

Computer Systeme

Dozent:

Prof. Dr. Reinhard Koch

Prof. Dr.-Ing. Reinhard Koch

Werdegang:

- 1977-1981 Studium der Elektrotechnik in Hannover
- 1981-1982 Masterstudium Physik in den USA
- 1982-1985 Beendigung des Studiums in Hannover (Diplom) mit Schwerpunkt Nachrichtenverarbeitung
- 1985-1988 Ingenieur bei VDO Regeltechnik, Hannover
- 1988-1996 Promotionsassistent Computer Vision an der Uni Hannover
- 1996-1999 PostDoc in Leuven, Belgien (3D Computer Vision)
- Seit 1999 - Professor an der CAU Kiel (Fachgebiet Visual Computing: Computer Vision und Computer Graphik)

Mitbegründer der Dimension 3D (3D Scanner, 1993-1996)
Mentor für Startup-Firmen (Vision-N, DeCsMedia)

Kontakt

Prof. Dr.-Ing. Reinhard Koch

Arbeitsgruppe Multimediale Systeme
zur Informationsverarbeitung
(Multimedia Information Processing)
www.mip.informatik.uni-kiel.de

Institut für Informatik (Haus 1)
Hermann-Rodewaldstr. 3, Raum 301, 1. Stock
Tel: 0431-880-4484
Email: rk@informatik.uni-kiel.de

Sekretariat: Renate Staecker
Rau, 302, Tel. 0431-880-4474
Email: rst@informatik.uni-kiel.de

4

Das Team

Koordination der Übung und der Hilfskräfte:



Dr. Christoph Starke
HR3, Raum 504a (3. Stock)
tel. 0431-880-5337
email: chst@informatik.uni-kiel.de

Weitere betreuende Mitarbeiter:

- Vasco Grossmann, HR3, Raum 504 (3. Stock)
- Sascha Clausen, HR3, Raum 309a (1. Stock)
- Viele wiss. Hilfskräfte für 16 Übungsgruppen

5

Vorlesungsbetrieb

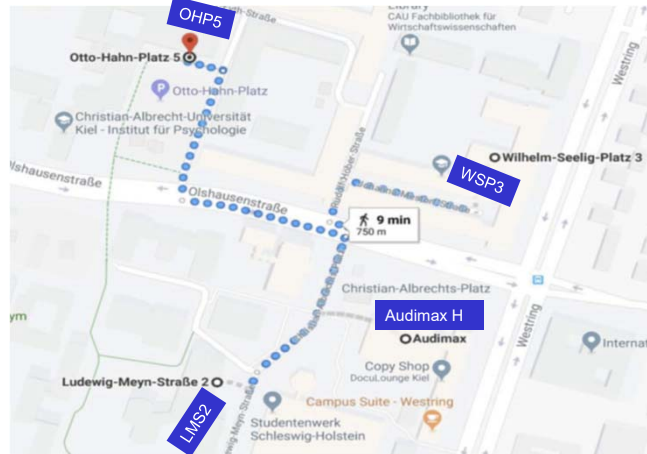
1. Zur Vorlesung müssen Sie pünktlich erscheinen.
2. In der Vorlesung sollen Sie mitschreiben, zuhören, fragen.
3. Handys, Taschenrechner und Computer in der Vorlesung sind verboten.
4. Jede Vorlesung muss individuell nachgearbeitet werden. Dies kann gerne in einer Gruppe mit bis zu vier Personen geschehen (reservieren Sie dafür für jede Vorlesung eine Zeitstunde in Ihrem Wochenplan und verabreden Sie sich dafür mit geeigneten Kommilitonen).
5. Anwesenheit in der Vorlesung wird dringend empfohlen.

Übungsbetrieb

1. In jeder Vorlesungswoche gibt es eine 2-stündige Übung. Ohne Anwesenheit ist der Vorlesungsstoff nicht verständlich.
2. In jeder Woche gibt es einen Aufgabenbogen. Dieser ist jeweils ab Freitagabend 20:00 im Netz. Er muss selbst bearbeitet werden.
3. Nur wer jeden Aufgabenzettel bearbeitet hat, kann die Klausur bestehen. Zusammenarbeit in Zweiergruppen. Abgabe jeweils bis Freitag 8:00 im Schrein (Erdgeschoss HRS3) zwei Wochen nach der Ausgabe. Bögen mit Namen beschriften und mehrerer Blätter zusammenklammern (nicht zusammenfalten oder ähnliches).
4. Nutzen Sie die Gelegenheit, bei den Übungen alles zu fragen. Nutzen Sie ferner die Möglichkeit, selbst Ihre Lösungen vorzustellen (Bonuspunkte).

