

Forschungszentrum Arbeit und Technik

artec

Hans Dieter Hellige

**Der ‘begreifbare’ Rechner:
Manuelles Programmieren
in den Anfängen des
Human-Computer Interface**

erschienen in:

I. Rügge, B. Robben, E. Hornecker, W. Bruns (Hrsg.),
Arbeiten und Begreifen. Neue Mensch-Maschine-Schnittstellen,
Münster, Hamburg 1998, S. 187-200

Universität Bremen

Hans Dieter Hellige

Der 'begreifbare' Rechner: Manuelles Programmieren in den Anfängen des Human-Computer Interface

Die folgende historische Skizze betrachtet einen Aspekt der Computer-Entwicklung, den die Technikgeschichte bisher weitgehend vernachlässigt hat, die physikalische Mensch-Maschine-Schnittstelle und die über sie abgewickelte Interaktion. Traditionell stehen die Maschinen selber, die Generationen-bildenden Bauelemente-Technologien und die Architekturen, die und Softwaresysteme im Mittelpunkt der Betrachtung. Der eigentliche Umgang mit den Anlagen im Alltag wird dagegen meist ausgespart. So gibt es bislang keine zusammenfassende historische Darstellung über die Grenzfläche zwischen der Anlage und den Benutzern, die sogenannte Bedienschnittstelle. Insbesondere ist die Geschichte *der* Geräte und Hardware-Einrichtungen wenig erforscht, über die die "user" mit dem Rechner interagieren und die bezeichnenderweise unter dem Begriff "Peripherie" zusammengefaßt werden. Zu Beginn der Computer-Entwicklung hat es hier eine Vielfalt physikalischer Interfaces gegeben, die einen haptisch-sinnlichen, erfahrungs-orientierten Umgang mit dem Rechner gestatteten, die bisher bestenfalls als kuriose Übergangserscheinungen oder gar als Kinderkrankheiten der jungen Computertechnik eingestuft wurden. Im folgenden wird dagegen versucht, diese frühe Welt eines 'graspable computing' aus der Sicht der gegenwärtigen Ansätze für erfahrungsorientierte multisensorische Bedienkonzepte neu zu entdecken und möglicherweise neu zu bewerten.

1. Mechanisches Rechnen als haptisch rückgekoppelter Prozeß

In der maschinellen Rechentechnik war das Rechnen zunächst ein sinnlich-an-schaulicher und zugleich haptisch rückgekoppelter Vorgang, bei dem der Bediener selber unmittelbar auf Rechengetriebe einwirkte. Die Erfinder der frühen Rechenmaschinen, nicht selten gelernte Uhrmacher, orientierten sich sehr stark an der wohl wichtigsten mechanischen Leittechnik der vorindustriellen Zeit, der Uhrentechnik. So bestand auch die Mensch-Maschine-Schnittstelle weitgehend aus Stellelementen des Uhren- und Maschinenwesens:

- aus Einstellschiebern oder -räder, aus Steuerhebeln oder Stellknöpfen für die Einstellprozeduren,
- aus Kurbeln oder Handrädern für die Bewegung der Rechengetriebe sowie
- aus rotierenden Zeigern oder Anzeigerädern für die Resultatanzeige.

Aufgrund der direkten Kopplung von Bedienelementen und Rechengetrieben, aber auch infolge der engen Anlehnung an die gewohnten Stell- und Anzeigeelemente insbesondere von Uhren, war dem Benutzer die technische Um-

setzung des Rechenvorgangs noch weitgehend transparent. Die wahrnehmbare enge Verbindung von Rechengetrieben und Bedienkonzept blieb auch in den in wissenschaftlich-technischen Bereichen verwendeten Sprossenradmaschinen bis weit ins 20. Jahrhundert erhalten. In den kommerziell genutzten Maschinen dagegen verstärkte sich seit Beginn des 19. Jahrhunderts die Tendenz, die verschiedenen Stell- und Anzeige-Elemente von der Bedienlogik her zu einer geschlossenen Bedienschnittstelle zu integrieren und dem Benutzer die Funktionen der Rechengetriebe nach Möglichkeit zu verbergen. In ihrem Äußeren wie in der Bedientechnik näherten sich die kommerziellen Rechenmaschinen immer mehr der mechanischen bzw. elektromechanischen Büromaschinentechnik, besonders durch die Einführung des Tastaturbetriebes nach dem Vorbild von Schreibmaschinen und Telegraphen. Hierbei trat die *Rationalisierung* der Bedienung durch möglichst kurze Stellwege und einheitliche Einstellwerke (zunächst Volltastaturen und später Zehnertastaturen) in den Vordergrund, und dies ging nur auf Kosten der Transparenz der Rechenmechanismen und der haptisch-motorischen Qualität. Mit dem allmählichen Übergang zum elektromechanischen Antrieb seit den 30er Jahren dieses Jahrhunderts wurden auch noch die Kurbeln durch Summen- oder Resultattasten abgelöst, die Rechenmaschine erhielt dadurch endgültig den Charakter einer Blackbox, mit der der Benutzer allein über das Drücken von Tasten und das Ablesen von Resultatfenstern in Verbindung tritt (vgl. u.a. Martin, 1925).

2. Alternative Interfaces der Rechenautomaten-Bedienung: Lochkarten, Lochstreifen, Tastatur oder Schalttafel

Die in ihrer Funktionalität ungleich komplexeren universalen Rechenautomaten folgten von Beginn an einer anderen Ablauf- und Bedienlogik und griffen dementsprechend auf andere Metaphern zurück. Charles Babbage entwickelte ab 1833 seine "Analytical Engine" bewußt nach dem Vorbild der automatischen Webmaschinen-Steuerung von Jacquard. Die Orientierung an dem Vorbild einer Automatenbeschickung war dabei so strikt, daß Babbage für den Benutzer keine besonders ausgestaltete physikalische Bedienschnittstelle vorsah. Dieser hat keinen direkten Zugriff mehr auf das hochkomplizierte System der Rechengetriebe, der "Mill", er verkehrt mit dieser vielmehr über ein "system of cards", d.h. mit Lochkartentypen unterschiedlicher Funktionalität: "variable cards" zur Adressierung der Speicherplätze, "number cards" für die Eingabe der Zahlenwerte und "operation cards" für die Steuerung der Rechenoperationen. Die Programmabfolge wird allein durch die Anordnung der 'Lochmuster' und die Zusammenstellung der Karten zu einem Zyklus organisiert und in verketteter Form der Kontrolleinheit zugeführt, die ihrerseits dann die Steuerung der einzelnen Arbeitsschritte der "Mill" übernehmen soll. Die Ergebnisse werden auch nicht mehr direkt an der Maschine abgelesen, sondern zur Vermeidung von

Ablesefehlern gleich in Tabellenform ausgedruckt (Babbage, 1837, 1864; Bromley, 1982, S. 214ff.; Bromley, 1987, S. 127ff.).

