



Entwurfsmethodik
Institut für Informatik



Lehrstuhl für
Eingebettete Systeme

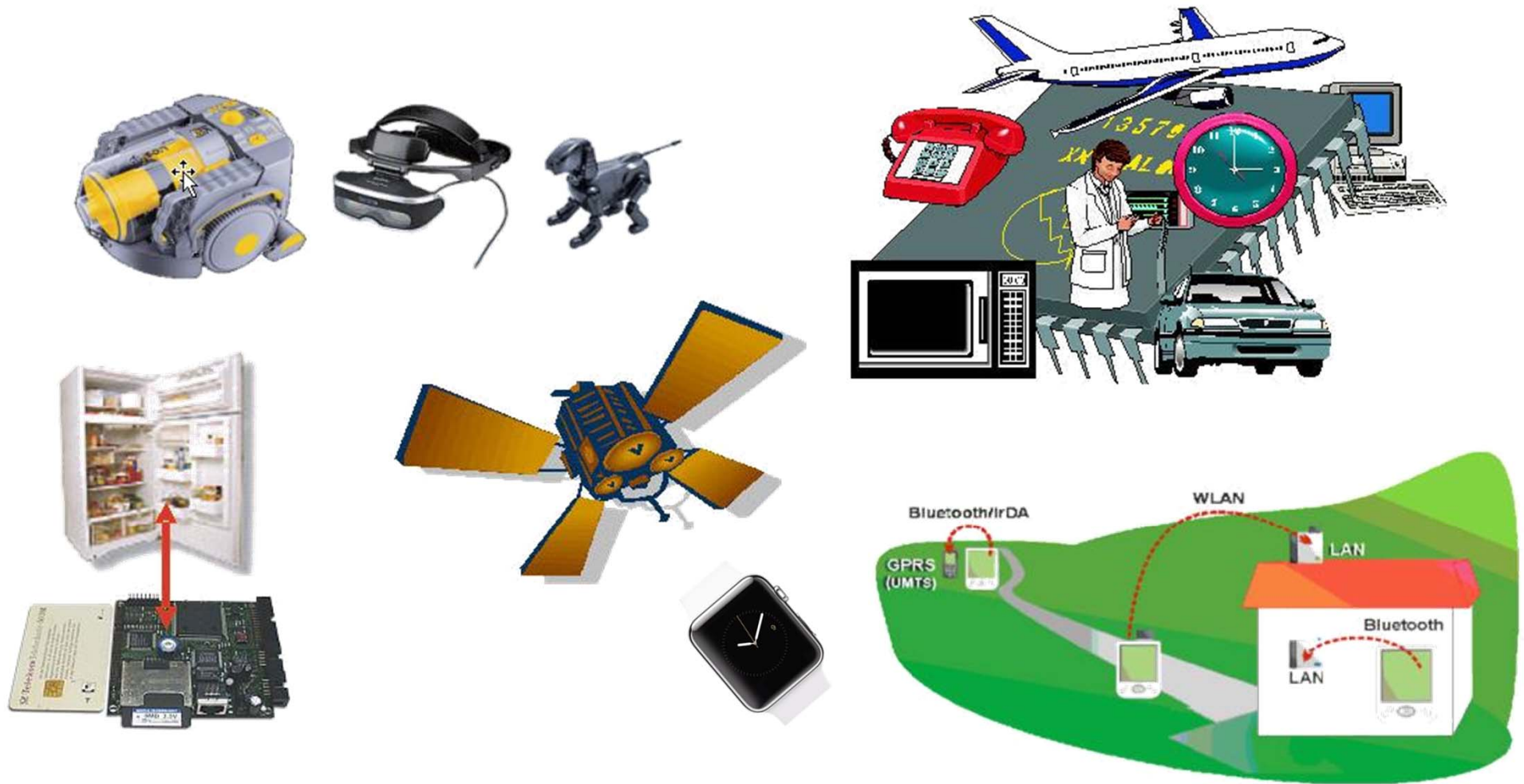
Hardwarearchitekturen und Rechensysteme

1. Einleitung

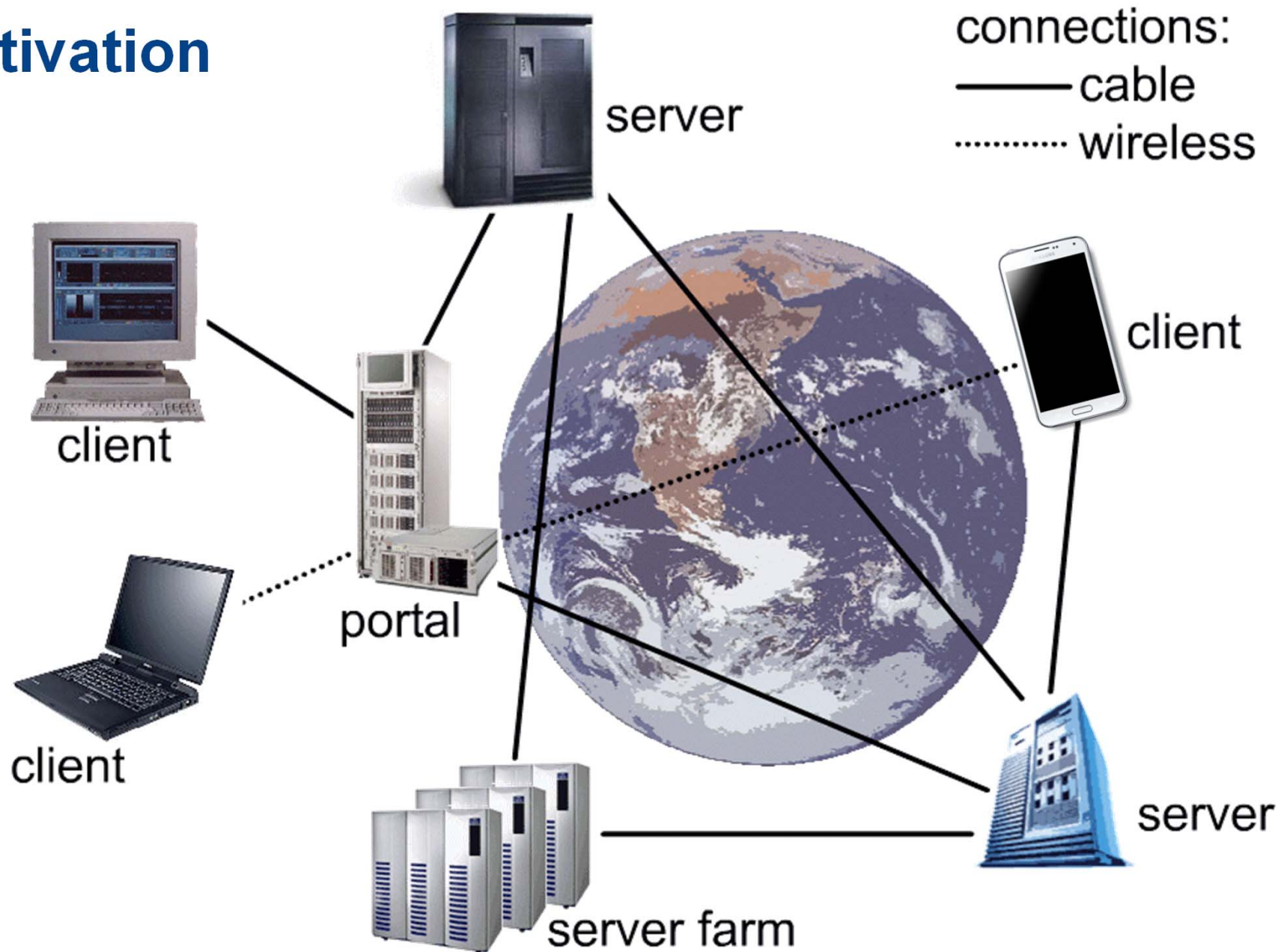
Folien zur Vorlesung Hardwarearchitekturen und Rechensysteme von
Prof. Dr. rer. Nat. U. Brinkschulte
Prof. Dr.-Ing. L. Hedrich

Motivation

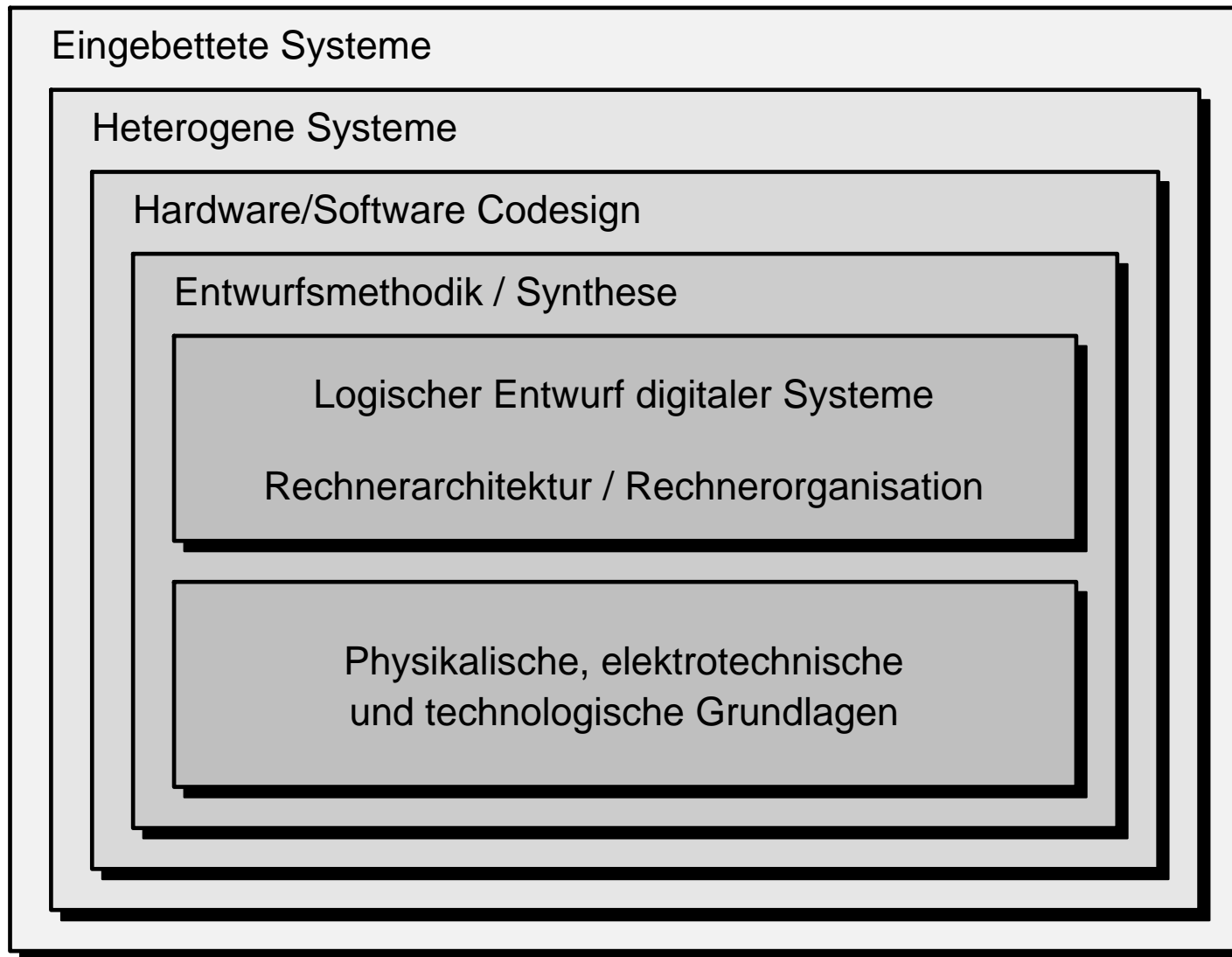
Embedded Systems



Motivation



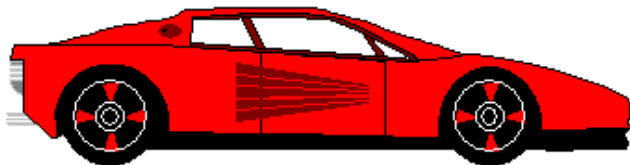
1.1 Technische Informatik



Internet of Things (IoT)

- **Ubiquitous Computing/Ambient Intelligence/Internet of Things:**
Allgegenwärtige Rechnerleistung vorwiegend in *Eingebetteten Systemen*

Sind das Computer?

