

Betriebssysteme

TINF * IT

Prof. Dr. Harald, Kornmayer
Institut für Informatik, DHBW Mannheim, Germany

Vorlesung Betriebssysteme

- Teil des Moduls „Technische Informatik II“
 - Betriebssysteme (36 SWS / 54 SWS)
 - Rechnerarchitekturen (36 SWS / 54 SWS)
 - Systemnahe Programmierung I (24 SWS / 36 SWS)
- Insgesamt 8 ECTS

Ziele der Vorlesung

- Einführung
 - Historischer Überblick
 - Betriebssystemkonzepte
- Prozesse und Threads
 - Einführung in das Konzept der Prozesse
 - Prozesskommunikation
 - Übungen zur Prozesskommunikation: Klassische Probleme
 - Scheduling von Prozessen
 - Threads
- Speicherverwaltung
 - Einfache Speicherverwaltung ohne Swapping und Paging
 - Swapping
 - Virtueller Speicher
 - Segmentierter Speicher
- Dateien und Dateisysteme
 - Dateien
 - Verzeichnisse
 - Implementierung von Dateisystemen
 - Sicherheit von Dateisystemen
 - Schutzmechanismen
 - Neue Entwicklungen: Log-basierte Dateisysteme Ein- und Ausgabe
- Grundlegende Eigenschaften der I/O-Hardware
 - Festplatten
 - Terminals
 - Die I/O-Software
- Anwendung der Prinzipien auf reale Betriebssysteme:
 - UNIX und Windows *, ...

Inhaltsverzeichnis

- Organisation
- Einführung
- Prozesse und Threads
- Deadlocks / Verklemmungen
- Speicherverwaltung
- Dateisysteme
- Eingabe und Ausgabe
- (Multiprozessor-Systeme)
- IT-Sicherheit
- Fallstudien:
 - Linux
 - (Windows)
 - (Android)

Betriebssysteme

0. Organisation

Prof. Dr. Harald, Kornmayer
 Institut für Informatik, DHBW Mannheim, Germany

Vorlesungskultur

- Pünktlichkeit
 - Vorlesungsbeginn und Pausenende
- Nur eine Person redet während der Vorlesung
- *Private Internet-Nutzung ist während der Vorlesungen und Übungen untersagt*
- **Laptops sind geschlossen**
 - Verwendung von Laptops nur nach Rücksprache mit dem Dozenten!
- Nutzung von Handys ist untersagt
 - Handys sind auszuschalten!
- Pausen werden bei Bedarf durchgeführt!
 - Keine Essen während der Vorlesung!

Vorlesungskultur



- Ziel ist es eine optimale Lern- und Lehrsituation herzustellen
 - Störungen jeglicher Art beeinträchtigen dieses Ziel
- Offenheit und Respekt helfen diese Ziele zu erreichen
- Bringen Sie sich ein!
 - Stellen Sie lieber heute eine dumme Frage anstatt ein Leben lang dumm zu bleiben!
 - Helfen Sie Antworten und Lösungen zu finden!

Vorlesungskultur



- Maßnahmen bei Verstößen
 - Ermahnung („gelbe Karte“)
 - Ausschluss aus der aktuellen Vorlesung
 - Information des Studiengangleiters
 - Information des Ausbildungsunternehmens
 - Personalgespräch
 - Arbeitsrechtliche Konsequenzen

Kommunikation



- Der Dozent
 - harald.kornmayer@dhw-mannheim.de
 - Bei Rückfragen/Bedarf: Termin ausmachen!
- Die Kurse
 - TINF18IT1
 - Email: tin18it1@googlegroups.com
 - Kurssprecher: Johannes Lange; johannes.lange@hotmail.com
 - TINF18IT2
 - Email:
 - Kurssprecher:
- Die Unterlagen
 - in Moodle:
 - TINF18IT1
 - <http://moodle.dhw-mannheim.de/course/view.php?id=880>
 - Kursname als Schlüssel
 - TINF18IT2
 - <http://moodle.dhw-mannheim.de/course/view.php?id=1434>
 - Kursname als Schlüssel

Vorlesung



- Termine:
 - In den Kalendern eingetragen
 - <http://vorlesungsplan.dhw-mannheim.de/index.php>
 - Änderungen werden durch Kurssprecher dort eingetragen!
- Übungen
 - teilweise in Vorlesung!
 - meistens zu Hause!
 - Fokussierung auf das **Linux** Betriebssystem!
- Leistungsnachweis
 - Schriftliche Klausur am Semesterende (75 min)

Literatur



- Andrew S. Tanenbaum: Moderne Betriebssysteme,
 - 3. aktualisierte Auflage, ISBN 978-3-8273-7342-7, Pearson Studium
- Ehses, E., et al.: Betriebssysteme
 - ISBN 3-8273-7156-2, Pearson Studium
- Weitere Literatur
 - Stallings W.: Betriebssysteme, 4. Auflage, Pearson Studium, 2003
 - Mandl, Peter: Grundkurs Betriebssysteme, Vieweg+Teubner Verlag, 2010

Umfrage



- Beantworten Sie die Umfrage auf der Moodle-Webseite!

