

# Systemprogrammierung

Zwischenbilanz

12. Dezember 2009

## Überblick

8 Zwischenbilanz

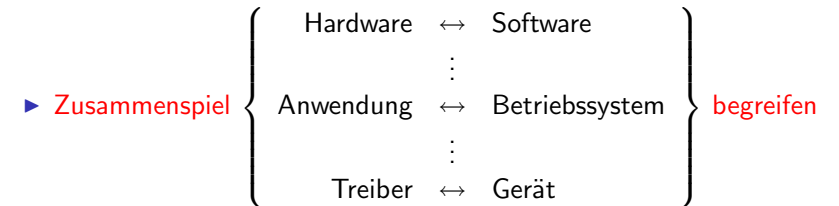
### Zwischenbilanz

- Lehrveranstaltungskonzept
- Einleitung
- Organisation von Rechensystemen
- Betriebsarten
- Funktionale Abstraktionen
- Ausblick

## Lernziele und Lehrinhalte

Grundlagen von Betriebssystemen

Vorgänge innerhalb von Rechensystemen **ganzheitlich** verstehen



Grundzüge der **imperativen Systemprogrammierung** (in C) selbst erleben

- im Kleinen praktizieren  $\rightarrow$  Dienstprogramme
- im Großen erfahren  $\rightarrow$  Betriebssysteme

## Motivation

Rückgrat eines jeden Rechensystems

Betriebssysteme sind **unerlässliches Handwerkszeug** der Informatik  
**nicht alle** müssen ein solches Handwerkszeug bauen/pflegen können  
**alle** müssen jedoch mit dem Begriff/Produkt umgehen können

Betriebssysteme zu verstehen hilft, **Phänomene zu begreifen**

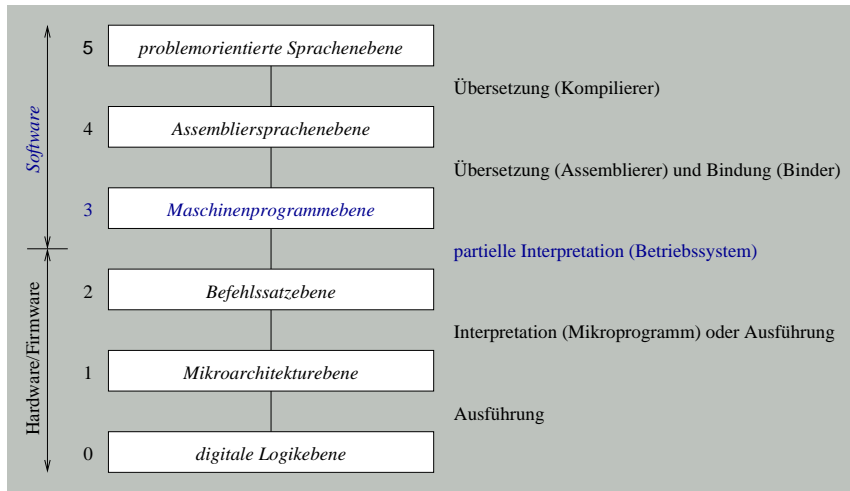
- unterschiedliches Systemverhalten erklären zu können
- Eigenschaften und Fehlern auseinanderhalten zu können

Betriebssysteme müssen immer im **Anwendungskontext** beurteilt werden

- kein einzelnes System ist für alle möglichen Zwecke optimal geeignet

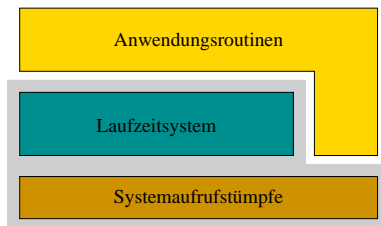
# Strukturierte Organisation von Rechensystemen

Betriebssystem als **abstrakter Prozessor** für Programme der Ebene<sub>3</sub>



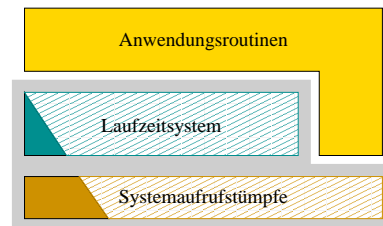
# Organisation von Maschinenprogrammen

Logische Struktur: statische vs. dynamische Bibliotheken



statische Bibliothek

- ▶ Laufzeit einsparen
- ▶ vollständige Programme
- ▶ Binder & Lader



dynamische Bibliothek

- ▶ Hintergrundspeicher einsparen
- ▶ unvollständige Programme
- ▶ bindender Lader

