ideen aus den Jahren 1937 und 38 sich mit denen der Schweizer Kollegen gut ergänzten. Ein wesentlicher Punkt in unseren Planungen war die Verwendung bedingter Befehle.

Zur feierlichen Inbetriebnahme der Z4 noch im selben Jahr waren etwa hundert Gäste aus Industrie und Wissenschaft geladen. Alles war gut vorbereitet; die Maschine hatte vormittags ihre Testläufe gemacht, nachmittags um vier sollte die Vorführung stattfinden. Nach dem Mittagessen aber bockte die Maschine plötzlich und sprühte an den unglaublichesten Stellen Funken. Kurzschlüsse brannten ganze Leitungen durch. Nichts, aber auch nichts funktionierte mehr. Es begann ein großes Rätselraten. Stiefel blieb äußerlich ruhig; aber im Geiste sah er sich gewiß schon gründlich blamiert. Man darf nicht vergessen, daß damals einiger Mut dazu gehörte, einen Computer ausgerechnet aus Deutschland kommen zu lassen. Wir suchten eine gute Stunde, dann hatten wir den Fehler gefunden: Das Gerät hatte für Ansprech- und Haltekreise zwei verschiedene Spannungsniveaus, sechzig und achtundvierzig Volt, und man hatte einen neuen Umformer in Betrieb genommen, der diese Spannungen liefern sollte. Leider hatte man dabei nicht beachtet, daß die Polung beim Einschalten des Umformers willkürlich erfolgte, und zwar unabhängig für beide Spannungen. So konnten an Stellen, an denen sonst nur zwölf Volt Spannungsdifferenz herrschten, plötzlich einhundertacht Volt Spannung auftreten. Das hatte nicht gutgehen können. Uns blieb genau eine halbe Stunde Zeit, den Fehler abzustellen und die durchgebrannten Leitungen zu ersetzen. Wir schafften es, der leicht brenzlige Geruch wurde durch Lüften beseitigt, und um sechzehn Uhr waren die illustren Gäste Zeugen einer einwandfreien Vorführung. Wieder einmal half der inverse Vorführeffekt.

Immer noch befinden wir uns in der Pionierzeit des Computers, auf die ich nun doch mit etwas Wehmut zurückblicke. Gerade die Zusammenarbeit mit den Zürcher Kollegen habe ich in bester Erinnerung. Speiser sorgte für eine erstklassige technische Wartung des Gerätes. Rutishauser wurde ein routinierter Programmierer und gilt heute als ein Pionier der Programmiersprachen und -technik. Leider ist er verhältnismäßig jung gestorben.

Die Z4 arbeitete mit der Zeit so zuverlässig, daß man sie nachts unbewacht durchlaufen ließ. Damals fragte sich noch niemand, wer eigentlich die Verantwortung dafür trage, wenn einmal etwas passierte. Immerhin besaß das verschlafene Zürich durch die ratternde Z4 ein, wenn auch bescheidenes, Nachtleben. Ich selbst besaß einen Schlüssel zum Hauptgebäude der ETH, und manches Mal bin ich spät in der Nacht durch die einsamen Zürcher Gassen gegangen, um nach der Z4 zu sehen. Es war ein eigenartiges Gefühl, in die menschenleere ETH einzutreten und bereits im Parterre zu hören, daß die Z4 im obersten Stock noch einwandfrei arbeitete. Damals konnte man das noch aus dem Rhythmus der Lochstreifenleser entnehmen.

Geschichten, wie gesagt, noch immer aus der Pionierzeit des Computers. Bald aber sollte sich die Entwicklung gewaltig beschleunigen; unsere „Spielzeuge“ nämlich wurden für kommerzielle Aufgaben interessant. Nicht lange, und auch ich wurde von dieser Entwicklung mehr und mehr in Anspruch genommen. Ein paar angeregte Diskussionen noch mit den Zürcher Kollegen – unter anderem über den Plankalkül –, dann hieß es, sich um die Firma kümmern. Die kurze, aber schöne Zusammenarbeit mit Stiefel, Speiser und Rutishauser war zu Ende. Wir



Die Z4 an der ETH Zürich (Teilansicht)

schieden als Freunde. Die Z4 übersiedelte nach fünfjähriger Arbeit noch einmal von der ETH an ein französisch-deutsches Forschungsinstitut. Für die ETH selber entwickelten Stiefel, Speiser und Rutishauser einen eigenen Computer, die ERMETH.

Die Aufstellung der Z4 in Zürich führte bald zu weiteren wichtigen Geschäftsverbindungen. In der Folge bauten wir für die Schweizer Remington-Rand eine Serie von Rechenlochern, die nicht mehr rein mechanisch, sondern mit elektromagnetischen Relais arbeiteten. Vor den Computern im heutigen Sinne stellten diese Rechenlocher wohl die höchste Stufe der Rechenmaschinentechnik dar. Sie bestanden, wie schon beschrieben, aus einem Kartenleser, einem Rechenwerk und einem Kartenlocher. Die Aufgabe des Gerätes bestand darin, mehrere Werte aus der Karte abzugreifen, sie in einem kleinen Programm zu verarbeiten und die Ergebniswerte wieder auf dieselbe Karte zu lochen. Die zur Remington-Rand gehörende Firma Powers hatte vor dem Krieg einen rein mechanischen Rechenlocher für die Aufgabe $a \cdot b = c$ gebaut. Es war dabei aber nicht nur um die automatische Multiplikation gegangen, sondern auch darum, die Werte a, b beliebigen Spalten der Karte zu entnehmen und das Ergebnis c an beliebiger Stelle der Karte zu lochen, was durch sogenannte Leitkammern möglich gewesen war. Wir konnten nun diese mechanischen Einrichtungen zum Teil durch elektromechanische ersetzen und darüber hinaus Programme für Addition und Multiplikation in beliebiger Verschachtelung automatisch durchrechnen.

Die Geschäfte mit der Schweizer Remington-Rand wurden über eine Zwischenfirma abgewickelt. Sie hatten nichts zu tun mit dem Auftrag, den wir vom amerikanischen Zweig desselben Unternehmens erhalten hatten und der über

Frankfurt abgewickelt wurde. Im Gegenteil mußten wir bei der Arbeit für die Schweizer unsere eigenen Patente umgehen, die wir zeitweise an die Frankfurter Filiale der Remington-Rand übertragen hatten. Etwa dreißig Geräte konnten wir in die Schweiz liefern; mit den Erträgen war der Aufbau unserer Firma so gut wie gesichert. Es ist deshalb nur billig des Mannes zu gedenken, der daran den größten Anteil hatte: des leider früh verstorbenen Oskar Weder. Oskar Weder war Angehöriger der Schweizer Remington-Rand und der eigentliche Initiator unserer Zusammenarbeit. Er hat sich seinen Vorgesetzten gegenüber stark exponieren müssen, um die Vergabe eines so umfangreichen Auftrages an eine kleine, kapitallose deutsche Firma zu rechtfertigen. Entsprechend hoch schlugen die Wellen, wenn einmal nicht alles nach Plan lief. Die Nervenanspannung ging dann oft bis an die Grenze des Erträglichen – und konnte doch unserer Freundschaft keinen Abbruch tun.

Einmal gebaut, erwiesen sich unsere Geräte indes als ausgesprochen betriebs sicher. Es war dies nicht zuletzt ein Verdienst der Firma Alois Zettler, die uns spezielle Relais lieferte. Im traditionellen Fernmeldewesen nämlich werden Relais verhältnismäßig wenig beansprucht; meist kommt es dort nur zu wenigen tausend Schaltungen im Jahr. Bei Rechenmaschinen dagegen wird diese Schaltzahl mitunter in einer Stunde erreicht. Außerdem hatte man bisher Relais nur in bezug auf die Abnutzung der Kontakte durch Funkenbildung untersucht, die bei unseren Geräten aber entfiel, weil durch das Schaltwalzenprinzip sämtliche Kontakte stromlos geschaltet werden konnten. Es blieb also die rein mechanische Abnutzung, die in erster Linie bei den Abstandstiften der einzelnen Kontaktfedern auftrat und ein ständiges Nachjustieren der Relais erforderte. Durch die Einführung eines Nylonstiftes hat man bei der Firma Zettler diesen Mangel schlagartig behoben. Unsere Relais hatten damit praktisch unbegrenzte Haltbarkeit. Dazu konnten wir diese Relais in ihren Ansprech- und Abfallzeiten genau nach unseren Wünschen abstimmen und in Auftrag geben. Das bedeutete, daß zweischrittige Spiele möglich waren und die Geschwindigkeit der Geräte erheblich gesteigert werden konnte. Es war damit freilich ein gewisser Endpunkt der elektromechanischen Entwicklung erreicht; eine Steigerung der Leistung war auf diesem Wege jedenfalls mit wirtschaftlich vertretbaren Mitteln kaum noch möglich. Wilhelm Kämmerer hat später mit polarisierten Relais und mit beträchtlichem finanziellen Aufwand die Geschwindigkeit der elektromechanischen Geräte noch etwas steigern können. Seine für die Firma Zeiss/Jena entwickelte OPREMA war wahrscheinlich der schnellste Relaiscomputer, der je gebaut wurde.

Die deutsche Elektroindustrie verhielt sich im Gegensatz zur amerikanischen oder schweizerischen noch immer abwartend. Zur allgemeinen Vorsicht, was Neuerungen anging, kam hinzu, daß Rechenmaschinen nicht zu den traditionellen Arbeitsgebieten der Elektroindustrie gehörten. Die eigentlich zuständige Rechenmaschinenindustrie wiederum trat – mit Ausnahme der Lochkartenfirmen – bei der Entwicklung der elektronischen Rechengeräte so gut wie gar nicht in Erscheinung. Es war bezeichnend, daß die Elektroindustrie noch Mitte der fünfziger Jahre, als sich die elektronischen Rechenmaschinen längst durchgesetzt

hatten, mehr auf die neue Halbleitertechnik als auf den Computer selbst setzte. Eine wirklich großzügige industrielle Entwicklung von elektronischen Rechengeräten hat in Deutschland zu spät eingesetzt – mit den bekannt problematischen Folgen für die gesamte deutsche Wirtschaft, denn heute ist die Computerindustrie eine der wichtigsten, wenn nicht die wichtigste Industrie der Welt.

Diese industrielle Entwicklungslücke füllten bis weit in die fünfziger und zum Teil noch in die sechziger Jahre hinein wissenschaftliche Institute aus. Das Beispiel Aiken hatte auch hierzulande Schule gemacht. Es gehörte beinah zum guten Ton, daß ein Doktor der Physik oder Elektrotechnik, sofern er nur die Möglichkeit dazu hatte, seinen eigenen Computer baute. Etwa von 1949 an wurden so in Göttingen, München, Darmstadt und Dresden Elektronenrechner entwickelt.

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 sein heißt eben noch nicht, daß man in jedem Fall auch seine Kollegen versteht. Tatsächlich war die Trommel auf Jahre hinaus der weitaus wirtschaftlichste Speicher für elektronische Rechenmaschinen. Dirks hatte auf diesem Gebiet in gewisser Weise vorgearbeitet. Bei Billing sah ich auch zum ersten Mal das Serienprinzip arbeiten. Es stellte einen entscheidenden Schritt in der Entwicklung elektronischer Rechengeräte dar. Bis dahin waren alle traditionellen Rechenmaschinen – aber auch das Gerät von Babbage und die zwischen 1935 und 1947 gebauten Geräte der Pionergeneration bis hin zu den Versuchsmodellen Schreyers und zum ENIAC – nach dem Parallelprinzip aufgebaut. Dabei waren jeder Dezimal- beziehungsweise Binärstelle im Rechenwerk eigene, parallel arbeitende Konstruktionsglieder zugeordnet, etwa die auf einer Achse nebeneinanderliegenden Ziffernrädchen einer einfachen mechanischen Rechenmaschine. Die große Geschwindigkeit elektronischer Bauteile aber erlaubte es, eine Reihe von Operationen nacheinander auszuführen und gleichwohl noch einen erheblichen Zeitgewinn gegenüber mechanischen und elektromechanischen Konstruktionen zu erzielen. Das Addierwerk schrumpfte auf eine einzige Dezimal- beziehungsweise Binärstelle zusammen. Darüber hinaus war zur Übertragung einer Zahl jeweils nur eine einzige Leitung anstelle einer Vielzahl paralleler Leitungen erforderlich. Es ist mir nicht bekannt, wer als der eigentliche Erfinder des Serienprinzips gelten könnte. Von der Relaistechnik her gesehen, wäre es wenig sinnvoll gewesen, da es viele Schritte erfordert, die hintereinander ausgeführt werden müssen. Nach dem Serienprinzip gebaute Relaisrechner wären deshalb zu langsam gewesen.

Die in Göttingen entwickelte G1 war der erste deutsche wirklich gut arbeitende elektronische Computer. Sie zeichnete sich durch besondere Einfachheit aus, was damals sehr wichtig war. Soweit mir bekannt ist, konnte damit trotzdem eine Reihe wichtiger Programme durchgerechnet werden. Die Entwicklung wurde mit den Geräten G2 und G3 fortgesetzt, die ebenfalls von Billing am Göttinger Max-Planck-Institut für Physik und Astrophysik entworfen und gebaut wurden. Leider scheint von diesen Geräten kaum etwas erhalten geblieben zu sein.

Etwas später wurde ein PERM genanntes Gerät an der Technischen Hochschule in München in Betrieb genommen, das von Robert Pilony konstruiert worden war. PERM war die Abkürzung für Programmgesteuerte Elektronische Rechenmaschine, München; witzelnde Zeitgenossen machten daraus „Pilony's erstes Rechenmonster“. Es war eine verhältnismäßig große elektronische Rechenmaschine mit einer sehr schnellen Speichertrommel. Die PERM ist erhalten und befindet sich im Mathematischen Institut der Technischen Universität München unter der Obhut von Professor Bauer.

An Professor Walthers Institut für Praktische Mathematik in Darmstadt wurde unter der Leitung von Hans-Joachim Dreyer die DERA gebaut. Sie war von allen damaligen Geräten das ästhetisch gelungenste. Im genauen Gegensatz zur Göttinger G1 war die DERA von vornherein auf eine zu hohe Leistung zugeschnitten und brauchte daher sehr lange bis zu ihrer Fertigstellung. Die ganze elektronische Entwicklung war damals noch im Fluß, und es war nicht leicht, angesichts der vorhandenen Mittel vertretbare Lösungen zu finden.

In der DDR gab es neben der bereits erwähnten OPREMA einige Geräte an der Technischen Universität Dresden, darunter einige kleinere elektronische Rechner. Verantwortlich für die Arbeit in Dresden war Professor Lehmann, der heute neben Kämmerer zu Recht als der Computerpionier der DDR gilt. Wir haben mit ihm und seinem Institut stets gute Verbindung gehabt, uns auch des öfteren gegenseitig besuchen können. Ähnlich guten Kontakt hatten wir zu Professor Willers.

Auch bei unseren europäischen Nachbarn hatte inzwischen die Computerentwicklung begonnen. Die Zürcher ERMETH habe ich bereits erwähnt. In Wien baute Professor Zemanek in bewußter Abhebung von der gigantischen Whirlwind sein „Mailüfterl“, eine der ersten transistorisierten Rechenanlagen Europas. Zemanek leitete später ein Forschungslaboratorium der IBM in Wien, war eine Zeitlang Präsident der International Federation of Information Processing Societies (IFIP) und ist heute durch seine Veröffentlichungen in der ganzen Welt bekannt. Nachrichten aus England und Holland besagten, daß auch dort einschlägige Forschungsinstitute gegründet wurden. Anders als in Deutschland kooperierte man dort schon intensiv und recht erfolgreich mit der Industrie. Hierzulande tat man sich damit noch schwer. Zum Desinteresse der großen Industrie kam der mangelnde Geschäftssinn, der fehlende Raubtierinstinkt der Professoren, die sich mittlerweile der Computerentwicklung angenommen hatten. Wir von der ZUSE KG sahen uns da in einer eigentümlichen Zwischenstellung: wo uns die einen zu unmittelbar auf den Profit aus waren, waren es uns die anderen zuwenig.

Immerhin fand nun der Computer allenthalben öffentliches Interesse. Wissenschaftliche Tagungen wurden abgehalten; die Sache war neu und begeisterte die jungen Menschen. In den vielen Vorträgen, die gehalten wurden, war es zunächst um reine Zahlenrechnungen gegangen. Bald aber hatte es sich herumgesprochen, daß offenbar noch mehr in diesen neuen Maschinen steckte. Die Journalisten erfanden das Schlagwort vom Elektronengehirn, und ich hatte mehr als einmal Anlaß, den Kopf zu schütteln, wenn gelehrte Leute – durchaus Kapitäten auf

ihrem Gebiet – sich gegen solche „Übertreibungen“ verwahrten. Hatten sie über die Zukunft des Computers wirklich ernsthaft nachgedacht? Daß sie die Journalisten beruhigten, war recht und schön; ich hatte nur den starken Verdacht, sie glaubten selber, daß unsere Maschinen völlig harmlos seien.

Besonders gut ist mir eine Tagung in Erinnerung, auf der jemand einen Vortrag hielt über die Frage, ob eine Rechenmaschine Schach spielen könne. Die Beweisführung, wonach so etwas nie und nimmer möglich sei, konnte man nicht anders denn messerscharf nennen. Der Redner ging dabei von der Voraussetzung aus, daß eine Maschine optimal spielen müsse; dazu sei aber die Zahl der verschiedenen Spielvariationen viel zu groß, was er durch die Regeln der Kombinatorik und so weiter selbstverständlich leicht nachweisen konnte. Ich meldete mich zu Wort und fragte ihn, wie er dazu käme, von der Maschine mehr zu verlangen als vom Schachweltmeister. Der nämlich spiele gewiß auch nicht optimal. Eine längere Diskussion schloß sich an. Mein Gegenüber war Theodor Fromme. Er wurde ein guter Freund und später wissenschaftlicher Leiter der ZUSE KG. Fromme gehörte zu jenen unermüdlichen, ruhelosen Geistern, die durch nichts und niemanden zu bremsen sind. Nach stundenlangen, anstrengenden Besprechungen mit Kunden und Fachkollegen war er noch bis spät in die Nacht ein glänzender Unterhalter. Sein Vorrat an Witzen und Anekdoten war schier unerschöpflich. Von ihm hörte ich zum ersten Mal die Geschichte des Feldwebels, der aus logischen Gründen keine überraschende Nachtübung abhalten kann. Besagter Feldwebel gibt darin vor versammelter Kompanie bekannt, daß in der darauffolgenden Woche eine überraschende Nachtübung stattfinde. Wenig später kommt der Schütze Schlaumeier zu ihm und behauptet, diese überraschende Nachtübung sei gar nicht möglich. Am Sonntag nämlich, dem letzten Tag der Woche, könne die Übung nicht stattfinden, weil sie dann keine Überraschung mehr sei. Sie könnte aber auch nicht am Samstag stattfinden, denn kluge Leute wüßten schon freitags, daß der Samstag nicht in Frage komme, weil der Sonntag aus den genannten Gründen als möglicher Termin entfalle, der Samstag mithin keine Überraschung mehr sei. Entfalle aber der Samstag, könne die Übung auch nicht am Freitag stattfinden, denn kluge Leute wüßten bereits donnerstags, daß der Freitag nicht mehr in Frage komme, weil der Sonntag und der Samstag aus den genannten Gründen ... – Wenn wir anderen nach einem harten Arbeitstag froh waren, endlich schlafen gehen zu können, pflegte Fromme noch den örtlichen Schachclub aufzusuchen und bis drei Uhr morgens noch ein paar Partien zu spielen, beziehungsweise zu gewinnen, denn er war ein guter Schachspieler. In solchen Nächten hielt er sich mit Zigaretten und Coca Cola wach. Am Ende kam es fast, wie es kommen mußte: auf einer Dienstreise starb Fromme an einem Herzinfarkt.

Eine leidige und für mich persönlich leidvolle Angelegenheit war die in den fünfziger Jahren einsetzende Geschichtsschreibung der Computerentwicklung. Nicht nur die Öffentlichkeit, auch die Fachwelt hielt hartnäckig an der Legende vom Computer als einer ganz und gar amerikanischen Errungenschaft fest. Selbst Stiefel, Speiser und Rutishauser, die Zürcher Kollegen, die es besser wissen mußten, erwähnten in ihrem 1951 erschienenen Buch „Programmgesteuerte



Theodor Fromme

digitale Rechengeräte“³² die Z3 mit keinem Wort. Ihr Buch war eines der ersten über die Computerentwicklung überhaupt; der erste funktionierende Computer ist darin Aikens MARK I. Ich hatte die Autoren vor der Drucklegung auf diesen Fehler aufmerksam gemacht. Da ich ihnen viel verdankte, habe ich nach der Veröffentlichung des Buches geschwiegen. Und noch 1959, als auf dem Pariser UNESCO-Kongreß die IFIP gegründet wurde, zeigte man eine falsche Ahnentafel des Computers, auf der meine Arbeiten gewissermaßen von denen Aikens abstammten. Ich machte den Vertreter der deutschen Belange auf diesem Kongreß, Professor Walther aus Darmstadt, darauf aufmerksam. Geschehen ist daraufhin nichts. Hinzu kam natürlich, daß mir meine Firma kaum die Zeit ließ, mich in wissenschaftliche Diskussionen einzumischen. So war ich in der Fachwelt zwar nicht unbekannt, galt aber doch mehr oder weniger als Praktiker. Als Wissenschaftler war ich in dieser Zeit kaum präsent. Ein Vortrag über ein Teilgebiet des Plankalküls, den ich 1948 auf der Tagung der Gesellschaft für Mathematik und Mechanik in Göttingen hielt, fand so gut wie keine Beachtung. Es war in dem Vortrag um das gegangen, was man heute symbolische Rechnungen nennt. Eine kurze Veröffentlichung im „Archiv für Mathematik“³³ folgte; auch sie blieb ohne Resonanz. Erst viele Jahre später sollten die symbolischen Rechnungen große Bedeutung erlangen – nachdem man sie aus den USA nach Europa eingeführt hatte. Als nicht lange nach meinem Göttinger Vortrag in Pisa eine Tagung zu diesem Thema stattfand, erfuhr ich davon erst hinterher.

Ich will allerdings gerne einräumen, daß ich meine relative Distanz zum wissenschaftlichen Tagesgeschehen bis zu einem gewissen Grade mitverschuldet habe. Nicht nur deshalb, weil ich als Unternehmer mit meiner Zeit haushalten mußte, sondern auch weil ich zeitlebens eine Vorliebe für Probleme hatte, von denen ich sehr wohl wußte, daß sie erst viel später aktuell werden konnten. So hatte ich bei der Arbeit am Plankalkül das gesamte Gebiet der Programme für

numerische Rechnungen vernachlässigt und mich bewußt mit solchen Problemstellungen befaßt, die über das Zahlenrechnen hinausgingen. Die numerischen Programme für lineare Gleichungssysteme, numerische Lösungen von Differentialgleichungen und so weiter waren mir im Prinzip als gelöst, und die dabei auftretenden Probleme als verhältnismäßig einfach erschienen. So fehlte denn in den fünfziger Jahren meiner Ausarbeitung des Plankalküls das entscheidende Kapitel. Auf die genannten Probleme nämlich waren die ersten algorithmischen Sprachen wie FORTRAN, ALGOL und COBOL vornehmlich zugeschnitten. Was sollte man da mit dem Relationskalkül, dem Prädikatenkalkül oder mit Schachprogrammen? Zu den ersten Besprechungen über ALGOL wurde ich jedenfalls nicht hinzugezogen, obwohl der Plankalkül einigen Teilnehmern, etwa Rutishauser oder Bauer, bekannt war. Es wäre freilich auch schwierig gewesen, einer deutschen Arbeit bei den die Besprechungen dominierenden Amerikanern das nötige Gehör zu verschaffen. So oder ähnlich verhielt es sich damals aber auf nahezu allen Gebieten der Computerentwicklung.

Wenn ich heute auf die fünfziger Jahre zurückblicke, waren dies zwar schmerzliche, in der Zeit selber aber doch eigentlich marginale Dinge. Mein Hauptaugenmerk und meine ganze Energie galten der Firma. Freilich gab es auch hier neben geschäftlichen Erfolgen manche Enttäuschung und vor allem manche verpaßte Gelegenheit. Noch war es ja längst nicht so, daß sich irgend jemand um unsere Geräte gerissen hätte. Im Gegenteil: unser Hauptproblem war das, was die Ökonomen die Erschließung von Märkten nennen.

So versuchten wir zum Beispiel im Jahr 1950, den leitenden Herren eines Bergbauunternehmens klarzumachen, daß programmgesteuerte Rechenmaschinen im Rahmen der allgemeinen Betriebsführung wichtige Funktionen übernehmen können. Was wir ihnen auf weite Sicht als möglich darstellten, lief in etwa auf das hinaus, was man heute als Unternehmensforschung, Netzplanung, Management Information Systems (MIS), Management by Exception und so weiter bezeichnet. Man stand diesen Dingen durchaus aufgeschlossen gegenüber, schickte uns dann aber zum Chef des Rechnungswesens, um Einzelheiten zu besprechen. Wir fanden einen Buchhalter „vom guten alten Schlag“ in des Wortes bester Bedeutung. Er war die Genauigkeit und Zuverlässigkeit in Person und hielt gar nicht viel – um nicht zu sagen nichts – davon, der Geschäftsleitung womöglich täglich vorab überschlägliche Situationsberichte und vorläufige Bilanzen zu liefern. Irgendwann im Laufe unseres Gesprächs brach es dann aus ihm heraus: „Wissen Sie, wenn ich solch einen modernen Rechenapparat sehe, dann möchte ich am liebsten eine Schere nehmen und irgendwo auf der Rückseite ein Kabel durchschneiden.“ Zweifellos eine ehrliche und menschliche Äußerung. Irgendwie war mir dieser Mann sogar sympathisch. Er hätte nur mit dem Durchschneiden seines Kabels nicht viel ausgerichtet: solche groben Fehler sind schnell eingekreist.

1955 machte Stucken der KLM Vorschläge, Computer für ein Platzbuchungssystem einzuführen. Die Antwort war kennzeichnend dafür, wie man damals noch die Leistungsfähigkeit von Rechenmaschinen einschätzte. Ein Computer, so hieß es, könne auf gar keinen Fall den Platzreservierer ersetzen. Der kenne

einen großen Teil seiner Kunden persönlich und auch deren Gewohnheit, grundsätzlich zu viele Plätze zu buchen. Darum nämlich seien alle Flüge übergebucht. Der Computer aber könne nur pedantisch genau buchen, und eine Gesellschaft, die nicht überbuche, habe fast immer Plätze frei, arbeite also unrentabel. Die Herren von der KLM hatten nicht einmal ganz unrecht. Heute kommen die Fluggesellschaften zwar längst nicht mehr ohne Computer aus, aber der damals vorhergesagte Effekt ist tatsächlich eingetreten. Das Problem der Überbuchungen und Doppelbuchungen für mehrere Flüge ist von den gegenwärtigen Platzbuchungssystemen noch nicht gelöst. Es wäre sehr teuer, alles, was dabei eine Rolle spielt, mit dem Computer zu erfassen. Eines Tages wird es dennoch aus Rentabilitätsgründen nötig werden.

Schon 1958 wollte der Berliner Geologie- und Anthropologieprofessor Helmcke eines unserer Geräte – es war die Z22 – dazu verwenden, mathematische Modelle für biologische Strukturen und Merkmalsanalysen des menschlichen Gesichts während der individuellen Entwicklung vom Kleinkind zum Erwachsenen zu errechnen. Heute, nach der Entschlüsselung der Erbinformatik durch Watson und Crick, erscheint uns dieses Vorhaben selbstverständlich. Damals war es das nicht. Noch eine 1962 von meiner Firma veranstaltete Tagung über das Thema „Der Computer in der Medizin“ erwies sich letzten Endes als verfrüht. Etwa achtzig Ärzte aus der Bundesrepublik nahmen daran teil. Man war interessiert, aber zurückhaltend. Nennenswerte Folgen hatte die Tagung nicht.

1961 war es, als der Teppichfabrikant Mittelsten-Scheid an mich herantrat, ob ich mit meinem Computer die Steuerung seiner großen Teppichwebstühle automatisieren könne. Diese Webstühle arbeiteten bereits automatisch und wurden durch große Lochkarten gesteuert, in denen die Muster festgehalten waren. Diese Lochkarten wurden nach dem Entwurf des Künstlers mehr oder weniger von Hand gelocht. Mittelsten-Scheid ging es darum, vom Entwurf des Künstlers möglichst direkt auf mechanisch-optischem Wege zur gestanzten Lochkarte zu kommen. Er war wenig erbaut, als ich ihm vorschlug, den künstlerischen Entwurf der Muster mit in den Automationsprozeß einzubeziehen. Nur so glaubte ich aber, ganze Arbeit leisten zu können. Dabei wäre es mir nie in den Sinn gekommen, den Künstler überflüssig machen zu wollen; ich wollte ihm im Gegenteil ein neues Werkzeug in die Hand geben. Am Ende durfte ich es nicht einmal versuchen. Ich vermute deshalb, weil sich Mittelsten-Scheids Künstler widersetzen. Was wir heute Computergrafik nennen, war damals noch längst nicht populär und wurde nur in einem kleinen Kreis von Interessierten diskutiert und praktiziert. Charakteristisch war Mittelsten-Scheids Bemerkung, Teppiche seien nie ganz fehlerfrei, und gerade an den feinen Webfehlern könne man, bei aller Automatisierung, noch die dahinterstehende Handarbeit erkennen. Ich schlug ihm vor, solche Fehler durch entsprechende Programme einzuplanen. Ja, man könne durch bewußte Fehlschaltungen sogar neue reizvolle Effekte erzielen. Ich bin mir nicht ganz sicher, ob er diese Vorschläge ernst genommen hat.

Soviel zum Kapitel verpaßte Gelegenheiten; schließlich wäre der Aufbau

unserer Firma kaum möglich gewesen, hätten wir nicht auch Erfolge gehabt. Nach den Schweizern und Amerikanern war unser erster deutscher Geschäftspartner die Firma Ernst Leitz in Wetzlar. In der optischen Industrie hatte man schon immer große Rechenbüros unterhalten; oft saßen an der Berechnung eines einzigen Objektivs ein Dutzend Rechner mehrere Jahre. Man arbeitete mit Logarithmentafeln, trigonometrischen Formeln und Tischrechenmaschinen. Es ging dabei vor allem um die Berechnung der Brechung und des Weges eines Lichtstrahls durch eine optische Fläche, meist die Grenzfläche einer Linse. Für ein Objektiv mußten mehrere solche Flächen hintereinander durchgerechnet werden, und das für Tausende von Strahldurchläufen. Wir entwickelten für die Firma Leitz das Gerät Z5, das letzte Modell in der Reihe der großen Relaisrechengeräte. Es füllte die zeitliche Lücke, bis die elektronischen Rechengeräte die nötige Reife erlangt hatten.

Streng genommen gehört auch dieses Gerät noch in die Frühzeit des Computers, und wie an seine Vorgänger knüpft sich daran manche Geschichte. So erzählte ich auf einer wissenschaftlichen Tagung einmal voller Erfinderstolz von der unbeaufsichtigten Nachtarbeit der Z4 in Zürich, worauf die Herren von der Firma Leitz prompt verlangten, daß auch die Z5 nachts arbeiten solle. Ich weigerte mich, dann noch für ein einwandfreies Arbeiten des Gerätes zu garantieren. Die Diskussion wogte hin und her und endete damit, daß man aus Sicherungsgründen Rauchmelder einbaute und die Maschine durcharbeiten ließ. Ich kann nicht einmal sagen, daß ich allzu große Bedenken gehabt hätte; aber wie so oft steckte der Teufel in einem winzigen Detail: Die Firma hatte, weil man fortschrittlich sein wollte, anstelle von Umformern mit bewegten Teilen – wie seinerzeit die ETH – einen Transformator mit Gleichrichter als Stromquelle installiert. Niemand hatte bedacht, daß die Elektrizitätswerke nachts mitunter Umschaltungen durchführen, die für einige Millisekunden die Spannung abfallen lassen. Normalerweise merkt man das auch überhaupt nicht. Wenn aber bei einer Rechenmaschine in diesem Augenblick nur ein einziges Relais unvorschriftsmäßig abfällt, kann die ganze weitere Rechnung falsch sein. Leider kam das in diesem Fall öfter vor, und tückischerweise waren die so entstandenen Fehler von echten Fehlern der Z5 nicht zu unterscheiden. Heute, wo die Stromversorgungsanlagen gegen Spannungsabfall gesichert sind, ist so etwas so gut wie ausgeschlossen.

Ein anderer Zwischenfall hatte seine Ursache darin, daß die Z5 – vielleicht auf Grund traumatischer Erinnerungen der Verantwortlichen an die Bombennächte der Kriegszeit – im Keller untergebracht war. Eines Nachts nun tobte ein so schweres Gewitter über Wetzlar, daß der Keller binnen kurzem zehn Zentimeter unter Wasser stand. Die Werksfeuerwehr hatte ihn zwar in zwei Stunden wieder leergepumpt und morgens war nichts mehr zu sehen, in der Folgezeit aber bockte die Maschine auffallend häufig. Eine Zeitlang wurde auf die Maschine, dann auf die Firma ZUSE geschimpft. Schließlich fand man heraus, daß in der Unwetternacht einige unter dem Boden verlegte Kabel feucht geworden waren. Nicht Konstruktions- oder Wartungsfehler hatten die Z5 aus der Spur gebracht, sondern die so entstandenen Kurzschlüsse. Eine ähnliche Geschichte ist mir

später aus den USA zu Ohren gekommen, wo offenbar hungrige Ratten einmal die Kabel eines Computers angefressen haben sollen. Überhaupt wäre ja die Geschichte des Fehlerteufels in der Computerentwicklung eine ebenso spannende wie amüsante Angelegenheit. Ich selber habe, um nur noch ein Beispiel zu nennen, schlechte Lötstellen erlebt, die bei geschlossener Schranktür mangelhaft, nach dem Öffnen derselben aber einwandfrei arbeiteten. Mit der Suche nach solchen Fehlern habe ich, nimmt man alles in allem, wahrscheinlich Jahre verbracht.

Die Zusammenarbeit mit der Firma Leitz hatte für die ZUSE KG weitreichende Folgen. Die deutsche optische Industrie war damals in der Welt führend, und als die Firma Leitz als eines ihrer bedeutendsten Unternehmen Computer einzusetzen begann, mußten die anderen wohl oder übel nachziehen. Die Folgemodelle Z11, Z22 und Z23 fanden guten Anklang bei der gesamten optischen Industrie Mitteleuropas. Eine Zeitlang arbeiteten fast alle Firmen der Branche im deutschen Sprachraum mit unseren Geräten.

Auf dem Weltmarkt waren diese Firmen natürlich Konkurrenten und deshalb sehr darauf bedacht, ihre mathematischen Formeln geheimzuhalten. Beim Übergang von dem beschriebenen „Handrechnen“ zum Computer erwies es sich nun als vorteilhaft, statt, wie bisher üblich, mit den Funktionen arc sin , arc cos und so weiter direkt mit den Funktionen \sin , \cos und so weiter zu arbeiten. Auf diese Idee waren unabhängig voneinander nahezu alle Fachleute gekommen. Mit den daraus entwickelten Formeln wandten sie sich dann an unseren für die optische Industrie zuständigen Mathematiker, der ihnen strengstes Stillschweigen gegenüber der Konkurrenz versprechen mußte. Unser Mathematiker stellte bald fest, daß es sich, von ein paar Bezeichnungen abgesehen, im wesentlichen um dieselben Formeln handelte. Wir haben uns gleichwohl strikt an das uns auferlegte Schweigegebot gehalten.

Typisch für die damalige Zeit war, daß es die Mathematiker der optischen Firmen für völlig ausreichend ansahen, nur die zeitaufwendigen Strahldurchrechnungen automatisch durchzuführen, alle anschließenden Operationen zur optimalen Dimensionierung aber wie eh und je sich selbst vorbehielten. Selbst unsere nach heutigen Begriffen „müden“ Relaismaschinen ergaben dabei noch einen Gewinnfaktor von dreißig bis vierzig gegenüber der traditionellen Arbeitsweise. Eine Automatisierung der über die Strahlenberechnungen hinausgehenden Operationen erschien angesichts dieser Tatsache niemand erforderlich. Für die Mathematiker war der Computer noch ein „Rechenknecht“. Heute erwartet man von einschlägigen Programmen, daß sie – ausgehend von einem sehr einfachen Entwurf – die Maße der Linsen und so fort selbsttätig so lange abwandeln, bis eine optimale Lösung gefunden ist. Praktisch bedeutet das, daß niemand mehr am Punkt Null beginnen muß und auch vergleichsweise unerfahrene Unternehmen gute Arbeit leisten können. Das mag mit ein Grund dafür sein, daß die deutsche optische Industrie ihren aus einer langen Tradition herrührenden Vorsprung gegenüber der ausländischen Konkurrenz eingebüßt hat.

ACHTES KAPITEL

Die Teilhaber scheiden aus – Rechner für die Flurbereinigung – Die Elektronik setzt sich durch – Erste Gelder von der DFG – Verirrungen (und womöglich eine verpaßte Chance) – Die Feldrechenmaschine – Maßarbeit für Geodäten – Der Graphomat Z64 – Wachstum und Krise der ZUSE KG – Das Ende

Den vergleichsweise schnellen Aufbau der ZUSE KG hatten, wie gesagt, zuallererst die Aufträge der Schweizer Remington-Rand ermöglicht. Es war deshalb eine böse Überraschung, als die gute Zusammenarbeit mit den Schweizern eines Tages von den USA aus gestoppt wurde. Die ZUSE KG befand sich unversehens in einer schwierigen Lage. Meine beiden Teilhaber schieden daraufhin nacheinander aus der Firma aus. Eckhard wechselte zur Firma Siemag nach Eiserfeld, wo sich ihm ein neues großes Betätigungsfeld bot; Stucken ging nach Brasilien. Ihre Auszahlung war ein harter Eingriff in den Besitzstand der ZUSE KG; dennoch fand die Trennung fair und in gutem Einvernehmen statt. Um die Gesellschaftsform der Kommanditgesellschaft zu erhalten, trat meine Frau als Kommanditistin ein.

Noch einmal mußte ein Neuanfang gemacht werden. Zwar gab mir die neue Firmensituation größere Selbständigkeit und Freiheit; aber gerade darin lagen auch große Gefahren. Wer sollte mich in Zukunft bremsen und im Zweifelsfall „auf die Erde zurückholen“? Auch würde ich mich mehr als bisher um organisatorische und kaufmännische Belange kümmern müssen. Alles in allem schlechte Aussichten für den Wissenschaftler und Erfinder.

Ich wußte jedenfalls, was mich erwartete, und es war weniger die knochenharte Arbeit, die mich schreckte, denn daran war ich gewöhnt. Es war vielmehr der Gedanke, mich mit Gesellschafts-, Beteiligungs-, Lizenz-, Kredit-, Miet-, Bau-, Kauf-, Liefer-, Arbeits- und Pensionsverträgen, mit Lohnverhandlungen, Betriebsumstellungen, Urlaubsregelungen und so fort beschäftigen zu müssen. Außerdem würde ich den Psychologen und von Fall zu Fall das Kindermädchen für meine Mitarbeiter spielen – und in der mir verbleibenden Zeit mich meinen Hauptaufgaben widmen, also Aufträge beschaffen, Kunden besuchen und empfangen, Auftraggeber je nachdem beschwichtigen oder vertrösten und mich Monat für Monat fragen, woher im nächsten die Millionen nehmen, um den Betrieb in Gang zu halten. Damit man mich nicht mißversteht: ich war, als ich es sein mußte, trotz allem gern Unternehmer und habe, als ich es nicht oder nicht mehr zu sein brauchte, vor diesem Berufsstand immer größte Hochachtung gehabt.

Die Firma erholte sich schnell, die Auftragslage entwickelte sich fast wider Erwarten gut. Für immer mehr Aufgaben wurden Computer verlangt und eingesetzt, immer neue Anwendungsgebiete erschlossen. Die ZUSE KG machte

eine außergewöhnliche Wachstumsphase durch, die Zahl der Mitarbeiter stieg ständig. Dennoch blieb uns ein gutes Betriebsklima immer erhalten.

Eines der neuen Anwendungsbereiche für den Computer war die Flurbereinigung. Es geht dabei bekanntlich um die Frage einer gerechten und zugleich wirtschaftlichen Neuverteilung von Grund und Boden in der Landwirtschaft. Jahrhundertelang waren durch Erbteilungen die Anbauflächen immer mehr zerstückelt und in immer kleinere Parzellen aufgeteilt worden, bis schließlich die unwirtschaftlich kleinen Felder des einzelnen Landwirts weit über die jeweilige Gemarkung verstreut lagen. Um diesem Problem endlich Herr zu werden, hatte man spezielle Behörden eingerichtet, die unabhängig von den normalen Vermessungsämtern arbeiteten. Uns kam zu Hilfe, daß der Rechnereinsatz auf diesem Gebiet gut vorbereitet war. Regierungsrat Seifers von der Flurbereinigungsbehörde in München hatte für die dort anfallenden täglichen Rechenaufgaben ein Spezialgerät entwickelt. Ohne daß Seifers davon wissen können, ähnelte es im Aufbau dem von mir während des Krieges gebauten Spezialgerät für die Flügelvermessung. Ich entsinne mich noch gut an die Vorführung des Gerätes in München: Etwa ein Dutzend Formeln waren darin fest verdrahtet, wie der Fachausdruck lautete, das heißt die Befehlsfolgen für die einzelnen Programme wurden über Schrittschalter gegeben. Die Eingabewerte wurden über eine Tastatur eingestellt und die Resultate über Lampen angezeigt. Ich erkannte sofort, daß wir dieses Gerät sehr schnell würden produktionsreif machen können, wollte mir aber den Spaß nicht entgehen lassen, Seifers die kleinen Schwächen seines Gerätes vorzuführen. Hinterlistig stellte ich ihm mehrere Aufgaben, die im wesentlichen auf die Division null durch null hinausliefen. Mit so viel Bosheit hatte er nicht gerechnet. Die Maschine versagte, und ihr Erfinder gab im Geiste wohl schon auf. Es waren aber in der Tat kleine Schwächen, mit Hilfe der Schaltalgebra leicht zu beseitigen. Schon kurze Zeit später konnten wir ihm einen Vertrag anbieten. Seifers' Gerät ist erhalten geblieben und, soweit mir bekannt ist, im Deutschen Museum untergebracht. Auf seinen und meinen früheren Arbeiten aufbauend, entwickelten wir die Z11.

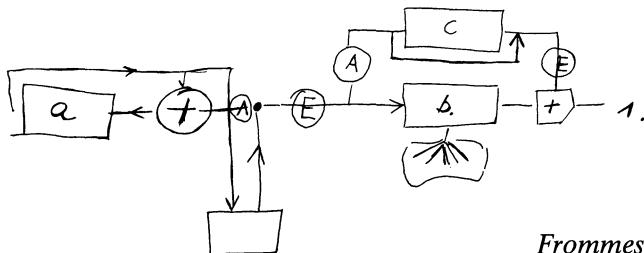
Da in der Bundesrepublik Deutschland die Flurbereinigung Angelegenheit der Länder ist, gab es für die Z11 einen regelrechten Markt. Auch in Österreich bestand Bedarf für ein solches Gerät, und wir konnten über die Z11 dort Fuß fassen. Die Z11 arbeitete noch in der guten alten Relaistechnik; deren Geschwindigkeit reichte für die Zwecke der Flurbereinigung völlig aus. Hinzu kam die schon erwähnte Verbesserung der Relaistechnik, die unsere Geräte sehr betriebssicher machte. Die Z11 gehört, wie die Z5, in die Zeit, da die elektronischen Geräte noch nicht die Produktionsreife erlangt hatten. Sie wurde später durch Lochstreifensteuerung ergänzt und hat dann noch viele Jahre nicht nur in der Flurbereinigung, sondern auch in der Landvermessung und – ich erwähnte es bereits – in der optischen Industrie gute Dienste geleistet. Der große Vorteil dieser „altmodischen“ Geräte lag außer in ihrer Betriebssicherheit in ihrer relativen Einfachheit, ihrer Robustheit und nicht zuletzt in ihrer daraus resultierenden langen Lebensdauer. Diese lange Lebensdauer hat uns in einem Fall sogar in groÙe Verlegenheit gebracht: Anlässlich der Lieferung einer elektroni-

schen Anlage an einen Wiener Kunden hatten wir einer Ingenieurschule eine Z11 als Geschenk versprochen. Wir glaubten, solche „alten Klamotten“ im darauffolgenden Jahr von anderen Kunden zurückzubekommen, dann nämlich, wenn diese im Austausch unsere neuen elektronischen Geräte erwarben. Als aber der versprochene Liefertermin näher rückte, verfügten wir über keine einzige Z11 – die Kunden hatten sie alle behalten wollen. Um nicht wortbrüchig zu werden, mußten wir mühselig Material zusammensuchen und ein Gerät nachbauen; die Serienfertigung war längst eingestellt.

Flurbereinigung, Vermessungswesen und Geodäsie blieben für uns wichtige Arbeitsfelder. Wir haben noch viele Geräte für diese und angrenzende Gebiete gebaut, oft in engem Kontakt mit unseren Kunden. Besonders anregend war die Zusammenarbeit mit Dr. Dr. Lang aus Wiesbaden, der sich mit immer neuen Ideen um die Automatisierung der Flurbereinigung verdient gemacht hat. Ich werde darüber noch ausführlicher berichten.

