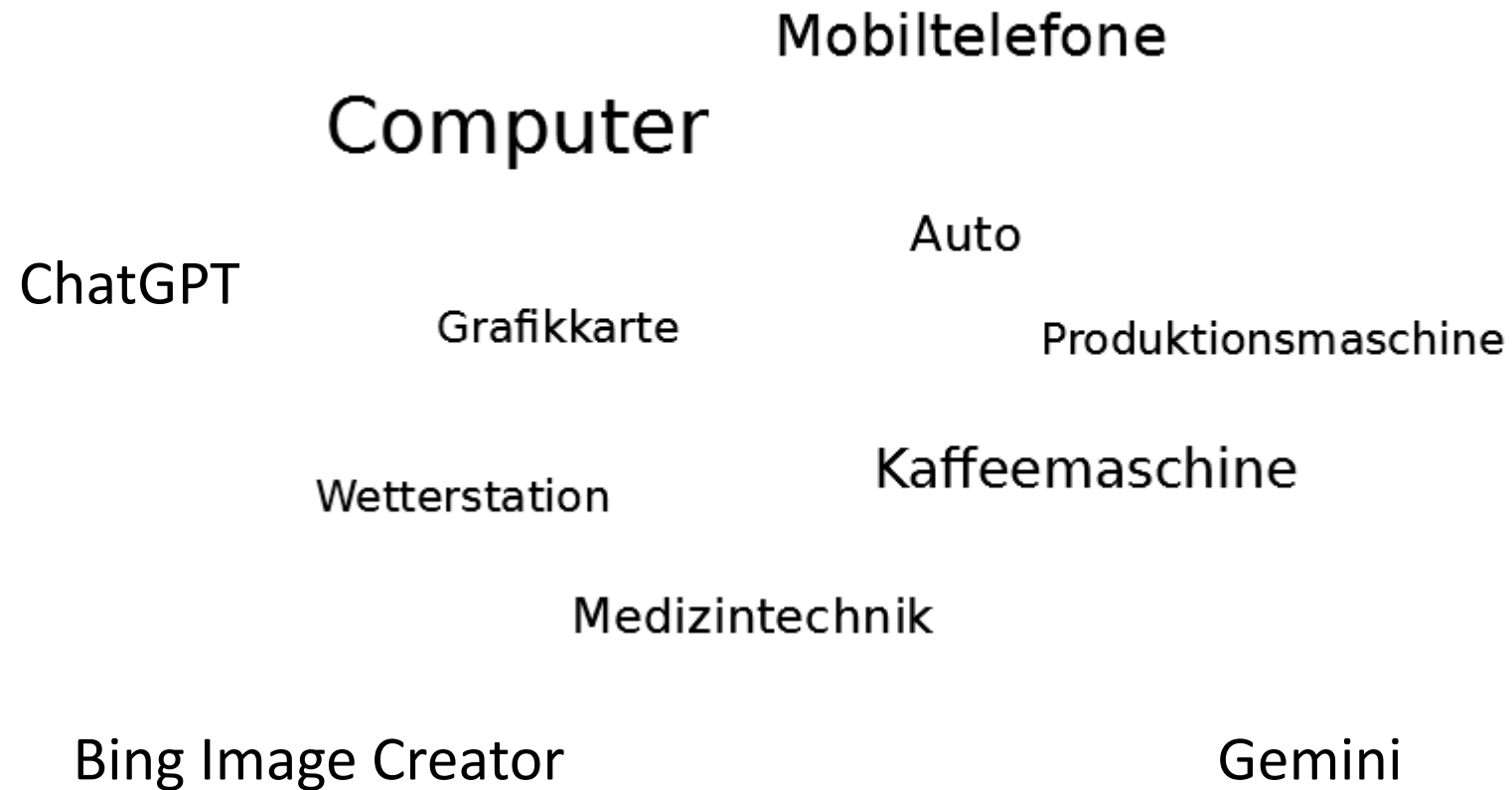


Historie der „Computer science“

Relevanz heute?



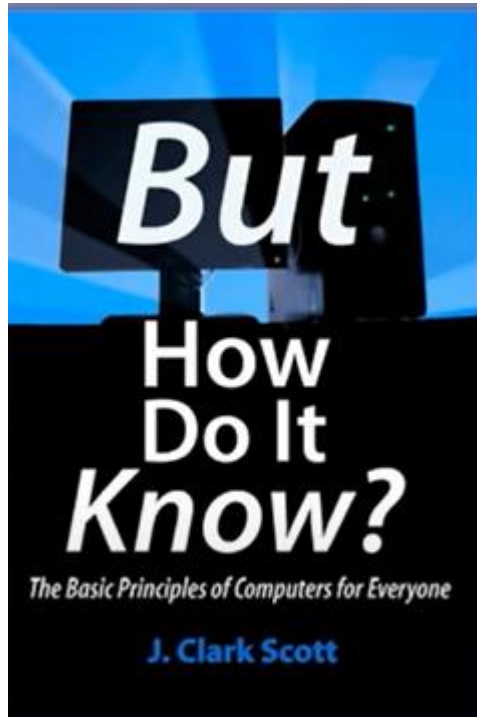
Was ist ein Rechner?

Eine **UND**-Kombination aus

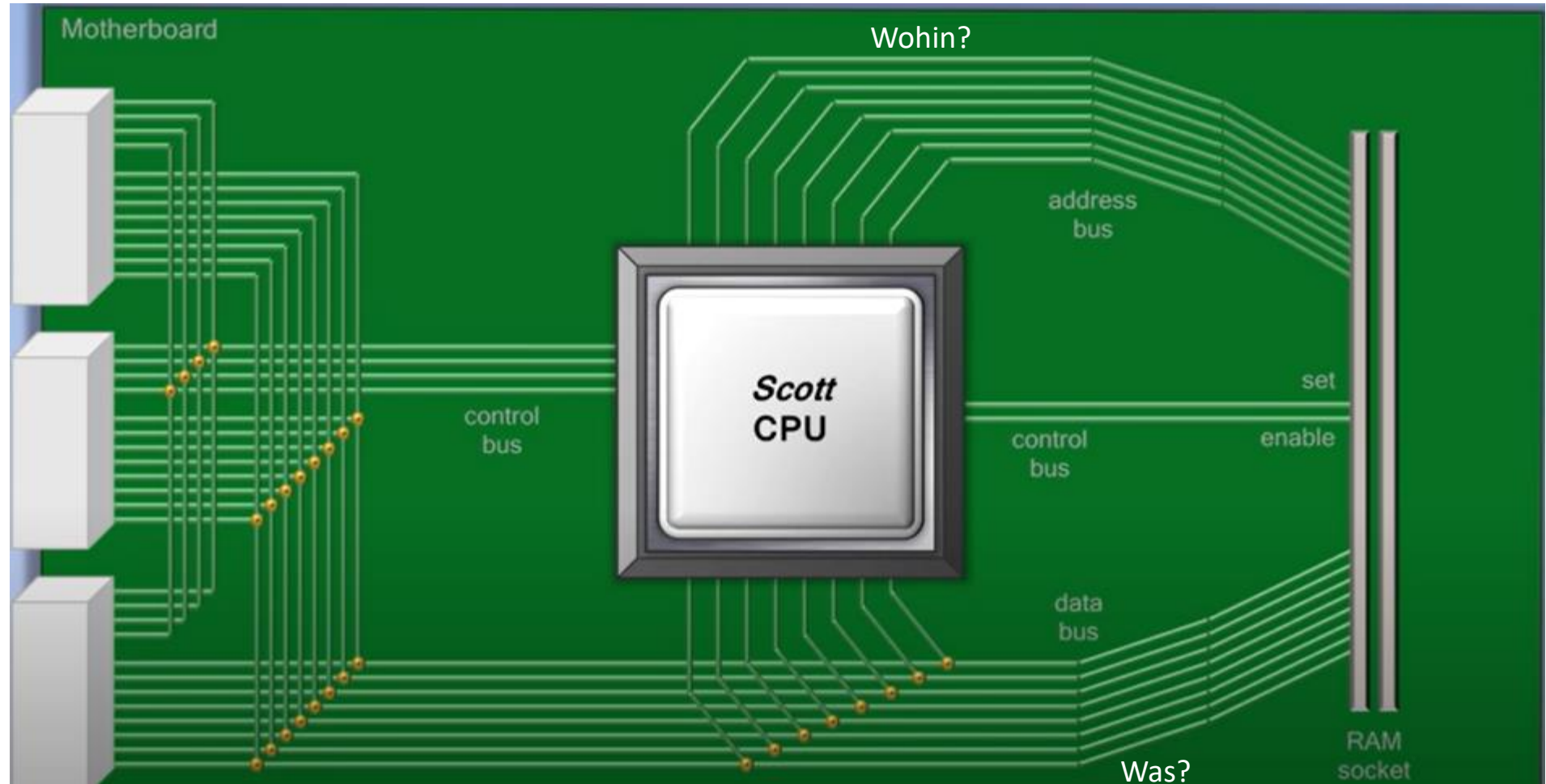
- **Automaten**
d.h. Maschinen, die eine Handlungsanweisung abarbeiten
- **Rechenmaschinen**
d.h. Maschinen, die zählen/ rechnen können
- **Speicher**
für Programme und Daten
- **Peripherie**
I/O, Spezialaufgaben



