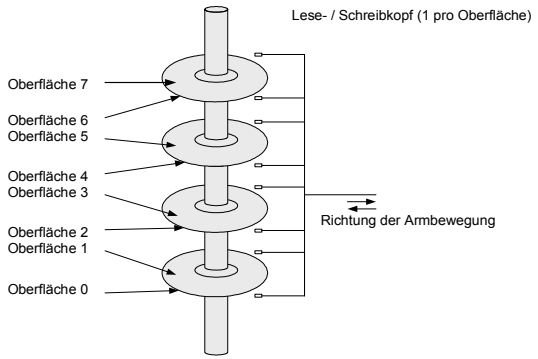
MAS: Betriebssysteme

Geräte- und Dateiverwaltung

T. Pospíšek

Gesamtüberblick

1. Einführung in Computersysteme
2. Entwicklung von Betriebssystemen
3. Architekturansätze
4. Interruptverarbeitung in Betriebssystemen
5. Prozesse und Threads
6. CPU-Scheduling
7. Synchronisation und Kommunikation
8. Speicherverwaltung
9. **Geräte- und Dateiverwaltung**
10. Betriebssystemvirtualisierung



Zielsetzung

- Die Grundlagen der Geräteverwaltung am Beispiel der Festplatte und der Dateiverwaltung anhand praktisch relevanter Filesysteme verstehen
- Konzepte von Storage Systemen kennenlernen

Überblick

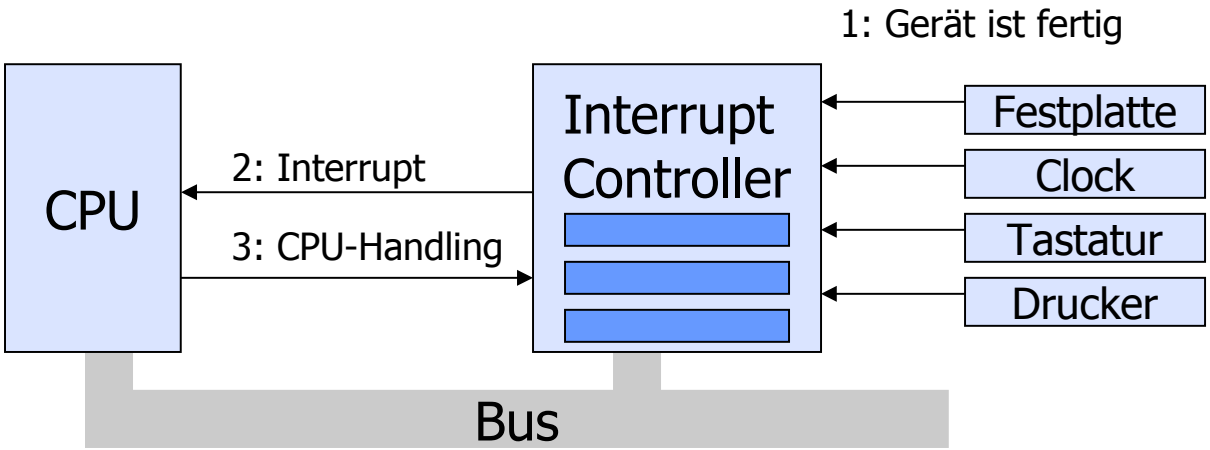
1. **Geräteverwaltung**
   - Überblick
   - Treiber, Gerätetypen, Gerätemodelle,...
   - Fallbeispiel: Unix
2. Dateisysteme
   - Grundlagen
   - Fallbeispiel: Unix
   - Fallbeispiel: Windows
3. Storage Systeme
   - RAID
   - SAN, NAS

I/O-Manager

- Die Geräteverwaltung **(I/O-Manager)** dient der optimierten Verwaltung von externen Geräten zur Ein- und Ausgabe
  - Festplatten, Wechselmedien
  - Tastatur und Bildschirm
  - Netzwerkanbindung
- Schnittstelle zwischen den Geräten und dem Rest des Betriebssystems
- Aufgaben im Einzelnen:
  - Ausgabe von Kommandos an externe Geräte
  - Interruptbearbeitung
  - Fehlerbehandlung

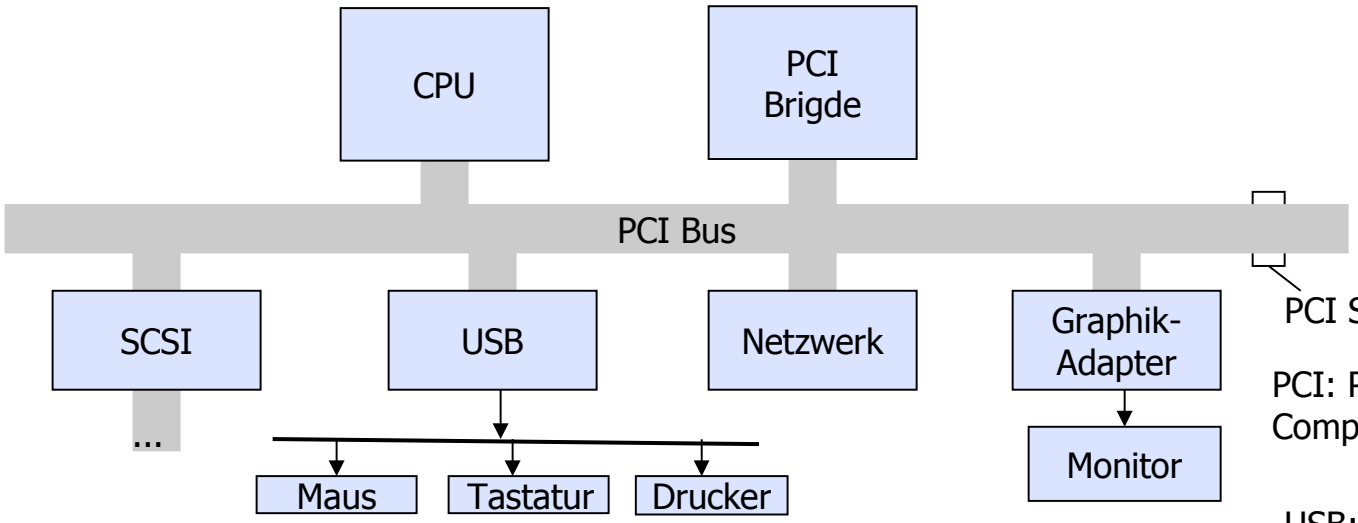
Interrupt-Bearbeitung: Interrupt-Controller

- Auffrischung



Bussysteme am Beispiel des Pentium-Bussystems

- Geräte sind über Bussysteme (**Datenverbindung)** an die CPU angebunden
- In heutigen Rechnern gibt es eine **Hierarchie** von Bussystemen



PCI: Peripheral Component Interconnect

USB: Universal Serial Bus

Vgl. Tanenbaum

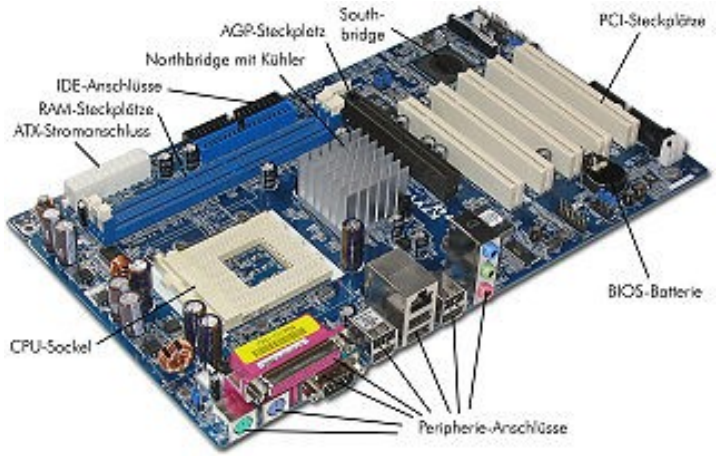
Bussysteme am Beispiel des Pentium-Bussystems

Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften

School of Engineering

- Northbridge und Southbridge (zwei Chips auf der Hauptplatine = Motherboard eines PCs) → Chipsatz:
  - Northbridge verbindet CPU mit Hauptspeicher (breitbandig)
  - Southbridge schließt Bussysteme an
  - Southbridge und Northbridge kommunizieren zum Beispiel über PCI

Northbridge

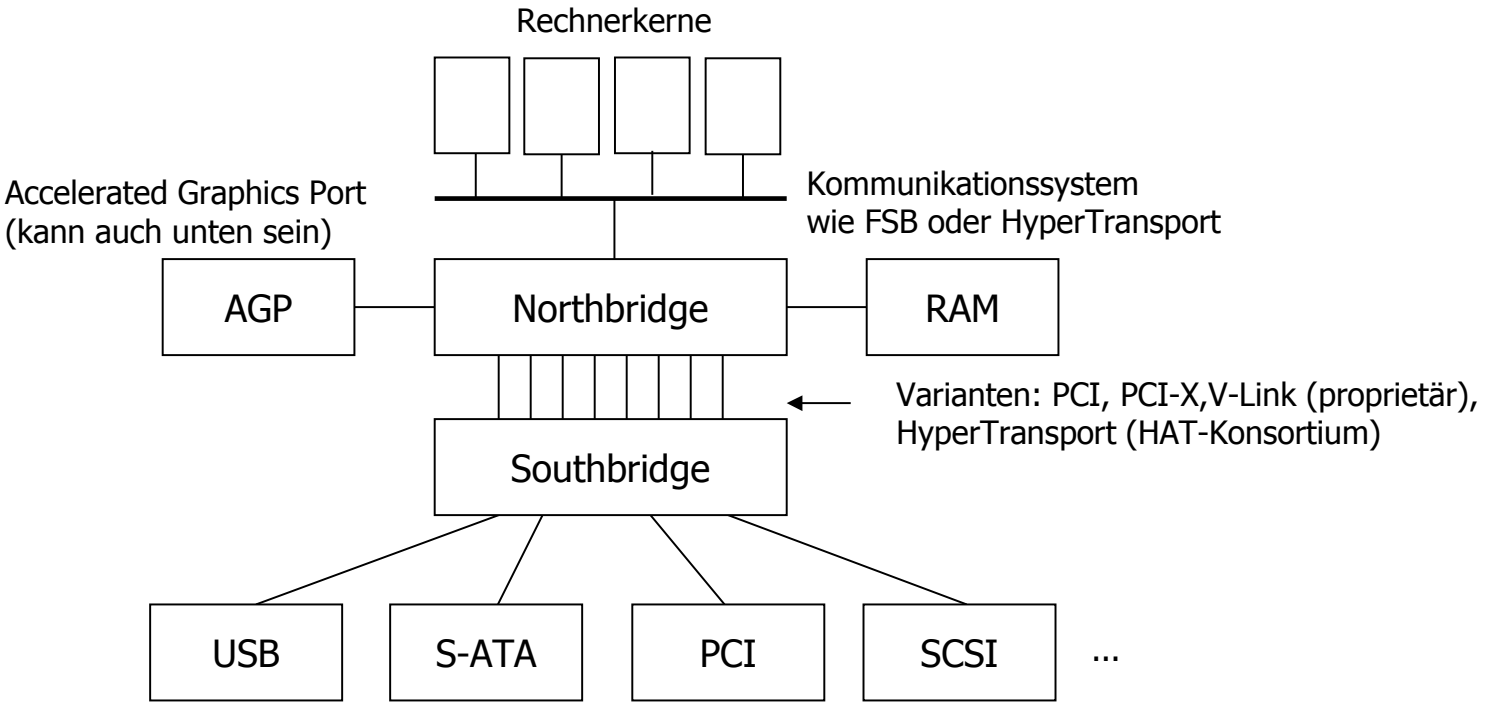


Hauptplatine, Quelle: Wikipedia

Southbridge

Verbindungen im Chipsatz

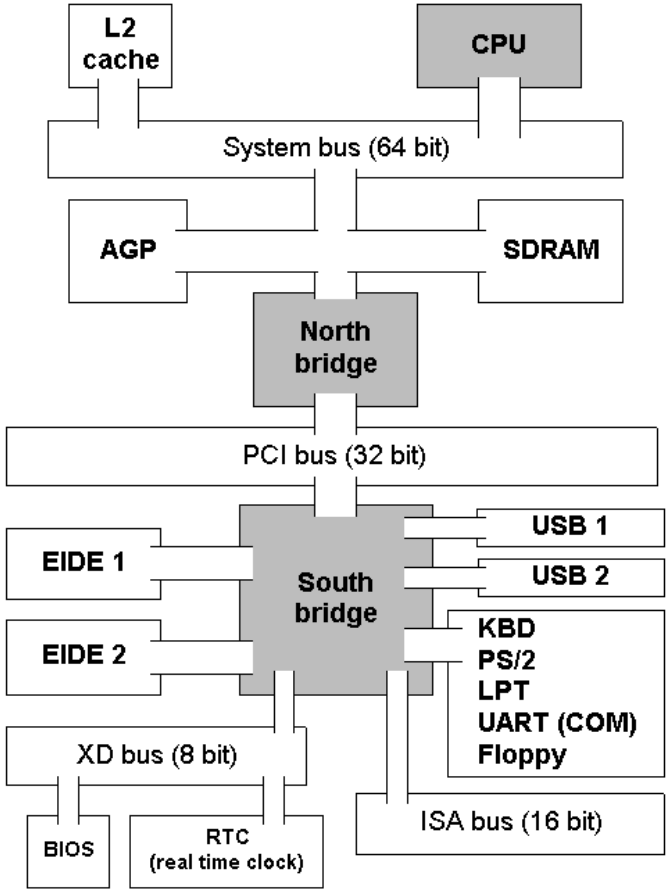
- Verbindung CPU – Northbridge über FSB
  - Systembus alter Prägung gibt es nicht mehr seit CPUs zu schnell sind
  - FSB (Front Side Bus) oder schnellere Verbindungen wie eine HyperTransport (> 50 Gbyte/s) oder QPI-Verbindung (Intel Quick Path)



