

BAYERISCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

6.10.69

Friedrich L. Bauer

Der computer in unserer Welt

Festrede

MÜNCHEN 1970

VERLAG DER BAYERISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

In Kommission bei der C. H. Beck'schen Verlagsbuchhandlung München

BAYERISCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN
MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE KLASSE

Veröffentlichungen seit 1964

Ein Verzeichnis aller Veröffentlichungen in den Jahren 1932–1962 ist im Verlag C. H. Beck erhältlich. Die Bestände der vor 1932 erschienenen Veröffentlichungen sind 1944 untergegangen. Die hier aufgeführten Veröffentlichungen sind, soweit nichts anderes angegeben ist, Sonderdrucke aus den Sitzungsberichten.

- ALEFELD, Berthold, Rückstreuversuche hoher Auflösung mit Neutronen. 1966. DM 1.50
- ANGENHISTER Gustav, BERKTOLD, Alfred, SENGPIEL, Klaus-Peter, Die zeitlichen Variationen des erdelektrischen Feldes beobachtet längs eines Nord-Süd-Profiles vom Kristallin des Bayerischen Waldes durch das Alpenvorland bis zum Nordrand der Alpen. 1965. DM 3.50
- AUMANN, Georg, Der mathematische Begriff der Signifikanz. 1964. DM –.80
- AUMANN, Georg, Über autogene Folgen und die Konstruktion des Kerns eines Graphen. 1966. DM 2.–
- AUMANN, Georg, Über lateral konvergente Funktionen. I. 1965. DM 1.–
- AUMANN, Georg, Über lateral konvergente Funktionen. II. 1966. DM 2.–
- BAUER, Friedrich L., Der computer in unserer Welt. 1970.
- BAUER, Karl Wilhelm, und PESCHL, Ernst. Ein allgemeiner Entwicklungssatz für die Lösungen der Differentialgleichung $(1 + \varepsilon z \bar{z})^2 w z \bar{z} + \varepsilon n(n+1)w = 0$ in der Nähe isolierter Singularitäten. 1966. DM 4.50
- BIERMANN, Ludwig, BROSWOSKI, Bruno, und SCHMIDT, Hermann Ulrich, Die Plasmaströmung in der Umgebung eines Kometen. 1966. DM 1.–
- BIERMANN, Ludwig, Sonnenkorona und interplanetarer Raum. 1965. DM 8.–
- BOPP, Fritz, Neue Methoden zur Quantisierung relativistischer Feldgleichungen. 1964. DM 2.50
- BOPP, Fritz, Heisenberggleichung im Gitterraum. 1967. DM 2.–
- BOPP, Fritz, Die Entdeckung der Elementarteilchen als Beispiel für die Art naturwissenschaftlicher Wirklichkeitskenntnis. 1967. DM 3.–
- BOPP, Fritz, Wechselwirkung durch Symmetriebrechung in der Quantenmechanik. 1970
- DOBEN-FLORIN, Ursula, Die Spitzmäuse aus dem Alt-Burdigalium von Wintershof-West bei Eichstätt in Bayern. 1964. Abh. N. F. Nr. 117. DM 25.–
- EHRESMANN, Dietbert, Polynome minimaler Steigung und die Approximation durch Polynome. 1966. DM 2.–
- ERNST, Theodor, Die Erforschung des oberen Erdmantels. 1968. DM 3.50
- ERNST, Theodor, und KOHLER, Helmut, Photoelektronische Messungen im Polarisationsmikroskop. 1964. DM –.80
- FAHLBUSCH, Volker, Die Cricetiden (Mamm.) der Oberen Süßwasser-Molasse Bayerns. 1964. Abh. N. F. Nr. 118. DM 40.–
- FISCHER, Gerd, Auflösung der Singularitäten gewisser holomorpher Abbildungen. 1965. DM 1.50
- FISCHER, Gerd, Eine Charakterisierung von holomorphen Vektorraumbündeln. 1966. DM 1.–
- FISCHER, Rudolf, Die Dactyloceratidae (Ammonoidea) der Kammerker (Nordtirol) und die Zonengliederung des alpinen Toarcien. 1966. Abh. N. F. Nr. 126. DM 20.–
- FORSTER, Otto, und RAMSPOTT, Karl Josef, Singularitätenfreie analytische Raumkurven als vollständige Durchschnitte. 1965. DM 1.50
- GERLACH, Walther, Humor und Witz in Schriften von Johannes Kepler. 1968. DM 2.50
- GRIMM, Wolf-Dieter, Schwermineralgesellschaften in Sandschüttungen, erläutert am Beispiel der süddeutschen Molasse. 1965. Abh. N. F. Nr. 121. DM 35.–
- GUBER, Siegfried, Zur Bewegungsinvarianz des Lebesgue-Maßes. 1964. DM –.50
- HAUPT, Otto, Über ebene nicht beschränkte Bogen dritter Ordnung. 1964. DM 2.–
- HAUPT, Otto, Bestimmung der nicht-beschränkten Bogen dritter Ordnung mit Doppelpunkt in projektiven Ebenen. 1966. DM 3.–
- HAUPT, Otto, und KÜNNETH, Hermann, Über die Gestalten der Kontinua vom schwachen Punktordnungswert Drei in topologisch projektiven Ebenen. I. 1967. DM 3.–

Der *computer* in unserer Welt

FESTREDE

gehalten in der öffentlichen Jahressitzung
der Bayerischen Akademie der Wissenschaften
in München am 6. Dezember 1969

von

F. L. BAUER

o. Mitglied der mathematisch-naturwissenschaftlichen
Klasse

MÜNCHEN 1970

VERLAG DER BAYERISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

In Kommission bei der C. H. Beck'schen Verlagsbuchhandlung München

Vor einigen Monaten wurde ein neuer Bundestag gewählt. Bei dieser alle vier Jahre wiederkehrenden Gelegenheit erlebt die Öffentlichkeit im Zug der Wahlprognose, im Journalistenjargon „Hochrechnung“ genannt, das Wirken eines sogenannten *computers* – eines nach landläufiger Meinung undurchschaubaren Instruments. Vom eigentlichen Wesen einer Rechenanlage bekommt die Öffentlichkeit freilich auch bei dieser Gelegenheit nichts zu erfahren, und andere Gelegenheiten, einen *computer* in die Hände zu bekommen, sind rar. Denn es handelt sich ja nicht nur darum, das Gerät zu besichtigen oder eine Abbildung zu betrachten; die Arbeitsweise muß verstanden werden. Das ist freilich, wie wir inzwischen gelernt haben, eine Wissenschaft und es gibt verschiedene Grade ihrer Beherrschung, wobei zu einem ersten Eindringen auch populär-wissenschaftliche Texte verhelfen mögen. Es ist nicht so sehr der Umstand, daß die breite Öffentlichkeit über das Wesen des *computers* ungenügend informiert ist, der zur Besorgnis mahnt, sondern die Beobachtung, daß sie schief informiert ist.

