

Entwicklungsgeschichte des Computers

- Vorbemerkungen
- Vorläufer und Wegbereiter
- Die theoretische Grundlage: Turing, und Shannon
- Die Erfindung des Computers durch Konrad Zuse
- Die Erfindung des elektronischen Computers
- Moore's Law und sein abzusehendes Ende
- Und wie es weitergehen kann ...

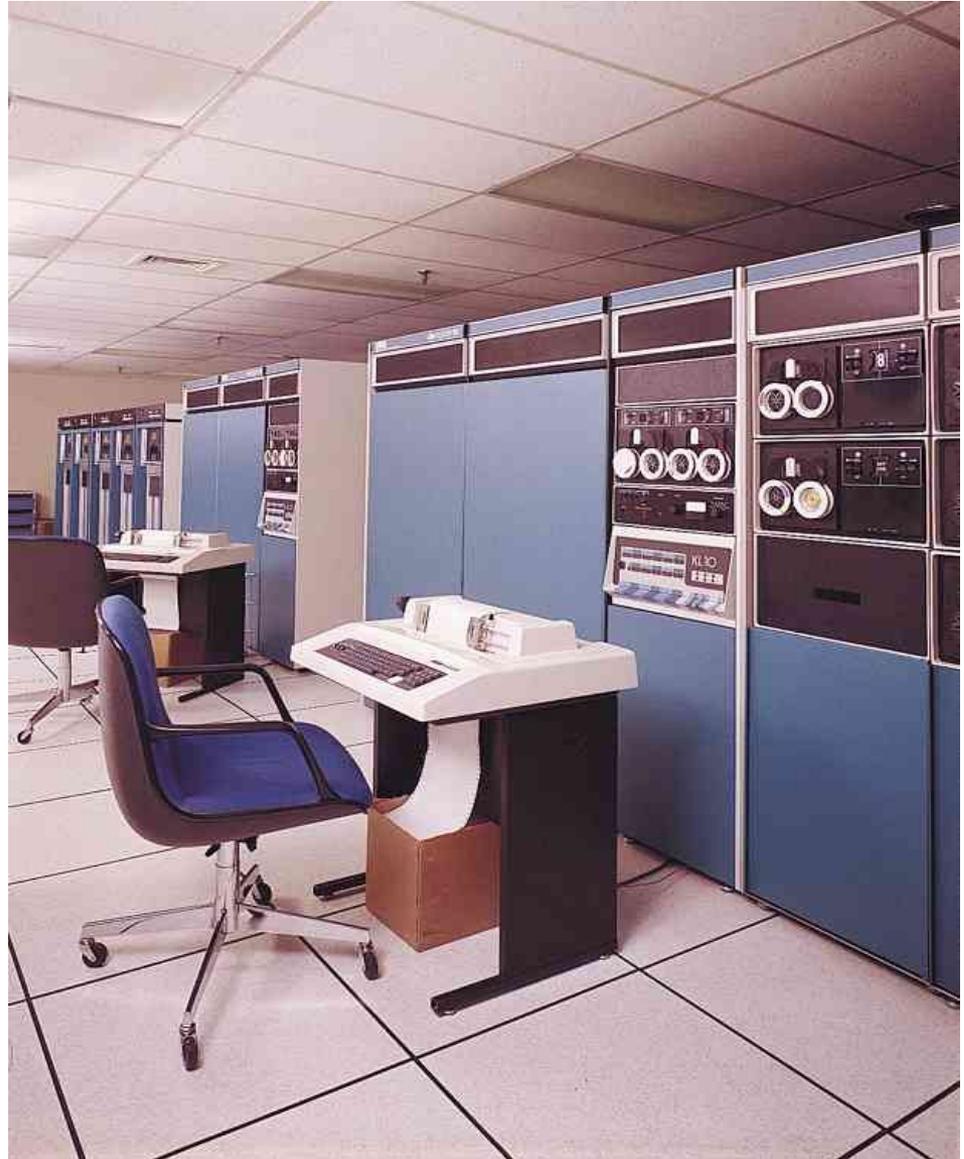
So ähnlich sah unser Rechnerraum aus

klimatisiert, laut,
8 MB Hauptspeicher
„dual core“

Zusätzlich gab es einen
Terminalraum.
(Mehrbenutzersystem)

Aber: Für aufwändige
Berechnungen musste
Rechenzeit beantragt
werden.

Stand: 1975



Basistechnologien

Mechanik

Zahnräder, Stangen, Bleche

- sehr langsam, sehr unzuverlässig
- sehr platzaufwändig und teuer

Elektromechanik

Relais

- langsam, unzuverlässig
- sehr platzaufwändig

Elektronik

Vakuumröhre

- schnell, unzuverlässig

Transistor, Integrierter Schaltkreis

- + sehr schnell
- + sehr kompakt
- + sehr zuverlässig
- + sehr geringer Leistungsverbrauch

Besonderheit:

ICs sind hochgradig skalierbar
je kleiner die Struktur desto schneller
(there's plenty of room at the bottom)

Zukünftig

Polymere, DNA, Quantencomputer, ...



Ein antiker Analogrechner

Vor der Küste von Antikythera wurde 1900 in 49 m Tiefe ein ca. 70 BC gesunkenes Schiffswrack entdeckt. Darin fanden sich die Überreste eines komplexen astronomischen Zeigerinstruments.

Es ist zwar das einzige ähnliche Fundstück aus der Antike, ist aber sicher kein Einzelfall. (Nachbau durch Al-Biruni?)



The Antikythera Mechanism artifact, currently on display in the National Museum in Athens, Greece.



„Dark Ages“ in Westeuropa



Das Astrolabium war der Prototyp des astronomischen Taschenrechners. Die erste Beschreibung ist von Theon von Alexandria (kurz bevor die Christen der dortigen Wissenschaft ein Ende machten).

Es wurde später weiterentwickelt zu nautischen und astronomischen Geräten.

Und die Entdeckung Amerikas ...



Entwickelt im griechischen Alexandria

- Byzantinisches Reich
- China
- Kalifat (Iran-Andalusien)
- Westeuropa

Die wissenschaftliche Revolution (17. Jdh)

- Zeitalter von Galilei, Harvey, Kepler, Newton, Huygens, Descartes, Pascal, ...
- Galilei verdient Geld mit seinem „Proportionalzirkel“
- **Schickard und Pascal erfinden die mechanische Rechenmaschine**
- Für Descartes sind viele neuronale Prozesse mechanischer Art



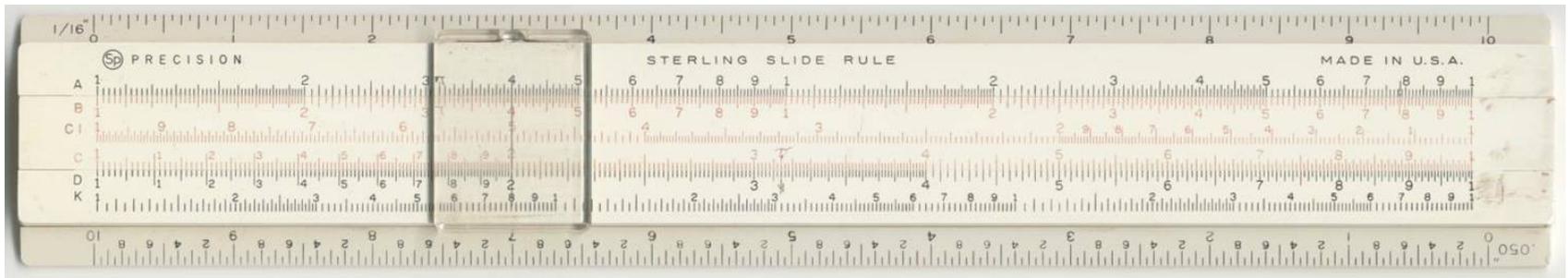
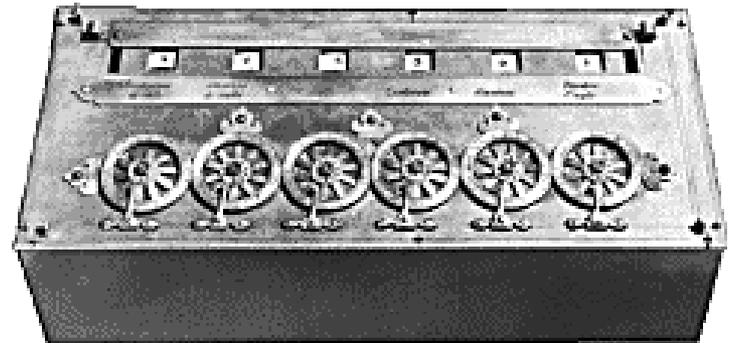
Blaise Pascal

Digital und Analogrechner ab dem 17. Jdh

Blaise Pascal baute als 18 jähriger für seinen Vater die erste funktionierende mechanische Rechenmaschine. (Digitalrechner)

(brauchbare Rechenmaschinen gibt es seit Mitte des 19. Jhd)

Nach der Erfindung der Logarithmenrechnung durch Napier waren logarithmische Rechenschieber für mehrere Jahrhunderte im Gebrauch. (Analogrechner: Addition durch Addieren von Strecken)



The Day after Tomorrow: Into infinity (1975) ...



Das Zeitalter des Absolutismus (18. Jhd)

Technisierung ermöglicht teure Spielereien: „Automaten“.
Fürstenhöfe haben das Geld für diesen Luxus.
Zum erstenmal werden Geräte mit einem komplexen
Ablaufprogramm gebaut: Puppen, automatische Orgel, ...

Vaucanson (1709-1782) erfindet Lochkarten zur
Programmsteuerung. („Der Flötenspieler“, „Der
Tambourinspieler“, „Die Ente“).
Die Ente konnte essen, trinken und verdauen.

