

Systemprogrammierung

Grundlage von Betriebssystemen

Teil B – VII.2 Betriebsarten: Dialog- und Echtzeitverarbeitung

Wolfgang Schröder-Preikschat

5. Juli 2018



Gliederung

Einführung

Mehrzugangsbetrieb

Teilnehmerbetrieb

Teilhaberbetrieb

Echtzeitbetrieb

Prozesssteuerung

Echtzeitbedingungen

Systemmerkmale

Multiprozessoren

Schutzvorkehrungen

Speicherverwaltung

Universalität

Zusammenfassung



Agenda

Einführung

Mehrzugangsbetrieb

Teilnehmerbetrieb

Teilhaberbetrieb

Echtzeitbetrieb

Prozesssteuerung

Echtzeitbedingungen

Systemmerkmale

Multiprozessoren

Schutzvorkehrungen

Speicherverwaltung

Universalität

Zusammenfassung

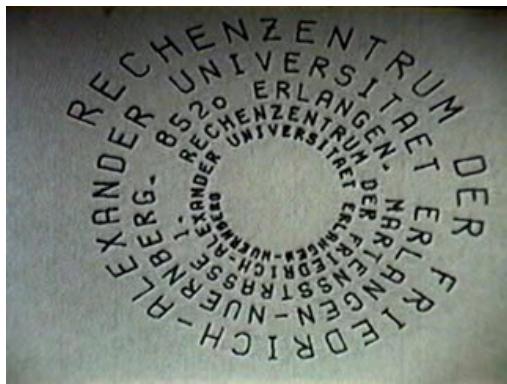


Lehrstoff

- weiterhin ist das Ziel, „zwei Fliegen mit einer Klappe zu schlagen“:
 - i einen Einblick in **Betriebssystemgeschichte** zu geben und
 - ii damit gleichfalls **Betriebsarten** von Rechensystemen zu erklären
- im Vordergrund stehen die Entwicklungsstufen im **Dialogbetrieb**, der Dialogprozesse einführt, d.h., Prozesse:
 - die an der Konkurrenz um gemeinsame Betriebsmittel teilnehmen
 - die Benutzer/innen an einer Dienstleistung teilhaben lassen
- kennzeichnend ist, **Programmausführung interaktiv** zu gestalten
 - mitlaufend (*on-line*) den Prozessfortschritt beobachten und überwachen
 - dazu spezielle Schutzvorkehrungen und eine effektive Speicherverwaltung

Viele dieser Techniken — wenn nicht sogar alle — sind auch heute noch in einem Universalbetriebssystem auffindbar.
- des Weiteren erfolgt ein kurzer Einblick in den **Echtzeitbetrieb**, der an sich quer zu all den betrachteten Betriebsarten liegt





¹ <http://www.rrze.uni-erlangen.de/wir-ueber-uns/publikationen/das-rrze-der-film.shtml>

Gliederung

Einführung

Mehrzugangsbetrieb

Teilnehmerbetrieb

Teilhaberbetrieb

Echtzeitbetrieb

Prozesssteuerung

Echtzeitbedingungen

Systemmerkmale

Multiprozessoren

Schutzvorkehrungen

Speicherverwaltung

Universalität

Zusammenfassung

Dialogbetrieb

conversational mode

- Benutzereingaben und Verarbeitung wechseln sich anhaltend ab
 - E/A-intensive Anwendungsprogramme interagieren mit Benutzer/inne/n
 - Zugang über **Dialogstationen** (*interactive terminals*)
 - Datensichtgerät und Tastatur (seit 1950er Jahren, Whirlwind/SAGE)
 - später die *Maus* (Engelbart/English, SRI, 1963/64; vorgestellt 1968)
- **dynamische Einplanung** (*dynamic scheduling, on-line*) hält Einzug, bevorzugt **interaktive** (E/A-intensive) **Prozesse**
 - Beendigung von Ein-/Ausgabe führt zur „prompten“ Neueinplanung
 - Benutzer/innen erfahren eine schnelle Reaktion insb. auf Eingaben
- **Problem:**
 - Zusatz (*add-on*) zum Stapelbetrieb, Monopolisierung der CPU, Sicherheit

Anekdoten (*add-on*: aus eigener Erfahrung im Studium)

Hin und wieder verliefen Sitzungen über CMS (conversational monitor system) an den Dialogstationen des IBM System/360 schon recht träge. Unter den Studierenden hatte sich schnell herumgesprochen, mittels Tastatureingaben die Dringlichkeit ihrer im Hintergrund ablaufenden Programmausführung anheben zu können.



Dialogorientiertes Monitorsystem

- Prozesse „im Vordergrund“ starten und „im Hintergrund“ vollziehen
 - in **Konversation** Aufträge annehmen, ausführen und dabei überwachen
 - d.h. Prozesse starten, stoppen, fortführen und ggf. abbrechen
 - zur selben Zeit laufen im Rechensystem mehrere Programme parallel ab
 - mehrere Aufgaben (*task*) werden „gleichzeitig“ bearbeitet (*multitasking*)
- in weiterer Konsequenz lässt sich so **Mischbetrieb** unterstützen, z.B.:
 - Vordergrund** ■ echtzeitabhängige Prozesse ~ Echtzeitbetrieb (Realzeit)
 - Mittelgrund** ■ E/A-intensive Prozesse ~ Dialogbetrieb (Antwortzeit)
 - Hintergrund** ■ CPU-intensive Prozesse ~ Stapelbetrieb (Rechenzeit)
- **Problem:**
 - Hauptspeicher (größe)

Mischbetrieb

Zeit ist ein wichtiger Aspekt, jedoch ist dabei das **Bezugssystem** zu beachten: Antwort-/Rechenzeit hat nur das Rechensystem, Echtzeit jedoch vor allem die (phys.) Umgebung als Bezugsrahmen.



