

Illustration 6/1: Die Entwicklungsgeschichte der Datenverarbeitung nach den Entwicklungspfeilern: Software, Systeme und Hardware.

**C**OMPUTER und Mikroprozessoren oder allgemeiner, Datenverarbeitungsanlagen, beginnen die wirtschaftliche und damit auch die soziale Grundstruktur in einem Masse zu beeinflussen, wie das bis heute bei keiner anderen Erfindung unseres industriellen Zeitalters festzustellen war.

Dabei ist der erste wirklich leistungsfähige Computer, der weltberühmte ENIAC, erst 1946 fertiggestellt worden.

In einer denkbar kurzen Zeitspanne haben diese modernen Datenverarbeitungsanlagen jedoch eine derartige Perfektion erreicht, dass man mitunter schon von denkenden Maschinen und Systemen mit künstlicher Intelligenz spricht. Natürlich sind dies Übertreibungen, solange die Unbestimmtheit dieser Begriffe nicht durch präzise Definitionen begrenzt wird. Ein Computer führt ja nur aus, was ihm der Mensch in Form einer Punkt für Punkt definierten Befehlsfolge, des Programms, aufgegeben hat.

Heutige Computer sind das Ergebnis der Arbeit und der Erkenntnisse von Wissenschaftlern und Konstrukteuren verschiedenster Fachrichtungen. Die Ursprünge reichen bis 5000 Jahre v. Chr. zurück, in die Zeit der ersten Vorläufer von Zahlensystemen. Den zweiten Ausgangspunkt bildete die Konstruktion von Zählwerken im 17. Jahrhundert.

Der dritte Impuls geht ins 18. Jahrhundert zurück, als die Idee der Programmsteuerung erstmals von Falcon erwähnt wurde. Der nächste Schritt, war im 19. Jahrhundert, der Anbruch des Zeitalters der Elektromechanik.

Am Anfang des 20. Jahrhunderts wurden die ersten Bauelemente für die Nachrichtentechnik entwickelt. In den vierziger Jahren folgte dann die Entwicklung der ersten Halbleiterbauteile.

Diese grobe Übersicht findet einen einstweiligen Abschluss mit dem Jahre 1959, als die Integrationstechnik mit der Silizium-Planar-Technologie entwickelt wurde. Der technische Fortschritt wurde aber nicht nur von den Bauelementen beeinflusst, sondern auch von ständig verbesserten Systemkonzepten.

Die Illustration 6/1, die keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt, macht den Entwicklungsablauf deutlich und weist auch auf manche wichtige Basiserfindungen hin. ■■

## Information – das A und 0 unseres Lebens?

▼

Information ist ein vielschichtiger, schwer zu definierender und noch schwieriger zu beschreibender Begriff. Eine saubere Definition, wenigstens für jene Bereiche von Information, die rational erfassbar sind, ist 1948 Claude Shannon, den wir bereits kennen, mit der von ihm begründeten Informationstheorie gelungen. Danach ist die Information etwas, womit Unsicherheit beseitigt werden kann; diese Unsicherheit und damit die entsprechende Information lassen sich im Einzelfall präzise angeben und messen.

Die Masseinheit dafür ist das Bit, nämlich ganz einfach eine Antwort auf eine Frage, die eindeutig Ja oder Nein lautet. Shannon hat gezeigt, dass sich jede noch so komplizierte Unsicherheit oder Fragestellung auf eine Kette derartiger elementarer Ja/Nein-Entscheide zurückführen lässt.

Eine Nachricht ist demgegenüber der Träger oder die Form, in der eine Information übertragen oder festgehalten wird. Das Gewinnen von Information aus einer Nachricht ist mitunter ein sehr komplizierter Prozess, an dessen Ende immer der Mensch steht. Zum Beispiel ist ein in einer natürlichen Sprache formulierter Text eine Nachricht als Träger einer Information, die dem Empfänger übermittelt werden soll. Aus ein und derselben Nachricht können verschiedene Informationen gewonnen werden, je nach den Vorkenntnissen des Empfängers oder den Umständen, unter denen die Nachricht wahrgenommen wird. Für den Menschen sind Nachrichten Träger von Informationen über seine Umwelt, aufgenommen über Sinneseindrücke aller Art. Die in der Technik verwendete Form für Informationen bezeichnet man als **Daten**. Durch festgelegte und allgemeingültige Vereinbarungen interpretiert man diese Daten bezüglich ihrer Bedeutung als Darstellungsmittel für Informationen wie Ziffern, Beträge, Buchstaben, Texte usw. .

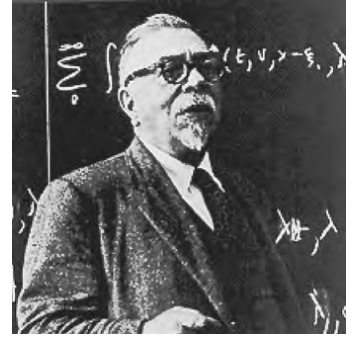
Informationsverarbeitung betrifft daher im biologischen Bereich das Erfassen, Im-Gedächtnis-Behalten und Zusammenfassen von Sinneseindrücken, das mehr oder weniger rationale oder irrationale Umsetzen in Verhaltensweisen wie Bewegungsvorgänge und das Weitergeben von umgewerteten Eindrücken oder Gedächtnisinhalten als neue Information in Form von Sprache und Schrift. Technisch gesehen entsprechen diesen Funktionen das Eingeben, Speichern und logische Verknüpfen von Informationen – in Form von Daten – in einem programmgesteuerten Gerät, ferner das Umsetzen nach arithmetischen oder logischen Vorschriften sowie das Ausgeben von Ergebnissen in Form neuer Datenträger, in Anzeigevorrichtungen oder direkt zur Steuerung von technischen Vorgängen.

Diese Parallelität von biologischen und technischen Möglichkeiten zur Nachrichtenübertragung und -verarbeitung, 1948 von Norbert Wiener als eigene Theorie der Kybernetik begründet, führte am Anfang der Entwicklung von Computern zu fast unbegrenzten Erwartungen bezüglich der Allmacht der Elektronenrechner und damit auch zur Bezeichnung Elektronengehirne. Erfreulicherweise ist dieser Begriff wieder verschwunden, nachdem man die engen Grenzen der technischen Nachahmung von biologischen Fähigkeiten erkannt hatte. Verfügte der ENIAC über ein Gedächtnis von etwa 1600 Informationseinheiten, so sind es heute bei modernsten Speichermedien schon deren 40 Milliarden. Das menschliche Gehirn hat jedoch die Kapazität von rund zwanzig bis dreissig solcher Plattenspeicher.

Allerdings muss gleich beigelegt werden, dass ein derartiger quantitativer Vergleich zwischen technischen Speichern und menschlichem Gehirn zu völlig falschen Schlüssen führen kann.

Selbst wenn es einmal gelingen sollte, die Speicherdichte des menschlichen Gehirns mit technischen Mitteln zu erreichen, dann ist noch keineswegs das erreicht, was wir unter einem menschlichen Gedächtnis verstehen. Insbesondere gibt es im Bereich der Technik erst sehr vage Vorstellungen darüber, wie man die Milliarden von Speichereinheiten strukturieren müsste, um die gespeicherten Daten in derart vielfältiger Form miteinander zu verbinden, wie das im menschlichen Gehirn der Fall ist. Insbesondere für grosse Speicher kennt man in der Technik nur recht primitive Zugriffsmechanismen zu Speicherplätzen und gespeicherten Daten, jedenfalls primitiv im Vergleich zu den biologischen Speicherstrukturen. Während in technischen Speichern Daten im wesentlichen über ihre Speicheradresse abgerufen werden, geschieht dies im menschlichen Gehirn offenbar durch Selbstaktivierung über den Inhalt der Daten. Man nennt diese Zugriffsart inhaltsadressiert oder assoziativ, und dafür gibt es für technische Speicher zur Zeit weder allgemein geeignete Technologien noch konkrete Realisierungsvorstellungen.