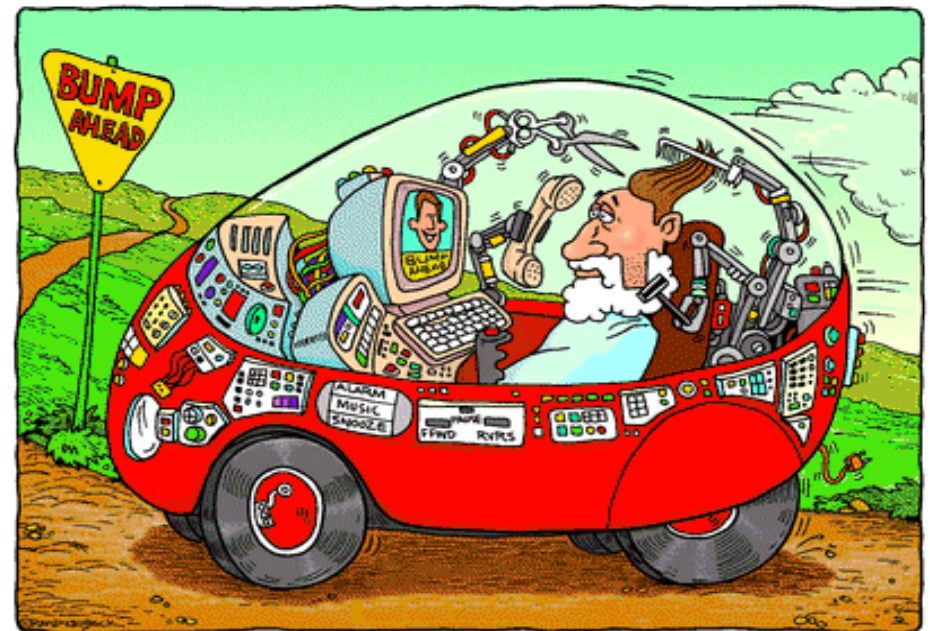


Computer im täglichen Leben:

- **Braune Ware (Unterhaltung):**
Stereoanlage,
Autoradio mit MP3-Player,
Handy, Uhr, Jacke
- **Weiße Ware (Haushalt):**
Waschmaschine mit
Computerregelung,
Hausvernetzung

Eingebettete Systeme im Kfz:

- Motorregelung,
 - ABS
 - ESP
 - ...
- => >50 Steuergeräte
- Car-2-Car Kommunikation
 - Autonomes Fahren?



Autonomes Fahren mal so?

Aufbau eingebetteter Systeme



Colibree

Prototyp für Home-Automation der
TU Braunschweig (OS: Linux)

Umgebung

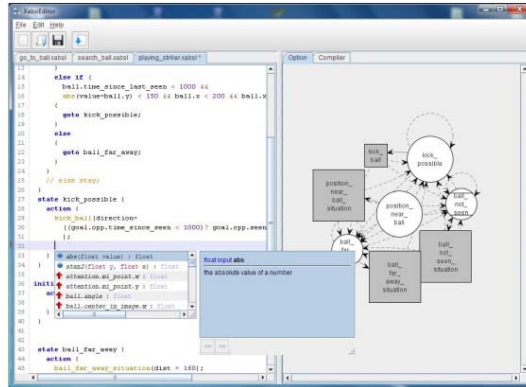


Eingebettetes System:

Elektronik (Hardware)

Computer (Software)

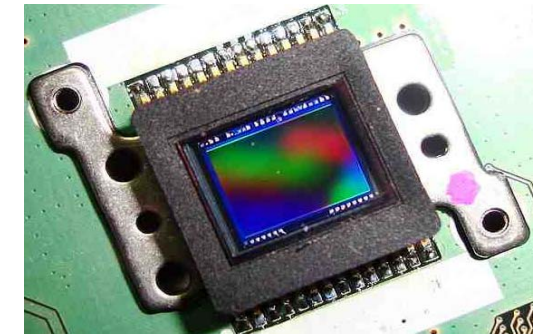
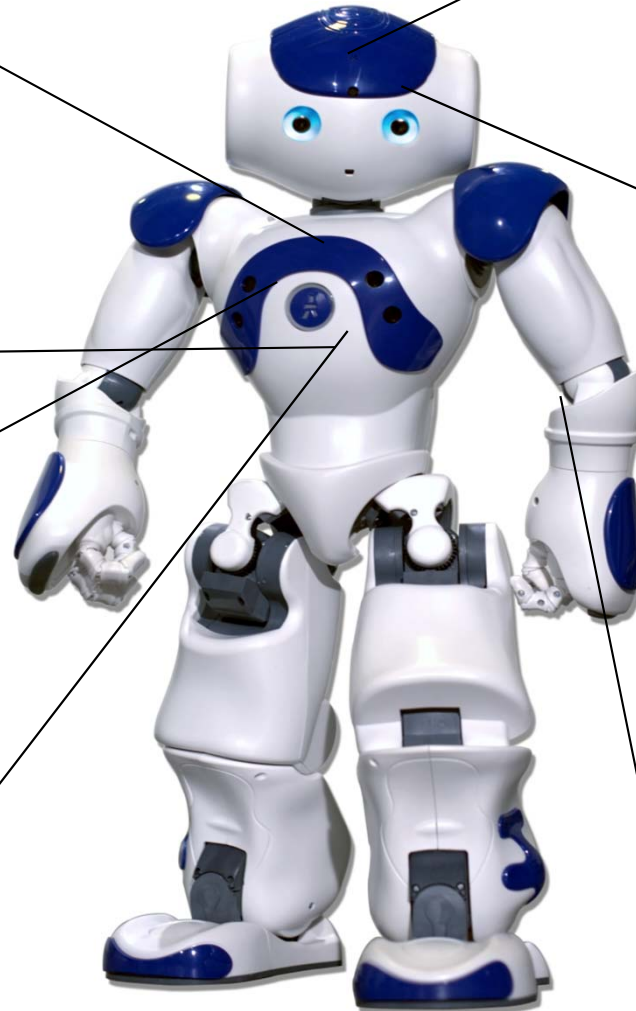
Auch ein eingebettetes System



Software



Rechen-Hardware



Sensoren



Mechanische-Hardware

Eingebettete Systeme

Eingebettete Systeme (ES) sind *maßgeschneiderte* Computer für spezielle Aufgaben.

Anforderungen:

	ES	PC
Preis	<3.1\$	100-1000\$
Leistungsaufnahme	<1W	40W +
Taktfrequenz	max 100MHz	2 GHz +

Diese Anforderungen sind erfüllbar, da die Rechner in eingebetteten Systemen auf genau eine Aufgabe optimiert sind.

▪ Ziel des Entwurfs:

Optimierung des eingebetteten Systems für seine spezielle Aufgabe.

▪ Probleme:

Time to market, Sicherheit & Qualität, Komplexität & Heterogenität . . .

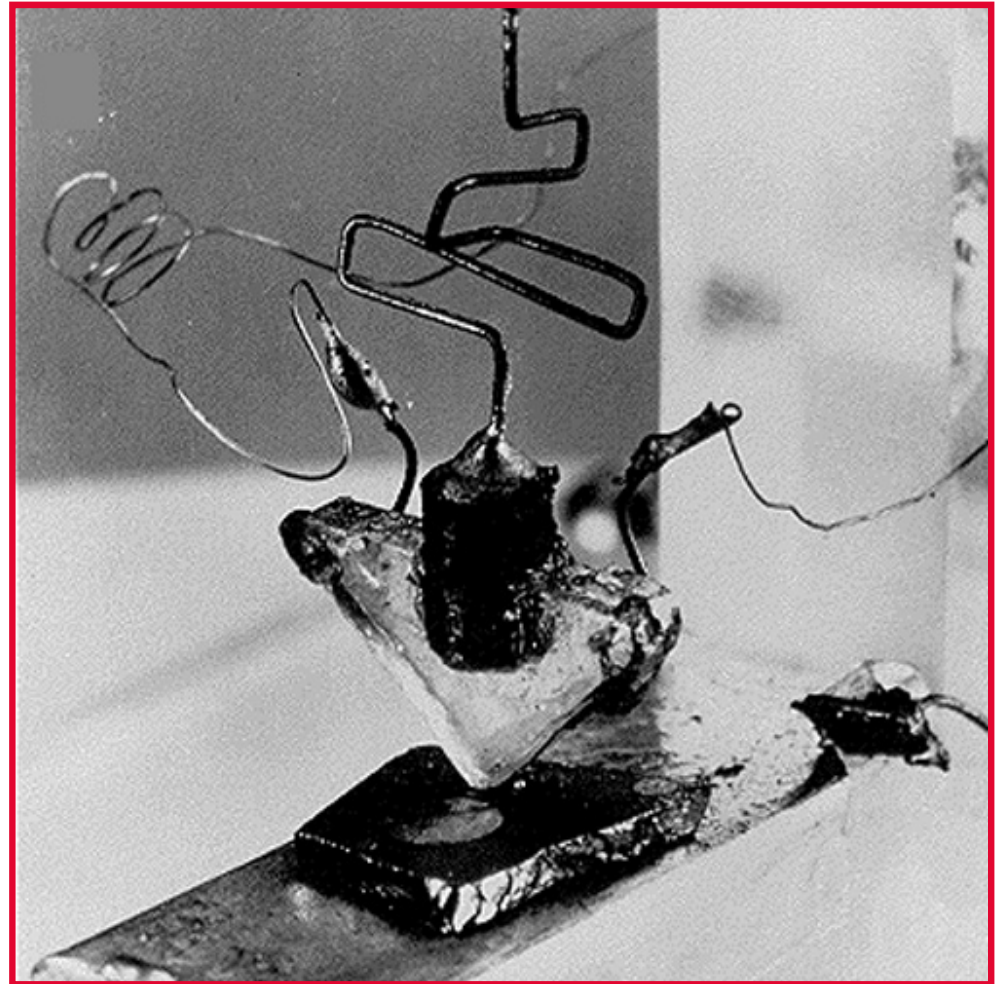
Wie entsteht das alles?

