

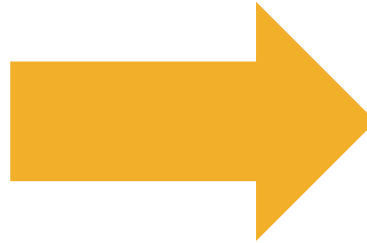
# Einführung in die Betriebssysteme

Martin Spörl

# Dateisysteme

# Grundlagen

- Datei = Zusammengehöriger Block an Daten (Bits)
- Dateien werden *persistent* auf Datenträgern gespeichert
- Datenträger nutzen interne Adressen zum Ablegen
- Interne Adresse muss für User verständlich werden



## **Dateisystem**

- Ablagestrategie für Dateien auf einem Datenträger
- Ermöglicht das lesen, verändern und löschen von Dateien
- Fügt Attribute zu Dateien hinzu um Verhalten und Zugriff zu steuern

# Arten I - Lineares Dateisystem

- Die älteste Art von allen Dateisystemen
- Daten werden linear nacheinander auf Medium gespeichert
- Dateinamen dürfen nie doppelt vorkommen (alle Dateien im selben Namensraum)
- Wurden u.a. für Lochkarten genutzt
- Finden heute bei Magnetbändern noch Einsatz (Backups)



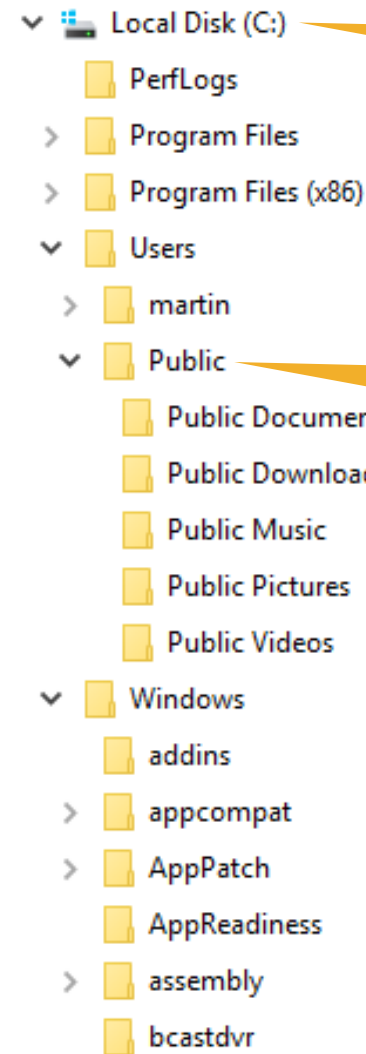
# Arten II - Hierarchisches Dateisystem

- Ziel: Daten möglichst Strukturiert speichern
- Früher waren alle Daten in einem Ordner
  - Sehr ineffizient (bei großer Speicherkapazität)
  - Unübersichtlich
- Einführung von Unterverzeichnissen

## Ordnertrennung

Windows: \ (z.B.: C:\Windows\System32)

Linux: / (z.B.: /home/myname)



Wurzelverzeichnis

Unterordner

# Arten III - Netzwerkdateisystem

- Ziel: Daten zentral im Netzwerk ablegen
- Dateisystem ermöglicht Zugriff über Netzwerk (SAN – „Storage Area Network“)
- Betriebssystem bietet die selben Systemaufrufe wie für lokale Dateisysteme
  - Netzwerkdateisysteme sind für Programme transparent
  - Erfordern spezielle Protokolle (u.a. für Synchronisierung)
- Metaserver verhindern gleichzeitiges Schreiben
- Besondere Form: Cluster-Dateisystem
  - Alle Rechner in einem Cluster greifen auf das Dateisystem zu
  - Oft bei Datenbanken genutzt

## **Netzwerkdateisystem**

- Network Filesystem (NFS)
- Common-Internet-File-System (CIFS)
- WebDAV
  - Besonderheit: Zugriff via HTTP

# Arten IV - Virtuelles Dateisystem

- Ziel: Abstraktionsschicht die Applikationen Zugriff auf verschiedene Dateisystem ermöglicht
- Ein VFS stellt eine allgemeine Schnittstelle für den Kernel / Applikationen bereit
- „unter“ dem VFS können beliebige Dateisystem (co-)existieren, die das VFS entsprechend abstrahiert
- VFS können auch zwischen lokalem Speicher und Netzwerkspeicher abstrahieren (z.B. Network File System (NFS)) sodass beides mit gleichen Methode funktioniert

# Speichermedien I

## Hard Disk Drive (HDD)

- Magnetisches Speichermedium
- Direkt Adressierbar
- Daten liegen auf rotierenden Scheiben („Plattern“) und werden von einem Schreib/Lesekopf („head“) gelesen
- Schreib/Lesekopf wird durch einen Arm („Aktor“, engl. „Actuator“) bewegt



## Solid State Disk (SSD)

- Flash-Speicher (EEPROM) oder SDRAM
- Direktadressierbar
- speichert Daten in Flashspeicherzellen
- Wurde oft mit HDD kombiniert (SSD als Cache; HDD als Stromausfall Sicherung)
- Inzwischen in verschiedenen Bauformen erhältlich





# Exkurs SSDs

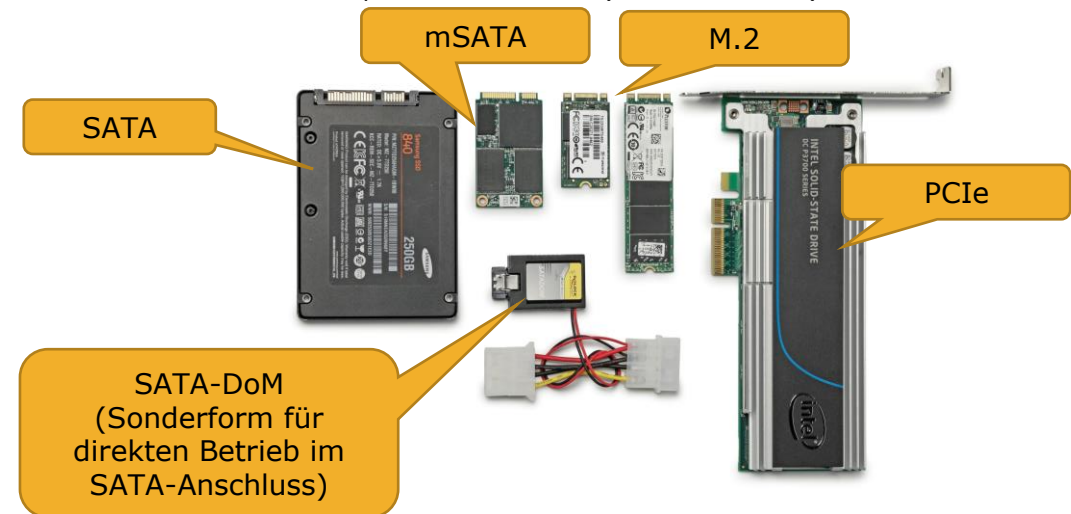
## Speicherstrategien

- Single Level Cells (SLC) = Speichert 1 Bit pro Zelle
- Multi Level Cells (MLC) = Speichert min. 2 Bit pro Zelle
- Triple Level Cells (TLC) = Speichert 3 Bit pro Zelle
- Quadruple Level Cells (QLC) = Speichert 4 Bit pro Zelle
- Problem:
  - Jede Statusänderung erfordert Schriebvorgang
  - Je mehr Bits pro Zelle, desto mehr Schreibvorgänge, desto kürzer die Lebensdauer
  - Speicherdichte beeinflusst zu dem die Performance – je mehr Zustände pro Zelle möglich, desto genauer muss Controller arbeiten / lesen
- Lösung: 3D-NAND
  - SLC, MLC, TLC & QLC sind in der Ebene angeordnet
  - Bei 3D-Speicher ist Speicherzelle ein Block – Layer sind gestapelt

