Betriebssysteme 2

WS 2021/22

Prof. Dr.-Ing. Hans-Georg Eßer
Fachhochschule Südwestfalen

Foliensatz C: v1.0, 2016/11/11

- Partitionierung
- Dateisysteme
- Zugriffsrechte

Partitionierung

Datenträger (1)

Unterteilung des gesamten Speichers in einzeln adressierbare Bereiche

- physikalische Adressierung:
- Anzahl der Köpfe (Schreib-/Leseköpfe) (z. B. 20)
- Tracks, Zylinder (= Track auf jeder Pl.) (z. B. 65536 Zyl.)
- Sektoren (z. B. 63 pro Track)
- Block: 1 Sektor oder Sektorgruppe (Größe z. B. 512 Byte)
- ergibt: 63 x 20 x 65536 = 82.575.360 Sektoren, 82.575.360 x 512 Byte = 42.278.584.320 Byte ≈ 39 GB

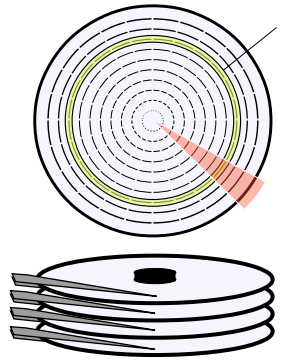


Bild: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cylinder_Head_Sector.svg (public domain)

Datenträger (2)

- Platten-Controller setzt physikalische Adressierung in logische Adressierung um
- logisch: Zylinder oder Sektoren, durchnummeriert
- z. B. mit Zylindern:

```
# fdisk -l /dev/sda

Platte /dev/sda: 300.0 GByte, 300090728448 Byte
255 Köpfe, 63 Sektoren/Spuren, 36483 Zylinder
Einheiten = Zylinder von 16065 × 512 = 8225280 Bytes

    Gerät  boot. Anfang     Ende      Blöcke   Id  System
/dev/sda1   *          1    12562   100897146+   7  HPFS/NTFS
/dev/sda2         12563    35566   184779630    f  W95 Erw. (LBA)
/dev/sda3         35569    35836     2152710    c  W95 FAT32 (LBA)
/dev/sda4         35837    36483     5197027+  1c  Verst. W95 FAT32 (LBA)
/dev/sda5         12563    12691     1036161   82  Linux Swap / Solaris
/dev/sda6         12692    35566   183743406   83  Linux
```

Partitionen (1)

- Festplatten werden in Partitionen unterteilt
  - traditionell („MBR-Modell“): vier Partitionen
    - Anfang, Ende, Größe: in Partitionstabelle im MBR (Master Boot Record)
    - Bezeichnung: **primäre Partitionen**
  - falls mehr nötig: eine der vier Partitionen zur **erweiterten** Partition machen
  - darin: **logische Partitionen**
  - moderne Variante: → **GPT**

Partitionen (2)

- Windows vergibt für jede (Windows)-Partition einen Laufwerksbuchstaben (`C:`, `D:` etc.)
  - unabhängig von Status primär/logisch
  - Reihenfolge kann wechseln
- Linux verwendet Bezeichnungen, die sich aus
  - Typ der Platte (IDE, SCSI)
  - Gerätenummer
  - Partitionsnummer

  zusammensetzen (`sda1` = SCSI disk a, part. 1)

Partitionen (3)

- Festplatten
  - `sda`, `sdb`, `sdc`, ...: SCSI und moderne SATA
  - `hda`, `hdb`, `hdc`, ...: klassische IDE
- Partitionen
  - 1, 2, 3, 4: primäre Partitionen
  - 5, 6, 7, ...: logische Partitionen (dann muss mind. eine der primären Part. eine erweiterte sein)
- Zugriff über Gerätedateien:
  - `sda3` → `/dev/sda3`

Partitionen (4)

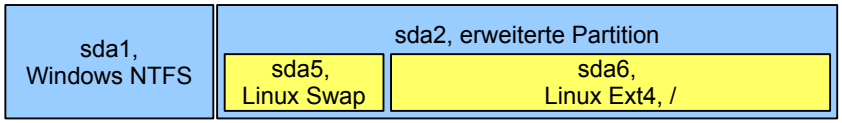
- Gerätedateien erzeugen moderne Linux-Versionen dynamisch:

```
esser@dissdevel:~$ ls -l /dev/sd*
brw-rw---- 1 root disk 8, 0  2. Jun 17:15 /dev/sda
brw-rw---- 1 root disk 8, 1  2. Jun 17:15 /dev/sda1
brw-rw---- 1 root disk 8, 2  2. Jun 17:15 /dev/sda2
brw-rw---- 1 root disk 8, 5  2. Jun 17:15 /dev/sda5
```

- in alten Linux-Versionen: große Mengen an passenden Gerätedateien statisch erzeugt

Partitionen (5)

- Typische Partitionierung



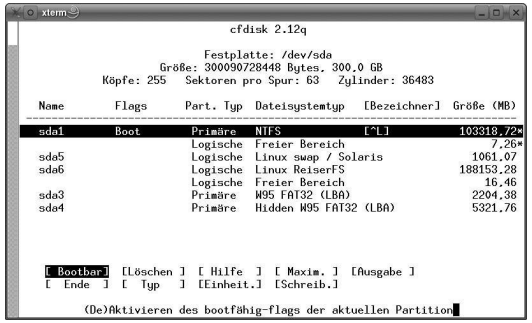
  - `sda1`: 1. primäre Partition: Windows, NTFS („Laufwerk C:“)
  - `sda2`: erweiterte Partition, enthält logische
  - `sda5`: 1. logische Partition: Linux, Swap
  - `sda6`: 2. logische Partition: Linux, Ext4

Partitionen (6)

- Arbeiten mit Gerätedateien
  - `head /dev/sda1`
    gibt Anfang der Partition `sda1` aus
  - `dd if=/dev/sda1 of=/tmp/image.dat`
    erzeugt 1:1-Kopie der Partition `sda1` in Datei, if=input file, of=output file
  - `fdisk /dev/sda`
    bearbeitet Partitionstabelle der Festplatte `sda`
  - `mkfs.ext3 /dev/sda7`
    formatiert Partition `sda7` mit Ext3-Dateisystem

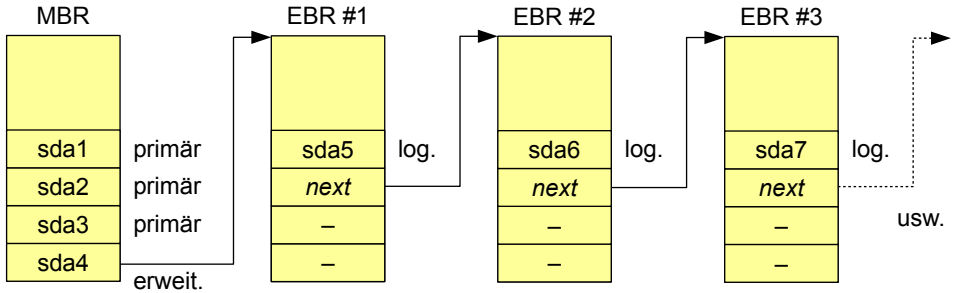
Partitionen (7)

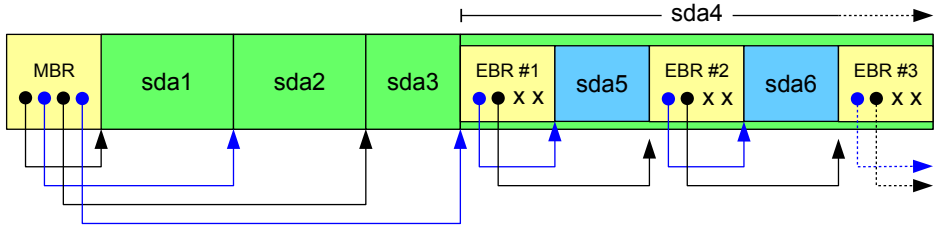
- Partitionieren unter Linux
  - `fdisk`: Standard-Tool
  - `cfdisk`: „grafisches“ Tool



  - `sfdisk`: für Skript-gesteuertes Partitionieren

Datenstrukturen im MBR & EBR





fdisk (1)

Partitionsliste anzeigen

```
server:~# fdisk -l

Disk /dev/sda: 10.7 GB, 10694426624 bytes
255 heads, 63 sectors/track, 1300 cylinders
Units = cylinders of 16065 * 512 = 8225280 bytes
Sector size (logical/physical): 512 bytes / 512 bytes
I/O size (minimum/optimal): 512 bytes / 512 bytes
Disk identifier: 0x000ce798

   Device Boot      Start         End      Blocks   Id  System
/dev/sda1   *           1        1241     9965568   83  Linux
/dev/sda2            1241        1301      475137    5  Extended
/dev/sda5            1241        1301      475136   82  Linux swap / Solaris
```

Platte partitionieren

```
server:~# fdisk /dev/sda

Command (m for help): _
```


fdisk (2): Kommandoübersicht

- `p` – zeigt die Partitionstabelle (wie in `fdisk -l /dev/sda`).
- `n` – legt eine neue Partition an; fragt Partitionstyp, Nummer der Partition und Größe ab.
- `t` – Ändert den Typ einer Partition. Nach dem Aufruf des Kommandos erhalten Sie mit dem Kommando `L` eine Übersicht über die `fdisk` bekannten Partitionstypen.
- `d` – Löscht eine Partition.
- `w` – schreibt die von Ihnen überarbeitete Partitionstabelle. Danach beendet sich `fdisk`.
- `q` – Programm beendet sich, ohne die Partitionstabelle zu ändern.
- `m` – Menü, in dem alle Befehle aufgeführt sind, nur in Englisch und noch ein paar mehr.

fdisk (3)

Neue primäre Partition erzeugen

```
Command (m for help): n
Command action
   e   extended
   p   primary partition (1-4)
p
Partition number (1-4): 2
First cylinder (1241-1300, default 1241):
Using default value 1241
Last cylinder, +cylinders or +size{K,M,G} (1241-1300, default 1300):
Using default value 1300

Command (m for help): p

Disk /dev/sda: 10.7 GB, 10694426624 bytes
255 heads, 63 sectors/track, 1300 cylinders
Units = cylinders of 16065 * 512 = 8225280 bytes
Sector size (logical/physical): 512 bytes / 512 bytes
I/O size (minimum/optimal): 512 bytes / 512 bytes
Disk identifier: 0x000ce798

   Device Boot      Start         End      Blocks   Id  System
/dev/sda1   *           1        1241     9965568   83  Linux
/dev/sda2            1241        1300      475658   83  Linux
```


fdisk (4)