- eigene Dialogprozesse werden interaktiv gestartet und konkurrieren mit anderen (Dialog-) Prozessen um gemeinsame Betriebsmittel
 - um CPU-Monopolisierung vorzubeugen, werden CPU-Stöße partitioniert, indem Prozesse nur eine **Zeitscheibe** (*time slice*) lang „laufend“ sind
 - ist die Zeitscheibe abgelaufen, muss ein Prozess die CPU abgeben, bevor er eine neue Zeitscheibe zum Verbrauch erhalten kann
 - CPU-Zeit ist damit eine Art **konsumierbares Betriebsmittel**, um das wiederverwendbare Betriebsmittel „CPU“ beanspruchen zu können
 - jeder Dialogprozess „nimmt teil“ an der **Konkurrenz** um Betriebsmittel
- technische Grundlage liefert ein **Zeitgeber** (*timer*), der für **zyklische Unterbrechungen** (*timer interrupt*) sorgt
 - der unterbrochene Prozess wird neu eingeplant: „laufend“ \mapsto „bereit“
 - ihm wird die CPU zu Gunsten eines anderen Prozesses entzogen
 - er erfährt die **Verdrängung** (*preemption*) von „seinem“ Prozessor
 - aber nur, sofern es einen anderen Prozess im Zustand „bereit“ gibt
- **Problem:**
 - Hauptspeicher, Einplanung, Einlastung, Ein-/Ausgabe, Sicherheit

- ein von mehreren Dialogstationen aus gemeinsam benutzter, zentraler Dialogprozess führt die abgesetzten Kommandos aus
 - mehrere Benutzer „haben Teil“ an der Dienstleistung eines Prozesses, die Bedienung regelt ein einzelnes Programm
 - gleichartige, bekannte und festverdrahtete (*hard-wired*) Aktionen können von verschiedenen Benutzern zugleich ausgelöst werden
- das den Dialogprozess vorgebende **Dienstprogramm** steht für einen **Endbenutzerdienst** mit festem, definiertem Funktionsangebot
 - Kassen, Bankschalter, Auskunft-/Buchungssysteme, ...
 - allgemein: **Transaktionssysteme**
- **Problem:**
 - Antwortverhalten (weiche/feste Echtzeit), Durchsatz

Teilhabersystem

Heute vielleicht besser bekannt als Client/Anbieter-System (*client/server system*), in dem **Dienstnehmer** (*service user*) mit einem **Dienstgeber** (*service provider*) interagieren.

■ CTSS (*Compatible Time-Sharing System* [1], MIT, 1961)

- Pionierarbeit zu interaktiven Systemen und zur Prozesserverwaltung
 - partielle **Virtualisierung**: Prozessinkarnation als virtueller Prozessor
 - **mehrstufige Einplanung** (*multi-level scheduling*) von Prozessen
 - zeilenorientierte Verarbeitung von Kommandos (u.a. `printf` [1, S. 340])
- vier Benutzer gleichzeitig: drei im Vordergrund, einen im Hintergrund

■ ITS (*Incompatible Time-sharing System* [5], MIT, 1969)

- Pionierarbeit zur Ein-/Ausgabe und Prozesserverwaltung:
 - **geräteunabhängige Ausgabe** auf Grafikbildschirme, virtuelle Geräte
 - netzwerktransparenter Dateizugriff (über ARPANET [23])
 - **Prozesshierarchien**, Kontrolle untergeordneter Prozesse (\wedge [5, S. 13])
- „Seitenstieg“ auf CTSS und Multics, wegen der eingeschlagenen Richtung

Zeitteilverfahren

Time-sharing was a misnomer. While it did allow the sharing of a central computer, its success derives from the ability to share other resources: data, programs, concepts. [21]

Einführung

Mehrzugangsbetrieb

Teilnehmerbetrieb

Teilhaberbetrieb

Echtzeitbetrieb

Prozesssteuerung

Echtzeitbedingungen

Systemmerkmale

Multiprozessoren

Schutzvorkehrungen

Speicherverwaltung

Universalität

Zusammenfassung

Terminvorgaben: fest \iff hart

- eine Terminverletzung bedeutet grundsätzlich die Ausnahmesituation, deren Behandlung jedoch auf verschiedenen Ebenen erfolgt
 - im Betriebssystem (fest) oder im Maschinenprogramm (hart)
 - im „harten Fall“ also im Anwendungsprogramm des späten Prozesses
- das Betriebssystem erkennt die Verletzung, die Anwendung muss aber plangemäß weiterarbeiten (fest) | den sicheren Zustand finden (hart)
 - das Betriebssystem bricht die Berechnung ab
 - die nächste Berechnung wird gestartet
 - transparent für die Anwendung
 - das Betriebssystem löst eine Ausnahmesituation aus
 - die Ausnahmebehandlung führt zum sicheren Zustand
 - **intransparent** für die Anwendung

Terminverletzung

Auch wenn Ablaufplan und Betriebssystem in Theorie „am Reißbrett“ deterministisch sind, kann in Praxis das Rechensystem Störeinflüssen unterworfen sein und so Termine verpassen.

