


---



# Unterlagen zur Vorlesung

# Hardware- und Systemgrundlagen

Prof. Dr. Jürgen Neuschwander

- 
- Prof. Dr. Jürgen Neuschwander
  - Fakultät Informatik
  - Gebäude O, Zimmer 210
  - Telefon: 07531 206 648
  - Kontakt per E-Mail: [juergen.neuschwander@htwg-konstanz.de](mailto:juergen.neuschwander@htwg-konstanz.de)
  - Kursunterlagen finden Sie in Moodle („WIN 1 – Hardware- und Systemgrundlagen“)



# Hardware- und Systemgrundlagen (HASY)

---

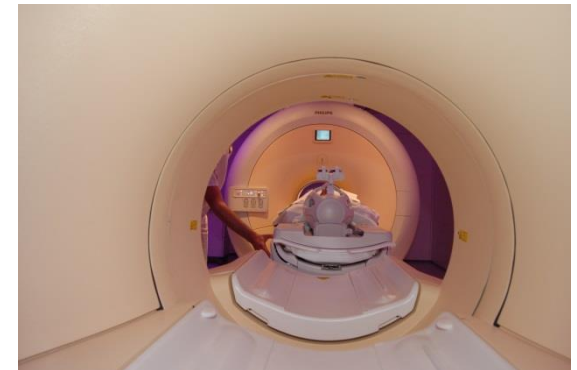
- Der Kurs HASY umfasst:
  - Vorlesungen
  - Übungen
  - Fragen/Testate
- Leistungsnachweis:
  - Geplant: Klausur (90 Minuten), am Ende des Semesters im Prüfungszeitraum

---

# Entwicklungstrends in der Computertechnik

# Entwicklungstrends in der Computertechnik

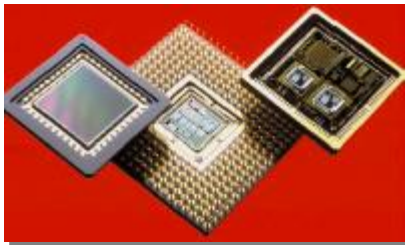
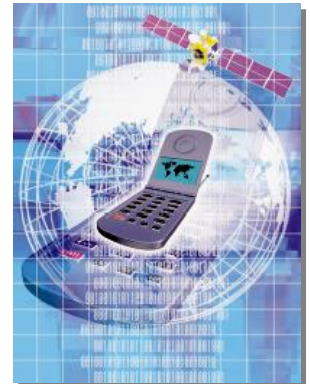
- Computerbasierte Systeme sind in alle Bereiche des Alltags eingedrungen, z.B.
  - Autos, Flugzeuge
  - Telekommunikation
  - medizinische Technik
  - Smartphones
  - „Intelligente Kleidung“





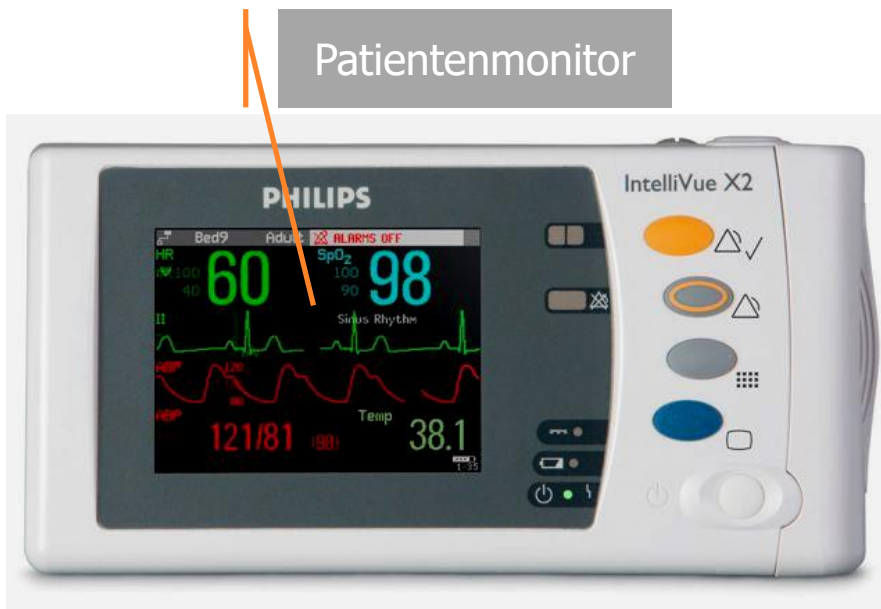
# Entwicklungstrends in der Computertechnik

- Die Rechner werden zunehmend „unsichtbar“ und haben an Zahl gewaltig zugenommen
  - Ubiquitäre Systeme
- Alles wird mit allem verbunden
  - Internet, UTMS-Netzwerke (3G), LTE (4G, 300MB/s), WLANs
  - Always on
- „Chips“ sind wesentliche Gestalter des wirtschaftlichen Geschehens (Mikroelektronik)



# Embedded Systems

- **Eingebettete Systeme** sind Computersysteme, die auf einen Anwendungsbereich spezialisiert und in einen technischen Kontext eingebunden sind.



Patientenmonitor

<https://goo.gl/images/BWZGYB>



Benutzer-  
schnittstelle

Temperatur-  
steuerung



# Entwicklungstrends - Ubiquitäre IT-Systeme



- Ubiquität („Allgegenwärtigkeit“)
  - Nichtgebundensein an einen Standort
  - Information als überall erhältliches Gut
  - Information Technology (IT) beyond the PC
- Persönliche Technologien
  - Zugang zu IT-Diensten mit sich herumtragen
  - Beispiel: Smartphone
- Informationsumgebungen
  - Zugang zu IT-Diensten überall vorhanden
  - Beispiele: Intelligente, kommunikationsfähige Geräte/ Systeme, wie intelligente Kaffeemaschine, aktive Gebäude
- Ubiquitäre Unterstützung wirkt im Hintergrund
  - Wird selbst aktiv, (teil-)autonom von Menschen

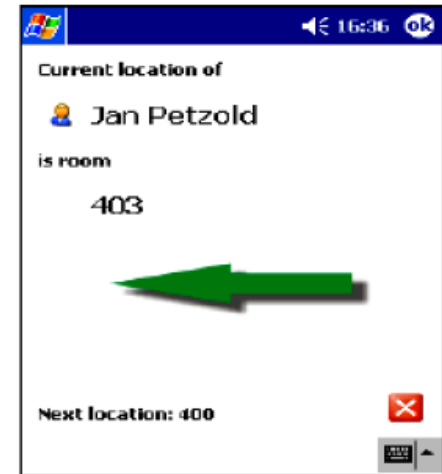




# Beispiel: Intelligente Türschilder



- Intelligente Türschilder als Wegweiser
  - Pfeile in Richtung des gesuchten Büros
- Intelligente Türschilder als Rezeption
  - Arbeitssituation bei Anwesenheit
- Intelligente Türschilder als Stellvertreter
  - Auskunft über aktuellen Aufenthaltsort
  - Auskunft über voraussichtlich Rückkehr bei Abwesenheit
- Intelligente Türschilder als Informationsquelle
  - Wer war da?



# Beispiel: Die MediaCup

- Der Boden der MediaCup enthält die Elektronik in einem abnehmbaren Gummiüberzieher.
- Die Elektronik wird kabellos mit Energie versorgt; ein 15 minütiger Aufladevorgang kann die Tasse etwa 10 Stunden mit Energie versorgen.
- Sensoren erkennen Temperatur und Bewegungszustand der Tasse.
- Diese Informationen werden von der Tasse in den Raum gesendet.



# Beispiel: Die MediaCup

## HotWatch

- Eine spezielle Uhr (HotWatch) gibt einen Pieps-Warnton von sich, wenn der Kaffee/Tee in der MediaCup zu heiß zum Trinken ist.



# Beispiel: Die MediaCup

## CoffeePump

- Eine erweiterte Kaffeemaschine (CoffeePump) brüht neuen Kaffee, falls der Kaffee leer ist und alle Tassen ausgetrunken sind.