⇒ **Mikroelektronik**

⇒ **Software**

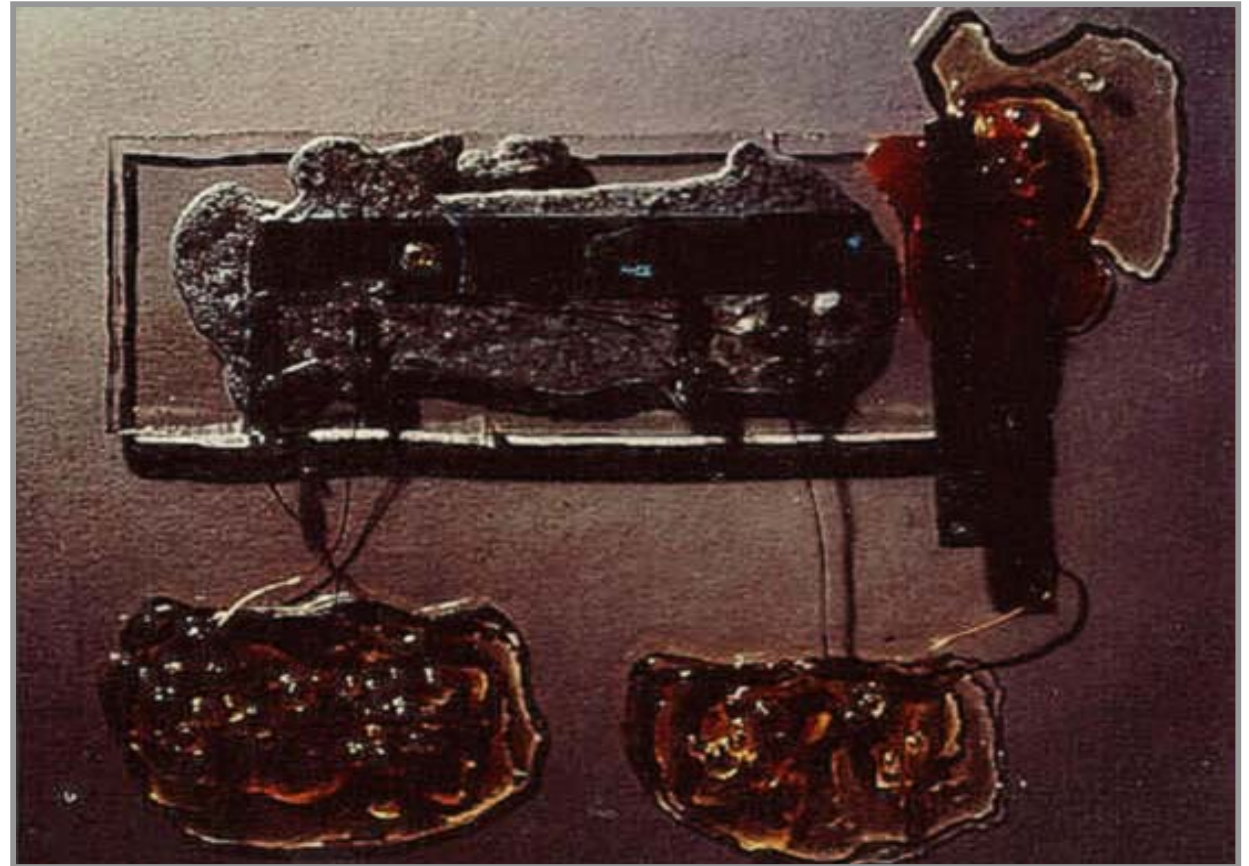
Der erste Transistor

William Shockley,
John Bardeen und
Walter Brattain
entwickeln 1948 den
ersten Transistor.

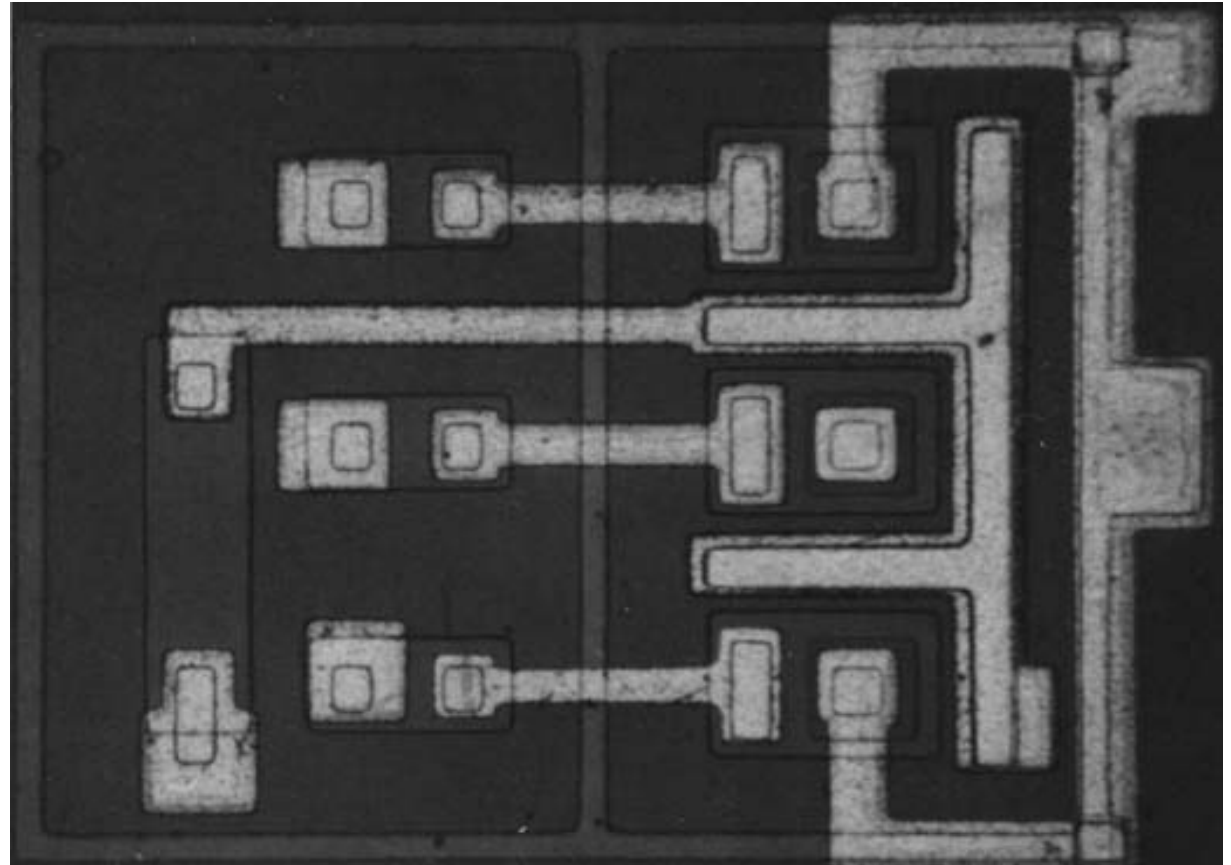


Die erste integrierte Schaltung

Jack Kilby, Texas Instruments, stellt 1958 die erste integrierte Schaltung her. Ein Transistor, ein Widerstand und eine Kapazität arbeiten zusammen auf einem einkristallinen Stück Germanium.



Mit der Einführung
der Transistor-
Transistor-Logik
(TTL) im Jahre 1962
beginnt der
Siegeszug der
Digitaltechnik.



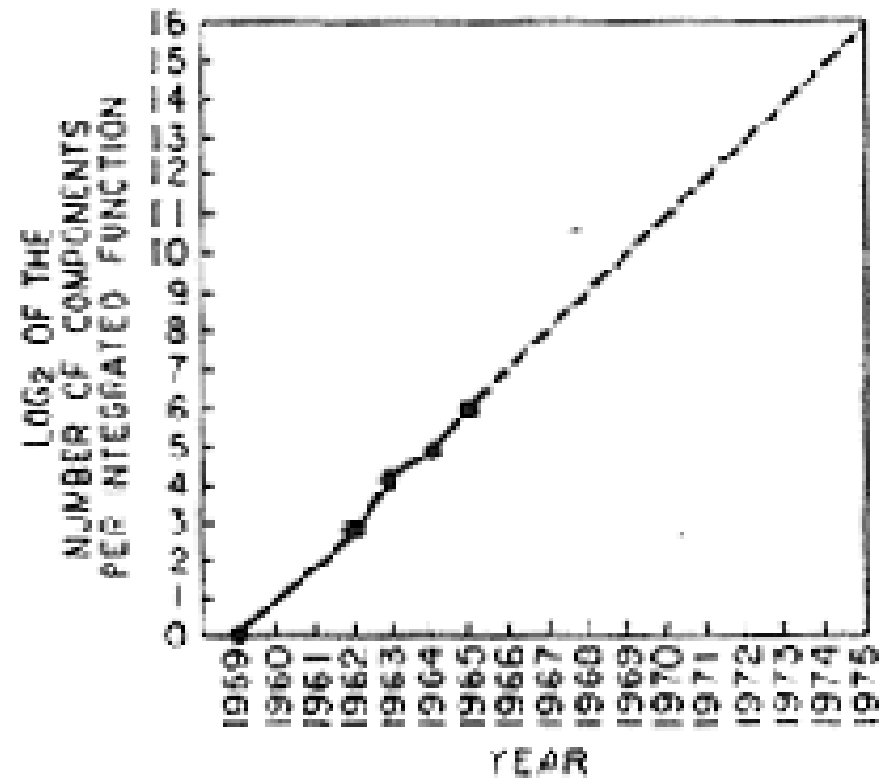
Eine legendäre Firmengründung

1969 wird die Firma Intel gegründet, die sich zum führenden Unternehmen der Halbleiterindustrie entwickeln wird.



Ein Gesetz wird entdeckt

1965 stellt Gordon Moore (Fairchild) fest, daß sich die Anzahl der Transistoren in einer integrierten Schaltung alle 18 Monate verdoppelt. Er behauptet, daß dieser Trend bis 1975 anhalten wird. **Moore's Law** ist geboren.



"Cramming more components onto integrated circuits"

Ein Pentium-Ahnherr mit seinen Vätern

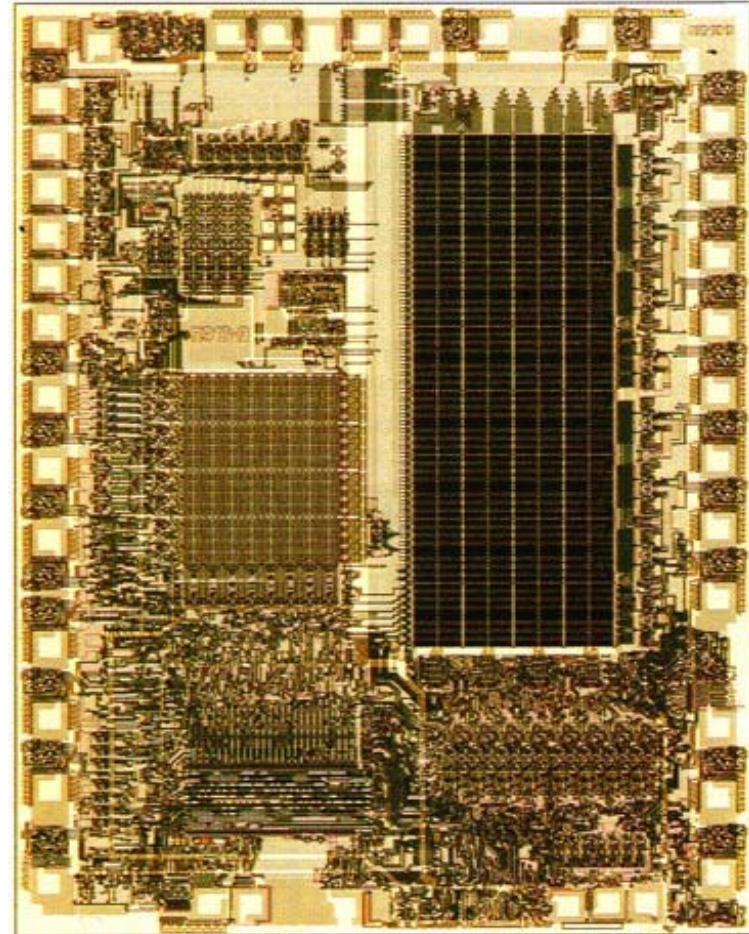
1974 stellt Intel den 8080 vor,
einen **Mikroprozessor** mit
5000 Transistoren. Damit
steht der Personal Computer
(PC) vor der Tür.



