

Um das Jahr [1941](#) lernten die Bilder zum ersten Mal „laufen“. Kurze Zeit darauf wurde in den [USA](#) auch schon der erste [Computer](#) entwickelt.

http://de.wikipedia.org/wiki/Computervermittelte_Kommunikation#Entstehung_der_computervermittelten_Kommunikation

Rechenmaschinen und Kassen

Verschiedene Entwicklungen des 19. Jahrhunderts hatten bereits demonstriert, dass menschliche Aktivitäten wie das Rechnen ebenso durch Maschinen ausgeführt werden konnten.

Ab 1900 entstanden mit Buchungs- und Fakturiermaschinen weitere spezielle Datenverarbeitungsmaschinen. Für statistische Auswertungen kam um 1890 in Österreich und den USA ein System von Maschinen auf, die auf Lochkarten gespeicherte Daten verarbeiten konnten. Bis dahin hatten Lochkarten beispielsweise zur Steuerung von Webstühlen gedient, nun bildeten sie die Grundlage für die schnelle Speicherung vieler Daten und deren zügige Auswertung. Besonders einflussreich waren die elektrischen Lochkartenauswertungsmaschinen des US-Amerikaners Herrman Hollerith. Die Lochkarte wurde hierdurch als Datenträger weltweit verbreitet.

<http://www.frauen-informatik-geschichte.de/index.php?id=13>

Der Übergang zu Großrechenanlagen

Bald galt es vor allem aus Personalmangel, die Effizienz der vorhandenen Rechenanlagen deutlich zu steigern, um den kriegsbedingten Bedarf abdecken zu können. Beispielsweise musste die massenweise Berechnung ballistischer Flugbahnen durchgeführt werden: Eine typische Zieltabelle erforderte die Berechnung von rund 3000 Geschossbahnen, was ca. 30 Tage Rechenarbeit für die (menschlichen) RechnerInnen bedeutete.

An Konzepten zur Effizienzsteigerung von Rechenanlagen mangelte es Anfang der 40er Jahre nicht. Üblicherweise wurden zu Testzwecken oder mangels Geld zunächst einzelne Elemente einer Rechenanlage gebaut. Welche der oben

genannten Elemente für die Entstehung unserer heutigen Computer wann entscheidend waren, lässt sich sowieso nur im Rückblick fragen.

Klares Ziel aller damaligen Planungen war die Massenbearbeitung von Daten, dementsprechend komplex und teuer würden die vollständigen Realisierungen sein, also von Privatpersonen oder kleinen Firmen nicht finanzierbar. Erwähnt werden muss in diesem Zusammenhang für die USA die außergewöhnlich enge Zusammenarbeit zwischen Hochschulen, Industrie und Militär, die bereits seit Ende des 1. Weltkriegs eingeleitet und in den folgenden Jahrzehnten kontinuierlich ausgebaut wurde.

<http://www.frauen-informatik-geschichte.de/index.php?id=78>

Die ersten Datenspeicher für Muster des Fadensystems "Kette und Schuss" sollten als Lochstreifen und Lochkarte bis weit ins 20. Jahrhundert hinein zum ersten wichtigen Datenspeicher der Computer werden.

<http://www.frauen-informatik-geschichte.de/index.php?id=92>

The Analytical Engine

Das zwischen dem 14. und 17. Jahrhundert in ganz Europa verbreitete neue arabische Zahlensystem hat eine wichtige Eigenschaft: Multiplikation und Division lassen sich durch einfache Rechenvorschriften auf Addition bzw. Subtraktion zurückführen. Zudem basiert letzteres auf einer einfachen Rechenvorschrift, dem Zehnerübertrag.

Diese simplen Grundlagen führten dazu, dass sich die Buchhaltung im Handel enorm ausbreitete. Ebenso begannen staatliche Stellen Angaben über die Bevölkerung zu sammeln und im großen Stil mathematisch auszuwerten. Die Bearbeitung der vielen Daten war jedoch wegen der einfachen Rechenschritte aufwendig und beim Notieren von (Zwischen)ergebnissen entstanden Schreibfehler. Die Idee entstand, die Berechnungen zu mechanisieren und

Rechenmaschinen zu entwickeln.

Einer der hieran arbeitenden Wissenschaftler war der englische Mathematiker Charles Babbage (1792-1871), der eine für die Ausbreitung von Lebensversicherungen bedeutsame Sterbetafel entwickelte. Zugleich beschäftigte er sich im Auftrag des britischen Kriegsministeriums mit astronomischen Tabellen. Dabei stellte er regelmäßige Folgen innerhalb der Tabellen fest. Er schlug vor, die Berechnung der Zahlenreihen durch den Bau einer Rechenmaschine namens "Difference Engine" zu mechanisieren. Das Ministerium unterstützte sein Projekt über 10 Jahre lang mit 17.000 Pfund, dennoch wurde die Maschine nicht fertig. Im Jahr 1836 kündigte Babbage eine neue Maschine namens "Analytical Engine" an. Sie enthielt vom Prinzip her wesentliche Elemente heutiger Computer: ein Rechenwerk für die vier Grundrechenarten, ein Speicherwerk für die Zwischenergebnisse und Eingabedaten sowie eine Steuereinheit für die Kontrolle des Programmablaufs und den Transport der Zwischenergebnisse. Eingabedaten und Steuerdaten sollten über Lochkarten gespeichert werden, die Babbage auf einer Frankreichreise bei Jacquard-Webstühlen kennengelernt hatte. Babbage arbeitete bis zu seinem Tod 1871 immer wieder an diesem Konzept; die Analytical Engine wurde jedoch von ihm nie fertiggestellt.

Vieles über die Programmierbarkeit der Analytical Engine wissen wir heute nur aus Texten der Mathematikerin Ada King, Countess of Lovelace. Sie übersetzte eine italienische Beschreibung der Maschine ins Englische, kommentierte alles umfangreich und erkannte neue Möglichkeiten, die Steuerprogramme mathematisch zu analysieren und zu vereinfachen. Zugleich schrieb sie populärwissenschaftliche Aufsätze über die Analytical Engine. Weder die Maschine noch die Programmierkonzepte hatten Einfluss auf die Computerentwicklungen im 20. Jahrhundert. Dennoch wird Ada heute vielfach als "erste Programmierin" zitiert.

<http://www.frauen-informatik-geschichte.de/index.php?id=97>

Die systematische Zergliederung der Rechenarbeit

Sowohl beim Schreiben als auch beim Kalkulieren (wie damals in Bürozusammenhängen das Rechnen genannt wurde) vollzug sich im Laufe des 19. Jahrhunderts eine neuartige Zergliederung in einzelne Schritte, die Produktionsprozessen in den Fabriken nachempfunden waren. Das ganzheitliche Arbeiten ehemaliger Sekretäre oder Buchhalter wurde zerlegt in Konzeptionsschritte und in die Produktion von Dokumenten – letzteres bis heute verbunden mit unendlich viel Papier. Planen und Kommunizieren, Schreiben und Rechnen waren damit rationalisiert und industrialisiert worden, Schriftverwendung gehörte ab jetzt selbstverständlich zum Alltag.

Verschiedene Entwicklungen hatten bereits demonstriert, dass menschliche Aktivitäten wie das Rechnen ebenso durch Maschinen ausgeführt werden konnten. Kurz vor der Jahrhundertwende hielt eine breite Palette von mechanischen Geräten in die Büros Einzug: zunächst Rechen- und Schreibmaschinen, dann Kassen und spezielle Buchungs- und Fakturiermaschinen. Die Datenverarbeitung in Statistik und Buchhaltung bekam ab 1890 in Österreich und den USA einen gewaltigen Vorschub mit neuen elektrischen Lochkartenauswertungsmaschinen. Die Lochkarte wurde als Datenträger weltweit verbreitet.

Zugleich entstanden Vorgehensweisen in der betrieblichen Planung und staatlichen Verwaltung, durch die riesige Mengen von Daten in immer kürzeren Zeiträumen verarbeitet werden konnten. Dies ermöglichte den Aufbau von sozialen Sicherungssystemen genauso wie es eine Basis für totalitäre staatliche Kontroll- und Gewaltssysteme bildete.

Ende der 30er Jahre lernte die wissenschaftlich-technisch orientierte Mathematik, arbeitsteilig vorzugehen und so vielfältige Problemstellungen effizient mit neuen mathematischen Methoden zu lösen. Dabei verschmolzen die Rechenmaschinenteknik und die Lochkartenanlagen zu dem,

was die Basis der neuen Digitalcomputer ausmachte: Maschinen, die nicht nur zu bearbeitende Daten von Lochkarten einlesen, sondern ebenso flexibel über Lochkarten oder Lochstreifen von außen gesteuert werden konnten.

Dennoch war damit nicht gleich das Ende der mechanischen Geräte eingeläutet. Genau wie die Einführung mechanischer Produkte am Markt mit vielen Pannen und Pleiten verlief, so garantierte auch später eine Innovation noch keinen Markt geschweige denn einen ökonomischen Erfolg. Bis in die 70er Jahre hinein wurden mechanische Schreib- und Rechenmaschinen in Deutschland seriengefertigt. In vielen anderen Ländern unserer Erde sind sie mangels Elektrizität oder alternativer Geräte weiterhin die zentralen Arbeitsmittel der Menschen zum Schreiben und Rechnen.

<http://www.frauen-informatik-geschichte.de/index.php?id=93>

Hollerith-Maschinen

Für statistische Auswertungen kam um 1890 in Österreich und den USA ein System von Maschinen auf, die auf Lochkarten gespeicherte Daten verarbeiten konnten. Bis dahin hatten Lochkarten beispielsweise zur Steuerung von Webstühlen gedient, nun bildeten sie die Grundlage für die schnelle Speicherung vieler Daten und deren zügige Auswertung.

Besonders einflussreich waren die elektrischen Lochkartenanlagen des US-Amerikaners Herrman Hollerith (1860-1929), dessen Firma später die Basis für den IBM-Konzern bildete. Er erhielt 1889 ein Patent mit dem Titel "The Art of Compiling Statistics" für das Konzept einer elektrischen Lochkartenauswertungsmaschine, die er speziell für den Einsatz im Rahmen statistischer Erhebungen entwickelt hatte. In den USA wurden alle 10 Jahre Volkszählungen durchgeführt, die zunächst zur Erfassung der Wahlberechtigten und später für die Erhebung vieler anderer Daten dienten. Deren Auswertung nahm immer mehr Zeit in Anspruch: so dauerte die Auswertung der 10. Volkszählung 1880 ganze sieben Jahre.

Bei der 11. Volkszählung wurden Holleriths "Statistik-Klaviere" eingesetzt und die Daten konnten in nur zwei Jahren ausgewertet werden. Dazu wurden zunächst Lochkarten gedruckt, die für alle abgefragten Merkmale eine Markierung enthielten. Für jedes Befragungsergebnis musste an dieser Stelle auf der Karte ein Loch gestanzt werden. In elektrischen Sortiermaschinen konnten alle Karten mit Löchern an den gleichen Stellen herausgefiltert werden und schließlich wurden die vorsortierten Karten mit Tabelliermaschinen gezählt. Auf diese Weise ließen sich die Auswertungen auch mehrfach verändern und vielseitige Kombinationen von statistischen Merkmalen untersuchen. Die Lochkarte wurde hierdurch als Datenträger weltweit verbreitet.

Hollerith ließ ab 1896 größere Stückzahlen seiner Maschinen bauen und erweiterte sein Datenverarbeitungssystem um weitere Zusatzgeräte wie Kartenmischer oder Doppler. Doch der Erfolg blieb aus. Die Firma fusionierte nach einigen Jahren mit zwei anderen Büromaschinenherstellern und wurde im Jahre 1924 zur International Business Machines Corporation, kurz IBM, umbenannt.

<http://www.frauen-informatik-geschichte.de/index.php?id=94>

Der Franzose Raymond Valtat meldete **1936** ein Patent an, welches das Prinzip einer mit **Dualzahlen** arbeitenden Rechenmaschine beschrieb. (Zur gleichen Zeit begann der Deutsche Konrad Zuse mit der Entwicklung einer mechanisch arbeitenden und programmgesteuerten dualen Rechenmaschine [1941].)

<http://www.ib.hu-berlin.de/~wumsta/infopub/textbook/umfeld/rehm.html>

The Mathematical Tables Project

Die im Winter 1938 gestartete Arbeitsbeschaffungsmaßnahme der Stadt New York beschäftigte bis zu 450 RechnerInnen mit der Herstellung verschiedener Werke von wissenschaftlichen

und statistischen Rechentafeln. Die Angestellten besaßen meist nur geringe mathematische Kenntnisse. Das Projekt war in vier große Einheiten aufgeteilt: die ersten nutzten Tischrechner, andere hatten IBM-Lochkartenmaschinen, die dritten checkten ausschließlich die produzierten Tabellen und die letzte Gruppe rechnete mit Papier und Stift – ein Anachronismus in der Mitte der 30er, aber die Förderpolitik dieser Projekte verlangte die arbeitsintensivsten Methoden. Genau diese letzte Gruppe zwang bei der Planung der Aufgaben zu sehr kleinen Zerlegungen in Einzelschritten, die nur noch die Rechenoperationen Addition, Subtraktion, einstellige Multiplikation und lange Division benutzten. Jede RechnerIn führte genau eine dieser Rechenoperationen durch. Zur Arbeitsaufteilung für eine komplexe mathematische Berechnung waren somit Zergliederungen in viele elementare Operationen notwendig. Deren Abfolge musste bestimmt werden und (Zwischen-)Ergebnisse weiter gereicht sowie zur Qualitätssicherung kontrolliert werden. Das Projekt war äußerst erfolgreich, die Ergebnisse waren qualitativ hochwertig und schnell kamen wichtige Aufträge aus Verwaltung und Wissenschaft.

Für die wissenschaftlich-technisch orientierte Mathematik war es damals neu, derartig arbeitsteilig vorzugehen, also mathematische Aufgabenstellungen in einen Ablaufplan umzusetzen, der von vielen RechnerInnen nacheinander oder parallel abgearbeitet werden konnte. Für diese innovative Verbindung von rationellem Verwaltungshandeln und Methoden der numerischen Mathematik steht Gertrude Blanch. Ihre langjährige Erfahrung als Verwaltungsfachfrau sowie das mit Promotion abgeschlossene Mathematikstudium bildeten die ideale Wissenskombination für ihre Tätigkeit als Technische Direktorin des "Mathematical Tables Project", dem größten Projekt für wissenschaftliches Rechnen auf der Basis von RechnerInnen.

Als die USA 1942 in den 2. Weltkrieg eintraten, wurde das Projekt Teil einer Bundesbehörde und führte ballistische

Berechnungen für die Army und Navy durch. Nach dem Krieg kam es zum Computing Laboratory des National Bureau of Standards. Die Erfahrungen mit arbeitsteiligem Rechnen und die wissenschaftliche Aufarbeitung der benutzten mathematischen Verfahren durch Gertrude Blanch bildeten die wichtigsten Grundlagen für alle nachfolgenden Anwendungen elektronischer Computer. Gertrude Blanch beriet die meisten der Anfang der 40er Jahre entstehenden Großrechnerprojekte. Viele der New Yorker RechnerInnen setzten ihre Arbeit in solchen Projekten fort.

<http://www.frauen-informatik-geschichte.de/index.php?id=95>

Informationssysteme und Rassenpolitik

Die Einzelgeräte für die Lochkartenverarbeitung und die Lochkarten selbst wurden dauernd verbessert. In Deutschland setzten 1910 erstmals die Farbenwerken Bayer solche Maschinen ein, um die Umsatzzahlen der vielen weltweit vertriebenen Farbprodukte statistisch auszuwerten. Im ersten Weltkrieg wurden wichtige Planungen der Kriegswirtschaft statistisch mittels der Hollerithmaschinen betrieben. Nach dem Krieg konnte aufgrund von weiteren Geräteverbesserungen ihr Einsatz für die Buchhaltung erweitert werden.

Damit spielte das Hollerithmaschinensystem mitsamt seiner geschlechtsspezifischen Arbeitsteilung (Frauen als Lochkartenstanzerin, Männer als Hollerithprogrammierer) endgültig eine zentrale Rolle in der "modernen" Verwaltung eines Betriebes: Statistik zur Lagerhaltung, Verbrauchsüberwachung, Kalkulation, zur Personal- und Verkaufsbeobachtung usw. wurden eingeführt und zur Basis für ganze Konzerne.

Ebenso bildete diese Technologie die Grundlage für die enormen Ausweitungen staatlicher Planungs- und Kontrollsysteme. Unter der nationalsozialistischen Terrorherrschaft wurde Statistik und effiziente Datenverarbeitung zum zentralen Herrschaftsinstrument. Mit

der Machtübernahme 1933 erfolgte eine allgemeine Volks-, Berufs- und Betriebszählung, bei der Hollerith-Verfahren massiv eingesetzt wurden. Hier und in der Volkszählung von 1939 wurden die Grundlagen der grausamen Rassenpolitik und der Kriegsvorbereitungen gelegt. Gerade im Zuge beider Weltkriege entstanden viele methodische und technische Weiterentwicklungen der Statistik sowie entsprechend immer weiter ausgebauten staatlichen Statistikstellen, deren Personal und Geräte vielfach nach den Kriegen weiter "aktiv" blieb.

<http://www.frauen-informatik-geschichte.de/index.php?id=96>

Eine der berühmtesten **Chiffriermaschinen** war die von der deutschen Wehrmacht im Zweiten Weltkrieg verwendete "Enigma" (griech.= Geheimnis), auch wenn die Enigma-Chiffrierung durch eine Gruppe alliierter Kryptoanalytiker (u.a. den Mathematiker Alan Mathison Turing[* London 1912, † Wilmslow, Cheshire 1954]) gebrochen wurde, was einen nicht unerheblichen Einfluß auf den Kriegsverlauf hatte. Um den fast unüberwindlichen Enigma-Code zu knacken, verwendeten die Engländer riesenhafte elektronisch arbeitende Rechenmaschinen, die sie "Colossus" nannten. Die **1943** auf die Enigma angesetzten Colossus-Maschinen markierten eine neue Periode in der Geschichte der Kryptoanalyse.

Der amerikanische Mathematiker und Informatiker Howard Hathaway Aiken (* Hoboken [N. J.] 1900, † St. Louis [Mo.] 1973) konstruierte in Zusammenarbeit mit den IBM-Ingenieuren Clair D. Lake, Frank E. Hamilton und Benjamin M. Durfee 1939-1944 den mit Relais arbeitenden **Großcomputer** "Automatic Sequence Controlled Computer (ASCC)", bekanntgeworden unter dem Namen "MARK I", der am 7. August **1944** in der Harvard University, Cambridge (Mass.), in Betrieb genommen wurde. Dieser Relaisrechner war der erste programmgesteuerte elektromechanische Rechenautomat der USA.

