Betriebssysteme I

WS 2019/2020

Roland Wismüller
Betriebssysteme / verteilte Systeme
roland.wismueller@uni-siegen.de
Tel.: 0271/740-4050, Büro: H-B 8404

Stand: 23. Januar 2020

Betriebssysteme I

WS 2019/2020

7 Ein-/Ausgabe und Dateisysteme

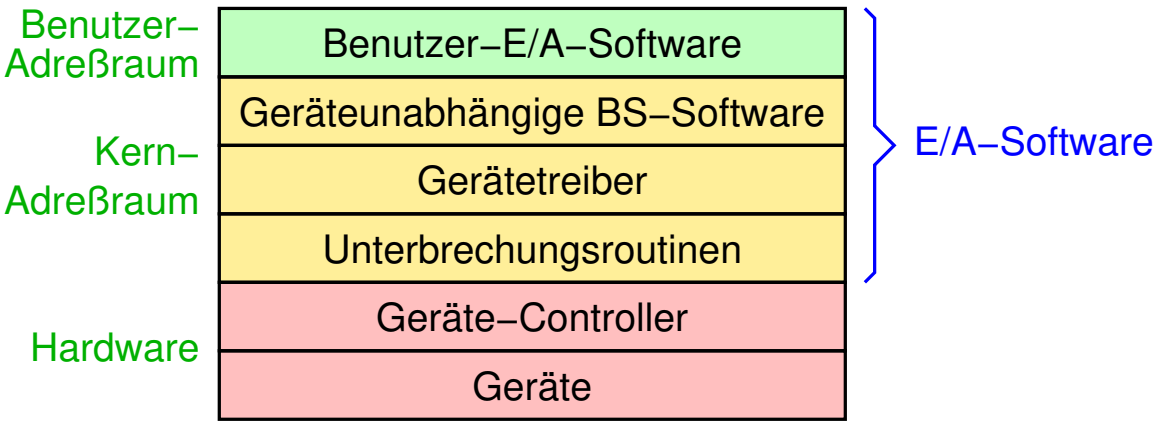
Inhalt:

- Schichten der E/A-Software
- Ansätze zur Durchführung der E/A
- Festplatten
- (Dateiverwaltung, ☞ **1.5.3**)
- Realisierung von Dateisystemen

- Tanenbaum 5.2 - 5.4, 6.1-6.3, 6.4.5
- Stallings 11.2 - 11.6, 12.1, 12.3, 12.5-12.7
- Nehmer/Sturm 10.1, 9

7.1 Schichten der E/A-Software

- Schichten bei der Ein-/Ausgabe:



  - In der Regel für jeden Gerätetyp eigene Controller und Gerätetreiber

Gerätetreiber

- Geräteabhängiger Teil der E/A-Software
  - kommuniziert direkt mit dem jeweiligen Geräte-Controller
- Heute i.d.R. in Kern-Adreßraum eingebunden
  - beim Hochfahren des BSs oder zur Laufzeit
  - Problem: fehlerhafte Treiber können zu BS-Abstürzen führen
  - Lösungsmöglichkeiten:
    - zertifizierte Treiber
    - Treiber als Systemprozesse im Benutzeradreßraum
    - Universalgeräte mit universellen Treibern
- Einheitliche Schnittstelle zwischen Treibern und BS
  - nur Unterscheidung block-/zeichenorientierte Geräte

Geräteunabhängige E/A-Software

- Aufgaben:
  - Einheitliche Schnittstelle für Gerätetreiber
    - Namensgebung für Geräte, Zuordnung zu Treibern
    - Zugriffsschutz
  - Pufferung von Daten
  - Fehlerbehandlung
  - Anforderung und Freigabe von Geräten
    - für exklusive Nutzung, z.B. CD-Brenner
  - Verdeckung von Unterschieden der Geräte
    - z.B. unterschiedliche Blockgrößen

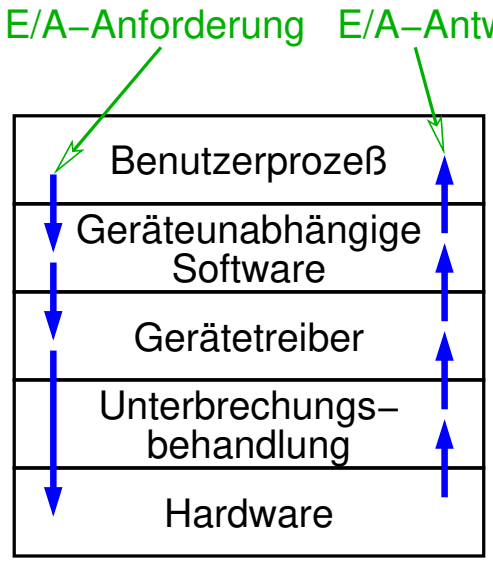
Geräteunabhängige E/A-Software ...

