Mp3, CD-R, CDDA & Co

Elke Moritz
Unix-AG, Projektgruppe Linux
Universität Kaiserslautern
Elke.Moritz@unix-ag.org
moritz@unix-ag.uni-kl.de

Version V1.5 – 31. Mai 1998

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung

Schallplatten und Plattenspieler sind heutzutage leider fast ausgestorben. Da aber viele heißgeliebte Stücke und besonders rare alte Aufnahmen nur auf Vinyl veröffentlicht wurden, werden immer mehr Alben als sogenannte Reissues auf CD wieder auf den Markt gebracht. Für viele Aufnahmen lohnt sich aber dieser Aufwand für die Plattenfirmen nicht, so daß der Musikliebhaber gezwungen ist, selbst - mit Hilfe eines Computers und Linux - solche „Reissues" für den Eigengebrauch zu erstellen.

Mittels geeigneter Tools ist es möglich, Aufnahmen von Schallplatte (oder Tonband etc.) in den Computer einzulesen, um dann Audio-CDs selbst zu brennen. Ein spezielles Kompressionsverfahren ermöglicht es, die einzelnen Audiodateien in sogenannte Mp3-Dateien umzuwandeln, so daß bis zu 12 LPs auf eine selbstgebrannte Daten-CD passen. Die hierzu nötigen Verfahren sollen im folgenden erklärt und die unter Linux verfügbaren Tools vorgestellt werden.

1 Eingabegeräte

Über den Line-In-Eingang der Soundkarte kann man fast jede erdenkliche Eingabequelle anschließen, vorausgesetzt, man besitzt das passende Anschlußkabel. Mit dem richtigen Adapter dürfte das aber kein Problem sein. Für die Ein- und Ausgänge der Soundkarte benötigt man 3,5mm Klinkenstecker, für die anzuschließenden Eingabegeräte meist Cinchkabel.

Die gebräuchlichsten Eingabegeräte sind wohl Schallplattenspieler, Tapedecks, Videokameras oder

Videorekorder. Ein Mikrophon läßt sich über den Mikrophoneingang der Soundkarte noch zusätzlich anschließen. Möchte man Ausschnitte von Audio-CDs aufnehmen, empfiehlt es sich, diese Aufnahmen direkt über das eingebaute CD-ROM Laufwerk vorzunehmen, da die meisten CD-ROM-Laufwerke heute Sound digital auslesen können, so daß der Umweg über die Soundkarte entfällt.

Bevor man mit der Aufnahme beginnt, sollte man insbesondere bei Tapedecks und Schallplattenspielern noch einige Dinge beachten:

1.1 Tapedecks

Die meisten Tapedecks unterstützen heute Verfahren der Rauschunterdrückung, wie z. B. Dolby B, C oder HX Pro. Sind die Aufnahmen auf der Musikkassette, die man mit dem Computer einlesen möchte, jedoch mit einem alten Kassettenrekorder gemacht worden, kann es sein, daß sie ohne Rauschunterdrückung aufgenommen wurden. Vergißt man, das Dolby am Tapedeck auszuschalten, so klingt die Aufnahme im Computer später zu dumpf. Man sollte die Rauschunterdrückung also nur bei Kassetten verwenden, die auch mit dieser erstellt wurden.

1.2 Schallplattenspieler

Zunächst sollte man die Schallplatte vor dem Abspielen mit einer Schallplattenbürste entstauben und die Nadel am Tonabnehmer ebenfalls vom Staub befreien. Ist der Plattenspieler alt und wurde lange nicht benutzt, empfiehlt es sich je nach Zustand der Nadel, diese zu ersetzen. Die meisten Nadeln sind heute noch im gutsortierten Elektrofachhandel erhältlich.

Heute gebräuchliche Plattenspieler besitzen entweder einen Direktantrieb oder einen Riemenantrieb. Der billigere Riemenantrieb reicht für das Einlesen von Schallplatten in den Computer vollkommen aus. Ein Direktantrieb ist nur sinnvoll, wenn der Motor z. B. in Diskotheken oder durch Scratchen besonders strapaziert wird.

Die meisten Diskothekenplattenspieler (Nachbauten des Technics SL1200MK2) können mit leistungsfähigen Tonabnehmersystemen der Firmen Ortofon, Shure oder Stanton bestückt werden. Diese Systeme können bis zu 250DM kosten, weshalb man sich diese Investition gut überlegen sollte, zumal das Ausprobieren vor dem Kauf nicht möglich ist.

Abbildung 1: Schallplattenspieler. Hier ein Technics SL1200MK2

Hat der Plattenspieler keinen eingebauten Verstärker (wie z. B. einige ältere Dual-Modelle), ist es fast immer nötig, das Gerät an einen Vorverstärker anzuschließen, anstatt es direkt mit dem Computer zu verbinden. Anstelle eines Vorverstärkers kann natürlich auch ein normaler HiFi-Verstärker mit speziellem Phonoeingang oder ein kleines Mischpult verwendet werden. Das Erdungskabel des Plattenspielers wird dann an den Verstärker bzw. das Mischpult angeschlossen.

