



Title: Erkennbare Entwicklungen der EDV- Systeme
Author(s): Konrad Zuse
Date: 1972
Published by: Konrad Zuse Internet Archive
Source: Document - ZIA ID: 0096

The Konrad Zuse Internet Archive preserves and offers free access to the digitized original documents of Konrad Zuse's private papers and to other related sources.

The Konrad Zuse Internet Archive is a nonprofit service that helps scholars, researchers, students and other interested parties discover, use and build upon a wide range of content in a digital archive. For more information about the Konrad Zuse Internet Archive, please contact zusearchive@zib.de.

Your use of the Konrad Zuse Internet Archive indicates your acceptance of the Terms & Conditions of Use (<http://zuse.zib.de/tou>) including the following license agreement. If you do not accept the Terms & Conditions of Use you are not permitted to use the material.

This work by Konrad Zuse Internet Archive is licensed under a
Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported License
(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>).
Based on a work at <http://zuse.zib.de>



Attribution (BY) - You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor (but not in any way that suggests that they endorse you or your use of the work). Attribute with "Konrad Zuse Internet Archive (<http://zuse.zib.de>)".

Noncommercial (NC) - You may not use this work for commercial purposes.

Share Alike (SA) - If you alter, transform, or build upon this work, you may distribute the resulting work only under the same or similar license to this one.

The usage of this document requires the consideration of possible third party copyrights, and might necessitate obtaining the consent of the copyright holder. The Konrad Zuse Internet Archive assumes no liability with respect to the rights of third parties. The Konrad Zuse Internet Archive is not responsible for the claims of any third party resulting from any infringement of copyright laws.

Erkennbare Entwicklungen der EDV- Systeme*

Von Professor Dr. Ing. Zuse, Hünfeld

Professor Dr. Ing. E. H. Konrad Zuse (62) arbeitete nach dem an der TH Berlin-Charlottenburg erworbenen Bauingenieur-Diplom als Statiker in einem Flugzeugwerk. 1940 gründete er in Berlin die eigene Firma „Zuse- Apparatebau“. Ein Jahr später konstruierte er die erste programmgesteuerte Rechenanlage der Welt – den Relaisrechner Z 3, der 1947 durch Kriegseinwirkung zerstört wurde. Ein Nachbau befindet sich im Deutschen Museum in München. Eine Neukonstruktion Z 4 war gegen Ende des Krieges fertiggestellt und konnte gerettet werden. In Bad Hersfeld wurde 1949 die Zuse KG gegründet. Ihre elektronischen Rechnermodelle fanden im In- und Ausland, vor allem in der Industrie für optische Geräte und für geodätische Aufgaben, guten Absatz. Das Unternehmen wurde vor einigen Jahren in die Siemens AG eingegliedert. 1947 wurde Konrad Zuse von der TU Berlin der Dr.-Ing. e. h. verliehen. Seit 1966 lehrte er einige Jahre als Honorarprofessor an der Universität Göttingen. Aber auch als Autor von wissenschaftlichen Abhandlungen wurde er bekannt.

Man diskutiert neuerdings gern über Futurologie, die mitunter zwischen Traum und Wirklichkeit hin und her schwankt und sich wohl in erster Linie mit dem Erkennbaren befassen sollte. Leider ist das Erkennbare nicht immer identisch mit dem, was eintreten wird und auch nicht mit dem, was man sich wünscht oder was man eigentlich tun sollte.

Es kommen heute viele Schlagworte auf uns zu: So wird häufig von der dritten Generation von Computern gesprochen. Wer das Schlagwort erfunden hat, weiß man nicht. Eigenartigerweise sprach vorher niemand von der ersten und zweiten Generation. Gebräuchlich ist die Einteilung:

- 1. Generation = Röhrenmaschine
- 2. Generation = Transistormaschine

*ZIA 0096. ZuP 043/010. Version 1. Durchgesehen von R. Rojas, G. Wagner, L. Scharf

- 3. Generation = Maschine mit integrierten Schaltkreisen.

Das betrifft natürlich nur die Technologie. Daneben gibt es andere ebenso wichtige Dinge, nämlich den logischen Aufbau der Geräte und ihre Anwendungsgebiete. Doch auch da kann man gewisse Unterschiede in den einzelnen Entwicklungsstufen feststellen und auf diese Weise zu einer anderen Einteilung kommen. Ich glaube, daß es nicht vernünftig ist, den Begriff der Generation in der Zukunft beizubehalten. Heute schon spricht man von der vierten Generation, obwohl es dafür gar kein klares Konzept gibt. Witzbolde meinen, daß die vierte Generation das machen wird, was die Propagandachefs für die dritte Generation versprochen haben.

