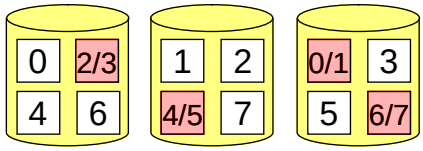
2 Einsatz mehrere redundanter Platten (5)

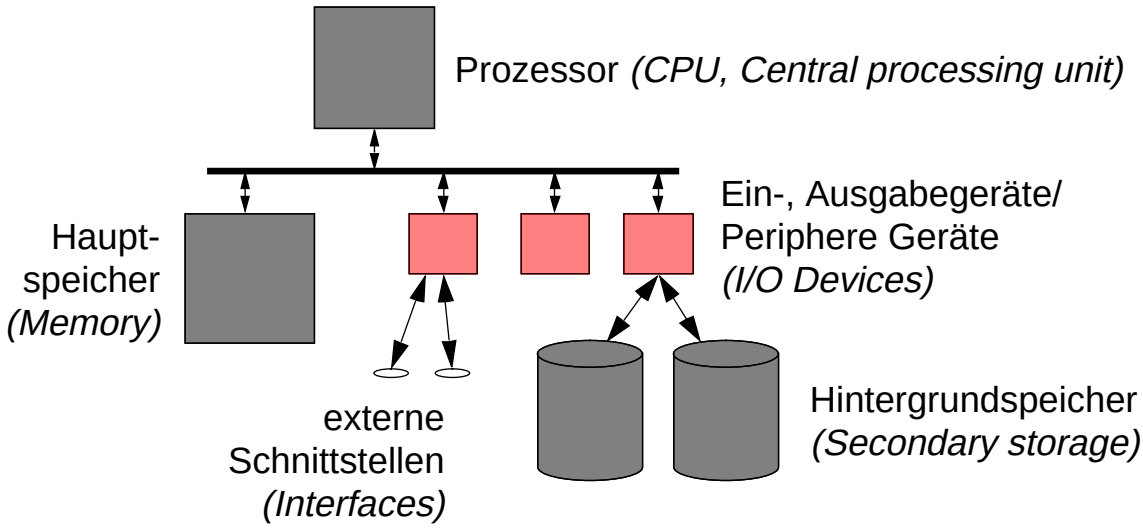
- Verstreuter Paritätsblock (RAID 5)
  - Paritätsblock wird über alle Platten verstreut



  - zusätzliche Belastung durch Schreiben des Paritätsblocks wird auf alle Platten verteilt
  - heute gängigstes Verfahren redundanter Platten
  - Vor- und Nachteile wie RAID 4
- Problem
  - fehlerhafter Paritätsblock zerstört mehrere Blöcke, falls eine Platte ausfällt

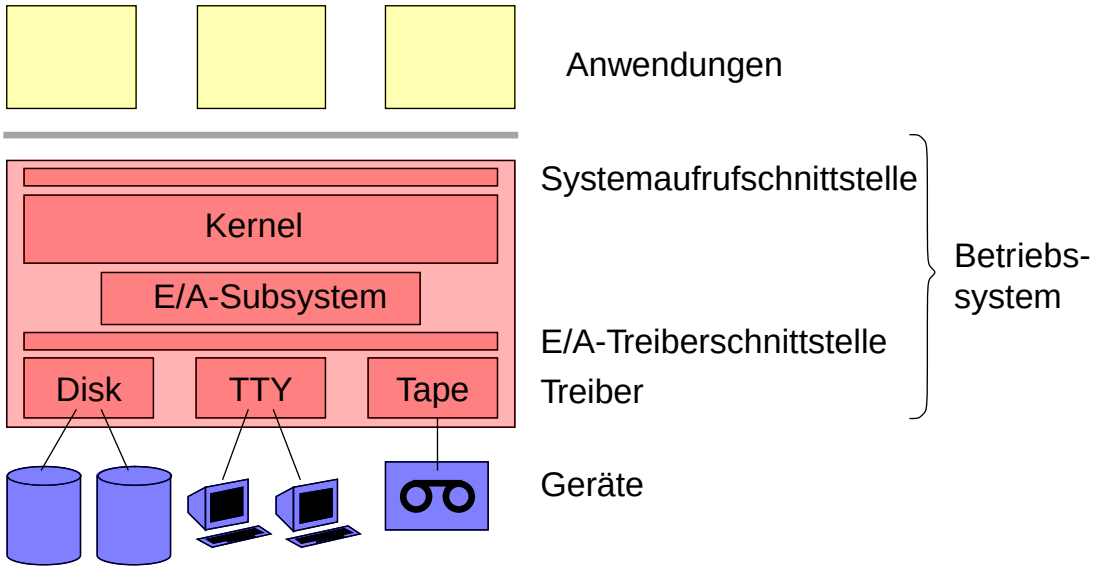
G Ein- und Ausgabe

- Einordnung



G.1 Gerätezugang und Treiber

- Schichtung der Systemsoftware bis zum Gerät



Nach Vahalia, 1996

1 Geräterepräsentation in UNIX

- Periphere Geräte werden als Spezialdateien repräsentiert
  - Geräte können wie Dateien mit Lese- und Schreiboperationen angesprochen werden
  - Öffnen der Spezialdateien schafft eine Verbindung zum Gerät, die durch einen Treiber hergestellt wird
  - direkter Durchgriff vom Anwender auf den Treiber
- Blockorientierte Spezialdateien
  - Plattenlaufwerke, Bandlaufwerke, Floppy Disks, CD-ROMs
- Zeichenorientierte Spezialdateien
  - Serielle Schnittstellen, Drucker, Audiokanäle etc.
  - blockorientierte Geräte haben meist auch eine zusätzliche zeichenorientierte Repräsentation