Kleine Kratzer auf der Schallplatte können Knackgeräusche hervorrufen oder die Nadel sogar zum Springen bringen. Durch die richtige Einstellung des Tonarmgewichtes kann dem entgegengewirkt werden. Je schwerer das Tonarmgewicht eingestellt wird, also je mehr es zur Nadel hingedreht wird, desto mehr drückt die Nadel auf die Platte. Deswegen darf das Gewicht nicht zu schwer sein, da sonst die Platte beschädigt werden kann. Auf keinen Fall sollte man aber eine Pfennigmünze vorne auf den Tonabnehmer kleben!

Im Fallbeispiel wurde ein Omnitronic DD1220 Direktantriebs-DJ-Plattenspieler mit einem Shure SC35C Tonabnehmersystem über einen Battlemixer (Omnitronic DJ30) an eine Soundblaster AWE32 Soundkarte angeschlossen, wobei das Tonarmgewicht auf den Wert 3 eingestellt und am Mischpult die Höhen und Tiefen reguliert wurden.

2 Einlesen der Daten

2.1 Aufnahme über die Soundkarte

Nachdem die Eingabegeräte an die Soundkarte angeschlossen sind, kann man mit dem Aufnehmen beginnen, insofern der Kernel bereits über Soundunterstützung verfügt. Ist dem nicht so, muß die verwendete Soundkarte noch in den Kernel eingetragen werden [1].

Zunächst muß nun mit einem Mixer die Lautstärke der Soundkartenkanäle eingestellt werden. Hierzu kann man z. B. den `xmixer` verwenden. Das Programm `multitrack` [2] beinhaltet ebenfalls einen sehr schönen und nützlichen Mixer.

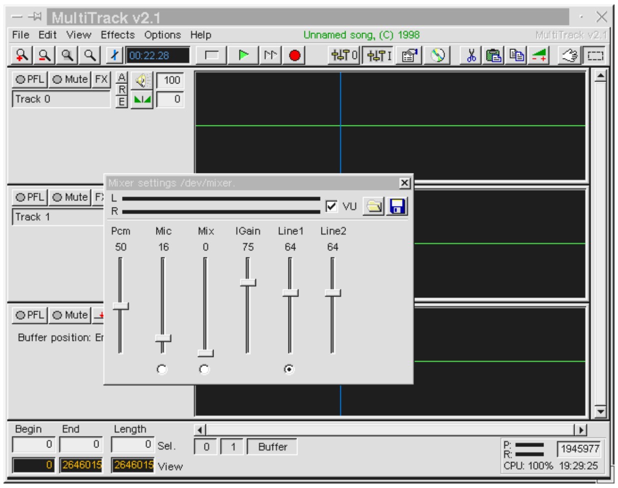

Abbildung 2: Multitrack 2.1. Input-Mixer

2.1.1 Multitrack

Die eigentliche Aufnahme von Schallplatte, Musikkassette oder Mikrophon kann auch mit Hilfe von `multitrack` gemacht werden. Das Programm ermöglicht es, bis zu 16 Spuren aufzunehmen und zu bearbeiten. Im Normalfall wird man sich aber auf zwei Spuren und eine Samplerate von 44.1 kHz (CD-Qualität) beschränken.

`Multitrack` läuft sowohl unter X als auch im Textmodus mit der SVGA-Lib und nimmt die Daten direkt auf die Festplatte auf. Allerdings muß leider vor Beginn der Aufnahme die erwartete Tracklänge angegeben werden. Diese kann jedoch nachträglich verkürzt werden, indem man die `.wav`-Datei vor dem endgültigen Abspeichern zurechtschneidet.

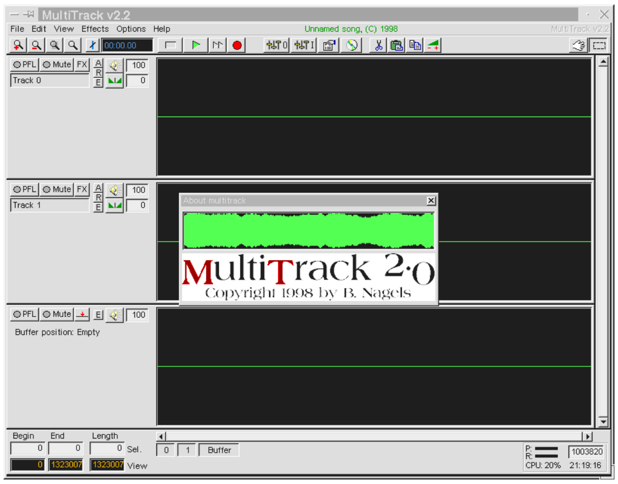

Abbildung 3: Multitrack

2.1.2 Recorder

Ist das zu umständlich, kann man mit dem einfachen `sound-recorder` Audio-Daten von `/dev/dsp` (dem vom Mixer eingestellten Device) aufnehmen:

```
cd zielverzeichnis
record sofie01.wav
```

Eine mögliche Vorgehensweise zum Aufnehmen der Daten wäre also folgende:

- Multitrack unter X starten: `multitrack -x`
- Mixereinstellung anpassen, Line-In als Aufnahmequelle auswählen
- Multitrack beenden
- Schallplatte abspielen lassen
- Aufnehmen mit `record song01.wav`
- Abspielen der `.wav`-Datei:
  `splay song01.wav`

2.1.3 Geeignete Aufnahmeumgebung

Störgeräusche bei der Aufnahme können durch unzureichende Erdung oder zu lange und schlecht abgeschirmte Kabel verursacht werden. Bei Aufnahmen von Schallplatte oder mittels Mikrofon ist auf möglichst absolute Ruhe in der Nähe der Geräte zu sorgen, damit keine Umgebungsgeräusche aufgenommen werden. Ein guter Tonabnehmer am Plattenspieler kann in Zimmerlautstärke in 1–2 Meter Entfernung geführte Gespräche problemlos aufnehmen.

Das Einlesen von Audiotracks von CDs ist wesentlich einfacher. Analog zu dem Programm `record` können mittels `cdrom-record` Audiodaten explizit von CD aufgenommen werden:

```
cdrom-record track01.wav
```

Allerdings geschieht dies wieder mit Hilfe der Soundkarte, weshalb die Qualität der Aufnahme auch hier von der eingebauten Soundkarte abhängig ist. Kann das CD-ROM-Laufwerk hingegen Audiodaten digital einlesen, so ist der Umweg über die Soundkarte nicht mehr nötig.

2.2 CDs digital einlesen

Auf Audio-CDs sind die Musikdaten digital gespeichert, daher kommt auch die Abkürzung CDDA, Compact Disc Digital Audio. Das Programm `cdda2wav` war eines der ersten, das es erlaubte, Audio-Daten von CD digital auszulesen und in `.wav`-Dateien zu speichern. Leider können mit diesem Programm nicht mit jedem CDDA-fähigen CD-ROM-Laufwerk die Audio-Daten fehlerfrei ausgelesen werden.

`cdparanoia` [3] ist eine Neu-Implementierung von `cdda2wav` und ist wesentlich genauer, was die Fehlerkorrektur betrifft. Hierbei handelt es sich, wie auch schon bei `cdda2wav`, um ein flexibles Kommandozeilentool mit einer Vielzahl von Einstellmöglichkeiten:

```
cdparanoia -d /dev/sr0 -g /dev/sg0 -Q
```

- liest die Übersicht über die auf der CD vorhandenen Titel (Table Of Content) ein.
- mit -d wird das Blockdevice angegeben, welches die Daten liest.
- mit -g wird das Generic Device angegeben, an das die Kommandos geschickt werden.
- Generic und Blockdevice bezeichnen das gleiche physikalische Gerät, von dem die Audio-Daten ausgelesen werden sollen, also entweder das CD-ROM-Laufwerk oder den CD-Brenner.

```
# cdparanoia -d /dev/sr0 -g /dev/sg0 -Q
cdparanoia III alpha prerelease 6 (April 7, 1998)
(C) 1998 Monty <xiphmont@mit.edu>

This is PRERELEASE software!  Report bugs to xiphmont@mit.edu
http://www.mit.edu/afs/sipb/user/xiphmont/cdparanoia/index.html

Table of contents (audio tracks only):
track        length               begin        copy pre ch
===========================================================
  1.     1972 [00:26.22]        0 [00:00.00]    no   yes  2
  2.      338 [00:04.38]     1972 [00:26.22]    no   yes  2
  3.     5747 [01:16.47]     2310 [00:30.60]    no   yes  2
  4.     1345 [00:17.70]     8057 [01:47.32]    no   yes  2
  5.    45095 [10:01.20]     9402 [02:05.27]    no   yes  2
  6.     7723 [01:42.73]    54497 [12:06.47]    no   yes  2
  7.     4032 [00:53.57]    62220 [13:49.45]    no   yes  2
  8.     9248 [02:03.23]    66252 [14:43.27]    no   yes  2
  9.     5857 [01:18.07]    75500 [16:46.50]    no   yes  2
 10.     8000 [01:46.50]    81357 [18:04.57]    no   yes  2
 11.    48188 [10:42.38]    89357 [19:51.32]    no   yes  2
 12.     2135 [00:28.35]   137545 [30:33.70]    no   yes  2
 13.      927 [00:12.27]   139680 [31:02.30]    no   yes  2
 14.    15833 [03:31.08]   140607 [31:14.57]    no   yes  2
 15.    31682 [07:02.32]   156440 [34:45.65]    no   yes  2
 16.     8610 [01:54.60]   188122 [41:48.22]    no   yes  2
 17.    16175 [03:35.50]   196732 [43:43.07]    no   yes  2
 18.    18955 [04:12.55]   212907 [47:18.57]    no   yes  2
 19.     7145 [01:35.20]   231862 [51:31.37]    no   yes  2
 20.     3843 [00:51.18]   239007 [53:06.57]    no   yes  2
 21.    14575 [03:14.25]   242850 [53:58.00]    no   yes  2
 22.     1350 [00:18.00]   257425 [57:12.25]    no   yes  2
 23.    11597 [02:34.47]   258775 [57:30.25]    no   yes  2
```

```
cdparanoia -d /dev/sr0 -g /dev/sg0 2
track02.wav
```