Neue erweiterte Partition erzeugen

```
Command (m for help): n
Command action
   e   extended
   p   primary partition (1-4)
e
Partition number (1-4): 2
First cylinder (1241-1300, default 1241):
Using default value 1241
Last cylinder, +cylinders or +size{K,M,G} (1241-1300, default 1300):
Using default value 1300

Command (m for help): p

Disk /dev/sda: 10.7 GB, 10694426624 bytes
255 heads, 63 sectors/track, 1300 cylinders
Units = cylinders of 16065 * 512 = 8225280 bytes
Sector size (logical/physical): 512 bytes / 512 bytes
I/O size (minimum/optimal): 512 bytes / 512 bytes
Disk identifier: 0x000ce798

   Device Boot      Start         End      Blocks   Id  System
/dev/sda1   *           1        1241     9965568   83  Linux
/dev/sda2            1241        1300      475658    5  Extended
```

fdisk (5)

Neue logische Partition erzeugen

```
Command (m for help): n
Command action
   l   logical (5 or over)
   p   primary partition (1-4)
l
First cylinder (1241-1300, default 1241):
Using default value 1241
Last cylinder, +cylinders or +size{K,M,G} (1241-1300, default 1300): 1260

Command (m for help): p

Disk /dev/sda: 10.7 GB, 10694426624 bytes
255 heads, 63 sectors/track, 1300 cylinders
Units = cylinders of 16065 * 512 = 8225280 bytes
Sector size (logical/physical): 512 bytes / 512 bytes
I/O size (minimum/optimal): 512 bytes / 512 bytes
Disk identifier: 0x000ce798

   Device Boot      Start         End      Blocks   Id  System
/dev/sda1   *           1        1241     9965568   83  Linux
/dev/sda2            1241        1300      475658    5  Extended
/dev/sda5            1241        1260      154326+  83  Linux
```

Auswahl geändert, weil es jetzt eine erweiterte Partition gibt!

!

fdisk (6)

Partitionstypen

```
Command (m for help): t
Partition number (1-5): 1
Hex code (type L to list codes): L

 0  Empty           24  NEC DOS         81  Minix / old Lin bf  Solaris
 1  FAT12           39  Plan 9          82  Linux swap / So c1  DRDOS/sec (FAT-
 2  XENIX root      3c  PartitionMagic  83  Linux           c4  DRDOS/sec (FAT-
 3  XENIX usr       40  Venix 80286     84  OS/2 hidden C:  c6  DRDOS/sec (FAT-
 4  FAT16 <32M      41  PPC PReP Boot   85  Linux extended  c7  Syrinx
 5  Extended        42  SFS             86  NTFS volume set da  Non-FS data
 6  FAT16           4d  QNX4.x          87  NTFS volume set db  CP/M / CTOS / .
 7  HPFS/NTFS       4e  QNX4.x 2nd part 88  Linux plaintext de  Dell Utility
 8  AIX             4f  QNX4.x 3rd part 8e  Linux LVM       df  BootIt
 9  AIX bootable    50  OnTrack DM      93  Amoeba          e1  DOS access
 a  OS/2 Boot Manag 51  OnTrack DM6 Aux 94  Amoeba BBT      e3  DOS R/O
 b  W95 FAT32       52  CP/M            9f  BSD/OS          e4  SpeedStor
 c  W95 FAT32 (LBA) 53  OnTrack DM6 Aux a0  IBM Thinkpad hi eb  BeOS fs
 e  W95 FAT16 (LBA) 54  OnTrackDM6      a5  FreeBSD         ee  GPT
 f  W95 Ext'd (LBA) 55  EZ-Drive        a6  OpenBSD         ef  EFI (FAT-12/16/
10  OPUS            56  Golden Bow      a7  NeXTSTEP        f0  Linux/PA-RISC b
11  Hidden FAT12    5c  Priam Edisk     a8  Darwin UFS      f1  SpeedStor
12  Compaq diagnost 61  SpeedStor       a9  NetBSD          f4  SpeedStor
14  Hidden FAT16 <3 63  GNU HURD or Sys ab  Darwin boot     f2  DOS secondary
16  Hidden FAT16    64  Novell Netware  af  HFS / HFS+      fb  VMware VMFS
17  Hidden HPFS/NTF 65  Novell Netware  b7  BSDI fs         fc  VMware VMKCORE
18  AST SmartSleep  70  DiskSecure Mult b8  BSDI swap       fd  Linux raid auto
1b  Hidden W95 FAT3 75  PC/IX           bb  Boot Wizard hid fe  LANstep
1c  Hidden W95 FAT3 80  Old Minix       be  Solaris boot    ff  BBT
1e  Hidden W95 FAT1
```


GPT (1)

- MBR-Partitionsschema wird abgelöst durch **GPT** (GUID Partition Table)

  (GUID: Globally Unique Identifier)
- Teil von **UEFI** (Unified Extensible Firmware Interface; BIOS-Nachfolger)
- nur ein Partitionstyp
- beliebig viele Einträge
- kann sehr große Platten adressieren (Sektornummern in 64 Bit kodiert)

GPT (2)

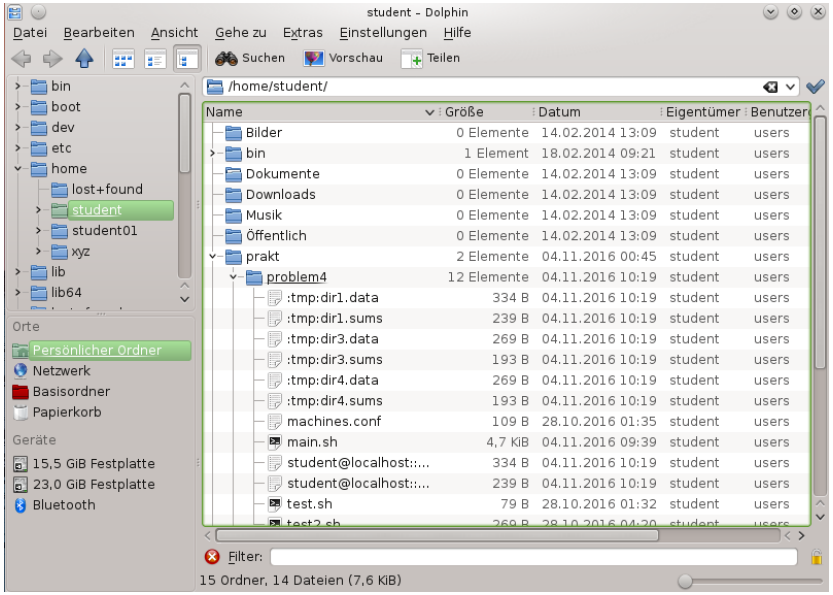
- Linux: `fdisk` / `gdisk`
  - Ältere Linux-Versionen: `fdisk` unterstützt nur MBR-Schema; Alternativ-Tool `gdisk`
  - Neuere Linux-Versionen: `fdisk` beherrscht GPT
  - Partitionsnamen: `sda1`, `sda2` usw.
- Windows
  - seit Vista Support für GPT
  - ab Windows 8: Standard
- OS X setzt seit dem Intel-Umstieg auf GPT

GPT (3)

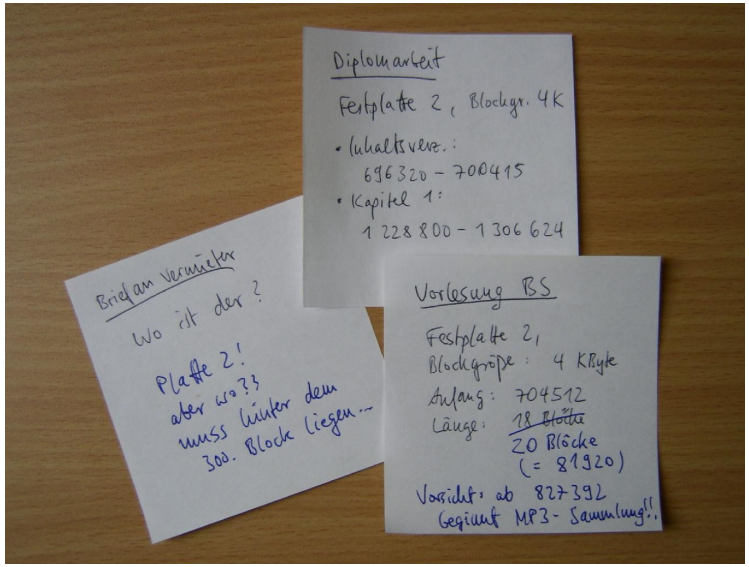
```
linux:~/# fdisk -l /dev/sdb

Disk /dev/sdb: 21.5 GB, 21474836480 bytes, 41943040 sectors
Units = sectors of 1 * 512 = 512 bytes
Sector size (logical/physical): 512 bytes / 512 bytes
I/O size (minimum/optimal): 512 bytes / 512 bytes
Disk label type: gpt

#         Start          End    Size  Type            Name
 1          2048     12584959      6G  Linux filesyste
 2      12584960     23070719      5G  Linux filesyste
 3      23070720     33556479      5G  Linux filesyste
 4      33556480     35653631      1G  Linux filesyste
 5      35653632     37750783      1G  Linux filesyste
 6      37750784     41943006      2G  Linux swap
```


Dateisysteme

Ohne Dateien ...



... ist die Arbeit schwer!



