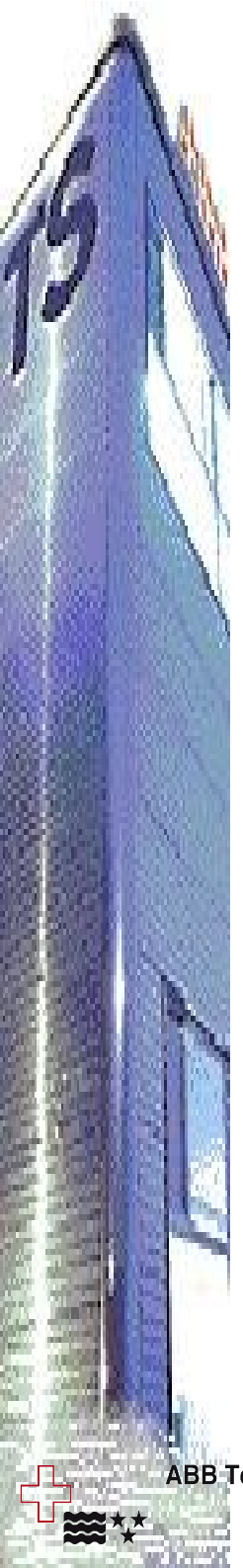


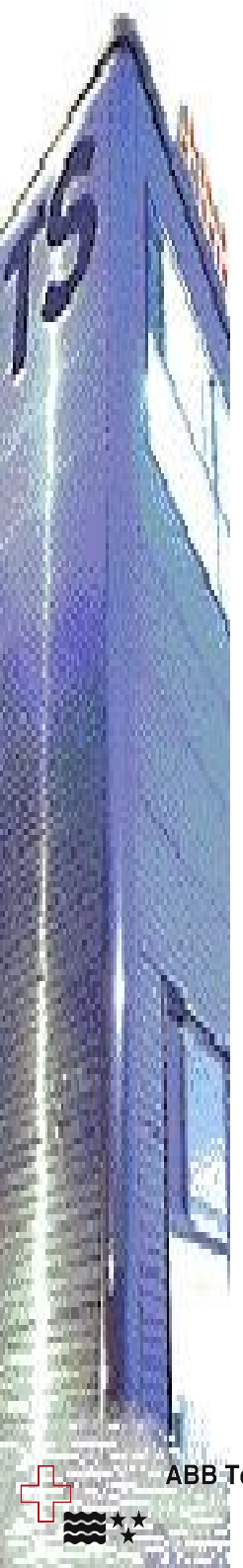
Hardware und Rechnerarchitektur

Lernziele

- Grundlagen der PC-Hardware-unterstützung von Linux kennen
- BIOS, ISA, PCI und andere wichtige Begriffe einordnen können
- Soundkarten und ähnliches unter Linux ansprechen können
- Grundbegriffe der SCSI- und USB-Unterstützung von Linux beherrschen

Überblick

- Linux unterstützt ein sehr breites Spektrum von Systemarchitekturen
- Der Linux-Kern steht für viele gängige Mikroprozessoren zur Verfügung
  - Vom PDAs bis zu den Grossrechnern
- Die meisten Linux-Rechner basieren auf der von IBM und Intel gegründeten x86-PC-Architektur



Überblick

- »x86«-PCs verfügen über
  - einen oder mehrere Prozessoren (CPUs)
  - einen Chipsatz für den Hauptspeicher (RAM)
  - Ein- und Ausgabeschnittstellen
  - IDE- und SCSI-Controller für Massenspeicher
  - Grafikkarte
  - Kommunikationsschnittstellen
    - USB, Ethernet, FireWire
  - und den »altertümlichen« Schnittstellen
    - Parallel-, Seriell-, Tastatur- und Mausports

Das BIOS

- Das BIOS *(Basic Input/Output System)* ist die grundlegendste Software eines PC
- Es steht auf der Hauptplatine im ROM (read-only-memory)
- Moderne Hauptplatinen enthalten einen Flash-Speicher (wiederbeschreibbar)
  - Dieser lässt sich mit aktualisierter Firmware beschreiben

Das BIOS

- Die Konfiguration ist herstellerabhängig
  - AMI
  - AWARD
  - Phoenix
  - Compaq, Hewlett-Packard
  - IBM, Lenovo
  - DELL
- Alternativen: OpenBIOS.org

Das BIOS

- Zuerst wird ein Power On Self Test (POST) durchgeführt
- Version und Informationen zur Hardware werden angezeigt
- Das BIOS organisiert den Bootvorgang
- Moderne Betriebssysteme verwenden nach ihrem Start das BIOS nicht mehr
- Linux verwendet seine eigenen Treiber

Das BIOS

- Umfassende BIOS-Konfigurationen für den Linux-Betrieb sind nicht notwendig
- Die meisten Einstellungen sind dafür nötig, dass Linux startet und alle erforderlichen Hardwarekomponenten erkennen kann
  - Etwa das Aktivieren der Infrarot- oder Netzwerkschnittstellen
  - Ausschalten der integrierten Grafikkarte

BIOS-Konfiguration

- Die meisten BIOS haben eine Oberfläche, die man normalerweise beim Systemstart aufrufen kann
  - Meist mit der Taste Del , F2 oder F10
- In einer Folge von »Dialogen«, werden verschiedene Einstellungen vorgenommen
  - »Hardware«-Uhr
    - Diese kann auf die Mitteleuropäische (Sommer-) Zeit oder die Weltzeit (UTC) eingestellt werden

BIOS-Konfiguration

- Die im BIOS eingestellten Parameter werden in einem NV-RAM gespeichert
- Dieses ist mit einer Batterie (Litiumknopf) vor Datenverlust geschützt
- Die Batterie stützt auch die Hardware-Uhr
- Zum löschen der BIOS-Parameter kann die Batterie für ein paar Sekunden unterbrochen werden
  - z.B. löschen eines BIOS Passwortes