Allerdings finden wir im Gebiet der künstlichen Intelligenz bereits fortgeschrittene Lösungsansätze, wie man mit neuartigen elektronischen Konzepten das assoziative Verhalten nachahmen könnte. Und auch der neuste Forschungszweig der neuronalen Netzwerke zielt auf die Realisierung von zukünftigen Computern, die mit vernetzten Verknüpfungen ähnlich der Verknüpfung unserer Hirnzellen arbeiten sollen. Man steckt hier aber noch tief in den Kinderschuhen. ■



**Bild 6/1:**  
Portrait von Norbert Wiener, dem Begründer der Kybernetik.

## Der Blick zurück ins alte China



**Bild 6/2:**  
Zahlzeichen prägten unterschiedliche Kulturen. Die Ursprünge gehen rund 7000 Jahre zurück.



**Bild 6/3:**  
Das Problem der Inkompatibilität ist auch einige tausend Jahre alt: Die Zahlensysteme beruhten auf unterschiedlichen Basen.

Die Geschichte der Computer und der Bauelemente, also die Geschichte der gesamten Datenverarbeitung, beginnt im Grunde genommen bereits in grauer Vorzeit, als die Menschen ihr Sammler- und Jägerdasein aufgaben, Viehzüchter wurden und Wohnsiedlungen gründeten, als sie zu erkennen begannen, dass mehr als zwei Stück Vieh nicht einfach nur viele Stück Vieh bedeuten, sondern irgendwie genauer bezeichnet werden mussten, als sie die ersten Zähl- und Zahlensysteme erfanden und die ersten tastenden Versuche zur Darstellung von Zahlzeichen unternahmen.

Die Entwicklung der Datenverarbeitung ist so eng verbunden mit dem Werden und Leben der Völker. Sie ist ein hochinteressantes Stück Kulturgeschichte und ein faszinierender Bericht über die Grosstaten technischen Erfindergeistes, der seinen Niederschlag schon in den Zahlstäbchen und Rechenbretter der Antike fand und bis heute nicht aufgehört hat, rastlos tätig zu sein. Erkenntnis und Fortschritt sind Frauen und Männern zu verdanken, die – ihrer Zeit oft weit voraus – nicht selten Rückschläge und auch Spott ihrer Zeitgenossen ertragen mussten. Es waren Pioniere, die ihren Ideen unter persönlichen Opfern zum Durchbruch zu verhelfen suchten.

Auch heute spielt sich solches Ringen tagtäglich ab. Je breiter das Gebiet der modernen Informatik wird, um so mehr Menschen tragen mit ihrem technischen Geschick und ihrem theoretischen Wissen dazu bei, dieses hochinteressante Fachgebiet weiterzuführen, zu vertiefen und zu verfeinern.

Versuchen wir doch einmal die Geschichte in ihrer chronologischen Reihenfolge nachzuvollziehen.

Die Geschichtsschreibung zeigt, dass bereits ab 5000 v. Chr. die ersten Hinweise auf Zahlenzeichen und Zahlensysteme (Hände und Füße sind wohl die ersten Taschenrechner) zu finden waren. Viele frühe Kulturen hatten dabei ihre eigenen Zahlensysteme, wie das Fünfer-, Zehner-, Zwanziger- und Sechziger-System. Auch die Zeichen und Symbole, die für die Zahlen gewählt wurden, waren sehr unterschiedlich und für andere Kulturen unverständlich.

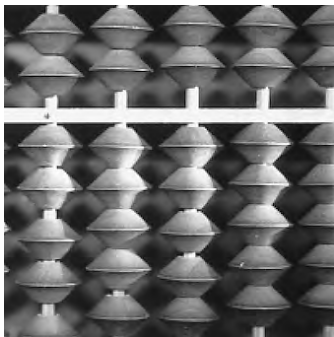
Die ersten vollständigen Zahlensysteme wurden in der Zeit von 3500 bis 3000 v. Chr. von den Ägyptern und Babyloniern ausgebildet. Kulturgüter aus dieser Zeit, zeigen uns noch heute, die oft sehr eigenartigen Symbole, die auch in diesen schon vollständigen Systemen für die Zahlzeichen gewählt wurden. Ägypter und Babylonier kannten den Begriff des Stellenwerts der Zeichen (Einer, Zehner, Hunderter) noch nicht; das gleiche gilt später auch für das römische Zahlensystem.

Nach den Zahlzeichen folgten die ersten Bemühungen, das so komplizierte Zählen mit Hilfseinrichtungen wie geknotete Schnüre, Steine oder Holzstäbe zu vereinfachen. Der nächste Schritt war dann logischerweise die Konstruktion von mechanischen Hilfsmitteln.

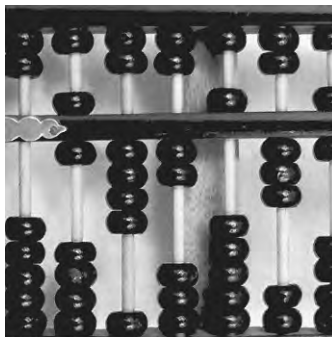
Bereits für 1100 v. Chr. sind die ersten Rechengeräte nachgewiesen. In der frühen Chou-Dynastie in China wurde die Urform des Suan-Pan (auch als chinesischer Abakus bezeichnet) entwickelt. Diese und auch die in der Folgezeit in verschiedenen Kulturen entwickelten Geräte, wie etwa der japanische Soroban oder der russische Stschoty, kannten den Stellenwert der Zahlen. Ein weiteres Rechengerät, der römische Handabakus, arbeitete noch nach dem römischen Zahlensystem, das ohne Stellen auskommen musste, da die Zahl Null nicht bekannt war.

Abakus ist die allgemeine Bezeichnung für Rechenbretter. Der Abakus wird noch immer in Ostasien, Indien und Russland benutzt und gilt erstaunlicherweise auch als das weitverbreitetste Rechengerät der Welt. Rund die Hälfte der Menschheit benutzt ihn nach neuesten Schätzungen heute noch. In unseren Breitengraden war der römische Handabakus bekannt, welcher aber nach dem römischen Zahlensystem arbeitete.

Ein weiter Sprung bringt uns ins Jahr 62 n. Chr., in welchem Heron von Alexandria die ersten programmgesteuerten Automaten (z.B. den automatischen Tempeltüröffner und den berühmten fahrbaren Miniaturtempel) konstruierte. Das Programm bestand aus Seilwindungen, die auf kunstvolle Weise mit Wachs auf einer Programmwalze angebracht wurden.



**Bild 6/4:**  
Japanischer Abakus: Der Soroban wird heute noch im High-Tech-Land Japan in den Schulen eingesetzt.



**Bild 6/5:**  
Chinesischer Abakus: Der Suan-Pan-Rechner gilt als die Urform aller Rechengeräte. Er ist rund 3000 Jahre alt.



**Bild 6/6:**  
Russischer Abakus: Der Stschoty ist auch heute noch in regem Gebrauch.

Für unser heutiges Rechnen war die Zeit um 800 n. Chr. entscheidend. Die Araber brachten nämlich die indischen Zahlenzeichen in die Form, wie sie noch heute der indisch-arabischen Zahlenschreibweise entspricht. Auch die Zahl Null wurde dabei erstmals verwendet, im Gegensatz etwa zum römischen System, das sie, wie bereits erwähnt, noch nicht kannte.