Betriebssysteme

1. Einführung

Prof. Dr. Harald, Kornmayer
Institut für Informatik, DHBW Mannheim, Germany

Aufgabe

- Fassen Sie kurz zusammen, was Sie über Betriebssysteme wissen?
 - Diskutieren Sie mit Ihrem Nachbarn/ihrer Nachbarin
 - 5 Minuten
 - Fassen Sie die Ergebnisse so zusammen, dass Sie diese vortragen können



Einführung

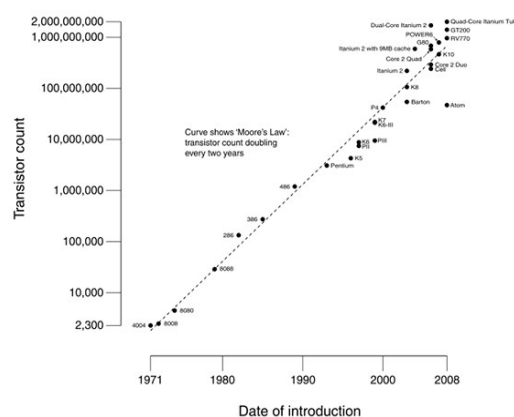
- Motivation und Herausforderungen
- Aufgaben eines Betriebssystems
- Historische Entwicklung
- Arten von Betriebssystemen
- Betriebssystemfamilie
- Überblick Computer-Hardware
- Betriebssystemkonzepte
- Systemaufrufe
- C und die Betriebssystemwelt
- Betriebssystemstrukturen

Einführung

• Moore'sches Gesetz

- Die Anzahl der Transistoren pro Chip verdoppelt sich ca. alle 2 Jahre
- Prozessoren werden immer
 - kleiner
 - dichter
 - leistungsfähiger

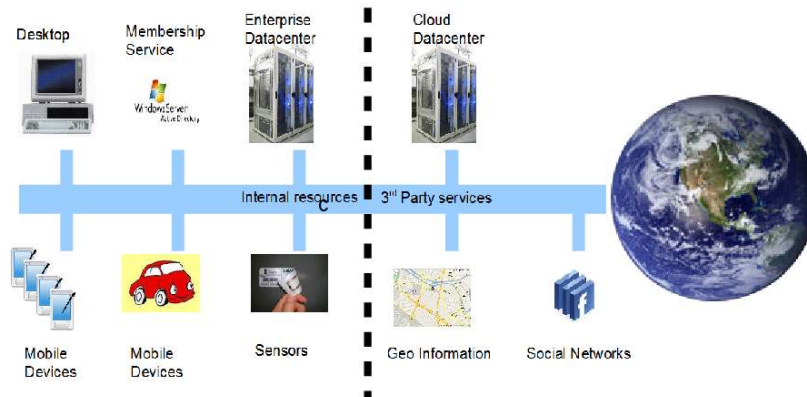
CPU Transistor Counts 1971-2008 & Moore's Law



(Gordon Moore: Mitbegründer von Intel (1968))

Einführung

- Weltweite Computer Systeme
 - Die Welt ist ein großes paralleles System
 - Prozessoren überall verbunden über Netzwerke

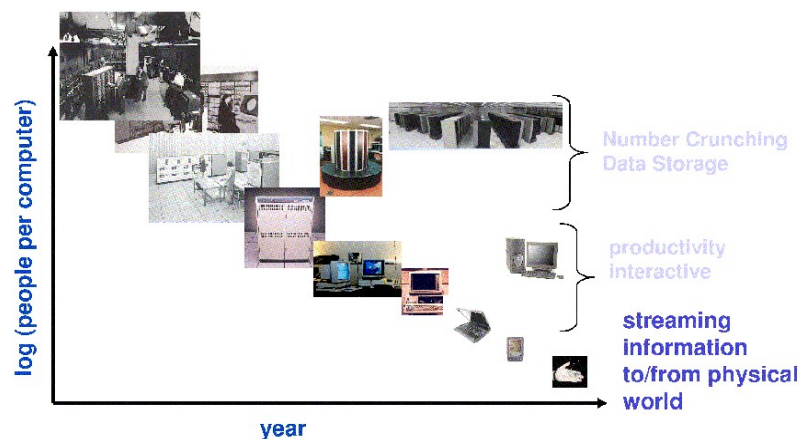


Prof. Dr. Kornmayer

17

Einführung

- Verhältnis Mensch/Computer (quantitativ!!)



