

Überblick

Zwischenbilanz

Lehrveranstaltungskonzept

Einleitung

Virtuelle Maschinen

Betriebsarten

Betriebssystemabstraktionen

Ausblick

Lernziele und Lehrinhalte

Grundlagen von Betriebssystemen

Vorgänge innerhalb von Rechensystemen **ganzheitlich** verstehen



Grundzüge der imperativen Systemprogrammierung (in C) selbst erleben

- im Kleinen praktizieren → Dienstprogramme
- im Großen erfahren → 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**

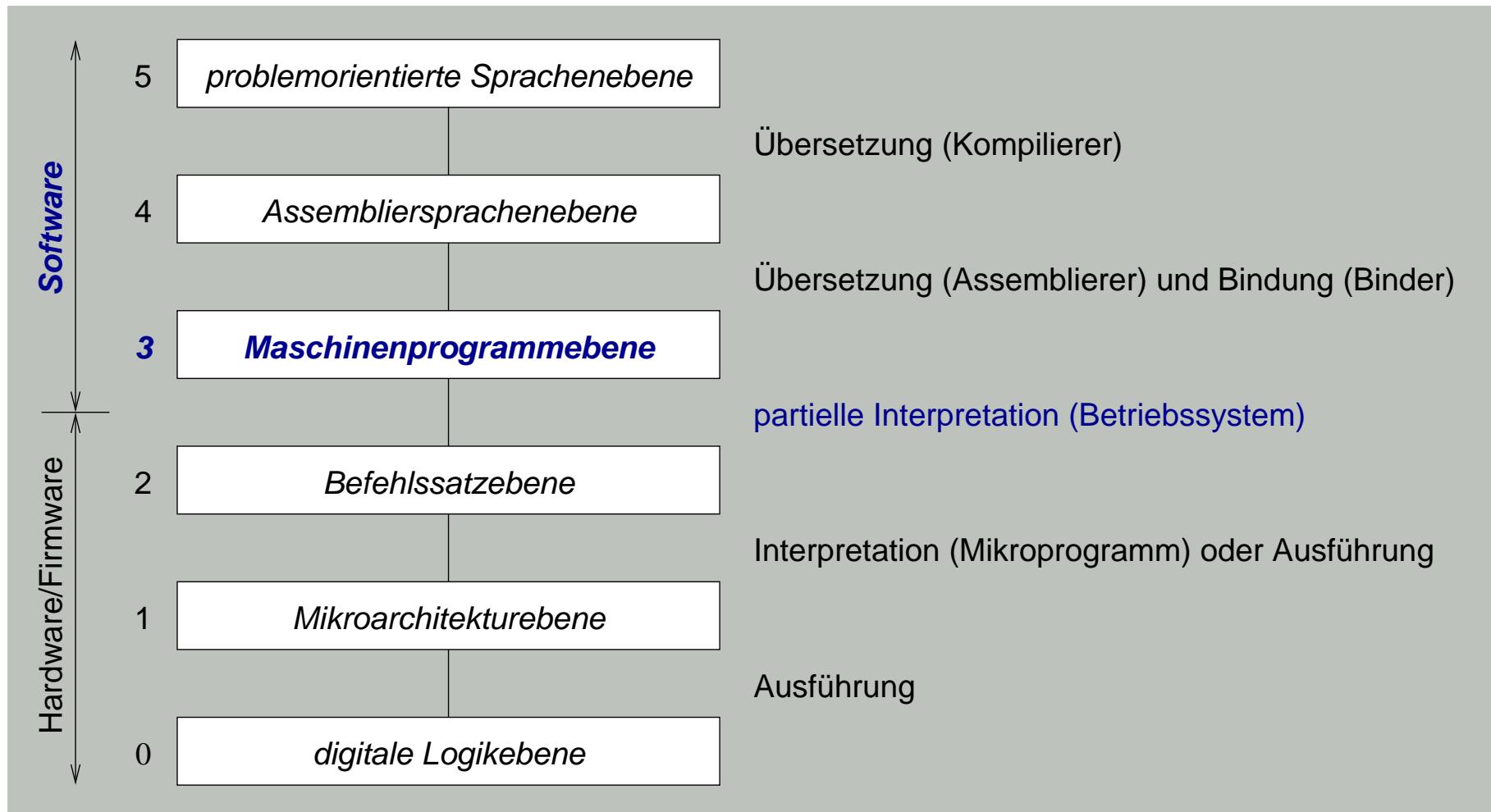
- ▶ unterschiedliches Systemverhalten erklären zu können
- ▶ Eigenschaften und Fehlern auseinanderhalten zu können

