Vorlesung

Systemprogrammierung I

Wintersemester 2002/2003

A Organisatorisches

1 Dozent

- Prof. Dr. F. Hofmann
- Lehrstuhl für Verteilte Systeme und Betriebssysteme,
Informatik 4 (Prof. Dr. F. Hofmann, Prof. Dr. Schröder-Preikschat)
  - E-mail: fhofmann@informatik.uni-erlangen.de

2 Übungsbetreuung

- Dipl.-Inf. Meik Felser — felser@informatik.uni-erlangen.de
- Dr.-Ing. Jürgen Kleinöder — kleinoeder@informatik.uni-erlangen.de
- Dipl.-Inf. Christian Wawersich — wawersich@informatik.uni-erlangen.de
- Studentische Hilfskräfte

3 Studiengänge

★ Diplomstudiengang Informatik (3. Sem.)

★ Lehramtstudium Informatik

★ Bachelorstudiengang Computational Engineering (3. Sem.)

★ Diplomstudiengang Wirtschaftsinformatik (ab 5. Sem.)

★ Bachelorstudiengang Mathematik mit Schwerpunkt Informatik (3. Sem.)

★ Magisterstudiengang Linguistische Informatik (3. Sem.)

★ Bachelorstudiengang Linguistische Informatik (5. Sem.)

- Vorlesung und Übung
  - Anrechenbare SWS: 4 SWS Vorlesung, 4 SWS Übungen

4 Inhalt

- Vorlesung
  - Grundlagen der Betriebssysteme (eingeschränkt auf Monoprozessoren)
  - Konzepte moderner Betriebssysteme
  - Beispielhafte Betrachtung von UNIX, Linux, Windows, Windows NT/2000
- Übungen
  - Umgang mit den in der Vorlesung vorgestellten Betriebssystemkonzepten
  - Betriebssystemschnittstelle des UNIX/Linux-Betriebssystems (POSIX)
  - Umgang mit sogenannten *System-Calls*
  - Praktische Arbeiten: Ausprogrammieren von Übungsaufgaben in der Programmiersprache C

5 Vorlesung

- Termine: Mo. von 10.15 bis 11.45 im H7
  Do. von 16.15 bis 17.45 im H7
- Skript
  - zwei Alternativen:
    - Folien der Vorlesung werden im WWW zur Verfügung gestellt und können selbst ausgedruckt werden
      (Vorteil: evtl. Farbe)
    - Folien werden kopiert und vor der Vorlesung ausgegeben; Gutscheinverkauf, Kosten 5,00 EUR für knapp 600 Folien auf ca. 150 S.
      (Vorteil: das Ausdrucken wird nicht vergessen)
  - weitergehende Informationen zum Nachlesen findet man am Besten in der angegebenen Literatur

5 Vorlesung (2)

- URL zur Vorlesung
  - http://www4.informatik.uni-erlangen.de/Lehre/WS02/V_SP1/
  - hier findet man Termine, Folien zum Ausdrucken und Zusatzinformationen
- Literatur
  - A. Silberschatz; P. B. Galvin; G. Gagne: Operating System Concepts, Sixth Edition. John Wiley 2003.
  - A. S. Tanenbaum: *Modern Operating Systems*, Second Edition, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 2001.
  - R. W. Stevens: *Advanced Programming in the UNIX Environment*. Addison-Wesley, 1992.

5 Vorlesung (3)

- Rückmeldungen und Fragen
  - Geben Sie mir Rückmeldungen über den Stoff. Nur so kann eine gute Vorlesung entstehen.
  - Stellen Sie Fragen!
  - Machen Sie mich auf Fehler aufmerksam!
  - Nutzen Sie außerhalb der Vorlesung die Möglichkeit, elektronische Post zu versenden: fhofmann@informatik.uni-erlangen.de !

6 Übungen

- Übungsbeginn ist Montag, 21. Oktober 2002

- In der Woche vom 21. bis 25. Oktober 2002
  - ◆ Tafelübungen in Großgruppen
  - ◆ Termine
    - Mo. 10.15 – 11.45 im H7 (anstelle Vorlesung)
    - Di. 16.00 – 17.30 im H7
    - Do. 16.15 – 17.45 im H7 (anstelle Vorlesung)

6 Übungen (2)

- Danach
  - ◆ Beginn von Übungen in Kleingruppen

- Aufteilung
  - ◆ Tafelübung – 2 SWS
  - ◆ Rechnerübung – 2 SWS

- Anmeldung zur Übung und Einteilung in die Übungsgruppen
  - ◆ „login: span“ an allen CIP-Workstations der Informatik
  - ◆ Login-Freischaltung ab Di. 22.10.02, 9.00
  - ◆ Benötigte Eingaben: persönliche Daten, Matrikelnummer, Termin der gewünschten Tafelübungen
  - ◆ Jede(r) bekommt einen Übungsplatz!