1 Geräterepräsentation in UNIX (2)

- Eindeutige Beschreibung der Geräte durch ein Tupel:
  (Gerätetyp, *Major number, Minor number*)
  - ◆ Gerätetyp: Block device, Character device
  - ◆ Major number: Auswahlnummer für einen Treiber
  - ◆ Minor number: Auswahl eines Gerätes innerhalb eines Treibers

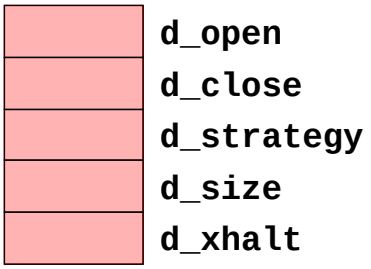
1 Geräterepräsentation in UNIX (3)

- Beispiel eines Kataloglisting von **`/dev`** (Ausschnitt)

```
crw-------   1 fzhauck  108,  0 Oct 16  1996 audio
crw-------   1 fzhauck  108,128 Oct 16  1996 audioctl
crw-rw-rw-   1 root      21,  0 May  3  1996 conslog
brw-rw-rw-   1 root      36,  2 Oct 16  1996 fd0
crw-------   1 fzhauck   17,  0 Oct 16  1996 mouse
crw-rw-rw-   1 root      13,  2 Jan 13 09:09 null
crw-rw-rw-   1 root      36,  2 Jul  2  1997 rfd0
crw-r-----   1 root      32,  0 Oct 16  1996 rsd3a
crw-r-----   1 root      32,  1 Oct 16  1996 rsd3b
crw-r-----   1 root      32,  2 Oct 16  1996 rsd3c
brw-r-----   1 root      32,  0 Oct 16  1996 sd3a
brw-r-----   1 root      32,  1 Oct 16  1996 sd3b
brw-r-----   1 root      32,  2 Oct 16  1996 sd3c
crw-rw-rw-   1 root      22,  0 Sep 19 09:11 tty
crw-rw-rw-   1 root      29,  0 Oct 16  1996 ttya
crw-rw-rw-   1 root      29,  1 Oct 16  1996 ttyb
```

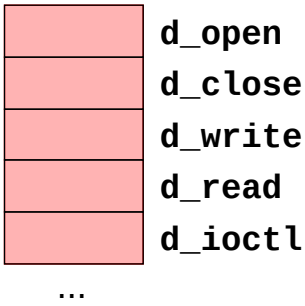
1 Geräterepräsentation in UNIX (4)

- Interne Treiberschnittstelle
  - Vektor von Funktionszeigern pro Treiber (Major number):



`struct bdevsw`
für blockorientierte Geräte

`struct cdevsw`
für zeichenorientierte Geräte

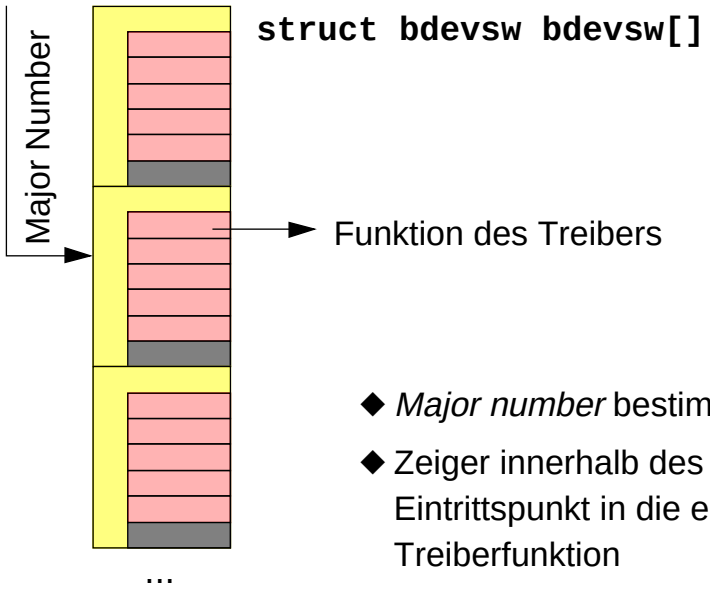


1 Geräterepräsentation in UNIX (5)

- Funktionen eines Block device-Treibers
  - d_open: Öffnen des Gerätes
  - d_close: Schließen des Gerätes
  - d_strategy: Abgeben von Lese- und Schreibaufträgen auf Blockbasis
  - d_size: Ermitteln der Gerätegröße (z.B. Partitions- oder Plattengröße)
  - d_xhalt: Abschalten des Gerätes
  - u.a.
- Funktionen eines Character device-Treibers
  - d_open, d_close: Öffnen und Schließen des Gerätes
  - d_read, d_write: Lesen und Schreiben von Zeichen
  - d_ioctl: generische Kontrolloperation
  - u.a.

1 Geräterepräsentation in UNIX (6)

- Felder für den Aufruf von Treibern (**`bdevsw[]`** und **`cdevsw[]`**)



