Karlsruhe Institute of Technology

Institut für Technik der Informationsverarbeitung

Prof. Dr.-Ing. J. Becker

becker@kit.edu

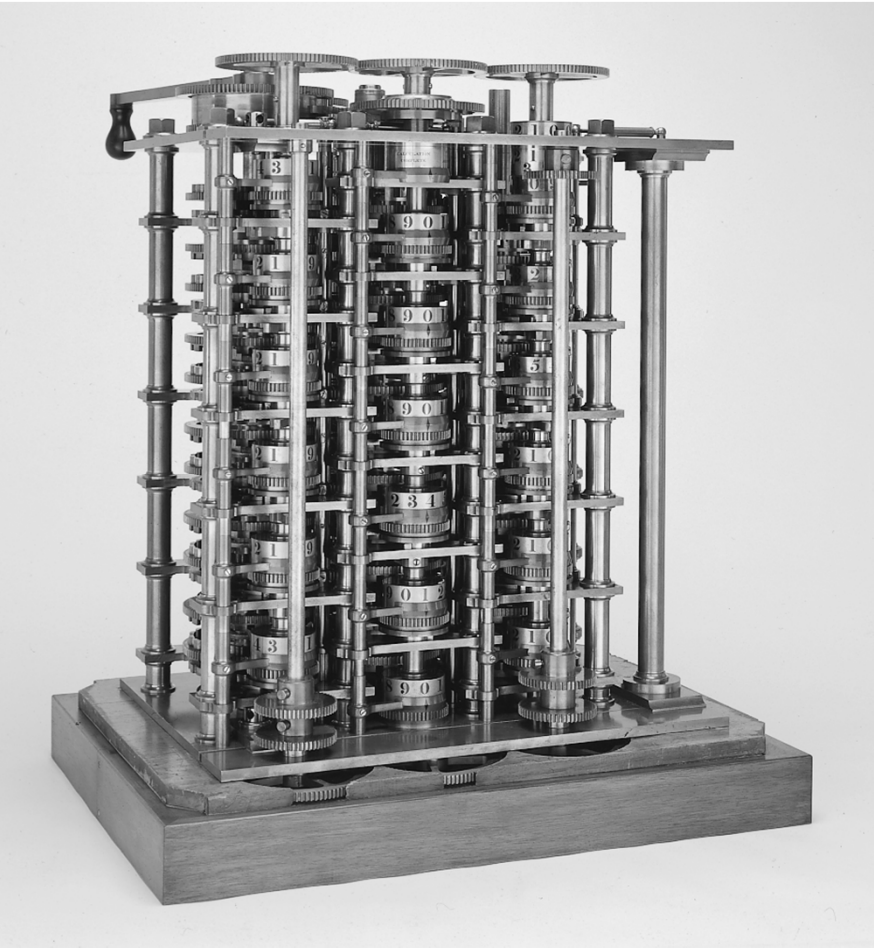
Karlsruher Institut für Technologie (**KIT**)

Digitaltechnik

Zahlensysteme

Digitaltechnik - Historie

Der erste Computer ...



- Arbeitete nach dem Dezimalsystem zur Basis 10
- Immer noch mechanisch!

Babbage Differenzenrechenmaschine (1832)

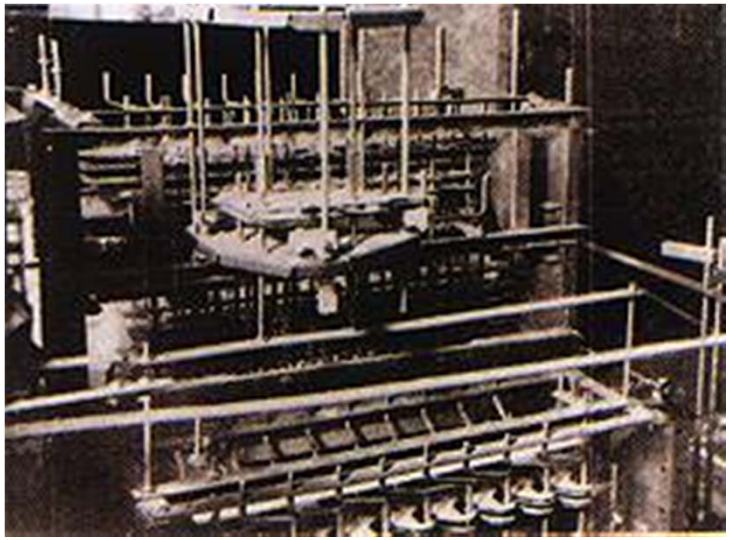
25,000 Teile

Preis: £17,470

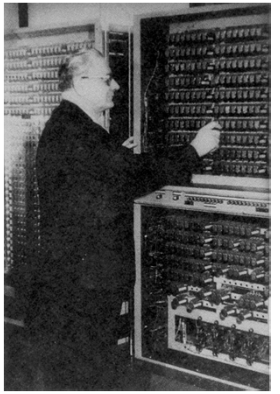
Digitaltechnik - Historie

Konrad Zuses Z1 (1936-1938)