Der Rechenvorgang hatte durch die Zugrundelegung der Webautomaten-Metapher einen grundlegend anderen Charakter erhalten. Gegenüber der sinnlich-konkreten, zusammenhängenden Operationsfolge in der mechanischen Rechen-technik waren die von Babbage konzipierten Bedienvorgänge bei der "Analytical Engine" von Anfang an in Teilprozesse zerlegt und dadurch viel abstrakter und weniger durchschaubar. Sie spalteten sich nun hierarchisch in Plan, Befehle ("orders") und Ausführung auf: in die Erstellung des Rechenplans, die rationale Organisation der Programmschritte und die manuellen Tätigkeiten der Kartenlochung und -verkettung, die auch auf Hilfspersonal übertragen werden konnten. Die Aufbewahrung der "sets of cards" in einer "*library of its own*" bot nun aber die Möglichkeit, frühere Rechenpläne wie ältere Webmuster wiederzuverwenden. Durch die manufakturartige Arbeitsteilung im Rechenprozeß und den ebenfalls über einen Vor- oder Rücklauf des Lochkarten-Zyklus bereits vorgesehenen Einsatz bedingter Verzweigungen verwandelten sich die bislang funktional auf die Grundrechenarten begrenzten mechanischen Rechenwerkzeuge in tendentiell universale mathematische und logische Maschinen: "The Analytical Engine is therefore a machine of the most general nature" (Babbage, 1864, S. 19).

Das aus verschiedenen Gründen nur teilweise realisierte Konzept eines Rechen-automaten wurde nach 1900 von mehreren Erfindern wieder aufgegriffen. Während sich diese bei der Architektur eng an die "Analytical Engine" anlehnten, gingen sie bei der Mensch-Maschine-Schnittstelle ganz andere Wege als Babbage. Ein Lösungsansatz wollte die umständliche Handhabung der Lochkarten-Verkettung mit Hilfe der in der Telegraphentechnik schon seit langem üblichen *Lochband-Steuerung* vereinfachen. Ein anderer orientierte sich an den *Tastaturen* der Schreib- bzw. Rechenmaschinen und der Fernschreibtechnik, während ein dritter bei der *manuellen Verdrahtung* anknüpfte, die in der Telefonvermittlung, bei Lochkarten- und Buchungsmaschinen sowie in der analogen Rechentechnik verbreitet war. Den Anfang machte 1909 der irische "accountant" Percy E. Ludgate, der anstelle des "system of cards" die Verwendung von jeweils zwei parallelen Lochstreifen für Operanden ("number paper") und Operationen ("formula paper") vorsah (Ludgate, 1909, S. 83). Die Lochstreifensteuerung vereinfacht zwar die rein technische Abwicklung, ist jedoch bei der Erstellung und Änderung von Programmfolgen weniger flexibel als die Lochkartensysteme. Als zusätzliche Verbesserung plante Ludgate deshalb die Eingabe von Zahlen oder Steuerbefehlen durch ein "keyboard", doch verfügte er als Hobby-Erfinder über keinerlei Mittel, um seine Lösungsideen in die Tat umzusetzen (Randell, 1982, S. 328ff.).

Dies gelang ansatzweise erst dem spanischen Ingenieur Leonardo Torres y Quevedo zwischen 1910 und 1920. In einem an Babbage angelehnten Versuchsmodell, das im Grunde bereits zwei Jahrzehnte vor Konrad Zuse und Howard

Aiken einen programmgesteuerten Rechner in elektromechanischer Bauweise realisierte, verwendete er erstmals eine elektrische Schreibmaschine als zentrale Bedienschnittstelle. Das "numeric and control keyboard of a typewriter" diente dabei sowohl zur Eingabe der Daten als auch zum Ausdruck der Ergebnisse (Torres y Quevedo, 1920, S. 109). Die elektrische Schreib-/ Rechenmaschine als bestimmendes Eingabe-/ Ausgabe-Medium tauchte während der 30er und 40er Jahre auch bei weiteren Rechenautomaten-Entwicklungen auf, so um 1930 in der "Synchro-Madas" des französischen Erfinders Boutet, in der Harvard MarkI von Howard Aiken (ab 1939) und in der Darmstädter IPM-Rechenanlage von Alwin Walther (1943/44). Die Verwendung eines kommunikationstechnischen Endgerätes, das mit einem nun im Hintergrund laufenden Lochapparat verbunden war, schuf hier theoretisch bereits die Möglichkeit, den Rechenautomaten quasi im Dialogbetrieb zu benutzen (Couffignal, 1933, S.149; de Beauclair, 1983, S. 66).

Im Entstehungsprozeß der Mensch-Computer-Schnittstelle standen sich so das Bedienkonzept der Automatenbeschickung mit Lochkarten- bzw. Lochbandsteuerung und der Ansatz der Tastatur-basierten Büromaschinen-'Kommunikation' gegenüber. Daneben gab es aber ein drittes, vielfach übersehenes Konzept, die manuelle Verdrahtungs-Programmierung. Deren Grundidee geht bereits auf William Thomson (Lord Kelvin) zurück, denn der entwickelte schon 1876 einen analogen Gezeitenrechner, indem er eine Reihe von Integratoren zu dem mechanischen Analogmodell eines Systems von Differentialgleichungen verkoppelte (Williams, 1997, S. 197ff.) Systematischer wurde die manuelle Verdrahtung seit 1889 in der Lochkarten-Rechentechnik von Herman Hollerith verwendet. Hier dienten gezielte elektrische Verbindungen zwischen Abtasteinheiten, Relais und Zählern zur 'Programmierung' der diversen Sortier-, Zähl- und Rechenvorgänge. Da diese Verdrahtung jedoch schnell umständlich und unübersichtlich wurde und zudem nur von Elektrikern vorgenommen werden konnte, führte der Wiener Telegraphen- Telefon- und Lochkarten-Erfinder Otto Schäffler 1895 die zahllosen Verbindungen in einer Schalttafel zusammen. In Anlehnung an eigene Schaltschränke-Konstruktionen wählte er das Bedienfeld der manuellen Telefonvermittlung als unmittelbares Vorbild. Mit der "Plug-board"- bzw. "Switchboard"-Metapher erreichte er es, daß nun wesentlich komplexere Programmverknüpfungen sicher zu beherrschen waren und daß die manuelle Verdrahtung von den Elektrikern wieder in die Hände der eigentlichen Fachkräfte, d. h. der Statistiker, Zensusbeamten usw. übergehen konnte (Zemanek, 1974).