7

Vorlesungs und Übungsorte



Übungsräume sind in der Ludwig-Meyn-Str. 2 (LMS2) (Flachbau, U1 und U3) und Wilhelm Seelig-Platz 3, Seminarraum 2 (WSP3.S2)

Vorlesungen: Audimax H
Ausnahmen Freitags
den 9. und 16.11.
in Hörsaal Chemie II
Otto-Hahn-Platz 5 (OHP5)

Accountvergabe

- Jede/r Studierende bekommt einen Account mit dem sie/er sich in der StudiDB der Informatik für Lehrveranstaltungen anmelden kann.
- Die Accounts können von jedem (internetfähigen) Rechner, oder auch auf den Rechnern im Foyer des Unihochhauses auf folgender Website freigeschaltet werden: <https://sodom.informatik.uni-kiel.de:8486/initveranstaltung/anmeldung>
- Achten Sie bei der Anmeldung darauf, die Daten genau so wie auf dem Bescheid einzugeben
- Bis der Account nutzbar ist, vergeht höchstens ein Werktag.

<https://sodom.informatik.uni-kiel.de:8486/initveranstaltung/anmeldung>



Anmeldung zur Studierendendatenbank der Informatik (StudiDB), CAU Kiel

Matrikelnummer

Geburtsdatum (tt. mm. jjjj)

Studierende der CAU, die Informatik / Wirtschaftsinformatik als Haupt- oder Nebenfach studieren und Studierende, die ein Modul in Informatik / Wirtschaftsinformatik belegen wollen, können hier einen StudiDB-Account erhalten. Die Matrikelnummer und das Geburtsdatum dienen dabei zu einer ersten Überprüfung, dass Sie an der CAU eingeschrieben sind. Sie werden dann zur Eingabe zusätzlicher Daten aufgefordert.

Bitte beachten Sie, dass Sie das Formular mit genau den Daten ausfüllen, die Sie beim Studierendenservice angegeben haben. Falls Sie vor Kurzem umgezogen sind und dies schon dem Studierendenservice mitgeteilt haben, geben Sie bitte Ihre neue Adresse an.

Sorgen Sie bitte auch dafür, dass Ihr Browser Cookies akzeptiert.

Accountnutzung

- Auf die StudiDB kann jederzeit und von überall zugegriffen werden:
- <https://sodom.informatik.uni-kiel.de:8484/studierende/login>
- Melden Sie sich bitte schnellstmöglich bei allen Lehrveranstaltungen an, die Sie besuchen.
- Das heißt in diesem Fall konkret für das Modul 080027 „Computersysteme“
- Sie müssen sich dann für eine Übungsgruppe entscheiden und dieser beitreten – achten Sie dabei auf die Anzahl freier Plätze!
- Mit der Freigabe erhalten Sie auch einen Rechneraccount für die Informatikrechner (GAP in HR3)

Termin für die StudiDB-Eintragung

- Wichtiger Hinweis: Bitte unbedingt bis heute, 22.10.18, unmittelbar nach der Vorlesung, in die Übungsgruppen eintragen! Sollte es dann noch zu viele offene Plätze in den Übungsgruppen geben, müssen wir dann aus Kostengründen beginnen, Übungsgruppen zusammenzulegen. Dabei bleiben Übungsgruppen mit vielen Teilnehmern eher bestehen, als solche mit wenigen. Wenn Sie sich also jetzt in Ihre Wunschübungsgruppe eintragen, erhöhen Sie die Wahrscheinlichkeit, dass diese auch stattfindet.

12

Material zur Vorlesung

Skript: Das Skript wird momentan überarbeitet und z.T. neu erstellt (zum Teil andere Inhalte als bei Prof. Schimmler). Es wird kapitelweise als pdf zur Verfügung gestellt.

Die Folien werden ebenfalls überarbeitet und jeweils nach der Vorlesung zur Verfügung gestellt.

Bücher und www-Links: Werden in der Vorlesung angegeben. Weitere Informationen unter : <https://www.mip.informatik.uni-kiel.de/en/teaching/current-semester/computersysteme>

13

Voraussetzungen zur erfolgreichen Teilnahme an der Klausur

Am Ende des Semesters wird eine Klausur geschrieben. Voraussetzungen für die Teilnahme sind:

1. Zur Klausurzulassung dürfen nicht mehr als zwei Serien unentschuldigt als nicht bestanden gewertet werden.
2. Pro Serie gibt es 100 reguläre Punkte. Durch aktive Mitarbeit in den Übungen können Bonuspunkte erreicht werden. Eine Serie gilt als bestanden, wenn man (inklusive etwaiger Bonuspunkte) mindestens 50 Punkte erreicht.
3. Anmeldung zur Klausur über die StudiDB, voraussichtlich Ende Dezember/Anfang Januar.