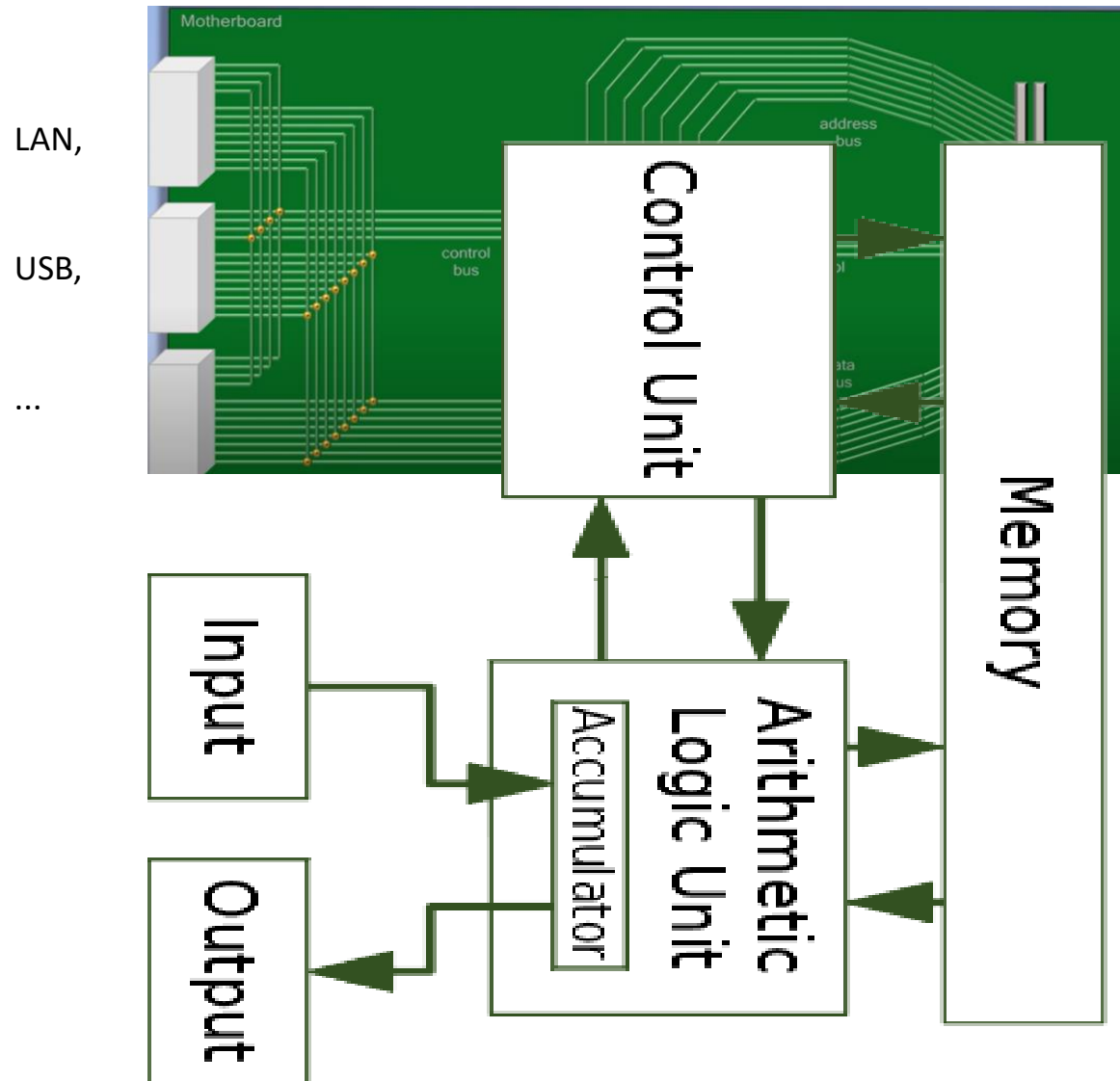
Was ist ein Rechner?



LAN,
USB,
...

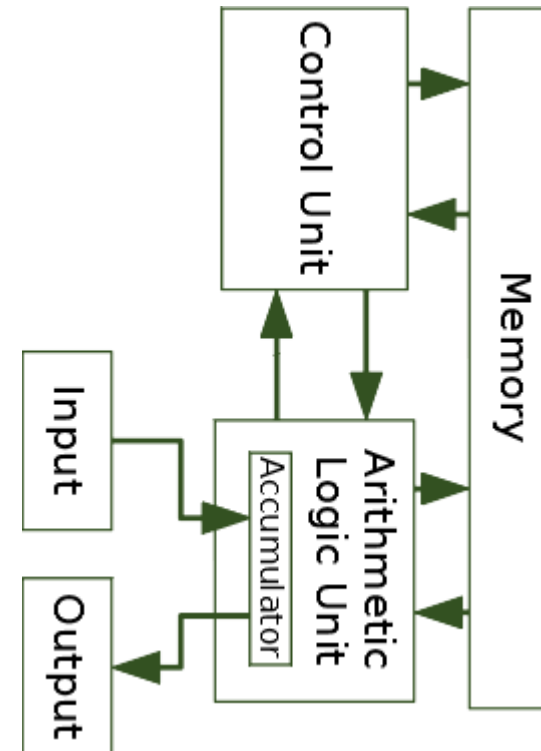


Was ist ein Rechner?



Was ist ein Rechner?

- Hardware
 - Umsetzbar ist alles, was in Gattern umsetzbar ist
- Konzepte, wie die Gatter verschaltet sind und genutzt werden
 - Takt
 - Register (Zwischenspeicher)
 - ALU (Recheneinheit)
 - Mikroprogrammierung
 -



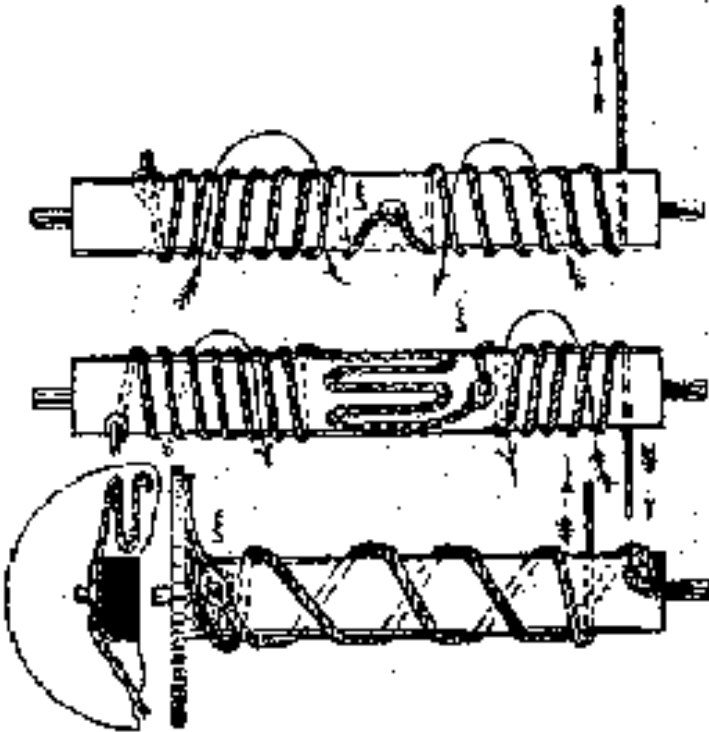
- 1 Charles Babbage
- 2 Herman Hollerith
- 3 Grace Hopper
- 4 Joseph-Marie Jacquard
- 5 Gottfried Wilhelm Leibniz
- 6 John v. Neumann
- 7 Blaise Pascal
- 8 Konrad Zuse

- a Verwendung von Telefonrelais
- b Programm und Daten im gleichen Speicher
- c Volkszählung
- d Steuerberechnung
- e fand 1. Bug
- f Verwendung der Staffelwalze
- g Entwicklung der „Analytical engine“
- h Verwendung von Lochstreifen

bekannt seit...	bekannt als...	bekannt geworden durch...
1642		
1672		
1780		
1830		
1890		
1941		
1945		
1947		

Die ersten Automaten

(Treiber waren stets „Brot und Spiele“)



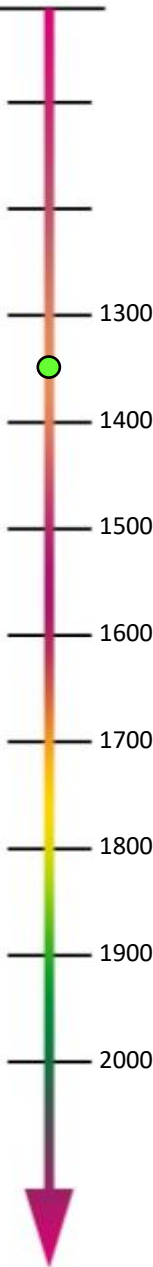
- Automat ist griechisch und heißt Selbstbeweger
- die ersten Automaten entstanden bereits in der Antike
- der Alexandriner Heron entwickelte um 60 nach Chr. viele Automaten z.B. automatische Türen mit Hebeln, Zahnrädern, Flaschenzügen und Puppen und Theaterwagen, die sich frei programmierbar sich über eine Bühne bewegen können
- Die Programmierung erfolgte über eine Holzwalze mit Zapfen über die ein Seil gewunden wurde. Je nach Anordnung des Seils bewegten sich die Figuren unterschiedlich