Im Jahr 1955 setzte sich in der Computerindustrie die Elektronik durch. Um dies auch nach außen hin – und damit „kundenwirksam“ – kenntlich zu machen, übersprangen wir bei der Zählung der Zuse-Maschinen einige Ziffern und begannen neu bei der Z20. Die Z20 und die Z21 blieben auf dem Papier; das erste elektronische Gerät, das wir bauten, war die Z22. Sie entstand nach Frommes Plänen einer „Minima“. Vorausgegangen waren Diskussionen über die Frage der kleinsten sinnvollen programmgesteuerten Rechenmaschine. Inzwischen waren die Arbeiten von Turing auch in Deutschland bekannt geworden. Logisch erfüllte seine Maschine zwar die Bedingungen der Einfachheit und Universalität; praktisch aber war sie unbrauchbar. Ebensowenig hielten wir meine Babbage-Boole-Maschine für eine zufriedenstellende Lösung. Frommes Minima dagegen war genau die brauchbare Grundform, nach der wir suchten. Sie arbeitete mit einer Speichertrommel, besaß ein Register, über das sowohl Zahlen als auch Befehle liefen, und eine gute Organisation für bedingte Befehle. Wesentlich war der sogenannte analytische Code. Die Befehle bestanden aus einer Kurzadresse für den Schnellspeicher, einer Langadresse für den Hauptspeicher, die Trommel, und einer Reihe weiterer Befehlsbits. Sie waren zum Teil unmittelbar sogenannten Toren zugeordnet, durch die die verschiedenen Verbindungen innerhalb des Rechengerätes geöffnet und geschlossen werden konnten. So war es möglich, für jeden Befehl eine neue Kombination der einzelnen Geräteteile zu schalten, was die Maschine außerordentlich flexibel machte. In ähnlicher Richtung hatte van der Poel in Holland gearbeitet.

Die Z22 war allerdings nicht mehr ganz eine Minima. Zu Frommes großem Ärger hatte Dr. Güntsche von der Technischen Universität Berlin einige Möglichkeiten eleganter Adressenumrechnungen mit in das Gerät hineingemogelt. Frommes Minima konnte das auch ohne Sondereinrichtungen, aber nicht, wie nach dem Eingriff die Z22, mit einem einzigen Befehl. Was Transportmittel anging, zog derselbe Dr. Güntsche übrigens durchaus Minimallösungen vor: er fuhr ein Fulda-Mobil und begründete das damit, daß man mit dem nach hinten spitz zulaufenden Gefährt beim Überholen schneller wieder einscheren könne. Wir waren regelrecht enttäuscht, als er eines Tages diesem seinem Wahrzeichen



Frommes Handskizze zur Minima

untreu wurde und mit einem ausgewachsenen vierrädrigen Auto bei uns vorfuhr. Fromme und Güntsche engagierten sich beide leidenschaftlich für die Computerentwicklung; sie waren sich nur über das Wie nicht immer einig. Mit Humor versuchten sie, sich zu verständigen. Ich hätte sie gern beide zu Mitarbeitern gehabt, denn auch Güntsche hätte in seiner eigenwilligen Art gut in unsere vom Pioniergeist beseelte, aufstrebende Firma gepaßt. Das Problem war wohl, daß sich von zwei so starken Persönlichkeiten keine der anderen hätte unterordnen können. Ich riet Güntsche, wenn nicht zu mir, dann wenigstens zu einer anderen deutschen Firma zu gehen. Ich träumte noch den Traum von der Zusammenarbeit in der deutschen Computerindustrie. In der Folge haben wir dann nicht gegeneinander gearbeitet, aber auch nicht miteinander. Güntsche hat sich später große Verdienste um die Entwicklung von wissenschaftlichen Großrechnern erworben. Heute ist er Ministerialdirektor im Bundesministerium für Forschung und Technologie, wo er das Gebiet Computer und Datenverarbeitung betreut, und Honorarprofessor an der Universität Karlsruhe.

Die Entwicklung der Z22 fiel noch ganz in die Frühzeit der Computerelektronik. Die beteiligten Ingenieure waren meist Fachleute der Hochfrequenz und dachten auch fast ausschließlich in Frequenzen. Wir hatten Mühe, ihnen beizubringen, daß Information das genaue Gegenteil von Frequenz ist. Heute spricht man aus eben diesem Grund auch von Impulstechnik. Einer dieser Hochfrequenzler – er hatte sein Examen mit Auszeichnung bestanden – baute einen wunderbaren Verstärker, den er, wie auf der Technischen Hochschule gelernt, auf die Frequenz der zu übertragenden Impulse abstimmte. Er war naiv genug, bei der Erprobung ein Gerät zur Erzeugung regelmäßiger Impulse zu verwenden, und war dann sehr erstaunt, als bei der Eingabe unregelmäßiger Impulse am Ausgang doch wieder regelmäßige Impulse herauskamen.

Die ersten Kunden für die Z22 waren Professor Haack in Berlin und Professor Cremer in Aachen. Ich erinnere mich noch gut, wie mir Professor Cremer beim Verkaufsgespräch in Aachen erst lange Geschichten über seinen Ärger mit dem Amtsschimmel erzählte. Was Dienstreisen anging beispielsweise. Erst unlängst wieder: Er ist in irgendeiner Stadt, es wird spät, aber er kann noch den letzten Fernzug erreichen, wenn – ja, wenn er eine Taxe zu DM 6,- nimmt. Aber nein, das ist gegen die Dienstvorschrift. Statt dessen soll er in einem teuren Hotel übernachten und am nächsten Tag zu spät zu seiner Vorlesung kommen. Das ist ihm denn doch zu dumm, und er bezahlt die Taxe aus eigener Tasche. Vielleicht

war das sogar der geheime Sinn der Dienstvorschrift. Professor Cremer kannte viele solche Geschichten und sie waren alle amüsant; aber unter einem Verkaufsgespräch hatte ich mir nun doch etwas anderes vorgestellt. Ich saß wie auf glühenden Kohlen und wagte nicht, seinen Redefluß zu unterbrechen. Als ich schon alle Hoffnung aufgegeben hatte, kam er zum Schluß: „Ja, also mit Ihrer Maschine das machen wir nun folgendermaßen, ich kann da und da die Gelder bekommen . . .“ – Innerhalb weniger Minuten war dann das eigentliche Geschäft abgeschlossen.

Damals – es war 1957 – konnten wir noch manches Gerät ohne kostspielige Vertriebsorganisation verkaufen. Ich war mein eigener Generalvertreter und oft wochenlang mehr unterwegs als zu Hause. Aus dieser Zeit stammt mein Verhältnis zum Hotelgewerbe: es entspricht dem Professor Cremers zum Amtsschimmel. Dieses Gewerbe – ich fahre fort in dem Bewußtsein, daß der Autobiograph nicht eigentlich abschweifen kann –, dieses Gewerbe scheut bekanntlich keine Mühe, uns den Aufenthalt in seinen Etablissements so angenehm wie möglich zu machen. Wir erkennen das oft schon daran, wie sich der Hoteldiener auf unser Gepäck stürzt und seine ganze Kraft und Geschicklichkeit daransetzt, uns die Aktentasche mit geheimen Unterlagen aus der Hand zu reißen. Haben wir diesen Kampf – womöglich siegreich – überstanden und wollen uns schlafenderweise davon erholen, ist die Bettdecke zu kurz. Hoteliers sind offenbar relativ kleine Menschen und/oder haben keine Kenntnis von dem Phänomen, das der übrigen Welt als Akzeleration vertraut ist. Ein Kostenfaktor können die regelmäßig fehlenden zehn bis zwanzig Zentimeter Bettdecke jedenfalls nicht sein. Wollen wir nicht schlafen, sondern lesen, gibt es, logisch gesehen, drei Möglichkeiten: die Nachttischlampe ist nicht dafür eingerichtet und/oder erfordert nachgerade akrobatische Fähigkeiten, wollen wir sie, schön müde gelesen, wieder ausknipsen. Vielleicht ist aber auch die Gattin mitgereist und möchte schlafen, während wir lesen, oder umgekehrt: in jedem Fall wird auf hundert Hotelnachttischlampen kaum eine gehen, die den Bettnachbarn nicht stört. Oder schlafen die Kollegen von der Lampenindustrie? Technisch jedenfalls sind bettnachbarfreundliche Nachttischlampen kein Problem. Dann das Badezimmer: Hat man schon ein Hotelbadezimmer gesehen, in dem man zwei Reisenecessaires und einen Rasierapparat vernünftig hätte unterbringen können? Oder in dem es genug Kleiderhaken gegeben hätte? Gar eine Aufhängevorrichtung über der Badewanne, so daß man sich, sagen wir, ein bügelfreies Hemd hätte auswaschen und über Nacht zum Trocknen aufhängen können? – Genug. Zurück zur Hochschule und zu Professor Cremer:

Bis 1957/58 hatten die deutschen Hochschulen und Universitäten nur wenig Geld, um Elektronenrechner anzuschaffen. Wir bemühten uns deshalb, die Preise niedrig zu halten, um den armen deutschen Wissenschaftlern trotzdem zu ihrem Spielzeug zu verhelfen. Diese Situation änderte sich schlagartig, als zum selben Zweck die Deutsche Forschungsgemeinschaft mit erheblichen Mitteln ausgestattet wurde. Plötzlich ging es um Millionen, und die Sache wurde auch für die Großindustrie interessant. Aufträge über je drei Großgeräte wurden an die Firmen Siemens, Telefunken und Standard Elektrik vergeben, ein Auftrag über

drei kleine Geräte an die ZUSE KG. Professor Cremer rief mich an, er würde gern weitere Geräte bei uns bestellen, sei aber kurzfristig vor die Alternative gestellt worden, zwischen „ER“ – der Elektronischen Rechenanlage 56 der Standard Elektrik – und „Sie“ – der 2002 der Siemens – zu wählen. Als ich ihm erzählte, wir hätten gerechterweise auch drei Aufträge erhalten, entgegnete er, das entspreche dem Rezept für „Nachtigallenwurst“: „Man nehme ein Pferd und eine Nachtigall . . .“ Gerade die Deutsche Forschungsgemeinschaft hat dann aber der ZUSE KG gegenüber großes Vertrauen bewiesen und uns durch großzügige Vorauszahlungen bei der Überwindung der immer vorhandenen finanziellen Schwierigkeiten unterstützt.

Die Z22 war für die ZUSE KG ein guter geschäftlicher Erfolg. Sie war vor allem wegen der großen Flexibilität in ihren Programmierungsmöglichkeiten sehr beliebt. Es war immer noch die gute alte Pionierzeit, als die Kunden noch großen Wert darauf legten, möglichst alles selbst zu programmieren; als es ein Softwareproblem noch nicht gab und eine Firma wie die ZUSE KG eine ganze Zeitlang ohne eigene Mathematiker und Programmierer auskam. Was nicht heißt, daß wir überhaupt keine Probleme hatten. Ich entsinne mich noch, wie die Österreichischen Stickstoff-Werke in Linz an der Donau eine Garantie verlangten, daß ihre chemiehaltige Luft der Anlage keinen Schaden zufügte. Was tun? Kein Mensch konnte uns sagen, welche Stoffe in welcher Konzentration in dieser Luft überhaupt herumschwirrten. Es hätte uns auch wenig genutzt, denn wer hätte voraussagen wollen, welche davon schädlich waren und welche nicht. Schließlich gab uns Dr. Adam, ein Wissenschaftler des Werkes, ein paar Hinweise über diejenigen Stoffe, die eine gewisse Konzentration nicht überschreiten durften. Seine Angaben habe ich blind unterschrieben und der Garantieverpflichtung beigefügt. Es ist alles gut gegangen.

Auch bei der Entwicklung der Z22 waren, trotz der beratenden Hilfe des erfahrenen Heinz Billing vom Max-Planck-Institut für Physik und Astrophysik, einige Schwierigkeiten aufgetaucht. Als kleine Firma hatten wir allerdings den Vorteil, daß wir meist schon die Prototypen eines Modells an Kunden liefern konnten, die darauf vertrauten, daß wir mit eventuellen Kinderkrankheiten schon fertig wurden. Große Firmen können sich so etwas kaum leisten: von ihnen verlangt man, daß sie von vornherein nur ausgereifte Produkte auf den Markt bringen. Nicht selten führte unsere Arbeitsweise zu erheblichen Auslieferungsschwierigkeiten; aber auch da half uns der gute Kontakt zu unseren Kunden. Immer noch hatten wir es überwiegend mit Leuten zu tun, die sich – wie vorzeiten Oskar Weder – ihren Vorgesetzten gegenüber für uns hatten exponieren müssen. Sie fühlten sich mitschuldig, wenn etwas schiefging, und waren sehr darauf bedacht, daß größere Pannen erst gar nicht vorkamen. Die folgende Geschichte – sie stammt von unserem damaligen Mathematiker Otto Suppes – mag einen Einblick in diese Art der Zusammenarbeit geben:

Es geht auf Mitternacht zu. Meine Frau liegt in Wehen, wir erwarten unser viertes Kind, eine Hausgeburt.

Hebamme und Arzt sind schon da. Das Telefon klingelt. „Jetzt wird der Arzt abgerufen“, denken wir.

Aber nein. Es ist Herr Mußtopf aus Hamburg, der noch ein Programm auf der Z22 bei den Hamburger Elektrizitäts Werken (HEW) austestet. Er will mich unbedingt sprechen.

„Sie müssen mir helfen. PPQQ geht nicht“, tönt es aus dem Telefon. – „Da müssen Sie im Rechenwerk, auf dem Schaltplan links unten nachsehen. Da ist das Flip Flop für PPQQ.“ Arzt und Hebamme sperren Mund und Nase auf. „Ja, so geht das manchmal, daß nachts jemand anruft, der sein Programm austestet und nicht weiterkommt.“ Die Wehen schreiten fort, und bald ist ein gesunder Junge geboren.

Kaum hat er den ersten Schrei getan, klingelt das Telefon wieder: „Ich wollte nur vermelden, PPQQ geht“, läßt Herr Mußtopf bestellen.

Ein paar Tage später kommt ein Päckchen mit einem wunderschönen Plüschtier „Ein Gruß von PPQQ!“

Der Neugeborene war für sein Leben geprägt, er studiert Mathematik und Informatik.³⁴

Geschichten aus der Pionierzeit. – Mit unseren Rechenmaschinen fanden wir damals Eingang in fast alle deutschen Hochschulen und Universitäten. Es stellte sich nur bald heraus, daß unsere verhältnismäßig kleinen Geräte in vielen Fällen und sehr zu unserem Leidwesen nur eine Art Appetitanreger waren. Immer schnellere und leistungsfähigere Geräte wurden verlangt: die Tendenz ging hin zur Großanlage. Nicht selten spielten dabei, wie heute, Dinge eine Rolle, die mit der Sache wenig zu tun hatten, etwa die unselige Prestigefrage. Von der Sache her war und ist jedenfalls die starke Tendenz zur Großanlage nicht immer gerechtfertigt. Die Frage „Eine Großanlage oder mehrere kleine?“ läßt nur in den seltensten Fällen eine eindeutige Antwort zu. Ein charakteristisches Beispiel für den Einsatz mehrerer kleiner und mittlerer Rechner war in der damaligen Zeit Berlin; allerdings befand sich dort neben den beiden Universitäten und den Max-Planck-Instituten mit ihren Rechnern auch das Hahn-Meitner-Institut mit zwei größeren Rechenanlagen. In den USA wiederum sind die Computer in der Regel so verteilt, daß jede Universität mehrere Anlagen besitzt, und zwar jeweils eine oder einige große und mehrere kleine. Es ist deshalb auch nicht richtig, wenn man sagt, die modernen großen Vielfachzugriffssysteme – die sogenannten Time-sharing-Anlagen – seien die optimale Lösung für alle Probleme, etwa die einer gesamten Hochschule.

Von der zweiten Hälfte der fünfziger Jahre an verlief die Computerentwicklung immer rasanter. Wie die Relaisgeräte durch die Röhrengeräte abgelöst wurden, als sie eben technisch ausgereift waren, so mußte nun die Röhrentechnik, kaum daß sie ihre Kinderkrankheiten überwunden hatte, der Transistortechnik weichen. Der technische Fortschritt, den die Ablösung der Röhre durch den Transistor bedeutet, ist bekannt. Unser erstes Gerät in der neuen Technik war die Z23, eine Weiterentwicklung der Z22. Hier zeigte sich zum ersten Mal das Problem der Austauschbarkeit der Programme, also dessen, was wir heute Programmkompatibilität nennen. Beide Maschinen waren logisch ähnlich aufgebaut. Es wäre also möglich gewesen, die Programme der Z22 für die Z23 weiterzuverwenden; nur hätte man dann auf wesentliche Neuerungen bei der Z23 verzichten müssen. Wie wichtig die Kompatibilität ist, wird erst heute richtig erkannt: man entwickelt nicht mehr einzelne Geräte, sondern Rechnerfamilien mit untereinander austauschbaren Baugruppen, die in ihren Programmen bis zu

einem gewissen Grad kompatibel sind. Das unter anderem erklärt den ungeheuren Aufwand, der zur Entwicklung einer Rechnerfamilie erforderlich ist.

Die Z23 schloß die Reihe der Elektronenrechner mit großer logischer Beweglichkeit ab. Versuche, dieselben Schaltungen in Megahertztechnik aufzubauen, führten zu keinem positiven Ergebnis. Eine Sonderentwicklung war die Z31; auf sie gehe ich noch ausführlicher ein. Etwa zur selben Zeit bauten wir die Kurzwortmaschine Z25, die später erhebliche Bedeutung erlangte. Im Gegensatz zu den Langwortmaschinen mit vierzig bis fünfzig Bit Wortlänge hat die Kurzwortmaschine im allgemeinen nur achtzehn bis vierundzwanzig Bit Wortlänge. Die Befehle sind notwendigerweise einfacher aufgebaut; sie enthalten nur eine Adresse und wenige Befehlsbits. Im Vergleich zu einer Maschine mit analytischem Code, die ein langes Befehlswort benötigt, sind bei der Kurzwortmaschine mehr Befehle erforderlich. Trotzdem erlaubt die außerordentlich hohe Arbeitsgeschwindigkeit der modernen Bauelemente – es sind mehrere Millionen Schaltungen pro Sekunde möglich – ein noch schnelleres Arbeiten.

Die Z31 war für die ZUSE KG eine Verirrung und, dies freilich erst im Rückblick, womöglich eine verpaßte Chance. Als wir sie zu konstruieren begannen, hatten wir ziemlich klare Vorstellungen von ihrer Aufgabe: im Gegensatz zu unseren bisherigen komplizierten wissenschaftlichen Maschinen sollte es eine kleine, hauptsächlich für kommerzielle Zwecke verwendbare Maschine sein, die wenig kostete und in großer Stückzahl gebaut werden konnte. Es zeigte sich aber, daß die ZUSE KG, sowohl was die Konstruktion, als auch was die Kalkulation betraf, zu sehr auf einen anderen Maschinentyp eingestellt war. Die Ingenieure waren gleichwohl nicht zu bremsen, die Maschine wuchs und wuchs und war am Ende ein sehr schönes und leistungsfähiges Gerät, das aber seinem Charakter nach in die gleiche Klasse gehörte wie die Z23. Und selbstverständlich konnten wir nicht für zwei ähnliche Geräte die gesamte Software erstellen. Die Z31 wurde nur in einigen Spezialfällen eingesetzt, so in der Schiffbautechnischen Versuchsanstalt in Hamburg, wo man über das Gerät des Lobes voll war. In einer kuriosen Diskussion pries unser Kunde – es war Herr Alef – die Vorteile der Maschine, während meine Mitarbeiter deren Nachteile herausstellten. Die genannten Gründe verboten uns ganz einfach, die Entwicklung des Gerätes fortzusetzen.

Wir unternahmen danach noch einige solche Versuche, kleine Maschinen für kommerzielle Zwecke zu bauen, etwa Multiplizierwerke für Buchungsmaschinen. Aber wir waren alle so eingespannt in die Entwicklung unserer wissenschaftlichen Rechner, daß kaum Zeit blieb für ein Umdenken und eine Umstellung auf einen gänzlich anderen Gerätetyp. Natürlich war ich als Unternehmer für diesen Gang der Dinge in erster Linie verantwortlich. Vielleicht war ich aber auch nicht hart genug gegenüber meinen Freunden und Mitarbeitern und ließ ihnen zu viel Freiheit. Wenn ja, hat es sich letzten Endes auch zu ihrem Nachteil ausgewirkt. Nicht immer sind ein gutes Betriebsklima und eine harmonische Zusammenarbeit schon der Schlüssel zum Erfolg.

An anderer Stelle ist dann bewiesen worden, daß gerade die kleinen Geräte eine gesunde Basis für eine Computerfirma sein können. Es steht dies sogar in

einem tragikomischen Zusammenhang mit der ZUSE KG. Die technologische Entwicklung der Z22 nämlich lag im wesentlichen in den Händen eines begabten, jedoch noch unerfahrenen jungen Physikers namens Hanewinkel. Hanewinkel hatte gute Ideen und entwarf insbesondere den Schnellspeicher einschließlich der bei der Z22 recht komplizierten Ansteuerungseinrichtungen, hauptsächlich unter Verwendung von Ferritkernen mit nur wenigen Röhren. Leider waren seine gewagten Konstruktionen der Zeit voraus; sie hätten ein sehr gleichmäßiges Material erfordert. Die Folge für die Z22 waren sehr schwierige Justierungen. Die gesamte Produktion dieses Typs war eine Zeitlang in Frage gestellt, und erst nach einigen Korrekturen konnte die später sehr hohe Betriebssicherheit der Z22 erreicht werden. Hanewinkel verließ danach von sich aus die ZUSE KG und wechselte zur Firma Nixdorf, wo er an der Entwicklung preiswerter Kleingeräte maßgeblichen Anteil hatte. Die ihm eigene Gabe, komplizierte Konstruktionen zu vereinfachen, hatte inzwischen die nötige Reife erlangt. Was Nixdorf angeht, so weiß ich heute, daß er in mancher Hinsicht das erreicht hat, was mir nicht gelungen ist, nämlich aus kleinen Anfängen eine leistungsfähige deutsche Computerfirma aufzubauen. Er hat dafür meine volle Bewunderung.

Bei den kleinen Computern war es lange Zeit wichtig, unterhalb der Softwareschwelle zu bleiben, um die Preise niedrig zu halten. Erst in den letzten zehn Jahren ist hier der entscheidende Wandel eingetreten: die modernen Techniken der Large-Scale-Integration (LSI) und der Mikro-Modul-Technik erlauben es, Computer von der Leistung der Geräte Z22, Z23 oder Z31 auf einem kleinen Chip unterzubringen. Mit dieser Steigerung der Leistung je Raumeinheit erhalten auch die Probleme der Software neue Bedeutung. Allerdings geht man auch hier andere Wege. Im Prinzip könnte man zwar das Modell Z23 heute preiswert und sehr klein herstellen; doch haben sich die Anforderungen inzwischen so verändert, daß der Versuch noch nicht unternommen wurde.

Wo wir bei der Z31 und bei Verirrungen sind, sei an dieser Stelle nachgetragen, daß die ZUSE KG des öfteren in ihrer Geschichte Seitenwege beschritten hat, die im nachhinein eher den Namen Irrwege verdienten. So hatten wir schon zu Zeiten meiner Teilhaber nicht nur Rechengeräte gebaut. Gute Freunde und solche, die es sein wollten, hatten uns immer wieder geraten, es doch einmal mit weniger aufwendigen Produkten für einen größeren Markt zu versuchen. Wir nahmen uns diesen Rat zu Herzen und entwickelten zusammen mit der Firma Siemag die Geräte Saldoquick und Multiquick, Kombinationen von Schreibmaschinen mit traditionellen Tischrechnern. Als der Absatz allerdings größerer Umfang annahm, wurde die Produktion ganz zur Siemag nach Eiserfeld verlegt, wo man über die nötige Absatzorganisation verfügte. Zur selben Zeit lernten wir Dr. Dirks kennen, der mit der Siemag über seine Patente verhandelte. Wir wurden als Sachverständige zur Beurteilung seiner Schutzrechte herangezogen und stellten fest, daß er tatsächlich über Schlüsselpatente verfügte. Dirks schloß sich dann eng an die Siemag an. Seine Patente – ich erwähnte sie bereits – erlaubten es ihm und der Siemag, finanzielle Forderungen zu stellen, die schon zu diesem Zeitpunkt die Existenz unserer kleinen Firma bedrohten. Von einem geschäftlichen Erfolg für uns konnte gar keine Rede mehr sein.

Wir gaben aber die Suche nach einem Nebenerwerb nicht auf und beschlossen, es mit der Entwicklung eines „Tastaturkerbers“ zu versuchen. Es gab damals außer den normalen Lochkarten, mit denen sich eine eigene Industrie beschäftigte, die sogenannten Randlochkarten: Karten mit schlitzartigen Auskerbungen an den Rändern, die ohne großen maschinellen Aufwand von Hand sortiert wurden, indem man Nadeln in die Auskerbungen der Kartenstapel steckte. Wegen der geringen Kosten wurden diese Randlochkarten vielfach dort verwendet, wo normale Lochkarteneinrichtungen zu teuer gewesen wären. Es lag deshalb nahe, auch diese Randlochkarten in einfachen maschinellen Einrichtungen zu verarbeiten. Zusammen mit der Firma Edler und Krische, Hannover, entwickelten wir besagten Tastaturkerber, der die primitive Lochzange ablösen sollte. Es stellte sich leider heraus, daß unsere Konstruktion nicht tauglich war. Randlochkarten sind für die maschinelle Organisation wenig geeignet. Wir mußten das Projekt nach erheblichen finanziellen Verlusten aufgeben.

Und noch einmal versuchten wir es ein wenig abseits unseres eigentlichen Arbeitsfeldes. Wir entwickelten ein Fertigungsüberwachungssystem. Das System – wir nannten es Z70 – sollte die zentrale Überwachung der Arbeitplätze in einem Fertigungsbetrieb ermöglichen. Anzeigengeräte sollten laufend Stillstandzeiten, Wartezeiten, Reparaturzeiten, produktive Zeiten und so weiter registrieren, damit von der Zentrale aus jederzeit korrigierende Maßnahmen eingeleitet werden konnten. Unser Hauptanliegen war, an diese Zentrale unmittelbar Computer anzuschließen. Genau darin aber lag das Problem: die Entwicklungskosten für die Anschlußgeräte wären so hoch gewesen, daß wir sie unmöglich hätten aufbringen können. So brachte uns auch dieses Vorhaben keinen geschäftlichen Gewinn.

Eine gute Idee war, obwohl sie nur auf dem Papier blieb, die Feldrechenmaschine³⁵. Die Anregung dazu kam von der Meteorologie. Dort sind umfangreiche Rechnungen nötig, die im wesentlichen in der numerischen Lösung partieller Differentialgleichungen bestehen. Zwischen 1950 und 1960 machte man die ersten Versuche, dafür Elektronenrechner einzusetzen. Freilich waren diese noch kaum schneller als das Wetter selbst, so daß ihre Prognosen in der Regel keine mehr waren. Als ich mich mit dem Problem zu beschäftigen begann, wollte ich zunächst auf eine meiner alten Ideen zurückgreifen: auf den Plan von der Rechenmaschine aus vielen parallelen Rechenwerken, die gitterartig angeordnet sind und miteinander in Beziehung stehen. Heute nennt man so etwas einen Zellularen Automaten. Ich habe den Plan dann aber doch nicht ernsthaft weiter verfolgt; denn wer hätte ein solches Gerät bezahlen sollen. Für eine einigermaßen gute Wetterberechnung hätte man ein Feld von mindestens dreißig mal vierzig Gitterpunkten, also etwa zwölftausend einzelne Rechenmaschinen in passender Zusammenschaltung gebraucht. Heute gibt es eine ausgesprochene Tendenz zu solchen parallelen Rechengeräten hin; man spricht von Multiprozessoren, Zellularen Automaten, Parallelrechnern und so fort. Ihnen allen gemeinsam ist, daß sie an Stelle einer einzigen leistungsfähigen zentralen Recheneinheit viele mehr oder weniger parallel arbeitende einzelne Prozessoren aufweisen. Die zukünftige Computerarchitektur wird in diese Richtung gehen. Dabei sind

zahlreiche Variationen dieses einen Prinzips möglich, die in der einschlägigen Literatur ausführlich behandelt werden. Einige Versuchsmodelle sind auch schon gebaut. Was meine damalige Situation anging, so mußte ich nach einer zugleich technisch möglichen und wirtschaftlich vertretbaren Lösung suchen. Man muß bedenken, daß Mitte der fünfziger Jahre die Speicherung eines Bits in einem Ferritkernspeicher etwa das Hundertfache der Speicherung auf einer Trommel kostete. Mein Gedanke war nun, die Werte der einzelnen Gitterpunkte in einer topologischen Anordnung auf dem Gesamtstrommelmfang zu speichern. Ein Strommelmfang hätte dann der Verarbeitungsphase eines gesamten Feldes entsprochen; die Rechenwerke hätten entsprechend ausgebildet und dem besonderen Zweck angepaßt werden müssen. Der Gedanke war 1957 logisch, doch konnte man bereits absehen, daß die Preisdifferenz zwischen Ferritkernspeichern und Trommelspeichern geringer werden würde. Außerdem wäre die auf Trommelbasis aufgebaute Feldrechenmaschine verhältnismäßig starr gewesen. Was man brauchte, war nicht die spezielle Feldrechenmaschine, sondern die universelle, schnelle, wissenschaftliche Maschine mit genügend großer Speicherkapazität. In den folgenden zehn Jahren haben sich diese Geräte dann auch durchgesetzt. Einmal mehr hatte ich die richtige Idee zur falschen Zeit gehabt.

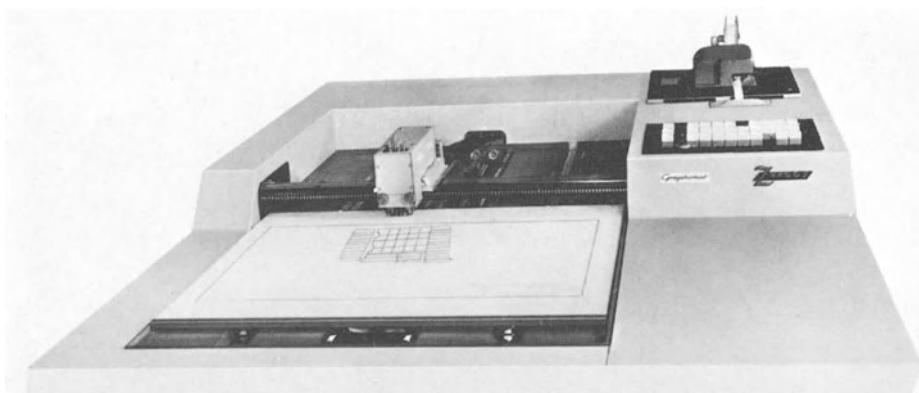
Unter einem günstigeren Stern stand unser Engagement auf dem Gebiet der Geodäsie, nicht zuletzt dank der bereits erwähnten guten Zusammenarbeit mit Dr. Dr. Lang aus Wiesbaden. Flächen waren bisher im allgemeinen mit Planimetern ermittelt worden; Lang wollte diesen Vorgang automatisieren. Am Ende einigten wir uns auf eine halbautomatische Lösung: das Planimeter wurde in seiner traditionellen Grundform beibehalten, erhielt jedoch eine automatische Ableseeinrichtung für die Position der Rolle. Damit entfiel das mühsame Ablesen der Skalen mit Noniuseinteilung. In der Praxis hat sich das Verfahren dann gut bewährt. Zwar monierte die Fachwelt, dies sei keine wirkliche Automatisierung; aber sämtliche andernorts unternommenen Versuche einer Vollautomatisierung stießen auf praktische Schwierigkeiten, da das selbständige Umfahren einer bestimmten Fläche im allgemeinen nur bei vorbereiteten Zeichnungen oder Masken einwandfrei möglich ist. Bei der Flächenberechnung bestand der wirkliche Fortschritt erst im konsequenten Übergang von der Analog- zur Digitaltechnik. Dabei werden die Koordinaten der Flächen durch Computer errechnet und abgespeichert und stehen dann für eine digitale Flächenberechnung zur Verfügung.

Später wollte Lang auch die Arbeit des Geodäten im Feld, soweit es ging, automatisieren. Von uns verlangte er dazu einen Theodoliten, bei dem die Winkel nicht mehr abgelesen, sondern sofort auf einen Lochstreifen übertragen werden sollten. Nun sind Theodoliten in etwa das Präziseste, was unsere Feinmechanik zu bauen vermag, und überdies wollte Lang diese Neuerung auch noch beim Sekundentheodoliten einführen, bei dem die Winkel, wie der Name sagt, auf Sekunden genau gemessen werden. Wir machten ihm klar, daß eine Skalenablesung für eine derartige Genauigkeit sehr aufwendig, es mithin zweifelhaft sei, ob man sie überhaupt in ein feldmäßiges, handliches Gerät würde einbauen können. Hinzu kamen ja noch die notwendigen Codierungs- und

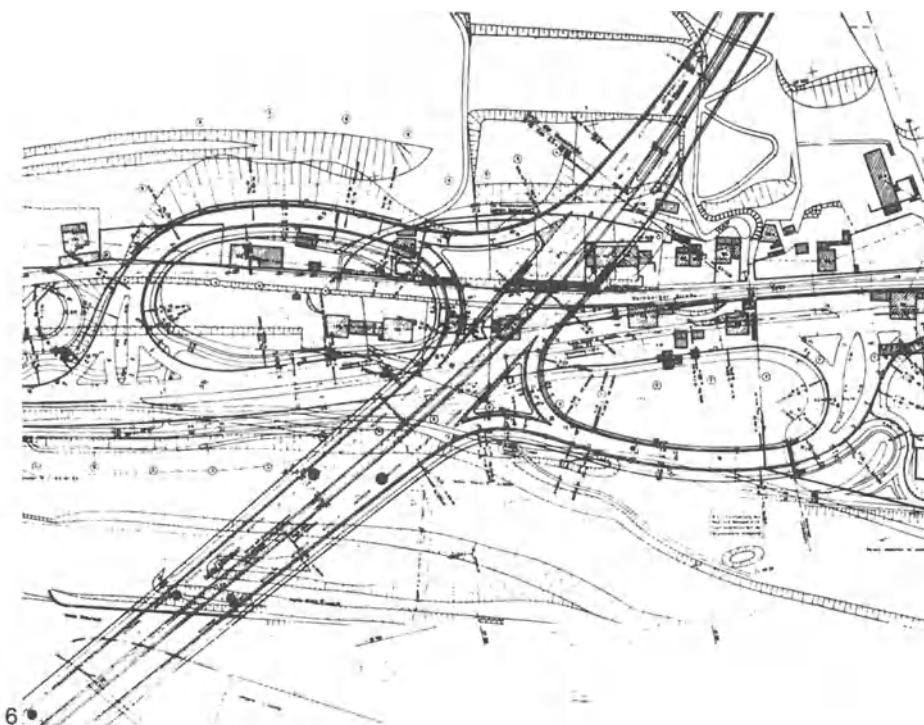
Locheinrichtungen. Wir schlugen statt dessen vor, die traditionelle, auf das menschliche Auge zugeschnittene Skaleneinteilung durch eine maschinengerechte zu ersetzen: eine codierte Schwarzweißmarkierung, die wir speziell für diesen Zweck entwickelten. Die codierte Skala mußte dann fotografiert werden, wobei gleichzeitig bestimmte Daten, die von Hand eingestellt werden konnten, mit aufgenommen wurden. So erreichten wir, daß das Gerät verhältnismäßig handlich blieb. Der Theodolit wurde von der Firma Fennel, Kassel, entwickelt und gebaut. Wir lieferten das zugehörige Umsetzgerät, mit dem die Informationen der entwickelten Filme auf Lochstreifen gegeben wurden, die dann von Rechengeräten verarbeitet werden konnten. Dieses Verfahren hat sich insgesamt gut bewährt, seine Geschichte ist aber auch ein typisches Beispiel dafür, wie eine gute Idee durch eine noch bessere abgelöst wird. Inzwischen sind die direkte Entfernungsmessung und die Winkelmessung in einem Gerät vereinigt, wobei die Registrierung unmittelbar im Feld erfolgt. Durch die direkte Entfernungsmessung entfällt die Notwendigkeit, die Winkel auf Sekunden genau zu messen, wodurch wiederum die automatisch registrierenden Theodoliten wesentlich einfacher werden. Lang hätte sich schon seinerzeit gern ein nach diesem Prinzip arbeitendes Gerät bauen lassen; wir mußten aber ablehnen, weil dazu branchenfremde Spezialkenntnisse erforderlich gewesen wären.

Ein weiteres Arbeitsfeld, das wir uns erfolgreich erschlossen, war das automatische Zeichnen. Unser erstes Gerät war die Z60, die, wie vom Kunden verlangt, nur die Positionierung übernahm. Über Lochstreifen und Getriebe wurde ein mit einer Nadel versehener Schlitten auf die richtige Position gebracht und dann ein Loch in die zu zeichnende Karte gestochen. Die Koordinaten wurden zuvor durch den Computer errechnet. Die genaue Lage der gestochenen Punkte erleichterte die Zeichenarbeit, die weiterhin von Hand durchgeführt wurde. Die Z60 wurde nur einmal gebaut und bei der Flurbereinigungsbehörde in Wiesbaden eingesetzt.

Für uns lag selbstverständlich der Gedanke nahe, die Zeichenarbeit selbst zu automatisieren. Es gab damals – im Jahr 1958 – schon einige automatische Werkzeugmaschinensteuerungen mit ähnlicher Aufgabenstellung, wobei man unterschied zwischen Positionierung, Streckensteuerung und Bahnsteuerung: bei der Positionierung wurde ein Werkzeug, etwa ein Bohrer, auf eine bestimmte Position gebracht; bei der Streckensteuerung wurde eine gleichmäßige, geradlinige Bewegung verlangt; bei der Bahnsteuerung schließlich konnten, wie dann beim automatischen Zeichnen, beliebige Kurven gefahren werden. Leider konnten wir die für die Werkzeugmaschinensteuerung entwickelten Verfahren nicht einfach übernehmen: sie waren verhältnismäßig teuer und auch nicht ohne weiteres für Zeichentische geeignet. Wir hielten es daher für richtig, nach einer eigenen Lösung zu suchen. Sie fand sich in meiner alten Idee des Binärstufenganges. Ihr lag der Gedanke zugrunde, daß über Addiergetriebe verschiedene im Binärsystem abgestimmte Geschwindigkeitsstufen überlagert werden können. Die einzelnen Stufen werden dann über Kupplungen zu- und abgeschaltet; die jeweilige Geschwindigkeit wird als Binärzahl an diesen Kupplungen eingestellt. Die Umschaltungen müssen dabei möglichst schnell erfolgen; wir erreichten etwa



Der Graphomat Z64



Von einem Graphomaten angefertigte Zeichnung

sechzehn Schaltungen pro Sekunde. Der Gedanke ist einfach, seine Ausführung stieß jedoch auf erhebliche Schwierigkeiten. Es gelang uns erst nach einigen Fehlschlägen, wirklich brauchbare Getriebe zu entwickeln. Maßgeblichen Anteil daran hatte mein Mitarbeiter Mehlitz. Als Graphomat Z64 kam das Gerät

schließlich auf den Markt. Ein anderer Mitarbeiter, Peter Huth, der als Geodät an der Entwicklung der Z64 beteiligt war, hat später über die Entwicklungsarbeit für dieses Gerät berichtet:

Bei der Entwicklung des Graphomaten galt es, die beiden Ziele Genauigkeit und Geschwindigkeit in eine vernünftige Relation zu bringen. Hierbei mußte man sich ständig mit der physikalischen Grundformel „Kraft ist gleich Masse mal Beschleunigung“ auseinandersetzen. Bei den gewünschten Zeichengeschwindigkeiten wirkten sich die schnellen Änderungen der Geschwindigkeiten z. B. beim Kurvenzeichnen als Beschleunigungskräfte aus, die eine hohe Beanspruchung des binären Getriebes und der bewegungsübertragenden Kugelumlaufspindeln und deren Lager darstellten. Um die Kräfte zu verringern, konnte man also nur, wenn man die Geschwindigkeiten beibehalten wollte, versuchen, die bewegten Massen des Getriebes zu verkleinern. Man versuchte vor allem in langen Versuchen, Metallteile durch Kunststoffteile zu ersetzen.

Bei Probeläufen passierte es dann leider immer wieder, daß Zahnräder aus Kunststoff den Belastungen nicht standhielten und „Zähne husteten“. Die Mühen wochenlangen Arbeitens waren dann vergebens, und es mußte nach neuen Lösungen gesucht werden.

Als eines späten Abends ein erneuter, von allen Beteiligten mit viel Spannung erwarteter Probelauf einer verbesserten Getriebekonstruktion stattfand und die Geschwindigkeiten vorsichtig gesteigert wurden, passierte dann wieder das Malheur: die Zahnräder frästen sich „rund“.

In die Stille der allgemeinen Enttäuschung fielen dann die warnenden Worte des Chefkonstrukteurs: „Nur nichts dem Dr. Zuse sagen! Wenn der das hört, kommt er nur wieder ‚erfinden‘, und dann werden wir nie fertig!“ Man bewahrt Stillschweigen, fand dann aber doch die geeignete konstruktive Lösung, und der Graphomat war aus seinen Kinderkrankheiten heraus. Mit solchen Zeichengeräten waren wir zuerst auf dem Markt, und man sollte meinen, daß damit die Basis für ein gutes Geschäft gegeben war. Leider kamen die Dinge nach dem Einstiegen von BBC in das Unternehmen anders. Die weitere Entwicklung wurde gestoppt, angeblich weil unsere mechanischen Geräte nicht dem Stand der Technik entsprachen. Der Grundgedanke war richtig, denn inzwischen waren an anderer Stelle die Schrittmotoren zu größerer Leistungsfähigkeit entwickelt worden, und es war vorauszusehen, daß auch auf diesem Gebiet die Tage der guten alten Mechanik gezählt waren. Man tat diesen Schritt aber übereilt. Angeblich waren bei BBC gute Bahnsteuerungen mit Schrittmotoren in der Entwicklung, die „in Kürze“ fertigungsreif wären und auch für unsere Graphomaten geeignet waren. Leider verzögerte sich aber diese Entwicklung erheblich, und schließlich stellte sich heraus, daß diese Steuerungen für den Graphomat viel zu teuer waren.

Inzwischen hatte die Konkurrenz, nicht zuletzt dank unserer Vorarbeit, nicht geschlafen. Während bei uns über ein Jahr lang nichts geschah, kamen bald eine Reihe von Konkurrenzgeräten auf den Markt. Wir haben den Anschluß verloren und schließlich wurde dieser Produktionszweig ganz aufgegeben. Trotzdem sind unsere Graphomaten noch sehr lange in Betrieb gewesen, und sie konnten sich aufgrund ihrer hohen Genauigkeit gut gegen die Konkurrenz halten.³⁶

Huth erwähnt den Einstieg der BBC und greift damit den Dingen um ein beträchtliches voraus. Zunächst konnte sich die ZUSE KG dank der geschäftlichen Erfolge mit den Geräten Z11, Z22, Z23 und mit dem Zeichentisch Z64 schnell entfalten – vielleicht zu schnell für einen wirklich gesunden Wachstumsprozeß. Die Geschäftsleitung lag in dieser Zeit in den Händen von Alarich Baeumler, Kurt Brandes und Dr. Rudolf Bodo. Wir galten in Deutschland als

Konkurrent Nummer eins der IBM. In mancher Hinsicht hatten wir es vielleicht sogar leichter als die große Konkurrenz. Unser Vorteil lag in dem schon oft zitierten engen persönlichen Kontakt zu unseren Kunden. Auch nun, da wir die Phase geordneter Produktion erreicht hatten, blieb dieser enge Kontakt erhalten.

Gleichwohl waren mit dem Aufstieg der ZUSE KG die Zeiten vorbei, da ich persönlich bei einem Hochschulprofessor hatte vorsprechen und als Vertriebs-spesen die eine oder andere Tasse Kaffee abrechnen können. Die Firma brauchte eine schlagkräftige Vertriebsorganisation. In der Folge arbeiteten wir zum Teil mit eigenen Filialen und zum Teil mit Handelsvertretern. Die besondere Schwierigkeit des Vertriebs elektronischer Rechenanlagen liegt bekanntlich darin, daß dazu erhebliche Fachkenntnisse erforderlich sind; mit kaufmännischem Geschick allein ist es da nicht getan.

Wir entschlossen uns deshalb, einen kaufmännischen und einen technischen Vertrieb einzurichten. Eine gute Lösung, wie sich zeigen sollte, wenngleich sie durchaus Konfliktstoff barg; denn natürlich wollten unsere Kaufleute vor allem verkaufen und waren wenig entzückt, wenn die Ingenieure sie mit dem Hinweis auf technische Schwierigkeiten zu bremsen versuchten. Um das freundschaftliche Verhältnis zu unseren Kunden auch unter den neuen Bedingungen aufrechtzuhalten, gründeten wir die „Zuse-Benutzer-Gemeinschaft“, die jährlich einmal zusammenkam.