6.1 Tafelübungen

- Termine

  auf der Web-Seite zur Vorlesung

- Inhalt
  - Kurzeinführung in die Programmiersprache C
  - Besprechung von Übungsaufgaben
  - Klärung offener Fragen
  - Vermittlung ergänzender Informationen zur Vorlesung

6.2 Rechnerübungen

- Termine

  stehen auf der Web-Seite zur Vorlesung

- Inhalt
  - Lösung der Übungsaufgaben (durch die Studierenden)
  - Raum 01.155 ist reserviert
    (Vorrang am Rechner für Übungsteilnehmer)
  - ein Übungsleiter steht für Fragen zur Verfügung

7 Studien- bzw. Prüfungsleistungen

- keine
  - Informatik Lehramt
- Schein (unbenotet)
  - Informatik (Diplom)
  - Mathematik mit Schwerpunkt Informatik (Bachelor)
  - Linguistische Informatik (Magister, Bachelor)
- studienbegleitende Prüfung
  - Computational Engineering (Bachelor)
  - Wirtschaftsinformatik (Diplom)

7.1 Schein

★ Verpflichtende Abgabe von Übungsaufgaben
  - Abgabe erfolgt über ein spezielles Abgabeprogramm
  - Aufgaben werden auf Plausibilität geprüft und auf Abschreiben getestet
  - Aufgaben werden in Stichproben genauer analysiert

★ Klausur am Semesterende (60 min)
  - Zulassung zur Klausur nur wenn eine ausreichende Bearbeitung der Übungsaufgaben erfolgt ist (50%)
  - bei ausreichender Leistung in der Klausur wird der Schein vergeben

  - Bei guter Mitarbeit in den Übungsaufgaben ist die Klausur leicht zu bestehen.

7.2 Studienbegleitende Prüfung

★ Keine verpflichtende Abgabe von Übungsaufgaben

- aber dringend empfohlen

★ Klausur am Semesterende (120 min)

- für die Note in der Klausur werden entsprechend Leistungspunkte bzw. Credit Points vergeben

- Klausur enthält neben dem Stoff der Übungsaufgaben auch Stoff der Vorlesung, vor allem solchen, der mit den Übungsaufgaben in Zusammenhang steht.

▲ Klausurtermin für beide Klausurvarianten

- Donnerstag, ??? (kurz nach Semesterende, Sondergenehmigung für CE)

B Einführung

1 Warum Systemprogrammierung I?

- Rasche Einarbeitung in spezielle Systeme
  - MVS, BS2000, VM, Solaris, Unix, Windows NT, Windows 95/98, MS/DOS
- Strukturierung komplexer Programmsysteme
  - Unterteilung in interagierende Komponenten
- Konzeption und Implementierung spezialisierter Systeme
  - Eingebettete Systeme *(Embedded Systems)*
  - Automatisierungssysteme
- Erstellung fehlertoleranter Systeme
- Verständnis für Abläufe im Betriebssystem
  - Ökonomische Nutzung der Hardware
  - Laufzeitoptimierung anspruchsvoller Anwendungen

1.1 Phänomene der Speicherverwaltung

- Beispiel: Initialisierung von großen Matrizen
  - Variante 1:

```
#define DIM 6000

int main()
{
    register long i, j;
    static long matrix[DIM][DIM];

    for( i= 0; i< DIM; i++ )
        for( j= 0; j< DIM; j++ )
            matrix[i][j]= 1;

    exit(0);
}
```

1.1 Phänomene der Speicherverwaltung (2)

- Beispiel: Initialisierung von großen Matrizen
  - Variante 2:

```
#define DIM 6000

int main()
{
    register long i, j;
    static long matrix[DIM][DIM];

    for( j= 0; j< DIM; j++ )
        for( i= 0; i< DIM; i++ )
            matrix[i][j]= 1;

    exit(0);
}
```

  - Schleifen sind vertauscht

1.1 Phänomene der Speicherverwaltung (3)

- Messergebnisse (Sun UltraSparc 1, 128M Hauptspeicher)
  - Variante 1:
    User time= 3,69 sec; System time= 1,43 sec; Gesamtzeit= 22,03 sec
  - Variante 2:
    User time= 21,86 sec; System time= 2,33 sec; Gesamtzeit= 86,39 sec

- Ursachen
  - Variante 1 geht sequentiell durch den Speicher
  - Variante 2 greift versetzt ständig auf den gesamten Speicherbereich zu

  Beispiel: `matrix[4][4]` und die ersten fünf Zugriffe

Variante 1	1	2	3	4	5											
Variante 2	1	5			2				3				4			

1.1 Phänomene der Speicherverwaltung (4)

- Ursachen
  - Logischer Adressraum
    - Benutzte Adressen sind nicht die physikalischen Adressen
    - Abbildung wird durch Hardware auf Seitenbasis vorgenommen (Seitenadressierung)
    - Variante 2 hat weniger Lokalität, d.h. benötigt häufig wechselnde Abbildungen
  - Virtueller Speicher
    - Möglicher Adressraum ist größer als physikalischer Speicher
    - Auf Seitenbasis werden Teile des benötigten Speichers ein- und ausgelagert
    - bei Variante 2 muss viel mehr Speicher ein- und ausgelagert werden

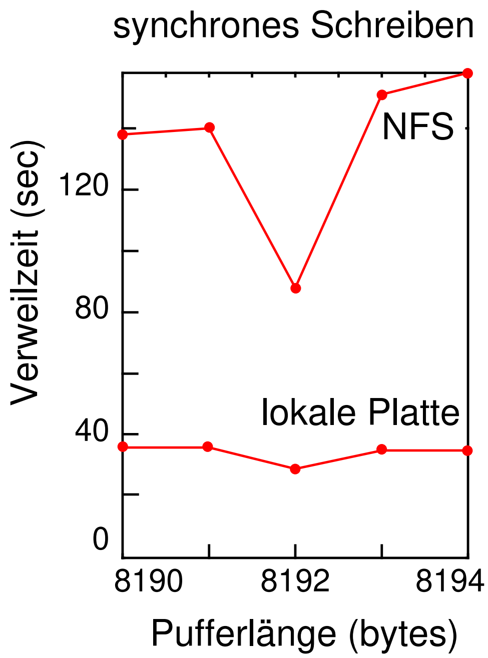
1.2 Phänomene des Dateisystems

- Beispiel: Sequentielles Schreiben mit unterschiedlicher Pufferlänge

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/stat.h>
#include <fcntl.h>
#define BUFLEN 8191