Die Zeit der Uhrmacher

- Erst im 12. Jahrhundert wurden in Europa wieder Automaten gebaut. Es war die Zeit der ersten Uhren
- Giovanni de Dondi (Prof. für Medizin, Mitglied der vier Fakultäten Medizin, Astrologie, Philosophie und Logik (Mathematik)) baute 1348-1364 die erste Astronomische Uhr
- Das Bild zeigt einen Nachbau des de Dondi Astrariums aus dem Science Museum in London (Quelle Wikipedia)
- Die Uhr ist zwar ein Selbstbeweger (Automat), hat aber ein festes Programm, das durch die Anordnung der Zahnräder festgelegt ist
- Eingabe: Takt
Ausgabe: Zeiger
Zahnräder: innerer Zustand
Antrieb: Gewichte



Die astronomische Uhr von Straßburg

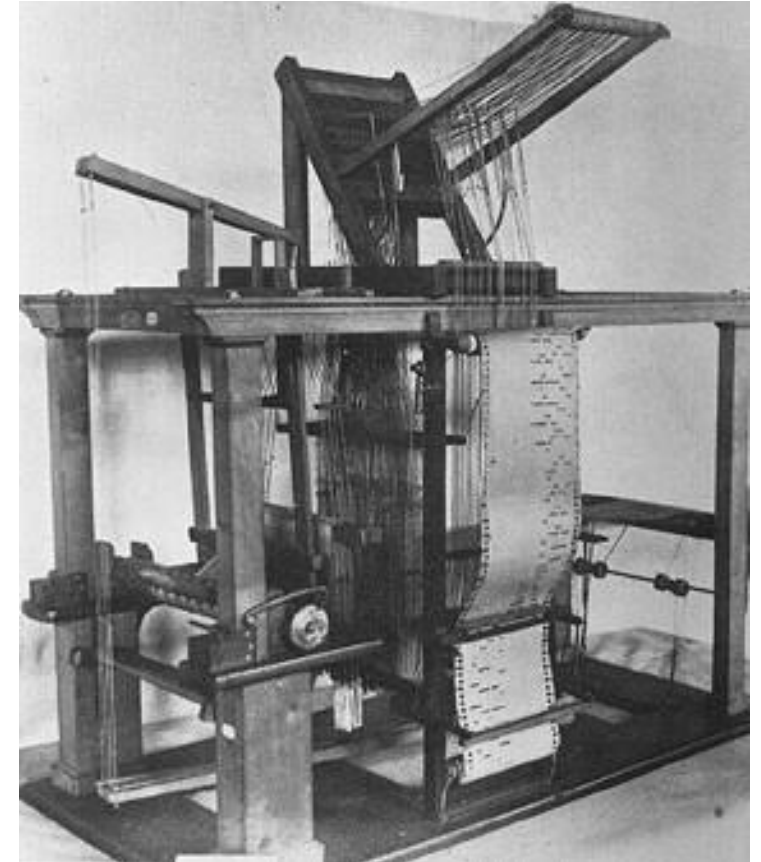
- 
- Besonders berühmt ist die Turmuhr des Straßburger Münsters, deren Vorläufer, die Dreikönigsuhr, um 1354 gebaut wurde
 - Das Bild zeigt die dritte Generation dieser Uhr aus dem 19. Jahrhundert (Quelle: Wikipedia)
 - Die Uhr zeigt die Erdbahn, die Mondbahn und die Bahnen der damals bekannten Planeten (Merkur bis Saturn)
 - Spätere Uhren besitzen mechanische Spielwerke, die eine Vorstufe zur Programmierung darstellen



Der lochkartengesteuerte Webstuhl

Zeitsprung:

- In Lyon, einem Zentrum der Seideherstellung und der Weberei, versuchte man im 18. Jahrhundert, die Weberei zu automatisieren
- Basile Bouchon 1725 und Jean Baptiste Falcon 1728 erfanden eine Apparatur, die über **Lochkartenstreifen** gesteuert wurde
- Beeinflusst wurde diese Entwicklung durch die Spielwerke in mechanischen Turmuhren
- Diese Konstruktion konnte sich im 18 Jhrdt. noch nicht durchsetzen

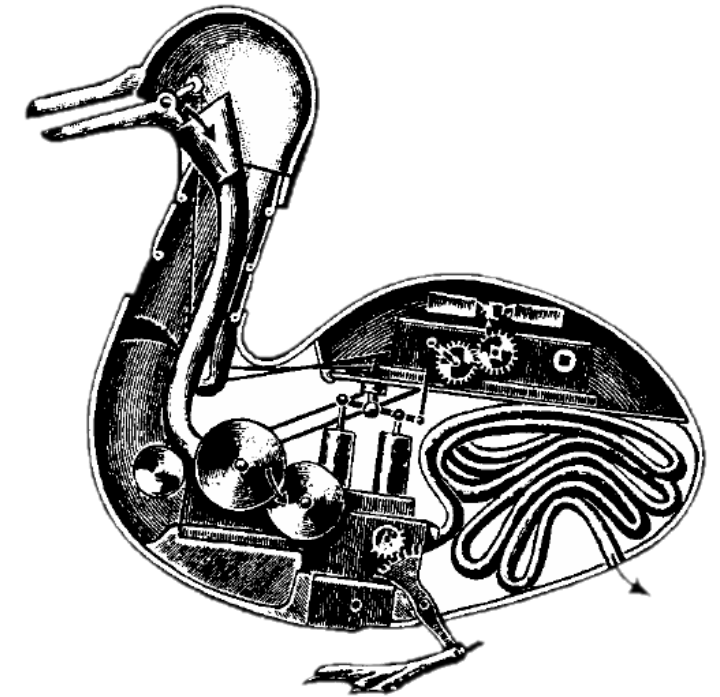




Jacques de Vaucanson

Der mechanische Webstuhl wurde durch Jacques de Vaucanson, einem Erfinder, um 1745 weiterentwickelt, konnte sich aber immer noch nicht durchsetzen (40 Stück verkauft).

Vaucanson entwickelte auch andere Automaten, so die berühmte mechanische Ente.



Ein erstes Embedded System, rein mechanisch

<https://youtu.be/-wR6jAYgVPM>

<https://www.arte.tv/de/videos/101944-014-A/geschichte-schreiben/>

Der mechanische Webstuhl von Jacquard



- Joseph-Marie Jacquard entdeckte die Konstruktion Vaucansons und verbesserte sie entscheidend
- Lochkartenstreifen ermöglichten es, komplexe Muster zu weben
- Die Programme sind leicht austauschbar
- Durch diese Erfindung wurde die erste industrielle Revolution ausgelöst
- Trotz anfänglichem Widerstand der Weber setzte sich der lochstreifengesteuerte Webstuhl innerhalb kürzester Zeit durch und führte zu großer Arbeitslosigkeit bei den Webern (1784/85 erste Weberaufstände, 1811... brit. Maschinenstürmer)
- Ein Gesetz (*Frame-breaking Act*) von 1812 stellte die Zerstörung automatischer Webstühle unter Todesstrafe

Der mechanische Webstuhl von Jacquard ctnd.



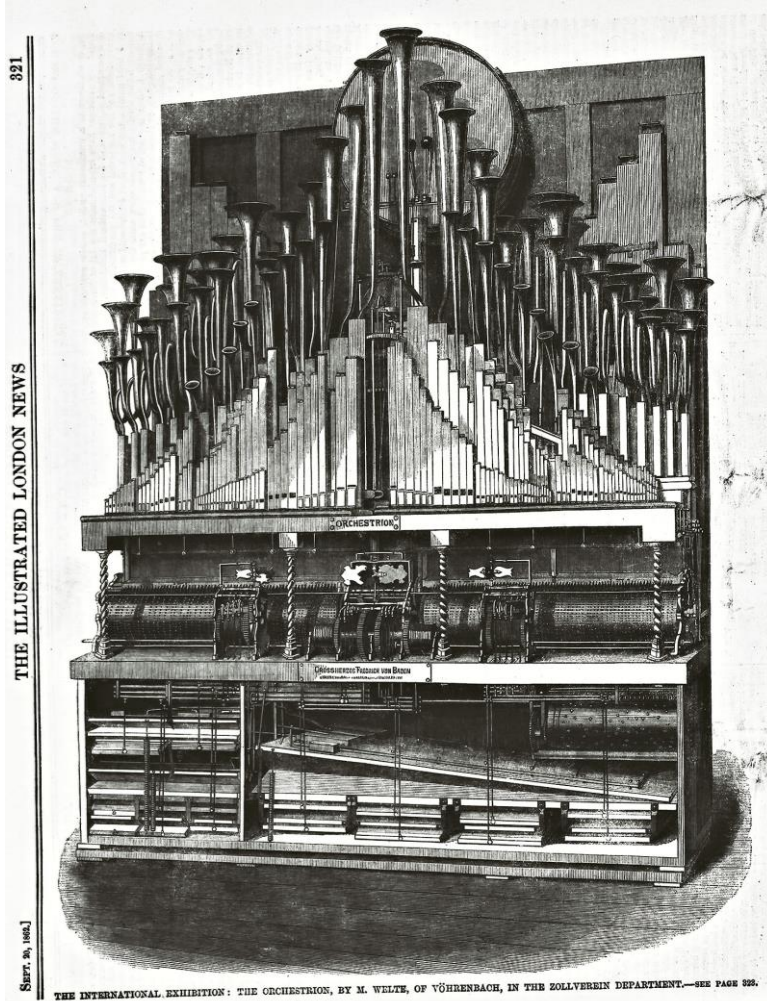
- Der Jacquard-Webstuhl ist die erste frei programmierbare Maschine, die in großer Menge gefertigt wurde und nicht nur der Unterhaltung von Menschen diente
- Der Lochkartenstreifen ist der erste Datenträger, der austauschbare Programme trägt
- Die Vorläufer (Uhren und Spielwerke) waren im Wesentlichen fest programmiert