In Europa – genau gesagt in Spanien – tauchten diese neuen Zahlenzeichen, das dekadische oder dezimale Zahlensystem, erst ab dem 9. Jahrhundert auf.

1518 entwickelte Adam Riese die **Rechnung auf der Linien**. In seinem dritten Rechenbuch mit dem Titel **Rechnung nach der lenge** beschreibt er ausführlich seine neuen Rechenverfahren. Er begründete damit unsere heute verwendeten Rechenmethoden und gab den damals noch üblichen Rechenbrettern gleichzeitig den Todesstoss. Die Formulierung „ergibt nach Adam Riese“ erinnert uns heute noch an dieses frühe mathematische Genie.

Andere Genies trieben Ende des 16. Jahrhunderts die Uhrmacherkunst und die Astronomie zur Hochblüte. Sie konstruierten Wunderwerke von Uhren mit bewegten Figuren und erforschten den Himmel und die Planeten, wie etwa der berühmte Astronom Kepler (Keplersche Planetengesetze), der am Königshof in Prag lehrte. Als Paradebeispiel der Uhrmacherkunst aus dieser Zeit gilt der Himmelsglobus von Jost Bürgi, der im Landesmuseum in Zürich ausgestellt ist. Dieses Wunderwerk kann auf mechanischem Wege die Position von mehr als 1000 Sternen anzeigen.



**Bild 6/7:**  
1594: der Himmelsglobus von Jost Bürgi; ein Meisterwerk der Uhrmacherkunst (Landesmuseum, Zürich).



**Bild 6/8:**  
Gegenüberstellung der Rechenmethoden (1503): Vorne rechts: Pythagoras am Rechenbrett (ausgelegte Zahlen: 1241 und 82). Vorne links: Boetius mit den neuen arabischen Ziffern. Mitte: Göttin Arithmetica.

Dem Schweizer Jost Bürgi wird auch die Erfindung der Logarithmentafeln zugerechnet (1588), die er bereits 1605 dem Astronomen Kepler zugänglich machte.

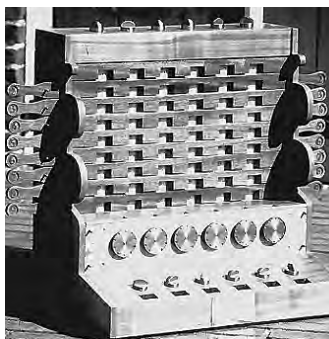
Leider veröffentlichte er seine Erfindung erst 1620, als ihm der schottische Lord Napier bereits zuvorgekommen war (1614). Napier trat 1594 erstmals mit einem natürlichen Logarithmen-system an die Öffentlichkeit. 1614 veröffentlichte er dann seine komplette Logarithmentafel.

Der gleiche Lord John Napier of Merchiston entwickelte um 1600 seine Rechenstäbchen, die durch einfache Verschiebung die Lösung des Einmaleins bringen konnten. Napier und später der englische Theologe Edmund Gunter verwirklichten auch die Idee, dass sich eine Multiplikation durch Addition zweier logarithmischer Längenmassstäbe darstellen lässt. Damit war der Rechenschieber geboren. Bereits um 1622 hatte der Rechenschieber seine heutige Form mit zwei gleitenden Skalen (William Oughtred). 1624 veröffentlichte dann noch der Engländer Henry Briggs eine Logarithmentafel, deren Basis die Zahl 10 war.

Zur gleichen Zeit lebte auch der Tübinger Wilhelm Schickard (1592-1635), ein Universalgenie, welcher 1623 die erste zahnrad-betriebene Rechenmaschine entwickelte, die alle vier Grundoperationen beherrschte.



**Bild 6/9:**  
Das Universalgenie Wilhelm Schickard (1592-1635) erfand die erste mechanische Rechenmaschine.



**Bild 6/10:**  
Die Rechenmaschine von Wilhelm Schickard, rekonstruiert aus den Handskizzen aus einem Brief an den Astronomen Kepler (25.Februar 1624, Deutsches Museum München).



Auf sein Konto geht das Konstruktionsprinzip von Ziffernrädern und der automatischen Zehnerübertragung. Seine Maschine ging in den Wirren des Dreißigjährigen Krieges leider verloren. Erst viel später konnte sie nach Skizzen aus dem Briefverkehr mit Kepler nachgebaut und ihre Funktionstüchtigkeit unter Beweis gestellt werden.

Ähnliche Entwicklungen sind in Frankreich zu beobachten. Blaise Pascal führte 1642, im Alter von 19 Jahren, in Paris eine Maschine vor, die addieren und auf Umwegen auch subtrahieren konnte. Sein erstes Modell verfügte über sechs, das folgende von 1647 bereits über acht Stellen. Nachbildungen dieser mechanischen Wunderwerke sind heute in Paris ausgestellt.

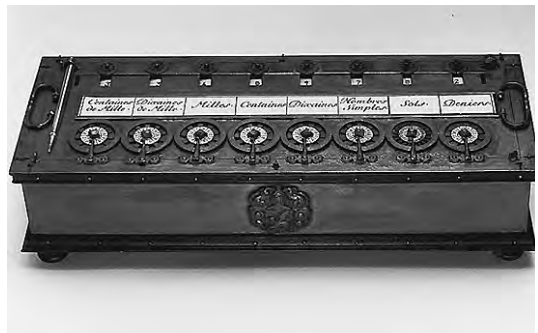
Gottfried Wilhelm Leibniz kennen wir bereits. Er stellte 1673 in London seine REPLICA vor, eine Rechenmaschine, die alle vier Grundoperationen mit einem zwölfstelligen Anzeigewerk bewältigen konnte. Er verwendete erstmals einen beweglichen Schlitten und die sogenannte Staffelwalze, die durch schnelles Addieren multiplizieren konnte.

Er erfand damit die Grundform der mechanischen Rechenmaschine, die noch heute Gültigkeit hat. Leider funktionierte diese Maschine nie ganz.

Am 15. März 1679 veröffentlichte Leibniz eine Arbeit mit dem Titel **De Progressione Dyadica**, in der er – auf der Suche nach dem **Alphabet des Denkens** – die Zweiwertigkeit von Zahlen vorstellte, die heute unter den Begriffen Dual- bzw. Binärsystem bekannt ist.



**Bild 6/11:**  
Blaise Pascal entwickelte mit 19 Jahren die erste Rechenmaschine für seinen Vater.



**Bild 6/12:**  
Die Addiermaschinen von Blaise Pascal; hier die achtstellige Maschine aus dem Jahre 1647.

1709 baute der Italiener Johannes Polenius eine leider auch nicht funktionsfähige Rechenmaschine, die anstelle der Staffelwalze das Sprossenrad verwendete.

1727 konnte Antonius Braun in Wien die erste funktionstüchtige Sprossenradmaschine für alle vier Grundrechenoperationen fertigenstellen.

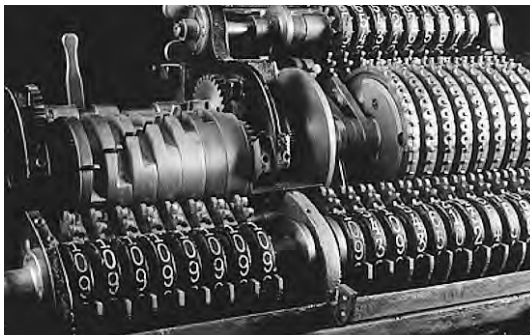
Im Jahre 1774 brachte dann der württembergische Pfarrer Philipp Matthäus Hahn eine selbstkonstruierte mechanische Staffelwalzenmaschine für alle vier Grundrechenarten zur Funktionsfähigkeit.