=> Mehr Kapazität bei weniger Grundfläche + mehr Performance & Kapazität (Beispiel: WD nimmt ca. 64 Layer – d.h. 64x Mehr Kapazität bei gleicher Grundfläche)

## Bauformen

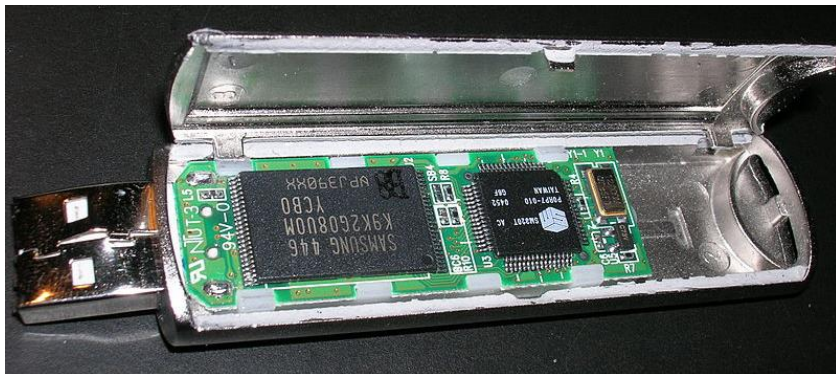
- SATA
  - Anschluss für SATA
  - Derzeit häufigste & erschwinglichste Art
- mSATA
  - kleiner als SATA
  - häufig für Laptops genutzt
- M.2 SSD
  - mit M.2 Schnittstelle
  - oft als Disk in mobilen Geräten
- PCIe SSD
  - Als PCIe Karte
  - Teuerste aber performanteste Art (meist für Server)



# Speichermethoden II

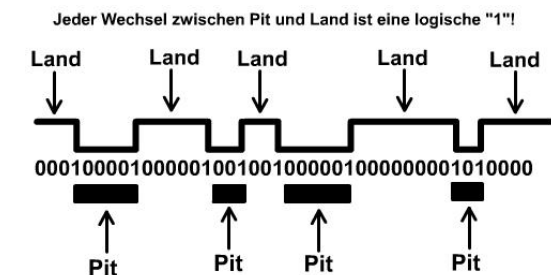
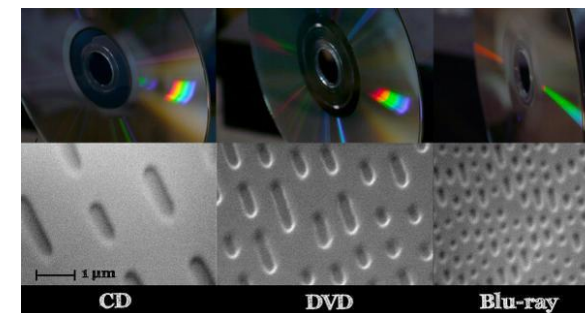
## Flash-Drive (USB Stick)

- basiert auf EEPROM (electrical erasable programmable read only memory)
- Daten liegen in Speicherzellen
  - Typische Größen: Byte (8 Bit), Word (16 Bit), Quadruple Word (64 Bit)
- Architektur
  - Speicherzellen immer als Matrix (1. Achse Datenleitung, 2. Achse Adressleitung)
  - Datenleitung durch NAND- oder NOR realisiert
    - NAND: Speicherzellen in großen Gruppen in Reihe -> teilen sich eine Datenleitung -> weniger Platz, dafür arbeiten in Blöcken
    - NOR: Speicherzellen parallel geschaltet -> genaue Selektierung nötig, dafür mehr Platzverbrauch



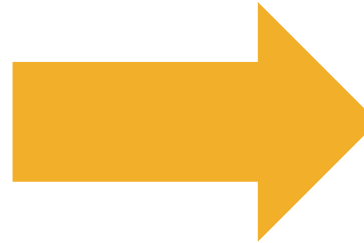
## CD / DVD / Blu-ray

- Optische Speicher
- Daten liegen seriell auf der Scheibe
- Datenablage in „Pits“
  - Pits sind Vertiefungen
  - Normalniveau = „Land“
  - Wechsel zwischen Pit und Land = Logisch 1
- Ursprünglich nur Read-Only
- Durch diverse Methoden (wieder-)beschreibbar



# RAID I - Grundlagen

- **R**edundant **A**rray of **I**ndependent **D**isks
- Ziel: Redundanz zur Absicherung gegen Ausfall
- Sollte eine Disk im Verbund ausfallen, können die Informationen wiederhergestellt werden („Rebuild“)
- Wird in Hardware- & Software RAID unterschieden
  - Hardware RAID = Einsatz von Hardware Controllern
  - Software RAID = Zusammenschluss durch entsprechende Treiber (z.b. LVM)



!!! RAID ist kein Backup !!!



Beispielszenario:

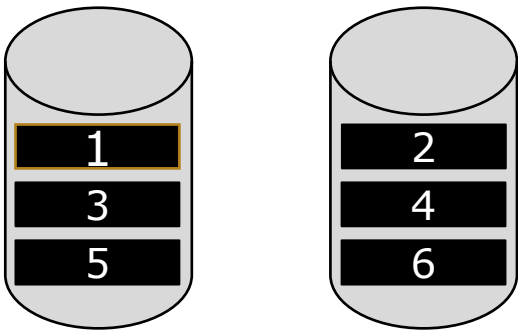
Aus Versehen wird Datei X gelöscht

- Im RAID ist sie überall weg
- Im Backup ist nach wie vor vorhanden

# RAID II - Arten

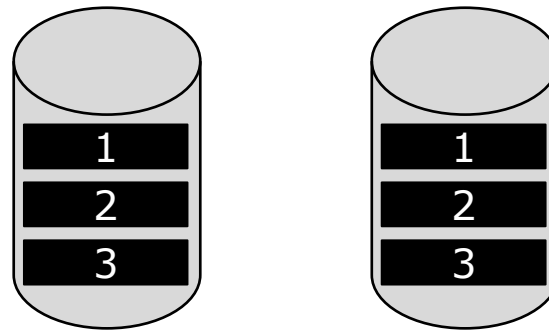
## RAID 0

- Striping
- Kapazität:  $\text{SUMME}(\text{DiskSize})$



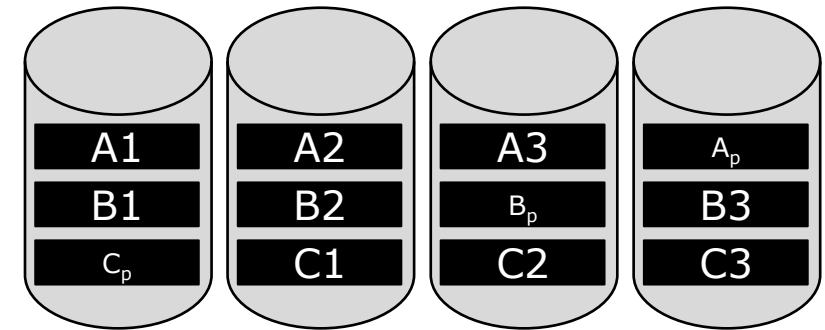
## RAID 1

- Mirroring
- Kapazität:  $0,5 * \text{SUM}(\text{DiskSize})$



## RAID 5

- distributed Parity
- Kapazität:  $(\text{COUNT}(\text{Platten}) - 1) * \text{DiskSize}$



Weitere RAID Level & Kombinationen möglich (z.B. RAID 10)

# Partitionstabellen I

## Partition

- Aufteilung eines physischen Datenspeichers in zusammenhängende Teile
- Jeder Teil erscheint als eigener logischer Datenspeicher
- Partitionen können nicht überlappen
- Werden oft erst ab einer gewissen (sinnvollen Größe eingesetzt)
  - Disketten hatten keine Partitionen

## Partitionstabelle

- genormte Datenstruktur, die Information über die Aufteilung eines physischen Datenträgers enthält
- Meistverbreitetester Standard: *Master Boot Record*
- Nachfolger GUID Partition Table (GPT) auf dem Vormarsch

# Partitionstabellen II - MBR

| Adresse | Inhalt  | Länge (Byte) |
|---------|---|--------------|
| 0x0000  | Master Boot Routine                                 | 440          |
| 0x01B8  | Datenträgersignatur (seit Windows 2000)             | 4            |
| 0x01BC  | 0x0000  | 2            |
| 0x01BE  | Partitionstabelle                                   | 64           |
| 0x01FE  | Magic Number („Bootsector Signature“ – immer x55AA) | 2            |
| 0x01FF  |   |              |

Siehe „5 – Booten“

Zeigt die Partitionen an

# Partitionstabellen III

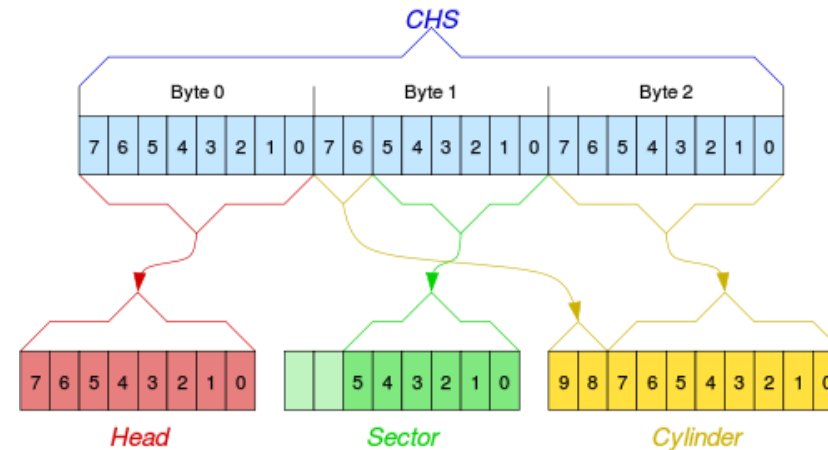
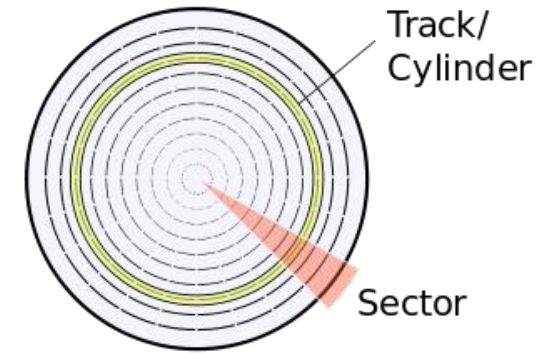
## Aufbau MBR Partitionstabelle

- Steht an Byte 446 (Adresse 0x01BE)
- bis zu 4 Einträge (Partition)
- Informationen stehen in Little-Endian Format
- Für Kompatibilität: Sektoren im CHS Format
  - **C**ylinder
  - **H**ead
  - **S**ector
  - Beschreibt sozusagen die Festplattengeometrie
- Für größere Platten: Sektoren im LBA Format
  - Logical Block Addressing
  - Unabhängig von Festplattengeometrie
  - Jeder Sektor ist ein Block
  - Blöcke werden von 0 durchnummeriert

| Adresse<br>(+0x01<br>BE) | Inhalt  | Länge<br>(Byte) |
|--------------------------|---|-----------------|
| 0x0000                   | Bootfähigkeit (0x80 = bootfähig,<br>0x00 = nicht bootfähig)     | 1               |
| 0x0001                   | Erster Sektor (CHS Format)                                      | 3               |
| 0x0004                   | Partitionstyp   | 1               |
| 0x0005                   | Letzter Sektor (CHS Format)                                     | 3               |
| 0x0008                   | Startsektor (relative zu Anfang der<br>Platte) nach LBA Methode | 4               |
| 0x000C                   | Anzahl der Sektoren (nach LBA<br>Methode)                       | 4               |