Es war dies die Zeit, in der man zwischen Hardware und Software zu unterscheiden begann. Der Kostenaufwand für die Programmierung näherte sich mehr und mehr dem der Geräte. Unser Problem war es, dem Kunden klarzumachen, daß ihm neben den Kosten für die Anlage selbst noch erhebliche Kosten für die Programmierung entstehen sollten. Auch auf diesem Gebiet mußte in den USA die Vorarbeit geleistet werden. Erst als sich dort selbständige Software-Organisationen durchgesetzt hatten, begann man auch bei uns zu begreifen, daß der Hersteller eines Gerätes nicht gleichsam automatisch die Kosten für dessen Programmierung übernehmen kann. Gerade uns als im Vergleich zu den Giganten kleine Firma konnten Softwareprobleme in arge Verlegenheit bringen. Wir mußten einmal einen unserer Mathematiker über zwei Jahre an das Problem der Programmierung der Rentenberechnung setzen; trotzdem war dem Kunden nur schwer verständlich zu machen, daß er die Kosten dafür mitzutragen hatte. Wir haben mehr als einen Auftrag nur deshalb ablehnen müssen, weil uns die Software in Teufels Küche hätte bringen können. So wollte seinerzeit die Hamburger Hochbahn-Gesellschaft einen Computer für ihre Stundenplanberechnung einsetzen und verlangte, daß wir mit dem Gerät zugleich die Software liefern sollten. Nun ist bereits die Berechnung der Stundenpläne für normale Schulen ein recht schwieriges Problem, auch wenn es heute schöne Programme dafür gibt. Bei der Hamburger Hochbahn aber kam noch einiges an Schwierigkeiten hinzu, beispielsweise daß die Angestellten und Arbeiter morgens und nachts noch die Möglichkeit haben sollten, mit öffentlichen Verkehrsmitteln von ihrer Wohnung zur Arbeitsstätte und umgekehrt zu gelangen. Ich weiß nicht, wie dieses Problem heute gelöst ist – daß es gelöst ist, darf man annehmen –, glaube

aber immer noch, daß uns damals eine sichere Ahnung davor bewahrte, in böse Schwierigkeiten hineinzugeraten.

Mit großen, aber doch lösbarcn Softwareproblemen hatten wir es zu tun, als es uns gelang, im Stahlbau Fuß zu fassen. Unsere Computer wurden dort zur Steuerung von Walzwerken eingesetzt; auch dieses Gebiet war noch ausgesprochenes Neuland. Weder wir, noch die Spezialisten der Walzwerktechnik konnten klar überblicken, welche Schwierigkeiten im einzelnen auftreten würden. Die Zusammenarbeit erforderte auf beiden Seiten viel guten Willen. Bevor unsere Computer eingesetzt werden konnten, mußten oft erst die produktionstechnischen Voraussetzungen dafür geschaffen werden. Von den vielen großen und kleinen Problemen der Prozeßsteuerung sei hier nur das der Datenerfassung herausgegriffen: Die Registrierung einer Länge oder eines Abstandes hängt bekanntlich sehr von den Genauigkeitsforderungen, den äußerem Umständen und anderem mehr ab. So müssen bei einer Werkzeugmaschine immerhin Distanzen von tausendstel Millimetern gemessen und digital erfaßt werden. Ganz anders, wenngleich nicht weniger problematisch, lagen die Dinge im Bergbau, einem anderen Arbeitsgebiet, das damals für den Computereinsatz erschlossen wurde. Die genaue Verfolgung des Fortschritts der Abbaufront in einem Kohleflöz war eine noch nicht zufriedenstellend gelöste Aufgabe. Zunächst hatte man gemeint, daß das doch eigentlich sehr einfach sein müsse; denn es wird nur eine Genauigkeit von einem halben Meter verlangt, und das nur zwei- bis dreimal pro Tag. Fährt man dann aber einmal ins Bergwerk ein, so sucht man in dem Gewirr verbogener Träger, ratternder Maschinen und scheinbar wild durcheinander liegender Gesteinsbrocken vergeblich nach einem Anhaltspunkt, um eine Messung überhaupt durchführen zu können. Auch dies ein Problem, das nur in engster Zusammenarbeit mit dem Kunden zu lösen war.

Maßgeblichen Anteil an der Erschließung immer neuer Arbeitsfelder hatte Walter Hubing, der Vertreter der ZUSE KG in Bayern und bei einer Reihe von Behörden. Als Geschäftsmann mit guten Beziehungen konnte er uns viele Türen öffnen. Wie Fromme gehörte er zu den rastlosen Tatmenschen. Was das Telefonieren anging, hätte er es wohl mit einem deutschen Außenminister aufnehmen können. Ein Familienmitglied soll ihm einmal in einem Akt der Verzweiflung die Telefonschnur zerschnitten haben. Wie Fromme, trieb aber auch er Raubbau mit seinen Kräften. Er erlitt mehrere Herzanfälle, den letzten, tödlichen während einer Geschäftsreise auf dem New Yorker Flughafen.

Hubing war es auch, dem wir die wertvolle Erfahrung verdankten, daß es im Umgang mit Behördenvertretern nicht immer von Vorteil ist, auf Empfehlung „von oben“ zu kommen: Er war ein Duzfreund von Franz-Josef Strauß, dem damaligen Verteidigungsminister, und hatte diesem eines Tages nach einer Besprechung den Zettel mit seinen Gesprächsnotizen überlassen, gemeint eigentlich nur für den persönlichen Gebrauch. Strauß indessen gab denselben Zettel an seine Mitarbeiter weiter mit der Bitte, die in der Besprechung aufgeworfenen Fragen doch einmal zu untersuchen. Der Zettel wanderte von Instanz zu Instanz, bis er endlich bei den zuständigen Sachbearbeitern anlangte. Wir erhielten Nachricht, dort vorzusprechen, und glaubten unsere Angelegen-

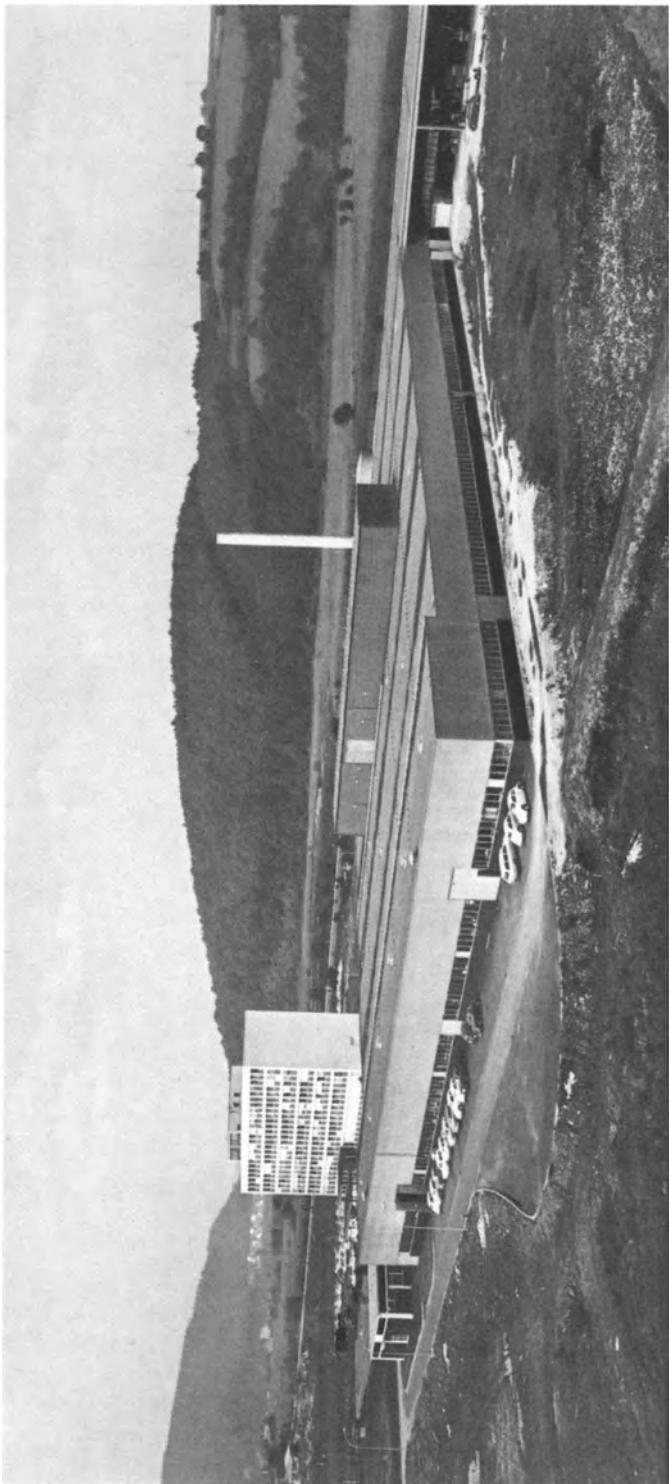
heit gut vorbereitet. Zu unserem Erstaunen wurden wir so zurückhaltend, ja geradezu frostig empfangen, wie wir es sonst bei unseren Kunden nicht gewohnt waren. Die Sachbearbeiter fühlten sich durch den Wink von oben regelrecht in ihrer Berufsehre gekränkt. Wir hatten bei ihnen den denkbar schwersten Stand und viel Mühe, das Eis zu brechen und zu einem normalen Gesprächston zu finden.

Gute geschäftliche Erfolge hatte die ZUSE KG auch im Ostblock, besonders in der Tschechoslowakei. Es kam vor, daß Kurt Brandes unsere Geräte unmittelbar vom Stand der Brünner Messe weg verkaufen konnte. Gerade mit den tschechoslowakischen Geschäftspartnern entwickelte sich darüber hinaus ein besonders gutes persönliches Verhältnis. Wir hatten viel Gelegenheit, die Gastfreundschaft der Tschechen kennenzulernen.

Anfang der sechziger Jahre führte mich eine Geschäftsreise bis nach Israel. Bruno Bittmann, selbst israelischer Staatsbürger und in meiner Firma verantwortlich für den Auslandsvertrieb, hatte mir dazu die Einladung verschafft. Er hoffte, wir könnten dort gut ins Geschäft kommen. Ich zögerte, hatte große Hemmungen nach dem, was den Juden in Deutschland geschehen war, reiste endlich doch und war überrascht von der Freundlichkeit, mit der man mich empfing. Nur Bittmanns Geschäftserwartungen erwiesen sich in diesem Fall als unrealistisch. Die israelischen Forschungsinstitute, die sich für unsere Computer hätten interessieren können, lebten weitgehend von Stiftungsgeldern aus dem Ausland, vor allem aus den USA, und verfügten kaum über eigene finanzielle Mittel. Auch ihre Geräte erhielten sie in der Regel geschenkt. So kehrte ich ohne Geschäftsabschluß, aber um wichtige persönliche Erfahrungen reicher nach Deutschland zurück.

Ich hatte schon an anderer Stelle angedeutet, es könnte das schnelle Wachstum der ZUSE KG etwas Ungesundes gehabt haben. Was hier wuchs, war ja ein kompliziertes und vor allem in seinen neueren Bestandteilen höchst anfälliges Geflecht aus vielen Abteilungen und Unterabteilungen mit je unterschiedlichen Aufgaben und entsprechend unterschiedlichen Mitarbeitern. Längst waren die räumlichen Möglichkeiten in Neukirchen erschöpft, die ZUSE KG umgezogen nach Bad Hersfeld in eine stillgelegte Textilfabrik. Auch die reichte bald nicht mehr aus; schließlich fanden wir uns auf fünfzehn Stellen in der ganzen Stadt verteilt. Ein neuer, eigener Firmenbau schien unvermeidlich. Wir begannen mit dem Vordringlichsten, dem Verwaltungsgebäude. Es war dieselbe Zeit, da immer weniger Kunden bereit waren, Vorauszahlungen zu leisten, und immer mehr unsere Geräte nur mieten wollten. Dazu stiegen unaufhaltsam die Entwicklungskosten, und endlich kam etwas hinzu, was von den Computerpionieren wohl keiner in vollem Umfang vorausgesehen hatte: das schon zitierte Softwareproblem. Es sollte bald der gesamten Computerindustrie ernsthafte Sorgen bereiten.

Dem Computerfachmann ist hier mit dem Wort Software wahrscheinlich schon genug gesagt; ich will aber für den Laien noch einen Augenblick bei dieser komplizierten und für die Geschichte der ZUSE KG so wichtigen Materie verweilen. Es ist ja nicht so, daß Software lediglich die Anwenderprogramme meinte; vielmehr zählen dazu auch und zunächst alle die Programme, die einen



Die neuen Gebäude der ZUSE KG

festen Bestandteil der Anlage bilden und die unter dem Begriff Betriebssystem zusammengefaßt werden. Die Tendenz ging und geht dahin, komplizierte Spezialschaltungen für Sonderaufgaben zu vermeiden und möglichst viele Operationen durch Programme zu steuern. Normalerweise treten diese nach außen hin gar nicht in Erscheinung. Große Anlagen haben eine umfangreiche Peripherie in Form von Ein- und Ausgabegeräten, Bandspeichern, Plattenspeichern und so weiter. Das Zusammenspiel untereinander und mit dem Benutzer wird durch solche Betriebssysteme geregelt. Hinzu kommen die Compiler, die Übersetzer von einer allgemeinen formalen Sprache, wie etwa ALGOL, in die MaschinenSprache. Auch gut durchdachte Fehlersuchprogramme werden benötigt. Bei Großanlagen ist überdies zu bedenken, daß viele Programme gleichzeitig nebeneinander laufen oder mehrere Benutzer die Maschine gleichzeitig beanspruchen. Man spricht dann von Vielfachzugriffsystemen, für die es besondere organisatorische Programme braucht, damit gegenseitige Störungen verhindert und Prioritäten gesichert werden können. Erst auf diesen Betriebssystemen bauen dann die eigentlichen Anwenderprogramme auf, und nur wenige Standardprogramme sind dabei allgemein zu verwenden. Meist müssen die Programme den besonderen Bedürfnissen des Kunden angepaßt werden, eine Arbeit, die Jahre dauern kann. Die Kosten für all das aber gehen leicht in die Millionen und können jedenfalls von einer kleinen Firma allein aus dem Verkaufserlös nicht aufgebracht werden. Das war das Hauptproblem der ZUSE KG.

Um 1960 wurden die Verhältnisse kritisch. Eine staatliche Förderung der Datenverarbeitung, die uns hätte helfen können, gab es damals in Deutschland noch nicht. Auch hatten wir nicht die Möglichkeit, die vielen Firmen in den USA hatten, nämlich aus umfangreichen Entwicklungsaufträgen des Verteidigungsministeriums zivile Produkte gleichsam abzuzweigen. Da eine eigene Kapitaldecke nicht vorhanden war, blieb nur die Kreditaufnahme. Aber auch das stieß auf erhebliche Schwierigkeiten. Die Finanzierung von Entwicklungsrisiken gehört nicht zum normalen Bankgeschäft. Selbst zur Vorfinanzierung von Mietaufträgen waren die normalen Banken nicht bereit. Ich entsinne mich noch gut an einen Besuch bei einem der örtlichen Bankdirektoren: Ich wurde sehr freundlich empfangen, und es hatte etwas Erhebendes für mich, vom Bankdirektor persönlich zur Tür gebracht zu werden. So etwas hatte ich noch nicht erlebt. Das Ergebnis meines Besuchs war freilich weniger erhebend: es wurden Sicherheiten verlangt, die wir unmöglich bieten konnten. Als wir endlich doch zwei risikofreudigere kleine Banken fanden, war uns zwar fürs erste geholfen, freilich gegen entsprechend hohe Zinsen. Heute ist mir klar, daß diese Banken ein gefährliches Geschäft betrieben. Es hätte für sie wie für uns schlecht ausgehen können.

Wir steckten tief in finanziellen Schwierigkeiten, und dennoch wuchs die ZUSE KG weiter. Die Auftragslage war gut, das Betriebsklima wie eh und je: wir arbeiteten mit Eifer und Liebe zur Sache. Zeitweise machte die Firma sogar gute Gewinne, was bis heute in der Computerindustrie durchaus nicht selbstverständlich ist. Und noch bestand – wir schrieben das Jahr 1962 – die Möglichkeit, die ZUSE KG mit gutem Profit zu verkaufen. Der Leser dieses Buches wird verstehen, warum ich mich mit diesem Gedanken nur schwer anfreunden konnte.

Ich wollte nicht verkaufen; aber immer deutlicher zeichnete sich ab, daß zur Fortsetzung vor allem der Entwicklungsarbeit – wir steckten mitten in dem Walzwerkprojekt – ein größerer Kapitaleinsatz notwendig war. Da die Banken wegen unserer schwachen Kapitalbasis keinen weiteren Kredit gewähren wollten, schien die Aufnahme eines Teilhabers der beste Ausweg. Es kam zu Vorvereinbarungen mit der Firma Rheinische Stahlwerke. Ich selbst ging dabei von der Überlegung aus, daß wir im Rahmen eines großen Konzerns, der selber nicht auf dem Gebiet der Computer tätig war, bessere Chancen haben würden, unsere sachliche Selbständigkeit zu wahren. Bei genauerem Hinsehen zeigte sich aber, daß wir in dem Stahlkonzern ein Fremdkörper gewesen wären.

Zu allem Überfluß kam es auch noch zu Schwierigkeiten bei der Auslieferung der Z25. Zwar waren und sind Verzögerungen bei der Entwicklung neuer Geräte durchaus branchenüblich; in diesem Fall aber stand eine Produktion im Wert von über zwanzig Millionen DM im Werk und konnte nicht rechtzeitig fertiggestellt werden. Zu den „normalen“ Komplikationen war etwas gekommen, woran niemand gedacht hatte: Wir verwendeten einen neuen Transistortyp, der eine neue Löttechnik für seine Anschlüsse erforderte. Der Hersteller hatte uns darauf nicht aufmerksam gemacht, und unglücklicherweise traten die völlig unverhofften Fehlerstellen erst nach einiger Zeit in Erscheinung. Nach dem Schuldigen zu suchen war müßig. Lag es an der Entwicklung? An der Fertigung? Letztendlich ist in unserem Wirtschaftssystem der Unternehmer verantwortlich. So branchenüblich die verzögerte Auslieferung einer Jahresproduktion war, sie ging nun über unsere Kräfte. Auch das gute Betriebsklima konnte da nicht mehr helfen. Diesmal blieb das Hersfelder Wunder aus. Im Gegenteil ging alles sehr menschlich und sehr logisch seinen Gang, zu unserer und zur Enttäuschung vieler unserer Freunde.

Es war nun abzusehen, daß weitere erhebliche Millionenbeträge in die Firma hineingesteckt werden mußten, so daß auch nur eine geringe Beteiligung meinerseits sinnlos wurde. Schließlich mußte ich froh sein, jemanden zu finden, der bereit war, die Schulden zu übernehmen. 1964 übernahm die Firma Brown, Boveri & Cie. AG, Mannheim, hundert Prozent Kapitalanteile; ich selber blieb Komplementär. Die Kapitalanteile wurden später von der Firma Siemens übernommen. Ich selbst schied bald aus der Firma aus, blieb aber weiter beratend tätig. Seit 1967 gehört die Firma zur Siemens AG. Was die pekuniäre Seite dieser Transaktionen angeht, kann und will ich hier nicht auf Einzelheiten eingehen. Es sei mir aber die Vermutung gestattet, daß sich die zum Teil abenteuerlichen Vorstellungen meiner Mitmenschen über den mir daraus erwachsenen Reichtum der Unkenntnis des fundamentalen Unterschieds zwischen der Bewertungssumme und dem Preis einer Sache verdanken.

Umstellungen wie die hier geschilderten gehen selbstverständlich nicht spurlos an einer Firma vorüber, zumal hier der Schluß nahelag, die bisherige Firmenleitung habe schwere Fehler begangen. Ich selbst bin in dieser Frage Partei und muß die Beurteilung anderen überlassen. Umbesetzungen in der Geschäftsleitung und mein Ausscheiden aus der Firmenleitung waren aus der Sicht der neuen Teilhaber jedenfalls eine logische Konsequenz. Unsere Nachfolger hatten keine

leichte Aufgabe. In einem Fernsehinterview überraschte mich ein Reporter gar mit der Behauptung, daß mit ihnen allererst die Periode der Irrtümer begonnen habe. Ich selber glaube gezeigt zu haben, daß der Weg der ZUSE KG von Anfang an über eine lange Reihe von Irrtümern geführt hat. Wenn weiterhin Fehler gemacht wurden, so war auch dies nur eine Fortsetzung der Firmentradition.

Die neuen Teilhaber brachten zum Teil erhebliche finanzielle Opfer. Die Konkurrenz auf dem Computermarkt wurde immer schärfer, und es hatte keinen Sinn, daß die Firma weiterhin ihr eigenes Produktionsprogramm beibehielt. Leider mußte aus diesem Grund die aussichtsreiche Entwicklung der Z26, einer schnellen und sehr beweglichen Kurzwortmaschine, aufgegeben werden. Trotz des guten Willens aller Beteiligten war es auch nicht möglich, alle Mitarbeiter bei der Firma zu halten. Vielleicht waren in Bad Hersfeld ohnedies – ich deutete es des öfteren an – die starken Individualisten überrepräsentiert. Ein guter Kern ist der Firma gleichwohl erhalten geblieben. Die ausgeschiedenen Mitarbeiter findet man heute über die gesamte Computerindustrie verstreut. Der alte Firmenname ist inzwischen gelöscht. Der Siemens AG ist es gelungen, der Firma eine gesunde Basis zu geben. Die Zahl der Beschäftigten liegt 1983 bei zwölf- bis vierzehnhundert.

NEUNTES KAPITEL

(Wieder) frei für die Wissenschaft – Ehrungen – Blick in die Zukunft

Nach über zwanzig Unternehmerjahren war ich wieder frei für die Wissenschaft. An Problemen bestand kein Mangel; die Frage war allenfalls, welchen von ihnen man sich zuwenden sollte. Ich entschied mich, meinem alten Leitspruch gemäß, für die wesentlichen.

Da war vor allem das Softwareproblem. Damit wollte ich beginnen. Man würde sehen, ob es mir gelang, nach fünfzehnjähriger Pause wieder Anschluß zu finden. Meine erste Befürchtung war natürlich, mein Plankalkül könnte längst veraltet sein. Das näherte Studium zeigte mir aber, daß die Schwierigkeiten auf dem Gebiet der algorithmischen Sprachen gerade daraus resultieren, daß man bei ihrer Entwicklung nicht radikal genug vorgegangen war. Man hatte, fixiert auf die numerischen Rechnungen, das Problem nicht an der Wurzel gepackt. Natürlich war das der Fachwelt nicht verborgen geblieben: inzwischen arbeiteten Teams mit Dutzenden und Hunderten von Mitarbeitern an einschlägigen Projekten. Mit diesen Teams, das wußte ich, würde ich kaum konkurrieren können. Ich konnte aber, frei von Termindruck und ohne den Zwang, irgendwelche vorgegebenen Ziele erreichen zu müssen, genau da anknüpfen, wo ich vor zwanzig Jahren aufgehört hatte. Noch immer war der Plankalkül der bei weitem „radikalste“ Ansatz für eine Computersprache. In der Folge konnte ich dafür immerhin so viel Interesse erregen, daß ich mit Unterstützung der Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung (GMD) und der Siemens AG einige Arbeiten auf diesem Gebiet durchführen konnte. Zu verdanken hatte ich das in erster Linie Professor Krückeberg von der GMD und Professor Gumin von der Firma Siemens. Zunächst war Versäumtes nachzuholen: die Arbeit über den Plankalkül mußte veröffentlicht werden. Ich überarbeitete das ursprüngliche Manuskript aus dem Jahr 1946, übernahm aber bewußt die zeitbedingten sachlichen Fehler. „Der Plankalkül“ erschien schließlich 1972³⁷. Die Arbeit wurde ins Englische übersetzt: „The Plankalkuel“, erschienen 1976³⁸. Danach schrieb ich zwei weitere Bücher zu diesem Thema: „Beschreibung des Plankalküls“³⁹ und „Gesichtspunkte zur Beurteilung algorithmischer Sprachen“⁴⁰.

1972 haben es F. L. Bauer und H. Wössner unternommen, dem Plankalkül seinen Platz in der Geschichte der Computersprachen zuzuweisen. Der Titel ihrer Arbeit, die in *Communications ACM* auch in englischer Fassung erschien, lautete „Zuses ‚Plankalkül‘, ein Vorläufer der Programmiersprachen – gesehen vom Jahre 1972“ („The ‚Plankalkül‘ of Konrad Zuse: A Forerunner of Today’s

Programming Languages“)⁴¹. Joachim Hohmann schrieb später eine Dissertation über den Plankalkül: „Der Plankalkül im Vergleich mit algorithmischen Sprachen“⁴². Ich hatte Gelegenheit, mit Hohmann einige lebhafte und interessante Diskussionen zu führen. Er kam zu dem Ergebnis, daß der Plankalkül, verglichen mit den eingeführten Computersprachen, dieselbe und in manchen Bereichen die größere Ausdrucksfähigkeit aufweist. Gleichwohl geschah, was den praktischen Einsatz des Plankalküls anging, nichts. Zu stark hatten die anderen Sprachen schon Fuß gefaßt. Die heute eingeführten algorithmischen Sprachen weisen zwar im Prinzip die Ausdrucksfähigkeit des Plankalküls auf, doch arbeiten sie oft mit umständlicheren Mitteln.

Die Arbeiten am Plankalkül wurden außer von der Siemens AG und der GMD auch durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft gefördert. Allerdings waren mir deren Sachverständige nicht allzusehr gewogen. Das Problem lag darin, daß es wirklich neutrale Sachverständige nicht gab: sie alle waren irgendwie an der Entwicklung, der Einführung oder dem Einsatz von Sprachen wie FORTRAN, ALGOL und COBOL und so weiter beteiligt oder beteiligt gewesen. Auch bei bestem Willen hätten sie wohl kaum den nötigen Abstand von ihrer eigenen Arbeit gewinnen können. Ganz deutlich wurde mir das bei einem zufälligen Gespräch mit dem damaligen Präsidenten der DFG Speer: erst bei ihm stieß ich auf wirkliches Verständnis. Doch am Ende fruchtete alles nichts. Auch nicht, daß sich Professor Krückeberg um einen Forschungsauftrag für die Anpassung des Plankalküls an die modernen Anforderungen bemühte. Ich selbst bedauerte dabei am meisten, daß man mir als dem anerkannten Pionier der Datenverarbeitung nicht die Möglichkeit der direkten Diskussion mit den Sachverständigen gab. Es standen dem die Bestimmungen der DFG für solche Fälle entgegen.

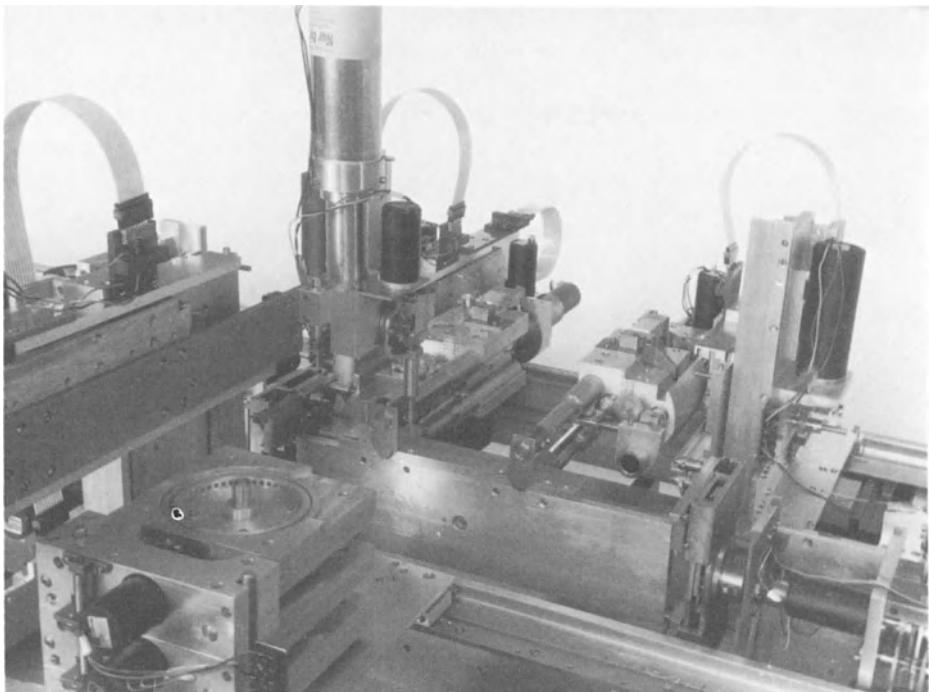
Der Plankalkül war eine Idee aus meiner Schublade, der Rechnende Raum eine andere. Inzwischen war die Automatentheorie weiter ausgebaut worden, und es war der Begriff des Zellulären Automaten entstanden. Auch die Informationstheorie hatte inzwischen erheblich an Bedeutung gewonnen. Allerdings bestand – und besteht bis heute – zwischen Theorie und Praxis eine breite Kluft. Die Informationstheorie ist nicht die Theorie der Informationsverarbeitung, und die Automatentheorie ist nicht die Theorie der Automation. Ich fühle mich berufen mitzuhelfen, diese Kluft zu überbrücken. Wir werden es uns nicht mehr lange leisten können, daß Theoretiker und Praktiker ihre eigenen Wege gehen. Solche Brücken zu bauen, hatten sich vorzeiten ja auch die Kybernetiker zum Ziel gesetzt. Heute ist es darum still geworden. In der Computerindustrie und bei den Anwendern jedenfalls hört man kaum noch das Wort Kybernetik.

Auch die Idee des Rechnenden Raumes fand bei verschiedenen Stellen Interesse. Gefördert von der GMD, konnte ich Ende der siebziger Jahre an der Technischen Universität Braunschweig Arbeiten durchführen, die geeignet sind, meine Grundidee zu demonstrieren. Zu danken habe ich dafür Professor Krückeberg und Dr. Petri von der GMD sowie Professor Vollmar von der TU Braunschweig. In der Braunschweiger Zeit konnte ich die Idee des Rechnenden Raumes weiterentwickeln und Vorträge auf verschiedenen in- und ausländischen Tagungen halten. Zwar haben meine Gedanken noch nicht Eingang in das

Denken der theoretischen Physiker gefunden; aber ich bin fest davon überzeugt, daß so oder so die Digitalisierung der theoretischen Physik sich durchsetzen wird. Daß die Digitalisierung gegenüber bisherigen, mehr auf der Analogtechnik fußenden Vorstellungen allgemein im Vormarsch ist, zeigt das Beispiel der Fernmeldetechnik. Der Computereinsatz zu deren Verbesserung – insbesondere der Verbesserung der Vermittlungstechnik – wurde mit großem Kostenaufwand bei den einschlägigen Firmen vorbereitet, wobei man das Problem der Sprachübertragung zunächst auf traditionellem Wege, also in der Analogtechnik zu lösen versuchte. Erst die vollständige Digitalisierung aber führt zu wirklich brauchbaren Konstruktionen. Das anfängliche Zögern hat hier schon zu erheblichen Verlusten geführt.

Die Zusammenarbeit mit der GMD führte zu sehr lebhaften Diskussionen mit Dr. Petri, einer eigenartigen und ausgeprägten Persönlichkeit. Er ist der Fachwelt weit über die Bundesrepublik hinaus durch seine Petri-Netze bekannt geworden. Ich erinnere mich gut an unsere erste Begegnung in der GMD. Petri erzählte mir im Beisein von Professor Krückeberg von seinem Begriff des Informationsflusses, was ich jedoch nicht richtig verstand. Dann kam er auf eine seiner Lieblingsideen zu sprechen: auf die Reversibilität der Informationsverarbeitung und die damit zusammenhängenden Fragen. Ich sagte ihm auf den Kopf zu, daß ich davon nichts hielte. Petri ließ sich durch mein negatives Urteil aber nicht abschrecken, und es kam trotz unserer zum Teil konträren Ansichten zu einer sehr angenehmen Zusammenarbeit. Dabei stellte ich fest, daß an der Idee der Petri-Netze entschieden manches richtig ist, daß sie von Petri und seinen Mitarbeitern aber zu stark theoretisch behandelt worden war. Die Sache interessierte mich immer mehr. Ich befaßte mich mit den praktischen Einsatzmöglichkeiten der Petri-Netze und schrieb zwei Bücher über dieses Thema: „Petri-Netze aus der Sicht des Ingenieurs“ und „Anwendungen von Petri-Netzen“.⁴³ Auch sie fanden durchaus Interesse; gleichwohl ist ihr Einfluß auf die Praxis gering.

Die Idee der Sich-selbst-reproduzierenden-Systeme war die dritte aus meiner randvollen Schublade. Walter Hubing lebte noch, der mir ein Gespräch mit dem damals für die Forschung zuständigen Minister Stoltenberg vermittelte, und ich konnte den Minister von der Bedeutung der Angelegenheit überzeugen. Es kam zu weiteren Gesprächen in seinem Ministerium, und ich konnte wieder feststellen, daß man leicht auf Widerstand stößt, wenn man „von oben“ kommt. Trotzdem erhielt ich den Auftrag für eine Durchführbarkeitsstudie; in meiner eigenen Werkstatt baute ich ein kleines Modell. Der Auftrag wurde durch die Fraunhofer Gesellschaft betreut. Nach der Fertigstellung des Modells liefen die Gespräche weiter, und ich baute, optimistisch wie eh und je, auf eigene Kosten ein zweites: eine Montagestraße im Rahmen Sich-selbst-reproduzierender Systeme. In der Anlage 5 des Wissenschaftlichen Anhangs, meinem Vortrag anlässlich der Verleihung der Ehrendoktorwürde durch die Technische Universität Berlin, ist dazu Näheres ausgeführt. Das Ministerium für Forschung und Technologie wünschte jedoch für die Fortsetzung der Arbeit die Beteiligung einer Industriefirma. Sie sollte durch ihr Urteil dafür geradestehen, daß die



Das Modell für eine Montagestraße im Rahmen Sich-selbst-reproduzierender-Systeme, gebaut 1966

Entwicklung am Ende praktisch verwertbar war. Schließlich zeigte die Zahnradfabrik Friedrichshafen Interesse. In meiner kindlichen Naivität glaubte ich nun, die Zahnradfabrik würde mir die Möglichkeit bieten, in meiner Werkstatt weiter an den bereits im Bau befindlichen Geräten zu arbeiten. Dem war aber nicht so. Vielmehr wollte die Zahnradfabrik mit Hilfe des Forschungsauftrages ein flexibles verkettetes Fertigungssystem im Hause entwickeln, das dann im Rahmen der eigenen Produktion eingesetzt werden konnte. Die Geschichte dieses Forschungsvorhabens wäre ein Roman für sich, und ich bin wahrscheinlich nicht der Richtige, ihn zu erzählen. Auf Seiten der Zahnradfabrik war Professor Looman der entschiedene Förderer des Projekts. Er hat sich weder durch bürokratische noch durch sachliche Schwierigkeiten davon abhalten lassen, die Sache durchzustehen. Angesiedelt wurde das Projekt im Kontext der Forschungen zur „Humanisierung der Arbeitswelt“, weil nur dafür die nötigen Gelder flossen. Es lief dann über mehrere Jahre und ist wohl bis heute noch nicht ganz abgeschlossen. Ich selbst war als Berater beteiligt und sah meine Aufgabe darin, darauf hinzuweisen, daß sich die Forschungsarbeit nicht allein an Tagesproblemen orientieren dürfe; daß vielmehr die Entwicklung der Automation insgesamt im Auge behalten werden müsse. Trotz durchaus guten Willens bei meinen Gesprächspartnern blieben meine diesbezüglichen Ideen im wesentlichen auf

dem Papier. Meine Bemühungen, etwas für die Automatisierung zu tun, bevor wieder Amerikaner oder Japaner das Rennen machten, hatten – und haben bis heute – leider wenig Erfolg. Daß meine Grundgedanken andernorts ernster genommen werden, zeigen die folgenden Zeitungsnotizen:

Roboter bauen Roboter

Eine japanische Elektronikfirma hat eine Fabrik gebaut, in der neben 150 Menschen rund 30 Roboter fast vollautomatisch damit beschäftigt sind, immer neue Roboter herzustellen – 350 pro Tag! Diese außerordentliche „Fruchtbarkeit“ wird durch Arbeitsschichten rund um die Uhr erreicht. 24 Stunden sind aber nur die Roboter tätig, nicht die Bediensteten. Sie haben ihren Achtstundentag. Fernsehaugen überwachen die „Sklaven“ und unterbrechen die Produktion automatisch, wenn Fehler auftreten. Noch gibt es keine Roboter-Gewerkschaft ...⁴⁴

Automaten statt Astronauten

Die automatische Erforschung des Planetensystems steht im Mittelpunkt der wissenschaftlichen Pläne der amerikanischen Weltraumbehörde NASA für die nächsten 25 Jahre. Vorzugsweise mit Sonden, die selbständig Entscheidungen treffen können, und mit automatischen Labors sollen Erkenntnisse über die Erde, über ferne Planeten, Planetenmonde und den interplanetaren Raum gesammelt werden. Die NASA verspricht sich von der Automatisierung der Raumforschung größere technische Möglichkeiten und geringere Kosten als bei einem bemannten Programm.

Dies sind Schlußfolgerungen aus 10wöchigen Beratungen der NASA über zukünftige Raumfahrtvorhaben, die an der Universität von Santa Clara/Kalifornien veröffentlicht wurden. Wissenschaftler von Hochschulen und Industrieunternehmen sprachen sich dabei für die Entwicklung eines Forschungsroboters für den tiefen Weltraum aus. Dieses automatische Labor, das programmiert ist, aus seinen Erfahrungen zu lernen, soll den Saturnmond Titan erforschen, der größer ist als der Planet Merkur und der als einziger bekannter Mond des Sonnensystems eine Atmosphäre besitzt. Die Sonde soll auch die Fähigkeit haben, sich auf der Titan-Oberfläche fortzubewegen. Ein solches System könnte auch zur Erforschung der äußeren Planeten oder in ferner Zukunft vielleicht einmal für einen Flug zu Planeten anderer Sonnensysteme genutzt werden.

Ein weiteres von den Wissenschaftlern erörtertes Projekt ist der Aufbau eines vollautomatischen Erdbeobachtungssystems, das mit Hilfe seiner Elektronik in der Lage ist, nur wesentliche Beobachtungen zur Erde zu melden. Dadurch würde sich der Bedarf an Übertragungs- und Datenverarbeitungskapazität bei der Erdbeobachtung erheblich verringern. Außerdem wird eine Fabrik in der Erdumlaufbahn angestrebt, in der die Bedingungen des Weltraums (Schwerelosigkeit, Vakuum) für die Verarbeitung von Rohstoffen der Erde und auch des Alls genutzt werden. Fernziel der NASA wäre eine automatische Fabrik auf dem Mond, die Mondmaterial verarbeitet und deren Steuerung so weit entwickelt ist, daß sie sogar sich selbst reproduzieren kann.

Das laufende Programm der NASA ist neben dem Erstflug des Space Shuttle vor allem von Routine-Aufgaben beherrscht. Bis Ende September 1981 sind 18 unbemannte Starts vorgesehen, von denen nur zwei wissenschaftliche Satelliten in eine Umlaufbahn tragen. Die übrigen 16 Starts dienen militärischen Zwecken, der Wetterbeobachtung oder der kommerziellen Nachrichtenübertragung.⁴⁵

Ohne Brüder im Weltall –

Spekulationen um außerirdische Intelligenzen führen zu neuen Diskussionen

Spekulationen über intelligentes Leben im Weltall stellen die Wissenschaftler spätestens seit dem ausgehenden Mittelalter an, als die Erde den Anspruch verlor, Zentrum der Schöpfung zu sein. Höhere Lebewesen gibt es höchstens in weiter Entfernung, außerhalb des Sonnensystems. Ob es überhaupt welche gibt, ist in den letzten Monaten in der amerikanischen Zeitschrift *Physics Today* Thema eines Expertenstreits.

Die Zahl der außerirdischen Zivilisationen wurde bislang meist nach einer Formel abgeschätzt, die der amerikanische Astronom *Frank Drake* 1961 bei einer Tagung im Observatorium von Green Bank/West-Virginia aufgestellt hatte. Je nach Größe der einzelnen Faktoren kommt man dabei auf bis zu Tausende von Zivilisationen in unserer Galaxie.

Eine ganz andere, pessimistischere These stellt hingegen *Frank J. Tipler*, theoretischer Physiker an der Tulane University of New Orleans auf. Er vertritt die These, daß wir zumindest in unserer Galaxis kaum mit Brüdern im All zu rechnen haben. Dabei baut er eine eigenständige Gedankenkette auf: Wenn es intelligentes Leben mit den technologischen Fähigkeiten gibt, wie wir sie in der Raketentechnik erreicht haben und in der Computertechnik in etwa hundert Jahren erreichen sollten, dann werden diese Lebewesen in der Lage sein, als kostengünstigste Mittel der Kontaktaufnahme mit anderen Lebewesen im All sogenannte von-Neumann-Maschinen zu schaffen. Die von-Neumann-Maschinen sind zur Selbst-Reproduktion fähige Universalkonstrukteure, Roboter, die mit der erforderlichen künstlichen Intelligenz ausgestattet sind, um bei Verwendung von Rohmaterialien Kopien von sich selbst herzustellen. Der Computer-Pionier *John v. Neumann* hat 1966 gezeigt, daß solche sich selbst reproduzierenden Automaten theoretisch möglich sind.

Die Argumente *Tiplers* setzen sich nun fort: Wenn diese Lebewesen an Kontakten mit anderen interessiert sind – und davon gehen ja auch die Befürworter außerirdischen Lebens meist aus – dann werden sie die Erforschung oder Kolonisation des Universums mit entsprechend programmierten von-Neumann-Maschinen vorantreiben. Innerhalb von 300 Millionen Jahren haben sie die gesamte Galaxis erforscht, selbst wenn man lediglich die heute von uns Menschen verfügbare Raketentechnik unterstellt.

Das damit erzielte Kosten-Nutzen-Verhältnis für die ursprünglichen Erbauer läge extrem günstig, da im Prinzip nur eine von-Neumann-Maschine gebaut werden muß: ein starkes Argument für diese Form der Raumforschung. Wegen des exponentiellen Vermehrungseffektes der von-Neumann-Maschinen errechnet *Tipler* trotz der langen Reisezeiten mit allgemein üblichen astrophysikalischen Annahmen die bereits erwähnten 300 Millionen Jahre für eine Durchmessung der gesamten Milchstraße.

Bisher gibt es keinen Beweis dafür, daß solche von-Neumann-Maschinen in unserem Sonnensystem anwesend sind. Eine Reihe von Quellen aus der ernsthaften UFO-Forschung bestätigen nach *Tiplers* Interpretation für alle Phänomene „natürliche“ Erklärungen, die kaum den Schluß auf die Urheberschaft außerirdischer Lebewesen zulassen. „Wir sollten somit nicht überrascht sein“, so *Tipler*, „wenn das Universum in der Tat nur eine intelligente Spezies enthält: uns“.

Während *Tipler* auf den Leserbriefseiten von *Physics Today* reichlich Schützenhilfe erhält – so wird etwa die im Vergleich zu physikalischen Prozessen äußerst geringe Wahrscheinlichkeit einer der unseren ähnlichen biologischen Evolution betont – melden sich auch die Verfechter der These fremder Intelligenz zu Wort. *Drake* stellt vor allem in Zweifel, daß eine Zivilisation zwangsläufig von-Neumann-Maschinen baut, da die Investition sehr hoch wäre und ein Nutzen erst nach Generationen zu erwarten wäre. Er unterstützt ein NASA-Programm, das mit einem Kostenaufwand von zwei Millionen

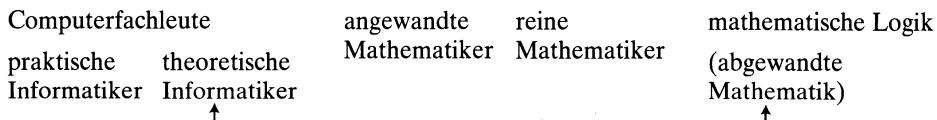
Dollar jährlich ein systematisches Abhorchen des Universums nach Radiosignalen vorsieht.⁴⁶

Der letzte Artikel zeigt, daß meine Idee der Sich-selbst-reproduzierenden-Systeme heute dem amerikanischen Mathematiker John v. Neumann zugeschrieben wird. Von Neumann hat diese Idee rein theoretisch und ohne an eine praktische Verwirklichung in dieser Form zu denken behandelt⁴⁷. Im Gegensatz dazu war und bin ich bemüht, das Problem als Ingenieur vom Fertigungsstandpunkt aus zu lösen. Die praktischen Probleme erscheinen mir als der eigentliche Engpaß, der bei der Idee überwunden werden muß. Dabei handelt es sich zunächst um ein ausgesprochenes Hardwareproblem. Von Neumann hat dagegen das Softwareproblem auf eine für die praktische Fertigung untaugliche Art und Weise gelöst. Seine Vorarbeiten haben allerdings eine gewisse Bedeutung, seit man Computer Computer entwerfen und die Fertigung wichtiger Computer-Teile steuern läßt. Dies ist ein Schritt auf dem Weg zu Sich-selbst-reproduzierenden-Systemen.