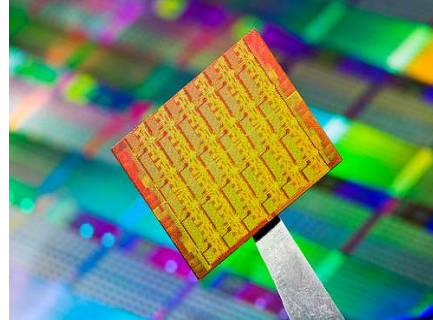
- Heute: Viele CPUs pro Person

Prof. Dr. Kornmayer

18

Einführung

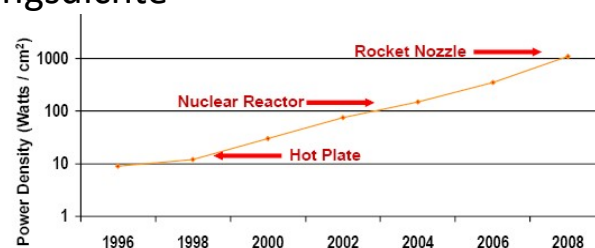
- Viel mehr“-kern-Prozessoren
 - Dezember 2009: Intel 48 Core Prozessor
 - 24 „Kacheln“ mit 2 Cores
 - 24-router Mesh Netzwerk
 - 4 DDR3 memory controller
 - Hardware support für Message-passing
 - „Single-Chip-Cloud-Computer“



- Parallelität auch auf dem Chip
 - Wie programmiert man 48, 64, 512 Kerne?
 - 1 Kern für Word, 1 Kern für browser, 2 Kern für Audio/Video, ...
 - 44 für Antivirus??

Einführung

- Leistungsdichte



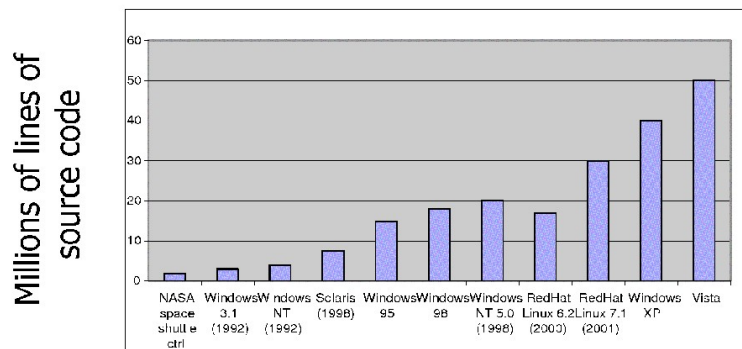
Power Density Becomes Too High to Cool Chips Inexpensively

Source: Shekhar Borkar, Intel Corp

- Extrapolation in die Zukunft??
- Kehrseite der Leistungssteigerung
 - Batterielebensdauer wird kritisch

Einführung

- Hardware-Fortschritt kommt mit einer immer größer werdenden Komplexität auf der Platine
 - spiegelt sich auch in Software wieder



Einführung

- Herausforderungen
 - Wie organisiert man das Management von Komplexität in heterogenen Umgebungen?
 - Wie können Anwendungen/Computersysteme ihre Aufgabe in Zukunft erfüllen?
 - Wie unterstützen Computer den Menschen/das Geschäft?
 - Welche neuen Herausforderungen/Anwendungen kommen in der Zukunft?

Einführung

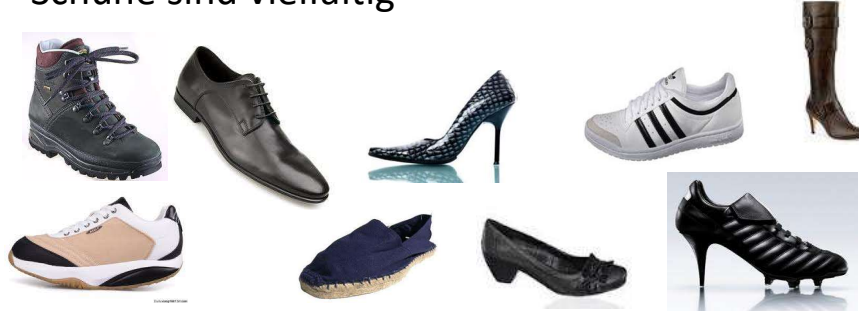
- Rechensysteme sollen Probleme lösen!!
 - Textverarbeitung
 - Lohnabrechnung
 - Wettervorhersagen
 - Steuerung eines Kraftwerks
 - Berechnungen von Ingenieuraufgaben
 - Informationen aus dem Internet besorgen
 - Email/Informationen austauschen
 - ...
- Rechensysteme sind kein Selbstzweck!
 - Business: Unterstützung einer Wertschöpfungskette!
 - Privat: Unterhaltung

Einführung

- Rechensysteme sind vielfältig
 - PC
 - Großrechner
 - Handy
 - Waschmaschine
 - Industriesteueranlage
- Rechensysteme sind komplex
 - bestehen aus vielen sich schnell ändernden Komponenten
 - (Prozessoren, Arbeitsspeicher, Festplatten, Druckern, Tastaturen, Maus, Bildschirm, Netzwerkschnittstellen, USB-Geräten, ...)