DIE ROLLE DER AKADEMIE

Eine Akademie im Sinne von Leibniz ist das wissenschaftliche Gewissen des Staates. Die Bayerische Akademie der Wissenschaften, eine Gründung im Geist der Aufklärung, hat überdies die Förderung des Wissens um die Wissenschaft zur Aufgabe. Damit ist es wohl angebracht, in einer Festveranstaltung der Akademie auf die Probleme einzugehen, die das mangelhafte Wissen um das Wesen der *computer* unserer Gesellschaft stellt. Es ist um so notwendiger, als wir in einer Zeit leben, in der „die Welt in höchsten Widersprüchlichkeiten lebt“, wie Bundespräsident Heinemann es in seiner Antrittsrede ausgedrückt hat. Insofern wird die These von der moralischen Mitverantwortlichkeit des Wissenschaftlers und der Wissenschaft den Vortrag begleiten. Ebenso aber wird uns der Grundsatz leiten, die Diskussion freizuhalten von den scheinrevolutionären Schlagworten der Ideologen und Weltverbesserer.

DIE BEFREIUNG DES MENSCHEN VON DER LAST GLEICHFÖRMIGER GEISTIGER TÄTIGKEIT

Das Rechnen galt seit jeher und gilt noch als eine schwierige geistige Tätigkeit. Umso erstaunter waren daher die Zeitgenossen Pascals, als dieser eine Maschine vorwies, die „nicht nur alle Arten von Rechnungen ohne Feder und ohne Zählsteinchen, sondern sogar ohne Kenntnis irgendeiner arithmetischen Regel und mit unfehlbarer Sicherheit ausführen kann“. Pascal war damals neunzehn Jahre alt und mußte seinem Vater, der Steuereinnahmer in Rouen war, beim Zusammenrechnen helfen. Die Befreiung des Menschen von der Last gleichförmiger geistiger Tätigkeit stand also am Beginn der Entwicklung von Rechenmaschinen. Sie findet sich wieder bei Konrad Zuse, der noch als Bauingenieur-Student 1934 begann, eine Maschine zu ersinnen, die auch den Ablauf der stets wiederkehrenden gleichförmigen Berechnungen der Statik automatisieren sollte. Besonders umfangreich einerseits, lästig andererseits war auch die Berechnung von Schußtafeln. Dementsprechend ist es nicht verwunderlich, daß sowohl Zuses erste Anlagen wie auch diejenigen von Stibitz, die unabhängig in den USA entstanden, Verwendung für ballistische Rechnungen und die Förderung durch die Militärs fanden. Schon die 1823 beginnenden Vorarbeiten von Charles Babbage waren durch Aufgaben der Tafelberechnung motiviert.

Der geniale englische Logiker Turing und der berühmte amerikanische Mathematiker von Neumann stoßen jedoch um 1945 die Tür auf zu einer viel weitergehenden Entwicklung: die von ihnen gebauten und beeinflußten Rechner können mehr als rechnen, sie können jedes „Spiel mit Zeichen“ durchführen, das auf ihnen programmierbar ist. Somit war eine weit größere Last vom Menschen genommen als ursprünglich beabsichtigt. Sehr langsam und schrittweise setzte sich diese Erkenntnis durch. Um 1950 sahen aber wenigstens die engeren Fachleute bereits eine Reihe über das Vier-Spezies-Rechnen hinausgehender Anwendungen klar vor sich liegen, 1952 etwa lief das erste Programm, das für sogenannte geschlossene Ausdrücke in üblicher Notation automatisch die Differentiation nach einer Variablen leistete.

Rechenanlage bezeichnete fortan Rechnen im umfassendsten Sinn jedes „Spiels mit Zeichen“, der Auffassung von Leibniz und Turing entsprechend. In mehr kaufmännisch orientierter Anwendung spricht man auch von Datenverarbeitungsanlagen. 1961 gelang schließlich einer weltweit verbreiteten amerikanischen Firma durch geschickte Manipulation der Presse auch der sprachliche Einbruch: seither kann sich niemand mehr der Verwendung des fashionablen Wortes Computer entziehen.

DIE VERWENDUNG DES COMPUTERS IM SPANNUNGSFELD MILITÄRPOLITISCHER MACHT

Wenn wir beim historischen Ablauf bleiben, so waren die ersten großen Rechenanlagen noch Institutsbauten, wie etwa die von Hans Piloty (1894–1969) an der Technischen Hochschule München ab 1951 gebaute PERM (Bild 1). In der industriellen Fertigung erleben wir in den Jahren seit 1952 zunächst eine Entwick-

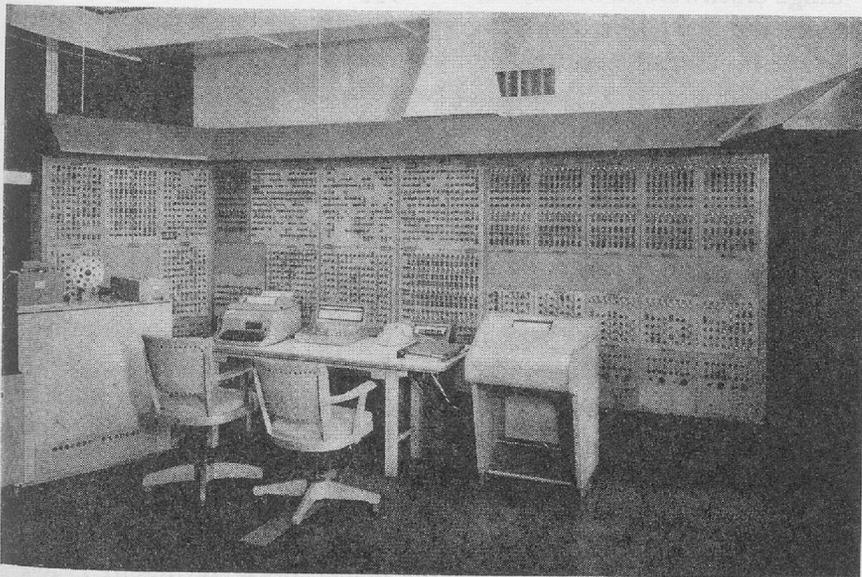


Bild 1: PERM im Zustand von 1961 nach Kernspeichererweiterung.