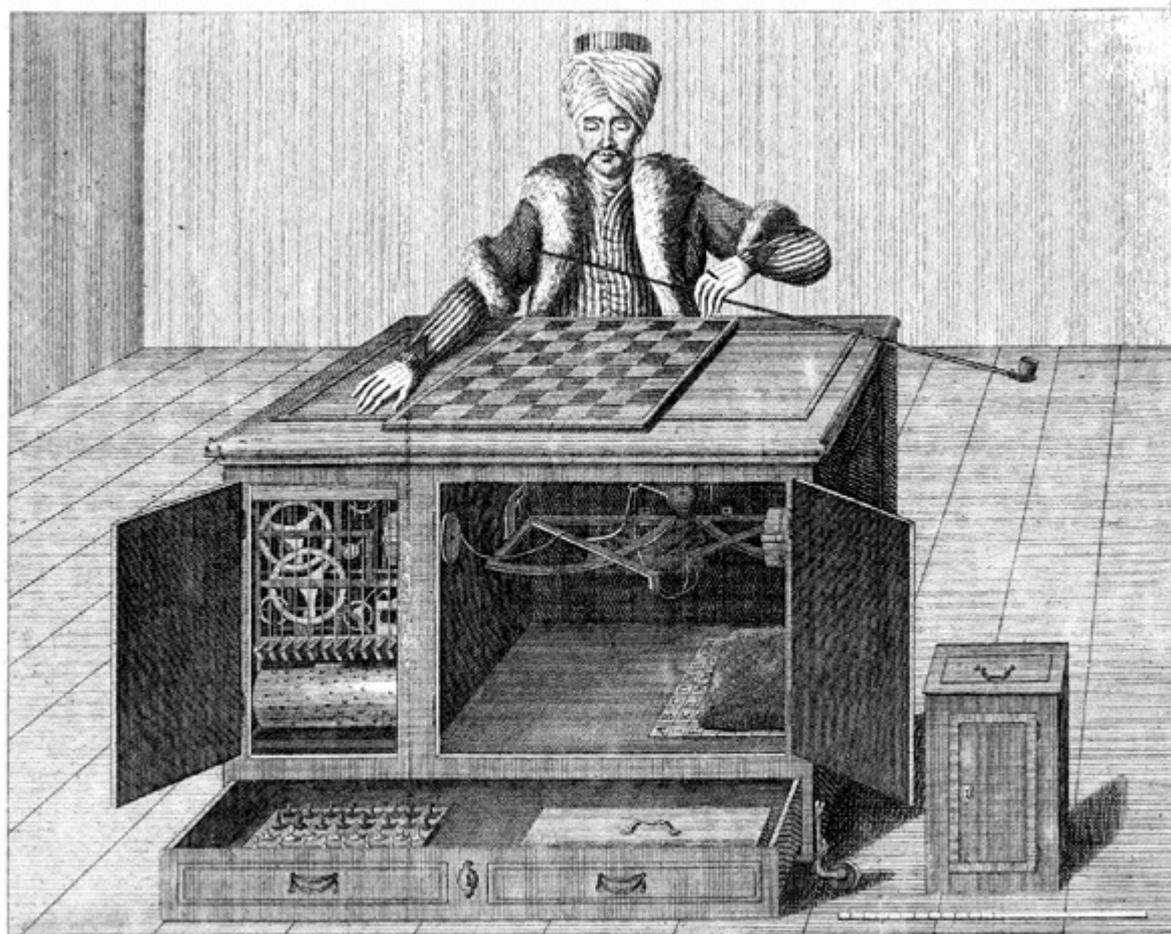
1741 wird Vaucanson Inspektor der Seidenproduktion. Er führt
mehrere Verbesserungen ein. Darunter die Steuerung durch
Lochkarten.

Er baut für seine Sammlung ein Museum (ab 1794:
„Conservatoire des Arts et Métiers“).

Dort entdeckt Jacquard seinen Webstuhl.



Der Traum von der maschinellen Intelligenz



M. de Kempelen del.

Ch. à Mechel, excul. Basilea.

P.G. Pütz, fecit.

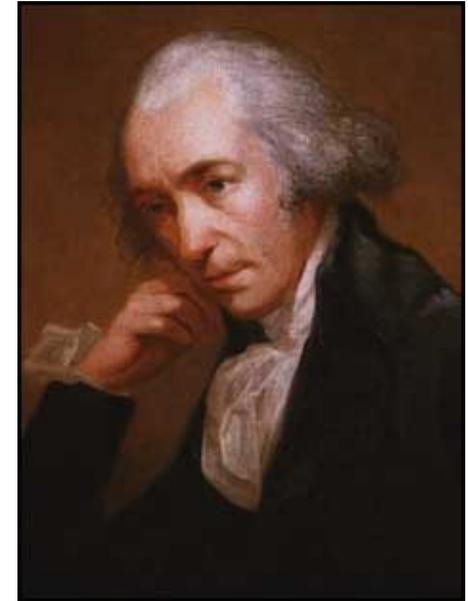
Der Schachspieler wie er vor dem Spiele gezeigt wird von vorn. Le Joueur d'Échecs, tel qu'on le montre avant le jeu, par devant.

Die industrielle Revolution (19. Jhd)

Französische Revolution: Demokratie, Säkularisierung, „Zivilgesellschaft“
Einführung der effizienten Dampfmaschine (James Watt, 1775)

Schnelle Veränderungen in weniger als 100 Jahren

Menschliche Arbeit wird „mechanisiert“



Joseph-Marie Jacquard (1752-1834)

Entdeckt den Webstuhl von Vaucanson und entwickelt Ideen zur Verbesserung (1790). Doch zunächst „Mitarbeit“ in der Französischen Revolution.

1801 erste Demonstration seine Webstuhls.

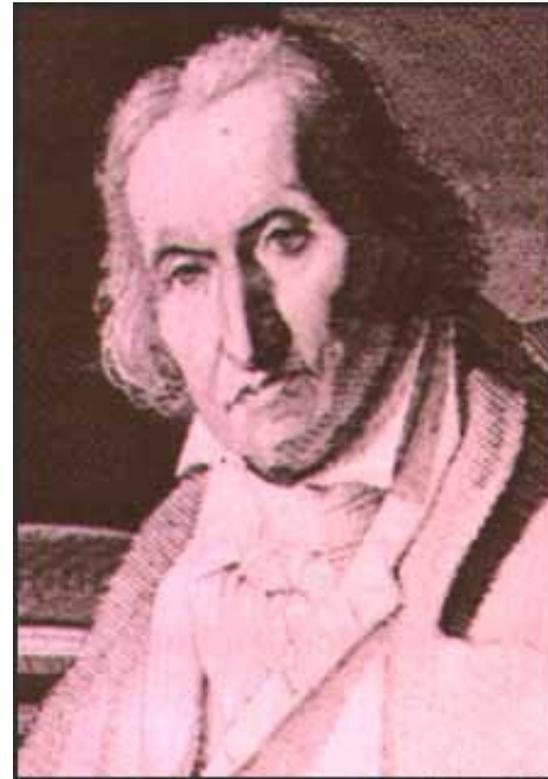
1806 der Webstuhl wird zum öffentlichen Eigentum erklärt. Jacquard erhält eine lebenslange Rente und Gebühren für jede neue Maschine.

Der Webstuhl löst heftige soziale Konflikte aus.

1812 waren bereits 11000 Jacquard-Webstühle in Frankreich aufgestellt.

Ab 1820 werden Webstühle in England und dann weltweit genutzt.

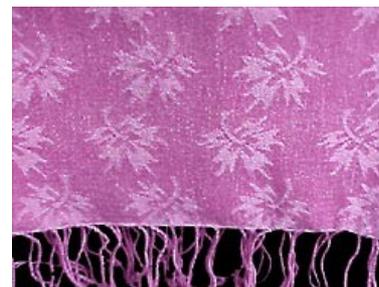
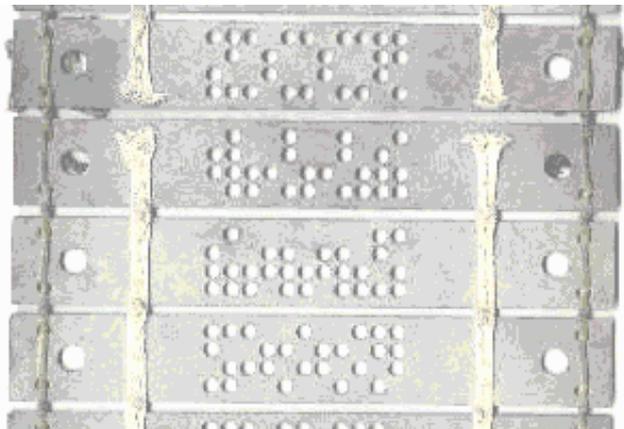
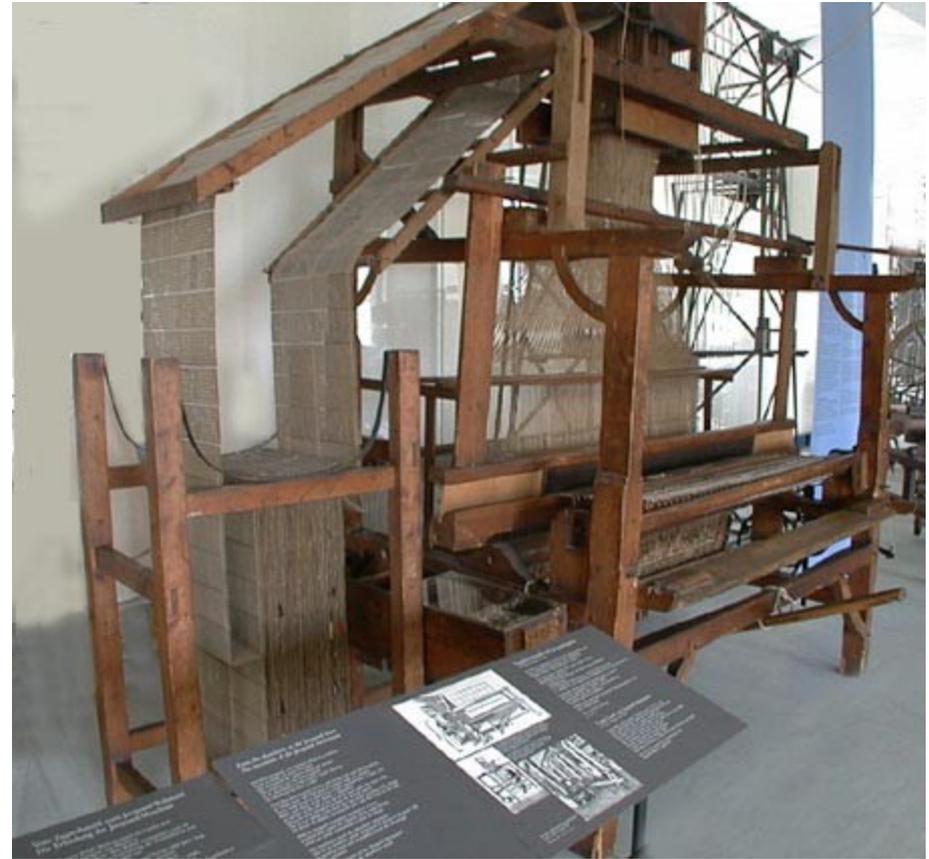
Aufschwung der Textilindustrie. Motor der industriellen Revolution.