# Beispiel: Die MediaCup



- Mit Hilfe der MediaCup kann ein elektronische Türschild (SmartDoorplate) bestimmte Situationen erkennen und darauf reagieren.
- So kann das Türschild "Besprechung" angeben, wenn durch die Tassenkonstellation eine Besprechung im Zimmer erkannt wird.





# Das Smartphone als Türöffner

- Der Schlüssel zum Öffnen der Tür ist eine Abfolge von Buchstaben und Ziffern. Im **Smartphone errechnet** ein Programm daraus einen **Farbcode**, der als kurzes Filmchen über den Bildschirm flimmert. Der Sensor an der Tür **registriert die Abfolge der Farben**, ein integrierter Computerchip kann darin den **Öffnungscod**e erkennen. Der Schlüsselcode kann, z.B. für Gäste, auch per SMS verschickt werden.
- Interessant ist diese Technik vor allem für Pflegedienste. Der Schlüssel ist nur für ein vorher festgelegtes Zeitfenster gültig. Es können über den Farbcode zig Milliarden verschiedene Schlüssel erzeugt werden.
- Weitere Anwendung:  
Konzertveranstalter, Kinos, Restaurants oder Einzelhändler können ihren Kunden Eintrittskarten und Rabattcoupons als SMS-Code zuschicken.



Foto: Fa. Elegate GmbH, Berlin

# Beispiel: Photoplethysmographie

- Spiegel mit integrierter Kamera, der auf einem in das Glas integrierten Display die Pulsrate der Person anzeigt, die vor dem Spiegel steht.



<https://goo.gl/images/LhniJh>

- Das System misst Helligkeits-Unterschiede des von der Haut reflektierten Lichtes und wertet diese aus. Während eines Herzschlags dehnen sich die Blutgefäße leicht, da der Druck steigt. Das verursacht einen Anstieg der optischen Absorption, und deshalb auch ein Absinken der Intensität des Lichtes, das vom Gesicht reflektiert wird. Die Genauigkeit liegt im Bereich von drei Schlägen pro Minute
- Demnächst lassen sich auch weitere Parameter wie Atemfrequenz oder Sauerstoff-Werte im Blut so ablesen (das auch bald mit Fotofunktion des Handys).



# Beispiel: Fitness-Armbänder



<https://goo.gl/images/db6mxx>



<https://goo.gl/images/aJhSLK>

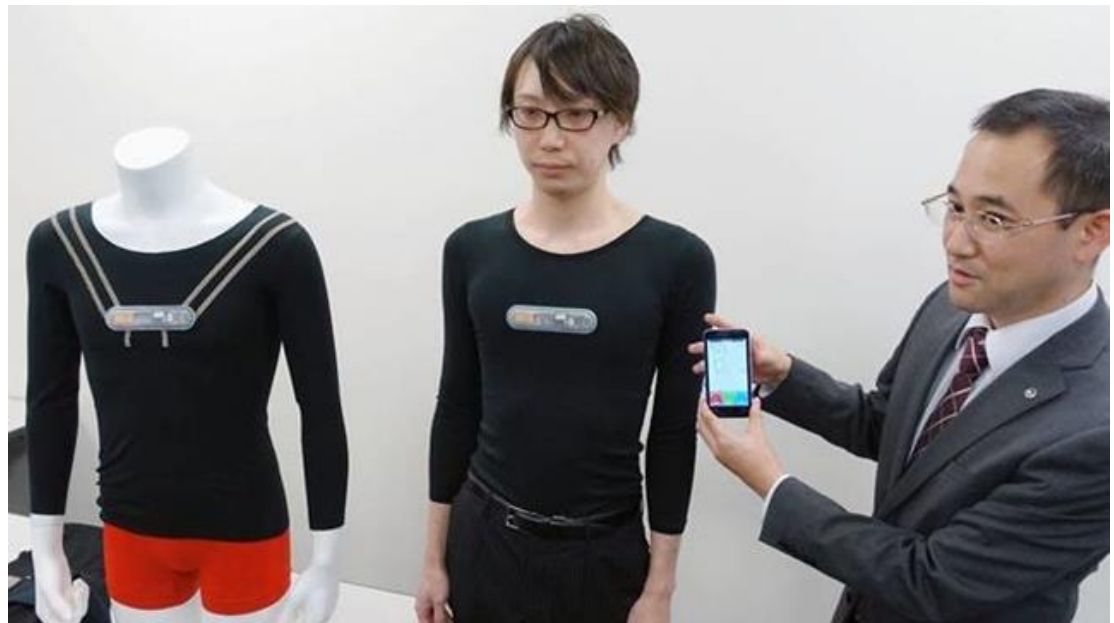


<https://goo.gl/images/iiYfWG>

Kommunikation zwischen Armband und Smartphone per Bluetooth. Gespeichert werden die persönlichen Daten in der Cloud.

# Unterwäsche mit Herzfrequenzmesser

- Das vom japanischen Unterwäschehersteller Gunze in Kooperation mit der Firma NEC entwickelte Gewebe besteht u.a. aus leitfähigen metallischen Textilien. Damit lasse sich neben der Herzfrequenz auch der Kalorienverbrauch messen. Zudem soll die Wäsche messen, wie aufrecht jemand geht. Die Daten sollen drahtlos auf eine Smartphone-App übertragen werden. Sie soll sich in einer Waschmaschine reinigen lassen, das Gerät zur Übertragung der Daten lässt sich zuvor abnehmen.



<https://futurezone.at/produkte/japaner-entwickeln-unterwaesche-mit-pulssensor/173.701.061>

# Schlagwort: Industrie 4.0

---

Industrie 4.0 ist ein Marketingbegriff, der zum Namensgeber für ein Zukunftsprojekt im Rahmen der Hightech-Strategie der Bundesregierung wurde.

*Die Wirtschaft steht an der Schwelle zur vierten industriellen Revolution. Durch das Internet getrieben, wachsen reale und virtuelle Welt immer weiter zu einem Internet der Dinge zusammen. Die Kennzeichen der künftigen Form der Industrieproduktion sind die starke Individualisierung der Produkte unter den Bedingungen einer hoch flexibilisierten (Großserien-)Produktion, die weitgehende Integration von Kunden sowie Geschäftspartnern in Geschäfts- und Wertschöpfungsprozesse und die Verkopplung von Produktion und hochwertigen Dienstleistungen, die in sogenannten hybriden Produkten mündet.*

(Quelle: Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2016)



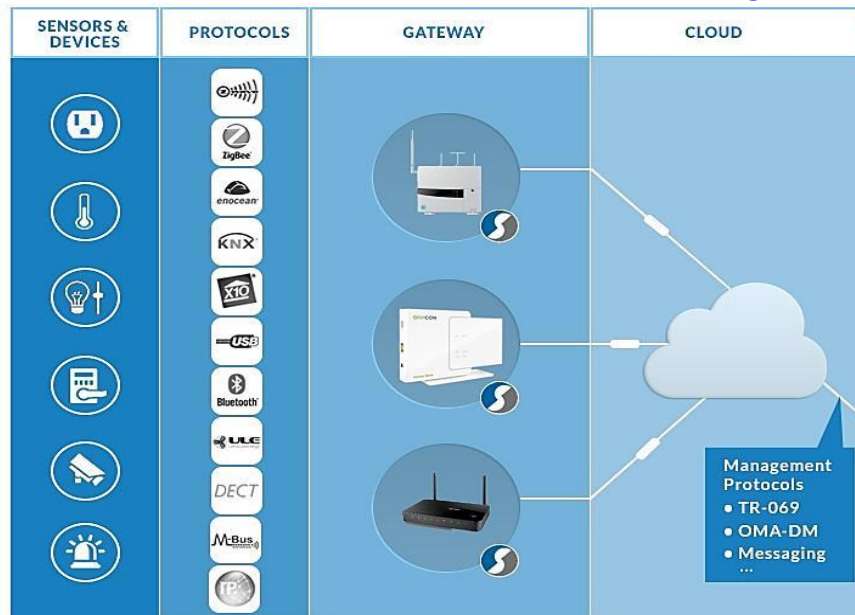
# Schlagwort: Industrie 4.0

---

- Die geordnete Zusammenführung verschiedenster, unabhängig entwickelter Technologien
  - Sensorik und Aktorik
  - Ubiquitous Computing
  - Internet of Things and Servicesund Strategien zu einer industriellen interoperablen Lösung.
- Optimierung bestehender Geschäftsprozesse durch Transformation
  - Z.B. Flexible Berücksichtigung von Kundenwünschen, predictive Maintenance
- Ermöglichung neuer Geschäftsmodelle
  - Z.B. Anything-as-a-Service, „wir verkaufen keine Autos, sondern Mobilität“