Für seinen Bau waren zum überwiegenden Teil Elemente der Lochkartentechnik, Relais, Zählräder und elektromagnetische Kupplungen verwendet worden. Er war fast 16 m lang, 2,5 m

hoch, wog 35 Tonnen und bestand aus 765 299 Einzelteilen, 2204 Schaltvorrichtungen, 3304 Relais und 175 000 Steckkontakten. Die Dateneingabe erfolgte über ein Lesegerät für Lochstreifen und Lochkarten, die Datenausgabe mit einem Kartenlocher und elektrischen Schreibmaschinen. Das Programm war auf einem Lochstreifen gespeichert. Der Rechner "MARK I" wurde zunächst für militärische Zwecke, später zur Lösung mathematischer Probleme aus der Physik, den Ingenieurwissenschaften und der Technik eingesetzt. Für eine Division benötigte er durchschnittlich 11 Sekunden. Der amerikanische Mathematiker ungarischer Herkunft John von Neumann (eigtl. Johann Baron von Neumann) (* Budapest 1903, † Washington [D. C.] 1957), seit 1933 Professor am Institute for Advanced Study, Princeton (N. J.), hatte **1944** die Idee, in den **Computer** nicht nur die zu verarbeitenden Daten, sondern auch das Programm mitsamt den Operationsbefehlen und Adressen (der Speicherplätze) intern zu speichern, also im Arbeitsspeicher unterzubringen. Er begann 1944 mit der Umsetzung dieser Idee in der Entwicklung des ersten Rechenautomaten mit Speicherprogramm, "EDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Computer)" genannt, der jedoch erst 1952 einsatzfähig war. Das flexible Speicherprogramm (entgegen den fest verdrahteten oder auf Programmtafeln gesteckten Programmsteuerungen bei allen bisherigen Rechnern) wurde erstmals angewendet in dem von der IBM (USA) gebauten Computer "SSEC (Selective Sequence Electronic Calculator)", der am 24. Januar 1948 in New York der Öffentlichkeit vorgestellt wurde. Er war mit 12 500 Elektronenröhren und 21 400 Relais ausgerüstet. Die Programme wurden zwar von Lochstreifen gesteuert, aber der Bediener konnte zum ersten Mal die Programmabläufe an der Steuerkonsole verfolgen und, wenn notwendig, Korrekturen vornehmen. Die erste Aufgabe dieses Computers war die Berechnung der Mondlaufbahn. Seine Ergebnisse wurden zwanzig Jahre später beim Apollo-Raumfahrt-Programm eingesetzt.

Die ersten Großrechenanlagen

Die Kriegsplanungen vor und während des 2. Weltkriegs brachten militärisch nutzbaren Forschungsarbeiten massive Förderung. Es galt, in der Forschung wie auch in der staatlichen Verwaltung die Effizienz der vorhandenen Rechenanlagen deutlich zu steigern, um den kriegsbedingten Bedarf abdecken zu können.

Die vorhandenen Konzepte zur Effizienzsteigerung von Rechenanlagen gingen in verschiedene Richtungen mit teils eher mathematisch, teils eher elektrotechnisch motivierten Ansatzpunkten. Welche davon für die Entstehung unserer heutigen Computer wann entscheidend waren, lässt sich sowieso nur im Rückblick fragen. Üblicherweise wurden zu Testzwecken oder mangels Geld zunächst einzelne Elemente einer Rechenanlage gebaut.

Die Anwendungsinteressen der ForscherInnen waren dabei nicht unbedingt militärisch. Dem deutschen Bauingenieur Konrad Zuse ging es mit seinen Z-Rechenanlagen um praktische Erleichterung bei numerischen Berechnungen in der Statik. Die 1941 fertiggestellte Z3 war weltweit die erste funktionsfähige durch Lochstreifen programmgesteuerte Rechenanlage. Zuse schlug staatlichen Stellen im Deutschen Reich zahlreiche Anwendungsbereiche für seine Rechenanlagen vor, fand jedoch kein Interesse.

Der amerikanische Ingenieur Howard Aiken von der Harvard Universität skizzierte 1937 ein Konzept einer elektromechanischen, programmgesteuerten Rechenanlage, die zur numerischen Lösung von Differentialgleichungen eingesetzt werden sollte. Die Anlage wurde von IBM finanziert und in einem Firmenlabor aufgebaut. Dort wurde sie 1943 getestet und an die Harvard-Universität transportiert, wo sie ab 1944 von der US-Navy gemietet wurde und als Harvard Mark I

Geschichte machte. Das Mark I-Projekt ist zugleich ein Beispiel für die mathematisch-technische Mobilmachung, die seit dem Eintritt der USA in den 2. Weltkrieg im Jahre 1941 stattfand. Im wesentlichen wurde die Mark I für ballistische Berechnungen eingesetzt.

Das Mark I-Projekt bildete nur den Anfang einer Bauserie von Rechenkolossen. Der Krieg hatte Rechenbedarf erzwungen und für technische Lösungen staatliche Finanzmittel in Größenordnungen freigesetzt, die in den USA und Großbritannien zu nie zuvor dagewesenen Großrechnern führten. Diese Großrechner der 40er Jahre waren ausschließlich Einzelprojekte, die nicht als kommerzielle Produkte angedacht waren. Mit ihnen sollten vielmehr Dienstleistungen für militärische und forschungsnahe Stellen erbracht werden.

<http://www.frauen-informatik-geschichte.de/index.php?id=99>

Der amerikanische Wissenschaftler bulgarischer Herkunft John Vincent Atanasoff (* 1903), Professor am Iowa State College, Ames (Ia.), stellte zusammen mit seinem Assistenten Clifford Berry **1942** den ersten (zur Lösung linearer Gleichungen vorgesehenen) funktionierenden, aber noch nicht voll einsatzfähigen elektronischen Digitalrechner in Elektronenröhrentechnik fertig. Das Rechenwerk für die Addition und Subtraktion von Dualzahlen bestand aus 300 Elektronenröhren. Nachdem Atanasoff und Berry zur Übernahme anderer Aufgaben in der Kriegsforschung abgerufen worden waren, geriet ihre Rechenanlage in Vergessenheit. Erst 1973 stieß man in einem Patentprozeß in den USA wieder auf den Atanasoff-Berry-Rechner und deckte auf, daß der ENIAC-**Computer** (1946), der weltberühmte erste elektronische Großcomputer, seinen Prioritätsanspruch zu Unrecht erhoben hatte. Vielfach gilt deshalb John Vincent Atanasoff als "Erfinder" des modernen Computers.

<http://www.ib.hu-berlin.de/~wumsta/infopub/textbook/umfeld/rehm.html>

Die ersten Großrechenanlagen (Fortsetzung)

So hatte nicht nur die U.S. Navy, sondern auch die U.S. Army riesigen Rechenbedarf. Auf einen Vorschlag der an der Universität von Pennsylvania tätigen Wissenschaftler John Mauchley und Presper Eckert wurde die riesige Rechenanlage "Electronical Numerical Integrator And Computer" (ENIAC) gebaut. Sie entstand in den Jahren 1943-46 und gilt als erster elektronischer Rechner auf der Basis von Vakuumröhren weltweit. Der ENIAC wurde zwar nicht mehr zu Kriegszeiten fertig, aber der Kalte Krieg brachte genügend neue Aufgaben.

Der erste elektronische Computer in Großbritannien diente zur Entschlüsselung von Funksprüchen der deutschen Wehrmacht. In den ersten Kriegsjahren wurden elektromechanische Maschinen eingesetzt, an denen Gruppen von Frauen aus den WRNS bzw. WAVES in Zusammenarbeit mit Mathematikern im Schichtbetrieb die Dechiffrierungen durchführten. In einem dieser britischen Dechiffrierzentren namens Bletchley Park, nahe London, fanden zugleich Forschungsarbeiten statt. Hier entstand bis Februar 1944 der weltweit erste elektronische Spezialrechner fürs Dechiffrieren namens Colossus.

Nach Ende des 2. Weltkriegs fand nur teilweise ein Übergang der vom Militär aufgebauten und finanzierten Forschungsgruppen in zivile Forschung und Produktion statt. Immer waren die militärischen und staatlichen Planungen maßgeblich bestimmend.

<http://www.frauen-informatik-geschichte.de/index.php?id=99>

Konzepte für Rechenanlagen

An Konzepten zur Effizienzsteigerung von Rechenanlagen mangelte es Anfang der 40er Jahre nicht. Unter den Vorschlägen gab es teils eher mathematisch, teils eher elektrotechnisch motivierte Ansatzpunkte. Sie betrafen

- die verwendeten Schaltelemente (elektromechanische Relais vs. elektronische Vakuumröhren),
- die Art der Kodierung der Zeichen (binär oder dezimal),

- die Eingabe/Ausgabe und die Zwischenspeicherformen für die zu bearbeitenden Daten (Lochkarten, Lochstreifen, interne Datenspeicher) und nicht zuletzt
- die Funktionalität, Speicherung, Flexibilität und Veränderbarkeit der eingesetzten Bearbeitungsoperationen (fest verdrahtete oder gesteckte Funktionen, über Lochstreifen/karten eingebbare Operationen, im laufenden Prozess variierbare Lochstreifeneingaben, durch die Rechenschritte direkt beeinflussbare nachfolgende Rechenfunktionen, usw.).

Die Kombinationsmöglichkeiten waren vielfältig. An mehreren Orten in Europa und Nordamerika entstanden ähnliche Überlegungen unabhängig voneinander. Die Frage, wer genau ein bestimmtes Konzept als erste/r schuf, ist für die Informatikgeschichte oft nur noch schwierig zu beantworten. Teamarbeit war schon damals die vorherrschende Arbeitsform in der technischen Forschung und Industrie, überhaupt schaffte die Zusammenarbeit mit Militär und Industrie spezielle Arrangements bei der Niederschrift von Planungen oder Ergebnissen.

<http://www.frauen-informatik-geschichte.de/index.php?id=98>

Zuse-Rechner

Dem deutschen Bauingenieur Konrad Zuse (1910-1995) ging es bei seinem Engagement im Rechnerbau zunächst um praktische Erleichterung bei numerischen Berechnungen in der Statik. Er baute seine beiden ersten, noch teilmechanischen Rechner Z1 und Z2 in seiner Freizeit. Erst nachdem er die Z2 erfolgreich demonstriert hatte, übernahm die Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt einen Teil der Entwicklungskosten für die Nachfolganlage Z3, die 1941 fertiggestellt war und für Strömungsberechnungen in der Flugzeugentwicklung eingesetzt wurde. Die Z3 war weltweit die erste funktionsfähige durch Lochstreifen programmgesteuerte Rechanlage. Sie enthielt 2.000 elektromechanische Relais, arbeitete im Binärcode und mit Gleitkommadarstellung für Zahlen. Für eine Multiplikation benötigte sie drei Sekunden Rechenzeit. Zuse

schlug staatlichen Stellen im Deutschen Reich zahlreiche weitere Anwendungsbereiche für seine Rechenanlagen vor, fand jedoch kein Interesse.

<http://www.frauen-informatik-geschichte.de/index.php?id=100>

The Z3

The picture above shows the Z3 on display in the Deutsche Museum in Muenchen. The right cupboard contains the relays for the arithmetic unit. Also the relays on the top of the left cupboard belong to the arithmetic unit. The relays in the left cupboard with the light color belong to the memory (64 words a 22 bits). On the bottom of the right cupboard the micro sequencers can be seen, which are the heart of the control unit of the Z3. The micro sequencers are realized with stepwise relays. They are used to reduce complicated arithmetic operations to additions or subtractions. The input- and output devices can be seen on the left side. The decimal numbers are converted to binary floating point numbers and vice versa. The punch tape reader close to the input device makes the Z3 to a freeliz programmable machine.

The block structure of the Z3. There is a separation of the components of the machine, like the control unit, the memory, the arithmetic unit, and the input- and output devices. The two Register R1 and R2 are short memories of 22 bits. An arithmetic operation is performed as follows: $R1 := R1 + R2$. the contents of Register R1 is added to the contents of Register R2 and the result is assigned to R1. R2 is set to empty. The Z3 was a clocked machine of 5.3 Hertz.

Data sheet

Name of the machine	Z3
Implementation	600 relays numeric unit, 1600 relays storage unit
Frequency	5-10 Hertz
Numeric unit	Floating point unit, 16 steps for multiplication, 3 steps for addition, 18 steps division
Average calculation speed	Multiplication 3 seconds, division 3 seconds, addition 0.7 seconds
Input	Decimal keyboard with 20 digits, automatic binary coding
Output	With lamps, 4 decimal digits with decimal point
Word length	22 Bit, floating point: mantissa, exponent and sign
Number of relays	2000

Number of step switches	10 for micro code control of the floating point unit
Memory	1400 relays, 64 words à 22 Bit
Power consumption	Approx. 4000 watts
Weight	Approx. 1000 kg
Area of application	Wing construction
Number of machines sold	0
Cost in DEM	none
Comments	The Z3 was destroyed through bombardment in 1944. A reconstruction is on display in the Deutsche Museum in Munich.

http://irb.cs.tu-berlin.de/~zuse/Konrad_Zuse/z-contr.html

Mark I

Der amerikanische Ingenieur Howard Aiken von der Harvard Universität skizzierte 1937 ein Konzept einer elektromechanischen, programmgesteuerten Rechenanlage, die zur numerischen Lösung von Differentialgleichungen eingesetzt werden sollte und wandte sich um finanzielle Unterstützung an die Firma IBM. Ein entsprechender Kooperationsvertrag kam 1939 zustande. Erwähnt werden muss in diesem Zusammenhang die außergewöhnlich enge Zusammenarbeit zwischen Hochschulen, Industrie und Militär, die in den USA bereits seit Ende des 1. Weltkriegs eingeleitet und in den folgenden Jahrzehnten kontinuierlich ausgebaut wurde. Die Anlage entstand zunächst im IBM-Labor und das Rahmengestell wies sie als "IBM Automatic Sequence Controlled Calculator (ASCC)" aus. Im IBM-Labor wurde sie 1943 erfolgreich getestet, anschließend demontiert und im Harvard-Labor wieder aufgebaut. – Was etwas aufwendiger war, als es hier klingt: Es handelte sich immerhin um ein tonnenschweres Monstrum von 16 m Länge, das aus rund 800.000 Einzelteilen bestand.

Da sich das mit ursprünglich 15.000\$ veranschlagte Projekt für IBM derweil zur 400.000\$-Investition ausgeweitet hatte, sollte wenigstens die Pressearbeit stimmen und so reiste IBM-Chef Thomas Watson senior am 7. August 1944 an, um den ASCC offiziell einzuweihen und als Geschenk der IBM an die Harvard Universität zu übergeben. Allerdings hatten sich hier zwei Egozentriker getroffen und der IBM-Alleinherrscher Watson

musste erzürnt feststellen, dass ihm Aiken die Show gestohlen und bereits einen Tag zuvor eine Pressekonferenz abgehalten hatte, auf der die IBM kaum erwähnt wurde. Aiken hatte es geschafft, dass der erste amerikanische Großrechner nicht als "IBM ASCC", sondern als "Harvard Mark I" in die Geschichte einging. In Harvard entstanden noch drei weitere Mark-Modelle – Mark II (1947), Mark III (1950) und Mark IV (1952), wobei die letzten beiden nicht mehr nur auf elektromechanischer Rechentechnik basierten. Technisch gesehen enthielten die Mark-Modelle einige Konzepte, die sich später nicht durchsetzten. So verwendeten sie Dezimalzahlen, zudem waren Datenspeicher und Programmspeicher getrennt.

Das Mark I-Projekt ist zugleich ein Beispiel für die mathematisch-technische Mobilmachung, die seit dem Eintritt der USA in den 2. Weltkrieg stattfand. Sie war verbunden mit einer bis dahin beispiellosen Mobilisierung der amerikanischen Zivilbevölkerung. Mit Kriegsbeginn 1941 wurde Aiken eingezogen, aber schon bald wieder als Wissenschaftler und Commander der U.S. Naval Reserve an die Harvard Universität zurückgeordnet. Sein Team bestand aus Navy-Offizieren und die Rechenanlage war von der U.S. Navy geleast. Eine dieser Mitarbeiterinnen war die Mathematikerin Grace Murray Hopper. Im wesentlichen wurde die Mark I für ballistische Berechnungen eingesetzt, aber auch für mathematische Simulationen zur ersten Atombombe. – Und wie bei Schiffen wurde Mark I das weibliche Geschlecht zugewiesen.

<http://www.frauen-informatik-geschichte.de/index.php?id=101>

Der österreichische Ingenieur Gustav Tauschek (* 1899, † 1945) konstruierte **1932** für die Datenverarbeitung in Anlehnung an das Magnettonverfahren (1898) den ersten **Magnettrommelspeicher** als Informationsträger auf magnetischer Grundlage. Er bestand aus einem mit hoher Geschwindigkeit rotierenden Zylinder (Trommel), auf dessen in Spuren eingeteilten Mantel eine magnetisierbare Schicht aufgetragen war. Jeder zu beschreibenden Spur war in geringem Abstand von der Trommel ein in seiner Lage nicht veränderlicher Magnetkopf zum Schreiben und Lesen

zugeordnet. Die Speicherkapazität war abhängig vom Durchmesser des Zylinders, der Anzahl der Spuren, der Umdrehungsgeschwindigkeit u.a.

Ein **Terminal** (zu engl.: terminal = End-, letzt-) ist eine Datenendstation mit einem Bildschirm und einer Tastatur für die Eingabe von Daten und deren Abruf aus einer EDV-Anlage. Zuweilen ist ihm ein Drucker angeschlossen, von dem kleine abgerufene Datenmengen ausgedruckt werden. Sonst sind Terminals als Peripheriegeräte nur mit einem Speicher ausgerüstet, in dem die eingegebenen Daten zur Überprüfung zwischengespeichert werden. Anschließend werden sie in einen Computer zur Speicherung, Verarbeitung oder Übertragung geschickt. Das erste Terminal ist **1940** in den Bell Laboratories in den USA entstanden. Es diente zur Demonstration einer für die damalige Zeit sensationellen Datenverarbeitung zwischen Hanover (N. H.) (Standort des Terminals) und New York (Standort einer zentralen Rechenanlage [Relais-Rechner])

Den ersten funktionsfähigen und auch praktisch einsetzbaren programmgesteuerten elektromechanischen Digitalrechner der Welt und damit den ersten **Computer** der Welt schuf der deutsche Ingenieur Konrad Zuse (* Berlin 1910) mit seinem Relaisrechner "Zuse 3 (Z 3)".

Der aus zwei Entwicklungsmodellen "Z 1" (1937) und "Z 2" (1939) entstandene Rechner wurde am 12. Mai **1941** öffentlich vorgestellt. Er bestand aus rd. 2000 Relais (rd. 600 Relais im Rechenwerk und etwa 1400 Relais im Speicher); seine Speicherkapazität betrug 64 Zahlen zu je 22 Dualstellen. Das Rechenprogramm war in einen Kinofilmstreifen gelocht. Die Eingabe der Zahlen erfolgte über eine Tastatur, die Datenausgabe über ein Lampenfeld. Neben den vier Grundrechnungsarten (Addition, Subtraktion, Multiplikation, Division) ermöglichte der Rechner auch die Multiplikation mit fest eingegebenen Faktoren und das Ziehen von Quadratwurzeln. (Eine Quadratwurzel zog der "Z 3" in 4 Sekunden.)

Verwendeten die ersten **Computer**, heute der sogenannten nullten Generation zugeordnet, ausschließlich mechanische bzw. elektromechanische Schaltelemente, so vollzog sich in der folgenden ersten Computergeneration ein grundlegender Wandel durch den Einsatz der Elektronenröhre für Schaltung und Speicherung und das Aufkommen neuer Speichermedien wie Magnetband und Magnettrommel. Militärische Interessen forcierten diese Entwicklung Anfang der 1940er Jahre in England und den USA. So wurde im Dezember **1943** von einer Gruppe englischer Wissenschaftler der erste vollelektronisch arbeitende, mit 1500 Elektronenröhren bestückte Digitalrechner fertiggestellt. Dieser Rechner mit dem Namen "Colossus" half dem britischen Geheimdienst, den von der deutschen Wehrmacht benutzten, fast unüberwindlichen "Enigma"-Code zu "knacken".