© wosch

SP (SS 2018, B – VII.2)

3.2 Echtzeitbetrieb – Echtzeitbedingungen

VII.2/17

Gliederung

- Einführung
- Mehrzugangsbetrieb
- Teilnehmerbetrieb
- Teilhaberbetrieb
- Echtzeitbetrieb
- Prozesssteuerung
- Echtzeitbedingungen

- Systemmerkmale
- Multiprozessoren
- Schutzvorkehrungen
- Speicherverwaltung
- Universalität

Zusammenfassung

© wosch

SP (SS 2018, B – VII.2)

4. Systemmerkmale

VII.2/18

Symmetrische Simultanverarbeitung

Definition (SMP, *symmetric multiprocessing*)

Zwei oder mehr gleiche (identische) Prozessoren, eng gekoppelt über ein gemeinsames Verbindungssystem.

- erfordert ganz bestimmte **architektonische Merkmale** sowohl von der Befehlssatz- als auch von der Maschinenprogrammebene
 - jeder Prozessor hat gleichberechtigten Zugriff auf den Hauptspeicher (*shared-memory access*) und die Peripherie
 - der Zugriff auf den Hauptspeicher ist für alle Prozessoren gleichförmig (*uniform memory access, UMA*)
 - bedingt in nichtfunktionaler Hinsicht, sofern nämlich die **Zyklenanzahl pro Speicherzugriff** betrachtet wird
 - unbedingt aber im funktionalen Sinn bezogen auf die Maschinenbefehle
- die Prozessoren stellen ein **homogenes System** dar und sie werden von demselben Betriebssystem verwaltet
- **Problem:**
 - Synchronisation, Skalierbarkeit



© wosch

SP (SS 2018, B – VII.2)

4.1 Systemmerkmale – Multiprozessoren

VII.2/19

Speichergekoppelter Multiprozessor

Definition (SMP, *shared-memory processor*)

Ein Parallelrechnersystem, in dem alle Prozessoren den Hauptspeicher mitbenutzen, ohne jedoch einen gleichberechtigten/-förmigen Zugriff darauf haben zu müssen.

- **architektonische Merkmale** der Befehlssatzebene geben bestimmte Freiheitsgrade für die Simultanverarbeitung vor
 - asymmetrisch**
 - hardwarebedingter, zwingender asymmetrischer Betrieb
 - Programme sind ggf. prozessorgebunden
 - *asymmetric multiprocessing*
 - symmetrisch**
 - **anwendungsorientierter Betrieb** wird ermöglicht
 - das Betriebssystem legt die Multiprozessorbetriebsart fest
 - *symmetric/asymmetric multiprocessing*
- die Maschinenprogrammebene kann ein **heterogenes System** bilden, in funktionaler und nichtfunktionaler Hinsicht
- **Problem:**
 - Synchronisation, Skalierbarkeit, Anpassbarkeit



© wosch

SP (SS 2018, B – VII.2)

4.1 Systemmerkmale – Multiprozessoren

VII.2/20

- N Prozessoren können...
 - N verschiedene oder identische Programme,
 - N Fäden dieser Programme oder
 - N Fäden ein und desselben Programms
- ... **echt parallel** ausführen
- jeder dieser N Prozessoren kann...
 - M verschiedene oder identische Programme,
 - M Fäden dieser Programme oder
 - M Fäden ein und desselben Programms
- ... **pseudo/quasi parallel** im Multiplexbetrieb ausführen
- all diese bis zu $N \times M$ Ausführungsstränge finden **nebenläufig** statt

Synchronisation

Koordination der Kooperation und Konkurrenz gleichzeitiger Prozesse ist nur bedingt davon abhängig, dass Rechensystembetrieb echt oder pseudo/quasi parallel geschieht.

Gegenüberstellung

- feinkörniger Schutz durch **selektive Autorisierung** der Zugriffe:



- Rechtevergabe einfach (lokal)
- Rechterücknahme: einfach (lokal)
- Rechteüberprüfung: aufwändig (Suche)
- dito Subjektrechtebestimmung (entfernt)
- Objektsicht-Rechtebestimmung: einfach
- Kontrollinformation: zentral gespeichert
- aufwändig (entfernt)
- aufwändig (entfernt)
- einfache (lokal)
- einfache (Zugriff)
- aufwändig (Sammelruf)
- dezentral gespeichert