int main()
{
    static char buffer[BUFLEN];
    int i, fd= open( "filename",
                O_CREAT|O_TRUNC|O_WRONLY|O_SYNC,
                S_IRUSR|S_IWUSR );

    for( i= 0; i < 1000; i++ )
        write( fd, buffer, BUFLEN );

    exit(0);
}
```

1.2 Phänomene des Dateisystems (2)

- Messergebnisse



1.2 Phänomene des Dateisystems (3)

- Ursachen
  - Synchrones Schreiben erfordert sofortiges Rausschreiben der Daten auf Platte (nötig beispielsweise, wenn hohe Fehlertoleranz gefordert wird – Platte ist immer auf dem neuesten Stand)
  - 8192 ist ein Vielfaches der Blockgröße der Plattenblöcke
  - Kleine Abweichungen von der Blockgröße erfordern bereits zusätzliche Blocktransfers

2 Überblick über die Vorlesung

★ Inhaltsübersicht

3 Was sind Betriebssysteme?

- DIN 44300
  - „...die Programme eines digitalen Rechensystems, die zusammen mit den Eigenschaften der Rechenanlage die **Basis der möglichen Betriebsarten** des digitalen Rechensystems bilden und die insbesondere die **Abwicklung von Programmen steuern und überwachen.**“

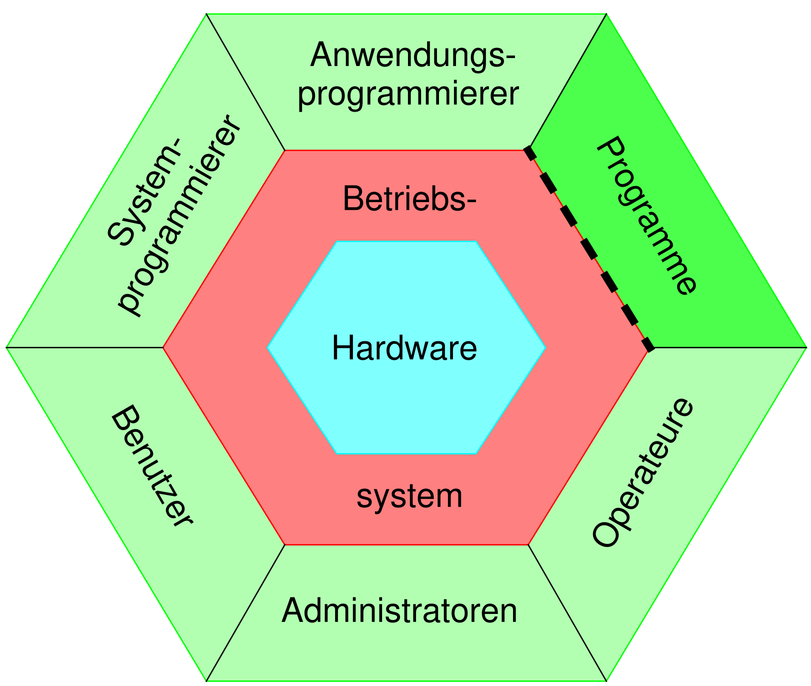
- Tanenbaum
  - „...eine Software-Schicht ..., die alle Teile des Systems verwaltet und dem Benutzer eine Schnittstelle oder eine *virtuelle Maschine* anbietet, die einfacher zu verstehen und zu programmieren ist [als die nackte Hardware].“

3 Was sind Betriebssysteme? (2)

- Silberschatz/Galvin
  - „... ein Programm, das als Vermittler zwischen Rechnernutzer und Rechner-Hardware fungiert. Der Sinn des Betriebssystems ist eine Umgebung bereitzustellen, in der Benutzer bequem und effizient Programme ausführen können.“