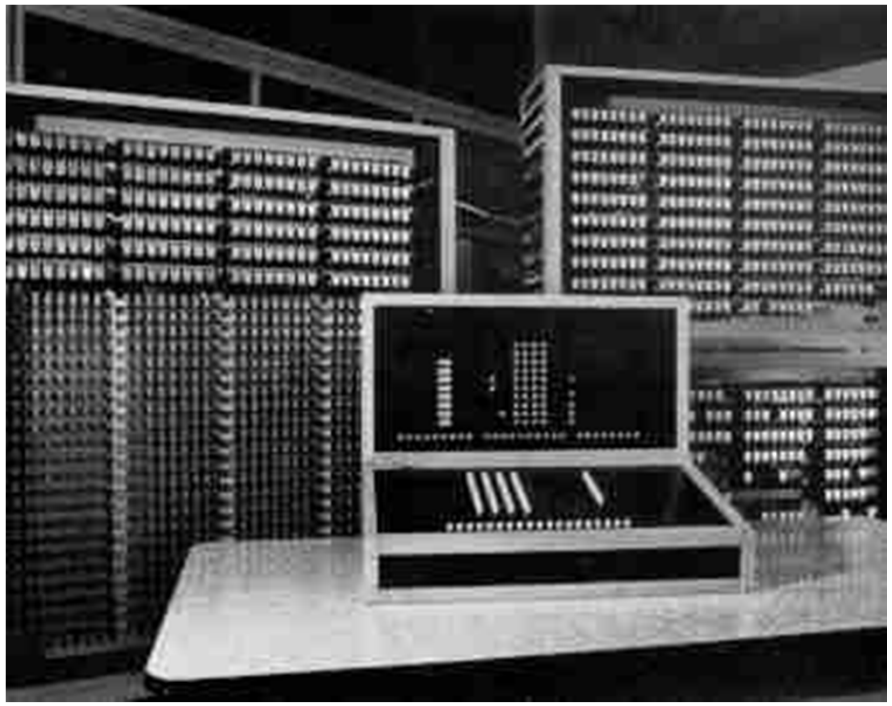
- Vollstaendig mechanischer Aufbau
- Erster programmgesteuerter, frei programmierbarer Rechenautomat
- Dualsystem
- Gleitpunktrechenwerk



Digitaltechnik - Historie



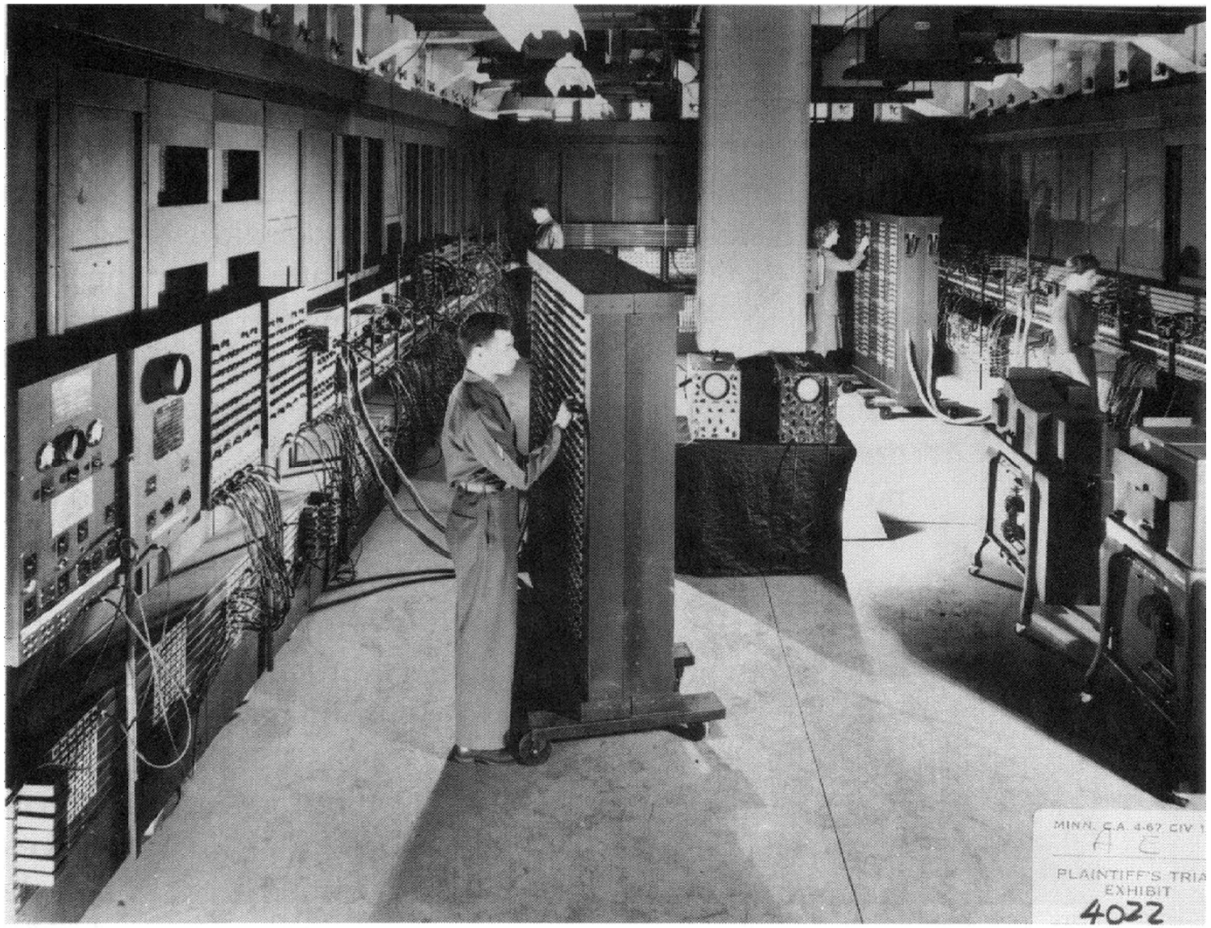
Konrad Zuses Z3 (1941)