Die Hollerith-Gesellschaft, die Stammfirma der späteren IBM, griff diese Methode erst um 1905, d.h. nach Auslaufen der Schäffler-Patente auf, und dies auch nur im Rahmen eines durch eine Unternehmenskrise ausgelösten Innovationsschubes (Kistermann, 1995, S. 40ff.). Die Schalttafel-Programmierung erwies sich dabei schon bald als die entscheidende Grundlage für die Ausweitung der Funktionalität von Lochkartenmaschinen: ursprünglich nur zu Zähl- und Sor-

tierzwecken geschaffen, entwickelten sie sich nach dem 1. Weltkrieg immer mehr zu multifunktionalen Rechenmaschinen, ja beinahe schon zu freiprogrammierbaren Rechenautomaten. Die Funktionsausweitung wurde, bedingt durch die massive Konkurrenz der in Deutschland und Europa besonders avancierten Buchungsmaschinen, vor allem durch die deutsche IBM- bzw. Hollerith-Gesellschaft vorangetrieben. So waren die in Deutschland entwickelten Tabulatoren IBM Type IIIa und IIIb von 1925 bzw. 1928 sowohl funktional als auch bedientechnisch den Produkten der amerikanischen Muttergesellschaft überlegen. Die Schalttafel, die man zunächst schwer zugänglich plaziert hatte, rückte hier als zentrales Bedienfeld in den Mittelpunkt der Anlage (ebda., S. 42f.). Die amerikanischen Konstruktionen übernahmen seit der IBM 600 von 1931 diese Erweiterungen und Verbesserungen, trugen in der Folgezeit aber ihrerseits wesentlich zur Rationalisierung der insgesamt recht aufwendigen manuellen Stecktafel-Programmierung bei. Die IBM 601 von 1934 führte nämlich erstmals das "removable plugboard" ein, bei dem die programmierte Stecktafel (siehe Abb.1) aufsteckbar und abnehmbar wurde (persönl. Mitteilung von Friedrich W. Kistermann). Diese auf den ersten Blick unbedeutende Zusatzinnovation weitete das Potential und die Wirtschaftlichkeit der Verdrahtungs-Programmierung drastisch aus, da Programme nun losgelöst von der Maschine entwickelt, aufbewahrt und schnell ausgewechselt werden konnten (Bashe, 1982, S. 297).

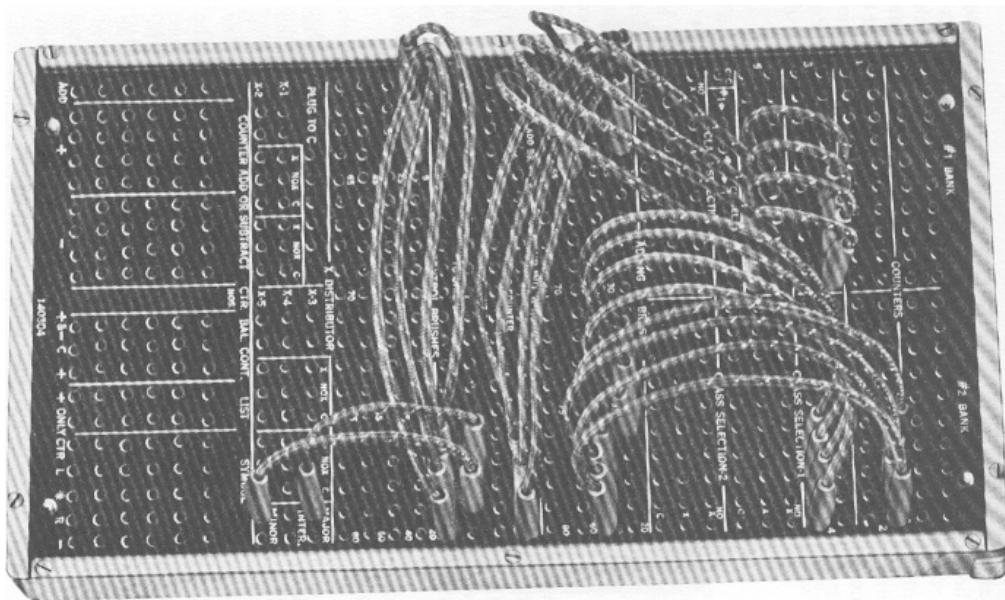
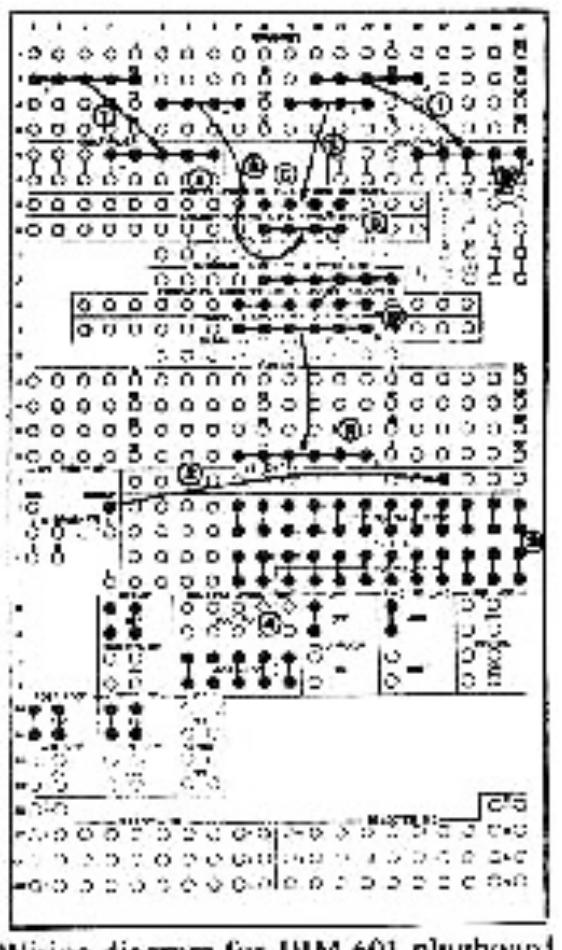