Die Lochkartensteuerung in der Musik

- Im 18. Jahrhundert wurde auch die Musik durch mechanische Spielwerke automatisiert
- Die Drehorgel ist wahrscheinlich zu Ende des 17. Jahrhunderts erstmalig gebaut worden und gehörte Mitte des 18. Jahrhunderts bereits zum allgemeinen Straßenbild
- In der Anfangszeit besaßen Drehorgeln eine Walzenprogrammierung, spätere Orgeln hatten eine Lochkarten- oder Lochstreifensteuerung
- Äquivalenz Daten - Programme



Die Lochkartensteuerung in der Musik



- Gleichzeitig mit der Drehorgel wurde auch das Orchestrion entwickelt, das ein ganzes Orchester darstellt, das über ein Programm gesteuert wurde
- Im Gegensatz zu heutigen Computerprogrammen besaßen diese Programme weder Sprünge noch Schleifen (Steuerung ohne Bedingungen).
- Das Mechanikwerk konnte keine Informationen speichern, sondern führte jeweils den nächsten Schritt aus

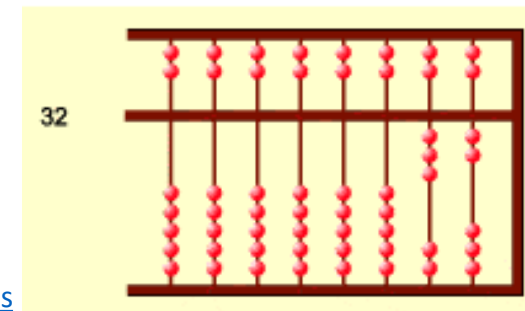
Die Vorläufer der Rechenmaschinen

- Die erste Verwendung eines Abakus ist aus China um 1100 v. Chr. beschrieben
- Wichtige Elemente späterer Rechenmaschinen sind hier bereits enthalten.
- Die Spalte (Stab), in der eine Kugel sich befindet, beschreibt ihren Wert. Es gibt Einer-Spalten, Zehner-Spalten usw. (Stellenwertsystem)
- Bei Überschreiten einer Zehnergrenze wird ein Übertrag in die nächsthöhere Spalte durchgeführt.
- Der Abakus ist kein Automat, sondern stellt einen Speicher dar, mit dem man sich die Zwischenschritte einer Rechnung merkt.

<https://www.lernhelfer.de/schuelerlexikon/mathematik/artikel/rechnen-mit-dem-abakus>



Chinesischer *Suanpan*



Die erste mechanische Rechenmaschine von Schickard

- erste Rechenmaschine der Welt: Wilhelm Schickard (Astronom, Geodät und Mathematiker, lehrte Hebräisch und Astronomie an der Universität Tübingen), 1623
- Addieren und Subtrahieren von bis zu sechsstelligen Zahlen, „Speicherüberlauf“ signalisiert durch das Läuten einer Glocke.
- Auch hier war die Maschine im Wesentlichen eine Speicherhilfe. Den Algorithmus musste der Mensch noch Schritt für Schritt durchführen

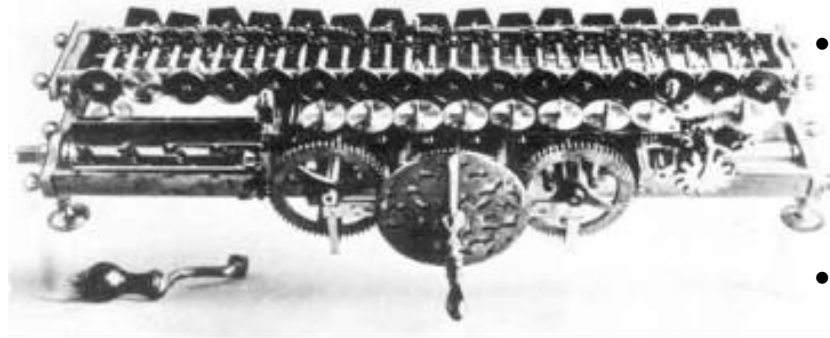


Die Rechenmaschine von Pascal

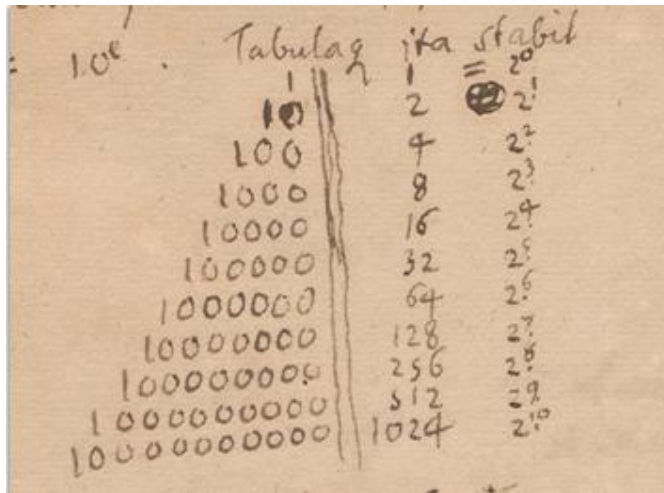
- Blaise Pascal war Mathematiker, Physiker, Literat und Philosoph
- Pascals Vater war oberster Steuereintreiber der Normandie
- Die vielen Rechnungen veranlassten Pascal, eine Rechenmaschine zu erfinden, die Addieren und in späterer Ausführung Subtrahieren konnte (1642 – Pascaline)
- Leider war die Maschine in der Herstellung so teuer, so dass die Finanzbeamten die Berechnungen lieber durch Angestellte durchführen ließen
- rund 50 Exemplare wurden produziert



Gottfried Wilhelm Leibniz



- Gottfried Wilhelm Leibniz war Philosoph, Wissenschaftler, Mathematiker, Diplomat, Physiker, Historiker, Bibliothekar und Doktor des weltlichen und des Kirchenrechts.
- Leibniz erfand das **Dualsystem** und legte damit einen der Grundsteine für unsere Computerwelt
- 1672/73 baute Leibniz eine Rechenmaschine für die 4 Grundrechenarten und das Ziehen der Quadratwurzel
- Hier wird der Algorithmus durch Drehen an der Handkurbel Schritt für Schritt abgearbeitet

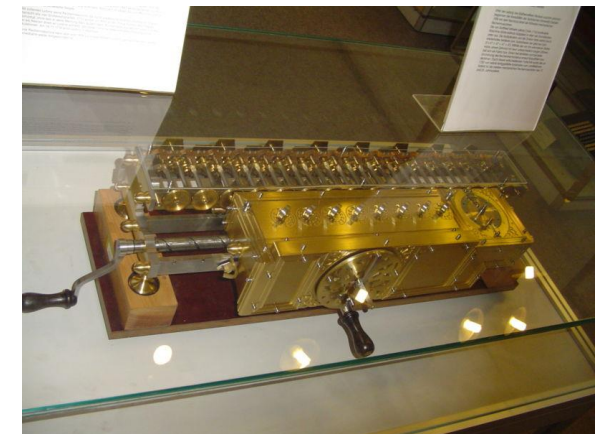
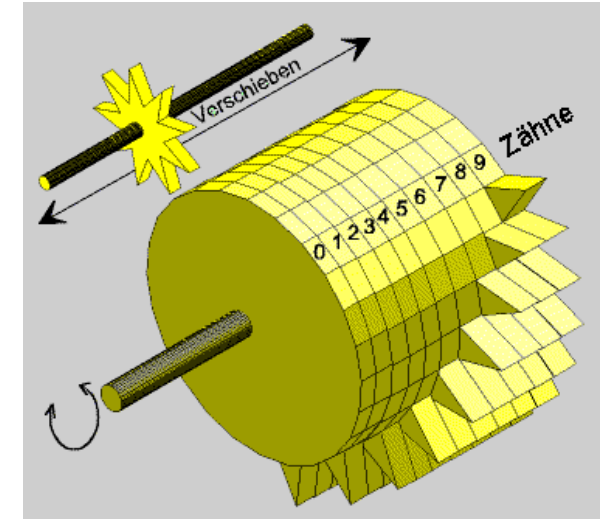


*Duales Zahlensystem im Sinne der Schöpfung:
Aus dem Nichts (also der Null) und Gottes Wort
(also der Eins) sei die gesamte Welt entstanden*