Der eigentliche Vater des Computers, der programmgesteuerten Rechenmaschine, ist Babbage. Er lebte vor über hundert Jahren und wurde vergessen. Er war ein Außenseiter. Von 1935 bis 1950 folgte eine Pioniergeneration. Auch diese Geräte werden noch nicht in den normalen Generationsbegriff einbezogen. Man könnte sagen, diese Pioniergeräte waren die Generation „Null“ und Babbage schuf die Generation „Minus 1“.

Bezeichnenderweise waren die ersten Außenseiter Mathematiker, Wissenschaftler oder Ingenieure, die zunächst für ihre eigenen Aufgaben Computer entwickelten, als Wissenschaftler für Wissenschaftler, als Mathematiker für Mathematiker. Die sogenannte Datenverarbeitung wurde noch lange Zeit mit Hilfe von Lochkarten vollzogen. Erst später erkannte auch die Wirtschaft – die Versicherungswirtschaft rangiert hier an der Spitze – daß etwas Bedeutendes entstanden war. Heute sind etwa 90 Prozent der Anlagen auf nichtwissenschaftlichem oder kommerziellem Gebiet eingesetzt. Ich glaube jedoch, daß von den verbleibenden 10 Prozent für wissenschaftliche Rechnungen nach wie vor entscheidende Impulse für die Entwicklung der Computertechnik ausgehen und auf das Gebiet der kommerziellen Computeranwendung ausstrahlen werden.

Man könnte nun fragen, ob bereits eine Entwicklung erkennbar sei, die an die sogenannten drei Generationen anschließt? Nun, der Transistor hat sich so gut bewährt, daß er auch weiterhin seinen Platz behaupten wird. In den letzten zehn bis zwanzig Jahren hat man zwar in den Laboratorien sehr intensiv daran gearbeitet, ihn durch ein anderes Schaltelement abzulösen. Man experimentierte mit sehr niedrigen Temperaturen und versuchte, verschiedene physikalische Effekte auszunutzen. Inzwischen hat sich die Erkenntnis durchgesetzt, daß der Halbleitertechnik nach wie vor die Zukunft gehört. Die Entwicklung geht nicht so sehr dahin, die Bausteine als solche durch neue abzulösen, sondern sie anders zu gestalten, sie zu verkleinern und vor allem neue Fertigungstechniken für sie zu entwickeln.

Moderne Fertigungsverfahren erlauben es, daß auf kleinstem Raum – beispielsweise auf einem Quadratmillimeter – komplette Schaltungen untergebracht werden.

Die integrierte Schaltungstechnik bedeutet, daß Schaltelemente in Zukunft zu einem niedrigeren Preis auf den Markt gebracht werden können als bisher. Dadurch werden kleine Computer preiswerter, größere Computer bei gleichen Preisen wesentlich leistungsfähiger. Zu den technologischen Problemen gehört auch das Speicherproblem. Es geht nicht nur darum, auf sehr kleinem Raum sehr viele Bits zu speichern. Hier ist man mit Hilfe der Photographie, der Magnetbandtechnik, der Plattentechnik schon sehr weit. Man muß freilich auch die Mittel haben, um an dieses kleine Stückchen gespeicherte Information heranzukommen. Die Tendenz wird hier sicher in Richtung einer weiteren Erhöhung der Kapazität und Ermäßigung des Preises für die einzelne gespeicherte Informationseinheit gehen.

Aber auch in Zukunft wird es sinnvoll sein, mit einer Speicherhierarchie zu arbeiten. Es wird darauf ankommen, genau zu überlegen, welche Daten man außerordentlich schnell zur Verfügung haben muß und wo man es sich leisten kann, teure, sehr schnelle Speicher zu verwenden, und welche von den Millionen oder Hundertmillionen Daten etwas im Hintergrund liegen können, weil man mit einer Sekunde oder sogar auch mit einigen Minuten Zugriffszeit auskommen könnte. Dieses rein ökonomische Prinzip zwingt dazu, die Speicher größerer Anlagen nach einer Hierarchie aufzubauen. Für die sehr schnellen sogenannten Arbeitsspeicher, die direkt dem Rechenwerk zugeordnet sind, verwendet man verschiedene Techniken. Zum Beispiel die Ferrit-Kern-Technik, Dünnspeicher-Technik. Solche Speicher sind jedoch relativ teuer. Daneben gibt es andere Magnetspeicher wie Trommel, Magnetband und Platte. Ihre Kapazität ist verhältnismäßig groß, die Zugriffszeit relativ lang. Am Schluß der Speicherskala stehen die Lochkarten, die im Zugriff aber sehr langsam sind.