- Brinch Hansen
  - „... der Zweck eines Betriebssystems [liegt] in der Verteilung von Betriebsmitteln auf sich bewerbende Benutzer.“
- ★ Zusammenfassung
  - Software zur Betriebsmittelverwaltung
  - Bereitstellung von Grundkonzepten zur statischen und dynamischen Strukturierung von Programmsystemen

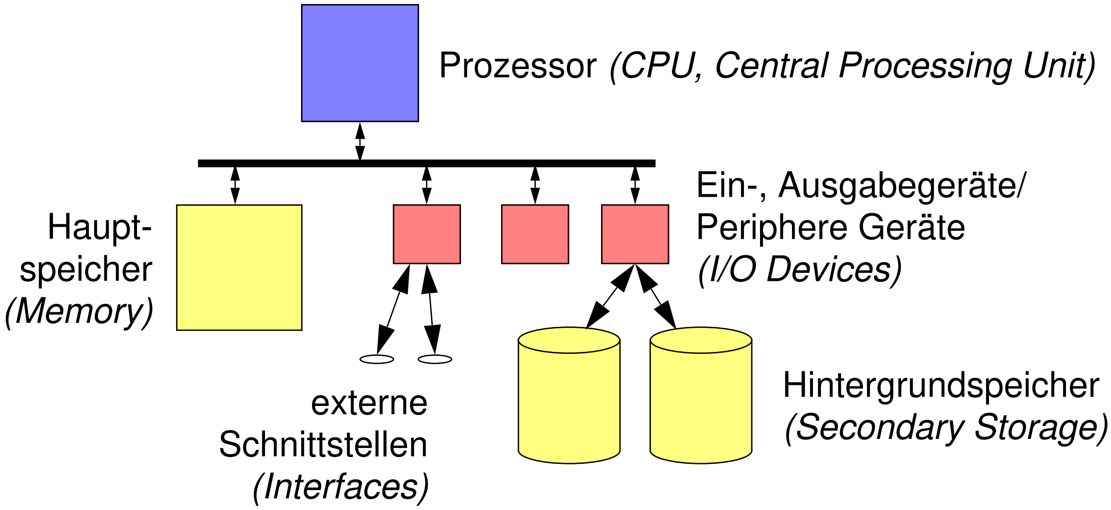
3 Was sind Betriebssysteme? (3)

- Strukturelle Einordnung



3.1 Verwaltung von Betriebsmitteln

- Betriebsmittel



3.1 Verwaltung von Betriebsmitteln (2)

- Resultierende Aufgaben
  - Multiplexen von Betriebsmitteln für mehrere Benutzer bzw. Anwendungen
  - Schaffung von Schutzumgebungen
- Ermöglichen einer koordinierten gemeinsamen Nutzung von Betriebsmitteln, klassifizierbar in
  - aktive, zeitlich aufteilbare (Prozessor)
  - passive, nur exklusiv nutzbare (periphere Geräte, z.B. Drucker u. Ä.)
  - passive, räumlich aufteilbare (Speicher, Plattenspeicher u. Ä.)
- Unterstützung bei der Fehlererholung

3.2 Schnittstellen

- Betriebssystem soll Benutzervorstellungen auf die Maschinengegebenheiten abbilden
  - Bereitstellung geeigneter Abstraktionen und Schnittstellen für

    Benutzer:
    Dialogbetrieb, graphische Benutzeroberflächen

    Anwendungsprogrammierer:
    Programmiersprachen, Modularisierungshilfen, Interaktionsmodelle (Programmiermodell)

    Systemprogrammierer:
    Werkzeuge zur Wartung und Pflege

    Operateure:
    Werkzeuge zur Gerätebedienung und Anpassung von Systemstrategien

3.2 Schnittstellen (2)

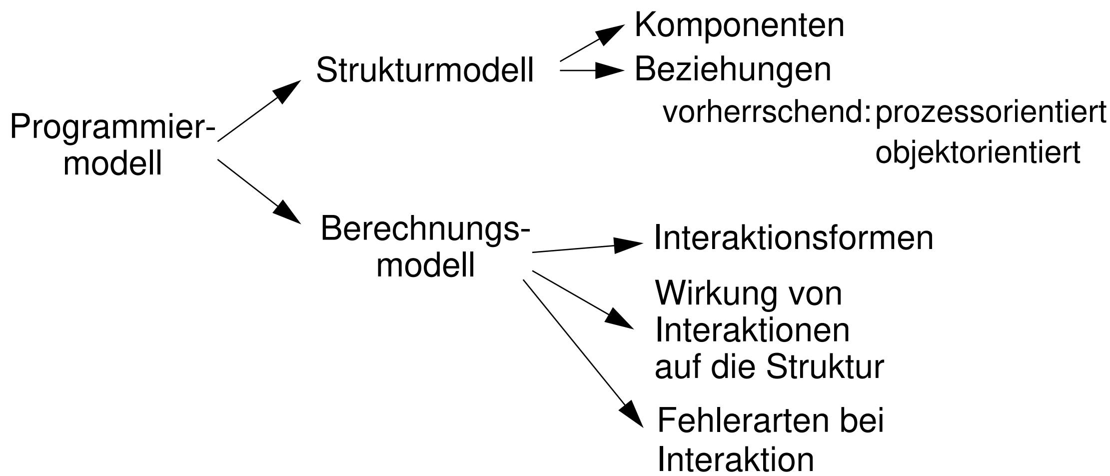
Administratoren:
Werkzeuge zur Benutzerverwaltung, langfristige Systemsteuerung

Programme:
„*Supervisor Calls* (SVC)“,
„*Application Programmer Interface* (API)“

Hardware:
Gerätetreiber

3.3 Programmiermodelle

- Betriebsystem realisiert ein Programmiermodell
  - Keine Notwendigkeit genauer Kenntnisse über Hardwareeigenschaften und spezielle Systemsoftwarekomponenten
  - Schaffung einer begrifflichen Basis zur Strukturierung von Programmsystemen und ihrer Ablaufsteuerung



3.3 Programmiermodelle (2)

- Beispiele für Strukturkomponenten
  - Dateien (Behälter zur langfristigen Speicherung von Daten)
  - Prozesse (in Ausführung befindliche Programme)
  - Klassen (Vorlagen zur Bildung von Instanzen)
  - Instanzen/Objekte
  - Prozeduren
  - Sockets (Kommunikationsendpunkte, „Kommunikationssteckdosen“)
  - Pipes (Nachrichtenkanäle)
- Beispiele für Beziehungen
  - A kann B referenzieren, beauftragen, aufrufen, modifizieren
  - Pipe P verbindet A und B

3.3 Programmiermodelle (3)

- Beispiele für Interaktionsformen
  - Prozedur-(Methoden-)Aufruf
  - Nachrichtenaustausch
  - Gemeinsame Speichernutzung
- Wirkung von Interaktionen auf die Struktur
  - Erzeugung und Tilgung von Prozessen
  - Instanziierung von Objekten
- Fehlerarten bei Interaktion
  - Verlust, Wiederholung oder Verspätung von Nachrichten
  - Abbruch aufgerufener Methoden, Ausnahmebehandlung

3.4 Ablaufmodelle

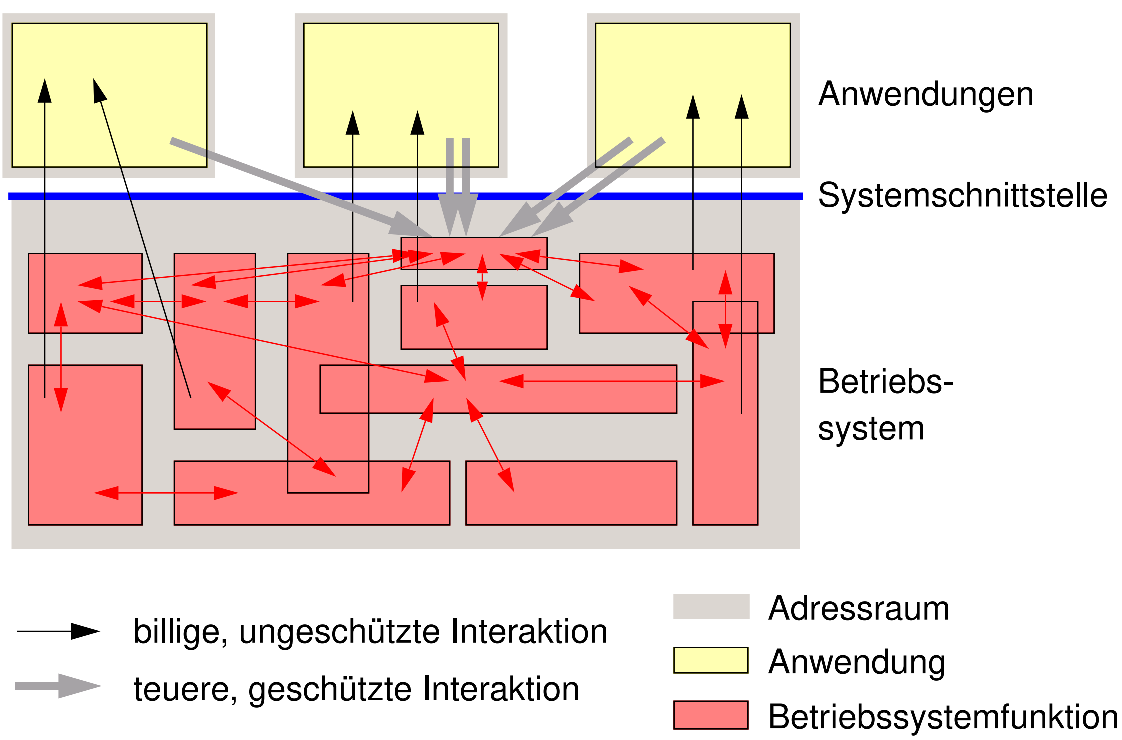
- Betriebssystem realisiert eine Ablaufumgebung
- Bereitstellung von Hilfsmitteln zur Bearbeitung von Benutzerprogrammen und zur Steuerung ihrer Abläufe.