Andy Grove, Robert Noyce, Gordon Moore (1978)
Layout des 8080 (Quelle : Intel)

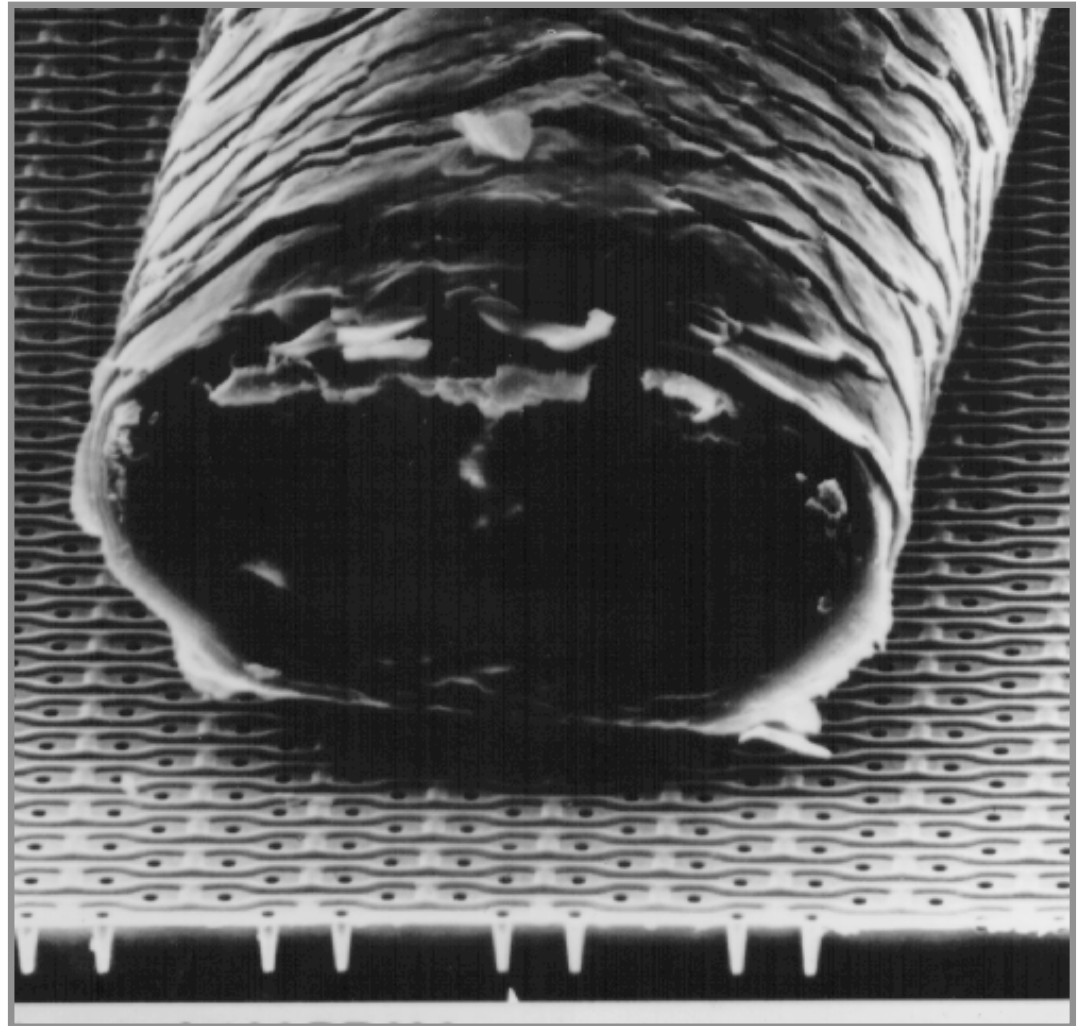
Andere können es auch

1982 stellt Siemens einen
Ein-Chip-Mikrocomputer mit
32 000 Transistoren auf 25
mm² vor.



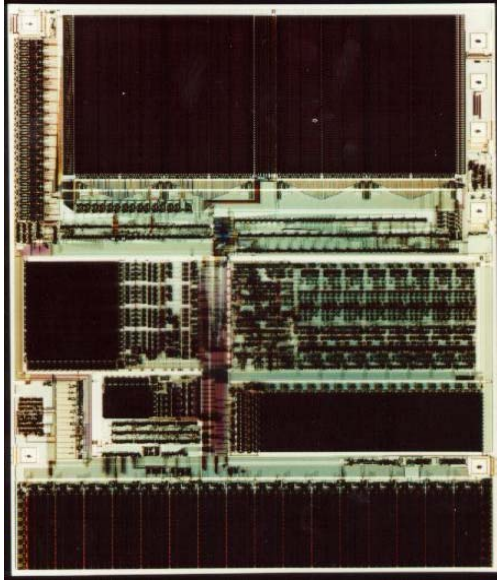
DRAMs: Die Technologielokomotive

Beim 4 **Megabit-Speicher** wird 1988 erstmalig die dritte Dimension des Siliziums durch sogenannte Grabenkondensatoren genutzt.



Mikroelektronik für alle

Chipkarten-IC



Intelligenter Leistungsschalter

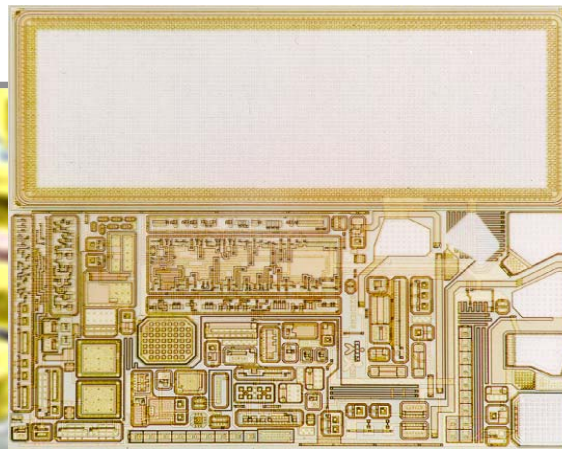
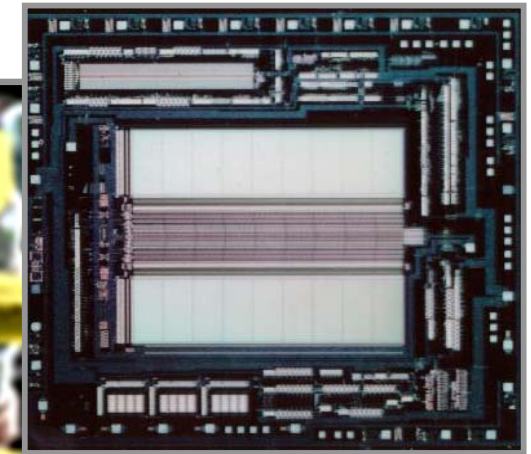
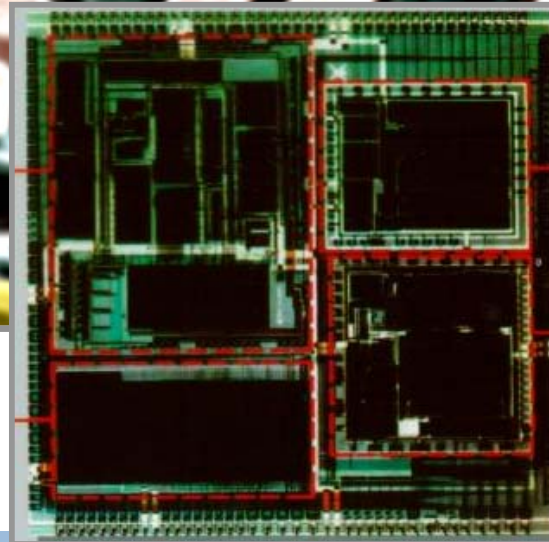


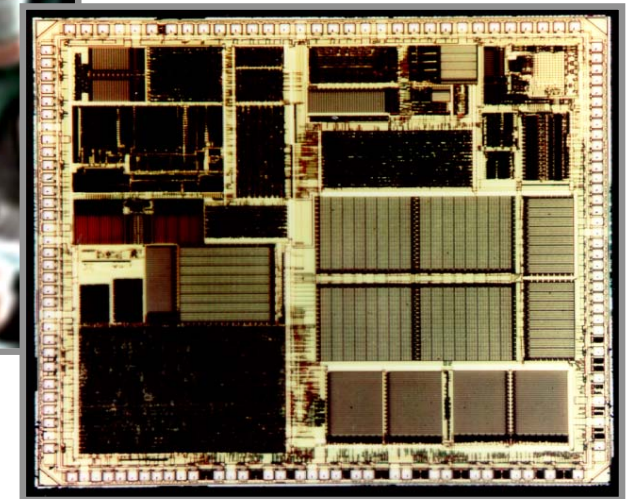
Bild-im-Bild-Baustein



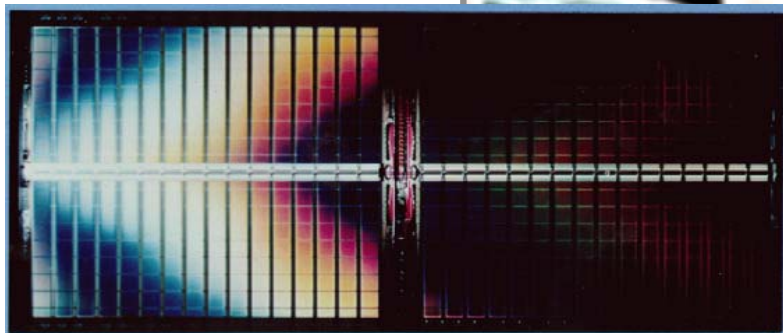
GSM-Baustein



DECT-Baustein



16 MegaBit DRAM



Quelle: Siemens

2013 Umsätze in der Halbleiterindustrie weltweit

Rank 2012	Rank 2013	Vendor	2012 Revenue	2013 Estimated Revenue	2012-2013 Growth (%)	2013 Market Share (%)
1	1	Intel	49,089	48,03	-2,2	15,2
2	2	Samsung Electronics	28,622	29,644	3,6	9,4
3	3	Qualcomm	13,177	17,276	31,1	5,5
7	4	SK Hynix	8,965	12,836	43,2	4,1
10	5	Micron Technology	6,917	11,814	70,8	3,7
5	6	Toshiba	10,61	11,467	8,1	3,6
4	7	Texas Instruments	11,111	10,561	-5	3,3
8	8	STMicroelectronics	8,415	8,06	-4,2	2,6
9	9	Broadcom	7,846	8,011	2,1	2,5
6	10	Renesas Electronics	9,152	7,761	-15,2	2,5
		Others	146,008	149,93	2,7	47,5
		Total	299,912	315,39	5,2	100