1821 nahm Charles Xavier Thomas in Paris die serienmäßige Fabrikation von mechanischen Rechenmaschinen auf.

Aus dieser Entwicklung entstanden Hunderte von verschiedenartigen rein mechanischen Rechenmaschinen, wie die vollmechanischen Taschenrechner (z.B. die Blechrechner oder die CURTA-Modelle), die Kleinaddiermaschinen (Antrieb mit Zahnscheiben, Ketten oder Zahnstangen), die Volltastatur-Addiermaschinen (z.B. der COMPTOMETER oder der BURROUGHS CALCULATOR) und die Multiplikationsmaschinen (z.B. der MILLIONÄR).

Nach dem ersten Weltkrieg wurden die ersten Motoren in die Rechenmaschinen eingebaut, die das mühsame Kurbeldrehen vereinfachten und beschleunigten. Die Ära der elektromechanischen Rechenggeräte begann.

1967 entwickelte der Engländer Norman Kitz mit der ANITA MARK 8 die erste elektronische Rechenmaschine und gab damit den elektromechanischen Geräten den Todesstoss.



**Bild 6/13:**

Das Prinzip des Sprossenrechners wurde in Hunderten von Rechenmaschinenmodellen eingesetzt. Es war platzsparend, mechanisch aber anspruchsvoll.



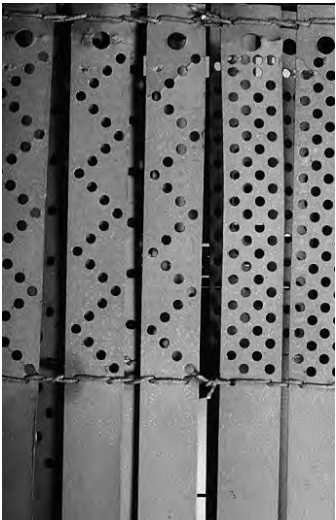
**Bild 6/14:**

Der MILLIONÄR, hergestellt vom schweizerischen Rechenmaschinenbauer Egli, gilt heute noch als mechanische Wundermaschine. Er konnte eine Multiplikation mit nur einer Kurbelumdrehung erledigen.

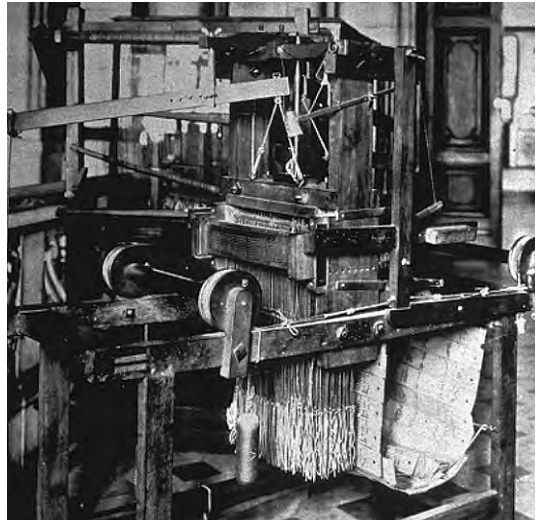


**Bild 6/15:**  
Joseph Maria Jacquard erfand die „Automation von Arbeitsplätzen“ bereits 1805.

Die erste externe Programmsteuerung in einer produktiven Maschine wurde 1805 von Joseph Maria Jacquard gezeigt. Er stellte in Lyon, Frankreich, einen Webstuhl vor, der mit gelochten Pappkarten – den ersten Lochkarten – als Steuermedium arbeitete. Jacquard vervollständigte damit die Steuerungsidee von Falcon, der bereits 1728 mit gelochten Holzbrettchen eine externe Steuerung konstruierte. Der Umstand, dass selbst komplizierteste Muster von Hilfskräften in gleichbleibender Qualität in grossen Mengen hergestellt werden konnten, führte zum Verlust von vielen Arbeitsplätzen, womit erstmals die Kehrseite der Automatisierung sichtbar wurde. 1812 waren bereits über 10'000 dieser Automaten in Betrieb. Weiter wurden diese Webstühle zentral in Fabriken eingesetzt und standen nicht mehr dezentral beim Weber in der Webstube zu Hause. Es ist nicht verwunderlich, dass die empörten Weber europaweit die ersten Fabriken einfach niederbrannten, um so die Entwicklung zu stoppen. Dieses Ereignis ist beispielsweise in der Schweiz als der Brand von Uster (1832) in die Geschichte eingegangen. Am 22. November 1832 zündeten die erbosten Weber die Spinnerei Corrodi, Pfister & Trümpler an. Dass die Entwicklung aber nicht zu bremsen war, wissen wir heute. Das einzige zählbare Resultat aus dem Weberaufstand war die Gründung der Gewerkschaften in der Schweiz. ■■



**Bild 6/16:**  
Die Steuerung der Jacquard-Webstühle wurde von in Lochbänder gestanzten Programmen übernommen.



**Bild 6/17:**  
Die erste extern gesteuerte Maschine: Der Webstuhl von Jacquard, 1805 in Lyon vorgestellt.

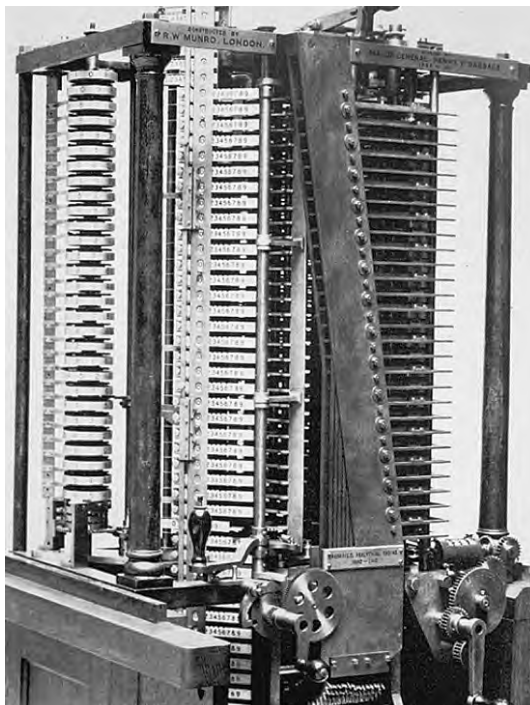


Um die Zeit, als Jacquard seinen lochkartengesteuerten Webstuhl entwickelte, lebte im englischen Cambridge ein begabter junger Mathematiker, Charles Babbage (1792-1871). Zur Überprüfung von fehlerhaften Logarithmentafeln entwickelte er bereits 1812 die Idee, eine mechanische Differenziermaschine zu bauen.

Sein erstes Arbeitsmodell hatte er 1822 fertiggestellt und erregte damit sehr viel Aufsehen.

Dadurch ermutigt, entwarf er das Konzept der DIFFERENCE ENGINE; diese Maschine sollte Differenzialgleichungen fünfter Ordnung rechnen und die Ergebnisse darstellen können. Doch war es damals einfach noch nicht möglich, ein mechanisches Getriebe zu bauen, bei dem 25 Zahnräder ineinander greifen konnten, ohne sich ständig zu verklemmen.

## Charles Babbage – der Vater des Computers



**Bild 6/18:**

Hier ist ein fertiggestelltes Teil von Babbages ANALYTICAL ENGINE abgebildet, welches im Science Museum in London steht.