Abb. 1: Das "removable plugboard" der IBM 601

Beide Konstruktionsstile, der deutsche auf Funktionsausweitung bedachte, und der amerikanische, auf Rationalisierung zielende, wurden 1934/35 in dem "Tabulator D11" der deutschen Hollerith-Gesellschaft zusammengeführt. Dieses System bildete den Höhepunkt der Rechenautomatentechnik auf der Basis von

Lochkartensystemen, es war eigentlich schon ein richtiger Computer, denn mit ihm konnte man die in Kartenstapeln gespeicherten Daten bestimmten Berechnungsfaktoren zuordnen (vgl. Abb. 2) und nach den Rechenvorgängen wieder auf Lochkarten speichern. Dabei erlaubte die flexible Verdrahtungs-Programmierung Wiederholungen von Programmschritten wie auch bedingte Vorwärts-Verzweigungen. Die Programme selber konnten nun aufbewahrt und relativ unkompliziert 'eingelese' werden. Und doch wurden die neuen Möglichkeiten der Schalttafel-Programmierung zunächst nur wenig genutzt, da das sinnlich 'begreifbare' Programmierwerkzeug zwar an den Erfahrungen der Benutzer anknüpfte, jedoch von sich aus nicht ausreichte, deren in traditionellen Tabulator-Bahnen befangene Denkweisen aufzubrechen (Kistermann, 1995, S. 44f.). So entwickelte sich das IBM-Plugboard erst nach einer Schulungs-Offensive seit dem Ende der 40er Jahre zu einer breiter verwendeten Programmierschnittstelle.



Wiring diagram for IBM 601 plugboard.

Abb. 2: Prinzip der Schalttafel-Programmierung

Dieses Programmieren mit den Händen war keinesfalls auf die Lochkarten-technik beschränkt, sondern findet sich seit den 20er Jahren in mehreren ana-

logen Rechen- und Informationstechniken wieder. So bei den Buchungsautomaten, wo der österreichische Erfinder Gustav Tauschek seit 1929/30 Stecktafelverbindungen zur Erstellung von Schrittfolgen von Buchungs- und Berechnungsvorgängen einföhrte (de Beauclair, 1968, S. 37ff., 48). Auch bei den in den 20er und 30er Jahren von General Electric und Westinghouse für die Elektrizitätsversorgung entwickelten speziellen Netzwerkrechnern sowie dem von Vannevar Bush perfektionierten Typus des (elektro-)mechanischen Analogrechners, des "Differential Analyzers", wurde die Switchboard-Metapher aufgegriffen und weiterentwickelt. Die Idee einer zentralen Programmier-Schalttafel fand von hier aus schnell ihren Weg in die Universalrechner-Konstruktionen des 2. Weltkrieges, so z.B. in Alwin Walthers IPM-Ott-Differentialgleichungsmaschine ab 1940 (de Beauclair, 1986, S. 341ff.; Petzold, 1985, S. 68ff.). Denn insgesamt bot die manuelle Programmiermethode gegenüber den verketteten Lochkarten bzw. Lochkartenstapeln und den Lochstreifen die größere Flexibilität, da hier auf einfache Weise Verzweigungen, Sprünge und der schnelle Wechsel ganzer Programme durch den bloßen Austausch vorhandener "Schaltplatten" realisiert werden konnten (de Beauclair, 1968, S. 288). Die größere Anschaulichkeit, das buchstäbliche Abgreifen von Programmen und die durch Austausch der Beschriftung mögliche Anpassung an unterschiedlichste Anwendungszwecke schienen dieser haptischen Programmiermethode besonders in der Anfangszeit der Computer-Entwicklung einen beachtlichen Anwendungsfeld zu verschaffen.

3. Die Plugboard-Programmierung im Systemstreit der Bedienkonzepte während der Innovationsphase des Digitalrechners

Die Durchbruchsstufe der Rechenautomaten bzw. Computer zwischen 1935 und 1955 entschied nicht allein die Richtungsstreite zwischen den grundlegenden Bauelemente-Technologien, dem dekadischen und binären System sowie externer und interner Programmsteuerung. In dieser Zeit lief auch der Ausleeskampf zwischen den vorherrschenden Mensch-Maschine-Schnittstellen ab, nämlich Lochkarte/Lochstreifen, Fernschreiber-/ Rechenmaschinen-Tastatur und Schaltbrett bzw. Schalttafel. Damit wurde zugleich über den vorherrschenden Charakter des Bedienkonzeptes entschieden: zwischen einer eher batchartigen Automatenbeschickung, einer tastatur-basierten Mensch-Computer-Kommunikation und einer manuellen, 'Grasping'-orientierten Verknüpfungs-Programmierung.

In der Anfangsphase dominierte klar die Lochstreifen- bzw. Lochbandsteuerung. So arbeiteten viele berühmte Pioniermaschinen, z. B. Konrad Zuses Z3 (1939-41) und Z4 (1942-50), die Harvard-Mark I von Howard Aiken (1937-44), die Bell-Lab-Rechner ab 1943/44, der Whirlwind (1947-51) und die UNIVAC (1951) mit Lochstreifen für die Programmeingabe, z. T. auch für die

Zahlen- bzw. Dateneingabe und die Programmspeicherung. Die "tape-controlled machines" waren für sehr umfangreiche Rechenvorgänge auch gut geeignet, denn diese konnten separat vorbereitet und dann im Hinblick auf eine optimale Maschinenauslastung eingegeben werden. Doch bei zu vielen Unterprogrammen, Verzweigungen und bedingten Sprüngen oder einer Vielzahl sehr kurzer Programme wurde die Lochbandsteuerung recht schwerfällig. Auch die Lochung der Bänder mithilfe von Speziallochgeräten war relativ umständlich und nervenaufreibend, diese Arbeit wurde daher schon bald Frauen übertragen. Wegen der Handhabungsprobleme bei reiner Lochstreifen-Programmierung und -Eingabe sahen manche der frühen Rechner weitere Bedienschnittstellen vor oder übertrugen Teile dieser Funktionen auf die Maschinen-Konsole, die damit für privilegierte wissenschaftliche Nutzer und Programmierer bald zu einer wichtigen Mensch-Maschine-Schnittstelle avancierte.