lung der Rechenanlagen auf zwei parallelen Geleisen: eine kommerziell bedeutungsvolle, in immer größeren Stückzahlen resultierende Anwendung im kaufmännischen Sektor und eine umsatzmäßig geringere, jedoch prestigemäßig auch für die Herstellerfirmen bedeutungsvolle Anwendung in Projekten der nationalen Sicherheit. Die letzteren Projekte führten hauptsächlich in den USA, daneben auch in England zu einem fruchtbaren Anstoß an die Technologie, das höchste an Leistungsfähigkeit – „koste es was es wolle“ – herauszupressen. Als Beispiele solcher Superkonstruktionen sind bekannt geworden NORC (IBM), LARC (Remington), STRETCH (IBM), ATLAS (Ferranti). Die meisten erwiesen sich als zum baldigen Aussterben verurteilte Dinosaurier, nichtsdestoweniger konnte man aus den Fehlern eine Menge lernen und bekam das von der jeweiligen Regierung bezahlt. Dementsprechend zeigen selbst hochentwickelte Industrienationen, wie Deutschland, bei denen eine derartige, auf großzügige Subventionierung hinauslaufende Unterstützung durch die Regierung nicht vorkam, heute einen bedauerlichen und volkswirtschaftlich gefährlichen Rückstand. In Deutschland kam allerdings erschwerend hinzu, daß bis 1955 die Industrie aus gewissen Gebieten der Elektronik ausgesperrt war.

Die Projekte der nationalen Sicherheit waren natürlich zunächst Berechnungen zur Herstellung von Atom- und Wasserstoffbomben und, weit umfangreicher und auch mit einem nicht unerheblichen Nebenzweck für die Industrie, Neutronendifusionsberechnungen im Zusammenhang mit dem Bau von Reaktoren. Aerodynamische und gasdynamische Berechnungen kamen in nächster Linie, besonders vorangetrieben durch den Bau von Raketen und mit einer nicht unerheblichen Seitenanwendung auf Turbinen. Dann traten seit 1958 zusehends Probleme der Bahnberechnung für Weltraumfahrzeuge in den Vordergrund. Schließlich ist Plasmaphysik mit dem noch immer ungelösten Ziel der kontrollierten Kernverschmelzung heute das Wichtigste der „koste es was es wolle“ – Projekte, für das in vielen Ländern, auch in Deutschland, neben einem großen technischen Apparat auch die jeweils leistungsfähigsten Rechner zur Berechnung der instabilen magneto-hydrodynamischen Probleme mit bisher noch geringem Erfolg eingesetzt werden.

Als bezeichnendes Ergebnis der Verwendung von Rechenanlagen im Spannungsfeld militärpolitischer Macht darf die Geheimniskrämerei angesehen werden, mit der die Sowjetunion ihre Rechenanlagen-Entwicklungen seit eh und je umgibt. Allem Ansehen nach besteht weiterhin der in früheren Jahren beobachtete Vorsprung der USA von einigen Jahren. Offensichtlich war aber die Sowjetunion dadurch nie gehandikapt, wobei ihr neben der Möglichkeit des gezielteren Einsatzes wohl auch der Umstand zugute kam, daß in den USA gerade bei Projekten der nationalen Sicherheit eine kaum vertretbare Verschwendung getrieben wird.

Neben dem wissenschaftlichen Einsatz zur Stärkung des militärpolitischen Potentials spielen Rechenanlagen auch eine Rolle als Führungsinstrument der großen Politik. Ohne Zweifel bedient sich ihrer die amerikanische Regierung mittels Organisationen wie der Rand Corporation, um politische Pokerspiele durchzuführen. Die Bedeutung dieser Verwendung ist – ihrer Natur entsprechend – schwer abschätzbar. Unqualifizierte journalistische Lesarten, wie „der Computer habe McArthur abgesetzt, als er den Yalu überschreiten wollte“, tragen unnötigerweise dazu bei, diesen Einsatz ins Zwielficht zu bringen.

DER COMPUTER, DEIN FREUND UND HELFER

Nur ein kleiner Teil des Umsatzes der Rechner-Industrie entfällt jedoch auf den eben geschilderten Verwendungszweck, und nur ein kleiner Teil der 20000 Mitglieder der amerikanischen *Association for Computing Machinery* arbeitet auf diesem Gebiete. Das große Geschäft spielt sich immer noch im kaufmännischen Gebiet ab; hier bekommt es auch der Durchschnittsbürger gelegentlich mit den Segnungen dieses Fortschritts zu tun. Eine stürmische Entwicklung, angetrieben von den Herstellern, die um jeden Preis verkaufen wollen, hat häufig zu ungenügend vorbereitetem Einsatz, zu unrationeller Verwendung, zu fehlerhafter Programmierung durch unzureichend ausgebildete Kräfte geführt. Zu Tausenden gehen die Witze, die in Fachkreisen erzählt werden, etwa von dem Bürger, der wiederholt eine Mahnung über 0 Dollar und 0 Cents erhält und sich schließlich erfolgreich mit

einem Scheck über denselben Betrag vor weiteren Nachstellungen rettet.

