

---

**Jörg Schilling**  
**CDs abspielen und kopieren**  
**ist spielend einfach**  
**Fokus Fraunhofer**

## **CDs abspielen geht einfach...**

---

- **Audio CD in Audio-Player und „start“ drücken**
- **Audio CD in PC und Abspielprogramm starten**
- **Daten CD in PC und automounter macht FS verfügbar**
  
- **Was passiert wenn die CD verkratzt ist?**
- **Was passiert, wenn die CD absichtliche Fehler enthält?**
- **Kann ich „UN-CDs“ auf dem PC nutzen?**
- **Kann ich problematische CDs kopieren?**

# Was passiert beim Einlegen einer CD-ROM?

---

- **Lesbare CD wird in das Laufwerk eingelegt**
  - **Der Laufwerkstatus wechselt von**
    - „Not READY“ - medium not present
  - **Auf**
    - „READY“
  - **Automounter versucht das TOC zu lesen**
    - Hier kann schon alles vorbei sein...
  - **TOC sagt: Daten CD**
  - **Automounter liest Anfang der CD, bestimmt FS-Type**
  - **Automounter mountet mit richtigem FS-Type**
-

# Was passiert beim Einlegen einer Audio-CD?

---

- **Lesbare CD wird in das Laufwerk eingelegt**
- **Der Laufwerkstatus wechselt von**
  - „Not READY“ - medium not present
- **Auf**
  - „READY“
- **Automounter versucht das TOC zu lesen**
  - Hier kann schon alles vorbei sein...
- **TOC sagt: Audio-CD**
- **Automounter startet evt. vorkonfiguriertes Play-Programm**

## **Man muß die Struktur der CD kennen...**

---

- **Um zu verstehen was für Probleme entstehen können muß man wissen wie die Daten Organisiert sind**
- **Wenn man die grobe Struktur einmal kennt, kann man sich den Rest immer selbst ableiten**
- **Daher erstmal ein Ausflug in die Tiefen...**

# Die Struktur eines Daten-CD Sektors

---

- **Oberste Ebene: Datensektor mit 2048 Bytes**
- **Darunter: Audiosektor mit 2352 Bytes**
  - **Darin eingebettet:**
    - **Offset 0: 12 Bytes Sync Header**
    - **Offset 12: 3 Bytes Sektor-Adresse + 1 Byte Mode**
    - **Offset 16: 2048 Bytes Nutzdaten**
    - **Offset 2064: 4 Bytes ECC**
    - **Offset 2068: 8 Bytes „Reserviert“ (Nullen)**
    - **Offset 2076: 276 Bytes L2 P + L2 Q (2xReed Solomon)**
  - **Dafür gibt es eine Bibliothek zur Fehlerkorrektur die von *cdrecord* und *readcd* genutzt werden**

# Die Struktur eines Audio-CD Sektors

---

- **Oberste Ebene: Audio Sektor mit 2352 Bytes**
  - **Darunter Fehlerkorrektur und Subkanaldaten:**
    - **$98 * (24 \text{ Audio Bytes} + 1 \text{ Byte Subkanaldaten})$**
- **Ab hier sind die Daten nicht mehr extern zu kontrollieren:**
  - **2 der 98 Subkanal Bytes sind Sync**
  - **Jeder 24 Byte Audio-Frame wird mit Reed Solomon um 4 Bytes Fehlerkorrektur auf 28 Bytes erweitert (Korrektur C2)**
  - **Diese Daten werden verwürfelt**
  - **Jeder 28 Byte Block wird mit Reed Solomon um 4 Bytes Fehlerkorrektur auf 32 Bytes erweitert (Korrektur C1)**
  - **Jeweils 8 Bits werden auf 14 Bits erweitert (EFM)**
    - **Lesefehler mit 1:64 Wahrscheinlichkeit erkannt**

## Das TOC (Inhaltsverzeichnis) einer CD

---

- **Das Inhaltsverzeichnis befindet sich in den Subkanaldaten von Track 0**
  - **Jeder Eintrag belegt 96 Bits**
  - **Ein typischer Track belegt 2 Indizes =  $2 \times 96$  Bits**
- **Track 0 liegt vor dem „ersten Lied“ der CD ganz innen**
- **TOC im Mittel ca. 2,5 Minuten = 11250 Sektoren**
  - **Bei einer CD mit 99 Tracks ca. 60 Wiederholungen**
  - **Bei einer CD mit 15 Tracks 375 Wiederholungen**
- **TOC unlesbar → ganze CD unlesbar**