# Unterbrechungen und Ausnahmesituationen

Teilinterpretation

**Programmunterbrechungen** zeigen Ausnahmebedingungen an und bedeuten die **partielle Interpretation** von Maschinenprogrammen:

**Trap** synchron, vorhersagbar, reproduzierbar

**Interrupt** asynchron, unvorhersagbar, nicht reproduzierbar

- ▶ macht determinierte Programme nicht-deterministisch
- ▶ **Nebenläufigkeit, kritischer Abschnitt**

**Ausnahmebehandlung** bringt Kontextwechsel mit sich, die **abrupte Zustandswechsel** das ausführenden Prozessors bewirken:

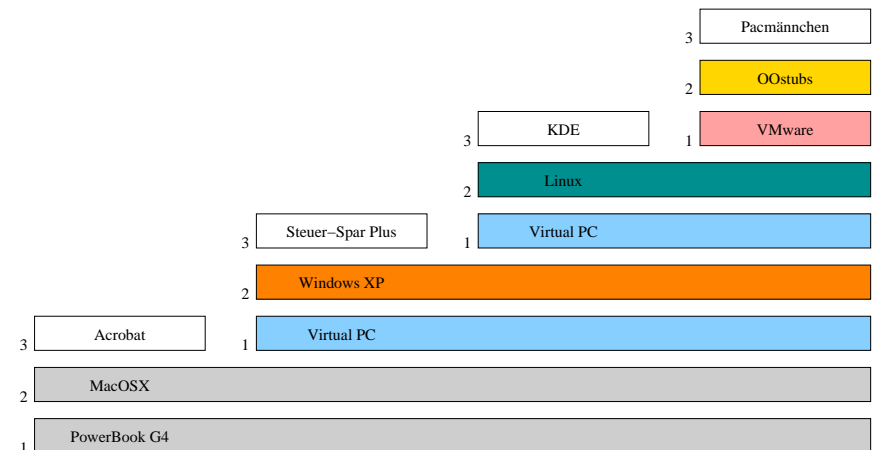
- ▶ vom unterbrochenen Programm zum behandelnden Programm ↓ BS
- ▶ vom behandelnden Programm zum unterbrochenen Programm BS ↑

Hardware und Software sind (funktional) äquivalent: **Emulation**

- ▶ die Nachahmung der Eigenschaften von Hardware durch Software

# Hierarchie virtueller Maschinen

Selbstvirtualisierung durch Teilinterpretation



## Stapelbetrieb

### Stapelsysteme

abgesetzter Betrieb Satellitenrechner, Hauptrechner

- ▶ Entlastung durch Spezialrechner

überlappte Ein-/Ausgabe DMA, *Interrupts*

- ▶ nebenläufige Programmausführung

überlappte Auftragsverarbeitung Einplanung, Vorriff

- ▶ Verarbeitungsstrom von Aufträgen

abgesetzte Ein-/Ausgabe *Spooling*

- ▶ Entkopplung durch Pufferbereiche

Mehrprogrammbetrieb *Multiprogramming*

- ▶ Multiplexen der CPU

☞ programmiertes dynamisches Laden von Überlagerungen (*Overlays*)

## Mehrzugangsbetrieb

### Interaktive Systeme

Dialogbetrieb Dialogstationen

- ▶ mehrere Benutzer gleichzeitig bedienen können

Hintergrundbetrieb Mischbetrieb

- ▶ Programme im Vordergrund starten

Teilnehmerbetrieb Zeitscheibe, *Timesharing*

- ▶ eigene Dialogprozesse absetzen können

Teilhaberbetrieb residente Dialogprozesse

- ▶ sich gemeinsame Dialogprozesse teilen können

Multiprozessorbetrieb Parallelrechner, SMP

- ▶ Parallelverarbeitung von Programmen

☞ Umlagerung (*Swapping*) kompletter Programme, virtueller Speicher

## Netzbetrieb

### Verteilte Systeme

- ▶ als Einzelsystem präsentierter Zusammenschluss vernetzter Rechner
- ▶ Virtualisierung der im Rechnerverbund verfügbaren Betriebsmittel

