



Raspberry in Blue

Den Raspi als Bluetooth-Empfänger einsetzen

Aus einem Raspberry Pi lässt sich mit wenigen Handgriffen ein Bluetooth-Audio-Empfänger bauen, der das Smartphone kabellos an die heimische Stereoanlage koppelt und gegen Stromausfälle gesichert ist.

Von Merlin Schumacher

So mancher Raspberry Pi schlummert in einer Schublade und harrt seiner Nutzung. Mit einem Bluetooth-Dongle und einer billigen USB-Soundkarte ist daraus schnell ein Bluetooth-Empfänger für die Stereoanlage oder PC-Boxen gebaut. Wer noch einen Raspberry Pi 3 über hat, braucht nicht einmal das Bluetooth-Dongle. Eine Konfiguration mit Read-Only-Dateisystem sorgt für Robustheit gegenüber

spontanen Stromausfällen, so kann der Raspi auch spontan vom Strom getrennt werden.

Als Basis für das Projekt dient das aktuelle Raspbian Jessie in der Lite-Fassung. Diese Variante ist auf grundlegende Features reduziert. Sie kommt ohne grafischen Desktop und allerhand für diesen Zweck überflüssige Dienste aus. Grundsätzlich sollte die Einrichtung aber auch auf anderen Raspbian-Derivaten funktionieren. Lediglich wenn die Distro ein grafisches Login verwendet, muss man ein paar Kleinigkeiten beachten. Dazu später mehr.

Die Einrichtung des Raspi ist schnell erledigt. Laden Sie ein aktuelles Raspbian-Image herunter und schreiben Sie es auf eine SD-Karte. Bringen Sie es anschließend mit `sudo apt update` und `sudo apt upgrade` auf den aktuellen Stand. Wenn das geschehen ist, installieren Sie die notwendigen Softwarepakete:

```
sudo apt install \
  --no-install-recommends \
  alsa-base alsa-utils pulseaudio \
  pulseaudio-module-bluetooth \
  bluez python-gobject \
  python-dbus
```

Der Parameter `--no-install-recommends` verhindert die Installation von empfohlenen Paketen. Denn darunter wären Teile des X-Servers und einige Videocodecs, welche für den Betrieb als Bluetooth-Audio-Empfänger nicht notwendig sind. Abgesehen von den Paketen für die Bluetooth-Unterstützung, installiert der Befehl den Pulseaudio-Soundserver sowie ein paar Python-Module, um das Koppeln an das Smartphone zu vereinfachen.

Die Verwaltung der Bluetooth-Verbindungen und die Konfiguration des Bluetooth-Dongles erledigt unter Linux der Bluetooth-Stack BlueZ. Damit BlueZ nach außen wie ein Bluetooth-Audiogerät auftritt, editieren Sie die Datei `/etc/bluetooth/main.conf`. Unterhalb des Schlüsselworts `[General]` fügen Sie die folgenden Zeilen ein:

```
Class = 0x200400
DiscoverableTimeout = 0
PairableTimeout = 0
```

Mit `Class` wird die Geräteklasse festgelegt, als die sich der Raspi später meldet, in diesem Fall ein Gerät mit der Hauptklasse Audio/Video und der Dienstklasse Audio.

Die beiden Timeout-Parameter stellen sicher, dass der Raspi immer sichtbar bleibt und jederzeit neue Verbindungen annimmt.

Damit der Raspi eingehende Bluetooth-Verbindungen automatisch beantwortet, bedarf es eines Agents, der sich beim Linux-Bluetooth-Stack Bluez anmeldet. Das Python-Skript `simple-agent` erledigt diese Aufgabe. Sie finden das Skript unter dem c't-Link am Ende des Artikels. Es basiert auf einem Test-Tool einer älteren Bluez-Version, das wir so modifiziert haben, dass es jede Verbindungsanfrage sofort akzeptiert. Kopieren Sie das Skript in das Homeverzeichnis des Standardbenutzers pi und machen Sie es mit `chmod +x simple-agent` ausführbar. Sollte ein Client doch mal nach einer PIN fragen, geben Sie 1234 an. Diese PIN ist im Skript festgelegt.

The Sound of Musik

Im Zusammenspiel mit Bluez regelt Pulseaudio Empfang und Ausgabe des Audiosignals. An Pulseaudio müssen Sie zwei Einstellungen ändern. Die erste bezieht sich auf das Resampling, also das Angleichen der Frequenzen zwischen Ein- und Ausgabesignal. In der Datei `/etc/pulse/daemon.conf` muss die Resampling-Methode festgelegt werden:

```
resample-method =   
↳src-sinc-medium-quality
```

`src-sinc-medium-quality` hat sich für den Raspi der ersten Generation mit Übertaktung auf 900 MHz als klanglich gute Wahl bewährt. Trotz erhöhtem Takt kommt es dabei aber selten noch zu kurzem Knirschen. Alternativ bietet sich die Einstellung `src-zero-order-hold` an, welche robuster gegen das sporadische Knirschen ist, aber bei Höhen manchmal leicht knistert. Wer den leistungsfähigeren Raspberry Pi 2 oder 3 einsetzt, kann mit höherwertigen Einstellungen wie `src-sinc-best-quality` experimentieren. Welche weiteren Resampling-Methoden Pulseaudio bereitstellt, lässt sich mit `pulseaudio --dump-resample-methods` ausgeben.

