



Title: Entwicklungstendenzen der Informationsverarbeitung. In: Herrschen die Computer?
Author(s): Konrad Zuse
Date: 1974
Published by: Konrad Zuse Internet Archive
Source: Document - ZIA ID: 0023

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.

Entwicklungstendenzen der Informationsverarbeitung*

Von Konrad Zuse

Der Mensch, der als erster einen Keil in einen Stein trieb, war wahrscheinlich auch der erste „Datenverarbeiter“. In früheren Zeiten wurde aber die Datenverarbeitung hauptsächlich im Kopf durchgeführt. Es galt damals noch der Satz: „Ein Mann ein Wort“. Daran halten wir uns natürlich auch heute noch; aber es ist jetzt üblich, diesem Manneswort eine schriftliche Unterlage zu geben.

Wir wissen, daß der Abakus die erste Rechenmaschine war, und es ist keineswegs so, daß er heute schon zum alten Eisen gehört. Wir wissen ferner, daß Blaise Pascal (1623–1662) und Gottfried Wilhelm Leibniz (1646–1716) entscheidend an der Rechengeräteentwicklung beteiligt waren. Es ist erst in letzter Zeit bekannt geworden, daß es noch vor diesen beiden Wilhelm Schickard (1592–1635) gewesen ist, ein Tübinger Professor für biblische Sprachen, der das erste mechanische Rechenwerk (erste urkundliche Erwähnung: 1625) gebaut hat.

Leibniz hat darüber hinaus noch das binäre Zahlensystem gedanklich vorweggenommen, und er hat bereits eine *ars combinatoria*, eine Kunst der Kombination, entwickelt. Er meinte damit das Rechnen mit Umständen und Bedingungen, das, was unsere heutigen Computer täglich erledigen. Er war somit seiner Zeit weit voraus.

Die Entwicklung ging zunächst verhältnismäßig träge voran. Man sollte hier die Zweige Verwaltung und kommerzielles Rechnen als eigentliche Datenverarbeitung von den wissenschaftlichen Rechnungen trennen. Schon lange gibt es die Vorstellung von einem Verwaltungs-„Apparat“, und wir wissen, daß die Verflechtungen innerhalb verschiedener Dienststellen streng geregelt sind. Man spricht dann auch von der „Behördenmühle“. Oft haben wir das Empfinden, ihr ohnmächtig ausgeliefert zu sein.

Auf dem Gebiete der Verwaltung hat zunächst die Lochkartenindustrie nützliche Werkzeuge zur Verfügung gestellt. Die Lochkarte, von dem Bergwerksingenieur Dr. Hermann Hollerith (1860–1929) in den USA entwickelt, diente ab 1890 zunächst Sortierzwecken bei Bevölkerungsstatistiken.

*ZIA 0023. ZuP 045/005. Version 1. Durchgesehen von R. Rojas, G. Wagner, L. Scharf

Es war der englische Mathematiker Charles Babbage (1792–1881), der etwa hundert Jahre seiner Zeit voraus war. Er war es, der den Gedanken der Programmsteuerung vorweggenommen hat. Babbage ist dann allerdings wieder in Vergessenheit geraten. Die „klassische“ Rechenmaschinenindustrie selbst ist an der späteren Entwicklung der Datenverarbeitung kaum beteiligt, wenn man von der Lochkartenindustrie absieht, die gewisse Vorarbeiten geleistet hat.

Etwa mit den Jahren 1935–1945 setzte die eigentliche Pionierzeit dieser Geräte ein, und zwar in Deutschland und in den USA. Es war vornehmlich eine Zeit des Tastens und Suchens. Auch diese Arbeiten wurden von Außenseitern geleistet und dienten in erster Linie wissenschaftlichem Rechnen. Ingenieure und Mathematiker entwickelten also zunächst für sich diese Geräte.

Ich betrachte es als ein glückliches Schicksal, an dieser Entwicklung persönlich beteiligt zu sein. In Deutschland baute ich in Berlin mehrere Versuchsgeräte, denen ich die Namen Z1 bis Z4 gab.