Aufgaben eines Dateisystems (1)

Abstraktion des Speicherplatzes auf (meist nicht-flüchtigen) Datenträgern:

- Festplatten
- Disketten
- CD, DVD, ...
- sonstige (wieder-) beschreibbare Medien (USB-Stick, ZIP-Disketten, Compact Flash, ...)
- Bandlaufwerke (?)
- Es gibt sehr kleine (178 KByte) und sehr große (20 TByte) Datenträger

Aufgaben eines Dateisystems (2)

Zentrales Konzept: **Datei**

- Datei erzeugen
- Datei auf Datenträger finden (Inhaltsverzeichnis)
- Datei öffnen / schließen
- Datei sequentiell lesen (vom Anfang bis zum Ende)
- Datei im Direktzugriff lesen (seek & read)
- Datei (um-) benennen

Aufgaben eines Dateisystems (3)

Zweites Konzept: **Verzeichnis**

- Dateisammlung strukturieren
- Verzeichnisse enthalten Dateien und ggf. Unterverzeichnisse

Verwaltung des freien Speichers auf dem Datenträger

- zusammenhängende Verwaltung (contiguous)
- nicht-zusammenhängend (non-contiguous)
  → Fragmentierung

Aufgaben eines Dateisystems (4)

Schutz vor **Datenverlust**

- redundantes Speichern wichtiger Verwaltungs-informationen
- **Journaling**
  - Datei-„Transaktionen“
  - System legt vor Beginn einer Transaktionen einen Journaleintrag an
  - Bei Systemausfall können (beim nächsten Systemstart) partielle Transaktionen rückgängig gemacht werden
- (parallelen) Zugriff mehrerer Anwender ermöglichen

Aufgaben eines Dateisystems (5)

- **Zugriffsschutz** (z. B.: lesen, schreiben, anhängen, ausführen, finden, Rechte ändern) für Dateien
  - auf Basis von Benutzern / Gruppen (Unix / Linux)
  - auf Basis von Benutzern / Access Control Lists (ACLs) (Windows)
- **Zugriffs-Scheduler:** In welcher Reihenfolge Zugriffe ausführen (Optimierung der Plattenzugriffe)
- **Caching:** Aus Performance-Gründen gelesene Daten in Cache (Hauptspeicher) vorrätig halten und Änderungen verzögert zurück schreiben

Abstraktionsebenen

- Klassisch: eine Ebene (Dateisystemtreiber)
  - MS-DOS, CP/M, altes Mac OS
  - Systemfunktionen für Zugriff auf Medien, die mit dem Dateisystem des BS formatiert sind
- Modern: zwei Ebenen
  - virtuelles Dateisystem
  - Systemfunktionen zum Zugriff auf beliebige Medien
  - Treiber für spezielle Dateisysteme
    - Linux: ext3, ext4, reiserfs, iso9660, vfat, ntfs, udf, ...
    - Windows: NTFS, FAT (-12, -16, -32), exFAT

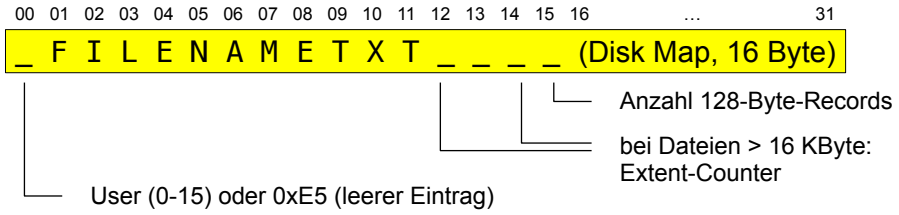
Klassische Dateisysteme: CP/M (1)

CP/M-Dateisystem

- Flache Struktur (keine Verzeichnisse)
- Dateien: 8+3-Konvention (Name + Extension)
  - Programme: *.COM
  - Textdateien: *.TXT, etc.
- Etwas Struktur durch „User“ (16 mögliche Dateibesitzer)
- Blockgröße: 1 KByte

Klassische Dateisysteme: CP/M (2)

- Am Anfang eines Datenträgers: Inhaltsverzeichnis (für 64 Dateien)
- Für jeden Eintrag 32 Byte reservieren



- obere Bits der Erweiterungen enthalten drei Attribute (read-only, hidden, archived)
- Dateigröße >16 KByte → mehrere Einträge (Extents)

Klassische Dateisysteme: CP/M (3)

- Alle Betriebssystem-Funktionen zum Schreiben / Lesen etc. müssen Aufbau des Dateisystems kennen
- Umstieg auf neuere Version des Dateisystems (mit veränderten Verwaltungsstrukturen)

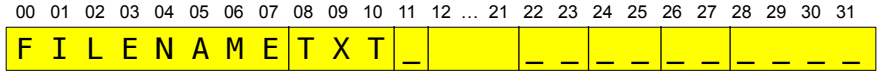
  → Fallunterscheidungen in Treiberfunktionen:

```
void create_file (char* name) {
  switch (fs_version) {
    "1.4": create_file_type1 (name);
    "2.2": create_file_type2 (name);
    ....
  }
}
```

Mehr Informationen zu CP/M:
http://www.seasip.info/Cpm/

Klassische Dateisysteme: FAT (1)

Jeder Verzeichniseintrag ist 32 Byte groß:



0-10	Dateiname (8 Byte) und Dateierweiterung (3 Byte)
11	Datei-Attribute: Bit 0: read-only (**R**), Bit 1: hidden(**H**) , Bit 2: system file (**S**), Bit 3: volume label, Bit 4: Verzeichnis, Bit 5: archiviert (**A**), Bits 6-7: ungenutzt – `attrib +RHS c:\io.sys`
12-21	reserviert
22-23	Zeit: Stunde (5 Bit), Minute (6 Bit), Doppel-Sekunde (5 Bit)
24-25	Datum: Jahr seit 1980 (7 Bit), Monat (4 Bit), Tag (5 Bit)
26-27	Erster Block (0 = leere Datei)
28-31	Dateigröße in Byte (32 Bit: theoretisch bis zu 4 GByte)

Klassische Dateisysteme: FAT (2)

- Keine Liste aller benutzten Blöcke (wie CP/M)
- Zusätzlich zu Verzeichniseinträgen File Allocation Table (FAT)
- Verzeichniseintrag enthält „First Block“-Feld, das als Index in die FAT dient
- Jeder FAT-Eintrag
  - entspricht einem Block auf dem Datenträger;
  - enthält die Nummer des nächsten FAT-Eintrags (verkettete Liste) oder -1 (letzter Block)

Klassische Dateisysteme: FAT (3)

Kleines Experiment mit FAT:

```
$ mkdosfs -F 12 /tmp/fatfs.img
$ mount -o loop -t msdos /tmp/fatfs.img /dos
$ cp /tmp/readme.txt /dos/
$ sync
$ cp /dos/readme.txt /dos/kopie.txt
$ sync
$ cp /dos/readme.txt /dos/geloescht.txt
$ sync
$ rm /dos/geloescht.txt
$ sync
$ umount /dos
$ hexdump -C /tmp/fatfs.img
```

Klassische Dateisysteme: FAT (4)

```
00000000  eb 3c 90 6d 6b 64 6f 73  66 73 00 00 02 01 01 00  |ë<.mkdosfs......|
                  03-0A: OEM Identifier
00000010  02 e0 00 40 0b f0 09 00  12 00 02 00 00 00 00 00  |.à.@.ð..........|
00000020  00 00 00 00 00 00 29 c6  52 68 45 20 20 20 20 20  |......)ÆRhE     |
00000030  20 20 20 20 20 20 46 41  54 31 32 20 20 20 0e 1f  |      FAT12   ..|
                            36-3D: FAT-Typ
00000040  be 5b 7c ac 22 c0 74 0b  56 b4 0e bb 07 00 cd 10  |Ÿ[|¬"Àt.VŽ.»..Í.|
00000050  5e eb f0 32 e4 cd 16 cd  19 eb fe 54 68 69 73 20  |^ëð2äÍ.Í.ëþThis |
00000060  69 73 20 6e 6f 74 20 61  20 62 6f 6f 74 61 62 6c  |is not a bootabl|
00000070  65 20 64 69 73 6b 2e 20  20 50 6c 65 61 73 65 20  |e disk.  Please |
00000080  69 6e 73 65 72 74 20 61  20 62 6f 6f 74 61 62 6c  |insert a bootabl|
00000090  65 20 66 6c 6f 70 70 79  20 61 6e 64 0d 0a 70 72  |e floppy and..pr|
000000a0  65 73 73 20 61 6e 79 20  6b 65 79 20 74 6f 20 74  |ess any key to t|
000000b0  72 79 20 61 67 61 69 6e  20 2e 2e 2e 20 0d 0a 00  |ry again ... ...|
000000c0  00 00 00 00 00 00 00 00  00 00 00 00 00 00 00 00  |................|
*
000001f0  00 00 00 00 00 00 00 00  00 00 00 00 00 00 55 aa  |..............Uª|
/* Anfang der FAT im 2. Cluster (ab 512d = 0200x) */
00000200  f0 ff ff ff ff ff 00 00  00 00 00 00 00 00 00 00  |ðÿÿÿÿÿ..........|
00000210  00 00 00 00 00 00 00 00  00 00 00 00 00 00 00 00  |................|
*
00001400  f0 ff ff ff ff ff 00 00  00 00 00 00 00 00 00 00  |ðÿÿÿÿÿ..........|
00001410  00 00 00 00 00 00 00 00  00 00 00 00 00 00 00 00  |................|
```


Klassische Dateisysteme: FAT (5)

```
00002600  52 45 41 44 4d 45 20 20  54 58 54 20 00 00 00 00  |README  TXT ....|
00002610  00 00 00 00 00 00 6f 83  79 35 02 00 b2 00 00 00  |......o.y5..².. |
00002620  4b 4f 50 49 45 20 20 20  54 58 54 20 00 00 00 00  |KOPIE   TXT ....|
00002630  00 00 00 00 00 00 83 83  79 35 03 00 b2 00 00 00  |........y5..².. |
00002640  e5 45 4c 4f 45 53 43 48  54 58 54 20 00 00 00 00  |åELOESCHTXT ....|
00002650  00 00 00 00 00 00 91 83  79 35 04 00 b2 00 00 00  |........y5..².. |
00002660  00 00 00 00 00 00 00 00  00 00 00 00 00 00 00 00  |................|
*
00004200  48 61 6c 6c 6f 2c 20 69  63 68 20 62 69 6e 20 6e  |Hallo, ich bin n|
00004210  75 72 20 65 69 6e 65 20  6b 6c 65 69 6e 65 0a 54  |ur eine kleine.T|
00004220  65 73 74 64 61 74 65 69  20 66 75 65 72 20 64 69  |estdatei fuer di|
00004230  65 20 56 6f 72 6c 65 73  75 6e 67 0a 42 65 74 72  |e Vorlesung.Betr|
00004240  69 65 62 73 73 79 73 74  65 6d 65 2e 20 49 63 68  |iebssysteme. Ich|
00004250  20 6c 69 65 67 65 20 61  75 66 0a 65 69 6e 65 72  | liege auf.einer|
00004260  20 28 76 69 72 74 75 65  6c 6c 65 6e 29 20 44 4f  | (virtuellen) DO|
00004270  53 2d 44 69 73 6b 65 74  74 65 2c 0a 61 6c 73 6f  |S-Diskette,.also|
00004280  20 61 75 66 20 65 69 6e  65 6d 20 46 41 54 2d 31  | auf einem FAT-1|
00004290  32 2d 44 61 74 65 69 73  79 73 74 65 6d 2e 0a 0a  |2-Dateisystem...|
000042a0  56 69 65 6c 20 53 70 61  73 73 20 6e 6f 63 68 21  |Viel Spass noch!|
000042b0  0a 0a 00 00 00 00 00 00  00 00 00 00 00 00 00 00  |................|
000042c0  00 00 00 00 00 00 00 00  00 00 00 00 00 00 00 00  |................|
*
00004400  48 61 6c 6c 6f 2c 20 69  63 68 20 62 69 6e 20 6e  |Hallo, ich bin n|
00004410  75 72 20 65 69 6e 65 20  6b 6c 65 69 6e 65 0a 54  |ur eine kleine.T|
```