Auch in Zukunft wird es diese Speicherhierarchie geben. Selbst dann, wenn es den Ingenieuren gelingen sollte, die Speichertechnik immer preiswerter zu machen, werden immer noch Unterschiede im Preis der sehr schnellen Speicher mit geringer Kapazität und der sehr großen Speicher mit langsamer Arbeitsweise bleiben.

Berechtigt wäre die Frage, ob es physikalische Gesetze gibt, die die Geschwindigkeit von Speichern grundsätzlich begrenzen? Eine Statistik über die Geschwindigkeit der Geräte zeigt, daß in etwa sechs Jahren sich jeweils die Geschwindigkeit der Datenverarbeitungsanlagen verzehnfacht hat. Diese Entwicklung ist noch im Fluß. In etwa weiteren sechs Jahren werden voraussichtlich die Geräte abermals zehnmal schneller sein als heute, in zwölf Jahren etwa hundertmal so schnell.

Die Frage scheint logisch, ob dies so weitergehen kann? Irgendwann muß doch die Natur auf Grund der physikalischen Beschaffenheit von Atom und Molekül Grenzen setzen. Diese Frage wurde untersucht. Zum Glück ist man heute noch um einige Zehnerpotenzen davon entfernt. Als kleinste physikalische Zeiteinheit gilt etwa die Zeit von 10^{-23} Sekunden. Die Schaltzeiten heutiger Rechner liegen im Nano-Sekunden-Bereich (10^{-9} Sekunden).

Noch schneller?

Bis zu den Grenzen der Atomphysik muß also noch ein weiter Weg gegangen werden. Physiker haben auch untersucht, ob etwa durch die Quantentheorie Grenzen gesetzt werden. Dabei ging es um die Frage, ob im Zusammenhang mit dem Wirkungsquantum h eine Mindestenergie für die Übertragung eines Bits festgestellt werden kann. Auch hier liegen die derzeit schnellsten Geräte um etwa vier Zehnerpotenzen über dieser Grenze. Das heißt, noch etwa um den Faktor 10000 langsamer als es physikalisch möglich wäre. Extrapoliert man die bisherige Entwicklung mit einer zehnfachen Steigerung alle sechs Jahre, dann würden in etwa 24 Jahren diese Grenzen erreicht sein. Es ist freilich wenig wahrscheinlich, daß man eines Tages tatsächlich an diese Grenzen herankommt. Bis dahin werden andere Faktoren die Entwicklung bestimmen. Im Augenblick braucht man sich deshalb über die physikalischen Grenzen keine Sorgen zu machen.

Auch die geradezu märchenhaften Verkleinerungen, die heute mit den kleinen Transistoren in integrierten Schaltkreisen erreicht werden, eine zweifellos erstaunliche Leistung unserer Technik, sind immer noch verhältnismäßig grob im Vergleich zu dem, was die Biologie in unserem Gehirn an komplizierten Schaltungen zu bieten hat. Sie arbeitet wirklich mit dem Molekül als Baustein. Die Abmessungen gibt man in Angström an (10^{-8} cm). Für Verkleinerungen besteht demnach noch ein großer Spielraum. Aber wäre es wirklich sinnvoll, den Weg bis zu den physikalischen Grenzen von Schnelligkeit und Verkleinerung fortzusetzen? Grundsätzlich kann natürlich eine Anlage, die zehnmal so schnell arbeitet und dabei das gleiche kostet, zum zehnten Teil des Preises die einzelnen Operationen durchführen. Nun ist aber nicht allein die Geschwindigkeit des Rechenwerkes maßgebend. Eine Fülle von Ein- und Ausgabegeräten wirken mit. Auch die Organisation beeinflusst die Gesamtleistungsfähigkeit einer Anlage entscheidend. Deshalb ist es auch unmöglich, ein Patentrezept für ihre Leistungsfähigkeit zu geben. Man kann leider nicht umhin, bei der Auswahl einer Anlage Fachleute sowohl aus dem Anwenderbereich als auch aus der Datenverarbeitung heranzuziehen, die in mühsamer Arbeit einen Vorschlag ausarbeiten.