(Quelle: Gartner)

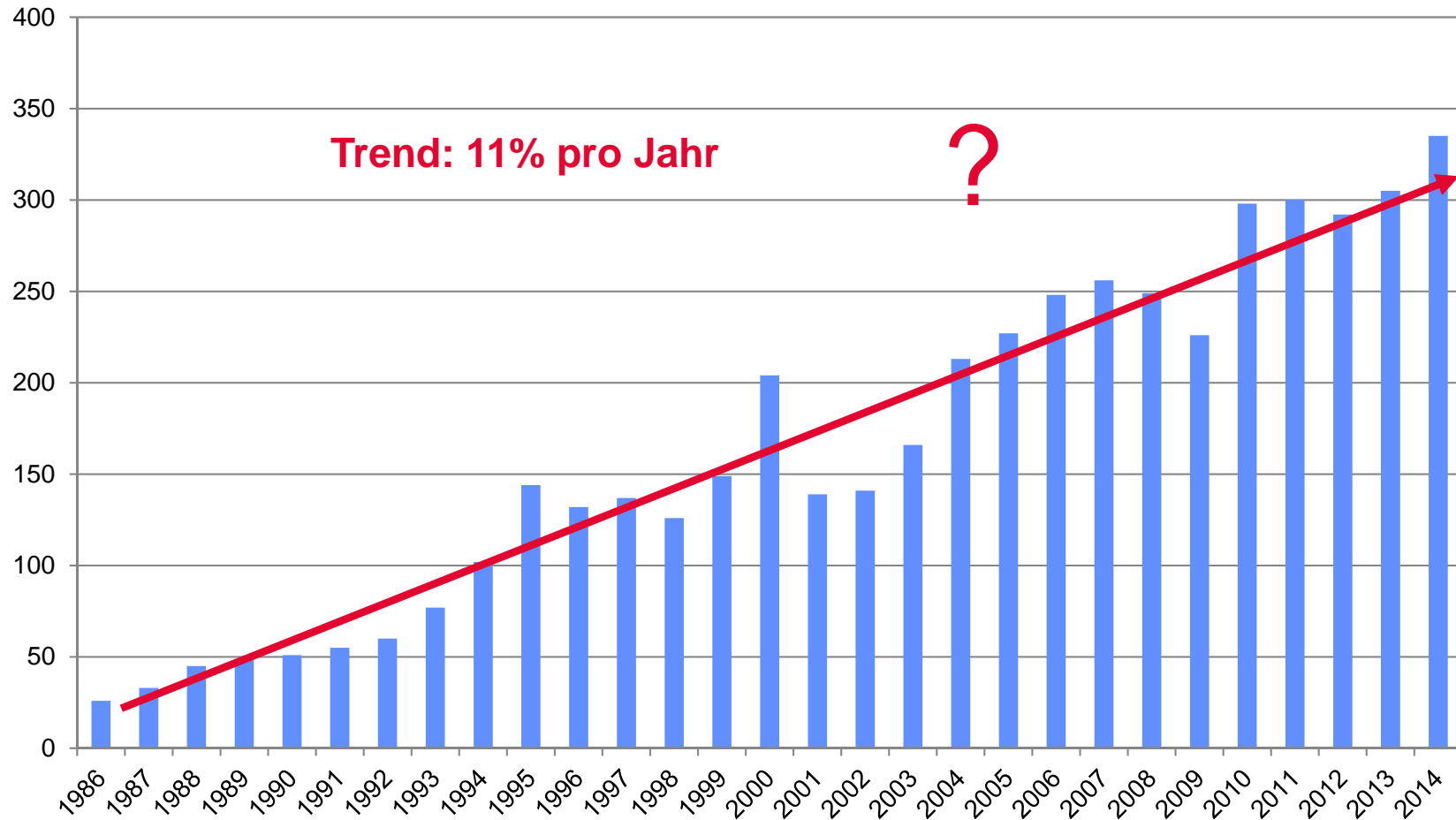
2015 Infineon wieder stark (Automotive)

Rank 2014	Rank 2015	Vendor	2014 Revenue	2015 Estimated Revenue	2014-2015 Growth (%)	2015 Market Share (%)
1	1	Intel	52,331	51,709	-1.2	15.5
2	2	Samsung Electronics	34,742	38,855	11.8	11.6
5	3	SK Hynix	15,997	16,494	3.1	4.9
3	4	Qualcomm	19,291	15,936	-17.4	4.8
4	5	Micron Technology	16,278	14,448	-11.2	4.3
6	6	Texas Instruments	11,538	11,533	0.0	3.5
7	7	Toshiba	10,665	9,622	-9.8	2.9
8	8	Broadcom	8,428	8,419	-0.1	2.5
9	9	STMicroelectronics	7,376	6,890	-6.6	2.1
12	10	Infineon Technologies	5,693	6,630	16.5	2.0
		Others	157,992	153,182	-3.0	41.2
		Total	340,331	333,718	-1.9	100

(Quelle: Gartner)

Ein sicheres Geschäft ?

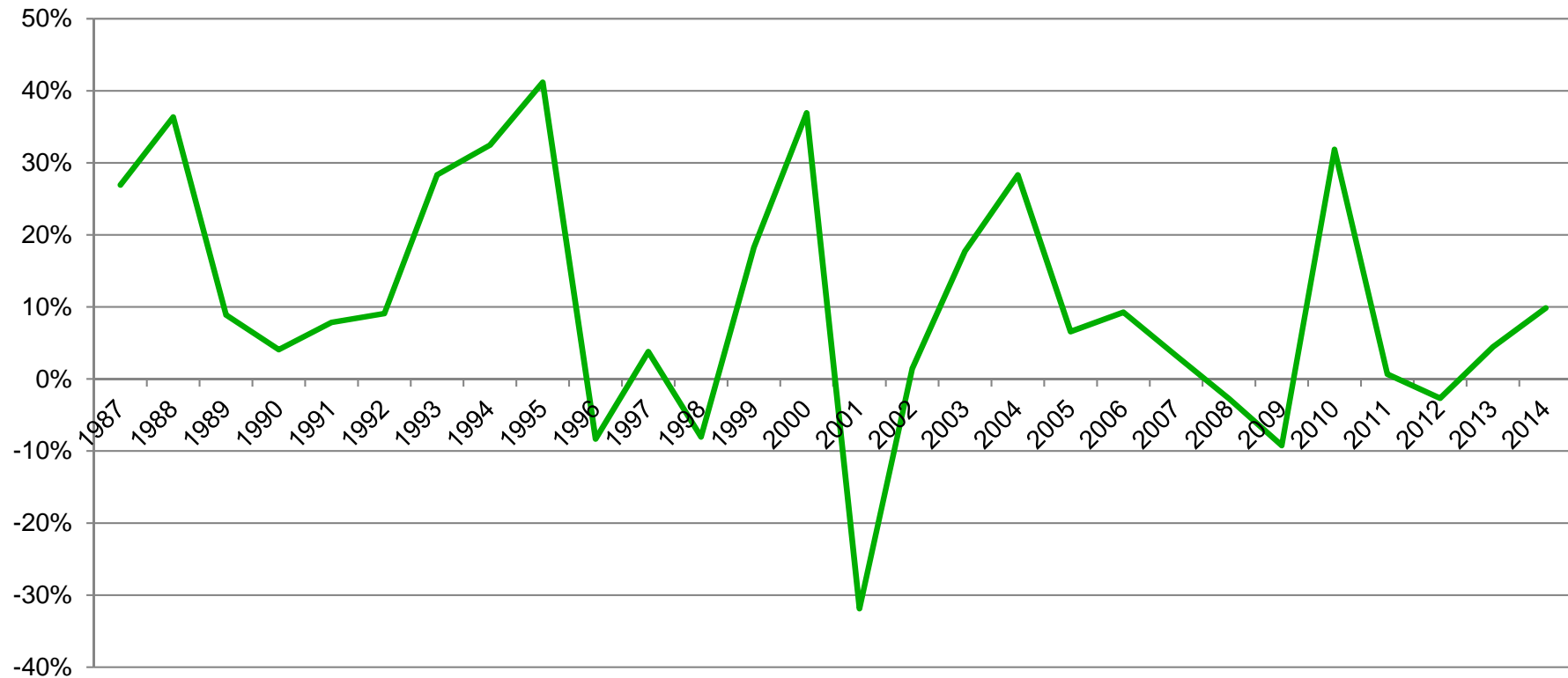
Umsätze Mrd. \$



Wachstum des Halbleitermarktes 1986 - 2014

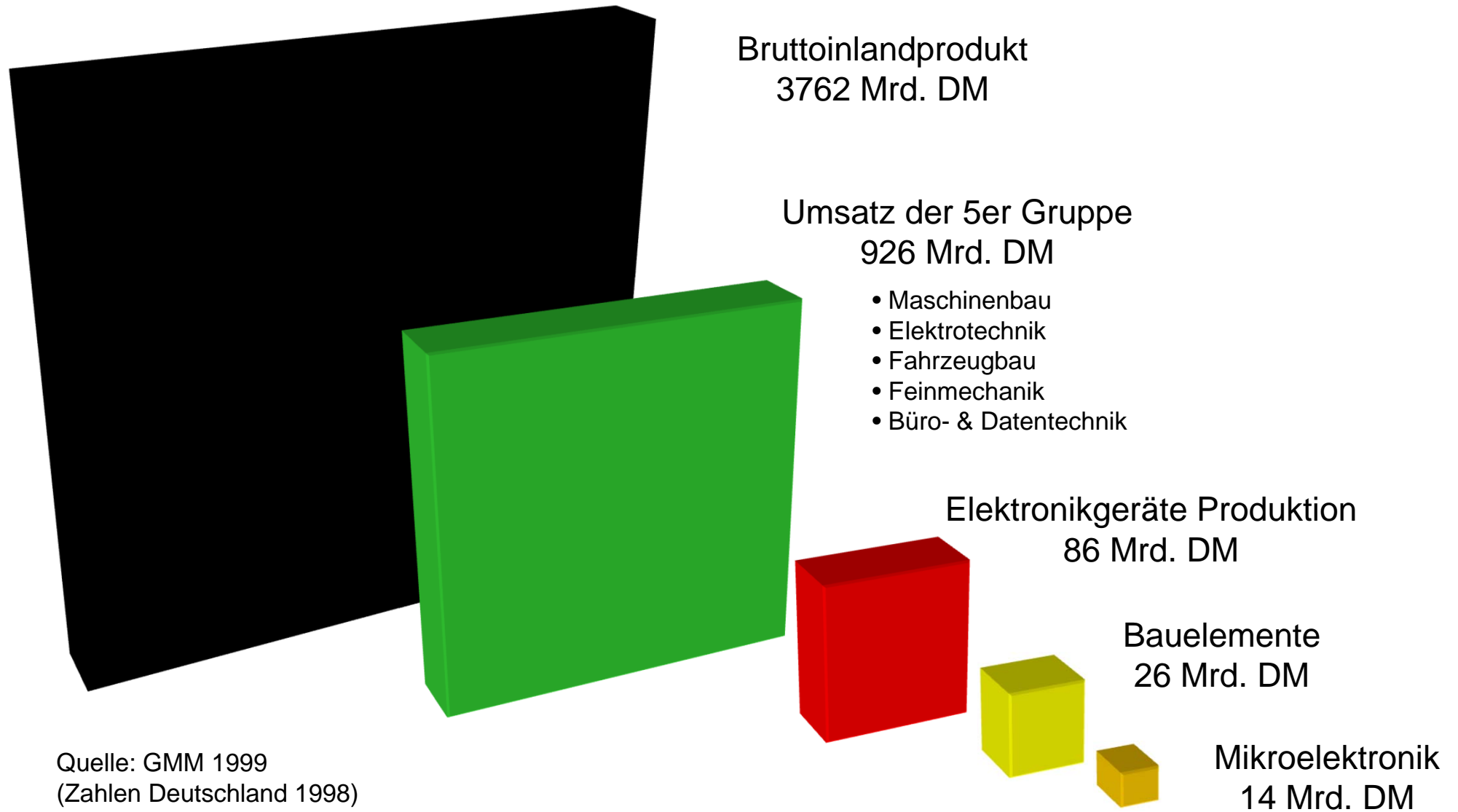
Oder doch nicht ?