Alles in allem sind die Jahre seit meinem Ausscheiden aus der ehemaligen ZUSE KG mit viel interessanter Forschungsarbeit ausgefüllt. Ich konnte und kann dabei manch alte Verbindung pflegen und manch neue knüpfen. Nur die praktischen Auswirkungen meiner Arbeit blieben verhältnismäßig bescheiden. Ein Durchbruch wie seinerzeit beim Bau der ersten Computer ist mir nicht wieder gelungen. Mein heutiges Ansehen gründet sich in erster Linie auf die zehn bis zwanzig Jahre meiner Pioniertätigkeit seit 1934. Danach war ich noch an der Entwicklung des Graphomaten Z64 direkt und wesentlich beteiligt, während die Entwicklung der elektronischen Geräte Z22, Z23 und so fort schon in erster Linie eine Teamarbeit von Angehörigen meiner Firma war. Die Bemühungen um die praktische Einführung des Plankalküls, die Anerkennung der Ideen des Rechnenden Raumes und der Sich-selbst-reproduzierenden-Systeme haben wenig Gehör gefunden; zum Teil kann man sogar von einer geschlossenen Abwehrfront sprechen, sowohl seitens der Industrie als auch seitens der Forschung. Immerhin kam es zu interessanten Diskussionen mit Vertretern der theoretischen Informatik. So habe ich mit Professor Bauer manchen Disput geführt, weil mir seine Auffassungen, wie die der meisten Vertreter der Informatik, in mancher Hinsicht zu theoretisch erschienen. Ich stelle die Situation gern etwas scherhaft so dar:

Vor der Computerzeit gab es in erster Linie nur die „reinen“ Mathematiker; die praktische Anwendung der Mathematik war nicht immer gut angesehen. Trotzdem konnten sich die „angewandten“ Mathematiker schon hier und da durchsetzen, entstanden Institute für „praktische“ Mathematik, wie das von Professor Walther an der Technischen Hochschule Darmstadt. „Reine“ und „angewandte“ Mathematik stellten gleichsam den rechten und linken Flügel des Faches dar. Rechts von der „reinen“ Mathematik siedelten die Vertreter der mathematischen Logik, eine Klasse für sich, noch „reiner“ als die „reinen“ Mathematiker, denn sie verfolgten noch abstraktere Ziele. Man könnte sie im Gegensatz zu den „angewandten“ auch die „abgewandten“ Mathematiker nennen – so „abgewandt“, daß wir in den Mathematik-Vorlesungen an der Techni-

schen Hochschule kaum etwas von diesen Dingen erfahren haben. Eines Tages traten dann die Computerfachleute auf den Plan – der Ausdruck Informatiker wurde erst später eingeführt –. Soweit sie Mathematiker waren, siedelten sie sicher auf der Seite der „angewandten“ Mathematiker, aber wohl noch etwas links von ihnen. Ihr Ansehen unter den „reinen“ Mathematikern war entsprechend gering. Nun aber geschah das Unerhörte: Vertreter des ganz linken Flügels benutzten Theorien des ganz rechten, also der mathematischen Logik. Und sie taten das so gründlich, daß sie, was mathematische Strenge und Abstraktheit angeht, heute nahezu führend sind. Es ergibt sich also etwa folgendes Bild:



Die Informatiker haben mit den mathematischen Logikern eine Art Bündnis geschlossen, weshalb sie mitunter eine Sprache sprechen, die nur noch von ihresgleichen – und zwar von Angehörigen derselben „Richtung“ – verstanden wird. Innerhalb der Informatik muß man wiederum zwischen Theoretikern und Praktikern unterscheiden. Leider verstehen auch sie sich nicht immer. Wollte man den Faden fortspinnen, gäbe es außer den „reinen“, den „angewandten“ und den „abgewandten“ Mathematikern noch die „gewandten“ Mathematiker. Es sind diejenigen, die über die leistungsfähigsten Computer verfügen. Des weiteren wären zu nennen die „zu gewandten“ Mathematiker und – inzwischen wohl am weitesten verbreitet – die „ab und zu angewandten“ Mathematiker.

Doch wieder im Ernst. Bei der Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung hat man sich in den letzten Jahren der Mühe unterzogen, meine über die Zeit geretteten Unterlagen zu sichten, zu ordnen und zu dokumentieren. Ein Schrank voll Aktenordner ist mittlerweile beisammen. Professor Krückeberg und seinen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern sei für ihre Arbeit auch an dieser Stelle gedankt. Die Originale der Unterlagen befinden sich in meinem Hause und sollen nach meinem Tod der „Stiftung Preußischer Kulturbesitz“ übergeben werden. Die GMD verfügt über Kopien; dem Interessierten stehen sie zur Einsicht zur Verfügung.

Überhaupt hat ja das Interesse an der Geschichte der Computerentwicklung im vergangenen Jahrzehnt gewaltig zugenommen. 1976 fand in Los Alamos in New Mexico eine Konferenz zu diesem Thema statt, bei der Professor Bauer und ich selbst über die Entwicklung in Deutschland vortragen konnten. Inzwischen ist die Zeitschrift Annals of the History of Computing gegründet. In Museen und anderswo werden alte Geräte aus der Pionierzeit gezeigt. Leider ist vieles verlorengegangen, nicht nur durch Kriegs-, auch durch „Friedenseinwirkungen“. Von unseren in Berlin gebauten Geräten konnte, wie berichtet, nur die Z4 gerettet werden. Sie ist inzwischen im Deutschen Museum in München aufgestellt, wo ja in naher Zukunft eine eigene Abteilung für Computertechnik und Datenverarbeitung eingerichtet werden soll. Nicht erhalten sind leider die auf



Computerpioniere im deutschen Sprachraum. Gruppenbild anlässlich der Feier des 70. Geburtstages des Verfassers am 22. 6. 1980 im Kolpinghaus Hünfeld
Vordere Reihe von links nach rechts: Prof. Lehmann (TU Dresden), Prof. Schreyer† (Brasilien), Prof. Zuse, Prof. Billing (München), Prof. Kämmerer (Jena)

Hintere Reihe von links nach rechts: Prof. Baron v. Freytag-Löringhoff (Tübingen), Prof. Bauer (München), Prof. Zemanek (Wien), Dr. Seifers† (München), Dr. de Beauclair (Darmstadt), Prof. Piloty (Darmstadt)

Lochstreifen festgehaltenen Programme und die ausgegebenen Resultate der Z4. Sie sind in Friedenszeiten verlorengegangen, wie vieles andere aus der Pionierzeit. So ist wohl auch von Professor Billings Geräten kaum etwas geblieben. Es ist nun leider einmal so, daß das historische Bewußtsein immer ein wenig hinter der Zeit zurück ist. „Alte Klamotten“ gehen schnell den Weg alles Irdischen. Wenigstens haben wir seit kurzem einen Bericht über Billings Arbeiten⁴⁸. Die Z4 konnte, soweit vorhanden, noch verschiedentlich gezeigt werden. So 1980 bei der Feier meines siebzigsten Geburtstages in Hünfeld und 1981 auf Initiative von Professor Engeler an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich. Auf Initiative der GMD wurde 1982 in der Bundesrepublik ein Arbeitskreis für Sammlungsempfehlungen zur Geschichte der Datenverarbeitung gegründet. Professor Krückeberg leitet den Arbeitskreis. Wir kommen regelmäßig zusammen und bemühen uns, zu retten, was noch zu retten ist.

Mit dem Interesse an der Geschichte des Computers wuchs natürlich auch das Interesse an uns Computerpionieren, die wir nun einmal Teil dieser Geschichte sind. Ein solches öffentliches Interesse an Personen hat Licht- und Schattenseiten; zu ersteren gehört die Anerkennung, die man für seine Arbeit erfährt. Hat man sich jahrzehntelang von nur wenigen Freunden unterstützt für eine Idee im wahrsten Sinne des Wortes abgearbeitet, ist diese Anerkennung eine späte, aber um so größere Genugtuung. Dabei spielt es fast schon eine untergeordnete Rolle, ob man sie im Gespräch mit immer mehr Gleichgesinnten erfährt oder in feierlicher Ehrung. Mir ist beides reichlich zuteil geworden, und ich habe mich über beides gleichermaßen gefreut. Manchmal habe ich an Babbage denken müssen, dem das versagt blieb und dazu der schönste Erfinderlohn: die gelungene Verwirklichung seiner Idee.

Öffentliche Ehrungen erfolgen im allgemeinen erst, wenn eine Idee sich durchgesetzt hat. Das ist wohl kaum anders möglich; denn welches Komitee von Sachverständigen wäre kompetent genug, die Zukunftsaussichten einer neuen Idee zu beurteilen. Trotzdem meine ich, man sollte das Kriterium der Zukunftsaussichten nicht ganz außer acht lassen. Der Sinn solcher Ehrungen muß auch darin bestehen, die Öffentlichkeit auf Neues und Zukunftsträchtiges hinzuweisen. Ohnedies sind die geehrten Personen nur besonders charakteristische Repräsentanten von Ideen. Zum Gelingen ihrer Werke haben in der Regel viele beigetragen, deren Namen nicht genannt werden und die in Vergessenheit geraten. Was die mir erwiesenen Ehrungen angeht, so wollte ich sie immer auch als eine Anerkennung für meine Mitarbeiter verstanden wissen, die in diesem Buch genannten wie die ungenannten. Im Lauf der Jahre sind sie mir, wie gesagt, reichlich widerfahren:

Die allererste war die Verleihung der Würde eines Dr. Ing. E. h. durch die Technische Universität Berlin. Ich empfand sie als besonders wertvoll, da Berlin meine Heimatstadt ist und die Stadt, in der ich studiert und meine wichtigsten Pionierarbeiten durchgeführt habe. Auch heute noch fühle ich mich dort eigentlich zu Hause. Ich gehöre zu denen, die „noch einen Koffer in Berlin“ haben.

Viele Jahre später wurde mir der Dr. rer. nat. h.c. seitens der Universitäten Hamburg und Dresden verliehen. Mit beiden Hochschulen verbanden und verbinden mich alte persönliche Beziehungen: in Hamburg zu Professor Flessner und seinen Kollegen, die auf dem Gebiet des Einsatzes von Computern im Bauwesen Pionierarbeit geleistet haben, was mir als gelernter Bauingenieur eine besondere Befriedigung war; in Dresden zu Professor Lehmann und seinen Mitarbeitern. Lehmann gehört, wie schon erwähnt, im anderen Deutschland zu den Pionieren auf dem Gebiet der Computerentwicklung. Wir trafen uns immer wieder, auf beiden Seiten der deutschen Grenze. Besonders die Besuche in Dresden waren mir lieb und wert; ich nahm von dort auch als Künstler viele Anregungen mit.

Als die vielleicht größte Auszeichnung empfand ich die Verleihung des Werner-von-Siemens-Ringes. Es ist leider wenig bekannt, daß er durch eine besondere Stiftung vergeben wird, die juristisch völlig unabhängig von der Firma

Siemens ist und in der die wichtigsten Repräsentanten der deutschen Wissenschaft und Forschung vertreten sind. Eine Besonderheit dieser Ehrung besteht darin, daß die Ringträger selbst in den Kreis des Stiftungsrates aufgenommen werden. Die Schirmherrschaft hat der Bundespräsident. Ich selbst konnte meinen Ring zusammen mit Professor Fritz Leonhardt, dem Architekten und weltbekannten Bauingenieur, und Dr. Schottki aus der Hand des damaligen Bundespräsidenten Heinrich Lübke in Empfang nehmen. Des weiteren erhielt ich die Dieselmedaille in Gold, das Große Verdienstkreuz des Verdienstordens der Bundesrepublik Deutschland, den Aachener und Münchener Preis, die Ehrenmedaille der Stadt Bad Hersfeld, den Bayerischen Maximiliansorden und den Goldenen Ehrenring des Deutschen Museums.

Eine besondere Genugtuung waren natürlich die Ehrungen, die ich im Ausland erfuhr. Die Verleihung des Harry Goode Memorial Award am 1. Dezember 1965 in Las Vegas zeigte, daß man nun auch in den USA die deutschen Leistungen auf dem Gebiet der Computerentwicklung anerkennen wollte. Darüber hinaus war sie verbunden mit einer lang ersehnten Reise in den Westen der USA. Las Vegas fand ich besser als seinen Ruf: mitten in der Wüste eine Stadt, die der Erholung und dem Vergnügen dient. Will man als Europäer dort seiner Gesundheit leben, muß man wegen des neunstündigen Zeitunterschieds gegenüber Europa tagsüber schlafen und nachts wachen. Bei den zahlreichen Parties anlässlich der Fall Joint Computer Conference wirkte sich das sehr positiv für mich aus. Nachts um dreiundzwanzig Uhr wachte ich auf und ging in morgendlicher Frische zu den Parties, wo ich die Einheimischen meist schon sehr angeschlagen vorfand. Das Nachtleben in Las Vegas ist verhältnismäßig solide, jedenfalls im Vergleich zu dem europäischer Großstädte. Geneppt wurde man dort kaum. Mit einem Glas Rotwein – eisgekühlt allerdings – konnte man eine ganze Show betrachten. Die Preise waren mäßig; man verdient dort das Geld an den Spieltischen, die dafür beinah endlose Räume ausfüllen. Ich hörte ausgezeichnete Musikkapellen, die klassische Musik spielten. Und selbst um meine Moral war man besorgt: die Schreibdame, die meinen englischen Vortrag tippen sollte, legte großen Wert darauf, daß zwischen Tür und Angel des Hotelzimmers ein Aschenbecher stand – nicht weil sie Angst hatte, ich könnte ihr etwas zuleide tun, sondern weil das dort Sitte ist. Auch ein Jugendtraum ging auf dieser Reise in Erfüllung: ich konnte einen Ausflug zum Grand Canyon machen. Es war ein großes und einmaliges Erlebnis. Der Abstieg in die bis zu zweitausend Meter tiefe Schlucht war im Dezember leider nicht mehr möglich.

Später erhielt ich in Wien die Wilhelm-Exner-Medaille; von der Universität in Lüttich erhielt ich die Medaille GUSTAVE TRANSENSTER; und in Chicago wurde mir seitens der IEEE Computer Society für Verdienste auf dem Gebiet der Prozeßsteuerung der Computer Pioneer Award verliehen.

Eine große Freude war es mir, als ich im Jahr 1966 von der Wirtschafts- und Sozialwissenschaftlichen Fakultät der Universität in Göttingen eine Berufung als Honorarprofessor erhielt. Der Titel meiner Vorlesung lautete „Einführung in die Entwicklungstendenzen informationsverarbeitender Systeme“. Ihr Ziel war es, möglichst viele interessierte Studenten, gleich welcher Fakultät, mit den wichtig-

sten Gedanken auf diesem für unsere Zukunft so wichtigen Gebiet vertraut zu machen. Allerdings mußte ich feststellen, daß das Interesse an der Vorlesung bald nachließ. Die heutigen Studenten sind durch ihre Pflichtvorlesungen so stark belastet, daß ihnen wenig Zeit und Energie für außerplanmäßige Vorlesungen bleibt.

In Halle wurde ich zum Mitglied der Deutschen Akademie der Naturforscher LEOPOLDINA ernannt. Es handelt sich dabei um eine der wenigen Institutionen, die zumindest dem Prinzip nach noch auf gesamtdeutscher Basis arbeiten. Bei den im Abstand von etwa zwei Jahren stattfindenden Versammlungen kommen dort zahlreiche Wissenschaftler auch aus der Bundesrepublik zusammen. Man hat Gelegenheit, mit den Wissenschaftlern der DDR ausführliche Gespräche zu führen und private Freundschaften zu pflegen.

Von der National Academy of Engineering (NAE) in Washington wurde ich zum Foreign Associate gewählt. Leider ist hier die Entfernung zu groß für einen intensiven Kontakt.

Nicht vergessen sei eine Reihe wissenschaftsfernerer, sozusagen „weltlicher“ Auszeichnungen wie die Ehrenbürgerschaft der Stadt Hünfeld, die Gedenktafel in der Technischen Universität Berlin und das Bronzeportrait in den Räumen der GMD. Eine große Ehre ist es mir auch, die Hünfelder Kreisberufs- und Fachschule des Landkreises Fulda mit Außenstelle in Hilders sowie eine Straße in Bad Hersfeld nach mir benannt zu wissen. Und besonders gern erinnere ich mich an einen Besuch in Mährisch-Ostrau in der Tschechoslowakei, wo mir nach einem denkwürdigen Abendessen Generaldirektor Miska eine große handgeschnitzte Tabakspfeife überreichte, die nur in wenigen Exemplaren existiert und die vor mir Chruschtschow, Novotny und Fidel Castro erhalten hatten. Sie hat einen Ehrenplatz in meiner Wohnung.

Eine besondere Bewandtnis hat es mit der Stiftung der Konrad-Zuse-Medaille durch den Zentralverband des Deutschen Baugewerbes (ZDB) in Zusammenarbeit mit der Gesellschaft für Informatik (GI). Sie soll in Zukunft im Abstand von zwei Jahren vorwiegend an solche Personen verliehen werden, die sich besondere Verdienste auf dem Gebiet des Computereinsatzes im Bauwesen erworben haben. Eine besondere Bewandtnis hat es damit deshalb, weil man mich bei der ersten Verleihung dieser Medaille überrumpelt hat: bei den Vorbesprechungen hatte ich nicht im entferntesten daran gedacht, ich könnte selbst der erste Empfänger werden. Herr Pauli vom ZDB klärte mich aber dahingehend auf, daß der noch lebende Namensgeber eines Preises dessen erster Empfänger sogar sein müsse. Er verwies auf Max Planck, und dem hatte ich nichts entgegenzuhalten. So überreichte man mir in München die sehr schöne erste Medaille, obgleich ich dabei ein etwas schlechtes Gewissen hatte. Inzwischen wurde der Preis ein zweites Mal verliehen, und zwar an Herrn Prof. Dr. h.c. Dipl.-Ing. Fridolin Hallauer, Ministerialdirigent im Ministerium für Landes- und Stadtentwicklung des Landes Nordrhein-Westfalen.

Es liegt – ich sagte es bereits – in der Natur solcher Ehrungen, daß sie den Leistungen der Vergangenheit gelten. Ich selber würde es als die größte Ehrung ansehen, wenn man auch meinen heutigen Ideen Aufmerksamkeit schenkte und

man mir bei ihrer Realisierung hülfe. Ich habe das Glück, daß es mir gesundheitlich und materiell noch möglich ist, an den wichtigsten Entwicklungen unserer Zeit Anteil zu nehmen, wenn ich auch nicht mehr in vorderster Front dabeisein kann. Es liegt mir fern, meine Ideen irgend jemandem aufzudrängen. Manchmal spiele ich sogar mit dem Gedanken, mich von all diesen Dingen abzuwenden und statt dessen zum Beispiel zu malen – aber ganz soweit ist es noch nicht. Noch verspüre ich die Lust, mich einzumischen. Und so will ich auch dieses Buch beschließen nicht mit einem Resümee, sondern mit einem Blick in die Zukunft.

Wenn man so will, kann man in der Computerentwicklung einen Durchbruch von der Verstärkung des menschlichen Muskels zur Verstärkung des menschlichen Gehirns sehen. Bis zum Auftauchen des Computers stand es kaum in Frage, daß alle Erfindungen und Forschungsergebnisse direkt oder indirekt der Verstärkung des Muskels dienten. Das gilt auch noch für die Raumfahrt und die Kernphysik. Aber welche Rolle spielt heute der Computer in der Raketentechnik! Längst stehen nicht mehr nur die ballistischen Rechnungen im Vordergrund: der Computer ist mit der gesamten Entwicklung, Konstruktion, Planung, Steuerung und Navigation aufs engste verflochten. Es lohnte die Mühe, eine Arbeit über die verschiedenen Anwendungen des Computers beim Apollo-Projekt zu schreiben. Ohne elektronische Rechenanlagen wären derartige Vorhaben gar nicht durchführbar.

Weniger offensichtlich ist die Bedeutung des Computers für die Kernforschung. Während des Zweiten Weltkrieges, als die Atombombe mit großem technischen Aufwand entwickelt und gebaut wurde, gab es noch kaum betriebsfähige Rechenanlagen. Heute ist es eine Selbstverständlichkeit, daß die Kernphysiker mit Großanlagen arbeiten. Ihr großes, noch ungelöstes Problem ist die Kernfusion. Wir wissen, daß dieses Ziel, trotz ungeheurer Anstrengungen in Vergangenheit und Gegenwart, in absehbarer Zeit nicht zu erreichen ist. Dennoch gehört die Kernfusion zu den großen technischen Aufgaben, auf deren Lösung wir hoffen müssen, wenn wir für den Energiebedarf der Zukunft gerüstet sein wollen. Ich bin zwar kein Physiker, glaube aber doch sagen zu können, daß der Computer auch in der Physik eine entscheidende Schlüsselstellung einnehmen kann. Seine Möglichkeiten sind hier meines Erachtens noch lange nicht erschöpft. Allerdings müssen wir den Mut aufbringen, ihn nicht als untergeordnetes Werkzeug zu betrachten, sondern als einen Schlüssel zur Überwindung von Schwierigkeiten. Dazu müssen neben die gigantischen Versuchsanlagen der Kernphysik entsprechende Informationsverarbeitungsanlagen treten. Noch sind die Investitionen selbst für größte Computeranlagen bescheiden, vergleicht man sie mit denen für die großen Teilchenbeschleuniger und ähnliche Apparate.

Bisher wurden Computer in der Physik im wesentlichen für umfangreiche numerische Rechnungen eingesetzt. Die Ansätze der Quantentheorie führen ja meist zu partiellen Differentialgleichungen in vieldimensionalen Räumen, die so kompliziert sind, daß nur Teilprobleme nach starken Vereinfachungen rechnerisch gelöst werden können. Selbst wenn man zunächst nur diese traditionellen Aufgaben ins Auge faßt, ergeben sich wichtige Perspektiven für zukünftige Computerarchitekturen und deren Einsatzmöglichkeiten. Es geht dabei zum

einen um die vorbereitenden Arbeiten zur Ermittlung der richtigen Ansätze für die numerischen Lösungen, zum anderen um Feldrechenmaschinen für die numerische Lösung partieller Differentialgleichungen. Ich möchte zuerst auf die erste Aufgabe eingehen. Es handelt sich dabei im wesentlichen um symbolische Rechnungen. Sie fallen nach heutigen Begriffen unter die „artificial intelligence“.

Die Literatur zur „artificial intelligence“ ist bereits sehr umfangreich; die Ergebnisse sind aber noch etwas umstritten, wenngleich in letzter Zeit wohl einige Erfolge erzielt worden sind. Bekanntlich sind heute die mathematischen Formalismen immer schwerer zu beherrschen. Es besteht nicht nur eine Kluft zwischen Physikern und Mathematikern; vielmehr gibt es innerhalb der theoretischen Physik selbst einer prominenten Schätzung zufolge etwa fünfunddreißig verschiedene Richtungen, die sich gegenseitig nicht mehr verstehen⁴⁹. Oft verwenden sie ihre eigenen Sprachen mit eigenen Formelzeichen und Abkürzungen, deren Handhabung nur wenigen Eingeweihten geläufig ist. Hinter dem physikalischen verbirgt sich also ein Sprachproblem. Formale Sprachen lassen sich als Zeichenfolgen darstellen und somit durch symbolische Rechnungen behandeln. Um zu einem nüchternen Urteil zu kommen, muß man das Verhältnis von Qualität und Quantität analysieren: Der Computer ist heute dem Menschen hinsichtlich der Arbeitsgeschwindigkeit erheblich überlegen. So kann etwa eine elektronische Rechenanlage numerische Rechnungen mindestens eine Million mal schneller als der Mensch ausführen. Anders bei logischen Schlüssen, besonders bei schwierigen Kombinationen, wie sie dem schöpferischen Denken zugrunde liegen. Hier ist der Mensch der Maschine quantitativ überlegen. Mit seinen zehn Milliarden Ganglienzellen, die dazu nach dem Prinzip des assoziativen Speichers arbeiten, kann der Mensch gleichzeitig ein außerordentlich großes Erfahrungsmaterial, das in seinem Gehirn geordnet gespeichert ist, überblicken und verarbeiten. Dazu kommt seine Fähigkeit, in Bildern zu denken. Hier ist die Maschine noch stark unterlegen. Die qualitative Überlegenheit des Menschen kann also weitgehend auf eine quantitative zurückgeführt werden. Darin liegt Gefahr und Hoffnung zugleich; denn Quantität ist im Grunde eine technische Angelegenheit. Mit Hilfe der integrierten Schaltkreistechnik ist es heute schon möglich, auf dem Raum von weniger als einem Quadratzentimeter komplettete Teilschaltungen unterzubringen. – Diese Tendenz zur Verkleinerung ist, nebenbei, typisch dafür, daß am Anfang einer Entwicklung keineswegs alle weiteren Konsequenzen vorausgesehen werden können. Wir Pioniere der Datenverarbeitung konnten solche Möglichkeiten allenfalls ahnen, aber nicht vorhersagen. Die Entwicklung war hier selbst für uns eine Überraschung. – Es sind also heute ganz andere technische Voraussetzungen für die Lösung mathematisch-logischer Rechnungen gegeben als noch vor ein oder zwei Jahrzehnten. Manches, was bisher als Utopie erschien, kann in Zukunft vielleicht verwirklicht werden. Daraus ergeben sich neue Gesichtspunkte nicht nur für die theoretische Physik. Die modernen integrierten Schaltkreise erlauben auch für die numerischen Aufgaben neue Architekturen, die hier und da sogar schon verwirklicht sind. Es handelt sich dabei um Rechenanlagen, die aus einer Vielzahl zum Teil parallel

arbeitender Einheiten bestehen. Man spricht von Parallelrechnern, Multiprozessoren, Feldrechnern, Zellulären Automaten, Array-Prozessoren und so weiter.

Solche Rechner haben zweifellos große Möglichkeiten, auch wenn ihre technische Verwirklichung zum Teil noch auf erhebliche Schwierigkeiten stößt. Man spricht von ihnen gern als von der fünften Computergeneration. Ich selber halte diese Redeweise für wenig glücklich. Denn welches wären dann die anderen vier? Eine gute Einteilung ergäbe für die ersten drei Generationen vielleicht die Unterscheidung zwischen Röhrentechnik, Transistortechnik und integrierter Schaltkreistechnik. Das wäre jedoch nur die technologische Seite. Zur dritten Generation wären auch eine umfangreiche Peripherie, ein gut ausgebautes Betriebssystem, Vielfachzugriffsmöglichkeiten und dergleichen mehr zu zählen. Und nach dieser Einteilung zählten die Pioniergeräte aus der Zeit von 1940 bis 1950 überhaupt nicht mit. Soll man sie zur Generation null zählen? Babbage gar zur Generation minus eins? Und was ist mit der vierten Generation? Auch hier hat sich ja eine klare Definition nicht durchsetzen können. Man hat allerdings spotten hören, die vierte Generation habe das erfüllt, was die Propagandisten für die dritte Generation versprochen hätten. Kurzum, eine „Computergeneration“ ist in erster Linie ein Modeschlagwort.

Was heute am meisten not tut, ist eine zügige Weiterentwicklung aller logischen und technischen Möglichkeiten. Beides greift ineinander. Die integrierte Schaltkreistechnik kann uns assoziative Speicher hoher Kapazität bescheren. Damit werden Dinge, die bisher nur in Laboratorien eine bescheidene Rolle spielten, praktisch einsetzbar. Man ist heute soweit, daß man komplettete technische Entwürfe im Maschinenbau und in der Architektur mit Computerhilfe herstellen kann. Man spricht von Computer Aided Design (CAD). Der Aufwand dafür ist noch verhältnismäßig hoch; man muß aber bedenken, daß die Geschwindigkeit, mit der eine neue Konstruktion durchgeführt werden kann, einen Schlüssel zur Macht darstellt – was sich besonders kraß beim Wettrüsten auswirkt. Und selbst wenn all diese technischen Einrichtungen sehr teuer sind: Warum soll nicht zum Beispiel der theoretische Physiker der Zukunft einen ähnlichen Aufwand treiben dürfen wie sein Kollege von der Experimentalphysik?

Die interessanteste Frage in diesem Zusammenhang ist – ich deutete es des öfteren an – die, ob die Rechengeräte und die ihnen zugrunde liegenden Theorien nur ein Werkzeug darstellen oder ob sie die physikalischen Theorien selbst befürchten können. In dem Konzept vom Rechnenden Raum hatte ich versucht, eine Möglichkeit der Anwendung der Automatentheorie auf Fragen der theoretischen Physik aufzuzeigen. Es war dies selbstverständlich nur ein Anfang; auch sind diese Dinge noch viel zu sehr im Fluß, als daß ein abschließendes Urteil möglich wäre. Inzwischen konnte ich mich mit dem Thema aber noch eingehender befassen, und wo ich Gelegenheit hatte, meine Ideen vorzutragen, stieß ich, auch und gerade bei einem internationalen Publikum, durchaus auf Interesse. In letzter Konsequenz läuft das Konzept vom Rechnenden Raum auf eine volle Digitalisierung der Physik hinaus. Diese wiederum erfordert ein Umdenken, zu dem die Physiker noch nicht bereit sind. Man ist sich zwar darüber im klaren, daß

die bisherigen Konzepte an die Grenzen ihrer Möglichkeiten gekommen sind; aber man wagt nicht eine grundsätzlich neue Weichenstellung. Zwar sind mit der Quantisierung die vorbereitenden Schritte für eine Digitalisierung der Physik bereits getan; aber nur wenige Physiker vermögen schon in den neuen Kategorien der Informatik zu denken. Zu diesen wenigen gehören der Nobelpreisträger Richard P. Feynman und einige andere. Sehr deutlich zeigte sich das auf der Conference on Physics of Computation vom 6. bis 8. Mai 1981 am berühmten Massachusetts Institute of Technology. Typisch an dieser Konferenz war, daß man zwar die Beziehungen zwischen Physik und Informatik beziehungsweise Computer-Hardware genau untersuchte, daß aber immer noch die Fragen der physikalischen Möglichkeiten und Grenzen der Computer-Hardware die Hauptrolle spielten. Die weitergehende Frage, inwieweit die physikalischen Vorgänge selbst als rechnerische Prozesse erklärt werden können, wurde auch auf dieser sonst sehr fortschrittlichen Tagung nur am Rande behandelt. Feynman und einige andere immerhin zeigten in ihren Ausführungen, daß ihnen die modernen Begriffe der Informatik durchaus geläufig sind. Feynman brachte aber auch sehr wichtige Gegenargumente vor, so das Einstein-Podolsky-Rosen-Paradox. Darauf einzugehen, würde den Rahmen dieses Buches sprengen. Tatsächlich gibt es Erscheinungen, die die Physiker von heute vor erst noch zu lösende Rätsel stellen. Wir sind noch weit davon entfernt, die Natur wirklich zu durchschauen, und es liegt noch viel Forschungsarbeit vor uns. Auch die Idee des Rechnenden Raumes ist bislang nur eine Hypothese; beweisen läßt sich noch nichts. Ich selbst bin gleichwohl zuversichtlich, daß diese Idee mithelfen kann, die Geheimnisse der Natur zu entschlüsseln. Vielleicht darf ich in diesem Zusammenhang einen kleinen Abschnitt aus Martin Gardners Buch „Das gespiegelte Universum“ zitieren. Gardner erzählt dort von einer Diskussion zwischen Bohr und Pauli:

Da ergriff Bohr das Wort und sagte zu Pauli: „Wir sind uns alle darin einig, daß Ihre Theorie verrückt ist. Die Frage, die uns trennt, ist die, ob sie verrückt genug ist, um eine Chance zu haben, korrekt zu sein. Ich persönlich habe das Gefühl, sie ist nicht verrückt genug.“

Dyson bemerkte dazu in seinem Artikel („Innovation in Physics“, Scientific American, September 1958):

„Der Einwand, sie seien nicht verrückt genug, gilt für alle Versuche, die bisher auf eine radikale neue Theorie der Elementarteilchen abzielen. Es gilt besonders für die Beiträge harmloser Irrer. Die meisten derartigen Artikel, die an The Physical Review gehen, werden abgelehnt; und zwar nicht deshalb, weil es unmöglich wäre, sie zu verstehen, sondern gerade deshalb, weil es möglich ist. Gewöhnlich werden diejenigen Zuschriften veröffentlicht, die man nicht verstehen kann. Wenn einmal die große Neuerung autaucht, wird es höchstwahrscheinlich in einer unvollständigen, wirren und verwirrenden Form sein. Der Entdecker selbst wird sie nur halb verstanden haben; für jeden anderen wird sie ein Mysterium sein. Es besteht keine Hoffnung auf Spekulationen, die nicht auf den ersten Blick verrückt erscheinen.⁵⁰

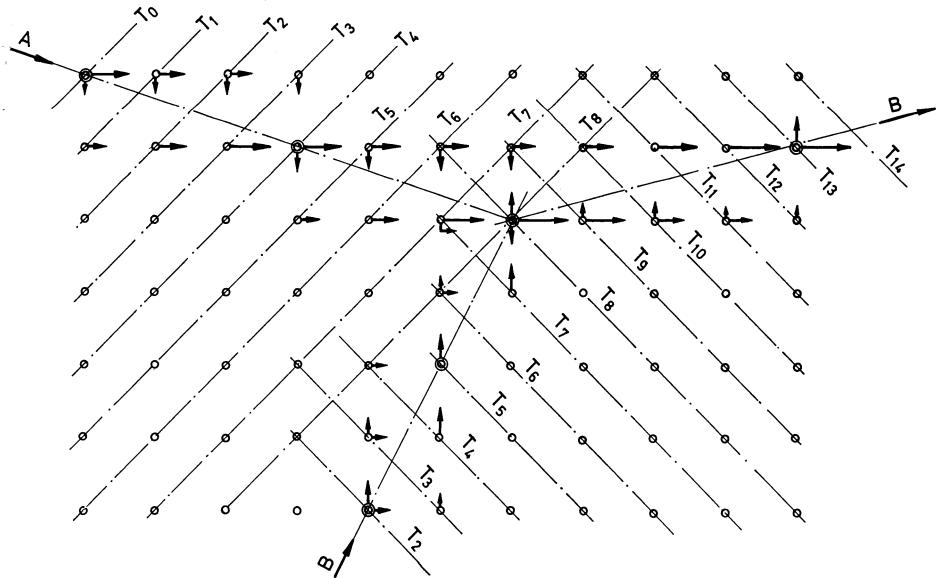
Gut möglich, daß meine Gedanken verrückt genug sind; aber man hat nun einmal kein Kriterium, um sie von den Beiträgen harmloser Irrer zu unterscheiden. Vielleicht mache ich auch den Fehler, allgemeine Verständlichkeit anzustre-

ben. Hätte ich in einer rein theoretischen Arbeit einen abstrakten Formalismus Zellularer Automaten aufgesetzt, hätte zwar kaum jemand verstanden, worauf es mir ankommt; aber gerade dadurch hätte ich vielleicht größere Aussichten, ernst genommen zu werden. Ich erinnere mich noch gut an ein Gespräch mit Professor Hubert Cremer – für das ich ihm an dieser Stelle herzlich danke –: „Ich würde wahrscheinlich das Ganze von vornherein für Unsinn erklären“, sagte er mir mit bemerkenswerter Offenheit, „wenn es nicht von Ihnen als dem Erfinder des Computers geschrieben wäre.“ Er würdigte indes meine kritische Haltung gegenüber dem Kontinuums- und Unendlichkeitsbegriff, wenn er auch nicht in allen Punkten mit mir übereinstimmte. „Sie haben natürlich recht“, sagte er, „wenn Sie gewisse Punkte der Relativitätstheorie kritisch betrachten, zum Beispiel was die beliebig häufige Auseinandersetzung relativ zu einander bewegter Inertialsysteme betrifft. Gedanklich kann man leicht zwei- oder dreimal diesen Prozeß vollführen, aber unendlich oft?“ Der entsprechende Abschnitt in meiner Arbeit lautet:

Die strenge Auslegung der speziellen Relativitätstheorie hat zur Konsequenz, daß grundsätzlich zu jedem Inertialsystem ein anderes angenommen werden kann, welches sich zum ersten mit einer Geschwindigkeit kleiner als c bewegt. In diesem zweiten System gelten dann die physikalischen Gesetze genauso wie in dem ersten. Dieser Prozeß kann im Prinzip beliebig oft fortgesetzt werden. Die ganze Ungeheuerlichkeit dieses Gedankens machen sich wohl nur wenige klar. Auch hier ist zu sagen, daß jeder Begriff des Unendlichen einen Grenzvorgang voraussetzt. Hier handelt es sich um unendlich häufige Wiederholungen des Ansetzens eines weiteren Inertialsystems, welches sich relativ zum vorhergehenden bewegt. Dieser Vorgang hat einige Konsequenzen, wenn man informationstheoretische Betrachtungen anwendet.⁵¹

Mein Gesprächspartner konnte eigentlich kein überzeugendes Gegenargument vorbringen, erklärte mir aber zum Schluß: „Der Gedanke des Rechnenden Raumes ist sicher sehr interessant, aber ich glaube nicht daran. Wenn ich daran glauben würde, wäre die Sache ja so wichtig, daß ich mich für den Rest meines Lebens nur damit beschäftigen müßte!“ Dieses Bekenntnis ist bezeichnend für die Situation des Wissenschaftlers heute. Gerade die neueren Richtungen der mathematischen Logik zeigen, wie wenig sich tatsächlich beweisen läßt. Der Glaube an eine bestimmte Idee gibt dem Forscher den Rückhalt für seine Arbeit. Ohne diesen Glauben wäre er verloren in einem Meer von Zweifeln und halbgültigen Beweisen. Es war auch immer dieser Glaube einer Physikergeneration, der von der nächsten überwunden werden mußte.

Im Fall des Rechnenden Raumes werden im Rahmen der Betrachtung Zellularer Automaten gewisse Glaubenssätze der heutigen Physik kritisch betrachtet, so etwa die Allmacht der Differentialgleichungen, die Bedeutung der Wahrscheinlichkeit und die Isotropie. Der Begriff der Information hat heute auch schon in physikalische Betrachtungen Eingang gefunden. Professor Zemanek schlägt beispielsweise vor, die beiden elementaren Dimensionen naturwissenschaftlicher Betrachtungsweise, nämlich Stoff und Energie, um die Elementardimension Information zu erweitern. Das ist eine geschickte und unverbindli-



Reaktion zwischen zwei Digitalteilchen in einem Zellulären Automaten (Skizze aus einer Arbeit des Verfassers über den „Rechnenden Raum“)

che Formulierung, die die bestehenden Auffassungen nicht zu kritisieren, sondern zu ergänzen trachtet. Demgegenüber habe ich in dem Konzept vom Rechnenden Raum die Auffassung vertreten, daß bei einer informationstheoretischen Betrachtung Objekte und Elementardimensionen der Physik nicht durch den Begriff Information ergänzt, sondern daß sie durch ihn erklärt werden müssen. Auch das ist zunächst reine Spekulation. Die Experimentalphysik dringt zwar immer weiter in die Geheimnisse des Kosmos vor; wie weit wir aber trotz aller gigantischen, ausgeklügelten Apparaturen immer noch von der Durchleuchtung der letzten Vorgänge entfernt sind, mag folgender Vergleich zeigen: Von der bisherigen Quantenphysik wurde der Quantensprung eines Elektrons von einer Bahn auf die andere – der Begriff Bahn ist dabei bildlich zu nehmen – als momentane, im einzelnen nicht weiter erklärbare Zustandsänderung betrachtet, bei der ein Photon ausgesendet wird. Man schätzt, daß dieser Vorgang weniger als 10^{-12} Sekunden dauert, das ist der millionste Teil einer millionstel Sekunde, für menschliche Begriffe eine außerordentlich kurze Zeit. Sie ist aber noch sehr lang im Verhältnis zu den Elementarvorgängen der Physik. Wir wissen heute, daß die kleinsten Zeiteinheiten, die in der Physik noch eine Rolle spielen, unterhalb 10^{-23} liegen müssen. 10^{-12} Sekunden bedeuten also immer noch mindestens etwa 10^{11} Elementarzeiteinheiten. Zum Vergleich: dreitausend Jahre dauern etwa 10^{11} Sekunden. In diesen 10^{11} Sekunden läßt sich die Menschheitsgeschichte mehrerer Kulturepochen mit all ihren Kämpfen, Umwandlungen, Aufstiegen und Untergängen unterbringen, also ein ungeheuer komplexes Geschehen. Bei der Analyse sehr kurzer Vorgänge haben wir also noch manche

Überraschungen zu erwarten. Die Zweifel an der Parität, die Spekulationen über Quarks – Teilchen mit der Elementarladung $\frac{1}{3}$ – und so weiter sind nur die ersten Anzeichen für die Erschließung einer neuen Welt der räumlich und zeitlich kleinsten Dimensionen.

Es ist kein Geheimnis, daß bei der Rezeption nicht oder noch nicht anerkannter Theorien auch psychologische Gesichtspunkte eine Rolle spielen: Als einfachste Form des Rechnenden Raumes ergibt sich ein orthogonales Gitter. In einem solchen Zellularen Automaten habe ich dann zunächst mehr spielerisch das Modell von „Digitalteilchen“ entwickelt. Das orthogonale Gitter schlägt nun aber der Idee der Isotropie des Raumes geradezu ins Gesicht, weil es Vorzugsrichtungen aufweist. Bei oberflächlicher Betrachtung wird also jemand, der auf dem Boden der heutigen Physik steht, den ganzen Gedanken des Rechnenden Raumes von vornherein als unsinnig verwerfen. Es gibt aber auch bei automaten-theoretischer Betrachtungsweise durchaus Möglichkeiten, von der strengen Gitterform wegzukommen. Ja, es ist sogar so, daß ein Grundgedanke der Allgemeinen Relativitätstheorie, nämlich der Zusammenhang zwischen Masse und Raumgeometrie, auch automatentheoretisch formuliert werden kann. Wir haben es hier auch mathematisch mit Neuland zu tun, dessen Erschließung Jahrzehnte erfordern wird.

Der Gedanke des Ja-Nein-Wertes immerhin wird auch von Physikern ernsthaft diskutiert. So gibt Werner Heisenberg in dem Buch „Der Teil und das Ganze“ ein Gespräch mit Carl Friedrich v. Weizsäcker folgendermaßen wieder:

(Carl Friedrich v. Weizsäcker): ... Aber unser Denken ist so gemacht, daß es zweckmäßig scheint, mit dem Einfachsten zu beginnen, und das Einfachste ist eine Alternative: Ja oder Nein ... Du möchtest also, fügte ich (Heisenberg) ein, Elementarteilchen, und damit schließlich die Welt, in der gleichen Weise aus Alternativen aufbauen, wie Plato seine regulären Körper und damit auch die Welt aus Dreiecken aufbauen wollte ...

... Aber die exakte Durchführung deines Programms stellte ich mir doch außerordentlich schwierig vor. Denn sie wird ein Denken von so hoher Abstraktheit erfordern, wie sie bisher, wenigstens in der Physik, nie vorgekommen ist. Mir wäre das sicher zu schwer. Aber die jüngere Generation hat es leichter, abstrakt zu denken. Also solltest du das mit deinen Mitarbeitern unbedingt versuchen ...⁵²

Ich weiß übrigens sehr wohl, daß ich mich mit meinen Ideen vom Rechnenden Raum und von den Sich-selbst-reproduzierenden-Systemen auch bei meinen Freunden nicht immer beliebt mache. Daß ich an der Erfindung des Computers mitgewirkt habe, ist ja nun recht und schön – aber daß ich immer noch Gedanken hege, die nicht den Vorstellungen und Wunschbildern meiner Zeitgenossen entsprechen, das ist schon weniger schön. Ich weiß manchen enttäuscht, andere mit nachsichtiger Miene über meine Extravaganzen hinwegsehen. Daran kann ich zum einen wenig ändern; zum anderen unterscheidet sich – die Angaben in meinem Aufnahmeantrag an die Gesellschaft für Informatik mögen dies belegen – die hinter solchen Reaktionen steckende Einschätzung meiner Person nicht allzusehr von meinem Selbstbild. Ich werde also auch in Zukunft meine Aufgabe

Der Vorstand der Gesellschaft für Informatik e.V. freut sich ganz außerordentlich, die Aufnahme eines besonderen Mitgliedes bekanntgeben zu können:

Mitgliedsnummer:	11 000 000 000
Geburtsjahr:	11 101 110 110
Derzeitige Tätigkeit (lt. Angaben im Aufnahmeartrag):	Gelegenheitsarbeiter, Kritiker, Meckerer
Beruflicher Werdegang (lt. Angaben im Aufnahmeartrag):	Verträumter Pennäler, Bummelstudent, verhinderter Künstler, Maurer, Computer-Bastler, gescheiterter Unternehmer, Professor ohne Honorar, Büttnerredner, verkannter Weltverbesserer, überspannter Erfinder, abgeklärter Philosoph
Interessenrichtung innerhalb der Informatik (lt. Angaben im Aufnahmeartrag):	Mehr oder weniger erfolgreiche Versuche, die Informatiker zu verstehen

Auszug aus dem Rundschreiben an die Mitglieder der Gesellschaft für Informatik anlässlich der Aufnahme des Verfassers

darin sehen, auf die – wie ich meine offensichtlichen – Defizite in den kursierenden wissenschaftlichen, aber auch allgemeinen Zukunftsvorstellungen hinzuweisen. Wer will, verstehe das als einen Beitrag zur Zukunftsforschung.