BIOS-Konfiguration

- Das BIOS muss zumindest die Platte kennen, von der aus das System gestartet werden soll
- Im BIOS kann man für jede Platte eine Plattengeometrie eintragen
  - »Zylinder/Kopf/Sektor«- oder »CHS«-Modell
- Heutige Platten folgen nicht mehr dem »CHS«-Modell
- Sie zählen die Sektoren sequentiell (LBA)

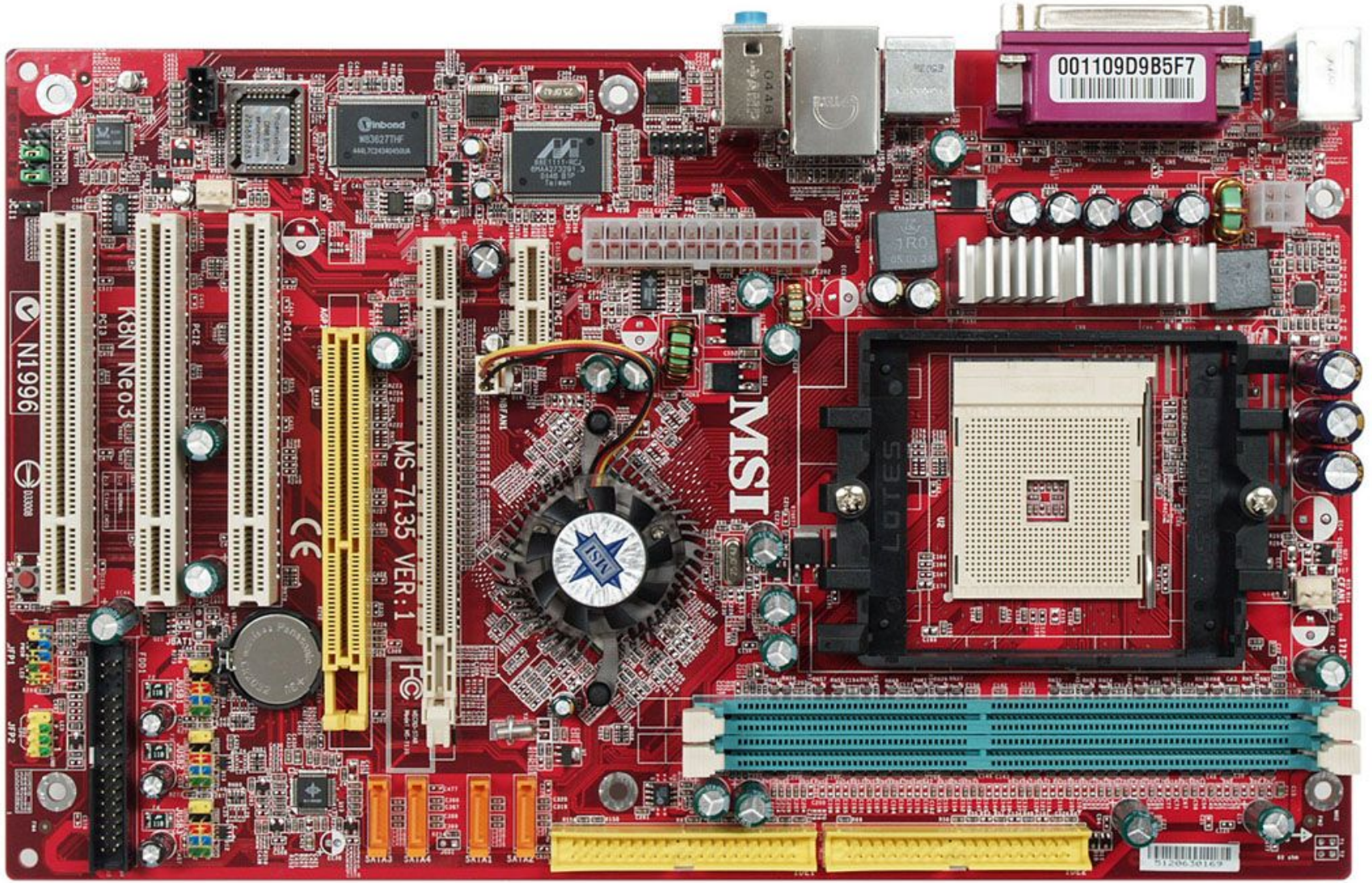
BIOS-Konfiguration

- Eine weitere Vorgabe ist die »Boot-reihenfolge«
  - In der das BIOS die verschiedenen in Frage kommenden Medien auf bootfähige Betriebssysteme abfragt
  - Festplatten, Floppy, CD-ROM/DVD
  - Je nach BIOS auch mit SCSI und USB
- Zum schützen der BIOS Parameter kann ein BIOS-Kennwort gesetzt werden

BIOS-Konfiguration

- Im BIOS können auch bestimmte Arten von Peripherieunterstützung ein- und ausgeschalten werden
  - Zuordnung von seriellen und parallelen Schnittstellen und IrDAPort usw.
  - Unterstützung für USB, insbesondere USB-Tastatur und -Maus
  - Interne Grafik, Sound, . . .
  - Energie- und Betriebszustandskontrolle (APM, ACPI)