Gottfried Wilhelm Leibniz

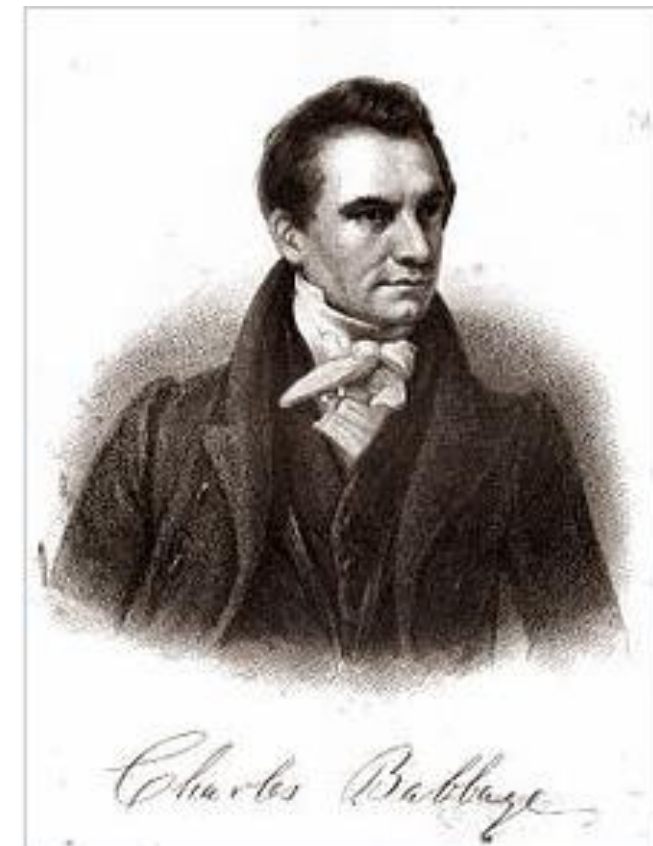
- Leibniz legte durch die Erfindung der Staffelwalze die Grundlage für die Rechenmaschinen der nächsten 2 Jahrhunderte
- Die Rechenmaschine von Leibniz war voll funktionsfähig, erst ein Fehler bei einer Restaurierung schuf die Legende, dass die Maschine zu Zeiten Leibniz nicht funktioniert hat
- Ein Nachbau mit heutiger Fertigungspräzision zeigt aber, dass die Konstruktion vollständig funktionierte



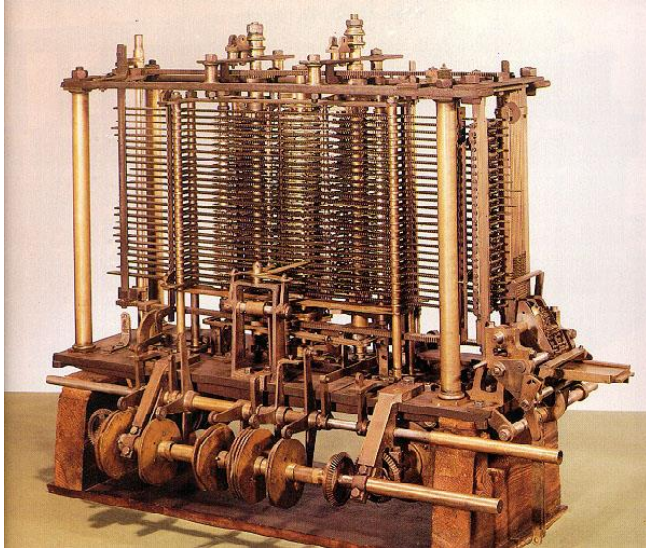
- Charles Babbage: englischer Mathematiker Erfinder und Philosoph
- 1822: funktionierendes Modell einer Rechenmaschine
- entwickelte 1824 bis 1832 die erste Differenz-Engine: konnte Polynome berechnen und Tabellen erstellen
- Nachweis der Funktionsfähigkeit konnte aufgrund der aufwändigen Mechanik erst heute erbracht werden.
- Verarbeitung trennte Programme und Daten (Parameter)
- Programmiert wurden die Maschinen ab 1840 von Ada Lovelace

variables receiving results.	Indication of change in the value on any Variable.	Statement of Results.	Data.										Working Variables.										Result Variables.		
			1V ₁	1V ₂	1V ₃	0V ₄	0V ₅	0V ₆	0V ₇	0V ₈	0V ₉	0V ₁₀	0V ₁₁	0V ₁₂	0V ₁₃	0V ₁₄	0V ₁₅	0V ₁₆	0V ₁₇	0V ₁₈	0V ₁₉	0V ₂₀	1V ₂₁ B ₁ in a decimal fraction.	1V ₂₂ B ₂ in a decimal fraction.	1V ₂₃ B ₃ in a decimal fraction.
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			1	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			1	2	n																		B ₁	B ₂	B ₃
1V ₂ , 1V ₆	$\begin{cases} 1V_2 = 1V_2 \\ 1V_3 = 1V_3 \\ 1V_4 = 2V_4 \\ 1V_5 = 2V_5 \\ 1V_6 = 1V_6 \end{cases}$	$= 2n$	...	2	n	2n	2n	2n																	
	$\begin{cases} 1V_1 = 1V_1 \\ 1V_2 = 2V_2 \\ 1V_3 = 2V_3 \\ 1V_4 = 1V_4 \\ 1V_5 = 1V_5 \end{cases}$	$= 2n - 1$	...	1	...	...	2n - 1																		
	$\begin{cases} 1V_2 = 1V_2 \\ 2V_6 = 0V_6 \\ 2V_7 = 0V_7 \end{cases}$	$= 2n + 1$	...	1	...	...	...	2n + 1																	
	$\begin{cases} 2V_6 = 0V_6 \\ 2V_7 = 0V_7 \end{cases}$	$= 2n - 1$	...	...	...	...	0	0	...																
	$\begin{cases} 1V_{11} = 2V_{11} \\ 1V_2 = 1V_2 \end{cases}$	$= \frac{1}{2} \cdot 2n - 1$	...	2	...	...	...	...	...											
	$\begin{cases} 2V_{11} = 0V_{11} \\ 0V_{13} = 1V_{13} \end{cases}$	$= \frac{1}{2} \cdot 2n - 1 = A_0$	...	...	...	...	...	...	...									
	$\begin{cases} 1V_3 = 1V_3 \\ 1V_1 = 1V_1 \end{cases}$	$= n - 1 (= 3)$	...	1	...	n	...	...	...													
	$\begin{cases} 1V_2 = 1V_2 \\ 0V_7 = 1V_7 \\ 1V_4 = 1V_4 \\ 0V_{11} = 2V_{11} \end{cases}$	$= 2 + 0 = 2$	...	2	...	...	...	...	...											
	$\begin{cases} 1V_4 = 1V_4 \\ 0V_{11} = 2V_{11} \end{cases}$	$= \frac{2}{2} = A_1$	...	...	...	...	...	...	...									
	$\begin{cases} 1V_{21} = 1V_{21} \\ 2V_{11} = 3V_{11} \end{cases}$	$= B_1 \cdot \frac{2}{2} = B_1 A_1$	...	...	...	...	...	...	...									
	$\begin{cases} 1V_{12} = 0V_{12} \\ 1V_{13} = 2V_{13} \end{cases}$	$= \frac{1}{2} \cdot 2n - 1 + B_1 \cdot \frac{2}{2}$	...	...	...	...	...	...	...									
	$\begin{cases} 1V_{10} = 2V_{10} \\ 1V_1 = 1V_1 \end{cases}$	$= n - 2 (= 2)$	...	1	...	...	...	...	...											
	$\begin{cases} 1V_6 = 2V_6 \\ 1V_1 = 1V_1 \\ 1V_2 = 2V_2 \\ 1V_3 = 2V_3 \end{cases}$	$= 2n - 1$	...	1	...	...	...	...	2n																
	$\begin{cases} 1V_1 = 1V_1 \\ 1V_2 = 2V_2 \\ 1V_3 = 2V_3 \end{cases}$	$= 2 + 1 = 3$	...	1	...	...	...	...	...											
	$\begin{cases} 1V_2 = 2V_2 \\ 2V_6 = 2V_6 \end{cases}$	$= 2n - 1$	...	...	...	...	...	...	2n																
	$\begin{cases} 2V_6 = 2V_6 \\ 2V_{11} = 3V_{11} \end{cases}$	$= \frac{2}{2} \cdot 2n - 1$	...	...	...	...	...	...	...									
	$\begin{cases} 2V_{11} = 3V_{11} \\ 2V_6 = 2V_6 \end{cases}$	$= 2n - 2$	...	1	...	...	...	...	2n - 2																
	$\begin{cases} 1V_1 = 1V_1 \\ 2V_6 = 3V_6 \end{cases}$	$= 3 + 1 = 4$	...	1	...	...	...	...	...											
	$\begin{cases} 1V_1 = 1V_1 \\ 2V_6 = 3V_6 \end{cases}$	$= 2n - 2$	...	...	...	...	...	...	2n - 2																
	$\begin{cases} 2V_6 = 3V_6 \\ 2V_7 = 3V_7 \end{cases}$	$= \frac{2n - 2}{4}$	...	...	...	...	...	...	...									