Das Gerät Z3 war 1941 fertiggestellt und wurde zunächst ausschließlich für aerodynamische Rechnungen benutzt. Außerdem baute ich noch einige Spezialgeräte, welche im Krieg mehrere Jahre lang eingesetzt wurden. Diese Geräte wurden in elektromechanischer Technik, also hauptsächlich mit Relais aufgebaut. Mein Freund Helmut Schreyer baute etwa gleichzeitig ein elektronisches Versuchsgerät.

In den USA wurde 1944 das erste Gerät Mark I von Robert Aiken fertiggestellt. Es arbeitete ebenfalls in elektromechanischer Technik. Außerdem entstand in den Vereinigten Staaten die erste große elektronische Rechenmaschine ENIAC, welche etwa 1945 fertig war.

Es dauerte weitere zehn Jahre, bis sich herausstellte, daß diese Entwicklung gerade für die kommerzielle Datenverarbeitung von großer Bedeutung werden kann. Einmal war es das Prinzip der Programmsteuerung als solches, welches ein neues Denken anregte, nämlich eine strengere Formulierung von Abläufen, Rechenschemen usw., als es bisher üblich war. Ferner löste man sich vom Dezimalsystem und begann, den Begriff der Information zu untersuchen. Dieses neue binäre Denken, das zunächst Wissenschaftler für ihre eigenen Zwecke entwickelt hatten, übertrug man etwa zwischen 1950 und 1960 vorteilhafterweise auf die gesamte Datenverarbeitung.

Heute arbeiten 80 bis 90 Prozent der Computer auf dem Gebiete der kommerziellen und verwaltungsmäßigen Datenverarbeitung. Die mögliche, sich daran anknüpfende Vermutung, daß damit die wissenschaftliche Rechenmaschine heute an Bedeutung verloren hätte, ist aber falsch. Denn: Wir stehen noch mitten im Entwicklungsprozeß! Vielleicht ist die Datenverarbeitungsindustrie diejenige unter allen Industrien, bei der die einzelnen Phasen der Entwicklung am schnellsten aufeinander folgen. Eins glaube ich mit Sicherheit sagen zu können. Wissenschaftler und Ingenieure werden auf diesem Sektor der Informationstechnologie weiterhin

entscheidende Anregungen geben.

Was hat nun die heute scheinbar „profan“ genützte Datenverarbeitung von den Wissenschaftlern übernommen? Vor allem dies.

1. die Programmierung,
2. das Speicherprinzip und
3. den sehr wichtigen Begriff des nichtnumerischen Rechnens.

Man war zunächst der traditionellen Auffassung, daß Rechnen im wesentlichen darin besteht, Zahlen zu addieren, zu multiplizieren usw. Diesem Prinzip folgend waren deshalb auch für die frühen Rechenmaschinenbauer ausschließlich numerische Verfahren aktuell. Die Automatisierung war der Grundgedanke von Babbage; diese Idee galt auch noch für die Geräte aus der Pionierzeit der Computer zwischen 1935 und 1945.

Die dann einsetzende Entwicklung aber regte zum Nachdenken an: Was heißt überhaupt Rechnen? Gibt es außer dem numerischen Rechnen noch andere Rechenaufgaben? Der Entwurf der Geräte selbst gab den Schlüssel für weitere Erkenntnisse. Die Bauelemente waren im allgemeinen Mittel der Fernmeldetechnik: zunächst Relais, später Röhren und Transistoren.

Es zeigte sich, daß die mathematische Logik beim Schaltungsentwurf ausgezeichnete Hilfestellung leisten kann. Man erkannte, daß es eigentlich nur einen einzigen Elementarbaustein der Information gibt, nämlich den Ja-Nein-Wert oder das bit, wie wir heute sagen, eine Abkürzung von „binary digit“ (= binäre Ziffer). Es handelt sich hierbei um einen Wert, der also nur zwei Möglichkeiten zuläßt. Somit wurde zum wesentlichen Ausgangspunkt der modernen Computertechnik:

Alle Daten lassen sich letzten Endes in diese Ja-Nein- Werte auflösen.

Die Konsequenzen dieser Erkenntnis wurden nun weiteruntersucht: Wenn man einen elementaren Baustein der Information hat, muß es doch auch möglich sein, mit sehr wenigen einfachen Verknüpfungen auszukommen. Die drei Grundoperationen des Aussagekalküls, die Konjunktion, die Disjunktion und Negation, stellen sich als solche Grundverknüpfungen heraus.