Mehr und mehr nimmt der Rechner die Arbeitsplätze von Buchhaltern, Karteiführern, Lageristen und Versandarbeitern ein. Mehr und mehr dringt er aber auch ein in industrielle Fertigungsprozesse; die Automatisierung von Walzenstraßen und Raffinerien, Druckereien und Platzbuchungsbüros setzt Arbeitskräfte frei. Der Gedanke, von einer ermüdenden gleichförmigen geistigen Tätigkeit befreit worden zu sein, ist für manchen, der Schwierigkeiten in der Umschulung hat, jedoch kein Trost. Zwar werden die freigewordenen Arbeitskräfte in aller Regel sogar im eigenen Betrieb wieder untergebracht, insbesondere in der öffentlichen Verwaltung, die ja stets unschwer eine Aufblähung ihrer Aufgaben durchführen kann; aber eine Sorge für den Arbeitsfrieden bleibt doch und bewegt auch die Gewerkschaften. Einerseits ver-

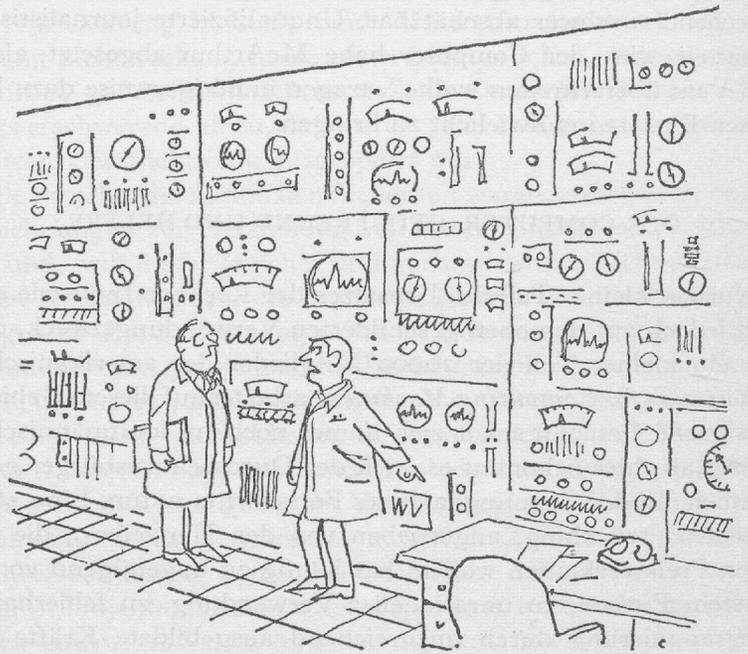


Bild 2: „Es hat mir mein Brot gestohlen“ – aus Radwit: „Kollege Roboter“, S. 257, Ehrenwirt Verlag, München, bzw. Business Week, McGraw Hill Publications.



Bild 3: „Frau Müller, Ihr seid die Schönste hier!“ – aus „Maul und Computer-Spässe“, Maul+Co Endlosdruck, Nürnberg.



Bild 4: „Vorstandssitzung“ – aus Radwit: „Kollege Roboter“, S. 181, Ehrenwirth Verlag, München, bzw. The Saturday Evening Post.

schreckt durch gelegentliche Fehlleistungen des *computers*, andererseits verängstigt durch die Begleitumstände der industriellen Revolution, ist der Bürger nicht geneigt, der These Glauben zu schenken, Rechenanlagen wären sein Freund und Helfer. Im Gegenteil, im Verein mit der weitverbreiteten Unkenntnis über die Hintergründe ihrer Wirksamkeit stellt sich ein verständliches Mißtrauen ein. Es ist am einfachsten nachzuweisen anhand der vielen Computer-Witze, in denen sich kompensiertes Unbehagen ausdrückt; das wiederkehrende Thema lautet: Der Computer ist doch nicht so schlau, dem Computer habe ich es aber gegeben, der Computer hat doch menschliche Schwächen (Bild 2, 3). Gelegentlich findet sich auch die nackte Drohung (Bild 4).

In dieser Situation hilft nur Aufklärung über die wirkliche Leistungsfähigkeit moderner Rechenanlagen, und zwar quantitativ: wieviel billiger arbeiten Computer heute als vor fünfzehn Jahren und was leisten sie, und qualitativ: was können sie leisten und was nicht.

SCHNELLER UND BILLIGER RECHNEN

War zu Beginn der Entwicklung das Hauptproblem, überhaupt die Fähigkeiten des Universalrechners zu explorieren, so setzte doch bald die Jagd nach der Geschwindigkeit ein. Die ersten elektronischen Anlagen entstanden mit der Absicht, neben der Unzuverlässigkeit auch die Langsamkeit der mechanischen und elektromechanischen Schaltwerke zu überwinden. Die Ablösung der Vakuumröhren durch Halbleiter und die Verfeinerung der Fertigungstechnik zur halbautomatisierten Herstellung ganzer Schaltungen in einer Ätz- und Aufdampftechnik, die in mikroskopische Dimensionen geht, brachte einen erheblichen technologischen Fortschritt mit sich. Zusammen mit strukturellen Verbesserungen ergibt sich damit heute eine Rechengeschwindigkeit, die das Zehnmillionenfache eines menschlichen Rechners beträgt (Bild 5). Auch das Preis-Leistungsverhältnis wurde fortwährend günstiger: heute führt eine Rechenanlage 500 000 Multiplikationen aus (Bild 6) für denselben Preis von 20 Pfennig, den eine Multiplikation (zweier zehnstelliger Zahlen) für einen mensch-