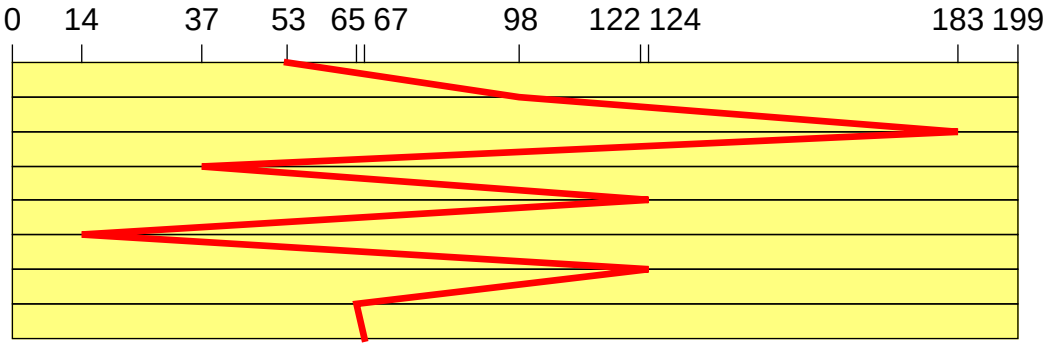
  - *Major number* bestimmt Element des Feldes
  - Zeiger innerhalb des Feldelementes bestimmt Eintrittspunkt in die entsprechende Treiberfunktion
  - *Minor number* wird beim Aufruf als Parameter übergeben

G.2 Disk Scheduling

- Treiber hat in der Regel mehrere Aufträge in seiner Warteschlange
  - Warteschlange wird z.B. in UNIX durch Aufruf der Funktion **`d_strategy()`** gefüllt
  - eine bestimmte Ordnung der Ausführung kann Effizienz steigern
  - Zusammensetzung der Bearbeitungszeit eines Auftrags:
    - Positionierzeit: abhängig von der aktuellen Stellung des Plattenarms
    - Latenzzeit: Zeit bis der Magnetkopf den Sektor bestreicht
    - Übertragungszeit: Zeit zur Übertragung der eigentlichen Daten
- ★ Ansatzpunkt: Positionierzeit

1 FCFS Scheduling

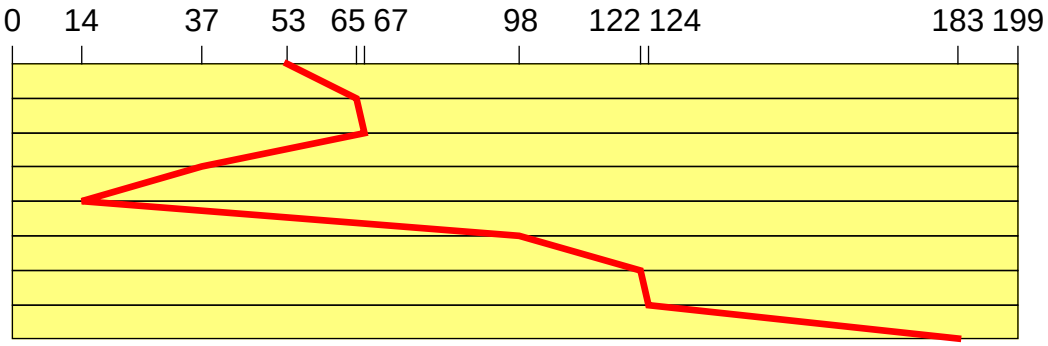
- Bearbeitung gemäß Ankunft des Auftrags
  - Referenzfolge (Folge von Zylindernummern):
    98, 183, 37, 122, 14, 124, 65, 67
  - Aktueller Zylinder: 53



  - Gesamtzahl der Spurwechsel: 640
  - Weite Bewegungen des Schwenkarms: mittlere Bearbeitungsdauer lang

2 SSTF Scheduling

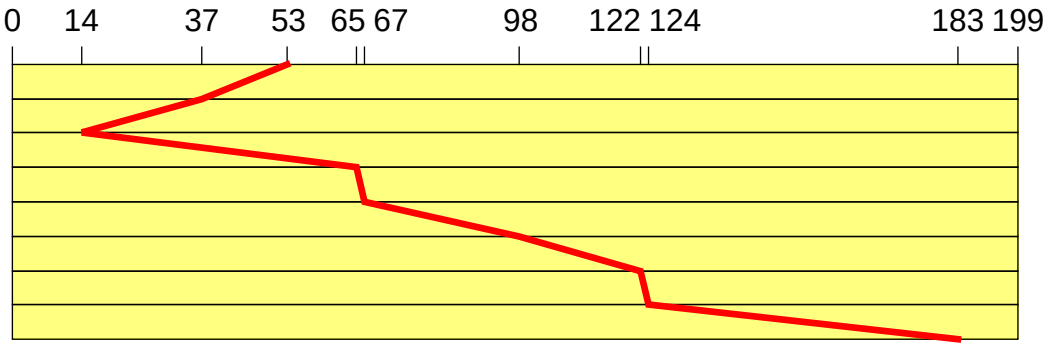
- Es wird der Auftrag mit der kürzesten Positionierzeit vorgezogen
  (Shortest seek time first)
  - Gleiche Referenzfolge
    (Annahme: Positionierzeit proportional zum Zylinderabstand)



  - Gesamtzahl von Spurwechseln: 236
  - ähnlich wie SJF kann auch SSTF zur Aushungerung führen
  - noch nicht optimal

3 SCAN Scheduling

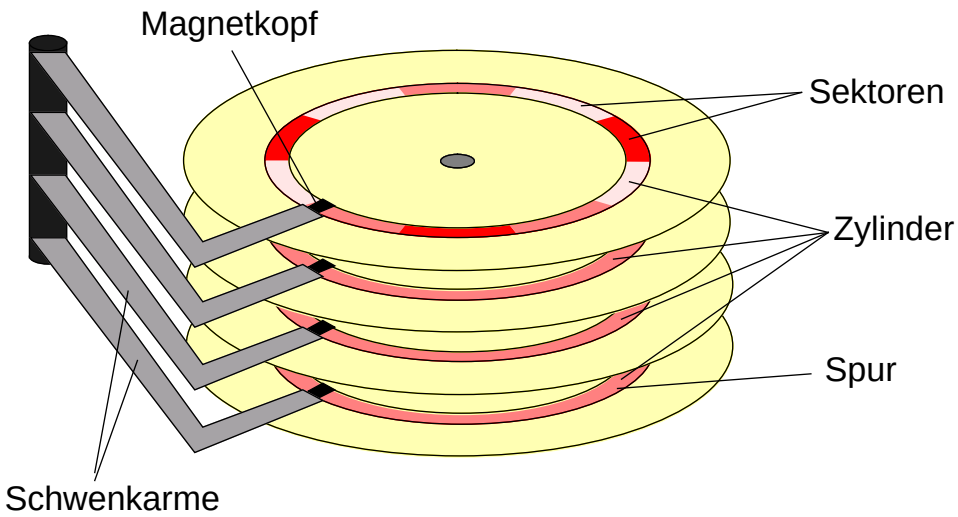
- Bewegung des Plattenarm in eine Richtung bis keine Aufträge mehr vorhanden sind (Fahrstuhlstrategie)
  - Gleiche Referenzfolge (Annahme: bisherige Kopfbewegung Richtung 0)