Ich bin, um auf den Computer zurückzukommen, der festen Überzeugung, daß wir mit seiner Hilfe viele der heute noch ungelösten Probleme werden lösen können, nicht nur in den Wissenschaften, sondern auch im Wirtschaftsleben und vielleicht sogar in der Politik. Was die verschiedenen Wirtschaftssysteme auf unserer Erde anbetrifft, so befinden wir uns erkennbar in einer Phase des Umbruchs. Wir im Westen hatten uns in den letzten Jahrzehnten daran gewöhnt, daß schwere Wirtschaftskrisen nicht mehr auftreten, und wir glaubten wohl schon, sie gehörten endgültig der Vergangenheit an. Heute müssen wir erleben, daß schwere wirtschaftliche Depressionen durchaus noch möglich sind und daß es für ihre Überwindung kein Patentrezept gibt. An einen reinen Wirtschaftsliberalismus glaubt heute kaum noch jemand; die Staatshaushalte werden im Vergleich zu früher immer bedeutender. Die Frage ist, sind hier Computer eine Hilfe oder tragen sie im Gegenteil mit die Schuld an der steigenden Arbeitslosigkeit.

Unbestritten ist wohl, daß wir unser Wirtschaftsleben weitgehend werden umstellen und den neuen technischen Möglichkeiten anpassen müssen. Unsere Verwaltungssysteme sind heute bereits so kompliziert, daß sie ohne Computer nicht mehr funktionieren könnten. Staatliche Maßnahmen setzen die Erfassung von Daten voraus. Die alten Bürokratien sind diesen Aufgaben längst nicht mehr gewachsen. Mit dem Computer zieht aber auch ein neuer Geist in die Wirtschaftssysteme ein. Theorien, die bislang nur ein Schattendasein führten, können jetzt praktisch angewendet werden, in den Ostblockstaaten nicht anders als bei uns. Ein Unterschied besteht nur in der Redeweise: man spricht dort noch von Kybernetik. Diese Kybernetik galt dort zunächst als eine kapitalistische, dekadente Wissenschaft. Bis man begriff, wie wertvoll sie gerade für ein zentralisiertes Wirtschaftssystem sein kann. In der Sowjetunion zum Beispiel wird die Kybernetik seitdem in jeder nur erdenklichen Weise gefördert. Trotzdem hat sich dort – soweit uns bekannt ist – die Idee des breit gestreuten Computereinsatzes in der Praxis noch nicht durchgesetzt. Man erfährt zwar aus den offiziellen Nachrichtenquellen wenig darüber; doch zeigen mir Gespräche mit Wissenschaftlern aus der DDR, daß sie zum Teil noch einen verzweifelten Kampf führen müssen, um ihre Ideen auch in der Praxis durchzusetzen. Die Denkweise der Computerfachleute scheint eben doch eine grundsätzlich andere als die der politischen Machthaber in den sogenannten sozialistischen Staaten. Bei genauerem Hinsehen verbirgt sich dennoch hinter den propagandistisch verhüllten Wirtschaftsauffassungen in West und Ost schon eine weitgehende Übereinstimmung in der Sicht des Zusammenhangs von Technik und Wirtschaft. Das heißt nicht unbedingt, daß am Ende die Konvergenztheorie recht behalten muß, nach der sich die beiden Wirtschaftssysteme im Laufe der Zeit immer mehr angleichen. Zumindest aber werden sich westliche und östliche Manager in ihrer Denkweise und in ihren Arbeitsmethoden immer weniger unterscheiden. Inwieweit so etwas auf die politischen Verhältnisse zurückwirkt, wird sich zeigen.

Von Karl Steinbuch stammt der Begriff der „informierten Gesellschaft“. Die Bedeutung des Informationswesens für unsere Gesellschaft ist also erkannt. Ebenso sind es die damit verbundenen Probleme. Die Existenz großer Datenbänke wirft eine Reihe auch politischer Fragen auf. „Wer darf was wissen?“ ist so eine Frage. Wissen ist bekanntlich Macht. Und warum sollte derjenige, der über Macht verfügt, andere daran teilhaben lassen? Wir dürfen nicht vergessen, daß „informieren“ von „in Form setzen“ hergeleitet ist. Wenn ich mich selbst informiere, versuche ich, mir Nachrichten zu verschaffen, die mir ein möglichst genaues Bild von meiner Umwelt geben. Wird aber A von B informiert, so kann B dabei die Absicht haben, A in bestimmter Weise „in Form zu setzen“; zum Beispiel kann B als Regierung die Tendenz verfolgen, dem Volk A solche Nachrichten zukommen zu lassen, daß es bereit ist, einen Krieg zu führen. Diese pragmatische Seite der Informationsverarbeitung beziehungsweise Informationsumarbeitung – zu der auch die Nicht- und die Desinformation gehören – hat leider nicht nur in totalitären Staaten eine große Bedeutung. Der Computer aber kann zur möglichst wahrheitsgetreuen Unterrichtung ebenso verwendet werden wie zur systematischen Fehl- oder Nichtinformation. Es ist naiv zu glauben, daß

lediglich durch seine weitere Verbreitung die Verständigung unter den Menschen gleichsam automatisch besser werden müste, nur weil sich dann jeder über alles unterrichten kann. Die umfassende Unterrichtung scheiterte ohnehin am Problem der Quantität, denn Information ist immer mit Selektion verbunden. So oder so aber wird es bei der Schlüsselstellung des Computers bleiben. Und so oder so werden daraus neue Probleme entstehen. Man nehme nur den Datenschutz, ein besonders heikles Thema: er ist gewiß berechtigt und steht doch oft einer flüssigen und effizienten Verwaltung mit schnellen Computern im Wege. Oder die Computerkriminalität: sie spielt bereits eine große Rolle, wenngleich von der Öffentlichkeit noch wenig bemerkt. Dem Computerfachmann aber muß es als ein hoffnungsloser Anachronismus erscheinen, wenn ein Bankräuber noch mit übergezogener Maske persönlich in eine Bank eindringt.

Ein anderes Zukunftsproblem ist der Zusammenhang zwischen Computer und Automatisierung. Im Grunde ist die sogenannte Automatisierung eine organische Fortsetzung dessen, was zwischen dem Ersten und Zweiten Weltkrieg als Rationalisierung bezeichnet wurde. Über die Möglichkeiten, dabei Computer einzusetzen, sprachen wir zum ersten Mal etwa 1952 mit einem Mathematiker einer Ölraffinerie, der Fraktionierkolonnen mit dem Rechner steuern wollte. Bekanntlich wird dabei das Rohöl über eine lange Reihe verschiedener „Böden“ geführt, wobei stufenweise die verschiedenen Olsorten durch fraktioniertes Destillieren voneinander getrennt werden. Anhand seiner mathematischen Ableitungen konnten wir diese Steuerungsaufgabe für die Z4 programmieren und vorführen. Das Projekt scheiterte am Veto der Geschäftsleitung. Man meinte dort, derartige „Regeleinrichtungen“ müßten in der Preislage um zehntausend D-Mark liegen, unsere Wunderrechenmaschine sei viel zu teuer. Es handelte sich also mehr um ein psychologisches als um ein technisches Problem. Es bedurfte erst einer grundsätzlich neuen Einstellung, wobei man wieder einmal in den USA etwas schneller und beweglicher war. Heute ist der Einsatz von Computern in der Energiewirtschaft und in der Verfahrensindustrie selbstverständlich. Besonders bei der Verfahrenstechnik haben wir einen fließenden Produktionsvorgang, der schon seit langem weitgehend durch technische Regelungssysteme gesteuert wird. Der Einsatz von Computern bedeutet daher nur einen Schritt von der analogen zur digitalen Regelung. Allerdings ist der Computer wesentlich anpassungsfähiger und kann auch unstetige Vorgänge erfassen und steuern.

Etwas schwieriger ist der Einsatz von Computern in der Fertigungstechnik. Hier werden einzelne Werkstücke wechselnder Konstruktion auf gesonderten Arbeitsplätzen hergestellt. Rechenanlagen können unter anderem in der Arbeitsvorbereitung, beim Aufsetzen des Maschinenarbeitsplans, beim Verfolgen des Produktionsablaufs sowie bei der Steuerung der Werkzeugmaschinen selbst und der Handhabung der Werkstücke Hilfestellung leisten. Ich verweise hier noch einmal auf die Anlage 5 des Wissenschaftlichen Anhangs. Bis heute gibt es nur einige ausgewählte Fertigungsbetriebe, die sich mit den gegebenen Mitteln voll automatisieren lassen. Es ist auch fraglich, ob das ein erstrebenswertes Ziel ist. Man geht stufenweise vor: zunächst werden einzelne Werkzeugmaschinen,

zum Beispiel Bohrwerke und Drehbänke, automatisiert. Man spricht von NC-Maschinen, Numerical Control Machines. Im wesentlichen geht es dabei um die Positionierung und eventuell um die Bahnsteuerung der Schnittwerkzeuge im Verhältnis zum Werkstück. Ein weiterer Schritt ist der automatische Werkzeugwechsel.

Auch der Transport sowie die Zuführung und Einrichtung der Werkstücke sind heute Gegenstand der Automatisierung. Hier haben sich auf breiter Basis die sogenannten Handhabungsgeräte durchgesetzt. Sie stellen eine Spezialform von Robotern dar und können sich, computergesteuert, den verschiedenen Aufgaben gut anpassen. Man spricht von einer vollautomatischen Werkstatt, wenn die zum eigentlichen Produktionsvorgang gehörenden Arbeitsgänge mechanisiert sind und ohne direkten Eingriff des Menschen arbeiten. Außerhalb dieses normalen Ablaufs bleiben wesentliche Arbeitsgänge nach wie vor dem Menschen überlassen, so die Überwachung oder die Reparatur. Es ist noch kaum aktuell, auch diese Arbeiten zu mechanisieren. Der weitere Schritt würde zur automatischen Herstellung der Werkstatt selbst führen. Ich habe diesen Gedanken schon in einem Aufsatz über Sich-selbst-reproduzierende-Systeme angesprochen⁵³. Hier will ich nicht versäumen, auch auf die sozialen Aspekte einer solchen Entwicklung hinzuweisen:

Bis vor kurzem konnten sich ja die Automatisierungsbestrebungen verhältnismäßig frei entfalten. Erst jetzt haben wir eine zum Teil sehr kritische Haltung, die im Zusammenhang mit der Wirtschaftskrise steht. Durch die Automatisierung verlieren manche Berufe an Bedeutung. Bisher konnte den sozialen Folgen durch Umstellungen und durch Schaffung neuer Berufe noch weitgehend begegnet werden. So sind durch die Computerindustrie selbst wieder Hunderttausende von Arbeitsplätzen geschaffen worden. Wir dürfen uns aber nicht darauf verlassen, daß solche Regelungsprozesse allen zukünftigen Situationen gewachsen sein werden. Meines Erachtens ist es erforderlich, eine Trennung zwischen einem Reich des Menschen und einem Reich der Technik durchzuführen. Die Organisation der Weltraumfahrt und ähnliche Vorhaben weisen schon in diese Richtung. Ich meine, im Reich der Technik sollten die Ingenieure kaum Beschränkungen unterworfen sein, sollten sie alle Möglichkeiten der Automatisierung voll ausschöpfen können. Für die Auswirkungen einer „Supertechnik“ auf das normale Wirtschaftsleben müßten jedoch Grenzen gezogen werden. Das Reich des Menschen muß geschützt werden. Wir brauchen gleichsam nicht nur Naturschutzparks für die letzten wilden Tiere, sondern auch für den Menschen. Man spricht heute viel von der Humanisierung des Arbeitslebens, steht dabei aber noch ganz auf dem Boden der alten Techniken, bei denen der arbeitende Mensch noch voll in den eigentlichen Produktionsprozeß eingegliedert ist. „Humanisierung“ meint dann, es solle bei seinem Einsatz auf die menschliche Seite mehr Rücksicht genommen werden. Man vergißt dabei oft die Frage, ob dem arbeitenden Menschen selbst so viel daran gelegen ist, daß seine Arbeit etwas „abwechslungsreicher“ gestaltet wird. Natürlich hat er im allgemeinen nichts dagegen, solange sich das nicht auf die Höhe des Lohnes auswirkt. Im Augenblick aber sieht es so aus, als ob diese Bestrebungen durch das Voran-

schreiten der Vollautomatisierung regelrecht überrollt würden: die Arbeit etwa am laufenden Band wird immer mehr von Automaten übernommen werden. Und letzten Endes ist dies wohl die beste Humanisierung des Arbeitslebens; denn für stumpfsinnige Bandarbeit ist der Mensch mit seinen Fähigkeiten viel zu schade. Natürlich wird diese Entwicklung zu einem Mehr an freier Zeit führen und dem Problem ihrer sinnvollen Nutzung. Auch dafür, denke ich, wird dem phantasiebegabten Menschen eine Lösung einfallen.

Von der Phantasie zum Schluß noch zum Phantastischen. Über die Sich-selbst-reproduzierenden-Systeme konnte ich Mitte der sechziger Jahre einmal mit leitenden Herren eines führenden deutschen Industriekonzerns sprechen. Ich war auf die übliche Skepsis gefaßt. Die Kritik war dann auch hart, aber doch sehr sachlich. Es wurde auf negative Erfahrungen mit umfangreichen sich selbst reparierenden Systemen hingewiesen. Die erforderliche Redundanz sei enorm groß und die Software für derartige Systeme unvorstellbar teuer. Man hatte sich also mit dem Gedanken schon befaßt. Für mich bedeutete diese Kritik nicht, daß die Idee als solche falsch war, sondern lediglich, daß sie in einer bestimmten Richtung weiterverfolgt werden mußte. Überraschend an diesem Gespräch war, daß man der Idee der Automatisierung technischer Prozesse etwas ganz anderes gegenüberstellte, nämlich die Möglichkeiten der Biologie. Man übte nicht die „normale“ Kritik, behauptete nicht, die Ideen der Mikrotechnik seien noch nicht ausgereift, seien noch Zukunftsmusik und was dergleichen Argumente mehr sind; vielmehr hielt man mir entgegen, sie seien im Grunde schon nicht mehr aktuell, da in kürze noch Besseres, eben Biologisches zu erwarten sei.

Inzwischen sind fast zwanzig Jahre vergangen, und zu einem entscheidenden Durchbruch biologischer Techniken ist es noch nicht gekommen. Im Gegenteil ist die „traditionelle“ Automatisierung vorangetrieben worden, und ich glaube sogar sagen zu können, daß wir heute einen weit fortgeschritteneren Stand der Technik hätten, hätte man von der Mitte der sechziger Jahre an die Idee der Sich-selbst-reproduzierenden-Systeme konsequent verfolgt. Allerdings lassen sich heute die Möglichkeiten der Biologie schon wesentlich besser überblicken. Einen entscheidenden Schritt stellt etwa die Entdeckung der Struktur der DNS dar, die innerhalb der biologischen Zellen die Erbinformationen tragen. Noch richtet sich hier der Blick in erster Linie auf die Anwendung der neuen Wissenschaft in der Medizin und auf deren gesellschaftliche Folgen. Darüber hinaus aber lassen sich schon andere Möglichkeiten erkennen: der „biologische Ingenieur“ ist in Sicht. Jawohl, und dieser Ausdruck ist wörtlich gemeint. Hier liegt phantastisches Neuland vor uns, und selbst die Phantasie der Verfasser von Zukunftsromanen dürfte nicht ausreichen, es sich auszumalen. Die Aufdeckung der DNS-Struktur ist hier nur der Anfang. Wir sind noch weit davon entfernt, den programmgesteuerten Aufbau eines Organismus selbst in allen Einzelheiten zu analysieren. Die kaum vorstellbare Feinheit der Vorgänge schützt die Natur noch vor dem Zugriff der niemals ruhenden Forscher und Erfinder. Aber wie lange noch? Wann werden wir in der Lage sein, Genketten wie Magnetbänder zu manipulieren? Können wir dann die Konstruktionen neuer biologischer Systeme mit Hilfe von Computern durchführen? Werden wir in Zukunft unsere Häuser wie biologische

Keimzellen pflanzen, sie begießen und düngen, bis sie nach unseren Wünschen gewachsen sind, so wie wir Bäume pflanzen, begießen und düngen? Kann also die Idee der technischen Sich-selbst-reproduzierender-Systeme mit ihren verschiedenen Anwendungsmöglichkeiten in der Automation durch die biologische Welle überrollt werden? Ich glaube, jede Antwort auf diese Frage wäre pure Spekulation. Ich kann mir allerdings nicht vorstellen, daß unsere traditionelle – also nicht-biologische – Technik durch künftige Biologie-Ingenieure überflüssig wird. Im Gegenteil, die Molekularbiologie wird noch lange auf die Unterstützung der traditionellen Technik angewiesen sein. In der Zukunft werden beide Techniken, die biologische und die nicht-biologische, Hand in Hand gehen müssen. Unter dem Begriff Cyborg ist sogar schon der Gedanke der direkten Vereinigung technischer und biologischer Organismen aufgetaucht. Ein solcher „kybernetischer Organismus“ stellte eine Art Übermensch dar, ein mit Bewußtsein versehenes, denkendes Wesen, das aber durch Ergänzung mit technischen Einrichtungen seine Leistungsfähigkeit enorm steigern oder sich schwierigen Umweltverhältnissen außerhalb der Erde anpassen kann. Sollte es soweit kommen, wird auch dabei der Computer eine entscheidende Rolle spielen. Zukunftsmusik, gewiß. Aber Phantasie ist die Grundvoraussetzung allen Fortschritts. Einstweilen ist alles im Fluß. Wir werden noch viele Forschungsprogramme brauchen – Forschungsprogramme vor allem, die sich, losgelöst von Tagesproblemen, wirklich an der Zukunft orientieren können.

WISSENSCHAFTLICHER ANHANG

Anlage 1. Vom Formular zur Programmsteuerung

Bei den Formularen sollten möglichst nur die Zahlen (Eingangswerte) eingesetzt werden, und der Ablauf der Rechnung, der sich in der Regel aus Addition, Subtraktion und Multiplikation zusammensetzt, sollte sich aus dem Aufbau der Formulare gewissermaßen von selbst ergeben, möglichst so, daß nebeneinanderstehende Zahlen zu multiplizieren, untereinanderstehende zu addieren und Festwerte (Formelkonstante) gleich an den richtigen Stellen vorgedruckt standen (Bild 1).

Nach diesem Schema baute ich eine Rechnung für verschiedene statisch unbestimmte Systeme auf. Damit war der Weg für die weitere Arbeit gewiesen. Der nächste Schritt mußte sein, die Ausrechnung solcher Formulare durch

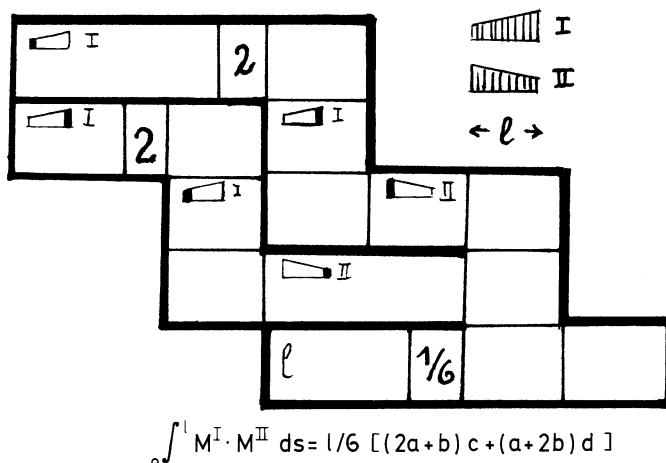


Bild 1. Formular für statisch unbestimmte Rechnungen zur Berechnung der häufig wiederkehrenden Formel für die Überlagerung zweier rechteckig verlaufender Momentenflächen. Nebeneinanderliegende Werte werden multipliziert, untereinanderliegende addiert. Aus derartigen Formularen konnte eine ganze statische Rechnung aufgebaut werden. (Erste Versuche der Erleichterung technischer Rechnungen)

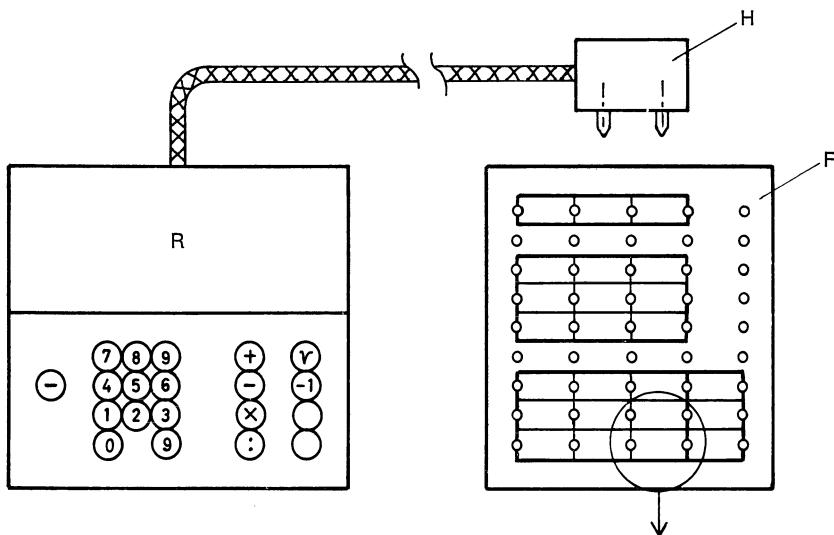


Bild 2. Versuch zur Mechanisierung der Rechnungen anhand von Formularen, in welche die Werte nicht eingeschrieben, sondern eingelocht werden. Eine vollautomatische Rechenmaschine R kann über eine Abfühl- und Locheinrichtung H von Hand mit den einzelnen Feldern des Formulars verbunden werden

Rechenmaschinen zu erleichtern. Nun verstand ich aber gar nichts von Rechenmaschinen. Der Rechenstab war das einzige rechentechnische Hilfsmittel für den Studenten und wohl auch weitgehend für den praktisch tätigen Ingenieur. Ein Blick auf die bereits eingeführten Lochkartengeräte zeigte mir, daß diese Maschinen nicht in der Weise eingesetzt werden konnten, wie ich es mir vorstellte.

Zunächst ging ich etwas kindlich-primitiv vor: Ich dachte mir, daß auf den Formularen F anstelle der geschriebenen Zahlen an den gleichen Plätzen die Werte eingelocht wurden (Bild 2). Die Abtastung und Lochung der Zahlen sollte durch ein bewegliches Gerät H folgen, welches von Hand an die betreffenden Stellen gebracht wird und über ein Kabel mit einem Rechengerät R verbunden ist. Ein erfahrener Fachmann hätte sofort gewußt, daß das nicht funktionieren kann und hätte vielleicht ganz aufgegeben. Als jugendlich Unbekümmter aber arbeitete ich weiter. An die Stelle der Lochkartenformulare F, die nur einmal benutzt werden können, wollte ich Register Rg setzen, bei denen die Zahlen auf verriegelbaren Stiften S gespeichert werden (Bild 3). Diese Register können immer wieder gelöscht und neu eingestellt werden. An die Stelle der Loch- und Abföhleinrichtungen für Lochkarten würden dann entsprechende Einstelleinrichtungen und Abföhrlorgane für die Register treten. Als nächster Schritt müßte die Zuführung dieser Einrichtungen an den richtigen Stellen mechanisiert werden. Dies wäre zum Beispiel durch eine bewegliche Brücke B mit einer Laufkatze K möglich, die das ganze Feld der Berechnungsformulare überstrei-

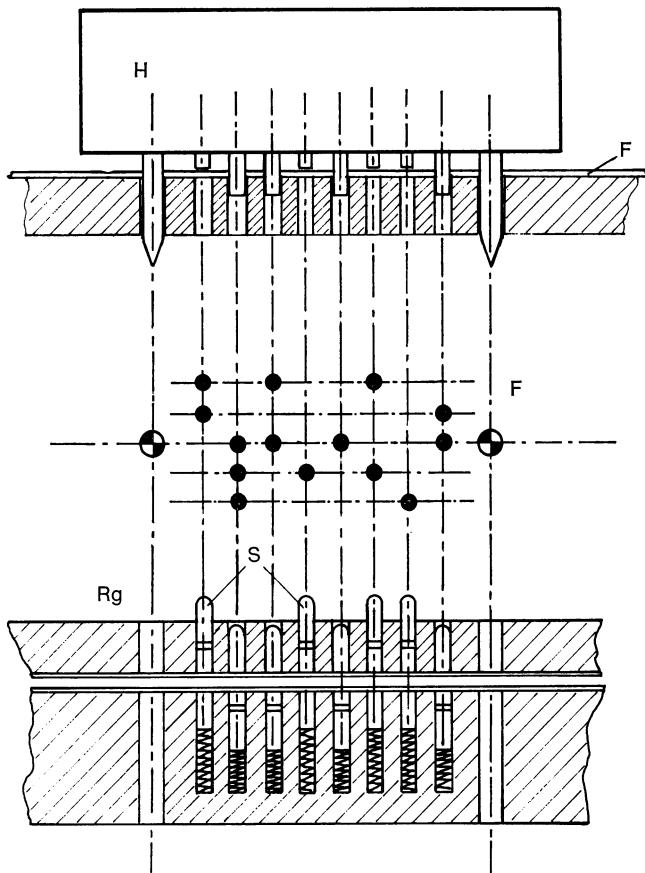


Bild 3. An die Stelle der gelochten Formulare entsprechend Bild 2 treten Register Rg mit einstellbaren Stiften

chen. Dadurch ist garantiert, daß die Loch- und Abfühlgeräte sauber in die richtige Position gebracht werden können, was zunächst noch von Hand erfolgen sollte (Bild 4). Von einer solchen Vorrichtung ausgehend, ist nun ein weiterer wesentlicher Schritt möglich: die Bewegung der Brücken und Laufkatzen wird durch eine Steuerungseinrichtung St mechanisiert, so daß sie nach einer Vorschrift in die jeweils erforderliche Position gebracht werden können (Bild 4).

Ohne daß ich etwas davon wußte, waren auch andere Konstrukteure zu ähnlichen Ergebnissen gekommen. Diese „Rechenautomaten“ waren aber in ihrem Aufbau noch stark an die zu lösenden Aufgaben gebunden. So gab es damals schon eine Reihe von Vorschlägen für Spezialgeräte zur Ausrechnung von Determinanten, linearen Gleichungssystemen und so weiter.

Während der weiteren Entwicklung stellte ich folgende Überlegungen an: Die bisherige Konstruktion baut immer noch auf der Idee des Rechenformulars auf. Es muß ein freieres Schema gefunden werden, gewissermaßen ein „universelles

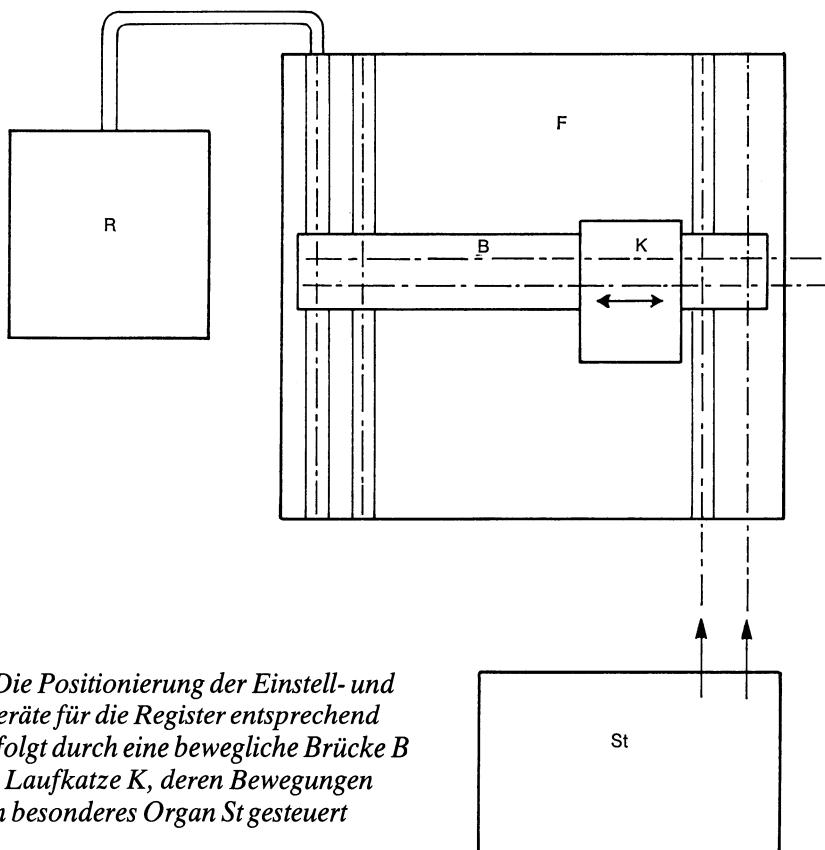


Bild 4. Die Positionierung der Einstell- und Abfühlgeräte für die Register entsprechend Bild 3 erfolgt durch eine bewegliche Brücke B mit einer Laufkatze K, deren Bewegungen durch ein besonderes Organ St gesteuert werden

Superformular“. Tatsächlich kommt man verhältnismäßig leicht zu einer brauchbaren Lösung, wenn man aus den oben erwähnten beiden Teilschritten „Ersatz der Lochkarten durch Register“ und „Mechanisierung der Bewegung der Brücken“ die möglichen Konsequenzen zieht: Sobald die Einstellung beziehungsweise das Abfühlen der Zahlenwerte mechanisiert ist, entfällt die Notwendigkeit, die auftretenden Werte in Anpassung an die menschliche Arbeitsweise topologisch der Formel entsprechend zu ordnen. Das heißt, was für den Menschen wichtig ist, nämlich daß Werte, die miteinander zu verknüpfen sind, auch benachbart angeordnet sind, entfällt für die maschinelle Steuerung, denn diese besorgt lediglich die aufeinanderfolgende Aufführung einer Reihe von Positionierungen der Einstell- und Abfühlorgane. Ferner bedeutet die Einführung der Register bereits den Übergang zu einem universellen Zahlenspeicher. Anstelle der topologischen Anordnung der Werte einer Formel entsprechend, kann die einfache Durchnumerierung dieser Werte und der zugeordneten Register treten.

Damit war das schon von Babbage entwickelte Verfahren des Rechenplanes oder Programms, wie wir heute sagen, neu erfunden. Das Thema war gestellt, nun mußte die Ausarbeitung im einzelnen erfolgen.

Der hier gezeigte Weg ist allerdings noch eine starke Vereinfachung. In Wirklichkeit geht man beim Erfinden und Konstruieren viel mehr Seiten- und Nebenwege. Es ist unmöglich, sie alle nachträglich aufzuzeichnen. Sie entschwinden dem Gedächtnis. Das ist vergleichbar den mathematischen Beweisen, die man in den Lehrbüchern findet. Die Eleganz dieser Ableitungen ist oft das Produkt mehrjähriger Arbeit. Selten ist der betreffende Mathematikprofessor selbst sofort diesen kürzesten Weg von der Voraussetzung zum gesteckten Ziel gegangen. Oft wird er sich sogar seiner Neben- und Irrwege schämen.

Ein Rechenplan entsteht durch die Auflösung einer Formel in ihre einzelnen elementaren Operationen und die Aufzählung dieser Operationen, wobei die betreffenden Werte am einfachsten der Reihe nach numeriert werden.

Beispiel:

$$\sqrt{a^2 + b^2} = c \quad a = V_1 \quad V_1 \cdot V_1 = V_4$$

$$b = V_2 \quad V_2 \cdot V_2 = V_5$$

$$c = V_3 \quad V_4 + V_5 = V_6$$

$$\sqrt{V_6} = V_3$$

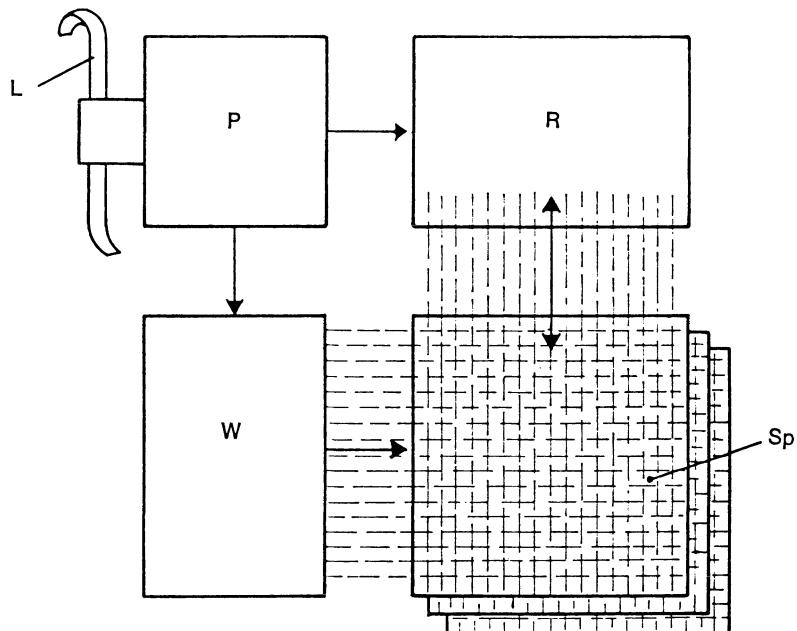


Bild 5. Erster Entwurf einer programmgesteuerten Rechenmaschine mit einem Programmwerk P, einem Rechenwerk R, einem Speicherwerk Sp und einem Wählwerk W. An die Stelle der beweglichen Brücke B in Bild 4 ist eine mehrschichtige, mechanische Konstruktion getreten. Die Speicherung erfolgt in Speicherzellen, welche je eine komplette Zahl aufnehmen können. Die Auswahl der Zellen erfolgt über das Wählwerk W. Das Programm wird über einen Lochstreifen L eingegeben, das Programmwerk P gibt die Nummer der Speicherzelle an das Wählwerk W und die Art der Rechnungsoperation an das Rechenwerk R

Um diesem Prinzip zu genügen, muß die in Bild 4 gegebene Konstruktion abgewandelt werden (Bild 5).

Zunächst kann das Speicherwerk in kompakter Bauweise ausgeführt werden, da die einzelnen Register nicht mehr sichtbar in einer Fläche angeordnet zu werden brauchen. Eine Mehrschichtkonstruktion Sp erlaubt außerdem größere Speicherkapazitäten.

Das Rechenwerk R wird durch direkte Verbindungsglieder mit dem Speicherwerk verbunden, wodurch die Brücke mit den Einstellgliedern entfällt.

Es müssen besondere Auswahlleinrichtungen W vorhanden sein, welche das gewünschte Register beziehungsweise die gewünschte Speicherzelle auswählen und mit dem Rechenwerk verbinden. Diese Auswahl muß möglichst durch Einstellen der Adresse, das heißt der Nummer der Speicherzelle, im Wählwerk W erfolgen. Wir brauchen ein Programmwerk P, durch welches im Rechenwerk die Art der auszuführenden Rechenoperationen und im Wählwerk die Nummer der Speicherzelle eingestellt wird. Dieses Programmwerk wird vorteilhafterweise durch einen Lochstreifen L gesteuert, auf welchem in codierter Form die Befehle enthalten sind.

Anlage 2. Aufbau der Geräte

Schaltungsmäßiger Aufbau

Da mir – wie schon erwähnt – die Relaistechnik zu aufwendig erschien, versuchte ich es mit mechanischen Mitteln. Zunächst löste ich das Speicherproblem entsprechend der Aufgabenstellung von Bild 5. Die damals bekannten Speicherwerke bestanden im wesentlichen aus Registern, bei denen die einzelnen Dezimalziffern durch Rädchen repräsentiert wurden. Beim Übergang vom dezimalen zum binären Zahlensystem mußten an die Stelle der Ziffernrädchen mit je zehn Positionen andere Elemente mit nur zwei Positionen treten, zum Beispiel einfache Hebel. Damit war aber lediglich der eigentliche Träger der zu speichernden Information gefunden. Es zeigte sich bald, daß der Vorgang des Einspeicherns und Wiederablesens dieser Information mindestens ebenso wichtig ist. Dazu kam, daß jetzt Speicher mit einer Kapazität zu entwickeln waren, wie es bis dahin – abgesehen von Babbage – niemand versucht hatte. Von den auf dem Markt erhältlichen Geräten hatten einige Sondergeräte für Sparkassen bis zu vierzig einzelne Register. Sie wurden mit verhältnismäßig primitiven mechanischen Mitteln durch Drehen einer großen Trommel in eine Position gebracht, die den Wertaustausch mit dem Rechenwerk erlaubte. Bei einer wirklich eleganten Lösung mußten aber die Register selbst unbeweglich sein. Die Werte mußten über Fernübertragungseinrichtungen in die Register eingegeben und wieder von ihnen abgelesen werden. Eine solche Lösung hatte Babbage schon für Dezimalgeräte gefunden. Aber die war ja vergessen. Nach einer Fülle von Konstruktionen verschiedenster Art mit Hebelen, Gestängen und so weiter kam ich schließlich

zur mechanischen Schaltgliedtechnik, und zwar durch grundsätzliche, logische Überlegungen, die später zur Schaltalgebra führten. Im Speicherwerk kann zunächst völlig davon abgesehen werden, daß „Zahlen“ festgehalten werden sollen. Man hat es nur mit Kombinationen von Ja-Nein-Werten zu tun. Auch alle Übertragungsvorrichtungen haben nur Ja-Nein-Werte zu repräsentieren.

Das Speicherwerk mußte aus einzelnen Zellen aufgebaut werden, von denen jede der Speicherung einer Reihe von einzelnen Ja-Nein-Werten – heute auch als Wort bezeichnet – dient. Da diese Informationen zunächst die Bedeutung von Zahlen haben sollten, war es natürlich am einfachsten, alle zu einer Zahl gehörenden Bits in einer Zelle aufzunehmen. Dadurch bot sich eine matrixförmige Anordnung der einzelnen Speicherelemente an, wobei die Zeilen je einer Zahl und die Spalten je einer Binärstelle zugeordnet sind.

Ferner ließ sich das Ja-Nein-Wert-Prinzip auch leicht auf die Auswahlleinrichtungen anwenden. Wenn einmal der Schritt fort vom Dezimalsystem gewagt ist, kann man auch die Numerierung der Speicherzellen im binären Zahlensystem durchführen.

Es ergibt sich die Konsequenz, daß man als Konstruktionselemente nur solche mit zwei Positionen benötigt. Drehende Teile mußten durch einfache Gestänge, Bleche und dergleichen ersetzt werden. Dabei war eine Normung in der Weise zu empfehlen, daß alle Konstruktionselemente möglichst in einer Ebene angebracht wurden und Bewegungen nur rechtwinklig zueinander in der einen oder anderen Richtung stattfanden.

Das Ergebnis dieser Überlegungen war eine aus gestanzten Blechen aufgebaute Konstruktion. Die Bleche haben Ausschnitte, in welchen 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 (Bild 6).

Damit war eine Konstruktion von zunächst bestechend erscheinender Einfachheit gefunden. Ein Speicherwerk mit tausend Zellen konnte auf einem Raum von weniger als einem halben Kubikmeter untergebracht werden. Das war mit Relais nicht zu erreichen, denn ein Relaisspeicher mit tausend Zellen hätte etwa vierzigtausend Relais erfordert, die einen ganzen Saal gefüllt hätten.

Es gelang mir, das Modell eines Speichers – zunächst nur für wenige Zahlen – innerhalb von sechs Wochen zu bauen. Für dieses Mustermodell lohnte sich die Anfertigung von Stanzwerkzeugen nicht. Die einzelnen Blechformen mußten mit einer motorisierten Laubsäge hergestellt werden. Dadurch war die Robustheit des Konstruktionsprinzips bewiesen, denn sonst hätte ein mit so geringer Präzision gebasteltes Modell nicht funktionieren können.

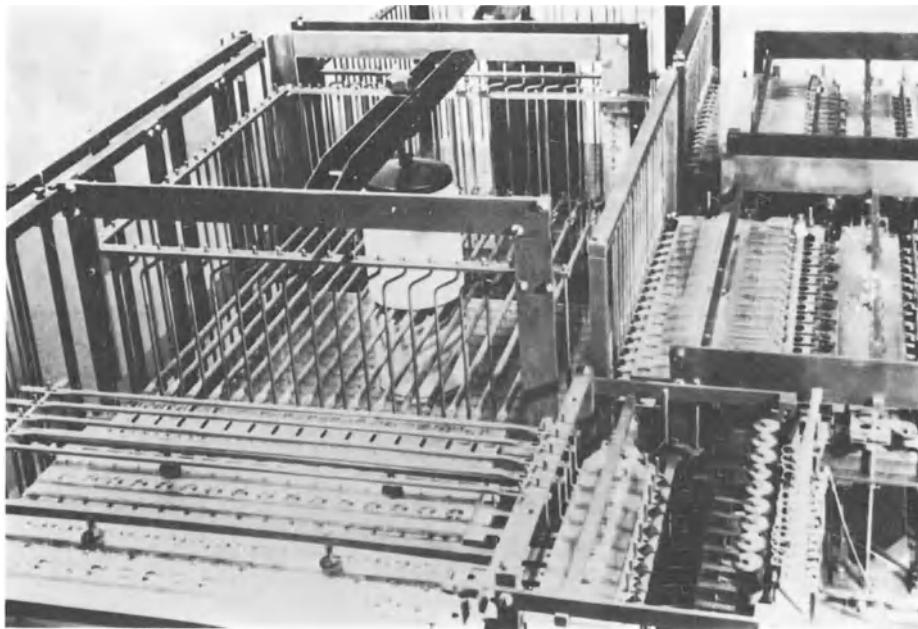


Bild 6. Ausgeföhrte Konstruktion des mechanischen Speichers. Die Konstruktion besteht aus zwischen Glasplatten verschieblichen Blechen, die mit Stahlstiften zusammenspielen

Zum Thema Addieren

Dieser Erfolg verlockte natürlich dazu, auch den Rechner und alle übrigen Teile der Gesamtanlage nach diesem Prinzip zu bauen. Doch ich möchte erst über das maschinelle Addieren sprechen. Wer eine Rechenmaschine konstruiert, fängt im allgemeinen mit dem Addierwerk an. Pascals Rechenmaschine war im wesentlichen eine Addiermaschine. Bei Verwendung des dezimalen Zahlensystems bietet sich das Ziffernrädchen als günstigste mechanische Lösung an. Das Addieren innerhalb einer Dezimalstelle kann dann einfach durch Weiterdrehen des Ziffernrades erfolgen. Schwierig wird die Stellenübertragung. Solche Stellenübertragungsmechanismen waren auch eines der Hauptthemen der Rechenmaschinenindustrie, bevor die Programmsteuerung Bedeutung bekam.

Auch bei Verwendung des binären Zahlensystems versuchte man, das bei Dezimalmaschinen bewährte Ziffernrädchen zu übernehmen (etwa Patent DRP 664.012 von A. L. Valtat). Die Konsequenz wäre ein Ziffernrädchen mit zwei Positionen. Das ist jedoch technisch schwer zu verwirklichen. Valtat wählte daher Ziffernrädchen mit acht Positionen.

Der Übergang zum konsequenten Denken im Ja-Nein-Wert war um 1934 aber keineswegs selbstverständlich. Dem dezimalen Bauelement des Ziffernrädchen-

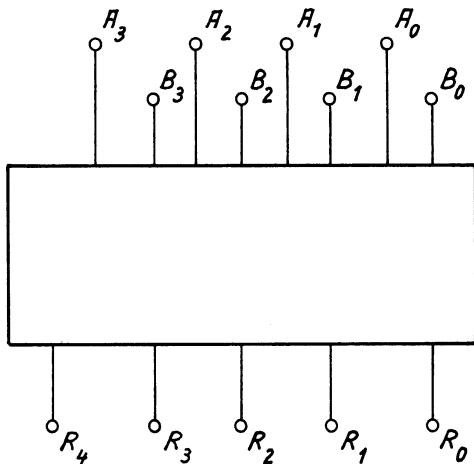


Bild 7. Block-Schema eines binären Addierwerks. Die beiden je viersteligen Summanden werden an den Gliedern $A_0 \dots A_3$ bzw. $B_0 \dots B_3$ eingestellt und das fünfstellige Resultat wird an den Anschlüssen $R_0 \dots R_4$ ausgegeben

würde ein Konstruktionsglied entsprechen, welches zwei Positionen einnehmen kann und das bei jedem empfangenen Impuls seine Stellung wechselt. Derartige Relaiskonstruktionen sind zwar möglich, aber schwierig in der Herstellung und erfordern Spezialausführungen. Um zu rein schaltungsmäßigen Lösungen zu kommen, muß man sich von der Vorstellung lösen, daß die den Zählerstand repräsentierenden Bauelemente gleichzeitig „rechnende“ Elemente sind, wie das in idealer Weise beim Ziffernrädchen der Fall ist; denn ein Satz von Ziffernrädchen bildet ein Register, in das man hineinaddieren kann.

Bei der schaltungsmäßigen Lösung geht man besser von der Vorstellung eines geschlossenen Kastens aus, in welchen zwei Sätze von Leitungen $A_3 \dots A_0$, $B_3 \dots B_0$ einlaufen, die die beiden Summanden A und B darstellen, und aus welchem ein Satz von fünf Leitungen $R_4 \dots R_0$ herausgeht, der die Summe repräsentiert (Bild 7). Dabei haben wir schon stillschweigend etwas schaltungsmäßig sehr Wichtiges vorausgesetzt, nämlich, daß einzelne Binärziffern durch Spannungen an Leitungen beziehungsweise Polen dargestellt werden können, am einfachsten Spannung 0 für die Ziffer 0 und Spannung U für die Ziffer L. Die beiden Summanden werden also nicht nacheinander auf das Register gegeben, sondern gleichzeitig an den Spannungspolen A_i , B_i eingestellt. Die Aufgabe besteht darin, durch schaltungsmäßige Elemente zu bewirken, daß an den Ausgangspolen R_i die Summe $A + B$ an den Spannungsniveaus abgelesen werden kann.