Motherboard



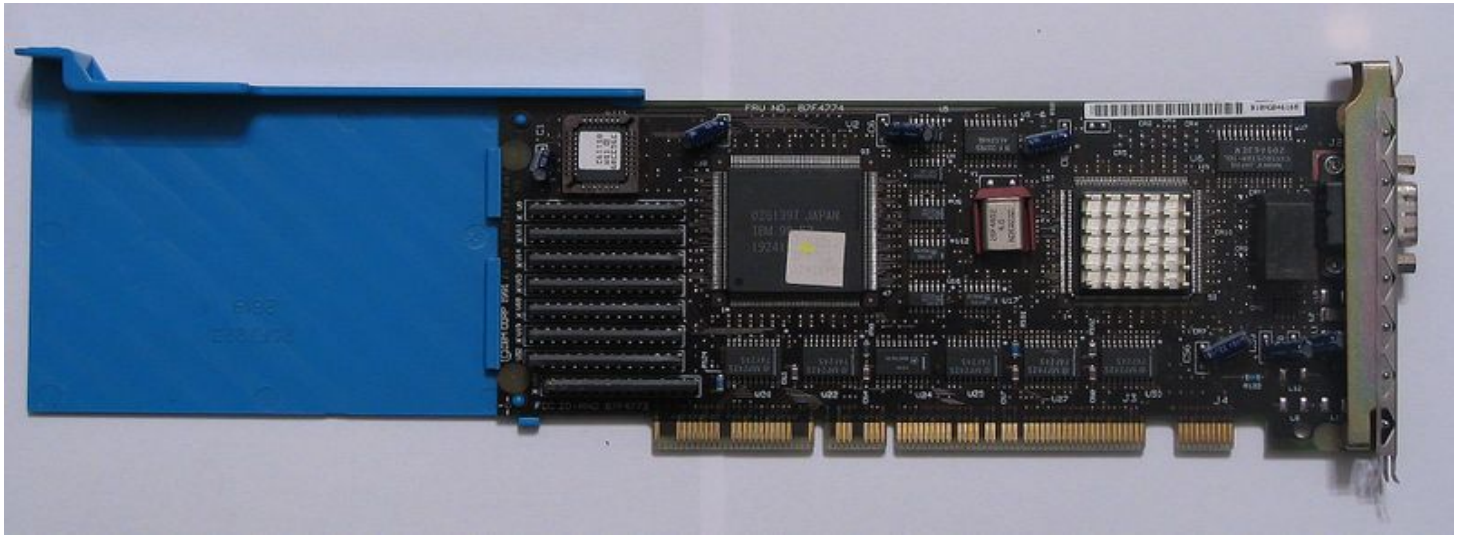
PC-Busarchitekturen

- ISA-Bus
  - In den 1980er Jahren gut dokumentierte Schnittstelle für Erweiterungskarten

- EISA
  - Sollte einst ISA ablösen (32 Bit)

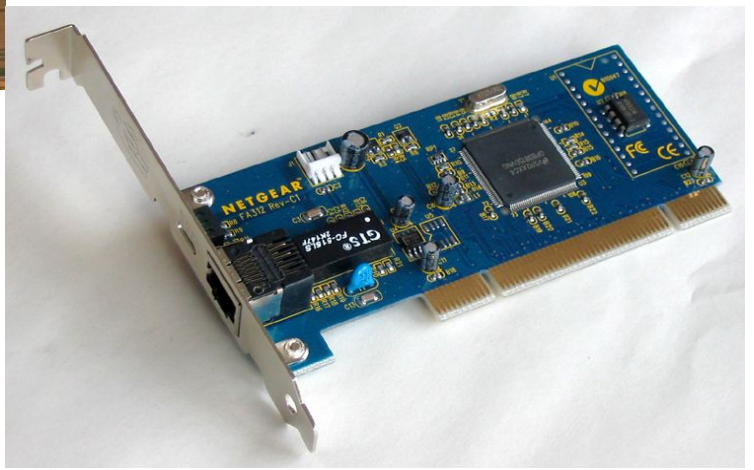
PC-Busarchitekturen

- MicroChannel (MCA)
  - von IBM 1987 entwickelt, konnte sich aber nicht durchsetzen
  - 32 Bit Busbreite und 10 MHz Bustakt



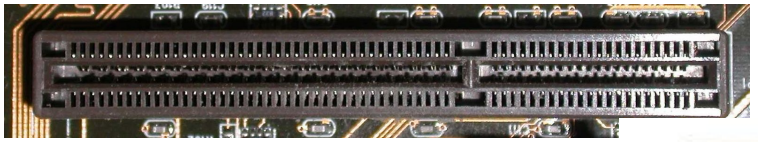
PC-Busarchitekturen

- PCI-Bus
  - Standard seit den 1990er Jahren
  - Busbreiten von 32 oder 64 Bit und Übertragungen mit 33 oder 66 MHz



