# Einführung in die Informatik I

**Winter 2005/2006**

## 3 Rechnerarchitektur



## 3 Rechnerarchitektur ...

**Motivation:** Ziele dieses Abschnittes

- Grundbegriffe der *von-Neumann-Rechners* (insb. heutige PCs)
- grundlegende Komponenten und deren Zusammenwirken
- Datenverarbeitung auf unterer Ebene

**Herausforderungen:**

- (potentiell) viele neue Begriffe
- vieles wird nur grob angerissen (Vertiefung z.B. in Vorlesung ***Rechnerarchitektur***)

**Literatur:** Diverse Abschnitte in [Claus] plus

- [Ernst] Abschnitt 1.3, tw. Kapitel 5 und 6
- Lehrmaterial der Universität Hamburg, Prof. Zhang:
  `tams-www.informatik.uni-hamburg.de/applets/baukasten/DA/Inhalt.html`

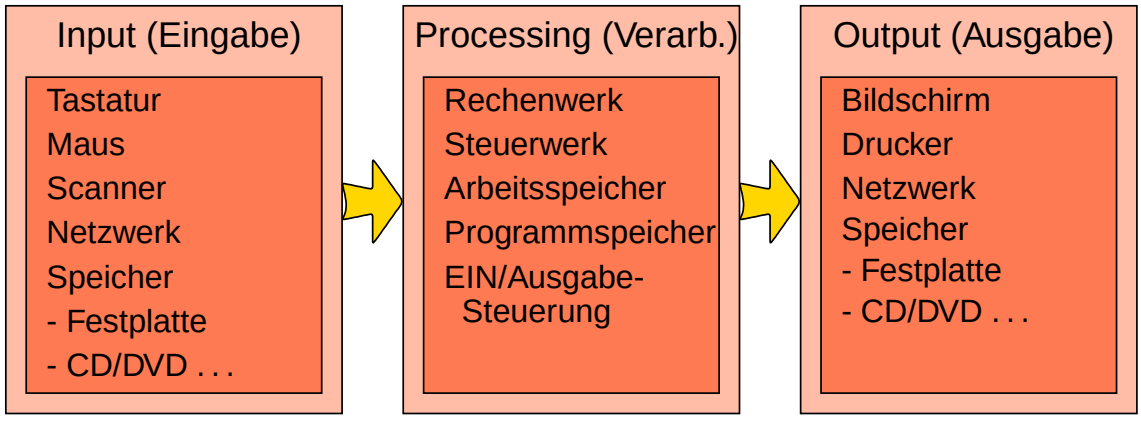
## 3.1 Abstraktes IPO-Prinzip

**IPO:** Abstraktes Verarbeitungsschema für beliebige Prozesse

Input ⟶ Processing (Verarbeitung) ⟶ Output

**Input & Output** sind Mensch-Maschine Schnittstellen

**Konkret** für einen Rechner






## 3.2 Von-Neumann Rechnerarchitektur

**John von Neumann (1903-1975):** Physiker, Konzept des modernen *General-Purpose*-Computers

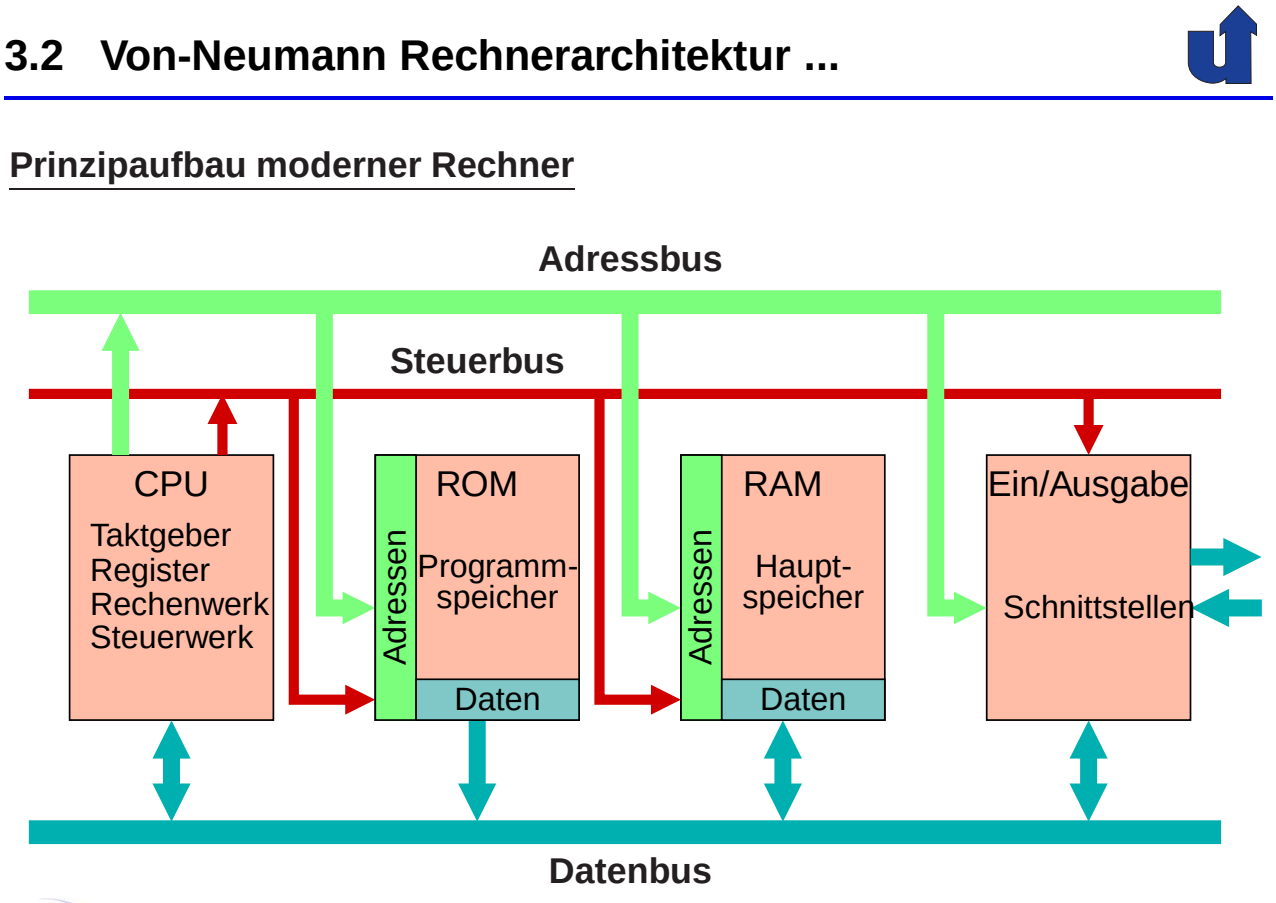
- Grundprinzip der heutigen PCs und Server