Das ist an sich längst bekannt; aber gerade das, was uns heute selbstverständlich ist, sollte uns zum Nachdenken veranlassen. Auf diesem Ja-Nein-Wert sollten die Programmiersprachen aufgebaut und so von der Wurzel her systematisch entwickelt werden. Noch vor dreißig Jahren wurde das Gebiet der Logik, insbesondere der mathematischen Logik, im normalen Mathematik-Unterricht kaum behandelt. Heute sind diese Dinge in den Vordergrund gerückt, und die Begriffe logische Operation, logischer Befehl werden als Schlagworte, sogar von den Journalisten, recht freizügig benutzt. Es ist aber falsch, zuviel dahinter zu vermuten,

denn letzten Endes ist eine solche logische Operation eben weiter nichts als eine Verknüpfung zwischen zwei Ja-Nein-Werten. Gerade dadurch sind wir zu dem Begriff der allgemeinen Informationsverarbeitung bzw. zum Begriff des allgemeinen Rechnens gekommen. Rechnen heißt nicht mehr, arithmetische Operationen ausführen. Rechnen heißt allgemein aus gegebenen Daten nach einer Vorschrift neue Daten ableiten.

Ein wesentlicher Punkt der ganzen Entwicklung ist, daß hier erstmalig der große Unterschied zwischen zwei Kategorien klar wurde, die der Amerikaner mit den Schlagworten *Hardware* und *Software* bezeichnet. Es sind die konkreten Geräte, die dort als Hardware bezeichnet werden, und man hat einfach das Gegenteil, nämlich Software, gewählt für alles, was mit der Programmierung oder der Organisation zusammenhängt.

Es war eine der bittersten Erkenntnisse der gesamten Entwicklung, daß der Aufwand für die Software durchaus die Größenordnung desjenigen für die Hardware erreichen kann. Es ist sogar so, daß für bestimmte Probleme ein mehrfacher Aufwand entsteht.

Der Bereich Hardware ist historisch zu skizzieren: Das Gerät von Babbage bestand aus drei Teilen: einem Programmwerk, einem Rechenwerk und einem Speicherwerk. Er konnte damit lineare Programme, wie wir heute sagen, durchrechnen, indem er die einzelnen Zellen des Speicherwerks numerierte und die Formel in Einzelanweisungen auflöste, z.B. Variable 7 plus Variable 9 = Variable 10. Beschrieben wird diese Maschine eingehend in Babbages Werk *Calculating Engines* (London 1889).

Auch die Geräte der Pionierzeit 1935 bis 1945, selbst bis 1950, sind über diese logische Grundkonzeption kaum hinausgekommen. Heute haben wir eine wesentlich größere Beweglichkeit der Geräte erreicht.

Wichtig ist ein besonderer Punkt- Es besteht inzwischen eine Rückwirkung vom Rechenwerk auf das Programmwerk. Das wirkt sich dahin aus, daß der Programmablauf jetzt von den Ergebnissen der Rechnung selbst abhängig gemacht werden kann. Es kommt hinzu, daß die Programme ebenfalls gespeichert werden, wodurch eine weitere Beweglichkeit erreicht wird. Ferner kann man die Adressen der Speicherstellen über das Rechenwerk laufen lassen und sie auf diese Weise umrechnen. Man ist so zu einer technischen Anlage gekommen, die im wesentlichen aus einem informationsverarbeitenden Teil und einem informationsspeichernden Teil besteht.

Das ist der rein logische, interne Aufbau der Geräte. Hinzu kommt aber, daß eine umfangreiche Peripherie entwickelt werden mußte, welche außerordentlich viel technische Schwierigkeiten machte. Man spricht heute gerne von dem Triumph der Elektronik und vergißt dabei, welche ungeheure Arbeit von der Mechanik geleistet werden muß, um mit den Geschwindigkeiten der Elektronik auch nur

einigermaßen Schritt halten zu können.