  - Gesamtzahl der Spurwechsel: 208
  - Neue Aufträge werden miterledigt ohne zusätzliche Positionierzeit und ohne mögliche Aushungerung
  - Variante C-SCAN *(Circular SCAN)*: Bewegung nur in eine Richtung

G.3 Plattenphysik

- Aufbau einer Platte



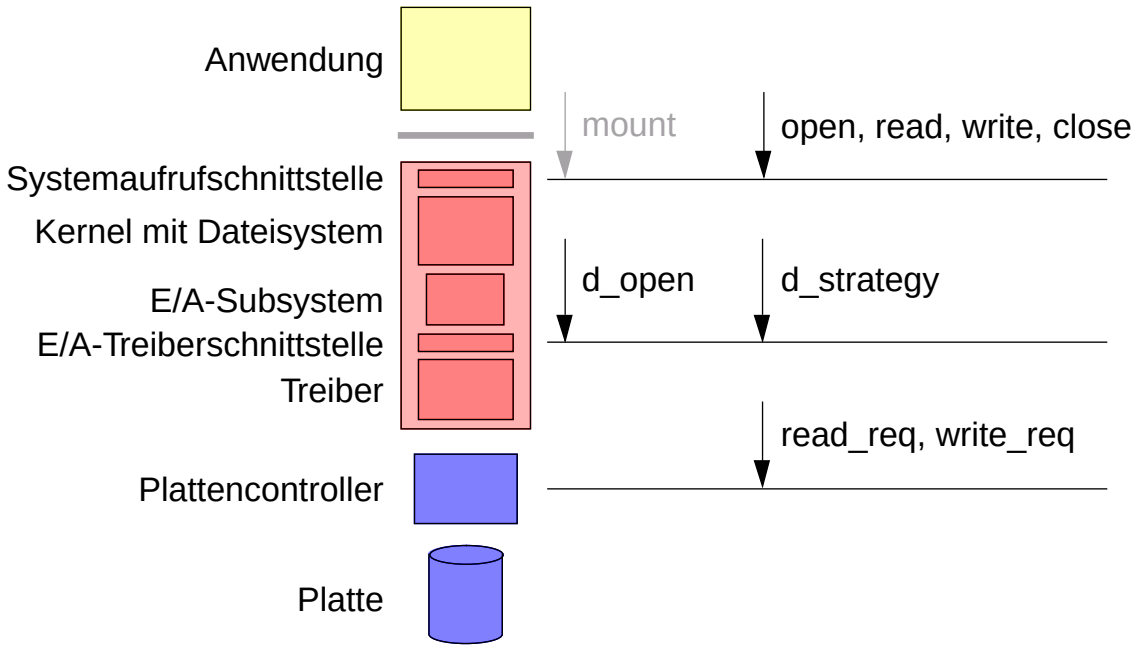
G.3 Plattenphysik (2)

- Datenblätter zweier Beispielplatten

Plattentyp	Fujitsu M2344K	Fujitsu M2652
Kapazität	690 MB	2,0 GB
Zylinderzahl	624	1893
Spuren pro Zylinder	27	20
Sektoren pro Spur	1–128	
Positionierzeiten		
Spur zu Spur	4 ms	2 ms
mittlere	16 ms	11 ms
maximale	33 ms	22 ms
Transferrate	2,458 MB/s	4,750 MB/s
Rotationsgeschw.	3.600 U/min	5.400 U/min
eine Plattenumdrehung	17 ms	11 ms