- Ausnahmen z.B. Parallelrechner

**Grundprinzipien:** (nur die Wichtigsten)

- Problemunabhängigkeit ⟶ ***Programm*** steuert konkreten Ablauf
- Keine Trennung von Daten und Programm ⟶ ***Speicher***

**Komponenten eines Von-Neumann-Rechners**

- Steuerwerk: Kontrolliert Ablauf im Gesamtsystem „Rechner“
- Rechenwerk (***Arithmetic & Logic Unit, ALU***): Arithmetische & logische Berechnungen
- Arbeitsspeicher: Enthält maschinenlesbare Programme und Daten
- Ein-/Ausgabeeinheit: Bereitstellen von und Speichern auf externen Geräten



## Prinzipaufbau moderner Rechner






## 3.2.1 Central Processing Unit (CPU)

**Central Processing Unit (CPU) =** Zentrale Verarbeitungseinheit

**Aufgabe:**
- ❍ Befehle interpretieren und ausführen
- ❍ zu jedem Zeitpunkt wird genau 1 Befehl ausgeführt, der genau 1 Datenwert berechnet

**Speicherplatz auf CPU:** Register und Caches
- ❍ eingeschränkter Speicherplatz mit schnellem Zugriff
- ❍ Speicherung von Ergebnissen & Zuständen, z.B. Befehlsregister, Befehlszähler, Akkumulator

**Steuerwerk:** Teil des von-Neumann-Konzeptes
- ❍ Register: Speicherplatz für einzelne Daten/Befehle
- ❍ Befehlsdekodierer (Umsetzung von Maschinenbefehlen)