Die Elektroniker haben ihre Forderungen immer höher geschraubt. Die ungeheuren Zahlenmengen, die von den elektronischen Rechenwerken ermittelt wurden, mußten irgendwie ausgegeben werden, obgleich es nicht immer klar ist, wer eigentlich all die Zahlen lesen soll, die aus den Schnelldruckern herauskommen. Wir können heute zu Recht von *Systemen* sprechen. Auch die Speicher wurden weiterentwickelt. Aus rein technischen und ökonomischen Gründen mußte man eine ganze Hierarchie erfinden.

Als die Geräte immer komplizierter und teurer wurden, erschien es naheliegend, die Maschinen parallel für mehrere Programme zu benutzen (*Multiprogramming*). Analog dazu kam der Begriff *Multiprocessing* auf, d.h. der gleichzeitigen Bearbeitung eines Problems in verschiedenen Teilen der Anlage. Schließlich kam man zum *Multiaccess*, dem Vielfachzugriff. So entstand der Begriff *Time-Sharing* (Vielfachzugriffsanlage).

Der Grundgedanke ist dabei der, daß man in einer Zentrale eine sehr leistungsfähige Anlage hat, die von einer Reihe von Anschlüssen aus benutzt werden kann. Es können mehrere Hunderte sein, und jeder dieser Benutzer soll in der Illusion leben, daß die schöne, wunderbare Anlage nur ihm allein gehört. Besonderer Pluspunkt beim Time-Sharing-Verfahren: Man kann mit dem Computer über den Fernsprecher oder einen Fernschreibkanal verkehren.

Der Grundgedanke ist sehr gesund. Wenn man das Verfahren aber übertreibt, kommt es zu Komplikationen. Es treten Erscheinungen auf, die man als Überverwaltung bezeichnen kann. Das bekannte Parkinsonsche Gesetz, daß sich eine Verwaltung aus sich selbst immer mehr vermehren kann, gilt auch hier. Konsequenz: Es müssen sorgfältige Maßnahmen getroffen werden, daß alle Benutzer, z. B. mehrere Hundert, tatsächlich in genügend schneller Zeit bedient werden. Ferner dürfen die einzelnen Rechnungen nicht durcheinanderlaufen. Darüber hinaus muß die Vertraulichkeit gewahrt werden. Wichtig ist auch die Prioritätsregelung. Welche Rechnung hat Vorrang vor einer anderen? Wenn man das Prinzip des Vielfachzugriffs übertreibt, kann es passieren, daß neunzig Prozent der Rechenzeit für Verwaltungsarbeit verlorengehen.

Eine Vielfachzugriffsanlage ist jedoch für solche Benutzer gut geeignet, deren Aufgaben nicht so umfangreich sind und für die sich eine eigene Anlage nicht lohnt. Es gibt aber auch Systeme, bei denen ein organischer Zusammenhang zwischen den einzelnen Stellen besteht, z.B. das Platzbuchungssystem einer Fluggesellschaft oder einer Hotelkette. Hier brauchen wir aus logischen und organisatorischen Gründen ein solches Vielfachzugriffssystem.

Das geht noch weiter. In der Verwaltung kommen wir zu einer Verflechtung, bei der die verschiedensten Stellen miteinander in Verbindung stehen. Es können Hierarchien sein, es können auch unabhängige Organisationen sein, die miteinan-

der Informationen austauschen.

Damit kommen wir zu Problemen, die in Zukunft in der Verwaltung eine große Rolle spielen werden. Bei einer derart „integrierten“ Datenverarbeitung werden immer größere Bereiche erfaßt.

Von der Hardwareseite ist die Lösung der Aufgaben leichter möglich als von der Softwareseite her. Spannungen, Frequenzen oder Codes können umgesetzt werden. Es muß aber auch eine Abstimmung in bezug auf die Verarbeitung der Daten selbst erfolgen.

Es wird eine der wichtigsten Aufgaben der Zukunft sein, hier neue Wege zu finden bzw. die Wege, die zum Teil schon begangen sind, weiter auszubauen.

Das ist in erster Linie ein Sprachproblem. Wir haben bei den Behörden die Begriffe *Gesetz*, *Vorschrift*, *Richtlinien*, *Ausführungsbestimmungen*. Die Computerefachleute sprechen vom *Programm*, von *formalen* und *algorithmischen Sprachen*, von *Spezialcodes*, von *systemorientierten Assemblersprachen* usw.