Der mechanische Webstuhl

Für Charles Babbage und Lady Ada war der Webstuhl der Prototyp des programmierten Geräts.

We may say most aptly, that the Analytical Engine weaves algebraical patterns just as the Jacquard-loom weaves flowers and leaves. (Lady Ada Lovelace)



Charles Babbage (1791-1871)

Babbage ist beteiligt an der Gründung mathematischer und astronomischer Gesellschaften in England.

1828-1839 ist er Mathematik-Professor in Cambridge.

Ab 1812 entwickelt er die Idee mathematische Tabellen automatisch herzustellen.

1823 erhält er Regierungsgelder zur Entwicklung der „Difference Engine“.

Die Difference Engine beeinflusste spätere Informatikpioniere.

Ab 1833 entwickelt er das Konzept der „Analytical Engine“.

Dieser Entwurf wurde vergessen, bis seine Notizbücher 1937 wiederentdeckt wurden.



Charles Babbage: Difference Engine

Idee: die n-te Ableitung eines Polynoms n-ter Ordnung ist konstant -> man kann aus den konstanten „Differenzen“ durch bloße Addition alle Funktionswerte ermitteln

z.B. $y = x^3 + 2x^2 + 5x - 5$

X	-1	0	1	2	3	4	5
Y	-9	-5	3	21	55	111	195
dY1		4	8	18	34	56	84
dY2			4	10	16	22	28
dY3				6	6	6	6

$$\begin{aligned} Y[i] &= Y[i-1] + dY1[i-1] \\ dY1[i] &= dY1[i-1] + dY2[i-1] \\ dY2[i] &= dY2[i-1] + dY3 \end{aligned}$$

Für den Algorithmus muss man nur die Anfangswerte der einzelnen Differenzen festlegen.

Da sich praktisch alle mathematischen Funktionen genähert durch Polynome darstellen lassen, ergibt sich ein riesiges Anwendungsfeld.

Realisierung der Difference-Engine (1822)

Mechanisches Räderwerk

Geeignet für Polynome 15. Ordnung

Geplanter Antrieb durch Dampfmaschine

Technische Durchführung war relativ komplex

Wurde im 19. Jhd erfolgreich eingesetzt



Der Vorläufer von J. Müller



Die Difference Engine erlaubte die Lösung eines einzigen Problems. Sie war nicht programmierbar
-> also kein Computer!

1822-23 Förderungsantrag

1823-33 Fertigung (Clement)

1832 Prototyp

Ab 1860 bis 1930 erfolgreicher Einsatz von D.E.s zur Berechnung von Tabellen.

(Scheutz, Wiberg, Grant, Comrie)

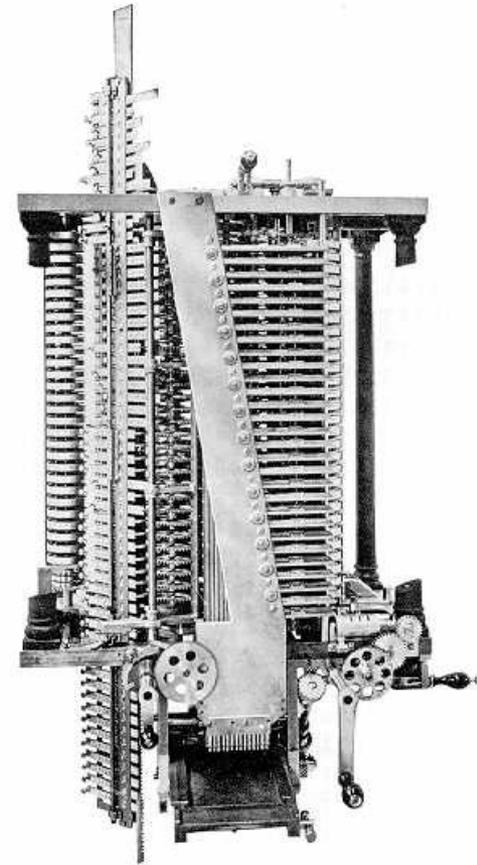
Analytical Engine

Die grundlegend neuen Ideen bestehen:

1. In der Programmierbarkeit einer Maschine durch Verwendung von Jacquard'schen Lochkarten.
2. In der Weiterverwendung von Zwischenergebnissen. („the engine eating its own tail“)
3. Der Aufteilung des Gerätes in Speicher(Store) und Rechenwerk (Mill). Zahnstangen dienten der Übertragung von Zahlenwerten zwischen Store und Mill (Rechnerbus).

Bis 1948 (Speicherprogrammierbarkeit, John von Neumann) gibt es keine grundlegende Weiterentwicklung dieses Konzepts! Die ersten „modernen“ Rechner hatten eine einfachere Architektur.

Die Analytical Engine war ein Papiercomputer. Nur einzelne Komponenten (Teile des Rechenwerks) wurden wirklich gebaut.



Datenblatt der Analytical Engine

Speicher für rund 100 Variable zu je 30-40 Stellen.

Vorrichtung zur Wiederholung von Operationen („mechanical means have been provided for backing up or advancing the operation cards to any extend“)

Stanzer für Zahlenkarten (Massenspeicher).

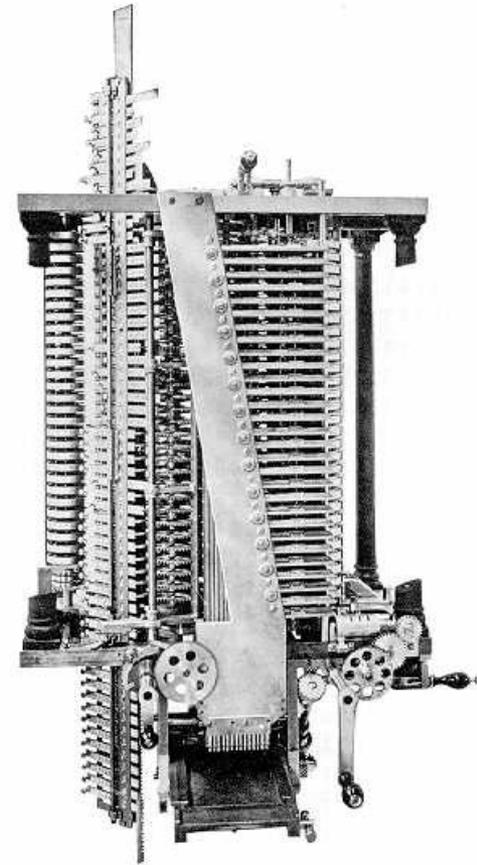
Drucker.

Zeichengerät.

Setzmaschine (offline).

Addition und Subtraction vermutlich ca. 2 sec.

Multiplikation ca 1 min.



Lady Ada Augusta Countess of Lovelace geb. Byron (1815-1852)

Interessiert sich ab 1833 für die Idee der Analytical Engine

Übersetzt 1843 einen Aufsatz „Notions sur la machine analytique de Charles Babbage” des italienischen Offiziers Menebra. Ihre Anmerkungen sind fast 3x so lang wie das Original.

Sie grenzt darin die Analytical Engine als universellen, programmierbaren Rechner von der spezialisierten Difference Engine ab.

Sie beschreibt die Entwicklung eines Programms zur Berechnung von Bernoulli-Zahlen. Ihr Programm enthält Wiederholungsschleifen. Es legt die Einführung von bedingten Anweisungen nahe.

Von Lady Ada stammt das erste überlieferte komplexere Computerprogramm der Geschichte!

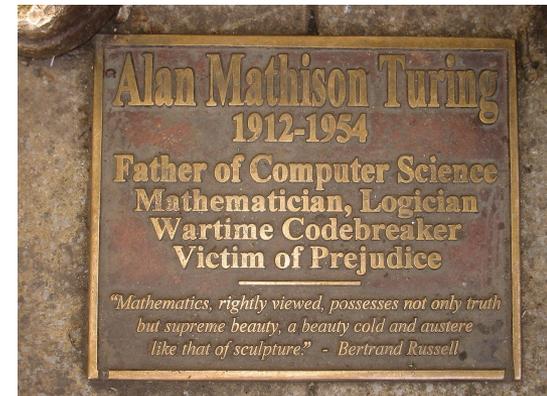


Alan Turing (1912-1954)

In seinem Aufsatz "On Computable Numbers, with an Application to the *Entscheidungsproblem*" (1936) führt Alan Turing Model der LCM (Logical Computing Machine), heute "Turing Maschine" genannt, ein. Er zeigt, dass Berechenbarkeit auf der Turing Maschine äquivalent ist, zu dem formalen Lambda-Kalkül, den sein Lehrer Alonzo Church untersucht hatte.

Die Church-Turing-These sagt aus, dass nicht alle, sondern nur bestimmte Funktionen effektiv (in endlich vielen Schritten) berechnet werden können.

Turing zeigt, dass es eine universelle Turing Maschine gibt, die ("softwaremäßig") jede beliebige spezielle Turing-Maschine simulieren kann (= Modell für speicherprogrammierbaren Computer).



Basierend auf der Church-Turing These hat man postuliert: „Ein Computer ist eine Maschine, die (bei genügend großem Speicher) genau so mächtig ist, wie die universelle Turing-Maschine.“

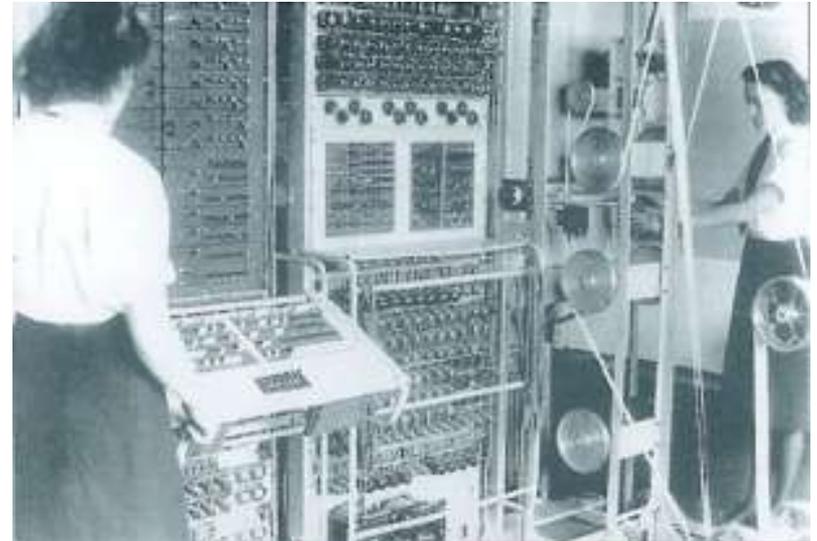
Der erste programmierbare elektronische Computer

Nachrichten auf der allerhöchsten Ebene wurden durch eine besonders komplexe Maschine verschlüsselt (Lorentz-Schlüsselmaschine).