Bild 6/19:

Charles Babbage gilt als Vater des Computers, er lebte allerdings rund 100 Jahre vor dessen Zeit.



Bild 6/20:

Lady Augusta Ada, Lebensgefährtin von Babbage, ist die erste Programmiererin der Computergeschichte gewesen.

Dieser scheinbare Misserfolg verhalf ihm aber zu einer viel grösseren Idee. Im Jahre 1833 entwarf er nämlich das Konzept einer ANALYTICAL ENGINE, des ersten digitalen Rechenautomaten der Geschichte. Sein Konzept wurde aber nie realisiert, denn die Zeit war für solche Dinge noch nicht reif.

Erst rund 100 Jahre später war man in der Lage, Babbages bahnbrechende Ideen zu begreifen und zu verwirklichen.

Seine problemlösende Rechenmaschine enthielt aber bereits alle Funktionsgruppen, die auch in modernen Rechenautomaten anzutreffen sind.

Eine Maschine, die den menschlichen Rechner nachahmt, sollte nach Babbage folgende Komponenten enthalten:

- Eine arithmetische Recheneinheit für die vier Grundrechenarten auf dem Prinzip des dekadischen Zählrades
- Einen Zahlenspeicher für 1000 Zahlen von je 50 Stellen
- Eine Steuereinheit zur Steuerung des gesamten Programmablaufs einschliesslich der Rechenoperationen und des Datentransports
- Geräte für die Ein- und Ausgabe von Daten und ein Druckwerk.

Ein solches Konzept war mit den technischen Mitteln der damaligen Zeit einfach nicht umzusetzen. Wie schon oft in der Geschichte zuvor gingen die Kenntnisse über das Werk von Charles Babbage verloren.

Es sollte deshalb gegen 100 Jahre dauern, bis die Idee eines Rechenautomaten erneut entstand, und zwar unabhängig voneinander in Deutschland (ZUSE), in den USA (MARK I) und in England (COLOSSUS).

Durch die Konzeption der ANALYTICAL ENGINE erweist sich Charles Babbage als geistiger Vater aller späteren Rechenautomaten. Zu seinen Lebzeiten wurde Babbage als crackpot, als Narr, angesehen. Erst in unseren Tagen findet seine grosse Leistung Anerkennung.

Eine Frau, die schon zu Lebzeiten an ihn glaubte, war Augusta Ada, die Countess of Lovelace, die auch als erste Programmiererin bezeichnet wird. Von ihr war auch der heute noch übliche Klagespruch dieses Berufsstandes zu hören: „Die Spezifikationen der Maschine ändern sich, bevor die Maschine und die Programme überhaupt fertig sind.“

Einen weiteren interessanten Mann, den wir nun aber bereits gut kennen, finden wir in Georg Boole (1815-1864), der 1847 seinen Formalismus für die mathematische Behandlung von verschiedenartigen Aussageverknüpfungen entwickelte, die mit den beiden Begriffen Wahr und Falsch dargestellt werden. Dieser Formalismus wird als Boolesche Algebra, manchmal auch als logische Algebra, bezeichnet.

Vorkämpfer für die moderne Elektronik im Bereich der Bauelemente war Ferdinand Braun, ein Leipziger Gymnasiallehrer. Er entdeckte 1874 beim Studium von Kontakten zwischen Metallen und Kristallen den natürlichen Halbleitereffekt; einen von der Natur gegebenen Schalter mit der Eigenschaft, den Strom in einer Richtung durchzulassen, in der anderen aber zu sperren.

Auch diese geniale Erfindung verschwand im reichhaltigen Archiv der Naturwissenschaften und tauchte erst viel später in der Rubrik der verkannten Erfindungen wieder auf. ■



**Bild 6/21:**  
Anfang des 20. Jahrhunderts begann die Mechanisierung der Bürowelt: Rechen- und Schreibmaschinen kamen zum Einsatz.

## Hermann Hollerith – der Starter des Datenverarbeitungszeitalters

1886 entwickelte der Amerikaner Hermann Hollerith (1860-1929), Sohn deutscher Einwanderer und von Beruf Bergwerksingenieur, eine neuartige elektromechanische Sortier- und Zählmaschine, die zur Auswertung von Lochkarten diente.

Bei der Auswertung der elften amerikanischen Volkszählung im Jahre 1890, konnte Hollerith seine elektromechanischen Lochkartenapparaturen einer entscheidenden Bewährungsprobe unterziehen.

Alle Daten zur statistischen Auswertung, wie Alter, Religion, Geschlecht usw., wurden in einem schreibmaschinenähnlichen Stanzer als Lochkombination in Karten gelocht. In der Sortiermaschine wurden die Karten dann nach gleichen Gruppen geordnet. In der Zählmaschine schloss sich an jeder gelochten Stelle der Karte ein elektrischer Kontakt zu einer Zähluhr (Quecksilberkontakte). Entsprechend der Position des Loches wurde der Wert an den Zähluhren addiert. Die Zähluhren standen mit Sortierkästen in Verbindung, so dass die Lochkarte gleich wieder nach vorgegebenen Merkmalen sortiert werden konnte. Die Lochkarte, mit den Massen 3 x 5,5 Zoll, entsprach der Grösse einer damaligen Ein-Dollar-Note (damit waren ja genügend Ablagekästen aus Banken vorhanden).



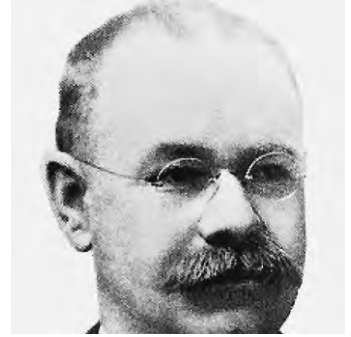
**Bild 6/22:**  
Die elektromechanische Zähl- und Sortiermaschine von Hermann Hollerith verwendete erstmals 1886 die Lochkarte als Datenträger (Digital Computermuseum Boston).



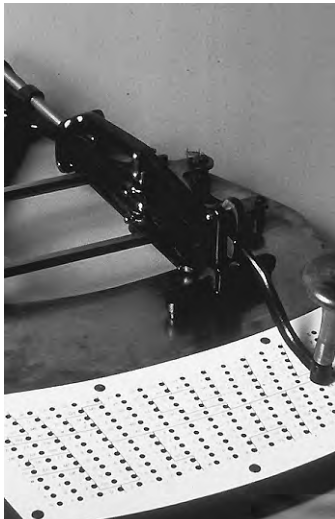
**Bild 6/23:**  
Die erste Verwendung des Hollerith-Verfahrens geht auf die 11. Volkszählung 1890 in den USA zurück. Das Titelblatt des **Scientific American** vom 30. August 1890 zeugt von diesem Ereignis.

Waren zehn Jahre zuvor noch 500 Helfer beinahe sieben Jahre mit der Auszählung von ca. 50 Millionen Menschen beschäftigt, so schaffte es Hollerith mit 43 Zählmaschinen und ebensoviel Bedienungspersonal in knapp vier Wochen, obwohl rund 62 Millionen Menschen auszuzählen waren. Es wird erzählt, dass die Arbeiter ihre Maschinen sogar absichtlich beschädigten, damit sie einmal zu einer Verschnaufpause kamen. Auch in Oesterreich wurde bereits 1890 die Volkszählung mit diesen neuen Lochkartenmaschinen durchgeführt. Aus sozialpolitischen Gründen – Verlust von Arbeitsplätzen – wurde in Deutschland erst 1910 mit der Auszählung mittels Lochkarten begonnen.