Die Analytical Engine von Charles Babbage (ab 1837)

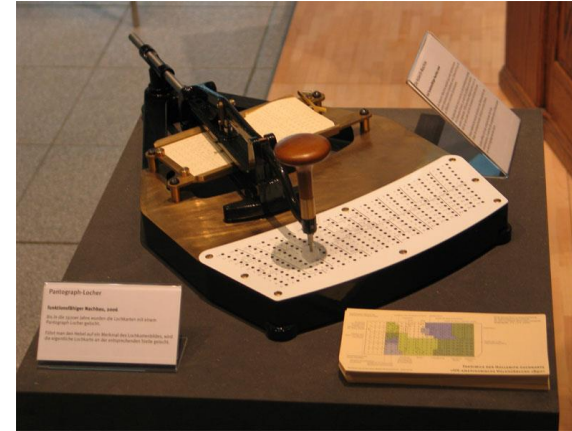


- Festkommaarithmetik und Speicher für 1000 Wörter zu 50 Dezimalstellen.
Die Recheneinheit sollte die vier Grundrechenarten durchführen.
- Die vorgesehene Programmiersprache sollte ähnlich den heute verwendeten Assemblersprachen sein.
Schleifen und bedingte Verzweigungen waren angedacht..
- Drei verschiedene Arten von Lochkarten sollten benutzt werden:
 - für arithmetische Operationen,
 - für numerische Konstanten und
 - für Lade- und Speicheroperationen, um Zahlen aus dem Speicher in die Recheneinheit und wieder zurückzutransferieren.Es waren drei separate Lochkartenleser für die drei Kartenarten vorgesehen.
- Der Entwurf der Analytical Engine wurde stetig geändert und es wurde keine wirklich gebaut.

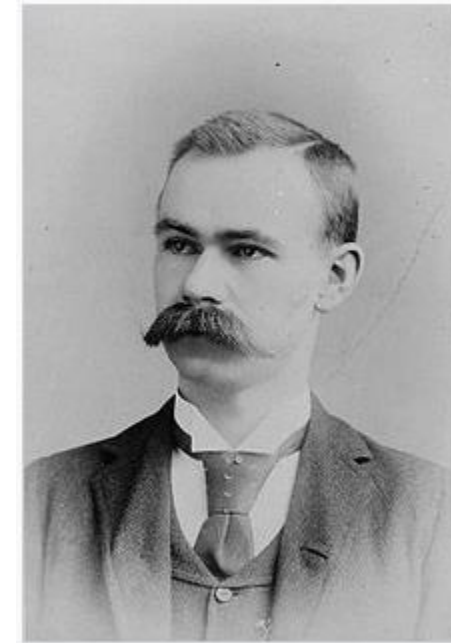
Herman Hollerith: Lochkarten

Volkszählung in den USA 1890/91:

- 62 Mio. Lochkarten (200 Fragen: Stand, Besitz, Haushalt und Hautfarbe), 4 Monate mit 43 Maschinen und 500 Leuten
- ohne Lochkarten hätte die Arbeit 7 Jahre gedauert
- Holleriths Firma wird später mit anderen zusammen die Firma IBM gründen.

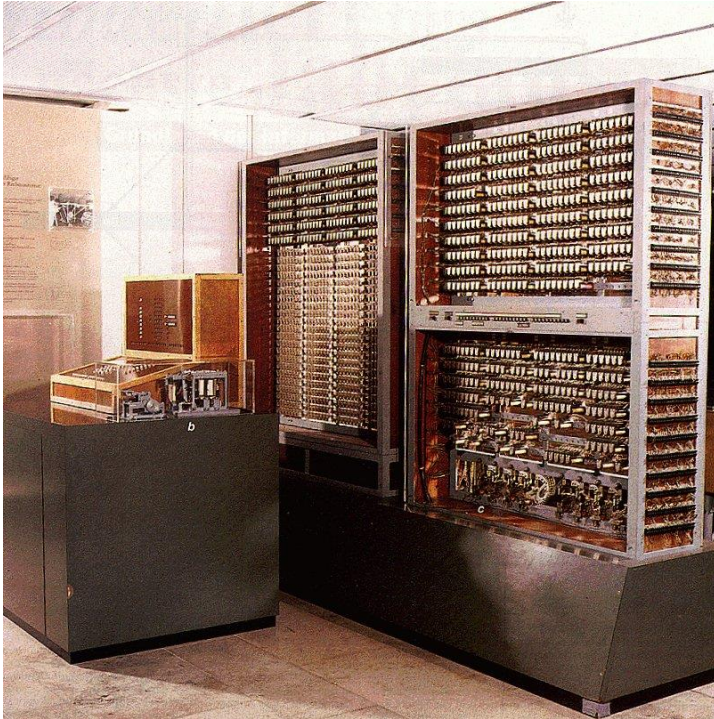


- Hermann Hollerith führt die Lochkarte zur allgemeinen Verwendung in der Datenverarbeitung ein.
- Die Daten ließen sich leicht erfassen und später weiterverarbeiten (durch Addierwerke, Ausgabe auf relaisgesteuerten, ablesbaren Zählwerken)
- Bis in die 90er Jahre spielte die Lochkarte in der Warenwirtschaft eine wichtige Rolle.





Konrad Zuse



Nachbau des Z3 im Deutschen Museum in München

Konrad Zuse entwickelte **1938-1941** den Rechner Z3 auf Basis von **Telefonrelais** (2 stabile Zustände).

Erster funktionsfähiger Digitalrechner weltweit, elektrisch.

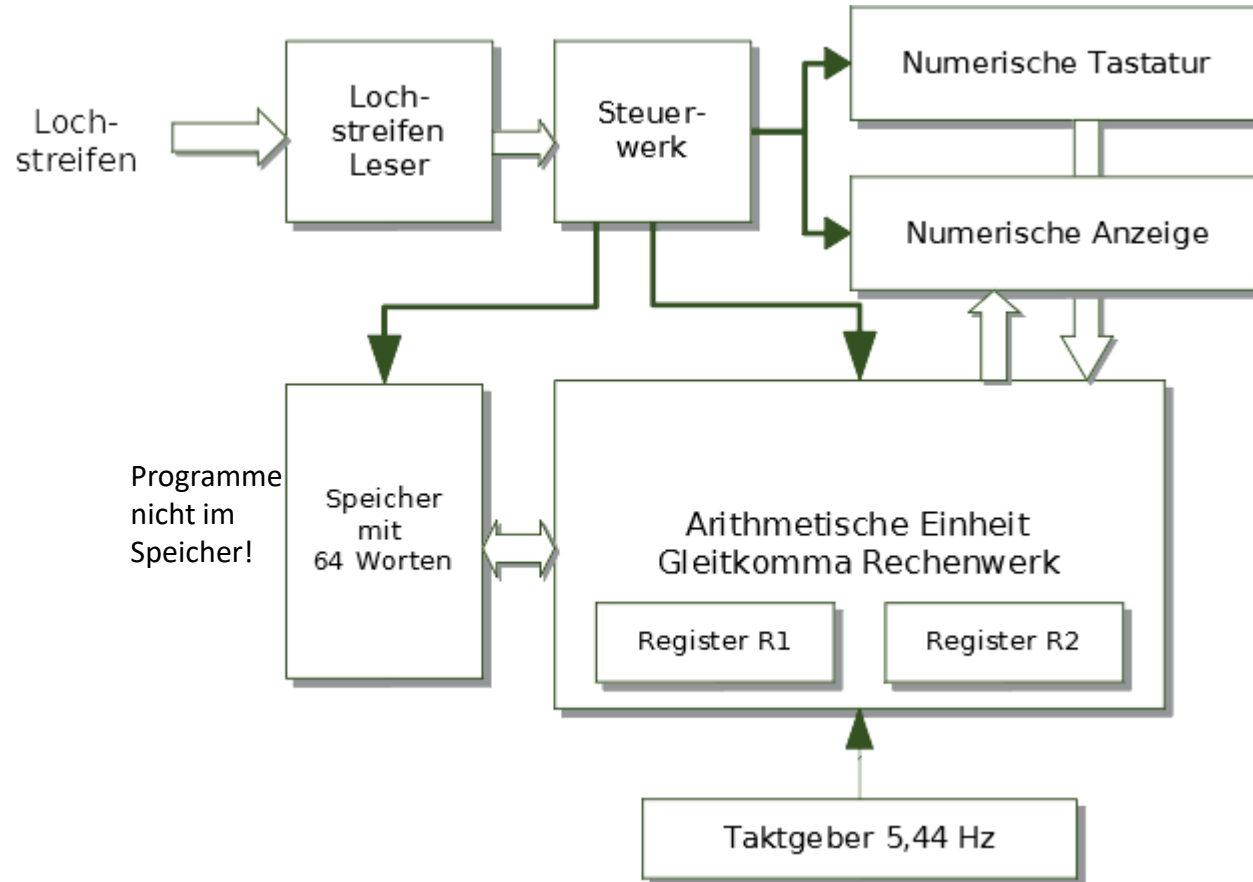
Die Z3 hatte viele Elemente, die in späteren Jahren noch einmal erfunden wurden:

- **Mikroprogrammiertes Steuerwerk**
- **Programmeingabe über Lochstreifen (Programm nicht im Speicher)**
- **Binäre Zahlendarstellung**
- **Gleitkommaarithmetik**
- **Befehlsverarbeitung direkt vom Lochstreifen**

Der Z3 wurde Ende 1943 bei einem Bombenangriff zerstört.