Aufgabe

- Schuhe sind vielfältig



- Können Sie Ähnlichkeiten zwischen der Welt von Schuhen und Betriebssystemen finden?

Aufgabe

- Können Sie Ähnlichkeiten zwischen der Welt von Schuhen und Betriebssystemen finden?
 - Diskutieren Sie mit Ihrem Nachbarn/ihrer Nachbarin
 - 5 Minuten
 - Fassen Sie die Ergebnisse so zusammen, dass Sie diese Vortragen können

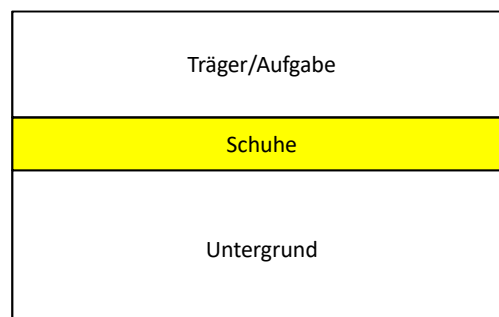


Lösungen

- Schuhe befinden sich zwischen Träger und Untergrund
- Es gibt für verschiedene Untergründe verschiedene Schuhe
- Nicht jeder Schuh ist gut für jeden Untergrund
- Ein Mensch hat mehrere Schuhe für verschiedene Bereiche
- Gute Schuhe sind bequem
- Träger weiß selten wie der Schuh aufgebaut ist

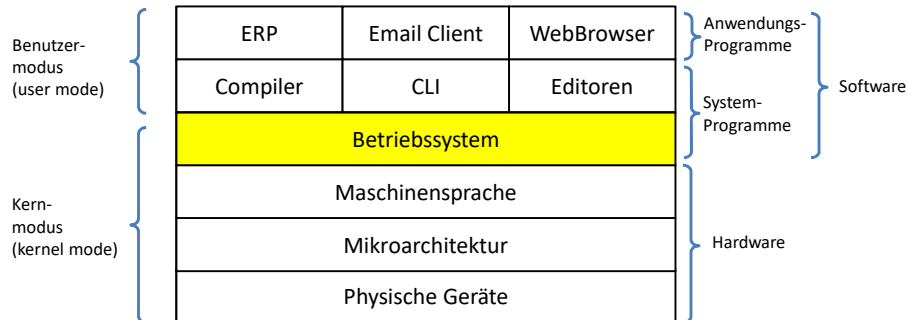
Einführung

- „Schuhmodell“
 - „**einfaches und klares Modell**“ zur Benutzung von Schuhen



Einführung

- Betriebssystem soll dem Anwendungsprogrammierer ein „**einfaches und klares Modell**“ eines Computers zur Verfügung stellen



Erkennungsmerkmal:

Betriebssystem läuft im Kernmodus (Kernel Mode)

Aufgaben des Betriebssystems

1. Abstraktion der Hardware

- Hardware beschränkt sich auf notwendige Funktionen, um günstig zu sein
 - Betriebssystem stellt Funktionen bereit, die Anwendungsprogramme nutzen können
 - Bsp: Festplatte
- Trotz ähnlicher Architektur unterscheiden sich Rechner im Detail sehr
 - Speicher, Controller, ...
 - Betriebssystem realisiert eine einheitliche Sicht für Anwendungen
 - Bsp: Dateien auf externen Speichermedien (kein Unterschied zwischen Digitalkamera und CD)

→ Betriebssystem realisiert eine „Virtuelle Maschine“

Aufgaben des Betriebssystems



2. Verwaltung der Ressourcen

- Anwendung braucht Ressourcen um ausgeführt zu werden
 - CPU, Speicher, Platte, Netzwerk, ...
- Leistungsfähige Rechner laufen im **Mehrprozess-** und **Mehrbenutzerbetrieb**
 - Mehrere Anwendung laufen „gleichzeitig“
- Betriebssystem verteilt die Ressourcen gerecht und sichert die Anwendungen und Benutzer gegeneinander
- Multiplexing
 - Zeitlich: CPU, Platte
 - „Einer nach dem anderen“
 - Räumlich: Arbeitsspeicher
 - „ein Teil für dich, ein Teil für mich“

