

# Betriebssysteme (BS)

[http://www4.informatik.uni-erlangen.de/Lehre/WS07/V\\_BS/](http://www4.informatik.uni-erlangen.de/Lehre/WS07/V_BS/)

Daniel Lohmann  
Jürgen Kleinöder

Lehrstuhl für Informatik 4  
Verteilte Systeme und Betriebssysteme  
Friedrich-Alexander Universität  
Erlangen-Nürnberg

lohmann@informatik.uni-erlangen.de  
kleinoeder@informatik.uni-erlangen.de



1

## Einordnung (1)

- Informatik, ab 5. Semester (s.u.)
- Wirtschaftsinformatik, ab 7. Semester (Wahl)
- Computational Engineering, ab 7. Semester (Wahl)
- Wahlpflicht für „Verteilte Systeme und Betriebssysteme“ ...
  - als Prüfungsfach (8 SWS) oder Schwerpunkt fach (12 SWS)
  - als benoteter oder unbenoteter Schein
- sehr empfohlen bei vorgesehener Mitarbeit an F&E Arbeiten des Lehrstuhls



BS © 2006, 2007 Wolfgang Schröder-Preikschat, Olaf Spinczyk, Jürgen Kleinöder, Daniel Lohmann

3

## Lernziele

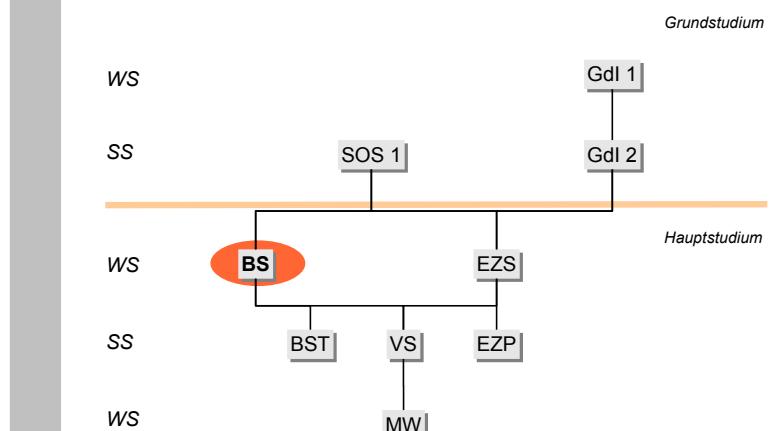
- das Wissen über die Funktionsweise von Betriebssystemen vertiefen
  - Ausgangspunkt: Softwaresysteme I
  - Schwerpunkte: Nebenläufigkeit und Synchronisation
- Entwicklung eines Betriebssystems *von der Pike auf*
  - OO-StuBS: Praktische Erfahrungen im Betriebssystembau sammeln
- PC-Technologie besser verstehen



BS © 2006, 2007 Wolfgang Schröder-Preikschat, Olaf Spinczyk, Jürgen Kleinöder, Daniel Lohmann

2

## Einordnung (2)



BS © 2006, 2007 Wolfgang Schröder-Preikschat, Olaf Spinczyk, Jürgen Kleinöder, Daniel Lohmann

4

## Voraussetzungen

- Rechnerorganisation, **Softwaresysteme I** [1]
- C/C++, Assembler (x86)
- Spaß an hardwarenaher Programmierung
  - „Furchtlosigkeit“ vor nur schwer erkund- und fassbaren Sachverhalten
- ein gewisses Maß an **Durchhaltevermögen**



BS © 2006, 2007 Wolfgang Schröder-Preikschat, Olaf Spinczyk, Jürgen Kleinöder, Daniel Lohmann

5

## Schein, Prüfung

- Schein
  - Ausstellung ... bei erfolgreicher Bearbeitung aller Aufgaben
  - Rücksprache ... bei nicht-erfolgreicher Bearbeitung einer Aufgabe
- benoteter Schein
  - Voraussetzung: Schein (s.o.)
  - abschließendes Gespräch („Scheinprüfung“) über Vorlesungs- und Übungsstoff
- Prüfung
  - für Fach „Verteilte Systeme und Betriebssysteme“
    - für Informatik oder Winf in Kombination mit einer anderen LV des Lehrstuhls (BST, VS, MW, ES, SysSec)
    - für IuK oder CE als Einzelprüfung
  - Inhalt ist der Vorlesungs- und Übungsstoff (Übungsaufgaben)