# Exkurs: CHS-Format

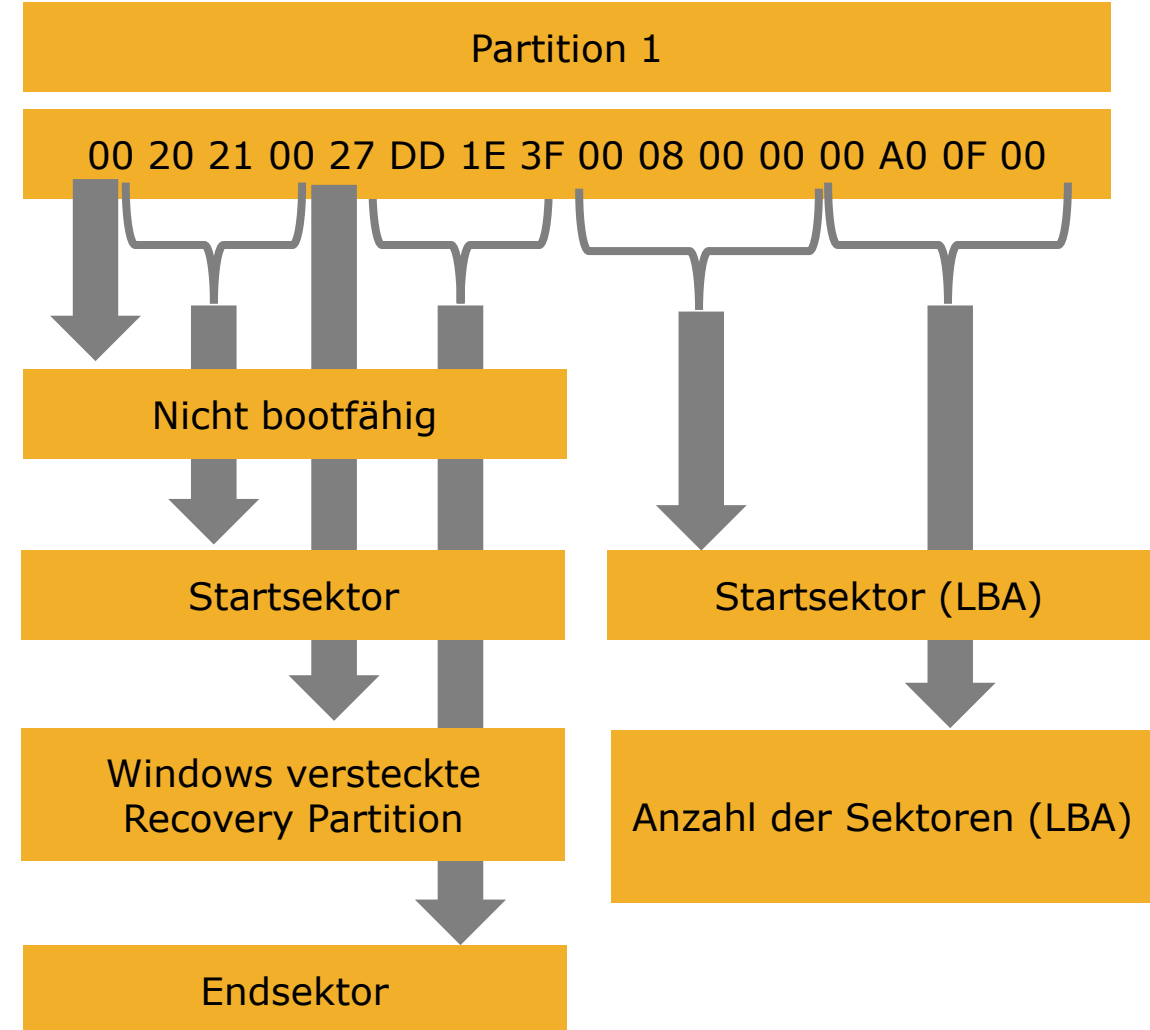
- Sozusagen ein 3 Dimensionales Koordinatensystem für Festplatten
- **Cylinder**
  - Konzentrische Unterteilung des Platters
- **Head**
  - Jeder Actuator hat 2 Lese-/Schreibköpfe
  - Lesen / Schreiben die Daten
- **Sector**
  - sequentielle Einteilung der Cylinder
- Nachfolger: LBA
  - Logical Block Addressing
  - Unabhängig von Festplattengeometrie





# Partitionstabellen IV

| Offset(h)  | 00 | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 | 0A | 0B | 0C | 0D | 0E | 0F |                     |
|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------------------|
| 0000000000 | 33 | C0 | 8E | D0 | BC | 00 | 7C | 8E | C0 | 8E | D8 | BE | 00 | 7C | BF | 00 | 3ÄŽĐ4.  ŽÄŽĐ%.  č.  |
| 0000000010 | 06 | B9 | 00 | 02 | FC | F3 | A4 | 50 | 68 | 1C | 06 | CB | FB | B9 | 04 | 00 | . '...úó×Ph..Ěú'... |
| 0000000020 | BD | BE | 07 | 80 | 7E | 00 | 00 | 7C | 0B | 0F | 85 | 0E | 01 | 83 | C5 | 10 | %%.€~... .....fÄ.   |
| 0000000030 | E2 | F1 | CD | 18 | 88 | 56 | 00 | 55 | C6 | 46 | 11 | 05 | C6 | 46 | 10 | 00 | ãñí. ^V.UÆF..ÆF..   |
| 0000000040 | B4 | 41 | BB | AA | 55 | CD | 13 | 5D | 72 | 0F | 81 | FB | 55 | AA | 75 | 09 | 'A»^Uí.]r..ûU^u.    |
| 0000000050 | F7 | C1 | 01 | 00 | 74 | 03 | FE | 46 | 10 | 66 | 60 | 80 | 7E | 10 | 00 | 74 | ±Á..t.pF.f`€~...t   |
| 0000000060 | 26 | 66 | 68 | 00 | 00 | 00 | 00 | 66 | FF | 76 | 08 | 68 | 00 | 00 | 68 | 00 | &fh....fýv.h..h.    |
| 0000000070 | 7C | 68 | 01 | 00 | 68 | 10 | 00 | B4 | 42 | 8A | 56 | 00 | 8B | F4 | CD | 13 | h..h..`BŠV.<óí.     |
| 0000000080 | 9F | 83 | C4 | 10 | 9E | EB | 14 | B8 | 01 | 02 | BB | 00 | 7C | 8A | 56 | 00 | ŸfÄ.žě...». ŠV.     |
| 0000000090 | 8A | 76 | 01 | 8A | 4E | 02 | 8A | 6E | 03 | CD | 13 | 66 | 61 | 73 | 1C | FE | Šv.ŠN.Šn.í.fas.p    |
| 00000000A0 | 4E | 11 | 75 | 0C | 80 | 7E | 00 | 80 | 0F | 84 | 8A | 00 | B2 | 80 | EB | 84 | N.u.€~.€..„Š.‘€ě„   |
| 00000000B0 | 55 | 32 | E4 | 8A | 56 | 00 | CD | 13 | 5D | EB | 9E | 81 | 3E | FE | 7D | 55 | U2äŠV.í.]ěž.>p}U    |
| 00000000C0 | AA | 75 | 6E | FF | 76 | 00 | E8 | 8D | 00 | 75 | 17 | FA | B0 | D1 | E6 | 64 | *unÿv.ě..u.ú°Ñäd    |
| 00000000D0 | E8 | 83 | 00 | B0 | DF | E6 | 60 | E8 | 7C | 00 | B0 | FF | E6 | 64 | E8 | 75 | ěf.°ßæ`è .°ÿæðeu    |
| 00000000E0 | 00 | FB | B8 | 00 | BB | CD | 1A | 66 | 23 | C0 | 75 | 3B | 66 | 81 | FB | 54 | .ú..»í.f#Äu;f.ûT    |
| 00000000F0 | 43 | 50 | 41 | 75 | 32 | 81 | F9 | 02 | 01 | 72 | 2C | 66 | 68 | 07 | BB | 00 | CPAu2.ù...r,fh.».   |
| 0000000100 | 00 | 66 | 68 | 00 | 02 | 00 | 00 | 66 | 68 | 08 | 00 | 00 | 00 | 66 | 53 | 66 | .fh....fh....fSf    |
| 0000000110 | 53 | 66 | 55 | 66 | 68 | 00 | 00 | 00 | 00 | 66 | 68 | 00 | 7C | 00 | 00 | 66 | SfUfh....fh. ..f    |
| 0000000120 | 61 | 68 | 00 | 00 | 07 | CD | 1A | 5A | 32 | F6 | EA | 00 | 7C | 00 | 00 | CD | ah...í.Z2öě. ..í    |
| 0000000130 | 18 | A0 | B7 | 07 | EB | 08 | A0 | B6 | 07 | EB | 03 | A0 | B5 | 07 | 32 | E4 | . . .ě. ħ.ě. µ.2ä   |
| 0000000140 | 05 | 00 | 07 | 8B | F0 | AC | 3C | 00 | 74 | 09 | BB | 07 | 00 | B4 | 0E | CD | ...<ð~<.t.»...‘.í   |
| 0000000150 | 10 | EB | F2 | F4 | EB | FD | 2B | C9 | E4 | 64 | EB | 00 | 24 | 02 | E0 | F8 | .ěððěý+Ěädě.\$.àø   |
| 0000000160 | 24 | 02 | C3 | 49 | 6E | 76 | 61 | 6C | 69 | 64 | 20 | 70 | 61 | 72 | 74 | 69 | \$.ÄInvalid parti   |
| 0000000170 | 74 | 69 | 6F | 6E | 20 | 74 | 61 | 62 | 6C | 65 | 00 | 45 | 72 | 72 | 6F | 72 | tion table.Error    |
| 0000000180 | 20 | 6C | 6F | 61 | 64 | 69 | 6E | 67 | 20 | 6F | 70 | 65 | 72 | 61 | 74 | 69 | loading operati     |
| 0000000190 | 6E | 67 | 20 | 73 | 79 | 73 | 74 | 65 | 6D | 00 | 4D | 69 | 73 | 73 | 69 | 6E | ng system.Missin    |
| 00000001A0 | 67 | 20 | 6F | 70 | 65 | 72 | 61 | 74 | 69 | 6E | 67 | 20 | 73 | 79 | 73 | 74 | g operating syst    |
| 00000001B0 | 65 | 6D | 00 | 00 | 00 | 63 | 7B | 9A | 5F | 9E | 5C | C6 | 00 | 00 | 00 | 20 | em...c{š_ž\Æ...     |
| 00000001C0 | 21 | 00 | 27 | DD | 1E | 3F | 00 | 08 | 00 | 00 | 00 | A0 | 0F | 00 | 80 | DD | !.'Ý.?..... ..ěÝ    |
| 00000001D0 | 1F | 3F | 27 | 7A | 3B | 7F | 00 | A8 | 0F | 00 | 00 | 98 | 0F | 00 | 00 | 7A | .?'z;...~....z      |
| 00000001E0 | 3C | 7F | 07 | FE | FF | FF | 00 | 40 | 1F | 00 | 14 | EA | E1 | 39 | 00 | FE | <..pÿÿ.@...ěä9.p    |
| 00000001F0 | FF | FF | 27 | FE | FF | FF | 00 | 30 | 01 | 3A | 00 | F8 | 36 | 00 | 55 | AA | ÿÿ'pÿÿ.0...ø6.U^    |