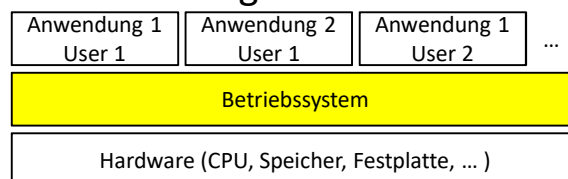
Prof. Dr. Kornmayer

31

Aufgaben des Betriebssystems



- Betriebssystem ist Mittler zwischen Anwendung und Hardware



1. Abstraktion der Hardware


2. Verwaltung der Ressourcen

- Anwendungen können nicht direkt auf Hardware zugreifen
 - **Sicherheit** (als Nebenprodukt der Verwaltung)

Prof. Dr. Kornmayer

32

Aufgaben des Betriebssystems



Anwendung

Betriebssystem

Hardware


Virtual Machine
Interface

Physical Machine
Interface

Prof. Dr. Kornmayer

33

Geschichte der Betriebssysteme



- 1. Generation (-1945)
 - Technologie: Elektronenröhren
 - Manuel Programmierung
 - Teilweise durch feste Verdrahtung
 - Einfach numerische Berechnungen waren möglich

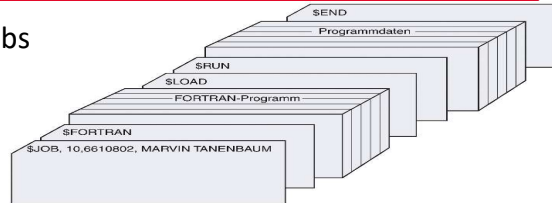
- 2. Generation (1955 – 1965)
 - Technologie: Transistoren (Großrechner)
 - Trennung von Entwicklern, Operatoren, Wartungspersonal
 - Lochkarten mit Programmcode (z.B. Assembler, Fortran)
 - Betriebssystem
 - startet Übersetzer und Programm
 - nimmt Eingabe entgegen
 - gibt Ausgabe auf Drucker aus

Prof. Dr. Kornmayer

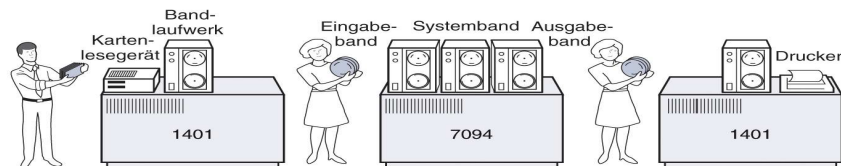
34

Geschichte der Betriebssysteme

- Einführung von Jobs



- auch mehrere Jobs nacheinander
 - vom Magnetband
- Stapelverarbeitung (Batch)
 - Auch heute noch bei langlaufenden Berechnungen im Einsatz



– Typische Systeme: FORTRAN Monitor System (FMS)

Geschichte der Betriebssysteme

- 3. Generation (1965-1980)
 - Technologie: Integrierte Schaltungen
 - Einführung von Rechnerfamilien
 - Gleicher Befehlssatz
 - Unterschiedliche Leistung
 - Portabilität von Programmen möglich
 - Bsp: IBM System/360 mit Produkten 370, 4300, 3080, 3090
 - Heute: zSeries
 - Betriebssystem soll Unterschiede der Rechner/Geräte abstrahieren
 - Einführung des Mehrprogrammbetriebs
 - CPU wartet oft (80%-90% der Zeit) auf Eingabe/Ausgabe-Geräte
 - statt zu warten wird ein anderer Job aktiviert
 - Betriebssystem muss die Geräte verwalten!



Geschichte der Betriebssysteme



- Interaktive Nutzung der Rechner durch Timesharing
 - Terminals statt Lochkarten und Drucker
 - Mehrere Benutzer gleichzeitig
 - Sicherheitsmechanismen notwendig
 - Bsp: MULTICS (Multiplexed Information and Computing System)
 - Viele Innovationen, aber nur geringer wirtschaftlicher Erfolg
 - Vision:
 - Zentralisierten Rechnerwerkzeugs verwendbar wie das Stromnetz
 - Ähnlichkeiten mit Internet und Cloud-Computing
- Verbreitung von Minicomputer
 - z.B. DEC PDP-1 bis PDP-11
 - MULTICS wurde angepasst → Ursprung von UNIX

Prof. Dr. Kornmayer

37

Geschichte der Betriebssysteme




- 4. Generation (1980 – heute)
 - Technologie: Hochintegrierte Schaltkreise (Mikroprozessoren)
 - Billige Hardware
 - Zurück zu Einbenutzersystemen (DOS, Windows, ...)
 - Von der Kommandozeile zur Graphischen Benutzeroberflächen (GUI)
 - Apple Macintosh
 - Zunehmende Vernetzung der Rechner
 - Client/Server-Systeme: mehrere Benutzer
 - UNIX, Linux, Windows NT, ...
 - Verteilte Betriebssysteme
 - Ganz aktuell: Wie ist die Cloud aufgebaut?