Turing und der Mathematiker Flowers leiten ab 1942 die Entwicklung des elektronischen Spezialrechners „Colossus“. Die Entschlüsselungsmethodik von Colossus wurde programmiert. Nach dem Krieg wurden auf Anweisung Churchills alle Unterlagen und 8 der 10 äußerst erfolgreichen Geräte vernichtet.

Wegen der Geheimhaltung war Colossus lange nicht bekannt. Heute weiß man, dass es das erste größere elektronische Gerät ist, das einem programmierbaren Computer nahe kommt.

Nach dem Krieg war Turing an der Entwicklung der ersten Computer beteiligt – bis die intolerante Umgebung der 50er ihn (als Homosexuellen) in den Tod trieb.



Vannevar Bush (1890-1974)

1922 Mitbegründer von Raytheon

1931 Differential Analyzer (mechanischer Analogrechner für Energieversorgung)

Mächtigstes Recheninstrument vor der Erfindung des digitalen Computers.

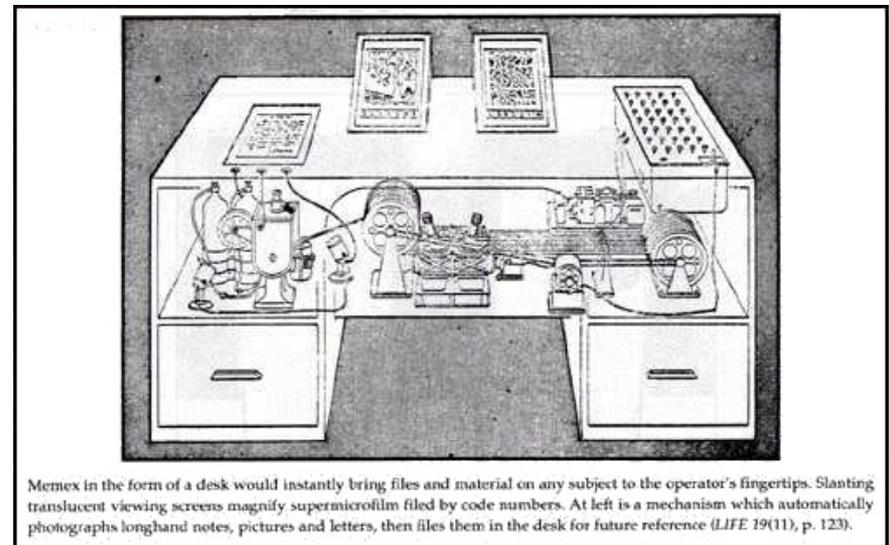
Lehrer von Claude Shannon

Bis 1945 führender Organisator der militärischen Forschung.

1945 „As we may think“ Vision von Hypertext als umfassende Wissensbasis (world wide web)

Obwohl eigentlich der Organisator des „Militärisch industriellen Komplex“ setzt sich Bush später für freie friedliche Forschung ein.

Bush hat als Erster den Computer als ein System der Informationsverarbeitung gesehen.



Memex in the form of a desk would instantly bring files and material on any subject to the operator's fingertips. Slanting translucent viewing screens magnify supermicrofilm filed by code numbers. At left is a mechanism which automatically photographs longhand notes, pictures and letters, then files them in the desk for future reference (*LIFE* 19(11), p. 123).

Claude Shannon (1916-2001)

Begründet 1948 das Gebiet der Informationstheorie:

„A Mathematical Theory of Communication“

Damit wurde erstmals der Informationsbegriff formal definiert. Gleichzeitig wurde die Grundlage für die Probleme der Datenspeicherung und der Kommunikation gelegt ,

Shannon arbeitete bei Bell Labs (gegründet von G. Bell als „Volta Lab“, später: AT&T, heute: Alcatel)

Bell Labs ist ein herausragendes Beispiel, welche Rolle privat finanzierte Grundlagenforschung spielen *kann*. (Transistor!!, Unix, C und anderes 13 Nobelpreisträger)

Das wird heute aus kurzfristigen ökonomischen Gründen kaum noch gemacht – mit sehr negativen Folgen für den langfristigen Erfolg eines Unternehmens!



Konrad Zuse (1910-1995)

Vollkommen auf sich allein gestellt, entwickelt der Bauingenieur Zuse ab 1936 den ersten Computer.

1937 entsteht der mechanische Computer Z1

Zuse erhält bescheidene Fördermittel

1941 ist der erste funktionsfähige Computer der Welt, der Z3, fertig.

Zuse's Computer und Unterlagen werden bei einem Bombenangriff vollständig zerstört.

Nach dem Krieg schmuggelt Zuse den fast fertigen Z4 aus Berlin nach Bayern. Auf Wunsch des Kunden, ETH Zürich, wurden nachträglich Verbesserungen eingebaut.

Zuse gründet später eine eigene Firma.

Neben dem Computer erwirbt Zuse eine Reihe anderer Patente (u.a. für Windräder).

In seiner Freizeit betätigt sich Zuse als Maler.



Zuse schwankte zunächst zwischen Kunst und Ingenieurwissenschaften. Er studierte Maschinenbau, Architektur und schließlich Bauingenieur, zog dann aber wieder bei den Eltern ein und „bastelte“ den Computer.

Z1, ein letzter Versuch mit Mechanik

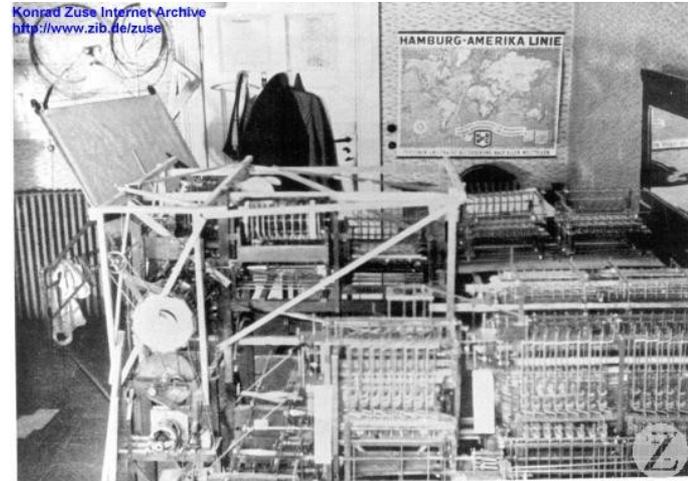
Ohne von Boole und Babbage zu wissen, entwickelt Zuse den mechanischen Computer Z1.

Der Z1 arbeitet binär und enthält ein Gleitkommarechenwerk. Anstelle von Zahnrädern verwendet Zuse bewegliche Bleche.

Die Programmsteuerung erfolgt über gelochte Filmstreifen.

Der Z1 ist nicht speicherprogrammierbar und kennt keine Programmverzweigung.

Das Rechenwerk von Z1 arbeitete nie zuverlässig.