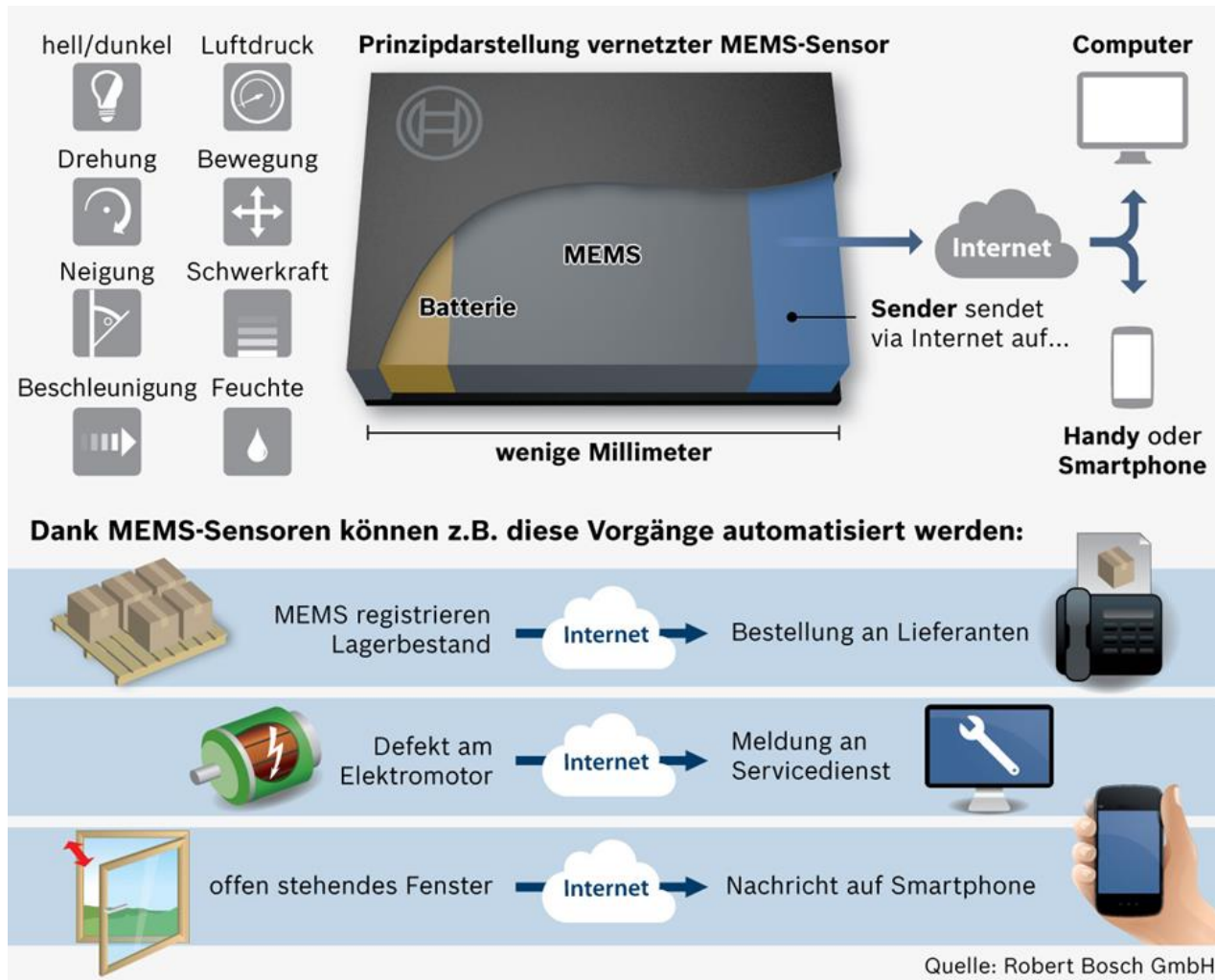
# Und wieder: Ubiquitous Computing

- Sensoren, Aktoren, Prozessoren, Kommunikationsmodule und Speicherbausteine werden immer kleiner und unsichtbarer und nehmen in ihrer Verbreitung dramatisch zu.
- Dinge des Alltags werden durch Inkorporierung dieser Komponenten intelligenter (Smart Devices).
- Die Vernetzung dieser intelligenten Gegenstände über WLAN's oder das Internet führt zum Ubiquitous Computing.



(Quelle: Bosch)

# MEMS (Micro Electro Mechanical Systems)







# Internet der Dinge und Dienste (IoTS)

- Kern ist die **Vernetzung aller intelligenten Objekte**, also die **Erweiterung des bestehenden Internets auf smarte Alltagsgegenstände**.
  - Diese generieren permanent Datenströme, die verarbeitet werden müssen und auf denen höherwertige Dienste aufbauen.
- Dazu kommen **Dienste**
  - z.B. Smart Home, Smart Cars, Smart Cities, Smart Grids

## Beispiele:

- Intelligente Glühbirne
- Intelligente Kühlschränke
- Intelligente Zahnbürsten



(Quelle: Bosch)



# Beispiel: TinQ von LG

- Der Kühlschrank ThinQ kauft selbstständig ein, ein Kurierdienst liefert die bestellte Ware. Er erstellt Rezeptvorschläge auf Basis seines Inhalts und unter Berücksichtigung der Verfallsdaten, verfügt dabei über Wahlprogramme, wie „vegane“ oder „mediterrane“ Kost.



(Quelle:LG)

# Google - Waymo

- The Google self-driving car project is now **Waymo** (December 2016).
- “Waymo stands for a new way forward in mobility. We are a self-driving technology company with a mission to make it safe and easy for people and things to move around.”