Prof. Dr. Kornmayer

38

Cloud Computing



Anwendung (Software as a Service)

Platform as a Service


Infrastruktur as a Service (CPU, Storage, Network,...)

Virtual Cloud Interface

Cloud Provider Interface

Prof. Dr. Kornmayer
39

Betriebssystemfamilie



- Grossrechner (Mainframe)
 - Hohe Ein-/Ausgabe-Leistung, viele Prozesse, Transaktionen
- Server
 - Viele Benutzer über ein Netzwerk
- Multiprozessorsysteme
 - Parallelrechner
- Personalcomputer
 - Linux, FreeBSD, Windows Vista, Windows 7
 - Oberfläche ist nicht das Betriebssystem
- Handheld-Computer
 - PDA, iPad, Android-Phones, ...

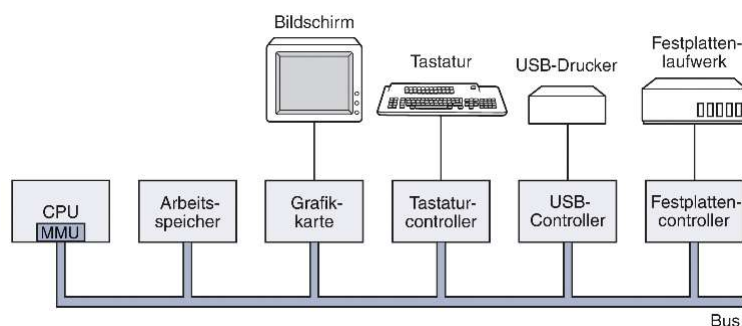
Prof. Dr. Kornmayer
40

Betriebssystemfamilie

- Eingebettete Systeme
 - Auto, Fernseher, MP3-Player, ...
 - Nur vertrauenswürdige Software ausgeführt
 - Nachladen von Software durch Benutzer nicht möglich
- Sensorknoten
 - Kleine batteriebetriebene Computer mit Funkgeräten
 - Überwachungsaufgaben
- Echtzeitbetriebssysteme
 - Zeit ist essentiell bei Ressourcenvergabe
 - Steuerungsanlagen
 - Digitale Telefone, Audio- und Multimediasysteme
- Smart Cards / Chipkarten

Überblick Computer-Hardware

- Vereinfachtes Modell (PC)



- Betriebssystem **muss** Details der Hardware kennen
 - Abstrahieren für Programmierer
 - Verwalten der Ressourcen

Überblick Computer-Hardware



- Prozessor
 - Gehirn des Computers
 - Hole Befehle aus dem Speicher und führe sie aus!
 - Abarbeitung von Programmen
 - Unterschiedliche CPU-Typen haben unterschiedliche Menge von Befehle
 - Pentium-Programm läuft nicht auf SPARC Maschine
 - Laden von Befehlen dauert länger als Ausführung
 - Optimierung durch Register (Speicherbereiche) innerhalb der CPU
 - Ganzzahl-, Gleitkomma-Register
 - Befehle um ein Wort vom Speicher in Register zu schreiben
 - Befehle um ein Wort vom Register in Speicher zu schreiben
 - Befehle kombinieren zwei Operanden aus Registern

Prof. Dr. Kornmayer

43

Überblick Computer-Hardware



- Prozessor ...
 - Spezialregister
 - Befehlszähler (Program Counter PC)
 - Enthält die Speicheradresse des nächsten Befehls
 - Kellerregister (stack pointer)
 - Zeigt auf das Ende des aktuellen Kellers/stack
 - Hier werden „frames“ (Rahmen) für jede angesprungene, aber nicht beendete Prozedur abgelegt
 - Eingabeparameter, lokale Variablen, ...
 - Programmstatuswort (Program Status Word, PSW)
 - Enthält Status-Bits, CPU-Priorität, Modus (kernel modus, Benutzer modus)
 - Begrenzter Zugriff für Benutzermodus
 - » (lesen ja, schreiben teilweise)
 - Wichtig bei Systemaufrufen und Ein-/Ausgabe

Prof. Dr. Kornmayer

44

Überblick Computer-Hardware

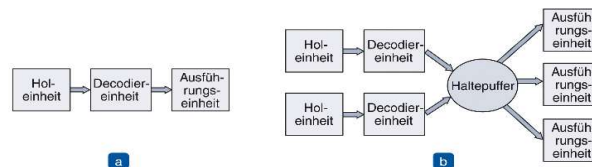
- Prozessor ...