14

Klausurhilfsmittel

- Erlaubte Hilfsmittel bei der Klausur sind : Stifte, eine handgeschriebene Formelsammlung der Größe Din A4, beidseitig beschrieben.
- Nicht erlaubt sind: Taschenrechner, Skripte, Bücher, Handys, PDAs, Rechner, Tabellen, gedruckte Formelsammlungen, Lupen, Zettel des Nachbarn, ...

15

Vorlesung Computer Systeme Informatik 1. Semester

Ziele der Vorlesung:

- Wie arbeitet ein Computer ?
- Wie ist die Computerhardware aufgebaut?
- Welche Komponenten werden benötigt?
- Wie können wir die Hardware steuern?
- Wie können wir auf ihr rechnen ?

Computer Systeme Vorlesungsinhalte

1. Grundlagen und Hardwarekomponenten
 - Rechnen in beliebigen Zahlensystemen (dezimal, dual, oktal, hexadezimal)
 - Bool'sche Algebra zum Entwurf von Schaltungslogik
 - Entwurf von Komponenten der CPU (Rechenwerk, Steuerwerk, Speicher)
2. CPU-Programmierung
 - Befehlssatzarchitektur einer CPU
 - Maschinencode und Assembler
 - Die Brücke zu C
3. Rechnerarchitektur
 - Sequentielle und Pipeline Architektur
 - Performanzoptimierung
 - Speicherhierarchie

Themenübersicht

- Einleitung
- Zahlendarstellung in Computern
- Grundlagen digitaler Schaltungen
- Transistor-Technologie und CMOS-Gatter
- Schaltnetze
- Speicher und Schaltwerke
- Arithmetisch Logische Einheit
- Die Prozessor-Architektur
- Assembler und C
- Pipelining
- Programmoptimierung
- Speicher-Hierarchie

18

1.1 Einführung: Der Begriff *Informatik*

- **Kunstwort aus den 60ern:**
 - Informatik -> Information + Technik oder
 - Informatik -> Information + Mathematik oder
 - Informatik -> Information + Automatik
- **Definition (Informatik)**

Informatik ist die Wissenschaft von der systematischen und automatischen Verarbeitung von Informationen, insbesondere mit Hilfe von Computern.
Im Englischen: Computer Science + Information Science

19

Einschub: Umfrage zu „Informatik“

Kollege Prof. Mühling (Didaktik der Informatik) macht eine Umfrage unter allen Teilnehmer der Vorlesungen *Computer Systeme*, *Programmierung*, und *Mathe A* zum Studienverlauf. Dafür stellen wir in der ersten Übung einen Online-Fragebogen (KOI) bereit, Details folgen in den Übungen.

Ein netter Nebeneffekt: Für Ihre Teilnahme an der Befragung im Rahmen des Projekts KOI (Kohortenbefragung Informatik) bekommen Sie in dieser Woche ALLE einen Bonus von 10 Übungspunkten!

Also bitte ich Sie alle, mitzumachen. Herr Mühling kann heute leider nicht, wird sich aber in Programmierung persönlich vorstellen. 20

Bereiche der Informatik

Theoretische Informatik

Theoretische und mathematische Modelle der Informationsverarbeitung: Entscheidbarkeit und Komplexität von Problemen, Eigenschaften von Berechnungsmodellen und Sprachen

Praktische Informatik

Techniken der Programmierung und Entwicklung von Lösungen zur Informationsverarbeitung (Software): Programmiersprachen, Algorithmen, Datenstrukturen, Betriebssysteme, Datenbanken, etc.

Technische Informatik

Struktur, Aufbau und Funktionsweise von Computern (Hardware): Elektro- und Schalttechnik, Speicher, Prozessoren, Bussysteme, Schnittstellen und Peripherie

Angewandte Informatik

Entwicklung und Verwendung von speziellen Informationsverarbeitungslösungen für bestimmte Anwendungen: Ingenieurinformatik, Wirtschaftsinformatik, Geoinformatik, Bioinformatik, Medieninformatik, etc.

