Grace Murray Hopper - eine Computerpionierin

Kindheit und Jugend

Grace Brewster Murray wurde am 9. Dezember 1906 in New York City geboren, wo sie aufwuchs. Ihr Vater, Walter Fletcher Murray, arbeitete als Versicherungskaufmann in der Firma seines Vaters. Ihre Mutter Mary Campell Van Home Murray, war eine Berufsausbildung verwehrt gewesen. Grace war das älteste Kind der Familie Murray. Ihre Schwester Mary wurde drei Jahre und ihr Bruder wird fünf Jahre nach ihr geboren. Sie zeigte schon als Kind ihre mathematische und technische Begabung. Nach Grace Hopper war es vor allem ihr Großvater mütterlicherseits,der ihr Interesse für die Mathematik, Geometrie und Technik weckte. Er war Ingenieur und nahm sie auf seine Arbeit mit, wo sie die rot und weißen Untersuchungspunkte halten durfte. Falls Grace jemals den Gedanken hatte, Ingenieurin zu werden, hat sie ihn schell beiseite geschoben. Ihr war durchaus bewußt, daß dieser Beruf keinen Platz für Frauen hatte. Schon früh in ihrer Kindheit entwickelte sie große Neugier für Geräte jeglicher Art. So ist folgende Episode aus ihrem Leben bekannt. Als Grace Hopper sieben Jahre, verbrachte sie ihren Sommer mit ihrer Familie im Sommerhaus in Wolfsboro, New Hampshire. Eines Abends baute Grace einen der sieben vorhandenen Wecker auseinender, um sein Innenleben zu erkunden und zu verstehen wie ein Wecker funktioniert. Um diesen einen Wecker aber wieder zusammenzubauen, zerlegte Grace Hopper noch einen zweiten und um den zweiten wieder zusammenzubauen, einen dritten und so weiter. Ihre Eltern nahmen es gelassen und freuten sich über ihre kindliche Neugierde. Sie unterstützen ihr Interesse für die Mathematik und die Technik - zu dieser Zeit alles andere als einen Selbstverständlichkeit. So hatte z.B. Grace's Mutter in ihrer eigenen Schulzeit großes Interesse an Mathematik gehabt, durfte aber in ihrer High-School nur aufgrund besonderer Vereinbarungen den Geometrie-Unterricht (aber nicht den Algebra und Trigonometrie-Unterricht) hinter einem Fenster der Schulaula verfolgen. Ihr Vater hatte nach ihren eigenen Berichten ([Billings], S.16)immer großen Wert darauf gelegt, daß die Töchter eine gute Ausbildung und die gleichen Chancen, wie der Sohn haben sollten. Er ermunterte seine Töchter die Rollenzuschreibung der Zeit nicht zu beachten und ein College zu besuchen. Dies war Außergewöhnlich für die damalige Zeit.

Studium

In Deutschland waren Frauen nur mit Sondergenehmigung zum Universitätsstudium zugelassen. Noch im 19. Jahrhundert glaubte man, daß die Beschäftigung mit Mathematik Frauen körperlich und geistig krank machen würde. Grace verbrachte ihre ersten Schuljahre auf zwei privaten Mädchenschulen in New York City. Bei ihrem High School Abschluß im Jahr 1923 fiel sie durch die Latein Prüfung und konnte deshalb nicht direkt auf ein College wechseln. Daher besuchte sie im darauffolgenden Jahr die Hartidge School in Plainfield, New Jersey, zur weiteren College Vorbereitung. 1924 begann sie ihr Studium am Vassar College in Poughkeepie, New York. Vassar ist eines der ältesten Frauen-Colleges der USA. Es wurde 1865 von Matthew Vassar gegründet. Zu den grundlegenden Prinzipien in Vassar gehörte Disziplin, Schulung des rationalen Denkens und die Orientierung der Frauen auf die Außenwelt. In diesem Sinne verfocht Vassar weitblickende politische und emanzipatorische Ansichten. Für Matthew Vassar war aber gleichzeitig wichtig, daß männliche Hochschullehrer die Frauen lehrten.[1] Er ließ auch schon

[1] In manchen Frauen Colleges lehrten nur Frauen. Da es wenig qualifizierte Frauen gab, bezahlte man Frauen, die sich für den Lehrberuf (aus)bilden wollten, das Studium. Diese mußten sich im Gegenzug dafür verpflichten

Mitte des 19. Jahrhunderts Bibliotheken und alle anderen notwendigen Gebäude bauen, um den wissenschaftlichen Anspruch des Colleges zu genügen und ihm die gleiche Reputation wie einem männlichem College zu geben. Bis heute steht Vassar auf einer Stufe mit Yale, Berkley, MIT oder Princeton.