- Verwaltung durch Multiplexing

- Zeitliche Aufteilung der CPU Ressource
 - Halte laufende Programm an und starte anderes!
- Betriebssystem muss alle Register kennen
 - Speichern der Register und späteres Wiederherstellen

- Moderne Prozessoren

- Mehrere Befehle zur gleichen Zeit ausführen



Prof. Dr. Kornmayer

45

Überblick Computer-Hardware

- Prozessor ...

- Ausführungsmodi

- Maßnahme, um den direkten Zugriff auf Systemressourcen durch Anwendungsprogramme zu unterbinden
- Modus wird durch Bit im PSW (Programmstatuswort) gesetzt

- **System-/Kern-modus** (kernel mode)

- Jeder Befehl des Befehlssatz kann ausgeführt werden
- Jede Eigenschaft der Hardware kann ausgenutzt werden

- **Benutzermodus** (user mode)

- Eingeschränkter Zugriff
- Speicher nur über Speicherverwaltung
- Keine privilegierten Bereiche
 - z.B. Aus-/Eingabe

Prof. Dr. Kornmayer

46

Überblick Computer-Hardware



- Prozessor ...
 - Systemaufruf (kontrollierter Moduswechsel)
 - Ein Benutzerprogramm nutzt Dienst des Betriebssystem
 - Spezieller Befehl (Systemaufruf, TRAP, system call)
 - Bei Ausführung des Befehls:
 - » Prozessor sichert PC im Keller (Rückkehradresse)
 - » Umschalten in Systemmodus
 - » Verzweigung an vordefinierte Adresse im BS
 - BS analysiert Art des Systemaufrufs und führt den Aufruf aus
 - Rückkehrbefehl schaltet wieder in Benutzermodus
 - Andere Unterbrechungen erfordern das BS zu handeln
 - Interrupts (von Hardware erzeugt)
 - Exceptions (durch Programmfehler)

Prof. Dr. Kornmayer

47

Überblick Computer-Hardware



- Prozessor ...
 - Entwicklung der Prozessoren geht weiter!
 - Hardware-Unterstützung
 - Multi-Threading
 - Mehrere Threads in einem Prozessor mit schnellem Umschalten
 - in nsec (10^{-9} sec)
 - Keine wirkliche Parallelität
 - Multi-Core
 - Eigene unabhängige Prozessoren

Prof. Dr. Kornmayer

48

Überblick Computer-Hardware

DHBW
Duale Hochschule
Baden-Württemberg
Mannheim

- Speicher

The diagram illustrates the memory hierarchy as a pyramid with five levels. On the left, a color gradient bar indicates access times (Zugriffszeiten) from 1 ns (top) to 100 s (bottom). On the right, another color gradient bar indicates capacity (Kapazität) from < 1 kB (top) to 400-1000 GB (bottom).

Zugriffszeiten	Speicherart	Kapazität
1 ns	Register	< 1 kB
2 ns	Cache	4 MB
10 ns	Arbeitsspeicher	512–4096 MB
10 ms	Festplatte	2000-1GB
100 s	Magnetband	400-1000 GB

- Verschiedene Komponenten
 - Verwaltung durch Betriebssystem
 - Optimierung der Speicherverwendung
 - Cache-Verfahren

Prof. Dr. Kornmayer 49

Überblick Computer-Hardware

DHBW
Duale Hochschule
Baden-Württemberg
Mannheim

- Speicher

The diagram illustrates the memory hierarchy as a pyramid with five levels. A bracket on the right groups the top three levels (Register, Cache, Arbeitsspeicher) as 'Transient' and the bottom two levels (Festplatte, Magnetband) as 'Persistent'.

Speicherart	Kategorie
Register	Transient
Cache	
Arbeitsspeicher	
Festplatte	Persistent
Magnetband	

- Transienter (flüchtiger) Speicher
 - Daten gehen beim Ausschalten verloren
- Persistenter (dauerhafter) Speicher
 - Die Daten stehen langfristig zur Verfügung

Prof. Dr. Kornmayer 50

Überblick Computer-Hardware



- Speicher ...
 - Register, Cache
 - Sehr nahe an der Prozessoreinheit
 - RAM (Random Access Memory)
 - Arbeitstier des Speichersystems
 - Was der Cache nicht kann, macht der RAM!
 - Andere Speicher
 - ROM, EEPROM, Flash, CMOS
 - Festplatte
 - Ermöglichen „Virtuellen Speicher“
 - Lasse Programme laufen, die größer als der physische Speicher sind
 - Verschiedenen Zugriffszeiten
 - Hardwareunterstützung durch MMU auf CPU
 - (MMU = Memory Management Unit)

Prof. Dr. Kornmayer

51

Überblick Computer-Hardware



- Speicher
 - Magnetbänder
 - Sicherungsmedium für Festplatten
 - Speicher sehr großer Datenmengen
 - Externes Ein-/Ausgabegerät
- Ein-/Ausgabe-Geräte
 - Integration in Computer durch Controller-Ansatz
 - Bietet vereinfachte (aber noch komplexe) Schnittstelle an
 - Spezielle Hardware, oft mit eigenen Mikroprozessor
 - Steuert das Gerät weitgehend autonom
 - Kann Interrupts senden
 - Geräte-Treiber
 - Software, die mit Controller kommuniziert
 - muss im Kernmodus laufen, also Teil des BS sein!