BS © 2006, 2007 Wolfgang Schröder-Preikschat, Olaf Spinczyk, Jürgen Kleinöder, Daniel Lohmann

7

## Organisation

- **integrierte Lehrveranstaltung** 4 SWS  
(2 x 1,5 Std. wöchentlich)
  - VL Vorstellung und detaillierte Behandlung des Lehrstoffs
  - Ü Vertiefung sowie Besprechung und Abnahme der Übungsaufgaben (Abnahmen alle 14 Tage)
- **Anmeldung zu den Übungen über „waffel“ (siehe Web-Seite)**
- **Rechnerübung** 0 SWS  
(1,5 Std. wöchentlich)
  - betreutes Bearbeiten der Übungsaufgaben am Rechner
- **Vor-/Nacharbeit** 0 SWS  
(N Std. wöchentlich,  $0 < N < 163,5$ )



BS © 2006, 2007 Wolfgang Schröder-Preikschat, Olaf Spinczyk, Jürgen Kleinöder, Daniel Lohmann

6

## Dozenten, Übungsleiter

- Jürgen Kleinöder
  - <http://www4.informatik.uni-erlangen.de/~jklein>
- Daniel Lohmann
  - <http://www4.informatik.uni-erlangen.de/~lohmann>
- Wanja Hofer
  - <http://www4.informatik.uni-erlangen.de/~hofer>
- Julio Sincero
  - <http://www4.informatik.uni-erlangen.de/~sincero>



BS © 2006, 2007 Wolfgang Schröder-Preikschat, Olaf Spinczyk, Jürgen Kleinöder, Daniel Lohmann

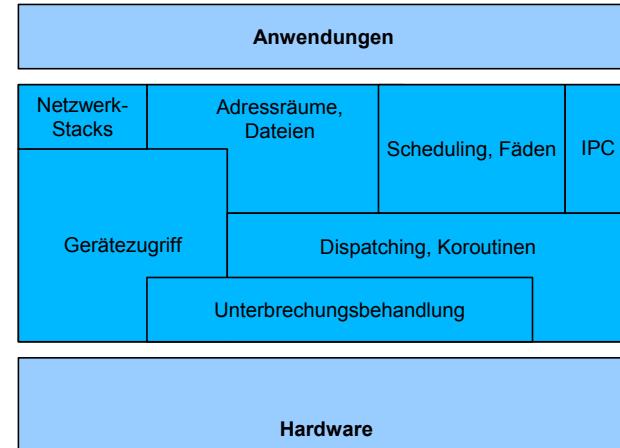
8

## Empfohlene Literatur

- [1] W. Schröder-Preikschat. *Softwaresysteme I*. <http://www4.informatik.uni-erlangen.de/>, 2005. Vorlesungsskript.
- [2] R. G. Herrtwich and G. Hommel. *Kooperation und Konkurrenz - Nebenläufige, verteilte und echtzeitabhängige Programmsysteme*. Springer-Verlag, 1989. ISBN 3-540-51701-4.
- [3] W. Schröder-Preikschat. *The Logical Design of Parallel Operating Systems*. Prentice Hall International, 1994. ISBN 0-13-183369-3.
- [4] A. Silberschatz and P. B. Galvin. *Operating System Concepts*. Addison-Wesley, 1994. ISBN 0-201-59292-4.
- [5] A. S. Tanenbaum. *Structured Computer Organization*. Prentice Hall, 1990.
- [6] H.-P. Messmer, K. Dembowski. *PC-Hardwarebuch*. Addison-Wesley, 2003. ISBN 3-8273-2014-3.
- [7] Intel Corporation. *Intel Architecture Software Developer's Manual*. <http://www.intel.com/>



## Aufbau eines Betriebssystems



## Verschiedene Sichten auf ein BS

- Abstraktion
  - Betriebssystem = erweiterte Maschine
  - Systemaufrufe (= Befehle der erweiterten Maschine) abstrahieren von der Komplexität von Gerätezugriffen, Dateiverwaltung, CPU-Verwaltung (Prozesse)
- Virtualisierung
  - ermöglicht transparente, gemeinsame Nutzung von Ressourcen
    - Zeitscheiben → virtuelle Prozessoren
    - virtueller Speicher → privater Speicher für Prozesse
    - Virtualisierung kompletter Hardwaresysteme (VM 370, XEN)
- Ressourcenverwaltung
  - Regelt die gemeinsame Nutzung von Ressourcen
    - Speicherverwaltung (Paging-Strategie), Scheduling, ...