Alle diese Dinge müssen nun aufeinander abgestimmt werden. Es wäre natürlich schön, wenn man von der menschlichen Sprache einen direkten Weg bis zu dem Maschinencode hätte. Nun – diese Idee ist keineswegs utopisch. Ingenieure der Firma AEG-Telefunken arbeiten seit einigen Jahren an einer Verquickung Kehlkopf – Computer.

Als praktikables Verfahren dient heute eine Art Zwischenstufe der formalen Sprachen bzw. der algorithmischen Sprachen. Solche algorithmischen Sprachen, wie z.B. FORTRAN, ALGOL und ähnliche, wurden vor etwa 15 Jahren geschaffen, als auch bei den Wissenschaftlern die Hauptaufgaben numerischer Art waren.

Aber sie nahmen zu wenig Rücksicht auf die allgemeine Informationsverarbeitung. Ich selbst habe schon während des Krieges und kurze Zeit danach versucht, eine algorithmische Formelsprache zu entwickeln, die die numerischen Rechnungen als Nebenzweck behandelt, in erster Linie aber rein logischen Kombinationen dient.

Das Schachspiel diente mir dabei als ein gutes Modell. Nicht, weil ich es als besonders wichtig erachtete, daß man eines Tages einen Schachspieler mit dem Computer besiegt (im Sommer 1973 erreichte ein von der GMD in Birlinghoven bei Bonn programmierter Computer ein Patt gegenüber dem sowjetischen Schach-Großmeister Boris Spasskij; Arm. d. Hrsg.), sondern nur, weil ich ganz bewußt ein Gebiet suchte, auf dem möglichst alle komplizierten und komplexen Kombinationen vorkommen.

In dem allgemeinen Druck der Tagesaufgaben, der heute auf der gesamten Industrie und auch auf den Anwendern ruht, geht der Abstand zu den Fragen manchmal verloren.

Die mathematische Richtung arbeitet derweilen mit Begriffen der Informations-

und Automatentheorie und versucht von der Algebra her, das Sprachproblem anzufassen.

Leider kommen auch auf dem Gebiet der Computer-Technologie Praxis und Theorie nicht immer zusammen und laufen zeitweise nebeneinander her. Die ganze Entwicklung hat aber dazu geführt, das Verhältnis Mensch und Maschine neu zu überdenken. Norbert Wiener (1894–1964), einer der Mitbegründer der Kybernetik, hat als einer der ersten dieses Verhältnis untersucht.

Man kann durchaus die Auffassung vertreten, daß auch die Informationsverarbeitung zur Kybernetik gehört. Ihre Entwicklungen liefen jedoch parallel und unabhängig voneinander. Auf jeden Fall hat die Kybernetik sehr brauchbare Gedanken zur Informationsverarbeitung beigetragen.

Die Datenverarbeiter entwickelten zunächst ihre Rechenggeräte als selbständige Automaten. Also hier der Mensch, dort die Maschine – und dazwischen nur eine verhältnismäßig geringe und mangelhafte Kommunikationsmöglichkeit. Damit hat man sich jedoch nicht lange zufriedengegeben. Man weiß heute, daß eine gute Datenverarbeitung dann gegeben ist, wenn die Zusammenarbeit zwischen dem Menschen und der Maschine möglichst eng ist. Einige Fanatiker streben sogar an, das menschliche Gehirn direkt über einen Draht mit dem Computer zu verbinden. Solche Tendenzen haben zum Glück noch nicht in der Praxis Eingang gefunden, wenn auch in letzter Zeit entsprechende Tierversuche aus den USA gemeldet werden (vgl. Erwin Lausch: Manipulation. Der Griff nach dem Gehirn. Stuttgart 1972, bes. S. 103 ff.).

Man spricht von *Cyborg*, vom kybernetischen Organismus, der eine Kombination biologisch-technischer Systeme darstellt. Ich hoffe, daß wir auf der Erde von solchen Wesen verschont bleiben. Wenn wir aber eines Tages die Absicht haben sollten, die Venus zu erobern, dann werden diese Wesen wohl die einzigen sein, die dort existieren können. Denn der Mensch kann in einer solchen Hölle nicht leben.