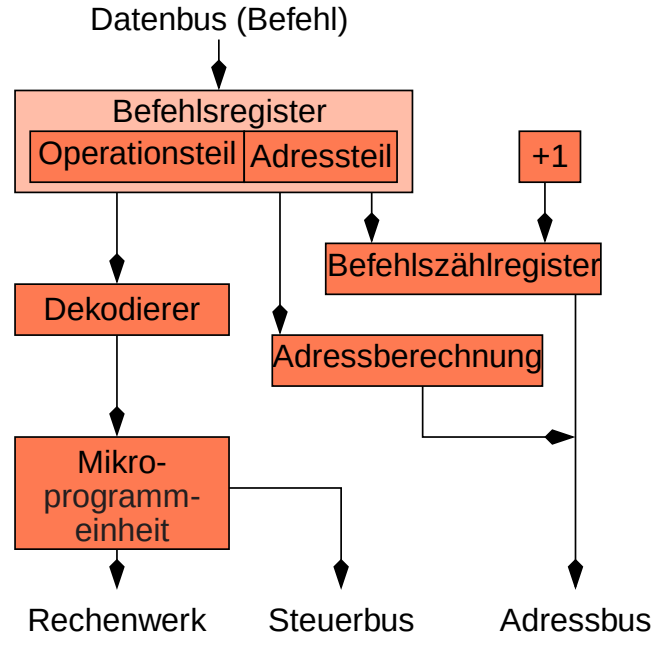
**Arithmetic Logical Unit, ALU:** Teil des von-Neumann-Konzeptes
- ❍ Ausführung von Operationen ($+, -, *, /, \wedge, \vee, \ldots$)
- ❍ zwei Eingangsregister (***Operanden***), ein Ausgangsregister
- ❍ weitere Arbeitsregister

### Das Steuerwerk

- Laden von Programmbefehlen, z.B.

  `LDA XX0001`

  (lade Daten aus Speicherzelle `XX0001` in Akkumulator)
- Befehlsdekodierung: Zerlegung in ***Elementaroperationen***
- Steuerung der an Befehlsausführung beteiligten Einheiten, insb. Auswahl der Operationen für ALU (Rechenwerk)





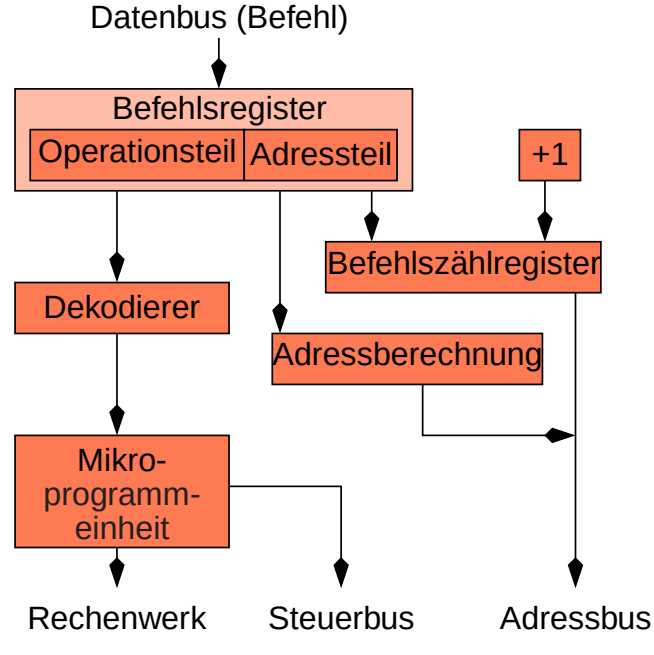



### Das Steuerwerk – Register

- Befehlsregister hält auszuführenden Befehl

  Zerlegung Operand & Adresse

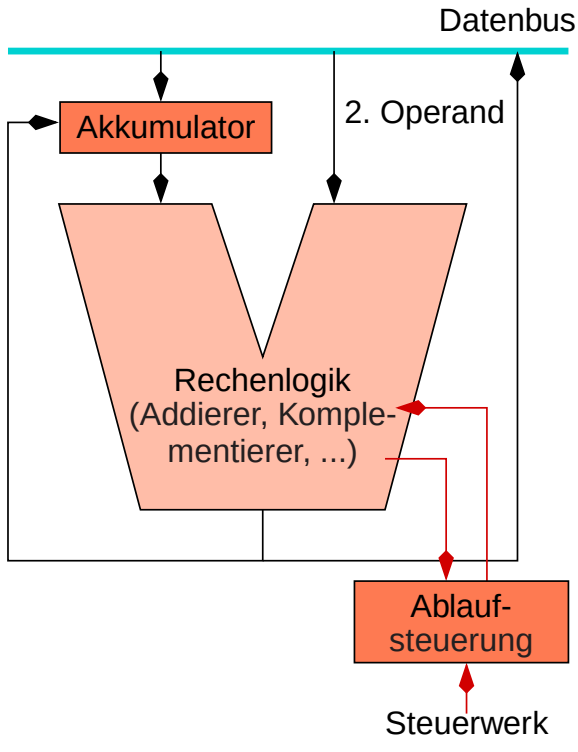
  Adresswert i.A. relativ (→ Adressberechnung)
- Befehlszählregister hält Adresse des nächsten Befehles
  - Fortschreiten („+1“)
  - Springen (Befehl `JMP XX0024`)
- weitere Zustandsregister