Grace Hopper selbst charakterisierte ihre Ausbildung am Vassar College als zu tiefst patriotisch. Im Jahre 1928 schloß sie ihr Studium der Mathematik und der Physik mit einem Bachelor of Arts mit Auszeichnung ab. Aufgrund ihrer hervorragenden Leistungen bekam sie vom Vassar College ein Stipendium für die Yale-University und beendete ihr Studium mit einem Master of Arts in Mathematik. Im selben Jahr heiratete Grace Vincent Hopper, den sie in Wolfsboro, getroffen hatte, wo sowohl die Familie Murray wie auch die Familie Hopper ein Sommerhaus besaßen. Vincent Hopper hatte an der Princeton University studiert, und arbeitete zur Zeit ihrer Heirat als Englisch Lehrer. Gleichzeitig promovierte er in Vergleichender Literatur an der Columbia University.

Nach dem Studium - Ausbruch des 2.Weltkrieges

Aufgrund der Weltwirtschaftskrise war es für Hochqualifizierte schwer Arbeit zu finden. Vor allem Grace Hopper selbst, als Frau in einer männlichen Domäne, konnte nicht davon ausgehen eine Lehrtätigkeit, die über eine Anstellung an einer Highschool hinausgeht zu finden. Trotzdem gelang es ihr 1931 eine Stelle am Vassar College zu bekommen. Sie unterrichtete dort zwölf Jahre Mathematik, erst als "instructor", später als "associate professor". Parallel dazu fertigte sie ihre Doktorarbeit zum Thema "Irreducibility of Algebraic Equations ". Damit war sie in erlesener Gesellschaft, denn es gab nur sehr wenige Doktoranden in der Mathematik und immerhin wareh davon vier Frauen. Sie war die erste Frau, die 1934 einen Doktortitel an der Yale University erhielt.

Am 7. Dezember 1941 wurde USA durch den japanischen Angriff auf Pearl Harbour in den zweiten Weltkrieg mit hineingezogen. Am 8. Dezember 1941, erklärte der amerikanische Kongreß Japan den Krieg. Drei Tage später stellte Deutschland und Italien sich auf die Seite Japans und es kam auch zum Krieg mit USA. Die Einbeziehung der Vereinigten Staaten in den Krieg, sollte auch für Grace Hopper eine einschneidende Veränderung bringen. So erfaßte die beispiellose Mobilisierung der Zivilbevölkerung auch Grace Hopper's Familie. ([Billings], S. 33 ff) Ihr Ehemann und ihr Bruder meldeten sich freiwillig zur Air Force und ihre Schwester arbeitete in einer Waffenfabrik. Auch Grace Hopper selbst bemühte sich der Familientradition folgend um eine Ausbildung bei der Navy. Sie wurde mit der Begründung abgelehnt, daß sie zu alt sei und als Mathematik-Dozentin im Zivilen Bereich dem Staat wichtiger. So blieb Grace vorerst der zivilen Wissenschaft erhalten. 1941 nahm sie ein Stipendium des Vassar-Colleges an und studierte ein Jahr am Courant-Institut der New York University. Dannach, 1943, nahm sie eine Lehrtätigkeit am Frauencollege Barnard an. Jedoch bemühte sie sich die ganze Zeit darum, in die Navy aufgenommen zu werden. Nach zwei Jahren Kampf, erhielt sie eine Sondergenehmigung und wurde in die US Naval Reserve aufgenommen. Ende 1943 begann sie eine sechsmonatige Grundausbildung an der Midshipman's School for Women in Northhampton. Nach ihrer Ausbildung zum "lieutant", wurde sie sofort im "Bureau of Ordanance Computation Project" an die Harvard Universität berufen. Grace Hopper war nicht die einzige Frau, die zu solchen Forschungsprojekten des Militärs herangezogen wurde. Vielmehr nahm die Rekrutierung von Frauen während des zweiten Weltkrieges eine neue Dimension an. War es in den Kriegen

an dem College zu lehren.