Der logische Aufbau der Geräte macht selbstverständlich auch eine Entwicklung durch. Erkennbar ist, daß man mit Rechenmaschinen von der rein numerischen Rechnung immer mehr zu einer allgemeinen Informationsverarbeitung übergehen kann. Das bedeutet: mit der Rechenmaschine lassen sich nicht nur Zahlenkolonnen sehr schnell addieren oder statistische Sortierprozesse rasch durchführen, sondern auch durch bedingte logische Befehle sehr komplizierte Abläufe individuell gestalten.

Der Trend zur allgemeinen Informationsverarbeitung ist ebenso klar, wie zu größeren Anlagen, bei denen mehrere informationsverarbeitende Teile zusammenspielen. So werden beispielsweise mehrere Computer sich gegenseitig ihre Informatio-

nen zuspielen. Bei Vielfachzugriffssystemen kann man ohnehin schon von mehreren Stellen aus einen einzelnen Computer bedienen. Die Amerikaner sprechen dann von einem Time-Sharing-System.

Man träumt davon, daß in einer Stadt ein einziger Riesencomputer genügen würde, an den sämtliche Hochschulinstitute, Behörden, Verwaltungen und Wirtschaftsunternehmen angeschlossen sind und über hunderte von Außenstellen zu diesem Computer Zugriff haben. Inzwischen hat man freilich die Grenzen und die Möglichkeiten dieser Vielfachzugriffssysteme erkannt. Sie arbeiten gut, wenn man ihren Wirkungsbereich beschränkt, beispielsweise auf ein Platzbuchungssystem. Ein solches System funktioniert auch an einer Universität mit einer Reihe von Instituten mit Rechenarbeiten, die nicht allzu umfangreich sind. Es ist überhaupt entscheidend, daß die Anlage nicht überfordert wird. Verlangt man jedoch zuviel von einem solchen System, wird es durch eine Überorganisation blockiert. Zu 90 Prozent ihrer Zeit ist die Anlage allein mit solchen Operationen ausgelastet, die entscheiden, wer an der Reihe ist, wer das Vorrecht hat, wem die Speichergruppe zur Verfügung gestellt werden kann, wer Zugriff zu der Information erhält und wer nicht an bestimmte Informationen heran darf. Bei überforderten Vielfachzugriffssystemen hat die Maschine dann nur noch mit derartigen organisatorischen Aufgaben zu tun.

Wesentlich ist die Entwicklung der Ein- und Ausgabegeräte. Die Maschinen können zwar elektronisch sehr schnell rechnen, problematisch bleibt jedoch der Anschluß an die Außenwelt. Im Prinzip scheinen die Möglichkeiten der Mechanik bei der Ein- und Ausgabe, von Informationen nahezu ausgeschöpft zu sein. Gewiß wird man noch schnellere Geräte bauen. Erinnert sei an das maschinelle Lesen von Handschriften und die akustische oder optisch erkennbare Computerausgabe, auch an die Ausgabe auf Mikrofilm (COM). Der begrenzten Möglichkeiten der Mechanik wegen sind jedoch revolutionäre Entwicklungen kaum zu erwarten. Jedenfalls nicht, solange Belege aus Papier im Bereich der Eingabe und Ausgabe erforderlich sind. Entscheidend wird sein, ob überhaupt noch mit handgeschriebenen oder gedruckten Belegen gearbeitet werden muß? Ein beachtlicher Teil des Computereinsatzes entfällt bereits auf die sogenannten Prozeßrechner. Bei ihnen wird im wesentlichen darauf verzichtet, Daten als Zahlen zu schreiben oder anzuzeigen. Die Daten werden sofort digital erfaßt. Sie gehen in den Computer, der errechnet, was zu tun ist.

Management by exception

Die meisten großen Kraftwerke werden heute bereits computergesteuert. Das ist ein Prozeß, bei dem die Ein- und Ausgabegeräte in die elektronische Technik miteinbezogen sind. Auch in der Verwaltung muß dazu übergegangen werden, nicht

mehr in allen Fällen Kolonnen auf kilometerlangem Papier auszudrucken. Viel wichtiger ist, daß der Computer von vornherein die wesentlichen Daten denjenigen Stellen zuführt, die sie brauchen. Dafür gibt es das amerikanische Schlagwort „management by exception“. Das heißt: Eingriff in die Leitung eines Betriebes nur in Ausnahmefällen. Solange alles glatt geht, überläßt man die Steuerung dem Computer. Er muß so programmiert sein, daß die Meldung über eine Ausnahmesituation unverzüglich weitergegeben wird, damit der Mensch eingreifen kann. Hier ist von vornherein durch einen Selektionsprozeß die Ein- und Ausgabe eingeschränkt.

