

DIE NEUE WAFFE - DER COMPUTER

Reinhard Keil
Technische Universität Berlin
Institut für Angewandte Informatik
Ernst-Reuter-Platz 7, D-1000 Berlin 10

1. Einleitung

Bis heute gibt es keine geschlossene historische Abhandlung über die Geschichte des Computers und der Informatik, die versucht, Entwicklungsfaktoren systematisch zu erfassen und ihre wechselseitigen Bedingungen zu beschreiben. Eine Sozialgeschichte der Datenverarbeitung /1/ liefert zwar Ansätze hierzu, wobei aber der prägende Einfluß des Militärs nur unzureichend berücksichtigt wird. Diese Lücke versucht der folgende Beitrag zu schließen.

Ausgehend von den Entwicklungen in Deutschland, Großbritannien und den USA wird aufgezeigt, warum und unter welchen Bedingungen das Militär der entscheidende Entwicklungsfaktor war und zum großen Teil auch heute noch ist. Dabei steht die Entwicklung in den USA im Vordergrund, weil die von dort ausgehenden Impulse die internationale Entwicklung bestimmten. Die letztgenannte Tatsache ist wiederum wesentlich auf den Einfluß des amerikanischen Militärs zurückzuführen.

Obwohl viele Verbindungen zwischen Informatik und Militär offenkundig sind, ist es im Einzelfall kaum möglich nachzuweisen, ob erfolgversprechende Ansätze durch militärische Einflußnahme behindert oder gar blockiert wurden. Fest steht aber, daß die Informatik immer den jeweiligen Anforderungen des Militärs nachkam und dementsprechend geprägt wurde. Gleichwohl wäre es falsch, die Informatik als Kriegswissenschaft zu bezeichnen, weil dadurch wichtige Entwicklungsfaktoren (z.B. die ökonomischen Bedingungen) in ihrer Bedeutung vernachlässigt würden. Mit Recht kann aber behauptet werden, daß die Verbindung von Informatik und Militär unser Leben entscheidend beeinflußt und gefährdet.

Es ist nicht in erster Linie das Ziel dieses Beitrages eine geschlossene Darstellung der historischen Entwicklung zu geben. Vielmehr soll die Notwendigkeit aufgezeigt werden, sich angesichts der nicht verantwortbaren Auswirkungen kritisch mit der eigenen wissenschaftlichen Praxis auseinanderzusetzen. Um dazu möglichst viele Anregungen und Hinweise zu geben, wurde an manchen Stellen auf ausführlichere Erläuterungen verzichtet.

2. Die Entwicklung von Computern in Europa

Bereits 1843 hatte Charles Babbage das Konzept eines universellen Digitalrechners (analytical engine) entwickelt, bestehend aus Speicher, Rechenwerk, Lochkarten-Ein/Ausgabe und einem Steuerungsmechanismus, der Iteration und bedingte Verzweigungen zuließ /2/. Obwohl für Babbage die Analytical Engine prinzipiell nur für die Aufstellung mathematischer Tabellen geeignet schien, erkannte er die grundsätzliche Bedeutung seiner Entwicklung (Universalrechner). Seine Schülerin Augusta Ada Countess of Lovelace sprach bereits von einer Maschine, die mit herkömmlichen Rechenmaschinen nichts zu tun habe: "The Analytical Engine weaves algebraic patterns" /3/. Weitergehende Überlegungen stellte 1909 Percy E. Ludgate an, der, ausgehend von Aufzeichnungen über die Analytical Engine, bereits bedingte Sprünge und Drei-Adreß-Befehle einführte /4/. Als während des zweiten Weltkrieges die ersten programmgesteuerten Rechner entwickelt wurden, waren diese Ansätze wieder in Vergessenheit geraten /5/.

Die ersten Computer wurden etwa zur gleichen Zeit, aber unabhängig voneinander, in Deutschland, England und den USA entwickelt. Im Laufe der nächsten zwanzig Jahre zeigte sich aber, daß dort, wo die stärkste militärische Unterstützung vorhanden war, nämlich in den USA, die Informatik geformt und geprägt wurde.

2.1. Die Entwicklung in Deutschland

Der erste deutsche Relaisrechner (Z1) wurde schon 1938 von Konrad Zuse entworfen und gebaut. Zuse, der seine ersten beiden Maschinen noch mit der Unterstützung von Freunden und den Geldmitteln eines Spezialrechenmaschinen-Fabrikanten entwickelte, konnte jedoch später ohne Unterstützung von militärischer Seite an seiner Entwicklung nicht weiterarbeiten. "Auch der Aufbau der Firma 'Zuse Ingenieurbüro und Apparatebau Berlin' mitten im Krieg wäre ohne die Unterstützung der Henschel-Flugzeugwerke kaum möglich gewesen... Die Stellung bei Henschel brachte Zuse nicht nur die notwendige Unterstützung für den Aufbau seiner Firma, sondern sie war auch gleichzeitig eine inhaltliche Unterstützung für die Entwicklung von Rechengeräten, nämlich durch die Aufgaben, die sich bei der Entwicklung von ferngesteuerten fliegenden Bomben ergaben. Er entwickelte z.B. einen Spezialrechner für die Flügelvermessung, der Berechnungen an fliegenden Bomben vollautomatisch durchführte." /6/ Trotz dieser militärischen Anwendungen waren die Anforderungen an die Maschinen Z1 bis Z4 in erster Linie durch Probleme aus dem Bereich der Baustatik bestimmt. "Für Zuse war die endgültige Maschinenstruktur noch nicht gefunden. Diese hatte sich den Aufgaben anzupassen. Also mußte der es erlaubte, die einschlägigen Probleme zu beschreiben. Für die Probleme, die Zuse zum Maßstab nahm, war zu dieser Zeit für eine Bearbeitung auf den Maschinen noch

kein großes Interesse vorhanden." /7/ Der Zusammenbruch des Hitler-Faschismus setzte der deutschen Rechnerentwicklung vorerst ein Ende. Acht Jahre später (1953) importierte die Kaufhalle GmbH in Köln den ersten Computer aus den USA.

Im Gegensatz zu dem in den USA besonders ausgeprägten Interesse des Militärs an diesen neuen Maschinen und ihren Einsatzmöglichkeiten fehlte es in Deutschland an einer auch nur ansatzweise gleichwertigen Unterstützung. Im Rahmen der nationalen und internationalen Entwicklung der Informatik sind Zuses Arbeiten lediglich von historischem Wert /8/. Zwanzig Jahre nach Beendigung des Zweiten Weltkrieges gab es die von Zuse gegründete Firma nicht mehr. Sie war von dem größten deutschen Rechnerhersteller, der Siemens AG, aufgekauft worden. Siemens hatte sich mit der Entwicklung des Großrechners 2002 (und später auch des 4004) aufgrund von Kooperationsvereinbarungen mit der Radio Corporation of America (RCA) entschlossen, den auch von RCA verwendeten Assembler der IBM 360-Serie zu übernehmen. Die Kooperation wurde zwar nach einigen Jahren beendet, doch wurde mit dieser Entscheidung der dominierende Einfluß der amerikanischen Entwicklung anerkannt.

2.2. Die Entwicklung in Großbritannien

Außer in den USA gab es in England während des Zweiten Weltkrieges von seiten des Militärs konzentrierte Anstrengungen zur Entwicklung elektronischer Rechner. Zwei Jahre, bevor die Amerikaner den ENIAC in Betrieb nahmen, wurde in Bletchley Park ein vergleichbarer Rechner mit der Bezeichnung COLOSSUS fertiggestellt. Eine wichtige Aufgabe der Government Code and Cypher School in Bletchley Park bestand darin, den Code der Deutschen Chiffriermaschinen ENIGMA (vgl. /9/ und /10/) zu knacken. Durch die sehr hohe Anzahl der möglichen Kombinationen wurden, ähnlich wie bei ballistischen Berechnungen, enorme Anforderungen an die Rechengeschwindigkeit gestellt. Sowohl ENIAC als auch COLOSSUS waren elektronische (Röhren-)Rechner, die im Vergleich zu den elektromechanischen (Relais-)Rechnern um ein Vielfaches schneller waren /11/. Beide Rechner waren nicht als Universalrechner entwickelt worden. Auch wenn die Benutzung von COLOSSUS für andere Zwecke im Prinzip möglich war, wäre es als künstlich und aufgezwungen erschienen /12/. In ihrer Konzeption waren sie die Vorläufer des kurze Zeit später von der ENIAC-Gruppe entwickelten Prinzips eines programmspeichernden Computers (EDVAC).