21

1.2 Geschichte der Informatik

- Entwicklung von Informationstechnik und Durchdringung des Alltags seit der 2. Hälfte des 20. Jahrhunderts
- Informationsgesellschaft
 - Zunehmende Bedeutung und Wert von Informationen
 - Schnelle Entwicklung von Technologien zur Verarbeitung und Kommunikation
- Historische Wurzeln der Informatik reichen zum Teil erheblich weiter zurück
 - „Rechenautomaten“
 - „programmierbare Maschinen“
 - Grundlagen aus Mathematik, Elektrotechnik, Linguistik, Kodierungs- und Informationstheorie
- Seit '50er Jahren:
 - Relativ schnelle Folge von Rechnergenerationen
 - Immer mehr Anwendungen der Informationstechnik in Wirtschaft und Privatbereich

22

Geschichte der Informatik bis 1950 vor 17. Jh.

- **1100 v. Chr.:** erste mechanische Rechenhilfen in Indien/China, z.B. bis heute benutzter Abakus auf Basis des Dezimalsystems
- Beschreibung von reproduzierbaren Rechenverfahren, z.B. größter gemeinsamer Teiler durch **Euklid (300 v. Chr.)**.
- **Al-Chwarizmi (820)** beschreibt Grundlagen von Rechenvorschriften, die nach ihm als Algorithmen bezeichnet werden (aus lateinischer Übersetzung „Dixit Algorismi ...“ - „Al-Chwarizmi hat gesagt ...“)
- **Boethius (um 1500)** und **Adam Riese (ab 1518)** veröffentlichen Vorschriften für das schriftliche Rechnen im Dezimalsystem

23

Verdoppeln nach Adam Ries (ca 1530)

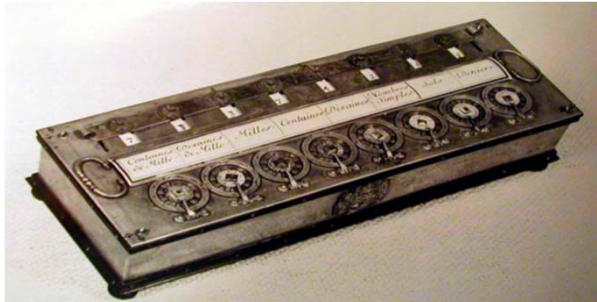
Dupliren *Lehret wie du ein zahl zweyfaltigen solt. Thu ihm also: Schreib die zahl vor dich/mach ein Linien darunder/heb an zu forderst/Duplir die erste Figur. Kompt ein zahl die du mit einer Figur schreiben magst/so setz die unden. Wo mit zweyen/schreib die erste/Die ander behalt im sinn. Darnach duplir die ander/und gib darzu/das du behalten hast/unnd schreib abermals die erste Figur/wo zwo vorhanden/und duplir fort biß zur letzten/die schreibe gantz auß/als folgende Exempel außweisen.*

41232	98765	68704
82464	197530	137408

Geschichte der Informatik bis 1950

17. Jh.

- Erste mechanische Rechenmaschinen zur Erleichterung der (durch technischen Fortschritt und zunehmende Industrialisierung) häufigeren Rechenaufgaben
- **Wilhelm Schickard (1623)**: Addition und Subtraktion für astronomische Berechnungen
- **Pascal (1641)**: patentiert Pascaline als Rechenmaschine für Steuerwesen und Händler, welche ebenfalls Addieren und Subtrahieren kann



Blaise Pascals
„Pascaline“

25

Geschichte der Informatik bis 1950

17. Jh.

- **Gottfried Wilhelm Leibniz (1685):**
Rechenmaschine für 4 Grundrechenarten



26

Geschichte der Informatik bis 1950

- **1679 Gottfried Wilhelm Leibniz** beschreibt erstmals Dualsystem (Binärsystem), welches im Gegensatz zum heute und damals gebräuchlichen Dezimalsystem (Ziffern 0 bis 9) als Ziffern nur 0 und 1 verwendet
- Ist heute Grundlage für elektronische Rechner (Speicher, Prozessoren), welche auf unterster Ebene nur die Schaltzustände an (1, Spannung liegt an) oder aus (0, Spannung liegt nicht an) kennen



Gottfried Wilhelm Leibniz.

$$\begin{array}{r} 1110_2 \\ \begin{array}{l} | \\ | \\ | \\ | \end{array} \begin{array}{l} \\ + \\ + \\ + \end{array} \begin{array}{l} 0 \times 2^0 \\ 1 \times 2^1 \\ 1 \times 2^2 \\ 1 \times 2^3 \end{array} \end{array} = \begin{array}{r} 14_{10} \\ \begin{array}{l} | \\ | \end{array} \begin{array}{l} \\ + \end{array} \begin{array}{l} 4 \times 10^0 \\ 1 \times 10^1 \end{array} \end{array}$$