Da dieser erste elektronische Rechner nur ein spezialisierter Computer (im Gegensatz zu einem Mehrzweckrechner [Großcomputer]) war, gilt als erster Rechner der auf der Elektronenröhrentechnik gründenden ersten Computer-generation erst die elektronische Großrechenanlage "ENIAC" (1946). <http://www.ib.hu-berlin.de/~wumsta/infopub/textbook/umfeld/rehm.html>

ENIAC

Nicht nur die U.S. Navy, sondern auch die U.S. Army hatte riesigen Rechenbedarf. An der Moore School of Electrical Engineering der Universität von Pennsylvania hatte die Army daher größere Personalkapazitäten zusammengezogen: neben MathematikerInnen und PhysikerInnen waren bis zu 200 vorwiegend weibliche "Computer" von speziellen Verbindungsoffizieren an Colleges und Universitäten rekrutiert worden. Sie brachten gute Abschlüsse in Mathematik oder Physik mit. Ihr Arbeitsgerät war meist ein damals sehr erfolgreiches Analogrechnermodell, der Differential Analyzer,

der an der Moore School entwickelt worden war. Da die Personalkapazitäten nicht ausreichten, ging das Militär auf einen Vorschlag der an der Moore School tätigen Wissenschaftler John Mauchley und Presper Eckert ein, ein vergleichbares Rechnermodell in einer schnelleren digitalen Form neu zu bauen, nämlich auf der Basis von Vakuumröhren.
<http://www.frauen-informatik-geschichte.de/index.php?id=102>

Die **Elektronenröhre** (ein luftdicht abgeschlossenes Glas- oder Metallgefäß mit mindestens zwei Elektroden, in dem ein Elektronenstrom fließt), deren Entwicklung ihren Ausgang von dem von Thomas Alva Edison (* 1847, † 1931) 1883 an Glühlampen entdeckten "glühelektrischen Effekt" nahm, sollte in der ersten Hälfte des 20. Jh. zum grundlegenden Bauelement der Elektronik werden und das Nachrichtenwesen revolutionieren.

Ein wichtiger Aspekt der Elektronenröhre war, dass mit ihr das durch Fernsprech- und Funktechnik wachsende Bedürfnis nach einem die elektrischen Ströme verstärkenden Element erfüllt wurde und damit in der Nachrichtenübertragung eine Reichweitenbegrenzung entfiel.

Unabhängig voneinander erfanden **1906** der Österreicher Robert von Lieben und der Amerikaner Lee de Forest die (Elektronen-) Verstärkerröhre:

Der amerikanische Funkingenieur Lee de Forest (* Council Bluffs [Ia.] 1873, † Hollywood [Calif.] 1961) setzte in einer Zweielektrodenröhre (Diode) zwischen Kathode und Anode ein Steuergitter und schuf damit eine Dreielektrodenröhre (Triode) als steuerbare Verstärkerröhre (Patentschrift vom 25. 10. 1906), die er bald zu einer zugleich als Gleichrichter und Verstärker wirkenden, "Audion" genannten Triode umarbeitete (am 29. 1. 1907 patentiert).

Der österreichische Physiker Robert von Lieben (* Wien 1878, † ebd. 1913) konstruierte eine Elektronenröhre (Diode) mit

"Kathodenstrahlenrelais", in der die von der Kathode ausgestrahlten Elektronen durch ein äußeres Magnetfeld gesteuert wurden (patentiert am 4. 3. 1906). 1910 führte er das Steuergitter als dritte Elektrode zwischen Kathode und Anode ein und ließ sich seine Triode patentieren (1910). 1911 führte er sie der Berliner Physikalischen Gesellschaft als funktionsfähigen Telefonverstärker vor.

Die industrielle Röhrenproduktion begann 1913.

<http://www.ib.hu-berlin.de/~wumsta/infopub/textbook/umfeld/rehm.html>

Der Gebrauch von Vakuumröhren war technisch seit den 20er Jahren erprobt: in den weit verbreiteten Radios waren einige Röhren eingebaut, in Radar- oder Kommunikationsanlagen befanden sich bereits mehrere hundert. Elektronische Technik auf der Basis von Vakuumröhren arbeitete etwa tausendmal so schnell wie elektromechanische Relais, aber im Vergleich wesentlich unzuverlässiger. Die allererste elektronische Rechenanlage geht auf John Atanasoff und Clifford Berry im Jahre 1942 zurück: der sogenannte ABC-Rechner. Es handelte sich jedoch nur um eine kleine Anlage; als der Krieg ausbrach, hatten sie ihre Experimente nicht weiter fortgesetzt. Doch ihre Erfahrungen sollten nicht verloren gehen. Mauchly und Eckert hatten sich intensiv damit auseinandergesetzt und einen Großrechner entworfen, der aus 17.000 Vakuumröhren bestehen sollte und fast 500.000 US\$ kostete. Der "Electronical Numerical Integrator And Computer" (ENIAC) entstand in den Jahren 1943-46 und gilt als erste elektronische Großrechenanlage weltweit.

Ihre technische Bedeutung lag vor allem im Beweis der Zuverlässigkeit elektronischer Geräte. Sechs Techniker arbeiteten rund um die Uhr an der Maschine, jede Vakuumröhre wurde wöchentlich geprüft und 2000 Röhren monatlich ausgewechselt. Der Stromverbrauch war ungeheuer. Wie die Mark I arbeitete auch der ENIAC noch mit Dezimalzahlen. Doch was die Rechengeschwindigkeit anbetraf, so konnte ENIAC das in einer Stunde erledigen, wozu Mark I sechs Wochen brauchte. – Tatsächlich war es aber ein schwieriges Unterfangen, ENIAC

überhaupt eine Stunde lang am Laufen zu halten!
Darüberhinaus war sie nicht wie Mark I darauf eingerichtet, Lochstreifen einzulesen. Das Programmieren dieses Rechners erfolgte durch Stecktafeln; d.h. Hunderte von Kabeln mussten jeweils gesteckt werden, um die gewünschten Verbindungen herzustellen.

Ein neues Programm bedeutete neue Steckarbeiten, – eine Arbeit, die zugleich viel Konzentration und Anstrengung erforderte. Für diese Tätigkeit waren vor allem die "ENIAC-girls" zuständig, so lautete die Bezeichnung einer Gruppe Frauen aus dem Women´s Army Corps, die bereits als Computer vor Ort gearbeitet hatten. Sie mussten alle Konstruktions- und Schaltpläne kennen, um dann die Programme entsprechend den Anforderungen zu stecken. Die ersten Programmiererinnen waren Kay Antonelli, Jean Bartik, Betty Holberton, Marilyn Meltzer, Frances Spence und Ruth Teitelbaum. Viele weitere kamen hinzu und manche leisteten in den Folgejahren bedeutende Beiträge als Mitbegründerinnen der neuen Computerwelt.

Der ENIAC wurde zwar nicht mehr zu Kriegszeiten fertig, aber der Kalte Krieg brachte genügend Aufgaben. 1946 wurde das Monstrum auf dem nahegelegenen Army-Gelände in Aberdeen, Maryland nochmals neu aufgebaut und dort bis 1956 betrieben.
<http://www.frauen-informatik-geschichte.de/index.php?id=102>

Colossus

Der erste elektronische Computer in Großbritannien diente ganz speziellen militärischen Zwecken: Im 2. Weltkrieg verschlüsselte die deutsche Wehrmacht ihre Funksprüche mit sogenannten Enigma-Codes (enigma = griech. für Rätsel). Die Entschlüsselung (Dechiffrierung) des Codes war allgemein ein wichtiges Einsatzfeld von Rechenmaschinen. Die elektromechanischen Maschinen waren bereits lange vor dem

Krieg entwickelt worden und Geräte vom sogenannten Typ "Bombe" waren in England wie in den USA in größeren Stückzahlen gebaut worden. Gruppen von Frauen aus den WRNS bzw. WAVES führten in Zusammenarbeit mit Mathematikern im Schichtbetrieb die Dechiffrierungen durch. Noch jahrzehntelang durften sie kein Wort über ihre Arbeit verlieren.

Im einem dieser britischen Dechiffrierzentren namens Bletchley Park, nahe London, fanden zugleich Forschungsarbeiten statt. Um die Berechnungen zu beschleunigen, sollte die Leistungsfähigkeit von Vakuumröhren genutzt werden und es entstand der weltweit erste elektronische Spezialrechner Colossus fürs Dechiffrieren. Bis zu 30 WRNS-Frauen arbeiteten unter sehr aufreibenden Bedingungen als "Operator" im Projekt mit.

Colossus wurde im Februar 1944 fertig gestellt und entschlüsselte eine wachsende Anzahl deutscher Funkprüche. Weitere 10 Anlagen konnten bis zum Kriegsende gebaut werden - danach wurden sie zerstört und verschwiegen. Geheimdienste bildeten bald einen wichtigen, aber verborgenen Markt für elektronische Computer.

Die Dechiffrierverfahren waren vom Mathematiker Alan Turing mit entwickelt worden. Er ist in die Computergeschichte eingegangen mit der theoretischen Beschreibung einer universellen Rechenanlage, der "Turingmaschine". Schon 1936 beschrieb er ein abstraktes Rechnermodell, dessen Prozessor Programme abarbeitet, die auf unendlichen Bändern ablaufen, wobei im Speicher nicht zwischen Daten und Befehlen unterschieden wird. Hiervon ausgehend lassen sich wichtige theoretische Grundannahmen über die prinzipielle Durchführbarkeit von Berechnungen machen, obwohl ein Universalrechner im Sinne von Turing nicht praktisch realisierbar ist.

<http://www.frauen-informatik-geschichte.de/index.php?id=107>

Computer in Verwaltung und Wissenschaft

In den USA schuf nach dem Krieg nicht nur das Militär sondern auch die US-Regierung Institutionen für die weitere Computerentwicklung. So wurde das National Bureau of Standards (NBS) ergänzend zu seinen Aufgaben als statistisches Bundesamt damit beauftragt, alle Regierungsstellen wissenschaftlich und technisch im Bereich Rechenarbeit und Computertechnik zu unterstützen. Ein aus Regierungs-, Militär- und IndustrievertreterInnen besetztes Gremium wirkte beratend auf das NBS ein.

Vor diesem Hintergrund integrierte man im Jahre 1946 das New Yorker Mathematical Tables Project als NBS Computation Laboratory nach Washington. Kurze Zeit später entstanden im NBS die National Applied Mathematics Laboratories (NAML) mit den ersten elektronischen Rechneranwendungen für die öffentliche Verwaltung sowie das NBS-Institute for Numerical Analysis an der Universität von Kalifornien in Los Angeles.

Alle drei Stellen entwickelten sich zu Schlüsselbereichen für die erfolgreiche Anwendung von Computern bei der Lösung zentraler wissenschaftlicher Probleme. Am Aufbau des NAML maßgeblich beteiligt und jahrzehntelang einflussreich im NBS war beispielsweise Ida Rhodes.

<http://www.frauen-informatik-geschichte.de/index.php?id=104>

Whirlwind und SAGE

Vor allem der Kalte Krieg garantierte den Fortbestand und die großzügige Finanzierung militärisch motivierter Großprojekte. Diese wurden dann meist in Universitäten, manchmal zusammen mit Firmen, ausgeführt. Eines der für die weitere Computerentwicklung sehr einflussreichen Projekte begann Ende 1945 am Massachusetts Institute of Technology (MIT) in Cambridge (USA): das Whirlwind-Projekt.

Die Navy hatte einen Allzweckflugtrainer bestellt, der zugleich zur Simulation neuer aerodynamischer Flugzeugentwürfe eingesetzt werden sollte – eine damals völlig neue Aufgabe. Technisch gesehen mussten ein Cockpit und eine Steuerung realisiert werden, die einerseits wichtige Aspekte von Flugzeugen, Flugbewegungen und Verhaltensweisen der PilotInnen nachmachen, aber zugleich auf menschliche Handlungen im Cockpit augenblicklich – also in Echtzeit – reagieren konnten. Die Planung eines solchen Real-Time Control Computers musste völlig andere Aspekte berücksichtigen als bei bisherigen numerischen Anwendungen.

Die Planung dauerte zwei Jahre, das MIT gründete in dieser Zeit sein Digital Computer Laboratory. Währenddessen hatte die Navy das Projekt ihrem Office of Naval Research zugeordnet, das den Computer aber nun für numerische Probleme einsetzen wollte. Doch die MIT-Forscher wollten Computer weiterhin für Echtzeitanwendungen zur Bahnverfolgung von Flugzeugen oder Raketen planen. Sie setzten sich durch und als größtes Computerprojekt Ende der 40er Jahre erhielt es ein jährliches Budget von ca. 1 Million US\$ und rund 175 MitarbeiterInnen, davon 70 TechnikerInnen.

Die Fertigstellung von Whirlwind Anfang 1950 erfolgte zu der Zeit, als die Sowjetunion kurz zuvor ihre erste Atombombe getestet hatte und die USA sich durch sowjetische Langstreckenbomber bedroht fühlten. Als eine der Reaktionen hierauf beschloss die US-Regierung den Aufbau eines computergestützten Luftverteidigungsnetzwerks und die Air Force beauftragte das MIT damit. Die Kosten spielten ab sofort keine Rolle mehr. Das Semi Automatic Ground Environment System (SAGE) entstand – mit dem Whirlwind-Computer als Prototyp für viele spätere SAGE-Computer. Das MIT gründete eigens dazu ein neues Forschungszentrum, als Produktionspartner für die Serienfertigung wurde IBM gewählt. Mit dem ersten Realzeit-Computer konnte nicht nur die militärische (und später die zivile) Flugkontrolle etabliert

werden, sondern in den Folgejahren wurde der Weg bereitet für den Computereinsatz in Echtzeitsimulationen und bei der Steuerung industrieller Produktionsprozesse.

In technischer Hinsicht war es der Ausgangspunkt der Computernetzwerke, des Multiprocessing (also der gleichzeitigen Durchführung mehrerer vorgegebener Programme in unterschiedlichen Einheiten eines Computers) und der interaktiven Monitore (siehe Foto); es war der erste Computer mit einer Wortlänge von nur 16 Bit (was in den Minicomputern der 60er Jahre aufgegriffen wurde) und nicht zuletzt mit einem aus Magnetkernen aufgebauten Hauptspeicher.

Zahlreiche Studierende und Forschende im MIT kamen über das Whirlwind/SAGE-Projekt erstmals in Kontakt mit einem elektronischen Großrechner.

<http://www.frauen-informatik-geschichte.de/index.php?id=103>

UNIVAC und die beginnende Computerindustrie

Kurz nach dem 2. Weltkrieg waren nur wenige Menschen der Ansicht, dass elektronische Computer eine Zukunft haben würden. Insbesondere die den US-Markt beherrschenden Hersteller von Büromaschinen und konventionellen Datenverarbeitungsanlagen wie IBM und Remington Rand zeigten zunächst kein Interesse. In der neu gegründeten Firma von Eckert und Mauchly, den ENIAC-Entwicklern, waren jedoch alle überzeugt, dass elektronische Rechenanlagen "universal" sein können: also sowohl für wissenschaftlich-technische, wie für Wirtschafts- und Verwaltungsaufgaben sinnvoll einsetzbar sind (letzteres macht heute den weitaus größten Einsatzbereich aus).

Als 1951 die UNIVAC I dem Statistischen Bundesamt der USA übergeben wurde, läutete sie die Ära kommerzieller elektronischer Rechenanlagen ein und für einige Jahre wurde die Bezeichnung ‚UNIVAC‘ stellvertretend für alle Computer

benutzt. Technisch gesehen basierte sie auf Vakuumröhren und ca. 18.000 Kristalldioden. Die Prozessorfrequenz lag bei 2,25 MHz, sie konnte 2 Zahlen in einer halben Millisekunde addieren oder 465 Multiplikationen pro Sekunde durchführen. Die eigentliche Revolution für die Anwendungswelt wurde aber mit den neuen Ein- und Ausgabegeräten geschaffen: statt Lochkarten übernahmen erstmals Magnetbänder die Speicherung von Ein-/Ausgabedaten sowie die Zwischenspeicherungen. Dies wurde schnell zum Standard für alle Computer.

Zum UNIVAC-System gehörten Konvertieranlagen von Lochkarten zu Magnetbändern und umgekehrt, Hochgeschwindigkeitsbandkopierer und nicht zuletzt ein für die Zeit sehr schneller Drucker. Die Kunden kauften die UNIVAC-Elemente je nach Bedarf. Sie konnten vorhandene Datenbestände problemlos auf die neuen Datenträger übertragen und so von deren Geschwindigkeit profitieren. Verwaltungen oder Firmen wie beispielsweise große US-Versicherungen mit 18 Millionen Policen und 2 Millionen Vorgängen pro Woche erkannten dies gleich. Für diese AnwenderInnen war entscheidend, dass ab sofort nicht mehr die eine zur Versicherungspolice gehörende Lochkarte je nach Auswertungsanforderung von einer Lochkartenmaschine zur nächsten getragen werden musste, ein sehr arbeitsintensiver und über viele Frauenhände gereicher Weg. Vielmehr hatte das "automatic" im Namen der UNIVAC einen Sinn: die UNIVAC mit ihrem "elektronischen Gehirn" "wusste", auf welcher Stelle eines Magnetbands sich der spezielle Datensatz zur benötigten Versicherungspolice befand und konnte die Daten durch Hin- und Herspulen hervorholen und verarbeiten. In diesem Sinne wurde die UNIVAC zum informationverarbeitenden System und nicht mehr nur zur Rechenanlage.

Entscheidend war nicht nur die Rechenleistung oder der Ersatz der Bürorechenmaschinen, sondern ebenso wichtig war der Ersatz der überwiegend weiblichen Arbeitskräfte, die diese

Geräte bedient und untereinander verbunden hatten. Die Rationalisierung im Büro bekam einen neuen Schub.

Die Firma Remington Rand, die die UNIVAC-Produktion inzwischen aufgekauft hatte, unterschätzte jedoch den Aufwand an Schulung und Serviceleistung. Der neue Kundenkreis und die teilweise radikale Umstellung betrieblicher Arbeitsabläufe bei den Kunden verlangte intensive Beratung und weitere Veränderungen an den Computern. UNIVAC-AnwenderInnen und -EntwicklerInnen schufen zugleich mit neuen Programmierverfahren wichtige Grundlagen für das, was später Software genannt werden sollte.

1949 – bevor überhaupt eine Anlage fertiggestellt war – arbeiteten 134 MitarbeiterInnen der Eckert-Mauchley-Company bereits an sechs weiteren UNIVAC-Aufträgen. 1957 waren 47 UNIVACs installiert, in zwei Baureihen spezialisiert für wissenschaftliche sowie für kommerzielle Anwendungen. Der Schritt zu serienmäßig hergestellten Computern war vollzogen. Letztlich endete die Produktion in enormem finanziellen Erfolg. Einige UNIVACs wurden sogar weithin berühmt wie die UNIVAC 5, die 1952 bei der US-Präsidentenwahl aus Stichproben einen unerwarteten Sieg von Eisenhower korrekt vorhersagte. Die UNIVAC I wurde nach 12,5 Jahren (=73.000 Betriebsstunden) 1963 still gelegt. In der UNIVAC-Entwicklung treffen wir viele Frauen, die bereits die Anfänge elektronischer Computer aktive begleitet hatten. Jean Bartik und Betty Holberton vom ENIAC-Projekt, Grace Hopper vom Mark I-Projekt. Wichtige Beiträge zur Programmierung lieferten Jean Sammet und Adele Mildred Koss. Die technische Beraterin beim NBS war Margret R. Fox. Und DIE Chronistin der UNIVAC ist Nancy Stern.

<http://www.frauen-informatik-geschichte.de/index.php?id=106>

Datenverarbeitung

"Schon auf der letztjährigen Hannover-Messe war zu spüren, daß nicht mehr so sehr die Maschinen selbst, sondern viel mehr

ihre Einsatzmöglichkeiten in den Vordergrund gestellt werden. So verzichteten viele Firmen auf den Aufwand, riesige Anlagen auf der Messe zu installieren. (...)