Der Aufbau des Zuse Z3 Computers



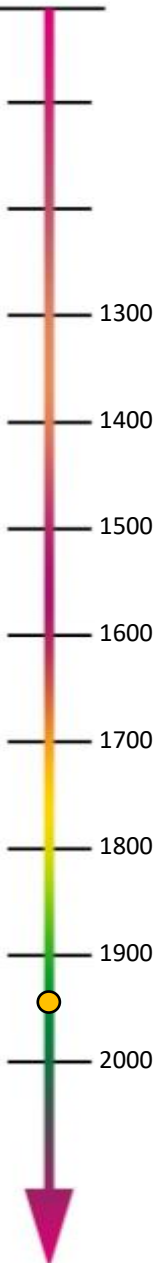
Die Daten des Z3

Technik	600 Relais Rechenwerk, 1600 Relais im Speicherwerk
Taktfrequenz	5- 10 Hertz
Rechenwerk	Gleitkommarechenwerk, 16 Takte Multiplikation, 3 Takte Addition, 18 Takte Division
Mittlere Rechengeschwindigkeit	Multiplikation 3 Sekunden, Division 3 Sekunden, Addition 0,7 Sekunden
Eingabe	Dezimaltastatur mit 20 Stellen rechts vom Komma, Umwandlung nach Binärcode
Ausgabe	Mit Lampen, 4 Dezimalstellen mit Kommaanzeige Wortlänge 22 Bit, Gleitkomma: Mantisse, Exponent und Vorzeichen
Anzahl Relais	2000
Anzahl Schrittschalter	10 für Mikroprogrammsteuerung im Gleitkommarechenwerk
Speicheraufbau	1400 Relais, 64 Worte à 22 Bit
Leistungsaufnahme	Ca. 4000 Watt
Gewicht	Ca. 1000 kg
Einsatzgebiet	Flügelberechnungen (Flutterproblem)

Die Anfänge elektronischer Computer

“I think there is a world market for maybe five computers.”

Thomas Watson
Chairman of IBM 1943





ENIAC- Electronic Numerical Integrator and Computer (1)



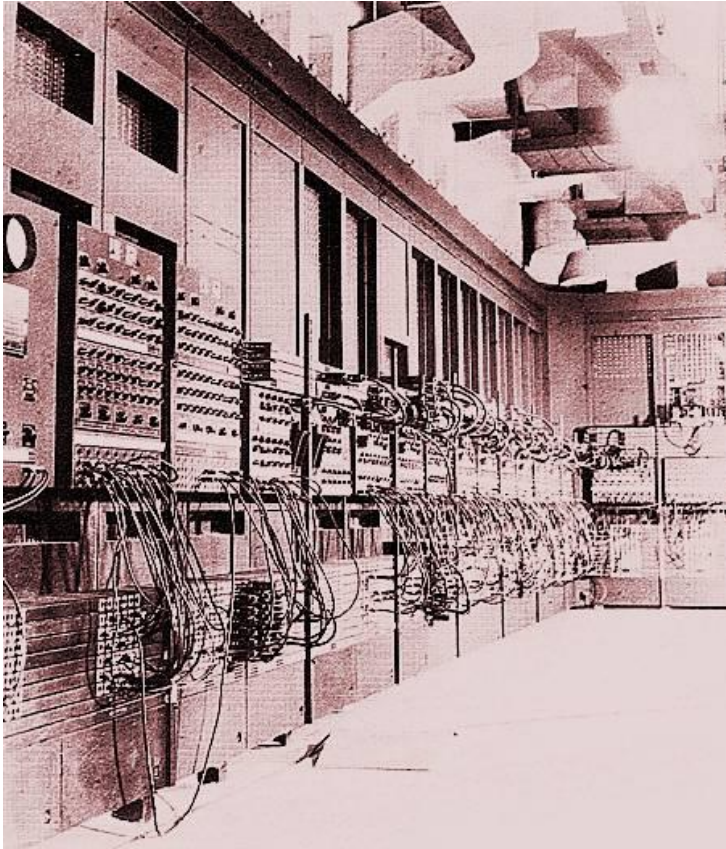
- 1946 von Eckert und Mauchly fertiggestellt
- Er kostete 468.000 \$ und nahm eine Fläche von 17 m x 10 m ein.
- Dieser Computer bestand aus 17.468 **Vakuum-Röhren** zur Datenverarbeitung, 7.200 Dioden, 70.000 Widerständen zur Strombegrenzung, 10.000 Kondensatoren, 6.000 Schaltern und 1.500 Relais zur Aktivierung der Schalter.

Er wog 30 Tonnen und verbrauchte bis zu 174 Kilowatt elektrischer Leistung





ENIAC- Electronic Numerical Integrator and Computer (2)



- USA 19...
- Programmiert durch Verbindung der einzelnen Komponenten mit Kabeln und Einstellung der gewünschten Operationen auf Drehschaltern.
- Programmänderungen waren sehr aufwändig: Neuverkabelung für jedes neue Programm der ENIAC
 - keine echte Trennung zwischen Programm und Maschine vorhanden
- Addition/Subtraktion in 0,2 Millisekunden, Multiplikation bis zu 2,8 ms, eine Division bis zu 24 ms und Quadratwurzel mehr als 300 ms
- Rechnete dezimal!

Der erste Bug?

9/9

0800 Antam started
1000 " stopped - antam ✓ { 1.2700 9.037 847 025
1300 (032) MP-MC 2.130476415 9.037 846 845 correct
(033) PRO 2 2.130476415 4.615925059(-2)
correct 2.130676415
Relays 6-2 in 033 failed special speed test
in relay " 11.00 test.

1100 Started Cosine Tape (Sine check)
1525 Started Multi-Adder Test.

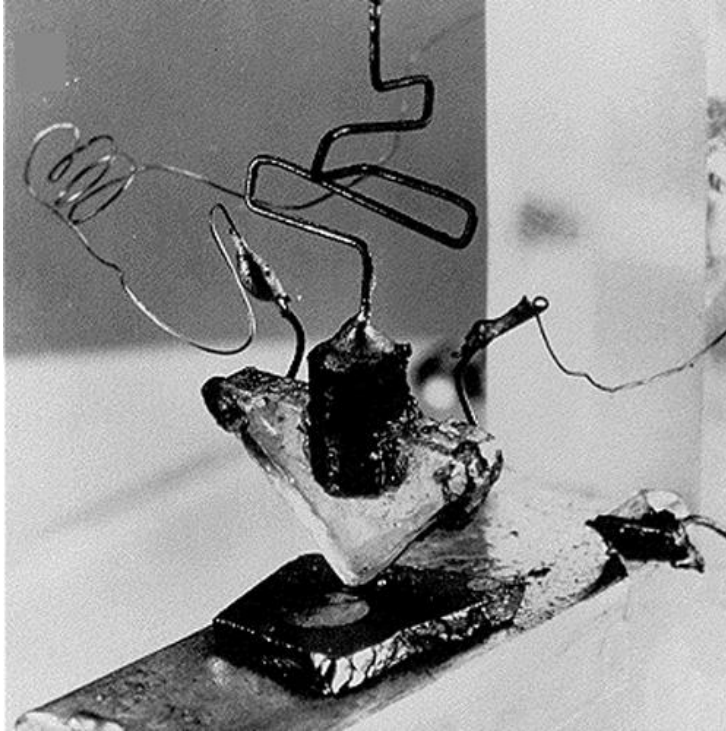
1545 Relay #70 Panel F
(moth) in relay.

First actual case of bug being found.
1630 Antam started.
1700 closed down.

- Als Bugs wurden schon im 19. Jahrhundert kleine Störungen in den Leitungen von Telefonen bezeichnet
- Einen echten Bug fand die Programmiererin Grace Hopper („amazing Grace, the queen of code“) am 9. September 1947 in dem Relais des Computers Mark II