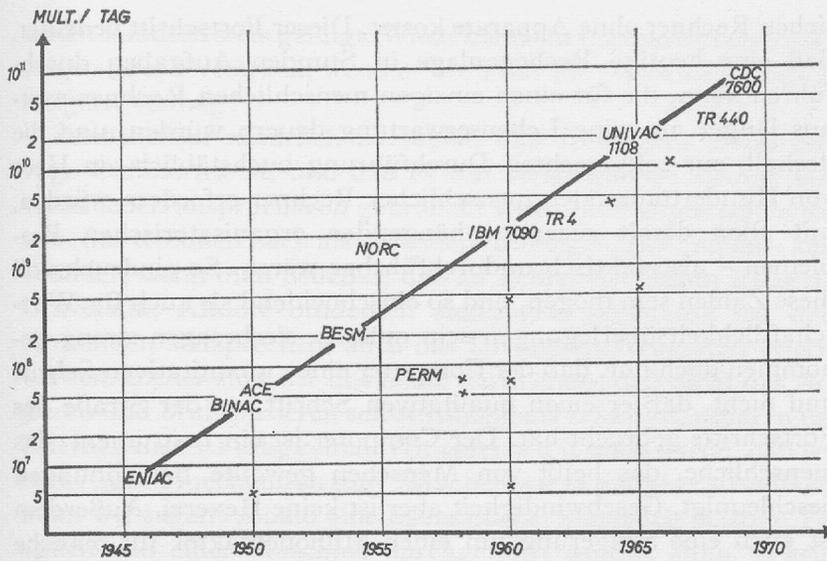


Bild 5

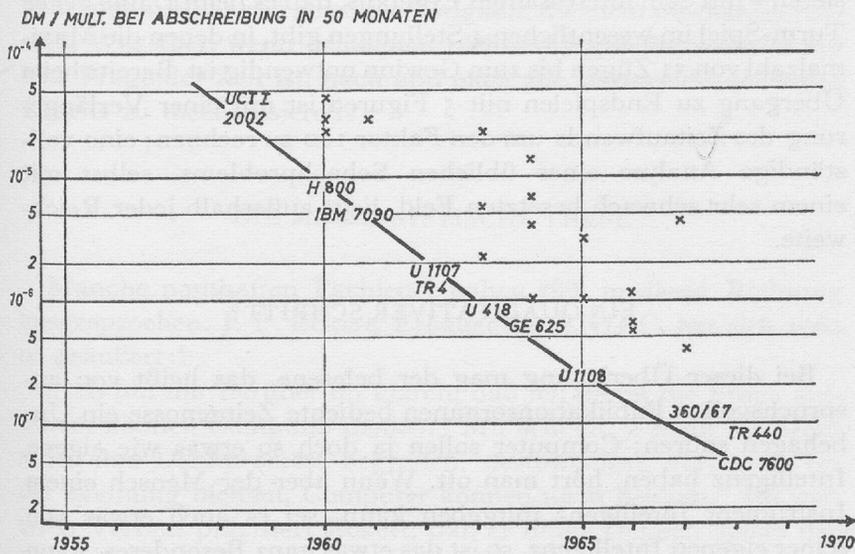


Bild 6

lichen Rechner ohne Apparate kostet. Dieser Fortschritt bedeutet, daß eine heutige Rechenanlage in Stunden Aufgaben durchführen kann, die für einen einzigen menschlichen Rechner weit- aus länger als seine Lebenserwartung dauern würden, und die deshalb zur zeitgerechten Durchführung buchstäblich ein Heer von Hunderttausenden menschlicher Rechner erfordern würden, mit allen damit zusammenhängenden organisatorischen Problemen – also faktisch undurchführbar wären. So eindrucksvoll diese Zahlen sein mögen, und so einschneidend sie auch für Wirtschaftlichkeitsüberlegungen sein müssen, sie besagen streng genommen doch nur, daß der Computer einen quantitativen Schritt und nicht, daß er einen qualitativen Schritt auf der Straße des Fortschritts gebracht hat. Der Computer ist ein Instrument, das menschliche, das heißt von Menschen gewollte Berechnungen beschleunigt. Geschwindigkeit aber ist keine Hexerei. Außerdem ist auch eine Steigerung um einen Millionenfaktor für manche Probleme nur ein Tropfen auf den heißen Stein. Mit der Anlage des Leibniz-Rechenzentrums war es beispielsweise möglich, die klassischen Schach-Endspiele, darunter Turm gegen Läufer, Turm gegen Springer, Dame gegen Turm vollständig zu analysieren – mit dem interessanten Ergebnis, daß es beim Dame gegen Turm-Spiel im wesentlichen 4 Stellungen gibt, in denen die Maximalzahl von 31 Zügen bis zum Gewinn notwendig ist. Bereits beim Übergang zu Endspielen mit 5 Figuren ist mit einer Verlängerung des Zeitaufwands um den Faktor 100 zu rechnen; eine vollständige Analyse eines üblichen Schachproblems, selbst mit einem sehr schwach besetzten Feld, liegt außerhalb jeder Reichweite.

EIN QUALITATIVER SCHRITT?

Bei dieser Überlegung mag der belesene, das heißt von anspruchsvollen Publikationsorganen bediente Zeitgenosse ein Unbehagen spüren: Computer sollen ja doch so etwas wie eigene Intelligenz haben, hört man oft. Wenn aber der Mensch einem Instrument Intelligenz mitgeben kann, sei es auch etwas von seiner eigenen Intelligenz, so ist das etwas ganz Besonderes; kann doch der Mensch nicht behaupten, daß ihm dieses bei seinen leib-

lichen Kindern stets gelingt. Wieso kann ein Computer Intelligenz zeigen oder verstärken, wenn er doch nur die Geschwindigkeit zu steigern vermag?

Zunächst ist natürlich zu sagen, daß Intelligenz etwas sehr vage Definiertes ist, und daß es von verschiedenen Leuten sehr verschieden anspruchsvoll gebraucht wird. Zu Pascals Zeiten sah man das Rechnen noch als besondere Intelligenzleistung an – kein Wunder, wenn man bedenkt, daß zu Zeiten von Adam Riese die Universität Altdorf Studenten angezogen haben soll mit dem werbenden Versprechen, auch das Dividieren könne dort erlernt werden. Sicher sind wir uns heute darin einig, daß nicht das Addieren und Multiplizieren selbst Intelligenz erfordert, sondern das Erlernen dieser Fertigkeiten. Wir sprechen ja auch davon, daß wir etwas „ganz mechanisch tun“. Machen wir es uns aber zu einfach, wenn wir sagen: sobald eine menschliche, angeblich geistige Tätigkeit von einer Maschine durchgeführt werden kann, erweist sich, daß sie auch im Gehirn nur einen rein „mechanischen“ Ablauf hat und deshalb nicht den Einsatz der menschlichen Intelligenz erfordert? Wir könnten, wir bräuchten dann keiner Maschine Intelligenz zuzubilligen, und der Begriff Intelligenz wäre zurückgedrängt auf Bezirke geistiger Tätigkeit, die nicht mechanisierbar sind. Was aber, wenn prinzipiell nichts übrigbleibt, wenn es nur eine Frage der Zeit ist, nach und nach alle Bezirke des geistigen Lebens zu mechanisieren?

