

# Rekapitulation

Wir haben . . .

- ☞ aus der Geschichte gelernt . . . . . X Kap. 3
- ☞ Betriebssysteme „von aussen“ betrachtet . . . . . X Kap. 4
- ☞ einen „Hauch“ von Softwaretechnik „eingeatmet“ . . . . . X Kap. 5
- ☞ Betriebssysteme „innen“ schichtenweise durchleuchtet . . . . . X Kap. 6 – 11

## Aus der Geschichte gelernt . . .

### Betriebsarten von Rechensystemen nach Generationen

- |  |      |
|--|------|
| 1. Stapelbetrieb   | 1945 |
| 2. <i>off-line</i> -, Echtzeitbetrieb  | 1955 |
| 3. <i>spooling</i> , Mehrprogramm-, Dialog-, Hintergrund-, Multiprozessorbetrieb | 1965 |
| 4. Teilnehmerbetrieb, Selbstvirtualisierung                                      | 1975 |
| 5. Netzwerk-, Integrationsbetrieb  | 1985 |

### Vielfalt je nach Anforderungen und Anwendung

- Betriebssysteme sind weit mehr als UNIX & Co bzw. Windows
- verteilte eingebettete „ambient intelligente“ Systeme setzen neue Maßstäbe

## Betriebssysteme „von aussen“ betrachtet . . .

**Adressraum** von Programmen; physikalisch, logisch, virtuell

**Speicher** im Vorder- und Hintergrund

**Datei** als zusammenhängende, abgeschlossene Einheit von Daten

- Art, Bezeichnung, Verzeichnis, Speicherung, System, Referenz
- Namen, Namensraum, Namensauflösung

**Prozess** ein Programm in Ausführung; Inkarnation, Einplanung

- feder-, leicht-, schwergewichtiger Prozess

## Einen „Hauch“ von Softwaretechnik „eingeatmet“ . . .

**semantische Lücke** zwischen Software und Hardware

**Mehrebenenmaschinen** zusammengesetzt aus virtuellen Maschinen

- Assemblersprachen-, problemorientierte Sprachenebene
- Maschinenprogramm-/Betriebssystemebene, *partielle Interpretation*
- Programmunterbrechung (*trap*, *interrupt*), Ausnahmen
- Überlappung/Nebenläufigkeit, Selbstvirtualisierung, Emulation

**Hierarchie** in Softwaresystemen

- funktionale-, Modul-, Benutzthierarchie

## Betriebssysteme „innen“ schichtenweise durchleuchtet . . .

➡ Prozessverwaltung .....	✗ Kap. 6
➡ Koordination nebenläufiger Prozesse .....	✗ Kap. 7
➡ Interprozesskommunikation .....	✗ Kap. 8
➡ Verklemmung .....	✗ Kap. 9
➡ Prozesseinplanung .....	✗ Kap. 10
➡ Speicherverwaltung .....	✗ Kap. 11

## Prozessverwaltung

**Inkarnation** Prozessdeskriptor und -identifikation

- Umschalteinheit „Koroutine“ vs. Einplanungseinheit „Faden“

**Fadenverläufe** Rechenphase (CPU-Stoß) und Blockadephase (E/A-Stoß)

- Leistungsoptimierung, Zwangsserialisierung, CPU-Schutz

**Einplanung** lang-, mittel-, kurzfristig arbeitende Strategien

- kooperativ/präemptiv, deterministisch/probabilistisch, statisch/dynamisch
- Dimensionen, benutzer-/systemorientierte Kriterien vs. Betriebsarten

**Abfertigung** Buchführung des aktuellen Fadens, Aspekt der Verdrängung

# Koordination nebenläufiger Prozesse

**Synchronisation** intra-/interprozess, ein- vs. mehrseitig

- Bedingungssynchronisation, gegenseitiger Ausschluss; {,nicht-}blockierend
- Spezialbefehle: TAS, CAS, CAS2 (DCAS), CMPXCHG, LL/SC