<https://goo.gl/images/qwFzUu>



<https://goo.gl/images/i4PTJu>

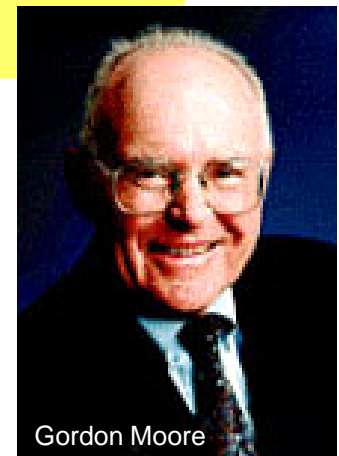


# Das “Mooresche Gesetz” in der Mikroelektronik

**Die Anzahl der Transistoren pro (Prozessor-)Chip verdoppelt sich alle zwei Jahre.**

**Die Verarbeitungsleistung der Hochleistungsprozessoren Verdoppelt sich alle 18 Monate.**

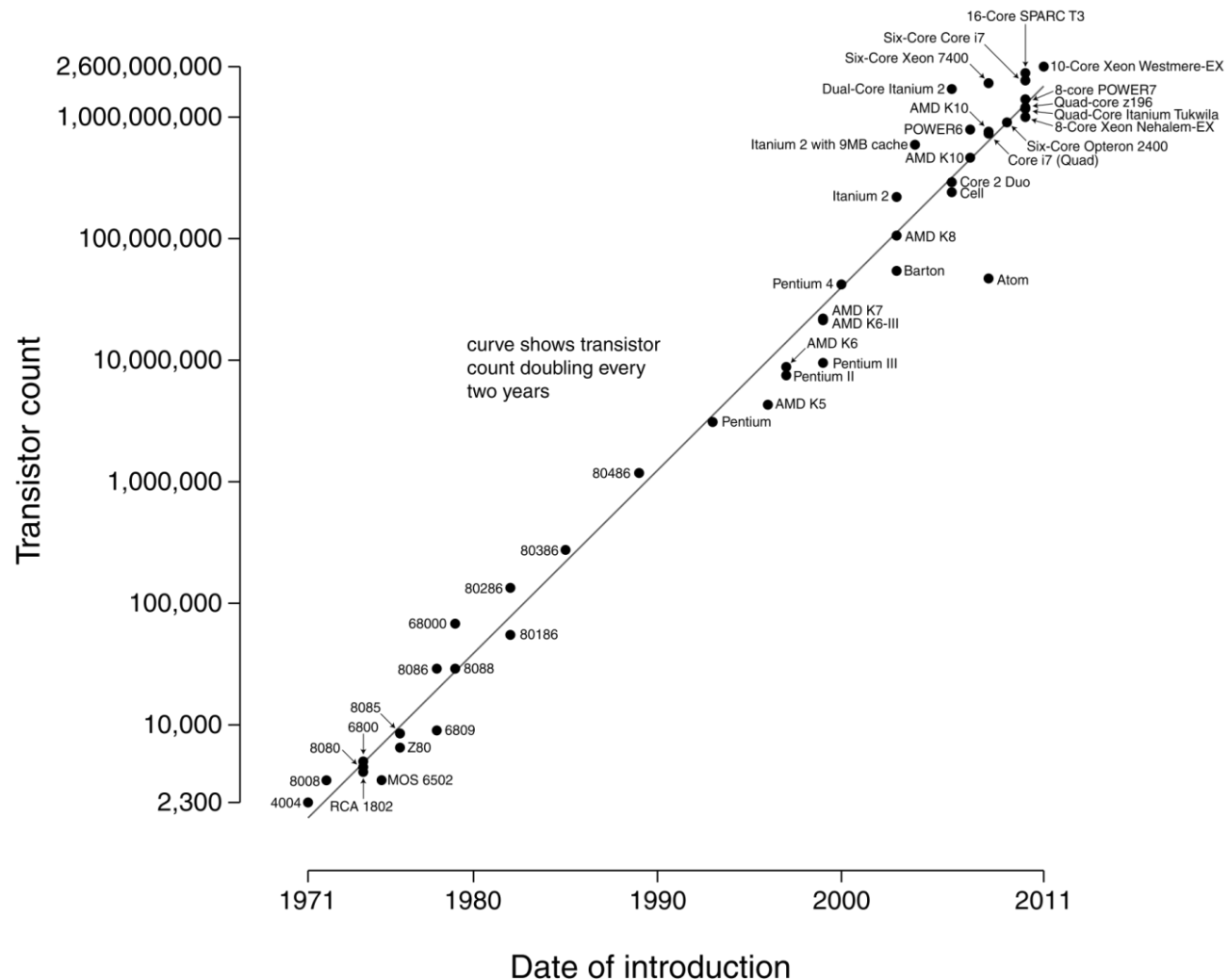
**Für den gleichen Preis liefert die Mikroelektronik die doppelte Leistung in weniger als zwei Jahren.**



Gordon Moore

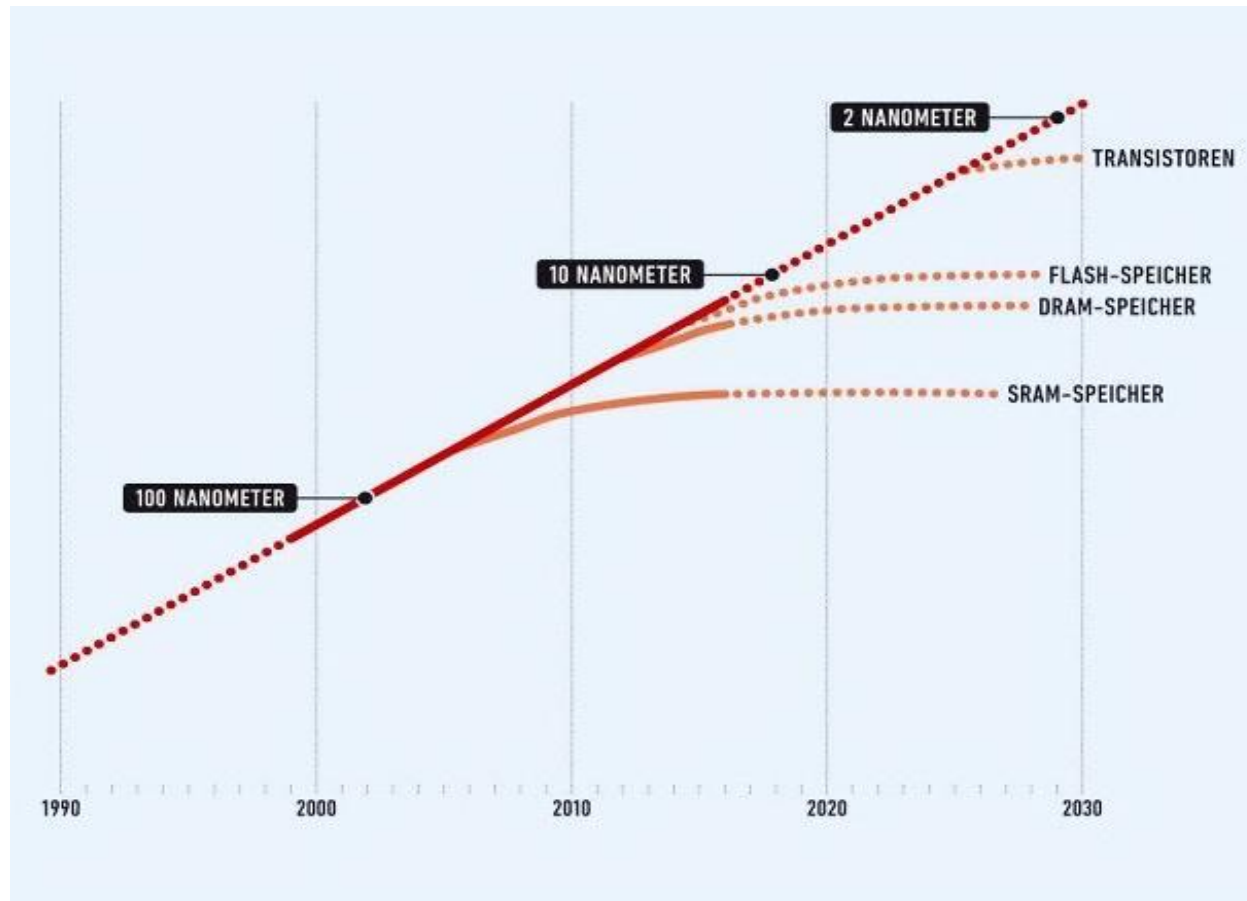


## Microprocessor Transistor Counts 1971-2011 & Moore's Law





# Grenzen des Mooreschen Gesetzes



Quelle: F.A.Z.

# Grenzen des Mooreschen Gesetzes

---

- Chiphersteller Intel: Strukturen von Prozessoren aktuell bei 12 nm. Dieser Wert soll bis 2021 auf 5 nm schrumpfen (Ein Haar ist 4000 mal so dick).
- Problem: Quanteneffekte spielen zunehmend eine Rolle
- Abhilfe: Vertikales Stapeln von Layern (3D-Chips). Bei den Speicherbausteinen hat Toshiba 2D-NAND-Chips eingestellt. In Zukunft nur noch 3D-NAND-Chips mit ca. 64 Lagen.
- Architekturell bei Mikroprozessoren:
  - Spezialprozessoren als Add-ons zu Standardprozessoren
  - Neuromorphe Systeme: Strukturen, die wie neuronale Netze im Gehirn aufgebaut sind (TrueNorth Chip von IBM).
    - Speziell für Bilderkennung einsetzbar, wenig Leistung benötigt für Deep-Learning-Anwendungen)

## Der ultimative Mikroprozessor (Nature, Bd. 406, S.1047)

---



- Moores Gesetz 250 Jahre lang weitergeführt
- $10^{51}$  Maschinenbefehle pro Sekunde (MIPS)
- Einhundert Sextillionen Mal schneller als heutige Hochleistungsprozessoren
- Packungsdichte wie die Materie in einem schwarzen Loch
- Wird beim Einschalten heißer als die Sonne