DIE MECHANISTISCHE THESE

Manche namhaften Fachleute haben sich in dieser Richtung ausgesprochen. J. P. Eckert, Erbauer der ENIAC, hat sich 1962 so geäußert:¹

„Ich bin mir darüber im klaren, daß ich damit die Frage aufwerfe: können Computer denken? Mir scheint, je mehr die Menschen ihre Denkprozesse begreifen, destoweniger werden sie bei der Meinung bleiben, Computer können nicht denken.“ Im weiteren Verlauf präzisiert Eckert, daß er unter Denken genau das

¹ ADL-Nachrichten 22, 1962.

verstehen will, was man als Informationsverarbeitung bezeichnet. Dann ist natürlich klar, daß Computer dies können. Daß es einen Rest prinzipiell nicht mechanisierbaren geistigen Lebens nicht geben könne, folgt für Eckert daraus, daß er es sich nicht vorstellen könne. Ich muß gestehen, daß ich ihm dabei nicht folgen kann. Steinbuch, der in dieselbe Kerbe schlägt, postuliert schlicht und einfach, daß¹ „... zum Verständnis geistiger Funktionen keine überphysikalischen Voraussetzungen gemacht werden müssen“ und wendet es auch positiv:² „Was wir als geistige Funktionen beobachten, ist Aufnahme, Verarbeitung, Speicherung und Abgabe von Informationen.“ Man hat schon boshaft gefragt, ob Steinbuch wohl sich selbst beobachtet hat. Jedoch wirft Steinbuch eine ernstere Frage auf: Ist es nur ein Vorurteil, das uns hindert, ohne weiteres diesen mechanistischen Thesen zuzustimmen? Gönnen wir der Maschine nicht, daß sie Intelligenz habe? Wollen wir nur verstaubte Privilegien für den Menschen behalten? Steinbuch äußert diesen Verdacht in der polemischen Form, man wolle nur eine³ „Kehrtwendung vor dem Seelenleben“ machen.

Nun, selbst wenn die mechanistische These von manchem nur aus einem Vorurteil heraus abgelehnt würde, könnte sie falsch sein. Steinbuch erklärt auch, er habe keinen Beweis für ihre Richtigkeit,⁴ er findet sie nur plausibel und daneben auch stimulierend.

ERZEUGUNG ÄSTHETISCHER OBJEKTE

Wie steht es aber mit einem Bereich geistiger Funktionen, der sich einer Mechanisierung nach landläufiger Auffassung nicht anbietet, dem Bereich ästhetischer Empfindungen? Man fragt wohl besser nicht, „können Computer ästhetische Empfindungen haben“, sondern bescheidener: Welche Wirkung haben von Computern erzeugte ästhetische Objekte. Ich habe dazu zwei

¹ Automat und Mensch, 3. Aufl., S. 406, Springer, Heidelberg 1965.

² a. a. O., S. 2.

³ a. a. O., S. 4.

⁴ a. a. O., S. 3.

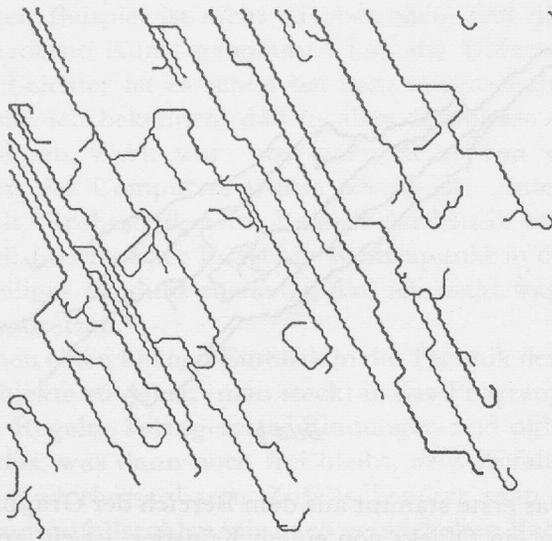


Bild 7

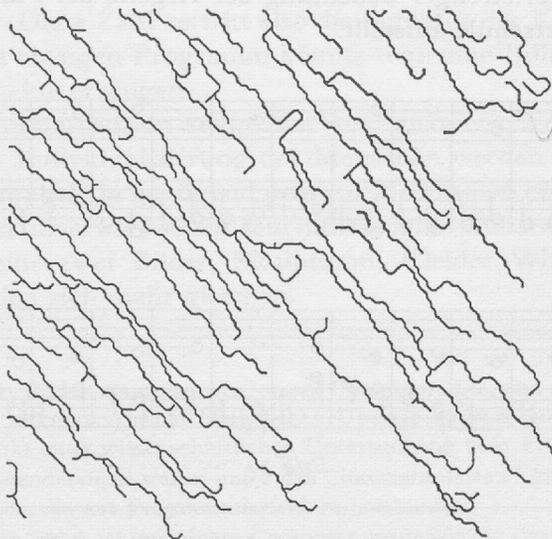


Bild 8

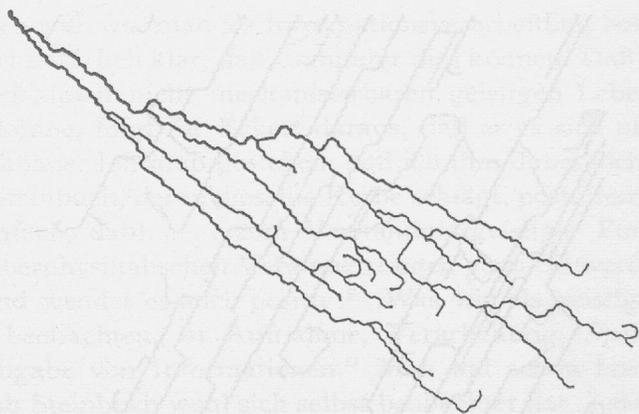


Bild 9

Beispiele. Das erste stammt aus dem Bereich der Graphik (Bild 7, 8, 9). Ist hier ein Objekt von einem Künstler, ist ein anderes von einem Computer geschaffen? Was ist was? Schließlich noch ein musikalisches Beispiel (Bild 10): zwei zwölftaktige Stücke in zweistimmigem Kontrapunkt, davon eines ein Original aus dem 18. Jahrhundert von Fux,¹ das andere von einem Computer geschaffen unter strenger Beachtung der Regeln, die Fux in seiner Kontrapunktschule aufstellt.



Bild 10

¹ Johann Joseph Fux, *Der neue Gradus*, Neuausgabe 1959, Verlag Dollinger, Wien.

