

# Systemprogrammierung

## Zwischenbilanz

Wolfgang Schröder-Preikschat

Lehrstuhl Informatik 4

3. Mai 2011

## Gliederung

- 1 Systemprogrammierung I (SP1)
  - Lehrveranstaltungs-konzept
  - C
  - UNIX
  - Einleitung
  - Rechnerorganisation
  - Betriebssystemkonzepte
  - Betriebsarten
  
- 2 Systemprogrammierung II (SP2)
  - Ausblick

# Lernziele und Lehrinhalte

## Grundlagen von Betriebssystemen

Vorgänge innerhalb von Rechengesystemen **ganzheitlich** verstehen



## Grundzüge imperativer Systemprogrammierung (in C)

- im Kleinen praktizieren  $\leadsto$  Dienstprogramme
- im Großen erfahren  $\leadsto$  Betriebssysteme

# Einführung in die Programmiersprache

## Schlüsselwörter

auto	break	case	char	const	continue	default	do
double	else	enum	extern	float	for	goto	if
int	long	register	return	short	signed	sizeof	static
struct	switch	typedef	union	unsigned	void	volatile	while

## Operatoren, Selektoren, Klammerungen und andere „Satzzeichen“

!	"	%	&	'	(	)	*	+	,	-	.	/
:	;	<	=	>	?	[	]	^	{	}	~	

## Frage: Was macht dieses C-Programm?

```
#include <stdio.h>

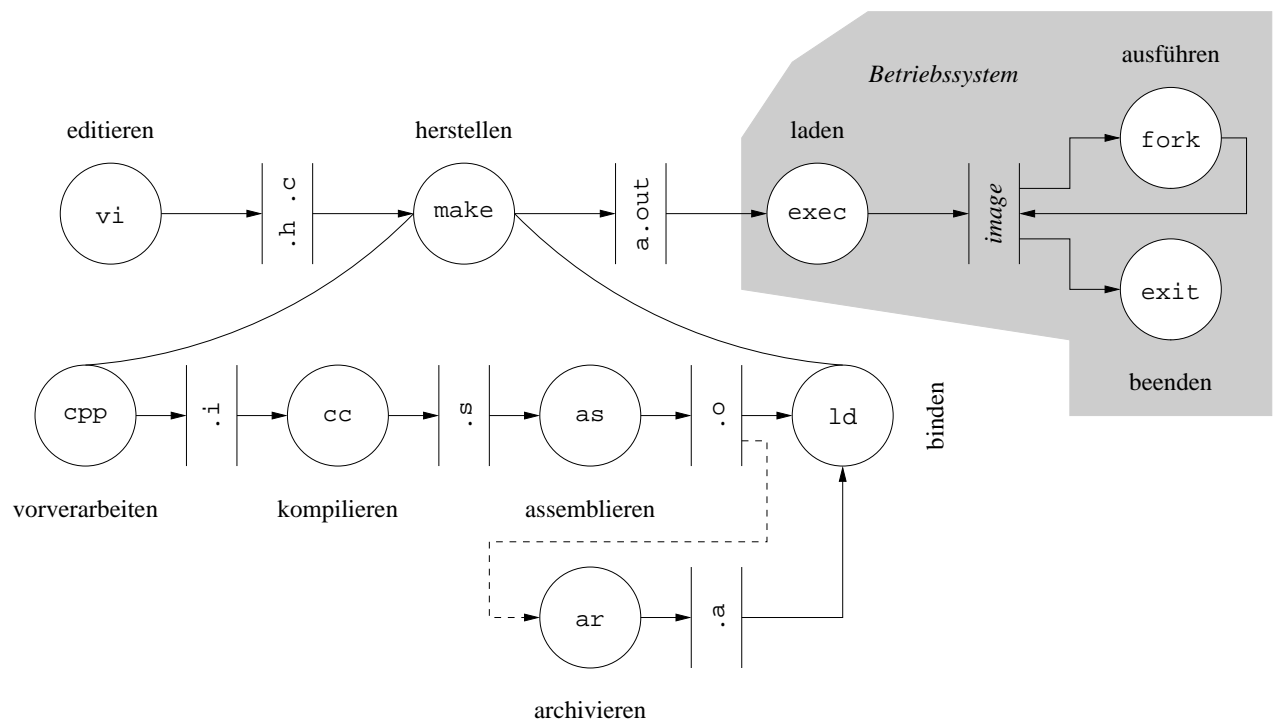
main(){char q=42,n=10,*s="main(){char q=42,n=10,*s=%c%s%c;printf(s,q,s,q,n);}%c";printf(s,q,s,q,n);}
```

## Antwort: Es reproduziert sich selbst!

(<http://www.zyvex.com/nanotech/selfRep.html>)

```
wosch@fangorn 41$ gcc magic.c
wosch@fangorn 42$ ./a.out
main(){char q=42,n=10,*s=*main(){char q=42,n=10,*s=%c%s%c;printf(s,q,s,q,n);}%c";printf(s,q,s,q,n);}
wosch@fangorn 43$
```