Das, was für unsere tägliche Arbeit, vielleicht für die nächsten zehn Jahre, als Zusammenspiel zwischen Mensch und Maschine verstanden werden wird, ist keine organische Verbindung, sondern eine gut organisierte Kommunikation. Heute wird erforscht, was der Mensch und was die Maschine besser kann. Der Mensch hat in seinem Gehirn eine ungeheure Redundanz, d.h. eine ungeheure Anzahl von Elementen, von denen wahrscheinlich viele das gleiche tun. Das heißt, es ist ein Überfluß an Mitteln da, womit aber – oft mit recht viel Aufwand – nur ein geringer Effekt erzielt wird.

Der Mensch ist ferner ein lernendes System. Er kann sich der Situation anpassen, was eine seiner größten Stärken ist. Dagegen hat die Maschine im allgemeinen eine feste Programmierung. Aber man bemüht sich bereits, sie beweglicher zu gestalten. Man spricht von lernenden Systemen inzwischen auch bei Maschinen.

Der Mensch hat mit seinen zehn Milliarden Ganglienzellen eine sehr hohe Speicherkapazität. Es ist noch nicht erforscht, wie dieses Gedächtnis im einzelnen arbeitet. Aber sein Besitzer hat leider nur einen schmalen Zugang zu dieser enormen Speicherkapazität.

Kybernetiker behaupten, man könne 16 bit pro Sekunde aufnehmen. Dagegen kann eine Maschine viel schneller, z.B. von einem Magnetband, Informationen in den Speicher einlesen. Das Auswendiglernen eines Gedichtes fällt dem Menschen wiederum außerordentlich schwer. Es ist für die Maschine überhaupt kein Kunststück, etwa die Zeichenfolge eines Gedichtes in Bruchteilen von Minuten oder Sekunden in den Speicher zu geben.

Der Mensch kann etwas vergessen. Aber das Vergessen unterliegt nicht seinem Willen. Der Vergessensprozeß ist unabhängig von einer zentralen Steuerung und ist noch nicht restlos erforscht. Eine gut arbeitende Rechenmaschine kann dagegen ihre einmal eingespeicherten Informationen beliebig lange behalten, es sei denn, daß die Löschung von außen oder durch das Programm befohlen wird. Durch einen Löschknopf kann alles auf Null gestellt werden. Diesen Löschknopf haben wir beim Menschen nicht.

Im Verhältnis zur großen Zahl der Elemente in biologischen Systemen, (10^{10} Ganglienzellen beim menschlichen Gehirn) haben technische Systeme (Computer) nur etwa 10^4 bis 10^8 Bauelemente. Allerdings arbeiten die biologischen Elemente wesentlich langsamer – allenfalls mit ein paar hundert Hertz – als die technischen, die heute schon im Bereich von Mega- und Gigahertz schalten.

Die Rechenmaschine hat gegenüber dem Menschen eine große Überlegenheit in bezug auf numerische Rechnungen. Der Mensch ist dagegen bei allen Prozessen, die assoziatives Denken erfordern, überlegen.

Fast alle Rechengeräte arbeiten mit einem adressenorientierten Speicher, d.h., man muß wissen, an welcher Stelle eine Information abgespeichert ist, um an sie heranzukommen. Die Adresse kann allerdings im informationsverarbeitenden Teil verschiedentlich modifiziert und von der Maschine selbst ausgerechnet werden. Während der assoziative Speicher nur ein Stichwort braucht, worauf sich diejenige Stelle meldet, die das aufgerufene Stichwort enthält. Auf dieser Assoziation der Verknüpfung zwischen einem Aufgerufenen Stichwort und dem Inhalt der abgespeicherten Information beruht das assoziative Arbeiten des Gehirns.

Weil diese Vorgänge meist im Unbewußtsein ablaufen, glaubt man dann oft, daß es sich dabei nicht um mechanische Prozesse handeln könne. Aber das, was wir unter schöpferischem Denken verstehen, läßt sich sehr wohl als ein solcher Informationsverarbeitungsprozeß komplizierter Art auffassen.

Im Bewußtsein glauben wir allerdings einen Unterschied zur Maschine zu besitzen. Es gibt jedoch bereits Stimmen, die vom Bewußtsein der Maschine sprechen. Aber bei den Computern heutiger Bauart brauchen wir bestimmt noch nicht

damit zu, rechnen.