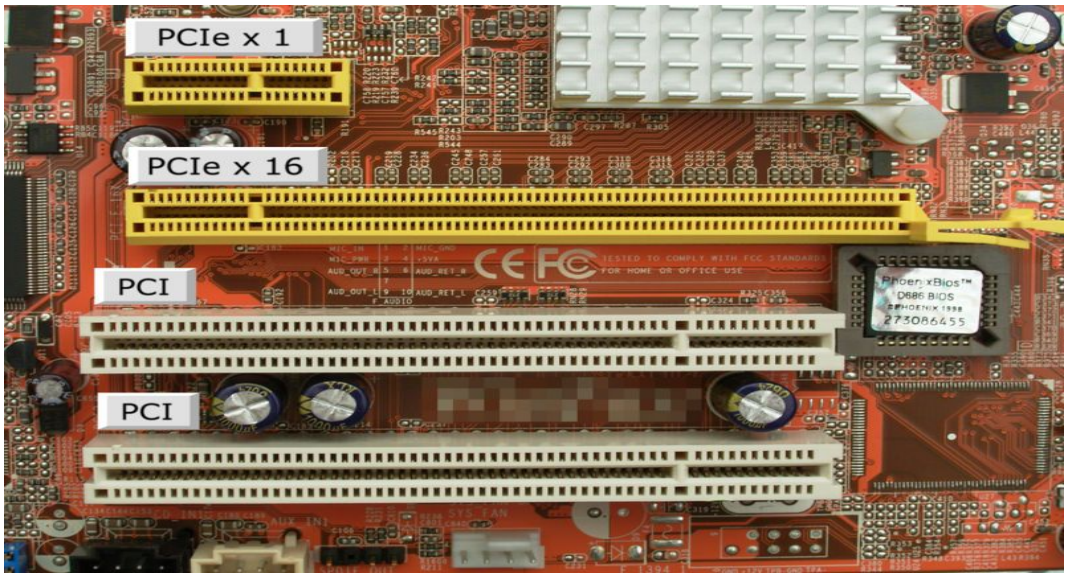
PC-Busarchitekturen

- AGP Bus
  - Meist nur ein Slot vorhanden
  - Hochgeschwindigkeits-Bussystem, welches direkt auf den Arbeitsspeicher zugreift



PC-Busarchitekturen

- PCI-Express: ersetzt ab 2004 sowohl PCI als auch AGP
  - PCI-E bietet höhere Datentransferrate
    - ist hardwaretechnisch nicht kompatibel zu PCI oder AGP



PC-Busarchitekturen

- Der PCI-Bus erlaubt Hardwareerkennung
- Jedes PCI-Gerät enthält einen Code
  - der seine Natur, Hersteller und Modell angibt
- Diese Information kann mit dem Kommando *lspci* abgefragt werden
  - Am Anfang jeder Zeile steht die »PCI-ID« des jeweiligen Geräts
  - Sie gibt seine Position auf dem PCI-Bus an

PC-Busarchitekturen

- Die Installationsroutinen benutzen die PCI-Daten, um aus einer Datenbank Treiber für die Peripheriegeräte auszuwählen und zu konfigurieren
- Bei ISA müssen verschiedene Treiber durchprobiert werden
  - Das kann zu nicht funktionierenden Treibern oder bis zum Systemabsturz führen

PC-Busarchitekturen

lspci

```
00:00.0 Host bridge: Intel Corp. 82830 830 Chipset Host Bridge (rev 02)
00:01.0 PCI bridge: Intel Corp. 82830 830 Chipset AGP Bridge (rev 02)
00:1d.0 USB Controller: Intel Corp. 82801CA/CAM USB (Hub #1) (rev 01)
00:1e.0 PCI bridge: Intel Corp. 82801BAM/CAM PCI Bridge (rev 41)
00:1f.0 ISA bridge: Intel Corp. 82801CAM ISA Bridge (LPC) (rev 01)
00:1f.1 IDE interface: Intel Corp. 82801CAM IDE U100(rev 01)
00:1f.5 Multimedia audio controller: Intel Corp. 82801CA/CAM AC'97
        Audio Controller (rev 01)
00:1f.6 Modem: Intel Corp. 82801CA/CAM AC'97 Modem Controller (rev 01)
01:00.0 VGA compatible controller: ATI Technologies Inc Radeon Mobility M6 LY
02:00.0 Ethernet controller: 3Com Corporation 3c905C-TX/TX-M [Tornado] (rev 78)
02:01.0 CardBus bridge: Texas Instruments PCI1420
02:01.1 CardBus bridge: Texas Instruments PCI1420
```

PC-Busarchitekturen

- Ausführliche Informationen liefert
- `lspci -v`

```
00:00.0 Host bridge: Intel Corp. 82830 830 Chipset Host Bridge (rev 02)
        Flags: bus master, fast devsel, latency 0
        Memory at d0000000 (32-bit, prefetchable) [size=256M]
        Capabilities: [40] #09 [0105]
        Capabilities: [a0] AGP version 2.0
00:01.0 PCI bridge: Intel Corp. 82830 830 Chipset AGP Bridge (rev 02)
        (prog-if 00 [Normal decode])
...
```

PC-Busarchitekturen

- Eine baumartige Darstellung der Verbindungen zwischen den einzelnen Komponenten liefert

- `lspci -t`

```
-[00]-+-00.0
      +-01.0-[01]----00.0
      +-1d.0
      +-1e.0-[02-10]--+-00.0
      |               +-01.0
      |               \-01.1
      +-1f.0
      +-1f.1
      +-1f.5
      \-1f.6-
```

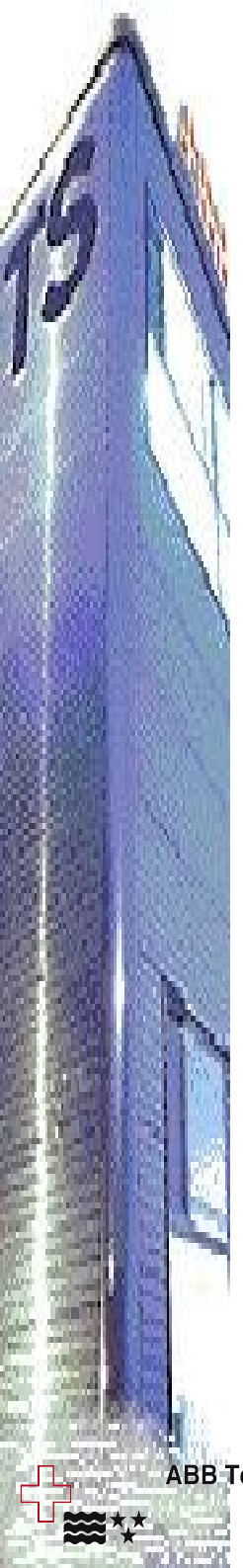
PC-Busarchitekturen

- Die Gerätecodes kann man ermitteln mit
- `lspci -n`

```
00:00.0 Class 0600: 8086:3575 (rev 02)
00:01.0 Class 0604: 8086:3576 (rev 02)
...
```

- Ähnliche Informationen stehen auch im Verzeichnis
  - `/proc/pci`

Fragen?