Probleme klass. Dateisysteme

- Systemfunktionen (öffnen, lesen, schreiben etc.) auf ein spezielles Dateisystem zugeschnitten
- Support für fremde / neue Dateisysteme schwierig; oft ganz unmöglich
- Software (von Drittanbietern) für Zugriff auf fremde Dateisysteme schlecht integriert
- Lösung: **Virtuelles Dateisystem**

Virtuelles Dateisystem – VFS (1)

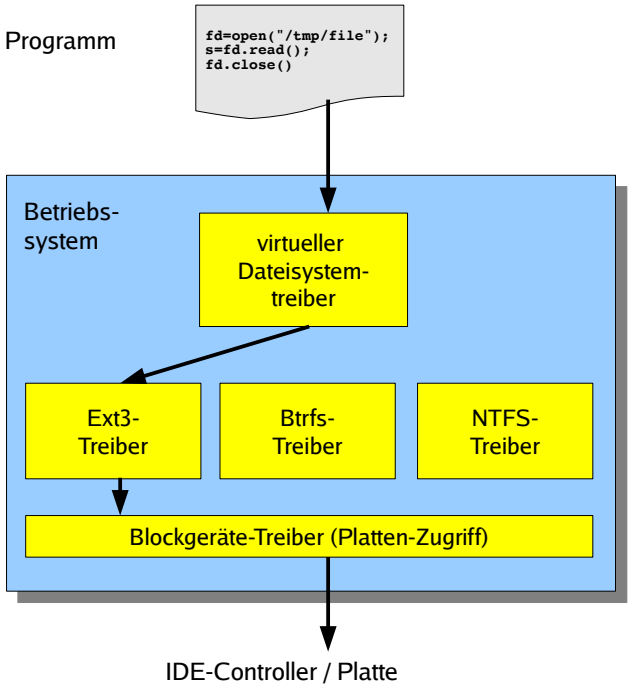
- Zwei Schichten einführen
- VFS-Treiber stellt High-Level-Dateioperationen bereit (create, delete, rename, open, close, read, write, seek, link, ...)
- Kommunikation aller Programme (und auch des BS selbst) nur mit dem VFS-Treiber
- VFS-Treiber leitet Anfragen an Spezialtreiber für die Dateisysteme weiter
- Spezialtreiber beherrschen einzelne FS

VFS (2)

VFS-Treiber
- kennt abstrakte Datei-eigenschaften
- weiß, welchen speziel-len Dateisystem-Treiber er braucht

Dateisystem-Treiber
- kennt das jeweilige Dateisystem-Format (weiß nichts von HW)

Blockgeräte-Treiber
- kann mit der Hardware sprechen



VFS (3): Standard-Funktionen

In jedem Betriebssystem unterstützt das VFS mindestens

create ();	Datei erzeugen
delete ();	Datei löschen
open ();	Datei öffnen
close ();	offene Datei schließen
read ();	aus Datei lesen
write ();	in Datei schreiben
append ();	ans Ende der Datei etwas anhängen

VFS (4): Standard-Funktionen

seek ();	in Datei an bestimmte Stelle springen
get_attrib ();	Datei-Eigenschaften abfragen (was auch immer das BS hier für Eigenschaften zulässt)
set_attrib ();	Datei-Eigenschaften setzen
rename ();	Dateinamen ändern

Formatieren (1)

- Einfaches Anlegen einer neuen Partition macht diese noch nicht benutzbar
- Partition muss man vor erster Nutzung **formatieren** (= mit einem **Dateisystem** versehen)
- Kommando allgemein: `mkfs` (make filesystem)
  - `mkfs -t` *`TYP`* `/dev/GERÄT`
  - ruft spezialisiertes Tool `mkfs.`*`TYP`* (z. B. `mkfs.ext3`) auf

```
root@dissdevel:/# ls /sbin/mkfs*
/sbin/mkfs         /sbin/mkfs.ext2    /sbin/mkfs.ext4dev   /sbin/mkfs.ntfs
/sbin/mkfs.bfs     /sbin/mkfs.ext3    /sbin/mkfs.minix     /sbin/mkfs.vfat
/sbin/mkfs.cramfs  /sbin/mkfs.ext4    /sbin/mkfs.msdos
```

Formatieren (2)

```
root@dissdevel:/# mkfs -t ext3 /dev/sda8
mke2fs 1.41.12 (17-May-2010)
Dateisystem-Label=
OS-Typ: Linux
Blockgröße=1024 (log=0)
Fragmentgröße=1024 (log=0)
Stride=0 Blöcke, Stripebreite=0 Blöcke
2560 Inodes, 10240 Blöcke
512 Blöcke (5.00%) reserviert für den Superuser
Erster Datenblock=1
Maximale Dateisystem-Blöcke=10485760
2 Blockgruppen
8192 Blöcke pro Gruppe, 8192 Fragmente pro Gruppe
1280 Inodes pro Gruppe
Superblock-Sicherungskopien gespeichert in den Blöcken:
    8193

Schreibe Inode-Tabellen: erledigt
Erstelle Journal (1024 Blöcke): erledigt
Schreibe Superblöcke und Dateisystem-Accountinginformationen: erledigt

Das Dateisystem wird automatisch nach jeweils 30 Einhäng-Vorgängen bzw.
alle 180 Tage überprüft, je nachdem, was zuerst eintritt. Dies kann durch
tune2fs -c oder -i geändert werden.
```


Formatieren (3)

- Auch **Swap-Partition** (Bereich, der für das Auslagern von Speicherseiten verwendet wird; → **Paging**) muss formatiert werden
- Tool heißt `mkswap`:

```
root@dissdevel:/# mkswap /dev/sda5
Setting up swapspace version 1, size = 475132 KiB
no label, UUID=5c43f2b7-8801-4fde-94a2-f154ffbabb42
```

- Swap-Bereich darf auch Datei sein → hilfreich, wenn keine Swap-Partition angelegt werden kann

Mounten (1)

- Linux bindet beim Systemstart nicht automatisch alle Dateisysteme (meist: Partitionen) ein, sondern tut dies nur für eine Auswahl, die durch Einträge in einer Konfigurationsdatei festgelegt wird. Ausnahme: Root-Dateisystem /, ohne das kein Systemstart möglich ist.
- Den Einbindevorgang nennt Linux (wie alle Unix-Systeme) **mounten**, die umgekehrte Operation, bei der das System nicht länger auf einen Datenträger zugreift, heißt **unmounten**.
- Die dafür zuständigen Kommandos heißen `mount` und `umount` (nicht u**n**mount!)
- Automatisches Mounten über Einträge in `/etc/fstab`

Mounten (2)

- Das Mounten stellt eine Verknüpfung zwischen einem Datenträger und einem Verzeichnis her, unter dem dann die Inhalte des Datenträgers erreichbar sind
- Diese Verzeichnisse (**Mount-Points**) sind das Gegenstück zu Windows-Laufwerksbuchstaben
- Linux- (Unix-) Ansatz ist flexibler

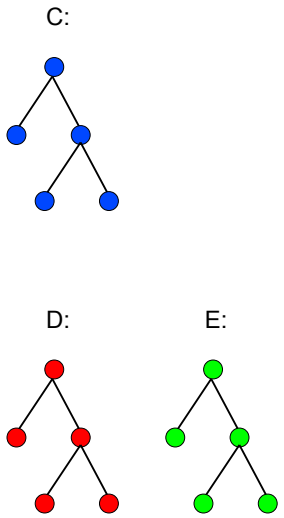
Mounten (3)

Datenträger unter Windows und Linux

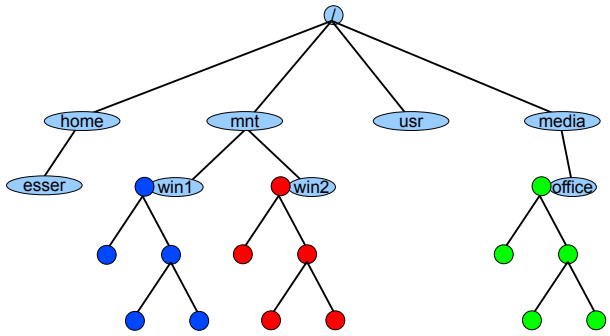
Linux-Partition:	[Root-Dateisystem /dev/sda6 auf /]
nicht sichtbar	/home
	/usr
	/etc
	/var
	...
C: [Win]	[/dev/sda1 auf /mnt/win1]
C:\Windows	/mnt/win1/Windows
C:\Windows\System	/mnt/win1/Windows/System
C:\Users	/mnt/win1/Users
C:\Users\Esser	/mnt/win1/Users/Esser
C:\Users\Esser\Documents	/mnt/win1/Users/Esser/Documents
D: [Restore]	[/dev/sda2 auf /mnt/win2]
D:\Restore.Tmp	/mnt/win2/Restore.Tmp
E: [OfficeDVD]	[Office-DVD auf /media/OfficeDVD]
E:\Files	/media/OfficeDVD/Files

Mounten (4)

Windows



Linux



Mounten (5)

- Was braucht man fürs Mounten?
  - Gerätedatei des Datenträgers (Partition o. ä.)
  - Mount-Point (Verzeichnis, muss schon existieren)
  - evtl. Typ des Dateisystems
  - evtl. Optionen fürs Mounten

```
mount
  -t TYP              -o OPTIONS
  /dev/PARTITION      /MOUNTPOINT
```

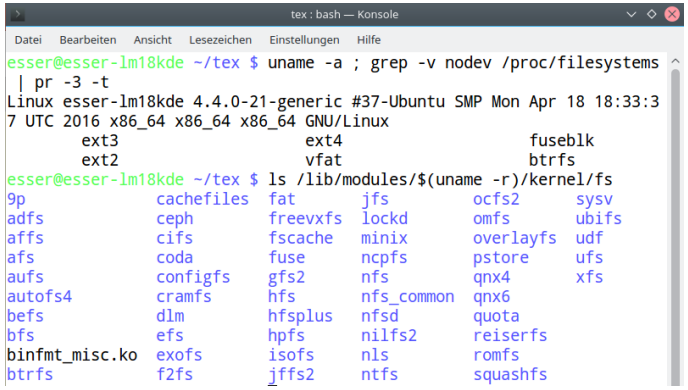
```
mount -t ext3 -o ro /dev/sda7 /mnt
```


Mounten (6)

- Dateisystemtyp (`-t TYP`), Auswahl
  - `ext4`: 4th extended filesystem (Linux, aktuell)
  - `ext3`: 3rd extended filesystem (Linux, älter)
  - `ext2`: 2nd extended filesystem (Linux, veraltet)
  - `btrfs`: B-tree filesystem
  - `ntfs`: New Technology Filesystem (Windows)
  - `vfat`: Virtual File Allocation Table (DOS, Windows)
  - `iso9660`: CD-/DVD-Dateisystem
  - `udf`: DVD-Dateisystem (z. B. Video-DVD)

Mounten (7)

- Dateisystemtyp (`-t` *`TYP`*)
  - Liste tatsächlich noch viel länger
  - Welche Dateisysteme unterstützt das System?