In Bletchley Park führte das Militär Spitzenwissenschaftler und -Techniker aus unterschiedlichen Bereichen zusammen. Unter ihnen waren u.a. (nach /13/):

- A.M. Turing, der (unabhängig von John von Neumann /14/) mit seinen Entwürfen für eine "Automatic Computing Engine" (ACE) die Entwicklung programmspeicherter Rechenmaschinen am National Physics Laboratory (NPL) leitete. Daß seine Vorschläge

zur Entwicklung des Rechners PILOT ACE führten, ist unter anderem seinen Aktivitäten in Bletchley Park und damit zusammenhängend dem Umstand zu verdanken, daß das Foreign Office seine Unterstützung zusagte /15/. Zusammen mit einer Gruppe von der English Electric Company wurde der Rechner DEUCE entwickelt. Dieser Rechner konnte sich aber nicht durchsetzen, weil die Speichertechnologie mit "mercury delay lines" /16/ mittlerweile durch den am Massachusetts Institute of Technology (MIT) im Rahmen des "Whirlwind-Projektes" entwickelten Magnetkernspeichers überholt war.

- M.H.A. Newman, Leiter der COLOSSUS-Entwicklungen, der zusammen mit anderen Mitgliedern des COLOSSUS-Projektes ein Computerprojekt an der University of Manchester begann. In den späteren Phasen dieses Projektes wurden auch Mitglieder der "US. armed services" beteiligt, die jeweils für ein Jahr oder länger mitarbeiteten /17/. Zusammen mit Ferranti Ltd. wurde 1959 der Entwurf des Rechners ATLAS fertiggestellt, der mit dem Konzept des "Paging" einen bedeutenden Beitrag zur Rechnerentwicklung darstellte. Ein wesentlicher Anstoß für dieses Projekt kam wiederum von militärischer Seite. P.M.S. Blackett, Director of Naval Operational Research während des Krieges, und deshalb sowohl mit den Entwicklungen in Bletchley Park als auch mit anderen wissenschaftlichen Beiträgen im Zusammenhang mit den Kriegsakтивitäten (z.B. Radar) vertraut, ermutigte Newman bei der Royal Society einen Antrag zu stellen: "for a projected calculating machine laboratory at Manchester University" /18/.
- A.W.M. Coombs und W. Chandler, die auf der Grundlage von ACE beim Post Office Research Station einen Rechner mit der Bezeichnung MOSAIC entwickelten.

Das COLOSSUS-Projekt in Bletchley Park war in jeder Hinsicht erfolgreich. Die Nachrichten der deutschen Wehrmacht konnten entschlüsselt werden. Es wurden mehr als zehn COLOSSUS-Rechner entwickelt und gebaut, "von denen keine zwei gleich waren" /19/. Die Mitglieder des Projektes erhielten höchste Auszeichnungen und Geldpreise vom Königshaus. Daß Großbritannien unmittelbar nach Kriegsende eine enorme Vitalität auf dem Gebiet der Computertechnik entwickelte, wunderte viele Amerikaner /20/. "It is my opinion that the COLOSSUS project was an important source of this vitality, one that has been largely unappreciated, as has the significance of it's place in the chronology of the invention of the digital computer." /21/

Obwohl die Briten sich aufgrund ihrer Militärprojekte in der Nachkriegszeit eine gewisse Eigenständigkeit bewahren konnten, wurde die weitere Entwicklung durch die Amerikaner geprägt. Dies ist wesentlich auf die unterschiedlichen Verteidigungsprobleme zurückzuführen, mit denen die beiden Nationen während des Kalten Krieges konfrontiert waren. Die kontinentale Luftüberwachung und -verteidigung der USA erforderte ein umfangreiches Verbundnetzwerk von Radarstationen, gekoppelt mit geeigneten Auswertungs-

und Steuerungsgeräten. Die Entwicklung von "Verteidigungscomputern" erhielt äußerste Priorität und erforderte einen enormen finanziellen Aufwand. "Allgemein war die Rede von einem Betrag von 250 Millionen Dollar. ... Entsprechende Ausgaben lud die englische Regierung nicht auf sich, ganz einfach, weil das entsprechende Bedürfnis fehlte. Verwunderlich ist es nicht, daß die Computerindustrie der USA der unseren [gemeint ist Großbritannien, der Verf.] in mancher Hinsicht voraus ist, sondern daß die unsere als Konkurrentin der amerikanischen überhaupt noch existiert." /22/

3. Die Entwicklung von Computern in den USA

Im Gegensatz zur Situation in Großbritannien, wo der Ausgangspunkt für die Rechnerentwicklung Probleme der Kryptologie waren, kamen die Anforderungen des amerikanischen Militärs bis zum Ende des Zweiten Weltkrieges im wesentlichen aus dem Gebiet der Ballistik. "We shall see how the ballistical needs of the United States were to be a primary incentive to the development of the modern computer." /23/

3.1. Institutionelle und personelle Voraussetzungen

Bereits während des Ersten Weltkrieges etablierte das Militär zwei erstklassige Gruppen von Wissenschaftlern, die sich mit ballistischen Problemen beschäftigten. Eine Gruppe war in Washington und wurde ab 1918 von Forest Ray Moulton geleitet, die andere Gruppe befand sich am 1918 eingerichteten Aberdeen Proving Ground (APG) und stand unter der Leitung von Oswald Veblen. Sowohl Veblen als auch Moulton hatten an der Universität von Chicago studiert, an der eine ganze Generation von Spitzenmathematikern ihre wissenschaftliche Karriere begonnen hat. Moulton und Veblen waren durch ihre Pionierarbeit wesentlich daran beteiligt, auf personeller Ebene die Verschmelzung von Militär und Wissenschaft herbeizuführen. Moulton überzeugte Armee und Marine, junge Offiziere an die Universität von Chicago zu schicken, um in Mathematik zu promovieren - Spezialgebiet Ballistik. In Moultons Abteilung begannen auch die Karrieren vieler an der Computerentwicklung beteiligter Personen, wie beispielsweise die von H. Kent, der bis zum Ersten Weltkrieg an der University of Pennsylvania unterrichtete, dann der Armee beitrat und später der wissenschaftliche Leiter des Aberdeen Proving Ground wurde. Veblen arbeitete mit N. Wiener zusammen, brachte 1930 John von Neumann nach Princeton und war eine der maßgeblichen Persönlichkeiten in Aberdeen /24/.

Ballistische Probleme wurden mit gewöhnlichen Differentialgleichungen beschrieben (im Gegensatz zu partiellen Differentialgleichungen). Differentialgleichungen dieser Art werden unter anderem auch zur Berechnung elektrischer Netze sowie in der Quantenmechanik benutzt. V. Bush vom MIT hatte 1930 einen mechanischen Analogrechner zur

Lösung solcher Gleichungen entwickelt. Die Moore School of Electrical Engineering an der University of Pennsylvania und das Ballistic Research Laboratory in Aberdeen (beide nur wenige Kilometer voneinander entfernt), wandten sich an Bush, um eine solche Maschine zu erhalten. Das Ordnance Department der US Army, die Moore School und das MIT entwickelten daraufhin gemeinsam einen Entwurf, dessen Ergebnis zum Bau zweier Maschinen führte. "The two machines were completed in 1935 and were to form the nexus between the Ordnance Department and the University of Pennsylvania that was to be so significant, not only to both of them but to the world, just a decade later." /25/

Analogrechner, wie der von Bush entwickelte Differential Analyzer waren zu dieser Zeit die fortgeschrittensten Rechenmaschinen. 1937 begannen H. Aiken, Professor in Harvard und Commander der United States Naval Reserve, und R. Stibitz von Bell Telephone Laboratories (BTL) mit der Entwicklung von digital arbeitenden Relaisrechnern. Obwohl beide eng mit der Industrie zusammenarbeiteten (Aiken mit IBM und Stibitz mit BTL) und ausschließlich Rechner für militärische Anwendungen produzierten (vgl. Tabelle im Anhang), konnten sie mit dem um ein vielfaches schnelleren ENIAC nicht konkurrieren. Allerdings hatten sie mit ihren Arbeiten bewiesen, daß Digitalrechner für Berechnungen ballistischer Probleme geeignet waren. "It became apparent that digital computers would be much more useful for the war effort for solving urgent computation problems." /26/