27

Geschichte der Informatik bis 1950

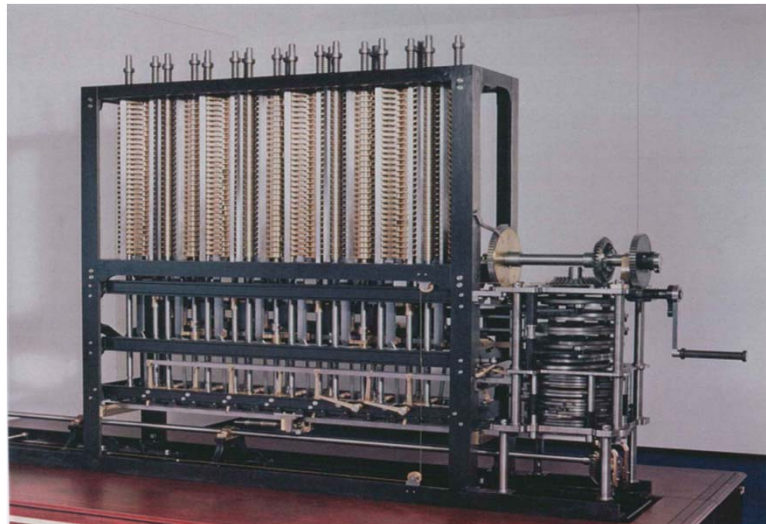
19. Jh.

- Entwicklung mechanischer, programmgesteuerte Maschinen
- Programmsteuerung erlaubt durch Folge von Befehlen Durchführung komplexerer Berechnungen
- **Joseph-Marie Jacquard (1805):** Entwicklung eines lochkartengesteuerten Webstuhl
- **Charles Babbage (1822):** entwickelt Konzept für programmgesteuerte Analytical Engine mit Speicher, Steuereinheit und Verarbeitungseinheit, deren Konstruktion wegen hohem Aufwand jedoch nie vollendet wird
- **Hollerith (1886, Gründer von IBM):** System zur Erfassung von Daten auf Lochkarten

28

Geschichte der Informatik bis 1950

19. Jh.



Analytical Engine von Charles Babbage

29

Geschichte der Informatik bis 1950

- **1854 George Boole** entwickelt Boolesche Logik und Algebra, welche grundlegende logische Operatoren UND, ODER und NICHT umfasst
- Angewandt auf binäre Zustände (1=wahr, 0=falsch) bilden diese die Grundlage für Funktionsweise von heutigen Prozessoren
- Operationen wie Rechenoperationen im Binärsystem werden auf diese logischen Grundbausteine zurückgeführt



30

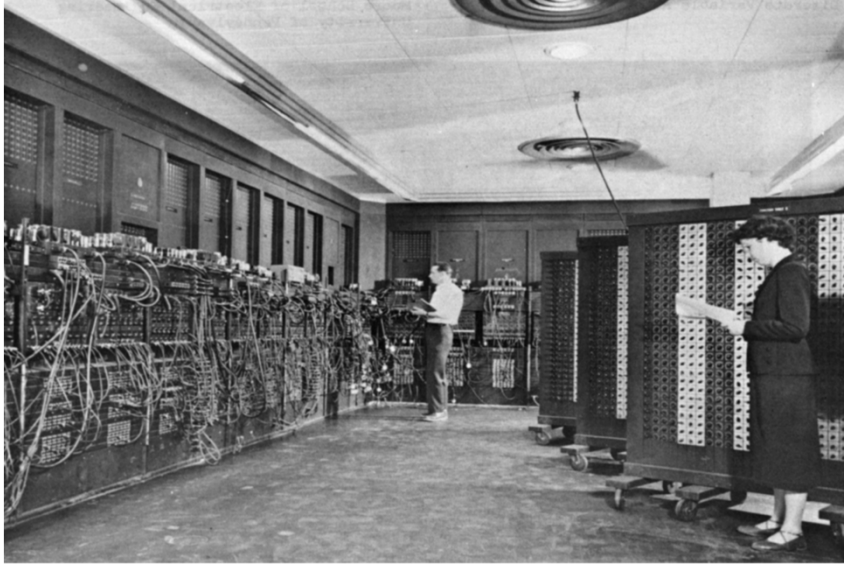
Geschichte der Informatik bis 1950

20. Jh.

- Entwicklung erster elektronischer Rechenmaschinen
Konrad Zuse (1941): mechanisch-elektronische, programmgesteuerte Rechenmaschine Z3 auf Basis des Dualsystems und erste High-Level-Programmiersprache Plankalkül
- **Howard Hathaway Aiken (1944)**: erster ebenfalls relais-basierter Großrechner Mark I
- **J. Presper Eckert und John W. Mauchly (1946)**: ENIAC erster voll elektronischer Rechner auf Basis von Röhrentechnologie
- **Ab 1949**: industrielle Produktion von elektronischen Rechnern