In der einzelnen Binärstelle können zunächst vier verschiedene Fälle eintreten: $0 + 0 = 0$, $0 + L = L$, $L + 0 = L$, $L + L = L0$. Die beiden mittleren Fälle lassen sich leicht zusammenfassen, und wir haben dann für die Ziffernsumme drei Möglichkeiten, 0, L, L0. Der letzte Fall bedeutet einen Übertrag auf die nächsthöhere Binärstelle. Interessant sind die beiden Fälle, in denen sich die Ziffernsumme L bzw. L0 ergibt. Zunächst versuchte ich, hierfür konstruktive Lösungen ohne Verwendung von Kontakten zu finden. Die Ziffernsumme L kann zum Beispiel durch ein Relais C_i (Bild 8) mit gegenläufigen Wicklungen und

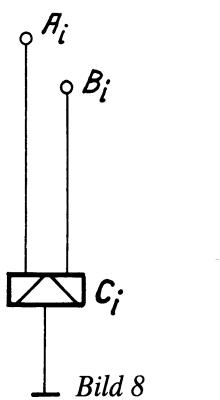


Bild 8

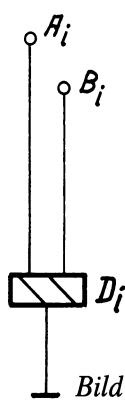


Bild 9

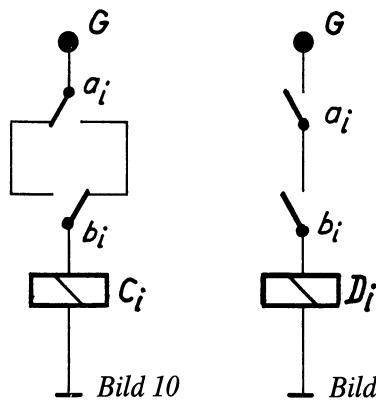


Bild 10

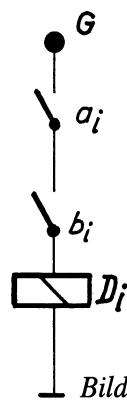


Bild 11

Bild 8. Lösung der Disjunktion mit gegenläufigen Wicklungen

Bild 9. Lösung der Konjunktion mit parallelen Wicklungen. Das Relais ist so justiert, daß es nur anspricht, wenn beide Pole A_i, B_i an Spannung liegen

Bild 10. Lösung zur Disjunktion mit Hilfe zweier Umschaltkontakte

Bild 11. Lösung der Konjunktion mit Hilfe zweier Arbeitskontakte

die Ziffernsumme L₀ durch ein Relais D_i (Bild 9) mit zwei gleichlaufenden Wicklungen gelöst werden, wobei das Relais D_i so justiert werden muß, daß es erst anspricht, wenn beide Wicklungen unter Spannung stehen (Schwellenwert). Diese Lösungen entspringen aber typischen Anfängerideen.

Besonders das mit gegenläufigen Wicklungen ausgerüstete Relais (Bild 8) ist äußerst empfindlich und kann nur bei sehr sorgfältiger Justierung funktionieren. Der Fall von Bild 9 wird im Fernsprechbau zwar oft angewendet, erfordert aber ebenfalls eine sorgfältige Justierung. Die schaltungsmäßigen Lösungen für diese beiden Elementaraufgaben zeigen die Bilder 10 und 11. Sie setzen allerdings voraus, daß den Anschlüssen A_i, B_i zunächst eigene Relais A_i, B_i zugeordnet werden, über deren Kontakte a_i, b_i dann die Relais C_i, D_i geschaltet werden. Zunächst erschienen solche Lösungen keinesfalls als ideal. Wir haben ja das Problem der Stellenübertragung noch nicht behandelt, wodurch die Aufgabe wesentlich komplizierter wird. Wir verwenden je Binärstelle i Hilfsrelais C_i, D_i entsprechend Bild 10 und 11. Das Relais D_i muß, falls es anspricht, eine Stellenübertragung für die nächsthöhere Binärstelle i + 1 bewirken. Ebenso erfolgt aber auch auf der nächstniedrigeren Binärstelle i - 1 ein Übertrag auf die Stelle i, falls D_{i-1} angezogen ist. Ist außerdem C_i angezogen, so muß ein Übertrag auf die Stelle i + 1 erfolgen. Bild 12 zeigt eine entsprechende Schaltung. Wir müssen aber noch je Binärstelle ein Relais R_i einführen, welches die Ziffer der Summe bildet. Die durch R_i repräsentierte Ziffer der Summe ist eine Funktion der beiden Ziffern a_i, b_i und des Stellenübergangs von der nächstniedrigeren Stelle d_{i-1}. Die Wirkung von a_i und b_i ist bereits durch c_i zusammengefaßt (Ziffern-

$$\begin{array}{r}
 & \text{LLLL} \\
 + & \text{000L} \\
 \text{Übertrag} & \text{LLLL} \\
 \hline
 \Sigma & \text{L0000}
 \end{array}$$

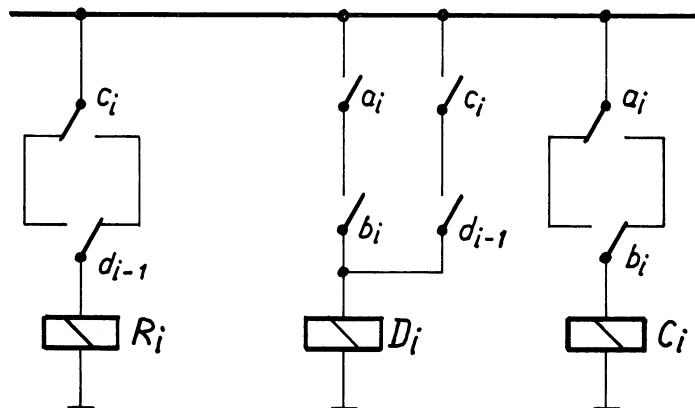


Bild 12. Addierschaltung für eine Binärstelle. C_i , D_i sind Hilfsrelais. D_i bewirkt einen Stellenübertrag von der Stelle $(i-1)$ auf die Stelle i . Dieser Übertrag wird dabei zeitlich hintereinander von Stelle zu Stelle von rechts nach links durchgeschaltet

summe = L). Dies gilt jedoch nur für den Fall, daß kein Stellenübertrag (d_{i-1}) stattfindet. Andernfalls wird aus einer 0 eine L und aus einer L eine 0, das heißt R_i ist positiv, wenn C_i und D_{i-1} verschiedene Werte haben. Aus dieser Bedingung ergibt sich die Schaltung für R_i . Die so gefundene Schaltung von Bild 12 stellt aber noch nicht die beste Lösung dar. Die Schaltung für die Relais D_i und R_i ist nämlich von der Position der Relais C_{i-1} , D_{i-1} der niederen Binärstelle abhängig. Haben wir zum Beispiel den Fall $0LLL + 000L = L000$, so muß der Stellenübertrag von der untersten zur obersten Stelle nacheinander durchgeschaltet werden. Dieses Verfahren ist zwar bei dezimalen Rechenmaschinen durchaus üblich, aber binäre Rechenmaschinen haben im Durchschnitt dreimal soviel Stellen. Es lohnt sich also, nach einer Schaltung zu suchen, welche sämtliche Stellenüberträge in einem Schaltschritt durchführt (Simultanübertragung). Eine Vorstellung davon kann uns das eben erwähnte Beispiel geben. Hierbei muß ein Stellenübertrag von der untersten zur höchsten Stelle durchgeschaltet werden.

Wir können eine fortlaufende Übertragungskette aufbauen. In jeder Binärstelle können drei Fälle auftreten:

1. Beide Summandenziffern A_i , $B_i = 0$, dann findet auf keinen Fall ein Stellenübertrag auf die nächste Stelle statt.
2. Die Summe der beiden Binärziffern A_i , $B_i = L$, dann wird ein eventuell von der niedrigeren Stelle kommender Stellenübertrag zur höheren durchgeleitet.

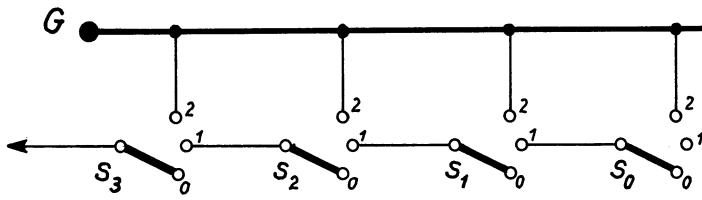


Bild 13. Schematische Darstellung einer Kette zum simultanen Stellenübertrag für 4 Binärstellen. In jeder Binärstelle kann die Ziffernsumme ohne Berücksichtigung des Stellenübertrags 0, 1 oder 2 sein. Im Fall 0 erfolgt kein Stellenübertrag, im Fall 2 auf jeden Fall, im Fall 1 wird ein von rechts kommender Übertrag weitergeleitet. Die Konstruktion erfordert Schalter mit drei Positionen

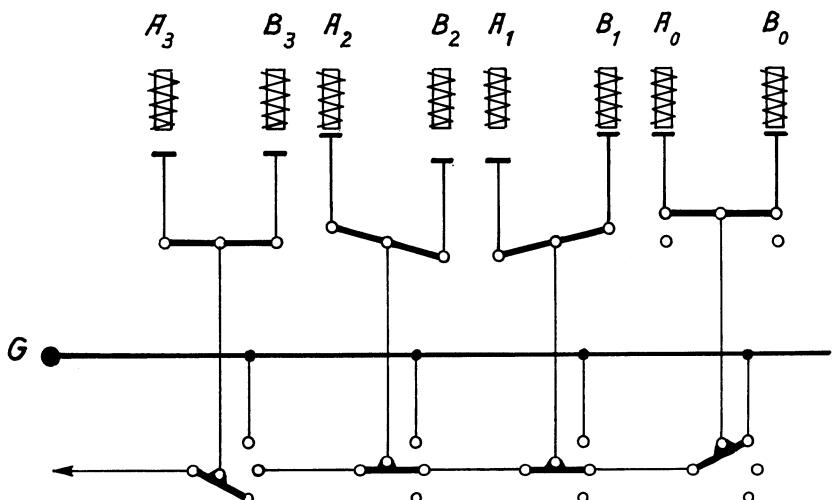


Bild 14. Konstruktive Lösung einer Addierschaltung mit einer Simultanübertragung entsprechend Bild 3. Die drei Positionen der Übertragungsglieder werden an Waagebalken eingestellt, auf welche die Summandenrelais A_i, B_i einwirken

3. Beide Binärziffern $A_i, B_i = L$, dann findet auf jeden Fall ein Stellenübertrag auf die nächsthöhere Stelle $i + 1$ statt. Eine solche Übertragungskette lässt sich zum Beispiel durch Dreipositionsschalter S_i entsprechend Bild 13 verwirklichen, welche je die Positionen 0 (Ziffernsumme 0), 1 (Ziffernsumme L) und 2 (Ziffernsumme L0) einnehmen können. Bei Position 0 bleiben die Schalter unangeschlossen, bei Position 1 werden sie an den vorhergehenden, der nächstniedrigeren Stelle zugeordneter Schalter angeschlossen und bei Position 2 an den Grundpol G. Damit haben wir natürlich noch keine vollständige Additionsschaltung, sondern lediglich das Rückgrat dieser Schaltung, die der Stellenübertragung dient. Zunächst wollen wir uns nur dafür interessieren. Die ersten Additionsschaltungen, die ich entwarf, enthielten

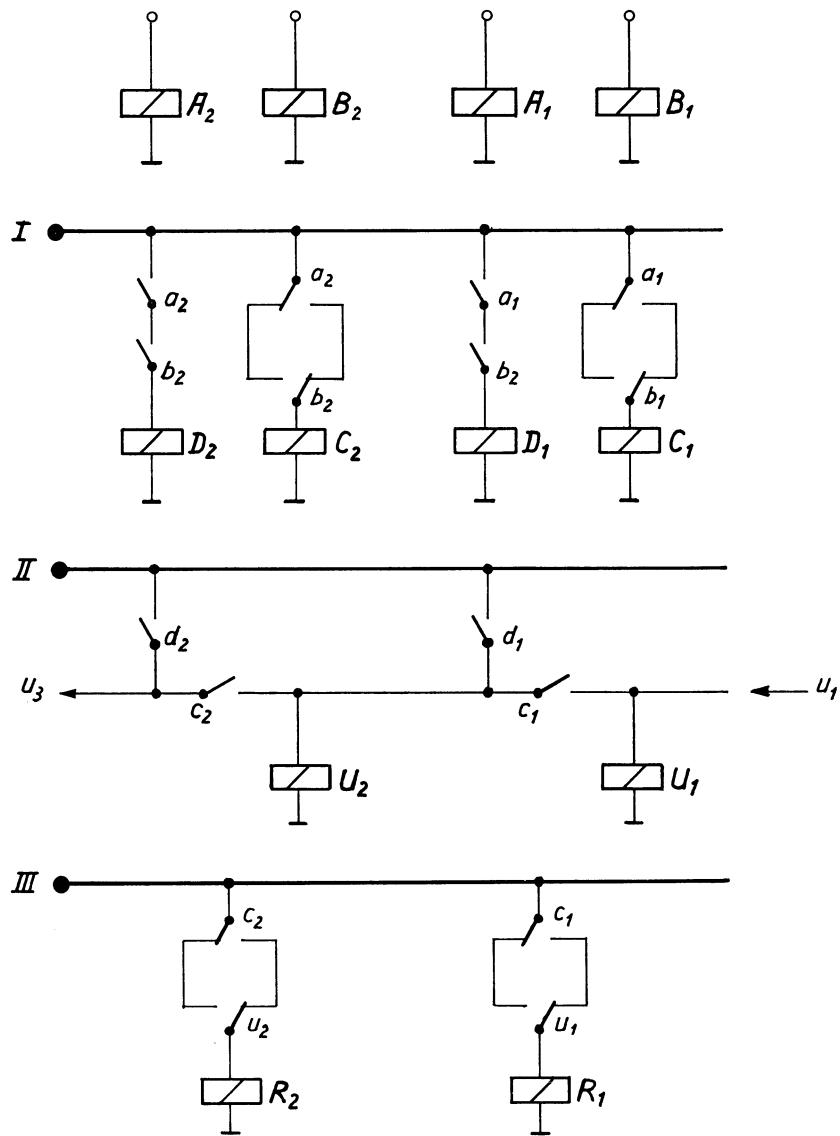


Bild 15. Rein schaltungsmäßige Lösung der Aufgabe des Addierens unter Vermeidung von Gliedern mit mehr als zwei Positionen für zwei Binärstellen. Der Stellenübertrag wird durch die Relais C_i, D_i parallel in allen Binärstellen vorbereitet und dann über die c -Kontakte simultan durchgeschaltet

derartige Schaltelemente mit drei Positionen. Dies lässt sich leicht durch einen Waagebalken erreichen, wie es Bild 14 zeigt.

Die Lösung erscheint zunächst bestechend einfach. Sie stellt jedoch eine Sonderform dar. Erst als ich bei den verschiedenen Versuchen, diese Schaltung

zu verwirklichen, auf konstruktive Schwierigkeiten stieß, gelang es mir, den Übergang zu konsequenteren Ja-Nein-Schaltungen zu finden. Der Weg dahin führt über die Vereinigung der Schaltungen entsprechend den Bildern 12 und 13. Bild 15 zeigt eine Lösung. Die Schaltung ist nur für zwei Binärstellen gezeichnet. Sie ist für drei Schaltsschritte aufgebaut. Im ersten Schritt I werden die Hilfsrelais C_i und D_i geschaltet. Im Schritt II werden über Kontakte c_i , d_i der Relais C_i , D_i die Stellenübertragungsrelais U_i geschaltet. Die Dreipositionsschalter von Bild 13 sind jetzt durch je zwei normale Zweipositionskontakte ersetzt. Im Schritt III werden über Kontakte der Relais C_i und U_i die Summenrelais R_i geschaltet.

Damit war eine Lösung gefunden, die es erlaubte, binäre Addierwerke mit normalen Relais aufzubauen. Zunächst glaubte ich, mit dieser Schaltung auch die günstigste Lösung gefunden zu haben. Erst Jahre später führten mich allgemeine schaltungstheoretische Untersuchungen dahin, die gleiche Aufgabe nicht in drei, sondern in einem Schritt zu lösen. Auf die Einzelheiten möchte ich hier nicht eingehen, sondern in Bild 16 lediglich das Ergebnis zeigen (nur eine Binärstelle ist gezeichnet). Es werden jetzt nur noch die beiden Relaisätze A, B für die beiden Summanden benötigt. Alle Hilfsrelais entfallen. Die Summe wird direkt über die Kontakte dieser Relais gebildet. Wesentlich ist die Einführung zweier

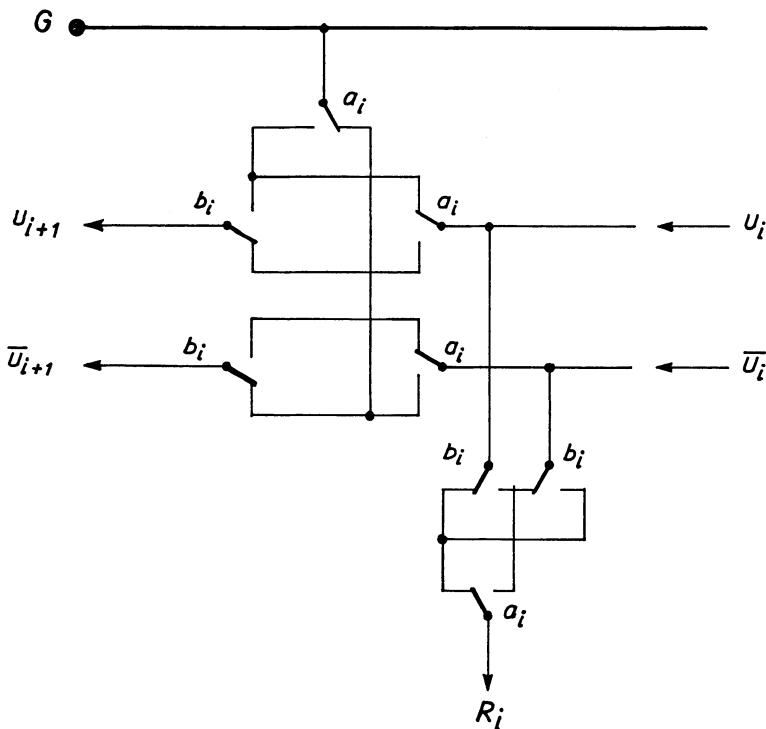


Bild 16. Einschrittige Addierschaltung für eine Binärstelle. Sie enthält nur Kontakte a_i und b_i der beiden Summanden. Es gibt zwei Übertragungsketten u und \bar{u} . („Es wird übertragen“ und „es wird nicht übertragen“)

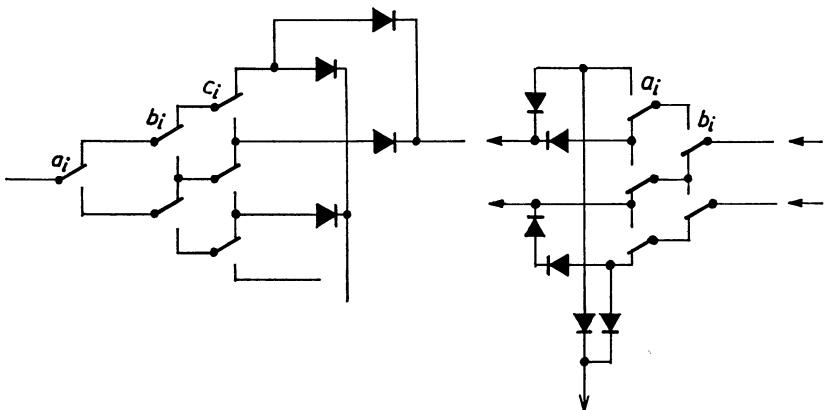


Bild 17 (links). Addierschaltung für drei Summanden und eine Binärstelle mit Gleichrichtern nach Shannon

Bild 18 (rechts). Addierschaltung für eine Binärstelle mit Gleichrichtern

Übertragungsketten U_i und \bar{U}_i („es wird übertragen“ und „es wird nicht übertragen“).

Etwa zehn Jahre später erfuhr ich, daß man in den USA zu der gleichen Lösung gekommen war (Aiken, Stibitz). Der Vollständigkeit halber sei noch eine Lösung von Shannon angeführt, der schon 1937 eine Arbeit über Schaltalgebra veröffentlichte⁵⁴, die mir aber nicht bekannt war (Bild 17). Es wird dabei in jeder Binärstelle gleich die Summe für mehr als zwei Binärziffern a_i, b_i, c_i (im Prinzip beliebig viele) gebildet. Setzt man nach diesem Prinzip mehrere Binärstellen entsprechend Bild 16 aneinander, so sind allerdings Gleichrichter erforderlich. Bild 18 zeigt eine Lösung für zwei Summanden. Sie hat weniger Kontakte als die Lösung von Bild 16. Die Hintereinanderschaltung vieler Gleichrichter macht jedoch Schwierigkeiten und ist kostspieliger als die Lösung mit mehr Kontakten entsprechend Bild 16.

Solche Relaischaltungen haben heute allerdings nur noch historische Bedeutung, da die Elektronik sich allgemein durchgesetzt hat. Die elektronischen Lösungen erlauben es nicht ohne weiteres, das Prinzip des vielstelligen Addierwerks mit Simultanübertrag über sämtliche Stellen zu übernehmen. Es sind hier Sonderlösungen erforderlich. In der Elektronik hat sich auch weitgehend das Serienprinzip durchgesetzt, worauf ich noch eingehen werde. Erstaunlich ist aber, daß Babbage das Prinzip des einschrittigen Stellenübertrags bereits kannte. Auch diese Erfindung von Babbage war in Vergessenheit geraten. In allen traditionellen Tischrechenmaschinen zum Beispiel kann man heute noch bei der Addition $999999 + 1$ den schrittweisen Stellenübertrag von rechts nach links verfolgen.

Die hier etwas breit ausgeführte Entwicklung von Addierwerken stellt zunächst nur die normale Routinearbeit eines Ingenieurs dar, der die günstigste Lösung für eine Aufgabe sucht. Blickt man aber hinter die Dinge, so haben wir es

hier mit einer besonderen Situation zu tun, die meines Erachtens zu einem wichtigen Wendepunkt in der Rechengeräteentwicklung überhaupt führt.

Die Erkenntnis, daß Addierwerke konsequent mit Konstruktionselementen aufgebaut werden können, die nur zwei Positionen zulassen, bildet den Schlüssel zu einer neuen Welt des Rechnens, wenn man ihn richtig zu nutzen versteht. Das ist nicht auf Addierwerke beschränkt, sondern gilt grundsätzlich für jede Art von Informationsverarbeitung. Den Begriff Information im heute gebrauchten Sinne gab es damals allerdings noch nicht.

Die abstrakte Schaltgliedtechnik

Ebenso wie bei der Konstruktion des Addierwerkes mußten nun Mittel und Wege gefunden werden, um das gesamte programmgesteuerte Rechengerät einschließlich aller Steuereinrichtungen rein schaltungsmäßig nach dem Prinzip der Ja-Nein-Werte aufzubauen. Das hatte den weiteren Vorteil, daß Geräte in verschiedener Technik nach den gleichen Grundschatungen aufgebaut werden konnten. Zunächst bot sich das elektromagnetische Relais als idealer Baustein an. Die schon erwähnten Erfolge mit der mechanischen Konstruktion des Speichers veranlaßten mich aber, ein mechanisches Analogon für die Relais zu suchen. Auf diese Weise war es möglich, einen neutralen Entwurf in einer „abstrakten“ Schaltgliedtechnik zu machen, der sowohl in die elektromagnetische als auch in die mechanische Schaltungstechnik übertragen werden konnte. Bild 19 zeigt ein in abstrakter Schaltgliedtechnik entworfenes Addierwerk, welches Bild 15 entspricht. Das mechanische Gerät Z1 und das spätere elektromechanische Gerät Z3 haben fast die gleichen abstrakten Grundschatungen.

Traditionelle Rechenmaschinen enthalten im allgemeinen bewegliche Schlitzen, um die zur wiederholten Addition beziehungsweise Subtraktion erforderlichen Stellenverschiebungen des Multiplikanden beziehungsweise Dividenden durchzuführen. Das widerspricht dem rein schaltungsmäßigen Aufbau eines Rechengerätes. Die Lösung besteht im Kreislaufprinzip. Die im Addierwerk auf den Gliedern R gebildeten Zwischensummen werden wieder zurück auf die Summandeneinstellglieder A bzw. B übertragen. Dabei können über verschiedene Relaisgruppen unterschiedliche Verschiebungen bewirkt werden. Bei den einzelnen Rechenoperationen muß dann dieser Kreislauf dem Ablauf der Operation entsprechend gesteuert werden. Bild 20 zeigt das Schema eines solchen Kreislaufs. Ad ist das Addierwerk mit den Stellen 0 bis 7. Die unteren vier Stellen haben je zwei Eingänge, die oberen vier nur je einen. Jede Stelle hat einen Ausgang. Ein auf dem Register Md eingestellter vierstelliger Binärwert kann über die Schaltglieder Ea auf das Addierwerk übertragen werden. Das Ergebnis der Addition kann über die Schaltglieder Ed herausgegeben oder anderen Teilen der Rechenmaschine zugeführt werden. Außerdem kann das Ergebnis des Addierwerkes wieder auf seine Eingänge zurückübertragen werden, und zwar einmal über Eb ohne Stellenverschiebung und zum anderen über Ec mit einer Aufwärtsverschiebung um eine Binärstelle. Diese Aufwärtsver-

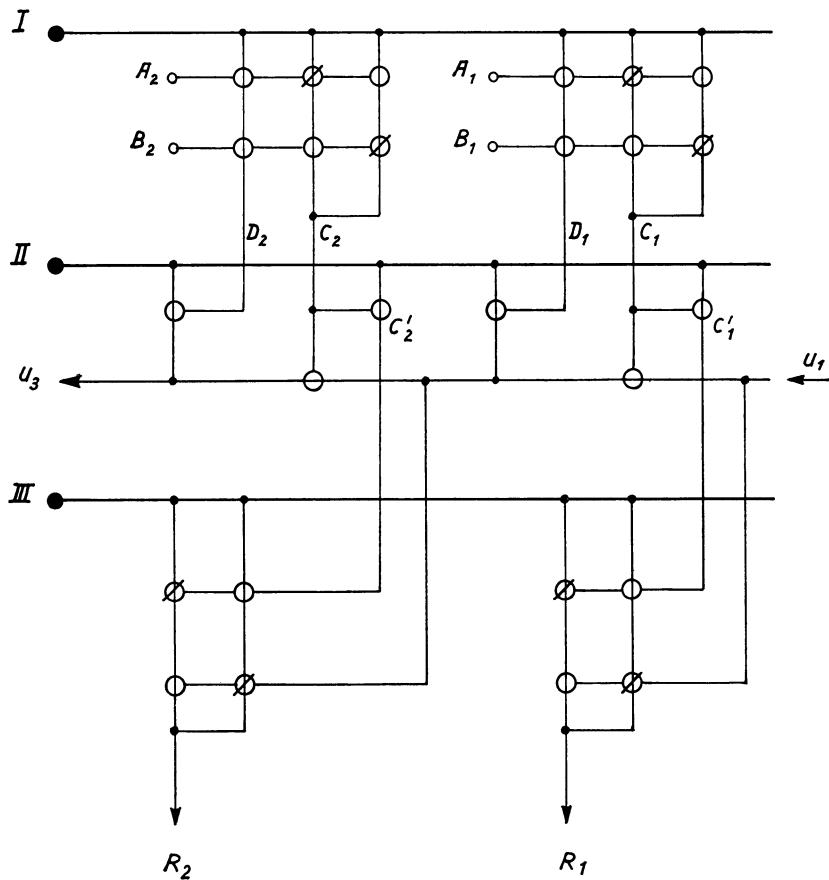


Bild 19. Addierschaltung entsprechend Bild 15, dargestellt in abstrakter Schaltgliedtechnik

schiebung entspricht der Schlittenverschiebung bei traditionellen Tischrechenmaschinen. Der gezeigte Kreislauf kann beispielsweise zum Multiplizieren benutzt werden, wozu dann allerdings noch weitere Steuerelemente (Ablesung des Multiplikators) erforderlich sind.

Die halblogarithmische Form

Hat man sich einmal von der Tradition gelöst, so liegt es nahe, diesen Weg konsequent bis zum Ziel zu verfolgen. Der Übergang vom dezimalen zum binären Zahlensystem bedeutet nur einen Schritt. Wissenschaftler und Ingenieure arbeiten viel mit Zahlen verschiedener Größenordnung, wobei jedoch die Genauigkeit auf verhältnismäßig wenige Stellen beschränkt sein kann. Diese Bedingung erfüllt der Rechenstab in idealer Weise. Auf digitale Rechengeräte

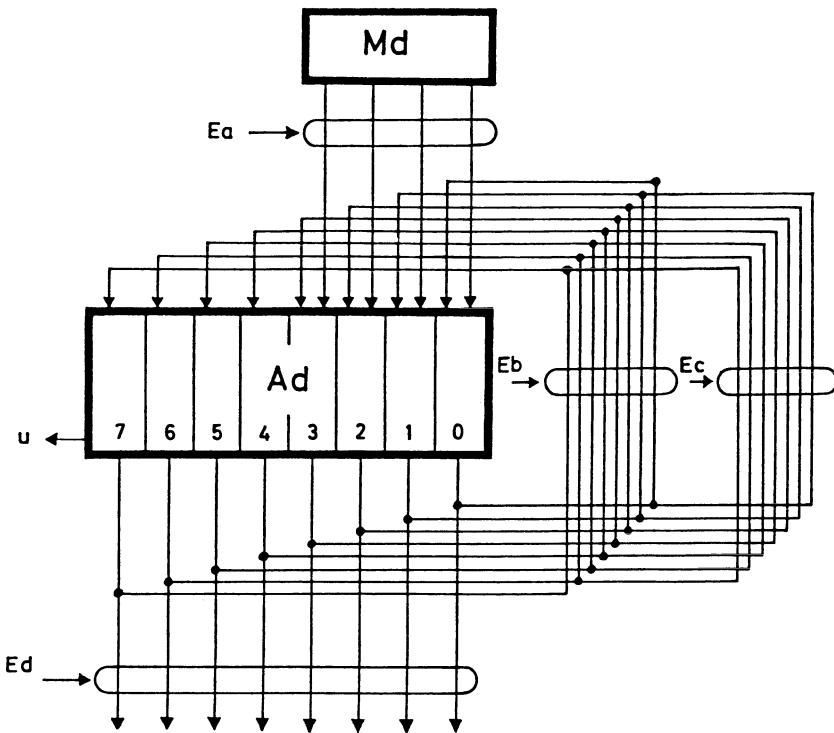


Bild 20. Zahlenkreislauf eines Multiplizierwerks. Die Ausgänge des Addierwerks sind auf die Eingänge zurückübertragbar, und zwar über Eb ohne Stellenverschiebung und über Ec mit Stellenverschiebung

übertragen, bedeutet das die Verwendung logarithmischer anstelle normaler Werte. Meine Versuche in diese Richtung scheiterten jedoch an der Addition zweier Zahlen, deren Logarithmen gegeben sind. Der konstruktive Aufwand, um die an sich bekannten Additionslogarithmen darzustellen, ist zu hoch. Als brauchbare Zwischenlösung fand ich die „halbilogarithmische“ Form, bei der die Zahl folgendermaßen dargestellt wird:

$$Y = 2^a \cdot b$$

Hierbei ist a als Exponent von 2 der ganzzahlige Teil des Logarithmus von Y in bezug auf die Basis 2. b ist ein Faktor, der zwischen eins und zwei liegt.

Den Mathematikern war diese Schreibweise längst bekannt. Aber in der Rechenmaschinenindustrie wurde sie noch nicht verwendet, weil man dort den technisch-wissenschaftlichen Rechnungen ohnehin keine Bedeutung beimaß. Heute findet man diese Darstellung der Zahlen unter dem Namen gleitendes Komma in fast allen Computern.

Die theoretisch einfache Lösung erfordert aber komplizierte Rechengeräte beziehungsweise umständliche arithmetische Operationen. Aus diesem Grund plante Babbage sein Gerät noch mit festem Komma, jedoch für fünfzig Dezimal-

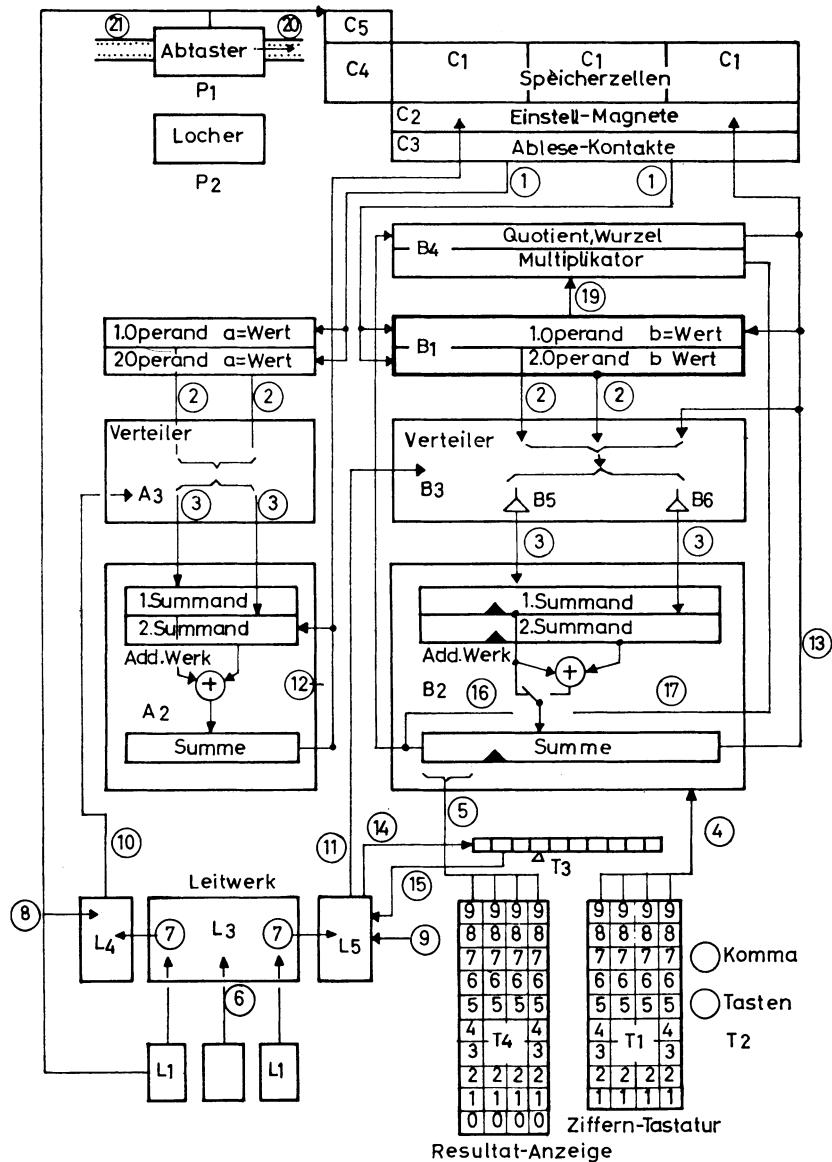


Bild 21. Kreislaufschema der Geräte Z1 und Z3 mit vollausgebauter Gleitkomma-Arithmetik. Links wird der Exponent, rechts die Mantisse verarbeitet

stellen. Demgegenüber baute ich das Gerät Z1 mit sieben Binärstellen für den Exponenten und sechzehn Binärstellen für die Mantisse ($a = \text{Wert}$ und $b = \text{Wert}$ in obiger Formel).

Der verhältnismäßig geringe Aufwand erfordert leider wesentlich kompliziertere Steuerungsorgane. Hier leistete die neu entdeckte Schaltalgebra gute

Dienste. Bild 21 zeigt das Kreislaufschema der Geräte Z1 und Z3. Im Rahmen dieses Buches möchte ich die Schaltungen im einzelnen nicht beschreiben, zumal die schaltungsmäßig voll ausgebauten Gleitkomma-Arithmetik heute überholt ist. Näheres hierüber findet sich in dem Buch „Digitale Informationswandler“ im Abschnitt „Entwicklungslinien einer Rechengeräteentwicklung von der Mechanik zur Elektronik“⁵⁵. Heute hat man einfachere Geräte, bei denen auch die arithmetischen Operationen durch Unterprogramme gelöst werden. Solche Lösungen wurden aber erst nach Einführung der wesentlich schnelleren elektronischen Bauelemente sinnvoll.

Versuch der Entwicklung einer Bedingungskombinatorik

Die komplizierten Steuerungsorgane eigneten sich vorzüglich zur Entwicklung einer Bedingungskombinatorik. Das Beispiel der Vorzeichenermittlung möge dies veranschaulichen.

Für eine wissenschaftliche Rechenmaschine empfiehlt es sich, nicht nur die normalen vier Grundoperationen Addition, Subtraktion, Multiplikation und Division einzubauen, sondern auch noch das Quadratwurzelziehen und eine Reihe von Hilfsoperationen. Ferner bringt es für die Programmierung Vorteile, wenn man neben der normalen Subtraktion $x - y$ die inverse Operation $y - x$ einführt. Wir haben dann folgende Operationen, wobei x und y die beiden Operanden sind:

1.	$x + y$	6.	\sqrt{x}
2.	$x - y$	7.	$-x$
3.	$y - x$	8.	$10x$
4.	$x \cdot y$	9.	$2x$
5.	$x : y$	10.	πx

Am einfachsten sind die Fälle 8, 9 und 10. Dabei wird x lediglich mit einem festen Wert multipliziert, so daß das Vorzeichen des Resultats gleich dem Vorzeichen von x ist. Ebenso wird im Fall 6 beim Wurzelziehen das Vorzeichen stets positiv gewählt; die Berücksichtigung der ebenso richtigen, negativen Wurzel muß – falls erforderlich – durch das Programm erfolgen. Im Fall 7 ist das Vorzeichen nur umzukehren.

Verhältnismäßig einfach sind ferner die Fälle 4 und 5, Multiplikation und Division. Sind die Vorzeichen von x und y einander gleich, so ist das Ergebnis positiv, andernfalls negativ.

Komplizierter sind die Verhältnisse bei den Operationen 1, 2 und 3, die gemeinsam eine Klasse bilden. Wir müssen zwischen befohlener Operation (Addition und Subtraktion) und auszuführender Operation unterscheiden, da beide Operanden x und y , sowohl positiv als auch negativ sein können. Im Fall befohlener Addition (Fall 1, $x + y$) und gleichen Vorzeichen von beiden Operanden ist die auszuführende Operation eine Addition, bei ungleichen Vorzeichen eine Subtraktion. Bei 2 und 3 ($x - y$, $y - x$) liegt der Fall umgekehrt (bei

gleichen Vorzeichen Subtraktion, bei ungleichen Addition). Das Vorzeichen des Resultats hängt von den Vorzeichen der Operanden, der befohlenen Operation, der ausgeführten Operation und dem Vorzeichen des Ergebnisses dieser ausgeführten Operation ab. Dabei wollen wir annehmen, daß der Operand stets positiv auf das Addierwerk eingestellt wird und der zweite positiv beziehungsweise negativ, je nachdem, ob die auszuführende Operation eine Addition oder eine Subtraktion ist. Man führt für den ersten Operanden vorteilhaft den Begriff des effektiven Vorzeichens ein. Dieses ist im Fall 1 und 2 ($x+y$, $x-y$) gleich dem Vorzeichen von x und im Fall 3 ($y-x$) gleich seiner Umkehrung. Das Vorzeichen des Resultats ist dann gleich dem effektiven Vorzeichen des ersten Operanden, falls das Ergebnis der tatsächlich ausgeführten Operation positiv ist, andernfalls entgegengesetzt.

Mit diesen noch nicht formalisierten Überlegungen sind die Gesetze für die Bildung des Vorzeichens des Resultats für die verschiedenen Operationen festgelegt. Eine Möglichkeit der Schematisierung ist nun die Fallunterscheidung. Können wir die Fälle zusammenstellen, bei denen das gesuchte Vorzeichen positiv beziehungsweise bei denen es negativ sein muß? Die Idee des Ja-Nein-Wertes führt uns zu der Erkenntnis, daß entweder das eine oder das andere zutrifft. Bei den soeben gefundenen Gesetzen gibt es keine dritte Möglichkeit; gesucht wird nur ein Ja-Nein-Wert, nämlich das Vorzeichen des Resultats. Es genügt die Aufzählung der Fälle, in denen es positiv sein muß; in allen übrigen ist es negativ. Dabei wird dem Wert Null ein positives Vorzeichen zugeordnet.

Versuchen wir, solche Fälle aufzuzählen, so stellen wir fest, daß bestimmte Verknüpfungen nur unter verschiedenen Voraussetzungen möglich sind: „Für den Fall der Multiplikation oder der Division ist das Vorzeichen des Resultats positiv, falls die Vorzeichen der beiden Operanden gleich sind.“ Wir verfolgen konsequent das Ja-Nein-Wert-Prinzip und führen den Begriff der Bedingung ein, die entweder erfüllt ist oder nicht. Eine solche Bedingung kann lauten: „Es liegt eine Multiplikation vor.“ Oder: „Das Vorzeichen des ersten Operanden ist positiv.“ Oder: „Beide Vorzeichen sind gleich.“ Als nächstes übersetzen wir diese in Worten ausgedrückten Bedingungen in Kurzzeichen, wie wir es von der Mathematik her kennen. Wir müssen uns nur daran gewöhnen, daß zum Beispiel das Zeichen A keine Zahl, sondern einen Ja-Nein-Wert vertritt. Vom Aufbau der Addierwerke wissen wir, daß man diesen Ja-Nein-Werten konstruktiv elektromagnetische Relais zuordnen kann. Es ist daher vorteilhaft, die gleichen Bezeichnungen für die Relais und die Bedingungen, die sie repräsentieren, zu wählen. Da wir Hunderte oder Tausende von Relais in einer einzigen Rechenmaschine brauchen, führen wir große und kleine Buchstaben – eventuell mit Index – für die Zeichen ein und ordnen den vom Programmwerk her befohlenen Operationen folgende Bezeichnungen zu:

Ls 1	$x + y$	Lm	$x \cdot y$	La	$-x$
Ls 2	$x - y$	Ld	$x : y$	Lb	$10x$
Ls 3	$y - x$	Lw	\sqrt{x}	Lc	$2x$
				Lp	πx

Gegeben sind ferner die Vorzeichen Vx und Vy der beiden Operanden x und y ; mit Vr bezeichnen wir das Vorzeichen des Resultats.

Mit der einfachen Aufzählung von Bedingungen kommen wir jedoch nicht weiter. Sie müssen untereinander verknüpft werden. Auch im normalen Sprachgebrauch unterscheiden wir notwendige und hinreichende Bedingungen. Zum Beispiel ist Lw (Quadratwurzelziehen) eine hinreichende Bedingung für Vr . Im Fall La ($-x$) ist die Nichterfüllung von Vx eine notwendige Bedingung. Wir brauchen also einen formalen Ausdruck für „Bedingung A ist nicht erfüllt“ und schreiben dafür einfach $-A$. Die Ausdrücke der Umgangssprache „hinreichend“ und „notwendig“ sind jedoch nicht so klar, wie wir sie für eine formale Darstellung brauchen. Sie haben nur bei der Verknüpfung mehrerer Bedingungen einen Sinn. Wir fassen zunächst hinreichende Bedingungen in runden Klammern und notwendige Bedingungen in eckigen Klammern zusammen. Diese Klammerausdrücke repräsentieren neue, zusammengesetzte Bedingungen. Falls erforderlich, können wir dafür wie in der Mathematik andere Bezeichnungen einführen:

$$(A, B) = C$$

bedeutet dann, daß C erfüllt ist, wenn eine der beiden Bedingungen A oder B erfüllt ist.

$$[A, B] = D$$

bedeutet hingegen, daß D nur erfüllt ist, wenn sowohl A als auch B erfüllt ist.