---

# Kurzer Abriss zur historischen Entwicklung der Rechenmaschinen

# Historische Entwicklung der Rechenmaschinen

- **1642: Blaise Pascal**

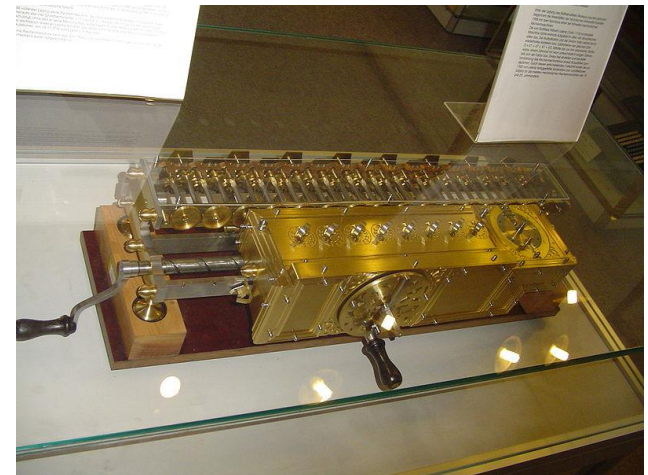
Erste funktionierende Rechenmaschine  
(Addition und Subtraktion);  
rein mechanisch, betrieben mit einer Handkurbel



[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Arts\\_et\\_Metiers\\_Pascaline\\_dsc03869.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Arts_et_Metiers_Pascaline_dsc03869.jpg)

- **1672: Gottfried Wilhelm Leibniz**

Rechenmaschine mit Staffelwalzen für die vier  
Grundrechenarten  
Ab 1818 wurden die Rechenmaschinen  
serienmäßig hergestellt

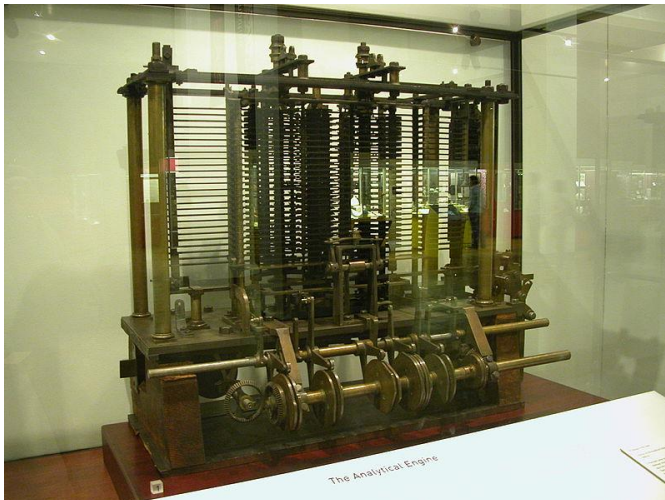


<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leibnizrechenmaschine.jpg>

## Charles Babbage (1792-1871)

### □ Difference Engine:

- ⇨ Addition und Subtraktion
- ⇨ Diente der Berechnung von Zahlentabellen für die Schifffavigation
- ⇨ Führt nur einen einzigen Algorithmus (Methode der finiten Differenzen mit Hilfe von Polynomen)
- ⇨ Ergebnisse wurden auf einer Kupferplatte gestanzt.



## 1936: Konrad Zuse

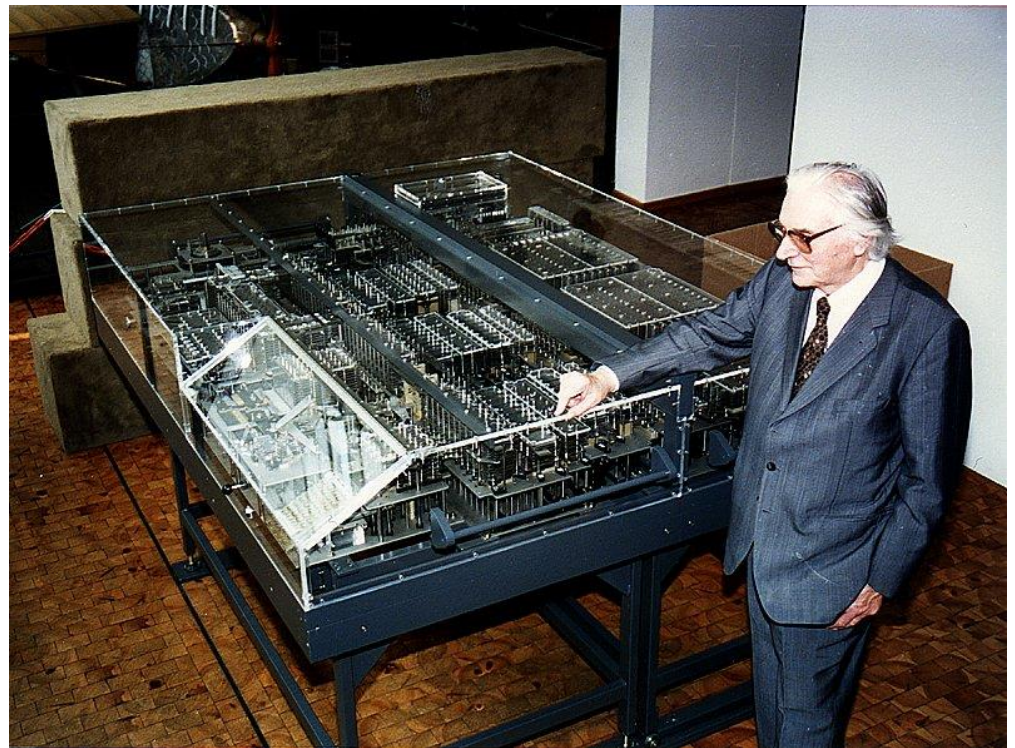
Baute eine Reihe von programmgesteuerten Rechenmaschinen mittels elektromagnetischer Relais

- ⇨ Speicher, Eingabewerk, Rechenwerk, Plansteuerwerk und Ausgabewerk.
- ⇨ Anwendung des Dualsystems und der halblogarithm. Zahlendarstellung (Gleitkommadarstellung) sowie des Aussagenkalküls
- ⇨ Gebaute Maschinen (Z1, Z2, Z3 und Z4)
- ⇨ Die Maschinen wurden 1944 zerstört  
*Nachbau der Z3 steht im Deutschen Museum in München*



# Historische Entwicklung der Rechenmaschinen

## Konrad Zuse

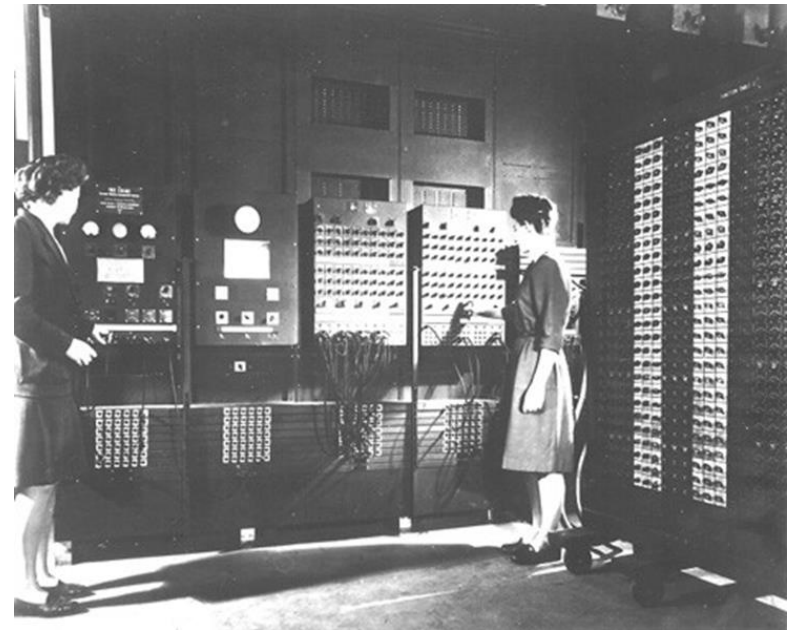


## 1938: Howard Aiken

- ⇒ Erster programmgesteuerter Rechenautomat der USA (Harvard Mark I)
- ⇒ Dezimales Zählrad-Prinzip
- ⇒ Sehr große Maschine
- ⇒ Relativ schnell