# Partitionstabellen V - GPT

## Grundlagen GUID Partition Table

- Nachfolger von MBR
- Teil der UEFI-Spezifikation
- Nur bedingt mit alten BIOS kompatibel
- Nutzt kein CHS System mehr, aber LBA (moderner)
  - LBA = 512 Byte Große Sektoren
  - Adresse = 64 Bit
  - Maximale Größe der Platte = 8 ZiB

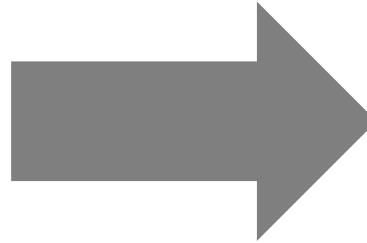
„Am Ende“ des  
Speichermediums

| Adresse (LBA) | Inhalt                                      | Länge (Byte)        |
|---------------|---|---------------------|
| 00            | Protective MBR                              | 512 (1 Sektor)      |
| 01            | GPT Header                                  | 512 (1 Sektor)      |
| 02            | Partitionseinträge (bis zu 128 Partitionen) | 16384 (32 Sektoren) |
| Ab 34         | Partitionen selbst                          | X                   |
| LBA -34       | Backup Partitionseinträge                   | 16384 (32 Sektoren) |
| LBA -1        | Backup GPT Header                           | 512 Byte (1 Sektor) |

# Fragmentierung I

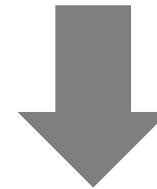
## Recap – Was ist ein Dateisystem?

- Datei = Zusammengehöriger Block an Daten (Bits)
- Ablagestrategie für Dateien auf einem Datenträger
- Ermöglicht das lesen, verändern und löschen von Dateien



## Problem

- Daten werden in Blöcken abgelegt
- Wenn Dateien gelöscht werden, entstehen Blöcke
- Blöcke werden mit anderen Teilen andere Datei gefüllt
- Teile einer Datei können weit verstreut sein

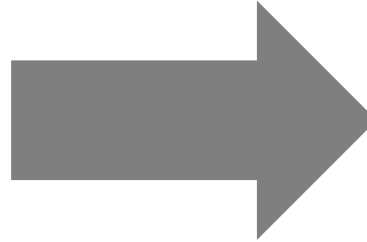


Daten sind fragmentiert

# Fragmentierung II

## Lösung - Defragmentierung

- Einzelne Blöcke einer Datei werden wieder zusammengeführt
- Ggf. bessere Positionierung von Dateien
  - OS Daten „ganz am Anfang“
  - große, selten genutzte Daten „ganz hinten“
- steigert meist Performance



Defragmentieren bei SSDs nicht sinnvoll!



- SSDs adressieren Speicherblöcke
  - Müssen nicht mechanisch erreicht werden
  - lineare Anordnung von Daten nicht nötig („es muss kein Lesekopf hin und her springen“)
- SSDs haben oft interne Algorithmen die Daten zusammenhalten
- Ggf. Schadet Defragmentierung der SSD (verkürzte Lebensdauer durch zu viele Schreibzugriffe)

# Dateisysteme in der Praxis I

## File Allocation Table (FAT)

### Beschreibung

- Zusammenfassung mehrere Dateisystem
- 1977 von Microsoft entwickelt
- durch NTFS (und teilweise exFAT) abgelöst
- Urprünglich für Disketten gedacht, mit FAT32 wurden Festplatten ermöglicht
- wird von sehr vielen OS unterstützt
- Kann bis zu 2 TiB als Dateisystem unterstützen
- nutzt Little-Endian
- Nutzt Cluster
  - Block von „zusammenhängende“ Sektoren
  - i.d.R 2 KB bis 16 KB groß

| Inhalt  | Länge (Sektoren)                                  |
|---|---|
| Bootsektor (VBR)                                | 1   |
| Dateisystem Infos (nur FAT32)                   | 1   |
| Reservierter Bereich                            | #reservierte Sektoren                             |
| FAT- Tabellen (ab FAT32 mit Backup der Tabelle) | #FAT-Tables * Sektoren pro FAT                    |
| Root Directory (bis FAT32)                      | #Root Verzeichnisse * 32 Byte / Bytes pro Sektor) |
| Datenbereich                                    | #Cluster * Sektoren pro Cluser                    |