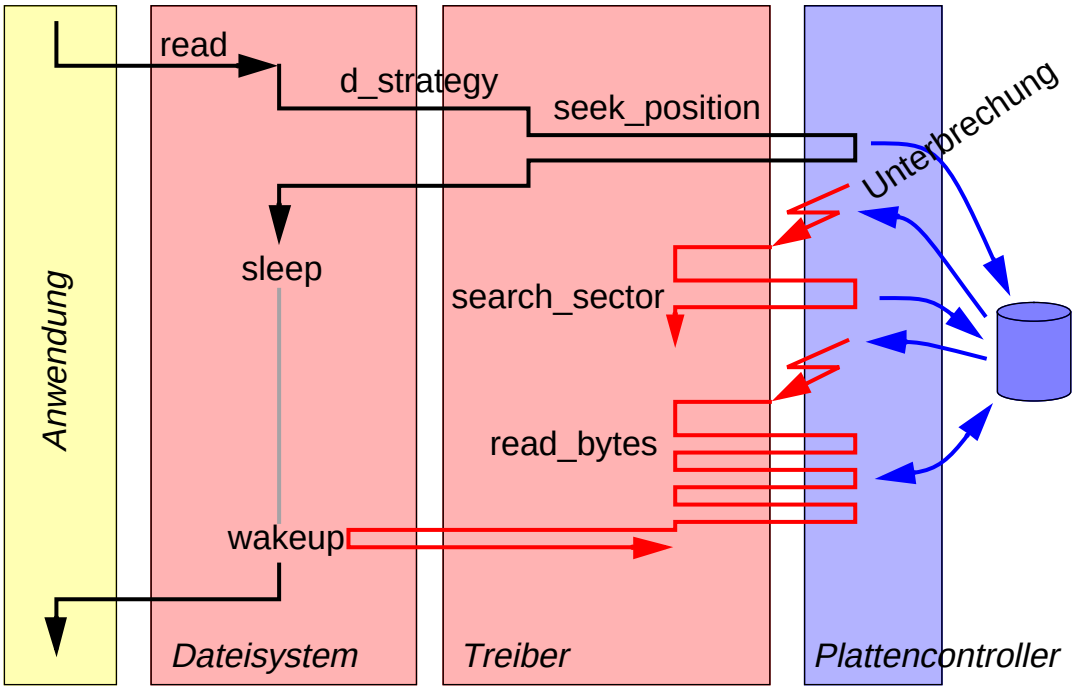
G.4 Plattentreiber

- Software und Hardware zwischen Anwender und Platte



1 Einfacher Treiber

- Ablauf eines Leseaufrufs

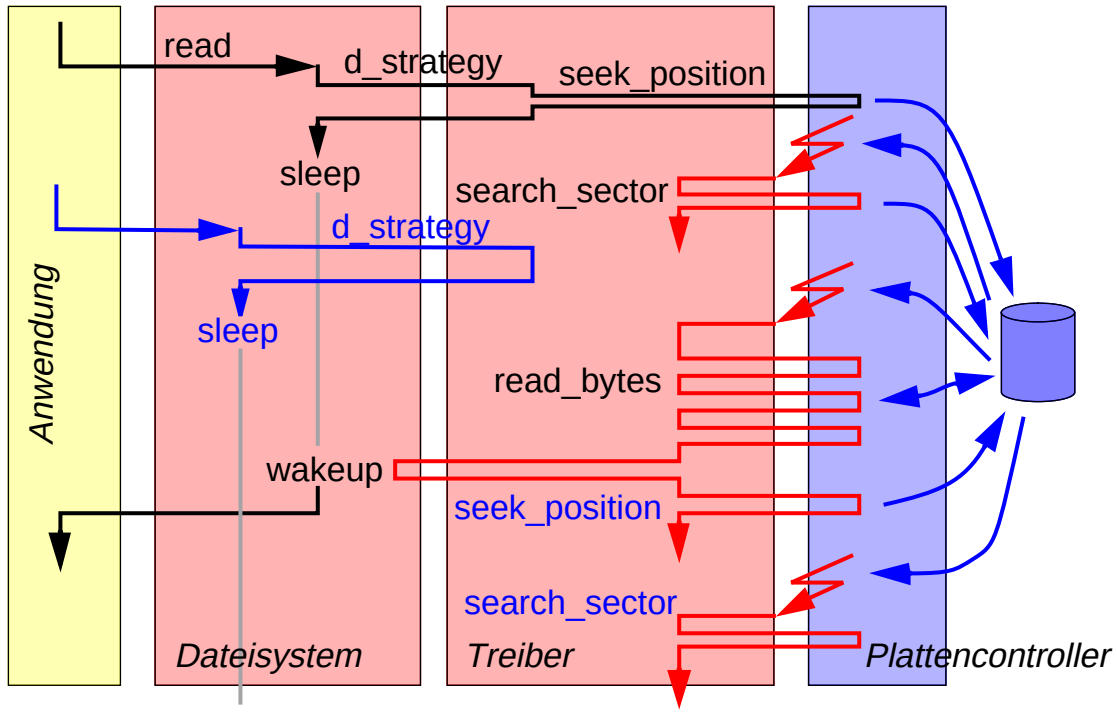


1 Einfacher Plattentreiber (2)

- Anwendung führ read() Systemaufruf aus.
- Dateisystem prüft, ob entsprechender Block im Speicher vorhanden.
- Falls der Block nicht vorhanden ist, wird ein Speicherplatz bereitgestellt und d_strategy im entsprechenden Treiber aufgerufen.
- Die Ausführung von d_strategy stößt Plattenpositionierung an.
- Die Anwendung blockiert sich im Kern. System kann andere Prozesse ablaufen lassen.
- Plattencontroller meldet sich bei erfolgter Positionierung durch eine Unterbrechung.
- Unterbrechungsbehandlung stößt Sektorsuche an.
- In erneuter Unterbrechung nach gefundenem Sektor werden die Daten im Pollingbetrieb eingelesen.
- Schließlich wird der Anwendungsprozeß wieder aufgeweckt (in den Zustand bereit überführt).