zuvor üblich, daß Frauen indirekten Kriegsdienst leisteten, z.B. in der Waffenproduktion oder in deren Zulieferungsbetrieben und im Sanitätsbereich, so war es den Frauen in Großbritannien und in USA erstmals erlaubt dem Militär aktiv beizutreten. Dazu wurden extra Corps für Frauen gegründet, in Großbritannien z.B. der Women's Royal Naval Service und in USA die Women's Reserve of the U.S. Naval Reserve. Aus diesen beiden Corps wurden viele Frauen, die eine mathematische Ausbildung hatten, für die Computerlabors der 30ziger und 40ziger Jahre rekrutiert. Je nach Qualifikation arbeiteten Frauen z.B. als "programmer", "computer" oder "analyst" in meist militärischen Entwicklungsprojekten ([?], S.290). [2] Die ersten Digitalrechner wurden vor allem aufgrund des 2. Weltkrieges gebaut. Die Automatisierung von Rechenarbeit wurde notwendig, da immer komplexere numerische Berechnungen beim Flugzeugentwurf und bei der Entwicklung neuer Waffen, nicht zuletzt der Atombombe notwendig wurden. Die meisten der mathematischen Probleme drehten sich um ballistische Berechnungen. Eine typische Zieltabelle erforderte die Berechnung von 3000 Geschoßbahnen, was circa 30 Tage Rechenarbeit bedeutete. Diese Arbeit wurde hauptsächlich von "computer", d.h. von mathematisch qualifizierten Frauen ausgeführt. Berechnungen, die von über 200 "computer" mit Tischrechenmaschinen und eventuell noch mit Unterstützung von Analogrechnern ausgeführt wurden, waren zu der damaligen Zeit Normalität.

In den vierziger Jahren entstanden unabhängig voneinander die ersten drei Digitalrechner der Welt: In Deutschland entwickelte Konrad Zuse Z3, der für die Strömungsberechnugnen in der Flugzeugentwicklung der deutschen Reichswehr eingesetzt wurde. Der erste Röhrenrechner der Welt,COLUSSUS, in Großbritannien entschlüsselte erfolgreich deutsche Funksprüche. An dem Entwicklungteam war unter anderem Alan Turing beteiligt. In den USA hatte Howard Aiken von der Harvard University 1937 sein Konzept eines Rechneautomaten skizziert und sich um finanzielle Unterstützung an IBM gewandt. So entstand der Automated Sequence Controlled Calculator, ein tonnenschweres Monstrum von 16 Metern Länge, das aus 800.000 Einzelteilen bestand. Er wurde auf den Namen, Mark1 getauft und wurde hauptsächlich für ballistische Berechnungen und mathematische Simulationen wie für die erste Atombombe eingesetzt. Für seine Zeit war die Rechenmaschine ein Wunder; sie konnte drei Additionen in einer Sekunde ausführen, superschnell für 1940!

Grace Hoppers Einstieg in die Rechnerwelt

Grace Hopper wurde nach ihrer Grundausbildung dem Mark1-Projekt als Mitarbeiterin zugeteilt. Der Einstieg in die Rechnerwelt war sehr aprubt. So wird ihre Ankunft im Cruft Laboratory, nach einem Wochenende bei der Familie wie folgt in "Silicon Pioneers "beschrieben [Slater]:

> "Arriving on Monday in the basement of the Cruft Laboratory, Hopper was met by a somewhat piqued Howard Aiken, director of the Computation Project. Aiken asked her where she had been. She thought he was talking about her lost weekend. But he was referring to the previous two months. When Hopper explained that she had been to the midshipman's school, Aiken growled, "I told them you didn't need that. We've got to get to work." "

Als erstes zeigte Howard Aiken Grace Hopper den Rechner Mark1. Von dem Aussehen war Grace Hopper sofort fasziniert ("she thought to herself that it was the the prettiest gadget she had ever seen.") Als zweites drückte Aiken Grace Hopper ein Code-Buch in die Hand und sagte, er

[2] In Deutschland hieß der äquivalente Beruf "Technische Rechnerin", mit formaler Voraussetzung des Abiturs.