- **Schutz (protection)** vor unautorisierten Zugriffen durch Prozesse, der in Körnigkeit und Funktion sehr unterschiedlich ausgelegt sein kann
 - i jeden Prozessaddressraum in **Isolation** betreiben
 - Schutz durch Eingrenzung oder Segmentierung
 - Zugriffsfehler führen zum Abbruch der Programmausführung
 - i.A. keine selektive Zugriffskontrolle möglich und sehr grobkörnig
 - ii Prozessen eine **Befähigung (capability)** [3, 28, 6] zum Zugriff erteilen
 - den verschiedenen **Subjekten** (Prozesse) individuelle Zugriffsrechte geben, z.B., ausführen, lesen, schreiben oder ändern dürfen
 - und zwar auf dasselbe von ihnen mitbenutzte **Objekt** (Datum, Datei, Gerät, Prozedur, Prozess)
 - iii Objekten eine **Zugriffskontrollliste (access control list, ACL)** [25]) geben
 - ein Listeneintrag legt das Zugriffsrecht eines Subjekts auf das Objekt fest
 - vereinfacht auch in „Besitzer/in-Gruppe-Welt“-Form (*user/group/world*)
- **Problem:**
 - verdeckter Kanal (*covered channel*) bzw. Seitenkanal

Methodologie: Zugriffsmatrix

- in diesem allgemeinen Modell spezifiziert jeder Eintrag in der Matrix das individuelle Zugriffsrecht eines Subjekts auf ein Objekt:

| Subjekte | Objekte | | |
|----------|---------|------|------|
| | Cyan | Grau | Blau |
| 1 | R/X | R/W | – |
| 2 | – | R | – |

read ■ R
write ■ W
execute ■ X

- je nach **Abspeicherung** und Verwendung der in der Matrix kodierten Information ergeben sich verschiedene Implementierungsoptionen:
 - Totalsicht**
 - in Form einer systembezogenen **Zugriffstabelle** ☺
 - ineffizient, wegen der i.d.R. dünn besetzten Matrix
 - Objektsicht**
 - in Form einer objektbezogenen **Zugriffskontrollliste** ☺
 - spaltenweise Speicherung der Zugriffsmatrix
 - Subjektsicht**
 - in Form subjektbezogener **Befähigungen** ☺
 - zeilenweise Speicherung der Zugriffsmatrix

Bahnbrecher und Wegbereiter III

- **Multics** (*Multiplexed Information and Computing Service* [20], 1965)
 - setzt den Maßstab in Bezug auf Adressraum-/Speicherverwaltung:
 1. jede im System gespeicherte abrufbare Information ist direkt von einem Prozessor adressierbar und jeder Berechnung referenzierbar
 2. jede Referenzierung unterliegt einer durch **Hardwareschutzringe** implementierten mehrstufigen Zugriffskontrolle [26, 24]
 - **ringgeschützte Seitennummernierte Segmentierung** (*ring-protected paged segmentation*)
 - das ursprüngliche Konzept (für den GE 645) sah 64 Ringe vor, letztendlich bot die Hardware (Honeywell 6180) Unterstützung für acht Ringe
 - nicht in Hardware implementierte Ringe wurden durch Software emuliert
 - eng mit dem Segmentkonzept verbunden war **dynamisches Binden**
 - jede Art von Information, ob Programmtext oder -daten, war ein Segment
 - Segmente konnten bei Bedarf (*on demand*) geladen werden
 - Zugriff auf ein ungeladenes Segment führte zum **Bindefehler** (*link trap*)
 - in Folge machte eine **Bindelader** (*linking loader*) das Segment verfügbar
- **Problem:**
 - Hardwareunterstützung



© wosch

SP (SS 2018, B – VII.2)

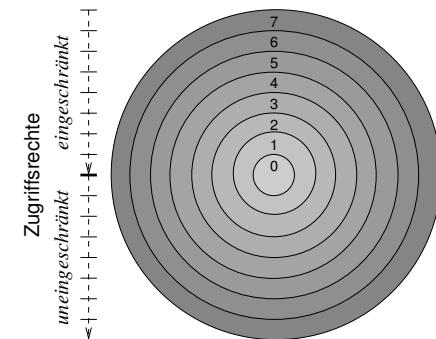
4.2 Systemmerkmale – Schutzvorkehrungen

VII.2/25

Honeywell 6180

Schutzringe: Multics

- Verwendung der Schutzringe:
 - 0–3 Betriebssystem
 - 0–1 Hauptsteuerprogramm
 - 2–3 Dienstprogramme
 - 4–7 Anwendungssystem
 - 4–5 Benutzerprogramme
 - 6–7 Subsysteme
- Ringwechsel, Zugriffe
 - kontrolliert durch die Hardware
- je nach Prozessattribut/-aktion sind **Ringfehler** (*ring fault*) möglich
 - Folge ist die Teilinterpretation der Operation auf Ring 0 (*supervisor*)
 - unautorisierte Operationen führen zum **Schutzfehler** (*protection fault*)
- **Problem:**
 - Schichtenstruktur, Ringzuordnung: **funktionale Hierarchie** [11]



© wosch

SP (SS 2018, B – VII.2)