### Das Rechenwerk

- Akkumulator:
  - erster Operand für Berechnung
  - hält Ergebnis nach Berechnung
- Zweiter Operand direkt vom Datenbus
- Rechenlogik: I.W. addieren & Komplementbildung
- Ablaufsteuerung: Folge von ***Elementaroperationen*** (***Mikroprogramm***)

z.B.: Multiplikation ⟶ Additionen








### Befehlsausführungszyklus

**Programm =** Folge von Befehlen

**Befehlszyklus:** Ausführung eines einzelnen Befehls

**Konkreter Ablauf** in einem Befehlszyklus

1. Holen der aktuellen Befehlsadresse
2. Laden des Befehls in den Befehlsspeicher
3. Befehlsregister um 1 erhöhen bzw. bei Sprungsbefehl mit neuer Adresse (Operand) laden
4. Befehlsdekodierung (Umsetzung in Elementaroperationen)
5. Operandenbereitstellung
6. Ausführung der Elementar-Operationen
7. Ergebnisspeicherung im Akkumulator

## 3.2.2 Speicher

**Random Access Memory (RAM):** Speicher mit Lese- & Schreibzugriff

- ❍ speichert Daten und Programme
- ❍ Identifikation der Lese- bzw. Schreibposition über Adressen
- ❍ keine persistente Speicherung von Daten bzw. Programmen

**Read-Only Memory (ROM):** Festwertspeicher mit Lesezugriff

- ❍ Speicherung der ***Mikroprogramme*** für das Rechenwerk
- ❍ Identifikation der Lese- bzw. Schreibposition über Adressen

**Kodierung:** von Daten im Speicher ⟶ später



## 3.2.2 Speicher ...

**Größeneinheiten**

- ❍ $1$ bit ist ein binäres Datum (zwei Zustände: $0, 1$)
- ❍ $1$ byte = $8$ bit $\Rightarrow 2^8 = 16$ unterscheidbare Werte
- ❍ Häufig verwendete, aber falsche Benennungen:

| Bez. | Abk. | Anzahl Byte | korrekt |
|---|---|---|---|
| Kilo-Byte | KB | $2^{10} = 1.024$ | $1$ KB$= 10^3 = 1.000$ Byte |
| Mega-Byte | MB | $2^{20} = 1.048.576$ | $1$ MB$= 10^6$ Byte |
| Giga-Byte | GB | $2^{30} = 1.073.741.824$ | $1$ GB$= 10^9$ Byte |
| Tera-Byte | TB | $2^{40} = 1.099.511.627.776$ | $1$ TB$= 10^{12}$ Byte |

- Benennungen nach IEC-Norm 60027-2

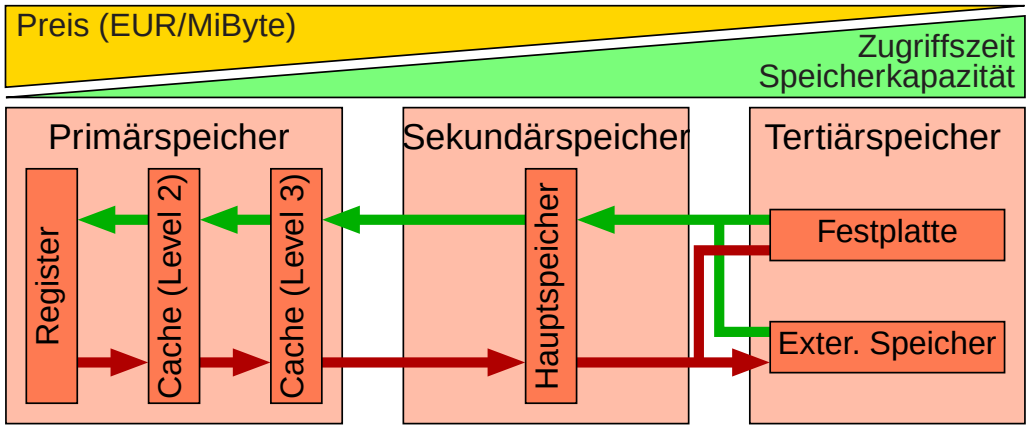
| Bez. | Abk. | Anzahl Byte |
|---|---|---|
| Kibi-Byte | KiB | $2^{10} = 1.024$ |
| Mebi-Byte | MiB | $2^{20} = 1.048.576$ |
| Gibi-Byte | GiB | $2^{30} = 1.073.741.824$ |
| Tebi-Byte | TiB | $2^{40} = 1.099.511.627.776$ |