- 600 Relais Rechenwerk
- 1600 Relais im Speicherwerk
- 22 Bit Wortlänge, Floating Point
- 64 Worte Speicherkapazität
- 5 - 10Hz
- Leistungsverbrauch: 4000W
- Gewicht: 1000 kg
- Z3 ist erster programmier-barer elektomechanischer Automat

Digitaltechnik - Historie

ENIAC – Der erste elektronische Rechner (1946)



Digitaltechnik - Historie

Beginn des Mikroelektronikzeitalters

1947:

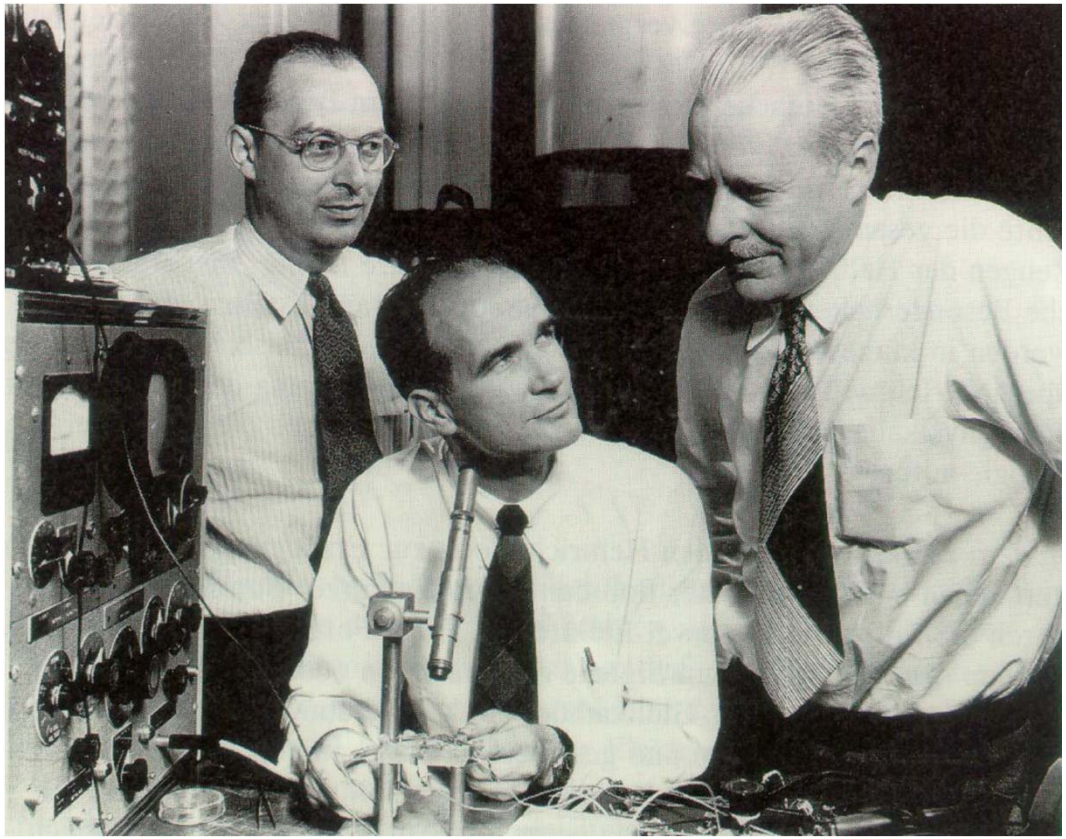
Die **Erfindung** des notwendigen **0/1-Schalters**, genannt **Transistor**:

1: Strom an

0: Strom aus

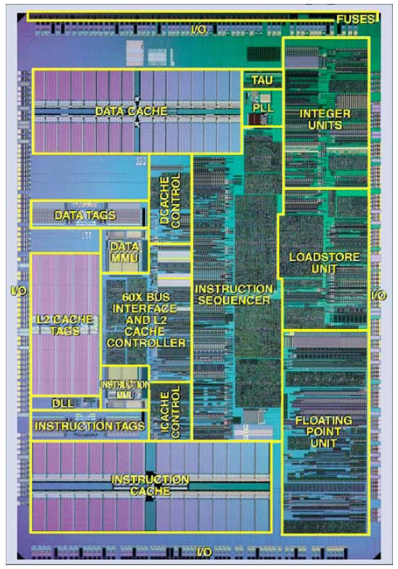
Erfinder:

John Bardeen (links),
Walter Brattain (rechts) und
William Shockley (Mitte)
-> bedeutender Schritt
-> 1956 Nobelpreis