- Bereitgestellte Grundfunktionen:
  - Öffnen eines Geräts
    - Argumente: Gerätename, Betriebsparameter
    - Ergebnis: *Handle* zum Zugriff auf das Gerät
  - Schließen des Geräts
  - Lesen / Schreiben von Daten(blöcken)
- In UNIX:
  - Geräte sind in das Dateisystem abgebildet
    - z.B. `/dev/mouse`, `/dev/hda`
  - Zugriff auf Geräte über normale Dateioperationen

Benutzer-E/A-Software

- Bibliotheksfunktionen
  - z.B. zur formatierten Ein-/Ausgabe von Zeichenketten
- Spooling-System
  - Hintergrundprozesse nehmen Auftrag entgegen und führen eigentliche E/A durch
  - E/A-Geräte müssen nicht mehr exklusiv zugeteilt werden
  - Beispiele: Drucker, Mail-System

Zusammenfassung: Kontrollfluß im E/A-System



E/A–Funktionen:

E/A–Aufruf, Formatierung, Spooling

Benennung, Schutz, Puffern, Belegen

Geräteregister schreiben/lesen, Status prüfen

Treiber aktivieren, wenn E/A beendet

E/A–Operation durchführen

7.2 Ansätze zur Durchführung der E/A

Programmierte E/A

- Gerätetreiber wartet nach einem Auftrag an den Controller aktiv (in einer Warteschleife) auf das Ergebnis
  - **aktives Warten** (***busy waiting***)
- Beispiel: Treiber-Code zur Ausgabe auf einen Drucker

```
Puffer aus Benutzer–Adreßraum in Kern–Adreßraum kopieren;
// buf = Puffer im Kern, count = Länge
for (i=0; i<count; i++) {
    while (printer.status != READY);  // aktives Warten!
    printer.data = buf[i];            // ein Zeichen ausgeben
}
scheduler(); // Rückkehr in Benutzermodus
```

- Nachteil: ineffizient
  - CPU könnte der Zwischenzeit andere Aufgaben erfüllen

Interrupt-gesteuerte E/A

- Treiber beauftragt den Controller und kehrt sofort zurück
  - auftraggebender Thread wird ggf. blockiert
- Controller sendet Interrupt an CPU, wenn der Auftrag erledigt ist
  - d.h. Gerät ist wieder bereit
  - i.d.R.: Interrupt-Nummer identifiziert das Gerät
- Treiber behandelt die Unterbrechung
  - auftraggebender Thread ggf. wieder rechnend gesetzt
- Sinnvoll bei langsamen E/A-Geräten

Interrupt-gesteuerte E/A ...

- Beispiel: Ausgabe auf Drucker

Treiber–Code

```
Benutzer–Puffer kopieren;
// ==> buf, count
while (printer.status
       != READY);
printer.data = buf[0];
i = 1;
aktuellen Thread T blockieren;
scheduler();
```

Interrupt–Handler (im Treiber)

```
if (i == count) {
   Thread T bereit setzen;
} else {
   printer.data = buf[i];
   i = i+1;
}
Interrupt bestätigen;
Rückkehr aus Interrupt–Routine;
```

Direkter Speicherzugriff (*Direct Memory Access*, DMA)

- Transport der Daten zwischen Controller und Speicher erfolgt nicht durch die CPU, sondern durch separate Hardware (**DMA-Controller**)
  - oft auch in Geräte-Controller integriert
- Treiber sendet Geräte-Adresse, Startadresse und Länge der Daten, sowie Transferrichtung an DMA-Controller
- DMA-Controller erzeugt Interrupt als Fertigmeldung
- Vorteile: Entlastung der CPU, Einsparung von Interrupts
- Sinnvoll (nur) bei Übertragung größerer Datenblöcke
  - DMA-Controller arbeitet nebenläufig mit CPU
  - DMA-Controller aber oft langsamer als CPU

Direkter Speicherzugriff (*Direct Memory Access*, DMA) ...