Der Mensch kann sehr gut in Bildern denken, er kann Muster erkennen, was der Maschine schwerfällt. Daran kann man anknüpfen und zur computerunterstützten Konstruktion übergehen. An die Maschine kann ein Sichtgerät in Form eines Fernsehschirmes angeschlossen werden, auf dem Daten und Zeichnungen ausgegeben werden. Mit einem Lichtgriffel kann man auf bestimmte Stellen zeigen und so der Maschine Hinweise für weitere Operationen geben.

Die Ingenieure großer Automobilfirmen sind schon soweit, daß sie ihre Karosserien nach diesem Prinzip entwerfen. Die Maschine kann verschiedene Perspektiven der Konstruktion berechnen und projizieren. Ähnlich können die Straßenbauer eine neue Autobahn berechnen und sich auf dem Bildschirm vorführen lassen, wie es aussieht, wenn man auf ihr entlang fährt. Diese Einrichtungen sind aber außerordentlich teuer. Man braucht eine schnelle und große Maschine dazu.

Wir wissen, wie schwierig es ist, eine Entscheidung zu fällen, die auf vorbereiteten Informationen aufbaut. Eigentlich sollte derjenige, der an der Spitze einer Verwaltung oder einer Regierung steht, in einem sehr engen Dialogverkehr mit allen wichtigen Stellen stehen. Heute unterliegt dieser Dialog durch die Engpässe der Informationsübertragung starken Verzögerungen.

Dabei muß auch beachtet werden, wer welche Daten erfahren darf. Gerade das ist außerordentlich wichtig. Es betrifft sowohl den einzelnen Staatsbürger, der einen Informationsschutz braucht, als auch die einzelnen Dienststellen.

Die Lösung solcher Fragen ist heute noch voll im Fluß. Wir brauchen einmal die passende Hardware, also die richtigen Geräte, aber ebenso eine gute Software, also die Entwicklung guter formaler Sprachen.

Man muß die Zusammenfassung von Dienststellen in der richtigen Weise mit ihrer Entflechtung kombinieren, d.h., wir brauchen einerseits dringend eine integrierte Datenverarbeitung mit einem Informationsaustausch zwischen verschiedenen Stellen, und andererseits sollten wir uns dabei auf diejenigen Fälle beschränken, bei denen eine solche Verflechtung logisch und vernünftig ist.

Überall da, wo eine zu starke Zentralisierung dazu führt, daß die damit zusammenhängenden Verwaltungssysteme, Rechenanlagen, Betriebssysteme usw. zu kompliziert werden, sollten wir eher eine Entflechtung durchführen. Für zentrale Aufgaben bleibt uns noch genug Arbeit. Die Automation ist zum Teil noch am Anfang. Der Verbilligungsprozeß der einzelnen Bauelemente wird weiterhin anhalten. Dabei sind die nächsten zehn Jahre vielleicht besonders interessant. Perspektive: Kleinere Anlagen werden leistungsfähiger, und große werden preiswerter werden.

Es ist nicht entscheidend, daß wir eine große teure zentrale Anlage möglichst vielen zur Verfügung stehen. Es können ruhig an verschiedenen Stellen gesonderte

Anlagen stehen. Eine zentrale Organisation sollte aber das flüssige Zusammenspiel aller Beteiligten zum Ziele haben.

Es wird heutzutage in der Alten Welt gerne von einer technologischen Lücke gesprochen. Zum Teil ist es wirklich so, daß wir in Europa manches versäumt haben. Es handelt sich dabei aber auch um eine psychologische Frage. Wir haben uns mit diesen neuen Dingen noch nicht genügend vertraut gemacht. Das sollte aber schon beim Unterricht in der Grundschule beginnen, zumindest aber später an den Gymnasien und Fachschulen. Man hat erst in jüngster Zeit damit begonnen, Studienfächer für Informatik an einigen Hochschulen und Universitäten einzurichten.

Es sind eben noch mannigfaltige psychologische Widerstände zu überwinden, bis weite Bevölkerungskreise und ihre Führungskräfte die Möglichkeiten der neuen Technik erfaßt haben. Aber.- Nicht die Technik als solche, sondern ihr richtiger Einsatz löst die Probleme der Zukunft.