Ergänzung: Northbridge, Southbridge

Beispiel eines modernen Chipsatzes

- North- und Southbridge sind "Router"
- Routing von Traffic von Bus zu Bus
- Die Northbridge bedient den umfangreichen Traffic zwischen CPU und RAM
- Die Southbridge bedient die anderen Routen (Bussysteme) zu den externen Geräten
- Verbindung über PCI-Bus

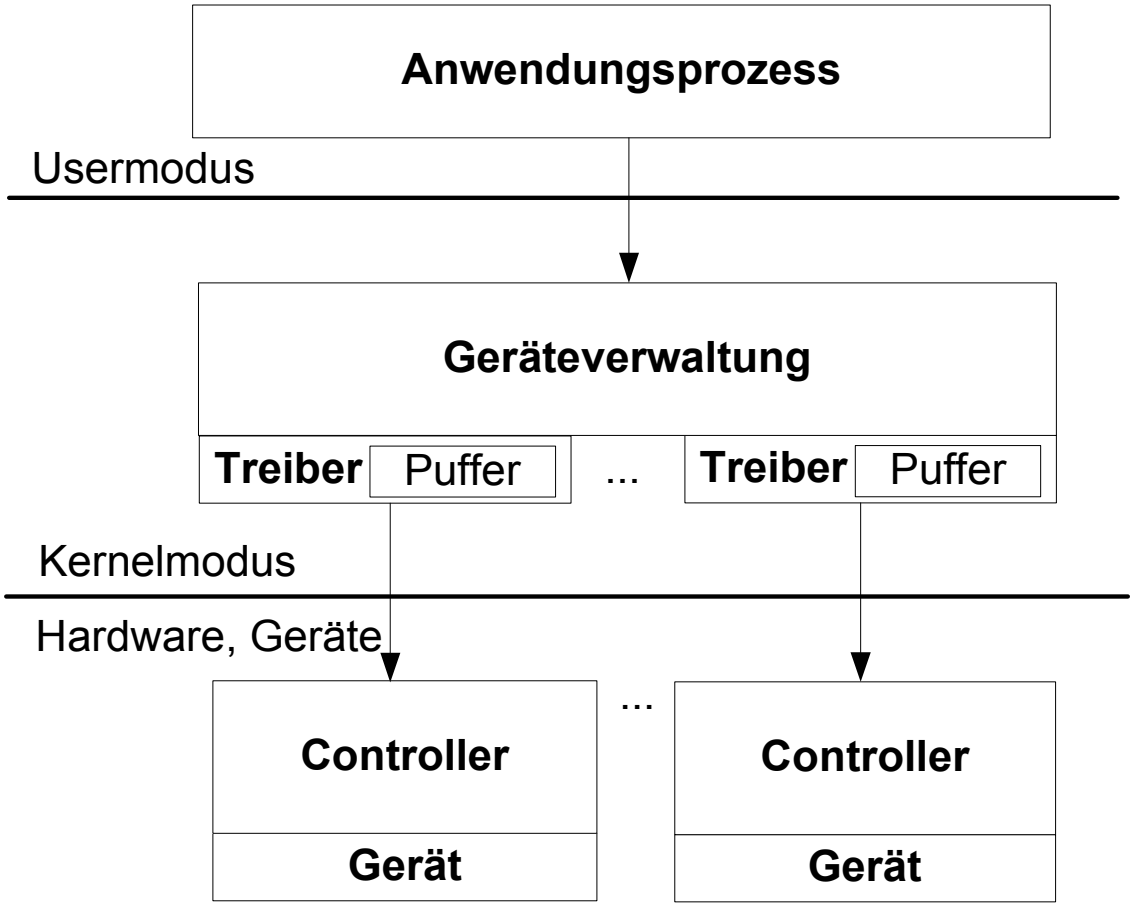


Typische Datenraten

- Sehr unterschiedliche Transferraten [Bit/s] bzw. Datenraten [Byte/s] für die einzelnen Geräte

Gerät	Transferrate bzw. Datenrate
Keyboard	ca. 10 Byte/s
Maus	ca. 100 Byte/s
Laserdrucker	ca. 100 KByte/s
USB3	5 GBit/s
ISA-Bus	16 MByte/s
10Gbit Ethernet	1,25 GByte/s
Serial Attached SCSI	750 MByte/s
Tape	ca. 320 MByte/s
PCI Express	32 GBit/s
IDE-Festplatten mit ATA	ca. 130 MByte/s
Festplatten mit S-ATA	Bis zu knapp 2 GByte/s
Bus-Kommunikationssystem wie AMD HyperTransport oder Intel QPI	50 GBit/s bis über 100 GBit/s

Schichtung des I/O-Systems



Treiber

- Treiber sind gerätespezifische Programmteile
- Treiber werden in eigenen Modulen meist durch den Gerätehersteller realisiert
- Die wichtigsten Aufgaben eines Treibers:
  - Initialisierung und Bekanntgabe des Geräts
  - Datenübertragung von und zu einem Gerät
  - Logisches Programmiermodell auf gerätespezifische Anforderungen übersetzen
  - Pufferung von Daten
  - Interruptbearbeitung
  - Koordination der nebenläufigen Zugriffe

Gerätearten (1)

- **Zeichenorientierte** Geräte
  - Information wird in einzelnen Zeichen gespeichert und gelesen
  - Einzelne Zeichen sind nicht adressierbar, es wird in Streams gelesen bzw. gespeichert
  - Beispiele: Drucker, Maus, Netzwerkkarten
- **Blockorientierte** Geräte
  - Information wird in Blöcken von mind. 512 Bytes gespeichert und gelesen
  - Blöcke sind adressierbar, Zugriff erfolgt auf Blöcke
  - Beispiele: Festplatten, Tapes
- **Sonstige** Geräte wie Clocks (Zeitgeber)

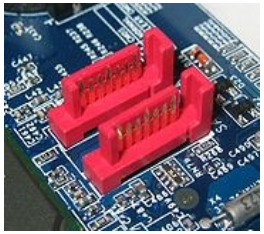
Gerätearten (2)

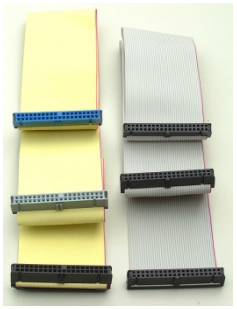
- **Geräte mit wahlfreiem Zugriff**
  - Adressierungsinformation notwendig
  - Beispiel: Plattenspeicher
    - Adressierung über
      - Spurnummer
      - Sektornummer
      - Zylindernummer

Festplatte, Quelle: Wikipedia

ISA-Steckplatz, Quelle: Wikipedia

S-ATA-Anschluss, Quelle: Wikipedia





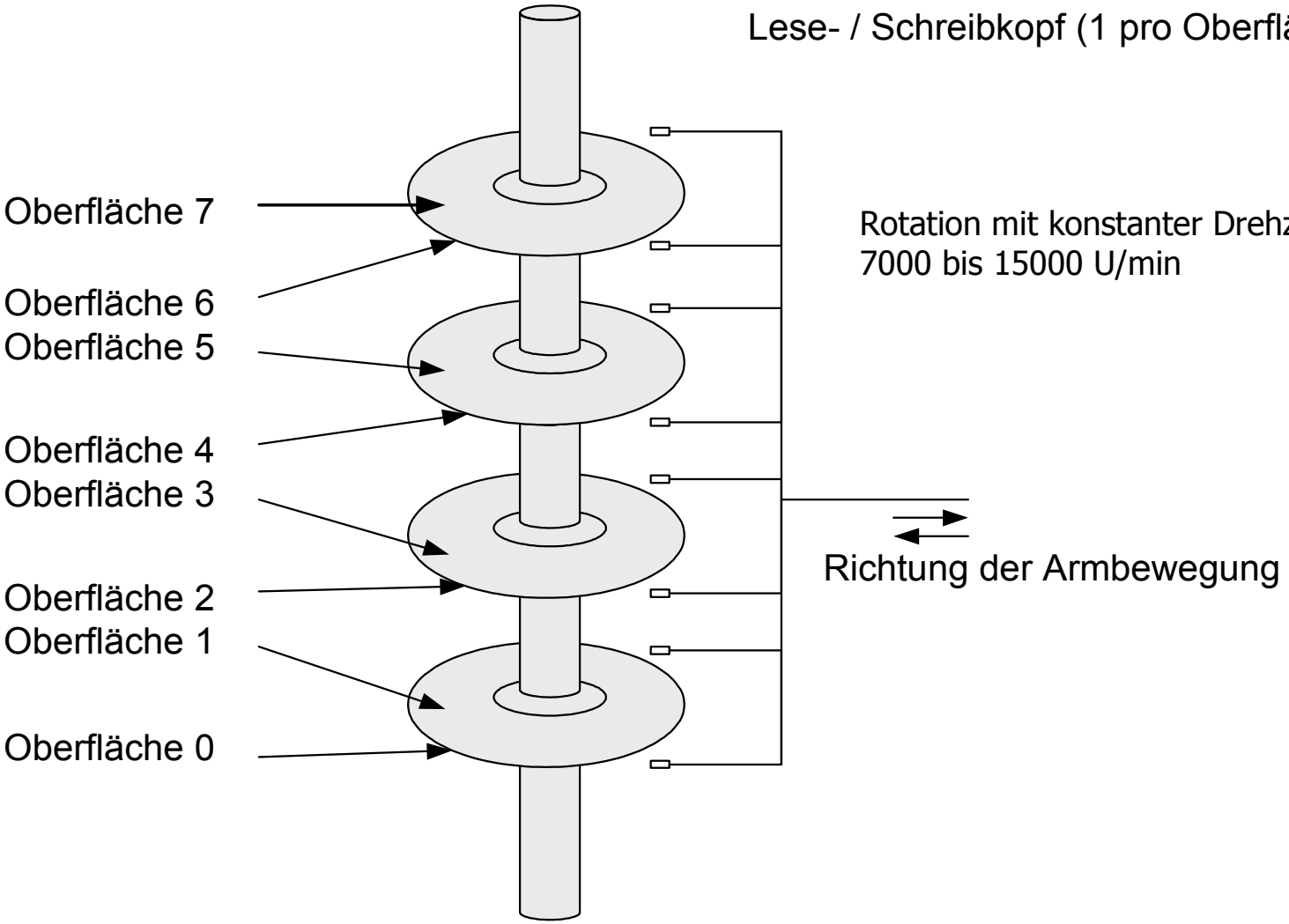
IDE-Schnittstelle, Quelle: Wikipedia

Alte IBM-Festplatte, 1979, Quelle: Wikipedia

Gerätearten: Beispiel Festplatte (1)