- Beispiel: Ausgabe auf Drucker

Treiber–Code

evtl.: Benutzer–Puffer kopieren;
// ==> buf, count

DMA–Controller aufsetzen
// Parameter: buf, count, printer

aktuellen Thread T blockieren;

```
scheduler();
```

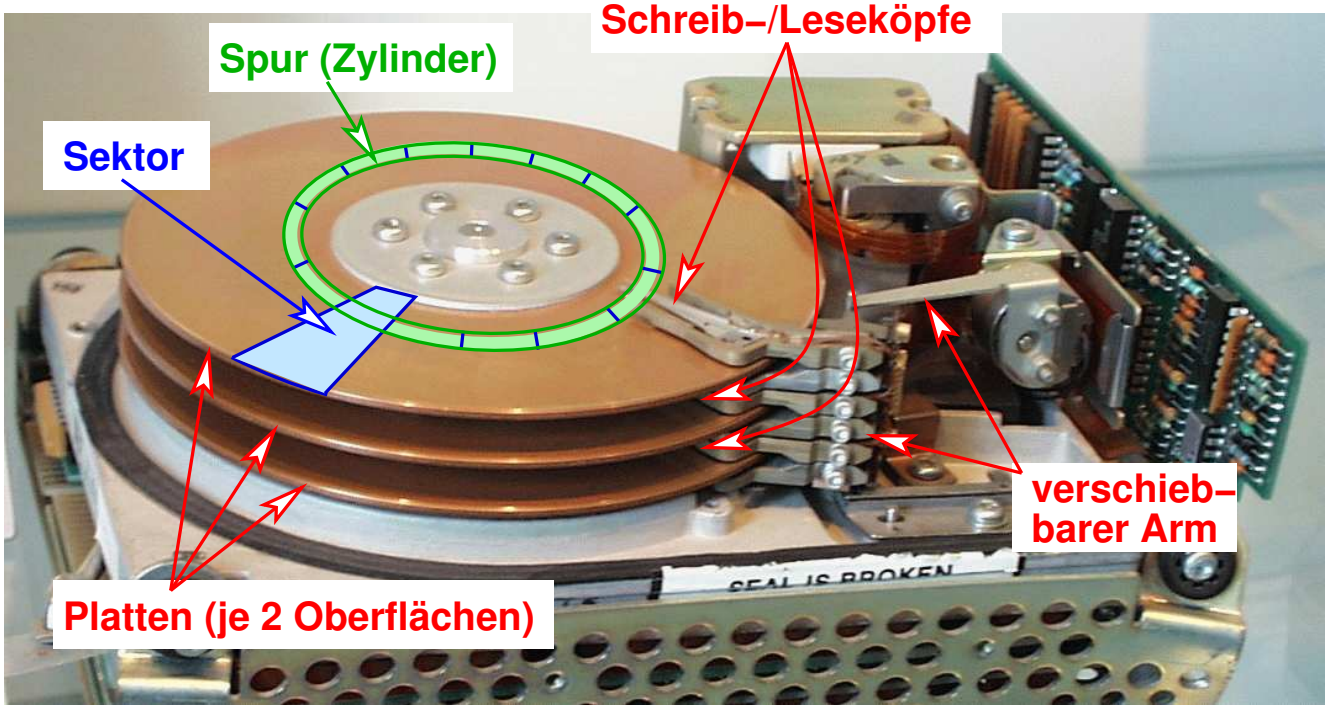
Interrupt–Handler (im Treiber)

Thread T bereit setzen;

Interrupt bestätigen;

Rückkehr aus Interrupt–Routine;

Aufbau einer Festplatte



Aufbau einer Festplatte ...