So wiesen bereits die Steuerpulse der Z3 und Z4 Rechenmaschinen-Volltastaturen auf, mit denen Zahlen oder Befehle direkt eingegeben werden konnten (Zuse, 1962). Bei dem ersten Rechner von George Stibitz von den Bell-Laboratorien (1939/40) diente ein Fernschreiber als eigentliche Bedienschnittstelle, über ihn konnte der Benutzer die Lochstreifen perforieren und die Ausgabe lesen, der Lochstreifen fungierte hier nur noch als Zwischenspeicher (Stibitz, 1940). Ansonsten wurden Teletypewriter in den 40er und frühen 50er Jahren fast ausschließlich als Ausgabemedium genutzt, so beim ersten betriebsfertigen elektronischen Rechner, der englischen "Colossus" von 1943, bei den Aiken-Maschinen und ebenfalls in Zuses Z4. Mit Blick auf die umfangreichen militärischen Rechenprogramme gingen jedoch die Nachfolgemodelle des "Complex Number Calculators" von Stibitz wieder zur reinen Lochstreifen-Eingabe über (Stibitz, 1980). Das Aufgabenvolumen war für diese Entscheidung offensichtlich wichtiger als die Flexibilität und Einfachheit der Bedienung.

Da die Programmierung, speziell die Programmerstellung in Maschinen-Code in der Lochstreifen-Technik mühsam und fehlerträchtig blieb, gingen einige Pionierentwicklungen dazu über, steck- bzw. schaltbare Programmierzvorrichtungen zu verwenden oder diese zusätzlich anzubieten. So bot Aiken in seinem 1937 konzipierten und 1939-44 mit IBM-Unterstützung gebauten Harvard Mark I zusätzlich zur regulären Programmeingabe per Lochstreifen eine Reihe von Schnittstellen an, die in der ansonsten ganz auf maximale Auslastung hin ausgerichteten Anlage auch den Programmieraufwand verbessern sollten (Aiken, Hopper, 1946, S. 214f.). Dazu gehörten eine Reihe von "plugboards", die schnelle Verknüpfungen zwischen Recheneinheiten und Peripheriegeräten erlaubten, sowie "wiring switchboards" für einfache Programmierschritte bei den Zählwerken nach dem Vorbild der Buchungsmaschinen und schließlich eine große Tafel mit Drehschaltern zur manuellen Einstellung von Konstanten. Diese ergänzenden physikalischen Schnittstellen zielten auf mehr Flexibilität und Bedienungsvereinfachung bei insgesamt vorrangigem Mengendurchsatz.

Demgegenüber beruhte die Gestaltung der Programmier-Schnittstelle des ENIAC, des ersten, in den Jahren 1942-46 gebauten programmgesteuerten elektronischen Rechners, ganz und gar auf der Switchboard-Metapher bzw. auf der bereits etablierten "plugboard-method" der IBM (Burks, 1980, S. 327ff.). Die im System-Design von 1943 von John Presper Eckert, John W. Mauchly und John Grist Brainerd noch erwogene "centralized control by punched cards" wurde fallengelassen zugunsten der bereits 1942 von Mauchly vorgeschlagenen ungleich flexibleren manuellen Switch-Lösung: "[...] the ease with which the various components of such a computing device can be interconnected by cables and switching units makes it possible to set up a new problem without much difficulty. [...] the design of the electronic computer allows easy interconnection of a number of simple component devices [...]" (Mauchly, 1942, S. 329f.) Die Vorteile einer manuell verknüpfenden Programmierung des Computers wurden dabei besonders in der leichten Änderbarkeit und Anpaßbarkeit gesehen, in der einfacheren Überprüfung und Fehlerkorrektur, denn es mußten nicht lange Lochstreifen auf Fehler hin durchgesehen, sondern lediglich offen sichtbare Steckverbindungen durchgecheckt werden. Außerdem ließ sich das vorhandene, mit der IBM-Plugboard-Technik bereits vertraute Personal verwenden und schließlich konnte man die Anlage auch mühelos um neue Komponenten erweitern, da diese lediglich über Steckverbindungen anzuschließen waren.

Mauchly betrachtete von Beginn an die verschiedenen für das "problem set up" vorgesehenen Schnittstellen der "telephone switchboards", der "jumper cables" sowie der "shifter plugs" und "load plugs" als eine Einheit und nicht etwa als eine kriegsbedingte Notlösung (Burks, Burks, 1981, S. 340f.; Mauchly, 1982, S. 253). Er wählte hierfür ausdrücklich den Begriff "program device" und führte damit die bis dahin nur im Rundfunkbereich und in der Nachrichtentechnik übliche Bezeichnung "program" für das Arrangement von Sendungen bzw. von Schaltkreisen in die Computertechnik ein (Mauchly, 1942, S. 330; Grier, 1996, S. 51f.). Der Begriff des Programmierens wurde somit ursprünglich gerade nicht als ein abstrakt-logisches "planning and coding" verstanden, sondern im Gegenteil mit der externen manuellen Verdrahtungs-Programmierung gleichgesetzt. Begriff und Methode dieser sinnlich-konkreten Programmiermethode im ENIAC scheinen manchem Vertreter der frühen Computer Community auch unmittelbar eingeleuchtet zu haben. So berichtet beispielsweise der Designer des MANIAC, einer frühen Realisierung des "Von-Neumann-Konzeptes", wie ihm und seinem Kollegen über den Zugang zum ENIAC erst die Arbeitsweise von Computern verständlich geworden seien: "No better opportunity could have been provided a pair of neophytes than this. It was a stimulating way to really learn to thread that electronic labyrinth and, thanks to the malfunctions that were detected, to gain a detailed knowledge of its construction." (Metropolis, 1980, S. 459)

Doch entgegen den Erwartungen der ENIAC-Designer und den Einschätzungen früher Benutzer bewährte sich die Plugboard-Methode bei der