31

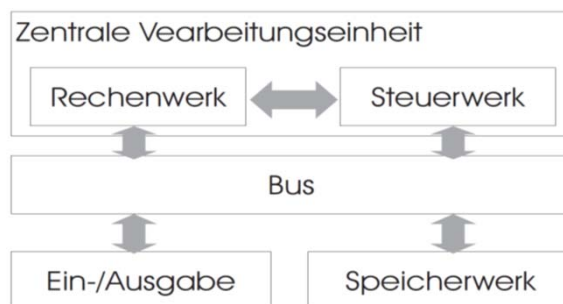
Geschichte der Informatik bis 1950



ENIAC - Electronic Numerical Integrator and Computer 32

Geschichte der Informatik bis 1950

- **1946 John von Neumann** entwirft grundlegende Von-Neumann-Architektur als bis heute aktuelle Referenz für Aufbau von speicherprogrammierbaren Rechnersystemen
- Prinzip des Stored Program, d.h. Programm ist mit Daten zusammen im Speicher des Rechners, erlaubt flexible Programmierung für verschiedene Anwendungen



von Neumann (1903-1957)

33

Entwicklung von Hardware seit 1950

- **Erste Rechnergeneration: 1953-1958**
Technologie auf Röhrenbasis
Stapelverarbeitung
- **Zweite Rechnergeneration: 1958-1966**
Transistoren
Entwicklung erster Betriebssysteme und Compiler für Programmiersprachen
Interaktivität durch Bildschirm-Terminals für Mainframes
- **Dritte Rechnergeneration: 1966-1974**
Integrierte Schaltungen: Mikrochips
Erste Kleinrechner und Netzwerke
- **Vierte Rechnergeneration: 1974-1982**
Hochintegrierte Schaltungen: Mikroprozessoren
Halbleiterspeicher
Erste Super-Computer und Parallelverarbeitung

34

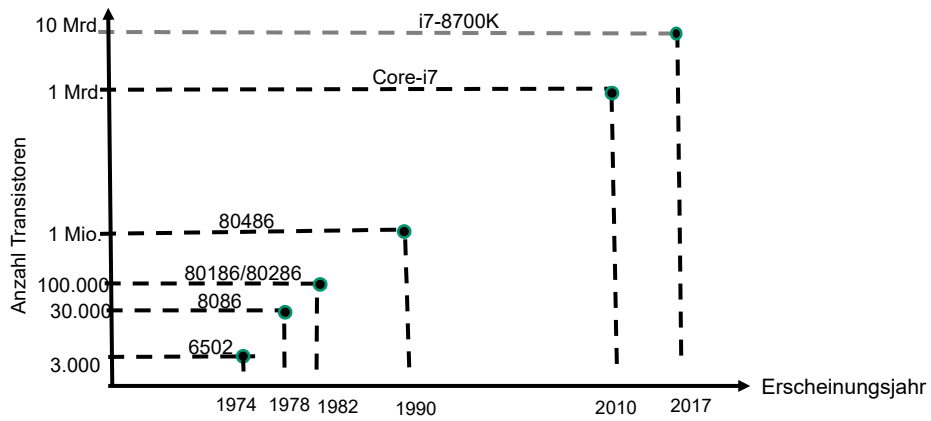
Entwicklung von Hardware seit 1950

Fünfte Generation: seit 1982

- rasante Miniaturisierung der VLSI-Technologie, Beispiel Speicher:
RAM: 1980 = 64KBit, 1986 = 1MBit, 2000 = 128MBit, 2018: 16 GBit
2010: Core-i7 mit 1 Mrd. Transistoren
2018: Multiprozessoren mit 10 Mrd. Transistoren und 10nm Technologie
Einbau von neuronalen Netzen für biometrische Datenerfassung (A11 bionic chip) bereits in den i-phones (A11)
- rasante Zunahme der Rechengeschwindigkeit (Taktfrequenzen bis 4 GHz),
Abnahme der Volumina, Zunahme der internen Speicher
rasante Entwicklung massiv paralleler Rechner
im Jahreszyklus: Verdopplung der Prozessorleistung
seit 90er Jahren: Vervierfachung des Integrationsgrades im Zweijahreszyklus
im Dreijahreszyklus: Verdopplung der Taktfrequenz, Vervierfachung der Zahl der Transistoren pro Chip
- generelle Informatik-Durchdringung aller Lebensbereiche