## Zentrale Aufgabe: Verwaltung der CPU

- Alle Betriebssystemkomponenten benötigen letztlich die/eine CPU
- Konkurrenz unterschiedlicher Kontrollflüsse
  - ↳ inhärente Nebenläufigkeit
    - Interrupt-Bearbeitung
      - Interrupt-Handler / Top-Half / Prolog
      - Bottom-Halves / Tasklets / Epiloge
    - Threads / Prozesse
      - auf Anwendungsebene
      - im Betriebssystem



# Betriebssysteme (BS)

alias **Betriebssystembau (BSB)**

## Überblick



1

### Programmunterbrechungen

- im Prinzip
  - Vektortabellen
  - *edge vs. level-triggered*
  - *spurious interrupts*
  - geschachtelte Unterbrechungen
- beim PC
  - PIC und APIC
  - Unterbrechungen bei Multiprozessorsystemen
  - IDT



BSB © 2006 Wolfgang Schröder-Preikschat, Olaf Spinczyk

3

### BS-Entwicklung (oft ein harter Kampf)

- erste Schritte  
wie bringt man sein System auf die Zielhardware?
  - Übersetzung
  - Bootvorgang
- Testen und *Debugging*  
was tun, wenn das System nicht reagiert?
  - „printf“ *debugging*
  - Simulatoren
  - *debugger*
  - *remote debugging*
  - Hardwareunterstützung



BSB © 2006 Wolfgang Schröder-Preikschat, Olaf Spinczyk

2

### Unterbrechungssynchronisation

- Zusammenspiel zwischen Unterbrechungsbehandlung und „normalem“ Kontrollfluss
- Hardwaremechanismen zur „harten Synchronisation“
- Softwaremechanismen zur „weichen Synchronisation“
  - Pro-/Epilogmodell und Varianten
  - Unterbrechungstransparenz



BSB © 2006 Wolfgang Schröder-Preikschat, Olaf Spinczyk

4

## das Intel CPU Programmiermodell

- die Entwicklung der x86 CPU Familie
- Relikte
  - 8086 *Real Mode*
  - A20 Gate
- das ringbasierte Schutzkonzept im *Protected Mode*
- das *Task*-Modell



5

## Ablaufplanung

- Wiederholung und Vertiefung von Softwaresysteme I
  - Grundprinzipien und Klassifikation
- neue Strategien
- Tricks aus der Praxis
- spezielle Probleme
  - z.B. beim Zusammenspiel zwischen Ablaufplanung und Unterbrechungssynchronisation



## Programmfäden

- Realisierung von Programmfäden beim x86
  - Basis: Koroutinen
  - Implementierung des Kontextwechsels
- unterschiedliche Fadenmodelle
  - leicht vs. schwer vs. federgewichtig vs. ...
  - Umsetzung in einer Systemfamilie



6

## Betriebssystemarchitektur

- verschiedene Klassen von Systemen entstehen durch unterschiedliche Komposition der BS-Mechanismen
- Mikrokern-Systeme, Monolithen, Exokernel, ...
  - L4, Solaris, Linux, Windows XP
- Hypervisor
  - XEN



## Fadensynchronisation

- blockierend vs. nicht-blockierend
- Multiprozessor-Fadensynchronisation
- die ultimative Synchronisationsprimitive
  - Semaphore?
- spezielle Probleme
  - Wechselwirkung zwischen Synchronisation und Ablaufplanung
  - Wiederholung und Vertiefung von Verklemmungen



## Interprozesskommunikation (IPC)

- Zusammenhang zwischen IPC und Synchronisation
  - konkrete Beispielsysteme
- Dualität nachrichten-basierter und prozeduraler Systeme
  - Lauer & Needham



## PC Bussysteme

- Architektur und Programmierung
- Lokale Busse
  - PCI (Express)
  - AGP
  - InfiniBand
  - HyperTransport
- I/O Busse
  - USB, FireWire
  - SCSI, SATA
  - ...



## Geräteprogrammierung

- typische PC Geräte und Probleme
  - Maus
  - Diskettenlaufwerk
  - hardware-beschleunigte Graphikkarten
- I/O System
- Treibermodelle





Viel Spaß!