Die Arbeitsweise von Rechenanlagen muß man nicht unbedingt "sehen". Anders verhält es sich bei Peripheriegeräten, mit denen der Mensch unmittelbar in Berührung kommt und die er deshalb in ihrer technischen Ausführung kennenlernen möchte. Gerade bei den Peripheriegeräten sind noch technische Verbesserungen und Neuentwicklungen zu erwarten. Dies trifft insbesondere auf Einrichtungen der Datenerfassung zu, da die Datenerfassung nach wie vor den "Flaschenhals" der Datenverarbeitung bildet. Mit der steigenden Zahl der im Einsatz stehenden Rechenanlagen wächst auch die Menge der einzugebenden Informationen, so daß bei ausschließlicher Verwendung der Lochkarte schon aus personellen Gründen (Bedarf an Locherinnen) hier ein Engpaß entsteht. Man versucht deshalb, möglichst schon bei der erstmaligen Erfassung der Daten einen maschinell lesbaren Datenträger entweder als Nebenprodukt zu gewinnen (z.B. Lochstreifen an Büromaschinen) oder den Datenträger mit einer optisch oder magnetisch lesbaren Schrift zu bedrucken, die von Maschinen direkt gelesen werden kann.

Auf dem Gebiet der Datenfernverarbeitung war trotz des umfangreichen Angebots eine gewisse Zurückhaltung bei Kunden und Herstellern zu spüren, zumal echte Einsatzerfahrungen, an denen sich ein größerer Anwenderkreis orientieren könnte, infolge des zögernden Verhaltens der Deutschen Bundespost noch nicht vorliegen." – Kristin Mierzowski in einem Bericht über die Hannover-Messe 1965

Das wichtigste Medium für die Kommunikation mit einem Computer blieb bis weit in die 70er Jahre in Wissenschaft wie Wirtschaft das Papier – in Form von Lochkarten und Endlosausdrucken. Die Flut an Daten stieg überall rasant, ihre schnelle und preisgünstige Erfassung in maschinenlesbarer Form wurde zu einem der wichtigsten Kriterien in den

betrieblichen Organisationsformen. Die meist angelernten, überwiegend weiblichen Locherinnen stellten zwar relativ preiswertes Personal dar, doch der Bedarf konnte kaum gedeckt werden. Deshalb nahm gerade in den Anfangsjahren der kommerziellen elektronischen Datenverarbeitung (EDV) die Forschung über automatische Ziffernlesegeräte einen großen Stellenwert ein. Die Bank of America nutzte ab 1959 zur Scheckbearbeitung das weltweit erste Ziffernerkennungssystem. Seine typographische Basis wurde zum Fortschrittssymbol in der zeitgenössischen Werbung. Für die große Mehrheit der Anwendungen blieb jedoch die (IBM-bestimmte) Lochkartenwelt und damit der seit den 30er Jahren erprobte Fluss der Daten durch ein Unternehmen erhalten.

<http://www.frauen-informatik-geschichte.de/index.php?id=125>

Transistoren und Dioden

In der zweiten Hälfte der 50er Jahre vollzog sich ein weiterer Schritt zur Miniaturisierung von Transistoren und Dioden, die ab 1962 auf die Größe eines Salzkorns schrumpften (dritte Hardwaregeneration). Gleichzeitig erfolgte die Zusammenfassung (Integration) von verschiedenen Bauteilen zu einem Modul, wobei Transistoren, Dioden, Kondensatoren und Widerstände auf einer Keramikplatte zusammengefasst wurden. Mehrere Module auf einer gemeinsamen Grundplatte ergeben eine Schaltungskarte.

<http://www.frauen-informatik-geschichte.de/index.php?id=129>

Transistorrechner

Gegen Ende der 50er Jahre waren weltweit ca. 8.000 Universal-Rechenanlagen installiert – mehr als zwei Drittel davon in den USA. Konzeptuell handelte es sich fast überall um Nachfolger der EDVAC- oder IAS-Computerprojekte aus den 40er Jahren und oft wird behauptet, dass sich in den nachfolgenden 50 Jahren dieser Aufbau (die sog. Computerarchitektur) nicht mehr geändert hat. Doch letzteres gilt nur in einem ganz engen Sinne: so werden Programme seit

dieser Zeit intern gespeichert und in den Schaltungen werden Rechenfunktionen (Prozessor) und der Speicherbereich getrennt. In so ziemlich allen übrigen Architektur-Aspekten gab es im Laufe der Jahre enorme Innovationen, die zu erfolgreichen Produkten führten und neue Märkte begründeten. Bemerkenswert ist diese Kontinuität dennoch vor allem deshalb, weil die ursprünglich für wissenschaftliche Rechenprobleme geschaffene Computerarchitektur auch für die großen Speicherbedarfe und umfangreichen Ein- und Ausgabeanforderungen der wirtschaftsorientierten Datenverarbeitung angepasst werden konnte.

Hardwareseitig bildete die Vakuumröhrentechnik bis zur Mitte der 50er Jahre die Grundlage für elektronische Rechenanlagen. Computer mit Vakuumröhren werden oft als sogenannte erste Hardwaregeneration gezählt. Im Vergleich zu den EDVAC-Anfängen erhöhte sich die Zuverlässigkeit der Röhren seitdem zwar deutlich, dennoch war der Wartungsaufwand beispielsweise für das regelmäßige Auswechseln ganzer Röhrengruppen ausgesprochen hoch. Deshalb wurde vielerorts nach Alternativen geforscht. Hierbei ging es nicht nur um die prinzipielle Einsatzmöglichkeit anderer Schaltelemente, sondern um kalkulierbare Zuverlässigkeit bei der Nutzung in hoher Stückzahl sowie um die rationelle, preiswerte Massenproduktion.

Diese Anforderungen konnten mit dem in der US-Halbleiterforschung im Jahre 1948 erfundenen Transistor erfüllt werden und läuteten nach weiterer fünfjähriger Forschungsarbeit die zweite Hardwaregeneration bei Computern ein. Hiermit begann in der Elektrotechnik und im Computerbau eine Entwicklung zu immer kleineren Bauelementen, die bis heute anhält. Transistoren ersetzen erstmals 1955 die Elektronenröhren als Schalt-, Steuer-, Speicher- und Verstärkerelement in Rechenanlagen: in den Bell Laboratories, USA, entstand der erste mit 800 Transistoren bestückte Transistor-Digital-Computer (TRADIC) – gebaut für die US-Luftwaffe. Er erforderte nur eine Leistung von knapp

100 Watt (im Unterschied zu ENIAC's Energieverbrauch von ca. 200 kW!).

Viele weitere Vorteile bestärkten den Einsatz von Transistoren im Vergleich zu Elektronenröhren: kleinere Abmessungen, geringeres Gewicht, höhere Schaltgeschwindigkeiten, sofortige Betriebsbereitschaft nach Einschalten und fast unbegrenzte Lebensdauer.

Zugleich konnte die Produktion von größeren Schaltungen für die Rechenanlagen wesentlich rationalisiert werden. Die einzelnen Schaltelemente wie Transistoren, Dioden, Widerstände und Kondensatoren wurden auf sogenannte Schaltkarten montiert und dann miteinander verlötet. Diese Technik führte später zur Entwicklung der gedruckten Schaltungen, den postkartengroßen Kunststoffplatten und Kupferleiterbahnen, in deren Löcher die einzelnen Bauelemente hineingesteckt und dann rückseitig verlötet wurden. Damit wurden die Datenverarbeitungsanlagen der zweiten Generation wesentlich zuverlässiger, leistungsfähiger, wartungsfreundlicher und preiswerter in der Herstellung – die Voraussetzungen für ihre breite Anwendung waren geschaffen.

<http://www.frauen-informatik-geschichte.de/index.php?id=128>

IBM System/360

Die Firma IBM beherrschte ab 1960 weltweit den Computermarkt. KritikerInnen unterstellten IBM, dass sie anderen immer genügend Platz ließ, Innovationen mit dem damit verbundenen Risiko umzusetzen, um die erfolgreichsten später selbst zu übernehmen. Selbstverständlich entstanden ebenso zahlreiche und wichtige Innovationen innerhalb von IBM, was bei den zehntausenden von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern in mehreren firmeneigenen Forschungsinstituten

und Produktionsbetrieben sowie dem riesigen Firmenkapital nicht verwundert. Neue Konzepte konnten in diesem Umfeld gründlich vorbereitet werden und dann in der langjährig erprobten Weise der Kundschaft angeboten werden.

Einer dieser "großen Würfe" von IBM war die Einführung des System/360 im April 1964. Es handelte sich um die gleichzeitige Ankündigung von sechs neuen Rechnermodellen, die eine Leistungsspanne von 1:25 aufwiesen. Mit der Bezeichnung "360" sollte der "volle Kreis" von AnwenderInnen angesprochen werden, also sowohl die wissenschaftlichen wie die wirtschaftsnahen KundInnen. In der Planung der neuen Produktlinie war nämlich deutlich geworden, dass wissenschaftliche Anwendungen inzwischen einen ebenso großen Datenbestand bearbeiten wollten wie verwaltungsnah und dass in beiden Feldern großer Rechenbedarf auftrat. Am Einführungstag des Systems/360 wurden gleichzeitig 150 verschiedene Teile neu auf den Markt gebracht, von den neuen Prozessoren über Magnetbänder und -platten bis hin zu Lochkartenstanzern.

Zugleich wurde versprochen, dass ein für eine S/360er-Anlage geschriebenes Programm zugleich auf allen größeren Maschinen dieser Serie lauffähig sein würde. Diese Übertragbarkeit (auch Kompatibilität genannt) ließ erstmals zu, dass AnwenderInnen quasi jederzeit bei größerem Computerbedarf problemlos auf eine leistungsfähigere 360er-Anlage wechseln konnten. Die Computer wurden nämlich von IBM meist auf Mietbasis bei Kunden aufgestellt, was den Wechsel auf neue Modelle beschleunigte.

Technisch möglich wurde das Ganze durch Anwendung der Mikroprogrammierung für die Prozessorsteuerung. Dieses Konzept – ähnlich bereits Anfang der 50er Jahre in Großbritannien entwickelt – erlaubte die Steuerung aller Prozessoren der Serie über ein Mikroprogramm, das in einem speziellen Speicher fest eingebaut war. Darüber hinaus konnten Mikroprogramme installiert werden, die es dem

Prozessor möglich machten, sogar für ältere IBM-Computer geschriebene Programme zu verstehen. Letzteres war vielleicht ein Hauptgrund für den riesigen Erfolg des System/360, denn durch zahlreiche weitere Verbesserungen der Hardware und der Computerarchitektur liefen die alten Programme auf den neuen Computern um das Zehnfache schneller. (Anmerkung: Theoretisch kann jeder Computer so programmiert werden, dass er sich wie ein anderer Computer verhält - praktisch sinnvoll wird das aber nur, wenn zahlreiche weitere Bedingungen erfüllt sind.)

Die neue Serie wurde so gut angenommen, dass "Big Blue" – wie IBM aufgrund der blau gestrichenen S/360 Hardware fortan genannt wurde – kaum mit der Produktion nachkam. Die Firmengewinne stiegen rasant und 1970 waren 35.000 IBM-Computer in den USA installiert. Die S/360-Architektur (später S/370) blieb bis in die 90er Jahre die Entwicklungsbasis von IBM.

<http://www.frauen-informatik-geschichte.de/index.php?id=130>

Vom Chip zum PC

Im Jahre 1971 wurde bei Intel der erste Chip fertiggestellt, der die Basisarchitektur eines Computers besaß: "a microprogrammable computer on a chip" – "Mikroprozessor" genannt. Damit hatte die Miniaturisierung der Computer eine neue Schwelle unterschritten. Dies bemerkte jedoch fast nur eine Gruppe: junge (fast durchweg männliche) Technikfreaks, die den Computerbau zu ihrem Hobby gemacht hatten. Sie trafen sich in Clubs, verteilten ihr Wissen über Hobbyzeitschriften, tauschten Programme untereinander aus und ließen sich Bauteile für ihre Minicomputer nach Hause schicken. Mit dem Chip war zunächst nur eine neue preiswertere Variante des Hobbies möglich.

Die neue Hardware stärkte damit das Engagement der Freaks, kleinere immer leistungsfähigere Rechner herzustellen. Sie nährte ebenso die Vorstellungen einiger von ihnen, eine

preiswerte Nutzung von Computern für den Zugang zu Wissen für die breite Bevölkerung zu ermöglichen. Tatsächlich dauerte es noch fast zehn Jahre, bis die Möglichkeiten des mikroprozessorbasierten Minicomputers mit den breiten, privaten Nutzungswünschen verknüpft wurden und in einem neuen Massenprodukt aufgingen: dem Heim – oder Personalcomputer (PC).

Wie bei allen vorherigen Computerinnovationen spielten passende Software und die Entwicklung neuer Interaktionsformen zwischen NutzerInnen und Computern die entscheidende Rolle. Diese Elemente konnten für die ersten ab 1977 vertriebenen PCs aus den vorhandenen Mikroelektronikprodukten abgeleitet werden (z.B. BASIC, Textverarbeitungssystem, Bildschirm). Gespür für Geschäfte und vor allem Marketing brachten vielfach den langfristigen Durchbruch.

1977 kamen drei explizit als Personalcomputer bezeichnete Geräte heraus: der TRS-80, der Commodore PET sowie der Apple II, wobei letzterer in vielen Aspekten überlegen war. Ihre Anwendungsmärkte wurden vor allem der Spielbereich sowie die Büroanwendungen Tabellenkalkulation, Textverarbeitung sowie Datenbanken.

In kürzester Zeit traten zahlreiche Softwareanbieter auf und die traditionellen Büromaschinenhersteller wurden aufmerksam – allen voran IBM. Innerhalb eines Jahres brachte IBM selbst einen PC heraus. Erstmals wurde nicht das langwierige firmeninterne Entwicklungsverfahren angeleiert, sondern fast die gesamte Hardware und Software von außen eingekauft, insbesondere der Chip Intel 8088 sowie das Microsoft-Betriebssystem MS-DOS. Um IBMs Image für die EndverbraucherInnen positiver darzustellen, wurde eine riesige Werbekampagne initiiert. Im August 1981 erschien der "IBM Personal Computer" mit 64 KBytes Hauptspeicher und einem Floppy-Diskettenlaufwerk zum Preis von 2.880 US\$.

IBM unterschätzte die Verkaufszahlen zunächst gewaltig. Jedoch innerhalb von nur zwei Jahren wurde der IBM-PC zum Industriestandard – trotz technischer Nachteile. Für 1984 wird gesagt, dass die IBM PC-Abteilung als selbständige Firma Platz 3 in der weltweiten Computerindustrie gehabt hätte, nach dem Rest von IBM und nach DEC. IBM musste erkennen, dass etwas außerhalb ihrer Firma Produziertes erfolgreich war.

Innerhalb von 10 Jahren wurden über 50 Millionen Personalcomputer verkauft, alles Varianten der IBM PC-Architektur und der MS-DOS-Betriebssysteme. Die Firma Microsoft erhielt bei jedem Verkauf des Betriebssystems eine Lizenzgebühr und wurde so zur marktbeherrschenden Betriebssystemherstellerin. Jede neue Anwendungssoftware musste damit kompatibel sein. Der "Computer für alle" wurde von wenigen bestimmt.

Von den neu mit den Heimcomputern auf den Markt gekommenen Firmen konnten nur wenige mithalten. Vor allem Apple versuchte, die Konkurrenz zu IBM aufzunehmen und Forschungsergebnisse von Xerox PARC in seine Produkte zu integrieren. Ein erstes Produkt dieser Arbeit war die Apple LISA, die wegen des Preises von 10.000 US-\$ keinen Absatz fand. Im Januar 1984 kam als Zusammenfassung der besten LISA-Elemente der Apple Macintosh auf den Markt: mit einem hochauflösenden Bildschirm, einer Maus, 3 1/2-Zoll-Diskette, 128K Speicher, einem eleganten Betriebssystem (später ansatzweise kopiert im Windows-System) und last but not least einem aggressiven Marketing. Apple erreichte trotz allem nur ein kleines, spezielles Marktsegment im Design- und Medienbereich sowie wie in der Ausbildung. Um weitere Anwendungsfelder zu gewinnen, lud Apple verschiedene führende Softwarehäuser ein, Produkte für den Macintosh zu entwickeln. Ohne großen Erfolg – außer vielleicht für Microsoft, die dabei viel über die Technik graphischer Benutzungsschnittstellen lernten. Hieraus entstand dann das Microsoft-Betriebssystem Windows.

The network is the computer

Die Leistungsfähigkeit der Computer überschreitet schon längst das Vorstellungsvermögen der Nutzenden. Seit den 90er Jahren wird diese Komplexität zudem nicht mehr nur vom Gerät auf dem Schreibtisch selbst bestimmt, sondern mit dem Netz der Netze – dem Internet – zu einem gigantischen Angebot an Computerleistungen. Die Inhalte sind nicht unbedingt neu, genausowenig wie die Idee der Vernetzung.

Zwei verkoppelte Rechner, die zusammen höhere Leistungen erbrachten, waren bereits in den 50er Jahren Realität. Als in den 60er Jahren beim Time-Sharing die ersten Fernschreibertastaturen an die Minicomputer angeschlossen wurden, übernahm ein einfacherer Minicomputer die Zwischenspeicherung der eingegebenen Kommandos und leitete diese weiter an den Hauptcomputer, wo die Programme ausgeführt und der zu bearbeitende Datenbestand vorgehalten wurden. Mit der Planung und dem Aufbau zahlreicher hochleistungsfähiger Rechenanlagen verteilt auf wichtige Standorte des US-Raumfahrtprogramms lag der Wunsch nahe, diese Rechner zu verbinden, um von allen Standorten möglichst viel der übrigen Datenbestände und Rechenleistungen zu erreichen. Das dazu aufgebaute Netzwerk namens ARPANET verknüpfte 1969 erstmals vier Netzknoten an Universitäten in Kalifornien und Utah. Die Verbindung bestand jedoch nicht in direkten Rechnerkopplungen, sondern im Aufbau eines durch Spezialrechner gestützten Netzes, das die schnelle Datenweitergabe realisierte. Insofern erklärt sich dann sofort die Metapher der Datenautobahn (engl. Information Superhighway), mit der seit den 90er Jahren das aus dem ARPANET weiterentwickelte Internet bezeichnet wird.

Netz-technisch gesehen waren sogar die PCs der IBM- und MS-DOS-Architektur mehr als zehn Jahre lang den bereits erprobten technischen Möglichkeiten weit hinterher: sie waren schlicht nicht vernetzbar. Allerdings stand bei ihrer

Markteinführung etwas anderes im Vordergrund: nämlich der "persönliche" Zugriff auf Computertechnik – vor allem auf Software für Spiele, Textverarbeitung und Datenbankverwaltung – zuhause oder an jedem einzelnen Arbeitsplatz. Dies bewirkte zunächst eine strikte Trennung der PC-Anwendung zu allem, was an mächtiger Rechnerleistung in den vorherigen Jahrzehnten aufgebaut worden war.

Aber Ende der 70er Jahre lagen auch alternative Konzepte vor, um den Zugang zu Computeranwendungen für eine größere Zahl von Menschen zu ermöglichen. Unter dem Motto "The network is the computer" boten Firmen wie SUN Microsystems zur gleichen Zeit Netzwerke von Rechnern an, deren Gesamtleistung größer war als die einfache Summe der einzelnen Maschinen. Als Workstations bezeichnete Rechner konnten innerhalb einer Firma an jeden Arbeitsplatz verteilt aufgestellt, aber zugleich in einem hausinternen Netzwerk, speziellen Rechnerarchitekturen und dem Betriebssystem UNIX mit einem Server genannten Rechner verbunden werden. Das interne Netzwerk basierte auf dem Ethernet-Konzept, einem Ergebnis der Xerox PARC-Forschung über neue Arbeitsplatzrechner aus dem Jahr 1973.