1 Einfacher Plattentreiber (3)

- Ablauf mehrerer Leseaufrufe



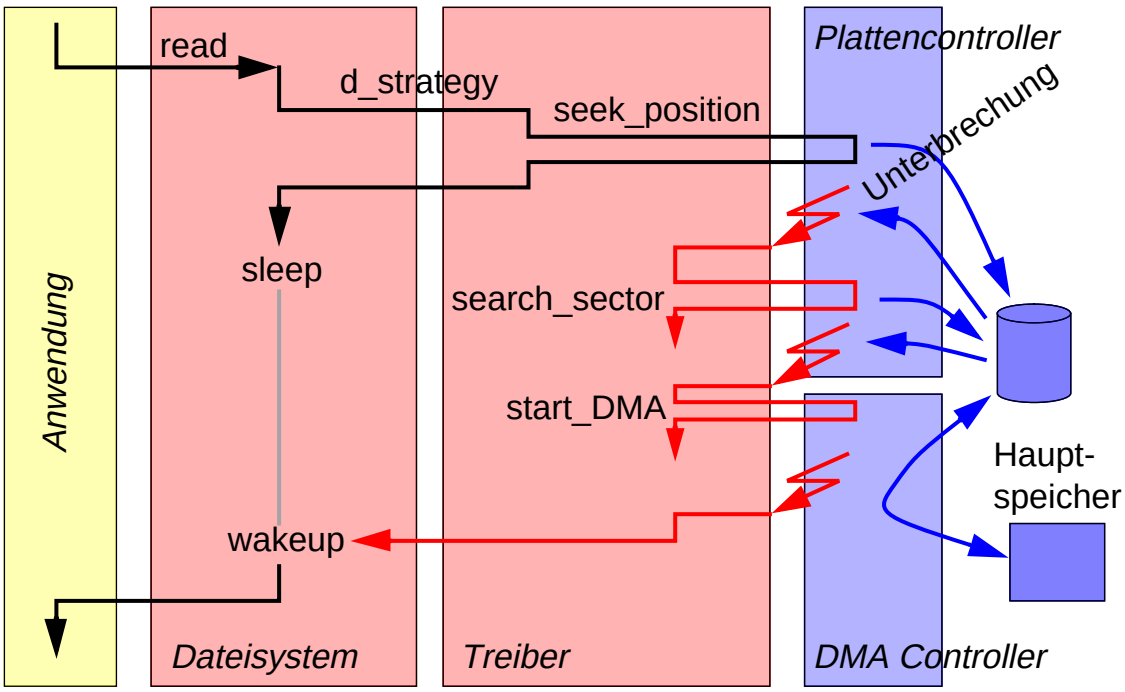
1 Einfacher Plattentreiber

- Unterbrechungsbehandlung ist auch für weitere Aufträge zuständig
  - Ist der Auftrag abgeschlossen muß die Unterbrechungsbehandlung den nächsten Auftrag auswählen und aufsetzen, da der zugehörige Prozeß bereits blockiert ist.
  - Die Unterbrechungen laufender Aufträge sorgen für die Abwicklung der folgenden Aufträge.

2 Treiber mit DMA

- DMA *(Direct memory access)* erlaubt Einlesen und Schreiben ohne Prozessorbeteiligung
  - ◆ DMA Controller erhält verschiedene Parameter:
    - die Hauptspeicheradresse zum Abspeichern bzw. Auslesen eines Plattenblocks
    - die Adresse des Plattencontrollers zum Abholen bzw. Abgeben der Daten
    - die Länge der zu transferierenden Daten
  - ◆ DMA Controller löst bei Fertigstellung eine Unterbrechung aus
- ★ Vorteile
  - ◆ Prozessor muß Zeichen eines Plattenblocks nicht selbst abnehmen
  - ◆ Plattentransferzeit kann zum Ablauf anderer Prozesse genutzt werden

2 Treiber mit DMA (2)

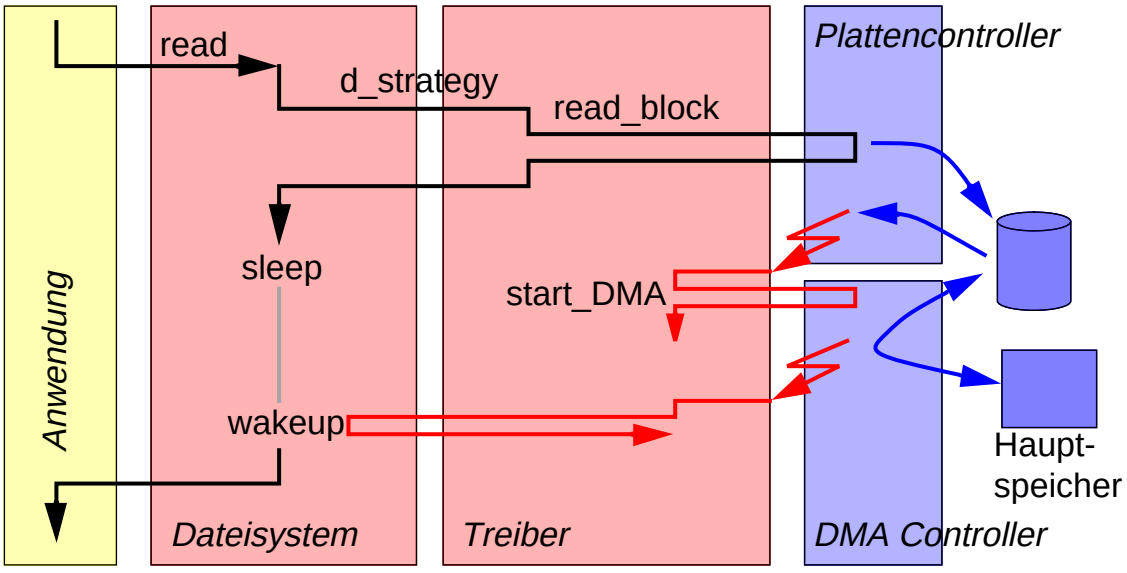


2 Treiber mit DMA (3)

- Große Systeme mit mehreren DMA-Kanälen und vielen Platten
  - es muß ein freier DMA-Kanal gesucht werden und evtl. auf einen freien gewartet werden bevor der Auftrag ausgeführt werden kann
  - Anforderung kann parallel zur Plattenpositionierung erfolgen
- Mainframe-Systeme
  - Steuereinheit faßt mehrere Platten zu einem Gerät zusammen
  - mehrere Steuereinheiten hängen an einem Kanal zum Hauptspeicher
  - zum Zugriff auf die eigentliche Platte muß erst der Kanal und dann die Steuereinheit belegt werden (Teilwegbelegung)
- DMA und Caching
  - heutige Prozessoren arbeiten mit Datencaches
  - DMA läuft am Cache vorbei: Betriebssystem muß vor dem Aufsetzen von DMA-Transfers Caches zurückschreiben und invalidieren

3 Treiber für intelligente Platte

- Intelligente Platten besitzen eigenen Prozessor für
  - das Umsortieren von Aufträgen (interne Plattenstrategie)
  - eigene Bad block-Erkennung, etc.