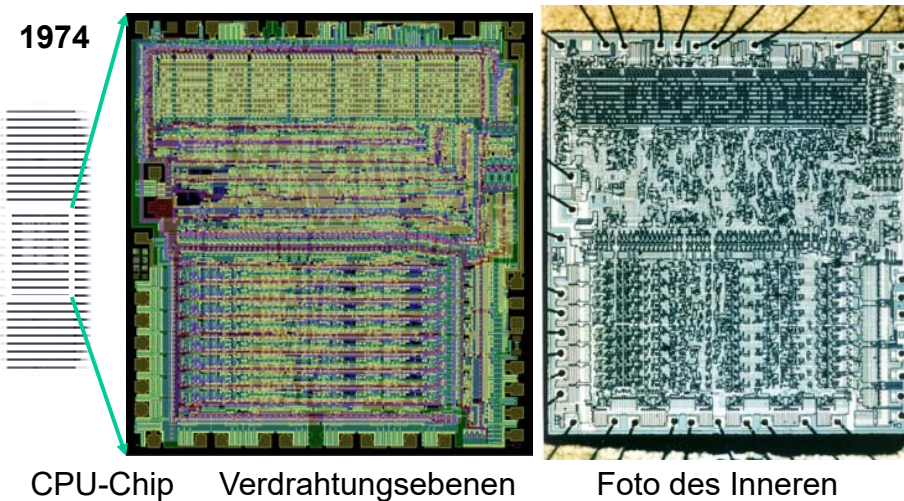
35

Entwicklung Hardware seit 1974



Das Moore'sche „Gesetz“: Verdoppelung der Transistorzahl/Leistung alle 2 Jahre

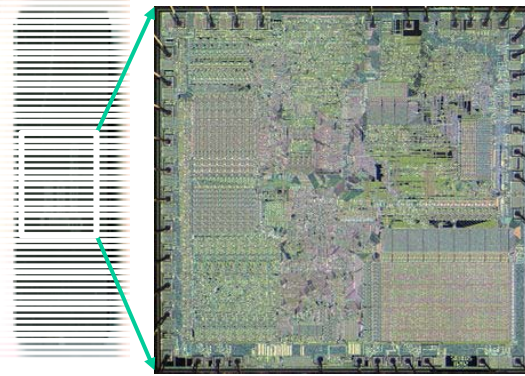
Entwicklung Hardware seit 1974



6502 CPU, 3.000 Transistoren

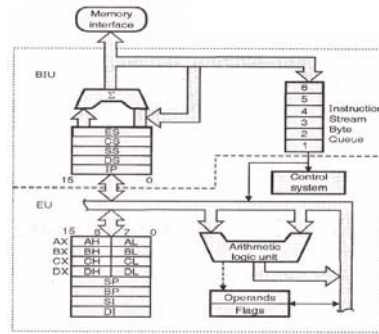
Entwicklung Hardware seit 1974

1978



CPU-Chip

Foto des Inneren



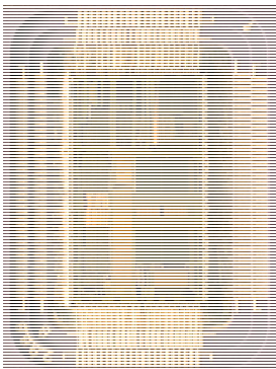
8086 internal architecture

8086 Architektur

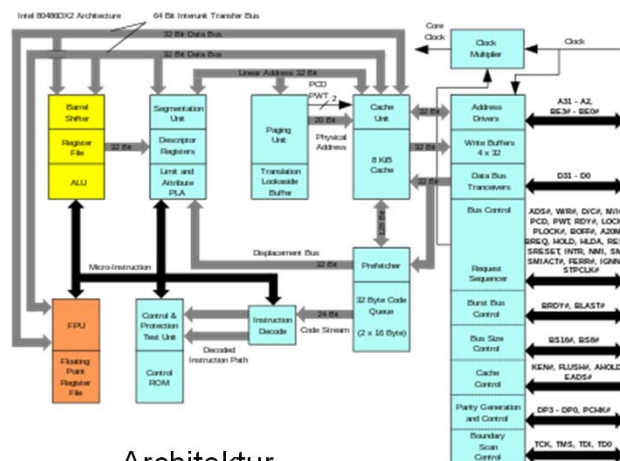
8086 CPU, 30.000 Transistoren

Entwicklung Hardware seit 1974

1990



CPU-Chip, offen

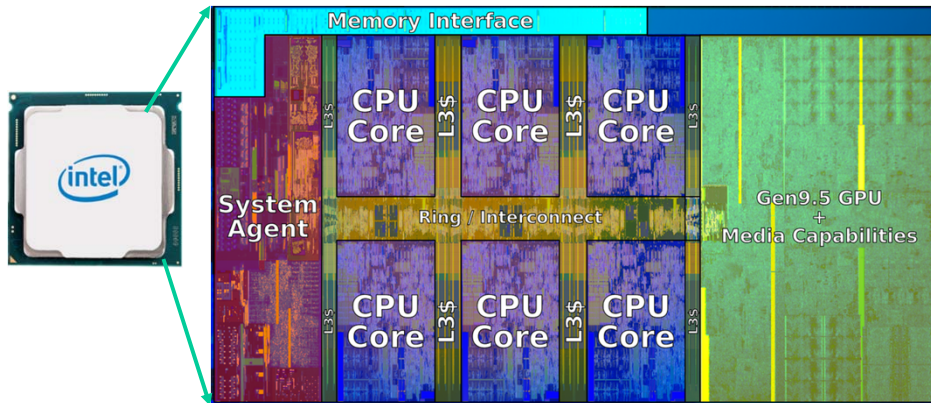


Architektur

80486 CPU, 1.000.000 Transistoren

Entwicklung Hardware seit 1974

2017



CPU-Chip

Layout (~5 bis 10 Mrd. Transistoren)

Core-i7 8700K CPU

1.3: Zahlendarstellung

Literatur:

Neues Skript zur Vorlesung Computer Systeme (wird fortlaufend erstellt, 1. Kapitel ist jetzt online unter:

<https://www.mip.informatik.uni-kiel.de/en/teaching/current-semester/computersysteme>

Bestehendes Skript der Vorlesung von Prof. Schimmler (bis 2017), ebenfalls unter obiger Webseite, zum Nachschlagen

Bryant, R., o'Halleron, D.: „Computer Systems - A Programmer's Perspektive“. Pearson Verlag, 3. Auflage 2016. Wird vor allem in der zweiten Semesterhälfte genutzt.

Weitere Informationen aus dem Netz.

41

1) Polyadische Darstellung von natürlichen Zahlen

$$n = \sum_{i=0}^{N-1} b_i \cdot B^i$$