Großrechenanlage in der Praxis nicht. Bei komplexeren, stärker verschachtelten Programmen wurde die für relativ einfache Buchungsvorgänge und Lochkarten-Verknüpfungen entwickelte physikalische Verdrahtungsprogrammierung zu unübersichtlich und ebenfalls sehr fehlerträchtig. Bei ungefähr 40 "plugboards" für die numerische Programmierung an den jeweiligen Rechen- und Speicher-einheiten, bei zehn Einheiten des "master programmers" für die Verkopplung der "units" und die Festlegung der Bearbeitungsschritte sowie bei jeweils Hun-derten von "patch cords" endete die Verdrahtung oft in einer physikalisch allzu realen Spaghettiprogrammierung (vgl. Abb.3 und Hagen, 1997, S. 46ff.). Bereits 1947 wurden die Steckverbindungen deshalb nach dem Vorschlag Richard Clippingers durch 1200 dekadische "rotary switches" ersetzt. Doch behob auch diese Modifikation nicht die prinzipiellen Probleme manueller Programmier-vorgänge an der Anlage. Während der Umprogrammierung stand die ENIAC nämlich jeweils Stunden, ja Tage still, und dies relativ häufig, da für jede neue Anwendung die vielen Schalter neu einzustellen waren. Wegen der Größe und Komplexität der Anlage und Programme konnten auch nicht wie bei kleinen Buchungs- und Rechenautomaten einfach vorbereitete Schalttafeln ausgetauscht werden, so war selbst bei der Wiederholung eines Rechenprogramms jeweils eine Neuverdrahtung bzw. Neuverschaltung erforderlich. Die Folge war, daß der so schnell rechnende elektronische Computer nur in ca. 5% der verfügbaren Maschinenzeit wirklich arbeitete (Alt, 1972, S. 694). Die Probleme externer ma-nueller Programmierung waren am Ende derart gravierend, daß man John von Neumann hinzuzog und die ENIAC auf diese Weise ein wesentlicher Entste-hungsanlaß für das Konzept der internen Programmspeicherung und die Ausfor-mulierung der "Von-Neumann-Architektur" wurde (Goldstine, Goldstine, 1946).

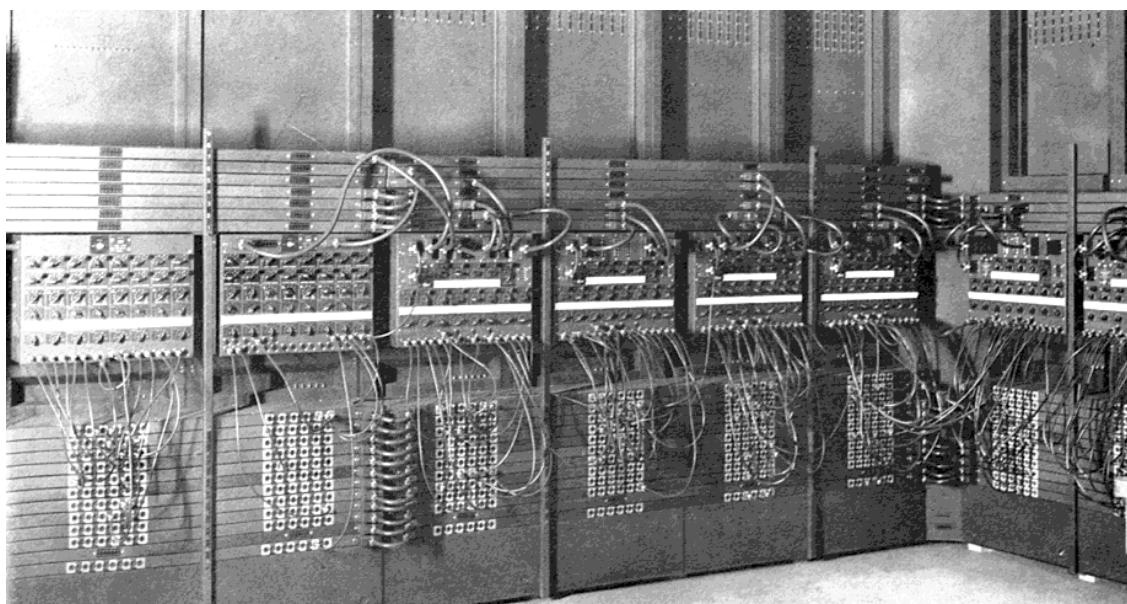


Abb.3: Die ENIAC-Plugboards für das numerische Programmieren

Und doch war nach diesen schlechten Erfahrungen bei der für ballistische Berechnungen und Tabellen entwickelten Riesenrechenanlage die manuelle Verdrahtungs-Programmierung noch nicht obsolet. Bei kleineren, kommerziell genutzten Rechenautomaten fand die Plugboard-Methode auch in den 50er, z.T. sogar noch in den frühen 60er Jahren eine wachsende Anhängerschar. Wegbereiter war hier die IBM, die als führendes Unternehmen der Lochkartentechnik diesen Ansatz strategisch einsetzte, um ihren anfangs beträchtlichen Rückstand im Computerbereich weiter zu verringern. Einen ersten Erfolg mit einer bewußt auf die Übergangsprobleme der kommerziellen Anwender hin ausgerichteten Produktlinie hatte die Firma mit dem von Wallace J. Eckert zwischen 1947 und 1951 entwickelten "IBM-Card Programmed Electronic Calculator" (CPC) errungen. Die hierbei systematisch betriebene Verkopplung des Digitalrechners mit der in der Wirtschaft und Verwaltung seit Jahrzehnten verwendeten Lochkarten-Technologie verringerte mit einem Schlag die gewaltige Einstiegschwelle der Nutzer, unter der alle frühen Computerhersteller zu leiden hatten. Die sehr schnell in die Hunderte gehenden Anwender konnten nicht nur die alten Lochkarten-Datensätze weiterverwenden, sondern auch "control panels designed by CPC customers" auf ihren Maschinen einsetzen sowie eigene Entwicklungen unter den Nutzern zirkulieren lassen (Hurd, 1980, S. 390; Hurd, 1981).

IBM verschaffte sich weitere Stellungsvorteile durch eine Rechnerlinie, die das Prinzip der Übergangserleichterung auch auf die Programmiertechniken übertrug. Im Anschluß an den CPC entstand die "IBM 650", mit der sich über "plug-wire-control" insgesamt 60 Programmierschritte kombinieren und kontrollieren ließen: "A control panel utilizing all 60 program steps can be wired from a planning chart in 2 hours. Having a pluggable interchangeable arithmetic control panel best enables the user to tailor his own machine to his own problem". (Sheldon, J. W.; Tatum, L., 1951, S. 31). Mit dem durch den Magnettrommelspeicher noch avancierteren "IBM 650 Magnetic Drum Calculator" verfügten die Kunden, die auf preiswertere 'Konfektionsware' angewiesen waren, über neueste massenproduzierte Technik und konnten doch über bloße manuelle Verdrahtung die Anlage auf ihre Bedürfnisse und Anwendungen hin anpassen. Aufgrund der insgesamt vorrangig auf "ease of use" hin entwickelten Rechner brauchten sie auch keine teuren DV-Fachkräfte von außen anzuwerben, sondern konnten die vorhandenen, mit den Problemen vertrauten Sachbearbeiter heranziehen (Trimble, 1986, S. 24ff.).