Damit war das Ende der Zentralrechner und deren zentralistische Organisationsform in vielen mittleren Firmen besiegelt. Die lokalen BenutzerInnen konnten selbständiger über ihren Zugriff auf firmeneigene Rechnerleistungen entscheiden; zudem wurde die kollektive Nutzung von Datenbeständen oder Druckern erhalten. Nicht zuletzt ließen sich diese lokalen Netze an die Hochleistungsverbindungen des Internet koppeln. Email wurde möglich oder externe Datenbankzugriffe.

Doch eines gab es nicht, was die PC-Welt bot: preiswerte und gut handhabbare Software für die Büro- und Sachbearbeitungsplätze. Nur deshalb gelang es den PC's, in viele Firmen vorzudringen, die eigentlich verteilte Netzlösungen bevorzugt hätten. Erst als die PC's einen festen Platz im

Arbeitsalltag erhalten hatten, wurde begonnen, die zwei Welten zu verbinden: also die PC's mit Netzzugang auszustatten.

Es ist viel darüber diskutiert worden, ob die NutzerInnen mit der Vernetzung ihrer PC's einen Teil ihrer Autonomie ab(ge)geben (haben). Wo sich heute private Email-NutzerInnen gegenüber Virusattacken sichern müssen oder die Privatheit ihrer elektronischen Post durch Auskunft- und Speicherverpflichtungen der Internet-Diensteanbieter bedroht ist, sind Zweifel angebracht. Doch sind überschaubare lokale Netze im Zeitalter der Globalisierung nicht ebenso überholt?

<http://www.frauen-informatik-geschichte.de/index.php?id=140>

Computer als Wissensmaschine?

Die Idee, einen Computer nicht nur als Datenspeicher, sondern als Wissensmaschine zu begreifen, hat die Entwicklung der Informationstechnik seit den 40er Jahren des 20. Jahrhunderts begleitet. Wenn Wissen an intelligente Denkvorgänge gebunden ist, dann bedeutet diese Vorstellung, dass ein Computersystem eine künstliche Intelligenz schafft – nicht nur philosophisch war und ist dies ein äußerst umstrittenes Thema.

Noch vor einigen Jahren wäre die kritische BenutzerIn vielleicht leicht zu überzeugen gewesen, dass es sich "nur" um von Menschen entwickelte Software handelt, wenn am Computer beispielsweise ein psychologisches Beratungsgespräch simuliert wird. Ist mit der Hard- und Software des Internet, des World Wide Web, den Suchmaschinen und Millionen von WebautorInnen vielleicht doch eine neue Dimension von (intelligenter) Wissenserzeugung erreicht?

<http://www.frauen-informatik-geschichte.de/index.php?id=141>

Folgerungen für die Zukunft?

Die Erforschung und Gestaltung der Interaktion zwischen Mensch und Computer ist eine hochgradig interdisziplinäre

Angelegenheit, für die GrenzgängerInnen und QuerdenkerInnen unerlässlich sind. Viele der zuletzt beschriebenen Nutzungsformen von Computertechnik mögen uns heute ohne Bezug zu unserem Leben erscheinen. Doch vielleicht ist nur die Hardware oder die Software einfach noch nicht weit genug ausgereift? Oder fehlt bisher für manches nur das richtige Marketingkonzept? Lassen sich aus der jungen Geschichte der Informationstechnik überhaupt Folgerungen für die Zukunft ableiten?

<http://www.frauen-informatik-geschichte.de/index.php?id=142>

Technische Informatik

Die [Technische Informatik](#) befasst sich mit den hardwareseitigen Grundlagen der Informatik wie etwa der [Mikroprozessortechnik](#), [Rechnerarchitekturen](#) und [verteilten Systemen](#). Damit stellt sie ein Bindeglied zur [Elektrotechnik](#) dar. Die [Rechnerarchitektur](#) ist die Wissenschaft, die Konzepte für den Bau von Computern erforscht. Hier wird das Zusammenspiel von [Mikroprozessor](#), [Arbeitsspeicher](#) sowie [Controller](#) und [Peripherie](#) definiert und verbessert. Das Forschungsgebiet orientiert sich dabei sowohl an den Anforderungen der Software als auch an den Möglichkeiten, die sich über die Weiterentwicklung von [Integrierten Schaltkreisen](#) ergeben.

http://de.wikipedia.org/wiki/Informatik#Definition_der_Informatik

Künstliche Intelligenz

Die [Künstliche Intelligenz \(KI\)](#) ist ein großes Teilgebiet der Informatik mit starken Einflüssen aus [Logik](#), [Linguistik](#), [Neurophysiologie](#) und [Kognitionspsychologie](#). Dabei unterscheidet sich die KI in der Methodik zum Teil erheblich von der klassischen Informatik. Statt eine vollständige Lösungsbeschreibung vorzugeben, wird in der Künstlichen

Intelligenz die Lösungsfindung dem Computer selbst überlassen. Ihre Verfahren finden Anwendung in [Expertensystemen](#), in der [Sensorik](#) und [Robotik](#). Im Verständnis des Begriffs „Künstliche Intelligenz“ spiegelt sich oft die aus der [Aufklärung](#) stammende Vorstellung vom Menschen als Maschine wider, dessen Nachahmung sich die so genannte „starke KI“ zum Ziel setzt: eine Intelligenz zu erschaffen, die wie der Mensch nachdenken und Probleme lösen kann und die sich durch eine Form von [Bewusstsein](#) beziehungsweise [Selbstbewusstsein](#) sowie [Emotionen](#) auszeichnet.

Die Umsetzung dieses Ansatzes erfolgte durch [Expertensysteme](#), die im Wesentlichen die Erfassung, Verwaltung und Anwendung einer Vielzahl von Regeln zu einem bestimmten Gegenstand (daher „Experten“) leisten. Im Gegensatz zur starken KI geht es der „schwachen KI“ darum, konkrete Anwendungsprobleme zu meistern. Insbesondere sind dabei solche Anwendungen von Interesse, zu deren Lösung nach allgemeinem Verständnis eine Form von „Intelligenz“ notwendig scheint. Letztlich geht es der schwachen KI somit um die Simulation intelligenten Verhaltens mit Mitteln der Mathematik und der Informatik; es geht ihr nicht um Schaffung von Bewusstsein oder um ein tieferes Verständnis der Intelligenz. Ein Beispiel aus der schwachen KI ist die [Fuzzy-Logik](#).

[Neuronale Netze](#) gehören ebenfalls in diese Kategorie – seit Anfang der 80er Jahre analysiert man unter diesem Begriff die Informationsarchitektur des (menschlichen oder tierischen) Gehirns. Die Modellierung in Form [künstlicher neuronaler Netze](#) illustriert, wie aus einer sehr einfachen Grundstruktur eine komplexe [Mustererkennung](#) geleistet werden kann. Gleichzeitig wird deutlich, dass diese Art von Lernen nicht auf der Herleitung von logisch oder sprachlich formulierbaren Regeln beruht – und somit etwa auch die besonderen Fähigkeiten des menschlichen Gehirns innerhalb des Tierreichs nicht auf einen regel- oder sprachbasierten „Intelligenz“-Begriff reduzierbar sind. Die Auswirkungen dieser Einsichten auf die KI-Forschung, aber

auch auf [Lerntheorie](#), [Didaktik](#) und andere Gebiete werden noch diskutiert.

http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Gitter_BW3.jpg
http://de.wikipedia.org/wiki/Informatik#K.C3.BCnstliche_Intelligenz

Geschichte der Informatik

Ursprung der Wissenschaft

Die Wurzeln der Informatik liegen in der [Mathematik](#), der [Physik](#) und der [Elektrotechnik](#) (hier vor allem der [Nachrichtentechnik](#)). Als Grundlagenwissenschaft beschäftigt sich die Informatik in Form der theoretischen Informatik mit der Untersuchung und Klassifizierung von Problemen bzgl. ihrer Berechenbarkeit. Als [Ingenieurwissenschaft](#) konzipiert die Informatik [mathematische Maschinen](#), mit denen [Daten übertragen](#), [gespeichert](#) und durch Algorithmen automatisch [verarbeitet](#) werden können. Damit ermöglicht die Informatik insbesondere die maschinelle [Simulation](#) realer Prozesse. Als „Hilfswissenschaft anderer Fachgebiete“ bildet die Informatik deren Gegenstände in [abstrakte](#) Strukturen ab und deren [Prozesse](#) in [Algorithmen](#). Als Überbegriff rund um die Informationsverarbeitung sowie die entsprechenden Berufe hat sich die [Informationstechnik](#) (IT) etabliert.

Vorläufer des Computers

Hauptartikel: [Computer](#)

Eine der ersten größeren Rechenmaschinen ist die von [Konrad Zuse](#) erstellte, noch immer rein mechanisch arbeitende [Z1](#) von [1937](#). Vier Jahre später realisiert Zuse seine Idee mittels elektrischer [Relais](#): Die [Z3](#) von [1941](#) verfügt bereits über eine Trennung von Befehls- und Datenspeicher und ein Ein-/Ausgabepult. Etwas später werden in England die Bemühungen zum Bau von Rechenmaschinen zum Knacken von deutschen Geheimbotschaften unter maßgeblicher Leitung

von [Alan Turing](#) mit großem Erfolg vorangetrieben. Parallel entwickelte [Howard Aiken](#) mit [Mark I](#) (1944) den ersten Computer der USA, wo die weitere Entwicklung maßgeblich vorangetrieben wurde. Einer der Hauptakteure ist hier [John von Neumann](#), nach dem die bis heute bedeutende [Von-Neumann-Architektur](#) benannt ist. [1946](#) erfolgt die Entwicklung des Röhrenrechners [ENIAC](#), [1949](#) wird der [EDSAC](#) gebaut. Ab [1948](#) steigt [IBM](#) in die Entwicklung von Computern ein und steigt innerhalb von zehn Jahren zum Marktführer auf. Mit der Entwicklung der [Transistortechnik](#) und der [Mikroprozessortechnik](#) werden Computer von dieser Zeit an immer leistungsfähiger und preisgünstiger. Im Jahre 1982 erobert die Firma [Commodore](#) schließlich mit dem [C64](#) den Massenmarkt.

http://de.wikipedia.org/wiki/Informatik#Entwicklung_des_Computers

Um die gleiche Zeit, als der Transistor erfunden wurde, setzte eine systematische Miniaturisierung, d.h. Verkleinerung der elektronischen Schaltungen durch kleine Baugruppen (Modul) und/oder besondere Herstellungsverfahren ein.

Der erste Schritt in die Verkleinerung war die um **1949** in den USA und um etwa 1955 in Deutschland eingeführte **gedruckte Schaltung**. Sie wurde bereits 1926 von dem französischen Techniker C. Parolini erfunden.

Bei ihr handelt es sich um eine in Miniaturbauweise ausgeführte elektrische Schaltung, die unter Verwendung eines Druckverfahrens auf eine Isolierstoffplatte aufgebracht ist. Als Weiterentwicklung der gedruckten Schaltung wird die integrierte Schaltung (1958) angesehen.

1947 begann der Amerikaner Howard Hathaway Aiken (* Hoboken[N. J.] 1900, † St. Louis [Mo.] 1973), der mit seinen beiden Relaisrechnern MARK I (1944) und MARK II (vollendet Januar 1947) große technische Erfahrungen gesammelt hatte, mit dem Bau seines ersten Röhrenrechners MARK III. Dieser **1950** fertiggestellte **Computer** enthielt 5000 Röhren, 1500 Relais und 1300 Dioden; als Speicher arbeitete ein Magnettrommelwerk (1932) aus acht Trommeln mit 4200 Speicherplätzen. Der Rechner hatte eine Multiplikationszeit von 12 Millisekunden.

Der MARK III war der erste Computer, bei dem die Ein- und Ausgabe der Daten über Magnetbänder statt über Lochstreifen oder Lochkarten erfolgte, d.h. bei dem Magnetbänder als Peripheriespeicher fungierten.

Der von den ENIAC-Konstrukteuren John Presper Eckert (* Philadelphia [Pa.] 1919) und John William Mauchly (* Cincinnati [Oh.] 1907, † 1980) entworfene elektronische Rechner "UNIVAC (Universal Automatic **Computer**) I" war der eigentliche Startpunkt der Computerserienfertigung. Der erste UNIVAC verließ **1950** in Philadelphia (Pa.) das Fließband der Eckert and Mauchly Computer Company (gegr. 1948). Das Modell war sehr erfolgreich, auch nachdem 1950 die Firma Eckert-Mauchly von der Remington Rand Inc. übernommen worden war. In den Jahren 1951-1956 wurden 46 Maschinen dieses Typs verkauft. Die UNIVAC I-Anlage enthielt 5600 Röhren, 1800 Dioden und 300 Relais und benötigte für eine Addition nur noch 0,5 Millisekunden.

<http://www.ib.hu-berlin.de/~wumsta/infopub/textbook/umfeld/rehm.html>

Transistor

aus Wikipedia, der freien Enzyklopädie

Ein **Transistor** ist ein elektronisches [Halbleiterbauelement](#), bestehend aus einem [Halbleiter](#) als Grundmaterial, das zum [Schalten](#) und zum [Verstärken](#) von [elektrischen Strömen](#) und [Spannungen](#) verwendet wird. Der Transistor erlaubt durch kleine Steuerspannungen bzw. kleine Steuerströme größere elektrische Ströme ohne mechanische Bewegungen zu beeinflussen. Die Bezeichnung ist eine Kurzform für die englische Bezeichnung ***Transfer*** [Varistor](#) oder ***Transformation*** [Resistor](#) die den Transistor als einen durch Spannung oder Strom steuerbaren [elektrischen Widerstand](#) (engl. *resistor*) beschreibt.

Transistoren werden in der [Nachrichtentechnik](#) (z. B. im [Transistorradio](#)), [Automatisierungstechnik](#) und in [Computersystemen](#) in großer Zahl als elementares

Schaltelement eingesetzt. Die Vorteile des Transistors sind seine geringe Größe, geringer Leistungsverbrauch sowie in [integrierten Schaltungen](#) niedrige Herstellungskosten pro Transistor.

<http://de.wikipedia.org/wiki/Transistor>

Geschichte der Transistoren

Transistoren aus den 1960er Jahren wie sie in damaligen Computern verwendet wurden.

Die ersten Patente zum Prinzip des Transistors wurden von [Julius Edgar Lilienfeld](#) (Deutschland) 1926 angemeldet [1]. Lilienfeld beschreibt in seiner Arbeit ein elektronisches Bauelement, welches im weitesten Sinne mit heutigen [Feldeffekttransistoren](#) vergleichbar ist und mit ähnlichen Eigenschaften wie eine [Elektronenröhre](#). Zu dieser Zeit fehlten allerdings die notwendigen Technologien Feldeffekttransistoren praktisch zu realisieren [2].

Im Jahr 1934 konstruierte der deutsche Physiker [Oskar Heil](#) den ersten Feldeffekttransistor, welcher mit heute üblichen [Sperrschicht-Feldeffekttransistoren](#) (JFET) vergleichbar ist. Die ersten praktisch realisierten JFET mit einem [p-n-Übergang](#) (positiv-negativ) und einem sogenannten *Gate* als Steuerelektrode gehen auf [Herbert Matare](#), [Heinrich Welker](#) und parallel dazu [William B. Shockley](#) und [Walter H. Brattain](#) aus dem Jahr 1945 zurück. Damit wurde der Feldeffekttransistor noch vor der Erfindung des [Bipolartransistors](#) realisiert. Allerdings bezeichnete man damals Feldeffekttransistoren noch nicht als Transistor. Der Begriff Transistor wurde erst in den Jahren nach 1948 gebildet.

Die Erfindung und Realisierung des ersten funktionierenden Bipolartransistors wird auf Dezember [1947](#) in den [Bell Laboratories](#) datiert. Beteiligt an der Erfindung waren [William B. Shockley](#), [John Bardeen](#) und [Walter Brattain](#), die dafür 1956 den [Nobelpreis](#) für Physik erhielten. In den [1950er](#) Jahren gab es einen Wettlauf zwischen [Röhre](#) und den damals üblichen

Bipolartransistoren, in dessen Verlauf die Chancen des Bipolartransistors häufig eher skeptisch beurteilt wurden. Feldeffekttransistoren spielten im Gegensatz zu den ersten Bipolartransistoren in den 1950er bis in die späten 1960er Jahre kaum eine Rolle. Sie ließen sich mit dem damaligen Kenntnisstand nicht wirtschaftlich fertigen und waren umständlich zu handhaben. Erst mit auftretenden Problemen bei den bipolaren Transistoren, wie deren Leistungsbedarf und Anforderungen bei [integrierten Schaltungen](#), beschäftigte man sich ab ca. 1955 eingehender mit den Halbleiteroberflächen und entwickelte in Folge Fertigungsverfahren wie die [Planartechnik](#), die die Feldeffekttransistoren in dem Folgejahrzehnt zur Serienreife brachten.

Die ersten handelsüblichen Bipolartransistoren wurden aus dem Halbleitermaterial [Germanium](#) hergestellt und wurden ähnlich wie [Elektronenröhren](#) in winzige Glasröhrchen eingeschmolzen. Seit den späten 1960er Jahren kommen grossteils Metall- oder Kunststoffgehäuse zur Anwendung und als Basismaterial wurde verstärkt das technisch vorteilhaftere [Silizium](#) eingesetzt.

Der erste auf Galliumarsenid basierende Feldeffekttransistor ([MESFET](#)) wurde 1966 von [Carver Mead](#) entwickelt [3].

[Dünnschichttransistoren](#) (engl. *thin film transistor*, abgekürzt *TFT*) wurden bereits 1962 von P. Weimer entwickelt, konnten aber erst rund 30 Jahre später im Bereich heute üblicher farbiger [TFT-Displays](#) einen Anwendungsbereich finden [4].

Wenn alle Transistoren in sämtlichen bislang hergestellten Schaltkreisen ([Arbeitsspeicher](#), [Prozessoren](#) usw.) zusammenzählt werden, ist der Transistor inzwischen diejenige technische Funktionseinheit, die von der Menschheit in den höchsten Gesamtstückzahlen produziert wurde.

Typen

[Bipolare Transistoren](#) werden durch einen elektrischen Strom angesteuert. Die Anschlüsse werden mit *Basis*, *Emitter*, *Kollektor* bezeichnet. Ein kleiner [Strom](#) auf der Basis-Emitter-Strecke führt zu Veränderungen der [Raumladungszonen](#) im Inneren des Bipolartransistors und kann dadurch einen großen Strom auf der Kollektor-Emitter-Strecke steuern. Je nach

Dotierungsfolge im Aufbau unterscheidet man zwischen *npn* (negativ-positiv-negativ) und *pnp*-Transistoren (positiv-negativ-positiv). Dotierung bedeutet in diesem Zusammenhang das Einbringen von Fremdatomen bei dem Herstellungsprozess in eine Schicht des hochreinen Halbleitermaterials um die Kristallstruktur zu verändern.

Die Bezeichnung *bipolar* leitet sich bei diesem Transistor von dem Umstand ab, dass der Ladungsträgertransport im Transistor sowohl durch bewegliche negative Ladungsträger, den Elektronen, als auch durch positive Ladungsträger, dies sind die ortsfesten Ladungsträger des Atomverbandes welche in einem Halbleiter als Defektelektronen bezeichnet werden, gebildet wird. Bipolare Transistoren sind grundsätzlich immer *selbstsperrend*: Ohne Ansteuerung mittels eines kleinen Stromes durch die Basis-Emitter-Strecke sperrt der Transistor auf der Kollektor-Emitter-Strecke.