- liest Track 2 der CD aus und speichert die Daten in der Datei. track02.wav
- während dem Einlesen werden Fehler im Progressmeter mit "+" markiert und die Stellen mehrmals eingelesen.

```
# cdparanoia -d /dev/sr0 -g /dev/sg0 2 track02.wav
cdparanoia III alpha prerelease 6 (April 7, 1998)
(C) 1998 Monty <xiphmont@mit.edu>

This is PRERELEASE software!  Report bugs to xiphmont@mit.edu
http://www.mit.edu/afs/sipb/user/xiphmont/cdparanoia/index.html
Ripping from sector    1972 (track  2 [0:00.00])
          to sector    2309 (track  2 [0:04.37])

outputting to track02.wav

  (== PROGRESS == [  +  >                         ] == ...... == 0 ==
)
```

```
cdparanoia -d /dev/sr0 -g /dev/sg0
'2:[00]-2:[2]' track02.wav
```

- hier werden von Track 2 lediglich die ersten 2 Sekunden ausgelesen.

```
# cdparanoia -d /dev/sr0 -g /dev/sg0 '2:[00]-2:[2]' track02.wav
cdparanoia III alpha prerelease 6 (April 7, 1998)
(C) 1998 Monty <xiphmont@mit.edu>

This is PRERELEASE software!  Report bugs to xiphmont@mit.edu
http://www.mit.edu/afs/sipb/user/xiphmont/cdparanoia/index.html
Ripping from sector    1972 (track  2 [0:00.00])
          to sector    2122 (track  2 [0:02.00])

outputting to track02.wav

  (== PROGRESS == [     +                     >    ] == 002033 == O ==
)
```

Ein sehr wichtiger beim Einlesen von Audio-Daten zu beachtender Faktor ist der für die Audiodaten benötigte Festplattenplatz. Pro Minute Musik oder Gesprochenem werden 10 MB auf der Festplatte in Anspruch genommen. Ein 5-Minuten-Lied belegt also 50 MB, eine komplette CD von 74 Minuten Länge sogar 740 MB. Gerade bei längeren Aufnahmen von Kassette oder bei Liveaufnahmen mit dem Mikrophon sollte man also auf jeden Fall vorher prüfen, ob noch genügend Platz auf der Festplatte vorhanden ist.

3 Bearbeiten der Wav-Dateien

Egal wie gut das Tonabnehmersystem am Plattenspieler ist oder wie optimal man auch das Tonarmgewicht justiert hat, bei der Aufnahme von Schallplatte sind leichte Knackser fast unvermeidlich. Und bei Liveaufnahmen von Konzerten ist es fast sicher, daß irgendjemand an der unpassendsten Stelle einen Hustenanfall bekommt. Zudem kommt es leicht zu Übersteuerungen der Höhen.

Je nach subjektivem Empfinden kann man diese Störgeräusche akzeptieren oder versuchen, sie zu entfernen. Dazu muß man diese Stellen entweder herausfiltern oder die Amplitude des Samplepunktes so verringern, daß die Störung nicht mehr wahrnehmbar ist. Auszuführende Funktionen wären also Fouriertransformationen oder Amplitudenänderungen.

Programme wie `Multitrack` oder `Sound Studio` [4] bieten bereits ansatzweise einige nützliche Funktionen zur Weiterverarbeitung von `.wav`-Dateien, allerdings werden beide Programme ständig weiterentwickelt. Optimal lassen sich die Störgeräusche damit noch nicht entfernen, aber die nötigen Funktionen hierfür werden sicherlich bald in einem dieser Linux-Programme zu finden sein.

4 Mp3s

Da `.wav`-Dateien pro Minute Audio-Daten ca. 10MB Platz belegen, besteht die Möglichkeit, die Daten in ein anderes Format zu konvertieren. Das Erlanger Fraunhofer-Institut hat hierzu das Soundformat MPEG Audio Layer III, kurz Mp3, entwickelt, das es ermöglicht, die `.wav`-Dateien so zu komprimieren, daß die Audio-Daten im Mp3-Format nur noch ca. 1MB pro Minute belegen. Während also im `.wav`-Format eine komplette Audio-CD bis zu 750MB belegen kann, kann man im Mp3-Format mehr als zehnmal so viel auf dem selben Platz unterbringen. [5]

4.1 Kompression

Natürlich bringt das ganze auch Nachteile mit sich: Bei der Mp3-Kompression gehen viele Informationen verloren, die normalerweise vom menschlichen Ohr nicht wahrgenommen werden können. Je nachdem, wie hoch man die Kompression wählt, können aber auch deutliche Klangverluste entstehen. Für audiophile Aufnahmen und Klassikliebhaber ist das Verfahren deshalb weniger geeignet. Allerdings ist es zum Archivieren von selten benötigten Aufnahmen oder Popmusik hervorragend einsetzbar.