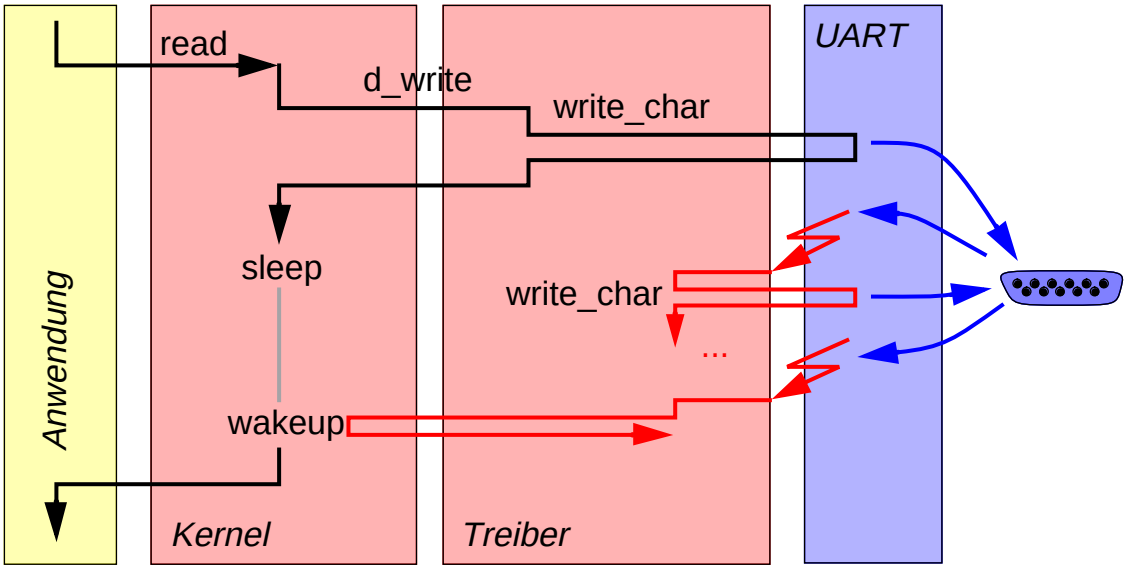


G.5 Treiber für serielle Schnittstellen

- Einsatz serieller Schnittstellen (z.B. RS-232)
  - ◆ Terminals
  - ◆ Drucker
  - ◆ Modems
- Datenübertragung
  - ◆ zeichenweise seriell (z.B. Startbit, Datenbits, Stopbits)
  - ◆ getaktet in bestimmter Geschwindigkeit (Baudrate, z.B. 38.400 Bit/s) (im Vergleich zu Platten relativ langsam)
  - ◆ Flußkontrolle (d.h. Empfänger kann Datenfluß bremsen)
  - ◆ bidirektional
- Treiber
  - ◆ zeichenorientiertes Gerät
  - ◆ vom Prinzip her ähnlich dem Plattentreiber

1 Einfacher TTY-Treiber

- TTY-Treiber (*Teletype*, Fernschreiber) und der Ablauf eines Schreibaufrufs



- ◆ UART = Universal asynchronous receiver / transmitter

1 Einfacher TTY-Treiber

- Enger Zusammenhang zwischen Ein- und Ausgabe
  - ◆ Echofunktion (getippte Zeichen werden angezeigt)
    - eingelesene Zeichen werden gleich wieder ausgegeben
  - ◆ Flußkontrolle (bestimmtes Zeichen in der Eingabe hält Ausgabe an: ^S)
    - wird ^S eingelesen wird Ausgabe angehalten bis ^Q eingelesen wird
- Zeilenorientierte Treiber
  - ◆ Anwendung will Zeichen zeilenweise, z.B. Shell
  - ◆ Treiber blockiert Prozeß bis Zeilenende erkannt
  - ◆ Treiber erlaubt das Editieren der Zeile (Backspace, etc.)
- Signale
  - ◆ bestimmte Zeichen lösen Signale an korrespondierende Prozesse aus

2 TTY-Treiber in UNIX

- Konfigurierbar
  - ◆ Repräsentation einer seriellen Schnittstellen als zeichenorientiertes Gerät
  - ◆ durch Aufruf von ioctl kann Treiber konfiguriert werden

```
int ioctl( int fildes, int request, /* arg */ );
```

  - ◆ Kommando zum Lesen der Konfiguration: Übergabe einer Strukturadresse

```
struct termios t;
ioctl( fd, TCGETS, &t );
```

  - ◆ Kommando zum Schreiben einer Konfiguration:

```
ioctl( fd, TCSETS, &t );
```

  - ◆ Struktur enthält Bitfelder für verschiedene Einstellungen
  - ◆ Bitmasken sind als Makros verfügbar
  - ◆ näheres: „**`man termios`**“ und „**`man ioctl`**“

2 TTY-Treiber in UNIX (2)

- Beispiele für Einstellungsmöglichkeiten:

```
IGNBRK      Ignore break condition.
IGNPAR      Ignore characters with parity errors.
ISTRIP      Strip character.
ICRNL       Map CR to NL on input.
IXON        Enable start/stop output control.
IMAXBEL     Echo BEL on input line too long.
ISIG        Enable signals.
ICANON      Canonical input (erase and kill processing).
ECHO        Enable echo.
ECHOE       Echo erase character as BS-SP-BS.
ECHOK       Echo NL after kill character.
ECHONL      Echo NL.
ECHOCTL     Echo control characters as ^char, delete as ^?.
ECHOKE      BS-SP-BS erase entire line on line kill.
PENDIN      Retype pending input at next read or input
            character.
```


