

Systemnahe Programmierung in C

24 Betriebssysteme

J. Kleinöder, D. Lohmann, V. Sieh

Lehrstuhl für Informatik 4
Systemsoftware

Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

Sommersemester 2025

<http://sys.cs.fau.de/lehre/ss25>



Definition „Betriebssystem“

■ DIN 44300

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

■ Andy Tannenbaum

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

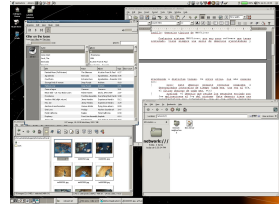
■ Zusammenfassung:

- Software zur Verwaltung und Virtualisierung der Hardware-Komponenten (Betriebsmittel)
- Programm zur Steuerung und Überwachung anderer Programme

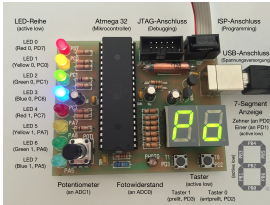


Bisher:

- **Ein** Programm, das
- **alleine**,
- **beim Booten** gestartet
- mit **Hardware-Zugriffen**
- seine Umgebung steuert.



Quelle: www.wikipedia.org



Jetzt:

- **Mehrere** Programme, die
- **nebenläufig**,
- **dynamisch** gestartet/beendet
- über **definierte E-/A-Funktionen**
- ihre Umgebung steuern.



Existiert mehr als eine Anwendung auf einem System („Multitasking“),

- müssen sich die Anwendungen abstimmen,
 - wer wann die/eine CPU bekommt,
 - wer welche Speicherbereiche verwenden darf,
 - wer welche Plattenblöcke verwenden darf,
 - wer welchen Teil des Bildschirms beschreiben darf,
 - ...

Da keine Anwendung für sich allein z.B. entscheiden kann, welche Speicherbereiche noch ungenutzt sind, muss es **gemeinsam benutzte Methoden und Zustandsvariablen** geben.

- muss sichergestellt sein, dass
 - sich alle Anwendungen an die Abmachungen halten
(auch die versehentlich/absichtlich fehlerhaft programmierten!)

Hardware-Erweiterungen müssen Zugriffe auf unerlaubte Speicherbereiche bzw. E-/A-Geräte verhindern.



- „gemeinsam benutzte Methoden und Zustandsvariablen”
 - Betriebssystem-Kern („Kern”, „System-Kern”, „Kernel”)
- „Hardware-Erweiterungen”
 - Privilegierungsstufen („Privilege Level”, „Ringe”)
 - Speicherschutz („Memory Management Unit” („MMU”))



Definition

„**Betriebssystem**“:

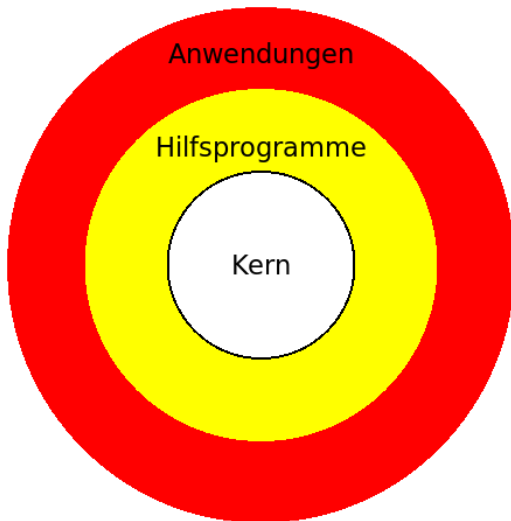
Betriebssystem:

Kern zusammen mit
Hilfsprogrammen

oder

Betriebssystem:

nur Kern



- unprivilegierte Ebenen („Anwendungsebene“, „User-Ebene“, „User-Ring“)
 - darf „normale“ CPU-Instruktionen ausführen,
 - darf auf den ihr zugewiesenen Speicher zugreifen,
 - darf Betriebssystem-Methoden aufrufen
- privilegierte Ebene („System-Ebene“, „Kern-Ebene“, „Ring 0“)
 - darf alle CPU-Instruktionen ausführen,
 - darf auf jeden Speicherbereich zugreifen,
 - darf Speicherschutz umkonfigurieren,
 - darf auf E-/A-Geräte zugreifen

Wechsel in die privilegierte Ebene durch

- System-Aufrufe („System Calls“, „Traps“)
- Unterbrechnungen („Interrupts“)
- Ausnahmen („Exceptions“)



Beispiel: Anwendung braucht mehr Speicher
Schritte:

- Anwendung berechnet, wieviel Speicher sie benötigt,
- legt Parameter in CPU-Registern ab,
- wechselt mit spezieller CPU-Instruktion in den Kern, (= > ab jetzt privilegiert!)
- liest Parameter aus CPU-Registern,
- reserviert Speicher für sich,
- programmiert MMU um,
- legt Ergebnis in CPU-Registern ab,
- wechselt mit spezieller CPU-Instruktion zurück in Anwender-Ebene, (= > ab jetzt wieder unprivilegiert!)
- und holt Ergebnis aus CPU-Register.