Hollerith benutzte erstmals die Lochkarte als Informationsspeicher für statistische und kaufmännische Zwecke und gilt somit als Begründer der maschinellen Datenverarbeitung. Aus diesem Geschäftsbereich von Hollerith – er gründete 1896 die Tabulating Machine Company – entwickelte sich durch eine Fusion 1924 der heutige Computergigant IBM (International Business Machines), welcher sich bis in die späten fünfziger Jahre vor allem mit Lochkartengeräten befasste und erst dann ins eigentliche Computergeschäft einstieg. ■



**Bild 6/24:**  
Hermann Hollerith gilt als Vater der maschinellen Datenverarbeitung.



**Bild 6/25:**  
Mit dem Lochkartenstanzer konnten die Informationen in die Lochkarten gestanzt werden.



**Bild 6/26:**  
Der Lochkartenleser konnte durch elektrischen Kurzschluss die Informationen lesen und steuerte die Zählräder an.



**Bild 6/27:**  
Der IBM-Gründer John Watson prägte den Firmengrundsatz: THINK.



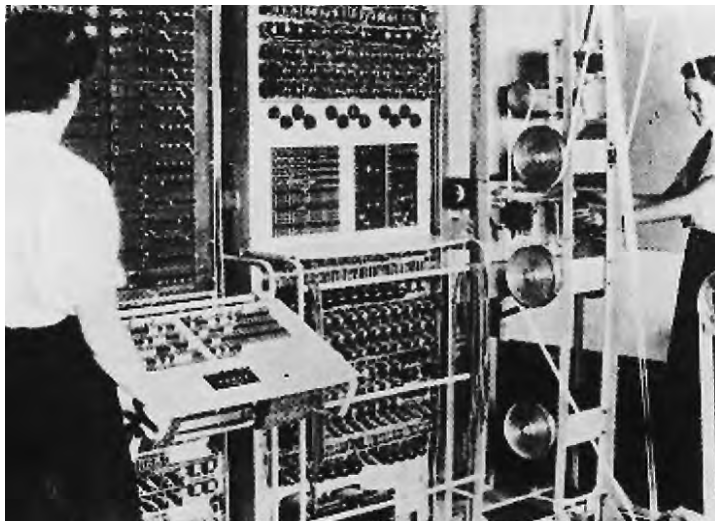
## Alan Turing und Konrad Zuse: Realisatoren des Computer- Grundkonzeptes

Die bis jetzt behandelte Geschichte zeigt die eigentlichen Wurzeln der Computerentwicklung auf. Im betrachteten Zeitraum wurde aber noch keine Maschine entwickelt, die auf den Ideen der vorher behandelten logischen Schaltungen beruhte.

Die Entwicklung der ersten funktionsfähigen Computer, deren Herzstücke aus logischen Schaltungen bestehen, ist vom Pulverdampf und Irrsinn des Zweiten Weltkrieges umhüllt.

Einen bedeutenden Entwicklungszweig finden wir in Englands Geheimdienst zu dieser Zeit. Ihm gelang es, aus Polen eine hochgeheime deutsche Chiffriermaschine, ENIGMA genannt, herauszuschmuggeln. Die Engländer glaubten, dem Kriegsglück eine entscheidende Wendung geben zu können, wenn es ihnen gelänge, den legendären Geheimcode der deutschen Übermittlungen, welche mit der ENIGMA gemacht wurden, zu knacken. Anfangs scheiterten aber alle Versuche der Spezialisten, hinter das Geheimnis der vielen Räder, Trommeln und Relais zu kommen.

Erst ein Geniestreich des jungen Mathematikers Alan Turing führte zum Bau einer Maschine aus Rädern, Wellen, Vakuumröhren, fotoelektrischen Papierstreifenlesern und Papierstreifen-Transportsystemen. Turing behauptete, mit seiner Maschine könne er die Funktion jeder anderen Rechenmaschine



**Bild 6/28:**  
COLOSSUS von Alan Turing, eine der ersten digitalen Maschinen, konnte die chiffrierten deutschen Funksprüche im 2. Weltkrieg lesbar machen.

nachvollziehen, ja sogar eine Vielzahl mathematischer und logischer Probleme lösen, wenn die Maschine mit verschlüsselten Befehlen, die der Booleschen Algebra bzw. der Binärlogik entsprächen, gefüttert werde. Seine erste digitale Maschine wurde unter dem Namen COLOSSUS weltberühmt, denn sie konnte die Vorgänge, die in der ENIGMA abließen, nachbilden, womit die Engländer alle deutschen Funksprüche entziffern konnten. Alan Turing hat damit entscheidend zum Ausgang des Krieges beigetragen. Die Amerikaner entschlüsselten mit einer ähnlichen Maschine später die japanischen Geheimcodes.

Was die Alliierten aber nicht wussten, war die Tatsache, dass auch in Deutschland an den ersten Digitalcomputern gearbeitet wurde.

Eng verknüpft mit diesen Entwicklungen sind die Namen Konrad Zuse und Helmuth Schreyer. Konrad Zuse, 1910 in Berlin geboren, begann 1932 mit der Entwicklung eines programmgesteuerten Rechenautomaten. Er entsprach in den Grundzügen den Ideen von Charles Babbage, aber Zuse verwendete erstmals das duale Zahlensystem bzw. bistabile Schaltelemente. Das sind Elemente, die zwei Zustände einnehmen können, wie beispielsweise ein Schalter oder die logischen Grundoperationen UND, ODER sowie NICHT.

Sein erster Rechner, der noch rein mechanisch aufgebaut war, ZUSE Z1 benannt, war 1938 fertiggestellt. Bereits 1937 arbeitete Zuse mit Schreyer zusammen am Konzept einer elektronischen Maschine, die mit Röhrenschaltungen ausgerüstet sein sollte. Zuse schlug den Regierungsstellen den Bau eines Elektronenrechners mit 1500 speziellen Röhren vor, die von der bekannten deutschen Firma Telefunken hergestellt wurden, was jedoch abgelehnt wurde. Schreyer baute daraufhin ein Modellrechengegerät mit nur 100 Elektronenröhren, das leider 1945 zerstört wurde. Zuse stieg daraufhin auf die langsamen, elektromechanischen Relais um und konstruierte seine wohl bekannteste Maschine, die ZUSE Z3.

Damit nun aber logische Schaltungen ihre Aufgabe erfüllen können, müssen ihnen die zu verarbeitenden Informationen zugeführt werden. Diese Informationen bestehen aus Daten und Befehlen. Die Befehle bestimmen, was mit den Daten zu geschehen hat. Befehle sind also Anweisungen an die Computerlogik. Werden Befehle in eine gewollte Reihenfolge gebracht, so spricht man von einem Programm.

Computerinformationen bestehen also grundsätzlich aus Programmen (Anweisungen) und Daten. Alle Informationen müssen nun den logischen Schaltungen als Signale in binärer Form – als Kombination von 0 und 1 – zugeführt werden.



**Bild 6/29:**  
Konrad Zuse prägte als Erfinder und als Persönlichkeit die Computerentwicklung in Deutschland.

Zuse verwendete als Informationsträger einen Lochstreifen. Mangels anderen Materials benutzte er alte Kinofilmstreifen. Ein Loch im Streifen erfasste das Lesegerät seiner Maschine als ein Signal, was einer 1 entsprach, kein Loch bedeutete eine 0 (kein Signal). Zuse verarbeitete über diese Kinofilmstreifen Daten und Programme getrennt, indem er sie unabhängig voneinander einlas. Die Daten wurden dabei im Speicher abgelegt. Das Programm, bestehend aus 0 und 1, gelangte zeitlich gestaffelt über den Leser zu einem Steuerwerk. Das Steuerwerk konnte jetzt die einzelnen Befehle decodieren und daraus entnehmen, mit welchen Daten welche Rechnungen ausgeführt werden sollten.