**Speicher-Hierarchie**

Drei Speicherebenen für Daten & Programme




Caches speichern

- zuletzt genutze Daten
- zuletzt berechnete Ergebnisse

## 3.2.3 Bus-System

**Ziel:** Verbindung von Komponenten zum Austausch von Daten

**Problem:** Direkte Verkabelung „aller mit allen“ extrem platzintensiv

**Ansatz:** Mehrere Geräte nutzen einen Datenübertragungsweg

- ❍ zusätzliche Steuerung: Ein Gerät sendet, mind. eines empfängt Daten

**Serieller Bus:** Sequentielle Übertragung von Daten im Binärformat (0-1-Folge)

**Paralleler Bus:** Gleichzeitige Übertragung über n Leitungen (n ist Busbreite)
Typisch: 32-Bit und 64-Bit Busse

**Bandbreite eines Busses:** Übertragungsrate pro Zeiteinheit

**Systembus:** Gesamtheit der Busse im Rechner:

- ❍ Datenbus: Überträgt Daten & Befehlen vom/zum Speicher
- ❍ Adressbus: Festlegung der Speicheradresse
- ❍ Steuerbus: Übertragung von Steuerbefehlen (z.B. „Schreibe“, „Lese“)



## 3.2.3 Bus-System ...

**Probleme der Von-Neumann-Architektur**

**Von-Neumann Flaschenhals:** Bandbreite des Datenbusses rel. zur CPU-Leistung gering

⇒ Datenbereitstellung bremst u.U. CPU aus

**Beliebiger Datenzugriff:** Einzelner Befehl legt zu verarbeitende Daten fest

⇒ Datenbereitstellung erst *nach* Befehlsdekodierung

**Lokalitätsprinzip:** Nächster Befehl nutzt höchstwahrscheinlich „benachbarte Daten“ im Speicher/Cache

Konkrete Lage der Daten im Speicher beeinflußt ***Performanz***:

- ❍ schneller Zugriff auf Daten in Nähe der zuletzt geladenen Daten
- ❍ langsamer Zugriff auf Daten entfernt zu zuletzt geladenen Daten

## 3.3 Wichtige Begriffe

**Datum:** Einzahl von ***Daten***

- In der Informatik: Maschinenlesbare und -bearbeitbare Struktur zur Repräsentation von ***Information*** (Information $\neq$ Daten)
- Wird in Zeichen kodiert, deren Aufbau strengen Regeln (der ***Syntax***) folgt

**Datei:** Daten-Verbund auf einem Speichermedium

- Besitzt einen Namen (z.B. Inhalt.txt)
- Besteht aus inhaltlich zusammengehörigen Daten
- Existiert über die Laufzeit eines Programms hinaus (***Persistenz***)
- Daten können in einem (menschen-) lesbaren Form (ASCII-Dateien) oder einer binären Form abgelegt sein
- Dateiendung (meist die letzten drei Zeichen hinter einem Punkt) bezeichnet Typ des Inhalts (z.B. txt für einfache Text-Datei)



## 3.3 Wichtige Begriffe ...

**Algorithmus:** Handlungsvorschrift zur Lösung eines Problems

- Exakt festgelegter Ablauf mit dessen Hilfe ein bestimmtes ***Ziel*** erreicht werden kann (auch z.B. Kochrezept)
- ***Abstraktes*** Gegenstück zu der Umsetzung in Form eines konkreten Programms