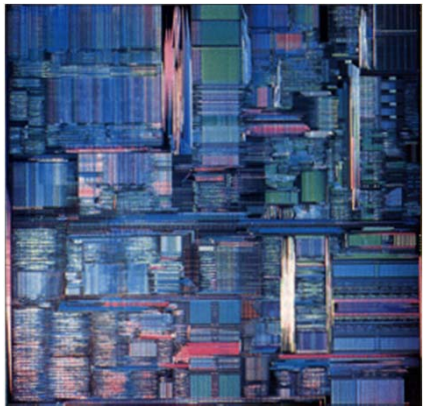


Mikroelektronik: Heutige Prozessoren

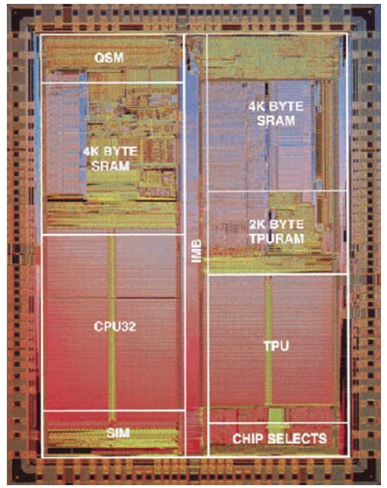
IBM Power PC 750



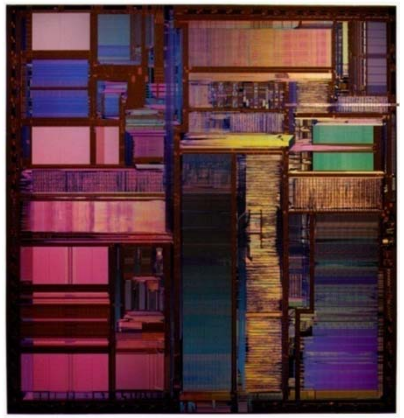
Pentium Pro Layout



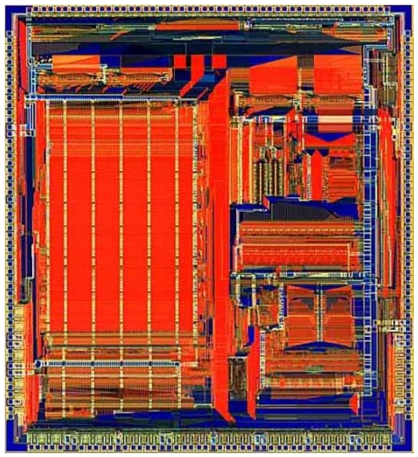
Motorola M68355 Microcontroller



Intel Pentium Processor

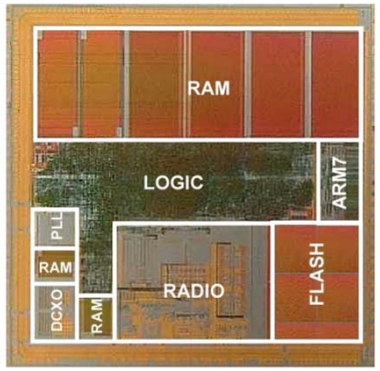


TI DSP 8847



System auf Silizium

(Bluetooth SoC: Eynde et al., Alcatel, 2001)



Intel´s High-End Processor Solutions: Itanium

Itanium® Processor Evolution

Itanium 2
0.13 µm CMOS

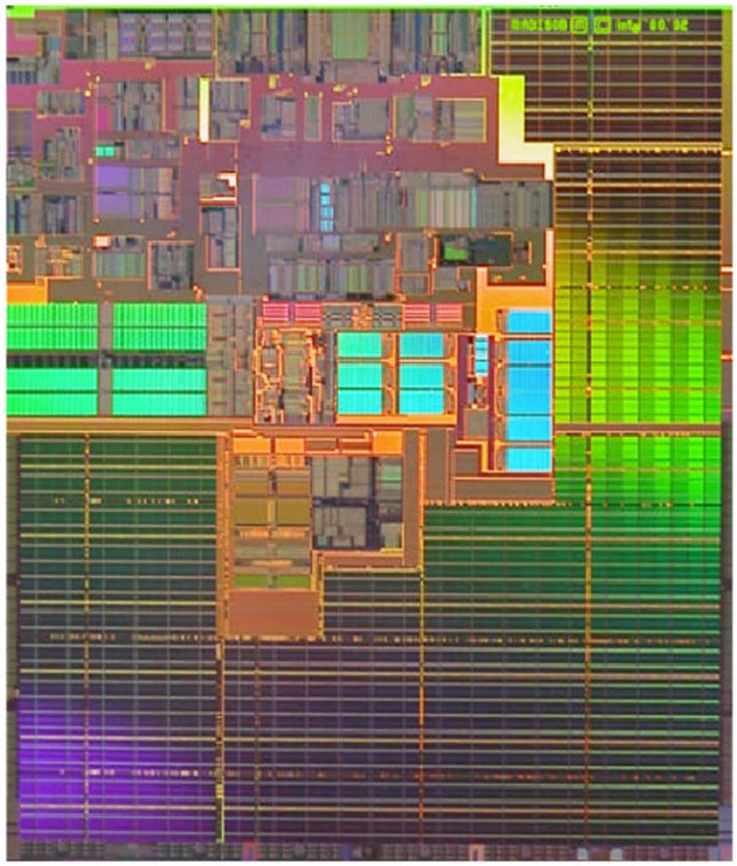
Attribute	Itanium® Processor	Itanium® 2 Processor	This work
Architecture	Explicitly Parallel Instruction Computing		
Process	180nm	180nm	130nm
Device Count	25M	221M	410M
On-die L3 cache	0*	3MB	6MB
Frequency	800MHz	1.0GHz	1.5GHz
Supply Voltage	1.6V	1.5V	1.3V
Power	130W*	130W	130W

* Includes 4MB cache on cartridge

Quelle: Jason Stinson (Intel), DAC 2003

Intel´s High-End Prozessorlösungen: Itanium

Grösster Prozessor der Welt (ehemals): Itanium von INTEL



- 410 Millionen "flache" (planare) Transistoren
- 374 mm^2 Chipgrösse
- Größte Anzahl Transistoren innerhalb eines einzelnen Mikrochips