Ein solcher Befehl bestand genau betrachtet aus zwei verschiedenartigen Informationen. Die eine beinhaltete die Adresse, also die Ortsbezeichnung eines bestimmten Platzes im Speicher. Der Inhalt dieses Speicherplatzes, eine Zahl dargestellt mit 0 und 1, wurde daraufhin ins Rechenwerk transportiert. Die zweite Information im Befehl enthielt eine Operation, also die Anweisung, was mit der Zahl im Rechenwerk zu geschehen hatte. Mit dieser Operation wurde nun die Logik durchgeschaltet, so dass nach der Befehlsabarbeitung diejenige Kombination von 0 und 1 an der Resultatausgabe erschien (in Zuses Fall die Lämpchen am Bedienungspult), die das gewünschte Ergebnis darstellte.



**Bild 6/30:**

Konrad Zuse stellte 1941 das erste betriebsfähige programmgesteuerte Rechenggerät, den ZUSE Z3 her: Eine Rekonstruktion dieser im 2. Weltkrieg zerstörten Maschine steht im deutschen Museum in München.

Eine voll funktionsfähige Rechenmaschine nach diesem Grundkonzept konnte Konrad Zuse erstmals 1941 demonstrieren, seine berühmte ZUSE Z3.

Die Z3 besass ein duales Rechenwerk mit 600 Relais und ein Speicherwerk mit 1400 Relais. Die Speicherkapazität betrug 64 Zahlen zu je 22 Dualstellen. Für eine Multiplikation brauchte der Rechner rund drei Sekunden. Die Z3, die 1944 zerstört wurde, war der erste voll funktionsfähige Rechner der Welt, der eine Programmsteuerung hatte.

In den Jahren 1942 bis 1945 baute Zuse ein weiteres Gerät, die ZUSE Z4, welche 1949 an die ETH Zürich vermietet wurde. Die Z4 bestand aus 2200 Relais und konnte eine Multiplikation in 2.5 bis 3 Sekunden durchführen. Die Mietkosten für eine fünfjährige Miete betrugen damals 30'000 Schweizerfranken. Die ZUSE Z4 steht heute als Original im Deutschen Museum in München.

Zuse gründete 1949 ein eigenes Unternehmen, das 1966 von der Firma Siemens übernommen wurde. ■



**Bild 6/31:**

Der Rechenautomat ZUSE Z4 mit Programmsteuerung aus dem Jahre 1945 wurde 1949 an der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) in Zürich installiert.

## Der schlafende Riese wird geweckt: ENIAC und Transistor

Bedingt durch den Weltkrieg, entwickelte zur gleichen Zeit in den USA Howard H. Aiken an der Universität von Cambridge, ohne Kenntnis von den Arbeiten Zuses und Turings zu haben, seine Maschine MARK I, auch ASCC genannt, die fast haargenau auf denselben Prinzipien beruhte und am 7. August 1944 formell vorgestellt wurde. Aiken hatte ganz andere finanzielle Mittel zur Verfügung und wurde auch von IBM unterstützt. Das Grundkonzept der ASCC (Automatic Sequence Controlled Computer) entsprach den Grundideen von Babbage.

Der Rechner war im Dezimalsystem ausgelegt und bestand aus 22 Gestellen mit Motoren und Drehschaltern, hatte eine Länge von 16 Metern und neben 3000 Kugellagern auch 80 Kilometer Leitungsdraht. Das Monstrum wog 35 Tonnen. Die total 760'000 Einzelteile konnten eine Multiplikation in 6 Sekunden durchführen. Dieses Elektronengehirn erregte viel Aufsehen, war aber sehr schnell veraltet.

Alle bisher besprochenen Rechnersysteme empfangen ihre Anweisungen, die Programme, von aussen mittels Lochkarten, Lochstreifen oder Programmstecktafeln. Programmverzweigungen (Unterbruch des sequentiellen Ablaufes), Schleifen (wiederholbare Programmteile) und Unterprogramme (Programmteile, die auch von anderen Programmen benutzt werden können) waren nur mit Spezialeinrichtungen, wie zusätzlichen Programmstreifenlesern und Endlosstreifen, zu bewerkstelligen. Das führte aber dazu, dass es Rechneranlagen gab, die für ein einziges Programm bis zu 70 Lochstreifenleser benutzten, zwischen denen dann immer umgeschaltet werden musste.

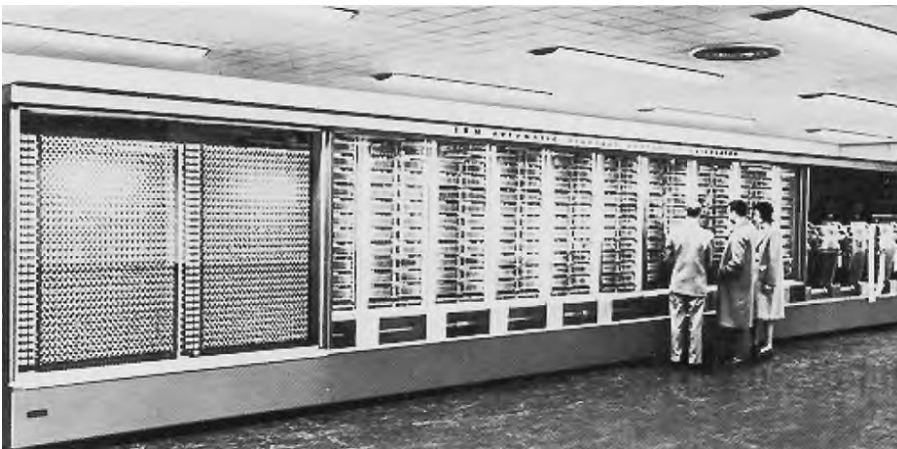


Bild 6/32:

Einer der ersten und sicher der bekannteste Rechner in den USA, der ASCC MARK I, war auch ein Vertreter der nullten Generation. H. H. Aiken entwickelte ihn 1944 für die Armee zur Bewältigung von logistischen Aufgaben.

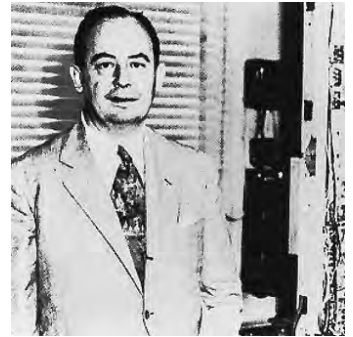
Hier erfolgte nun der bahnbrechende Schritt, den der Ungare John von Neumann (1903-1957) in einer genialen Abstraktion des Steuerungsprozesses vollzog. Er hatte das steuernde Programm, als Information codiert, in den Informationsspeicher der Maschine, der bis anhin den Daten vorbehalten war, selbst eingespeichert. Mit dieser Idee wurde die Rechengeschwindigkeit sprunghaft erhöht.

Noch viel wichtiger aber war, dass der Programmablauf von Zwischenergebnissen und logischen Entscheidungen gesteuert werden konnte, womit Sprünge nach vorn und hinten im Programm möglich wurden. Von Neumann publizierte seine Arbeit im Jahre 1945 und ermöglichte damit den Einstieg in die moderne flexible Datenverarbeitung.