3.2. Das ENIAC-Projekt

"A computer at that time (in fact, even in the pre-1956 dictionary sense) was a human being and not an object. Computers were a group of young women, each of whom had a 'programmed' set of operations to perform which where checked, passed along for more computations more checks, etc., until at the end of the chain a set of results appeared." /27/

Die Hauptaufgabe des Ballistic Research Laboratory (BRL) am Aberdeen Proving Ground bestand in der Bereitstellung von Bomber- und Feuertafeln, die sehr aufwendige Berechnungen erforderte. Mit dem Regierungsprogramm Engineering, Science, Management, War Defense Training (ESMWDT) sollte für diesen Zweck Ausbildungskapazität bereitgestellt werden. J.W. Mauchly und A.W. Burks, später maßgeblich an der Entwicklung des ENIAC beteiligt, absolvierten im Rahmen dieses Programmes Kurse an der Moore School. Ebenso wurden Frauen, die einen akademischen Grad besaßen, an der Moore School für ballistische Berechnungen ausgebildet, wofür ein neues Ausbildungsprogramm, zugeschnitten auf die militärischen Anforderungen, entwickelt wurde. Ältere Mathematik-Professoren der Moore School, die den Anforderungen einer intensiven, mehrstündigen Ausbildung nicht mehr gewachsen waren, mußten vorzeitig emeritieren. Während sich die Männer am Aber-

deen Proving Ground mit der technischen Entwicklung beschäftigten, übernahmen ihre Ehefrauen die Ausbildung an der Moore School und rekrutierten auf Reisen zu Kollegen das Woman's Army Corps (WAC) /28/. Die Berechnungen erfolgten mit mechanischen Tischrechnern: "Two classrooms full of the girls doing just that day after day was impressive. The groundwork was being established for the invention of the computer." /29/

Doch all diese Anstrengungen waren für die militärischen Anforderungen nicht ausreichend. Eine typische Feuertabelle enthielt ca. 3000 Flugbahnen. Der von Bush entwickelte Differential Analyzer war zwar etwas schneller als die bis dahin entwickelten Relaisrechner, auch 50mal schneller als ein Mensch mit einem mechanischen Tischrechner, jedoch hätte die Berechnung einer einzigen Feuertafel noch 30 Tage gedauert /30/.

Aufgrund eines Vorschlages von J. Mauchly, in dem er empfahl, Röhren zum Bau von Rechnern zu verwenden, schrieben er und P. Eckert 1943 einen Report über einen "Electronic Diff. Analyzer", der mindestens 10mal so schnell sein sollte wie die bisher benutzten Maschinen. Sie sandten ihn im Namen der Moore School an das Ballistic Research Laboratory in Aberdeen. Nach einem kurzen Treffen in Aberdeen wurden die Mittel zur Realisierung dieses Vorschlages vom Militär bewilligt. Mauchly's Konzept basierte auf den Anregungen von J.v. Atanasoff, der ihm bereits 1941 seine Vorstellungen einer digitalen elektronischen Version des Differential Analyzers unterbreitet hatte.

Das Ergebnis, der Electronic Numerical Integrator and Computer (ENIAC), erfüllte die militärischen Anforderungen an die Rechengeschwindigkeit besser als erwartet; etwa 1000mal schneller als die Relaisrechner und der Differential Analyzer.

Die bis zu diesem Zeitpunkt verbreiteten Analogmaschinen verloren ihre Bedeutung. Die mechanischen Geräte hatten gegenüber den Digitalrechnern den Nachteil, daß sie mit wachsender Rechengeschwindigkeit ungenauer wurden. Von Neumann begründete seine Erwartung, daß Digitalrechner effektiver sind, mit dem Argument, daß bei digitalen Maschinen mit doppelten Kosten eine doppelte Genauigkeit erzielt werden kann, dieser Faktor jedoch bei analogen Geräten erheblich ungünstiger wäre /31/. Daß Analogrechner prinzipiell dieselbe Leistungsfähigkeit wie Digitalrechner erreichen können, ist bis heute nicht widerlegt. Doch spätestens mit der Entwicklung der dritten Computergeneration (Verwendung von Transistoren anstelle von Röhren) wurden die Analogrechner endgültig ins Abseits gedrängt. Sie konnten die enormen Anforderungen des Militärs an Rechengeschwindigkeit, Verarbeitungskapazität und Zuverlässigkeit nicht erfüllen. Der ENIAC wurde zur Wurzel der weiteren Rechnerentwicklung.

Wiederum gefördert von den Ballistic Research Laboratories entwickelte das ENIAC-Team den Electronic Discrete Variable Arithmetic Computer (EDVAC). Im EDVAC-Entwurf

wurde zum ersten Mal das Konzept eines Universalrechners mit interner Programmspeicherung (von Neumann-Rechner) entwickelt, das auch heute noch das Grundprinzip des Computers ist. Durch die Verbreitung dieser Entwürfe und die Vorlesungen von Neumanns an der Moore School (1946) wurden die Arbeiten der ENIAC-Gruppe international bekannt /32/.

Doch ohne die weitere massive Unterstützung des Militärs wären viele Entwicklungen nicht möglich gewesen /33/. Dies gilt insbesondere auch für die Rechnerentwicklung am Institute for Advanced Studies (IAS) in Princeton unter der Leitung von John von Neumann (IAS-Computer) /34/, sowie die ORDVAC-Serie (Ordnance, Variable Automatic Computer) /35/ und das WHIRLWIND-Projekt am MIT.

3.3. Technologische Weichenstellung - das WHIRLWIND-Projekt

Noch 1942 wurde von V. Bush und seinen Mitarbeitern am MIT eine verbesserte Version des Differential Analyzers entwickelt, bei der mechanische Teile durch elektronische Konstruktionen ersetzt wurden. 1944 begann eine andere Gruppe am MIT unter der Leitung von J.W. Forrester, einen Analogrechner zur Flugsimulation (WHIRLWIND) zu entwickeln. Nach einigen Gesprächen im November 1944 mit Offizieren und Wissenschaftlern, die an der Entwicklung des ENIAC beteiligt waren, wurde diese Entscheidung revidiert: "We are no longer building an analog computer; we are building a digital computer." /36/ Doch die Förderung für dieses Projekt wurde ab 1948 reduziert und schließlich ganz eingestellt. Das Interesse des Office of Naval Research (ONR), das bisher ca. 1 Million Dollar pro Jahr für das Projekt ausgegeben hatte, bestand primär in mathematischen Berechnungen, wie Feuerkontrolle, Flugbahnberechnungen usw.; an der Echtzeitverarbeitung, dem Schwerpunkt des WHIRLWIND-Projektes, bestand kein Interesse. Der "Kalte Krieg" führte aber dazu, daß Frühwarnsysteme (air defense systems) eine hohe Priorität in der Förderung erhielten. Die Arbeiten am MIT auf dem Gebiet der Radartechnologie zeigten, daß WHIRLWIND für den neuen Zweck optimal geeignet war; die Förderung wurde jetzt (1950) von der Luftwaffe übernommen. Der Grundstein für das größte und gefährlichste /37/ Flugüberwachungs- und -abwehrsystem war gelegt.

Die militärischen Anforderungen nach Steigerung der Rechengeschwindigkeit, Vergrößerung der Leistungsfähigkeit, Erhöhung der Zuverlässigkeit und nach zunehmender Miniaturisierung wurden von WHIRLWIND erfüllt. Als Kernstück des "Cape Cod system" war dieser Rechner der Prototyp für das Semiautomatic Ground Environment (SAGE) Air Defense System. Es war der erste Rechner mit Echtzeitverarbeitung, doch ohne interrupt handling, so daß für die ankommenden Radardaten als externer Zwischenspeicher eine Magnettrommel benötigt wurde. Eine weitere Trommel benötigte man für die Speicherung des 20 000 Instruktionen umfassenden Cape Cod systems. Mit seinem 16 bit -

Prozessor kann WHIRLWIND trotz seiner Größe als erster Mini-Computer bezeichnet werden /38/. Neuartig waren

- die Verwendung eines main bus
- der Einbau eines Magnetkernspeichers, durch den die Rechengeschwindigkeit verdoppelt werden konnte
- der Anschluß von Telefonleitungen zur Übermittlung der Radardaten (Datenfernübertragung)
- die Verwendung von Bildschirmgeräten (Radarschirme mit Schriftanzeige)
- die Benutzung eines Lichtgriffels (light gun) für die Positionseingabe durch den Flugüberwachungs-Offizier.