Veränderung Umsätze



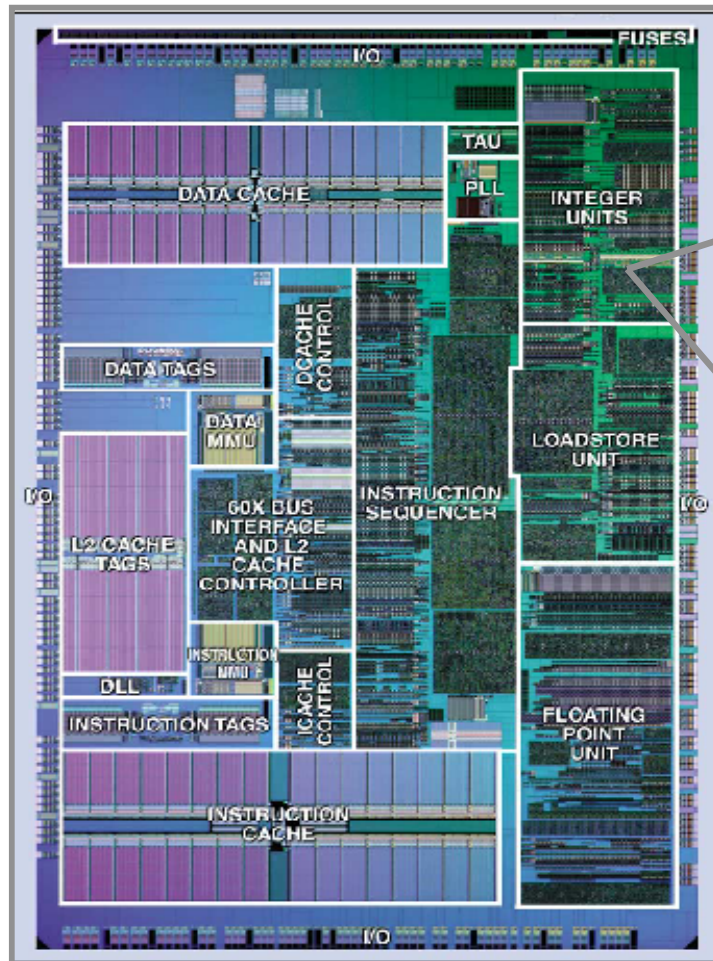
Jährliche Wachstumsschwankungen des Halbleitermarktes 1987- 2014

Wirkungskette der Mikroelektronik

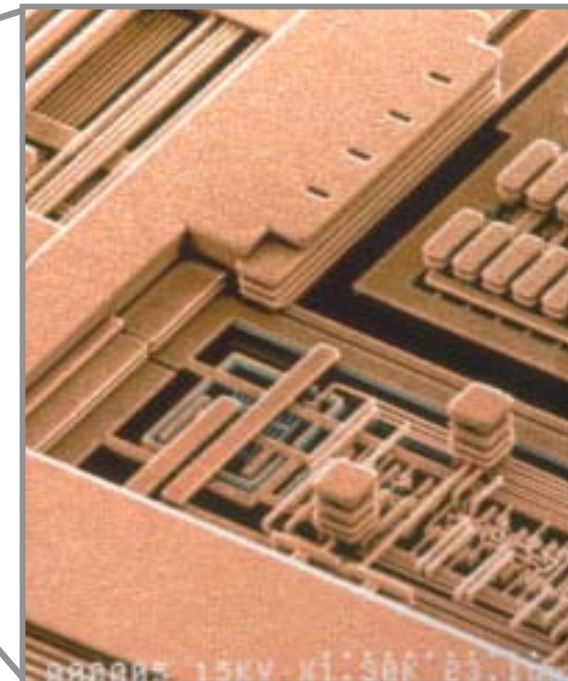


PowerPC 740

PowerPC 750



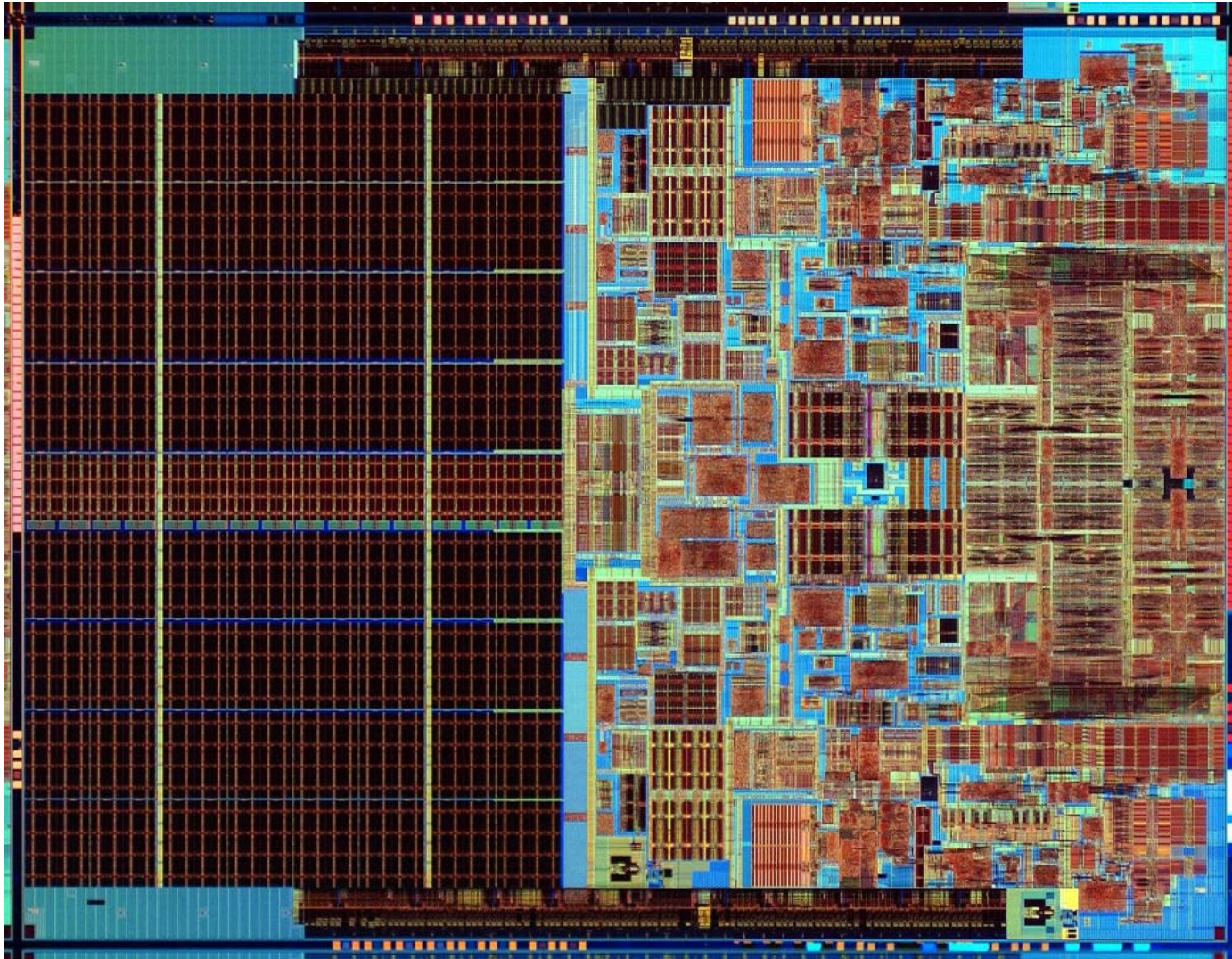
CMOS 7S-Kupfertechnologie



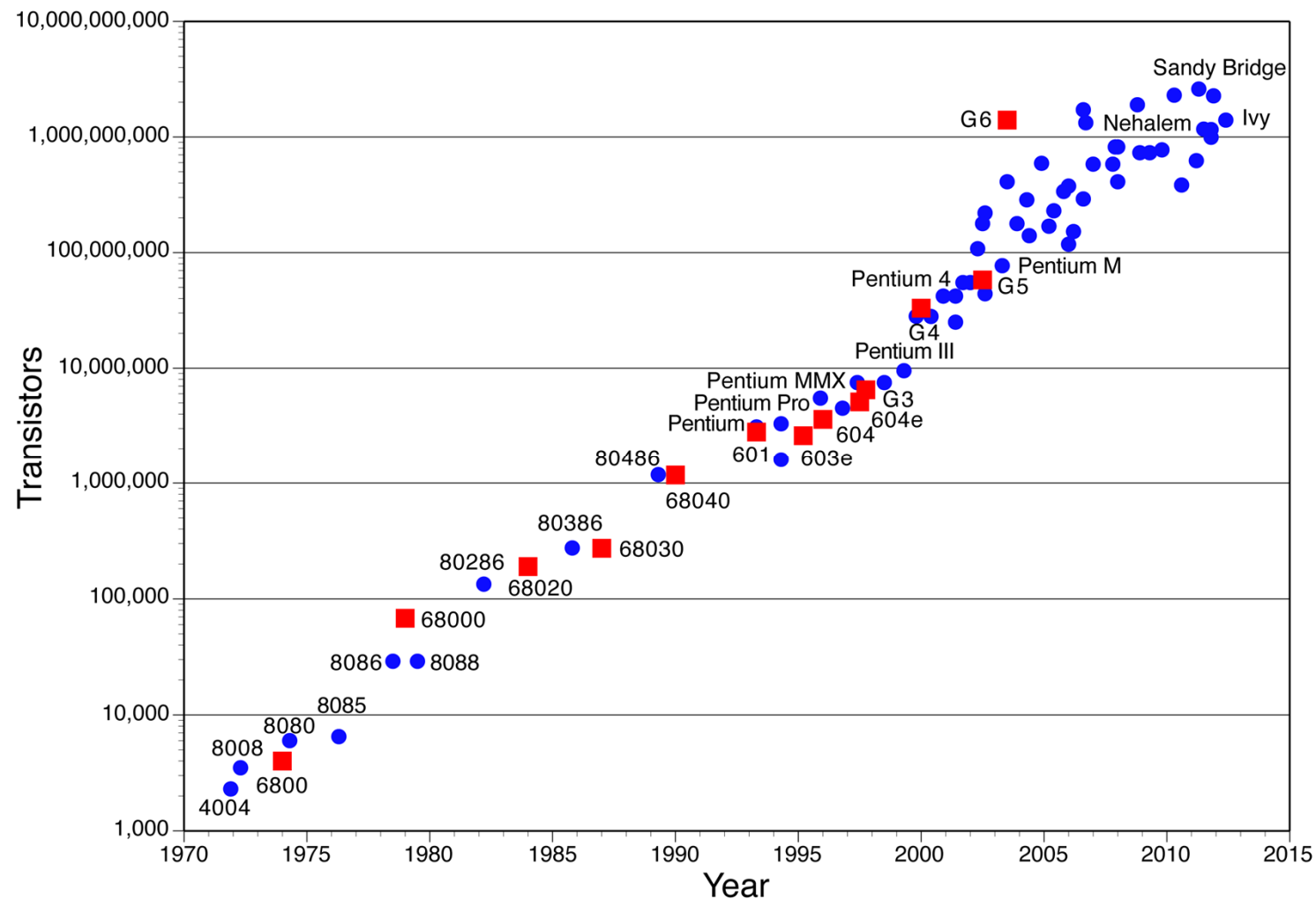
6,35 Millionen Transistoren auf 40 mm²

Quelle: IBM

Core 2 Duo (2006, 65nm, 291 Mill. Tr.)