Im ersten Beispiel ist nicht zu übersehen, daß die Richtung, die die moderne Kunst genommen hat, die Differenzierung erschwert.¹ Leichter ist es schon bei dem musikalischen Beispiel. Jedoch muß ich bekennen, daß in allen Beispielen ein gewisses Vor-Urteil am Werk war: aus einer Reihe von vorliegenden Kreationen des Computers wurde jeweils die „interessanteste“ ausgewählt.² Insbesondere im Bereich der Musik bringt ein nur dem Zufall überlassener Fuxscher Kontrapunkt in der Regel ein so langweiliges Produkt zustande, daß ich nicht wagte, es Ihren Ohren vorzusetzen.³

Um Ihnen einen kleinen Einblick in die Technik der Erzeugung solcher Objekte zu geben: man steckt in das Programm die beabsichtigten Regeln, Formgesetze, Bindungen und dgl. hinein und überläßt das, was dann noch frei bleibt, dem Zufall. Statt eines richtigen, unvorhersagbaren Zufalls benützt man jedoch eine Folge Pseudozufallszahlen, die nach verwickelten Rechengesetzen so gebildet werden, daß keine oberflächlichen Gesetzmäßigkeiten noch erkennbar sind. Die Erzeugung der Pseudozufallszahlen geschieht also ebenfalls durch ein Programm, und durch eine einzige, als Ausgangszahl frei wählbare 12stellige Dezimalzahl ist der weitere Ablauf, also das Bild oder das Musikstück vollständig festgelegt. Diese Zahl vertritt also die Signatur des Künstlers und mit einem einzigen Programm könnte man eine Billion verschiedener Objekte erzeugen.

Eine Zukunftsvision steigt hier auf: auf dem Wege zur vollständigen Individualisierung des Menschen werden Kunstwerke durch Computer in genügend großen Stückzahlen erzeugt, wobei jedermann unverwechselbar sein individuelles Kunstwerk erhalten kann. Keine zwei Bilder, Skulpturen, Kleider, Whiskyflaschen usw. werden sich mehr gleichen.

¹ Alle drei Bilder stammen von einem Computer. Sie sind übrigens nicht entstanden mit der Absicht, ästhetische Objekte zu erzeugen, sondern als Abfallprodukt einer wissenschaftlichen Untersuchung über Flußlaufsysteme.

² Bezeichnenderweise waren unter den „interessantesten“ graphischen Beispielen solche, die aus Programmierfehlern entstanden.

³ Das erste Stück ist von einem Computer ausgewürfelt, das zweite stammt von Fux.

Von der Geschwindigkeit abgesehen, bräuchte man jedoch keinen Rechenautomaten zur zufallsgesteuerten Erzeugung ästhetischer Objekte, auch ein technologisches Rudiment, der Mensch, wäre als Ersatz geeignet. Entwicklungsvölker werden insbesondere auf diese Zwischenlösung verwiesen.

Ist nun schöpferische Intelligenz mit „Automat + Zufall“ gleichzusetzen? Es ist bekannt, daß die Beherrschung der Regeln des Kontrapunkts noch keinen Künstler gibt. Die kritische Frage an die Verfechter der banalen Mechanisierbarkeit der Intelligenz lautet deshalb: Wo sind die Regeln, nach denen man ein Mozart wird? Die meisten Leute verneinen, daß es solche Regeln gibt, und verneinen damit auch Steinbuchs These. Von ähnlicher Art sind eine Reihe weitere Gründe, die letzten Endes alle auf der bisherigen Erfahrung beruhen, also empirisch sind, gegen die mechanistische These, die auf einen um die Dimension der Information erweiterten Materialismus hinausläuft.

UNHEIMLICHE ZUKUNFTSPERSPEKTIVEN

Wenn aber Steinbuch argwöhnt, eine von ihm als „Hinterwelt“ bezeichnete Gruppe von Menschen könnte aus verwerflichen Motiven den Fortschritt der Informatik, der Wissenschaft von den Computern, behindern, so muß ich dem entgegenhalten, daß mir ein allzu überhitzter Fortschritt Sorge machen würde, und zwar nicht der Fortschritt als solcher, sondern die Möglichkeiten zur Manipulation des Menschen, die in der Hitze des Gefechts denkbar wären.

Im Vordergrund steht die Sorge um den Mißbrauch neuer Fortschritte der Informatik in Verbindung mit Waffen und anderen Mitteln zur Selbstzerstörung der Menschheit.

Das ist weder ein computer- noch ein neuzeitspezifisches Problem, es ist der Mißbrauch dessen, was den Menschen zum Menschen macht. Ich überlasse die Sorge deshalb einer gewissen politischen Richtung, die neuerdings darauf abonniert ist, und wende mich anderen, subtileren Formen der Bedrohung der Menschheit zu.

Hier ist zunächst die Gefahr, daß der Computer, unser „Freund und Helfer“, sich als unzuverlässiger Freund erweist. Ein harmloses Beispiel möge genügen: Ein großer Automobilclub hat seine Mitgliedsbeitragsabrechnung auf Datenverarbeitung umgestellt. Im Verein mit der Bundespost, die im Postscheckamt Hamburg dafür besondere Maschinen aufstellt, kann nun der gesamte Prozeß der Bezahlung und Verrechnung automatisiert werden. Mit einem kleinen Haken: der Mitgliedsbeitrag muß bei einem Postamt in bar mittels der speziellen maschinell lesbaren Zahlkarte einbezahlt werden. Tausenden von Mitgliedern, die jahrelang an die Vorzüge des bargeldlosen Zahlungsverkehrs geglaubt haben, wird zugemutet, im Angesicht des Götzen Computers umzulernen. Ich hoffe, sie haben es nicht getan und haben damit der Automatisierung einen wirklichen Dienst erwiesen. Denn nicht die Rechenanlage war schuld an der zweifelhaften Lösung, sondern die ungenügende Überlegung der sie einsetzenden Verantwortlichen. Das Beispiel zeigt aber, daß es nicht ausgeschlossen ist, daß der Götze Computer mehr und mehr erhalten muß, um menschliche Unfähigkeit oder Unzulänglichkeit zu kaschieren. Anwendungen gäbe es in Fülle: Rechtsprechung etwa durch Computer würde Amtsgerichtsräten zukünftig peinliche Anblicke ersparen.