4.2 Systemmerkmale – Schutzvorkehrungen

VII.2/26

Grad an Mehrprogrammbetrieb

- die selektive Überlagerung des Hauptspeichers durch programmiertes **dynamisches Laden** (*overlay*) hat seine Grenzen
 - Anzahl × Größe hauptspeicherresidenter Text-/Datenbereiche begrenzt die Anzahl der gleichzeitig zur Ausführung vorgehaltenen Programme
 - variabler Wert, abhängig von Struktur/Organisation der Programme und den Fähigkeiten der Programmierer/innen
- **Umlagerung** der Speicherbereiche gegenwärtig **nicht ausführbereiter Programme** (*swapping*) verschiebt die Grenze nach hinten
 - schafft Platz für ein oder mehrere andere (zusätzliche) Programme
 - lässt mehr Programme zu, als insgesamt in den Hauptspeicher passt
- Berücksichtigung solcher Bereiche der sich **in Ausführung befindlichen Programme** (*paging, segmentation*) gibt weiteren Spielraum [2]
 - im Unterschied zu vorher werden nur Teile eines Programms umgelagert
 - Programme liegen nur scheinbar („virtuell“) komplett im Hauptspeicher
- Prozesse belegen **Arbeitsspeicher**, nämlich den zu einem bestimmten Zeitpunkt beanspruchten Verbund von **Haupt- und Ablagespeicher**



© wosch

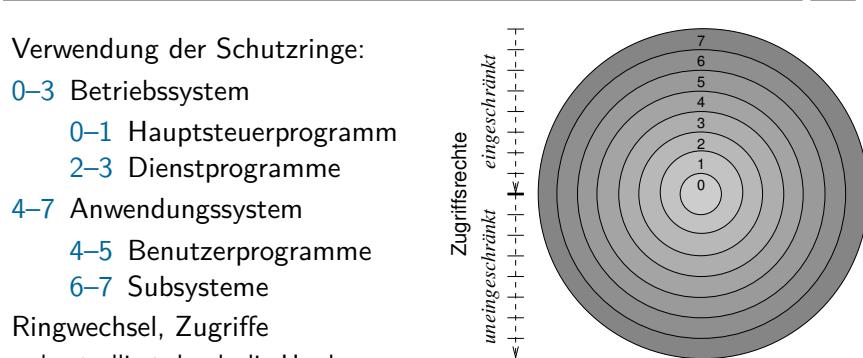
SP (SS 2018, B – VII.2)

4.3 Systemmerkmale – Speicherverwaltung

VII.2/27

Umlagerung nicht ausführbereiter Programme

- Funktion der mittelfristigen Einplanung (*medium-term scheduling*)
 - **Ausgangssituation:**
 - P[1–3] im RAM
 - P2 belegt die CPU
 - **Umlagerung:**
 1. P2 swap out
 2. P4 swap in
 - **Resultat:**
 - P[134] im RAM
 - P4 belegt die CPU
- **Problem:**
 - Fragmentierung, Verdichtung, Körnigkeit



© wosch

SP (SS 2018, B – VII.2)

4.3 Systemmerkmale – Speicherverwaltung

VII.2/28

Umlagerung ausführbereiter Programme

- Prozesse schreiten voran, obwohl die sie kontrollierenden Programme nicht komplett im Hauptspeicher vorliegen: **virtueller Speicher** [10]
 - die von einem Prozess zu einem Zeitpunkt scheinbar nicht benötigten Programmteile liegen im Hintergrund, im Ablagespeicher
 - sie werden erst bei Bedarf (*on demand*) nachgeladen
 - ggf. sind als Folge andere Programmteile vorher zu verdrängen
 - Zugriffe auf ausgelagerte Programmteile unterbrechen die Prozesse und werden durch **partielle Interpretation** ausgeführt
 - logisch bleibt der unterbrochene Prozess weiter in Ausführung
 - physisch wird er jedoch im Zuge der Einlagerung (E/A) blockieren
 - Aus- und Einlagerung wechseln sich mehr oder wenig intensiv ab
- **Problem:**
 - Lade- und Ersetzungsstrategien, Arbeitsmenge (*working set*)

Hauptspeicherüberbuchung und -überbelegung

Der Platzbedarf der scheinbar (virtuell) komplett im Hauptspeicher liegenden und laufenden Programme kann die Größe des wirklichen (realen) Hauptspeichers weit überschreiten.

© wosch

SP (SS 2018, B – VII.2)

4.3 Systemmerkmale – Speicherverwaltung

VII.2/29

Granularität der Umlagerungseinheiten

- Programmteile, die ein-, aus- und/oder überlagert werden können, sind **Seiten** oder **Segmente**:
 - **Seitennummerierung (paging)** Atlas [7]
 - Einheiten (von Bytes) fester Größe
 - **Problem:** interne Fragmentierung \leadsto „*false positive*“ (Adresse)
 - **Segmentierung (segmentation)** B 5000 [19]
 - Einheiten (von Bytes) variabler Größe
 - **Problem:** externe Fragmentierung \leadsto „*false negative*“ (Bruchstücke)
 - **seitennummelierte Segmentierung (paged segmentation)** GE 635 [8]
 - Kombination beider Verfahren: Segmente aber in Seiten untergliedern
 - **Problem:** interne Fragmentierung (wie oben)
- sie werden abgebildet auf gleich große Einheiten des Hauptspeichers (eingelagert) oder Ablagespeichers (ausgelagert)
- **Problem:**
 - Fragmentierung (des Arbeitsspeichers) \leadsto Verschnitt

© wosch

SP (SS 2018, B – VII.2)