Neben der Anpassung von WHIRLWIND an die durch die Air Force gestellten Aufgaben entwarf das Projektteam den neuen Computer für SAGE. Zehn Jahre nach der Fertigstellung wurde der Betrieb von WHIRLWIND 1959 eingestellt. Das wichtigste Argument dafür waren neben den Betriebskosten von 300 000 Dollar die hohen Wartungskosten für die Software. Das WHIRLWIND-Projekt war der Anfang einer langen Entwicklung bis hin zum "vollautomatisierten Schlachtfeld". Die Anforderungen des Militärs an zunehmend größere und leistungsstärkere Computer hatte nicht nur Einfluß auf die technologische Entwicklung, sondern auch auf die Strukturen im Hersteller- und Anwenderbereich.

3.4. Auswirkungen auf Hersteller und Anwender

"The Korean War (which started in 1950) brought about a great expansion in the defense-related industries and a greatly increased need for computation of all kinds." /39/

Wenn man bedenkt, daß die bis 1950 hergestellten Computer fast ausschließlich für militärische Zwecke produziert und eingesetzt wurden, so kann man ohne Zweifel die Computerhersteller als "defense related industry" bezeichnen. Auch in den 50er Jahren, in denen die Hersteller versuchten, den Computermarkt zu erschließen, dominierte das Militär mit seinen Anforderungen.

Um als Computerhersteller bestehen zu können, waren zu Beginn zwei Voraussetzungen notwendig: qualifiziertes Personal und Aufträge vom Militär. Doch das reichte in den 50er Jahren nicht mehr aus. Firmen, die das Rennen um die Marktanteile mithalten wollten, mußten zudem in der Lage sein, in kurzer Zeit neue Großrechner zu entwickeln. Bei diesem Rennen lagen zwei Firmen vorn: Remington Rand und IBM.

Während des Zweiten Weltkrieges hatte sich eine Abteilung der US Navy mit dem offiziellen Namen "Communications Supplementary Activities - Washington (CSAW)" mit Ar-

beiten auf dem Gebiet der Kryptologie beschäftigt. Um diese von Capt. H. Wenger geleitete und hochqualifizierte Gruppe mit ihrem angesammelten Know How zusammenzuhalten, wurde die "Engineering Research Associates, Inc. (ERA)" gegründet /40/. ERA arbeitete eng mit dem "United States Naval Computing Machine Laboratory (USNCML)" zusammen, dessen Leiter im Winter 1945 zu ERA kam. Die Existenzgrundlage wurde durch "illegale" "task contracts" der US Navy gesichert. Das Ergebnis einer dieser Aufgaben (task 13) war ein Rechner mit der Code-Bezeichnung ATLAS, dessen Erfolg in der geringen Installationszeit (acht Tage) lag und der für damalige Verhältnisse mit äußerst geringer Ausfallzeit arbeitete. Die Navy gab eine modifizierte Version für den Verkauf frei, die unter der Bezeichnung 1101 (13 binär) bekannt wurde (später UNIVAC 1101). Trotz mancher Erfolge mit ihren mit Magnettrommeln ausgerüsteten Rechnern für Air Defense Systems, mit dem BOMARC Missile Program, dem Navy Tactical Data System usw., war die Finanzdecke zu dünn; 1952 wurde ERA von Remington Rand aufgekauft. Vorher schon hatte Remington Rand die Eckert-Mauchly Computer Corporation als eigenständige Abteilung eingegliedert. Trotz des technischen Erfolges, die Eckert und Mauchly mit BINAC und UNIVAC 1 (1951) hatten, reichte das Geld der Regierung für die ersten drei UNIVAC 1 nicht aus. Obwohl dieser Großrechner fast fünf Jahre lang der beste Rechner auf dem Markt war, konnten sie zum damaligen Zeitpunkt außer den Maschinen für das Militär keine weiteren Exemplare verkaufen /41/.

IBM verschaffte sich eine gute Ausgangsposition durch die Zusammenarbeit mit H. Aiken und J. Mauchly vor und während des Zweiten Weltkrieges, sowie 1951/52 mit J.v. Neumann, H. Goldstine (Ballistic Research Laboratory, später IAS) und J. Pomerene (ebenfalls IAS). Von dem ab 1948 ausgelieferten "Electronic Calculation Punch", der 1948 zum Card Programmed Calculator (CPC) erweitert wurde, verkaufte IBM zwar in den nächsten Jahren mehrere tausend Geräte, jedoch begann der Einstieg in das Computergeschäft mit dem "Defense Calculator (IBM 701)" /42/. Für das SAGE-System lieferte IBM mehrere Folgemodelle dieses Großrechners (IBM 704 und 705). Neben der Erfüllung der militärischen Anforderungen verschaffte sich IBM im kommerziellen Bereich durch eine aggressive und teilweise unseriöse Marktpolitik weitere Vorteile /43/.

Mit diesen beiden großen Unternehmen konnte nur konkurrieren, wer in der Lage war, die militärischen Anforderungen an zunehmend größere, vor allem aber schnellere Computer zu erfüllen; dies gelang noch der Burroughs Corp., der Control Data Corp. (entstanden aus einer Gruppe, die Remington Rand verlassen hatte) und Honeywell. Dreizehn Jahre nach der Entwicklung des ENIAC war ein Höhepunkt erreicht: "Early in 1958 the Ballistic Missile Early Warning System (BMEWS) project requested bids from computer manufacturers to supply a number of very large, fast computers for data analysis and general computation." /44/

Durch ein geschicktes Angebot, nämlich einen bereits entwickelten Rechner (709) auf-

zurüsten, gewann die IBM den Kontrakt für das BMEWS und konnte rechtzeitig zum Ende des Jahres 1959 die ersten zwei Maschinen (7090) ausliefern. Doch das eigentliche Wagnis, "Super Computer" zu entwickeln, begann schon früher. Bereits 1956 erhielten sowohl IBM als auch Remington Rand den Auftrag von der Atomic Energy Commission (AEC), den leistungsfähigsten und größten Rechner zu bauen, zu dem sie in der Lage waren. Im Jahre 1961 wurde der Rechner von IBM (Stretch) an das Los Alamos Scientific Laboratory ausgeliefert. Bereits im Frühjahr 1960 erhielt das Livermore Research Laboratory den UNIVAR LARC (Livermore Atomic Research Computer). Einen zweiten Rechner, LARC II lieferte Remington Rand an das David Taylor Model Basin der US Navy; damals der größte und leistungsstärkste Rechner des Department of Defense (DoD) /45/. Sowohl LARC als auch Stretch waren vom kommerziellen Gesichtspunkt ein Fehlschlag, doch durch beide Projekte wurde ein enormer Fortschritt in der Rechnertechnologie erzielt, der sich sehr schnell in anderen kommerziellen Rechnern niederschlug und so diesen Firmen ihre Marktanteile sicherte.

Neu auf den Markt drängende Hersteller konnten beim Bau zunehmend größerer Rechner nicht mithalten. Geling es ihnen, leistungsfähige Großrechner zu produzieren (z.B. Philco), so scheiterten sie an der mangelnden Vermarktungsfähigkeit ihrer Produkte, konnten sie keine "Super-Computer" entwickeln, fehlte ihnen das Know How und die Reputation. Der Herstellermarkt konzentrierte sich auf wenige Firmen, die zudem mit ihren Großrechnern auch heute noch international den Trend bestimmen.