Die Bedingung für Vr kann man verhältnismäßig leicht ansetzen, zunächst jedoch getrennt für einzelne Operationsgruppen. Für Multiplikation und Division ergibt sich folgender Ansatz:

$$\left[(Lm, Ld), ([Vx, Vy], [-Vx, -Vy]) \right] \Rightarrow Vr$$

Das Gleichheitszeichen haben wir durch das Ergibtzeichen ersetzt, da Vr noch auf andere Weise gebildet werden kann. Wir führen jetzt für zusammengesetzte Bedingungen neue Bezeichnungen ein. Die in unserem Ansatz negierte Bedingung „beide Vorzeichen sind gleich“ brauchen wir auch noch bei der Addition und bei der Subtraktion. Wir definieren daher:

$$([Vx, Vy], [-Vx, -Vy]) \Rightarrow Vg$$

Der Ansatz für Multiplikation und Division sieht folgendermaßen aus:

$$[(Lm, Ld), Vg] \Rightarrow Vr$$

Für die Operationen 6–10 ergibt sich ebenfalls ein verhältnismäßig einfacher Ansatz:

$$\left(Lw, [(Lb, Lc, Lp), Vx], [La, -Vx] \right) \Rightarrow Vr$$

Komplizierter wird der Ansatz bei Addition und Subtraktion, also bei den Operationen 1–3. Die auszuführende Operation wird durch einen besonderen Ja-Nein-Wert (S_b) bestimmt. Er sei im Falle auszuführender Subtraktion positiv. Es gilt dann:

$$\left([Ls_1, -Vg], [Ls_2, Ls_3], Vg \right) \Rightarrow S_b$$

Wir haben schon das effektive Vorzeichen für den ersten Operanden eingeführt, für welches wir das Kurzzeichen Vx' benutzen wollen. Es gilt:

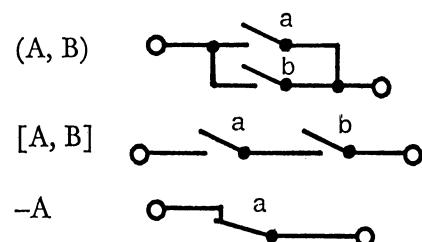
$$\left([(Ls_1, Ls_2), Vx], [Ls_3, -Vx] \right) \Rightarrow Vx'$$

In den Ansatz für Vr geht noch die Meldung vom Addierwerk ein, ob die dort abgebildete Summe positiv oder negativ ist. Auch dies ist ein Ja-Nein-Wert, den wir mit Bv bezeichnen wollen. Es gilt dann:

$$\left[(Ls_1, Ls_2, Ls_3), ([Vx', Bv], [-Vx', -Bv]) \right] \Rightarrow Vr$$

Die drei erhaltenen Ansätze für Vr lassen sich in einem zusammenfassen, indem man die links vom Pfeilzeichen stehenden Ausdrücke wiederum als hinreichende Bedingungen in einer runden Klammer zusammenfaßt. Dadurch wird jedoch die Übersicht erschwert.

Bei der Konstruktion von Addierwerken haben wir schon gesehen, daß wir auch schaltungsmäßig mit Elementen auskommen können, die nur zwei Positionen zulassen. Als Verknüpfungselemente brauchen wir lediglich sogenannte Arbeits- und Ruhekontakte. Die in Bild 10 und an anderer Stelle verwendeten Umschaltkontakte sind nur konstruktive Zusammenfassungen von Arbeits- und Ruhekontakten, stellen also logisch kein neues Element dar. Wir brauchen nur ein System, um in obiger Form angesetzte Bedingungen durch Schaltungen darstellen zu können. Wir erkennen leicht, daß die Verknüpfung hinreichender Bedingungen durch Parallelkontakte und die Verknüpfung notwendiger Bedingungen durch hintereinandergeschaltete Kontakte dargestellt werden kann. Negierte Bedingungen werden durch Ruhekontakte dargestellt. Es ergeben sich folgende drei Grundschaltungen:



Dabei haben wir uns an die im Fernsprechbau übliche Regel gehalten, die Relais selbst mit großen Buchstaben und deren Kontakte mit den entsprechen-

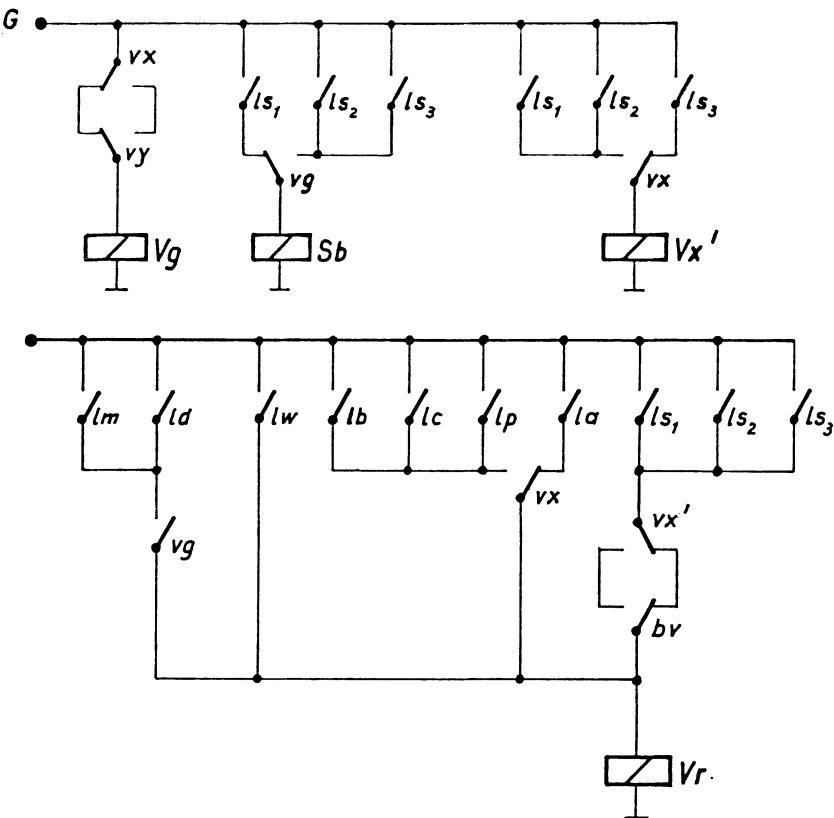


Bild 22. Schaltung für ein Vorzeichenwerk. Das Vorzeichen des Resultats einer arithmetischen Operation hängt von der Art der befohlenen Operation und den Vorzeichen der Operanden ab

den kleinen Buchstaben zu bezeichnen. Für das Vorzeichenwerk ergibt sich die Schaltung von Bild 22.

Anlage 3. Zur Computerarchitektur

(Kurzfassung des Vortrags auf der Tagung „Struktur und Betrieb von Rechensystemen“, NTG/GI-Fachtagung vom 22. bis 24.3.1982 in Ulm/Neu-Ulm)

Computerarchitektur und die Kunst des Möglichen

Wie alle technischen Entwicklungen, so mußte sich auch die des Computers in den aufeinanderfolgenden Phasen an die Grenzen des Ausführbaren halten. Babbage standen nur die mechanischen Mittel zur Verfügung. Bei solchen

Konstruktionen müssen nach Möglichkeit logisch zusammenhängende Teile auch räumlich benachbart sein. Komplizierte Verflechtungen sind in mechanischer Technik nur schwierig durchzuführen. Die Elektrotechnik bot hier neue Möglichkeiten, da solche Verbindungen über Leitungen leicht gelegt werden können. Die Idee von Babbage wurde jedoch nicht sofort mit der Ausreifung dieser elektromechanischen Technologie wieder aufgegriffen. Erst etwa hundert Jahre später, Mitte der dreißiger Jahre, wurden Computer in Relaistechnik gebaut. Das führte zur Entwicklung der Schaltalgebra, wodurch die Kalküle der mathematischen Logik für praktische Aufgaben angewandt werden konnten. Die Stärke der Elektromechanik lag in der verdrahteten Logik. Es waren sehr komplizierte Steuerungen, zum Beispiel für die Gleitkomma-Arithmetik, möglich. Jedoch standen nur Speicher von verhältnismäßig geringer Kapazität zur Verfügung. Das hatte zur Folge, daß zum Beispiel die Aufgaben der bedingten Verzweigung von Programmen und der Adressenumrechnung ebenfalls möglichst schaltungsmäßig gelöst werden mußten.

Die Einführung elektronischer Bauelemente erlaubte, im Gegensatz zur Elektromechanik, die Operationen mehr seriell in vielen Schritten durchzuführen. Ferner konnten Speicher hoher Kapazität entwickelt werden. Damit konnte die gedanklich schon vorbereitete Programmspeicherung verwirklicht werden.

In den weiteren Formen entstanden die Großrechenanlagen mit einem verhältnismäßig aufwendigen zentralen Prozessor und einer umfangreichen Peripherie. Informationsverarbeitende Elemente waren wesentlich teurer als informationsspeichernde Elemente. Durch diese technischen und ökonomischen Grenzen bedingt, entstanden die Vielfachzugriffsstysteme, die etwa ein Jahrzehnt lang die Computerarchitektur im wesentlichen bestimmten.

Durch die miniaturisierte und integrierte Schaltkreistechnik wurden wiederum neue Computerarchitekturen ermöglicht. Der Unterschied zwischen informationsverarbeitenden und -speichernden Bauelementen wird immer kleiner, so daß heute zum Beispiel assoziative Speicher mit erträglichem Aufwand gebaut werden können. Die Verkleinerung gibt die Möglichkeit, viele kleine Computer parallel arbeiten zu lassen. Dadurch werden Zellulare Automaten, Array-Computer und ähnliche Konstruktionen ausführbar. Die dadurch gegebenen neuen Möglichkeiten der Computerarchitektur sind bis jetzt im wesentlichen theoretisch behandelt worden. Ihre breite Einführung in die Praxis steht noch bevor. Einerseits sind auch solche Konstruktionen an technische Grenzen gebunden. Andererseits sind ihre sehr bedeutenden Möglichkeiten noch nicht in voller Breite erkannt worden. Hier liegen neue, zum Teil noch unerschlossene Entwicklungen der Computerarchitektur vor uns. (*Hünfeld, Dezember 1981*)

Anlage 4. Zum Plankalkül

Typisch erschien mir folgende elementare Aufgabe, welche nur durch ergänzende Bemerkungen der Wortsprache dargestellt werden kann: Gegeben seien die Koordinaten zweier achsparalleler Rechtecke in einem kartesischen Koordinatensystem. Die Rechtecke können sich ganz oder teilweise überdecken. Gesucht ist die gesamte bedeckte Fläche, absolut genommen. Dabei sind doppelt überdeckte Flächen nur einfach zu rechnen (Bild 23). Hier muß zunächst untersucht werden, ob gegenseitige Überdeckungen vorkommen. Ist das der Fall, so muß die überdeckte Fläche einmal von der Summe der Flächen der Rechtecke abgezogen werden. Praktisch löst man diese Aufgabe selbstverständlich mit Hilfe einer Zeichnung, auf der man „mit einem Blick“ die Überdeckungen erkennt. Diese der menschlichen Arbeitsweise angepaßte Operation ist jedoch mathematisch schwer zu formulieren. Die Bedingung für Überdeckung kann zum Beispiel durch Bildung und Vergleich von Koordinatendifferenzen ermittelt werden. Man erhält dann verschiedene Einzelbedingungen, die man aussagenlogisch miteinander verknüpfen kann. Ein Mathematiker, dem ich im Kriege die Aufgabe vorlegte, gab mir allerdings eine in herkömmlicher Schreibweise angesetzte Formel an, bei der er das Zeichen sign (x) benutzte. Tatsächlich ergibt dieser Operator, auf reelle Zahlen angewandt, einen Ja-Nein-Wert als Ergebnis (+1, -1). Man könnte sogar mit seiner Hilfe die Formeln des Aussagenkalküls darstellen. Das ist aber ein Umweg. Mir kam es eher darauf an, umgekehrt die arithmetischen Operationen in solche des Aussagenkalküls zu zerlegen. Erst durch diese Denkweise war es möglich, das gesamte Gebiet des schematischen Rechnens logisch von den Grundoperationen her aufzubauen. Das erwähnte Beispiel ist noch sehr einfach. Wesentlich schwieriger wird es, wenn man statt mit zweien mit beliebig vielen Rechtecken arbeitet, oder wenn man gar beliebige geometrische Formen (Dreiecke, Kreise und so weiter) in

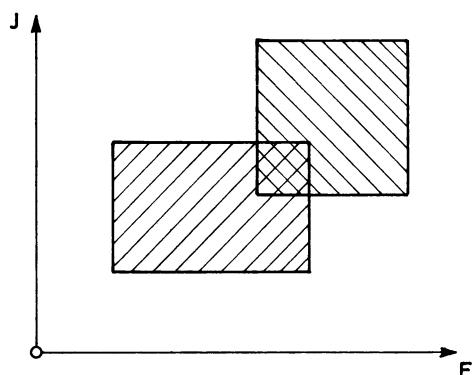


Bild 23. Elementaraufgabe einer Programmierung mit bedingten Befehlen. Gegeben sind die Koordinaten zweier Rechtecke. Es soll die gesamte Fläche bestimmt werden, wobei die überlagerte Fläche nur einfach zu zählen ist

beliebiger Lage (also auch schiefwinklig zum Koordinatensystem) zuläßt. Man kann diese Aufgabe ohne mathematisches Studium lösen. Jedoch ist die Formulierung eines allgemeinen Algorithmus, der für sämtliche möglichen Fälle wie ein Automat arbeitet, keineswegs einfach.

Als ich die Schaltungen für die bisherigen, in verschiedener Technik gebauten Geräte entwickelte, zerlegte ich schon die arithmetischen Operationen in einzelne aussagenlogische Komponenten. Nun mußten diese den Schaltungen zugrundeliegenden Gesetze exakt als Rechenvorschrift formuliert werden, und zwar nicht nur für einen speziellen Fall, sondern allgemein für beliebige Stellenzahlen, ohne Hilfe der Wortsprache.

Darüber hinaus mußte es mit einer solchen algorithmischen Sprache möglich sein, die normalen Fälle für numerische Rechnungen mit Sprungbefehlen, Adressenumrechnungen und so fort darzustellen. Diese Aufgabe lag am nächsten, weil die ersten Computer ja hauptsächlich numerischen Rechnungen dienten. Allerdings stand das einzige deutsche Gerät, die gerettete Z4, in einem Schuppen und konnte nicht betrieben werden. Außerdem rechnete es zunächst nur nach einfachen, starr ablaufenden Programmen. Die Entwürfe für leistungsfähigere Geräte standen nur auf dem Papier. Ich wollte den ganzen Fragenkomplex an der Wurzel packen und suchte eine wirklich universelle Formelsprache, die selbstverständlich auch die numerischen Rechnungen erfassen würde. Sie verursachten nach meiner Ansicht keine großen Schwierigkeiten. Ich glaubte, daß das eigentlich Neue auf anderen Gebieten läge.

Hinter den numerischen Rechnungen erschien als Traumbild das allgemeine Rechnen mit Formeln und algebraischen Ausdrücken, das, was man heute als symbolische Rechnungen bezeichnet. Die Rechnungen des Ingenieurs und Wissenschaftlers bestehen nicht aus reiner Zahlenrechnung, sondern erfordern eine umfangreiche Vorbereitung der Formeln. Wenn der Satz galt „Rechnen heißt, aus gegebenen Angaben nach einer Vorschrift neue Angaben bilden“, so mußte auch das ein Rechenprozeß sein. Eine Formel besteht aus einer Zeichenfolge, ist also eine „Angabe“ (heute sagen wir Information). Stellt diese Formel eine analytische Funktion dar, so bildet auch ihre Ableitung eine Zeichenfolge und ist eine Angabe. Bei dem Prozeß der formalen Ableitung wird also nach einer Vorschrift aus einer gegebenen Zeichenfolge eine neue Zeichenfolge gebildet. Ähnlich kann man die meisten anderen mathematischen Ausdrücke umformen. Allerdings kommt eine Erschwernis hinzu: nicht immer läßt sich eine exakte Vorschrift aufstellen, bei der sich für sämtliche möglichen Fälle die Lösung nach einer endlichen Folge von Operationen ergibt. Das Vereinfachen von mathematischen Ausdrücken läßt meist mehrere Möglichkeiten zu, und der Mathematiker muß entscheiden, welche Form die günstigste ist. Die Gesichtspunkte für solche Entscheidungen sind schwer in Gesetze zu fassen. Es liegt hier weniger eine theoretische Grenze der Mechanisierung mathematischer Prozesse vor als vielmehr eine praktische, die nur langsam Schritt für Schritt vorwärtsgeschoben werden kann. Deshalb entschloß ich mich, zunächst nur „schematische“ Denkoperationen zu erfassen. Aber kann man dann von Denkoperationen sprechen? An dieser Frage scheiden sich die Geister bis auf den heutigen Tag. Doch es ist

nur ein Streit um Worte. Ich ahnte die weltanschaulichen Bedenken gegen den Terminus schematische Denkoperationen und sprach deshalb vom allgemeinen Rechnen.

Schon als ich versuchte, das Schachspiel zu formalisieren, mußte ich die ungeordneten Gedanken in feste Formeln bringen. Den Traum von dem Sieg der Maschine gegen den Schachweltmeister mußte ich zwar zunächst aufgeben, denn ein Überschlag zeigte, daß rein quantitativ die sichere Berechnung des besten Zuges nicht möglich war. Die Gedanken, die John v. Neumann und andere zur Spieltheorie führten, hatte ich nur flüchtig verfolgt. Über das Minimaxsystem kam ich nicht hinaus. Eine Schachpartie besteht aus einer abwechselnden Folge von eigenen Zügen und Zügen des Gegners. Der vollendete Spieler A bestimmt den eigenen optimalen Zug (Maximum), während der Gegner B den nächsten Zug so bestimmt, daß für ihn ein Optimum entsteht und für seinen Gegner A ein Minimum. Im Prinzip könnte man auf diese Weise ideale Partien errechnen, wenn die Zahl der durchzurechnenden Fälle nicht so groß wäre, daß selbst die schnellste Rechenmaschine hierfür Millionen Jahre brauchte. Es war also klar, daß man unter der Vielzahl der möglichen Züge nur einen wahrscheinlich guten errechnen konnte; aber auch dazu gehörte viel Vorarbeit. Die weiteren Untersuchungen ergaben, daß allein die Spielkontrolle, das heißt die Prüfung, ob eine gespielte und aufgezeichnete Partie nicht gegen die Regeln des Schachspiels verstößt, sehr umfangreich ist, und daß sie völlig ausreicht, um einen allen Situationen des allgemeinen Rechnens gewachsenen Kalkül zu schaffen. Als Eingangswert der Rechnung gilt die in Schachzeitungen übliche Aufzählung der Züge, die meist mit e2–e4 beginnt. Das Ergebnis der Rechnung ist lediglich die Aussage „Das Spiel erfolgt nach den Regeln“, also ein Ja-Nein-Wert.

Derartige Rechenvorschriften benötigen Grundoperationen mit abstrakten Angabearten allgemeiner Art. Es kann eine Ordnung aufgebaut werden, beginnend mit dem Ja-Nein-Wert über Folgen von Ja-Nein-Werten, Paaren und Listen solcher Folgen zu immer komplizierteren Gebilden, die sich aber gesetzmäßig aus elementaren Angaben aufbauen. Der Vorteil dieses Zufalls, daß die Datenverarbeitungsfachleute über ein „Elementarteilchen“ der Information verfügen, wird meines Erachtens nicht genügend gewürdigt. Die Physiker hingegen mühen sich seit jeher ab, die Erscheinungen der Natur auf letzte Elementareinheiten zurückzuführen, jedoch nicht immer mit befriedigenden Ergebnissen.

Es erschien mir sinnvoll, den Begriff der algebraischen Dimension einzuführen. Die Formeln des Aussagenkalküls haben die algebraische Dimension Zahl. Darüber hinaus können die algebraischen Dimensionen des Vektors, der Matrix und so fort gebildet werden.

Aber all das haftet noch zu sehr am traditionellen Denken. Ein wirklich universeller Formalismus muß hinsichtlich der Struktur der zu behandelnden Information und ihrer Verknüpfungsarten völlig frei sein. Das zeigt ein Blick auf das Schachspiel: Etwa ein Dutzend Angaben verschiedener Struktur, wie Feldbesetzung, Zugangabe, Spielsituation, Liste der Steine, gehen als Informationseinheiten in die Rechnung ein oder werden als Ergebniswerte bestimmt. So besteht die Feldbesetzung aus der Aufzählung der vierundsechzig Felder und

ihrer Besetzung. Bei der Spielsituation ist diese Angabe durch den Ja-Nein-Wert „Weiß oder Schwarz am Zuge“ und Angaben über bereits vollzogene Rochaden ergänzt, ferner noch durch eine zusätzliche Information, welche in speziellen Fällen angibt, ob ein passant geschlagen werden darf. Es hat wenig Sinn, den Begriff algebraische Dimensionen auch auf solche Strukturen auszudehnen. Gerade beim Schachspiel zeigt sich, daß selbst einfache Ausdrücke sehr verschiedene Angabenstrukturen in einem einzigen formalen Ansatz aufweisen.

Vor die Aufgabe, mit Werten verschiedener Struktur und Bedeutung zu arbeiten, ist der Mathematiker schon immer gestellt. Man behilft sich mit unterschiedlichen Zeichenklassen, wie lateinischen, griechischen oder deutschen Buchstaben. So stellt man etwa Vektoren mit deutschen Buchstaben dar, oder man benutzt Unter- und Überstreichungen, Indizes in verschiedenen Positionen und dergleichen. Erinnert sei an Zeichen wie:

$$\alpha_P \quad \overline{\alpha}_{i-1}^P \quad 'L(\beta, x)$$

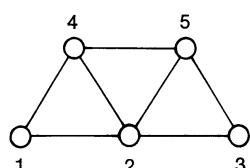
Oft kann man den Sinn solcher Zeichen nur aus dem Zusammenhang erraten. Sie mußten durch einen rein schematischen Strukturkalkül ersetzt werden, dessen wichtigste Punkte hier nur angedeutet werden können⁵⁶.

Aufbau zusammengesetzter Angabenstrukturen:

SO	Ja-Nein-Wert
S 1 . n = n × SO	n-stellige Folge von Ja-Nein-Werten
S 1 . 4	Tetrade
σ	allgemeines Zeichen für Angabe beliebiger Struktur
2σ	Paar von Werten
$m \times 2 \sigma$	Paarliste

Auf diese Weise lassen sich zum Beispiel beliebige technische Strukturen, wie Netzwerke, Stabwerke, Konstruktionen und so weiter darstellen.

Beispiel: *Stabwerk*



Paarliste

- 1 – 2
- 2 – 3
- 1 – 4
- 2 – 4
- 2 – 5
- 4 – 5
- 3 – 5

Die Strukturen sind aber damit nicht ausreichend gekennzeichnet, denn der Begriff Zahl kann durch sehr unterschiedliche Strukturenarten dargestellt werden, wie Binärzahlen, Dezimalzahlen, Gleitkommadarstellung und so fort. Deshalb führte ich den übergeordneten Begriff der Angabenart ein.

Darüber hinaus suchte ich eine einfache und doch übersichtliche Darstellungsart der verschiedenen Variationen von Strukturen und Zeichenarten und kam darauf, die Zeichen in Komponenten, die in verschiedene Zeilen gesetzt werden, zu zerlegen.

Neben der Hauptzeile, welche die Formel im wesentlichen in der traditionellen Form enthält, wird eine zweite Zeile (V) für den Variablen-Index, eine dritte für den Komponenten-Index (K) und eine vierte für den Struktur-Index (S) eingeführt. Die letzte braucht streng genommen nicht immer ausgefüllt zu werden, dient aber wesentlich der Erleichterung des Verständnisses einer Formel. Die Zeilen werden durch Vorsetzen der zugeordneten Buchstaben (V, K, S) gekennzeichnet.

Beispiele:

V	V	Die Variable V_3 ist eine Paarliste von m Paaren der Struktur $2 \times 1.n$ und soll als Ganzes in die Rechnung eingehen.
V	3	
K		
S	$m \times 2 \times 1.n$	
V	V	Von der Paarliste V_3 soll das i. Paar genommen werden (Struktur $2 \times 1.n$). (i kann dabei ein laufender Index sein.)
V	3	
K	i	
S	$2 \times 1.n$	
V	V	Von dem i. Paar der Paarliste V_3 soll das Vorderglied (erstes Element des Paares) genommen werden (Struktur $1.n$).
V	3	
K	i.O	
S	$1.n$	
V	V	Von dem Vorderglied des i. Paares der Paarliste V_3 soll der Ja-Nein-Wert Nr. 7 genommen werden (Struktur SO = Ja-Nein-Wert).
V	3	
K	i.O.7	
S	O	

Besonders wichtig ist die Möglichkeit, durch den Komponenten-Index (K) beliebige Teile aus einer großen Informationseinheit herauslösen zu können. So könnte die Aufgabe darin bestehen, beim Schachspiel aus einer kompliziert aufgebauten Spielsituation lediglich die Teilangabe „Schwarz darf die große Rochade ausführen“ für eine weitere Rechnung zu isolieren.

Umgekehrt kann man die Angaben zusammenfassen, um Komponenten zu bilden. Hierdurch entstehen höhere Informationseinheiten.

Der gesamte Ablauf einer Rechnung muß nun in einzelne Rechenpläne (Programme, Unterprogramme) zerlegt werden. Dabei gilt stets: Aus Eingangs-werten werden Ergebniswerte errechnet. Außerdem treten Zwischenwerte und Konstanten auf. Die Eingangs- und Ergebniswerte (Variablen, Resultate) kann man in einem Randauszug zusammenstellen, der im übrigen über den Inhalt des Rechenplanes nichts aussagt.

Beispiel:

	R(V , V)	\Rightarrow	(R , R)
V	0 1	0	1 2
S	m . σ n . σ	(m + n) σ	1 . n 0

1. Eine neue Liste R_0 , Struktur $(m + n)\sigma$ (zum Beispiel die Mischung aus den beiden gegebenen Listen nach einer bestimmten Vorschrift).
2. Eine Binärzahl R_1 (zum Beispiel Summe sämtlicher Einzelwerte).
3. Eine Aussage R_2 , welche irgendeine Eigenschaft der gegebenen Liste oder der Gesamtliste kennzeichnet (zum Beispiel „Die Liste enthält keine sich wiederholenden Glieder“).

Die Ergebniswerte eines Rechenplanes müssen wiederum im ganzen oder im einzelnen Komponenten als Eingangswerte weiterer Rechenpläne dienen können. Auch das erfordert eine exakte Darstellungsart der Komponenten.

Die Rechenpläne selbst zerfallen in einzelne Rechenplangleichungen. Schon Babbage führte für jede arithmetische Operation eine eigene Gleichung ein. Er benutzte das traditionelle Gleichheitszeichen. Der einfache Ausdruck

$$(a + b + c) d$$

sieht bei Babbage, nachdem er die Buchstaben durch indizierte Variablen ersetzt hat, folgendermaßen aus:

$$\begin{aligned} V_1 + V_2 &= V_5 \\ V_5 + V_3 &= V_6 \\ V_6 \cdot V_4 &= V_7 \end{aligned}$$

V_1 bis V_4 sind Eingangswerte; V_5 , V_6 Zwischenwerte und V_7 ist der Resultatwert. Man sieht leicht, daß man die beiden Speicherzellen 6 und 7 nicht zu belegen braucht. Man kann das Programm genausogut wie folgt ansetzen:

$$\begin{aligned} V_1 + V_2 &= V_5 \\ V_5 + V_3 &= V_5 \\ V_3 \cdot V_4 &= V_5 \end{aligned}$$

Als Anweisung für eine Rechenmaschine ist das ohne weiteres verständlich, denn die Speicherzelle mit der Adresse 5 wird nacheinander mit verschiedenen Zwischenwerten belegt, die nicht weiter benötigt werden. Die Schreibweise ist jedoch mathematisch nicht exakt, denn V_5 ist dreimal verschieden definiert. Das ist nicht statthaft. Der Plankalkül sollte aber sowohl praktisch brauchbar als auch mathematisch exakt sein. Das war möglich durch die Einführung des Ergibtzeichens \Rightarrow . Es besagt, daß der links von diesem Zeichen stehende Ausdruck errechnet werden soll und unter dem rechts stehenden „Namen“ weiter verwendet werden kann. Jetzt ist es sogar möglich, folgende Rechenplangleichungen einzuführen:

$Z + 1 \Rightarrow Z$ mit der Bedeutung „Der alte Wert Z , um eins erhöht, ergibt den neuen Wert Z “. Mathematisch gesehen heißt das, daß die Reihenfolge der

einzelnen Rechenplangleichungen nicht mehr vertauscht werden darf. Ferner müssen alle Ansätze explizit sein, das heißt alle links des Ergibtzeichens aufgeführten Werte müssen vorher definiert sein.

Diese Form des Ergibtzeichens, bei der die schon errechneten Werte links stehen und der neu zu bestimmende Wert rechts aufgeführt ist, entspricht der zeitlichen Reihenfolge bei der Durchrechnung eines Programmes. Sie ist somit auf ein Denken in Programmen ausgerichtet. Später hat sich allerdings die inverse Form durchgesetzt:

$$Z := Z + 1$$

bei der links der zu errechnende Wert und rechts die Rechenanweisung hierzu stehen. Das entspricht der traditionellen mathematischen Schreibweise bei der Definition neuer Begriffe und Größen. Diese unwesentliche Äußerlichkeit zeigt symbolisch, daß die theoretische Behandlung der Informationsverarbeitung stark von mathematischen Schulen beeinflußt wurde.

Jetzt konnte ich Rechenvorschriften mit Angaben beliebiger Struktur formal darstellen. Doch es fehlte noch etwas sehr Wichtiges: Derartige Programme sind trotz großer Freiheit hinsichtlich der Informationsstrukturen in ihrem Ablauf noch starr. Allgemeines Rechnen erfordert aber beliebige Variationsmöglichkeiten des Ablaufs und der Strukturen als Funktion der errechneten Werte selbst. Wir können von starren und freien Rechenplänen sprechen. Zwischen beide lässt sich aber noch die Klasse der „quasi starren“ Rechenpläne einfügen. Es sind in der Hauptsache solche, bei denen lediglich die Gliederzahl der Angaben und die Zahl der zugehörigen Operationen verschieden sind. Zum Beispiel ist der Ablauf für die Bildung der Summe einer Folge von Zahlen nur im Hinblick auf die Anzahl der Summanden variabel. Steht diese fest, so ist der Ablauf starr. Die Zahl der Additionen bei verschiedener Gliederzahl ist nicht abhängig von den Summanden selbst. Im Gegensatz hierzu beeinflussen bei den echten „freien“ Plänen die Ergebnisse der Rechnung den weiteren Gang der Rechnung.

Der einfachste Fall ist das bedingte Schlußzeichen. Die Rechnung wird abgebrochen, wenn eine bestimmte Bedingung erfüllt ist. Das Zeichen FIN hat dabei die Form eines zu errechnenden Ja-Nein-Wertes:

$$Z \leq V \Rightarrow \text{FIN}$$

1 1

In Worten: „Wenn der Wert Z_1 kleiner als der gegebene Wert V_1 ist, so ist die Rechnung abzubrechen.“

Die nächste Stufe liegt vor, wenn die Durchrechnung einzelner Rechenplangleichungen oder sogar Rechenplanteile von einer Bedingung abhängig gemacht wird. Hierfür wählte ich das Zeichen \rightarrow .

Beispiel:

$$V = V \rightarrow (V + V \Rightarrow V)$$

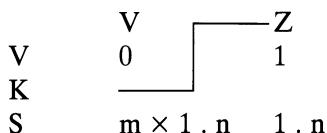
3 5 6 8 9

Links von dem Zeichen → steht ein Ausdruck, der einen Ja-Nein-Wert darstellt. Das Gleichheitszeichen hat hier die Funktion einer auszuführenden Rechenoperation („Vergleiche V_3 mit V_5 “). Ist diese Bedingung erfüllt, so ist die rechts von dem Zeichen → stehende Anweisung auszuführen, sonst muß zur nächsten übergegangen werden.

Es werden aber noch weitere Variationsmöglichkeiten gebraucht. Die Indizes der Variablen selbst müssen in die Rechnung einbezogen werden können. Heute bezeichnet man das als Adressenumrechnung. In der Zeilendarstellung des Plankalküls ist das durch einen einfachen Trick möglich.

Der betreffende Index wird durch einen Linienzug auf die Hauptzeile geholt.

Beispiel:



Die Variable V_0 hat die Struktur $m \times 1..n$, besteht also aus einer Folge von m Binärzahlen ($1..n$). Aus dieser Folge soll ein bestimmtes Glied herausgegriffen werden, dessen Nummer durch den Zwischenwert Z_1 gegeben ist.

Damit sind im Prinzip alle Möglichkeiten der Programmvariation gegeben. Typische Beispiele für freie Rechenpläne sind sogenannte zyklische Programmteile, die mehrmals hintereinander ablaufen, wobei im allgemeinen die Indizes der Variablen nach einer Vorschrift wechseln.

Auf dieser Stufe der Beweglichkeit war es möglich, auch den Prädikatenkalkül der mathematischen Logik für das allgemeine Rechnen auszunutzen. Wieder zeigte es sich, wie gut das Schachspiel als Anwendungsbeispiel geeignet ist. Durch einstellige Prädikate werden den Elementen einer Menge bestimmte Eigenschaften zugeordnet. Betrachten wir die Menge der Felder des Schachbretts, so können wir definieren:

$Ws(x) \equiv \text{„}x \text{ ist ein weißes Feld“}$

$Bs(x) \equiv \text{„}x \text{ ist mit einem Stein besetzt“}$

Es können auch mehrstellige Prädikate eingeführt werden:

$Spr(x,y) \equiv \text{„Ein Springer kann von } x \text{ nach } y \text{ setzen.“}$

Solche mehrstelligen Prädikate nennt man auch Relationen. Die wichtigsten Operatoren des Prädikatenkalküls sind „alles“ und „es gibt“. So lassen sich folgende Sätze leicht im Prädikatenkalkül formulieren: „Alle Felder, die der König besetzen kann, sind vom Gegner beherrscht.“ Und: „Es gibt eine eigene Figur, die zwischen den König und die angreifende Figur gesetzt werden kann.“

Weitere brauchbare Operatoren sind „derjenige welcher“, „diejenigen welche“, „das nächste“ und „Anzahl von“.

Bei der formalen Darstellung richtete ich mich nach der Schreibweise von Hilbert/Ackermann. Dort erscheint noch das Mengenzugehörigkeitszeichen ϵ :

$(x) (x \in V_0 \rightarrow R(x))$	„Es gilt für alle x : Wenn x ein Element von V_0 ist, so trifft das Prädikat R auf x zu.“ Oder einfacher: „Für alle Elemente von V_0 gilt R .“
$(Ex) (x \in V_0 \wedge R(x))$	„Es gibt ein x , welches Element von V_0 ist und für welches R gilt.“
$\dot{x} (x \in V_0 \wedge R(x))$	„Dasjenige Element von V_0 , für welches R gilt.“
$\ddot{x} (x \in V_0 \wedge R(x))$	„Diejenigen Elemente von V_0 , für welche R gilt.“

Wie sehen nun die im Plankalkül geschriebenen Programme aus? Greifen wir als Beispiel heraus „Der weiße König kann ziehen, ohne dabei in Schach zu kommen“. Zunächst müssen die auftretenden Angabenstrukturen festgelegt werden. Wir erhalten die allgemeinen Strukturen:

$$\begin{array}{ll} S_0 & = \text{Ja-Nein-Wert} \\ S_{1..n} & = n\text{-stellige Folge von Ja-Nein-Werten} \end{array}$$

Hieraus werden weitere, nur für das Schachspiel gültige Strukturen aufgebaut.

S_{11}	$= S_{1..3}$	Koordinate eines einzelnen Feldes. (Diese ist durch eine dreistellige Binärzahl gegeben.)
S_{12}	$= 2 \times S_{11}$	Feldbezeichnung, gegeben durch zwei je dreistellige Binärzahlen. Zum Beispiel entspricht (100, 001) dem Feld e2 in der üblichen Darstellung.
S_{13}	$= S_{1..4}$	Besetzungsbereich. Es gibt insgesamt 13 Möglichkeiten einschließlich „unbesetzt“. Somit sind 4 Bit erforderlich.
S_{14}	$= (S_{12}, S_{13})$	Feldbesetzungsbereich. Zum Beispiel bedeutet (100, 001; 0010) „Feld e2 ist mit dem weißen König besetzt“.
S_{15}	$= 64 \times S_{14}$	Spielbesetzung, das heißt Aufzählung der Feldbesetzungen für die 64 Felder des Schachbrettes.

Es werden folgende Resultate von Unterprogrammen benutzt, die vorher definiert sein müssen:

„Die Felder V_0 und V_1 sind benachbart“.

		R 17 (V, V)	
		0	1
V	12	12	

„Bei der gegebenen Spielbesetzung V_0 ist der Zug von Feld V_1 nach Feld V_2 erlaubt“.

		R 128 (V, V, V)		
		0	1	2
V	15	12	12	

R 128 wird durch ein komplizierteres Programm ermittelt. Es muß untersucht werden, welcher Stein auf Feld V_1 steht, ferner, ob Feld V_2 zu Feld V_1 in einer solchen geometrischen Relation steht, daß der auf V_1 stehende Stein dorthin ziehen kann und schließlich muß untersucht werden, ob dazwischenliegende Felder vorhanden sind und ob diese frei sind.

Der gewünschte Rechenplan, den wir mit P 148 bezeichnen, sieht wie folgt aus:

$$P\ 148 \quad | \quad R(V) \Rightarrow R\ 148 \quad (1)$$

V	0	0				
S	15	0				

$$V \quad | \quad \dot{x} \left[\begin{array}{c} (x \in V) \wedge (x = 10) \\ 0 \end{array} \right] \Rightarrow Z \quad (2)$$

V	0					
K	1					
S	14	15	13			

$$V \quad | \quad (\exists x) \left[\begin{array}{c} (x \in V) \wedge R\ 17(Z, x) \wedge (x = 0) \vee x \\ 0 \end{array} \right] \Rightarrow R \quad (3)$$

V	0					
K	1					
S	14	15	12	12	13	1.3

$$V \quad | \quad \wedge \overline{E}y \left[\begin{array}{c} (y \in V) \wedge y \wedge R\ 128(v, y, x) \\ 0 \end{array} \right] \quad (4)$$

V	0					
K	1.3					
S	14	15	0	15	12	12

- (1) Randauszug
- (2) Ermittlung des Feldes, auf dem der weiße König steht
- (3) „Es gibt ein Feld x , welches zum Feld Z_0 des weißen Königs benachbart ist und unbesetzt ist oder mit einer schwarzen Figur besetzt ist.“
- (4) „Es gibt keine schwarze Figur, die nach Punkt x gesetzt werden kann.“.

Anlage 5. Vortrag anlässlich der Verleihung der Ehrendoktorwürde durch die Technische Universität Berlin (Auszug)

Wir haben die Möglichkeit der angewandten Logistik im weitesten Sinne auf dem Gebiet der Automatisierung noch keineswegs voll erkannt. Meiner Meinung nach müssen wir dahin kommen, daß nicht nur die Fertigung von Massengütern, sondern gerade die Herstellung individuell stark verschiedener Gegenstände durch die Automation erschlossen werden muß.

Als ein anschauliches Beispiel möge das Bauwesen dienen. Nach dem heutigen Stand der Automationstechnik ist es am günstigsten, möglichst viele Häuser nach dem genau gleichen Schema zu bauen, da sich erst dann der Einsatz der technischen Mittel günstig auswirken kann. Wir sollten aber dahin kommen, daß gerade die individuell verschiedenen Bauwünsche in erhöhtem Maße berücksichtigt werden können. Gerade durch den Einsatz logistischer Rechenmaschinen könnte man die gesamte individuelle Planungsarbeit weitgehend mechanisieren und entsprechende Baumaschinen – dem jeweiligen Zweck angepaßt – steuern. Moderne Rechenmaschinen wären in der Lage, anhand gewisser topologischer Ansätze über die allgemeine Grundrißgestaltung des Hauses sämtliche technische Details nach vorgegebenen Regeln zu errechnen. Ein anderes Beispiel möchte ich aus dem Maschinenbau bringen. Welch ungeheure Arbeit und Mühe ist heute erforderlich, um das erste Modell einer neu zu entwickelnden Maschine zu bauen. Gerade hier ist jeder Tag kostbar, denn von der Schnelligkeit, mit der neue Entwicklungen durchgeführt werden können, hängen meistens wichtige Entscheidungen ab. Auch hier sollte uns der richtige Einsatz von Rechenmaschinen im Zusammenspiel mit entsprechenden Werkzeugmaschinen ganz neue Möglichkeiten eröffnen.

Allerdings sind bis zur Erreichung dieses Ziels noch viele Probleme zu lösen. Grundsätzlich möchte ich dabei insbesondere den Herren der Industrie ans Herz legen, die mathematische Seite des Fragenkomplexes nicht zu vernachlässigen. Die soeben angedeuteten Ideen lassen sich nicht allein mit konstruktiven Mitteln verwirklichen. Eine intensive mathematische Vorbereitung ist erforderlich. Da es sich bei den Investitionen, welche die Industrie im Rahmen der Automation durchzuführen hat, um Milliardenwerte handelt, sollte man auch bereit sein, einige Millionen allein für die gründliche mathematische Vorbereitung des Problems bereitzustellen. Durchdenkt man diese Möglichkeiten konsequent, so ergeben sich weitere überraschende Perspektiven. Erstreckt man nämlich die automatische Fertigung auf eine geschlossene Gruppe von Einzelteilen und deren Montage, so daß die Fabrikationsmittel selbst wiederum automatisch gefertigt werden können, so kommt man zum Problem der Maschine, welche sich selber nachbauen kann. Auch diese Frage ist in letzter Zeit bereits theoretisch untersucht worden, und man hat versucht, zunächst wohl nur auf dem Papier, Modelle für derartige Geräte zu entwerfen (John v. Neumann).

Nun darf man die Fragestellung wohl nicht so eng fassen, daß man eine einzige Maschine bauen müßte, die sich selbst nachbaut, sondern man wird dabei von einer ganzen Werkstatt beziehungsweise Fabrik ausgehen müssen, da nur diese die nötige Mannigfaltigkeit der verschiedenen Einzelteile und Fertigungsprozesse aufweisen kann. Die Perspektiven, die sich daraus ergeben, sind heute kaum abzusehen. Erreicht man erst einmal diese Stufe, so ist das Wachstum einer Industrie nur noch eine Frage des Materials, und es treten völlig neue soziale Gesichtspunkte auf, da der Arbeiter aus solchen Industriezweigen völlig verschwindet.

Der Gedanke läßt sich noch weiter verfolgen. Bei der sich selber nachbauen den Werkstatt haben wir es mit einer homogenen Reihe zu tun, wobei in

zyklischer Folge stets die gleiche Form hergestellt wird. Wenn man diese Stufe der Technik erst einmal erreicht hat, kann man wohl leicht die Programmabläufe dieser Fertigungsprozesse so beeinflussen, daß eine von Stufe zu Stufe komplizierter werdende Reihe von Produktionsstätten entsteht. Man kommt dann zu dem Problem der technischen Keimzelle. Die Frage, welche dann die größte Bedeutung hat, ist folgende: Welche einfachste Form einer Anfangswerkstatt ist erforderlich, um aus ihr ein vollständiges Industriewerk auskristallisieren zu lassen?

Hiermit steht ein weiterer Gedanke im Zusammenhang: Die einzelnen Stufen einer Reihe von Produktionswerkstätten könnte man auch in ihrem Maßstab variieren. Gelingt es, eine Werkstatt zu bauen, die sich selbst im halben Maßstab nachzubauen in der Lage ist, erhielte man eine Reihe solcher Werkstätten, die in ihrem Umfang immer mehr einschrumpfen, bis sie so klein sind, daß man die ganze Fabrik nur noch unter dem Mikroskop beobachten kann. Allerdings wird dieser Prozeß natürliche Grenzen haben. Vor allem wird zu beachten sein, daß der Stil der anzuwendenden Technik hierbei von Stufe zu Stufe wechseln muß. Man muß im kleinen andere Fertigungsverfahren anwenden als im großen. Ein Problem, das in Zukunft größte Bedeutung erlangen wird.

Mit dieser Reihe der in ihrem Maßstab wechselnden Produktionswerkstätten wäre das Problem der technischen Keimzelle noch wesentlich interessanter. Denn nun gilt es nicht nur, die konstruktiv und logisch einfachste Form zu finden, sondern auch die räumlich kleinste. Erst damit wäre die echte Keimzelle geschaffen, von der aus dann in umgekehrter Reihenfolge die größeren Werkstätten aufzubauen wären.

Ich bin mir durchaus im klaren, daß bis zur Erreichung dieses Ziels die Arbeit mindestens einer Generation von Ingenieuren und Wissenschaftlern erforderlich sein wird; aber es liegt kein Grund vor, daran zu zweifeln, daß wir uns in dieser Richtung bewegen. Das Bild der Technik hat sich in den letzten hundert Jahren von Generation zu Generation so entscheidend gewandelt, daß wir uns auf weitere kühne Ausblicke gefaßt machen müssen. So werden vielleicht die Ingenieure der Zukunft ein Hydrierwerk, ein Flugzeugwerk oder eine chemische Fabrik nicht bauen, sondern pflanzen. Die gesamte Logik eines solchen Werkes wird in einer kleinen Keimzelle als Programm konzentriert sein und das Wachsen des Werkes nur von der Zuführung des Rohmaterials und der Energie abhängen.

Auf diesem Wege nähern wir uns um einige Schritte der Natur, die nach diesen Methoden ja schon seit einigen hundert Millionen Jahren arbeitet. Die Biologen werden bei der Erforschung des Wachstumsprozesses eines Organismus aus der Keimzelle heraus Parallelen zu den technischen Keimzellen finden. So darf man heute wohl schon sagen, daß es sich bei dem Chromosomensatz einer Eizelle um eine vercodete Form des daraus zu entwickelnden Lebewesens handelt, dessen Aufbau sich daraus nach einem Rechenprogramm ergibt.