Mounten (8)

- Mount-Optionen (`-o` *`OPTIONEN`*); Auswahl:
  - `ro`: read-only (nur lesen)
  - `rw`: read-write (lesen und schreiben; Standard)
  - `async`, `sync`: alle Zugriffe asynchron bzw. synchron (sofort schreiben, kein Puffer) ausführen
  - `noatime`: Zugriffe auf Dateien nicht in Metadaten speichern (u. a. für Flash-Datenträger sinnvoll)
  - `nodiratime`: wie `noatime`, für Verzeichnisse
  - `noexec`: Programme sind nicht ausführbar
  - `remount`: bereits gemountetes FS nochmal mounten
  - `loop`: Dateisystem-Image mounten

Mounten (9)

- Swap-Partitionen werden nicht gemountet, sondern aktiviert (`swapon`) oder deaktiviert (`swapoff`)

```
root@dissdevel:/# swapon -v /dev/sda5
swapon on /dev/sda5
swapon: /dev/sda5: found swap signature: version 1, page-size 4,
        same byte order
swapon: /dev/sda5: pagesize=4096, swapsize=486539264,
        devsize=486539264

root@dissdevel:/# swapoff -v /dev/sda5
swapoff on /dev/sda5
```

  - (ohne Option `-v` keine Ausgabe)
  - Swap darf auch eine Datei sein

Mounten (10)

- Übersicht über aktive Swap-Bereiche

```
root@dissdevel:/# cat /proc/swaps
Filename        Type        Size     Used  Priority
/dev/sda5       partition   475128   0     -1
/tmp/swapfile   file        10232    0     -2
```

Unmounten (1)

- Dateisystem wieder aushängen (unmounten)
  - Kommando `umount`
  - Argument: Wahlweise Name der Gerätedatei (`/dev/...`) oder Mount-Point
  - Beispiele:
    `umount /dev/sda6` (Gerätedatei)
    `umount /mnt/win1` (Mount-Point)

Unmounten (2)

- Kommando `umount` schlägt manchmal fehl:

```
root@dissdevel:/mnt/tmp# pwd
/mnt/tmp
root@dissdevel:/mnt/tmp# umount /mnt
umount: /mnt: device is busy.
        (In some cases useful info about processes that use
         the device is found by lsof(8) or fuser(1))
root@dissdevel:/mnt/tmp# cd /
root@dissdevel:/# umount /mnt/
root@dissdevel:/# _
```

  - Es darf keine Datei im FS geöffnet sein
  - Es darf keine Shell (oder ein anderes Programm) das aktuelle Arbeitsverzeichnis in diesem FS haben

Mounten mit /etc/fstab (1)

- Konfigurationsdatei `/etc/fstab` (**file**system **tab**le) legt fest, welche FS beim Systemstart eingebunden werden
  - Aufbau einer Zeile der Datei:

```
# <fs>      <mount point>   <type>      <options>          <dump>  <pass>
```

  - Beispiel:

```
proc        /proc           proc        defaults           0       0
/dev/sda1   /               ext3        errors=remount-ro  0       1
/dev/sda5   none            swap        sw                 0       0
/dev/scd0   /media/cdrom0   udf,iso9660 user,noauto        0       0
```


Mounten mit /etc/fstab (2)

- Einige Einträge haben im Optionenfeld die Option `noauto`
- Solche Einträge werden nicht automatisch gemountet, können aber einfacher von Hand gemountet werden

```
root@server:~# grep scd0 /etc/fstab
/dev/scd0    /media/cdrom    udf,iso9660  user,noauto    0     0

root@server:~# mount /media/cdrom
```

- Zusatzoption `user` bedeutet: Mounten auch ohne Root-Rechte möglich

Mounten mit /etc/fstab (3)

- Neben `/etc/fstab` gibt es noch eine Datei `/etc/mtab` (**mount table**)
- Diese enthält Informationen über gemountete Dateisysteme und wird automatisch (vom System) erstellt und aktualisiert

```
root@dissdevel:/# cat /etc/mtab
/dev/sda1 / ext3 rw,errors=remount-ro 0 0
tmpfs /lib/init/rw tmpfs rw,nosuid,mode=0755 0 0
proc /proc proc rw,noexec,nosuid,nodev 0 0
sysfs /sys sysfs rw,noexec,nosuid,nodev 0 0
udev /dev tmpfs rw,mode=0755 0 0
tmpfs /dev/shm tmpfs rw,nosuid,nodev 0 0
devpts /dev/pts devpts rw,noexec,nosuid,gid=5,mode=620 0 0
fusectl /sys/fs/fuse/connections fusectl rw 0 0
Daten /media/sf_Daten vboxsf gid=1001,rw 0 0
```


Filesystem Check (1)

- Dateisysteme werden i. d. R. beim Systemstart auf Konsistenz überprüft (filesystem check)
- Auf Wunsch auch manuelle Überprüfung möglich
- Dateisystem darf dabei nicht gemountet sein
- Generisches Tool: `fsck` (**f**ile**s**ystem **c**hec**k**)

```
root@dissdevel:/# fsck /dev/sda1
fsck from util-linux-ng 2.17.2
e2fsck 1.41.12 (17-May-2010)
/dev/sda1 ist eingehängt.

WARNUNG!!!  Die Benutzung von e2fsck auf einem eingehängten
Dateisystem führt zu SCHWERWIEGENDEN SCHÄDEN im Dateisystem.

Wirklich fortfahren (j/n)?
```


Filesystem Check (2)

- Automatische Überprüfung beim Systemstart:

```
Activating swap...done.
Checking root file system...fsck from util-linux-ng 2.17.2
/dev/sda1 contains a file system with errors, check forced.
/dev/sda1: 187822/623392 files (0.8% non-contiguous), 1128272/2491392 blocks
done.
Loading kernel modules...done.
Cleaning up ifupdown....
Setting up networking....
Activating lvm and md swap...done.
Checking file systems...fsck from util-linux-ng 2.17.2
done.
Mounting local filesystems...done.
```

- Welche Dateisysteme überprüft werden, legt letzte Spalte in `/etc/fstab` fest: `1` = prüfen

```
proc        /proc          proc        defaults          0       0
/dev/sda1   /              ext3        errors=remount-ro 0       1
/dev/sda5   none           swap        sw                0       0
/dev/scd0   /media/cdrom0  udf,iso9660 user,noauto       0       0
```


Filesystem Check (3)

- Statt `fsck` besser direkt das für das Dateisystem passende Tool (`fsck.`*`TYP`*) aufrufen
  → dann sind auch individuelle Optionen möglich
- Beispiel `fsck.ext3`, Optionen:
  - `-f` : force, auch als „clean“ erkanntes FS prüfen
  - `-p` : versuche, Fehler automatisch zu beheben
  - `-y` : alle Fragen, die `fsck.ext3` stellt, automatisch mit „y“ (yes) beantworten
  - `-c` : Programm `badblocks` aufrufen (findet defekte Blöcke und trägt diese in Bad Blocks List ein)

Filesystem Check (4)

- Beispiel `fsck` auf Ext3-Dateisystem

```
root@dissdevel:/# fsck /dev/sda8
fsck from util-linux-ng 2.17.2
e2fsck 1.41.12 (17-May-2010)
/dev/sda8: sauber, 11/65536 Dateien, 12644/262144 Blöcke
```

(jetzt mit `-f` erzwingen)

```
root@dissdevel:/# fsck -f /dev/sda8
fsck from util-linux-ng 2.17.2
e2fsck 1.41.12 (17-May-2010)
Durchgang 1: Prüfe Inodes, Blocks, und Größen
Durchgang 2: Prüfe Verzeichnis Struktur
Durchgang 3: Prüfe Verzeichnis Verknüpfungen
Durchgang 4: Überprüfe die Referenzzähler
Durchgang 5: Überprüfe Gruppe Zusammenfassung
/dev/sda8: 11/65536 Dateien (0.0% nicht zusammenhängend), 12644/262144
Blöcke
```


Filesystem Check (5)

- Beispiel `fsck.ext3` – mit Fehlern

```
root@dissdevel:/home/esser# fsck.ext3 -f /dev/sda8
e2fsck 1.41.12 (17-May-2010)
Durchgang 1: Prüfe Inodes, Blocks, und Größen
Durchgang 2: Prüfe Verzeichnis Struktur
Eintrag »..« in ??? (41972) hat gelöscht/unbenutzt Inode 19152.  Bereinige<j>? ja
Eintrag »..« in ??? (42004) hat gelöscht/unbenutzt Inode 19167.  Bereinige<j>? ja
Eintrag »..« in ??? (42006) hat gelöscht/unbenutzt Inode 19167.  Bereinige<j>? ja
Durchgang 3: Prüfe Verzeichnis Verknüpfungen
Durchgang 4: Überprüfe die Referenzzähler
Durchgang 5: Überprüfe Gruppe Zusammenfassung

Die Anzahl freier Inodes ist falsch (59759, gezählt=58271).
Repariere<j>? ja


/dev/sda8: ***** DATEISYSTEM WURDE VERÄNDERT *****
/dev/sda8: 7265/65536 Dateien (0.0% nicht zusammenhängend), 44392/262144 Blöcke
```


Alternativnamen mkfs, fsck

- Die FS-spezifischen `mkfs`- und `fsck`-Tools sind meist noch unter anderen (kürzeren) Namen erreichbar:
  - `mkfs.ext3 = mke2fs` `fsck.ext3 = e2fsck`
  - `mkfs.ext4 = mke2fs` `fsck.ext4 = e2fsck`
  - `mkfs.vfat = mkdosfs` `fsck.vfat = dosfsck`
  - `mkfs.msdos = mkdosfs` `fsck.msdos = dosfsck`
- Aber: dann bei `mk*fs` aufpassen, welches das Standard-FS ist (`mke2fs`: Ext2, also nicht sinnvoll...)
- `mkfs` ohne `-t`: auch Ext2
- `vfat` und `msdos` sind identische FS