1 Sektor = 512 Byte (i.d.R.)

# Dateisysteme in der Praxis II

## FAT Bootsektor

| Offset (h) | 00 | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 | 0A | 0B | 0C | 0D | 0E | 0F | Decoded text     |
|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------------|
| 00000000   | EB | 58 | 90 | 61 | 6E | 64 | 72 | 61 | 6E | 64 | 72 | 61 | 6E | 64 | 72 | 61 | ëX.android ..@ . |
| 00000010   | 02 | 00 | 00 | 00 | 00 | F0 | 00 | 00 | 10 | 00 | 04 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 |                  |
| 00000020   | 00 | 28 | ED | 00 | 69 | 07 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 02 | 00 | 00 | 00 | .(i.i.....       |
| 00000030   | 01 | 00 | 02 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....            |
| 00000040   | 00 | 01 | 29 | 02 | 08 | 92 | 7E | 4E | 4F | 20 | 4E | 41 | 4D | 45 | 20 | 20 | ..)..'~NO NAME   |
| 00000050   | 20 | 20 | 46 | 41 | 54 | 33 | 32 | 20 | 20 | 20 | FA | 31 | CO | 8E | D0 | BC | FAT32 úlÀŽD%     |
| 00000060   | 00 | 7C | FB | 8E | D8 | E8 | 00 | 00 | 5E | 83 | C6 | 19 | BB | 07 | 00 | FC | . úŽ0è..^fE.»..ü |
| 00000070   | AC | 84 | CO | 74 | 06 | B4 | 0E | CD | 10 | EB | F5 | 30 | E4 | CD | 16 | CD | ¬„Àt.'.í.ë50äí.í |
| 00000080   | 19 | 0D | 0A | 4E | 6F | 6E | 2D | 73 | 79 | 73 | 74 | 65 | 6D | 20 | 64 | 69 | ...Non-system di |
| 00000090   | 73 | 6B | 0D | 0A | 50 | 72 | 65 | 73 | 73 | 20 | 61 | 6E | 79 | 20 | 6B | 65 | sk..Press any ke |
| 000000A0   | 79 | 20 | 74 | 6F | 20 | 72 | 65 | 62 | 6F | 6F | 74 | 0D | 0A | 00 | 00 | 00 | y to reboot..... |
| 000000B0   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....0.....      |
| 000000C0   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....            |
| 000000D0   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....            |
| 000000E0   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....            |
| 000000F0   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....            |
| 00000100   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....            |
| 00000110   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....            |
| 00000120   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....            |
| 00000130   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....            |
| 00000140   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....            |
| 00000150   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....            |
| 00000160   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....            |
| 00000170   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....            |
| 00000180   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....            |
| 00000190   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....            |
| 000001A0   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....            |
| 000001B0   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....            |
| 000001C0   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....            |
| 000001D0   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....            |
| 000001E0   | 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 | 55 | AA |    | .....U²          |

3 Byte Sprung-Code zum „Bootloader“  
*EB 58 90 = pop eax*  
*jmp 0x64*

# Dateisysteme in der Praxis II

## FAT Bootsektor

| Offset (h) | 00 | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 | 0A | 0B | 0C | 0D | 0E | 0F | Decoded text        |
|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------------------|
| 00000000   | EB | 58 | 90 | 61 | 6E | 64 | 72 | 6F | 69 | 64 | 20 | 00 | 02 | 40 | 20 | 00 | ëX.android ..0 .    |
| 00000010   | 02 | 00 | 00 | 00 | 00 | F0 | 00 | 00 | 10 | 00 | 04 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | ..8.....            |
| 00000020   | 00 | 28 | ED | 00 | 69 | 07 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 02 | 00 | 00 | 00 | ..(i.i...           |
| 00000030   | 01 | 00 | 02 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....               |
| 00000040   | 00 | 01 | 29 | 02 | 08 | 92 | 7E | 4E | 4F | 20 | 4E | 41 | 4D | 45 | 20 | 20 | ..)..'~NO NAME      |
| 00000050   | 20 | 20 | 46 | 41 | 54 | 33 | 32 | 20 | 20 | 20 | FA | 31 | CO | 8E | D0 | BC | FAT32 úlÀŽD%        |
| 00000060   | 00 | 7C | FB | 8E | D8 | E8 | 00 | 00 | 5E | 83 | C6 | 19 | BB | 07 | 00 | FC | .. úŽ0è...^fE.»...ú |
| 00000070   | AC | 84 | CO | 74 | 06 | B4 | 0E | CD | 10 | EB | F5 | 30 | E4 | CD | 16 | CD | ~„Àt.'.í.ë50aí.í    |
| 00000080   | 19 | 0D | 0A | 4E | 6F | 6E | 2D | 73 | 79 | 73 | 74 | 65 | 6D | 20 | 64 | 69 | ...Non-system di    |
| 00000090   | 73 | 6B | 0D | 0A | 50 | 72 | 65 | 73 | 73 | 20 | 61 | 6E | 79 | 20 | 6B | 65 | sk..Press any ke    |
| 000000A0   | 79 | 20 | 74 | 6F | 20 | 72 | 65 | 62 | 6F | 6F | 74 | 0D | 0A | 00 | 00 | 00 | y to reboot.....    |
| 000000B0   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....0.....         |
| 000000C0   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....               |
| 000000D0   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....               |
| 000000E0   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....               |
| 000000F0   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....               |
| 00000100   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....               |
| 00000110   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....               |
| 00000120   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....               |
| 00000130   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....               |
| 00000140   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....               |
| 00000150   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....               |
| 00000160   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....               |
| 00000170   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....               |
| 00000180   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....               |
| 00000190   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....               |
| 000001A0   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....               |
| 000001B0   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....               |
| 000001C0   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....               |
| 000001D0   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....               |
| 000001E0   | 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 | 55 | AA |    | .....U²             |