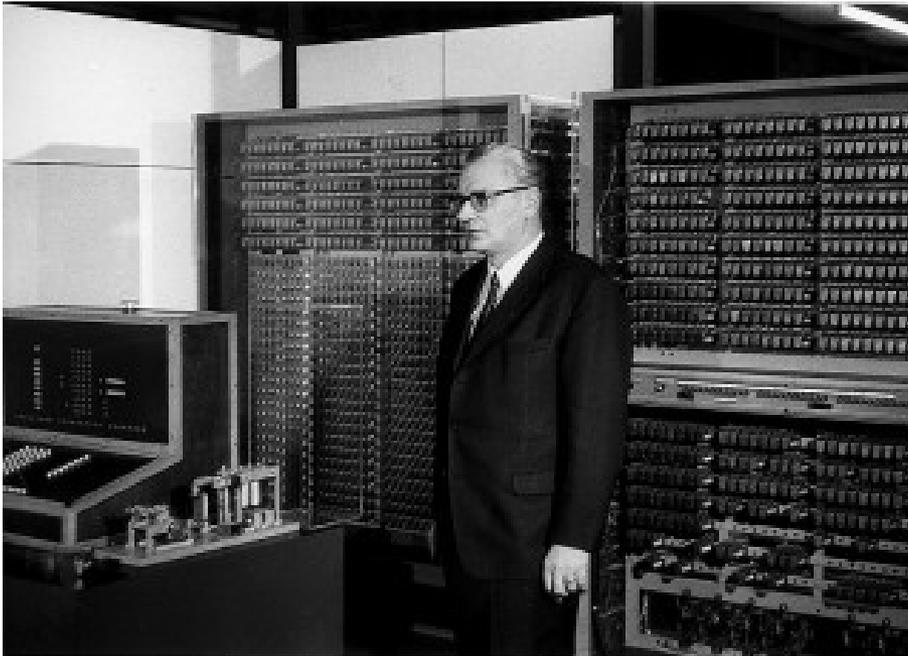


Original der Z1 in der Wohnung der Eltern

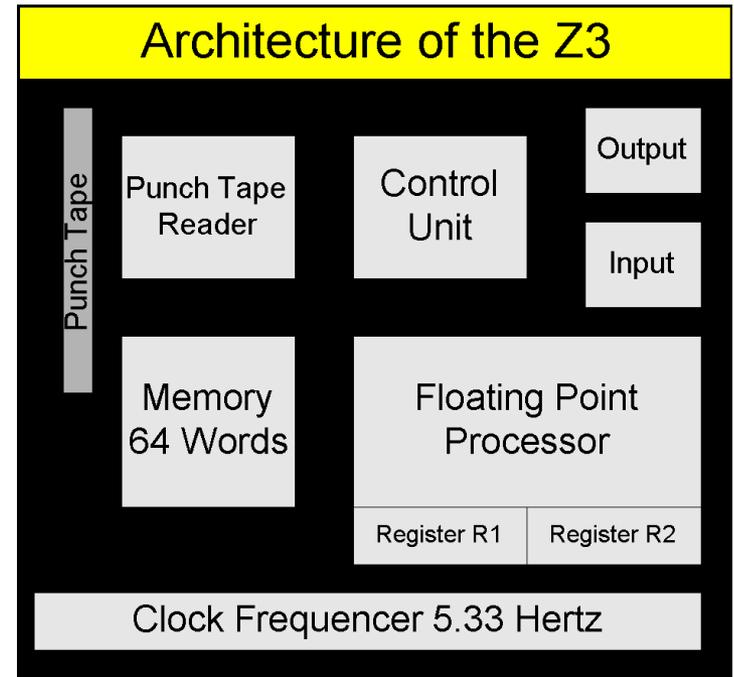


Nachbau der Z1

Z3, der erste funktionierende Computer der Welt

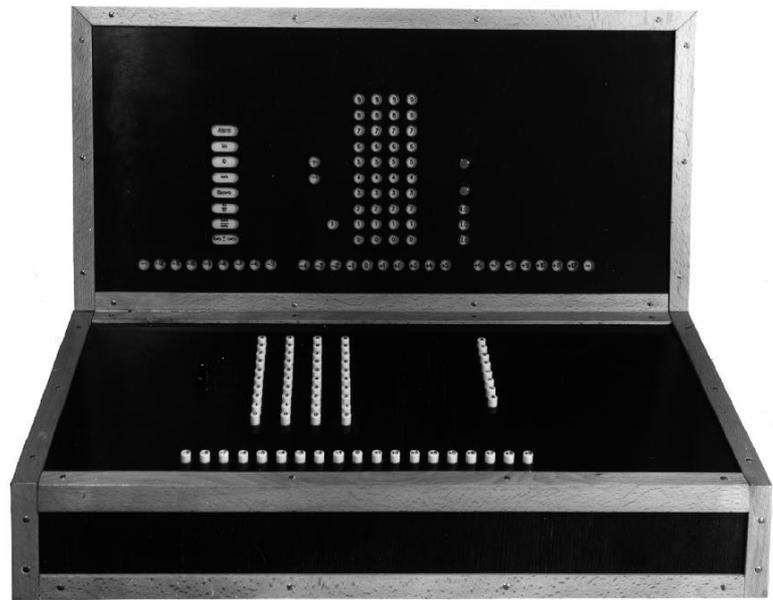
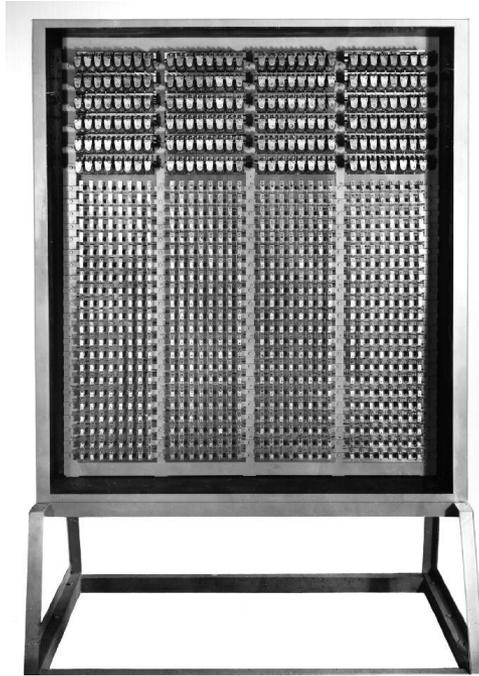
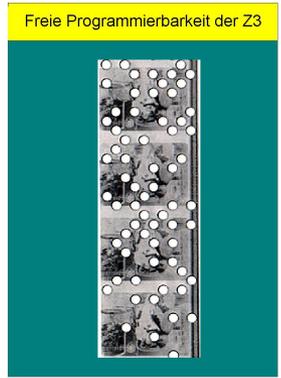


Konrad Zuse vor dem Nachbau des Z3.



Der Z3 verwirklicht das Prinzip des Z1 auf elektromechanischer Basis. Er enthält 2400 Relais, davon 600 im Gleitkommarechenwerk und 1800 im Speicher. 64 Gleitkommazahlen werden in 22 bit = 1 bit Vorzeichen + 14 bit Mantisse + 7 bit Exponent dargestellt. Nach der Eingabe werden die Gleitkommazahlen zunächst in die binäre Darstellung umgerechnet und vor der Ausgabe wieder zurücktransformiert.

Ein paar Bilder von Z3 (Nachbau)



(c) 1997 Konrad-Zuse_Gesellschaft

Bedeutung von Zuse

- Zuse wusste zunächst nicht von anderen Pionieren und umgekehrt.
- Die Leistung Zuses ist nur mit der von Charles Babbage zu vergleichen.
- Zuse hat ganz auf sich gestellt, praktisch die gesamte Entwicklung bis (fast) hin zum v. Neumann'schen Universalrechner als erster gemacht.
- Zuses Maschinen waren lange die einzigen Computer in Zentraleuropa.
- Zuse hatte keinen Einfluss auf den „Mainstream“ der Computerentwicklung.
- Zuse war weniger an Wissenschaft als an praktischer Anwendung interessiert.
- Seine Firma hatte keinen langfristigen Erfolg. Software wurde von den Kunden erwartet aber nicht bezahlt.
- Zuse zu B. Gates: „Ich hätte nie gedacht, dass man mit Software Geld verdienen kann.“

SCIENCE AND MEDICINE

Answers by Eny

All-Electronic Super Calculator
Is a Whizz at Super Problems

To primitive man, his ten fingers and ten toes were natural computing devices. In a later age, piles of pebbles were the accepted mathematical aids. For the Chinese, one of the earliest was the abacus, a digital device using counters on parallel wires—a "discreet variable computer." Opposed to this was another type, the "continuous variable computer," the simplest form of which is the slide rule.

But for modern man, there must be gigantic mechanical robots, capable of speedy and precise analysis of complicated problems. Two of these are the

A 30-ton giant with nearly 18,000 vacuum tubes fitted into 100 feet of panels, Eniac has only one electro-mechanical part that which feeds the beginning of the problem into the electronic machine and extracts the answer.

Fifty-Foot Brain: The calculation equipment, arranged in a U-shape around three sides of a 30-by-50-foot room, includes a constant transmitter, which receives information and "remembers" or stores, electronically, this data; twenty accumulators, which add, subtract, and, at the same time, "remember" numbers later necessary to the solution; three multipliers, one divider and square rooter, and three function tables with stored information, similar to tables in mathematical textbooks.

Other panels are the initiating unit,

nine-digit division problem was solved in 1/38 of a second.

The original Eniac, which cost \$400,000, will be housed at Aberdeen Proving Ground, Maryland, for further development of ballistic research. However, new models that may be built—at an approximate cost of \$250,000—will be made available for peacetime studies in nuclear physics and aerodynamics. Industrial applications of Eniac may include:

• **Electrical and electronic industries**—Precise knowledge of hitherto unknown factors will make for better transformers, rectifiers, and motors.

• **Aircraft design**—By solving intricate mathematical problems before test models are made, expensive and dangerous trial-and-error methods may be avoided.

• **Banking and insurance**—Computations that would take years on ordinary calculating machines can be solved in hours.

• **Meteorology**—Eniac makes possible the analysis of the large masses of meteorological data which may make possible accurate long-range weather predictions.

Tomatoes to Ringworm

In the Bureau of Agricultural and Industrial Chemistry at Beltsville, Md., Department of Agriculture scientists sought a cure for fusarium wilt in tomato plants.

To their surprise they stumbled onto a remarkably effective treatment for fungus infections in human beings. The discovery is tomatin, an antibiotic. Although still in the test-tube stage, it has relieved athlete's foot, thrush, ringworm, and other scalp and skin infections which do not respond to penicillin.

Wilt in tomato plants is caused by fusarium mold. This mold was held in control by tomatin in the plants. Thus, the researchers reasoned, tomatin should curb the human parasitical diseases caused by similar fungi. They were right.

But sufferers from athlete's foot can't have tomatin tomorrow. Three problems are still to be worked out: a prolific source (1,500 pounds of tomato plants produce only 3 ounces of tomatin), dosage, and toxicity of the drug for humans.

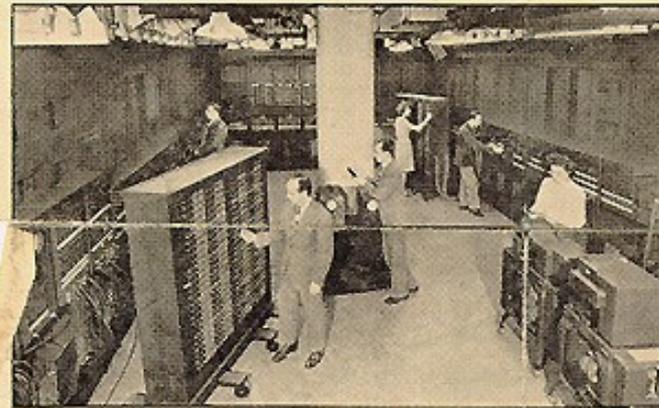
Too Many Sick Friends
Stymied Medics in Paris

The American Hospital in Paris, operated since the liberation as the United States Army's 365th General Hospital Unit, returned to civilian status on Jan. 31. The story behind the Army's hasty decision to pull out of the luxurious institution in the beautiful suburb of Neuilly was cabled by Tom Howard of Newsweek's Paris bureau.

The Army gave no reason for the hurry-up evacuation order. The order

Electronic
Numerical
Integrator
And
Computer

Mauchly & Eckert
1946



The Army's roomful of brain—U-shaped, 50 feet long and 30 wide

automatic sequence controlled calculator built by the International Business Machines Corp. at Harvard University, and the differential analyzer of the Massachusetts Institute of Technology designed by Vannevar Bush (Newsweek, Nov. 12, '45). Last week at the Moore School of Electrical Engineering at the University of Pennsylvania, the prima donna of all mathematical devices was demonstrated. It is the Electronic Numerical Integrator and Computer, shortened to ENIAC (pronounced en-ee-ak).

Invented by Dr. J. W. Mauchly, a 38-year-old physicist, and J. Prosper Eckert Jr., 26, a designing engineer, to meet the Army's needs for computing problems peculiar to the Ballistics Research Laboratory, Eniac is the first all-electronic mathematical instrument. The earlier machines, with their labyrinths of shafts, gears, and wheels, are electro-mechanical computers: the Harvard machine, wholly so; the MIT, 80 per cent electro-mechanical and 20 per cent electronic.

which starts and stops Eniac; the cycling unit, which generates electrical impulses at a rate of 100,000 a second; and the master programmer, the real "brain," which tells Eniac what to do and when.

The first problem put to Eniac was a nuclear-physics calculation that would require 100 man-years of work by a trained computer. The electronic device solved it in two weeks, of which two hours were used for actual electronic computing and the remaining time for operating details and review of results.