FS-Informationen, du/df (1)

- Speicherplatz-Verbrauch
  - `df` (**d**isk **f**ree) zeigt freien Platz auf einem Datenträger (oder auf allen) an
  - `du` (**d**isk **u**sage) zeigt verwendeten Platz in einem Verzeichnis an
  - für beide Tools: mit Optionen die Ausgabe anpassen

FS-Informationen, du/df (2)

- df

```
root@dissdevel:/tmp# df
Dateisystem          1K-Blöcke    Benutzt Verfügbar Ben% Eingehängt auf
/dev/sda5              9809032    6446020   2864736  70% /
/dev/sda1            118022124   87966344  30055780  75% /mnt/win
tmpfs                   517240          0    517240   0% /lib/init/rw
udev                    512884        176    512708   1% /dev
tmpfs                   517240          0    517240   0% /dev/shm
```

-h = „human-readable“

```
root@dissdevel:/tmp# df -h
Dateisystem           Size  Used Avail Use% Eingehängt auf
/dev/sda5             9,4G  6,2G  2,8G  70% /
/dev/sda1             113G   84G   29G  75% /mnt/win
tmpfs                 506M     0  506M   0% /lib/init/rw
udev                  501M  176K  501M   1% /dev
tmpfs                 506M     0  506M   0% /dev/shm

root@dissdevel:/tmp# df -h /
Dateisystem           Size  Used Avail Use% Eingehängt auf
/dev/sda1             9,4G  6,2G  2,8G  70% /
```


FS-Informationen, du/df (3)

- du

```
esser@dissdevel:~/Daten/SWF$ du
80  ./Briefe
7300    ./BS-Alt
60324   ./BS-Praxis
20184   ./BS-Theorie/Klausur
20  ./BS-Theorie/Uebung02-Loesungen/aufgabe-b
20  ./BS-Theorie/Uebung02-Loesungen/aufgabe-c
20  ./BS-Theorie/Uebung02-Loesungen/aufgabe-d
88  ./BS-Theorie/Uebung02-Loesungen
45492   ./BS-Theorie
440 ./IT-Infrastruktur
4780    ./Material und Downloads/IT-Infrastruktur_(REP)_510-r.15_sw
31920   ./Material und Downloads
2648    ./Seminar/bearbeitet
4196    ./Seminar
149812  .

esser@dissdevel:~/Daten/SWF$ du -s
149812  .

esser@dissdevel:~/Daten/SWF$ du -sm
147 .
```

-s = summary,
-m = megabytes

FS-Informationen, du/df (4)

- du -s * | sort -n

```
esser@dissdevel:~/Daten$ ls -d *
Anstel  Buecher  Erlangen  SWF  FU-Hagen  Heise  HM  LNM  privat
Promotion

esser@dissdevel:~/Daten$ du -sm * | sort -n
1   privat
3   Heise
6   Anstel
6   Buecher
9   Erlangen
15  HM
60  FU-Hagen
61  LNM
147 SWF
1715    Promotion
```

sort -n = numerisch sortieren

debugfs, dumpe2fs, tune2fs (1)

- Arbeiten am Dateisystem (für Fortgeschrittene)
- Tools für die Familie der Ext-Dateisysteme (Ext2, Ext3, Ext4)
  - debugfs: Eingriffe in die „Interna“ des Dateisystems
  - dumpe2fs: Ausgabe aller wichtigen Metadaten des Dateisystems
  - tune2fs: „Tuning“ für Ext-Dateisysteme, Einstellen von Optionen

debugfs, dumpe2fs, tune2fs (2)

```
root@dissdevel:/tmp# dumpe2fs /dev/sda1
dumpe2fs 1.41.12 (17-May-2010)
Filesystem volume name:   <none>
Last mounted on:          <not available>
Filesystem UUID:          27a7303b-9479-47ea-8ae8-67f9b6206920
Filesystem magic number:  0xEF53
Filesystem revision #:    1 (dynamic)
Filesystem features:      has_journal ext_attr resize_inode dir_index filetype needs_recovery
                          sparse_super large_file
Filesystem flags:         signed_directory_hash
Default mount options:    (none)
Filesystem state:         clean
Errors behavior:          Continue
Filesystem OS type:       Linux
Inode count:              623392
Block count:              2491392
Reserved block count:     124569
Free blocks:              1363120
Free inodes:              435570
First block:              0
Block size:               4096
Fragment size:            4096
Reserved GDT blocks:      608
Blocks per group:         32768
Fragments per group:      32768
Inodes per group:         8096
Inode blocks per group:   506
Filesystem created:       Tue May  3 11:55:19 2011
Last mount time:          Thu Jun  2 17:15:51 2011
Last write time:          Thu Jun  2 17:15:41 2011
Mount count:              1
Maximum mount count:      20
Last checked:             Thu Jun  2 17:15:41 2011
Check interval:           15552000 (6 months)
Next check after:         Tue Nov 29 16:15:41 2011
...
```


debugfs, dumpe2fs, tune2fs (3)

- `tune2fs`
  - Einstellen, was bei FS-Fehler passiert (continue, panic, remount-ro)
  - Intervall zwischen FS-Checks ändern
  - **Journal** ergänzen oder entfernen (→ Journaling, nächste Folie)
  - **Volume-Label** ändern
  - Größe des **reservierten Bereichs** ändern
    - dieser Teil des FS kann nur von root verwendet werden
    - für normale Nutzer erscheint das FS ggf. als voll

Journaling

- Moderne Dateisysteme (z. B. ext3, ext4, ReiserFS, BtrFS) verwenden **Journaling**
  - Vor jeder Änderung an den **Metadaten** einer Datei wird in einen Protokollbereich (das **Journal**) die geplante Änderung geschrieben
  - Ist Änderung erfolgreich abgeschlossen, wird Eintrag aus Journal wieder gelöscht
- Beschleunigt (nach Absturz) den FS-Check:
  - nur prüfen, welche Einträge im Journal stehen – diese wurden evtl. nicht erfolgreich durchgeführt
- Variante: nicht nur Metadaten, sondern auch Daten

Grundlagen von Unix-FS (1)

- Wichtige Konzepte in Linux-Dateisystemen:
  - I-Nodes
  - Dateien und Verzeichnisse
  - Datenblöcke

Grundlagen von Unix-FS (2)

- I-Nodes:
  - Wenn eine neue Datei angelegt wird, sucht Linux zunächst einen freien **I-Node** (Index Node) – das ist ein Verwaltungseintrag auf der Partition
  - I-Node enthält Metadaten:
    - Dateigröße, Liste der verwendeten Blöcke
    - Besitzer und Standard-Gruppe
    - Zugriffsrechte, Timestamps ()
    - **nicht im I-Node: Dateiname und/oder Pfad (!)**
  - Danach zu I-Node Eintrag in Verzeichnis anlegen

Grundlagen von Unix-FS (3)

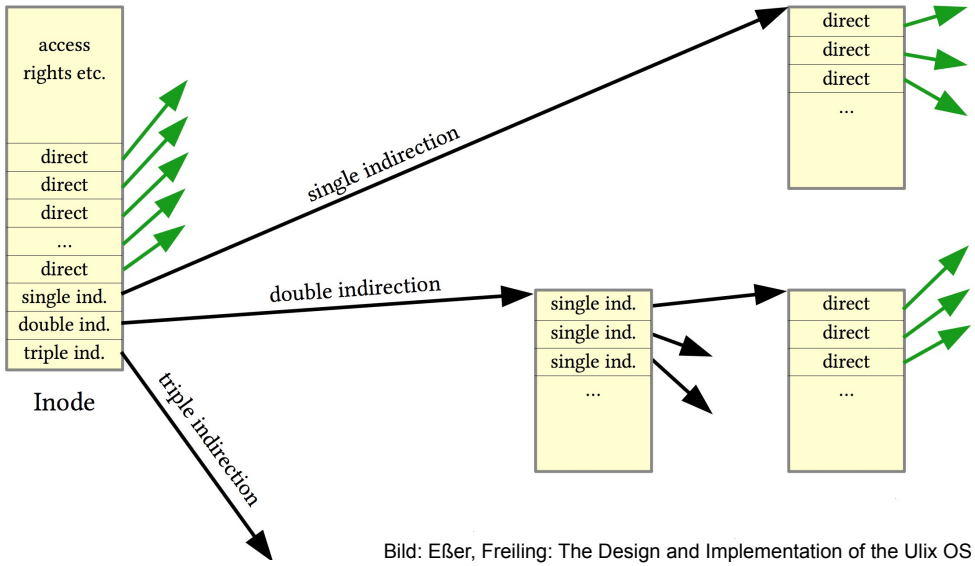


Bild: Eßer, Freiling: The Design and Implementation of the Ulix OS

Grundlagen von Unix-FS (4)

- Dateien
  - Eine Datei besteht „klassisch“ aus
    - den eigentlichen Nutzdaten, die in Datenblöcken gespeichert sind,
    - einem Dateinamen (mit Pfadangabe)
    - Metadaten (Besitzer, Zugriffsrechte, Größe etc.)
  - Aus Linux-Sicht ist eine Datei zunächst die Sammlung der Datenblöcke + der I-Node (mit Metadaten und Blockliste)
  - Durch Eintragen in ein Verzeichnis (also Zuordnung: Dateiname → I-Node) wird die Datei im Dateisystem sichtbar

Grundlagen von Unix-FS (5)

- Verzeichnisse
  - … sind in Linux-Dateisystemen spezielle Dateien, welche nur Zuordnungen Name → I-Node enthalten
  - entspricht der Unix-Philosophie „alles ist eine Datei“
  - Da Verzeichnis nur eine Datei ist, ist auch ein schnelles Verschieben eines kompletten Ordners mit Unterordnern schnell erledigt:

    ```
    mv /home/esser/Videos /tmp/Videos
    ```

    benötigt keine messbare Zeit (falls Verschieben innerhalb einer Partition!)