Zum Umwandeln und Rückwandeln der `.wav`-Dateien in das Mp3-Format stellt das Fraunhofer-Institut die Tools `l3enc` und `l3dec` für 30 Tage kostenlos als Shareware zur Verfügung, jedoch mit eingeschränktem Funktionsumfang: Die zu konvertierende `.wav`-Datei muß, für eine akzeptable Qualität, eine Sample-Rate von 44.1kHz aufweisen und wird mit einer Bitrate von 112000 in ein Stereo-Mp3 konvertiert. Diese Kodierung mit `l3enc` dauert pro Minute des Liedes ca. 10 Minuten, die Rückwandlung in das `.wav`-Format ist mit dem Tool `l3dec` fast in Echtzeit möglich. Es ist also auch problemlos möglich, Mp3-Dateien bei Bedarf schnell in `.wav`-Dateien zurückzuwandeln.

`l3enc Lied.wav Lied.mp3` wandelt eine `.wav`-Datei in das Mp3-Format um.

`l3dec Lied.mp3 -wav` wandelt die Datei im Mp3-Format wieder zurück in das `.wav`-Format.

4.2 Mp3-Player

Lieder im Mp3-Format können nur mit Mp3-Playern abgespielt werden. Brennt man die Mp3-Dateien auf eine Daten-CD, so kann diese natürlich nur in einem Computer abgespielt werden. Wav-Dateien hingegen können verwendet werden, um Audio-CDs zu erstellen, die dann wiederum in jedem normalen Audio-CD-Player abspielbar sind.

Unter den für Linux verfügbaren Mp3-Playern gibt es wiederum sowohl Kommandozeilen-Tools als auch graphische Player.

`mpg123` ist ein sehr einfaches und trotzdem leistungsfähiges Mp3-Abspielprogramm, das über Kommandozeilenparameter gesteuert wird.

`mpg123 -z *.mp3` spielt z. B. alle Mp3-Dateien im aktuellen Verzeichnis in zufälliger Reihenfolge ab.

Ein sehr komfortables Programm zum Abspielen von Mp3-Dateien und zum Verwalten sogenannter Playlisten ist `Sajber-Jukebox` [6], ein aufwendiges X-Programm. Auch für die KDE-Oberfläche gibt es mit `kmpg` einen Mp3-Player.

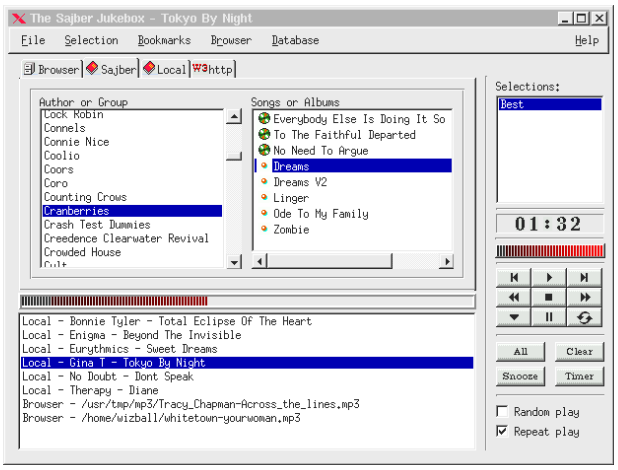

Abbildung 4: Der Mp3Player Sajber Jukebox

5 CDs brennen

Da jede Festplatte irgendwann einmal voll ist, erweist es sich als sinnvoll, die mühsam eingelesenen und bearbeiteten Audio-Daten auf eine CD zu brennen.

5.1 Einstellungen im Kernel

Um CDs selbst brennen zu können, ist natürlich ein CD-Brenner nötig, der auch in den Kernel eingetragen werden muß. Der SCSI-Support für Disk, CD-Rom und Generic muß ebenfalls eingestellt werden.

Möchte man eine erstellte Image-Datei mounten und auf die Daten darin zugreifen oder die langen Dateinamen überprüfen, ist zudem noch das Eincompilieren des Loopback-Device (hat nichts mit dem gleichnamigen Netzwerk-Device zu tun) nötig.