Prof. Dr. Kornmayer

52

Überblick Computer-Hardware



- Ein-/Ausgabe-Geräte ...
 - Anbindung an CPU
 - Speicher-basierte E/A
 - Register des Controllers sind in Speicheradressraum eingeblendet
 - Normale Schreib- und Lesebefehle
 - Zugriffsschutz über MMU
 - Separater E/A-Adressraum
 - Zugriff auf Controller-Register nur über spezielle (privilegierte) E/A-Befehle
 - Beides im Einsatz

Überblick Computer-Hardware



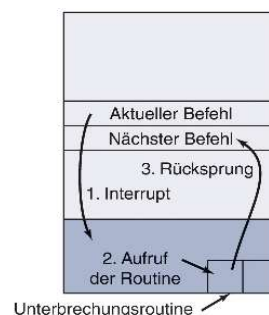
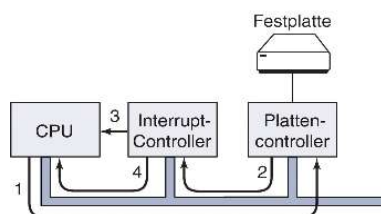
- Ein-/Ausgabe-Geräte ...
 - Arten der Ein- und Ausgabe
 - 1. Aktives Warten
 - Benutzerprogramm startet Systemaufruf
 - System startet die E/A mit Treiber
 - System wartet in Endlosschleife, bis die E/A Operation zu Ende ist
 - » Falls beendet, speichern der Daten
 - Rücksprung in Benutzerprogramm
 - Nachteil:
 - » CPU wartet aktiv
 - » CPU kann für keine anderen Aufgaben verwendet werden

Überblick Computer-Hardware

- Ein-/Ausgabe-Geräte ...
 - Arten der Ein- und Ausgabe ...
 - 2. Interrupt
 - Benutzerprogramm startet Systemaufruf
 - System startet die E/A durch Controller mit Treiber
 - Wenn Controller fertig ist, sendet er ein Signal an den Interrupt-Controller über speziellen Bus
 - Interrupt-Controller sendet Signal an CPU
 - CPU behandelt Interrupt durch Wechsel in Kernmodus
 - » Sprung an Unterbrechungsbehandlungsroutine (interrupt handler) und Ausführung
 - Rückkehrbefehl schaltet wieder in Benutzermodus
 - Hauptanwendung: Ein-/Ausgabe

Überblick Computer-Hardware

- Ein-/Ausgabe-Geräte ...
 - Arten der Ein- und Ausgabe ...
 - 2. Interrupt ...

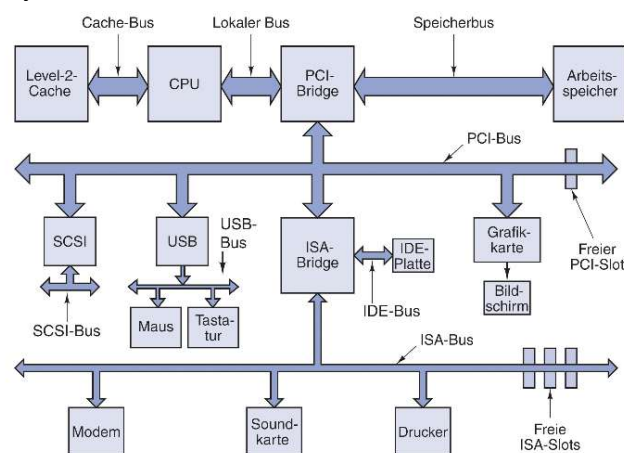


Überblick Computer-Hardware

- Ein-/Ausgabe-Geräte ...
 - Arten der Ein- und Ausgabe ...
 - 3. DMA-Chip (Direct Memory Access)
 - Regelt Datenfluss zwischen Controller und Speicher ohne CPU
 - Initialisierung durch CPU (Wieviele Bits wohin?)
 - » Selbstständige Aufführung
 - Interrupt nach der Beendigung der E/A
 - » Behandlung wie zuvor

Überblick Computer-Hardware

• Bus-Systeme



- BS muss unterschiedliche Geschwindigkeiten berücksichtigen