8 Byte OEM-Name  
61 6E 64 72 6F 69 64 20 00 = *android*

# Dateisysteme in der Praxis II

## FAT Bootsektor

| Offset (h) | 00 | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 | 0A | 0B | 0C | 0D | 0E | 0F | Decoded text     |
|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------------|
| 00000000   | EB | 58 | 90 | 61 | 6E | 64 | 72 | 6F | 69 | 64 | 20 | 00 | 02 | 40 | 20 | 00 | ëX.android ..0 . |
| 00000010   | 02 | 00 | 00 | 00 | 00 | F0 | 00 | 00 | 10 | 00 | 04 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....8.....      |
| 00000020   | 00 | 28 | ED | 00 | 69 | 07 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 02 | 00 | 00 | 00 | .(i.i.....       |
| 00000030   | 01 | 00 | 02 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....            |
| 00000040   | 00 | 01 | 29 | 02 | 08 | 92 | 7E | 4E | 4F | 20 | 4E | 41 | 4D | 45 | 20 | 20 | ..)..'~NO NAME   |
| 00000050   | 20 | 20 | 46 | 41 | 54 | 33 | 32 | 20 | 20 | 20 | FA | 31 | CO | 8E | D0 | BC | FA300 úiÀŽD4     |
| 00000060   | 00 | 7C | FB | 8E | D8 | E8 | 00 | 00 | 5E | 83 | C6 | 19 | BB | 07 | 00 | FC | . úž0è..^jæ.     |
| 00000070   | AC | 84 | C0 | 74 | 06 | B4 | 0E | CD | 10 | EB | F5 | 30 | E4 | CD | 16 | CD | ↵„Àt.'í.ë50äí.I  |
| 00000080   | 19 | 0D | 0A | 4E | 6F | 6E | 2D | 73 | 79 | 73 | 74 | 65 | 6D | 20 | 64 | 69 | ...Non-system di |
| 00000090   | 73 | 6B | 0D | 0A | 50 | 72 | 65 | 73 | 73 | 20 | 61 | 6E | 79 | 20 | 6B | 65 | sk..Press any ke |
| 000000A0   | 79 | 20 | 74 | 6F | 20 | 72 | 65 | 62 | 6F | 6F | 74 | 0D | 0A | 00 | 00 | 00 | y to reboot..... |
| 000000B0   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....0.....      |
| 000000C0   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....            |
| 000000D0   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....            |
| 000000E0   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....            |
| 000000F0   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....            |
| 00000100   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....            |
| 00000110   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....            |
| 00000120   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....            |
| 00000130   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....            |
| 00000140   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....            |
| 00000150   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....            |
| 00000160   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....            |
| 00000170   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....            |
| 00000180   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....            |
| 00000190   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....            |
| 000001A0   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....            |
| 000001B0   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....            |
| 000001C0   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....            |
| 000001D0   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....            |
| 000001E0   | 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 | 55 | AA |    | .....U²          |

Bios Parameter & extended Parameter  
z.B. Bytes per Sector, Reserved  
Sektors, Mediatype, ...



# Dateisysteme in der Praxis II

## FAT Bootsektor

| Offset (h) | 00 | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 | 0A | 0B | 0C | 0D | 0E | 0F    | Decoded text       |
|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|--------------------|
| 00000000   | EB | 58 | 90 | 61 | 6E | 64 | 72 | 6F | 69 | 64 | 20 | 00 | 02 | 40 | 20 | 00    | ëX.android ..0 .   |
| 00000010   | 02 | 00 | 00 | 00 | 00 | F0 | 00 | 00 | 10 | 00 | 04 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00    | .....8.....        |
| 00000020   | 00 | 28 | ED | 00 | 69 | 07 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 02 | 00 | 00 | 00    | .(i.i.....         |
| 00000030   | 01 | 00 | 02 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00    | .....              |
| 00000040   | 00 | 01 | 29 | 02 | 08 | 92 | 7E | 4E | 4F | 20 | 4E | 41 | 4D | 45 | 20 | 20    | ..)..'~NO NAME     |
| 00000050   | 20 | 20 | 46 | 41 | 54 | 33 | 32 | 20 | 20 | 20 | FA | 31 | CO | 8E | D0 | BC    | FAT32 úlÀŽD%       |
| 00000060   | 00 | 7C | FB | 8E | D8 | E8 | 00 | 00 | 5E | 83 | C6 | 19 | BB | 07 | 00 | FC    | . úŽ0è..^fE.»..ú   |
| 00000070   | AC | 84 | C0 | 74 | 06 | B4 | 0E | CD | 10 | EB | F5 | 30 | E4 | CD | 16 | CD    | ¬„Àt.'.í.ë50äí.í   |
| 00000080   | 19 | 0D | 0A | 4E | 6F | 6E | 2D | 73 | 79 | 73 | 74 | 65 | 6D | 20 | 64 | 69    | ...Non-system di   |
| 00000090   | 73 | 6B | 0D | 0A | 50 | 72 | 65 | 73 | 73 | 20 | 61 | 6E | 79 | 20 | 6B | 65    | sk..Press any ke   |
| 000000A0   | 79 | 20 | 74 | 6F | 20 | 72 | 65 | 62 | 6F | 6F | 74 | 0D | 0A | 00 | 00 | 00    | y to reboot.....   |
| 000000B0   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00    | .....0.....        |
| 000000C0   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00    | .....              |
| 000000D0   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00    | .....              |
| 000000E0   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00    | .....              |
| 000000F0   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00    | .....              |
| 00000100   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00    | .....              |
| 00000110   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00    | .....              |
| 00000120   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00    | .....              |
| 00000130   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00    | .....              |
| 00000140   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00    | .....              |
| 00000150   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00    | .....              |
| 00000160   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00    | .....              |
| 00000170   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00    | .....              |
| 00000180   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00    | .....              |
| 00000190   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00    | .....              |
| 000001A0   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00    | .....              |
| 000001B0   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00    | .....Non-system di |
| 000001C0   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00    | .....              |
| 000001D0   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00    | .....              |
| 000001E0   | 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 | 00 | 55 AA | .....U²            |

Bootloader der z.B. vom MBR geladen wird

# Dateisysteme in der Praxis II

## FAT Bootsektor

| Offset (h) | 00 | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 | 0A | 0B | 0C | 0D | 0E | 0F | Decoded text       |
|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------------|
| 00000000   | EB | 58 | 90 | 61 | 6E | 64 | 72 | 6F | 69 | 64 | 20 | 00 | 02 | 40 | 20 | 00 | ëX.android ..0 .   |
| 00000010   | 02 | 00 | 00 | 00 | 00 | F0 | 00 | 00 | 10 | 00 | 04 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....8.....        |
| 00000020   | 00 | 28 | ED | 00 | 69 | 07 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 02 | 00 | 00 | 00 | .(i.i.....         |
| 00000030   | 01 | 00 | 02 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....              |
| 00000040   | 00 | 01 | 29 | 02 | 08 | 92 | 7E | 4E | 4F | 20 | 4E | 41 | 4D | 45 | 20 | 20 | ..)..'~NO NAME     |
| 00000050   | 20 | 20 | 46 | 41 | 54 | 33 | 32 | 20 | 20 | 20 | FA | 31 | C0 | 8E | D0 | BC | FAT32 úlÀŽD%       |
| 00000060   | 00 | 7C | FB | 8E | D8 | E8 | 00 | 00 | 5E | 83 | C6 | 19 | BB | 07 | 00 | FC | . ûŽ0è...^fE.»...û |
| 00000070   | AC | 84 | C0 | 74 | 06 | B4 | 0E | CD | 10 | EB | F5 | 30 | E4 | CD | 16 | CD | ¬„Àt.'.í.ë50äí.í   |
| 00000080   | 19 | 0D | 0A | 4E | 6F | 6E | 2D | 73 | 79 | 73 | 74 | 65 | 6D | 20 | 64 | 69 | ...Non-system di   |
| 00000090   | 73 | 6B | 0D | 0A | 50 | 72 | 65 | 73 | 73 | 20 | 61 | 6E | 79 | 20 | 6B | 65 | sk..Press any ke   |
| 000000A0   | 79 | 20 | 74 | 6F | 20 | 72 | 65 | 62 | 6F | 6F | 74 | 0D | 0A | 00 | 00 | 00 | y to reboot.....   |
| 000000B0   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....0.....        |
| 000000C0   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....              |
| 000000D0   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....              |
| 000000E0   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....              |
| 000000F0   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....              |
| 00000100   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....              |
| 00000110   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....              |
| 00000120   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....              |
| 00000130   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....              |
| 00000140   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....              |
| 00000150   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....              |
| 00000160   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....              |
| 00000170   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....              |
| 00000180   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....              |
| 00000190   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....              |
| 000001A0   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....              |
| 000001B0   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....              |
| 000001C0   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....              |
| 000001D0   | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | .....              |
| 000001E0   | 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 | .....U²            |