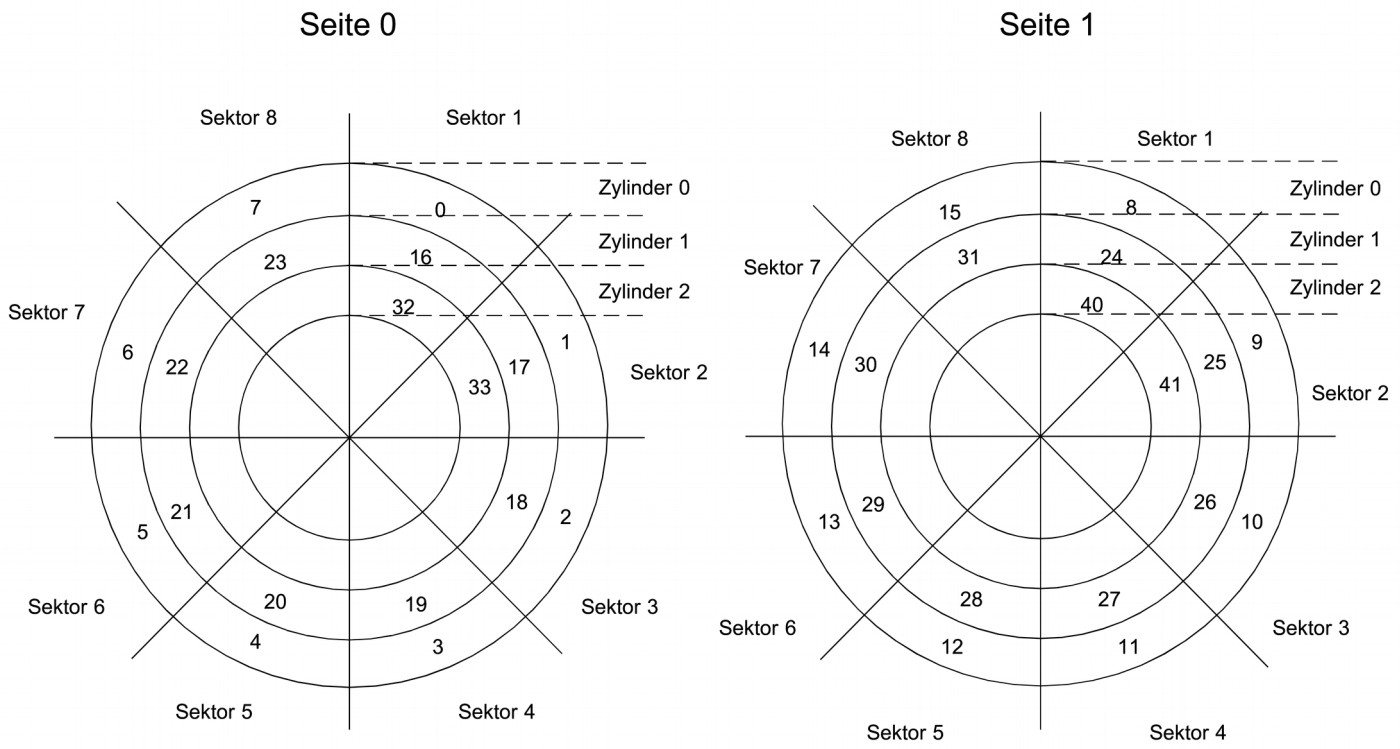
- Festplatten bestehen aus **Kunststoff-** oder **Aluminiumscheiben**, die mit einer hauchdünnen Magnetschicht überzogen sind
- **Schreib-/Leseköpfe** sind mit kleinem Elektromagneten ausgestattet
- Daten sind als Blöcke fester Größe in **Sektoren** gespeichert, die in **Spuren** zu finden sind
- Anordnung in sog. Zylindern
  - Bei übereinander liegenden Platten alle Spuren mit gleicher Nummer, auf welche die Schreib-/Leseköpfe gleichzeitig positionieren können

Gerätearten: Beispiel Festplatte (2)



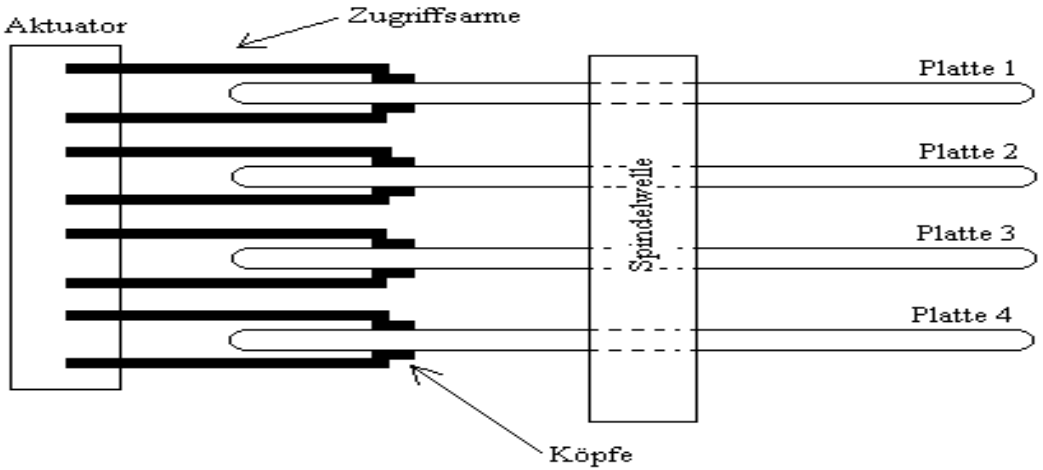
Gerätearten: Beispiel Festplatte (3)

- Plattenaufteilung: Spuren, Zylinder, **physikalische** Sektoren (Kuchenstücke, Kreissektoren)
- Alle Spuren untereinander nennt man Zylinder (eine Position des Kopfes)
- Durchnummerierung **logischer** Sektoren entlang der Spuren → keine mechanische Aktion erforderlich



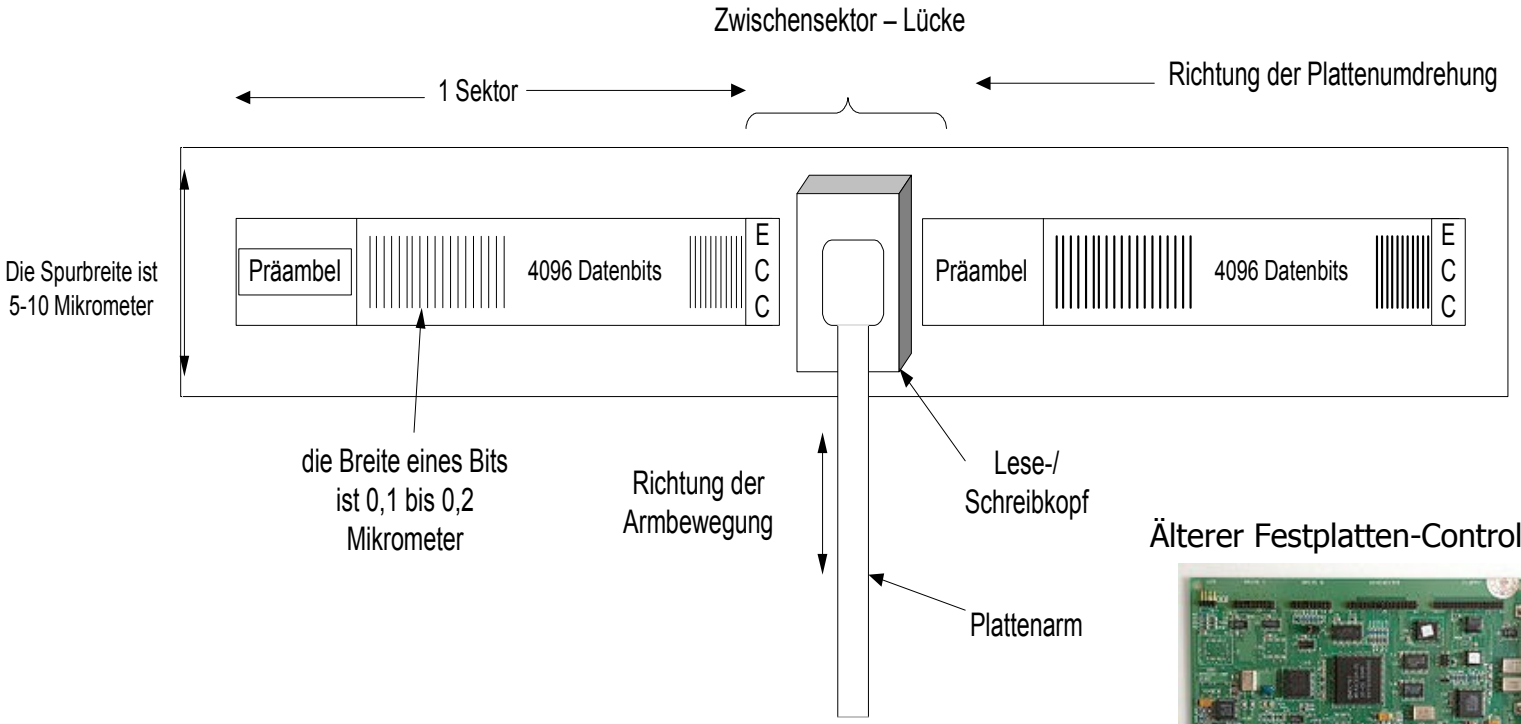
Gerätearten: Beispiel Festplatte (4)

- Üblicher Plattendurchmesser 3,25 oder 2,5 Zoll oder kleiner (1,8 Zoll)
- Zwischen 2 und 8 Platten, Beispiel: 135.000 Spuren/Zoll
- Kapazität: Bei 39 Sektoren, 761 Zylinder und 8 Köpfen und 512 Byte großen Sektoren:
  - 39 x 761 x 8 x 512 = 121.565.184 Byte
- Kapazität: mehrere TiB
  - Hat sich in den letzten 30 Jahren mehr um als das 200-fache erhöht
  - Zugriffszeiten aber nicht!



Gerätearten: Beispiel Festplatte (5)

- Betrachtung zweier Sektoren aus einer Festplattenspur
- Sektoreninhalt: Präambel, Nutzdaten (hier 4096 Bit) und ECC



Älterer Festplatten-Controller

Gerätearten: Beispiel Festplatte (6)

- Das Betriebssystem kennt nur logische Sektoren in durchnummerierter Reihenfolge (sog. **LSN** = Logical Sector Number)
- Eine Übersetzung der logischen Adressen in phys. Adressen ist erforderlich

Einfaches lineares Adressierungsmodell
mit den Speicheradressen 0..N

Adressierungslogik der Festplatte
(Laufwerk-, Zylinder-, ..., Sektornummer)

- Folge 1 bis N von Blöcken, die eindeutig durch ein **Quadrupel der Form (g, z, h, s)** adressierbar sind, mit
  - g: Laufwerk
  - z: Zylindernummer
  - h: Nummer des Schreib-Lesekopfes
  - s: Sektornummer

Gerätearten: Beispiel Festplatte (7)

- Scheduling-Strategie
  - Ein Plattentreiber muss die Lese- und Schreibaufträge möglichst optimal und fair bearbeiten
- Bekannte Schedulung-Strategien
  - **FCFS** (First Come First Serve)
    - Einfach und fair: Alle Aufträge in der Reihenfolge ausführen, in der sie ankommen
  - **SSTF** (Shortest Seek Time First)
    - Aufträge in näherer Umgebung der aktuellen Schreib-/Lesekopf-Position ausführen
    - Vermeidung von Kopfbewegungen
    - Wie bei SJF-Prozessverwaltung besteht das Problem des Verhungerns von Aufträgen