Übungen

- [11.1] Untersuchen Sie die Hardware-struktur Ihres Rechners mit Kommandos wie »*lspci -v*« oder »*lspci -t*«.
- Was können Sie Interessantes feststellen?

IRQs, DMA und IO-Ports

- Peripheriegeräte können auf unterschiedliche Weise mit dem Prozessor kommunizieren
- Eine Interrupt-Anforderung (IRQ) ist ein Signal eines Peripheriegeräts an den Prozessor
- Der Prozessor kann bestimmte Geräte über zugeordnete “IO“-Ports steuern
- Viele Geräte belegen auch Platz im Adressraum des Hauptspeichers

IRQs, DMA und IO-Ports

- ISA-Geräte – meist solche, die grosse Datenmengen übertragen müssen, wie Plattencontroller – unterstützen DMA (engl. direct memory access)
- PCI unterstützt kein DMA
- PCI-Geräte können temporär den Bus übernehmen und so tun, als wären sie der Prozessor selbst
- Dieses Konzept heisst *bus mastering*

IRQs, DMA und IO-Ports

- Viele Peripheriegeräte haben per Konvention feste IRQs und IO-Ports
  - COM Standard IRQ und I/O Adressen
    - COM1 IRQ4 ttyS0 0x03f8
    - COM2 IRQ3 ttyS1 0x02f8
  - LPT Standard IRQ und I/O Adressen
    - LPT1 IRQ7 lp0 0x0378
    - LPT2 IRQ5 lp1 0x0278

IRQs, DMA und IO-Ports

- Die Zuordnung von IRQs kann man aus */proc/interrupts* erfahren
- `cat /proc/interrupts`

```
0: 30717507   XT-PIC  timer
1:   596311   XT-PIC  keyboard
2:        0   XT-PIC  cascade
3:      119   XT-PIC  serial
8:       50   XT-PIC  rtc
11: 1493278   XT-PIC  usb-uhci, i82365, Intel, eth0
12: 2250598   XT-PIC  PS/2 Mouse
14: 1110993   XT-PIC  ide0
15:     520   XT-PIC  ide1
```

IRQs, DMA und IO-Ports

- Die »Datei« */proc/ioports* gibt analog dazu Auskunft über die Belegung der IO-Ports
- `cat /proc/ioports`

```
0000-001f : dma1
0020-003f : pic1
0040-005f : timer
...
dc80-dcbf : Intel Corp. 82801CA/CAM AC'97 Audio
dc80-dcbf : Intel 82801CA-ICH3 - Controller
ec80-ecff : 3Com Corporation 3c905C-TX/TX-M [Tornado]
ec80-ecff : 02:00.0
```

IRQs, DMA und IO-Ports

- Schliesslich zählt */proc/dma* die benutzten DMA-Kanäle auf
- `cat /proc/dma`

```
4: cascades
```

- Bei PCI-Systemen steht nicht mehr drin
- Es werden nur die tatsächlich benutzten Ressourcen aufgelistet

IRQs, DMA und IO-Ports

- Die PC-Architektur stellt nur eine bestimmte Anzahl von IRQs, IO-Ports und DMA-Kanälen zur Verfügung
- PCI-basierte Peripheriegeräte können mit dem Chipsatz die Ressourcen aushandeln
- Mehrere PCI-Geräte können sich einen der IRQs teilen
- Die PCI-Steckplätze haben physikalisch zugeordnete Prioritäten

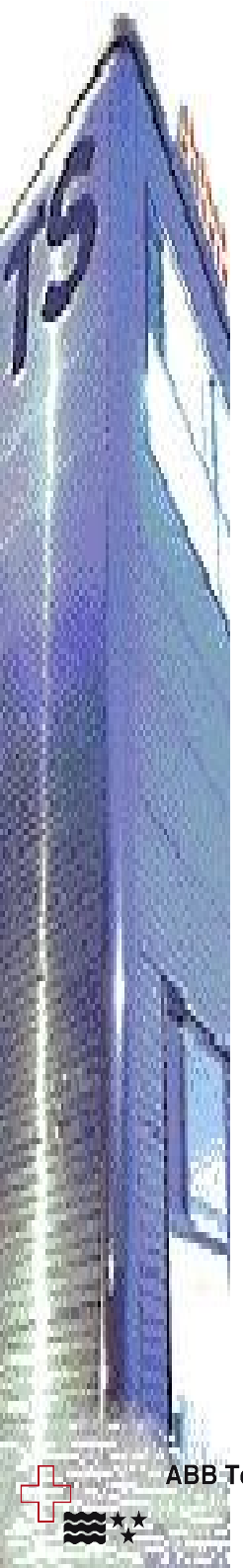
Fragen?

Übungen

- [11.2] Stellen Sie eine Liste der wichtigsten PC-Schnittstellen (seriell, parallel, . . .) mit den traditionell dafür verwendeten Interrupts und IO-Port-Adressen auf.

Übungen

- [11.3] Prüfen Sie den Inhalt von /proc/ioports auf Ihrem System und korrelieren Sie sie mit der Ausgabe von »lspci -v«.



Übungen

- [11.4] Enthält Ihr Rechner Hardware, die vom Linux-Kern nicht angesteuert wird?