In last week's demonstration, Eniac performed these mechanical miracles:

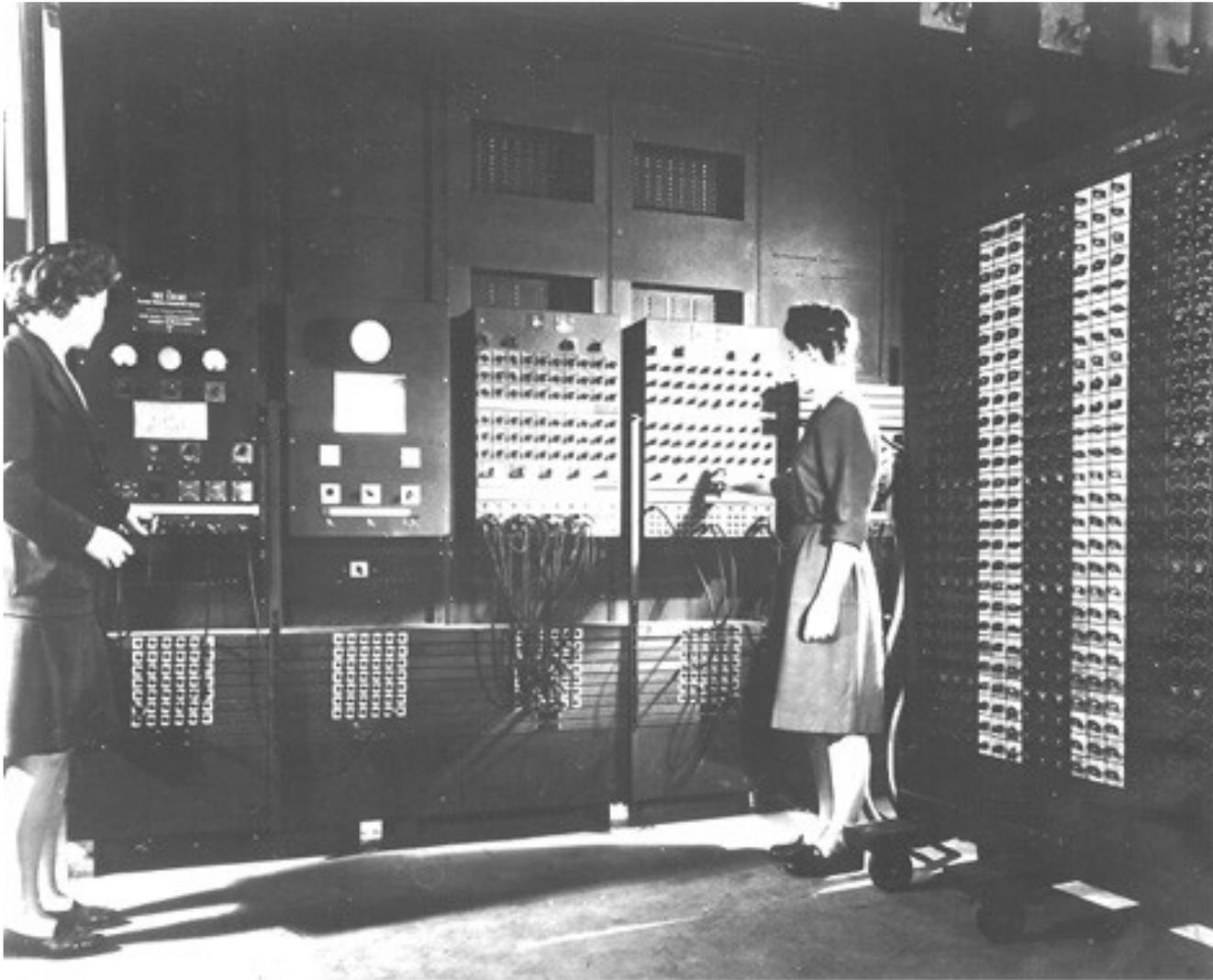
• A five-figure number was multiplied by another five-figure number 500 times.

• After one second, the answer was visible.

• The square and cube of numbers from 1 to 100 were figured and the results punched on Eniac in one minute.

• To add or subtract two ten-digit numbers, Eniac required only 1/3,000 of a second; a single multiplication by a ten-digit multiplier took 1/300 of a second; a

Programmiererinnen am ENIAC



ENIAC, der erste elektronische Computer 1946 (entwickelt von Eckert, Mauchly, ...)

17468 Vakuumröhren (MTBF per Röhre = 1000h)

Diese Zahl wurde nie mehr erreicht (der Entwurf war nicht optimal)!!

Gewicht: 150 Tonnen

Kosten: \$400 000

Leistung: 150KW

Rechenleistung 5000 Additionen / 300 Multiplikationen pro Sekunde

100 – 1000 x schneller als alle damals existierenden Rechner

Ein ähnlich großer Rechner war vorher für unmöglich gehalten worden.

Sehr zeitaufwändige Programmierung durch Stöpseln (Datenfluss-orientiert)

Der ENIAC war eher eine programmierbare Rechenmaschine als ein Computer

Keine Programmverzweigung

Keine Trennung von Speicher und Rechenwerk

Keine binäre Arithmetik

John von Neumann (1903-1957)

JvN geboren in Ungarn als Janosz, dann lebte er als Johann in Deutschland, dann als John in USA. Er war ein Universalgenie.

Chemieingenieur und Mathematiker, u.a. Neumann-Algebra, „Die mathematischen Grundlagen der Quantentheorie“, „Theory of Games and Economic Behaviour“

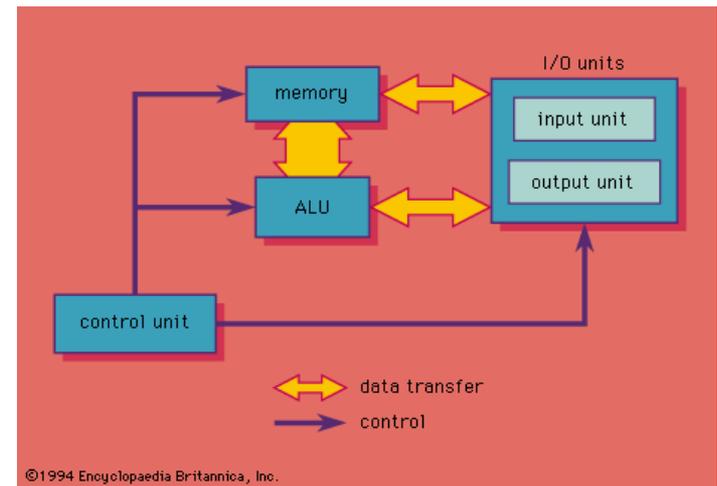
Vielfältige Arbeiten zur Theorie des Computers (Zufallszahlen, Zuverlässigkeit, selbstreproduzierende Automaten).

Am bekanntesten ist in der Informatik das Modell des „von-Neumann-Computers“: Konzept des modernen Computers!

1945 Draft for EDVAC

"It is a waste of a valuable scientific computing instrument to use it to do clerical work."

vN. zu Studenten, die einen Assembler erfunden hatten.



The control unit fetches data and instructions from memory and effects the operations of the ALU.

Das Konzept des speicherprogrammierbaren von Neumann-Computers

v. Neumann stellt in *First Draft of a Report on the EDVAC* [1945], das Prinzip des modernen Computers dar.

Wichtige Begründung: Eine schnelle elektronische Rechenmaschine benötigt einen schnellen Programmspeicher (Lochstreifen ist ungeeignet).

1946 Summer School an der Moore School of Engineering propagiert das Konzept.

2.5 To sum up the third remark: The device requires a considerable memory. While it appears that various parts of this memory have to perform functions which differ somewhat in their nature and considerably in their purpose, it is nevertheless tempting to treat the entire memory as one organ, and to have its parts even as interchangeable as possible for the various functions enumerated above. This point will be considered in detail cf. [not completed].

At any rate the total *memory* constitutes the third specific part of the device: *M*.

2.6 The three specific parts CA, CC, (together C), and M correspond to the *associative* neurons in the human nervous system. It remains to discuss the equivalents of the *sensory* or *afferent* and the *motor* or *efferent* neurons. These are the *input* and the *output* organs of the device, and we shall now consider them briefly.

Die Entwicklung des speicherprogrammierbaren Computers

Problem: billiger großer und schneller Speicher.(v.N. dachte an Elektronenröhren)

Lösungen:

- Schallausbreitung in **Quecksilber**. (USA, Cambridge UK)
- Abtasten von Ladung auf **Kathodenstrahlröhre**. („Williams Tube“, Manchester UK)

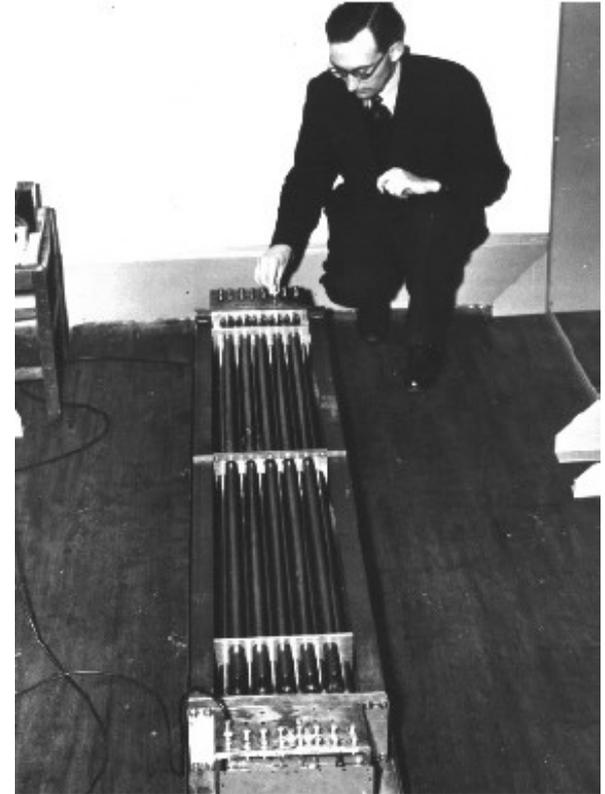
England (Williams, Kilburn und Turing in Manchester):

- **1948: Baby** (Prototyp aber 1. funktionsfähiger v.N.-Rechner der Welt)
 - **1949: Manchester Mark I**
 - **1949: Ferranti Mark I** (kommerziell)
- England (Maurice Wilkes in Cambridge, Turing in Cambridge)
- **1949: EDSAC**
 - **1951: Pilot ACE** (sehr schnell, da kein v.N.-Rechner)
 - **1955: DEUCE** = 10 x schneller als Mark I (kommerziell)

USA (u.a. Eckert, Mauchly, von Neumann):

- **1949: EDVAC**, großer Computer = Durchbruch des von Neumann-Prinzips

=> v.N. Rechner setzen sich durch, da einfach zu programmieren !!!