4.3 Systemmerkmale – Speicherverwaltung

VII.2/30

Automatische Überlagerung

Partielle Interpretation

- seiten- und/oder segmentbasierte Umlagerung zeigt Ähnlichkeiten zur **Überlagerungstechnik (overlay)**, jedoch:
 - die Seiten-/Segmentanforderungen sind nicht im Maschinenprogramm zu finden, stattdessen im Betriebssystem (*pager, segment handler*)
 - die Anforderungen stellt stellvertretend ein Systemprogramm
 - Ladeanweisungen sind so vor dem Maschinenprogramm verborgen
 - Zugriffe auf ausgelagerte Seiten/Segmente fängt die Befehlssatzebene ab, die sie dann ans Betriebssystem weiterleitet (*trap*)
 - das Maschinenprogramm wird von CPU bzw. MMU unterbrochen
 - der gescheiterte Zugriff wird vom Betriebssystem partiell interpretiert
- des Weiteren fällt die **Wiederholung** des unterbrochenen Befehls an, die vom Betriebssystem zu veranlassen ist
 - der Speicherzugriff scheiterte beim Befehls- oder Operandenabruf
 - die CPU konnte die Operation noch nicht vollständig ausführen (*rerun*)
- **Problem:**
 - Komplexität, Determiniertheit



© wosch

SP (SS 2018, B – VII.2)

4.3 Systemmerkmale – Speicherverwaltung

VII.2/31

Universalbetriebssystem

(general purpose operating system)

- bei einem Betriebssystem handelt es sich um Software, die zwischen Baum und Borke steckt, womit sich ein **Dilemma** ergibt
 - Lister, „Fundamentals of Operating Systems“ [18]
 - *Clearly, the operating system design must be strongly influenced by the type of use for which the machine is intended.*
 - *Unfortunately it is often the case with ‘general purpose machines’ that the type of use cannot easily be identified;*
 - *a common criticism of many systems is that, in attempting to be all things to all individuals, they end up being totally satisfactory to no-one.*
- ein **Allzweckbetriebssystem** ist geprägt von Kompromissen, die sich quer durch die Implementierung ziehen
 - damit Echtzeitbetrieb aber ausschließen, der kompromisslos sein muss!
- Ansätze für verbesserte Akzeptanz sind **Virtualisierung** einerseits und „**Konzentration auf das Wesentliche**“ andererseits
 - auch damit bleibt ein Betriebssystem **domänenpezifische Software**



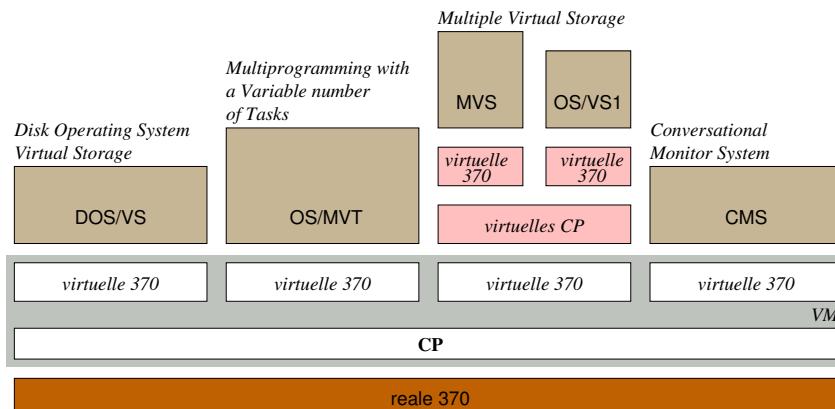
© wosch

SP (SS 2018, B – VII.2)

4.4 Systemmerkmale – Universalität

VII.2/32

- Spezialisierung durch virtuelle Maschinen:



CP ■ Abk. für *control program*: **Hypervisor**, VMM
■ **Selbstvirtualisierung** (para/voll, [12, S. 30]) des realen System/370

© wosch

SP (SS 2018, B – VII.2)

4.4 Systemmerkmale – Universalität

VII.2/33

Gliederung

Einführung

Mehrzugangsbetrieb
Teilnehmerbetrieb
Teilhaberbetrieb

Echtzeitbetrieb
Prozesssteuerung
Echtzeitbedingungen

Systemmerkmale
Multiprozessoren
Schutzvorkehrungen
Speicherverwaltung
Universalität

Zusammenfassung



© wosch

SP (SS 2018, B – VII.2)

5. Zusammenfassung

VII.2/35

„Lotta hat einen **Unixtag**“, Astrid Lindgren [15, S. 81–89]

Die drei Jahre alte Lotta ist die kleine Schwester der Erzählerin. Läuft am Tag vieles schief bei ihr, sagt sie „**Unixtag**“, meint aber „**Unglückstag**“.

- UNIX [22, 17, 16]

■ ein Betriebssystemkern von 10^4 Zeilen C und nicht 10^6 Zeilen PL/I

Multics

Multiplexed \iff **Uniplexed**
Information and Computing Service



- ITS nicht zu vergessen (S. 10)

UNIX $\overset{?}{\leftrightarrow}$ Unglück $\overset{?}{\leftrightarrow}$ MacOSX/Linux

Vom ursprünglichen Ansatz eines nur wesentliche Dinge enthaltene, schlankes Betriebssystem ist heute wenig zu spüren.

© wosch

SP (SS 2018, B – VII.2)

4.4 Systemmerkmale – Universalität

VII.2/34

Stand der Kunst

Viel Getöse für altbackene Technik?