Gerätearten: Geräte mit seriellem Zugriff

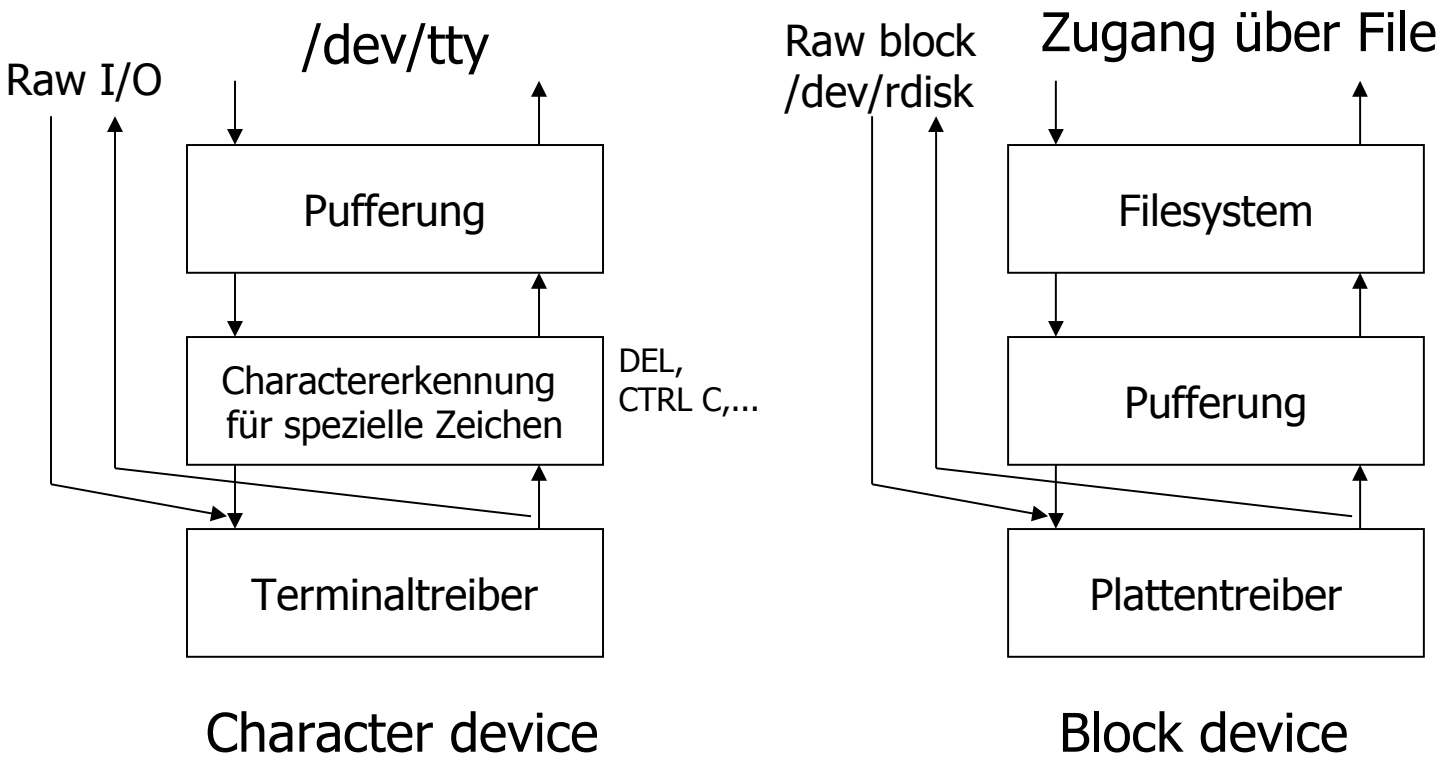
- **Geräte mit seriellem Zugriff**
  - „Serielle Geräte"
  - Keine Adressierungsinformation notwendig
  - Lesen bzw. Schreiben geht Zeichen für Zeichen
  - Beispiele
    - Maus
    - langsame Zeilendrucker
    - Tastatur
  - Es wird eine Flusssteuerung benötigt (XON/XOFF)

Fallbeispiel Unix: Geräte als spezielle Dateien

- „Jedes" Gerät hat unter Unix ein „special file" zugeordnet, über das es wie eine Datei behandelt werden kann
  - Verzeichnis z.B. **/dev**
  - Genaue Namen sind abhängig vom Unix-Derivat
  - Operationen (System Calls): open, read, write,...
- Bei den sog. special files unterscheidet man:
  - **Block special file**, z.B. /dev/hd1 (Festplatte)
  - **Character special file**, z.B. /dev/tty (Bildschirm, Tastatur)
- Beispiel:
  - Kommando *cp file /dev/lp* kopiert eine Datei namens *file* direkt auf den Drucker

Fallbeispiel Unix: Streams

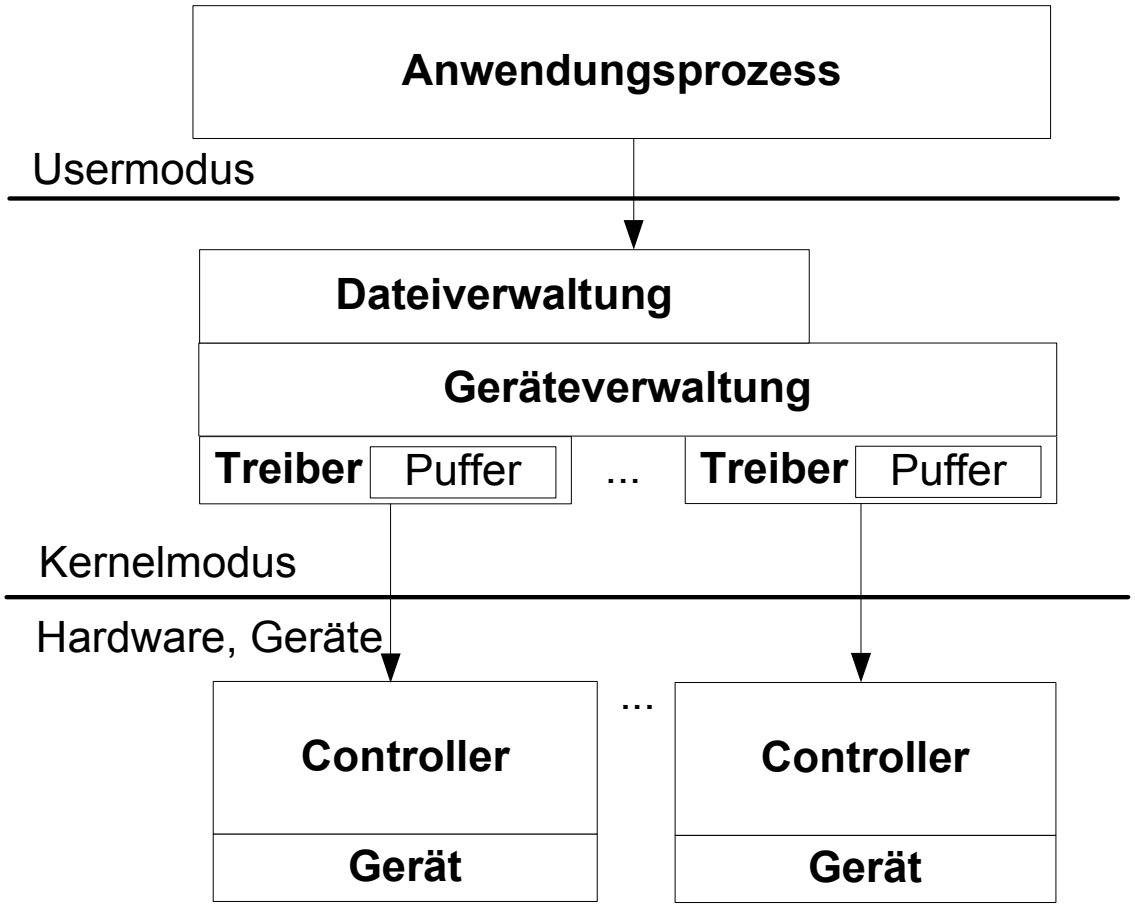
- Streams-orientiertes Modell bei System V: Treiberschichten (Filter) können in den Stream eingebaut werden



Überblick

1. Geräteverwaltung
   - Überblick
   - Treiber, Gerätetypen, Gerätemodelle,...
   - Fallbeispiel: Unix
2. **Dateisysteme**
   - Grundlagen
   - Fallbeispiel: Unix
   - Fallbeispiel: Windows
3. Storage Systeme
   - RAID
   - SAN, NAS

Einordnung in die Schichten



Dateien

- Informationen müssen von Betriebssystemen **persistent** gespeichert werden können
- **Dateien** sind ein abstrakter Mechanismus zur Speicherung und zum Wiederauffinden von Informationen
- Der Teil des Betriebssystems, der sich mit Dateien und deren Organisation befasst, wird als Dateiverwaltung bezeichnet
- Zu jeder Datei sind bestimmte Informationen zu verwalten

Informationen zu Dateien

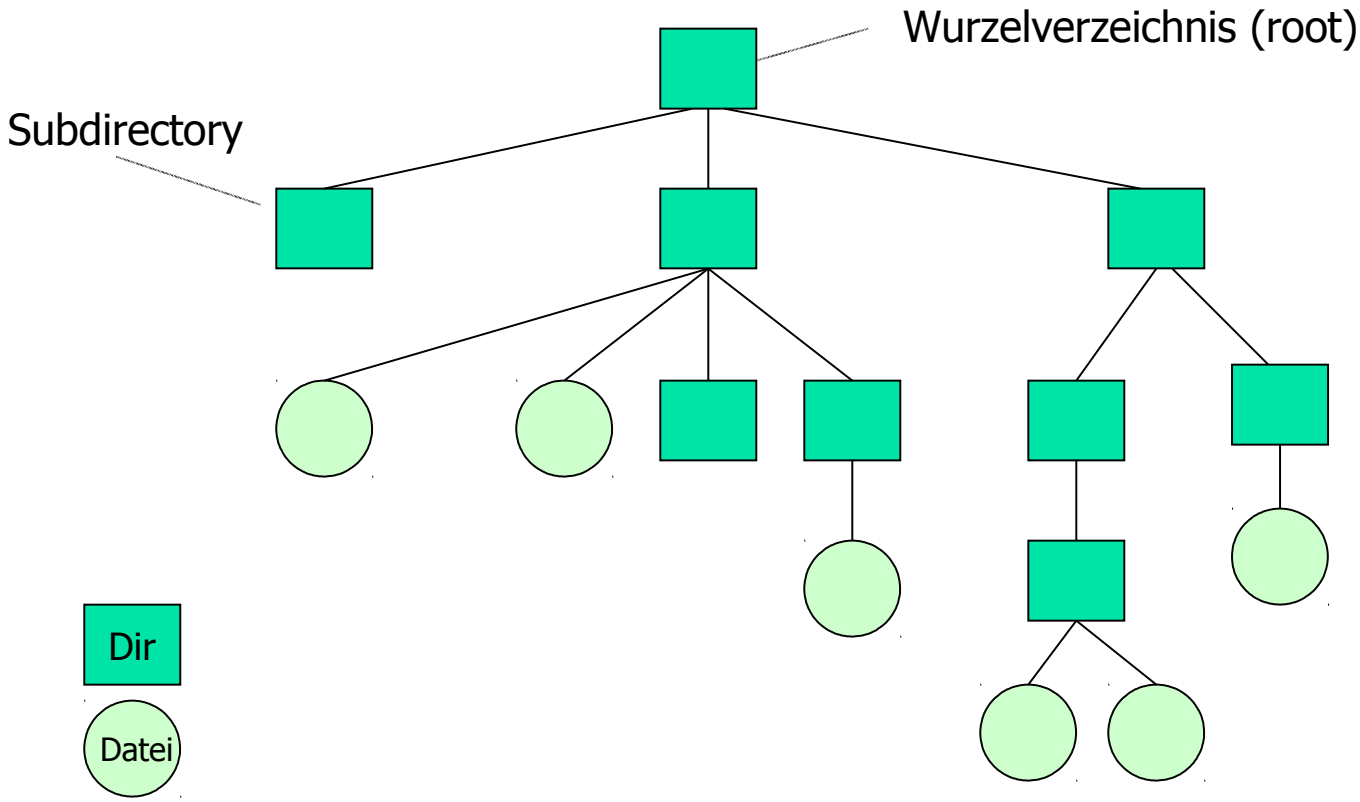
- Dateien haben einen Dateinamen und einen Inhalt
- Jede Datei besitzt einen Eintrag mit Informationen über:
  - Namen der Datei
  - Typ der Datei: Normal- oder Katalogdatei
  - Länge der Datei in Bytes
  - Blöcke, aus denen die Datei besteht
  - Zugriffsrechte zu dieser Datei
  - Passwörter zum Schutz der Datei
  - Statistikdaten: z.B.: Datum letzte Änderung
  - ...