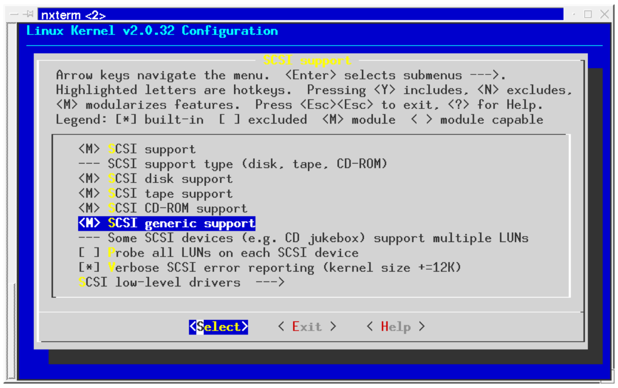

Abbildung 5: Konfiguration im Linux-Kernel

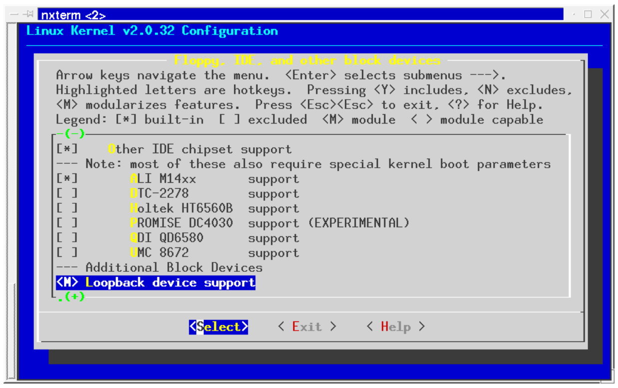

Abbildung 6: Aktivierung des Loopback-Device

ATAPI-CD-Writer können ebenfalls unter Linux verwendet werden, wenn man die Hinweise in der entsprechenden Readme-Datei von `cdrecord` beachtet.

5.2 Brennprogramme

Das Brennen von CDs ist unter Linux nur als Root möglich (was auch sinnvoll ist, da es sonst theoretisch möglich wäre, jedes beliebige Device auszulesen oder zu überschreiben).

Auch für die CD-Erstellung existieren unter Linux verschiedene Programme. So wird `mkisofs` verwendet, um ein Image der Daten (nicht Audio) zu erstellen, mit `cdrecord` können dann diese Images und/oder `.wav`-Datein auf CD gebrannt werden.

Beide Programme sind Kommandozeilen-Tools und sehr einfach zu benutzen.

5.2.1 X-CD-Roast

X-CD-Roast von Thomas Niederreiter [7] ist ein Tcl/Tk Frontend für `cdrecord` und `mkisofs` [8].

Abbildung 7: X-CD-Roast

Beim ersten Programmstart müssen einige Einstellungen bezüglich CD-Rom, Festplatten und Sound im Setup vorgenommen werden, danach kann man mit dem Kopieren von Daten- und Audio-CDs und dem Mastern von CDs loslegen.

Wählt man den Menüpunkt „Copy Audio-CD", so kann man mehrere Audio-Tracks von einer Audio-CD digital einlesen und dabei sogar mehrere Tracks in einen mergen sowie Pausen (Offsets) zwischen den Liedern angeben. Somit ist es sehr leicht, Audio-Tracks von CDs einzulesen und sich Sampler mit seinen Lieblingsliedern zu erstellen. Allerdings ist das zum Digitalisieren verwendete `readcdda` sehr unzuverlässig, da keine Fehlerkorrektur vorgenommen wird.

Möchte man Daten-CDs erzeugen, kann man ohne Probleme die nötigen Images erstellen (Master Image) und dann als Daten-CD schreiben. Es ist für die Erstellung einer Daten-CD mit diesem Programm immer ein Image nötig.

`xcdroast` ist insgesamt recht einfach zu bedienen und ist im Moment das einzige verfügbare X11-Frontend zur CD-Produktion unter Linux.

Auf etwas betagteren Rechnern ist es allerdings aufgrund der Tcl/Tk-Verwendung recht langsam.

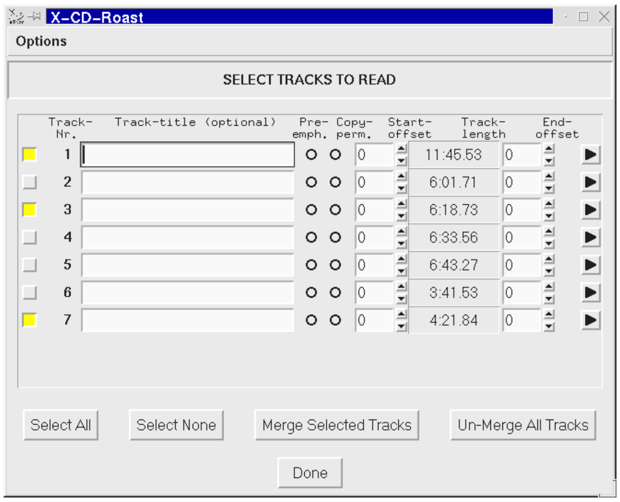

Abbildung 8: Audio-Tracks einlesen mit X-CD-Roast

Das Programm ist komplett in Englisch, die Hilfebuttons existieren zwar bereits, die Online-Hilfe ist aber leider noch nicht implementiert. Auch kann es vorkommen, daß man das Arbeitsfenster vergrößern muß, um alle Buttons zu sehen.

5.2.2 CD-Record und MKISOFS

Hat man einmal die nötigen Parameter für die Kommandozeilen-Tools `mkisofs` und `cdrecord` herausgefunden, so kommt man mit diesen Programmen trotz des mangelnden Bedienkomforts oft schneller zum Ziel.

`mkisofs` wird nur benötigt, um Imagedateien für Daten-CDs bzw. Datentracks zu erzeugen. Zum Erstellen einer reinen Audio-CD ist `mkisofs` also gar nicht nötig.