Betriebssysteme müssen immer im **Anwendungskontext** beurteilt werden

- ▶ kein einzelnes System ist für alle möglichen Zwecke optimal geeignet

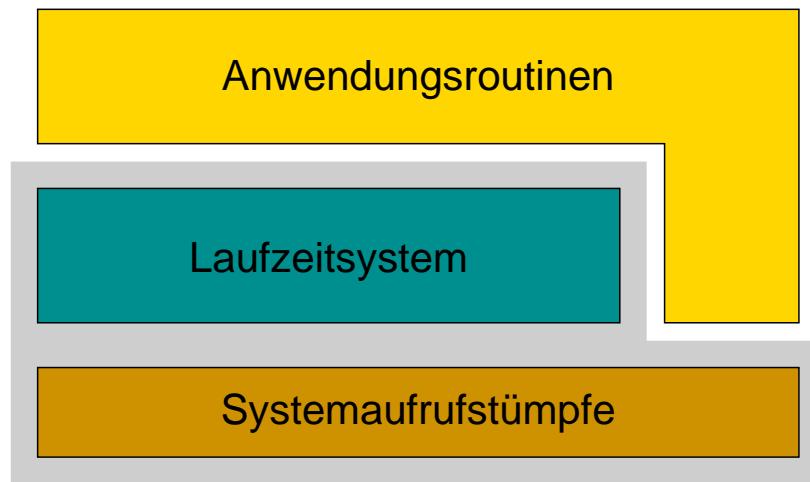
Strukturierte Organisation von Rechensystemen

Betriebssystem als **abstrakter Prozessor** für Programme der Ebene 3



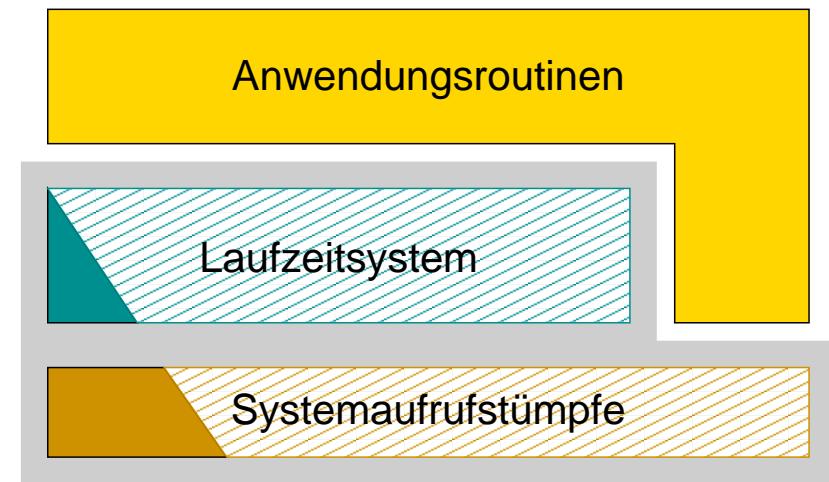
Organisation von Maschinenprogrammen

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:

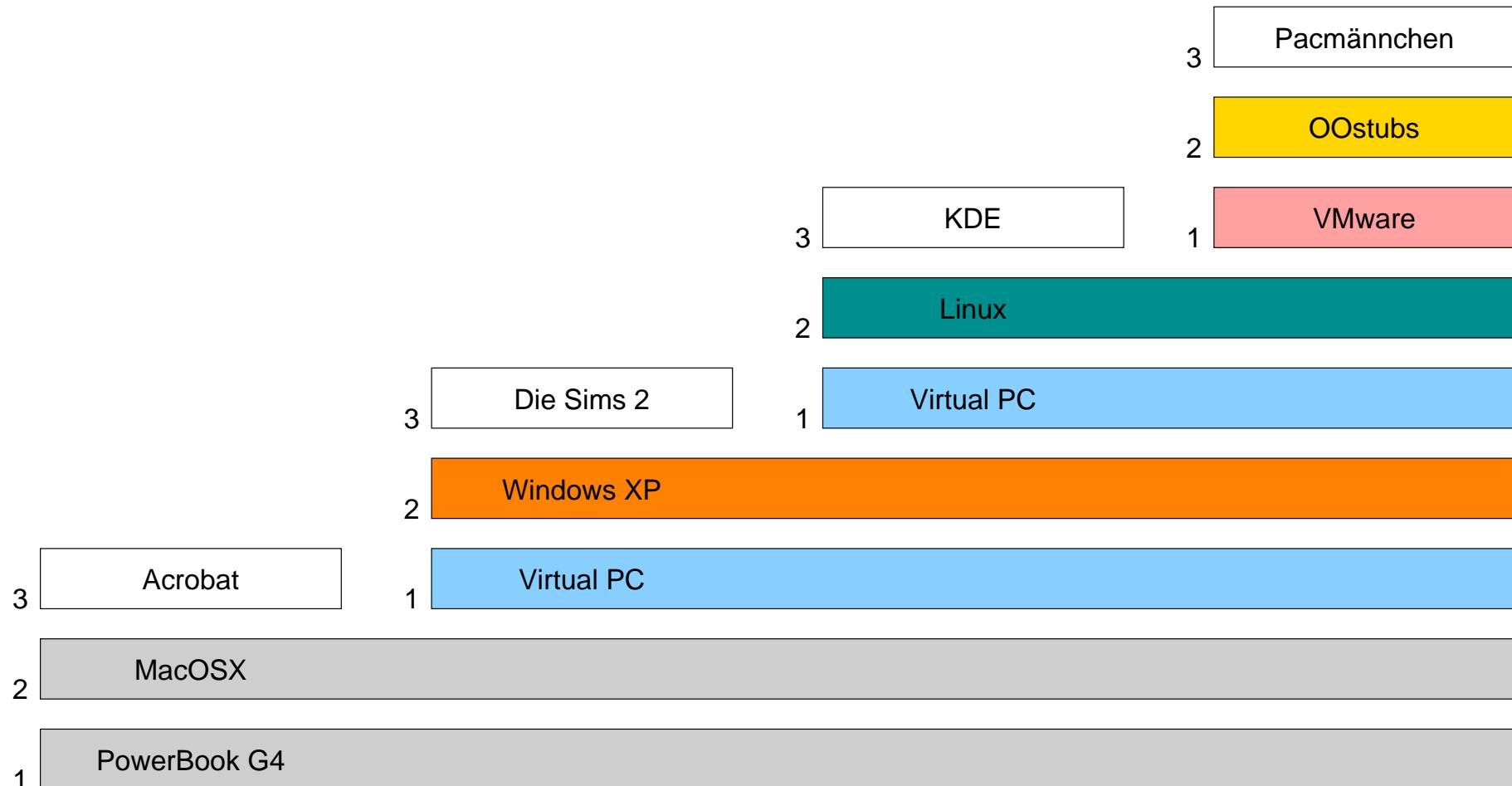
- ▶ vom unterbrochenen Programm zum behandelnden Programm ↓ BS
- ▶ vom behandelnden Programm zum unterbrochenen Programm BS↑

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, Vorgriff

- ▶ 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 und **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- und Ortstransparenz: **Prozedurfernauftrag**

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

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

Echtzeitbetrieb

Zeitabhängige Systeme

- ▶ die im Rechensystem verwendete Zeitskala muss mit der durch die Umgebung vorgegebenen identisch sein
- ▶ der Begriff „Zeit“ ist keine intrinsische Eigenschaft des Rechensystems

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

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

Adressraum

Ausführungs- und Schutzdomäne von Programmen

physikalischer Adressraum (Hardware) Ebene 2

- ▶ ist durch die jeweils gegebene Hardwarekonfiguration definiert
- ▶ nicht alle Adressen sind gültig, zur Programmspeicherung verwendbar

logischer Adressraum (Kompilierer, Binder, Betriebssystem) ... Ebene 5/4/3

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

virtueller Adressraum (Betriebssystem) Ebene 3

- ▶ 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
- ▶ Röhre zum Informationsaustausch

Abstraktionsmittel für den Betriebsmittelzugang

Hardware CPU, RAM, Peripherie, ...

Software Adressräume, Prozessinstanzen, ...

Abbildung symbolische Adresse \mapsto numerische Adresse:

- ▶ einen Dateinamen auf 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-ähnlicher 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 Dateiallage)
- ▶ 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 anderen 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 KW 26 (\approx 2 Termine)

- ▶ Einplanung (klassisch, Fallstudien), Einlastung

Koordination KW 27 (\approx 2 Termine)

- ▶ ein-/mehrseitig, blockierend/nicht-blockierend

Speicherverwaltung KW 28 (\approx 2 Termine)

- ▶ Disziplinen, MMU (Pentium), virtueller Speicher

Dateiverwaltung KW 29 (\approx 2 Termine)

- ▶ Organisation des Hintergrundspeichers, RAID

... und falls noch Zeit übrig geblieben sein sollte:

Sicherheit KW 30 (\approx 1 Termin)

- ▶ Befähigung, Zugriffskontrollliste

Architektur KW 30 ($\approx \frac{1}{2}$ Termin)

- ▶ Monolith, geschichtetes System, Minimalkerne