  - Laden und Starten von Programmen
  - Überwachung des Programmablaufs
  - Beenden und Eliminieren von Programmen
  - Abrechnung *(Accounting)*

4 Betriebssystemarchitekturen

- Umfang zehntausende bis mehrere Millionen Befehlszeilen
  - Strukturierung hilfreich

- Verschiedene Strukturkonzepte
  - monolithische Systeme
  - geschichtete Systeme
  - Minimalkerne
  - offene objektorientierte Systeme

4.1 Monolithische Systeme



4.1 Monolithische Systeme (2)

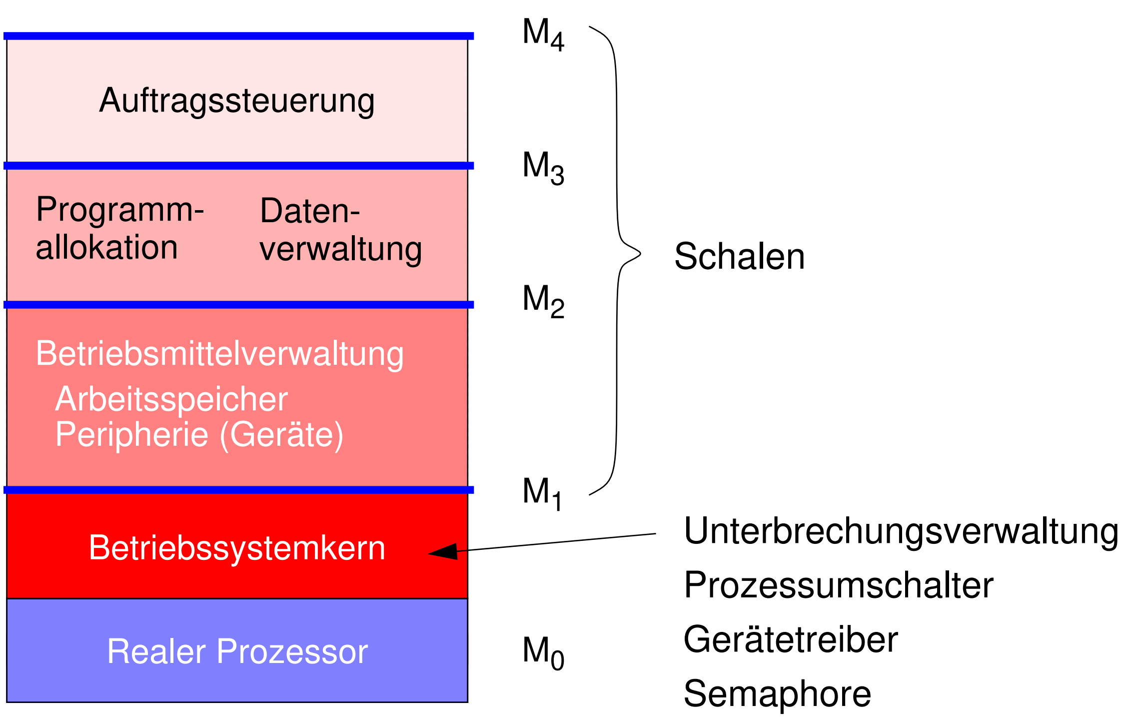
★ Vorteile

- Effiziente Kommunikation und effizienter Datenzugriff innerhalb des Kerns
- Privilegierte Befehle jederzeit ausführbar

▲ Nachteile

- Keine interne Strukturierung (änderungsunfreundlich, fehleranfällig)
- Kein Schutz zwischen Kernkomponenten (Problem: zugekaufte Treiber)

4.2 Geschichtete Systeme



4.2 Geschichtete Systeme (2)

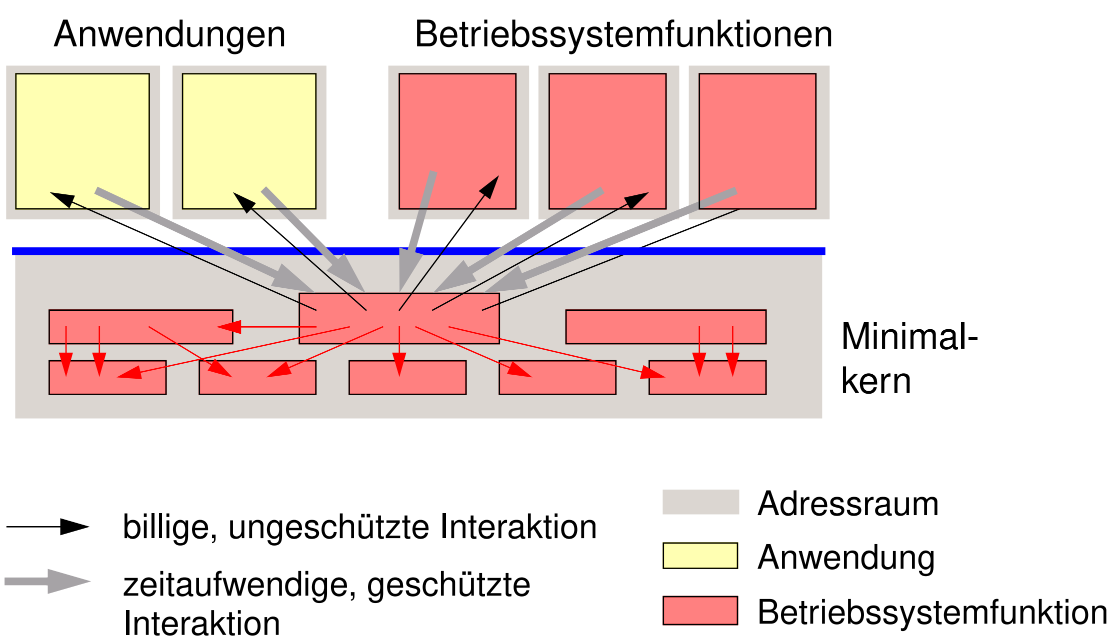
★ Vorteile

- Schutz zwischen verschiedenen BS-Teilen
- Interne Strukturierung

▲ Nachteile

- Mehrfacher Schutzraumwechsel ist zeitaufwendig
- Unflexibler und nur einseitiger Schutz (von unten nach oben)

4.3 Minimalkerne



4.3 Minimalkerne (2)

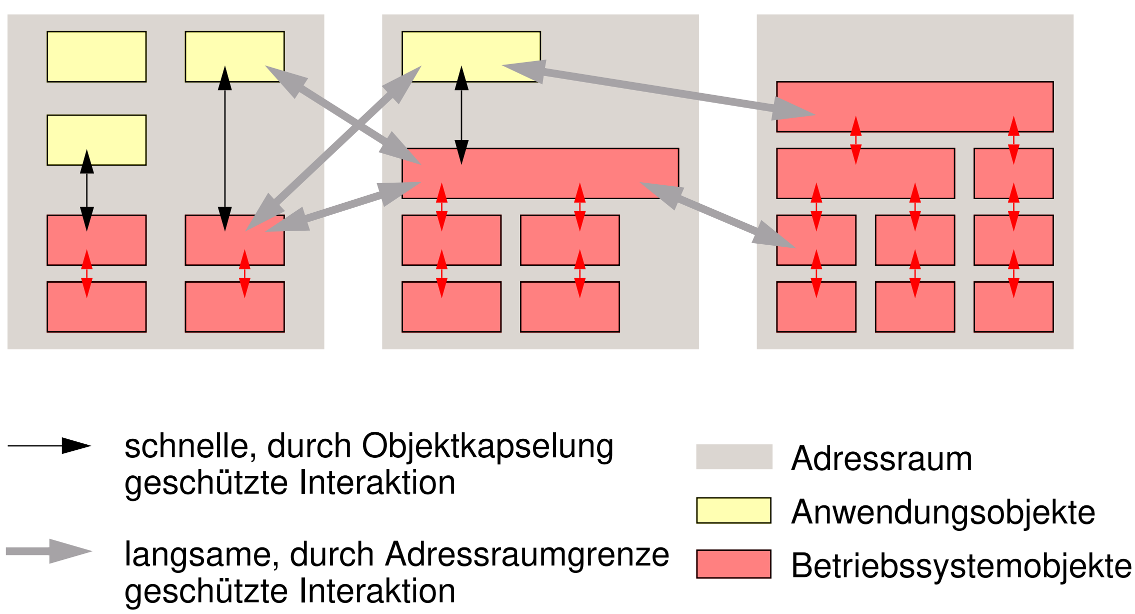
★ Vorteile

- ◆ Gute Modularisierung
- ◆ Schutz der Komponenten voreinander

▲ Nachteil

- ◆ Kommunikation zwischen Modulen ist zeitaufwendig

4.4 Objektbasierte, offene Systeme



■ Sicherung der Modulgrenzen durch Programmiermodell und Software

- ◆ z.B. Objektorientierung und Byte-Code-Verifier in Java

4.4 Objektbasierte, offene Systeme (2)

★ Vorteile

- Schutz auf mehreren Ebenen (Sprache, Code-Prüfung, Adressraum)