- **Linux** „yet another UNIX-like operating system“, aber was soll's...

■ Entwicklungsprozess und -modell sind der eigentliche „Kick“
■ 70er-Jahre Technologie — ohne Multics (funktional) zu erreichen

- **Windows** „new technology“, wirklich?

■ vor WNT entwickelte Cuttler VMS (DEC): $WNT = VMS + 1$
■ mit 94 % Marktführer im PC-Sektor — für 2 % des Prozessormarktes

- **MacOS X**, ein vergleichsweise echter Fortschritt?

■ solides UNIX (FreeBSD) auf solider Mikrokernbasis (**Mach**)
■ Apple bringt PC-Technologie erneut voran — bei $\leq 4\%$ Marktanteil

„Des Kaisers neue Kleider“

Funktionsumfang wie auch Repräsentation vermeintlich moderner Betriebssysteme, lässt den Schluss zu, dass so einige Male das Rad neu erfunden wurde.

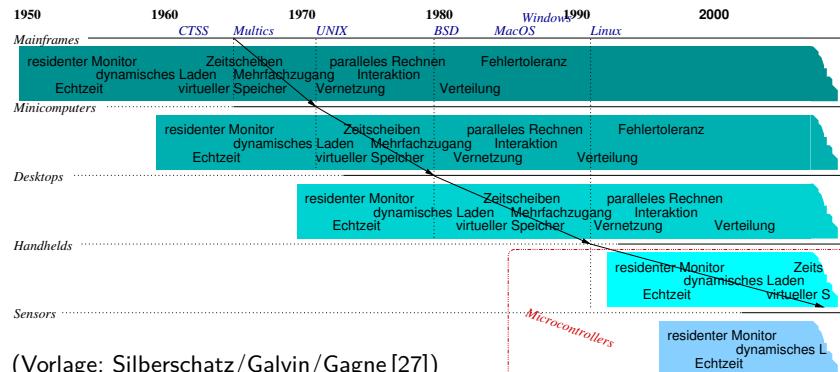
© wosch

SP (SS 2018, B – VII.2)

5. Zusammenfassung

VII.2/36

Migration von Betriebssystemkonzepten



- Fähigkeit zur „Wanderung“ zu anderen, kleineren Gefilden fällt nicht vom Himmel, sondern bedarf sorgfältiger **Konzeptumsetzung**
- Voraussetzung dafür ist eine **Domänenanalyse**, um gemeinsame und variable Konzeptanteile zu identifizieren

VII.2/37

Literaturverzeichnis I

- [1] CORBATÓ, F. J. ; MERWIN-DAGGETT, M. ; DALEX, R. C.: An Experimental Time-Sharing System. In: *Proceedings of the AIEE-IRE '62 Spring Joint Computer Conference*, ACM, 1962, S. 335–344
- [2] DENNING, P. J.: Virtual Memory. In: *Computing Surveys* 2 (1970), Sept., Nr. 3, S. 153–189
- [3] DENNIS, J. B. ; HORN, E. C. V.: Programming Semantics for Multiprogrammed Computations. In: *Communications of the ACM* 9 (1966), März, Nr. 3, S. 143–155
- [4] DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG: *Informationsverarbeitung — Begriffe*. Berlin, Köln, 1985 (DIN 44300)
- [5] EASTLAKE, D. E. ; GREENBLATT, R. D. ; HOLLOWAY, J. T. ; KNIGHT, T. F. ; NELSON, S. : ITS 1.5 Reference Manual / MIT. Cambridge, MA, USA, Jul. 1969 (AIM-161A). – Forschungsbericht

Resümee

... die eierlegende Wollmilchsau gibt es nicht!

- **Mehrzugangsbetrieb** ermöglicht Arbeit und Umgang mit einem Rechensystem über mehrere Dialogstationen
 - im **Teilnehmerbetrieb** setzen Dialogstationen eigene Dialogprozesse ab
 - im **Teilhaberbetrieb** teilen sich Dialogstationen einen Dialogprozess
- **Echtzeitbetrieb** muss kompromisslos sein, da das Zeitverhalten des Rechensystems sonst unvorhersehbar ist
 - Zustandsänderung von Programmen wird zur Funktion der **realen Zeit**
 - „Zeit“ ist keine intrinsische Eigenschaft des Rechensystems mehr
 - „externe Prozesse“ definieren **Terminvorgaben**, die einzuhalten sind
 - die **Echtzeitbedingungen** dabei gelten als weich, fest oder hart
- wichtige **Systemmerkmale** insbesondere für Mehrzugangsbetrieb:
 - Parallelverarbeitung durch (speichergekoppelte) **Multiprozessoren**
 - über bloße Adressraumisolation hinausgehende **Schutzvorkehrungen**
 - auf Programm(teil)umlagerung ausgerichtete **Speicherverwaltung**
- **Allzweckbetriebssysteme** sind universal, indem sie Fähigkeiten für die verschiedensten Bereiche umfassen — aber nicht für alle...