brauche die Koeffizienten für die Interpolation des *arctan* bis zum kommenden Donnerstag. Ihre beiden anderen Kollegen, Richard Bloch und John Campbell, schienen nicht sehr glücklich über die Ankunft einer alten Schullehrerin, aber halfen Grace Hopper bei der Einarbeitung. So wurde Grace Hopper die dritte Person überhaupt, die Mark1 codierte. Ihr kam ihr mathematisches und technisch-physikalisches Verständinis zugute, denn Codieren war in der Anfangszeit eine höchst mühselige Angelegenheit und erflogte in Maschinensprache. Diese Sprache besteht aus Codenummern und jede Ziffernkombination hat eine bestimmte Bedeutung. Sie bezeichnet etwa eine bestimmte Stelle im Speicher oder veranlaßt die Addition zweier Zahlen. Zum Codieren wurden also lange Zahlenkolonnen aufgeschrieben, diese auf Lochstreifen übertragen und im Computer eingelesen. Dabei entstanden häufig Tipp- und Lesefehler. Außerdem war der Rechner selbst sehr störanfällig und wenn irgendein Element, Schalter oder Relais ausfiel, begann die oft langwierige Fehlersuche. Aber Grace Hopper codierte nicht "nur", sie erstellte u.a. den Teil des Maschinenhandbuchs, der die elektronischen Schaltkreise beschreibt. Darüber hinaus tat sie einen ersten Schritt auf dem Weg zu einer Programmiersprache: sie entwickelte eine sogenannte "relative Unterroutine". eine simple Form des Unterprogramms. Rückblickend beschreibt sie, wie diese Idee aufkam:

> "On the other hand we did some things to help us get programms written (...) Mark1 had built-in programs for sine, cosine, exponential, arctanent,... On the other hand, because they were wired into the machine, they had to be completely general. Any problem that we solved we found we did not need complete generality; we always knew something about what we were doing - that was what the problem was. And the answer was - we started writing subrouines, only we thought they were pieces of coding. And if I need a sine subroutine, angle less than $\pi \setminus 4$, I'd whistle at Dick and say 'Can I have your sine subroutine?' and I'd copy it out of his notebook. We soon found that we needed just a generalized subroutine for Mark1. With substitution of certain numbers, it can be copied into any given program. So early as 1944 we started putting together things which would make it easier to write more accurate programs and get them written faster. I think we've forgotten to some extent how early that started." ([Hopper]S.7-8)

Nach dem Ende des 2. Weltkriege blieb Grace Hopper an der Harvard Universität als *research fellow* für Ingenieurwissenschaften und Angewandte Physik. Sie arbeitete dort an den Folgemodellen Mark2 und Mark3 mit. Ein Stellenangebot als *full professor* am Vassar College lehnte sie ab.

Bugs and Debuggen

Am 9.September 1947 fiel der Rechner MarkII wieder einmal aus, und Gace Hopper begab sich zusammen mit ihrem Team auf Fehlersuche. Nach einigen vergeblichen Anläufen entdeckte sie in einem Relais eine tote Motte (engl. *bug*), die in der Tat die Übeltäterin war. Sie landete zusammen mit einer entsprechenden Notiz im Logbuch des MarII. Ein Operator schrieb daneben "First actual bug found". Aiken pflegt in das Labor zu kommen und zu fragen:"Are you making any numbers?" Wenn nicht sehr viel Arbeit vorgewiesen werden konnte, bzw. ein Fehler gesucht wurde, pflegten Grace Hopper und ihre MitarbeiterInnen zu sagen, daß sie debuggen würden. Damit floß der Terminus "Debugging" in die Computerwelt ein. Noch heute wird im Computerjargon der Begriff "Bug" für Programmfehler verwendet. Daraus abgeleitet nennt man den Prozeß, um Fehler ausfindig zu machen und zu beseitigen "debugging" und Programme die dies unterstützten "Debugger". Das berühmte Logbuch mit der eingeklebten Motte kann im National Museum of Amereican History in Washington besichtigt werden.