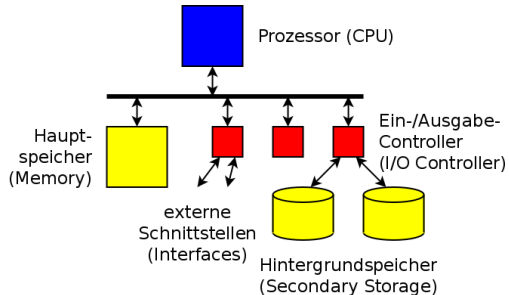


■ Aufgaben des Betriebssystem-Kerns

- Multiplexen von Betriebsmitteln für mehrere Benutzer bzw. Anwendungen

- Schaffung von Schutzumgebungen

- Bereitstellen von Abstraktionen zur besseren Handhabbarkeit der Betriebsmittel



- 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.)

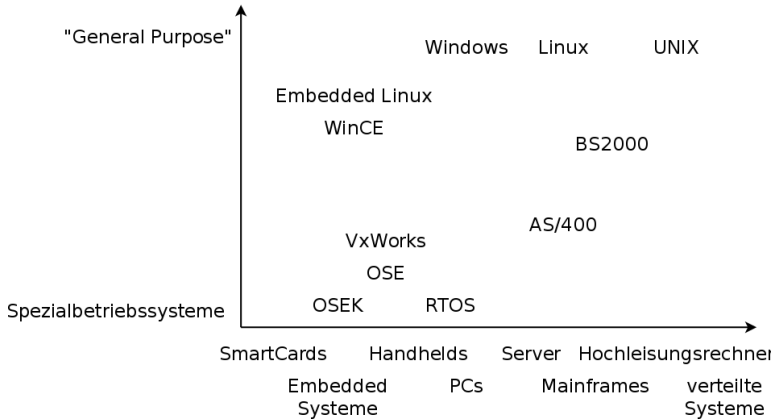
Unterstützung bei der Fehlererholung



Klassifikation von Betriebssystemen

■ Unterschiedliche Klassifikationskriterien

- Zielplattform
- Einsatzzweck
- Funktionalität



- Wenigen „General Purpose“-, Mainframe- und Höchstleistungsrechner-Betriebssystemen steht eine Vielzahl kleiner und kleinster Spezialbetriebssysteme gegenüber:

C51, C166, C251, CMX RTOS, C-Smart/Raven, eCos, eRTOS, Embos, Ercos, Euros Plus, Hi Ross, Hynet-OS, LynxOS, MicroX/OS-II, Nucleus, OS-9, OSE, OSEK Flex, OSEK Turbo, OSEK Plus, OSEKtime, Pricise/MQX, Pricise/RTCS, proOSEK, SOS, PXR0S, QNX, Realos, RTMOSxx, Real Time Architect, ThreadX, RTA, RTX51, RTX251, RTX166, RTXC, Softune, SSXS RTOS, VRTX, VxWorks, ...

Einsatzbereich: Eingebettete Systeme, häufig Echtzeit-Betriebssysteme, über 50% proprietäre (in-house) Lösungen

- Alternative Klassifikation: nach Architektur



- Umfang: zehntausende bis mehrere Millionen Befehlszeilen
=> Strukturierung hilfreich
- Verschiedene Strukturkonzepte
 - Laufzeitbibliotheken (minimal, vor allem im Embedded-Bereich)
 - monolithische Systeme
 - geschichtete Systeme
 - Minimalkerne
- Unterschiedliche Schutzkonzepte
 - kein Schutz
 - Schutz des Betriebssystems
 - Schutz des Betriebssystems und Anwendungen untereinander
 - feingranularer Schutz auch innerhalb von Anwendungen



- Speicherverwaltung
 - Wer darf Informationen wohin im Speicher ablegen?
- Prozessverwaltung
 - Wann wird welche Aufgabe bearbeitet?
- Dateisystem
 - Speicherung und Schutz von Langzeitdaten
- Interprozesskommunikation
 - Kommunikation zwischen verschiedenen Anwendungen bzw. parallel ablaufenden Anwendungsteilen
- Ein-/Ausgabe
 - Kommunikation mit der „Außenwelt“ (Benutzer/Rechner)