Der Transistor

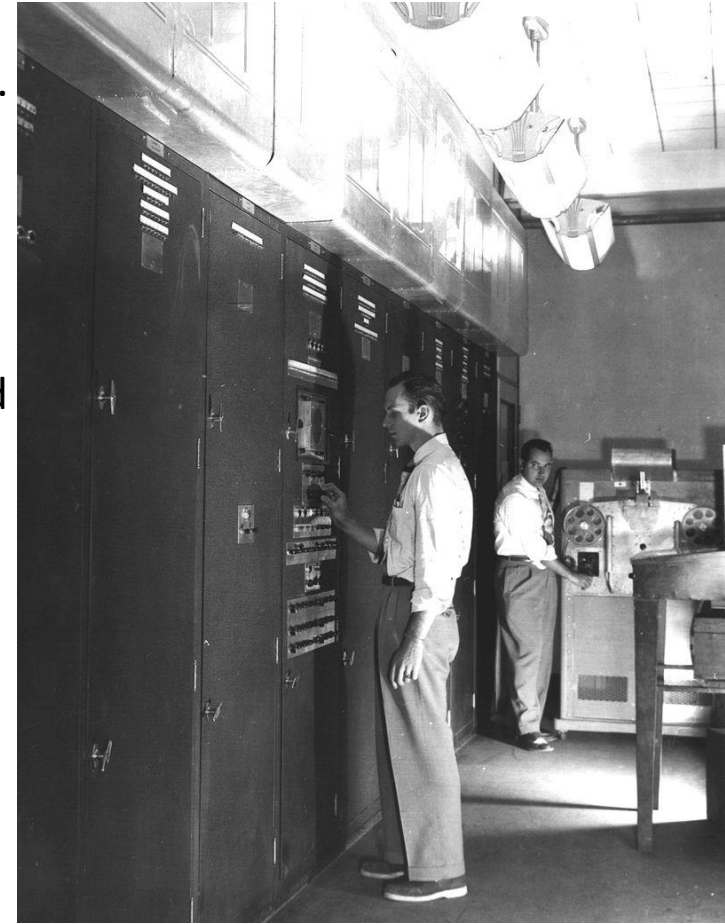


Erster Bipolartransistor, wie von Shockley, Bardeen und Brattain erfunden

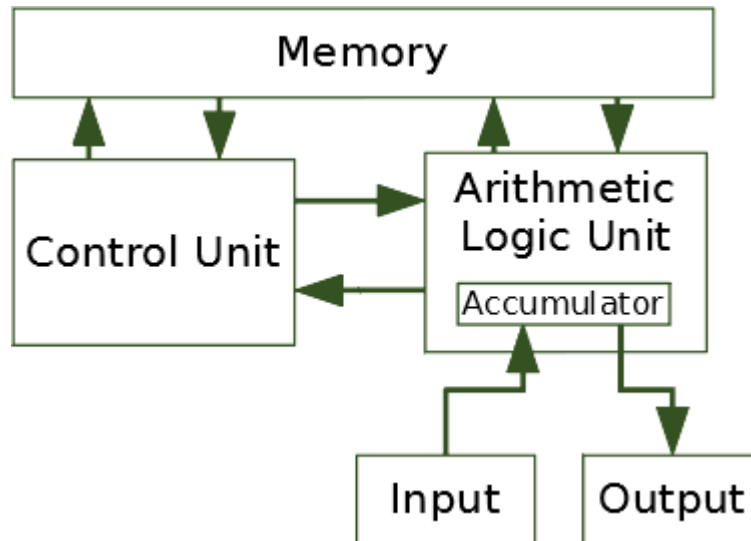
- Erfindung des Transistors durch William B. Shockley, John Bardeen und Walter Brattain im Dezember 1947: Revolution der Computertechnik
- Die energiefressenden und fehleranfälligen **Röhren** konnten in den 50er Jahren durch Transistoren ersetzt werden
- Die Computer wurden sehr viel kleiner, billiger, weniger störanfällig und stromsparender

EDVAC – Electronic Discrete Variable Automatic Computer

- Der EDVAC wurde von Eckert und Mauchly 1944 präsentiert. Ab **1945** beteiligte sich auch John von Neumann an dem Design.
- Zwischen **1946 und 1949** wurde EDVAC entwickelt und war **ab 1951 einsatzbereit**
- Er realisierte die von **Neumann Architektur** (Programme und Daten im gleichen Speicher abgelegt statt auf Lochstreifen)
- Sein internes Zahlenformat war nun **binär** und nicht mehr dezimal wie beim ENIAC



Der „von-Neumann-Rechner“ (Speicherprogrammierter Rechner)



Veröffentlicht 1945 in „First Draft of a Report on the EDVAC“

Arithmetic Logic Unit - Rechenwerk

- führt Berechnungen durch

Control Unit - Steuerwerk

- interpretiert die Anweisungen und steuert die Befehlsabfolge

Memory - Speicherwerk

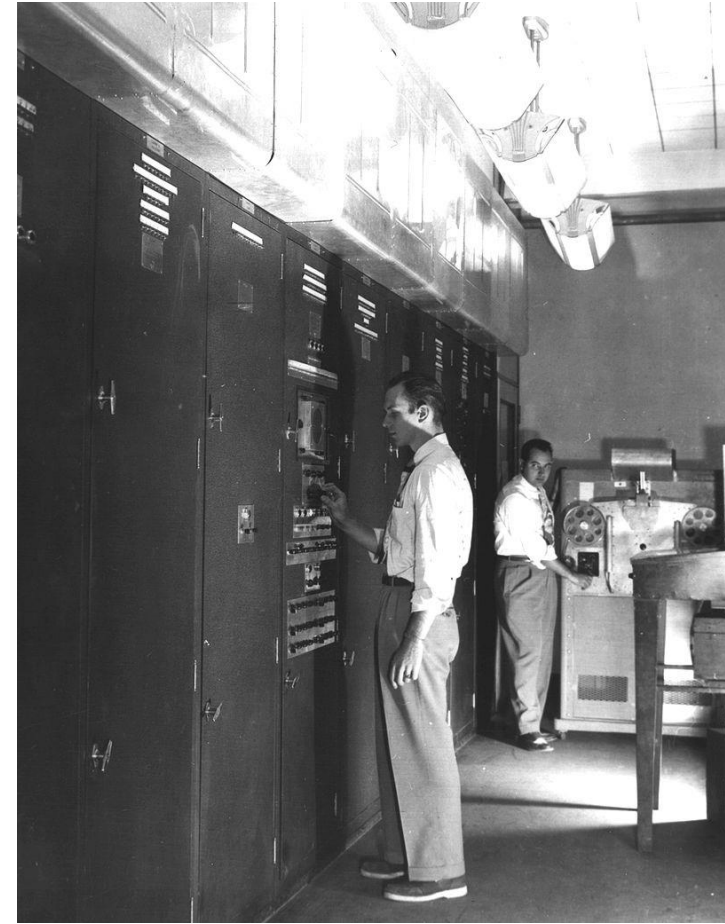
- speichert sowohl Programme als auch Daten

Input/Output - Ein/Ausgabewerk

- steuert die Eingabe und Ausgabe von Daten zum Anwender

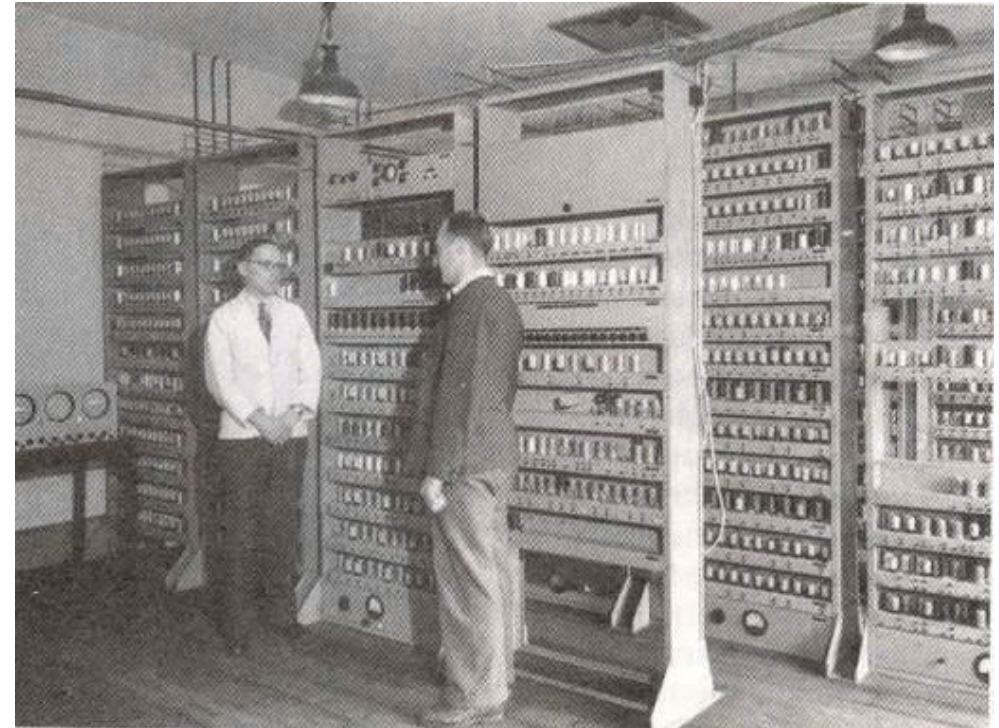
Parallel: MU – SSEM (GB)

- **1948:** SSEM „Manchester baby“ (MU – Manchester university): kommerziell später als „Mark I“



EDSAC – Electronic Delay Storage Automatic Calculator

- EDSAC: **1949**, Maurice Wilkes, Cambridge University (GB)
- Keine externe Verkabelung mehr!
- erstes funktionierendes Beispiel eines elektronischen Computers mit von-Neumann-Architektur nach dem SSEM der Universität Manchester
- sowohl die Programme als auch die Daten wurden im Speicher abgelegt und verarbeitet
- Der 1943 entwickelte ZUSE Z3 hat die Programme nicht im Speicher abgelegt, aber viele andere Teile bereits realisiert.



Technologische Entwicklung der Grundbausteine eines Rechners

Mechanische Staffelwalze

Elektromechanische Relais der Telefonie (Z3)

Elektronenröhren (ENIAC)

Elektronischer Transistor (von Neumann: EDVAC, MU, EDSAC)

- Rechnen: Gatter
- Speicher: Flipflops

Der Modellrechner MU0...

In der nächsten Vorlesung legen wir die Grundlagen für das gesamte weitere Verständnis!