# Vom Quellprogramm zum Prozess...



## 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**

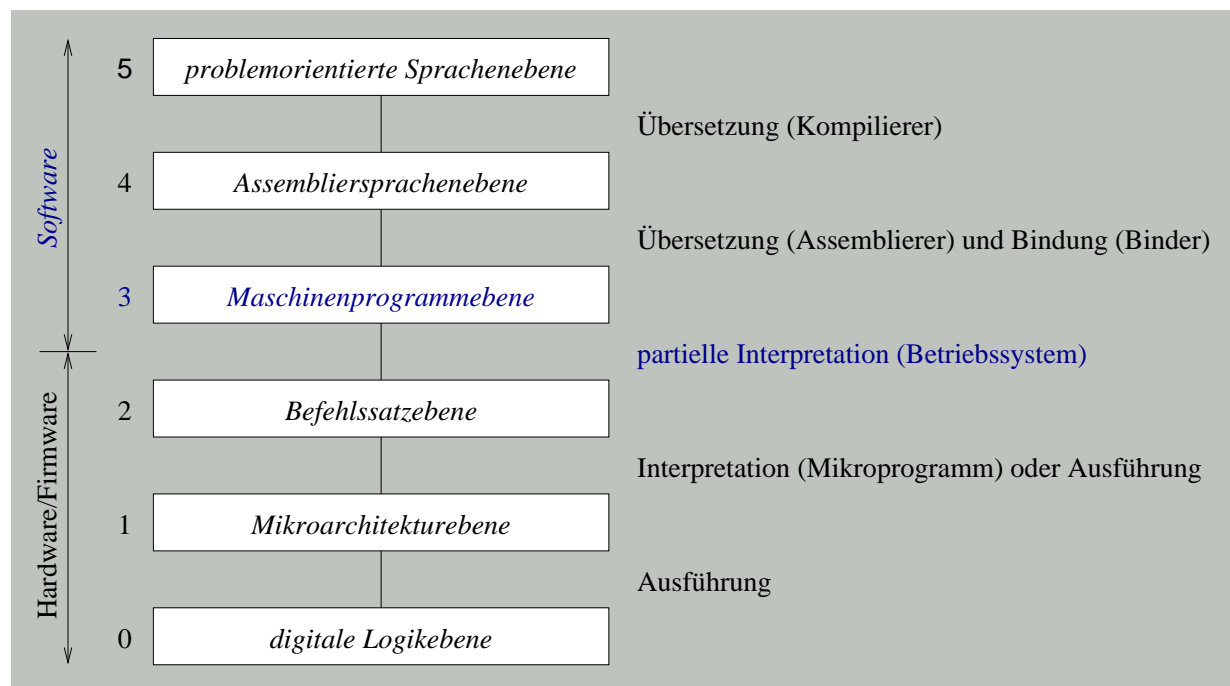
- unterschiedliches Systemverhalten erklären zu können
- Eigenschaften und Fehlern auseinanderhalten zu können

Betriebssysteme immer im **Anwendungskontext** beurteilen:

- kein einzelnes System ist für alle möglichen Zwecke optimal geeignet

# Strukturierte Organisation von Rechensystemen

Betriebssystem: **abstrakter Prozessor/virtuelle Maschine** für Programme der Ebene<sub>3</sub>



## 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** des 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

# Adressraum

Ausführungs- und Schutzdomäne von Programmen

**physikalischer Adressraum** (Hardware).....Ebene<sub>2</sub>

- ist durch die jeweils gegebene Hardwarekonfiguration definiert
- nicht jede Adresse ist gültig, zur Programmspeicherung verwendbar

**logischer Adressraum** (Kompilierer, Binder, Betriebssystem)...Ebene<sub>5/4/3</sub>

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

**virtueller Adressraum** (Betriebssystem).....Ebene<sub>3</sub>

- 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
- Weiterleitung von Informationen

**Abstraktionsmittel** für den Betriebsmittelzugang

- Hardware: CPU, RAM, Peripherie, ...
- Software: Adressräume, Prozesse, ...

**Abbildung symbolische Adresse  $\mapsto$  numerische Adresse:**

- einen Dateinamen 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-artiger Systeme)
- Bindung und Auflösung von Namen

- **Hierarchie von Namensräumen**

- montieren von Dateisystemen

**Dateisysteme und Namensräume sind (logisch) verschiedene Dinge:**

- das eine organisiert den Hintergrundspeicher (zur Dateiablage)
- 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 allg. 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

# 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, virtueller Speicher



# Echtzeitbetrieb

## Zeitabhängige Systeme

- die im Rechensystem verwendete Zeitskala muss mit der durch die Umgebung vorgegebenen identisch sein
- **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, Ausnahmefall

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

# Gliederung

## 1 Systemprogrammierung I (SP1)

- Lehrveranstaltungs-konzept
- C
- UNIX
- Einleitung
- Rechnerorganisation
- Betriebssystemkonzepte
- Betriebsarten

## 2 Systemprogrammierung II (SP2)

- Ausblick

# Vertiefung

Ausgewählte Kapitel der Systemprogrammierung

- Prozessverwaltung
  - Einplanung (klassisch, Fallstudien)
  - Koroutinen, Programmfäden, Einlastung
- Koordination
  - ein-/mehrseitig, blockierend/nicht-blockierend
  - Verklemmungen (Gegenmaßnahmen, Auflösung)
- Speicherverwaltung
  - Adressräume, MMU (Pentium)
  - Disziplinen, virtueller Speicher, Arbeitsmenge
- Dateiverwaltung
  - Organisation des Hintergrundspeichers
  - Datenverfügbarkeit (RAID)

## Und falls wir dann noch Zeit haben...

- Sicherheit
  - Zugriffsmatrix, Befähigung, Zugriffskontrollliste
  - Bell/LaPadula
- Architektur
  - Monolith, geschichtetes System, Minimalkerne
  - Selbst-/Paravirtualisierung