Addition von 23-stelligen Dezimalzahlen in 0,3 sec  
Multiplikation in 65 sec und Division in 115 sec

- ⇒ Zur Ein- und Ausgabe wurden gelochte Paperbänder benutzt
- ⇒ Mark II: Aikens Nachfolgermodell



## 1943-1949: P. Eckert, J.W. Mauchly

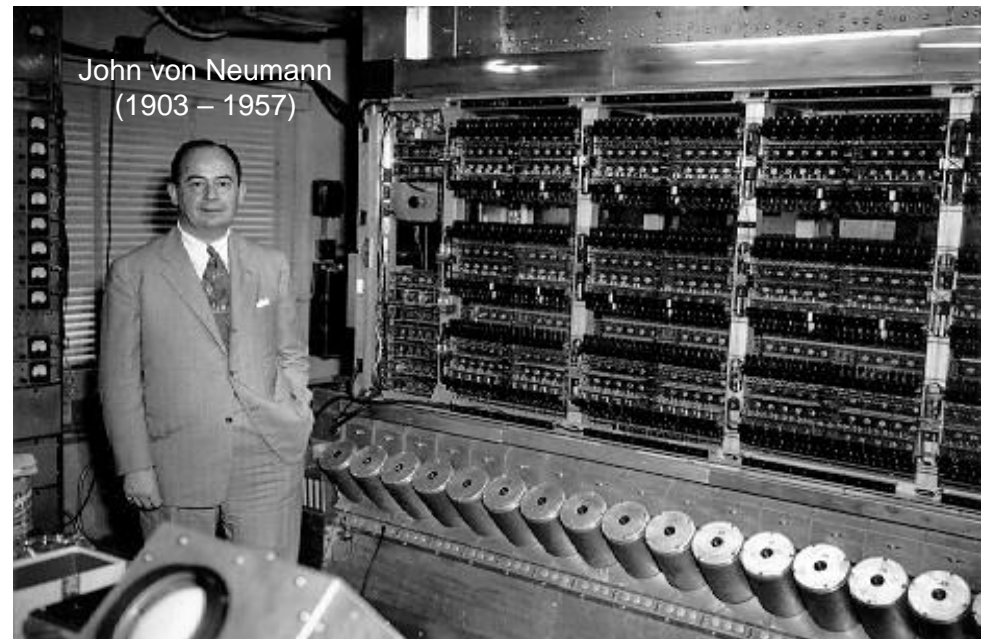


- ⇒ Bau des Rechenautomaten **ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Computer)**
- ⇒ Erstmals Anwendung elektronischer Schaltelemente
- ⇒ 17468 Elektronenröhren, 1500 Relais
- ⇒ Gewicht: 30 Tonnen, Leistungsverbrauch: 174 KW
- ⇒ Addition von 10-stelligen Zahlen in 0,2 msec  
Multiplikation in 2,8 msec
- ⇒ Programmierung durch Verschalten von Schalttafeln (Sehr umständlich und fehleranfällig)



## 1944-1946: Von Neumann, A.W. Burcks, H.H. Goldstine

- ⇒ Bau des Rechenautomaten **EDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Computer)**
- ⇒ Anwendung elektronischer Schaltelemente
- ⇒ Programm mit Befehlen und Adressen wurde erstmals intern gespeichert und in der gleichen Art kodiert und gespeichert.
- ⇒ Adressen und Befehle konnten von der Maschine selbst verändert werden
- ⇒ Aufgrund bedingter Befehle war die Maschine in der Lage, den Programmablauf in Abhängigkeit von Zwischenergebnissen zu ändern

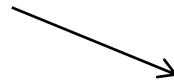


# The Fourth Generation (1980-?)



Apple II ,1977

- In 1984 the Apple Macintosh was the first computer with a Graphical User Interface

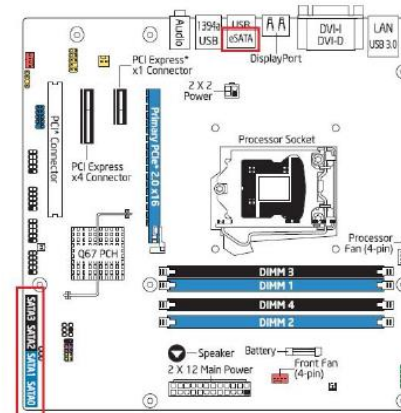
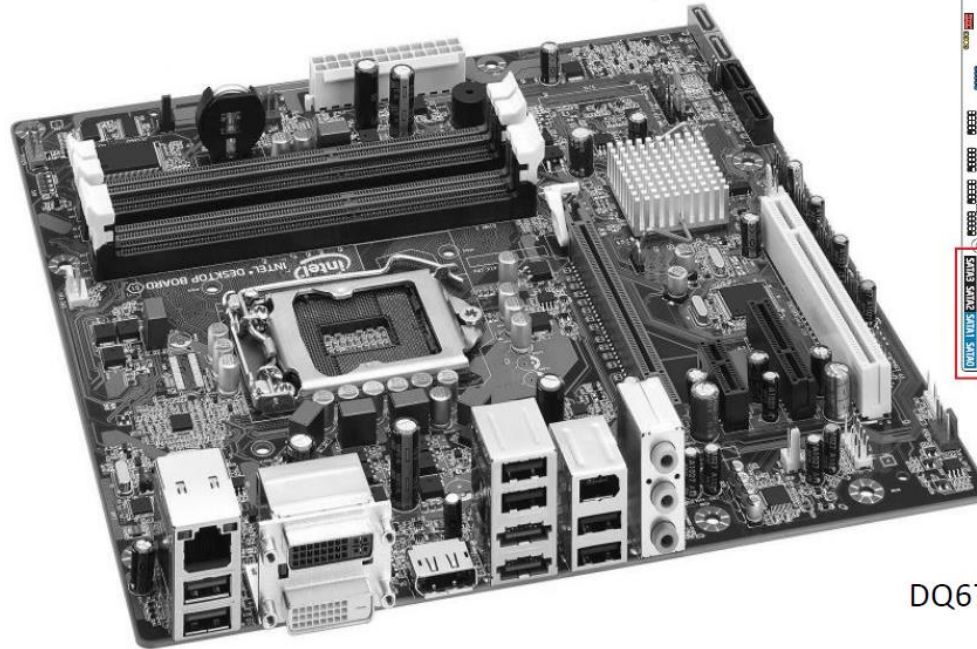