## Weiter mit praktischen Problemen

---

- **Was für bekannte Probleme gibt es?**
  - **Nicht lesbares TOC**
  - **Fehlerhaftes TOC (teilweise absichtlich)**
  - **Audio-Sektoren sind als Daten-Sektoren markiert**
  - **Laufwerk überspringt Audio-Frames**
  - **Lesefehler durch Kratzer oder Luftblasen**
  - **Lesefehler durch absichtliche Defekte**
  - **Lesefehler durch Zersetzung des Farbstoffes**
  - **Leseprogramm versteht Sektortyp nicht**

## Warum gehen einige Audio-CDs nicht?

---

- **Die CD hat echte Lese Probleme:**
  - **Kratzer → cdda2wav und/oder Polierpaste**
  - **Luftblasen → cdda2wav und/oder Klebeband**
- **CD ist nicht Standard-konform:**
  - **Einige Medien verzerren stark**
  - **Nur wenige Sekunden können gelesen werden**
  - **„READ TOC“ scheitert**
  - **TOC fehlerhaft (z.B. absichtlich)**

## Starke Verzerrungen

---

- **Man hört Verzerrungen oder durchschlagende Töne**
- **Häufig sind das absichtliche Fehler**
  - **Neue CDs → maximal 250 C1-Fehler pro Sekunde**
  - **Neue CDs → maximal 0 C2-Fehler auf der ganzen CD**
  - **Wenn nicht als „nicht-CD“ gekennzeichnet → zurück**
- **Viele alte PC-CD-Laufwerke haben keine Interpolation**
  - **readcd -c2scan Wenn viele Fehler → Geld zurück**
  - **readcd -cxscan auf einigen LW**
  - **Alternativ: besseren Player verwenden**

## Was tun, wenn READ-TOC scheitert?

---

- **Es gibt „UN-CDs“, die beim Lesen des TOCs das Laufwerk in eine Endlosschleife in der Firmware versetzen**
    - **Hier hilft nur noch das Auswerfen der CD**
  - **Gibt es Abhilfe gegen diesen Firmware-Absturz?**
  - **Je nach Distro gibt es unterschiedliche Hilfe:**
    - **Hald: kill -9 oder kill -STOP auf hald anwenden**
    - **Udevd: kill -9 oder kill -STOP auf udevd**
    - **Systemd: kill -9 oder kill -STOP auf systemd**
      - **Das kann evt. unmöglich sein :-)**
    - **Mögliche Sub-Prozesse beachten!**
-

## Bösartige Programme tot, wie geht es weiter?

---

- **Cdda2wav verwendet nicht „READ TOC“ und schont daher das Laufwerk**
- **cdda2wav -e -B -N spielt die ganze CD ab**
- **cdda2wav -e -B -N paraopts=proof spielt mit „paranoia“**
- **cdda2wav -e -N -interactive Interaktiver Modus**

## Die CD ist verkratzt oder hat Fehler

---

- **Audio CDs:**
  - Mit `cdda2wav` und `libparanoia` kann man vieles lesen
- **Daten CDs:**
  - `readcd -c lone` liest fast alles aber kopiert auch Defekte ohne Korrektur
- **Mixed CDs und Video CDs:**
  - `readcd -c lone` liest auch unterschiedliche Sektoren als Block – aber ohne Fehlerkorrektur

# Cdda2wav mit libparanoia

---

- **April 2002 hat cdda2wav den Paranoia Code integriert**
  - **Seitdem viele kleine Bug-Fixes und Erweiterungen**
  - **Konfigurierbar mit Hilfe von paraopts=**
    - **disable** Paranoia Modus deaktiviert, lib weiter aktiv
    - **no-verify** Verifikation aus, nur Überlappung aktiv
    - **retries=#** Maximale Anzahl der Versuche pro Sektor
    - **readahead=#** Anzahl der Sektoren im Read-Ahead Puffer
    - **overlap=#** Statischer Overlap
    - **minoverlap=#** Minimal dynamische Überlappung
    - **maxoverlap=#** Maximal dynamische Überlappung
    - **c2check** C2 Pointer auslesen um Qualität zu berichten
    - **proof** Abkürzung für **minoverlap=20, retries=200, readahead=600**
-

- **Aufruf zum Testen:**

`cdda2wav -B cddb=0 paraopts=proof -vall`

- **Meldungen beachten, cdda2wav meldet hörbare Fehler**

- **Typische Ausgabe der Paranoia Statistik:**

" %u rderr, %u skip, %u atom, %u edge, %u drop, %u dup, %u drift"

" %u reads(%.1f%%) %u overlap(%.4g .. %.4g)\n"



- **Audio CD-Rs die inzwischen fast unlesbar sind**
- **Absichtlich defekte „Un-CD“**
- **CD mit Hidden Track**

- 
- [http://cdrtools.sf.net/Files/CD\\_einfach.pdf](http://cdrtools.sf.net/Files/CD_einfach.pdf)

---

**Danke!**