Um ein für CDs übliches ISO9660-Daten-Image zu erzeugen, sind z. B. folgende Optionen nötig:

```
mkisofs -v -r -R -A "Test CD"-l -L -J
-o /image1/meincdimage.raw /data/Mp3
```

- -v: Progressmeter wird angezeigt
- -r: Rockridge mit ummappen von User-ID 0, Permissions read-only für alle, Directories executable.
- -R: Rockridge, lange Dateinamen
- -A "Test CD": Application ID

- -l: lange Dateinamen
- -L: Dateinamen, die mit . anfangen, sind erlaubt.
- -J: Joliet-Format (Win95, hier zusätzlich zu Rockridge)
- -o /image1/meincdimage.raw: Zieldatei des Images
- /data/Mp3: das Verzeichnis, in dem die Daten liegen. Also das Root-Verzeichnis der neuen CD. Alle Unterverzeichnisse werden in das Image miteinbezogen. Es ist auch möglich, mehrere Verzeichnisse anzugeben.

Mit dem einfachen Befehl `cdrecord -v meincdimage.raw` wird das Image auf CD gebrannt. Fertig ist die Daten-CD. Vor der Benutzung von `cdrecord` können allerdings noch folgende Umgebungsvariablen gesetzt werden, ansonsten müssen die Werte in der Kommandozeile mitangegeben werden:

```
CDR_DEVICE = 1,0
```

gibt an, daß der CD-Brenner die SCSI-ID 1 an Controller 0 besitzt.

```
CDR_FIFOSIZE = 4M
```

legt im physikalischen RAM 4 MB als Ringbuffer fest, so daß auch während dem Brennen problemlos unter Linux weitergearbeitet werden kann.

```
CDR_SPEED = 2
```

legt die Default-Brenngeschwindigkeit fest (hier also Double-Speed).

Die fertige CD ist aufgrund des verwendeten Rockridge- und Joliet-Formats sowohl unter Linux als auch unter Windows 95 lesbar, unter MS-DOS bereiten allerdings die langen Dateinamen Schwierigkeiten.

Ist die Festplatte schnell genug, bietet aber zu wenig freien Platz zur Image-Erstellung, kann man mit folgender Zeile auch direkt ohne Image brennen:

```
mkisofs -v -r -R -l -L -J /data/Mp3s |
cdrecord -v -
```

Hat man bereits mehrere Image-Dateien auf der Festplatte liegen und möchte daraus eine CD brennen, so muß man die einzelnen Image-Dateien mit Hilfe des Loopback-Devices in einen Verzeichnisbaum einmounten, der dann wiederum mit Hilfe von `mkisofs` in ein einziges Image konvertiert werden kann. Ein Image kann folgendermaßen gemountet werden:

```
mount -o loop,ro -t iso9660 image.raw
/mnt/neuesimage/teil1
```

Zum Erstellen von reinen Audio-CDs wird `mkisofs`, wie bereits erwähnt, nicht benötigt. Um eine CD mit drei Audio-Tracks zu brennen, genügt z. B. folgende Zeile:

```
cdrecord -v -audio -pad track1.wav
-pad track2.wav -pad track3.wav
```

- -audio: weist darauf hin, daß alle folgenden Tracks Audio-Daten enthalten
- -pad: `cdrecord` akzeptiert nur Audiotracks, deren Länge ein Vielfaches von 2352 ist. Mit dieser Option wird die Länge des Tracks entsprechend angepaßt

Mittels weiterer Optionen können zudem Pregaps, also Pausen zwischen den Liedern, eingefügt werden. Allerdings unterstützt `cdrecord` (und somit auch `xcdroast`) momentan nur das Track-At-Once-Verfahren, welches standardmäßig 2 Sekunden Pause zwischen den Tracks einfügt.

Um eine reine Daten-CD zu kopieren, ist folgende Befehlszeile nötig:

```
cdrecord -isosize -v /dev/cdrom
```

Genauso einfach ist das Erstellen von Mixed-Mode CDs. Hierbei ist allerdings zu beachten, daß nur ein Daten-Track, der nicht unbedingt der erste Track der CD zu sein hat, und beliebig viele Audio-Tracks angegeben werden müssen. Auf weitere Daten-Tracks kann nicht zugegriffen werden.

```
cdrecord -v -data meincdimage.raw
-audio -pad track01.wav track02.wav
```

Das Flag `-data` ist Default und kann deshalb weggelassen werden. Die angegebene Reihenfolge bleibt beim Brennen bestehen. Beim Abspielen sollte man allerdings aufpassen, da manche Audio-CD-Player auch den Daten-Track abspielen, was schädlich für die Anlage bzw. die Lautsprecher sein kann. Und für die Ohren natürlich auch!