Quelle: Intel, 2003

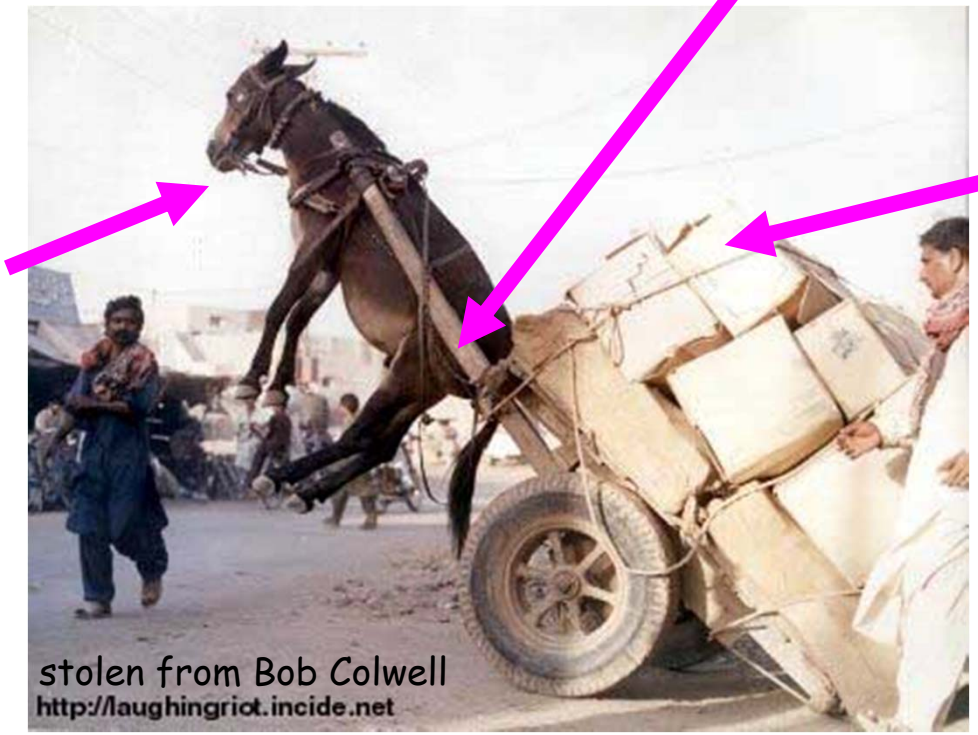
Von Neumann (vN) Architektur kommt an ihre Grenzen …

vN: unbalanciert

vN Flaschenhals

CPU (Prozessor-Kern)

Cache-Speicher, …

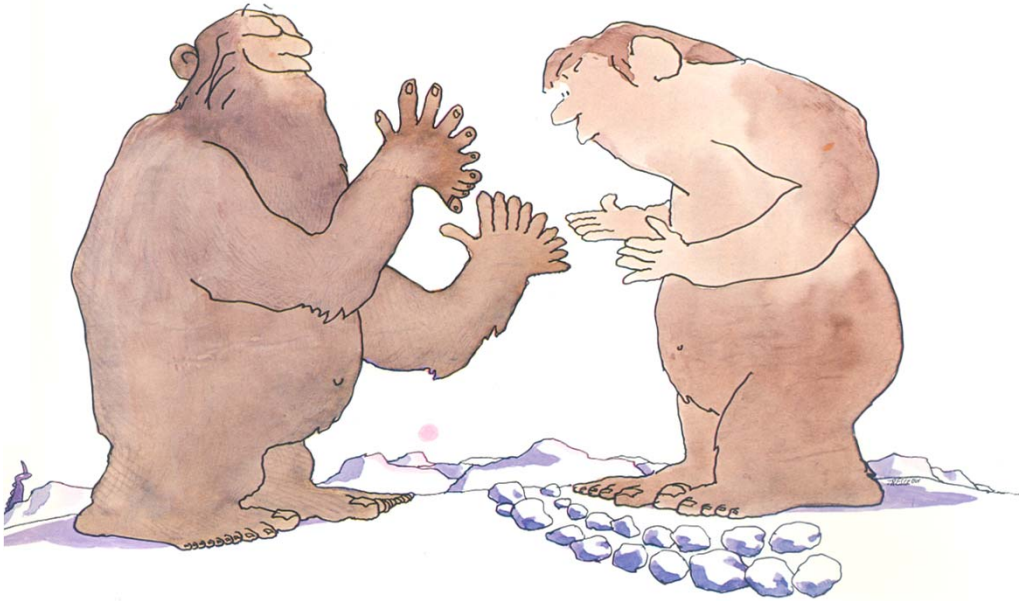


Quelle: R. Hartenstein, Univ. Kaiserslautern

Wie rechnet ein Computer …

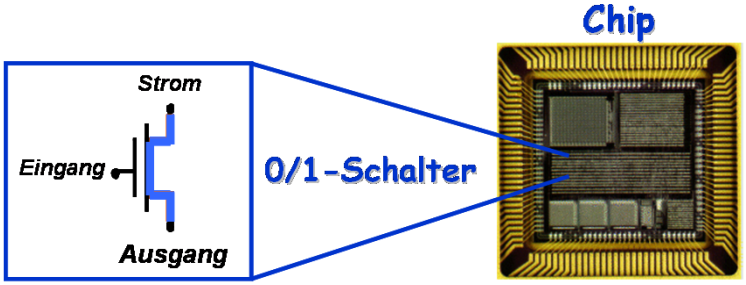
Wie alles begann … das Dezimalsystem!

Neandertal, vor etwa 50.000 Jahren … viele Lebewesen hatten 10 Finger!