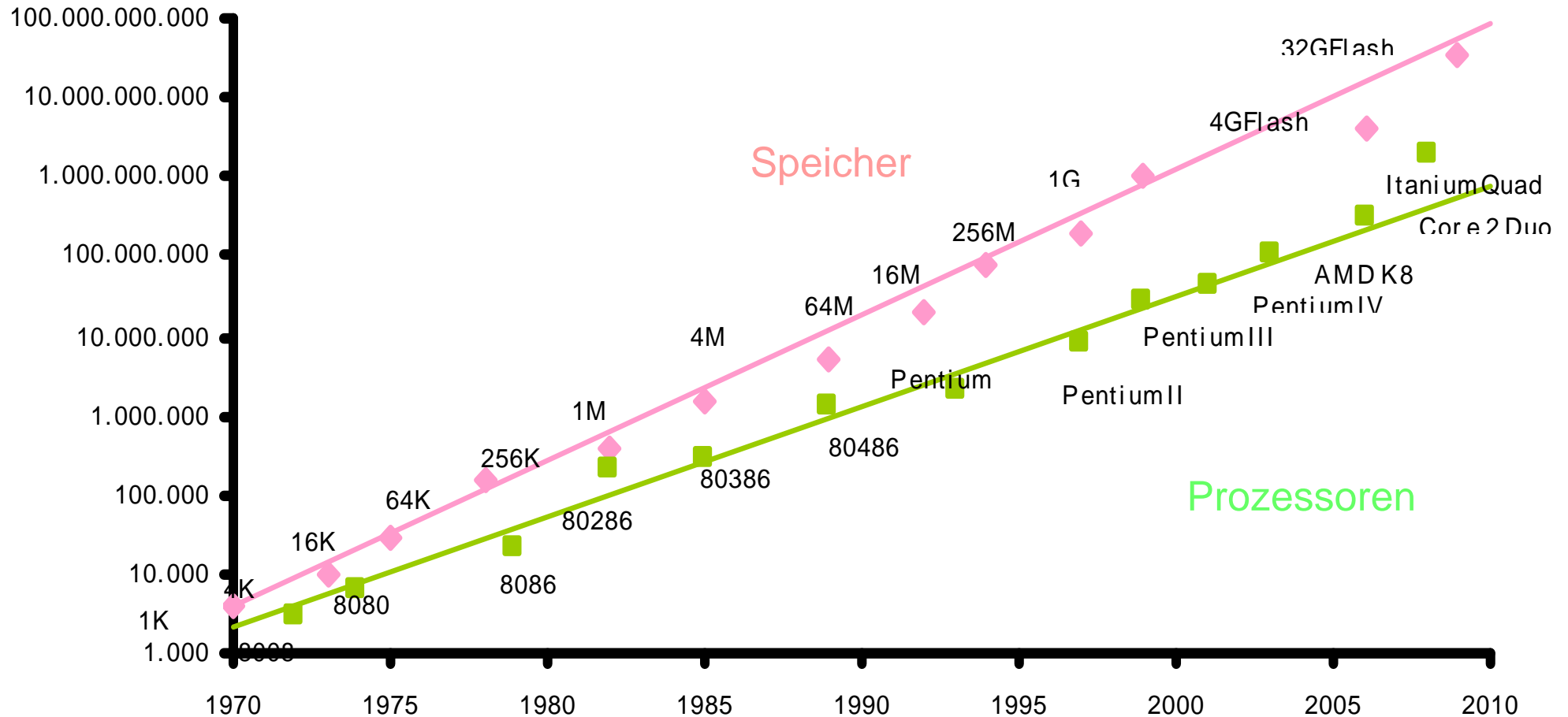


Moore's Law

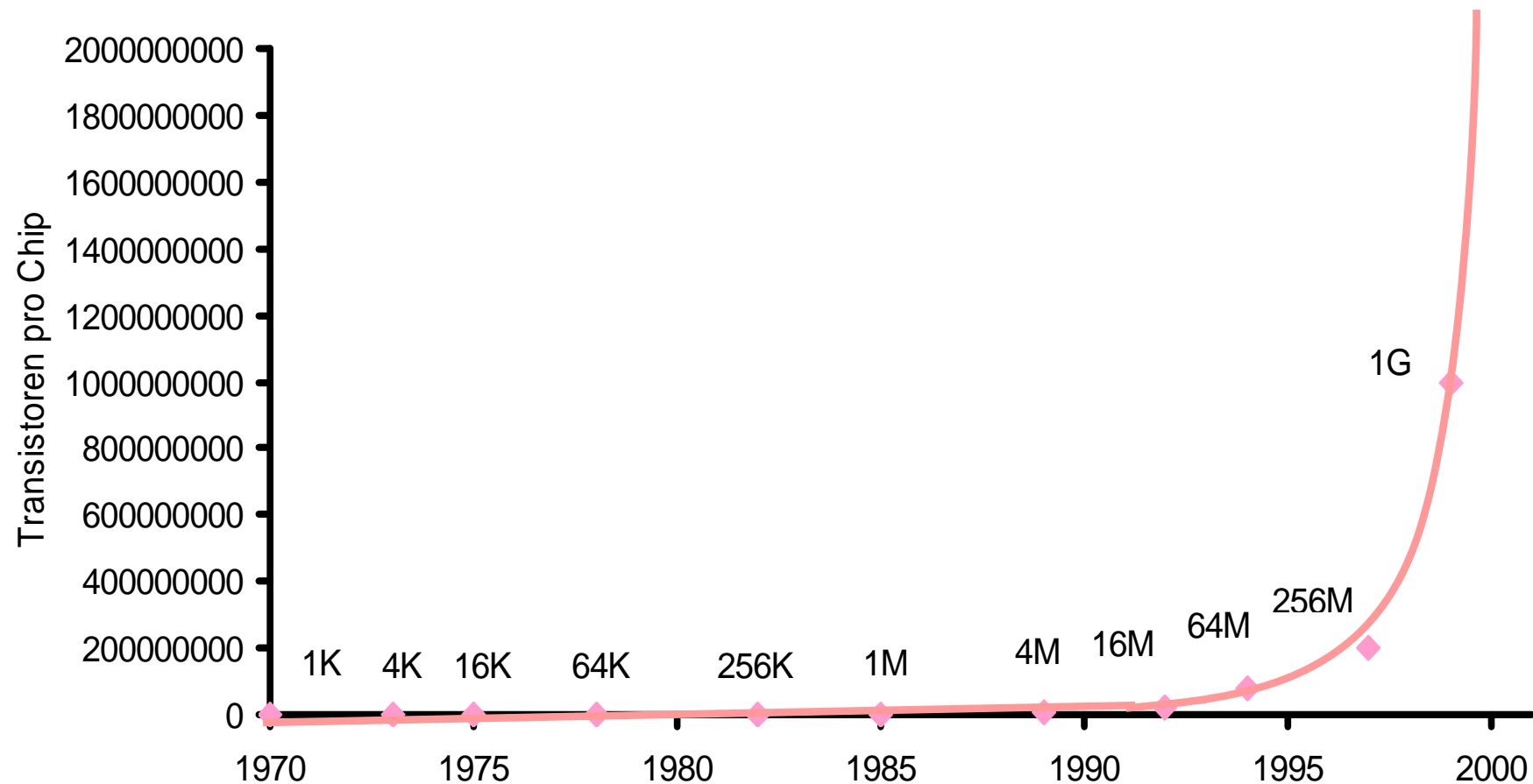


Quelle: <http://education.mrsec.wisc.edu>

Bauelemente auf einem Chip: Moore's Law



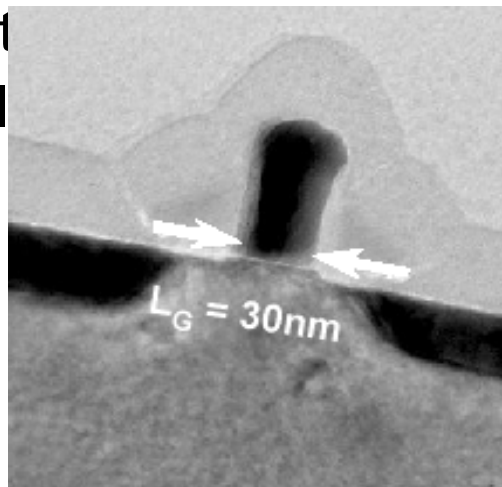
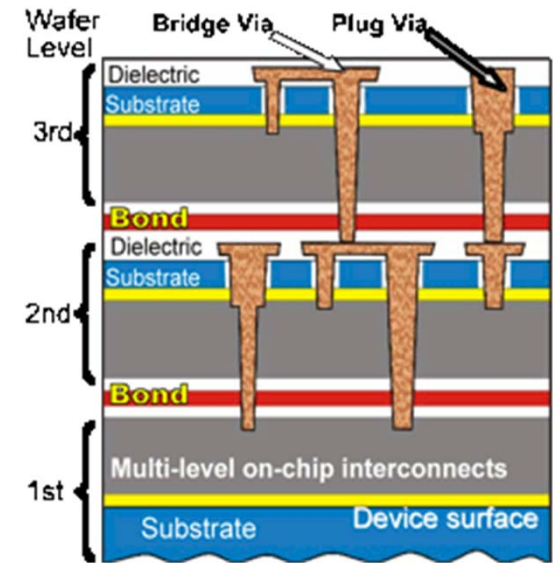
Moore's Law nicht logarithmisch



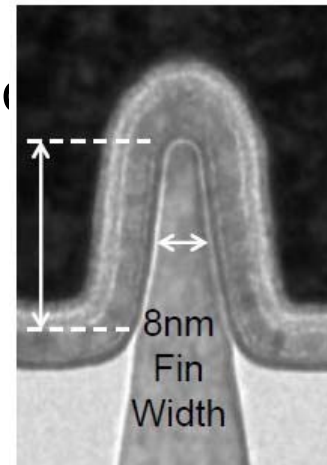
Schneller, kleiner, mehr...