Im Schaltsymbol ist der Anschluss *Emitter* (E) in beiden Fällen mit einem kleinen Pfeil versehen: Bei einem npn-Transistor zeigt dieser weg vom Bauelement, bei einem pnp-Transistor weist er zu dem Bauelement. Dieser Pfeil beschreibt die elektrische Stromrichtung am *Emitter*. Der Anschluss in der Mitte ist die *Basis* (B), der dritte Anschluss der *Kollektor*(engl.: *collector*, C). In früheren Jahren wurde manchmal bei den damals oft eingesetzten diskreten Transistoren ein Kreis um das jeweilige Symbol gezeichnet, welches das Transistorgehäuse darstellen soll. Das Symbol mit Kreis ist durch die stärkere Verbreitung von integrierten Schaltungen und darauf integrierten Transistoren heute unüblich.

Eine spezielle Form der Verschaltung zweier Bipolartransistoren wird als Darlington-Transistor oder als Darlington-Schaltung bezeichnet. Damit kann eine besonders hohe Stromverstärkung erreicht werden. Weitere Details zu den Besonderheiten und Ansteuerungen finden sich in dem eigenen Artikel über Bipolartransistoren und in der mathematischen Beschreibung des Bipolartransistors. Einfache Schaltungsbeispiele finden sich in dem Artikel über Transistorgrundschaltungen und bei den Ersatzschaltungen des Bipolartransistors.

Rechner der 1. Generation

Beispiele für Röhrenrechner:

[Z22 von Konrad Zuse](#)

[ENIAC](#)

[von Eckert und Mauchly](#)

Röhrencomputer

Röhrencomputer wurden bereits vor über 50 Jahren entwickelt und sind mit den heutigen Rechnern nicht vergleichbar. Sie hatten die Größe eines großen Kastens und wogen ca. eine Tonne.

Rechner mit [Elektronenröhren](#) als Schaltelemente bezeichnet man als "**Computer der 1. Generation**".

1934 kam der Gedanke auf, einen Rechner zu konstruieren, um Gleichungen zu lösen, Statistiken zu erstellen und, besonders wichtig für das Militär, Fluglinien von verschiedenen Geschossen zu errechnen. Oft war das Militär auch zugleich Auftraggeber und Finanzierer solcher Projekte.

Der erste Röhrencomputer wurde im Jahre 1946 von Eckert und Mauchly realisiert, die den [Eniac](#) entwickelten.

Elektronisches Multipliziergerät,
Sprick und Schmidt, Kiel 1949
bestand aus 2000 Röhren und konnte 5stellige Dezimalzahlen verarbeiten

<http://www.blick.it/angebote/informatik/inf335.htm>

Electronic Numerical Integrator and Computer (ENIAC)

aus Wikipedia, der freien Enzyklopädie

Der **Electronic Numerical Integrator and Calculator** (ENIAC) war der erste elektronische digitale Universalrechner. Im Auftrag der US-Armee wurde er ab 1942 von J. Presper Eckert und John W. Mauchly an der University of Pennsylvania entwickelt und am 14. Februar 1946 der Öffentlichkeit vorgestellt. Bis zu seiner Abschaltung am 2. Oktober 1955 diente er der US-Armee zur Berechnung ballistischer Tabellen. Ähnlich dem Atanasoff-Berry-Computer (1938–1942) und dem Britischen Colossus (1943), einem kryptographischen Spezialrechner, benutzte der ENIAC Elektronenröhren zur Repräsentation von Zahlen und elektrische Pulse für deren Übertragung. Dies bewirkte eine deutlich höhere Rechenleistung als die von Konrad Zuses Z3 (1941), die zwar eine vergleichsweise moderne Architektur aufwies, aber noch auf mechanischen Relais basierte. Wie der ASCC (erbaut zwischen 1939 und 1944, später als „Mark I“ bekannt) verwendete der ENIAC ein Dezimalsystem zur Darstellung von Zahlen.

http://de.wikipedia.org/wiki/Electronic_Numerical_Integrator_and_Computer#Geschichte

Wie funktionieren Röhrencomputer?

Im Prinzip funktionierte ein solcher Computer bereits wie ein heutiger. Schaltelemente von Röhrencomputern waren mehrere Tausend Elektronenröhren, fast luftleere Glaskolben, in denen Strom fließt, der mit Hilfe einer angelegten elektrischen Spannung gesteuert werden kann.

Diese Röhren haben gegenüber den Relais den Nachteil, dass sie mehr Strom verbrauchen und eine kürzere Lebensdauer haben, allerdings arbeiten sie mit einer höheren Schaltgeschwindigkeit

Man entwickelte die heute noch gültige Speicherhierarchie und eine entsprechende Programmiersprache.

Die Programme dieser Rechner waren fest verdrahtet und nur von Hand veränderbar, indem man Drähte umsteckte.

Mit der UNIVAC1 begann der serienmäßige Bau von

Universalrechnern. Es wurden im ganzen 49 Anlagen gebaut, jede wog 19 Tonnen. Der Kaufpreis betrug 1957 eine Million Dollar.

Teile der Rechenanlage ORACLE

Oak Ridge Automatic Computer and Logical Engine, 1950-1954
Deutsches Museum, München

<http://www.blick.it/angebote/informatik/inf335.htm>

Der Z22

[Konrad Zuses](#) erster Elektronenrechner wurde Z22 genannt.

Dieser Computer kannte bereits eine **dreistufige**

Speicherhierarchie:

- **32 Kernspeicher:** Spannung wird an sich kreuzende Kupferdrähte gelegt, sodass diese sich berühren. Dieser Kontakt wird als Speicherung eines Bits verwendet und wird magnetisch erhalten.
- **8192 Trommelspeicher-**worte können direkt angesprochen werden.
- **Lochstreifenleser:** Kann nicht direkt aufgerufen werden; es wird sequentiell gespeichert.

Geschwindigkeit:

Eine Addition führte dieses Gerät innerhalb von 0,6 ms, eine Multiplikation in 10 ms, eine Division in 60 ms und eine Wurzel in 200 ms durch.

Anwendungsgebiete:

Betriebswirtschaft, Bautechnik, Maschinenbau, Elektrotechnik, Kernreaktorbau, Vermessungstechnik, Optik und Bergbau.

Von der Rechenanlage Z22 wurden genau **55 Stück zu je 250.000 €** verkauft.

Der einzige heute noch betriebsfähige Röhrencomputer Z22 steht in der Fachoberschule in Karlsruhe und wurde unter Denkmalschutz gestellt.

Rechenanlage Zuse Z22, Zuse KG

Mit der Z22 wandte sich Konrad Zuse der Serienfertigung elektronischer Rechenanlagen zu, zunächst noch in

Röhrentechnik. Ab 1956 wurden vom Modell Z22 55 Anlagen gebaut.

<http://www.blick.it/angebote/informatik/inf337.htm>

Informationen, die elektronisch bearbeitet, gespeichert oder übertragen werden, werden überwiegend durch den Binärcode, einen aus einem Zeichenvorrat von nur zwei Zeichen (Binärzeichen) aufgebauten Code, dargestellt. Die kleinste Darstellungseinheit für Informationen und Daten, die aus der Binärentscheidung, d.h. der Alternativentscheidung zwischen nur zwei möglichen Zuständen (ja/nein; 0/1; Strom/kein Strom) besteht, wird als **Bit** (als Nachrichteneinheit bit geschrieben) (Abk. für engl.: binary digit = Binärziffer) bezeichnet.

Bit ist auch die Bezeichnung für die einzelne Stelle eines binär codierten Wortes.

Im Speicher einer elektronischen Datenverarbeitungsanlage belegt ein Bit eine sogenannte Speicherzelle mit den möglichen Inhalten 1 und 0.

In der Nachrichtentechnik ist 1 bit die Einheit für den Informationsgehalt einer Nachricht. Tausend Bit bilden ein Kilo-Bit, eine Million ein Mega-Bit und eine Milliarde ein Giga-Bit. Die Nachrichteneinheit als "bit" zu bezeichnen, wurde auf einem Treffen von Physiologen, Rechenmaschinenkonstruktoren und Mathematikern beschlossen, das gegen Ende des Winters 1943/1944 in Princeton (N. J.) stattfand. Zu dieser Zusammenkunft hatten die amerikanischen Mathematiker Norbert Wiener (* Columbia [Mo.] 1894, † Stockholm 1964) und John von Neumann (* Budapest 1903, † Washington [D. C.] 1957) Wissenschaftler eingeladen, die an Fragen der Nachrichtenübertragung in Verbindung mit Problemen der Steuerung und Regelung interessiert waren.

"Bit" als Einheit in der elektronischen Datenverarbeitung wurde von dem amerikanischen Mathematiker John W. Tukey im Zusammenhang mit der Arbeit am ENIAC-Computer 1946 eingeführt.

<http://www.ib.hu-berlin.de/~wumsta/infopub/textbook/umfeld/rehm.html>

Der amerikanische Elektroingenieur John Presper Eckert (* Philadelphia [Pa.] 1919) und der amerikanische Physiker John William Mauchly (* Cincinnati [Oh.] 1907, † 1980) bauten zwischen 1942 und 1946 den ersten Rechenautomaten der USA mit Elektronenröhrentechnik, zugleich die erste elektronische Großrechenanlage der Welt, die den Namen "ENIAC (Electronic Numerical Integrator and **Computer**)" erhielt.

Der mit über 18 000 Elektronenröhren bestückte, 30 Tonnen schwere und einen 140 qm großen Raum füllende erste Großrechner der (auf der Röhrentechnik gründenden) ersten Computergeneration war ab Mai **1946** einsatzfähig. Er hatte eine etwa tausendmal schnellere Multiplikationszeit als der elektromechanische Rechner "MARK I" (1944).

Der ENIAC-Computer wurde zunächst für militärische Zwecke (ballistische Berechnungen von Geschossen, Atomwaffenentwicklung), später als Universalrechner eingesetzt und war bis Oktober 1955 im Betrieb. Heute steht er im historisch-technischen Museum der Smithsonian Institution, Washington (D. C.).

(1973 wurde in einem Patentprozeß in den USA der 1942 vollendete Atanasoff-Berry-Rechner bekannt und damit der Prioritätsanspruch von ENIAC, die erste elektronische Großrechenanlage der Welt zu sein, fragwürdig.)

<http://www.ib.hu-berlin.de/~wumsta/infopub/textbook/umfeld/rehm.html>

Eins der wichtigsten Bauelemente der Elektronik, der **Transistor** (bestehend aus einem Halbleiterkristall mit mindestens drei Elektroden), wurde **1948** von den amerikanischen Physikern John Bardeen (* Madison [Wis.] 1908, † Boston [Mass.] 1991), Walter Houser Brattain (* Amoy [China] 1902, † Seattle [Wash.] 1987) und William Bradford Shockley (* London 1910, † Stanford [Calif.] 1989) in den Bell Telephone Laboratories in Murray Hill (N. Y.) entwickelt, wofür sie 1956 den Nobelpreis für Physik erhielten.

Ihr erster Transistor (Spitzentransistor) war ein dünnes Plättchen des halbleitenden Materials Germanium.

Am 22. Dezember 1947 bauten die Wissenschaftler erstmals

ein solches Element statt einer Elektronenröhre in einen Musikverstärker und erzielten mit ihm die gleiche Wirkung wie mit einer Verstärkerröhre. Der Transistor hat gegenüber der Elektronenröhre wesentliche Vorteile: Er ist beträchtlich kleiner, langlebiger und hat einen weit geringeren Energiebedarf. Nach Verbesserung des Transistors in den nächsten Jahren (1952 war er noch zehnmal kleiner geworden als zu Anfang, das Baumaterial Germanium war durch reines, kristallines Silizium ersetzt worden u.a.) wurden 1955 die ersten Transistoren serienmäßig hergestellt. 1956 waren bereits 164 verschiedene Transistorarten auf dem Markt. Transistoren sind nicht nur als Verstärkerelemente, sondern auch als elektronische Schalter zu verwenden und arbeiten mit den für moderne Computer erforderlichen Schaltgeschwindigkeiten. Sie haben Taschenrechner und Digitaluhren möglich gemacht und die Röhren in Rundfunk und Fernsehgeräten ersetzt. Die Weiterentwicklung der Transistor-Technologie hat zur Miniaturisierung elektronischer Schaltkreise geführt (integrierte Schaltkreise [1959]).

<http://www.ib.hu-berlin.de/~wumsta/infopub/textbook/umfeld/rehm.html>

Wie ein Computer funktioniert – Vom ersten bis zum letzten Transistor

..., insbesondere, wie sein Inneres, der Prozessor, mit seinem Programm- und seinem Datenspeicher funktioniert!
Mit seinen Millionen und Abermillionen Transistoren!
Mit seiner unglaublichen, ungeheuren Geschwindigkeit! Und
alles auf einem winzigen Elektronik-Chip!

Wie ein Computer funktioniert, vom ersten bis zum letzten Transistor ist in erster Linie geschrieben für alle an Technik Interessierte, aber auch für zukünftige Informatiker!

So richtig kann man das nur „erleben“, wenn man einen Computer selbst programmiert, ihn auch selbst konstruiert.

Und eben das ist das Ziel: Einen Rechner programmieren bis zum „letzten Bit“, ihn konstruieren bis zum „letzten Transistor“.

Und schließlich in seine Rolle schlüpfen, selbst Rechner spielen und seine Programme ausführen wie er, ihn also selbst „erleben“.

Das zu erreichen, dazu gehört ein starkes Moment an Neugierde. Neugierde auf das, was hier beschrieben, auf das, wie es funktioniert. Neugierde, wie die Schaltungen aussehen. Neugierde, wie die Aufgaben gelöst werden. Neugierde schließlich, wie eine Person, wenn sie Rechner „spielt“, „handeln würde“.

ros.w.cs.tu-berlin.de/sonstiges/Wie%20ein%20Computer%20funktioniert.pdf

1 Was ist so einzigartig an Computern?

Es ist beinahe unvorstellbar, aber es ist tatsächlich so:

Sämtliche Informationsverarbeitung mittels Computer, ob es sich um Bilder im Fernsehen, um Bilder im Fotoalbum, ob es sich um Reden oder Musik im Rundfunk, um Musik von der CD handelt, natürlich auch, wenn es sich um Texte handelt oder erst recht, wenn es sich um Zahlen handelt: ¹⁾

Alles und Jedes wird durch Zahlen ausgedrückt.

Das ist einer der Gründe, weshalb Computer so einzigartig in der Welt der Technik dastehen. Denn Rechnen mit Zahlen ermöglicht es – wie man sieht –, die verschiedensten Anwendungsgebiete zu bedienen. Hinzu kommt, daß selbst die Programme als Zahlenfolgen interpretiert werden und somit verarbeitbar sind.

Einen zweiten Grund gibt es, weshalb Computer so einzigartig sind; es ist die Eigenheit:

Ein und derselbe Computer führt unterschiedlichste Programme aus.

Ein und dasselbe Gerät bekommt also – ohne irgendeine Änderung in seinem Aufbau – mal diese und mal jene Rolle zugewiesen, spielt also mal diese und mal jene Rolle, allein durch Auswechseln seiner Programme.

Wo gibt es das sonst in der Technik?

- Etwa beim Gebäudebau: Sind Häuser ohne jeglichen Umbau mal für diesen, mal für jenen Zweck nutzbar, heute als Wohnhaus und morgen als Fabrik?
- – Etwa im Automobilbau: Sind Autos ohne jeglichen Umbau mal für diesen, mal für jenen Zweck nutzbar, heute als Personen- und morgen als Lastkraftwagen?

Dazu kommt, daß es nur ganz weniger Mittel bedarf, Computer zu programmieren!

Von der einfachsten Aufgabe bis zu hochkomplexen Systemen!
– Nur deshalb ist es möglich, wie hier auf wenigen Seiten die Programmierung von Computern zu beschreiben, freilich für ein in technisch/organisatorischer Hinsicht einfaches Exemplar „Computer“.

Trotzdem: Gegenüber den leistungsfähigsten Computern unterscheidet sich dieser, unser Computer dann im Grunde nur durch die Ausführungsgeschwindigkeit seiner Programme, also durch seine Leistungsfähigkeit, natürlich um Größenordnungen!

1) Die Liste lässt sich natürlich beliebig fortsetzen.

Zahlen für Information

Wie allgemein bekannt, funktioniert jegliche Informationsverarbeitung ausschließlich mit Zahlen. Interessant ist, dass es sich dabei um Zahlen eines ganz primitiven Systems handelt,

des primitivsten Systems überhaupt, nämlich eines Systems, das nur „nichts“ und „etwas“ kennt, kurz „0“ und „1“.

Das ist das bekannte Dualzahlensystem mit seinen 2er-Ziffern, den *binary digits*, den *Bits*.

Tabelle 2-1 zeigt die ersten 16 Dualzahlen zusammen mit ihren Dezimaläquivalenten:

In der ersten Spalte in der Art, wie man sie im täglichen Leben benutzen würde.

In der zweiten Spalte, wie sie in einem 16-Bit-Rechner erscheinen, also mit allen ihren 16 Stellen.

Tabelle 2-1. Die ersten 16 Dualzahlen

<i>auf Papier</i>	<i>im Rechner</i>
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	0
1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	1
1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1	2
1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1	3
1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1	4
1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1	5
1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1	6
1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1	7
1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1	8
1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1	9
1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1	10
1 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1	11
1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1	12
1 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1	13
1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1	14
1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1	15

Die Entstehung der Tabelle ist schnell erklärt.

Bei 0 beginnend wird 1 hinzugezählt, d.h. addiert: es entsteht die 1. Auf 1 wird wiederum 1 addiert: es entsteht die – nicht die 2, die gibt es zwar als Dezimalzahl, jedoch nicht als Dualzahl. Vielmehr entsteht eine 0, aber mit einem Übertrag, d.h. 10. Auf 10 wird wiederum 1 addiert: es entsteht 11. Auf 11 wird wiederum 1 addiert: es entsteht 00 mit einem Übertrag, also 100 usw. (Bei Dezimalzahlen ist es im Grunde nicht anders.)

Eine Tabelle für die ersten ... Dezimalzahlen könnte nach demselben Schema erstellt werden:
auf die 0 folgt die 1, auf die 1 folgt die 2 usw., nur dass ein Übertrag erst dann entsteht, wenn alle zur Verfügung stehenden Ziffern 0 bis 9 ausgeschöpft sind. Das heißt, erst nach der 9 kommt die 10, erst nach der 99 kommt die 100 usw.)

Daß alles und jedes durch Dualzahlen darstellbar ist, ist einerseits selbstverständlich – jedenfalls für den, der über Informationsverarbeitung Bescheid weiß –, ist andererseits aber von geradezu ungeheurer Bedeutung – insbesondere, wenn man sich die Anwendungsmöglichkeiten vor Augen führt.

Wenn wir z.B. die 16-stellige Dualzahl 0110100001100001 hernehmen, so kann es sich handeln:
um einen Punkt eines Bildes mit 216, d.h. etwas mehr als 64000 Möglichkeiten zur Darstellung seiner Farbe, Intensität usw., um einen Wert eines Tons mit 216, d.h. etwas mehr als 64000 Möglichkeiten zur Darstellung seiner Tonhöhe, Lautstärke usw., um einen Text mit 2 mal 28 gleich 2 mal 256 Möglichkeiten zur Darstellung von 2 Buchstaben, Ziffern usw., hier z.B. um den Text „ha“, oder eben um eine von 216, also um eine von 65536 möglichen Dualzahlen, hier um die Zahl „26721“.
Mit dieser Zahl, also mit 0110100001100001 kann auch etwas ganz anderes dargestellt werden (codiert werden, wie der Fachmann sagt), nämlich eine Anweisung zur Ausführung einer Tätigkeit:
Tue „das“ mit „diesem“ mit z.B. 26 = 64 Möglichkeiten für Tue „das“ und 210 = 1024 Möglichkeiten für mit „diesem“.