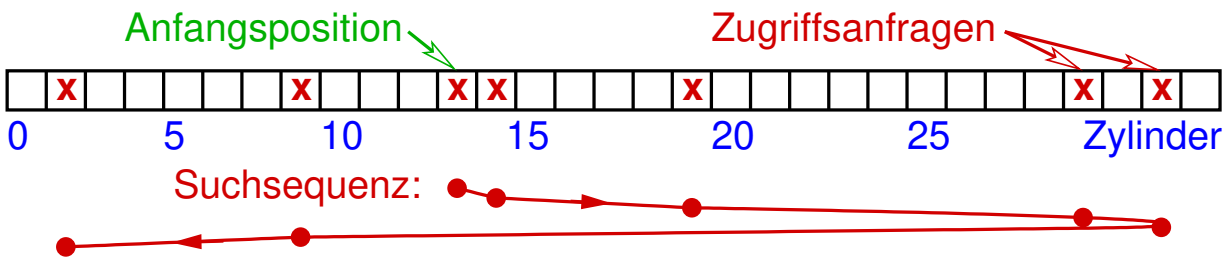
- Spurwechesel durch Verschieben des Arms (d.h. aller Köpfe)
  - Menge der jeweils übereinanderliegenden Spuren: Zylinder
- Einteilung der Festplatte (Adressierung):
  - Oberfläche (Kopf), Zylinder, Sektor
    - Sektor einer Spur nimmt einen Datenblock auf (meist 512 Byte)
  - Beispiel: physische Geometrie einer 18.3 GByte Festplatte
    - 12 Oberflächen, 10601 Zylinder, ca. 281 Sektoren
- Seit längerem: äußere Spuren besitzen mehr Sektoren als innere
  - früher: Controller zeigte dem BS eine virtuelle Geometrie an
  - heute: lineare Adressierung der Blöcke (LBA)

Zugriffszeit einer Festplatte

- Drei bestimmende Faktoren:
  - Suchzeit (Anfahren der gewünschten Spur)
    - im Durchschnitt ca. 5 - 10 ms
  - Rotationsverzögerung (bis Sektor unter dem Kopf ist)
    - im Durschnitt ca. 2 - 6 ms (5400 - 15000 U/min)
  - Dauer der Datenübertragung
    - ca. 5 - 100 μs pro Block
- Zugriffszeit dominiert durch Suchzeit, daher:
  - Dateien möglichst in aufeinanderfolgenden Sektoren
    - meist auch: *Prefetching* und *Caching*
  - geeignetes Scheduling der Plattenzugriffe

Scheduling von Plattenzugriffen

- FCFS: viele unnötige Bewegungen des Plattenarms
- SSF (*Shortest Seek First*)
  - Zugriffe in der Nähe der aktuellen Position bevorzugen
  - Problem: Unfairness, Verhungerung möglich
- Aufzug-Algorithmus
  - erst in eine Richtung, bis es in dieser Richtung keine Anfragen mehr gibt; dann Richtung wechseln



Betriebssysteme I

WS 2019/2020

23.01.2020

Roland Wismüller
Betriebssysteme / verteilte Systeme
roland.wismueller@uni-siegen.de
Tel.: 0271/740-4050, Büro: H-B 8404

Stand: 23. Januar 2020

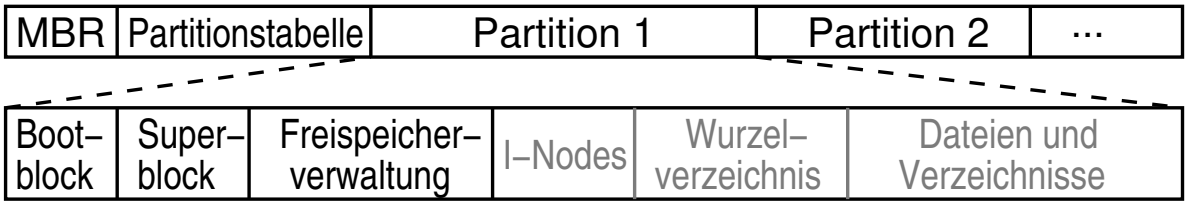
7.4 Realisierung von Dateisystemen

Schichtenmodell

- Datenträgerorganisation
  - einheitliche Schnittstelle zu allen Datenträgern
  - Datenträger als Folge von Blöcken betrachtet
- Blockorientiertes Dateisystem
  - Realisierung von Dateien
- Dateiverwaltung
  - Dateinamen und Verzeichnisse

Datenträgerorganisation

- Evtl. Einteilung des Datenträgers in Partitionen
- Partition wird als Folge von (logischen) Blöcken betrachtet
  - Blöcke fortlaufend numeriert
- Typisches Layout einer Festplatte (UNIX):



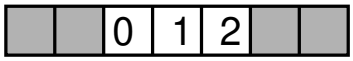
  - MBR: *Master Boot Record*
  - Superblock: Verwaltungsinformation der Partition
    - Größe, Blockgröße, ...