Quecksilber-Speicher

(Pilot-) ACE = Die „reale“ Turing-Maschine

Director.

PROGRAMMING FOR A.C.E.

1. A letter has come from Ministry of Supply (616/5/9) asking us to do their programming for them. This is work that we ought to be able to undertake, but it will not be possible with our present very small programming staff. This staff is quite inadequate for our own needs; it will have to be at least three times greater than it has been up to now, if we are to make a success of the A.C.E. project. The arrival of Mr. D.W. Davies (Temporary S.O.) will, of course, be of some help, but we need in addition another two or three bright S.O.'s (or exceptionally bright A.E.O./E.O.'s) immediately.

2. It is essential to recruit the A.C.E. planning staff now, because it must be trained and in full production long before the machine itself is available for use. A large body of programming must be completed beforehand, if any serious work is to be done on the machine when it is made.

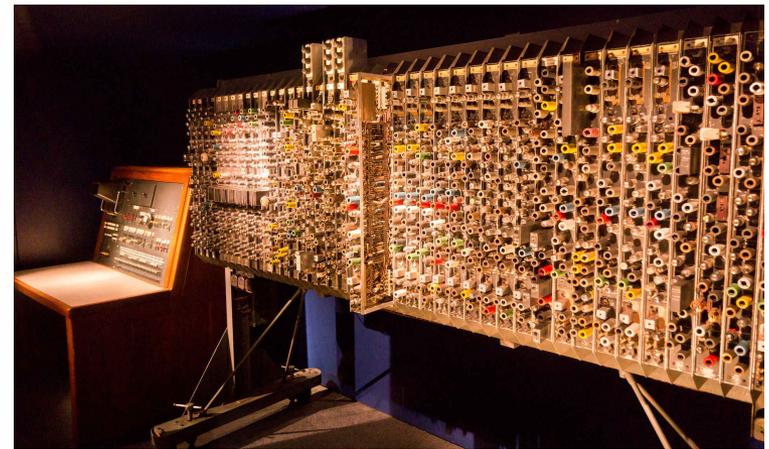
A.E. Turing.

Mathematics Division,
National Physical Laboratory.

30th August, 1947.

ACE, basierend auf Parallelverarbeitung war vermutlich der erste Supercomputer

Er wurde in den 50ern, auch als kommerzielle Version (DEUCE, 1450 Röhren, 12 Quecksilberröhren, 10x so schnell wie von Neumann-Rechner) für komplexe Berechnungen eingesetzt (Strömungen, Rakentechnik, etc).



Der erste von Neumann-Rechner

"A program was laboriously inserted and the start switch pressed. Immediately the spots on the display tube entered a mad dance. In early trials it was a dance of death leading to no useful result, and what was even worse, without yielding any clue as to what was wrong. But one day it stopped, and there, shining brightly in the expected place, was the expected answer. It was a moment to remember. This was in June 1948, and nothing was ever the same again."

F.C. Williams



Kilburn und Williams vor
Mark I/Baby

Das erste getestete richtige Computerprogramm

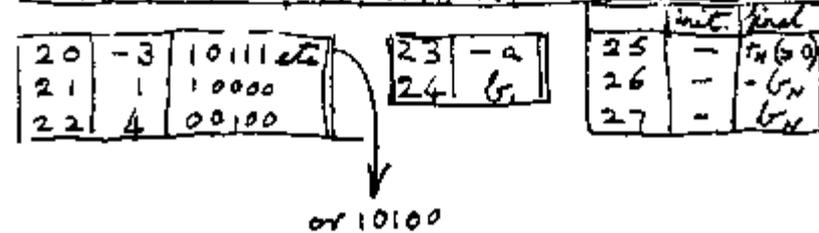
Aufgabe: Finde den größten Teiler von 2^{18} (= 2^{17}).

Anzahl der Instruktionen: 17
 Operationen: 2.1 Mill.
 Speicherzugr.: 3.5 Mill.
 Lauzeit: 52 min
 Befehlszeit: 1.25 msec

7 Befehle
 32 bit Wortlänge
 32 Speicherworte
 CRTs:
 Hauptspeicher
 Ausgabe wahlweise
 Speicher, Akkumulator,
 Befehlszähler

19/7/49 Kilburn Highest Factor Routine (amended)

Instron.	C	25	26	27	line	01234	131415
-24 to C	$-b_1$	-	-	-	1	00011	010
← to 26			$-b_1$		2	01011	110
-26 to C	b_1				3	01011	010
← to 27			$-b_1$	b_1	4	11011	110
-23 to C	a	T_{n-1}	$-b_n$	b_n	5	11101	010
Subtr. 27	$a-b_n$				6	11011	001
Test					7	-	011
Add. 20 to 14					8	00101	100
Subtr. 26	T_n				9	01011	001
← to 25		T_n			10	10011	110
-25 to C					11	10011	010
Test					12	-	011
Stop	0	0	$-b_n$	b_n	13		111
-26 to C	b_n	T_n	$-b_n$	b_n	14	01011	010
Subtr. 21	b_{n+1}				15	10101	001
← to 27	b_{n+1}			b_{n+1}	16	11011	110
-27 to C	$-b_{n+1}$				17	11011	010
← to 26			$-b_{n+1}$		18	01011	110
22 to 14	T_n	$-b_{n+1}$	b_{n+1}		19	01101	000



Das Zeitalter der Operators beginnt



UNIVAC-Console. Stehend: Eckert

Grace Murray Hopper (1906-1992)

1943 tritt sie der US Naval Reserve bei.

Aiken und Hopper bauen den elektromechanischen Rechner „Harvard Mark I (1944).

Sie entdeckt die Motte, die für eine Fehlfunktion im Mark I verantwortlich ist und erfindet damit das „Debugging“.

1949 trat sie der Mauchly & Eckert Company bei.

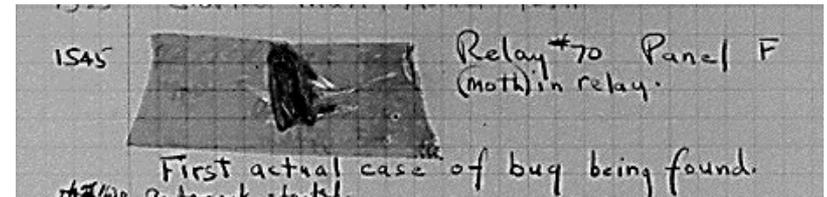
Sie entwickelt ab 1951 automatische Compiler.

Sie entwickelt 1957 Flow Matic und später COBOL

Mitarbeit beim Entwurf von Univac I, dem ersten kommerziellen elektronischen Computer.

1969 war sie erster Computer Science „Man of the Year“.

Mit 79 war sie ältester aktiver Offizier der US Navy



Der 1. Bug

Die größte Erfindung des 20. Jahrhunderts

Time Magazine, July 12, 1948, p. 54:

SCIENCE: Little Brain Cell

Last week Bell Telephone Laboratories demonstrated a small, simple device that can do many of the jobs now done by vacuum tubes. Called a "Transistor," it has no vacuum, no glass envelope. It requires no heating current and can start working immediately without a warm-up.

Transistors are not in production yet, but Bell scientists, to show what their little brain cells can do, demonstrated a radio receiver with vacuum tubes replaced by Transistors. Though not very powerful, it worked fine. Probably the Transistor's first practical assignment will be to amplify currents in telephone circuits, a job now done by vacuum tubes.

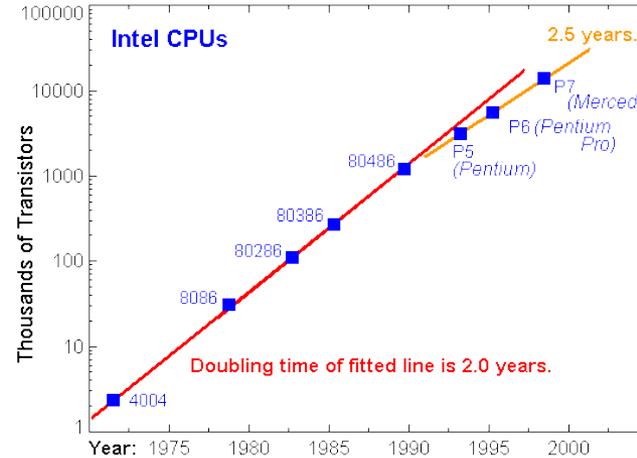
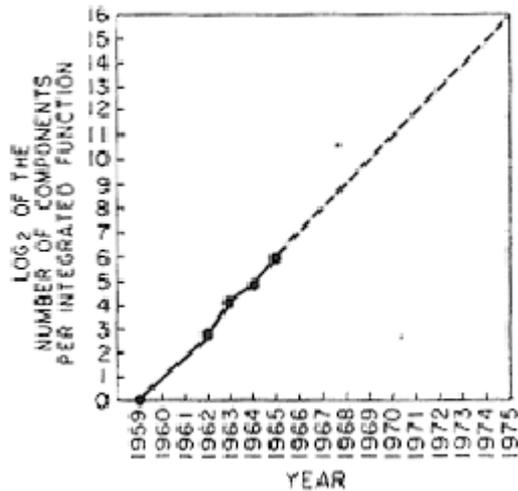
Entdecker: Shockley, Bardeen, Brattain



Ohne Transistor und IC gäbe es wohl keine Informatik !

Das Moore'sche Gesetz

Gordon Moore (Intel) sagt 1965 voraus, dass sich die Anzahl der Transistoren pro Chip alle 2 Jahre verdoppelt.



Mögliche Konsequenzen (nicht alles gleichzeitig):

- Geringere Kosten
- Höhere Rechenleistung
- Mehr Funktionalität
- Geringerer Leistungsverbrauch



Aus Moore's Aufsatz (1965): Computer gibt es im Supermarkt

Was bringt die Zukunft?

"Everything that can be invented has been invented."

Charles H. Duell, commissioner of the US Patent Office, recommending that his office should be abolished (1899)

"I think there is a world market for about five computers."