Ändert man nur ein einziges Bit, z.B. das in der 3. Stelle (von rechts), also 0110100001100101 so entsteht:
 eine andere Farbe, eine anderer Ton, ein anderer Text, nämlich „he“, eine andere Zahl, nämlich „26725“, oder – eine andere Anweisung, also Tue „das“ mit „jenem“.

ros.w.cs.tu-berlin.de/sonstiges/Wie%20ein%20Computer%20funktioniert.pdf

Tabelle 7-2. Bit-Code nach ASCII, ergänzt um die nach DIN festgelegten zwölf Schriftzeichen (rechts der Schrägstriche)

binär	höherwertige 3 Bits											
	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1
	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
	hex	0	1	2	3	4	5	6	7			
0000	0	NUL	DLE	SP	0	@/§	P	./.	p			
0001	1	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q			
0010	2	STX	DC2	"	2	B	R	b	r			
0011	3	ETX	DC3	###	3	C	S	c	s			
0100	4	EOT	DC4	\$\$	4	D	T	d	t			
0101	5	ENQ NAK % 5 E U e u										
0110	6	ACK SYN & 6 F V f v										
0111	7											
1000	8	BS CAN (8 H X h x										
1001	9	HT EM) 9 I Y i y										
1010	A	LF SUB * : J Z j z										
1011	B	VT ESC + ; K [/ Ä k { / ä										
1100	C	FF FS , < L V Ö / ö										
1101	D	CR GS - = M } Ü m } / ü										
1110	E	SO RS . > N ^ / n ~ / ß										
1111	F	SI	US	/	?	O	_	o	DEL			

ros.w.cs.tu-berlin.de/sonstiges/Wie%20ein%20Computer%20funktioniert.pdf

Was ist so einzigartig an Computern?

Man glaubt es kaum:

Ein so ungemein wirkungsvolles, komplexes technisches Gebilde, wie es ein Computer ist, kommt mit ganz wenigen, ganz einfachen Bauelementen aus. Genau genommen – in funktionsmäßiger, nicht in aufbautechnischer Hinsicht – mit einem einzigen Bauelement, freilich in riesiger Anzahl auf kleinster Fläche zusammengepackt. Es handelt sich um:

Elektrische Schalter mit ihrer Einfachstfunktion Ein/Aus.
Allerdings müssen diese Schalter nicht nur elektrisch leiten können, sondern – und das ist jetzt für ihren Einsatz in Computern unabdingbar – sie müssen auch elektrisch bedienbar sein, steuerbar sein, wie man sagt.

Bei Konrad Zuse, 1941, waren es elektromechanische Schalter: Relais, uns heute vielleicht am ehesten von der Modelleisenbahn bekannt.

Bei v. Neumann 5 Jahre später, 1946, waren es schon elektronische Schalter:
Vakuümrohren, heute nur wegen ihrer Verstärkereigenschaft noch gelegentlich zu finden, z.B. in Verstärkern bei Musikinstrumenten.

In heutigen Digitalrechnern sind es auch elektronische Schalter mit dieser Einfachstfunktion:

nun aber Transistoren. Im Gegensatz zu den früheren Schaltern, also Relais und Röhren, Winzlinge von unvorstellbarer Kleinheit, auf engstem Raum milliardenfach zusammengepackt.

In dieser Hinsicht sind Computer einzigartig. Und nur dieser Eigenheit ist es zu verdanken, die Funktionsweise von Computern – wie hier – auf relativ wenigen Seiten beschreiben zu können.

Auf wenigen Seiten zwar nur für ein in technisch / Organisatorischer Hinsicht einfaches Exemplar „Computer“. Aber selbst für einen solch einfachen Computer gilt:

Man kann mit ihm Alles und Jedes programmieren.

Nicht etwa die paar in unserem Computer vorgesehenen Befehle bestimmen dessen Mächtigkeit.

Nein: Abgesehen von seiner Speichergröße, man kann mit ihm

tatsächlich alles programmieren. Nicht die Art seines Aufbaus, nur die Komplexität der Programme ist entscheidend für seine Mächtigkeit.

(Wo in der Technik gibt es das sonst? Etwa beim Gebäudebau, oder im Automobilbau: Bestehen Häuser oder Autos nur aus Bausteinen eines einzigen Typs? Bestimmen Häuser oder Autos etwa von sich aus deren Mächtigkeit?)

rosw.cs.tu-berlin.de/sonstiges/Wie%20ein%20Computer%20funktioniert.pdf

Der Schalter als Bauelement

Schaltertypen

Transistoren werden in der Elektronik in umfassender und vielfältiger Weise verwendet, und zwar – was ihre Wirkungsweise betrifft – mit stark wechselndem Einsatz, insbesondere mal als analoges Bauelement, z.B. als Verstärker, mal als digitales Bauelement, als Schalter. Dabei konzentriert man sich auf das Wesentliche, lässt die für die angesprochene Funktion unwesentlichen Details weg; man „abstrahiert“.

In der Digitaltechnik sind Transistoren die weitaus am häufigsten vorkommenden Bauelemente und – abstrahiert – zugleich auch die mit der einfachsten Wirkungsweise, nämlich:

Transistoren arbeiten wie Schalter. Sie lassen einen elektrischen Strom durch, oder sie blockieren ihn.

Ähnlich wie ein Lichtschalter einen Stromkreis schließt, so dass die Lampe brennt, oder ihn unterbricht, so dass sie nicht brennt.

In Digitalrechnern sind Transistoren zig millionenfach „verbaut“ und untereinander „vernetzt“. Sie schalten mit ungeheurer Geschwindigkeit (weit mehr als Millionen Mal in der Sekunde). Und sind ungeheuer klein (viel weniger als millionstel Quadratmillimeter).

Bild 11-1 zeigt in Teil a einen solchen Transistor in einer hier bevorzugten symbolischen Darstellung:

Wir wählen den Kreis als Schaltersymbol; die beiden Schalterstellungen (Ein, Aus) lassen sich gut einzeichnen. Das gewählte Symbol erinnert an die früher gebräuchlichen Drehschalter im Haushalt, mit denen die beiden Kontakte (im Schaltersymbol links und rechts) durch Drehen des Stegs geschlossen oder unterbrochen werden, so daß die Leitung für den Strom durchgeschaltet ist oder nicht durchgeschaltet ist. In der Elektrotechnik wird diese Ausdrucksweise auf die Schalter selbst übertragen:

Ein Schalter ist geschlossen, wenn der Stromkreis geschlossen ist. Ein Schalter ist geöffnet, wenn der Stromkreis unterbrochen ist. In den Zeichnungen der Relaisstechnik wird das besonders deutlich, siehe die links neben den Schaltersymbolen gezeichneten Relaisstellungen.

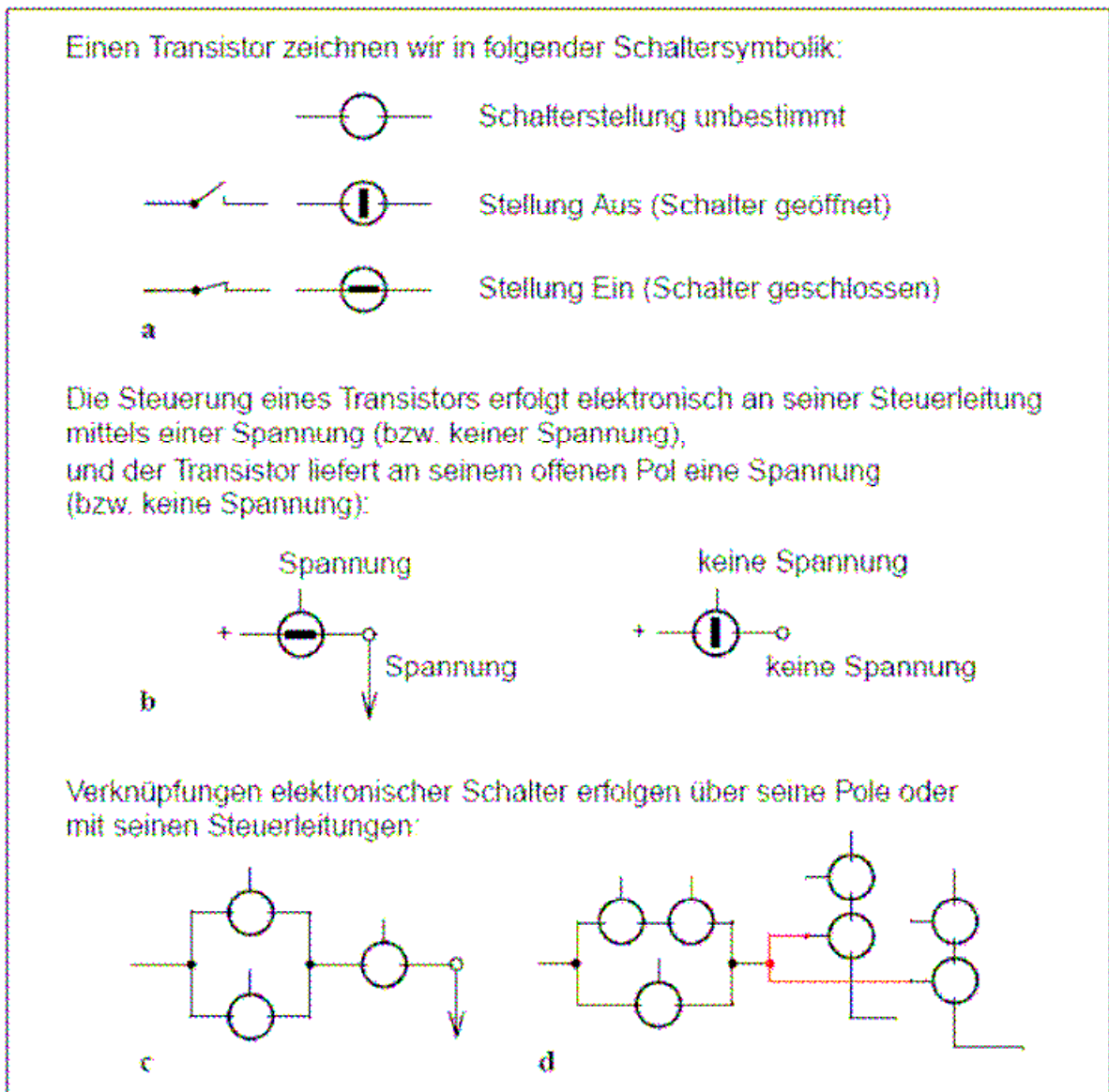


Bild 11-1. Transistoren in Schaltersymbolik, ihre Steuerung und ihre Verknüpfungsmöglichkeiten.

Die Verwendung von Transistoren als Schalter in der Digitaltechnik ist nun etwas komplizierter und etwas andersartiger als im Haushalt, und zwar deshalb, weil die „Ansteuerung“ eines Schalters (das Drehen des Stegs) nicht mechanisch durch Handbedienung erfolgt, sondern elektrisch durch eine Spannung – die „da“ ist, oder die „nicht da“ ist (Bild 11-1b). Man sieht, wie der eine „Draht“, der aus einem Schalter herausführt (im Bild der rechte), d.h. der eine Kontakt (Pol), eine solche Spannung liefert oder eben nicht liefert.

Somit können elektrische Schalter zum einen wie mechanische Schalter über ihre hinein- und herausführenden Leitungen, ihre Pole, mit weiteren Schaltern verbunden werden, verknüpft werden, wie man sagt. – In Bild 11-1c sieht man Verbindungen aller drei Schalter nur über deren Pole, z.B. im Haushalt zwei Klingelknöpfe, ein erster solcher Schalter an der Haustür und ein zweiter an der Wohnungstür, sowie ein weiterer Schalter, ein dritter, zur Stummschaltung der Klingel).

Zum anderen können elektronische Schalter, jetzt im Gegensatz zu mechanischen Schaltern, mit Spannungen gesteuert werden, und gleichzeitig liefern ihre Pole Spannungen, so dass sie eben darüber hinaus auch weitere Schalter „ansteuern“, d.h., deren Schalterstellungen „bewegen“ können.

– In Bild 11-1d sieht man die Verbindung der ersten drei Schalter mit Steuereingängen weiterer Schalter, z.B. in einem Rechner: um nicht dieselbe Schaltung (hier die erste) doppelt aufbauen zu müssen (anstelle der beiden einzelnen angesteuerten Schalter).

Es gilt festzuhalten:

Ein und dasselbe Medium – Elektrizität – wird also sowohl mit Schaltern durchgeschaltet als auch zur Schaltersteuerung benutzt. Schalter mit dieser Eigenschaft sind für die Computertechnik ein unverzichtbares Muss!

Beide Verknüpfungsarten kommen in der Computertechnik in mannigfacher Art vor und führen zu den früher angesprochenen riesigen Vernetzungen.

Ansteuerung. Die verschiedenen Möglichkeiten in der Ansteuerung eines Schalters sind in Bild 11-2 dargestellt:

Symbol (1) zeigt einen Schalter mit mechanischer Ansteuerung (der Kippschalter hat den Drehschalter von früher abgelöst). Dieser könnte nur dann einen gleichartigen Schalter ansteuern

und somit bewegen, wenn „Bewegung“ durch einen solchen Schalter durchschaltbar wäre. Da das nicht der Fall ist, sind der Vernetzung solcher Schalter Grenzen gesetzt.

Symbol (2) zeigt ebenfalls einen Schalter mit mechanischer Ansteuerung, aber nun einen, der eine Flüssigkeit durchschaltet. Ein solcher ist z.B. ein Wasserhahn (Ventil in der Fachsprache). Die Steuerung erfolgt durch Drehen einer Spindel, die den Widerstand im Ventil zwischen null und unendlich groß schaltet. Betrachtet man nur diese beiden Endzustände, so erfolgt in Stellung „Ein“ Durchgang und in Stellung „Aus“ Sperrung (ein Hebel an einem Wasserschlauch hat unmittelbar diese Wirkung).

Stellt man sich ein solches Ventil als Schalter vor, der mit Wasserdruck steuerbar ist, *mit* Druck „Ein“ und *ohne* Druck „Aus“, so wären mit Schaltern dieser Art Schaltervernetzungen wie in der Digitaltechnik möglich. Wir nennen solche Schalter hier hydraulische Schalter. Wir werden sie gelegentlich als Analoga zur Veranschaulichung der Wirkung von Transistoren benutzen.

Symbole (3), (4), (5) zeigen einen elektrischen und zwei elektronische Schalter:

das Relais, die Röhre und den Transistor.

Das Relais schaltet nur dann auf Ein, wenn an seinem Steuereingang (oben) eine Spannung anliegt, so dass ein Strom durch die Spule fließt. Dadurch entsteht ein Magnetfeld, das einen Eisenstab anzieht, der den Schalter schließt.

Die Elektronenröhre bzw. der MOS-Transistor (MOS metal oxid semiconductor) schaltet nur dann auf Ein, wenn an deren Steuereingängen (oben) eine Spannung anliegt. Das Schalten wird durch komplizierte physikalische Vorgänge bewerkstelligt, die zwischen den Elektroden der Röhre bzw. im Halbleitermaterial des Transistors ablaufen.

Symbol (6) schließlich zeigt noch einmal unseren, von den einzelnen realen Schaltern abstrahierten Schalter, jetzt ebenfalls mit Steuereingang (oben) gezeichnet.

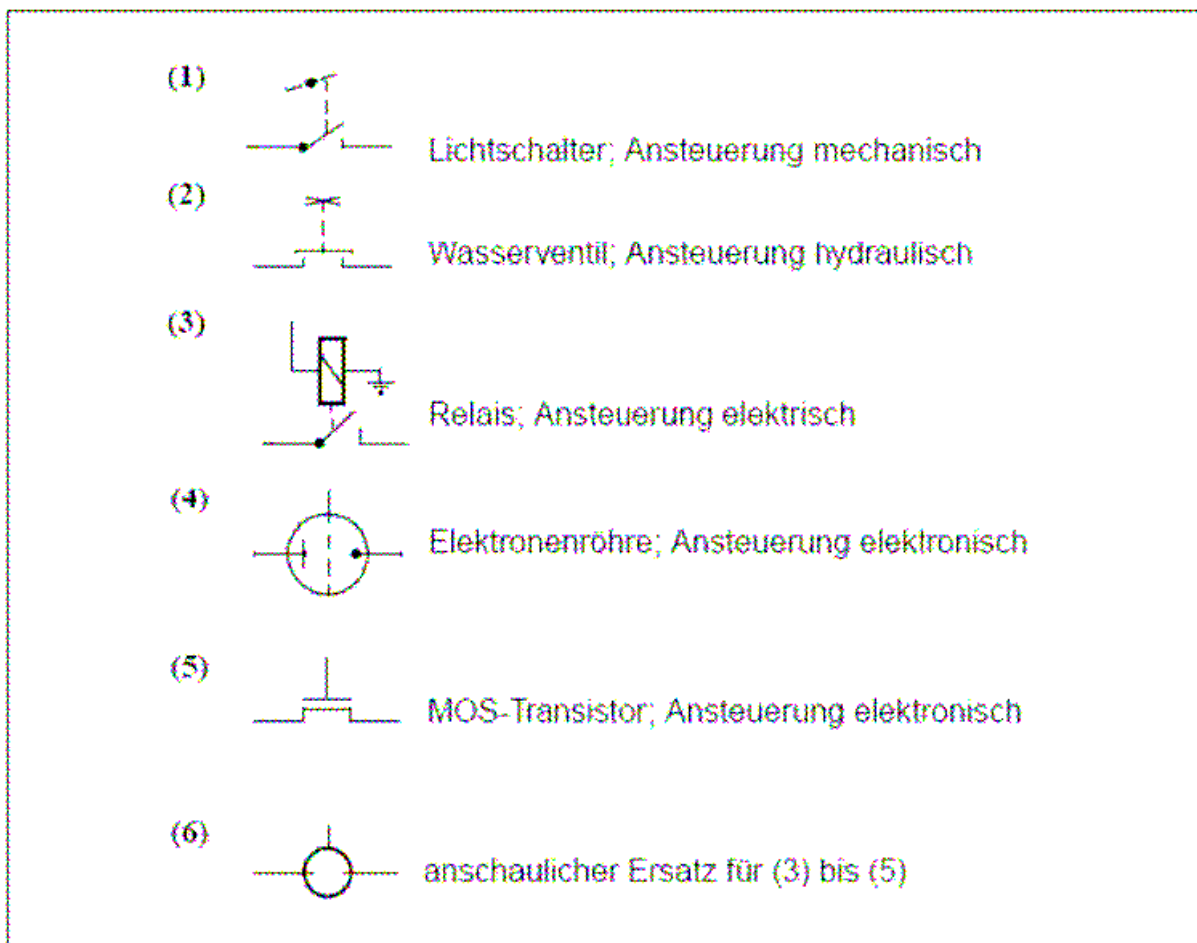


Bild 11-2. Schalter mit Ansteuerung und ihre Symbole.

Wie das Transistorsymbol enthält es keine zeichnerisch bevorzugte Schalterstellung, hat aber gegenüber dem Transistorsymbol den Vorteil, dass man Schalterstellungen einzeichnen kann. Das Einzeichnen der Schalterstellung ist immer dann angesagt, wenn das elektrische Potential am Steuereingang bekannt ist („+“ oder kein „+“), z.B. wenn eine bestimmte Situation im Verhalten der Schaltervernetzung, des Schaltnetzes, wie man sagt, dargestellt oder untersucht werden soll.

Eine elektronische Datenverarbeitungsanlage kann jede in geeigneter Form binär verschlüsselte Information verarbeiten und dadurch Aufgaben aus verschiedenen Arbeitsbereichen übernehmen. Sie besitzt aber nicht die Fähigkeit, von sich aus Probleme zu lösen, sondern sie benötigt dazu einen genauen Rechenplan oder eine vollständige Anweisung in einer der Maschine verständlichen Form (Maschinensprache), nach der die zur Bearbeitung einer Aufgabe erforderlichen Arbeitsgänge nacheinander, zum Teil auch gleichzeitig, ablaufen sollen. Dieser Rechenplan ist als Programm (Computerprogramm) definiert. Beim Lösungsgang einer auszuführenden Aufgabe ist das Programm gespeichert (in Lochstreifen, Magnetbändern, Kernspeichern u.a.).