**Programm:** von griech.: prógramma = Vorschrift

- Ein Programm ist eine konkrete Umsetzung eines Algorithmus (oder mehrerer Algorithmen)
- Ablauf besteht aus einer Folge von einzelnen ***Befehlen***, die vom Prozessor verarbeitet werden
- Sowohl der in einer Programmiersprache geschriebene ***Quelltext***, als auch der vom Computer ausführbare ***Maschinencode*** wird als Programm bezeichnet
- Quelltext und Maschinencode werden in *unterschiedlichen* Dateien auf der Festplatte gesichert. Nur der Maschinencode ist durch den Prozessor ausführbar

## 3.3 Wichtige Begriffe ...

**Assemblierer, Compiler, Interpreter:** Übersetzer

- Programme, die ein Programm einer Sprache in eine andere überführen
- Compiler übersetzen ***Quelltext***, der in ***Hochsprachen*** (wie C++ oder Java) geschrieben wurde, in Assembler-Code
- Interpreter lesen den Quelltext direkt ein, analysieren ihn und führen ihn unmittelbar aus
- Assemblierer übersetzen maschinennahen Assembler-Code in ***Maschinencode*** (dies ist der einzige Code den Prozessoren ausführen können)



## 3.3 Wichtige Begriffe ...

**Betriebssystem:** Programm zum Ausführen von Programmen

- ***Software*** (Programm), die zum Betreiben eines Computers benötigt wird
- Verwaltet Betriebsmittel wie Speicher, Prozessor und andere Geräte
- Steuert die Ausführung von Programmen
- Besteht aus einem Kern (***Kernel***), der die Hardware steuert und grundlegenden Systemprogrammen
- Schnittstellen zur Betriebsystemnutzung und Konfiguration:
  - Mindestens Kommandozeileninterpreter (auch ***Shell*** genannt)
  - Graphische Benutzeroberfläche (***GUI*** = Graphical User Interface)
- Populäre Beispiele: Unix und dessen Derivate (Linux, BSD,. . . ), Windows, MacOS

## 3.4 Betriebsysteme (BS)

**Benutzer:** Unterschiedliche Form der Nutzung eines Rechners:

- ***Single-User***: Nur ein Nutzer nutzt Rechner/Programm zur Zeit
- ***Multi-User***: *Quasi-gleichzeitige* Nutzung durch mehrere Nutzer
- ***Remote-User***: Nutzer arbeitet transparent auf entferntem Rechner

**Dateisystem:** ❍ Logische, i.a. hierarchische Verwaltungsstruktur für Dateien

- ❍ Rechteverwaltung („Welcher Nutzer darf was?“)
- ❍ Datensicherheit z.B. bei Systemabstürzen

**Multi-Tasking:** Verschiedene Programm laufen *quasi-gleichzeitig* ab

- ❍ BS teilt Programmen Ressourcen mehrere Zeitscheiben zu
- ❍ BS lagert Programme mit Daten in CPU & Hauptspeicher ein bzw. aus

**Multiprocessing:** Echte Parallelverarbeitung mit mehreren Prozessoren



## 3.4 Betriebsysteme (BS) ...

**MS Windows**

**1990:** Windows 3.0; erste multitasking-fähige Version

**bis 2001:** Windows 95, Windows NT, Windows 98, Windows 2000

- ❍ zunehmende Stabilität und Hardwareunterstützung
- ❍ Client-Server-Anwendungen

**Windows XP:** Ansatzweise Multi-User und Remote-User

**Stärken und Schwächen:** (unvollständig)

- ❍ geringe Einstiegshürde für Anfänger, stark im Clientbereich
- ❍ sehr gute Hardwareunterstützung, gute Systemstabilität
- ❍ viel Anwendersoftware, meistens allerdings kostenpflichtig

**Unix/Linux**

**1970er:** Entwicklung von Unix als multi-tasking, multi-user BS auf Basis von C

**1980er:**
- ❍ Entwicklung von X-Windows als Graphische Benutzeroberfläche (GUI) für Netzwerk-User
- ❍ Integration von Netzwerkdiensten (TCP/IP)

**1991:** Linus Torwald arbeitet an freiem Betriebssystem für PCs (Linux)

**Stärken und Schwächen:** (unvollständig)
- ❍ früher höhere, heute auch geringe Einstiegshürde, stark im Serverbereich
- ❍ sehr gute Systemstabilität, zeitlich verzögerte Hardwareunterstützung
- ❍ viele freie Anwendersoftware
- ❍ viele Distributions-Derivate (SuSE, RedHat, Debian, . . . )