Rein mathematisch gesehen wird das Keimzellenproblem im Rahmen unserer abendländischen Mathematik, wie ich glaube, ebenfalls die größte Bedeutung bekommen. Wir sehen in dem euklidischen Axiomensystem mit Recht eine Krönung der mathematischen Wissenschaft des antiken Kulturkreises. Unsere

heutige Faustische Mathematik hat das Prinzip des Axiomensystems in der ihr eigenen Art weiterentwickelt. Wir bauen gewissermaßen im ideenlosen Raum abstrakte Axiomensysteme auf, die zunächst nur rein formale Struktur haben und dann auf beliebige Modelle angewandt werden können, während Euklid stets nur das konkrete geometrische Axiomensystem im Auge hatte. Ich glaube aber nicht, daß die Dynamik unseres Kulturkreises in diesen Axiomensystemen schon voll zum Ausdruck kommt. Schließlich haben sie alle das eine gemeinsam, daß man ein mathematisches Gebäude auf diese Axiome zurückführen kann. Es fehlt uns aber noch die Theorie der automatischen Entfaltung eines neuen mathematischen Gebäudes, beispielsweise der Vektorrechnung, aus einer gegebenen mathematischen Keimzelle heraus. So kommen wir von Axiomensystemen, auf die ein vorhandenes System zurückgeführt wird, zu solchen, aus denen sich nach vorgegebenem Schlüssel ein mathematisches Lehrgebäude entfaltet.

Zum Schluß möchte ich einen etwas scherhaft klingenden Gedanken erwähnen: Wenn es gelänge, aus Keimzellen heraus technische Gebilde selbsttätig aufzubauen, so könnte man natürlich auch Rechengeräte auf diese Weise schaffen. Durch systematisches Spielen an den „Chromosomensätzen“ ließen sich dann die verschiedensten Varianten logistischer Geräte und künstlicher Gehirne entwickeln. Schließlich müßte man auch in der Lage sein, die Keimzelle desjenigen Gehirns zu finden, das von einer gewissen Stufe ab in der Lage ist, all die hier angedeuteten Erfindungen und mathematischen Entwicklungen besser durchzuführen als der Mensch ...

Anlage 6. Der Computer fiel nicht vom Himmel

Die technisch-schöpferische Leistung ist Voraussetzung jeder Erfindung

(Vortrag des Präsidenten des Deutschen Patentamtes, Dr. Erich Häußer, anlässlich des siebzigsten Geburtstags des Verfassers im Jahr 1980, gehalten vor den Gästen eines aus diesem Anlaß veranstalteten Colloquiums an der Technischen Universität Berlin)⁵⁷

Unabdingbare Voraussetzung jeder Erfindung ist eine technisch-schöpferische Leistung. Nun ist die einem Menschen zugesetzte Kreativität, besonders die an ihren Ergebnissen unbestechlich meßbare technische Kreativität, eine Gabe, die nicht ohne weiteres erkennbar ist. Wir sind deshalb darauf angewiesen, ihren Äußerungsformen nachzugehen. Konrad Zuse hat als Kennzeichen schöpferischer Fähigkeit die vielseitige Veranlagung definiert, die Voraussetzung für aus dem Rahmen fallende Ideen sei. Dem möchte ich ein weiteres Merkmal hinzufügen, nämlich die Fähigkeit, nicht einem mehr oder weniger engen Fachgebiet verhaftet zu sein, sondern unabhängig davon technische Probleme zu erkennen und Lösungen dafür zu ersinnen. Beide Anzeichen technischer Kreativität waren bei Zuse von Anfang an feststellbar und haben sich im Verlaufe seines

Erfinderlebens überzeugend bestätigt. Der vom Maschinenbau über die Architektur zum Bauingenieurwesen gelangte Student der Technischen Hochschule Berlin-Charlottenburg befaßte sich mit allerlei kleineren und größeren Erfindungen auf dem Gebiet der Fotografie (vom Selbstauslöser bis zum Vollautomaten), konstruierte einen Warenautomaten mit automatischer Geldrückgabe und machte sich Gedanken über die Möglichkeiten der Weltraumfahrt unter Verwendung von Raketen mit einem tausendstel Lichtgeschwindigkeit.

Zuse, ein vielseitiger Erfinder

Und der fertige Diplomingenieur des Bauingenieurwesens, der als Oberprimaier den Plan einer Metropolis entworfen und als Student die „Umrißlinien von Rang und Parkett eines Kinos in axonometrischer Darstellung“ konstruiert hatte, widmete sich der Entwicklung von Rechenmaschinen, obwohl er gar nichts von Rechenmaschinen verstand. Diese Vielseitigkeit setzte sich fort, als Konrad Zuse schon längst als erfolgreicher Erfinder auf dem Gebiet der Rechenmaschinen anerkannt war und über eine stattliche Anzahl grundlegender Patente verfügte. Aus den Unterlagen des Deutschen Patentamtes ergibt sich, daß ihm eine ganze Reihe von Erfindungen geschützt wurden, die sich mit Vorrichtungen zum automatischen Zeichen und mit Beleuchtungseinrichtungen für Kraftfahrzeuge befassen. Und wenn ich seine Idee des Rechnenden Raumes, seine Gedanken über Sich-selbst-reproduzierende-Systeme oder seinen Ausblick auf die Entwicklungstendenzen informationsverarbeitender Systeme beim weiteren Ausbau von Technik und Wirtschaft betrachte, so habe ich den Eindruck, daß die Vielseitigkeit von Konrad Zuse noch längst nicht erschöpft ist.

Neben der Vielseitigkeit ist ein Merkmal des Erfinders seine Praxisbezogenheit, die Fähigkeit, Anregungen aus praktischen Beobachtungen und Erfahrungen aufzunehmen und in fortschrittliche technische Ideen umzusetzen. Diese praxisbezogene Komponente zeigte sich schon bei dem Knaben Konrad Zuse, als er den Rechtsdrall der Lenkung seines Fahrrads mittels eines dünnen Bindfadens korrigierte, um freihändig fahren zu können, und so als „Bändelfahrer“ bekannt wurde. Sie erwies sich auch beim Einstieg des Bauingenieurs in die Rechengeräteentwicklung, weil ihm nicht in den Kopf wollte, daß lebendige, schöpferische Menschen ihr kostbares Leben mit nüchternen statischen Rechnungen verschwenden sollten. Im engen Zusammenhang mit den realistisch erkannten und eingeschätzten Bedürfnissen der Praxis steht die von Zuse als schwierigste Aufgabe für Erfinder, Forscher und Propheten bezeichnete Auffindung des geeigneten Zeitpunkts, wann eine Idee reif ist, ausgesprochen oder gar verwirklicht zu werden. Wenn er in diesem Zusammenhang fortfährt, daß nicht derjenige die Welt verändert, der sich keine Zügel anlegen kann, sondern der andere, der im richtigen Augenblick, an der richtigen Stelle die richtige Idee in die Tat umsetzt, so ist dem wohl vorbehaltlos zuzustimmen. Auch diese Voraussetzung eines guten Erfinders hat er dank seiner Praxisnähe bei den meisten seiner Vorhaben erfüllt und so wesentlich dazu beigetragen, daß sich die Welt verändert hat.

Die Umsetzung einer aus technischer Kreativität und praktischen Anregungen entstandenen erforderlichen Idee in die technische Wirklichkeit bedarf des vollen Einsatzes des Erfinders und die überaus konsequente Verfolgung des einmal als richtig erkannten Gedankens. Die dabei erforderliche Beharrlichkeit, die Bereitschaft zu persönlichen Opfern und ein gerüttelt Maß an Idealismus sind Eigenschaften, die von berühmten und weniger berühmten Erfindern berichtet werden. Auch Konrad Zuse ließ radikal alle anderen Interessen fallen, nachdem er den Entschluß gefaßt hatte, sich nunmehr ganz der Konstruktion automatischer Rechenmaschinen zu widmen. Er opferte dieser Aufgabe selbst seine geliebten fotografischen Neigungen und berichtet an anderer Stelle, daß er sich während der Arbeit an den Geräten Z1 bis Z3 achtzig Stunden in der Woche der von ihm erwählten Sache widmen konnte. Daß er in diesem Zusammenhang fortfährt, es sei ihm trotzdem noch Zeit für Abwechslung und Geselligkeit geblieben, kennzeichnet eher den liebenswerten Menschen Konrad Zuse.

Und nicht zuletzt bedarf jeder erfolgreiche Erfinder eines Quentchens Glück bei der Verwirklichung seiner Ideen. Dem Erfinder Zuse kam dieses Glück gelegentlich zu Hilfe, wenn Geräte bei wichtigen Vorführungen wider Erwarten fehlerfrei liefen, und er bekennt freimütig, daß ihm dieser „inverse Vorführeffekt“ öfter geholfen habe.

Den selbständigen Erfinder kennzeichnen zusätzlich noch Unternehmergeist, Wagemut und Risikobereitschaft, wenn es darum geht, seine Erfindung auch selbständig in Produkte und Marktanteile umzusetzen, um so die Früchte der von ihm erbrachten Leistungen unmittelbar zu ernten. Dies sind sicher herausragende Merkmale besonders erfolgreicher Erfinder, die es auch vorziehen, sich die Bestimmung über die Fortführung ihrer Erfindungen und ihre spätere Weiterentwicklung nicht aus der Hand nehmen zu lassen. Solche Erfinder gibt es auch heute noch in gar nicht geringer Zahl.

Konrad Zuse ist auch für das Merkmal unternehmerischer Wagemut geradezu ein Musterbeispiel. Zum Entsetzen seiner Eltern gibt er 1936 eine aussichtsreiche Stellung als angestellter Statiker auf, richtet sich zu Hause eine kleine Werkstatt ein und beginnt mit der Arbeit an dem Modell eines Speichers, das er innerhalb von sechs Wochen in Handarbeit zusammenbastelt. Dieser Drang nach Selbstständigkeit und Eigenverantwortlichkeit setzt sich fort, als es ihm während des Krieges gelingt, seine hauptberufliche Tätigkeit als Statiker in einem Flugzeugwerk auf eine Teilzeitbeschäftigung zu reduzieren. Er baut sofort wieder einen kleinen Betrieb, die Firma Zuse Ingenieurbüro und Apparatebau, Berlin, auf, die zunächst mit zwei bis drei Leuten beginnt, gegen Ende des Krieges schon zwanzig Mitarbeiter beschäftigt und während dieser Zeit beachtliche und zukunftsweisende Entwicklungen durchführt. Und nach erfolgreicher Absatzbewegung in den Süden und der Überrollung im Allgäu erscheint ihm 1949 die Basis für den Neuaufbau der Firma gegeben zu sein, und er gründete in Hessen die Firma ZUSE KG, die beachtliche Marktanteile auf einem heißumkämpften technischen Gebiet erwirbt und eine Zeitlang in Deutschland als Konkurrent Nummer eins eines nicht ganz unbekannten ausländischen Computerherstellers galt. Konrad Zuse hat sich somit als glückliche Kombination von Erfinder und

Unternehmer erwiesen; er hatte stets die realistische Einstellung zum praktischen, industriellen und geschäftlichen Denken, oder – wie er es einmal eher scherhaft ausdrückte – die „gesunden Raubtierinstinkte“, die er bei deutschen Professoren häufig vermißte.

Dem Präsidenten des Patentamtes wird man nachsehen, daß er als weiteres entscheidendes Merkmal des erfolgreichen Erfinders die konsequente Inanspruchnahme des Patentschutzes für seine technischen Entwicklungen anführt. Denn durch das erteilte Patent wird dem Erfinder oder seinem Rechtsnachfolger die ausschließliche Verfügung über das Ergebnis seiner technisch-schöpferischen Leistung während eines angemessenen und ausreichenden Zeitraums von achtzehn oder nunmehr zwanzig Jahren gewährleistet, er allein kann während dieser Zeit seine Erfindung benutzen und auswerten. Für den als Unternehmer tätigen Erfinder bedeutet dies, daß er auf geschützten Erfindungen beruhende neue Produkte oder Verfahren ungestört einführen und sich auf dem Markt behaupten kann. Der dadurch gewährte Freiraum gegenüber nicht selten finanzstärkeren Wettbewerbsteilnehmern trägt ganz wesentlich dazu bei, die Existenz auch kleiner und mittlerer Unternehmen zu sichern.

ANMERKUNGEN

- ¹ Vgl. Helmer, O.: 50 Jahre Zukunft. Praesentverlag Heinz Peter Gütersloh (1966), S. 96
- ² Ford, H.: Mein Leben und mein Werk. Paul List Verlag Leipzig (1923/24)
- ³ Marx, K.: Das Kapital, Band 1, 15. Aufl. Dietz-Verlag Leipzig (1984) (unveränderter Nachdruck)
- ⁴ Spengler, O.: Preußentum und Sozialismus. C. H. Beck'sche Verlagsbuchhandlung München (1924)
- ⁵ Ebd., S. 30
- ⁶ Rilke, R. M.: Briefe an einen jungen Dichter. Insel-Bücherei Wiesbaden (1956)
- ⁷ Ebd., S. 8
- ⁸ Czauderna, K.-H.: Konrad Zuse, der Weg zu seinem Computer Z3. Oldenbourg-Verlag München-Wien (1979)
- ⁹ Ebd., S. 88
- ¹⁰ Ebd., S. 85
- ¹¹ Ebd., S. 86
- ¹² Turing, A. M.: On computable numbers ... Proc. London Math. Soc. Vol. 42 (1936/37)
- ¹³ Mittrenga, K. (Juli 1982)
- ¹⁴ Czauderna, a. a. O., S. 94
- ¹⁵ Czauderna, a. a. O., S. 93
- ¹⁶ Brief an den Verfasser von Teichmann, A. (ca. 1969)
- ¹⁷ Brief an den Verfasser von Wolters, M. (3. Mai 1982)
- ¹⁸ Schröder, E.: Algebra der Logik. 2. Aufl., 3 Bände. Chelsea Publishing Company Bronx New York (1966)
- ¹⁹ Frege, G.: Begriffsschrift. Kleine Vandenhoeck-Reihe 144/45, Vandenhoeck & Ruprecht Göttingen (1969)
- ²⁰ Hilbert, D., Ackermann, W.: Grundzüge der theoretischen Logik, Grundlehren der mathematischen Wissenschaften, Band XXVII. Verlag von Julius Springer Berlin (1928)
- ²¹ Carnap, R.: Logische Syntax der Sprache (Schriften zur wissenschaftlichen Weltauffassung). Band 8. Verlag von Julius Springer Wien (1934)
- ²² Piesch, H.: Begriff der allgemeinen Schaltungstechnik. In: Archiv der Elektrotechnik, Nr. 10, 33. Jahrg. (1939)
- ²³ Die beiden Abschnitte finden sich in meinem im Jahre 1972 erschienenen Buch „Der Plankalkül“ auf S. 1 u. S. 5. Vgl. in diesem Buch S. 91ff., die Anlage 4 des Wissenschaftlichen Anhangs und Anmerkung 37
- ²⁴ Ruland, B.: Wernher von Braun, Mein Leben für die Raumfahrt. 1. Aufl. Burda-Verlag Offenburg (1969)
- ²⁵ Brief an den Verfasser von Goeze, H. O. (ca. 1981)
- ²⁶ Ebenda
- ²⁷ Schopenhauer, A.: Ausgewählte Schriften, Urwille und Welterlösung. Hrsg. Stenzel,

- G. Sigbert Mohn Verlag. Schopenhauers Hauptwerk: Die Welt als Wille und Vorstellung (1818)
- ²⁸ v. Neumann, J.: Theory of self-reproducing automata. Urbana and London (1966)
- ²⁹ Z26476, „Rechenvorrichtung“, angemeldet am 16.06.1941, bekanntgemacht am 04.12.1952, späteres Aktenzeichen Z391
- ³⁰ Couffignal, L.: Thèses présentées à la faculté des sciences de Paris. Verlag Gauthier-Villars, Imprimeur-Editeur, Paris (1938)
- ³¹ „... fraglos etliche Tonnen wog. So etwas wochenlang durch ganz Deutschland bei Luftangriffen unter Lebensgefahr nach Hinterstein im Allgäu zu transportieren, mußte schon einen tieferen Sinn haben und von Weltbedeutung sein“. Ausspruch v. Goeze, H. O. im Jahre 1945
- ³² Speiser, A., Rutishauser, H., Stiefel, E.: Programmgesteuerte digitale Rechengeräte. Birkhäuser Verlag Basel (1951)
- ³³ Zuse, K.: Über den Plankalkül als Mittel zur Formulierung schematisch-kombinatoriver Aufgaben. Sonderdruck aus „Archiv der Mathematik“, Band I, Heft 6, Verlag G. Braun GmbH Karlsruhe/Baden (1948/49) S. 141
- ³⁴ Bericht v. Suppes, O. (Sept. 1981)
- ³⁵ Vgl. dazu auch meinen Artikel „Die Feldrechenmaschine“. In: MTW-Mitteilungen, Nr. V/4 (1958) S. 213–220
- ³⁶ Brief an den Verfasser von Huth, P. (1981/82)
- ³⁷ Zuse, K.: Der Plankalkül. Bericht Nr. BMBW-GMD-63, Vertrieb: Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung mbH Bonn, Schloß Birlinghoven, St. Augustin (1972)
- ³⁸ Zuse, K.: The Plankalkuel. Bericht Nr. BMFT-GMD-106 (1976) Vertrieb: s. Anmerkung 37
- ³⁹ Zuse, K.: Beschreibung des Plankalküls. Bericht Nr. 112, Hrsg.: Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung mbH Bonn, Verlag: Oldenbourg-Verlag Wien-München (1977)
- ⁴⁰ Zuse, K.: Gesichtspunkte zur Beurteilung algorithmischer Sprachen. Bericht Nr. BMFT-GMD-105 (1975) Vertrieb: s. Anmerkung 37
- ⁴¹ Bauer, F. L., Wössner, H.: Zuses „Plankalkül“, ein Vorläufer der Programmiersprachen – gesehen vom Jahre 1972. Elektronische Rechenanlagen, Heft 3. R. Oldenbourg-Verlag München (1972). The „Plankalkül“ of Konrad Zuse: A Forerunner of Today's Programming Languages. Communications of the ACM, July 1972, Vol. 15, No. 7
- ⁴² Hohmann, J.: Der Plankalkül im Vergleich mit algorithmischen Sprachen. stmv-Verlag/S. Toeche-Mittler-Verlag Darmstadt (1979)
- ⁴³ Zuse, K.: Petri-Netze aus der Sicht des Ingenieurs. Friedrich Vieweg & Sohn Braunschweig/Wiesbaden (1980); Anwendungen von Petri-Netzen. Friedrich Vieweg & Sohn Braunschweig/Wiesbaden (1982)
- ⁴⁴ Artikel in: KOSMOS, Heft 9 (1981) S. 29
- ⁴⁵ Artikel in: UMSCHAU in Wissenschaft und Technik (1980) S. 697
- ⁴⁶ Artikel in: UMSCHAU in Wissenschaft und Technik (1982) S. 576
- ⁴⁷ Vgl. v. Neumann, a. a. O.
- ⁴⁸ Billing, H.: Die Göttinger Rechenmaschinen G1, G2 und G3, MPG-Spiegel. Zeitschrift für Mitarbeiter und Freunde der Max-Planck-Gesellschaft (April 1982) S. 41–49
- ⁴⁹ Vgl. v. Weizsäcker, C. F.: Einheit der Physik. Vortrag auf der Physiker-Tagung in München 1966, veröffentlicht in: Physikertagung 1966 München, Plenarvorträge, Teil I. Hrsg.: Deutsche Physikalische Gesellschaft e. V. Verlag: B. G. Teubner Stuttgart (1966) S. 7–23
- ⁵⁰ Gardner, M.: Das gespiegelte Universum. Vieweg-Verlag Braunschweig (1967) S. 262
- ⁵¹ Zuse, K.: Rechnender Raum. Schriften zur Datenverarbeitung, Band 1. Friedrich Vieweg & Sohn Braunschweig (1969)

- ⁵² Heisenberg, W.: Der Teil und das Ganze. Gespräche im Umkreis der Atomphysik. R. Piper & Co. Verlag München (1969) S. 330ff.
- ⁵³ Vgl. Zuse, K.: Über sich selbst reproduzierende Systeme. Sonderdruck aus „Elektronische Rechenanlagen“, Heft 2, 9. Aufl. R. Oldenbourg-Verlag München-Wien (1967) S. 57–64
- ⁵⁴ Shannon, C. E.: A symbolic analysis of switching and relais circuits. In: Transactions of the American Institute of Electrical Engineers. 57. Jahrg. (1938)
- ⁵⁵ Zuse, K.: Entwicklungslinien einer Rechengeräteentwicklung von der Mechanik zur Elektronik. Hrsg.: Hoffmann, W. Sonderdruck aus „Digitale Informationswandler“. Friedrich Vieweg & Sohn Braunschweig (1962) S. 508–532
- ⁵⁶ Vgl. zum Folgenden auch Zuse, K.: Die mathematischen Voraussetzungen für die Entwicklung logistisch-kombinatorischer Rechenmaschinen. In: Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik, Band 29, Nr. 1/2 (Jan./Feb. 1949) S. 36/37; Zuse, K.: Über den Plankalkül. Sonderdruck aus „Elektronische Rechenanlagen“, 1. Jahrg., Heft 2 (1959) S. 68–71; Zuse, K.: Gesichtspunkte zur sprachlichen Formulierung in Vielfachzugriffssystemen unter Berücksichtigung des Plankalküls, München (1968)
- ⁵⁷ Abgedruckt auch in: VDI- Nachrichten, Nr. 43 (24. Okt. 1980) S. 28

LITERATURVERZEICHNIS

- Bauer, F. L., Wössner, H.: Zuses „Plankalkül“, ein Vorläufer der Programmiersprachen – gesehen vom Jahre 1972. Elektronische Rechenanlagen, Heft 3. R. Oldenbourg-Verlag München (1972). The „Plankalkül“ of Konrad Zuse: A Forerunner of Today's Programming Languages. Communications of the ACM, July 1972, Vol. 15, No. 7
- de Beauclair, W.: Rechnen mit Maschinen. Vieweg-Verlag Braunschweig (1968)
- Billing, H.: Die Göttinger Rechenmaschinen G1, G2 und G3. MPG-Spiegel, Zeitschrift für Mitarbeiter und Freunde der Max-Planck-Gesellschaft (April 1982)
- Carnap, R.: Logische Syntax der Sprache. Schriften zur wissenschaftlichen Weltauffassung. Verlag von Julius Springer Wien (1934)
- Couffignal, L.: Thèses présentées à la faculté des sciences de Paris. Verlag Gauthier Villars, Imprimeur-Editeur, Paris (1938)
- Czauderna, K.-H.: Konrad Zuse, der Weg zu seinem Computer Z3. Oldenbourg-Verlag München-Wien (1979)
- Feynman, R.: Simulating Physics with Computers. International Journal of Theoretical Physics, Part II – Computational Models of Physics (No. 6/7). Verlag: Plenum Press (1982)
- Ford, H.: Mein Leben und mein Werk. Paul List Verlag Leipzig (1923/24)
- Frege, G.: Begriffsschrift. Kleine Vandenhoeck-Reihe 144/45. Vandenhoeck & Ruprecht Göttingen (1969)
- Gardner, M.: Das gespiegelte Universum. Vieweg-Verlag Braunschweig (1967)
- Häußer, E.: Der Computer fiel nicht vom Himmel. Artikel in: VDI-Nachrichten, Nr. 43 (24. Okt. 1980)
- Heisenberg, W.: Der Teil und das Ganze. Gespräche im Umkreis der Atomphysik. R. Piper & Co. Verlag München (1969)
- Helmer, O.: 50 Jahre Zukunft. Praesentverlag Heinz Peter Gütersloh (1966)
- Hilbert, D., Ackermann, W.: Grundzüge der theoretischen Logik. Grundlehren der mathematischen Wissenschaften, Band XXVII. Verlag von Julius Springer Berlin (1928)
- Hohmann, J.: Der Plankalkül im Vergleich mit algorithmischen Sprachen. stmv-Verlag/ S. Toeche-Mittler-Verlag Darmstadt (1979)
- v. Neumann, J.: Theory of self-reproducing automata. University of Illinois Press Urbana and London (1966)
- Petzold, H.: Die Ermittlung des 'Standes der Technik' und der 'Erfindungshöhe' beim Patentverfahren Z391, Dokumentation nach den Zuse-Papieren, GMD-Studie Nr. 59, GMD (Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung mbH Bonn) St. Augustin 1981
- Piesch, H.: Begriff der allgemeinen Schaltungstechnik. In: Archiv der Elektrotechnik, Nr. 10, 33. Jahrg. (1939)

- Rilke, R. M.: Briefe an einen jungen Dichter. Insel-Bücherei Wiesbaden (1956)
- Ruland, B.: Wernher von Braun – Mein Leben für die Raumfahrt. 1. Aufl. Burda-Verlag Offenburg (1969)
- Schröder, E.: Algebra der Logik. 2. Aufl., 3 Bände. Chelsea Publishing Company Bronx New York (1966)
- 1. Band erstmalig erschienen in Leipzig, 1890
 - 2. Band, PT I erstmalig erschienen in Leipzig, 1891
 - 3. Band, PT I erstmalig erschienen in Leipzig, 1895
 - 2. Band, PT II erstmalig erschienen in Leipzig, 1905
 - Abriß, 1. Band erstmalig erschienen in Leipzig, 1909
 - Abriß, 2. Band erstmalig erschienen in Leipzig, 1910
- Shannon, C. E.: A symbolic analysis of switching and relais circuits. In: Transactions of the American Institute of Electrical Engineers, 57. Jahrg. (1938)
- Speiser, A., Rutishauser, H., Stiefel, E.: Programmgesteuerte digitale Rechengeräte. Birkhäuser Verlag Basel (1951)
- Spengler, O.: Der Untergang des Abendlandes. C. H. Beck'sche Verlagsbuchhandlung München (1923)
- Spengler, O.: Preußentum und Sozialismus. C. H. Beck'sche Verlagsbuchhandlung München (1924)
- Turing, A. M.: On computable numbers ... Proc. London Math. Soc. Vol. 42 (1936/37)
- v. Weizsäcker, C. F.: Einheit der Physik. Vortrag auf der Physikertagung in München 1966, veröffentlicht in: Physikertagung 1966 München, Plenarvorträge, Teil I. Hrsg.: Deutsche Physikalische Gesellschaft e.V. Verlag: B. G. Teubner Stuttgart (1966)
- Zuse, K.: Über den Plankalkül als Mittel zur Formulierung schematisch-kombinatoriver Aufgaben. In: Archiv der Mathematik, Band I (1948/49)
- Zuse, K.: Die mathematischen Voraussetzungen für die Entwicklung logistisch-kombinatorischer Rechenmaschinen. Sonderdruck aus „Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik“, Band 29, Heft 1/2 (Jan./Feb. 1949)
- Zuse, K.: Die Feldrechenmaschine. MTW-Mitteilungen, Nr. V/4 (1958)
- Zuse, K.: Über den Plankalkül. Sonderdruck aus Elektronische Rechenanlagen, 1. Jahrg., Heft 2. R. Oldenbourg-Verlag München (1959)
- Zuse, K.: Entwicklungslinien einer Rechengeräteentwicklung von der Mechanik zur Elektronik. Hrsg.: Walter Hoffmann. Sonderdruck aus „Digitale Informationswandler“. Friedrich Vieweg & Sohn Braunschweig (1962)
- Zuse, K.: Über sich selbst reproduzierende Systeme. In: Elektronische Rechenanlagen, Heft 2. R. Oldenbourg-Verlag München (1967)
- Zuse, K.: Gesichtspunkte zur sprachlichen Formulierung in Vielfachzugriffssystemen unter Berücksichtigung des Plankalküls. NTG-Tagung „Teilnehmerrechensysteme“. R. Oldenbourg-Verlag München (1968)
- Zuse, K.: Rechnender Raum, Schriften zur Datenverarbeitung Band 1. Friedr. Vieweg & Sohn Braunschweig (1969)
- Zuse, K.: Der Plankalkül, BMBW-GMD-63. Berichte der Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung. Schloß Birlinghoven, St. Augustin (1972)
- Zuse, K.: Gesichtspunkte zur Beurteilung allgemeiner Sprachen, BMFT-GMD-105. Berichte der Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung mbH Bonn. Schloß Birlinghoven, St. Augustin (1975)
- Zuse, K.: Ansätze einer Theorie des Netzautomaten, Nova Acta Leopoldina, Abhandlungen der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina, i. A. des Päsidiums hrsg. von J.-H. Scharf, Director Ephemeridum der Akademie, Neue Folge, Nr. 220, Band 43 (1975)

- Zuse, K.: The Plankalkuel, BMFT-GMD-106. Berichte der Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung mbH Bonn. Schloß Birlinghoven, St. Augustin (1976)
- Zuse, K.: Beschreibung des Plankalküls. Hrsg.: Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung mbH Bonn, Bericht Nr. 112. R. Oldenbourg-Verlag München/Wien (1977)
- Zuse, K.: Petri-Netze aus der Sicht des Ingenieurs. Vieweg-Verlag Braunschweig-Wiesbaden (1980)
- Zuse, K.: Anwendungen von Petri-Netzen. Vieweg-Verlag Braunschweig-Wiesbaden (1982)

Zeitschriftenartikel

- Roboter bauen Roboter. In: KOSMOS, Heft 9 (1981)
- Automaten statt Astronauten. In: UMSCHAU in Wissenschaft und Technik, Heft 22, 80. Jahrg. (15. Nov. 1980)
- Ohne Brüder im Weltall. In: UMSCHAU in Wissenschaft und Technik, Heft 19 (1982)
- The Computing Universe. Sonderdruck aus: International Journal of Theoretical Physics, Vol. 21, Nos. 6/7, Plenum Publishing Corporation (1982)

PERSONENREGISTER

- Ackermann, W. 42, 73
Adam 124
Agerer, Karl 85
Aiken, Howard H. XI, 31, 67, 94, 104f., 111, 114
Alef 126

Babbage, Charles 30f., 72, 75, 99, 111, 149, 154, 168, 170, 189, 195
Baeumler, Alarich 132
Bauer, Friedrich L. 92, 112, 115, 140, 146ff.
Beauclair, Wilfried de 73, 148
Begout 88
Billing, Heinz 111, 148
Bittmann, Bruno 135
Bock 55
Bodo, Rudolf 132
Bohr, Nils 155
Bracki 9
Brandes, Kurt 132, 135
Braun, Wernher v. 82f., 85
Brettschneider, Kurt 59ff.
Brinkmann, Donald XI
Buttmann, Günther XI, 31
Buttmann, Walther 31, 34

Carnap, Rudolf 73
Castro, Fidel 151
Chaplin, Charlie 24
Chruschtschow 151
Clarke 18

Couffignal, L. 99
Cremer, Hubert XI, 122ff., 156
Crick, Francis H.C. 116
Crohn, Maria (s. Zuse, Maria)
Czauderna, Karl-Heinz 31, 59

Dirks, Gerhard 95, 99f., 111, 127
Dornberger 82f.
Drake, F. 145
Dreyer, Hans-Joachim XI
Dyson 155

Eckert 31, 95
Eckhard, Alfred 59f., 106f., 119
Eckstein 31
Edison, Thomas Alva IX, 35
Eisenhower, Dwight D. 104
Engeler, Erwin 8

Fast 72
Feynman, Richard P. 155
Flessner, Hermann 149
Ford, Henry 19
Frege, Gottlob 42, 73
Freud, Sigmund 20
Freytag v. Baron-Löringhoff, Bruno 148
Fromme, Theodor XI, 113f., 121, 134
Funk, Hans-Jürgen XI, 80f., 83, 86, 88

Gardner, Martin 155
Gesell, Silvio 20
Goethe v., Johann Wolfgang 23, 27
Goeze, Helmut O. 85f., 101f.
Goldstine, H.H. 91, 95
Grohmann, Andreas 31, 33
Grohmann, Roland 31, 32
Grohmann, Vera 58
Groves 104
Gumin, Heinz 140
Güntsche, Fritz-Rudolf 121f.

Häußer, Erich 99, 202
Heider 7
Heisenberg, Werner 158
Helmcke, J.-G. 93, 116
Helmer, Olaf 18
Hilbert, D. 42, 73
Hitler, Adolf 20, 28, 72
Hoestermann, Karl-Ernst 59f., 62
Hohenadl 90f., 94
Hohmann, Joachim 140
Hohmann 6
Hubing, Walter XI, 134, 142
Hummel 102
Huth, Peter 132

Janje 69
Jünger, Ernst 20

Kämmerer, Wilhelm 110, 112, 148

- Kekulé, August 18
 Koch, B. 56
 Krückeberg, Fritz 140f., 147f.
 Küssner 82
 Lang, Eduard 121, 129, 130
 Lang, Fritz 17
 Lehmann, N.J. 148, 149
 Leibniz, Gottfried Wilhelm Freiherr von 30, 33, 41
 Leitz, Ernst 117f.
 Leonhardt, Fritz 150
 Liebknecht 53
 Löchel, A. 31
 Lohmeyer, Hans XI, 73, 76
 Looman, Johannes 143
 Lovelace, Augusta Ada, Countess of 72
 Lübbe, Heinrich 150
 Lutsch, Adolf Gottfried K. 73
 Mans 88
 Marx, Karl 20, 26
 Mauchly, John W. XI, 31, 95
 Mayer 56
 Mehlitz 131
 Miska 151
 Mittelsten-Scheid, Erich 116
 Mittreng, Kurt 31, 49
 Möller van den Bruck 20
 Müller, Hans 31
 Müller, Herbert XI, 31
 Müller, Horst XI
 Mußtopf, Günter 125
 Nauke (s. Naumann, Walter) 7
 Naumann, Walter 7
 Neumann, John v. XI, 31, 91, 93, 95, 145f., 192, 200
 Nietzsche, Friedrich 20
 Nikoradse 71
 Nixdorf, Heinz 127
 Novotny 151
 Osenberg 83
 Overhoff, Gerhard XI, 82, 89
 Pannke, Kurt XI, 38, 50, 67
 Pascal, Blaise 30
 Pauli, Kurt 151
 Pauli, Wolfgang 155
 Petri, Carl Adam 141
 Piesch, Hansi 73
 Pilony, Robert 112, 148
 Planck, Max 151
 Poel, van der 121
 Pollems, Rolf 31, 33
 Prandtl 82
 Puchberger 97
 Rathenau, Walther 20
 Reschke, Marion 23
 Reschke, Rolf 22
 Rilke, R. M. 20f.
 Röhm, Ernst 27f.
 Rutishauser, H. 92, 107f., 113, 115
 Samelson, Klaus 92
 Scharr 102
 Schickard, Wilhelm 30
 Schiller v., Friedrich 23, 27
 Scholz, Heinrich 73, 76
 Schmieden, C. 56
 Schopenhauer, Arthur 93
 Schottki 150
 Schreyer, Helmut Th. 31, 34, 36, 53, 56f., 59, 69ff., 94f., 97, 99, 111, 148
 Schröder 42, 73
 Seifers, H. 120, 148
 Shannon, Claude F. 73
 Speer 12, 71, 141
 Speiser, A. P. 107f., 113
 Spengler, Oswald X, 20, 26
 Spinks, A. 50
 Stäblein 36, 69
 Steinbuch, Karl 160
 Stibitz, George R. 31, 95
 Stiefel, Eduard XI, 104, 106, 108, 113
 Stier, Friedrich Wilhelm 24, 28
 Stoltenberg, Gerhard 142
 Strauß, Franz-Josef 134
 Stucken, Harro 82, 89, 96, 101, 103f., 106, 115, 119
 Suppes, Otto 124
 Tannheimer, L. 89ff.
 Tannheimer, Hubert 89ff.
 Teichmann, Alwin XI, 55, 56, 67, 68
 Tipler, Frank J. 145
 Tithemi (s. Hohmann)
 Turing, A. M. 48, 53, 76, 121
 Valtat, A. L. 172
 Vollmar, R. 141
 Wagner, Herbert XI, 53, 54, 62, 64, 67f., 80f.
 Walther, Alwin XI, 73, 112, 114, 146
 Watson, James D. 116
 Watson, Thomas 102
 Weber, Herbert 7, 31
 Weder, Oskar 110, 124
 Weierstraß 6
 Weininger, Otto 20
 Weizsäcker, Carl-Friedrich Freiherr v. 158
 Wiegand, Otto 22
 Willers 112
 Wössner, Hans 140
 Wolters, Martin F. 69
 Wood, R. 50
 Zemanek, Heinz 92, 112, 148, 156
 Zettler, Alois 110
 Zielkowski 18
 Zuse, Emil XI, 1, 31, 32, 62, 81
 Zuse, Gisela 79, 81, 89, 90, 96, 119
 Zuse, Maria XI, 1, 31, 32, 60, 62, 81

SACHWORTVERZEICHNIS

- Abitur 1, 12
Addieren 172
Addierwerk 173
Adressenumrechnung 77, 91
Aerodynamische Versuchsanstalt 82
Akademischer Verein Motiv 13, 22, 28, 33
ALGOL 91f., 115, 137, 141
algorithmische Sprache 91, 140
Analog-Digital-Wandler 62, 65, 97
Analoggerät 94
Analogtechnik 129
Arbeitskreis für Sammlungsempfehlungen zur Geschichte der Datenverarbeitung 148
Arbeitsunterricht 7
Arbeitswerk 45
Array-Prozessor 154
artificial intelligence 51, 92, 153
Astronaut 144
Aussagenkalkül 30, 36, 41, 51, 75
Autodidakt 19
Automatentheorie 76, 141
Automatisierung 161, 163
Bändelfahrer 7
BBC (s. Brown, Boveri & Cie. AG)
Bedingungskombinatorik 41, 42, 184
Bell 95
Besucherbuch 56
Blindenlehranstalt 72
Blindenschrift 73
Boolesche Algebra 30, 42, 104
Brown, Boveri & Cie. AG 132, 138
Bundespatentgericht 98
CAD (s. Computer Aided Design)
CAM (s. Computer Aided Manufacturing)
Cäsarenstadt 11
Chiffriergerät 51
Chiffrierwesen 51
COBOL 91, 115, 141
Code, analytischer 121
Computer Aided Design 102, 154
-- Manufacturing 102
Computerarchitektur 128, 152, 188
Computerkriminalität 161
Cyborg 164
Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) 141
Deutsches Museum 57
Deutsches Patentamt 99, 202, 203
Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt (DVL) 55f., 60, 68, 72
Digitaltechnik 129
Diplom 19
Dissertation 73
Doktorarbeit 91
Doppeltriode 70
Dualitätsprinzip 43
Dyadik, allgemeine 41
Eidgenössische Technische Hochschule (ETH) 104f., 117
Einstein-Podolsky-Rosen-Paradox 155
Elektronengehirn 112
Elementaroperation 42
Eltern 1, 12, 31f., 62, 81, 204
Entwicklungsplan 78
Esperanto 73
Feldrechenmaschine 128f., 153
Feldrechner 154
Fernmelderelais 34
Fertigungsüberwachungssystem 128
Flügelvermessung 60, 62, 97
Flurbereinigung 120f., 130
Flußdiagramm 91
Formular 34, 165
Fotografie 14
Fotolabor, automatisches 18
Fraunhofer Gesellschaft 142
FORTRAN 91, 115, 141
Geburtsanzeige 80
Geburtsstadt 10

- Gehirn, künstliches 76
 –, mathematisches 41
 –, mechanisches 40f.
 Geodäsie 121, 129
 general problem solving 51, 92
 Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung mbH Bonn 140f., 147f.
 Graphomat 131, 146
 Greiferkran 8
 Haffuferbahn 4
 Hahn-Meitner-Institut 125
 Hamburger Hochbahn-Gesellschaft 133
 Handhabungsgeräte 162
 Hardware 133, 146, 155
 Harvard University 67, 94, 104
 Heereswaffenamt 51, 53
 Henschel-Flugzeug-Werke 30, 53, 57, 62f., 71
 Hollerith 102
 Hotel 123
 Hugenotten 1
 IBM (s. International Business Machines)
 IEEE (s. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.)
 IFIP (s. International Federation of Information Processing Societies)
 Imperial College 50
 Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. 150
 International Business Machines 101, 112, 133
 International Federation of Information Processing Societies (IFIP) 112f.
 Intervall 44
 Jacquard-Webstuhl 30
 Ja-Nein-Wert 42, 51, 75, 92, 158, 172
 Keimzelle, technische 201
 Kernforschung 152
 Kindheitserinnerungen 1
 Kino 15f., 18
 –, elliptisches 16, 18
 Kleeblattkreuzung 11
 Kosmos 157
 Kreditaufnahme 137
 Kybernetik 141, 160
 Landvermessung 120
 Latein 6
 Large-Scale-Integration (LSI) 127
 Leimen 23
 Leitz 117
 Lochkartengeräte 30
 Logik, mathematische 51, 73, 76, 146
 Logistik 51
 –, angewandte 34
 Luftfahrtministerium 34
 Mathematik, angewandte 76
 –, reine 146
 Mandarinenautomat 32
 Maschinenzeichnen 13
 Massachusetts Institute of Technology (MIT) 94, 155
 Meßkluppe 94
 Metropolis 1, 10, 14, 103
 Militärdienst 50
 Mimik 20, 27, 34
 Molekularbiologie 164
 Multiprozessor 128, 154
 NAE (s. National Academy of Engineering)
 NASA 144f.
 National Academy of Engineering (NAE) 151
 Nixdorf 127
 Parallelrechner 128, 154
 Parkproblem 11
 Patentanmeldungen 97
 Petri-Netze 142
 Pipelining 103
 Planimeter 129
 Plankalkül 77, 91f., 94f., 114, 140f., 146, 190
 Planwerk 45
 Platzbuchungssystem 115
 Potentiometer 64
 Powers 109
 Prädikatenkalkül 115
 Programmiersprache 80, 91, 97
 Programmspeicherung 77, 97
 Programmsteuerung 75, 165
 Prozeßsteuerung 55
 Raum, Rechnender 93f.
 Raumfahrtprojekt 18
 Rechenlocher 103, 109
 Rechenmaschine, programmgesteuerte 98
 Rechenplan 41, 44, 91, 169, 199
 Rechnen 51, 73, 91
 Relationenkalkül 115
 Relativitätstheorie 156
 Remington-Rand 102, 106, 118
 Roboter 144
 Röhm-Putsch 28
 Schachhirn 45
 Schachprogramm 45
 Schachspielen 33, 51, 92, 113, 192
 Schaltalgebra 51
 Schaltgliedtechnik, abstrakte 43, 180
 –, mechanische 43, 71, 103
 Schneemaschine 23
 Schnellzeichner 27
 Secret Service 88
 sequence controlled calculator 67
 Sich-selbst-reproduzierende-Systeme 93f., 142, 146, 162
 Siemens 123, 138, 189
 Siemag 99, 119, 140f.
 Software 133ff., 140, 165
 Standard Elektrik 123

- | | | |
|--|--|---|
| <p>statische Rechnungen 14, 123</p> <p>Statiker 30, 53, 57, 204</p> <p>Stierspritze 24</p> <p>Stiftung Preußischer Kulturbesitz 147</p> <p>Studentenleben 13</p> <p>Studium 13</p> <p>Superhirn, künstliches 94</p> <p>60°-System 10</p> <p>Tagebuchnotizen 40, 42, 44, 47f., 66</p> <p>Tastaturkerber 128</p> <p>Technische Universität Berlin 20f., 28, 33, 96, 121, 142, 146, 149, 199, 202</p> <p>Telefunken 98, 123</p> | <p>Tetrachlorkohlenstoff 61</p> <p>Theater 15</p> <p>Theaterspielen 22</p> <p>Theodolit 130</p> <p>Time-Sharing-Anlage 125</p> <p>UNESCO 114</p> <p>Ufo-Forschung 145</p> <p>Vergeltungswaffe 80f., 88</p> <p>Vermessungswesen 53</p> <p>Verschlüsselungsgerät 53</p> <p>Vielfachzugriffssystem 125, 137</p> <p>Vorexamen 19</p> <p>Vorfahren 1</p> <p>Vorschrift 91</p> | <p>Warenautomat, geldwechselnder 18</p> <p>Webstuhl 116</p> <p>Weltraum 17, 145</p> <p>Zahnradfabrik Friedrichshafen 142</p> <p>Zellulärer Automat 128, 141, 154, 156</p> <p>Zeiss/Jena 110</p> <p>Zettler 110</p> <p>Zuse-Benutzer-Gemeinschaft 133</p> <p>Zuse-Ingenieurbüro, Hopferau bei Füssen 101 – und Apparatebau, Berlin 204</p> <p>Zuse KG 106, 110, 112f., 118, 124, 126f., 132, 134ff., 139, 146, 204</p> |
|--|--|---|

VERZEICHNIS DER COMPUTER UND RECHENGERÄTE

Babbage-Boole-Maschi- ne	45, 75, 121	MARK III	96	- Z3	38, 45, 55f., 60, 62, 66, 72, 95ff., 114, 183
Colossus	53, 95	MARK IV	96	- Z391	97, 100, 204
DERA	112	Minima	121	- Z4	38, 60, 66, 71, 73, 75f., 81f., 86f., 95f., 101f., 105, 109, 117, 148, 161
ENIAC	94, 95	Multiquick	127	- Z5	117, 120
Enigma	53	NC-Maschinen (Nu- merical Control Machi- nes)	162	- Z11	38, 62, 118, 120f., 132
ERMETH	109, 112	OPREMA	110, 112	- Z20	121
G1	111f.	PERM	112	- Z21	121
G2	111	Saldoquick	127	- Z22	116, 118, 121f., 124f., 127, 137, 146
G3	111	Spezialmodell S1	62	- Z23	118, 125f., 132, 146
Graphomat Z64	297, 303	- S2	95	- Z25	126
John-v. Neumann-Ma- schine	41, 45	Turing-Maschine	76	- Z26	139
Mailüfterl	112	Whirlwind	104, 112	- Z31	126f.
MARK I	6f., 94f., 114	Zuse Z1	32f., 43, 71f., 95, 183, 204	- Z60	130
MARK II	96	- Z2	38f., 50, 55, 59, 71f., 95	- Z64 (Graphomat)	131f., 146
				- Z70	128