Magic Bytes (markieren Ende des Sektors)

# Dateisysteme in der Praxis II

## New Technology File System (NTFS)

### Beschreibung

- Mit Windows NT 3.1 veröffentlicht (1993)
- Übernimmt viele Eigenschaften des HPFS (von IBM) und FAT
- Proprietär von Microsoft
- Erweitert die Konzepte für mehr Erweiterbarkeit, Performance und Sicherheit
- Wichtige Eigenschaften:
  - B-Baum Indexstruktur zum Protokollieren der Dateien
  - Informationen zu den Dateien liegen in den Dateien selbst (nicht in Tabelle wie bei FAT)
  - ACL („Access Control List“) zur Zugriffskontrolle
  - Unterstützung sehr großer Dateien (bis 16 EiB)
  - Lange Dateinamen, 8.3 Dateinamen und Unicode-Namen

Pfade dürfen bis zu 65535 Zeichen lang sein (Windows lässt aber weniger zu)

max. 8 Zeichen gefolgt von „.“ gefolgt von max. 3 Zeichen Dateiendung. Bei Überschreiten wird „~“ mit fortlaufender Nummer angehängen  
Beispiele: Textdo~1.doc

### Funktionsweise

- NTFS nutzt MFT (Master File Table)
  - Beinhaltet welcher Block zu welcher Datei gehört
  - kleine Verzeichnisse und Dateien werden direkt in MFT geschrieben
  - MFT hat fest reservierten Bereich auf der Festplatte (wird er zu klein wird weiterer Bereich aus freien Festplattenplatz genommen)
- Während Schreibvorgängen, wird Journal geschrieben
  - Alle (geplanten) Aktionen stehen zuerst im Journal
  - wird Schreibvorgang ab- / unterbrochen muss Dateisystem nur die Aktion aus dem Journal rückgängig machen

# Dateisysteme in der Praxis III

## Hierarchical File System Plus (HFS+) & Apple File System

### Beschreibung HFS+

- Alle HFS+ Partitionen sind in Sektoren geteilt (i.d.R. 512 Byte)
- Mehrere Sektoren zu Blöcken zusammengefasst
- Nutzt Journaling
- Nutzen von diversen Strukturen um Informationen zu halten (Auszug)
  - Boot block (Sektor 0 / 1)
  - Volume Header (Sektor 2)
  - Allocation File (vermerkt freie Blöcke)
  - Catalog File (vermerkt Blöcke der Dateien)
  - Attributes File (speichert die Attribute der Dateien)

### Beschreibung APFS

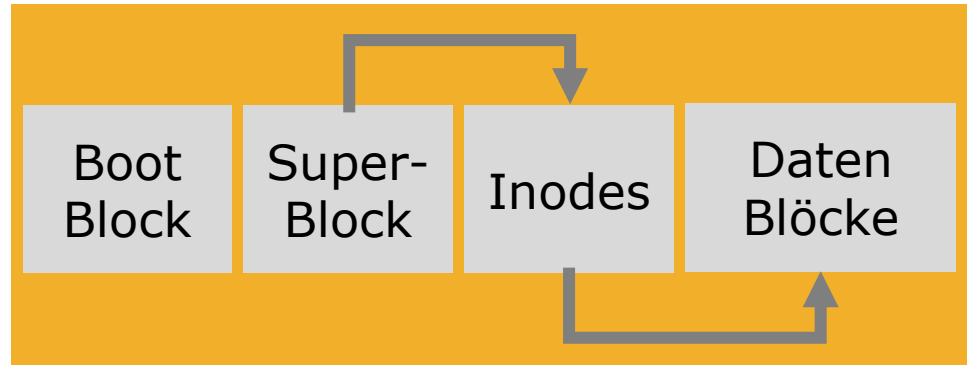
- Nachfolger von HFS+
- War erst nur im iPhone verfügbar, später auch für Mac
- Optimiert für Flash-Speicher (SSDs)
- Kann GröÙte dynamisch ohne neue Partitionierung anpassen
- Nutzt Copy-on-Write um Klone (Kopien) direkt verfügbar zu machen
- Verbesserte Unterstützung von Verschlüsselung

# Dateisysteme in der Praxis IV

## Grundideen von Unix-Dateisystemen

### „Everything is a file“

- Sehr oft bei Unix genutzt
- Nutzt Baumstruktur mit „Inodes“ als Blätter
  - Inodes sind Sammlung von Zeigern auf Datenblöcke einer Datei
  - Pro Datei eine Inode



### Gelöste Probleme

- alles (auch Geräte) erscheinen einheitliche
- einheitlicher, transparenter Zugriff auf Informationen
  - OS gibt Applikation Dateizeiger
  - Alle weiteren Aktionen laufen über normale Lese/Schreib-Schnittstelle
- Alles unter einem Wurzelverzeichnis (Keine Laufwerksbuchstaben (oder ähnliche Ansätze))

# Dateisysteme in der Praxis V

## Extended Filesystem (ext[2-4])

### Beschreibung

- Nutzt den Grundansatz vieler Unix-FS des Superblocks & Inodes
- Nutzt Little-Endian
- Bietet Versionsmechanismus, der Abwärtskompatibilität ermöglicht
- Ab ext3
  - Journal für Änderungen
  - Online Größenänderung von Dateisystem
- Ab ext4
  - Mehr als 32.000 Unterverzeichnisse
  - Maximale Dateigröße == gesamtes Dateisystem
  - Trim-Funktion (freie Blöcke werden an das Speichermedium weitergereicht – z.B. Thin-Provisioning)
  - Weitere in der Entwicklung

### Funktionsweise

- Speicherplatz wird in Blöcke zerlegt
- Auf diese Blöcke zeigen Inodes
  - Speichern auch Attribute & Zugriffsrechte
- Alle Infos über Dateisystem stehen im Superblock (i.d.R. auf Sektor 3 (1024 Byte))
  - Größe & Anzahl der Blöcke
  - Anzahl der Inodes
  - Verweis auf die Inode-Struktur
  - Letzter Mount-Vorgang
  - Identifikationsnummer
  - ...
- vom Superblock werden diverse Kopien gehalten