Dateisysteme

- Dateien werden in Dateisystemen (file system) verwaltet
- Dateisysteme oft hierarchisch organisiert
  - Dateigruppen (Dateiverzeichnis) mit Verwaltungsinformation
  - Dateien (mit den eigentlichen Daten)
- Strukturierung mit Unterverzeichnissen (Subdirectory)
- Jedes (Sub)directory enthält Einträge zu weiteren Katalogen oder *normalen* Dateien
- Beispiele:
  - Unix verfügt über ein systemweites Dateisystem
  - MS-DOS verwaltet für jedes Gerät ein unabhängiges Directory

Hierarchische Verzeichnissysteme

- Hierarchische Verzeichnissysteme beliebiger Tiefe sind heute „State of the Art“
- Directories sind in einer Baum-Struktur organisiert



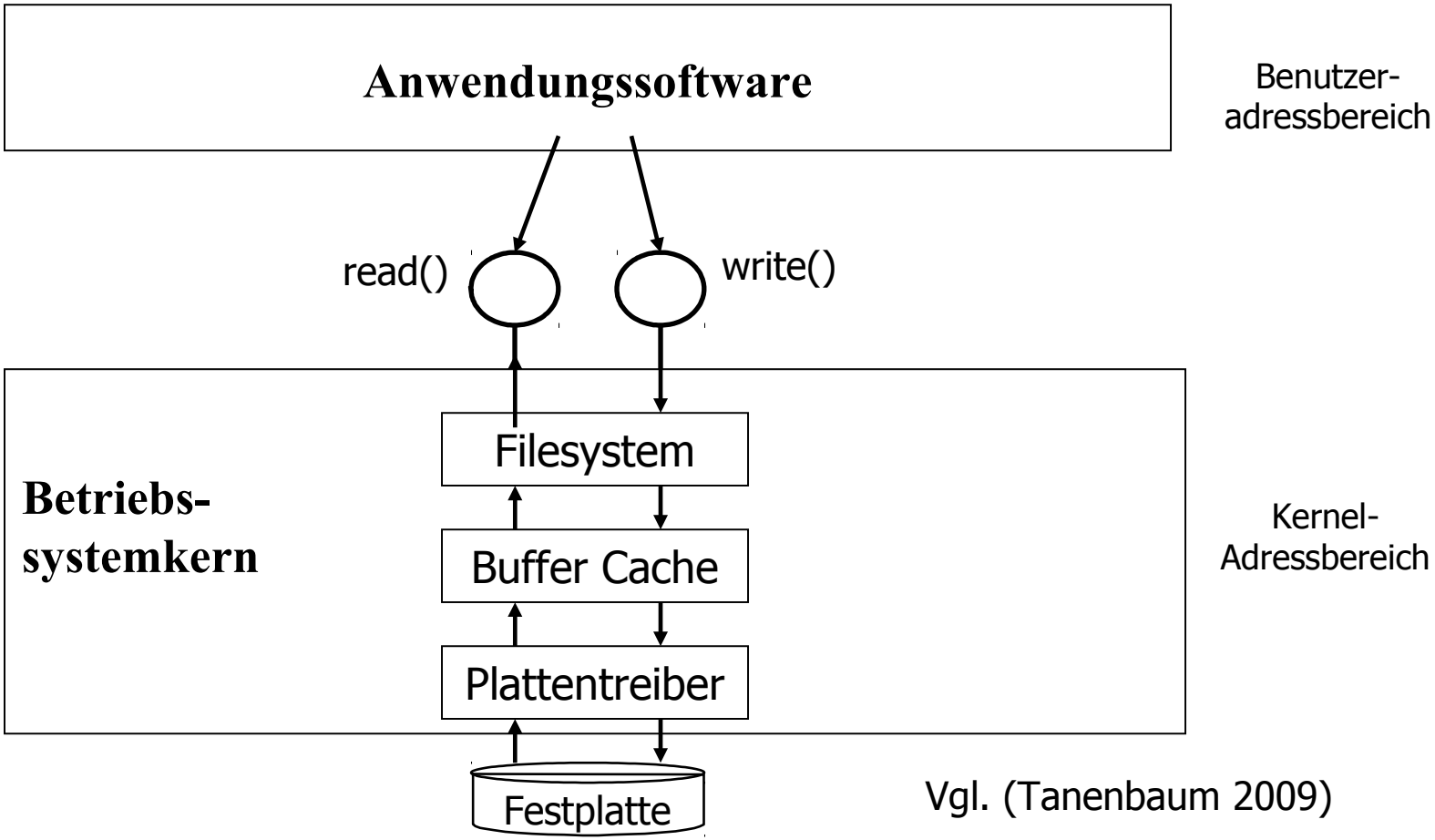
Operationen auf Dateien

- Systemdienste zur Verwaltung von Dateien:
  - **Erzeugen** eines Katalogeintrages (Dateiname)
  - **Löschen** des Katalogeintrags u. Dateiinhalts
  - **Kopieren** von Dateien
  - **Löschen** einer Datei
  - **Ändern** des Dateinamens oder anderer Katalogeinträge
  - **Übertragen** eines Katalogeintrags in einen anderen Katalog (Directory)

Blockverwaltung

- Die Bearbeitung von Dateien ist blockweise oder zeichenweise möglich
- Jede gefüllte Datei hat eine Liste mit von ihr belegten Blöcken
- Der Katalog enthält Hinweise auf die Blöcke, aus denen die Dateien bestehen
- Das Dateisystem verwaltet zudem:
  - Eine **Pseudodatei** bestehend aus allen **freien** Blöcken eines Datenträgers
  - Eine **Pseudodatei** mit einer Liste aller **unzuverlässigen** Blöcke

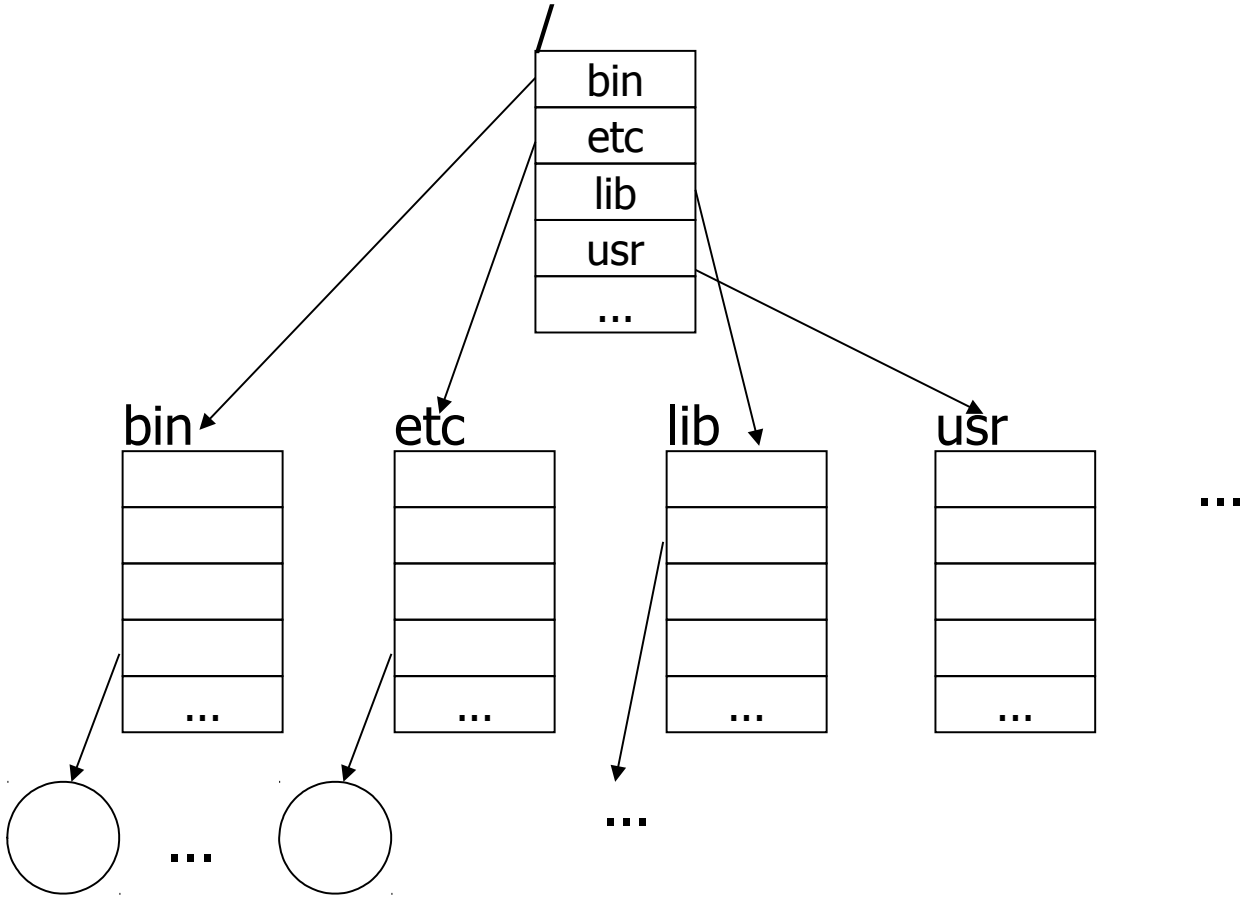
Fallbeispiel: Unix, Einordnung von Filesystemen



Vgl. (Tanenbaum 2009)

Fallbeispiel: Unix, Verzeichnisstruktur

- Unix verwendet ein beliebig tiefes, hierarchisches Dateisystem



Fallbeispiel: Unix Verzeichnisstruktur

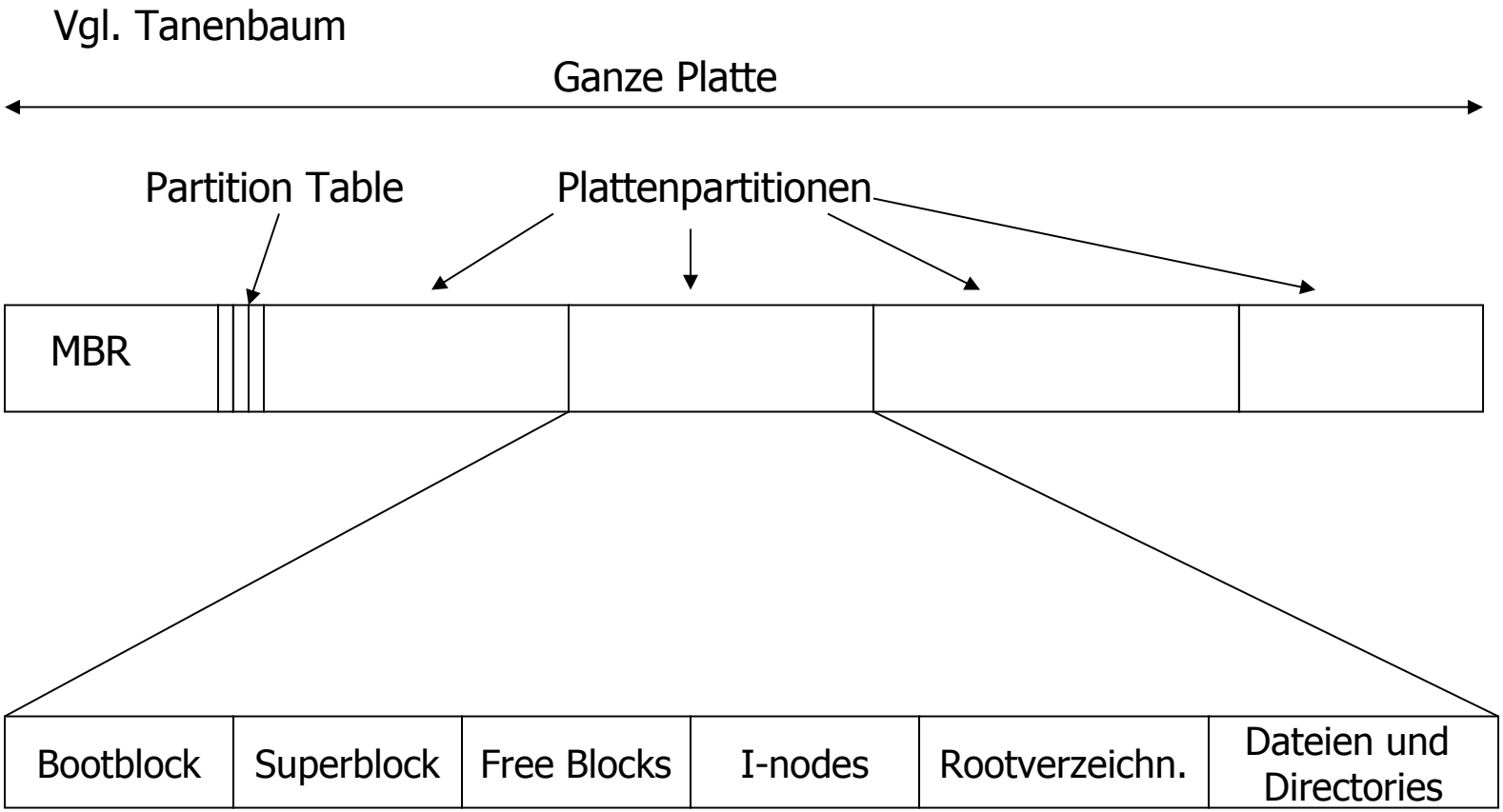
- Die Wurzel des Baums heißt **root**; das **root-directory** wird mit „/“ abgekürzt. (bei MS-DOS „\“)
- Darunter befinden sich die **home-directories** der einzelnen User (/home)
- Die inneren Knoten des Baumes sind **subdirectories**, die Blätter des Baumes sind die eigentlichen Files
- Geräte (Drucker, Terminals, Maus etc.) werden logisch wie Dateien behandelt (**special files**)
- Für die Organisation des Unix-Baumes haben sich gewisse Konventionen eingebürgert

Fallbeispiel: Unix, Verzeichnisstruktur

- Unter den Kindern der Wurzel finden sich meist subdirectories mit folgender Bedeutung:
  - bin: Systemdateien (binär)
  - dev: Gerätedateien (devices)
  - lib: Bibliotheken (libraries)
  - usr: Benutzerdateien (user)
- Externe Dateisysteme, also physikalische Datenträger wie Harddisk, CDROM, Floppy,... können unabhängige Filesysteme enthalten
  - Diese kann man mit dem Befehl ***mount*** an beliebiger Stelle in den Unix-Dateibaum einklinken
  - Danach gibt es keine Unterscheidung mehr zwischen Files auf der Diskette und anderen block special files
  - Mit ***umount*** wird das Subdirectory entfernt