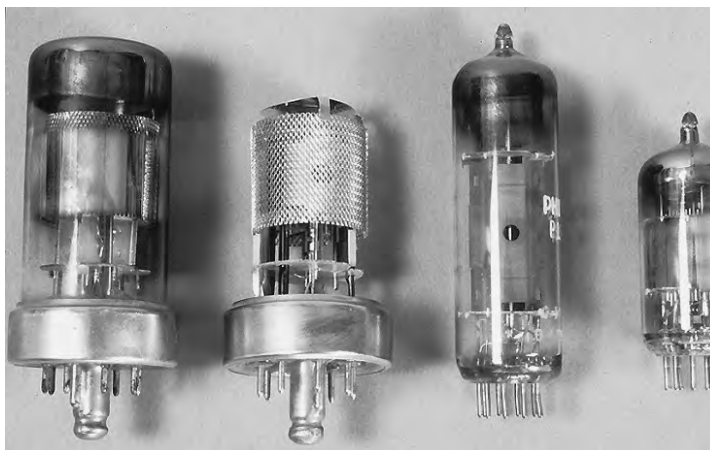
Neumann bastelte bereits ab 1944 an der Princeton University Manchester an seinen eigenen Computern herum. Ab 1946 baute diese Universität unter der Leitung von Maurice V. Wilkens nach Neumanns Ideen den Röhrenrechner EDSAC. 1949 wurde dieser Computer mit seinen 4500 Röhren fertiggestellt.

Der am Anfang des Buches vorgestellte ENIAC aus dem Jahre 1946 arbeitete also noch nicht nach dem von Neumannschen Konzept.

Nicht nur neue Konzepte waren für die nun sprunghaft einsetzenden Entwicklungen verantwortlich, sondern vor allem die Generationen von neuen Bauelementen.



**Bild 6/33:**  
John von Neumann revolutionierte mit seinen Arbeiten 1945 die Computerentwicklung.

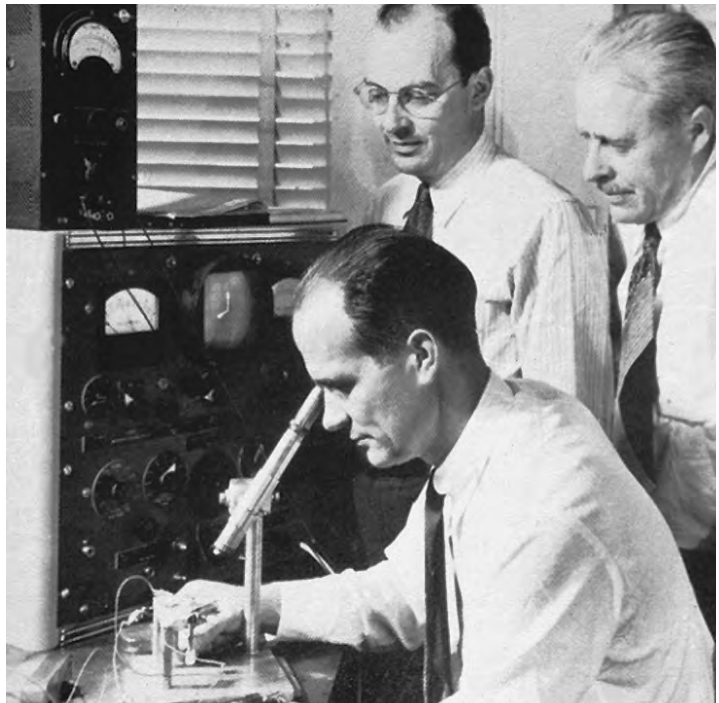


**Bild 6/34:**  
Die Schaltelemente der ersten Generation waren Radioröhren, die zu Schaltern degradiert wurden. Nachteil dieser bereits sehr schnellen Schalter: teuer und grosse Wärme-Entwicklung.

Ende der dreissiger Jahre feierte der Kristalldetektor sein Comeback als Empfänger im Ultrakurzwellenbereich. Der Krieg forcierte Entwicklung und Produktion der ersten leistungsfähigen Halbleiter-Bauelemente, vor allem für den Einsatz in den ersten Radargeräten.

Man beherrschte zudem auch sehr bald einmal die industrielle Herstellung von reinen Silizium- und Germaniumkristallen und damit die Nutzung des bisher kaum angewendeten Halbleitereffektes.

Anfang der vierziger Jahre beschäftigte sich in den Laboratorien der Bell Telephone Corporation in Murray Hill ein grosses interdisziplinäres Forschungsteam mit der Substitution der supermodernen Elektronenröhren, die als platz- und energiefressend galten, durch neuartige Schaltelemente. Dieses Team konzentrierte sich dabei glücklicherweise auf einen bekannten Naturcode, den Braun 66 Jahre vorher entschlüsselt hatte, nämlich auf die Fähigkeit von Kristallen, je nach Spannungsrichtung Stromkreise zu schliessen oder zu unterbrechen.

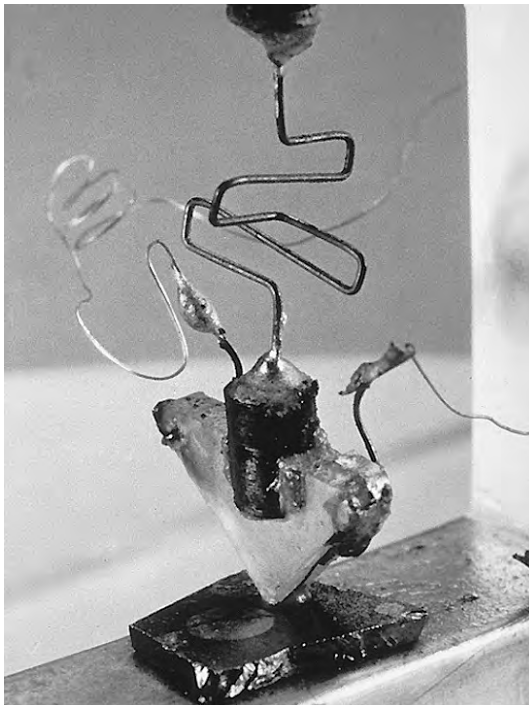


**Bild 6/35:**

Die Väter des Elektronikzeitalters und Erfinder des Transistors: Bardeen (Mitte), Brattain (rechts) und Shockley (links sitzend).

Jahrelange Versuchsreihen führten am 23. Dezember 1947 zur Erfindung des Transistors (eine Wortkombination aus den Begriffen transconductance und transresistance). John Bardeen, Walter H. Brattain und der Gruppenleiter, William Bradford Shockley, setzten den Treiber eines neuen industriellen Zeitalters in die Welt und erhielten dafür 1956 den Nobelpreis für Physik.

Der Transistor, der am 30. Juni 1948 in New York erstmals öffentlich gezeigt wurde, dessen Karriere aber erst 1952, nach Abschluss vieler Weiterentwicklungen, kommerziell einsetzte, erwies sich als Problemlöser par excellence: Sehr gute Qualität, kleines Format und niedriger Preis prädestinierten ihn dazu, elektronische Geräte einer breiten Masse von Käufern zugänglich zu machen. Radios, Fernseher und Computer starteten ihren Siegeszug. Automatisierung wurde im grossen Stil durchgesetzt und die gesamte Nachrichten- bzw. Kommunikationstechnik erneuert. ■■



**Bild 6/36:**

Der erste Transistor, erstmals funktionstüchtig am 23.12.1947: Zwei geschlossene Kontakte werden gegen einen Germaniumblock (die Basis) gepresst.



**Bild 6/37:**

1955: der erste Schweizer Computer, die ERMETH der ETH Zürich. Sie wurde von den Herren Stiefel, Speiser und Rutishauser gebaut und steht heute im Technorama in Winterthur.