- Modularisierung und Effizienz möglich

▲ Nachteile

- Komplexes Sicherheitsmodell

5 Geschichtliche Entwicklung

5.1 1950–1960

1950

- Einströmige Stapelsysteme
  (Single-stream batch processing systems)
  Aufträge zusammen mit allen Daten werden übergeben und sequentiell bearbeitet

- Steuerung durch Auftragsabwickler
  (Resident monitor, Job monitor)
  Hilfsmittel: Assembler, Compiler, Binder und Lader, Programmbibliotheken

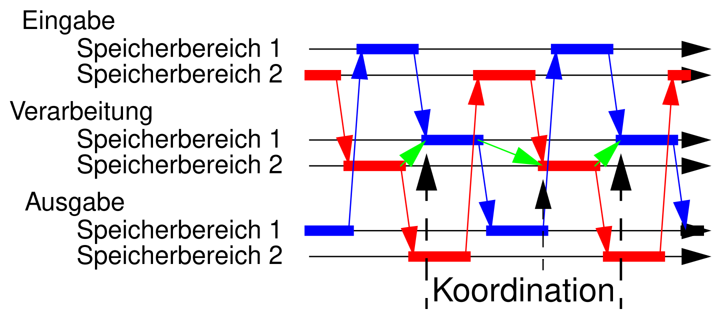
1960

1960

1965

◆ Autonome periphere Geräte
➔ Überlappung von Programm-bearbeitung und Datentransport zwischen Arbeitsspeicher und peripheren Geräten möglich

- Wechselpufferbetrieb (abwechselndes Nutzen zweier Puffer)

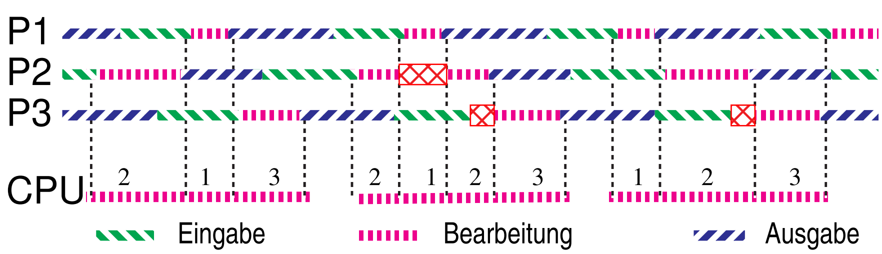


1960

1965

◆ Autonome periphere Geräte (Forts.)

- Mehrprogrammbetrieb *(Multiprogramming)*



- Spooling *(Simultaneous peripheral operation on-line)*

◆ Mehrere Programme müssen gleichzeitig im Speicher sein ➔ Auslagern von Programmen auf Sekundärspeicher

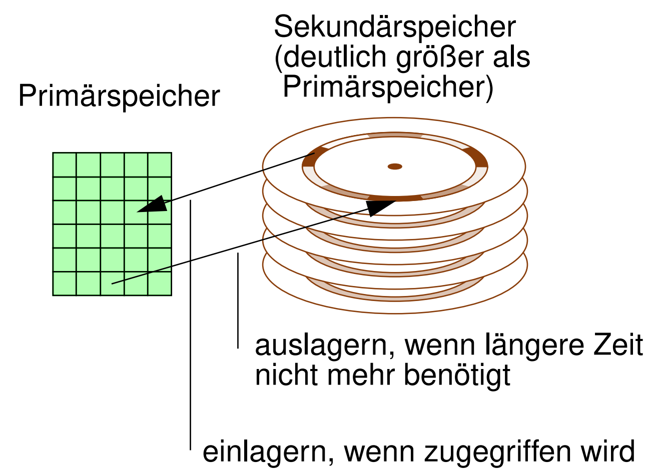
◆ Programme müssen während des Ablaufs verlagerbar sein *(Relocation problem)*

◆ Echtzeitdatenverarbeitung *(Real-time processing)*, d.h. enge Bindung von Ein- und Ausgaben an die physikalische Zeit

5.3 1965–1970

1965
OS/360
THE
MULTICS
UNIX
1970

- ◆ Umsetzung von Programmadressen in Speicherorte zur Laufzeit: Segmentierung, Seitenadressierung *(Paging)*
- ◆ Virtueller Adressraum: Seitentausch *(Paging)*
  Seiten werden je nach Zugriff ein- und ausgelagert



5.3 1965-1970 (2)

1965
OS/360
THE
MULTICS
UNIX