Fallbeispiel:
Unix, Implementierung des Dateisystems

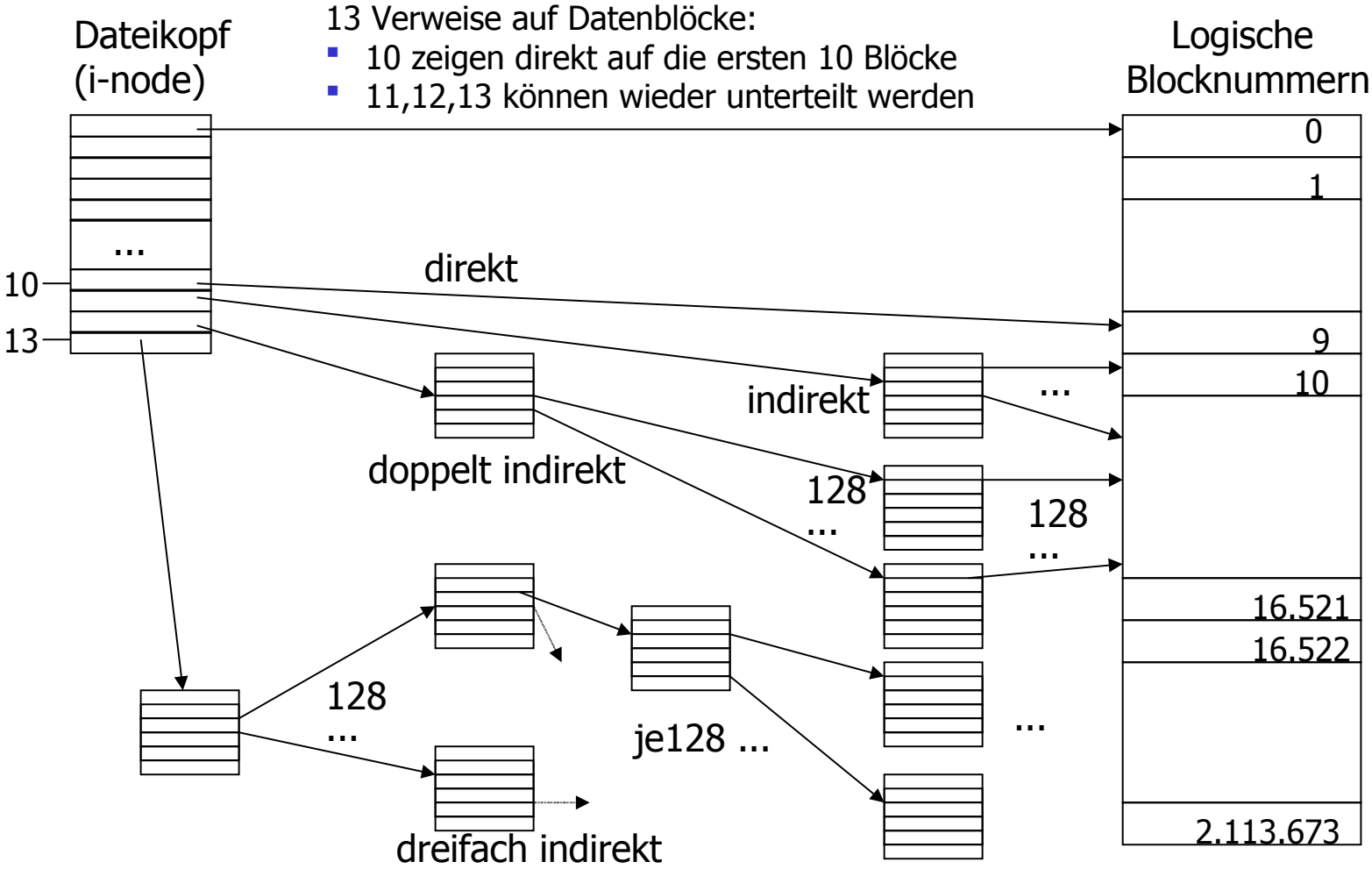
- Beispiel eines Dateisystem-Layouts einer Festplatte



Fallbeispiel:
Unix, Implementierung des Dateisystems

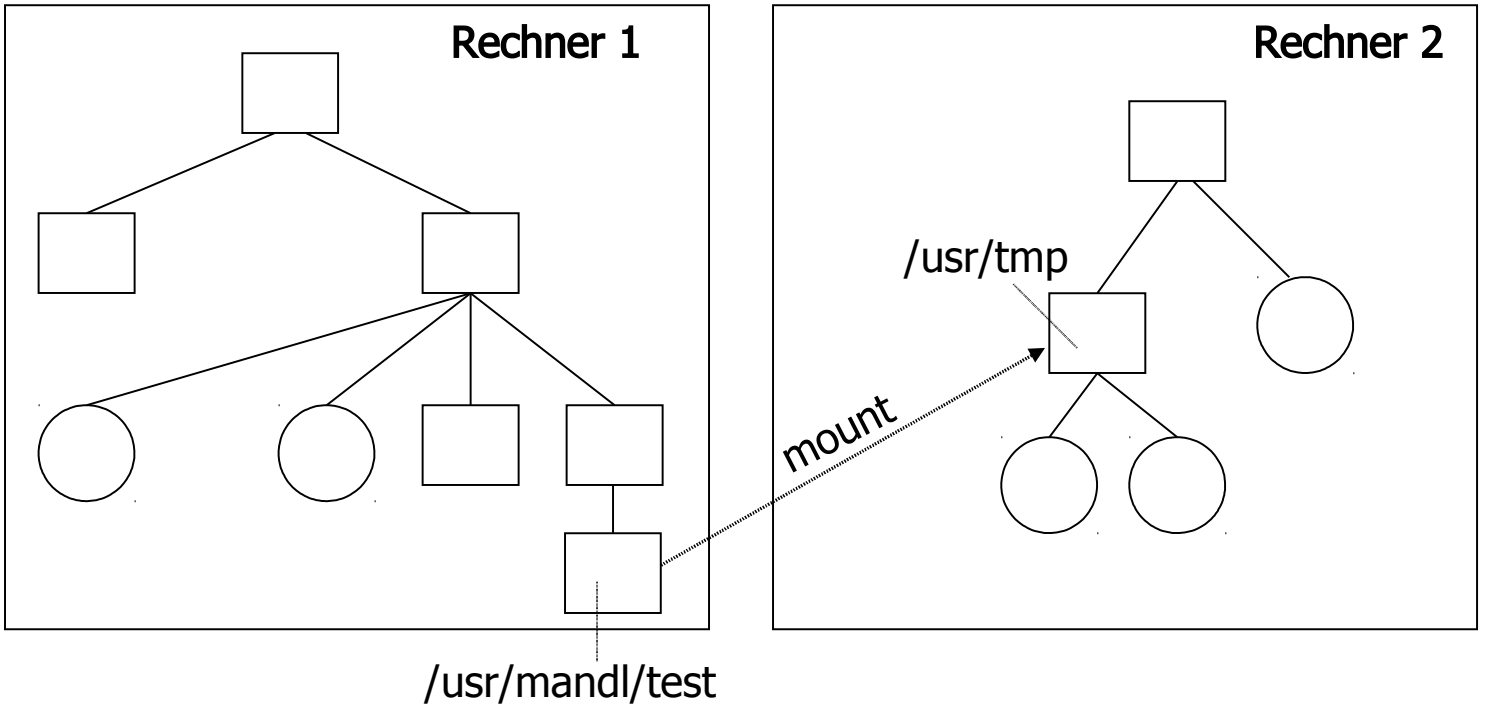
- **MBR** = Master Boot Record auf Sektor 0 zum Booten des Rechnersystems
- Am Ende des MBR liegt die **Partition Table:** Eine Platte kann i.d.R. in mehrere Partitionen eingeteilt werden
- **Bootblock** wird bei Hochfahren gelesen und ausgeführt
- **Superblock** enthält Verwaltungsinformationen zum Dateisystem (Anzahl der Blöcke,...)
- **Free Blocks** (z.B. Bitmap) gibt die freien Blöcke des Dateisystems an
- **Rootverzeichnis** enthält den Inhalt des Dateisystems (nach der Wurzel)
- **I-nodes**: I-nodes sind Einträge im Inhaltsverzeichnis des Dateisystems

Fallbeispiel: Unix, Verweisstruktur einer Datei



Einschub: NFS, Verteiltes Dateisystem

- Das **Network File System** (NFS) verbindet Dateisysteme mehrerer Rechner zu einem logisch zusammengehörigen Dateisystem
  - NFS-Protokoll

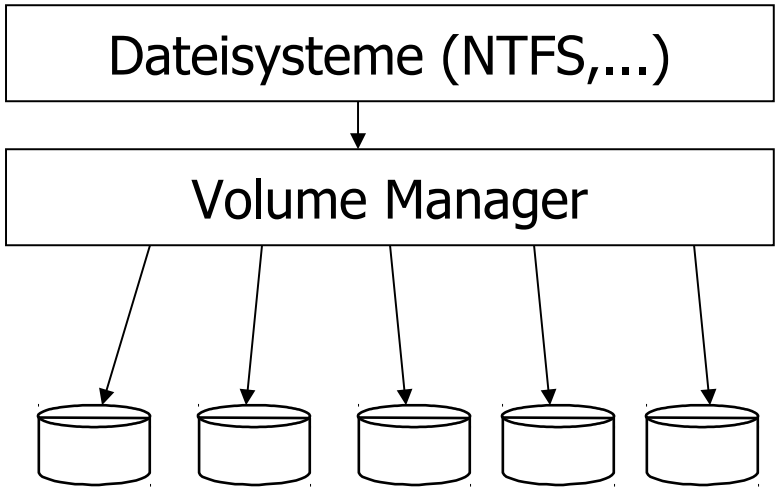


Fallbeispiel: Unix, Verzeichnisstruktur

- Jedes Unterverzeichnis und jede Datei lassen sich eindeutig durch den Weg von der Wurzel zur Datei beschreiben
- Die Folge der Knoten auf dem Weg wird, mit „/" getrennt, als **Pfad** bezeichnet.
- Das Dateisystem jedes Users ist ein Subdirectory des gesamten Unix-Baums
- Die Wurzel des Unterbaums des Users nennt man **Home-Directory**
- Der User arbeitet meist in seinem Home-Directory
- Bei der Arbeit bezieht man sich oft auf Dateien des selben Verzeichnisses (**working directory**)

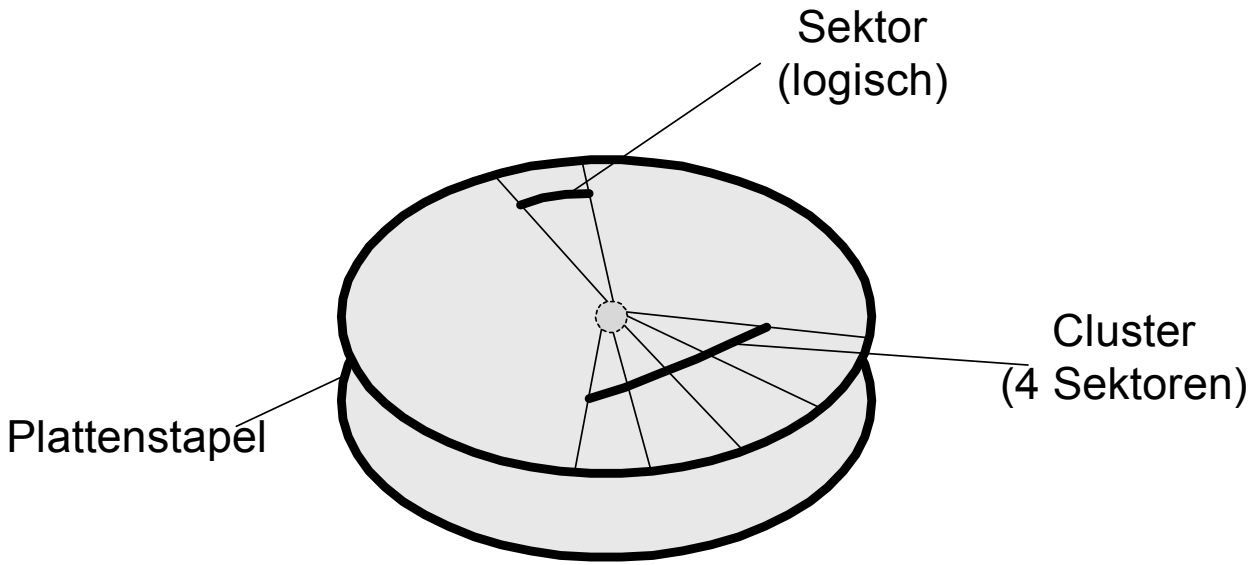
Fallbeispiel: Windows, Volume Manager

- Unter Windows gibt es einen **Volume Manager**
  - (Unter Linux LVM)
  - Verwaltung der Platten auf logischer Ebene
  - Stellt logische Laufwerke für die Anwendungen bereit
  - Veränderung, Neupartitionierung ist dynamisch, ohne Systemneustart möglich