Bis Mitte der 60er Jahre unterschied man zwischen wissenschaftlichen (scientific) und kommerziellen (business) Computern, wobei wissenschaftlich fast ausschließlich bedeutete: Einsatz für militärische Zwecke. Die Entwurfsphilosophie für "Militärcomputer" ging von der Annahme aus, daß zwar in großem Umfang Berechnungen, dagegen aber wenig Ein/Ausgabe erforderlich waren /46/. Für die wissenschaftlichen Computer waren Peripheriegeräte wie Magnettrommeln (ERA), Lichtgriffel und Radargeräte (WHIRLWIND), Lochstreifeneingabe usw. entwickelt worden. Die auf militärische Anforderungen zugeschnittenen Anlagenkonfigurationen zusammen mit den Betriebssystemen entsprachen jedoch nicht den Bedürfnissen kommerzieller Anwender. Erst mit der Entwicklung der 709 sah sich IBM genötigt, den kommerziellen Anforderungen an Ein/Ausgabe nachzukommen. Für die Rechnerarchitektur galt: "In these scientific computers, the objectives of an exceedingly fast arithmetic unit and a low-access-time internal memory have tended to overshadow other design features." /47/ Die meisten kommerziellen Rechner waren leicht modifizierte Militärcomputer. "... only the IBM 702 and 705 were considered primarily business machines..." /48/

Der Einsatz militärischer Großrechner hatte auch für die Anwender Folgen. So konnten nur große Firmen Computer einsetzen und sich dadurch Marktvorteile verschaffen. In diesen Firmen bildeten sich zentrale DV-Abteilungen, die meist direkt dem Management

unterstanden. Großrechenzentren mußten eingerichtet werden, um die großen und teuren Anlagen unterhalten zu können (aus Rentabilitätsgründen mußten viele Anlagen Tag und Nacht ausgelastet sein) /49/. Militärische Großtechnologien wurden im kommerziellen Bereich übernommen, ohne daß ihr Erfolg bzw. ihre Wirtschaftlichkeit hätte überprüft werden können /50/ (z.B. electronic fund transfer, EFT). Diese Strukturen sind bis heute zum großen Teil erhalten geblieben.

In der Zeitschrift "Der Arbeitgeber" hieß es noch 1966, "... daß der Computer wegen seiner Zusammenhänge mit der Militärentwicklung des letzten Krieges und mit der Welt- raumtechnik ganz eigenartige Fehlentwicklungen in Gang gebracht hat." /51/ Die Anforderungen an eine Waffe waren und sind trotz mancher Gemeinsamkeiten verschieden von denen an ein Werkzeug zur Datenverarbeitung: "No one was vocal concerning a need for more powerful computational tools in accounting or other business applications and the terms data-handling and data-processing had not been coined." /52/

Militärische Attribute, wie Hierarchisierung und Zentralisierung einhergehend mit dem Hang zum Umfassenden, zum Alles-Bestimmenden und -Erfassenden in einer bislang uner- reichten Größenordnung spiegeln sich in der Computertechnologie wider. "For the last 150 years the nature of technology itself has been such that those applications which pushed the state of the art have been defensible only for the military... as technolo- gy grows more sophisticated, and as expenses escalate, the military tends to become the only supplier of the pleasures associated with extreme technological performance." /53/ Entwickelt wurde in erster Linie eine Waffe, und nicht ein Werkzeug!

Auch wenn sich die kommerziellen Anwender bezüglich ihrer Einflußnahme auf die Rech- nerentwicklung mit Beginn der 60er Jahre langsam emanzipierten, blieb der militärische Einfluß in weiten Bereichen der Informatik bestimmend. Bis Mitte der 60er Jahre wurde in den USA ungefähr die Hälfte aller Ausgaben für Forschung und Entwicklung im Rahmen des Nationalen Verteidigungsprogrammes bewilligt; 1976 waren es noch rund 40%, die das Amerikanische Verteidigungsministerium (DoD) für diese Zwecke ausgab. "Nach amt- lichen Schätzungen hatte die Regierung 1964 mindestens 135 Millionen Dollar für Ent- wurf und Entwicklung von DV-Anlagen, Forschungsarbeiten über Programmierungsverfahren und mathematische Probleme der Verwendung von DV-Anlagen aufgewendet. Zusätzliche nicht näher bezeichnete Mittel - sie wurden inoffiziell auf mindestens 190 Millionen Dollar geschätzt - waren für wissenschaftliche Arbeiten auf dem Gebiet der Datenverarbeitung bei der Entwicklung von Waffensystemen, von militärischen Führungs- und Kontrollsystemen und im Rahmen der Abwehr bestimmt." /54/ Durch diesen enormen finanziellen Auf- wand war das Militär sowohl größter Auftraggeber als auch Anwender im Bereich der Da- tenverarbeitung. "This means that the chances were good that any sufficiently large research undertaking had to receive its financial support from and hence be justified of its contribution to the defense program." /55/

Der dominierende Einfluß des Militärs wurde jetzt weniger bei den Rechnern selbst, als vielmehr in der Entwicklung großer Softwaresysteme und Rechnernetze spürbar, sowie in der Finanzierung neuer Forschungsbereiche (z.B.: Erkennung natürlicher Sprache). Dabei wurden durch Standardisierungen und Großprojekte Entwicklungslinien festgelegt und zugleich andere Möglichkeiten abgeschnitten.

Ein typisches Beispiel für eine Art von Großentwicklungen ist der Aufbau von Rechnernetzen, deren militärische Notwendigkeit sich aus dem SAGE-System und seinem Ausbau ergab. "The first packet switching network was the ARPANET, developed for the Advanced Research Projects Agency of the Department of Defense." /56/ Angeschlossen an dieses Netz sind alle wichtigen Institutionen und Firmen, die sich maßgeblich oder ausschließlich mit militärischer Forschung und Entwicklung beschäftigen /57/. Das Konzept des "packet switching" wurde Mitte der 60er Jahre von P. Baran und anderen bei Remington Rand entwickelt. Obwohl dieses Konzept zu dieser Zeit von fast allen Fachleuten abgelehnt wurde, konnte es sich aufgrund der militärischen Anforderungen durchsetzen. "As developed for the military, the object of packet switching was not to improve the state of the art of computer communications networking but to assure military survivability." /58/ Das Militär hatte ein Verteidigungssystem gefordert, das selbst im Falle größter Zerstörungen (analog zum Fall Pearl Harbor) weiter funktionieren würde. Die Entwicklung des ARPANET mit dem Konzept des "packet switching" ist bis heute Standard geblieben.

Doch nicht nur durch Großprojekte konnten Standards gesetzt werden. Als Großenwender ist das DoD maßgeblich an allen Arbeiten der American Standards Association (ASA) beteiligt. "... an American Standard is accepted as the one national authoritative standard in its immediate field of application." /59/ Durch die Bedeutung amerikanischer Entwicklungen werden diese oft auch zum internationalen Standard. Dies wurde besonders bei der Entwicklung und Standardisierung der Programmiersprache COBOL deutlich: "The significance of COBOL was greatly enhanced when it was chosen as a required language on DoD computers." /60/ Durch die vom DoD abgewinkelte Standardisierung setzte sich die Sprache COBOL trotz mancher Mängel (z.B. in der procedure division) als internationaler Standard durch. Auch die Anstrengungen von IBM, COBOL durch eine eigene Sprachentwicklung zu ersetzen, schlugen fehl.

Bei der Standardisierung von COBOL trat das Militär lediglich als Anwender in Erscheinung. Anders ist dies bei der Programmiersprache ADA, wo militärische Interessen auch die Entwicklung der Sprache bestimmen. ADA wurde für militärische Anwendungen konzipiert (military command, control and communication); daß die Sprache auch für kommerzielle Anwendungen geeignet ist, wird von vielen Fachleuten bestritten. Trotz umfangreicher Kritik an sprachlichen Konstrukten und Konzepten, an Umfang und Komplexität der Sprache /61/, an der Eignung im Rahmen des ADA Programming Support Environment

(APSE) /62/, an den Auswirkungen auf die soziale Situation der Programmierer /63/, und den Nachteilen für kleinere Firmen /64/ versuchte das DoD eine schnelle Standardisierung durchzusetzen /65/. Was bezweckt das DoD mit einer Standardisierung zu einem Zeitpunkt, wo noch keine vollständige und gültige Implementierung der Sprache vorliegt? Sicher ist: Sollte sich die Vorstellung von ADA als standardisierte "Weltprogrammiersprache" durchsetzen, würden wieder einmal militärische Attribute wie Größe, Universalität und Mächtigkeit eine Entwicklungsrichtung der Informatik bestimmen. "The strategy for DoD is to implement ADA on large host computer systems and provide code generation for smaller embedded target computers." /66/ Alle Vorschläge, die Sprache zu verkleinern (bzw. zu "glätten") oder aber geeignete Untersprachen zu definieren werden vom DoD kategorisch abgelehnt. Ziel des Militärs ist es, zentral die Software für die kleineren embedded target computers (z.B. in einer cruise missile) zu entwickeln, damit Waffensysteme schnell und einheitlich modifiziert bzw. neu entwickelt werden können. "..., some features of ADA will prove less than optimal. But perfection was not the design goal of ADA. The ADA effort has been based on the view that the benefits of standardization outweigh the residual defects inevitable in any design process." /67/ Die Vorteile einer Standardisierung zu diesem Zeitpunkt sind aber für Wissenschaft und Industrie praktisch nicht vorhanden.