**kritischer Abschnitt** Ein-/Austrittsprotokoll, „Wartearten“, Betriebsmittel

- Schlossvariable, Bedingungsvariable, (binärer/zählender) Semaphore
- Monitor, Signalisierung (Semantiken), Hansen vs. Hoare

**Dualität** von Koordinierungstechniken, Theorie vs. Praxis

- Aspekte Leistung, Robustheit, Einplanung und Verklemmung

## Interprozesskommunikation

**Primitiven** zum Nachrichten-/Botschaftenaustausch

- Datentransfer *und* Synchronisation, (selektives) Senden/Empfangen

**Modelle** gleichberechtigt vs. ungleichberechtigt (Klienten/Anbieter)

- Botschaft, Prozedurfernaufruf, Rendezvous

**Verläufe** synchron, asynchron, zuverlässig; {,nicht-}blockierend

- konsumierbare Betriebsmittel in wiederverwendbaren (Puffer) transportieren

**Kanäle** Port, Briefkasten (*mailbox*), Verbindung

# Verklemmung

**Bedingungen** *deadlock* („gutartig“) vs. *livelock* („böartig“)

- exklusive Belegung, Nachforderung, kein Entzug; zirkulares Warten

**Vorbeugung** (*prevention*) *Regeln* entkräften mind. eine der vier Bedingungen

**Vermeidung** (*avoidance*) eine *Bedarfsanalyse* entkräftet zirkulares Warten

- sicherer vs. unsicherer Zustand, Betriebsmittelbelegungsgraph

**Erkennung** (*detection*) nichts entkräften, auf zirkulares Warten prüfen

- Wartegraph, Auflösung (Prozessabbruch, Betriebsmittelentzug)

# Prozesseinplanung

**Abfertigungszustände** kurz-, mittel-, langfristige Einplanung

- erzeugt, (schwebend) bereit/blockiert, laufend, gestoppt, beendet
- Zustandsübergänge und Einplanungs-/Auswahlzeitpunkt

**Einplanungsverfahren** „Klassiker“ und Fallstudien (UNIX, NT, Linux, MacOS)

- gerecht, zeitscheibenbasiert, prioritätssetzend, mehrstufig
- kombinierte Verfahren (☞ „Eier legende Wollmilchsau“)
- Zuordnung zu Klassifikationsmerkmalen (X 12-6)

**Vergleich** Einplanungseinheit, Echtzeitfähigkeit, Ablaufinvarianz

# Speicherverwaltung

**Adressräume** physikalische, logische, virtuelle; Adressumsetzung/-abbildung

- Seiten, Seitenrahmen (Kacheln), Segmente, Deskriptoren, Zugriffsfehler

**Platzierungsstrategie** wohin? *best/worst/first/next-fit, buddy*

- Bitkarte, Liste; Fragmentierung, Verschmelzung, Kompaktifizierung

**Ladestrategie** wann? Einzelanforderung, Vorausladen, Vorabruf

**Ersetzungsstrategie** welche? OPT, FIFO, LFU/MFU, LRU

- Freiseitenpuffer, Seitenanforderung, Einzugsbereich (global/lokal)
- Seitenflattern (*thrashing*), Arbeitsmenge (*working set*)

## Resümee



Wir konnten nicht im Detail besprechen . . .

- ☞ Dateisysteme und Ein-/Ausgabe
- ☞ Zugriffsschutz, Programmverwaltung und Systemaufrufe

Themen und Funktionen, die leider nur angerissen werden konnten (X Kap. 4)

**Schlüsseltechnologie** „Betriebssysteme“

- als *Vorreiter* vieler Konzepte der Informatik
- sorgt für die *Betriebsmittelverwaltung* eines Rechners
- liefert *Strukturierungshilfen* für die (Anwendungs-/System-) Software
- stellt Programmen höherer Ebenen *Programmiermodelle* zur Verfügung

☞ ein Betriebssystem ist (nach wie vor) das „**Getriebe**“ eines Rechensystems