Datenträgerorganisation: Aufgaben

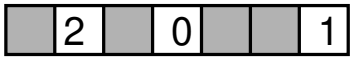
- Formatieren des Datenträgers
- Lesen / Schreiben von Blöcken
- Verwaltung freier Blöcke
  - vgl. dynamische Speicherverwaltung!
  - meist: Bitvektoren statt Freispeicherliste
    - Bit i gesetzt $\Leftrightarrow$ Block i belegt
    - Bitvektor wird auf Datenträger gespeichert
- Verwaltung defekter Blöcke
  - ebenfalls über Bitvektoren

Blockorientiertes Dateisystem

- Datei als Folge von Blöcken realisiert
- Zuteilung von Blöcken an Dateien:
  - zusammenhängende Belegung



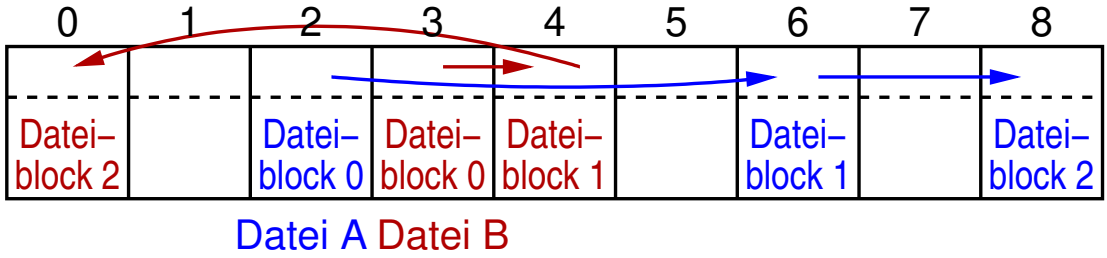
    - Datei durch Anfangsblock und Blockanzahl beschrieben
    - sehr gute Performance beim Lesen
    - Problem: Speicherverwaltung (vgl. **6.2**)
      - Anfügen an Dateien, Fragmentierung, ...
  - verteilte Belegung



    - einfache Speicherverwaltung, schlechtere Performance
    - Praxis: Belegung möglichst zusammenhängend

Blockorientiertes Dateisystem: verteilte Belegung

- Realisierung durch verkettete Listen
  - Verkettung innerhalb der Blöcke



  - Nachteile: wahlfreier Zugriff ineffizient, Dateiblock-Länge keine Zweierpotenz mehr
- Realisierung durch externe Tabelle (*File Allocation Table*, FAT)
  - Verkettung ausserhalb der Blöcke
  - Tabelle kann (teilweise) im Hauptspeicher gehalten werden

Blockorientiertes Dateisystem: verteilte Belegung ...