Im Unterschied zu dem gleichzeitig entwickelten, von den Designern "Wooden Wheel" genannten IBM-Rechnerprototypen, der *ausschließlich* auf der Plugboard-Methode beruhte (wobei nicht einmal die Funktionstypen der Schalttafel vorgegeben waren, sondern jeweils erst anwendungsspezifisch konfiguriert werden mußten), sah die IBM 650 einen fließenden Übergang zur symbolischen rechnerinternen Programmsteuerung vor: Häufiger verwendete Programme brauchten nicht immer neu verdrahtet, "vertafelt" oder über vorbereitete Schalttafeln eingelesen zu werden, sie ließen sich auch als Subroutinen

im Speicher ablegen. Diese Vielseitigkeit bot den Anlaß dafür, die Wooden Wheel-Entwicklung abzubrechen und voll auf die 650er Linie zu setzen (Glaser, 1986). Der Erfolg gab dem IBM-Management recht: mit über 2200 Installationen wurde diese Maschine der erste massenproduzierte Computer, der alle bisherigen Großanlagen - auch die nur in wenigen Hundert Stück gefertigten UNIVAC - stückzahlmäßig und vom wirtschaftlichen Erfolg her in den Schatten stellte. Es war das besonders übergangsgerechte Design, die Anknüpfung an vorhandenes Know how der Benutzer und nicht zuletzt die anschaulich-manuelle Programmiermethode, die zum Aufstieg von "Big Blue" auf dem Computermarkt wesentlich beitrug. Eine zentrale Voraussetzung des Erfolgs war jedoch, daß im Unterschied zu den Wooden-Wheel-Designern die Entwickler der IBM-650 nicht auf *eine* Eingabe- und Programmiertechnik fixiert blieben. Die Anwender konnten mit der Anlage gleichsam in die neue Welt der internen Programmspeicherung hineinwachsen und dadurch, nach erfolgreicher Bewältigung des Übergangs, auch die neuen Möglichkeiten des softwaregesteuerten Digitalrechners voll nutzen.

4. Fazit und Ausblick

Manuelle Bedientechniken mit haptischen Feedback, so lehrt diese für die Gesamtentwicklung des Computers nicht unwesentliche Episode, können aufgrund ihrer Anschaulichkeit und Anknüpfung an vorhandene Erfahrungen bei Technikübergängen die Sprunghöhe deutlich reduzieren und dadurch den Nutzern ein allmähliches Hineinwachsen in die neue Technik erleichtern. 'Begreifbare' Bedienschnittstellen vermögen dabei sogar, wie es der Aufstieg des Nachzüglers IBM belegt, marktentscheidende Bedeutung zu erlangen. Die Fixierung auf eine übergangsgerechte Technikgestaltung kann aber auch, zumal in einer sich erst entwickelnden Technik, schnell in einer Sackgasse enden. Denn "ease of use" konkurriert mit "sophistication" und "performance" (Trimble, 1986, S. 25f.). Die gewaltigen Leistungssteigerungen der CPU und die daraus folgende Zunahme der Potentiale der internen Programmspeicherung und der Softwaretechniken machten in der Folgezeit die Eingabe- /Ausgabe-Medien zum Systemengpaß. Für Grasping-orientierte Interfaces war deshalb erst einmal für längere Zeit kein Entfaltungsspielraum mehr vorhanden, sie verschwanden im Laufe der 60er Jahre weitgehend.

Die Vielzahl bereits intern gespeicherter Programme ließ sich leichter oder überhaupt nur mit kurzen Codezeichen bzw. -zeilen aktivieren und hierfür war der Teletypewriter die adäquate Bedienschnittstelle. Das Flexowriter-Keyboard, d. h. die um wenige Funktionstasten erweiterte, Rechner-anangepaßte Fernschreiber-Tastatur stieg deshalb zur alles beherrschenden Mensch-Maschine-Schnittstelle auf. Vor allem im Rahmen der Time-Sharing-Ausbreitung seit der ersten Hälfte der 60er Jahre wurde das Keyboard zum 'Dialog'- bzw. Interaktionsmedium schlechthin. Der 'Mensch-Maschine-Dialog' bestand seitdem lange Zeit,

z.T. sogar bis heute überwiegend darin, daß der Benutzer, wie es spätere Kritiker der textcode-basierten Bedientechnik bündig formulierten, mit dem Computer Telegramme austauscht.

Lediglich in der militärischen Computertechnik begann man frühzeitig über Alternativen zur Codeeingabe per Flexowriter nachzudenken, denn Computer-gesteuerte Flugsimulatoren, Trackingsysteme und Zielpositioniergeräte ließen sich schlecht per Lochstreifen oder Tastatur bedienen. Militärische Großsysteme wie der "Whirlwind" und das SAGE-Projekt bildeten daher den Ausgangspunkt für eine neue Generation graphik- und grasping-orientierter Mensch-Maschine-Schnittstellen und für die entsprechenden militärischen Metaphern (vgl. Hellige, 1992, S. 376f.). Im Zusammenhang mit dem "Whirlwind" entstand noch vor 1950 am MIT aus dem Radarbildschirm der Monitor, hier wurde auch erstmals ein digitaler Flugsimulator von einem realen Steuerknüppel aus bedient. Für Trackingaufgaben entwickelte man ebenfalls um 1950 nach dem Vorbild des Flugzeugsteuerknüppels den "Joystick" und wenig später den "Globe" und den Trackball sowie 1948/49 die "Lightgun", aus der durch Verkleinerung Ende der 50er Jahre die "Lightpen" hervorging. Auf der Grundlage des Lightpen-Bildschirm-Systems wurde seit dem Ende der 50er Jahre im militärnahen Umfeld die graphische Datenverarbeitung, CAD und die NC-Technik geschaffen. Doch brauchte es allein schon Jahrzehnte, bis die Ansätze zu Erschließung des zweidimensionalen Raumes in der Mensch-Computer-Interaktion einsatzfähig und zivil nutzbar wurden, so daß die Ablösung des vorherrschenden textuellen keyboard-basierten Bedienkonzeptes beginnen konnte. Die Eroberung des dreidimensionalen Raumes und der multisensorischen Kommunikation mit dem Rechner hat dagegen erst im letzten Jahrzehnt überhaupt wieder richtig begonnen.