Fallbeispiel: Windows, Cluster

- Cluster = in Windows adressierbarer Filesystemblock
- Cluster besteht aus einem oder mehreren Sektoren
- **FAT-x →** x gibt die Anzahl der Bits an, die für die Clusteradressierung verwendet werden
- Bit-Anzahl bestimmt die Größe des Filesystems



Fallbeispiel: Windows, Überblick zu Dateisystemen

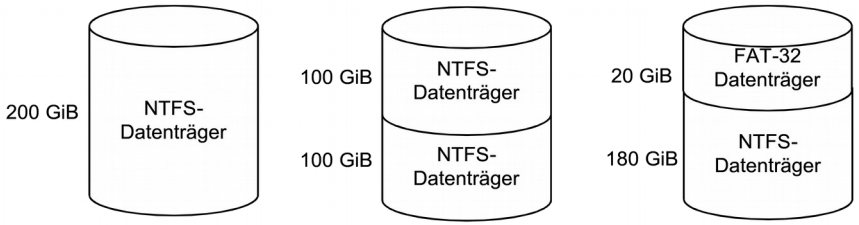
- **FAT-16** ist das alte MS-DOS Filesystem
  - nutzt 16-Bit Plattenadressen und max. 2 GiB (GibiByte) große Partitionen
- **FAT-32** ist das alte MS-DOS Filesystem
  - nutzt 32-Bit Plattenadressen und max. 2 TiB große (TebiByte) Partitionen
- **NTFS** (NT File System) ist das moderne, hierarchische Filesystem von Windows 2000
  - NTFS nutzt 64-Bit Plattenadressen und unterstützt Partitionen bis zu einer Größe von 2^{64} Byte
- Windows unterstützt auch **Read-Only Filesysteme** für DVDs (UDF) und CD-ROMs (CDFS)

Fallbeispiel: Windows, Filesysteme-Überblick

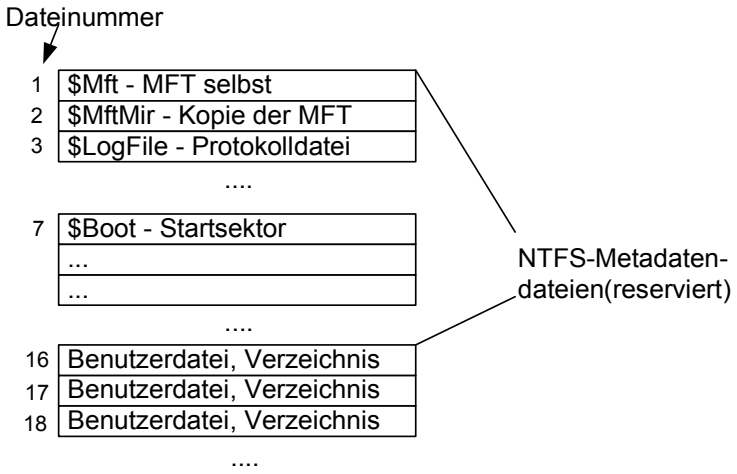
File-system	Bits für Clusterindex	Anzahl Cluster	Unterstützte Clustergrößen	Maximale Filesystemgröße
FAT-12	12 Bit	$2^{12} = 4.096$	512 Byte – 8 KiB	32 MiB
FAT-16	16 Bit	$2^{16} = 65.536$	512 Byte – 64 KiB	4 GiB (GibiByte)
FAT-32	32 Bit, aber nur 28 genutzt	2^{28}	512 Byte – 32 KiB	8 TiB (TebiByte) begrenzt auf 32 GiB
NTFS	64 Bit	2^{64}	512 Byte – 64 KiB	16 EiB (ExbiByte) begrenzt auf 256 TiB

Fallbeispiel: Windows, Partitionierung

- Plattenpartitionierung in NTFS
- Eine Platte kann mehrere logische Datenträger (Volumes) enthalten
- Festlegung bei der Formatierung, Beispiel:



- Eine Master File Table (MFT) je Volume
- Für jede Datei und jedes Verzeichnis ein oder mehrere Einträge in der MFT



Überblick

1. Geräteverwaltung
   - Überblick
   - Treiber, Gerätetypen, Gerätemodelle,...
   - Fallbeispiel: Unix
2. Dateisysteme
   - Grundlagen
   - Fallbeispiel: Unix
   - Fallbeispiel: Windows
3. **Storage Systeme**
   - RAID
   - SAN, NAS

Storage Systeme

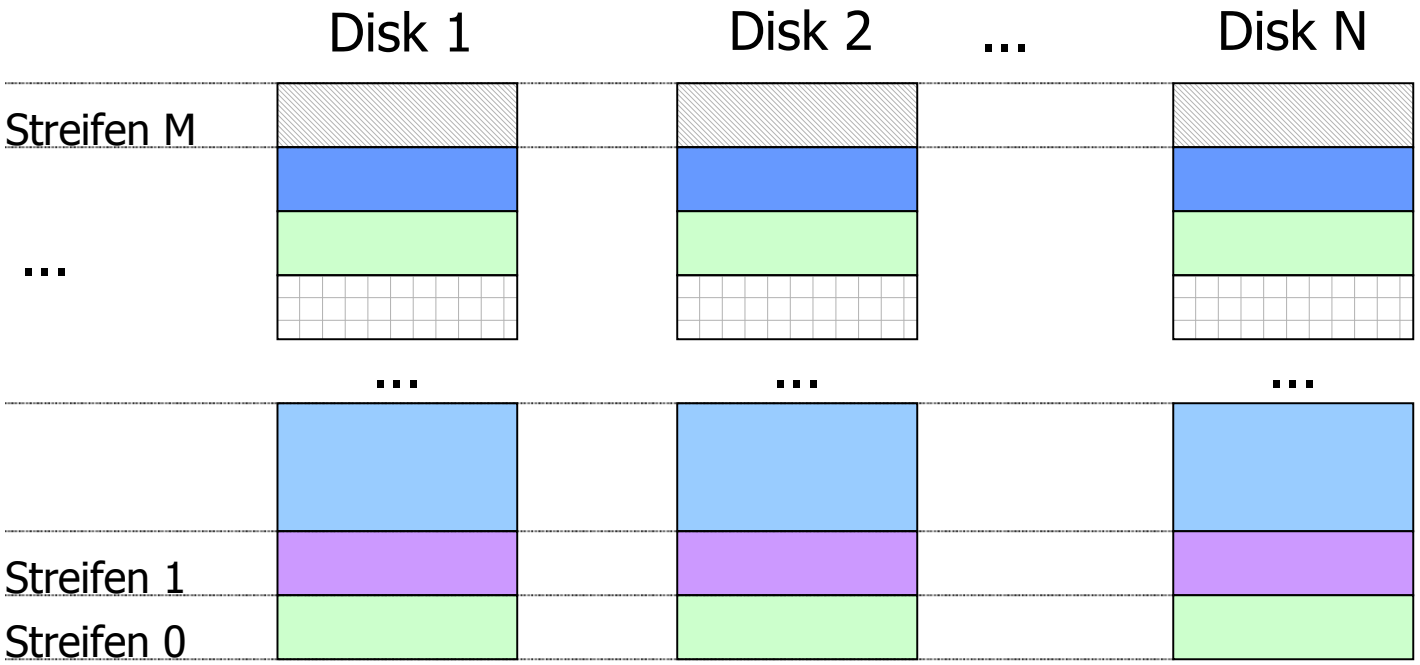
- Bisher betrachtet:
  - **DAS:** Direct Attached Storage = Herkömmliche Speichersysteme
- Weitere wichtige Begriffe:
  - **RAID-Systeme**
  - **SAN:** Hochgeschwindigkeitsnetzwerk zwischen Servern und Subsystemen
  - **NAS:** Network Attached Storage, NAS-Systeme sind Dateiserver, keine Festplattenserver

RAID-Plattensysteme

- Multiple Plattenspeicher, sog. RAIDs
  - RAID steht für **R**edundant **A**rray of **I**nexpensive (heute **Independent**) **D**isks
  - sind heute sehr verbreitet
- Mehrere kleine Platten werden hier als große **virtuelle Platte** verwaltet
- In HW implementiert für Betriebssystem transparent, als SW vom BS selbst betrieben
- Man verwendet RAID-Systeme auch zur Verbesserung der **Leistung** und zur Erhöhung der **Ausfallsicherheit**
- Es werden verschiedene Varianten unterschieden

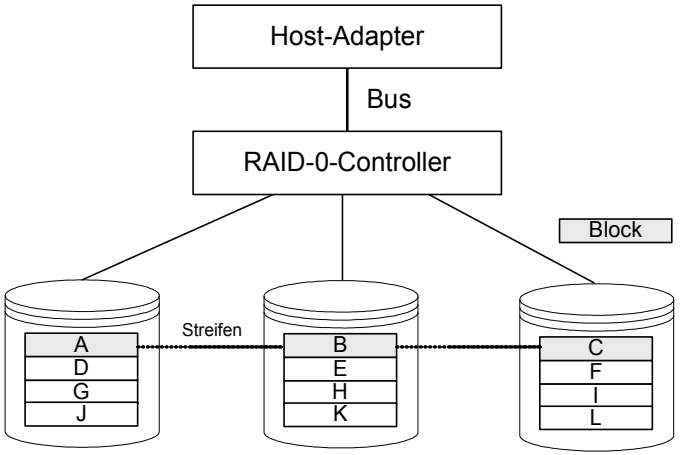
RAID-Plattensysteme

- Der gesamte logische Plattenbereich wird in Streifen (stripes) eingeteilt, die sich über mehrere Disks erstrecken



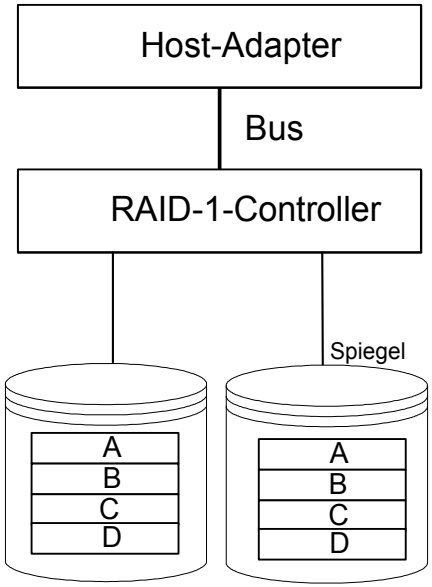
RAID-Plattensysteme

- **RAID-0-System**:
  - Stripes werden über mehrere Platten eines Arrays verteilt
  - Größe der Stripes beeinflusst die Leistung erheblich
    - Stripes-Größe: 32 KB, 64 KB, 128 KB (Striping-Granularität)
  - Verteilung übernimmt entweder das Betriebssystem oder ein eigener RAID-Controller
  - **Hoher** I/O-Durchsatz,
    schnelle Variante,
    aber **nicht** ausfallsicher



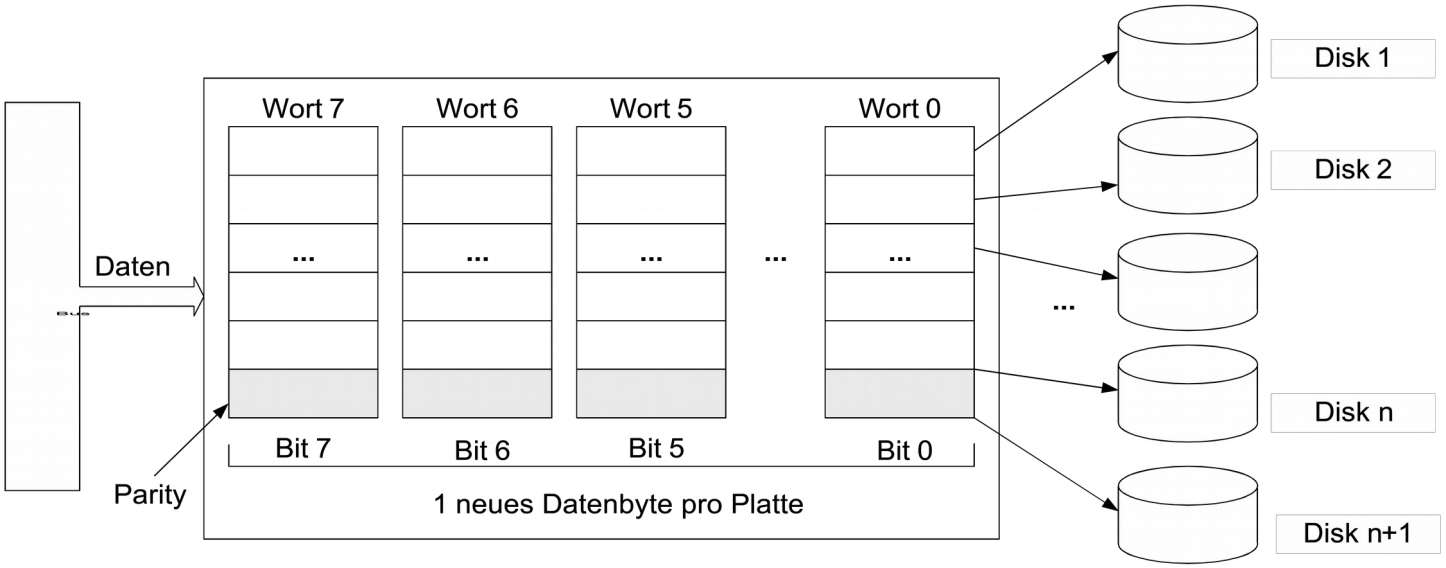
RAID-Plattensysteme

- **RAID-1-System:**
  - Spiegelung der Daten, volle Redundanz der Daten
  - Spiegelung durch Betriebssystem oder eigenen RAID-Controller möglich
  - Ausfallsicher aber langsam