Literaturverzeichnis II

- [6] FABRY, R. S.: Capability-Based Addressing. In: *Communications of the ACM* 17 (1974), Jul., Nr. 7, S. 403–412
- [7] FOTHERINGHAM, J. : Dynamic Storage Allocation in the Atlas Computer, Including an Automatic Use of a Backing Store. In: *Communications of the ACM* 4 (1961), Okt., Nr. 10, S. 435–436
- [8] GENERAL ELECTRIC COMPANY (Hrsg.): *GE-625/635 Programming Reference Manual*. CPB-1004A. Phoenix, AZ, USA: General Electric Company, Jul. 1964
- [9] GRAHAM, G. S. ; DENNING, P. J.: Protection—Principles and Practice. In: *1972 Proceedings of the Spring Joint Computer Conference, May 6–8, 1972, Atlantic City, USA* American Federation of Information Processing Societies, AFIPS Press, 1972, S. 417–429

Literaturverzeichnis III

- [10] GÜNTSCH, F.-R. :
Logischer Entwurf eines digitalen Rechengeräts mit mehreren asynchron laufenden Trommeln und automatischem Schnellspeicherbetrieb, Technische Universität Berlin, Diss., März 1957
- [11] HABERMANN, A. N. ; FLON, L. ; COOPRIDER, L. W. :
Modularization and Hierarchy in a Family of Operating Systems.
In: *Communications of the ACM* 19 (1976), Mai, Nr. 5, S. 266–272
- [12] KLEINÖDER, J. ; SCHRÖDER-PREIKSCHAT, W. :
Virtuelle Maschinen.
In: LEHRSTUHL INFORMATIK 4 (Hrsg.): *Systemprogrammierung*. FAU Erlangen-Nürnberg, 2015 (Vorlesungsfolien), Kapitel 5.1
- [13] KOPETZ, H. :
Real-Time Systems: Design Principles for Distributed Embedded Applications. Kluwer Academic Publishers, 1997. –
ISBN 0-7923-9894-7

Literaturverzeichnis V

- [18] LISTER, A. M. ; EAGER, R. D. :
Fundamentals of Operating Systems. The Macmillan Press Ltd., 1993. –
ISBN 0-333-59848-2
- [19] MAYER, A. J. W. :
The Architecture of the Burroughs B5000: 20 Years Later and Still Ahead of the Times?
In: *ACM SIGARCH Computer Architecture News* 10 (1982), Jun., Nr. 4, S. 3–10
- [20] ORGANICK, E. I. :
The Multics System: An Examination of its Structure. MIT Press, 1972. –
ISBN 0-262-15012-3
- [21] POUZON, L. :
The Origin of the Shell.
In: *Multics Home*. Multicians, 2000, Kapitel <http://www.multicians.org/shell.html>
- [22] RITCHIE, D. M. ; THOMPSON, K. :
The UNIX Time-Sharing System.
In: *Communications of the ACM* 17 (1974), Jul., Nr. 7, S. 365–374



Literaturverzeichnis IV

- [14] LAMPSON, B. W. :
Protection.
In: *Proceedings of the Fifth Annual Princeton Conference on Information Sciences and Systems*. New Jersey, USA : Department of Electrical Engineering, Princeton University, März 1971, S. 437–443
- [15] Kapitel Lotta hat einen Unixtag.
In: LINDGREN, A. :
Die Kinder aus der Krachmacherstraße. Oettinger-Verlag, 1957. –
ISBN 3-7891-4118-6, S. 81–89
- [16] LIONS, J. :
A Commentary on the Sixth Edition UNIX Operating System. The University of New South Wales, Department of Computer Science, Australia : <http://www.lemis.com/grog/Documentation/Lions>, 1977
- [17] LIONS, J. :
UNIX Operating System Source Code, Level Six. The University of New South Wales, Department of Computer Science, Australia : <http://v6.cuzuco.com>, Jun. 1977

Literaturverzeichnis VI

- [23] ROBERTS, L. G. :
Multiple Computer Networks and Intercomputer Communication.
In: GOSDEN, J. (Hrsg.) ; RANDELL, B. (Hrsg.): *Proceedings of the First ACM Symposium on Operating System Principles (SOSP '67)*, October 1–4, 1967, Gatlinburg, TN, USA, ACM, 1967, S. 3.1–3.6
- [24] SALTZER, J. H. :
Protection and the Control of Information Sharing in Multics.
In: *Communications of the ACM* 17 (1974), Jul., Nr. 7, S. 388–402
- [25] SALTZER, J. H. ; SCHROEDER, M. D. :
The Protection of Information in Computer Systems.
In: *Proceedings of the IEEE* 63 (1975), Sept., Nr. 9, S. 1278–1308
- [26] SCHROEDER, M. D. ; SALTZER, J. H. :
A Hardware Architecture for Implementing Protection Rings.
In: *Proceedings of the Third ACM Symposium on Operating System Principles (SOSP 1971)*, October 18–20, 1971, Palo Alto, California, USA, ACM, 1971, S. 42–54



- [27] SILBERSCHATZ, A. ; GALVIN, P. B. ; GAGNE, G. :
Operating System Concepts.
John Wiley & Sons, Inc., 2001. –
ISBN 0-471-41743-2
- [28] WULF, W. A. ; COHEN, E. S. ; CORWIN, W. M. ; JONES, A. K. ; LEVIN, R. ;
PIERSON, C. ; POLLACK, F. J.:
HYDRA: The Kernel of a Multiprocessor Operating System.
In: *Communications of the ACM* 17 (1974), Jun., Nr. 6, S. 337–345