Durch das hohe Finanzvolumen für Forschung und Entwicklung kann das DoD ganze Forschungszweige etablieren bzw. durch Verweigerung von Mitteln Forschern und Institutionen die Existenzgrundlage entziehen. Dies läßt sich am Beispiel des Computer-unterstützten Unterrichts (CUU) nachvollziehen. Neben den staatlichen Bildungseinrichtungen war das Militär in den USA bis Anfang der 70er Jahre maßgeblich an der Entwicklung des CUU beteiligt. Dabei erhoffte man sich von Rechnerspielen und der Simulation von Entscheidungen nach strategischen Gesichtspunkten - beides wesentliche Momente des CUU - eine Optimierung der Ausbildung für militärische Entscheidungsträger. "Gaming or practice in management exercises will play a serious role in the future of the United States." /68/ Bekannte Systeme, die ab 1972 von der National Science Foundation (NSF) gefördert wurden, sind PLATO IV (CERL, University of Illinois) und TICCIT der Rüstungsfirma MITRE Corporation. Als sich die Erwartungen an CUU nicht erfüllten, zogen sich mit dem Militär auch die privaten und öffentlichen Mittelgeber zurück. Obwohl über Erfolg oder Mißerfolg des CUU prinzipiell noch gestritten wird /69/ und die entwickelten Systeme auch heute noch eingesetzt werden, ist das Fachgebiet nicht nur in den USA sondern z.B. auch in der Bundesrepublik Deutschland zur Bedeutungslosigkeit herabgesunken, wenn nicht vollständig verschwunden (wie z.B. an der TU Berlin) /70/.

Andere Fachgebiete wurden je nach militärischen Anforderungen ausgebaut oder modifiziert. Dazu gehören neben dem Gebiet der Kryptographie /71/, die automatische Spracherkennung /72/, die Disziplin des Software Engineering /73/, Methoden des "signal

separation" und "pattern recognition" /74/, die Mikrotechnologie /75/, Glasfaseroptik und viele andere mehr. Wie weit aber die direkte Beeinflussung durch militärische Anforderungen geht, ist im Einzelfall nur schwer nachzuweisen. Fest steht jedoch, daß alle für die Entwicklung neuer Waffen-, Frühwarn- und Informationssysteme /76/ benötigten Forschungsarbeiten maßgeblich von militärischer Seite spezifiziert und kontrolliert wurden. Damit hat das Militär in der Informatik stärker als in jeder anderen wissenschaftlichen Disziplin, Paradigmen aufgestellt, die zum Teil vom wissenschaftlichen und kommerziellen Bereich ohne Kritik oder gar Kenntnis der zugrundeliegenden Anforderungen und Interessen übernommen wurden.

4. Militärisches Denken in der Technik

Der Einfluß des Militärs auf die Entwicklung der Informatik ist erst bei einer Betrachtung der jeweils zugrundeliegenden Denkweisen vollständig erfaßbar. Bei der Entwicklung der Informatik und des Computers standen zwar in erster Linie immer wieder militärische Anforderungen im Vordergrund, aber es gibt keine monokausalen Abhängigkeiten. Die Frage, inwieweit umgekehrt technikhärente Aspekte die Denk- und Vorgehensweise des Militärs geprägt haben, ist im Rahmen dieses Beitrages nicht zu klären.

Die Parallelität naturwissenschaftlichen und militärischen Denkens /77/ läßt sich sowohl in der häufigen Verbindung von Offizier und Wissenschaftler in einer Person wiederfinden, als auch in der Sprache. Militärische Projekte (z.B. ENIAC) werden als universitäre Projekte bezeichnet; Militärcomputer sind immer wissenschaftliche Computer (im Gegensatz zu kommerziellen Rechnern). "In der Sicht der Informatik ist die militärische Führung mit einem Regelungsprozeß vergleichbar, durch den die militärischen Aktionen entsprechend der vorliegenden Lage so bestimmt werden, daß als Ergebnis ein militärischer Auftrag zur Durchführung gelangt. Ein Führungssystem muß daher alle zur Charakterisierung der militärischen Lage relevanten Informationen speichern, der Führung "auftragsbezogen" zur Verfügung stellen und gegebenenfalls nach erfolgter Entscheidung über das Was, Wie, Wo und Wann des Einsatzes die Einsatzführung auslösen und überwachen können." /78/ Hier ist die "Sicht der Informatik" von der menschenverachtenden Denkweise "moderner" Militärstrategen nicht mehr zu unterscheiden. Das hier angesprochene kybernetische Regelungsmodell wurde von Norbert Wiener während des Zweiten Weltkrieges zur Beschreibung ballistischer Probleme (Abschätzen der Trefferkoordinaten bei beweglichen Zielen) entwickelt. Das diesem Modell zugrundeliegende Prinzip der Rückkopplung (feedback) wurde zum bestimmenden Paradigma der Kybernetik, die auch in sozialen Bereichen angewendet wurde und wird. Paradigmen, die aus rein militärischen Problemstellungen entwickelt wurden, werden ohne Kritik ihres Entstehungszusammenhanges auf andere Bereiche übertragen. Der Versuch, die "Überwissenschaft Kybernetik" zu etablieren, ist allerdings gescheitert. Welche Auswirkungen dagegen

die Übertragung des Konzeptes "embedded system" (eingebettetes System) auf die Gestaltung soziotechnischer Systeme hat /79/, kann man nur vermuten. Was hat anerkannte Informatiker dazu bewegt, soziale Zusammenhänge in Organisationen mit den technischen Bedingungen einer "cruise missile" gleichzusetzen?

Die enge Verbindung von Militär und Informatik bestand auch nach Ende des Zweiten Weltkrieges weiter. So fand das erste nationale Treffen der 1947 gegründeten Association for Computing Machinery (ACM) im Aberdeen Proving Ground statt, zwei Jahre später in den Oak Ridge National Laboratories. Das ACM-Treffen 1962 in Syracuse wurde von Maj. Gen. Henry Vicello, Commander of the 26th Air Division of SAGE, feierlich eröffnet. In einer kurzen Notiz zu diesem Treffen wird über eine Rede des Manager of Technical Military Planning Operations, Dr. R.C. Raymond von der General Electric Company berichtet: "Bringing a stimulating talk of the future aspects of computing systems and human thought processes, he told how he himself looks forward for the down-to-earth values that the introduction of improved computer-controlled activities in management will bring to the executive especially saving wear and tear on his nervous system when he can bypass those humans so susceptible to imaginative apprehensions the real meaning of the boss' everyday more." /80/

Ist es ein gemeinsames Ziel von Militär und Informatik, die Menschen "auszuschalten"? /81/

5. Die Entwicklung in der Bundesrepublik Deutschland - Resümee und Ausblick

Die rasante Entwicklung der Informatik in den USA, maßgeblich verursacht durch die enge Verquickung von Militär und Wissenschaft, führte dazu, daß Länder wie die Bundesrepublik Deutschland ähnliche Voraussetzungen schaffen mußten, um mit der technologischen Entwicklung schritthalten zu können. Als die Bundesregierung aufgrund der "Technologischen Lücke" /82/ im Jahre 1968 begann, auf staatlich administrativem Wege die Wissenschaft Informatik zu etablieren, erhoffte man sich dadurch, den Anschluß an die Amerikaner zu finden. "Diese Hoffnung wurzelt in der Ansicht, daß die deutsche Kultursubstanz, die trotz allem 'typisch deutsche Art zu denken', wieder zu Höchstleistungen fähig sein wird, wenn sie von den Fesseln eines überholten Bildungsideals und einer antiquierten Weltanschauung befreit ist." /83/

Obwohl das Militär in der Bundesrepublik Deutschland - im Vergleich zu den USA - eine erheblich geringere Rolle bezüglich der Entwicklung der Informatik spielt, gibt es keine spezifisch deutsche Ausprägung der Informatik. Durch die reibungslose Übernahme amerikanischer Entwicklungstendenzen hat sich somit auch in der Bundesrepublik das Militär (wenn auch mittelbar) als ein entscheidender Entwicklungsfaktor erwiesen, der

- Entwicklungen der Informatik beschleunigt
- globale Entwicklungsrichtungen festlegt (Großrechner, Software Engineering usw.)
- unmittelbaren Einfluß auf die Gestaltung der Hardware ausübt
- Ausprägungen von Methoden, Konzepten und von Forschungsbereichen bestimmt
- Denk- und Arbeitsweise von Informatikern prägt.