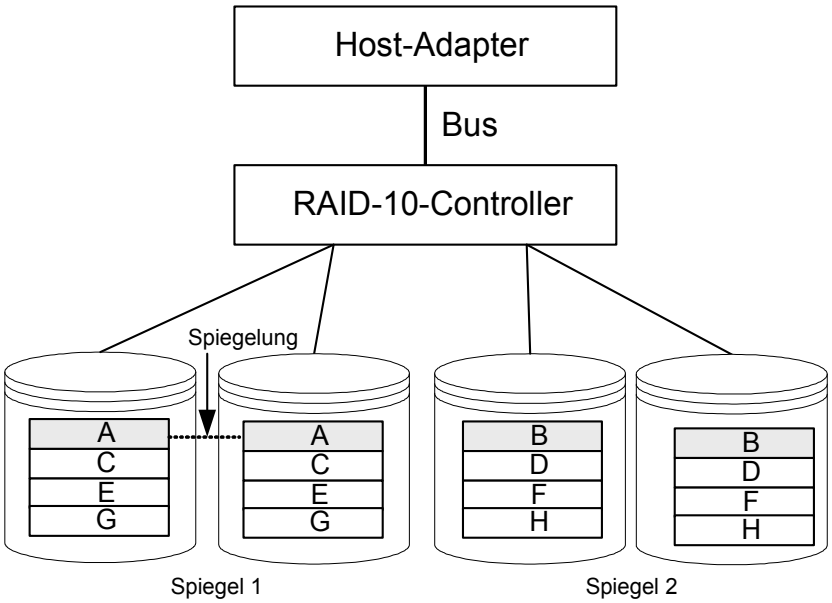
RAID-Plattensysteme

- **RAID-2-System (heute nicht mehr eingesetzt):**
  - Bitweises Striping und Ergänzung von Prüfdaten (Paritätsbits) zur Fehlerkorrektur
  - Jedes Byte wird um ein Paritätsbit ergänzt
  - Bei Ausfall einer Platte kann diese rekonstruiert werden
    - → Ausfallsicherheit für eine Platte des Arrays



RAID-Plattensysteme

- **RAID-10-System: häufig verwendet!**
  - Striping und Spiegelung, Kombination RAID-0 und RAID-1
  - Schnell und ausfallsicher
  - Zuerst Striping und danach Spiegelung



RAID-Plattensysteme

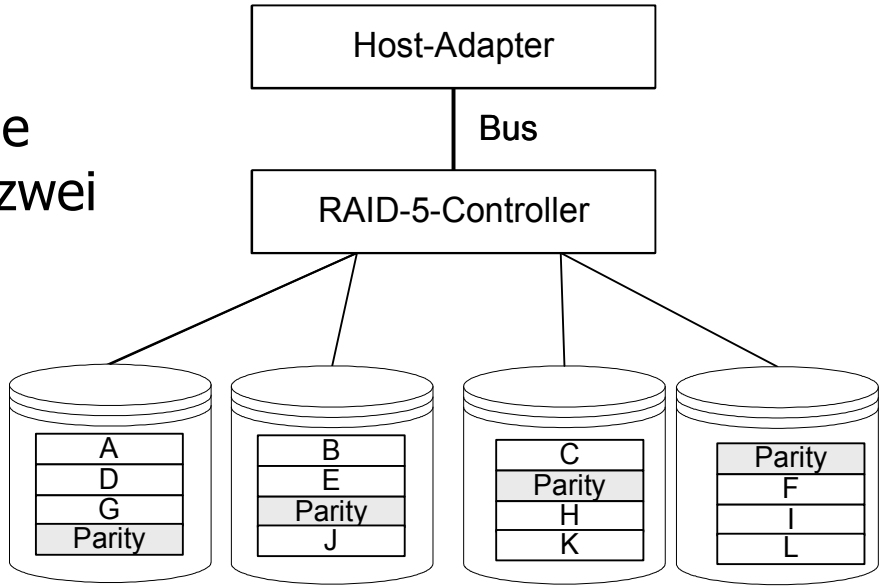
- **RAID-3-System:**
  - Erweiterung zu RAID-2
  - Prüfdaten zusammenfassen und auf dedizierter Platte speichern
  - Dient der Reduzierung der Kosten für die 1:1-Spiegelung (heute nicht mehr so relevant)
  - Ausfall einer Platte führt nicht zu einer Ausfallzeit, Ausfall von zwei Platten schon

RAID-Plattensysteme

- **RAID-4-System:**
  - Hier werden auch die Datenbits wie bei RAID-0 zu Streifen zusammengefasst
  - Pro Streifen wird eine Prüfsumme gebildet und auf einer eigenen Platte gespeichert
  - Ausfallsicherheit wie bei RAID-3, Speicheraufwand weniger als bei RAID-1, aber langsameres Schreiben

RAID-Plattensysteme

- **RAID-5-System:**
  - In Gegensatz zu RAID-4 werden die Paritätsabschnitte auf die beteiligten Platten verteilt → gleichmäßige Plattenauslastung
  - Gute Leistung beim Lesen, schlechtere beim Schreiben
  - Verlust einer Platte hat keine Auswirkungen, Verlust von zwei Platten bedeutet Ausfall
  - Nicht so geeignet bei hoher Transaktionslast

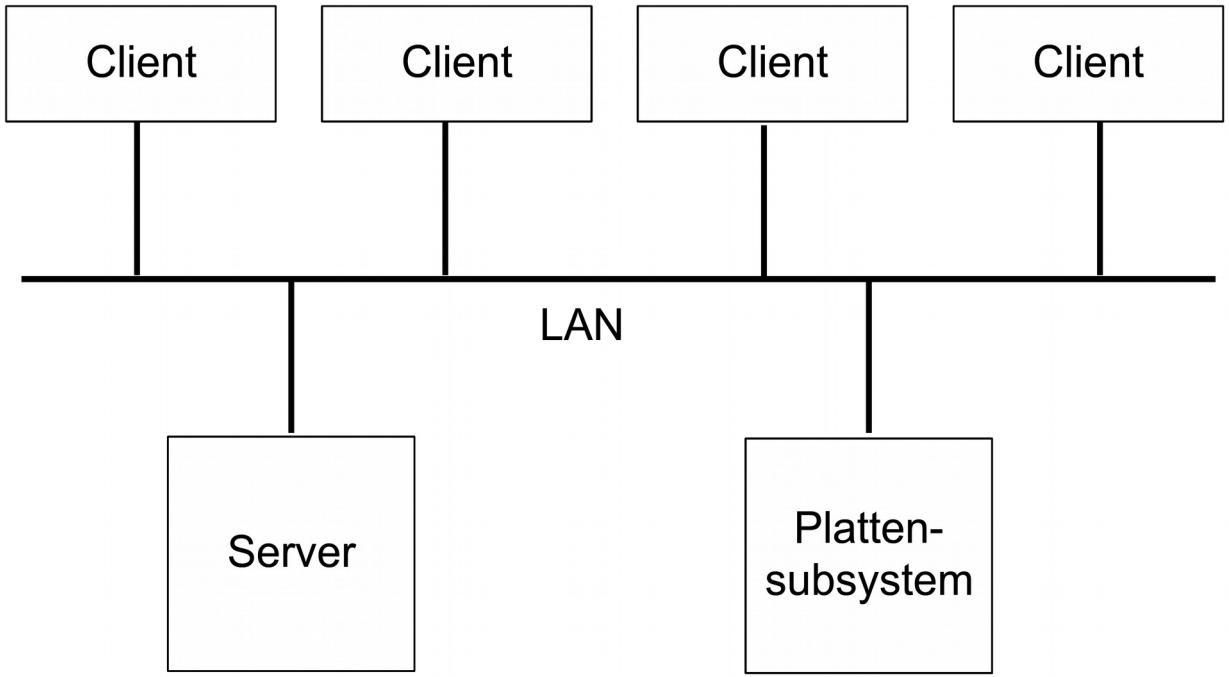


RAID-Plattensysteme

- **RAID-6-System:**
  - Wie RAID-5 mit redundanten Prüfdaten auf weiterer Platte, so dass sogar der Ausfall von zwei Platten ohne Auswirkung bleibt
  - Gute Leistung beim Lesen, Schreibleistung schlechter als RAID-5
  - Geeignet für sehr hohe Ausfallsicherheitsanforderungen

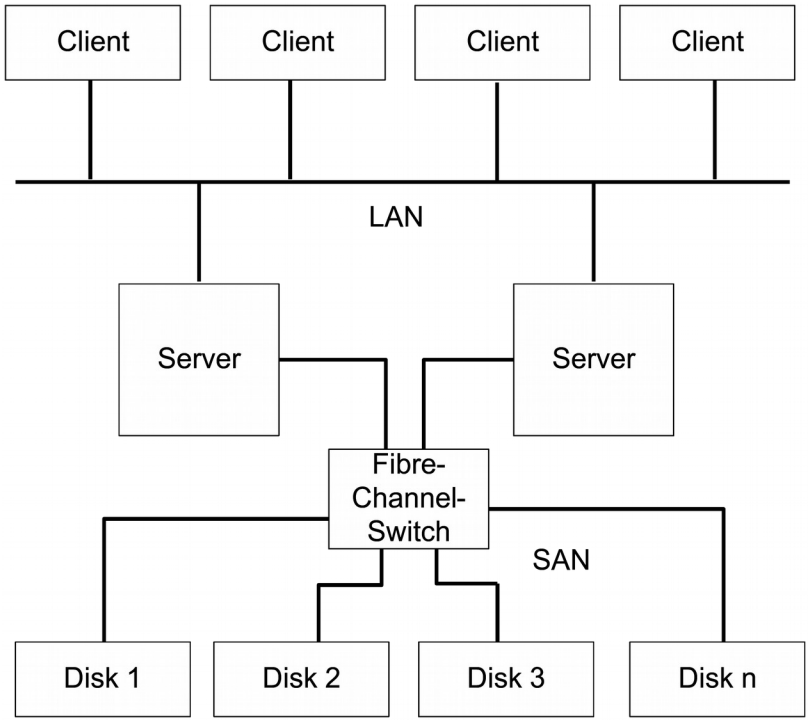
Network Attached Storage

- **NAS**
  - Massenspeichereinheiten, die an ein lokales Netzwerk (LAN) angeschlossen sind
  - Nachteil: belasten das Netzwerk



Storage Area Networks

- **SAN**
  - Eigenes Netzwerk zwischen Servern und den Speicherressourcen
  - Speicher kann virtuell wie eine einzige Festplatte behandelt werden



Zusammenfassung

- Geräte- und Dateiverwaltung sind eigene Softwareschichten im Kernel
- Festplatten wichtigstes externes Speichermedium
- Dateien und Dateisysteme (FAT, NTFS, Unix-Dateisysteme) als Abstraktion
- RAID-Systeme dienen der gesicherten Datenspeicherung
  - RAID 1, RAID-10 und RAID 5 oft im Einsatz
- NAS- bzw. SAN sind Storage-Systeme, die sich weiter Verbreitung erfreuen

Gesamtüberblick

- ✓ Einführung in Computersysteme
- ✓ Entwicklung von Betriebssystemen
- ✓ Architekturansätze
- ✓ Interruptverarbeitung in Betriebssystemen
- ✓ Prozesse und Threads
- ✓ CPU-Scheduling
- ✓ Synchronisation und Kommunikation
- ✓ Speicherverwaltung
- ✓ Geräte- und Dateiverwaltung
10. Betriebssystemvirtualisierung