- 1992 DEC produced the first 64-bit RISC processor, the Alpha processor



# The Fourth Generation – (1980-?)

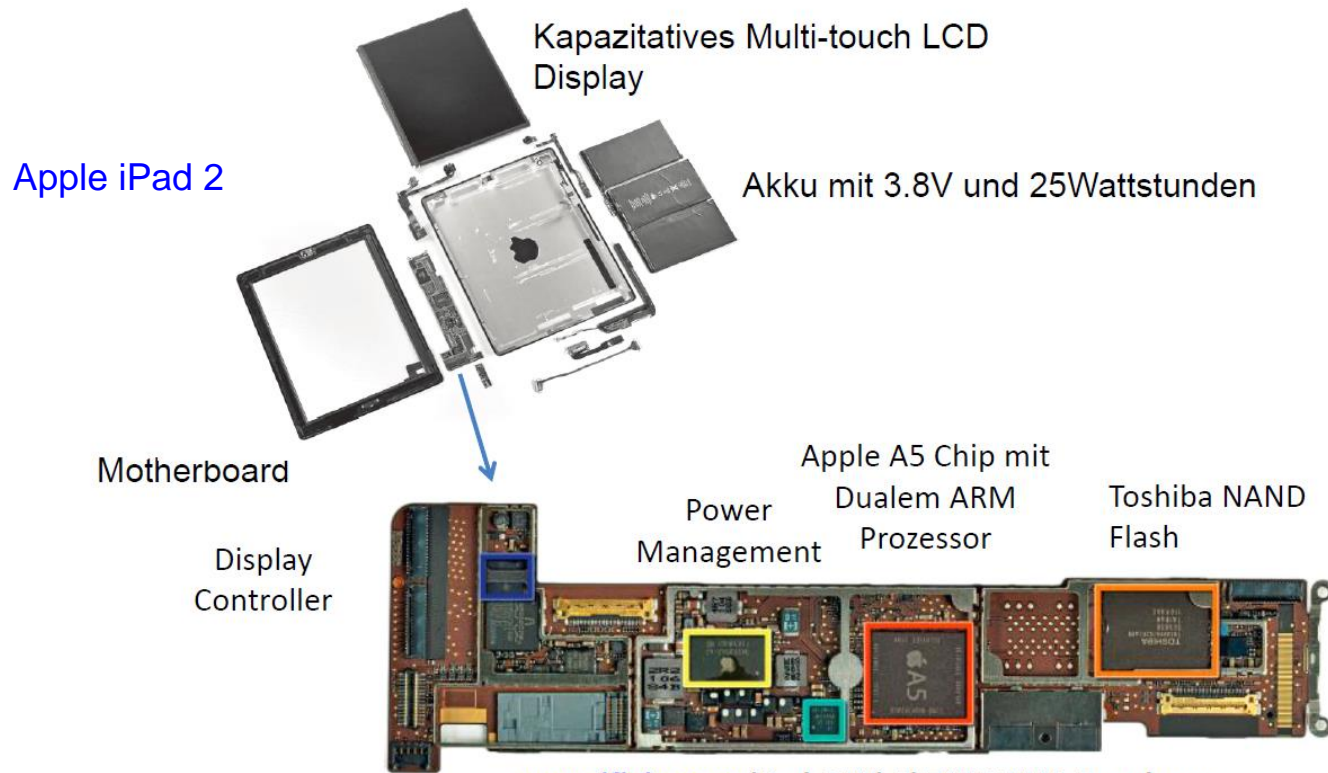
- Personal computer started due to price drop
  - Apple, Commodore, Atari
  - IBM PC in 1981 based on Intel CPU



DQ67SW von Intel (Tanenbaum)

# The Fifth Generation

- Small embedded processors are changing the world



- Going towards Ubiquitous Computing or pervasive computing

# Heutige Höchstleistungsrechner

- IBM JUQUEEN

- Platz 8 der 500 schnellsten Rechner der Welt
- 5,9 Petaflops = rund 6 Billionen Rechenoperationen pro Sekunde
- 458.752 Rechenkerne in 28 Racks
- entspricht ungefähr 100.000 modernen PCs

## Zum Vergleich

- IBM Jugene (2008)

- 825,5 TFlops
- 294.912 Prozessoren
- in 72 Racks



Superrechner im Forschungszentrum Jülich

# Zukünftige Entwicklung

---

## Quantencomputer

- Theorie basiert auf den Gesetzen der Quantenmechanik, statt Bits -- Qubits
- Es existieren heute kleine Prototypen für bestimmte Problemklassen
- Universeller Einsatz aber noch nicht in Sicht



- Video von Google (Google and NASA's Quantum Artificial Intelligence Lab):  
<http://www.youtube.com/watch?v=CMdHDHEuOUE>

# Zitate

---

- **"I think there is a world market for maybe five computers."**

Thomas Watson, Chairman of IBM 1943

- **"Computer in the future may weigh no more than 1.5 tons."**

Popular Mechanics, 1949

- **"There is no reason for any individual to have a computer in their home."**

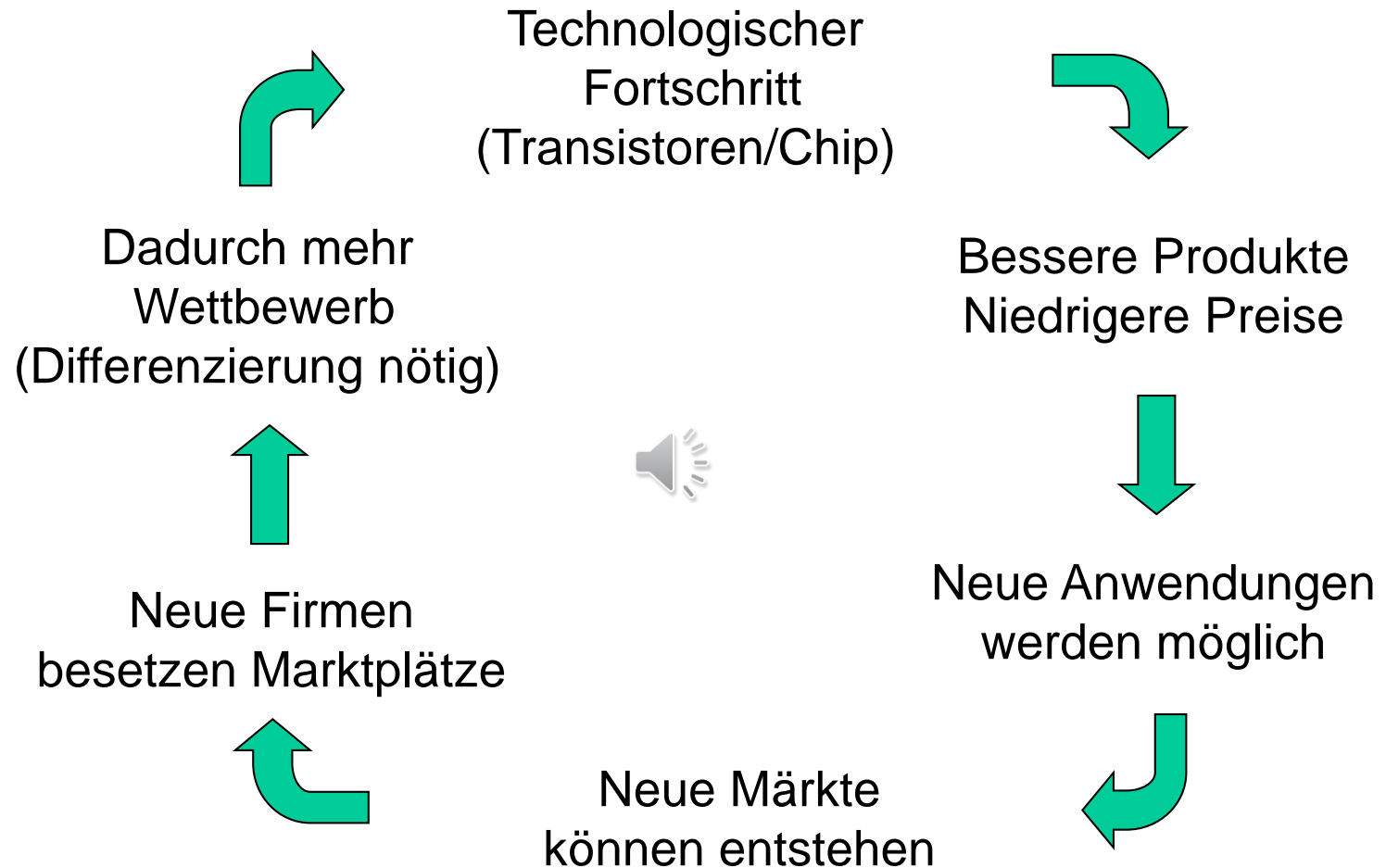
Ken Olson, President, Chairman and Founder  
of the Digital Equipment Corp., 1977

- **"640K ought to be enough for anybody."**

Bill Gates, 1981  
(though today he denies he said it)

# Mikrochips: Eine makro-ökonomische Betrachtung

---







---

# Ziele und Inhalt der Vorlesung

# Motivation und Ziele der Vorlesung

---

- Informatiker sollen kompetent in Hardware und Software sein.
- Informatiker sollen verstehen, wie informationsverarbeitende Systeme funktionieren.
- Informatiker sollen den prinzipiellen Aufbau von Computersystemen und die daraus resultierenden Auswirkungen auf die Systemsoftware und die Programmierparadigmen kennen.
- Systemtechnische Lösungen erfordern oft eine Kombination aus Hardware und Software.

Die Vorlesung “Hardware- und Systemgrundlagen” betrachtet wesentliche Aspekte informationsverarbeitender Systeme und führt in die Modellwelt digitaler Systeme sowie in die Grundlagen von Rechnersystemen ein.