ISA-Plug-and-Play

- Ursprünglich wurde von ISA kein automatisches Plug-and-Play unterstützt
- Peripheriegeräte mussten mit Jumper oder DIP-Schalter auf den richtigen IRQ, IO-Port und Speicheradressen eingestellt werden
- Die Kerneltreiber mussten mit den entsprechenden Parametern aufgerufen werden

ISA-Plug-and-Play

- Heutige Rechner enthalten meist ein PnP-fähiges BIOS
- Ein PnP-BIOS hinterlegt seine Einstellungen in der ESCD (*Extended System Configuration Database*)
- PnP-Geräte werden von Linux mit dem Programm *isapnp* konfiguriert
- Mit *pnpdump* werden die Möglichkeiten der ISA-PnP-Geräte ausgegeben

Audio-Hardware

- Linux unterstützt ein grosses Spektrum von Audio-Hardware
- Traditionell wurde das Open Sound System (OSS) verwendet
- Es ist eine »abgespeckte« Version eines kommerziellen Treiberpakets
- *sndconfig* dient zum Konfigurieren der Sound-Karte

Audio-Hardware

- Heute verwenden die meisten Linux-Distributionen aber die Advanced Linux Sound Architecture (ALSA)
- Zum Konfigurieren dient
  - *alsaconf*
- ALSA enthält auch verschiedene Tools
  - *alsamixer*
  - *aplay*
  - *arecord*

SCSI-Bussysteme

- Das *Small Computer System Interface* (SCSI) dient seit über 20 Jahren zum Anschluss von Platten, Bandlaufwerken und anderen Massenspeichern
- SCSI-Busse und -Anschlüsse gibt es in einer verwirrenden Vielfalt
- Bussbreiten von 8- und 16 Bit sind üblich
- Entsprechend 8- bzw. 16 Geräte
- Unterschiedliche physikalische Parameter

SCSI-Bussysteme

Verschiedene SCSI-Varianten

Name	Breite	Datenrate	Geräte	Erklärung
SCSI-1	8 Bit	≤ 5 MByte/s	8	»Urahn«
SCSI-2 »Fast«	8 Bit	10 MByte/s	8	
SCSI-2 »Wide«	16 Bit	20 MByte/s	16	
SCSI-3 »Ultra«	8 Bit	20 MByte/s	8	
SCSI-3 »Ultrawide«	16 Bit	40 MByte/s	16	
Ultra-2-SCSI	16 Bit	80 MByte/s	16	LVD-Bus
Ultra-3-SCSI	16 Bit	160 MBit/s	16	LVD-Bus

SCSI-Bussysteme

- Der SCSI-Bus findet vor allem bei Servern und Speichersystemen (NAS/SAN) Anwendung
- Ein SCSI-Bus muss immer beidseitig terminiert werden (»Terminator«)
- Jedes Gerät an einem SCSI-Bus erhält eine eindeutige »SCSI-ID«
- Auch der Hostadapter (SCSI-Controller) ist ein Gerät und benötigt auch eine »ID«

Linux und SCSI

- Linux unterstützt praktisch alle standard-konformen SCSI-Geräte und die meisten SCSI-Hostadapter
- Das SCSI-Subsystem des Linux-Kerns hat drei Schichten
  1. Treiber für die SCSI-Hostadapter
  2. Eine generische »Mittelschicht«
  3. Treiber für die verschiedenen Geräte
     - Platten, Bandlaufwerke, Scanner, CD-ROM usw.

Linux und SCSI

- Linux benennt die Hostadapter beginnend bei *scsi0*
- Ein Hostadapter unterstützt einen oder mehrere SCSI-Busse (*Channel*)
- An jedem Bus können bis zu 7 bzw. 15 Geräte angeschlossen sein
- Jedes Gerät selbst kann mehrere LUNs haben (*local unit numbers)*

Linux und SCSI

- Jedes SCSI-Gerät im System lässt sich durch das Quadrupel (<host>, <channel>, <ID>, <LUN>) eindeutig beschreiben

```
# ls /proc/scsi
  ncr53c8xx scsi
```

```
# ls /proc/scsi/ncr53c8xx
  0
```

```
# cat /proc/scsi/ncr53c8xx/0
  Chip NCR53C875, device id 0xf, revision id 0x3
  On PCI bus 0, device 10, function 0, IRQ 10
  Synchronous period factor 12, max cmd per lun 4
```

Linux und SCSI

```
cat /proc/scsi/scsi

Attached devices:
Host: scsi0 Channel: 00 Id: 00 Lun: 00
  Vendor: IBM      Model: DCAS-34330 Rev: S65A
  Type:   Direct-Access      ANSI SCSI revision: 02
Host: scsi0 Channel: 00 Id: 03 Lun: 00
  Vendor: PLEXTOR  Model: CD-ROM PX-40TS Rev: 1.00
  Type:   CD-ROM             ANSI SCSI revision: 02
Host: scsi0 Channel: 00 Id: 05 Lun: 00
  Vendor: iomega   Model: jaz 1GB Rev: G.55
  Type:   Direct-Access      ANSI SCSI revision: 02
Host: scsi0 Channel: 00 Id: 06 Lun: 00
  Vendor: YAMAHA   Model: CRW4260 Rev: 1.0q
  Type:   CD-ROM             ANSI SCSI revision: 02
```

Linux und SCSI

```
cat /proc/scsi/scsi

Attached devices:
Host: scsi0 Channel: 00 Id: 00 Lun: 00
  Vendor: IBM      Model: DCAS-34330 Rev: S65A
  Type:   Direct-Access      ANSI SCSI revision: 02
Host: scsi0 Channel: 00 Id: 03 Lun: 00
  Vendor: PLEXTOR  Model: CD-ROM PX-40TS Rev: 1.00
  Type:   CD-ROM             ANSI SCSI revision: 02
Host: scsi0 Channel: 00 Id: 05 Lun: 00
  Vendor: iomega   Model: jaz 1GB Rev: G.55
  Type:   Direct-Access      ANSI SCSI revision: 02
Host: scsi0 Channel: 00 Id: 06 Lun: 00
  Vendor: YAMAHA   Model: CRW4260 Rev: 1.0q
  Type:   CD-ROM             ANSI SCSI revision: 02
```