$$= b_{N-1}B^{N-1} + b_{N-2}B^{N-2} + \dots + b_1B^1 + b_0B^0$$

heißt **B-adische Darstellung** von n

$b_i \in \{0, 1, \dots, B-1\}$ heißen **Ziffern**

10-adische Darstellung $n_{10} = 4537_{10} = 4 \cdot 10^3 + 5 \cdot 10^2 + 3 \cdot 10^1 + 7 \cdot 10^0$

Ziffern = $\{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$

2-adische Darstellung $n_2 = 1011_2 = 1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 11_{10}$

Ziffern = $\{0, 1\}$

42

Polyadische Darstellung von natürlichen Zahlen

Kurzschreibweisen für B-adische Darstellung:

$$(b_{N-1}b_{N-2}\dots b_1b_0)_B$$

oder, wenn klar ist, um welche Basis es sich handelt:

$$b_{N-1}b_{N-2}\dots b_1b_0$$

Die Darstellung ist eindeutig bezüglich der Basis.

43

Binär 2-adisch	Ternär 3-adisch	Oktal 8-adisch	Dezimal 10-adisch	Hexadezimal 16-adisch
0	0	0	0	0
1	1	1	1	1
10	2	2	2	2
11	10	3	3	3
100	11	4	4	4
101	12	5	5	5
110	20	6	6	6
111	21	7	7	7
1000	22	10	8	8
1001	100	11	9	9
1010	101	12	10	A
1011	102	13	11	B
1100	110	14	12	C
1101	111	15	13	D
1110	112	16	14	E
1111	120	17	15	F
10000	121	20	16	10

44

Polyadische Darstellung von natürlichen Zahlen

Tipp: Seien Sie misstrauisch, wenn Ihnen die Basis des jeweiligen Zahlensystems nicht explizit genannt wird:

Satz:

**Man kann die Studierenden in diesem Hörsaal bereits am Ende dieser Vorlesung in 10 Kategorien einteilen:
Solche, die das Binärsystem verstanden haben
und solche, für die das nicht gilt.**

45