Das weitverbreitete Unverständnis könnte auch einem Glauben an magische Fähigkeiten des Computers Nahrung geben. Partnerwahl mittels Computer ist vorläufig nur ein harmloser Betrug gewisser Illustrierten; auch Horoskope werden neuerdings als von Computern berechnet angeboten. Die Beschwörung der mysteriösen Roboter und Golems bis zum Mißbrauch leichtgläubiger Menschen fortzuführen, wäre raffinierten Werbeagenturen und skrupellosen Diktatoren keine Schwierigkeit. Schließlich gibt es genug Menschen, die gerne bereit sind, hinter dem Computer mehr zu sehen als eine schlichte Rechen- und Datenverarbeitungsanlage.¹ Unter der Vorgabe, der Computer

¹ Anmerkung bei der Korrektur: Ein bezeichnendes Beispiel dieser Geisteshaltung lieferte ungewollt der Rezensent der Süddeutschen Zeitung, der u. a. über diesen Vortrag schrieb (SZ Nr. 293 vom 8. Dezember 1969):

„Die Einführung des Begriffs Computer ist nicht nur das Werk übersetzungsfauler Journalisten. Es steckt dahinter der fast unbewußte, aber berechnete

habe entscheidende Fortschritte der Futurologie ermöglicht, wäre auch eine Lenkung kritischer Menschen möglich. Schließlich steht der Computer am Ende einer solchen Entwicklung als Goldenes Kalb totaler Tyrannei. „Der Computer hat entschieden“ ist eine schon heute gebrauchte, leichtfertige Redewendung, die den Keim solchen Unglücks enthält. Der Computer erlaubt die vollständige Flucht aus der Verantwortung, und wenn schließlich etwas schiefliegt, wird nicht der Tyrann oder seine Helfer, die Programmierer – computniks, bestraft – dem Computer wird der Kopf abgeschlagen.

Deshalb meine ich: da keineswegs bewiesen ist, daß alle Bezirke geistiger Tätigkeit des Menschen durch Computer ersetzbar sind, dürfen wir nicht zulassen, daß davon geredet wird, sie alle dem Computer zu überlassen und damit unsere menschliche Verantwortlichkeit aufgegeben wird. Selbst wenn wir nur verstaubte Prinzipien retten wollten, wäre es gut, sie zu retten, damit nicht der nächste Bundespräsident die Computer auffordert, „begleitet von flankierenden Maßnahmen der Bundesregierung zur Selbsthilfe in der Abschaffung der Privilegien der Menschen zu schreiten“.

DER PRINZIPIELL ÜBERLEGENE MENSCH

Hoffentlich sind dies nur apokalyptische Träume. Auch gibt es genug Gründe, die uns erwarten lassen, daß die angestrebte mehr oder weniger vollständige „rationale Analyse“¹ unseres Denkens noch geraume Zeit braucht, daß die Übernahme der den Menschen eigentümlichsten geistigen Bereiche auch praktisch dem Computer verwehrt bleibt. Daneben gibt es auch

Eindruck, daß diese Maschinen mehr sind als nur Rechenautomaten und Datenverarbeitungsanlagen, daß sie für unsere künftige soziale Ordnung einmal gleichrangige Auswirkungen haben werden wie die Erfindung des Buchs, des Elektromotors und des Telefons. Darum identifiziert man sie heute mit einem neuen, von seiner ursprünglichen Bedeutung im Englischen entschieden weiterentwickelten Begriff. Die traditionsreiche und zugleich moderne Bayerische Akademie der Wissenschaften braucht davor nicht zurückzuschrecken.“

¹ Steinbuch, a. a. O., S. 405.

Ergebnisse der mathematischen Logik, deren philosophische Interpretation die Existenz einer natürlichen Grenze für die Leistungsfähigkeit von Maschinen liefert. In der Frage der Mechanisierbarkeit von Beweisen hat sich nämlich ergeben, im wesentlichen durch Gödel, Church und Turing, daß jede Theorie, die hinreichend komplizierte Begriffsbildungen zu verwenden gestattet, so beschaffen ist, daß es keine Maschine gibt, die Antwort auf beliebige Fragen aus dieser Theorie gibt.¹

Wie spielt sich aber der Fortschritt in der Mathematik ab? Nun, er wird nicht von einer Maschine getragen – wer mehr will, als nach dem obigen Resultat von einer Maschine, von einem mechanisierten Kalkül, erwartet werden darf, ist in Einzelfällen auch gezwungen, Ideen zu investieren, die mehr als die bislang vorhandenen Ideen leisten.

Eine Maschine aber steckt nichts hinein, was nicht schon in ihr steckt – es fehlt ihr der Antrieb, über sich selbst nachzudenken. Anders der Mensch, dessen Fähigkeiten also nicht gleichermaßen wie die der Maschine beschränkt sind – weil er, im Gegensatz zur Maschine, kein geschlossenes System darstellt.

Anders gewendet folgt aus dem Gödel-Church-Turingschen Resultat, daß zu jeder vorgegebenen Maschine – auch zu jeder Maschine, die der Mensch selbst konstruiert oder programmiert hat – der Mensch ein Problem angeben kann, das diese Maschine nicht lösen kann, und zwar nicht aus Mangel an Zeit, sondern grundsätzlich nicht. Der Mensch mag langsamer sein als die Maschine, trotzdem ist er ihr in der geschilderten Weise prinzipiell überlegen.

CONCLUSIO

Zur Abwehr des Mißbrauchs der Computer, zur Vermeidung der Manipulation des Menschen im Namen der Vernunft, ist eine Vertiefung unserer Einsicht in die Möglichkeiten und die Grenzen – die praktischen wie die prinzipiellen – der Rechen-

¹ H. Langmaack und F. L. Bauer, *Logik und Kybernetik, Studium Generale* 22 (1969), 137–150.

anlagen notwendig. Auf dem Weg über Forschung und Lehre muß versucht werden, auch der Öffentlichkeit ein wissenschaftlich fundiertes Bild vorzusetzen, das frei ist von ideologischen Verzerrungen wie von marktschreierischen Färbungen.

Um so bestechender werden sich dann die wahren Vorzüge der Computer hervorheben und ihr Einfluß auf die Entwicklung unserer Welt kann zum Besten gewendet werden.