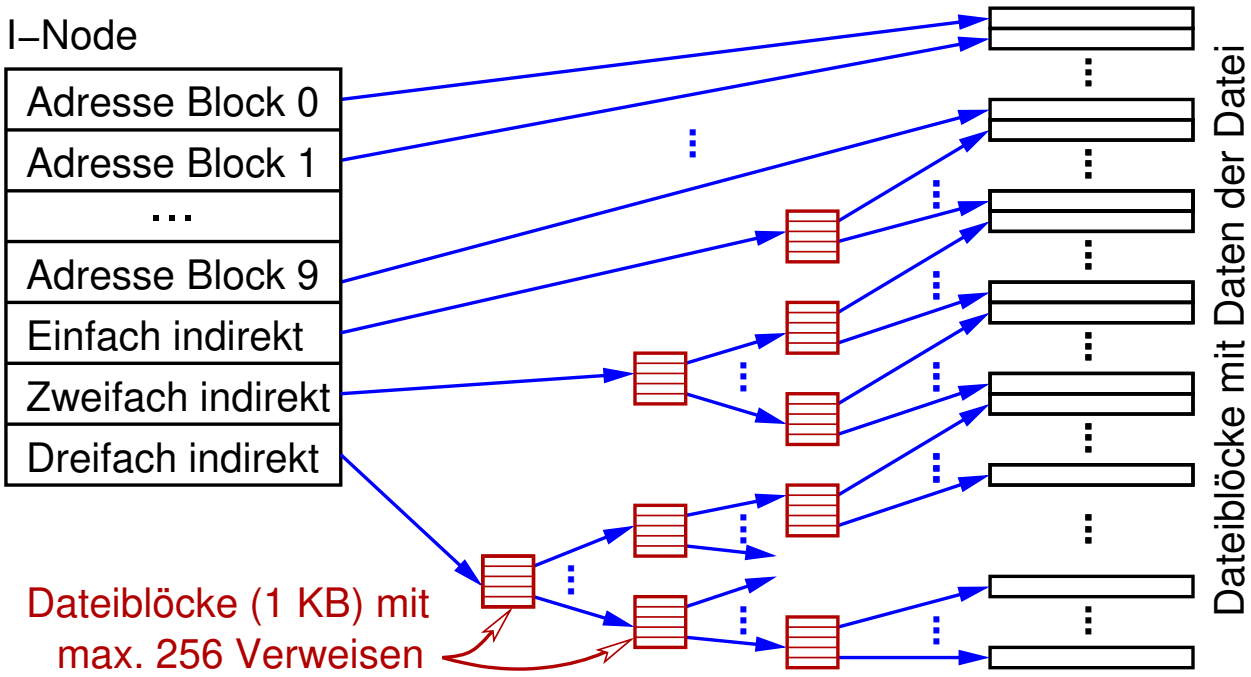
- Realisierung durch Index-Knoten (*I-Nodes*)
  - jeder Datei ist eine Datenstruktur (*I-Node*) zugeordnet
  - *I-Node* enthält Tabelle mit Verweisen auf Dateiblöcke
    - wegen Speicherplatzbedarf: Tabelle ggf. mehrstufig
  - Tabelle kann im Hauptspeicher gehalten werden
  - schneller wahlfreier Zugriff auf Datei möglich
  - Beispiel: *I-Nodes* in UNIX
  - ähnliches Konzept auch in NTFS

Anmerkungen zu Folie 347:

NTFS besitzt eine *Master File Table* (MFT) mit einem Eintrag für jede Datei. Kleine Dateien werden direkt in der MFT gespeichert. Bei größeren Dateien speichert ein Array von Zeigern auf Folgen von Dateiblöcken. Für sehr große Dateien wird auch diese Zeigerliste in Dateiblöcke ausgelagert.

Siehe z.B. `http://www.pcguide.com/ref/hdd/file/ntfs/files_Files.htm`.

Blockorientiertes Dateisystem: *I-Nodes* in UNIX



Dateiverwaltung

- Aufgabe: Realisierung von Verzeichnissen
- Verzeichnis enthält für jede Datei:
  - Dateiname, Plattenadresse (erster Dateiblock, *I-Node*), Dateiattribute
- Anmerkung: Bei Verwendung von *I-Nodes* werden die Dateiattribute im *I-Node* gespeichert
- Dateiattribute (u.a.):
  - Eigentümer, Schutzinformation (Zugriffsrechte), ...
  - Dateityp, Sperre, archiviert, ...
  - Erstellungszeit, Zeit der letzten Änderung, ...

7.5 Zusammenfassung / Wiederholung

- Schichten der E/A-Software
  - Benutzer-E/A-Software, geräteunabhängige BS-Software, Gerätetreiber, Unterbrechungsroutinen
  - Treiber: geräteabhängig, zur Laufzeit in BS-Kern geladen
- Durchführung der E/A: programmierte E/A, Interrupts, DMA
- Festplatten: eingeteilt in Oberfläche, Zylinder, Sektor
- Aufbau von Dateisystemen: Schichtenmodell
  - Datenträgerorganisation
    - Freispeicherverwaltung
  - Blockorientiertes Dateisystem (Datei = Menge von Blöcken)
    - zusammenhängende / verteilte Belegung von Blöcken
  - Dateiverwaltung
    - Verzeichnis: Name, Adresse, Attribute für jede Datei