2 TTY-Treiber in UNIX (3)

- Baudrateneinstellung:

```
B0          Hang up
B50         50 baud
B75         75 baud
B110        110 baud
B134        134 baud
B150        150 baud
B200        200 baud
B300        300 baud
B600        600 baud
B1200       1200 baud
B1800       1800 baud
B2400       2400 baud
B4800       4800 baud
B9600       9600 baud
B19200      19200 baud
B38400      38400 baud
B57600      57600 baud
```

2 TTY-Treiber in UNIX (4)

- Weitere Einstellmöglichkeiten:

```
CRTSCTS     Enable outbound hardware flow control
OPOST       Post-process output.
ONLCR       Map NL to CR-NL on output.
ONOCR       No CR output at column 0.
NLDLY       Select newline delays:
 NL0
 NL1
CRDLY       Select carriage-return delays:
 CR0
 CR1
 CR2
 CR3
TABDLY      Select horizontal tab delays:
 TAB0       or tab expansion:
 TAB1
 TAB2
 TAB3       Expand tabs to spaces.
 XTABS      Expand tabs to spaces.
```


2 TTY-Treiber in UNIX (5)

- Pseudo-TTY-Treiber *(PTTY)*
  - ◆ keine echte serielle Schnittstelle vorhanden
  - ◆ dient als gewohnte Schnittstelle von Anwendungsprogrammen
  - ◆ Einsatz beispielsweise bei einem Fenstersystem (xterm-Programm)
    - xterm-Programm bedient die Systemseite eines PTTY
    - Shell und Anwendungsprogramme sehen xterm-Fenster wie eine serielle Schnittstelle mit Line edititing, Einstellmöglichkeiten, Signalzustellung etc.

G.6 Bildschirmtreiber

- Bildspeicher
  - zeichenorientiert
  - pixelorientiert
- Aufgaben des Treibers
  - Bereitstellen von Graphikprimitiven (z.B. Ausgabe von Text, Zeichnen von Rechtecken, etc.)
  - Ansprechen von Graphikprozessoren (schnelle Verschiebeoperationen, komplexe Zeichenoperationen, 3D Rendering, Textures)
  - Einblenden des Bildspeichers in Anwendungsprogramme (z.B. X11-Server)
- Bildspeicher
  - spezieller Speicher, der den Bildschirminhalt repräsentiert
  - Dual ported RAM (Videochip und Prozessor können gleichzeitig zugreifen)

G.7 Netzwerktreiber

- Beispiel: Ethernet
  - schneller serieller Bus mit CSMA/CD
    (Carrier sense media access / Collision detect)
    zu deutsch: es wird dann gesendet, wenn nicht gerade jemand anderes sendet; Kollisionen werden erkannt und aufgelöst
  - spezieller Netzwerkchip
    - implementiert unterstes Kommunikationsprotokoll
    - erkennt eintreffende Pakete
- Netzwerktreiber
  - wird von höheren Protokollen innerhalb des Betriebssystems angesprochen, z.B. von der IP-Schicht

G.7 Netzwerktreiber (2)

- Senden
  - Treiber übergibt dem Netzwerkchip eine Datenstruktur mit den notwendigen Informationen: Sendeadresse, Adresse und Länge von Datenpuffern
  - Netzwerkchip löst Unterbrechung bei erfolgtem Senden aus
- Empfangen
  - Treiber übergibt dem Netzwerkchip eine Datenstruktur mit Adressen von freien Arbeitspuffern
  - erkennt der Netzwerkchip ein Paket (für die eigene Adresse), füllt er das Paket in einen freien Puffer
  - der Puffer wird in eine Liste von empfangenen Paketen eingehängt und eine Unterbrechung ausgelöst
  - Treiber kann die empfangenen Pakete aushängen

G.7 Netzwerktreiber (3)

- Übertragung der Daten erfolgt durch DMA
  - evtl. direkt durch den Netzwerkchip
- Intelligente und nicht-intelligente Netzwerkhardware
  - intelligente Hardware: kann evtl. auch höhere Protokolle, Filterung etc.
  - nicht-intelligente Hardware: benötigt mehr Unterstützung durch den Treiber (Prozessor)

G.8 Andere Geräte

- Uhr
  - ◆ Hardwareuhren (z.B. DCF 77, GPS Empfänger)
  - ◆ Systemuhr fast immer in Software (wird mit Hardwareuhren synchronisiert)
  - ◆ UNIX: **`getitimer, setitimer`**
    - vier Intervalltimer pro Prozeß: Signal SIGALRM nach Ablauf
    - Ablauf konfigurierbar:
      Realzeit, Virtuelle Zeit, Virtuelle Zeit (einschl. Systemzeit des Prozesses)
- Bandlaufwerk
  - ◆ zeichenorientiertes Gerät
  - ◆ Spuloperationen durch d_ioctl realisiert

G.8 Andere Geräte (2)

- CD-ROM
  - ◆ wird wie Platte behandelt (eigener Treiber)
  - ◆ nicht beschreibbar
  - ◆ spezielle Treiber für Audio-Tracks
- Maus und Tastatur
  - ◆ meist über serielle Schnittstellen und bestimmtes Protokoll implementiert
- Floppy-Disk
  - ◆ wird im Prinzip wie Platte behandelt (eigener Treiber)
  - ◆ spezielle Dateisysteme zur Realisierung von FAT Dateisystemen unter UNIX