# Vorlesungsinhalt

---

- Einleitung
- Rechnerarithmetik
  - Zahlensysteme, Zahlendarstellung im Rechner
- Formale Grundlagen logischer Beschreibungen
  - Boolesche Algebra, Huntingtonsche Axiome
  - Boolesche Funktionen und deren Repräsentation
  - Interpretationen der Booleschen Algebra (z.B. Aussagenlogik)
  - Shannonscher Entwicklungssatz
- Schaltnetze in Rechnern
  - Schaltnetzbausteine
  - Normalformschaltnetze
  - Multiplexer-Schaltnetze

# Vorlesungsinhalt

---

- Grundlagen der Rechnerarchitektur
  - Funktionaler Aufbau von Rechnern
  - Architektur eines Prozessors
  - Prozesse bei der Abwicklung von Programmen
  - Datenorganisation (Stacks)
  - Speicherhierarchie und Cachespeicher
- Virtuelle Speicherverwaltung
  - Prozessverwaltung
  - Segmentierungsverfahren
  - Seitenverfahren (Paging)

# Literaturauswahl

- **H.M. Lipp:**  
Grundlagen der Digitaltechnik  
Oldenbourg Verlag
- **Herold, Lurz, Wohlrab:**  
Grundlagen der Informatik,  
Pearson Studium
- **Th. Flik:**  
Mikroprozessortechnik,  
Springer Verlag



Muss ich die alle lesen ???



# Literaturauswahl

- **H. Malz:**  
Rechnerorganisation  
Vieweg Verlag



- **A.S. Tanenbaum:**  
Rechnerarchitektur: Von der digitalen Logik zum Parallelrechner  
(Pearson Studium - IT)



Es gibt NICHT DAS BUCH, welches Sie kaufen und durcharbeiten können. Der Inhalt der Veranstaltung setzt sich aus einer Vielzahl von Quellen zusammen.



- Im Internet finden sich zu den einzelnen Themen ein Vielzahl von Beiträgen und Informationen. Auch bei Youtube gibt es lehrreiche Videos zu speziellen Themen.



---

# Entwurfsmethodik digitaler Systeme



---

2 wesentliche Aufgaben: **Entwurf (Synthese) und Analyse**

## **Hauptaufgabe des Entwurfs:**

bestimmte Komponenten mit bekanntem Verhalten in einer Struktur so zu verbinden, daß das gewünschte Verhalten resultiert und die Kosten möglichst gering sind

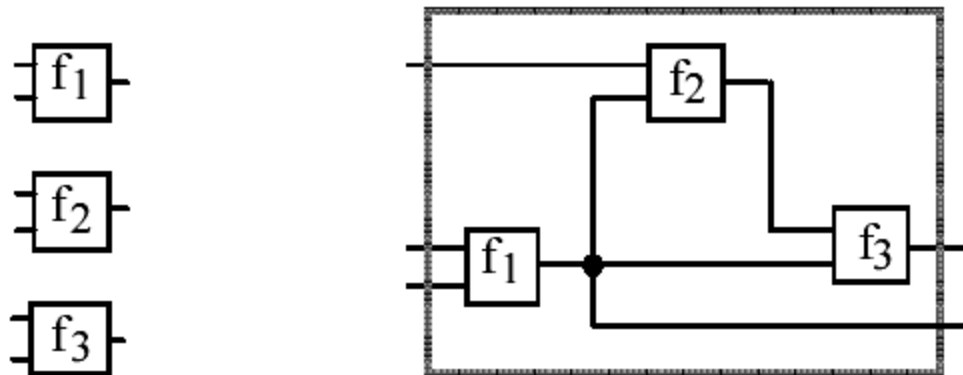
## **Hauptaufgabe der Analyse:**

Vorhersage und Simulation des Verhaltens einer Struktur aus bekannten Komponenten

# Aufbau informationsverarbeitender Systeme

Meist komplexe Systeme

- ⇒ Vielzahl von Komponenten
- ⇒ Komponenten sind untereinander verbunden (Struktur)
- ➡ **Gewünschtes Verhalten**

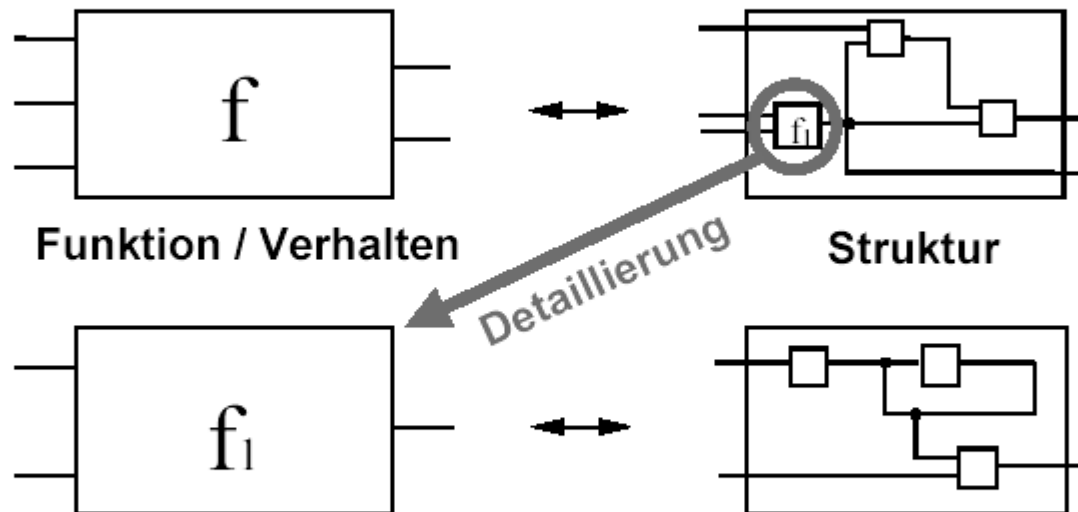


Komponenten + Struktur = Gewünschtes Verhalten

# Entwurf informationsverarbeitender Systeme



Um die Komplexität beherrschen zu können, ist es notwendig, **verschiedene Abstraktionsebenen** einzuführen.



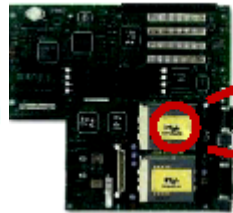
Diese Hierarchisierung erleichtert sowohl den Entwurf als auch die Analyse

# Beispiel: Entwurfsebenen

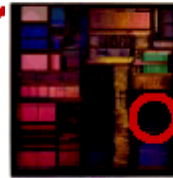
Personal Computer  
Hardware



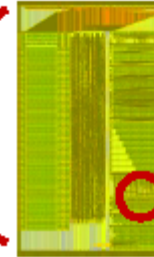
Circuit Board



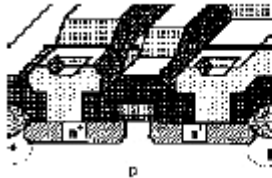
Integrated Circuit



Module



Transistor



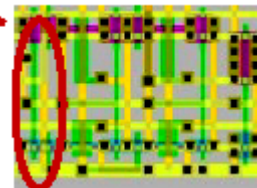
Coding



Gate



Cell





# Vorgehensweisen beim Entwurf

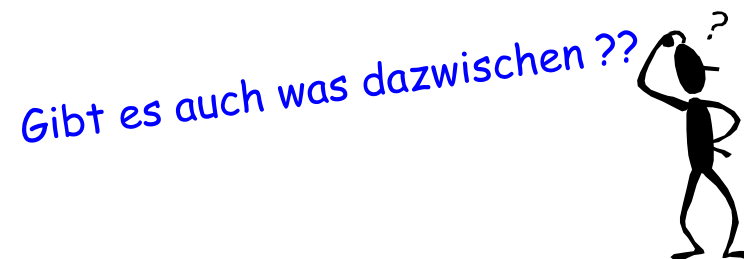
## 2 Extremstrategien:

### ❑ Top-down Entwurf

rekursive Zerlegung der Gesamtfunktion, bis alle Teilfunktionen durch bekannte Komponenten ausgeführt werden

### ❑ Bottom-up Entwurf

sukzessive Kombination von bekannten Elementen, bis das gewünschte Systemverhalten erreicht ist





# “Top-down” und “Bottom-up” Entwurf