Grace Hoppers Einstieg in die Industrie

1949 wechselte Grace Hopper mit 43 Jahren zur Industrie, in die Ecker-Mauchly Computer Cooperation, eine Firma, die von dem Physiker John W. Mauchly und dem Ingenieur J, Preskert Eckert gegründet wurde. Die beiden Computerpioniere bauten 1943 einen elektronischen, digitalen "Differential Analyzer", der unter dem Namen ENIAC (Electronic Numerical Integrator und Computer) bekannt wurde. Die ersten Berechnungen führete man mit ENIAC für den Entwurf der Atombombe und für andere ballistische Probleme durch. ENIAC's Bedeutung lag im Beweis seiner Zuverlässigkeit; allerdings arbeitete er noch auf Dezimalzahlen. Programme konnten noch nicht intern gespeichert werden, aber wurden mit vergleichsweise hoher Geschwindigkeit abgearbeitet. Drei weiter Mathematikerinnen waren an der Programmplanung beteiligt: Mary Mauchly, Mildred Kramer und Adele Goldstine, die Autorin des ENIAC Handbuchs. Als Grace Hopper zur Eckert-Mauchly Computer Cooperation wechselte, war gerade der Rechner BINAC fertiggestellt worden, der auf Dualzahlen arbeitete. Sie programmierte ihn noch. Ein Jahr später 1950 startete ein neues Projekt: UNIVAC I (Universal Automatic Computer), der erste kommerzielle Rechner, der 3000 Additionen in der Sekunde ausführen konnte. Wie beim ENVIAC handelte es sich um einen Röhrenrechner mit einem externen Magnetbandspeicher sowie Magnetbänder für die Ein-/Ausgabe. 46 Exemplare der Maschine wurden bis 1957 installiert.

Das Compiler-Konzept

Erst einige Jahre später nach Kriegsende begann der Austausch unte den an Computerprojekten beteiligten Personen. Obgleich das Militär vielerorts immer noch wietreichende Geheimhaltungsvorschriften aufrecht erhielt. Fragen nach der Programmierung von Computern spielten zunächst keine Rolle. Doch langsam begannen sich Computer durchzusetzen.

Zwei Entwicklungen, die eine Verbesserung beim Schreiben von Programmen darstellten, beeindruckten Grace Hopper besonders. John Mauchly hatte ein neues Programmkonzept entwickelt, das mathematische Gleichungen in einen zweistelligen Code übersetzte, der sogenannte Short-Code. Außerdem gab es ein Programm, das die codierten Gleichungen in Nullen und einsen der Maschinensprache übersetzte und die Operationen sofort von der Maschine ausführen ließ - dies war der erste *Interpreter*.

Diese Idee einen Computer mit einem anderen Code als den jeweiligen Maschinencode zu benutzten und diesen Pseudo-code durch ein Programm implementiert vorliegen zu haben, gab den ProgrammiererInnen völlig neue Möglichkeiten, sich von von einer Maschinensprache unabhängig zu machen. Grace Hopper ging noch einen Schritt weiter als Mauchly. Sie entwickelte das Konzept eines Programms, das ein in einer höheren Programmiersprache verfaßtes Programm umwandelt in ein Maschinenprogramm. Die Ausführung des Programms sollte erst nach der kompletten Übersetztung des Ursprungsprogramms erfolgen. Dieses Übersetztungsprogramm nannte sie *Compiler.* Damit definierte sie ein zweites Übersetzungsprogramm. Der erste Compiler war A-0, entwickelt von Grace Hopper und ihrem Team. Jedoch mußte Grace sehr viel Übersetzungsarbeit für ihr Konzept des Compilers leisten. Zyniker und Kritiker behaupteten Computer könnten arithmetische Berechnugnen ausführen, aber keine Programme. 1954 entwickelte Grace Hopper die erste operational analytical differentiator. Hopper lud andere Personen zur Demonstration ein, eine Funktion mitzubringen und das Programm damit zu testen.

> "One man arrived with a particular complicated function, on which he had worked for 6 months obtaining the first 15 derivations. She gave them to him in eighteen minutes. The man insisted that she had someone behind the computer feeding the answers in!"([Slater])

Ein Jahr später wurde der erste extensiv genutzte Compiler A-2 vollendet. 1957 wurde von der Firma Sperry Rand Corporation (wie der jetztige Firmenname ist) eine Folgeversion mit dem Namen MATH-MATIC herausgebracht. Diese Programmiersprache hatte den gleichen Funktionsumfang wie Fortran, das im selben Jahr von IBM fertiggestellt.