Vor dem Starten des Brennvorgangs gibt `cdrecord` noch einige nützliche Informationen über den CD-Brenner und den verwendeten Rohling aus. Anhand dieser Informationen wurde eine Übersicht über die gebräuchlichsten CD-Rohlinge erstellt, die insbesondere die zugehörigen Längenangaben enthält [9].

```
# cdrecord -v -data mein_cd_image.raw -audio -pad track02.wav
pregap=4s track02.wav

Cdrecord release 1.6 Copyright (C) 1995-1998 Jörg Schilling
TOC Type: 1 = CD-ROM
scsidev: '1,0'
scsibus: 0 target: 1 lun: 0
Device type    : Removable CD-ROM
Version        : 2
Response Format: 2
Capabilities   :
Vendor_info    : 'RICOH   '
Identifikation : 'MP6200S         '
Revision       : '2.03'
Device seems to be: Generic mmc CD-RW.
Using generic SCSI-3/mmc CD-R driver (mmc_cdr).
Driver flags   : SWABAUDIO
Track 01: data  164 MB
Track 02: audio   0 MB (00:02.01) no preemp pad padsize:
                                  342 KB (00:01.98) pregapsize: 255
Track 03: audio   0 MB (00:02.01) no preemp pad padsize:
                                  342 KB (00:01.98) pregapsize: 8192
Total size:     208 MB (20:42.05) = 93154 sectors
Lout start:     209 MB (20:44/04) = 93154 sectors
ATIP info from disk:
  Indicated writing power: 5
  Reference speed: 2
  Is not unrestricted
  Is erasable
  ATIP start of lead in:  -11080 (97:34/20)
  ATIP start of lead out: 335100 (74:30/00)
  speed low: 2 speed high: 2
  power mult factor: 3 5
  recommended erase/write power: 3
Disk type: Cyanine, AZO or similar
Manufacturer: Mitsubishi Chemical Corporation
Blocks total: 335100 Blocks remaining: 335100
Starting to write CD at speed 2 in write mode for single session.
Last chance to quit, starting real write in 1 seconds.
Waiting for reader process to fill input-buffer ... input-buffer ready.
Starting new track at sector: 0
Track 01: 164 of 164 MB written (fifo 100%).
Track 01: Total bytes read/written: 172247040/172247040 (84105 sectors).
Starting new track at sector: 84257
Track 02: writing 342 KB of pad data.
Track 02: Total bytes read/written: 355152/705600 (300 sectors).
Starting new track at sector: 84709
Track 03: writing 342 KB of pad data.
Track 03: Total bytes read/written: 355152/705600 (300 sectors).
Writing  time:  605.069s
Fixating...
Fixating time:  130.034s
cdrecord: fifo had 2726 puts and 2726 gets.
cdrecord: fifo was 0 times empty and 2642 times full, min fill was 89%.
```

Die Dokumentation zu `cdrecord` enthält außerdem viele weitere Hinweise bzgl. CD-Brenner und CD-Formaten.

Ausblick

Audio-, Daten- und Mixed-Mode-CDs können unter Linux problemlos erstellt werden. Sogar Multisession und bootfähige CDs sind möglich.

Lediglich die Möglichkeiten zur Soundbearbeitung müssen noch verbessert werden. Zwar lassen sich die gesampleten `.wav`-Dateien problemlos zurechtschneiden und können sogar ansatzweise bearbeitet und verfremdet werden, jedoch fehlen noch ausgereifte Filter zum Entfernen von Störgeräuschen wie Husten, Rauschen oder Knacken. Allerdings stehen dem Linux-Anwender mit Multitrack und Sound Studio bereits heute einige brauchbare Tools zur Bearbeitung von `.wav`-Dateien zur Verfügung.

Der Produktion eigener CDs unter Linux steht also nichts mehr im Wege!

Die Autorin

Elke Moritz studiert Informatik an der Universität Kaiserslautern und beschäftigt sich dabei insbesondere mit Computer Grafik, Scientific Visualization und Geometric Modelling. Seit 1995 engagiert sie sich in der Unix-AG, in der sie momentan als Administratorin arbeitet und aktiv in den Projektgruppen Linux und ISOP mitwirkt.

In ihrer Freizeit befaßt sie sich seit mehr als zehn Jahren mit afro-amerikanischer Geschichte, Literatur und Musik, insbesondere mit Malcolm X und ihrer Sammlung von Aufnahmen moderner afro-amerikanischer Musik.

Literatur

[1] Ansgar Schmidt: **Ohren auf! Zeitgesteuerte Audioaufzeichnung unter Linux,** Linux-Magazin 06/1998

[2] Multitrack Homepage
`http://rulhmpc38.leidenuniv.nl/private/multitrack/multitrack.html`

[3] CDDA Paranoia Homepage
`http://www.mit.edu/afs/sipb/user/xiphmont/cdparanoia/`

[4] Sound Studio
`http://www.elec-eng.leeds.ac.uk/staff/een6njb/Software/Studio/screens.html`

[5] Günther Röhrich: **Aufgedreht: Audio-Anwendungen unter Linux,** Linux-Magazin 06/1998

[6] Sajber Jukebox
http://kewl.campus.luth.se/ wizball/
jukebox/index.html

[7] RZ: Projects - X-CD-Roast
http://www.fh-muenchen.de/rz/xcdroast

[8] Cdrecord Release Information
http://www.fokus.gmd.de/nthp/employees/
schilling/cdrecord.html

[9] Rohling-Kapazitätsliste
http://www.fokus.gmd.de/nthp/employees/
schilling/cd-cap.html