Grundlagen von Unix-FS (6)

- Datenblöcke
  - Dateisystem verwaltet eine Liste freier / belegter Datenblöcke
  - Beim Löschen einer Datei werden alle verwendeten Datenblöcke als „frei“ gekennzeichnet (und bald wiederverwendet)

Soft Links / Hard Links (1)

- Grundidee hinter Links: Datei unter mehreren Namen (und ggf. an verschiedenen Orten) ansprechen
  - **symbolische Links** (**soft links**): spezielle Dateien, die den Pfad (absolut oder relativ) zu einer anderen Datei speichern

    → können „broken“ sein, also auf etwas zeigen, das es nicht gibt (wie im Web: broken link)
  - **Hard Links**: Eintrag in einem Verzeichnis, der auf denselben I-Node zeigt

Soft Links / Hard Links (2)

- Symbolische Links / Soft Links
  - erstellen mit `ln -s` (s = soft)
  - funktionieren auch Dateisystem-übergreifend (wenn anderes FS auch eingebunden ist)

```
esser@dissdevel:~$ ls -l /mnt/windows/config.sys
-rwxr-xr-x 1 root root 36  2. Jun 20:08 /mnt/windows/config.sys
esser@dissdevel:~$ ln -s /mnt/windows/config.sys config.sys
esser@dissdevel:~$ ls -l config.sys
lrwxrwxrwx 1 esser esser 31  2. Jun 20:08 config.sys -> /mnt/windows/config.sys
esser@dissdevel:~$ ln -s /mnt/windows/BROKEN broken.txt
esser@dissdevel:~$ ls -l broken.txt
lrwxrwxrwx 1 esser esser 27  2. Jun 20:09 broken.txt -> /mnt/windows/BROKEN
esser@dissdevel:~$ cat broken.txt
cat: broken.txt: Datei oder Verzeichnis nicht gefunden
esser@dissdevel:~$ file broken.txt
broken.txt: broken symbolic link to `/mnt/windows/Windows/BROKEN'
```


Soft Links / Hard Links (3)

- Hard Links
  - erstellen mit `ln` (ohne Option)
  - Quelle und Ziel zeigen auf gleichen I-Node
    → darum nur innerhalb eines Dateisystems möglich

```
esser@dissdevel:~$ touch datei.txt
esser@dissdevel:~$ cp datei.txt kopie.txt
esser@dissdevel:~$ ln datei.txt link.txt

esser@dissdevel:~$ ls -il *.txt
12589 -rw-r--r-- 2 esser esser  0  2. Jun 20:16 datei.txt
12590 -rw-r--r-- 1 esser esser  0  2. Jun 20:16 kopie.txt
12589 -rw-r--r-- 2 esser esser  0  2. Jun 20:16 link.txt

esser@dissdevel:~$ ln /mnt/windows/config.sys config.sys
ln: Erzeuge harte Verknüpfung „config.sys“ ⇒  „/mnt/windows/config.sys“:
Ungültiger Link über Gerätegrenzen hinweg
```

`-i` : I-Nodes anzeigen

rot: link count

Soft Links / Hard Links (4)

- Hard Links / Links / Löschen
  - Jeder Eintrag in einem Verzeichnis ist ein Link
  - Das Anlegen eines Hard Links bedeutet also nur: Für die Datei (für den I-Node!) existieren jetzt zwei Einträge in einem (oder mehreren) Verzeichnissen
  - Linux kennt intern keine „Lösch“-Operation, sondern nur eine „Unlink“-Operation
    - sie entfernt den ausgewählten Link, also die Zuordnung Dateiname → I-Node
    - und zählt den Link Count um 1 runter
    - Wenn Link Count 0 erreicht wird, wird I-Node freigegeben

Loop-Dateisysteme

Loop-Dateisysteme (1)

Themen:

- Loop-Geräte
- Zugriff auf Dateisystem-Images
- Verschlüsselung mit cryptsetup (LUKS)

Loop-Geräte

- Loop-Geräte ordnen Dateien virtuellen Geräten zu
- manuelle Einrichtung mit `losetup`

```
linux:~# dd if=/dev/zero of=/tmp/disk bs=1M count=100
linux:~# losetup -f /tmp/disk
linux:~# losetup -l
NAME       SIZELIMIT OFFSET AUTOCLEAR RO BACK-FILE
/dev/loop0         0      0         0  0 /tmp/disk
linux:~# mkfs.ext3 /dev/loop0
```

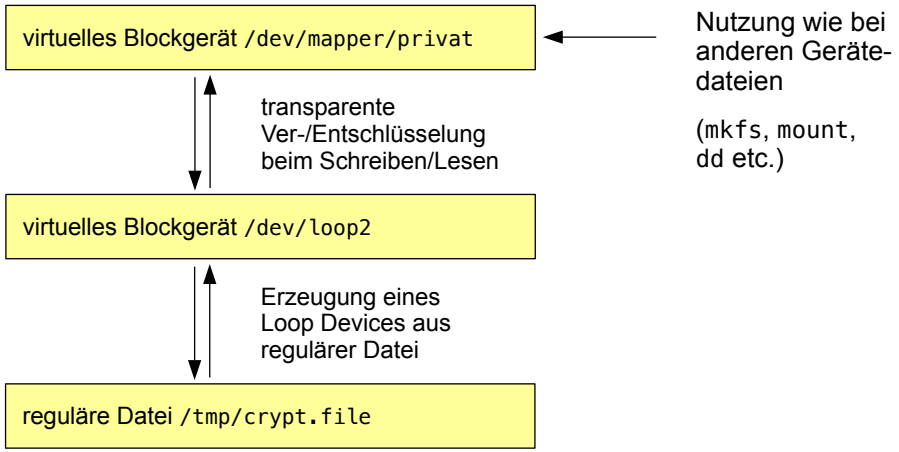
- automatische Einrichtung bei `mount -o loop`

```
linux:~# mount -o loop,ro /tmp/student.iso /mnt/
linux:~# losetup -l
NAME       SIZELIMIT OFFSET AUTOCLEAR RO BACK-FILE
/dev/loop0         0      0         0  0 /tmp/disk
/dev/loop1         0      0         1  0 /tmp/student.iso
```

Verschlüsselung mit LUKS (1)

```
linux:~# dd if=/dev/urandom of=/tmp/crypt.file bs=1M count=100
linux:~# losetup -f /tmp/crypt.file
linux:~# losetup -l
NAME       SIZELIMIT OFFSET AUTOCLEAR RO BACK-FILE
/dev/loop0         0      0         0  0 /tmp/disk
/dev/loop1         0      0         1  0 /tmp/student.iso
/dev/loop2         0      0         0  0 /tmp/crypt.file
linux:~# cryptsetup -c aes-xts-plain64 -s 512 -h sha512 -y \
         luksFormat /dev/loop2
  (Passwort festlegen)
linux:~# cryptsetup luksOpen /dev/loop2 privat
  (Passwort eingeben)
linux:~# mkfs.ext4 /dev/mapper/privat
linux:~# mkdir /home/privat; mount /dev/mapper/privat /home/privat
linux:~# df -h /home/privat
Filesystem          Size  Used Avail Use% Mounted on
/dev/mapper/privat   91M  1.6M   83M   2% /home/privat
```


Verschlüsselung mit LUKS (2)



Zugriffsrechte (Unix/Linux)

Dateien, Benutzer, Gruppen

- Jede Datei
  - … gehört einem Benutzer (Besitzer, **u**ser)
  - … und zu einer Gruppe (**g**roup)
- Benutzer können Mitglieder in verschiedenen Gruppen sein
- Zugriffsrechte entscheiden, ob eine Datei gelesen (**r**ead), geschrieben (**w**rite) oder ausgeführt (e**x**ecute) werden darf

Gruppen (1)

- In welchen Gruppen bin ich Mitglied?

```
$ groups
swf cdrom floppy audio dip video plugdev netdev
powerdev scanner
```

- Mitgliedschaft durch Einträge in `/etc/group` geregelt:

```
$ grep swf /etc/group
cdrom:x:24:swf
floppy:x:25:swf
audio:x:29:swf
...
swf:x:1002:swf
```

- Gruppenmitgliedschaft bearbeiten: manuell oder (besser!) mit `gpasswd`

Gruppen (2)

- Gruppe mit `gpasswd -a` *`user group`* (**a**dd) ergänzen:

```
# gpasswd -a swf neugr
Benutzer swf wird zur Gruppe neugr hinzugefügt.
# groups swf
swf cdrom floppy audio dip video plugdev netdev
powerdev scanner neugr
```

- Entfernen einer Gruppenmitgliedschaft: `gpasswd -d` *`user group`* (**d**elete)

```
# gpasswd -d swf neugr
Benutzer swf wird aus der Gruppe neugr
entfernt.
```


Gruppen (3)

- Jeder Benutzer ist in einer Standardgruppe Mitglied. Welche ist das?

```
$ id
uid=1002(swf) gid=1002(swf) Gruppen=1002(swf),
24(cdrom),25(floppy),29(audio),30(dip),...
```

- Zwei Standards für Standardgruppe
  - Debian-System: Jeder Benutzer hat seine eigene Standardgruppe (User: `swf`, Group: `swf`)
  - andere Systeme: Standardgruppe `users` für alle „normalen“ Benutzer
- Im Namen der Standardgruppe handeln Sie, bis Sie mit `newgrp` die Gruppe ändern.

Gruppen (4)

- Neue Gruppen kann der Administrator mit `groupadd` erzeugen, um Kooperation von Teams zu erleichtern
  - z. B. mit Dateien, die für alle Gruppenmitglieder (und nur diese) les- und schreibbar sind
- Beispielszenario folgt ...