Fehlerverarbeitung erkennen, maskieren, tolerieren

- ▶ Ausfälle vernetzter Rechensysteme sind partiell

Transparenz insb. Netzwerktransparenz

- ▶ Zugriffs- + Ortstransparenz: **Prozedurfernaufruf**

Sicherheit Vertraulichkeit, Integrität, Verfügbarkeit

- ▶ Eigenwert von Informationen sichern

☞ Diensteschicht (*Middleware*) zum netzwerkzentrischen Rechnerbetrieb

## Integrationsbetrieb

### Eingebettete Systeme

Jedes in einem Produkt versteckte Rechensystem, wobei das Produkt selbst jedoch kein Rechner ist:

- ▶ Haushaltsgeräte, Audio-/Videogeräte, (Mobil-) Telefone, ...
- ▶ Fahrzeuge (Schiff, Bahn, Auto) und Flugzeuge

Spezialzweckbetrieb: Betriebssystem und Anwendungsprogramm(e) sind mit- bzw. ineinander (in funktionaler Hinsicht) verwoben

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{[verteiltes]} \quad \textit{grid} \\ \text{[durchdringendes]} \quad \textit{pervasive} \\ \text{[allgegenwärtiges]} \quad \textit{ubiquitous} \end{array} \right\} \textit{computing} \implies \textit{ambient intelligence}$$

## Echtzeitbetrieb

Zeitabhängige Systeme

- ▶ die im Rechner verwendetete Zeitskala muss mit der durch die Umgebung vorgegebenen identisch sein
- ▶ **Zeit ist keine intrinsische Eigenschaft des Rechnersystems**

**weich** auch „schwach“ ..... *soft*

- ▶ Terminverletzung ist tolerierbar

**fest** auch „stark“ ..... *firm*

- ▶ Terminverletzung ist tolerierbar, führt zum Arbeitsabbruch

**hart** auch „strikt“ ..... *hard*

- ▶ Terminverletzung ist keinesfalls tolerierbar, Ausnahmefall

☞ **querschneidender Belang** der gesamten Systemsoftware + Anwendung

## Adressraum

Ausführungs- und Schutzdomäne von Programmen

**physikalischer Adressraum** (Hardware) ..... **Ebene<sub>2</sub>**

- ▶ ist durch die jeweils gegebene Hardwarekonfiguration definiert
- ▶ nicht jede Adresse ist gültig, zur Programmspeicherung verwendbar

**logischer Adressraum** (Kompilierer, Binder, Betriebssystem) . **Ebene<sub>5/4/3</sub>**

- ▶ abstrahiert von Aufbau/Struktur des Haupt- bzw. Arbeitsspeichers
- ▶ alle Adressen sind gültig und zur Programmspeicherung verwendbar

**virtueller Adressraum** (Betriebssystem) ..... **Ebene<sub>3</sub>**

- ▶ auf Vorder- und Hintergrundspeicher abgebildeter log. Adressraum
- ▶ erlaubt die Ausführung unvollständig im RAM liegender Programme

## Speicher

Zusammenspiel aneinander angepasster Funktionen zu gegenseitigem Nutzen

**Laufzeitsystem** (bzw. Bibliotheksebene) verwaltet den lokal vorrätigen Speicher eines logischen/virtuellen Adressraums

- ▶ Speicherblöcke können von sehr feinkörniger Struktur/Größe sein
  - ▶ einzelne Bytes bzw. Verbundobjekte
- ▶ Verfahrensweisen orientieren sich (mehr) an Programmiersprachen

**Betriebssystem** verwaltet den global vorrätigen Speicher (d.h. den bestückten RAM-Bereich) des physikalischen Adressraums

- ▶ Speicherblöcke sind üblicherweise von grobkörniger Struktur/Größe
  - ▶ z.B. eine Vielfaches von Seiten
- ▶ Verfahrensweisen fokussieren auf Benutzer- bzw. Systemkriterien