Es hat immer schon Befürworter der Großcomputer gegeben. Aber inzwischen ist das Spektrum von den kleinen Computern bis zu den großen eher größer als kleiner geworden. Auf der einen Seite gibt es die Entwicklung zu ausgesprochenen Riesenanlagen, die mit außerordentlich großen Speicherkapazitäten ausgerüstet sind, auf der anderen Seite ist der Erfolg sehr kleiner Geräte unübersehbar. In vielen Fällen erweist sich der kleine Computer als richtig, in anderen dagegen der große. Jede Entscheidung muß für sich getroffen werden. Nun leistet ein Kleincomputer inzwischen erheblich mehr als vor zehn Jahren. Die integrierte Schaltungstechnik erlaubt es, große Schaltkreise auf kleinstem Raum zu konzentrieren. Kleincomputer können deshalb eine größere logische Beweglichkeit und somit eine größere Leistungsfähigkeit eingebaut bekommen.

Es sieht fast aus, als ob es für das Arbeiten mit Programmiersprachen schon eine gewisse Schwelle gäbe. Geläufig sind die formalen Sprachen Algol, Cobol, PL 1, Fortran. Dafür müssen die Computer Übersetzer (Compiler) haben. Sie erfordern in logischer Hinsicht einen bestimmten Mindestaufwand. Doch mit Zunahme der Leistungsfähigkeit der Kleincomputer kann auch diese Schwelle überschritten werden.

Eine weitere Entwicklung im EDV-Bereich stellt die „software-Welle“ dar. Auf dem Gebiet der formalen Sprachen ist jetzt ein Punkt erreicht, der grundsätzlich neue Wege erfordert. Die Programmierung wird so lange außerordentlich schwierig bleiben bis eine formale Sprache allen Forderungen genügt. Noch weit ist man davon entfernt, beispielsweise ein schwieriges Problem der Versicherungswirtschaft mit Hilfe einer übergeordneten Formelsprache elegant zu formulieren. Nach wie vor muß zumeist mit handgeschneiderten Programmen gearbeitet werden. Die erkennbare Tendenz geht in die Richtung, daß es auch im Bereich der Formelsprachen in Zukunft zu rationelleren Lösungen kommt. Leider ist jedoch auch zu erkennen, daß Theorie und Praxis nicht eng genug zusammenarbeiten und sich manchmal auseinander entwickeln. Häufig ist die Rede vom Zusammenspiel Mensch – Maschine. Man überlegt, was der Mensch besser kann und was die Maschine besser erledigen könnte. Der Mensch vermag mit seinen Zehn-Milliarden Ganglienzellen außerordentlich leicht Assoziationen durchzuführen. Mit seiner Fähigkeit, assoziativ und schöpferisch zu denken, ist er der Maschine weit über-

legen, auch wenn die Maschine beispielsweise schematische Zahlen-Operationen eine Million mal schneller ausführen kann. Der Mensch kann vortrefflich in Bildern denken, der Maschine fällt dies schwer.

Dialog mit Maschinen

Zur Zeit werden besondere Einrichtungen geschaffen, damit die Verbindung zwischen Mensch und Maschine enger wird. Ein Beispiel dafür sind die Sichtgeräte. Das ist der Weg zur Realisierung eines echten „Management by exception“. Auf dem Markt gibt es Dokumentations-Systeme wie beispielsweise „GOLEM“. Man steht vor dem Problem der Informationswiedergewinnung. Was nutzt eine große Menge von Informationen, wenn man nicht an sie herankommt? Man braucht auch eine Möglichkeit, mit der Maschine einen Dialog zu führen.

Weitere Schlagworte breiten sich aus. Man spricht beispielsweise von der „Bionik“, eine Symbiose aus Biologie und Elektronik. Schon heißt es, daß eines Tages biologische Bauelemente im Computer eingebaut werden. Zum Glück ist noch nicht erkennbar, daß derartiges sich in absehbarer Zeit verwirklichen läßt. Man diskutiert auch den „Cyborg“, den kybernetischen Organismus, eine Kombination zwischen Mensch und Maschine. Aber für die Praxis hat er noch keine Bedeutung. Der Mensch soll und wird nach wie vor das Maß aller Dinge bleiben.