Thomas J. Watson Jr., chairman of IBM (1943)

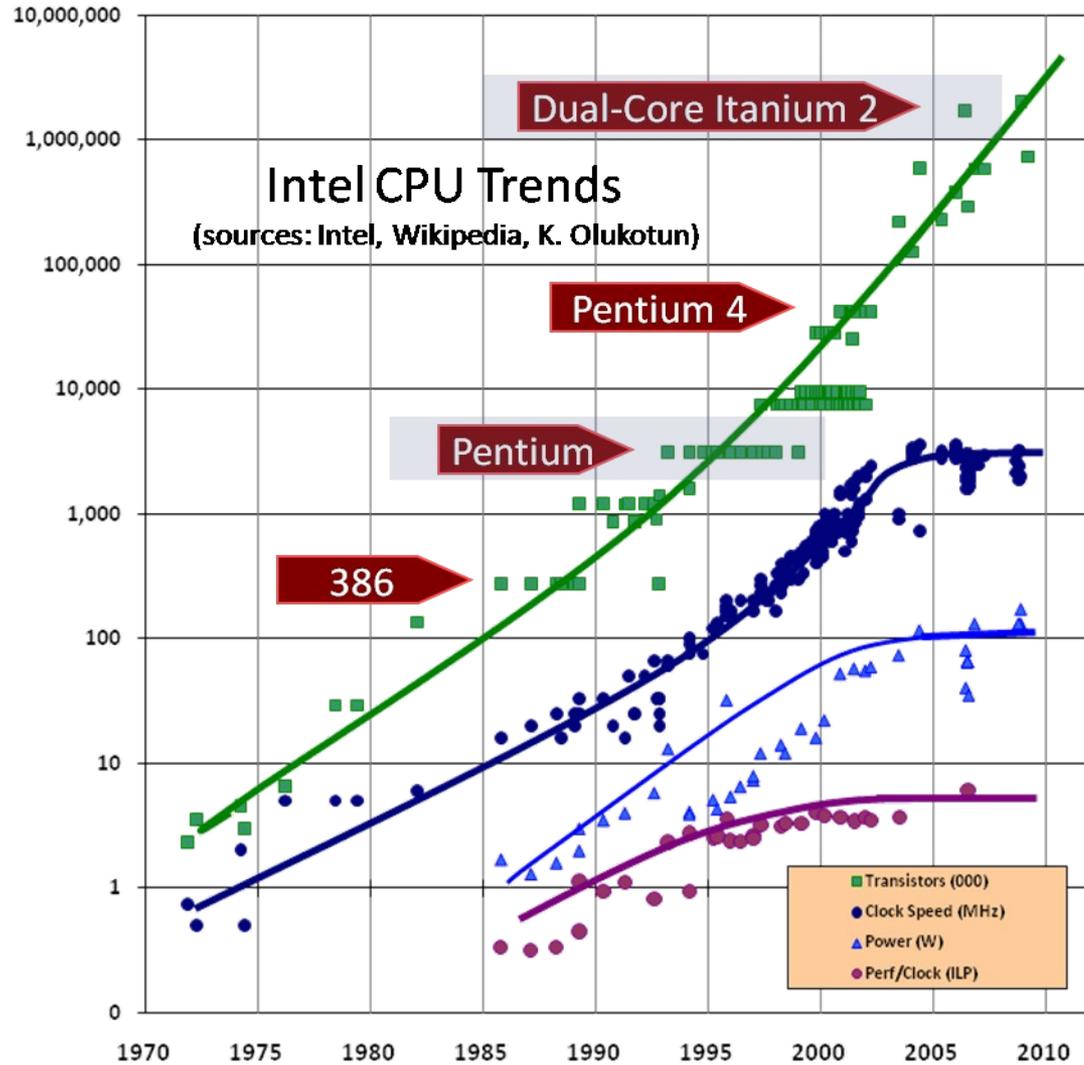
"Where a calculator on the ENIAC is equipped with 18,000 vacuum tubes and weighs 30 tons, computers in the future may have only 1,000 vacuum tubes and perhaps weigh 1 ½ tons."

Popular Mechanics (March 1949)

"640 K [of computer memory] ought to be enough for anybody."

Bill Gates (1981)

The end of the free lunch! ... Multithreading?? ... Aber wie?



Die Herausforderung

Nahe Zukunft

- Moore's Law verspricht exponentielles Wachstum
- Physik: heute 20 Atomlagen, in 10 Jahren 5 Atomlagen: Schluss mit lustig
- Probleme: Wärme und Leckströme, (Heisenberg: wo ist das Elektron?)
- Parallelverarbeitung, mäßige Vorteile, ungelöste Programmierung
- 3D-Computer, mäßige Vorteile

Mittelfristig

- Molekulare Computer, DNA-Computer
- Noch viele ungelöste Probleme

Langfristig

- Quantencomputer?

Herausforderung für die Informatiker:

- Das exponentielle Wachstum nähert sich dem Ende (10 Jahre)
- Weniger Innovationen?
- Weniger neue Anwendungen?
- Viele Tätigkeiten fallen weg?
- Neue Herausforderungen?

Was ist ein Quantencomputer? – Information hat physikalische Eigenschaften

The screenshot displays a desktop environment with several windows and a system monitor. In the top-left corner, a window titled "Arbeitsflächen-Ordner" is visible. The main window is a PDF viewer titled "qubitalive.pdf - Okular", showing a document with the following text:

Keeping a Single Qubit Alive by Experimental Dynamic Decoupling

D. J. Szwer, S. C. Webster, A. M. Steane and D. M. Lucas
Department of Physics, University of Oxford, Clarendon Laboratory, Parks Road, Oxford OX1 3PU, U.K.
(Dated: 30 July 2010)

We demonstrate the use of dynamic decoupling techniques to extend the coherence time of a single memory qubit by nearly two orders of magnitude. We show analytically that the required sequence of UDD pulses is correct for unknown, arbitrary polynomial drifts in the qubit's precession frequency. We compare UDD and Uhrig Dynamical Decoupling (UDD) sequence. We compare UDD and Uhrig Dynamical Decoupling (UDD) sequence. We compare UDD and Uhrig Dynamical Decoupling (UDD) sequence. We compare UDD and Uhrig Dynamical Decoupling (UDD) sequence.

Dynamic decoupling is a general technique for maintaining the phase coherence of a quantum state, with particular importance for protecting the quantum information stored in the memory qubits of a quantum computer. The simplest example is the Hahn spin-echo [1], a single pulse which protects against an arbitrary and unknown constant offset in the qubit's precession frequency [2]. When the state is subject to a time-varying offset, for example, magnetic field noise, it can be protected by a sequence of many π -pulses. One of these, the Uhrig Dynamical Decoupling (UDD) sequence [3], is particularly effective.

In the bottom-left corner, a system monitor window shows a graph titled "gesamt" with a y-axis ranging from 0% to 80% and a fluctuating line graph.

Overlaid on the right side is a Mozilla Firefox browser window titled "CPI - Center for the Physics of Information - Caltech - Mozilla Firefox". The browser shows the website for the Center for the Physics of Information (CPI) at Caltech. The website header includes "CALIFORNIA INSTITUTE OF TECHNOLOGY" and "CPI CENTER FOR THE PHYSICS OF INFORMATION INFORMATION SCIENCE AND TECHNOLOGY". The navigation menu includes "HOME", "PEOPLE", "CALENDAR", and "POSITIONS". A quote by Rolf Landauer (1927-1999) is displayed: "Information is physical." Below this, the text reads: "Information is something that can be encoded in the state of a physical system, and a computation is a task that can be performed with a physically realizable device. Thus the quest for better ways to acquire, store, transmit, and process information leads us to seek more powerful methods for understanding and controlling the physical world. Limitations inherent in the physical form of information (such as the size of atoms and the quantum effects that unavoidably arise in very small systems) pose great challenges that must be overcome if information technology is to continue to advance at the rate to which we have grown accustomed. The CPI is dedicated to the proposition that physical science and information science are interdependent and inseparable. Our research aims, on the one hand, to foster physical insights that can pave the way for revolutionary new information technologies, and, on the other hand, to stimulate new ideas about information that can illuminate fundamental issues in physics and chemistry."

The desktop background features a clock and a landscape image. The taskbar at the bottom shows various icons, including a clock displaying "13:14 Mi, 13 Okt".

Vorteile des Quantencomputers

Klassischer Parallelrechner mit p-Prozessoren:

- Aufwand steigt mit p
- Rechenleistung steigt (bestenfalls) mit p

Quantencomputer:

- Anzahl der Qubits = q
- Rechenleistung steigt (bestenfalls) mit 2^q
- Leistung beruht auf Zustandsüberlagerung und Zustandsverschränkung (ein Qubit kann *gleichzeitig* 0 und 1 sein, die Zustände mehrerer Qubits sind gekoppelt)
- Der Aufwand besteht in der Verhinderung äußerer Störungen (Kohärenz)

Beginn: 1982 trug Richard Feynman vor, dass man quantenmechanische Probleme nur mit einem Quantencomputer simulieren kann. Niemals mit einem klassischen Computer!

Hoffnung: unlösbare, exponentiell harte Probleme werden lösbar.

Algorithmen u.a. Primfaktorzerlegung, Suche, Optimierung, ...

Stand der Technik: wenige Qubits, $3 * 5 = 15$, Quantenkryptographie

Ein paar Referenzen

Der Analogrechner von Antikythera:

http://de.wikipedia.org/wiki/Mechanismus_von_Antikythera

Charles Babbage und Ada Augusta:

<http://www.fourmilab.ch/babbage/contents.html>

Alan Turing: <http://www.turing.org.uk/turing>

http://www.alanturing.net/turing_archive

Claude Shannon:

<http://www2.research.att.com/~njas/doc/shannon1948.pdf>

J.v.Neumann: <http://ei.cs.vt.edu/~history/VonNeumann.html>

Konrad Zuse: http://irb.cs.tu-berlin.de/~zuse/Konrad_Zuse

ENIAC: <http://ftp.arl.mil/~mike/comphist>

Baby und Manchester Mark I: <http://www.digital.org>

Transistor: <http://www.pbs.org/transistor>

Gordon Moore: <http://www.pbs.org/transistor/album1/moore>

ftp://download.intel.com/museum/Moores_Law/Articles_Press_Releases/Gordon_Moore_1965_Article.pdf

Quantencomputer:

Michio Kaku: Tweaking Moore's Law and the Computers of the Post-Silicon Era

<http://www.youtube.com/watch?v=bm6ScvNygUU>

Museen

Science Museum London (u.a. Babbage): <http://www.sciencemuseum.org.uk>

Deutsches Museum München (u.a. Zuse): <http://www.deutsches-museum.de>

Arithmeum Bonn (Rechenmaschinen): <http://www.arithmeum.uni-bonn.de>

Deutsches Technikmuseum Berlin: <http://www.dtmb.de>

The Virtual Museum of Computing: <http://vmoc.museophile.org>

Heinz Nixdorf MuseumsForum Paderborn: <http://www.hnf.de>

Musée des Arts et Métiers Paris: <http://www.arts-et-metiers.net/>