ITRS-Roadmap 2009

- Transistorgröße sinkt auf 14 nm (2014)
- Und dann weiter auf 10nm (2020)
- Maximale on-Chip-Takt-Frequenz steigt auf 60 GHz,
- 3-D Int (in Chips)
- 60 Mill (Transistoren)



32nm Planar Transistor Quelle: Intel

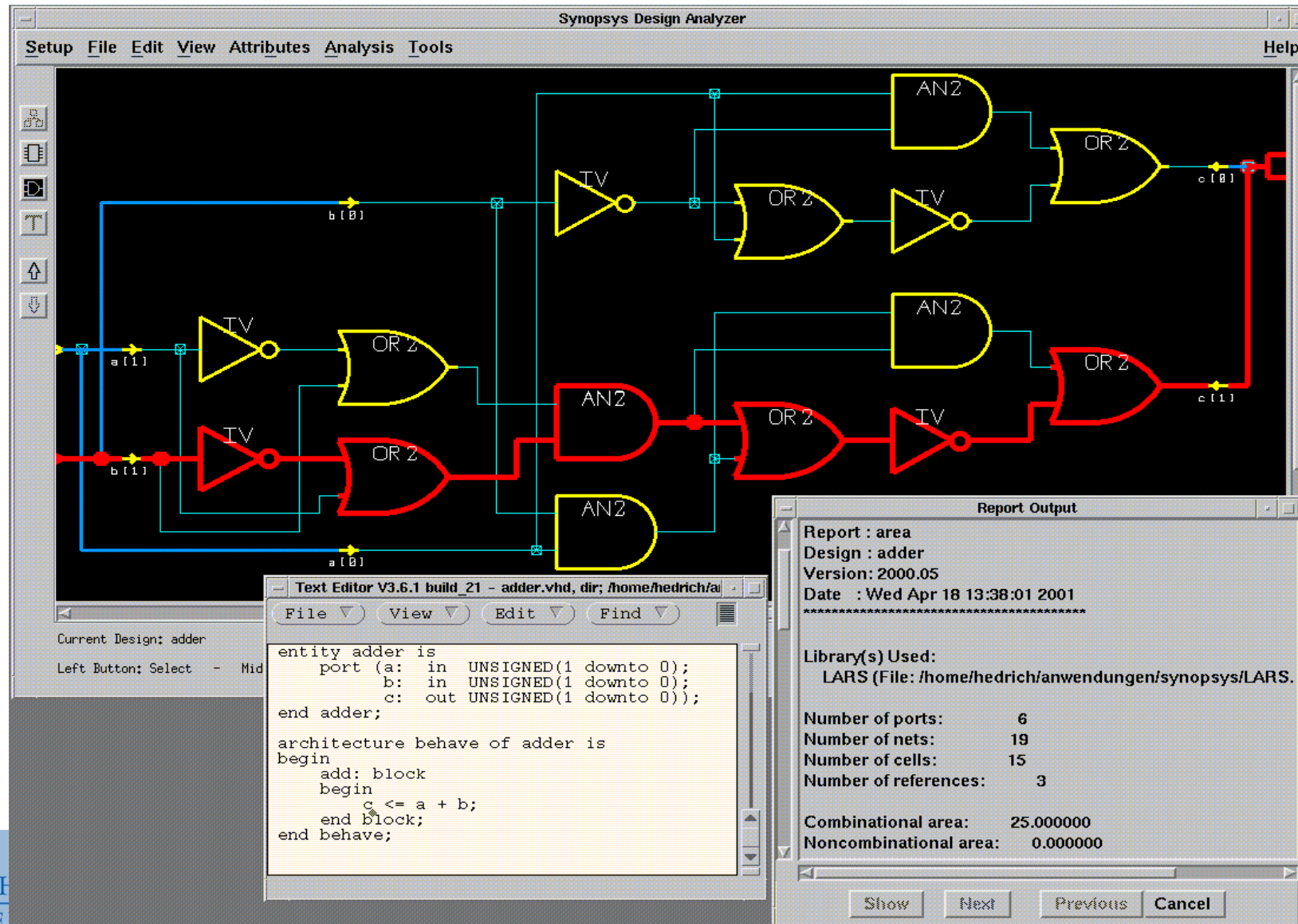


22nm FinFet Transistor Quelle: Intel

8 nm heisst 42 Silizium Atome im Kristallgitter

Wie entwirft man diese großen Schaltungen?

■ Synthese

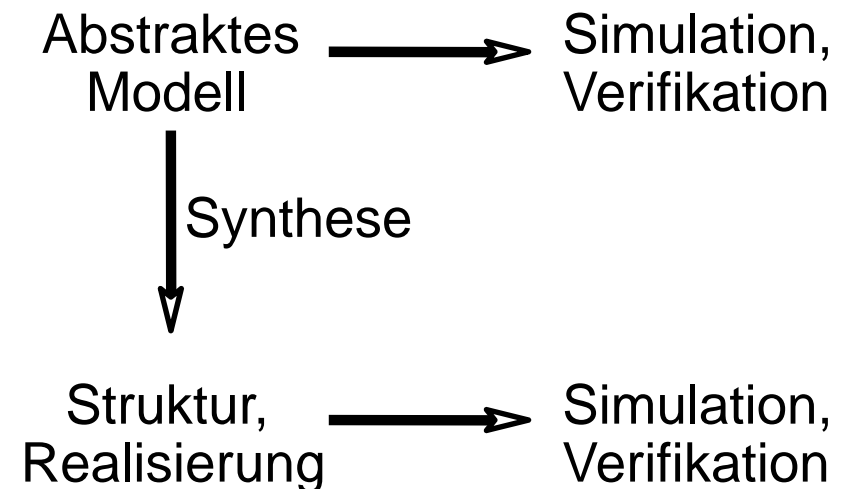


Entwurfskomplexität

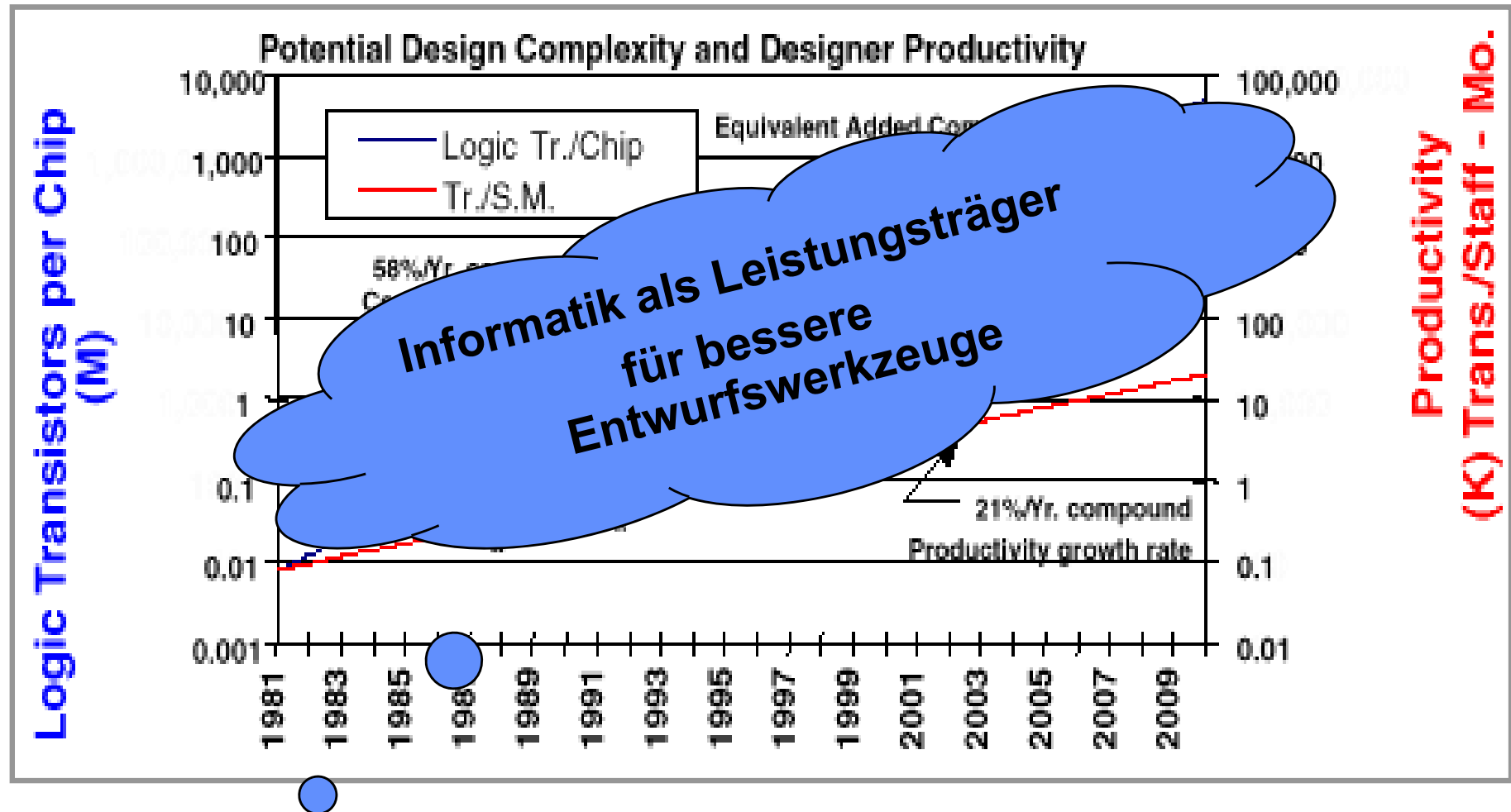
- Immer weiter wachsende Komplexität – alle 18 Monate verdoppelt sich die Anzahl der Schalter auf einem Chip.
- Computer werden weitere Bereiche des täglichen Lebens durchdringen.
- Kreative und originelle Lösungen werden durch sehr kleine und billige Prozessoren ermöglicht.

Lösung: Rechnergestützter Entwurf:
Rechner (-werkzeuge) entwerfen
Rechner

Der Entwurf (eingebetteter) Systeme
wird durch Rechner automatisiert.



Ein Produktivitätsproblem



Quelle: International Technology Roadmap for Semiconductors (ITRS): 1999 Edition

Warum geht's bei Hardware-Architekturen?

■ Was ist ein Computer?

- Woraus ist er aufgebaut?
- Wie wird er programmiert?
- Warum ist er so langsam?
- Wie kann man ihn schneller machen?
- Wieso wird er so warm?

■ Was ist ein Chip?

- Zusammenhang zwischen physikalisch/elektrotechnischen Grundlagen und logischen Funktionen
- Woraus ist er aufgebaut?
- Wie entwirft man ihn?

Gliederung

1. Einleitung
2. Rechnerarchitektur
3. Boolesche Funktionen und Boolesche Algebra
4. Schaltnetze
5. Asynchrone sequentielle Schaltungen
6. Synchrone sequentielle Schaltungen
7. Hardwareentwurf mit VHDL
8. Systemgrundlagen

Ausblick

Die Technische Informatik steht nicht am Ende, sondern eher am Anfang ihrer Entwicklung.

Gestalten Sie die Zukunft mit.