Wie eine von den Arbeiten Zuses ausgehende Entwicklung hätte verlaufen können und ob sie sich wesentlich von der jetzigen unterscheiden würde, ist ungewiß.

Wie Weizenbaum betont, haben wir zwar zählen und rechnen gelernt und dafür Supercomputer entwickelt, haben aber zunehmend verlernt festzustellen, was überhaupt gezählt und was sinnvoll berechnet werden sollte. Wir haben Waffensysteme und Produktionsstraßen gebaut. "Das Ergebnis ist eine Verschmelzung in völliger Entleerung von allem, was den pränatalen Glücksbegriff ausmacht: kein Zurück, sondern ein Weiter, Weiter, Weiter, zu noch mehr Ferne, Zerstückelung, Unfaßbarkeit, bis dahin, wo jeder Gedanke von Ich, Zusammengehören, Grenze von Glück und Unglück, Arbeit und Genuß zerplatzt, wo das einst Innerste ganz außen geworden ist, das Äußerste; wo mein Kopf zur Kopie des Computerprogrammes wird und meine Hand zu einer fehlerbehafteten Ergänzung ... Wenn wir eine andere Technik wollen, dann dürfen wir als Kinder nicht Krieger und Helden werden wollen." /84/

Anhang

Bezeichnung	Zeit	Hersteller	Abnehmer	Verw.-zweck
Harvard Mark I	1937-44	Aiken/IBM	US-Marine	Funktionstab.
Harvard Mark II	1945-48	"	Navy-Bureau of Ordnance des Dahlgren Proving Ground	
Mark III	1948-50	"	"	
Bell Model II	1942	Stibitz/BTL	BRL Aberdeen	Justieren von Feuerleitwaffen
"Ballistic Comp." III	1939-42	"	"	
IV, V, VI	ab 1944	"	" u. NACA	
PSRC	1944-45	IBM	BRL Aberdeen	
ENIAC	1943-46	Moore-School	BRL Aberdeen	Leitbahnrechner Überschallstr.
EDVAC	1944-52	Moore-	BRL Aberdeen	
BINAC	1947-49	Eckert-Mauchly	Northrop Aircr.	
UNIVAC I	1948-51	Comp. Corp.	Pentagon	
WHIRLWIND	1947-51	MIT	US. Navy u. Air Force	Flugabwehr u. -überwachung
SEAC	1948-50	NBS	NBS	
SWAC	1948-50	UCLA	NBS	
1101	1948-52	ERA	US. Navy	
1102	1950-52	ERA	US. Air Force	
LOGISTIC	1953	ERA/UNIVAC	ONR	Mil. Logistik
"Defense Calculator" 701	1950-53	IBM		SAGE BMEWS
diverse (704)	1954-59	IBM	DoD	
7090	1957-59	IBM	DoD	
NORC	1951-55	IBM	US. Naval Weapons Lab.	
STRETCH	1956-61	IBM	Los Alamos	
ORDVAC	1952	IAS	BRL Aberdeen	
JONNIAC	1953-54	RemRand		
ORACLE	1954	Oak Ridge		
LARC	1956-60	RemRand	US. Navy	

...

A n m e r k u n g e n

- /1/ P. Brödner, D. Krüger, B. Senf: Der programmierte Kopf; Berlin 1981
- /2/ B. Randell (Ed.): The Origins of Digital Computers; Berlin, Heidelberg, New York 1973; S. 8
- /3/ Zitiert nach F.L. Bauer, G. Goos: Informatik; Zweiter Teil; Berlin, Heidelberg, New York 1974; S. 195
- /4/ Zur Beschreibung der wesentlichen Eigenschaften und der Bedeutung einer Analytical Engine siehe: Percy E. Ludgate: On a proposed Analytical Machine; in: B. Randell /2/; S. 71 ff.
- /5/ N. Metropolis, J. Howlett, G.-C. Rota (Eds.): A History of Computing in the Twentieth Century; New York 1980
- /6/ "Zur Geschichte des Computers"; Diskussionspapier der Lehrinheit EDV, Technische Universität Berlin, FB Informatik; Juni 1973
- /7/ G. Hotz: Konrad Zuse - Forschung und Entwicklung; Informatik-Spektrum (3) 1, 1980
- /8/ Vergleiche dazu den Aufsatz von: F.L. Bauer: Formulierung, Formalisierung und automatische Programmierung in den frühen Arbeiten Konrad Zuses; Informatik-Spektrum (3) 2, 1980
- /9/ I.J. Good: Pioneering Work on Computers at Bletchley; in: N. Metropolis et al /5/
- /10/ D. Kahn: The Code Breakers; Macmillan; New York 1967
- /11/ vgl. J.W. Mauchly: The Use of High Speed Vacuum Tube Devices for Calculating; in: B. Randell /2/
- /12/ Nach einem Interview von B. Randell mit D. Michie, einem Mitarbeiter im COLOSSUS-Projekt; in: N. Metropolis et al /5/; S. 47 ff.
- /13/ B. Randell: The COLOSSUS; in: N. Metropolis et al /5/; S. 47 ff
- /14/ Einige Autoren schreiben die 'Entdeckung' des 'Von Neumann - Rechners' A.M. Turing zu (vgl. auch /5/; S. 84 f.)
- /15/ zitiert nach /13/; S. 85
- /16/ H. Goldstine: The Computer from Pascal to von Neumann; Princeton 1973; S. 188 ff.
- /17/ D. Michie: The Bletchley Machines; in: B. Randell /2/
- /18/ S.H. Lavington: A History of Manchester Computers; National Computing Centre, Manchester 1975; zitiert nach B. Randell /13/; S. 85
- /19/ siehe /13/; S. 71
- /20/ vergleiche dazu: H. Goldstine /16/
- /21/ siehe /13/; S. 87
- /22/ The Earl of Halsbury: Ten Years of Computer Development; The Computer Journal, Jan. 1951; zitiert nach: Automation in der BRD; Das Argument, AS7, Berlin 1975

- /23/ H. Goldstine /16/; S. 72
- /24/ Ausführlich beschrieben in H. Goldstine /16/, speziell Part I, Chapter 9: Ballistics and the Rise of the Great Mathematicians; S. 72 ff., sowie PART II, Chapter 2: The Ballistic Research Laboratory; S. 127 ff.
- /25/ H. Goldstine /16/; S. 96 f.
- /26/ B. Randell /2/; S. 289
- /27/ H.S. Tropp: The Smithsonian Computer History Project; in: N. Metropolis et al /5/
- /28/ siehe H. Goldstine /16/; S. 134 f.
- /29/ H. Lukoff: From Dits to Bits: A personal history of the electronic computer; Portland 1979; S. 21 f.
- /30/ Ausführliche Berechnungen finden sich in: H. Goldstine /16/; S. 137 f.
- /31/ nach Birkhoff: Computing Developments 1935 - 1955, as seen from Cambridge, USA; in: N. Metropolis et al /5/; S. 25
- /32/ siehe insbesondere H. Goldstine /16/; Chapter 9: The Spread of Ideas; sowie B. Randell /2/: Stored Program Electronic Computers; S. 349 ff.
- /33/ Einen guten Überblick über weitere Entwicklungen gibt Saul Rosen: Electronic Computers: A Historical Survey; Computing Surveys, Vol 1, No 1, 1969
- /34/ siehe J. Bigelow: Computer Development at the Institute for Advanced Study; in: N. Metropolis et al /5/ sowie H. Goldstine /16/; S. 239 ff.
- /35/ siehe J. Robertson: The ORDVAC and the ILLIAC; in: N. Metropolis et al /5/
- /36/ R. Everett: Whirlwind; in: N. Metropolis et al /5/
- /37/ Eine Zusammenfassung der gefährlichsten Beinah-Katastrophen und Pannen gibt H. Strom: Friedlich in die Katastrophe; Frankfurt 1981; S. 481 ff.
- /38/ Ken Olsen, Mitarbeiter im WHIRLWIND-Projekt wurde später Präsident der Digital Equipment Corp. (DEC); Architektur und Konzept der DEC PDP 11 knüpfen nahtlos an die Entwicklungen von WHIRLWIND an.
- /39/ S. Rosen /33/; S. 13
- /40/ siehe E. Tomash: The Start of an ERA: Engineering Research Associates, Inc., 1946 - 1955; in: N. Metropolis et al /5/; S. 485 ff.
- /41/ vergleiche dazu die ausführliche Beschreibung in: H. Lukoff /29/
- /42/ vergleiche C. Hurd: Computer Development at IBM; in: N. Metropolis et al /5/; S. 389 ff.
- /43/ siehe dazu: W. Rodgers: Die IBM Saga; Hamburg 1971
- /44/ S. Rosen /33/; S. 23
- /45/ siehe Nachricht in: Communications of the ACM; Vol 4, 1961; S. 242
- /46/ siehe auch S. Rosen /33/; S. 14 f.