Grace Hopper gehörte zu den wenigen, die in der damaligen Zeit die potentielle Bedeutung der Computertechnologie für die Wirtschaft voraussahen. Mit ihrer Einschätzung, daß diese wirtschaftliche Orientierung sich auch in den Programmiersprachen wiederspiegeln müsse, stand sie jedoch völlig allein. Ihre Argumentation war: "Es gibt da draußen eine Vielfalt von Leuten, die Probleme lösen wollen. Manche von ihnen sind symbolorientiert, andere wortorientiert und deshalb müssen wir ihnen verschiedene Arten von Sprachen zur Verfügung stellen, die ihren Bedürfnissen entsprechen." Sie plädierte dafür ähnlich dem mathematischem Vokabular (z.B. sin, cos, +,...) ein kaufmännisches Vokabular für die Datenverarbeitung anzulegen, um Programme in einer Sprache zu schreiben, die der Umgangssprache nahe käme. Doch davon konnte sie noch nicht einmal ihr eigenes Management überzeugen. So startete sie 1955 noch während der A-Serie eine B-Serie (B für business). Bereits 1956 war der erste B-0 Compiler fertiggestellt und damit die erste Programmiersprache, die für Daten und Befehle umgangssprachliche Worte benutzten. Sie wurde später Flowmatic genannt. Grace Hopper und ihr Team hatten sich auf 30 Verben geeinigt, wie z.B. Compare, Transfer, Replace, die ihnen besonders zentral für die Datenverarbeitung erschienen. Während vorher Namen in Programmen nur zwei Stellen haben durften, konnte der/die Programmiererin jetzt Namen von bis zu 12 Stellen vergeben, also z.B. "Artikel", "Lieferung", "Rechnung" usw. Die Programme wurden dadurch wesentlich besser lesbar und verständlicher. Flowmatic war über drei Jahre die einzige wirtschaftsorientierte Programmiersprache und bei verschiedenen Firmen im Einsatz. 1959 traf sich eine Gruppe aus der Wissenschaft und Industrie mit dem Ziel, die Probleme, die aufgrund der Vielfalt und Unterschiedlichkeit der bestehenden Syteme auftraten, zu diskutieren und eine maschinen- und herstellerunabhängige Programmiersprache au entwickeln. Eine Delegation unter Grace Hopper wurde mit der Organisation betraut und bereits einen Monat später fand die Konferenz CODASYL (Conference on Data Sytems Languages) statt. Auf dieser Konferenz wurde das Konzpt von Cobol entwickelt und 1960 verabschiedet. Der Flowmatic-Compiler hatte eine zentrale Modellfunktion für den Entwicklungsausschuß. Grace Hopper selbst war nicht Mitglied in dem Ausschuß, blieb jedoch technische Beraterin. Da das von ihr entwickelte Flowmatic-Konzept Cobol grundlegend beeinflußte, gilt sie als die geistige Mutter von Cobol. Die Programmeirsprache Cobol gilt bis heute als die meist benutzteste Programmiersprache der Welt. Selbst Mitte der achtziger Jahre liefen auf Großrechnern Cobol-Programme im Wert von schätzungsweise 50 Millionen Dollar.

Im Alter von 65 Jahren geht Grace 1971 in den Ruhestand. Zeit ihres Lebens blieb sie , mit einer kurzen Unterbrechnung in der Navy. So koordinierte sie die Standardisierung aller Computereinrichtungen der Navy. Sie wurde 1973 zum Captain und 1983 zum Konteradmiral ernannt. Mit 80 Jahren nahm sie endgültig Abschied von dr Navy (1986). 1991 verstarb sie im Alter von 85 Jahren.

Sie erhielt zu Lebzeiten über 90 Auszeichnungen. Als erste Person überhaupt erhielt sie 1969 den "Computer-Science Man-of-the Year Award". 1991 wurde sie mit der höchsten Auszeichnugn, die die USA überhaupt zu vergeben hat, ausgezeichnet: der National Medal of Technology, "for her pioneering accomplishments in the developement of programming languages that simplified computer technology and opened the door to a significantly larger universe of users." Damit war sie die erste Frau, der diese Medaille als Einzelperson überreicht wurde. Diese Ehrungen würdigen Grace Hoppers Leistungen für den Compilerbau und Programmiersprache und zeichnen sie aus als das, was sie wirklich war: Eine Computer-Pionierun..

References

[Billings] Billings, Charlene W.. Grace Hopper Navy Admiral and Computer Pioneer. Hillside, NJ.: Enslow Publishers 1989. Contemprary Women Series.

[Hopper] Hopper, Grace. *Keynote Address*. In: Richard Wexelblatt(Ed.). Proceeding of the ACM SIGPLAN History of Programming Languages Congerence (HOPL), 1978. New York, Academic Press 1981, S.1- 24.

[Margerison] Margerison, Tom. *Computers*, Artikel, S.1150 - S.1203. Artikel in T.I. Williams (Hrsg.). A History of Technology. Oxford University Press.

[Slater] Slater, Robert. *Portraits in Silicon*. MIT Press, 1989.