Linux und SCSI

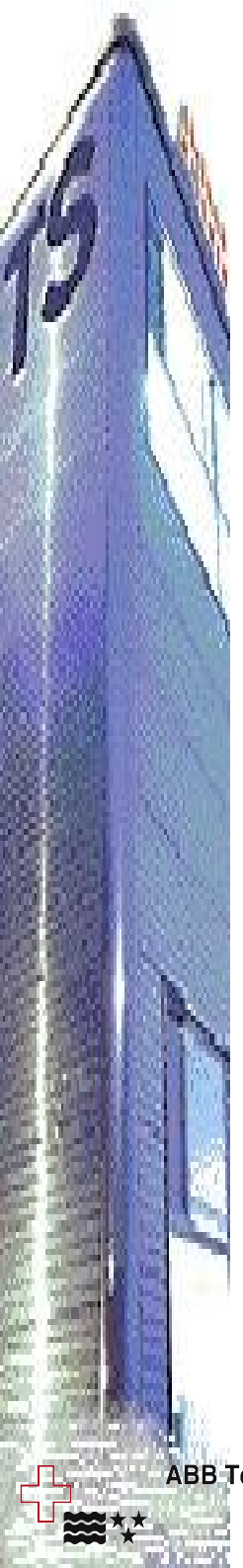
```
# cat /proc/scsi/scsi
Attached devices:
Host: scsi0 Channel: 00 Id: 00 Lun: 00
  Vendor: IBM      Model: DCAS-34330 Rev: S65A
  Type:   Direct-Access      ANSI SCSI revision: 02
Host: scsi0 Channel: 00 Id: 03 Lun: 00
  Vendor: PLEXTOR  Model: CD-ROM PX-40TS Rev: 1.00
  Type:   CD-ROM             ANSI SCSI revision: 02
Host: scsi0 Channel: 00 Id: 05 Lun: 00
  Vendor: iomega   Model: jaz 1GB Rev: G.55
  Type:   Direct-Access      ANSI SCSI revision: 02
Host: scsi0 Channel: 00 Id: 06 Lun: 00
  Vendor: YAMAHA   Model: CRW4260 Rev: 1.0q
  Type:   CD-ROM             ANSI SCSI revision: 02
```

Linux und SCSI

- SCSI-Geräte haben Namen wie:
  - /dev/sda, /dev/sdb (Platten)
  - /dev/scd0, . . . (CD-ROM-Laufwerke)
  - /dev/st0, . . . (Bandlaufwerke)
  - /dev/sg0, . . . (»generische« Geräte)

```
# scsi_info /dev/scd0
SCSI_ID="0,3,0"
HOST="0"
MODEL="CD-ROM PX-40TS"
```

Fragen?



Übungen

- [11.6] Worauf müssen Sie achten, wenn Sie Ihr Linux-System von einer SCSI-Platte booten wollen?

USB

- Der USB-Bus (*Universal Serial Bus*) ist zum Anschluss von Peripheriegeräten gedacht
- Er soll die alten PS/2-Anschlüsse für Maus und Tastatur, den parallelen Druckeranschluss, und die seriellen Schnittstellen für Modems ersetzen
- Umstecken von Geräten im laufenden Betrieb (*hotplugging*)

USB

- Jeder PC enthält einen oder mehrere USB-Controller
- Jeder USB-Controller kann bis zu 127 USB Geräte steuern
- Eine baumartige Verschaltung von Geräten über USB-Hubs ist erlaubt
- USB 1.1 1,5 MBit/s
  12 Mbit/s
- USB 2.0 480 MBit/s

Linux und USB

- Linux unterstützt zwei Methoden, um USB-Controller anzusteuern
  - Open Host Controller Interface (OHCI)
  - Universal Host Controller Interface (UHCI)
    - UHCI-Hardware ist einfacher und billiger, verlangt aber aufwändigere Treiber
- Alle USB-Anschlüsse werden zu einem »virtuellen« Hub zusammen gefasst
- Alle Anschlüsse sehen gleich aus

Linux und USB

- Jedes USB-Gerät bekommt eine Gerätenummer zwischen 1 und 127
- Jedes Gerät hat einen »Deskriptor«
- Dieser gibt an, um was für eine Sorte Gerät es sich handelt
- Jedes Gerät gehört zu einer Klasse
- Klassen können Unterklassen haben
- Klassen werden vom Rechner ähnlich behandelt

Linux und USB

```
# cat /proc/pci

Bus 0, device 29, function 0:
USB Controller: Intel Corp. 82801CA/CAM USB (Hub #1)
IRQ 11.
I/O at 0xbf80 [0xbf9f].
```

- Eine »*I/O at*«-Angabe deutet auf einen UHCI-Controller hin (Intel)
- Bei einer Angabe wie »*32 bit memory at 0xab000000*«, handelt es sich um einen OHCI-Controller

Linux und USB

- Zur USB-Unterstützung sollten die folgenden Module geladen werden:
  - Der controllerunabhängige »Kern« des USB-Subsystems, usbcore.o
  - Eines von uhci.o, usb-uhci.o oder usb-ohci.o
  - Bei USB 2.0, zusätzlich ehci-hcd.o
- Dazu kommen noch Module für die einzelnen USB-Geräte
  - usb_storage, usbserial, usw...