- /47/ E.W. Canon: The reflection of Logistics in Electronic Computer Design; Naval Research Logistics Quarterly; Vol 7, No 4, 1960; S. 367
- /48/ in: E.W. Canon /47/; S. 367
- /49/ Eine anschauliche Schilderung dieser Situation findet sich in E. Zöpfi: Jede Minute kostet 33 Franken; Zürich 1979
- /50/ vergleiche Communications of the ACM, Vol 22, No 12, 1979; speziell K. Kramer, K. Colton: Overview of the EFT Symposium; S. 641 ff.
- /51/ "Über die Grenzen der Computerei"; in: Der Arbeitgeber, 1966; S. 279 f.
- /52/ E.W. Canon /47/; S. 366
- /53/ M. Koenig: The Toy Theory of Western History; The Journal of Community Communications; Vol IV, No 1; S. 36
- /54/ K. Mainzer: Entwicklungsfaktoren der Informatik in der Bundesrepublik Deutschland; in: W.v.d. Daele, W. Krohn, P. Weingart: Geplante Forschung; Frankfurt 1979; S. 138
- /55/ D. Slotnick, J. Slotnick: Computers - Their Structure, Use, and Influence; Englewood Cliffs 1979; S. 152
- /56/ S. Emerson: Introduction to an article written by P. Baran: Some Perspectives on Networks - Past, Present and Future; The Journal of Community Communications, Vol IV, No 1; S. 30
- /57/ vergleiche dazu H. Frank, W. Chou: Network Properties of the ARPA Computer Network; Networks, Vol 4, 1974; S. 213-239
- /58/ S. Emerson /56/; S. 30
- /59/ S. Gorn, R. Bemer, J. Green (ed.): Structures of Standard-Processing Organizations in the Computer Area; Communications of the ACM; Vol 6, No 6, 1963; S. 301
- /60/ P. Wegner: Programming Languages - The first 25 years; IEEE Transactions on Computers, Vol C-25, No 12, 1976; S. 1210
- /61/ vergleiche dazu die Sigplan Notices (ACM) der Jahrgänge 79, 80 und 81
- /62/ R. Brender: The Case against Ada as an APSE Command Language; Sigplan Notices (ACM), Vol 15, no 10, 1980; S. 27 ff.
- /63/ R. Kling, W. Scacchi: The DoD Common High Order Programming Language Effort (DoD-1): What Will the Impacts Be?; Sigplan Notices (ACM), Vol 14, No 2; 1979
- /64/ J. Galkowski: A Critique of the DoD Common Language Effort; Sigplan Notices (ACM), Vol 15, No 6; 1980
- /65/ siehe dazu: P. Skelly: The ACM Position on Standardization of the Ada Language; Communications of the ACM, Vol 25, No 2; 1982
- /66/ Stellungnahme des DoD; in: /65/; S. 119
- /67/ Stellungnahme des DoD; in: /65/; S. 120
- /68/ Aus einer Nachricht über die Vergabe eines 20 000 Dollar-Kontraktes des Office of Civil and Defense Mobilization an die Remington Rand Univac Division of Sperry Rand Corporation; Communications of the ACM, Vol 4, 1961; S. 242

- /69/ siehe dazu die Studie von Eyferth, Fischer, Kling, Korte, Laubsch, Löthe, Schmidt, Schulte, Werkhofer: Computer im Unterricht; Stuttgart 1974
- /70/ z.B. gibt es das 1972/73 an der Technischen Universität Berlin eingerichtete Prüfungsfach "Rechnergestützter Unterricht" für Informatik-Studenten im Hauptstudium nicht mehr. Vergleiche dazu: K.-H. Rödiger: Zu Konzeption und Inhalt eines Zyklus "Computergestütztes Lernen" im Informatik-Hauptstudium an der Technischen Universität Berlin; in: A. Melezinek: Ingenieurpädagogik - Perspektiven für die 80er Jahre; Referate des 10. Internationalen Symposiums "Ingenieurpädagogik 81"; Ailsbach 1981
- /71/ vergleiche D. Slotnick, J. Slotnick /55/; S. 172 f.
- /72/ vergleiche dazu die Kritik von J. Weizenbaum: Die Macht der Computer und die Ohnmacht der Vernunft; Frankfurt 1978; S. 354 f.
- /73/ siehe dazu auch den Beitrag von M. Reisin: Computerisiertes Militär - Militarierte Informatik; GI-Jahrestagung 1982 (in diesem Band)
- /74/ Die US Marine entwickelt zur Zeit das Sound Surveillance Undersea System (SOSUS). Ähnliche Projekte für das Festland werden von der Advanced Research Projects Agency (ARPA) gefördert. Siehe dazu M.A. Arbib: Computers and the Cybernetic Society; New York, San Francisco, London 1977; S. 323 ff.
- /75/ siehe dazu G. Friedrichs, A. Schaff (Hrsg): Auf Gedeih und Verderb; Mikroelektronik und Gesellschaft; Wien, München, Zürich 1982
dabei speziell den Beitrag von T.R. Ide: Die Technologie
- /76/ vergleiche dazu die ausführliche Übersicht von R.S. Logan (Mc Donnell Douglas Astronautics Co.): A Survey and analysis of military computer based systems: a two-part study; Vol I: A Survey and annotated bibliography of aids; Febr. 1977
- /77/ vergleiche dazu den Aufsatz von R. Raestrup: Perversion oder Weiterentwicklung; Wechselwirkung, Nr. 9; Mai 1981; S. 14 ff.
- /78/ N. Franßen: Verteidigung; in: P. Mertens: Angewandte Informatik; Berlin, New York 1972; S. 169 f.
- /79/ vergleiche dazu von P. Wegner: Introduction and Overview; in: P. Wegner (Ed.): Current Trends in Programming Methodologies; Cambridge, London 1979; S. 4
- /80/ Nachricht in Communications of the ACM, Vol 5, 1962; S. 535
- /81/ Vergleiche dazu die Betrachtung des Falles Mc Arthur von G. Anders, wo zu Beginn des Korea Krieges die Grundsatzentscheidung, möglicherweise einen Dritten Weltkrieg zu verursachen, dem Rechner übertragen wurde.
G. Anders: Die Antiquiertheit des Menschen; Erster Band; München 1980, S. 59 ff.
- /82/ vergleiche dazu OECD: The Overall Level and Structure of R&D Efforts in OECD Member Countries; Paris 1967
sowie H. Barth: Technologische Lücken in der Bundesrepublik; ADL-Nachrichten (13) 1968; S. 230 - 241
- /83/ E. Lutterbeck: Das Förderungsprogramm 'Datenverarbeitung' der Bundesregierung; Zeitschrift für Datenverarbeitung Vol 7, No 8, 1969; S. 257
- /84/ D. Hoffmann-Axthelm: Stichwort Technik und Sozialisation; Ästhetik und Kommunikation, Heft 48, Juni 1982; S. 33