Literatur

- Aiken, H. H.; Hopper, G. M. (1946), The Automatic Sequence Controlled Calculator, Teil II, in: Randell, (Hrsg.) (1973), The Origins, S. 199-218
- Alt, F. L. (1972) , Archeology of Computers - Reminiscences, 1945-1947, in: Communications of the ACM 15, 7, S. 693-694
- Babbage, C. (1837), On the Mathematical Powers of the Calculating Engine, in: Randell, (Hrsg.) (1973), The Origins, S. 17-52
- Babbage, C. (1864), Of the Analytical Engine, (Auszug.aus: Passages from the Life of a Philosopher, wiedergedr. in: Pylyshyn, Z. W., (Hrsg.), Perspectives On the Computer Revolution, Englewood Cliffs 1970, S. 16-28
- Bashe, C. J.(1982), The SSEC in Historical Perspective, in: Annals of the History of Computing, 4, 4, S. 296-312
- Beauclair, W. de (1968), Rechnen mit Maschinen. Eine Bildgeschichte der Rechentechnik, Braunschweig
- Beauclair, W. de (1983), Prof. A. Walther, das IPM der TH Darmstadt und die Entwicklung der Rechentechnik in Deutschland 1930-1945, in: Gebhardt, F. (Hrsg.), Skizzen aus den Anfängen der Datenverarbeitung, GMD-Bericht Nr. 143, München, Wien, S. 53-89
- Beauclair, W. de (1986), Alwin Walther, IPM, and the Development of Calculator/ Computer Technology in Germany, 1930-1945, in: Annals Hist. Computing, 8 (1986) 4, S. 334-350
- Bromley, A. G. (1982), Charles Babbage's Analytical Engine, 1838, in: Annals Hist. Computing, 4, 3, S. 196 - 217
- Bromley, A. G. (1987), The Evolution of Babbage's Calculating Engines, in: Annals Hist. Computing, 9, 2, S. 113-136
- Burks, A. W. (1980), From ENIAC to the Stored-Program Computer: Two Revolutions in Computers, Metropolis u.a. (1980), S. 311-344
- Burks, A W.; Burks, A. R. (1981), The ENIAC: First General-Purpose Electronic Computer, in: Annals Hist. Computing, 3, 4, S. 310-399
- Couffignal, L. (1909), Calculating Machines: Their Principles and Evolution, in: Randell, B. (Hrsg.) (1973), The Origins, S. 141-150
- Glaser, E. L. (1986), The IBM 650 and the Woodenwheel, in: Annals Hist. Computing 8, 1, S.30-31
- Goldstine, H. H.; Goldstine, A., (1946), The Electronic Numerical Integrator and Computer (ENIAC), Reprint in: Annals Hist. Computing 18 (1996) 1, S. 10-16

- Grier, D. A. (1996), The ENIAC, the Verb "to program" and the Emergence of Digital Computers, in: Annals Hist. Computing 18, 1, S. 51-55
- Hagen, W., Der Stil der Sourcen. Anmerkungen zur Theorie und Geschichte der Programmiersprachen, in: Warnke, M.; Coy, W.; Tholen, G. C. (Hrsg.), HyperKult. Geschichte, Theorie und Kontext digitaler Medien, Basel, Frankfurt a. M. 1997, S. 33-68
- Hellige, H. D. (1992) Militärische Einflüsse auf Leitbilder, Lösungsmuster und Entwicklungsrichtungen der Computerkommunikation; in: Technikgeschichte, Bd. 59, Nr.4, S. 371-401
- Hurd, C., (1980), Computer Development at IBM, in: Metropolis u.a. (1980), A History of Computing, S. 389-418
- Hurd, C., (1981), Early IBM Computers: Edited Testimony, in: Annals Hist. Computing 3. (1981) 1., S. 163-182
- Kistermann, F. W.(1995), The Way to the First Automatic Sequence Controlled Printing Calculator: The 1935 DEHOMAG D 11 Tabulator, in: Annals Hist. Computing 17, 2, S. 33-49
- Ludgate, P. E. (1909), On a Proposed Analytical Machine, in: Randell, (Hrsg.), The Origins of Digital Computers. Selected Papers, Berlin, Heidelberg, New York 1973, S. 71-85
- Martin, E. (1925), Die Rechenmaschinen und ihre Entwicklungsgeschichte. 1. Bd: Rechenmaschinen mit automatischer Zehnerübertragung, Pappenheim, Reprint Leopoldshöhe o.J.
- Mauchly, J. W. (1942), The Use of High Speed Vacuum Tube Devices for Calculating, in: Randell, (Hrsg.) (1973) The Origins, S.329-332
- Mauchly, J. W. (1982), Unpublished Remarks, in: Annals Hist. Computing, 4, 3, S. 245-256
- Metropolis, N. C.; Howlett, J.; Rota, G.-C. (Hrsg.) (1980), A History of Computing in the Twentieth Century, New York, London
- Metropolis, N. C. (1980), The MANIAC, in: Metropolis, Howlett, Rota, (Hrsg.) A History of Computing in the Twentieth Century, New York, London, S 457-464
- Petzold, H. (1985), Rechnende Maschinen (Technikgeschichte in Einzeldarstellungen, Bd. 41), Düsseldorf
- Randell, B. (Hrsg.) (1973), The Origins of Digital Computers. Selected Papers, Berlin, Heidelberg, New York
- Randell, B. (1982), From Analytical Engine to Electronic Digital Computer: The Contributions of Ludgate, Torres, and Bush, in: Annals Hist. Computing 4 (1982) 4, S. 327-341

- Sheldon, J. W.; Tatum, L. (1951), The IBM Card-Programmed Electronic Calculator , in: Ameri-can Federation of Information Processing Societies, Conference Proceedings (AFIPS), Dez. 1951, S. 30-36; wiedergedruckt in: Randell, (Hrsg.) (1973), The Origins S. 229-235
- Stibitz, G. R., Computer (1940), in: Randell, (Hrsg.) (1973), The Origins, S. 241-246
- Stibitz, G. R. (1980), Early Computers, in: Metropolis u.a., A History of Computing, S. 479-483
- Torres y Quevedo, L., Arithmomètre electromécanique (1920), übersetzt: Electro-mechanical Calculating Machine, in: Randell, (Hrsg.) (1973), The Origins, S. 107-118
- Trimble, G. R. (1986), The IBM 650 Magnetic Drum Calculator, in: Annals Hist. Computing 8 (1986) 1, S.20-29
- Williams, M. R. (1997), A History of Computing Technology, 2. Aufl., Washington
- Zemanek, H. (1974), Otto Schäffler (1838-1928), in: Jahrbuch des österr. Gewerbevereins, Wien, S. 71-92
- Zuse, K. (1962), Entwicklungslien einer Rechengeräte-Entwicklung von der Mechanik zur Elektronik, in: Hoffmann, W. (Hrsg.), Digitale Informationswandler, Braunschweig, S. 508-532