Beispielszenario (1)

- Gruppe `profs`: Mitglieder `prof1`, `prof2`
- Gruppe `studis`: Mitglieder `anna`, `tom`, `fritz` und (!) `prof1`, `prof2`
- Ziele:
  - `profs`-Mitglieder können Daten untereinander austauschen und teilweise auch Studenten zur Verfügung stellen
  - `studis`-Mitglieder können Daten untereinander austauschen und auf die von Profs zur Verfügung gestellten Skripte, Aufgaben etc. zugreifen

Beispielszenario (2)

- Verzeichnisstruktur

```
/srv/profs/
/srv/profs/intern/                ; Austausch der Profs untereinander
/srv/profs/intern/klausuren/
/srv/profs/public/                ; Lesezugriff für Studenten möglich
/srv/profs/public/skripte/
/srv/studis/
/srv/studis/mitschriften/
/srv/studis/pruefungsprot/
```

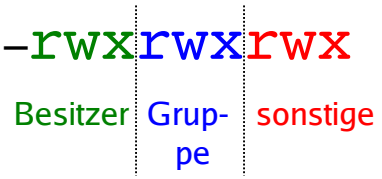
- Gruppenzugehörigkeiten und Zugriffsrechte
  - `/srv/profs/intern`: gehört Gruppe `profs`; lesen und schreiben für `profs` erlaubt, kein Zugriff für `studis`
  - `/srv/profs/public`: gehört Gruppe `profs`; schreiben für `profs` erlaubt, lesen für alle (auch Nicht-Studis)
  - `/srv/studis`: gehört Gruppe `studis`; lesen und schreiben für Gruppenmitglieder erlaubt

Beispielszenario (3)

- Umsetzung: später
- Nachteil: keine vernünftige Zugriffsbeschränkung für `/srv/profs/public` möglich
  → ACLs

Unix-Dateiattribute (1)

- Neben Besitzer und Gruppe gibt es noch die sonstigen Systembenutzer (**o**, others)
- ergibt 9 Zugriffsrechte; Notation bei `ls`:



Unix-Dateiattribute (2)

- `chown` (change owner) und `chgrp` (change group) ändern Besitzer und Gruppe einer Datei
- `chmod` (change mode) ändert Zugriffsrechte
- Beispiele:

```
chown swf /tmp/log.txt
chgrp www-data /var/www/srv1
chmod o+r /tmp/log.txt
chmod o-rwx,ug+rw /tmp/log.txt
chmod u=rw,g=r,o= /tmp/log.txt
```

- Abkürzung `a` (all) für `ogu` (`chmod a=rw ...`)

Unix-Dateiattribute (3)

- numerische Rechte:
  - Leserecht: 4 (2^2)
  - Schreibrecht: 2 (2^1)
  - Ausführrecht: 1 (2^0)
  - aufaddieren, z. B.: rw = Lesen/Schreiben: 4+2=6
- für Benutzer, Gruppe und Sonstige: **nnn**
  - z. B. **640**:
    - Benutzer: 6 = lesen + schreiben (nicht ausführen)
    - Gruppe: 4 = lesen (nicht schreiben, nicht ausführen)
    - Sonstige: 0 = nichts

Unix-Dateiattribute (4)

- `chmod` mit numerischen Rechten nutzen
  - `rw- r-- ---` = 640 (4+2+0, 4+0+0, 0+0+0)
  - `chmod u=rw,g=r,o= /tmp/log.txt`
    `chmod 640 /tmp/log.txt`
- bei der numerischen Angabe kein „Geben“ und „Nehmen“ von Rechten möglich
  (wie mit `chmod u+x ...`, `chmod o-rwx ...`)

Unix-Dateiattribute (5)

- Beim Erzeugen einer Datei werden Standardrechte gesetzt – welche das sind, bestimmt die UMASK (**u**ser file creation **mask**)

```
$ umask
0022
$ umask a=rw
$ umask
0111
$ touch Datei; ls -l Datei
-rw-rw-rw-  1 esser users 0 2008-12-04 20:48 Datei
$ umask u=rw,g=r,o=
$ umask
0137
$ touch Test; ls -l Test
-rw-r-----  1 esser users 0 2008-12-04 20:50 Test
```

Standard:
Gruppe: nicht schreiben,
Sonstige: nicht schreiben

Unix-Dateiattribute (6)

- umask wird von 666 (`rw-rw-rw-`: Standard-wert für Dateien) bitweise abgezogen, um konkrete Dateirechte zu berechnen;
- Ausführrecht wird beim Erzeugen einer Datei nie vergeben
- Linux unterstützt diese klassischen Unix-Dateiattribute und einige zusätzliche (→ Folien *Extra-Flags*, *Erweiterte Attribute*)

Unix-Dateiattribute (7)

- Dateiattribute nur auf echten Unix-Dateisystemen nutzbar – auf Windows-Datenträgern nur stark eingeschränkt:

```
# mount | grep windows
/dev/sda3 on /windows/D type vfat (rw,gid=100,umask=0002)
# touch /windows/D/Testdatei
# ls -l /windows/D/Testdatei
-rwxrwxr-x  1 root users 0 2006-12-04 21:07 /windows/D/Testdatei
# chmod a-rwx /windows/D/Testdatei
# ls -l /windows/D/Testdatei
----------  1 root users 0 2006-12-04 21:07 /windows/D/Testdatei
# umount /windows/D; mount /windows/D; ls -l /windows/D/Testdatei
-r-xr-xr-x  1 root users 0 2006-12-04 21:07 /windows/D/Testdatei
```

- Windows kennt kein Ausführattribut – wohl aber ein Read-Only-Attribut

Unix-Dateiattribute (8)

- Bedeutung der Attribute für Verzeichnisse:
  - **r**ead: Verzeichnisinhalt lesen (`ls` in einem Verzeichnis ausführen)
  - **w**rite: Verzeichnisinhalt ändern (z. B. neue Datei erzeugen, Datei umbenennen)
  - e**x**ecute: Verzeichnis betreten, also zum aktuellen Arbeitsverzeichnis machen (`cd`)
  - Standardrechte, von denen die umask abgezogen wird, sind bei Verzeichnissen 777 (denn x = execute steht ja für „Verzeichnis betreten“)

Beispielszenario (4)

- Zurück zum Beispielszenario
  - Ersteinrichtung:

```
root# chown -R root /srv/profs /srv/studis
root# chgrp -R profs /srv/profs/intern
root# chmod ug=rwx,o= /srv/profs/intern
root# chgrp -R profs /srv/profs/public
root# chmod ug=rwx,o=rx /srv/profs/public
root# chgrp -R studis /srv/studis
root# chmod ug=rwx,o= /srv/studis
```

  - neue Dateien erzeugen:

```
prof1$ newgrp profs   # als „profs“-Mitglied arbeiten
prof1$ umask 0007     # Neue Dateien nicht für andere
prof1$ cd /srv/profs/intern
prof1$ touch pruefung.doc
prof1$ ls -l pruefung.doc
-rw-rw---- 1 prof1 profs ...     pruefung.doc
```

SUID, SGID (1)

- Problem: Es gibt Dateien, die Benutzer nur „unter kontrollierten Bedingungen“ ändern dürfen, z. B. die Passwortdatei `/etc/shadow`
  - Änderung an der Datei mit dem Tool `passwd`
  - Dafür sind Root-Rechte nötig
  - Normale Anwender haben keine Root-Rechte
- Zwei Lösungen
  - klassisch: SUID (siehe nächste Folie)
  - neuer: `sudo` (behandeln wir hier nicht)

SUID, SGID (2)

- Ausführbare Dateien (nur Binaries) können ein SUID- (Set User ID) und/oder ein SGID-Bit (Set Group ID) haben
  - SUID: Programm läuft immer mit den Rechten des Dateibesitzers, meist `root`
  - SGID: Programm läuft immer mit den Gruppenrechten der Dateigruppe (seltener verwendet)
  - Beispiel: `passwd` muss Systemdateien ändern

```
$ ls -l /usr/bin/passwd /etc/shadow
-rwsr-xr-x 1 root root    ...  /usr/bin/passwd
-rw-r----- 1 root shadow  ...  /etc/shadow
```


SUID, SGID (3)

- SUID- und SGID-Bits mit `chmod` setzen

```
# cp /usr/bin/passwd /tmp/mypasswd
# chmod u-s,g+s /tmp/mypasswd
# ls -l /usr/bin/passwd /tmp/mypasswd
-rwsr-xr-x 1 root root    ...  /usr/bin/passwd
-rwxr-sr-x 1 root shadow  ...  /tmp/mypasswd
```

- s-Bits erscheinen in der `ls`-Ausgabe immer an der Stelle, wo sonst das x steht
- Diese Bits sind bei Shell-Skripten wirkungslos (in einigen älteren Unix-Versionen funktionierte das auch mit Skripten)

Extra-Flags (1)

- Ext2-/Ext3-/Ext4-Extra-Flags (immutable, append-only etc.) mit `chattr` bearbeiten

```
NAME
       chattr - change file attributes on a Linux second
                extended file system

SYNOPSIS
       chattr [ -RV ] [ -v version ] [ mode ] files...

DESCRIPTION
       chattr changes the file attributes on a Linux second
       extended file system.

       The format of a symbolic mode is +-=[ASacDdIijsTtu].

       The operator `+' causes the selected attributes to be
       added to the existing attributes of the files; `-'
       causes them to be removed; and `=' causes them to be
       the only attributes that the files have.
```

Extra-Flags (2)

- Beispiel für `chattr`:

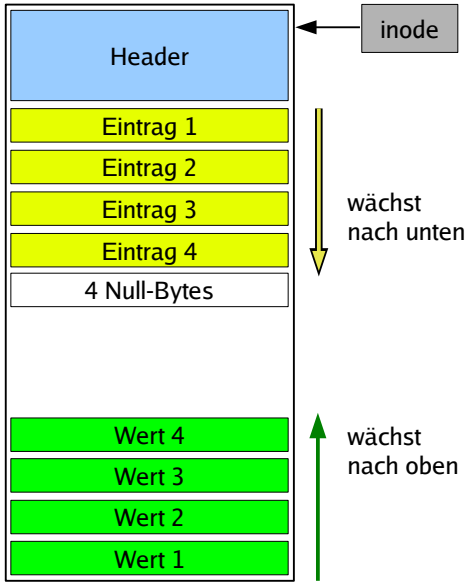
```
# cd /tmp;  touch logdatei
# chattr +a logdatei
# echo Hallo >> logdatei        #  >> = anhängen
# echo Welt >> logdatei
# cat logdatei
Hallo
Welt
# echo Ueberschreiben > logdatei
bash: logdatei: Die Operation ist nicht erlaubt
```

- Attribute anzeigen mit `lsattr`:

```
# lsattr -l logdatei
logdatei                        Append_Only
```


Erweiterte Attribute (1)

- Erweiterte Attribute speichern beliebige Name-/Wert-Paare, u. a. ACLs
- Inode-Größe: 128 Byte
  - kein Platz für erweiterte Attribute
  - Vergrößerung auf 256 Byte nicht effizient
- Lösung: Separater Block für extended attributes



Erweiterte Attribute (2)

- bearbeiten mit `setfattr`, `getfattr`, `attr`:

```
amd64:/home/esser # setfattr -n user.foo -v betriebssysteme test.txt
amd64:/home/esser # getfattr -d test.txt
# file: test.txt
user.foo="betriebssysteme"

amd64:/home/esser # attr -g user.foo test.txt
Attribute "user.foo" had a 15 byte value for test.txt:
betriebssysteme
```

- Software ist auf dem Debian-System nicht installiert → `apt-get install attr`
- Verwaltung von ACLs über das Paket `acl` → `apt-get install acl`
  - Tools: `getfacl`, `setfacl`

Dreierlei Attribute

Nicht verwechseln:

- Standard-Unix-Dateiattribute
  - UID, GID
  - Standardzugriffsrechte rwx für user/group/others
  - Zugriffszeiten, ...
- Extra-Flags
  - immutable, compressed, secure deletion, ...
- Extended Attributes
  - beliebige, frei definierbare Attribute (inkl. ACLs)