## Datei

Abstraktion von Informationen (über-) tragenden Betriebsmitteln

**Aufbewahrungsmittel** für zu speichernde Informationen

- ▶ kurz-, mittel-, langfristige Speicherung
- ▶ bleibende Speicherung (persistente Daten)

**Kommunikationsmittel** für kooperierende Prozesse

- ▶ gemeinsamer (externer) Speicher
- ▶ Weiterleitung von Informationen

**Abstraktionsmittel** für den Betriebsmittelzugang

**Hardware** CPU, RAM, Peripherie, ...

**Software** Adressräume, Prozessinstanzen, ...

**Abbildung** symbolische Adresse  $\mapsto$  numerische Adresse:

- ▶ einen Dateinamen auf eine Dateikopfnummer abbilden
- ▶ ein Dateiverzeichnis (auch) als Umsetzungstabelle verstehen

## Namensraum

Namen Kontexte zuordnen

Namensräumen eine Struktur aufprägen und dadurch einem Namen in „benutzerfreundlicher Weise“ eine eindeutige Bedeutung geben können:

**flache Struktur** eines einzigen Kontextes

**hierarchische Struktur** mehrerer Kontexte (d.h. flacher Strukturen)

- ▶ **hierarchischer Namensraum**
  - ▶ Pfadnamen zur Navigation im Namensraum
  - ▶ spezielle Kontexte (UNIX-artiger Systeme)
  - ▶ Bindung und Auflösung von Namen
- ▶ **Hierarchie von Namensräumen**
  - ▶ montieren von Dateisystemen

Dateisysteme und Namensräume sind (logisch) zwei verschiedene Dinge:

- ▶ das eine organisiert den Hintergrundspeicher (zur Dateiablage)
- ▶ das andere dient der Identifikation von Objekten (nicht nur Dateien)

## Prozess

Abstraktes Gebilde vs. Identität einer Programmausführung

**Gewichtsklasse** eine Frage der Isolation von Adressräumen

**Federgewicht** keine Isolation

- ▶ der „reine“ Kontrollfluss: Faden

**Leichtgewicht** vertikale Isolation

- ▶ vom Betriebssystemadressraum

**Schwergewicht** horizontale Isolation

- ▶ von allg. Programmadressräumen

**Einplanung** Reihenfolgen festlegen, Aufträge sortieren

- ▶ Ablaufplan zur Betriebsmittelzuteilung erstellen
- ▶ Ablaufzustände von Prozessen fortschreiben

☞ charakteristische Eigenschaften der Einplanung/Einlastung von UNIX

## Koordinationsmittel

Sequentialisierung nicht-sequentieller Programme

**Semaphor** abstrakter Datentyp zur Signalisierung von Ereignissen

- ▶ unteilbare Operationen auf eine Koordinationsvariable
  - ▶ **P** und **V** manipulieren eine nicht-negative ganze Zahl
- ▶ zur blockierenden Synchronisation gleichzeitiger Prozesse

**Botschaft** Synchronisation kombiniert mit Datentransfer

- ▶ Primitiven (Semantiken) zum Botschaftenaustausch
  - ▶ {*no-wait, synchronization, remote-invocation*} *send*
- ▶ Rollenspiele bei der Interprozesskommunikation
  - ▶ gleich- vs. ungleichberechtigte Kommunikation
- ▶ Kommunikationsendpunktadressen und Verbindungen

Betriebsmittel vs. synchrone/asynchrone bzw. blockierende IPC:

**konsumierbares Betriebsmittel** Nachricht (bzw. Botschaft)

**wiederverwendbares Betriebsmittel** Nachrichtenpuffer

## Vertiefung

Ausgewählte Kapitel der Systemprogrammierung

**Prozessverwaltung** ≈ 3 Termine

- ▶ Einplanung (klassisch, Fallstudien)
- ▶ Koroutinen, Einlastung

**Koordination** ≈ 3 Termine

- ▶ ein-/mehreseitig, blockierend/nicht-blockierend
- ▶ Verklemmung

**Speicherverwaltung** ≈ 3 Termine

- ▶ Adressräume, MMU (Pentium)
- ▶ Disziplinen, virtueller Speicher

**Dateiverwaltung** ≈ 2 Termine

- ▶ Organisation des Hintergrundspeichers, RAID