-> Beginn des Zehner- bzw. Dezimalsystems (könnte evtl. so gewesen sein …)

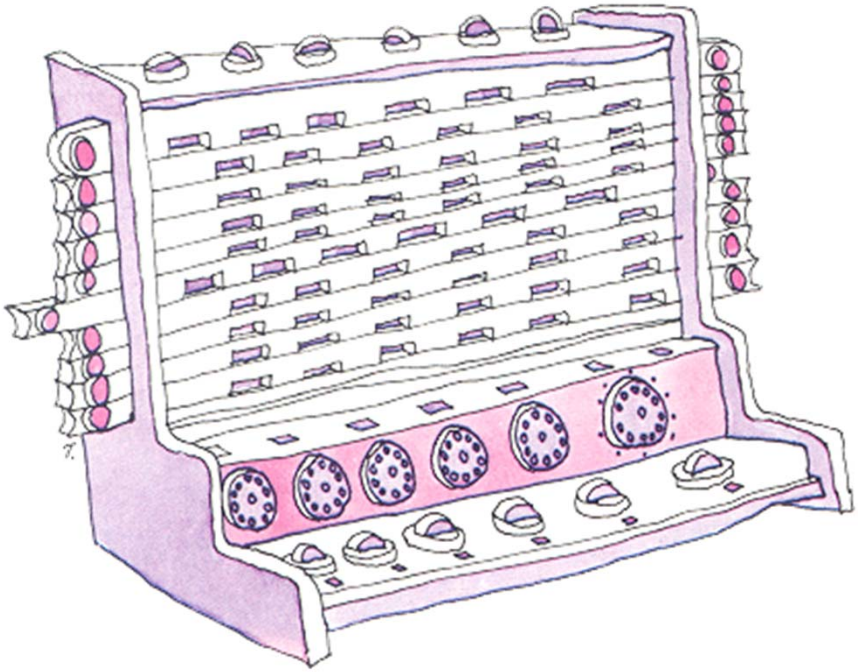
Dezimalsystem
= Heutiges Zahlensystem !



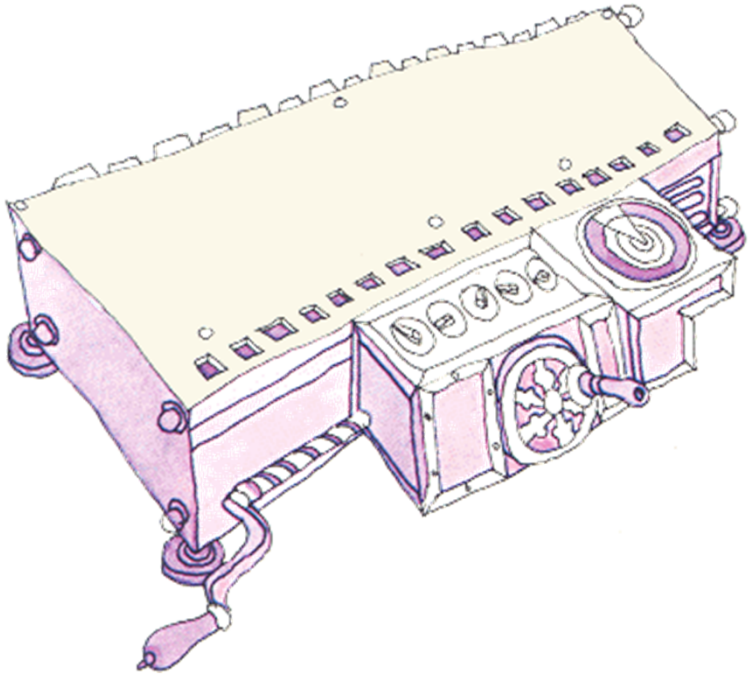
Wie rechnet ein Computer ...

Die ersten Rechenhilfen ...

Mechanische Rechenmaschinen aus Europa



Schickardsche Rechenmaschine (1623)



Rechenmaschine des Wilhelm Freiherr von Leibniz (1673)

Wie rechnet ein Computer ...

Neandertal ...

Beispiele für Zahlensysteme:

Zehnersystem (Basis = 10):

$$1689 = 1 * \underbrace{10*10*10}_{\text{Wert=1000}} + 6 * \underbrace{10*10}_{\text{Wert=100}} + 8 * \underbrace{10}_{\text{Wert=10}} + 9 * \underbrace{1}_{\text{Wert=1}}$$

Stelle 4 | Stelle 3 | Stelle 2 | Stelle 1

Beispieladdition:

$$\begin{array}{r} 129 \\ +\ 33 \\ \hline {\scriptstyle 1} \\ 162 \end{array}$$

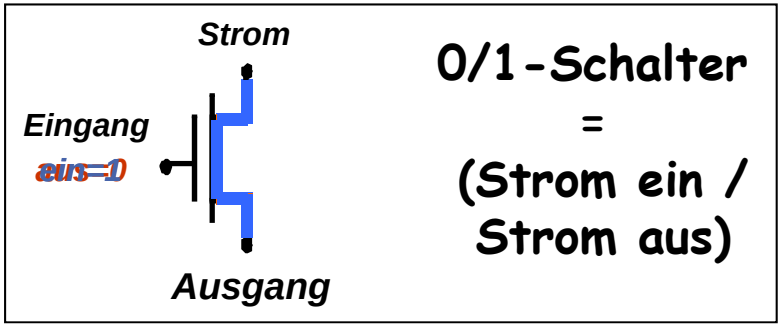
← Übertrag: 1

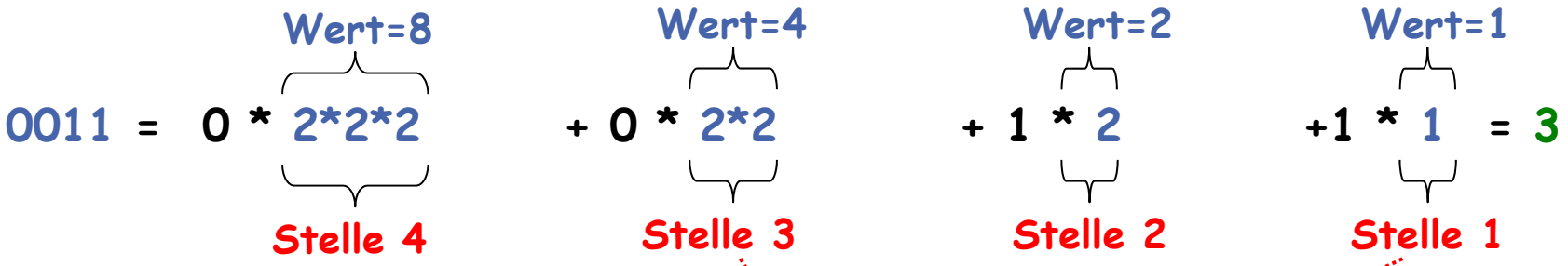
Wie rechnet ein Computer ...

Beispiele für Zahlensysteme:

Zweiersystem oder
Dualsystem (Basis = 2):

Transistor





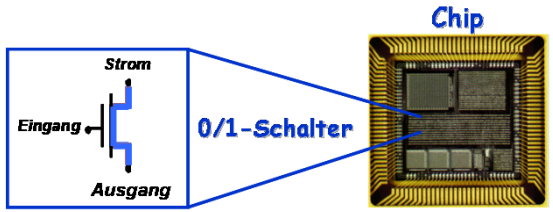
Beispielzahlen:

Dualzahlen:

				Dezimalzahlen
0	0	1	1	a = 2 + 1 = 3
0	1	0	1	b = 4 + 1 = 5
0	0	0	0	c = 0

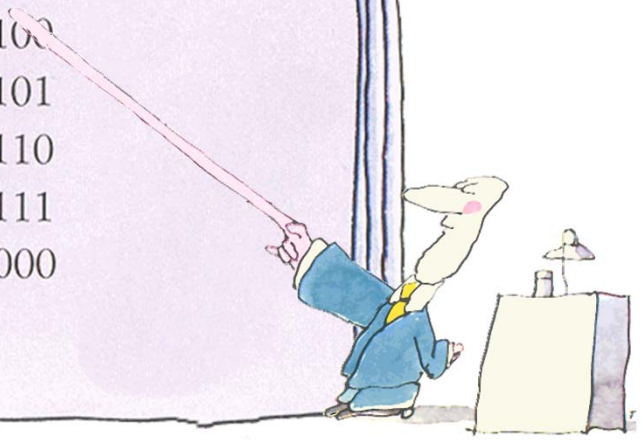
Wie rechnet ein Computer ...

Zahlen im Dualsystem:



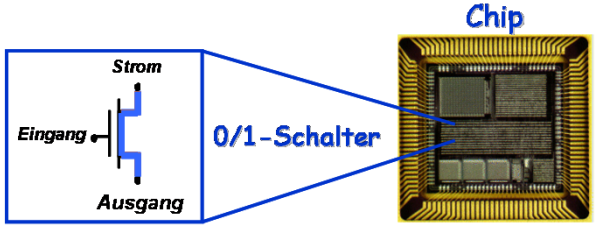
Zahlendarstellung nur mit Nullen und Einsen:

Dezimal-Ziffern	Dual-Werte	Dezimal-Ziffern	Dual-Werte
0	00000	8	01000
1	00001	9	01001
2	00010	10	01010
3	00011	11	01011
4	00100	12	01100
5	00101	13	01101
6	00110	14	01110
7	00111	15	01111
		16	10000



Wie rechnet ein Computer ...

Buchstaben im Dualsystem:



Man kann mit Nullen und Einsen auch andere Zeichen (z.B. Buchstaben) im Computer darstellen:

A = 110001	J = 100001	S = 010010
B = 110010	K = 100010	T = 010011
C = 110011	L = 100011	U = 010100
D = 110100	M = 100100	V = 010101
E = 110101	N = 100101	W = 010110
F = 110110	O = 100110	X = 010111
G = 110111	P = 100111	Y = 011000
H = 111000	Q = 101000	Z = 011001
I = 111001	R = 101001	

Wie rechnet ein Computer ...

Im Dualsystem bzw. Zweiersystem benötigt man nur **wenige Regeln zum Addieren von zwei beliebigen Zahlen**:

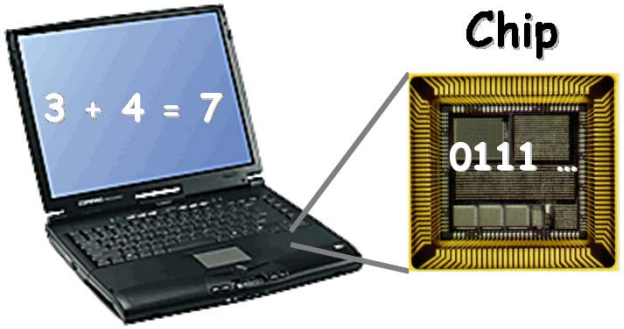
Dualzahlsystem

	0	0	1	1	=	3
+					=	4
	0	1	0	0		
	0	1	1	1	=	7

Addition von Dualzahlen:

-> 4 stellenorientierte Regeln müssen beachtet werden

(wird später in der Vorlesung behandelt)

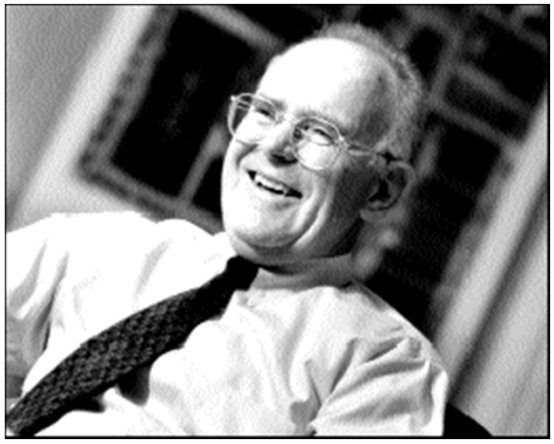


Dabei gilt: Es wird immer pro Stelle einzeln addiert, genauso wie dies bei den Dezimalzahlen gemacht wird

Digitaltechnik - Historie

Moore's Law

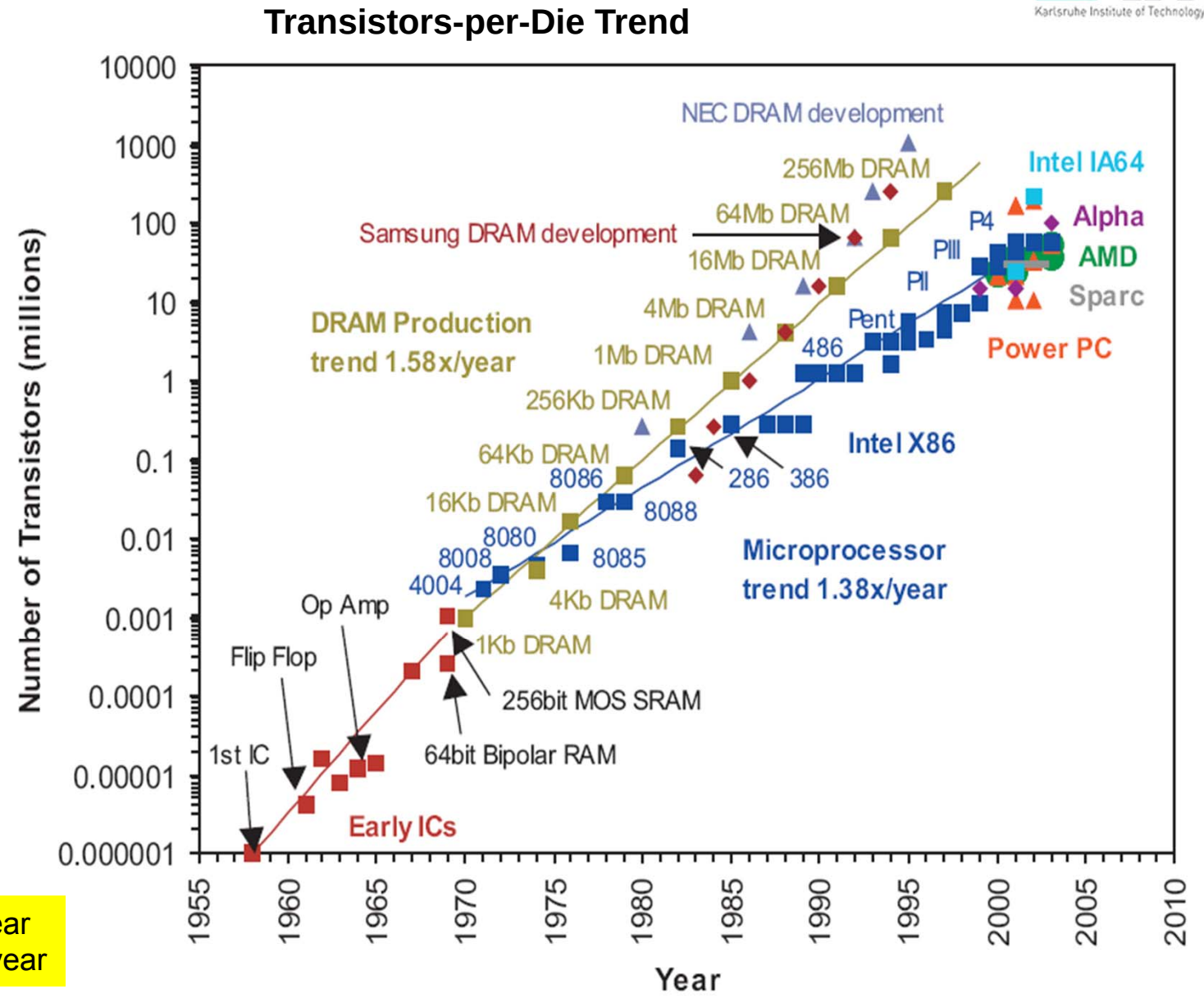
- 1965 sagte Gordon E. Moore das exponentielle Wachstum der Halbleitertechnologie vorher.
- Er spekulierte, daß es 1975 möglich sei, 65.000 Komponenten auf einem 6mm² großen IC zu integrieren - er hatte Recht!



Status Mikroelektronik: Moore´s Gesetz

Moore´s Gesetz gilt noch immer.....

Aber: Prozessoren-Taktraten Skalieren nicht mehr!



MPU rate : 1.38/year
Memory: rate 1.58/year