1970

- ◆ Interaktiver Betrieb *(Interactive processing, Dialog mode)*
- ◆ Mehrbenutzerbetrieb, Teilnehmersysteme *(Time sharing)*
- ◆ Problem: Kapselung von Prozessen und Dateien ➔ geschützter Adressraum, Zugriffsschutz auf Dateien
- ◆ Dijkstra: Programmsysteme als Menge kooperierender Prozesse (heute *Client-Server*)
- ◆ Problem: Prozessinteraktion bei gekapselten Prozessen ➔ Nachrichtensysteme zur Kommunikation, gemeinsamer Speicher zur Kooperation

5.4 1970–1975

1970

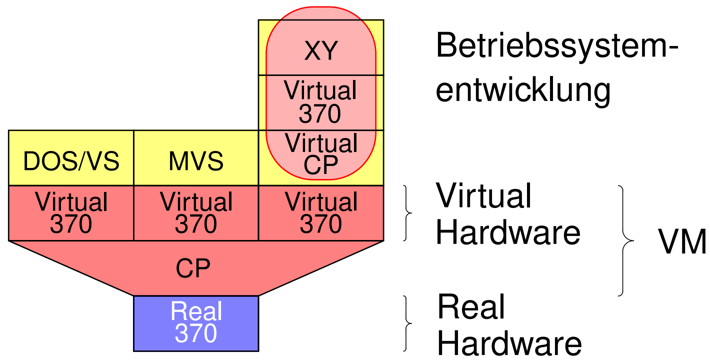
VM

Hydra

MVS

1975

- ◆ Modularisierung:
  Datenkapselung, Manipulation durch Funktionen (nach Parnas)
- ◆ Virtuelle Maschinen: Koexistenz verschiedener Betriebssysteme im gleichen Rechner



- ◆ Symmetrische Multiprozessoren: HYDRA
  - Zugangskontrolle zu Instanzen durch Capabilities
  - Trennung von Strategie und Mechanismus

5.5 1975–1985

1975

LOCUS

1980

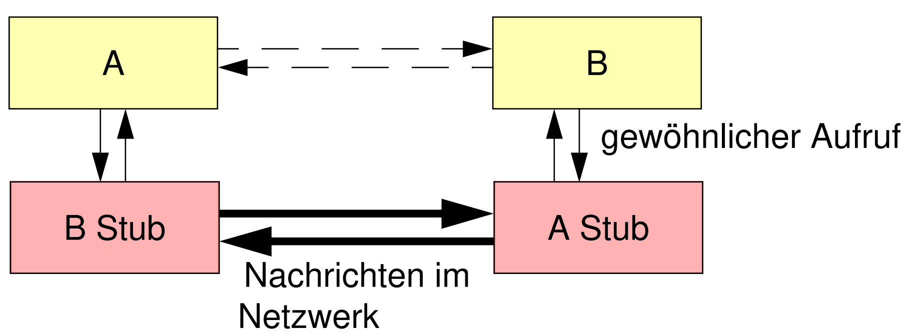
MS-DOS

NC

EDEN

1985

- ◆ Vernetzung, Protokolle (z.B. TCP/IP)
- ◆ Verteilte Systeme
- ◆ Newcastle Connection
- ◆ Fernaufruf *(Remote procedure call, RPC)*



5.6 1985–1999

1985

OS/2

Mach 3.0

1990

Windows

Spring

Win NT

1995

- Kryptographie
- Authentifizierung und Authentisierung
- Objektorientierte Systeme
- Parallele Systeme
- Mikrokerne
- Objektorientierte Mikrokerne
- Internet, Multimedia

5.7 1995–1999

1995

SPIN

Exokernel

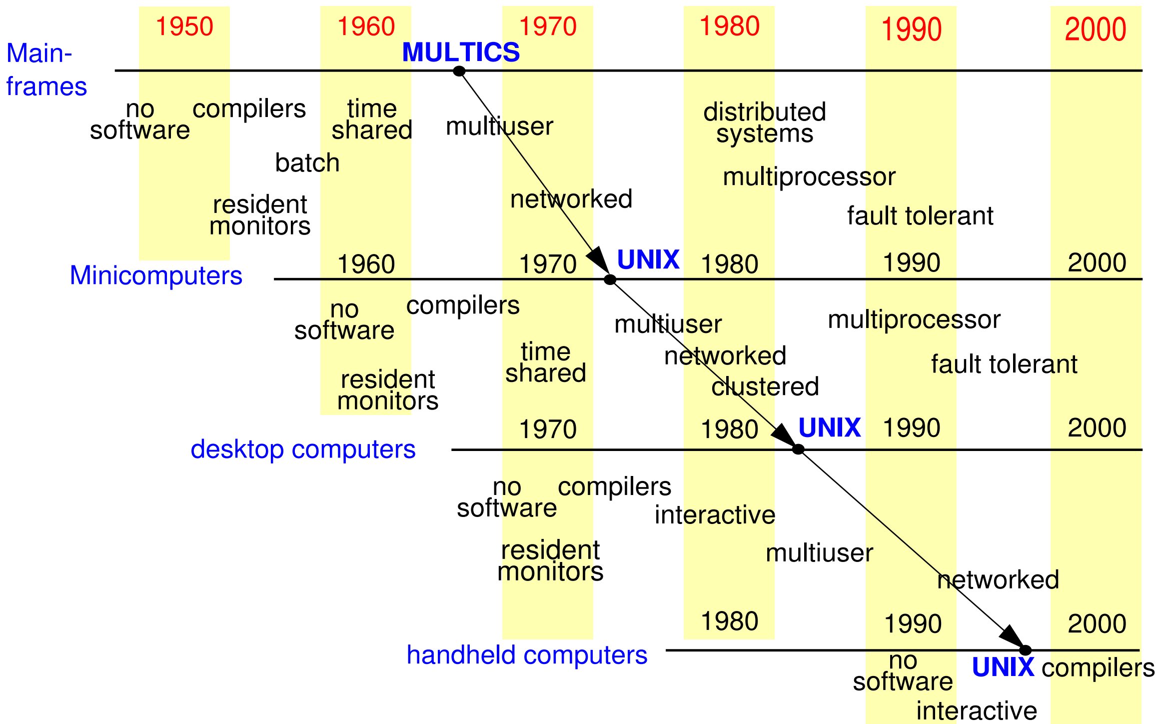
L4

Linux

1999

- Echtzeitscheduling in Standardbetriebssystemen
- 64bit-Adressierung

5.8 Migration von Konzepten



Nach Silberschatz, 2003

5.9 UNIX Entwicklung