Das usbfs

- Informationen über die angeschlossenen USB-Geräte erhält man über das *USB Device Filesystem*, kurz *usbfs*
- Das *usbfs* ist wie das *proc*-Dateisystem ein »virtuelles« Dateisystem
- Es wird beim Systemstart eingehängt unter */proc/bus/usb*
- /etc/fstab

```
usbfs /proc/bus/usb usbfs defaults 0 0
```

Das usbfs

- Das Verzeichnis */proc/bus/usb* enthält normalerweise Einträge wie

```
ls -l /proc/bus/usb
total 0
dr-xr-xr-x 1 root root 0 Dec 20 00:02 001
-r--r--r-- 1 root root 0 Dec 22 18:15 devices
-r--r--r-- 1 root root 0 Dec 22 18:15 drivers
```

- Die nummerierten Unterverzeichnisse (001, . . .) stehen für die einzelnen Busse

Das usbfs

- In jedem Verzeichnis finden sich Einträge für die am Bus angeschlossenen Geräte

```
# ls -l /proc/bus/usb/001
total 0
-rw-r--r-- 1 root root    18 Dec 22 18:15 001
-rw-r--r-- 1 root root    18 Dec 22 18:15 002
-rw-r--r-- 1 root root    18 Dec 22 18:15 003
-rw-r--r-- 1 root root    18 Dec 22 18:15 004
-rw-rw---- 1 root scanner 18 Dec 22 18:15 005
```

Das usbfs

- Aufschluss über die Geräte gibt die »Datei« */proc/bus/usb/devices*

```
cat /proc/bus/usb/devices
T: Bus=01 Lev=00 Prnt=00 Port=00 Cnt=00 Dev#=1 Spd=12 MxCh=2
B: Alloc= 46/900 us ( 5%), #Int= 2, #Iso= 0
D: Ver= 1.00 Cls=09(hub) Sub=00 Prot=00 MxPS= 8 #Cfgs= 1
P: Vendor=0000 ProdID=0000 Rev= 0.00
S: Product=USB UHCI-alt Root Hub
S: SerialNumber=bf80
C:*#Ifs= 1 Cfg#= 1 Atr=40 MxPwr= 0mA
I: If#=0 Alt=0 #EPs=1 Cls=09(hub) Sub=00 Prot=00 Driver=hub
E: Ad=81(I) Atr=03(Int.) MxPS= 8 Ivl=255ms0
```

usw...

Das usbfs

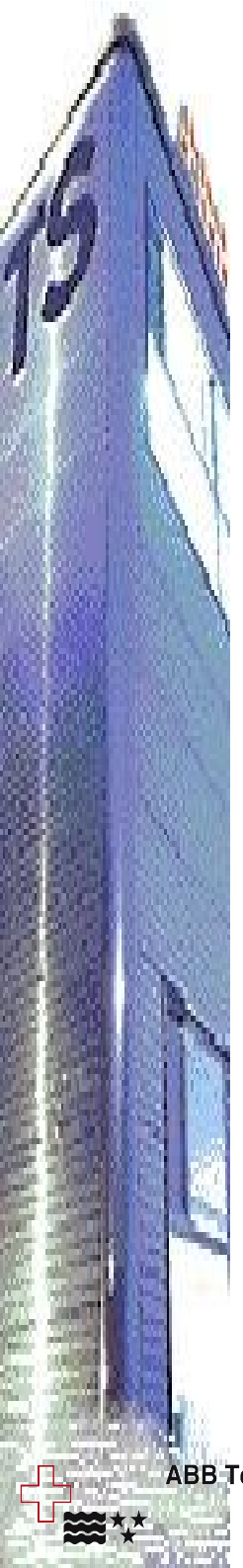
- Der Geräteanfang wird mit `T:` bezeichnet
- `cat /proc/bus/usb/devices | grep '^[TS]:'`

```
T: Bus=01 Lev=00 Prnt=00 Port=00 Cnt=00 Dev#=1 Spd=12 MxCh=2
S: Product=USB UHCI-alt Root Hub
S: SerialNumber=bf80
T: Bus=01 Lev=01 Prnt=01 Port=00 Cnt=01 Dev#=2 Spd=12 MxCh=4
S: Manufacturer=ALCOR
S: Product=Generic USB Hub
T: Bus=01 Lev=02 Prnt=02 Port=00 Cnt=01 Dev#=3 Spd=12 MxCh=0
T: Bus=01 Lev=02 Prnt=02 Port=01 Cnt=02 Dev#=4 Spd=12 MxCh=0
S: Product=USB DISK 2.0
S: SerialNumber=07390A500C62
T: Bus=01 Lev=02 Prnt=02 Port=03 Cnt=03 Dev#=5 Spd=12 MxCh=0
S: Product=EPSON Scanner
```

Das usbfs

- Programme wie *usbview* nutzen die T:-Informationen, um eine grafische Darstellung der USB-Baumstruktur zu liefern
- */proc/bus/usb/devices* enthält noch zahlreiche weitere Informationen
  - Geräteklassen und -kennungen
  - verwendete Treiber
  - Strombedarf der Geräte

Fragen?



Übungen

- [11.7] Schliessen Sie ein USB-Gerät an den Rechner an und beobachten Sie, wie sich die Einträge in /proc/bus/usb/devices verändern
- entfernen Sie das Gerät und kontrollieren Sie die Einträge.
- Wiederholen Sie den Vorgang.

Hotplugging

- Einer der wesentlichen Vorteile von USB ist das *hotplugging*
- Geräte können im laufenden Betrieb an den Rechner angeschlossen oder entfernt werden
- Gerätetreiber müssen dazu bei Bedarf geladen oder entfernt werden
- Auf bestimmte Ereignisse muss reagiert werden können

Hotplugging

- Linux stellt hierfür mehrere Mechanismen zur Verfügung
- *usbmgr* ist ein Daemon, der anhand der Konfigurationsdatei *usbmgr.conf* den passenden Treiber laden kann
- *hotplug* ist eine allgemeinere Infrastruktur, die dasselbe nicht nur für USB macht
  - PC-Card
  - SCSI- und PCI-Geräte