Während bei den ersten **Computern** die Programmierung darin bestand, das Programm rechnergerecht zu schreiben und die Lage (Adressen) der einzelnen Befehle im Speicher festzulegen, entwickelte man später maschinenorientierte und danach problemorientierte Programmiersprachen, d.h. künstliche, formale Sprachen zur Formulierung von Programmen, die von einer elektronischen Rechenanlage ausgeführt werden können. Die maschinenorientierte Sprache (Assemblersprache, Assembler zu engl. to assemble = sammeln) hat die Struktur wie die Befehle der Maschinensprache des Computer-Typs, unterscheidet sich aber von der Maschinensprache dadurch, daß anstelle eines für den Menschen unverständlichen Binärcodes (ein ablauffähiges Programm muß in einen Digitalrechner binär eingegeben werden) die Befehle und Operanden durch leichter verständliche mnemotechnische Symbole dargestellt sind. (Anstelle der Codierung der Maschinenoperation "Addieren", z.B. durch 00010111 festgelegt, lautet die entsprechende Additionsanweisung "ADD".)

Diese hardwareabhängige symbolische Assembler-Sprache ist erstmals **1950** von dem Engländer Maurice V. Wilkes (* 1913) für den von ihm an der Cambridge University entwickelten und unter seiner Leitung bis 1949 gebauten Röhrenrechner "EDSAC" (Electronic Delay Storage Automatic Computer) eingesetzt worden. <http://www.ib.hu-berlin.de/~wumsta/infopub/textbook/umfeld/rehm.html>

In der Anfangszeit der elektronischen Datenverarbeitung arbeiteten die als Ausgabegeräte fungierenden Drucker (die die verarbeiteten Daten auf Papier druckten) nach konventionellen Hochdruckverfahren á la Schreibmaschine.

Als die Computer immer schneller wurden, reichte ihr Tempo nicht mehr aus. Es wurde der Drucker (engl.: Printer) entwickelt, ein Peripheriegerät für elektronische

Datenverarbeitungsanlagen, das mit hoher Geschwindigkeit (daher auch als **Schnelldrucker** bezeichnet) Daten, Programme und andere Informationen in Form von Text, Graphiken u.a. auf Papier ausgibt. Den ersten Schnelldrucker brachte **1953** die Remington Rand Inc. für den Großrechner UNIVAC I (1950) heraus. Er konnte 600 Zeilen pro Minute ausdrucken.

Besondere Bedeutung erlangten in der Folgezeit wegen ihrer hohen Druckgeschwindigkeit die Matrixdrucker (1957).

<http://www.ib.hu-berlin.de/~wumsta/infopub/textbook/umfeld/rehm.html>

Magnetkernspeicher (Ringkernspeicher), bei denen ringförmige Ferrit"kerne" die Informationsträger sind (jeder Ringkern kann ein Bit speichern), wurden früher häufig als Arbeitsspeicher von Computern verwendet. Der amerikanische Großcomputer "Whirlwind", **1953** gebaut vom Digital Computer Laboratory am MIT (Massachusetts Institute of Technology), Cambridge (Mass.), (als zweites verbessertes Exemplar von "Whirlwind I", gebaut 1947-1950) war der erste Computer mit einem Magnetkernspeicher.

(Whirlwind war 1955 noch der schnellste Rechner der Welt; er multiplizierte zwei fünfstellige Zahlen in 0,00006 Sekunden.)

<http://www.ib.hu-berlin.de/~wumsta/infopub/textbook/umfeld/rehm.html>

Nach den maschinenorientierten **Programmiersprachen** wurden von der Hardware unabhängige oder problemorientierte Programmiersprachen entwickelt, die auf ein bestimmtes Anwendungsgebiet zugeschnitten sind und sich in Bezeichnungen und Verknüpfungsregeln an die hier übliche Sprech- und Schreibweise anlehnen. Diese Sprachen sind

einheitlich definiert und können für jeden Rechnertyp verwendet werden. Zur Übersetzung in die von der Rechenanlage interpretierbare Maschinensprache dienen Übersetzer-Programme.

Die erste problemorientierte Programmiersprache wurde von dem Amerikaner John W. Backus als reiner Formelübersetzer (engl.: Formula translator) konzipiert, von der Firma IBM (USA), die die Entwicklungskosten übernahm, **1954** in einer ersten vorläufigen Fassung veröffentlicht, 1957 fertiggestellt und unter dem Namen FORTRAN den Anwendern im mathematischen, naturwissenschaftlichen und technischen Bereich zur Verfügung gestellt. In der Folgezeit wurde diese Sprache über mehrere, oft durch römische Ziffern gekennzeichnete Entwicklungsstufen dem Leistungsvermögen der Rechner angepaßt.

Die zweite **Computergeneration** (seit 1955) arbeitete mit der Transistoren- und Diodentechnik, die raumsparender als die Elektronenröhrentechnik war.

Der erste mit Transistoren bestückte Computer, entwickelt in den Forschungslaboratorien der Bell Telephone Corporation, Murray Hill (N. Y.), wurde am 19. März **1955** fertiggestellt und erhielt den Namen "TRADIC" (Abk. für engl.: Transistorized Digital Computer). Der mit 800 Transistoren und 11 000 Germaniumdioden ausgestattete Digitalrechner ging an die US-Luftwaffe.

Computer der zweiten Generation konnten in einer Sekunde bis zu 15 000 Additionen ausführen.

1956 stellte die IBM (USA) mit ihrem Rechner "IBM-305-RAMAC (Random Access Memory Accounting Computer)" den ersten **Computer** mit einem Magnetplattenspeicher vor. Auf 50 schnell rotierenden Magnetplatten konnte ein einzelner Schreib-/Lesekopf bis zu 10 Millionen zweistellige Zahlen abrufen oder speichern.

Der erste volltransistorisierte und in Serie hergestellte **Computer** wurde **1957** von der Firma Siemens AG, Berlin, München, unter der Bezeichnung "Siemens 2002" herausgebracht.

1957 führte die IBM (USA) den zu den **Schnelldruckern** gehörenden Matrixdrucker ein. Bei ihm waren die zu druckenden Zeichen nicht fertig als Lettern vorhanden, sondern wurden beim Druckvorgang aus Rasterpunkten zusammengesetzt und mit Hilfe eines matrixförmig angeordneten Blocks von kleinen, mikroprozessorgesteuerten Nadeln neu gebildet. Die Druckgeschwindigkeit des ersten Matrixdruckers (Nadeldruckers) betrug bereits 1000 Zeilen pro Minute.

Je nach Bauweise und Drucktechnik können Matrixdrucker heute sehr verschieden sein: es gibt außer Nadeldruckern z.B. Thermodrucker, Tintenstrahldrucker oder Laserdrucker. Die Druckqualität eines Matrixdruckers ist umso besser, je kleiner der Durchmesser der Matrixpunkte und je größer ihre Zahl pro Flächeneinheit ist.

Im Oktober **1958** fertigte der Amerikaner Jack St. Clair Kilby (* Jefferson City [Mo.] 1923), Wissenschaftler bei der Firma Texas Instruments Inc., Dallas (Texas), die erste integrierte Schaltung (engl.: integrated circuit, Abk.: IC), eine neuartige, miniaturisierte elektronische Schaltung, deren Bauteile nicht mehr auf verschiedenen Plättchen, sondern innerhalb eines und desselben Halbleiterkristalls an verschiedenen Stellen angebracht (integriert) wurden. Verschiedene Abschnitte eines Siliziumplättchens wurden mit Unreinheiten, d.h. mit anderen Stoffen, versetzt, so daß jeder dieser Teile andere Eigenschaften bekam und die Funktion eines Transistors, eines Kondensators, eines Widerstandes usw. übernehmen konnte, wobei die Schaltelemente noch durch die notwendigen Leitungen verbunden wurden. Vier Monate nach der Herstellung seiner ersten auf einem Halbleiterkristall integrierten elektronischen Schaltung, die deshalb auch als monolithische integrierte Schaltung oder als **Chip** (engl.= Stückchen, Schnipsel) bezeichnet wurde, meldete Kilby seine

Erfindung zum Patent an, das ihm aber erst 1964 erteilt wurde. Denn das Schutzrecht wurde zunächst angefochten, da nahezu gleichzeitig mit Kilby der Amerikaner Robert Norton Noyce (* 1927) unter Verwendung der von dem Schweizer Physiker Jean Amedee Hoerni (* 1924) in den USA 1958 entwickelten sogenannten Planartechnik zur Herstellung von Halbleiterbauelementen auch die Integrations-Idee verwirklicht hatte. Noyce brachte die Planartechnologie zur Praxisreife und schuf damit die Grundlage für die Mengenfertigung der Chips.

Der Amerikaner Grace Murray Hopper (* 1906) entwickelte für den **Computer** UNIVAC I bis **1958** die erste problemorientierte Programmiersprache für kommerzielle Anwendungen, die er FLOWMATIC nannte. (Bekannter ist die ebenfalls von ihm 1959 konzipierte Programmiersprache COBOL [Abk. für engl.: Common business oriented language], die 1964 als standardisierte Fassung unter der Bezeichnung "USA Standard COBOL" veröffentlicht wurde.)

In der üblichen **Computerklassifizierung** (Groß-Computer, Mikro-Computer, Mini-Computer [Büro-Computer], Personal Computer [PC], Home-Computer [Heim-Computer]) liegt die Leistung des Minicomputers (heute bis zu 2 Mio. Operationen in der Sekunde) oberhalb der des PC und unterhalb der des Mikrocomputers.

Der amerikanische Elektroingenieur Kenneth Harry Olsen (* Bridgeport [Conn.] 1926) entwickelte in der von ihm 1957 gegründeten Firma "Digital Equipment Corporation (DEC)", Maynard (Mass.), **1960** den ersten Minicomputer, den "Programmed Data Processor (PDP-1)". Dank der raumsparenden Transistortechnik paßte er in vier 1,80 m hohe Schränke. Beim PDP-1 erfolgte die Eingabe über eine einfache Tastatur und die Ausgabe über einen kleinen Bildschirm oder einen Drucker. Im Grunde führte diese Ausstattung in direkter Linie zu den heutigen Personal Computern.

Auf der Suche nach einem neuen Schreibmaschinensystem griff die IBM (USA) bei der Konstruktion ihrer im Jahre **1961** auf den Markt gebrachten (elektrischen) Kugelkopfschreibmaschine auf den Sammeltypenträger zurück, mit dem in der Frühzeit der **Schreibmaschine** schon einige Erfinder gearbeitet hatten: Statt, wie bei den konventionellen Maschinen, für jeden Buchstaben einen besonderen Typenhebel vorzusehen, verteilte sie den gesamten Schrifttypensatz auf der Oberfläche einer entlang der Schreibwalze beweglichen und beliebig austauschbaren Kunststoffkugel.

Ab 1964 arbeitete die verhältnismäßig leise und sehr schnell schreibende Kugelkopfmaschine mit nur einmal verwendbaren Spezialplastikfarbbändern in Kassette, und in der letzten Entwicklungsstufe konnten über eine Korrekturtaste und ein parallel zum Farbband geschaltetes Korrekturband falsch geschriebene Buchstaben oder auch ein ganzes Wort gelöscht werden.

Byte (engl. Kunstwort) ist in der elektronischen Datenverarbeitung eine zusammengehörige Folge von Bits zur Codierung von alphanumerischen Zeichen oder anderen Informationen (z.B. Schaltzuständen). Bei den meisten Programmiersprachen bilden acht Bits ein Byte, so daß durch ein Byte die Verschlüsselung von $2^8=256$ verschiedenen Zeichen (Buchstaben, Ziffern, Sonderzeichen) ermöglicht wird. Das Byte ist die kleinste im Speicher eines Computers adressierbare Informationseinheit.

Das Byte ist auch die gebräuchliche Maßzahl zur Angabe der Speicherkapazität der verschiedenen Speicher einer Rechenanlage. Man gibt diese Kapazitäten in den Vielfachen Kilo-Byte (KByte, Abk.: KB), Mega-Byte (MByte, Abk.: MB) oder Giga-Byte (GByte, Abk.: GB) an. Dabei sind $1 \text{ KB} = 2^{10} \text{ Byte} = 1024 \text{ Byte}$, $1 \text{ MB} = 2^{20} \text{ Byte} = 1\,048\,576 \text{ Byte}$, $1 \text{ GB} = 2^{30} \text{ Byte} = 1\,073\,741\,824 \text{ Byte}$. Der Begriff Byte wurde im Zusammenhang mit dem von der IBM (USA) für das Los Alamos Laboratory der U.S. Atomic Energy Commission entwickelten und **1961** in den Dienst gestellten Großcomputer "STRETCH" eingeführt.

1962 kamen in den USA die ersten integrierten Schaltungen auf den Markt.

Mit ihrem Baubeginn konnte man auf einem fünf Quadratmillimeter großen Siliziumplättchen acht Transistorfunktionen mit allen Verbindungsleitungen und Kontakten unterbringen. 1969 faßte ein **Chip** schon 64 Schaltkreise mit 664 Transistoren; 1970 wurden 14 000 Schaltelemente auf einen 17-Quadratmillimeter-Chip gebracht, womit die physikalischen Grenzen noch nicht erreicht waren. Schon beim Übergang von der Elektronenröhre zum Transistor (auf vielen Gebieten seit Beginn der 1950er Jahre) war die Miniaturisierung auf ca. ein Zehntel verwirklicht worden.

(Während die Röhren meist eine Länge von mehr als 10 cm hatten, war ein Transistor nicht viel größer als eine Erbse.)

Um **1962** schrumpften die Transistoren und die Dioden auf die Größe eines Salzkorns und führten bei elektronischen Rechen- und Datenverarbeitungsanlagen zu höherer Rechengeschwindigkeit und Leistung bei geringeren Herstellungskosten. Dies waren die Kennzeichen der dritten, durch die Miniaturtechnik bestimmten dritten

Computergeneration (seit 1962).

Später arbeiteten die Rechner der dritten Generation mit Schaltkreisen in sogenannter Hybridtechnik, die teils aus Einzelbauelementen und teils aus Bauelementen bestanden, die in ihrer Kombination eine bestimmte Funktion erfüllten. Etwa 15 000 Additionen pro Sekunde erreichten die Computer der zweiten Generation, 150000 Additionen in einer Sekunde schaffte die Nachfolgegeneration. (Beispiele für Rechner der dritten Generation waren der von der amerikanischen Computerfirma "Control Data Corporation" [gegr. 1957] konstruierte Großcomputer "CD 6600" [1964] und das IBM-System 360 mit verschiedenen Modellen [ab 1965].)

1964 brachte die Firma IBM (USA) die erste elektrische **Schreibmaschine** mit elektronischem Textspeicher (Magnetband) auf den Markt.

Derartige Schreibmaschinen, welche während des Schreibens den Text nicht nur auf Papier ausgeben, sondern auch elektronisch codiert auf einem Magnetband speichern, werden besonders für die Mengenfertigung von Werbebriefen und für die "programmierte Korrespondenz" eingesetzt, bei der immer wiederkehrende, formelhafte Textpassagen sowie ganze Standardbriefe als wesentlicher Teil der Geschäftskorrespondenz gespeichert sind, die bei Bedarf aus dem Speicher abgerufen und ausgeschrieben werden. Variable Textstellen (Datum, Adresse, ggf. Einzelheiten) können ausgespart und manuell eingetippt werden.

1965 brachte die Digital Equipment Corporation (DEC), Maynard (Mass.), mit ihrem "Programmed Data Processor 8 (PDP-8)" den ersten massenproduzierten **Kleincomputer** auf den Markt. Klein genug, um auf Labor- und Bürotischen Platz zu haben, setzte der PDP-8 nach den bisherigen Riesencomputern das Konzept der Minicomputer durch, womit der entscheidende Schritt der Dezentralisierung der Datenverarbeitung getan wurde.

Nachdem Mitte der 1950er Jahre die Periode der Maschinensprachen einschließlich ihrer Weiterentwicklung ihren Abschluß gefunden hatte, begann danach die systematische Entwicklung problemorientierter **Programmiersprachen**, die zu immer komplizierteren, aber dafür immer benutzerfreundlicheren Sprachen führte: ein Laie konnte sie nach kurzer Einarbeitung beherrschen. So entwickelten in den Jahren 1963-**1965** John G. Kemeny und Thomas E. Kurtz am Dartmouth College in Hanover (N. H.) die leicht zu lernende problemorientierte Programmiersprache BASIC (Abk. für engl.: Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code [Symbolischer Allzweck-Befehlscode für Anfänger]), die sich besonders für die mathematisch-wissenschaftliche Programmierung (u.a. von Tischrechnern)

eignet und sich mit verschiedenen Ergänzungen als Dialogsprache (d.i. eine für den Dialogbetrieb geeignete Programmiersprache) insbesondere bei Home- und Personal Computern bewährt hat.

1975 schrieben William H. Gates (* 1955), Student der Harvard University, und Paul Allen die Universal-Programmiersprache BASIC für Mikrocomputer um.

1968 lösten die Monolith-Schaltkreise die Minitransistoren und die in Hybridtechnik hergestellten Schaltkreise in den Rechnern der dritten Computergeneration (1962) ab und leiteten die vierte **Computergeneration** ein.

Die monolithischen integrierten Schaltungen, die in ihrem Inneren keine eingesetzten diskreten Bauelemente enthalten, führten zu einer weiteren Verkleinerung in der Elektronik: Ganze Schaltkreise lassen sich jetzt in einem einzigen Siliziumplättchen, einem Chip (1958), unterbringen.

Während die Computer der dritten Generation etwa 150 000 Additionen pro Sekunde erreichten, bewältigten die neuen, auf den hochintegrierten Schaltungen (Chips) basierenden Rechner bereits über 300 000 Additionen in der Sekunde.

Den Fortschritten in der Mikroelektronik sowie auch Verbesserungen der Rechner-Architektur ist es zu verdanken, daß die Computer immer leistungsfähiger wurden. Die Leistungsfähigkeit von Großcomputern reicht heute über 100 Mio. Operationen in der Sekunde hinaus. Man kann sie deshalb schon als Supercomputer bezeichnen (1976).

1969 gelang es dem Amerikaner Marcian Edward Hoff (*Rochester [N. Y.] 1937), Computerwissenschaftler bei der amerikanischen Firma für Halbleiterelemente "Intel Corporation" (gegr. 1968 von Robert Norton Noyce [*1927] im Zentrum der amerikanischen Computer-Industrie "Silicon Valley", südöstlich von San Francisco [Calif.]), alle Komponenten einer (aus Rechen- und Steuerwerk bestehenden)Zentraleinheit, des Hauptbestandteils eines Computers, auf einen einzigen, einige Quadratmillimeter großen Chip unterzubringen. Er schuf damit den ersten sogenannten **Mikroprozessor**, einen

standardisierten elektronischen Baustein, der für sich allein nicht arbeitsfähig ist, aber in Verbindung mit Speichern sowie Aus- und Eingabeeinheiten das Zentrum eines Mikrocomputers bildet. (Ein Mikrocomputer ist also ein Computer mit einem Mikroprozessor als Zentraleinheit.) Der Mikroprozessor ist keine neue technische Entwicklung, sondern die durch moderne technologische Verfahren zur Miniaturisierung von elektronischen Schaltkreisen möglich gewordene extrem verkleinerte Form eines Prozessors, der damit zum Steuern und Regeln in den unterschiedlichsten Geräten und Maschinen eingesetzt werden kann.

<http://www.ib.hu-berlin.de/~wumsta/infopub/textbook/umfeld/rehm.html>