Die zweite Änderung hilft, Störgeräusche beim Abspielen zu mindern. Suchen Sie in der Konfigurationsdatei `/etc/pulse/default.pa` nach der Zeile `load-module module-udev-detect` und ergänzen Sie sie wie folgt:

```
load-module module-udev-detect   
↳tsched=0
```

Entscheiden Sie sich im Zweifel immer gegen den Onboard-Soundausgang des Raspi. Wer eine USB-Soundkarte oder eine Aufsteckplatine mit Soundausgang zur Hand hat, ist damit besser bedient. Der Soundausgang des Raspi ist klanglich so schlecht, dass jede billige USB-Soundkarte besseren Klang liefert[1]. Zum Testen reicht der Onboard-Kopfhörerausgang – für mehr aber nicht. Zur Nutzung der externen Soundkarte sollte der Onboard-Sound deaktiviert werden. Tragen Sie die Zeile `dtparam=audio=off` dafür in die Datei `/boot/config.txt` ein. Bei einigen Aufsteck-soundkarten müssen Sie hier andere Parameter eintragen. Welche genau entnehmen Sie der Anleitung der jeweiligen Hardware. Wenn Sie den HDMI-Ausgang als Soundausgang verwenden, brauchen Sie die Einstellung in der Datei `/boot/config.txt` nicht zu ändern. Der Raspi erkennt, wenn ein HDMI-Gerät mit Audioausgang anliegt und gibt automatisch darüber den Ton aus. Wenn Sie also den Raspi an einem Monitor mit Lautsprechern oder Kopfhörerausgang einrichten, kann es sein, dass aus dem Onboard-Kopfhörerausgang des Raspis kein Ton kommt, aus dem des Monitors aber sehr wohl.

Connected

Damit sowohl Bluetooth-Agent als auch Soundserver korrekt gestartet werden, soll

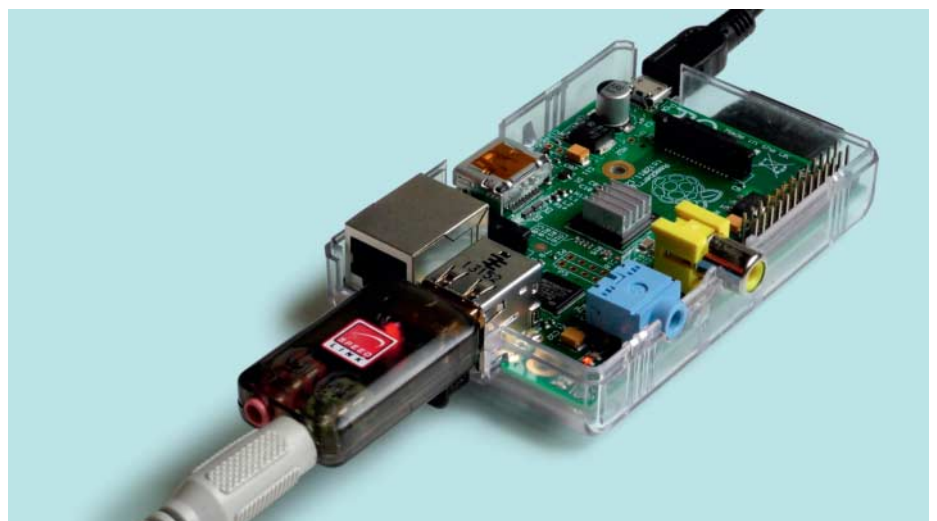
der Raspi beim Booten den Benutzer pi automatisch einloggen. Sollte auf dem Raspi bereits ein automatisches Login in eine grafische Oberfläche eingerichtet sein, empfiehlt es sich, einen weiteren Nutzer anzulegen oder den grafischen Login abzuschalten, da der Pulseaudio-Server sonst eventuell nicht korrekt startet. Damit das automatische Login funktioniert, muss die neue Konfigurationsdatei `/etc/systemd/system/getty@tty1.service.d/autologin.conf` angelegt werden:

```
[Service]   
ExecStart=   
ExecStart=-/sbin/agetty --autologin pi   
↳--noclear %I 38400 linux
```

Danach wird der User pi bei jedem Start auf dem ersten Terminal eingeloggt. Die doppelte `ExecStart`-Zeile ist kein Druckfehler. Sie stellt sicher, dass alle vorherigen Login-Kommando gelöscht werden, die für das virtuelle Terminal festgelegt wurden. Damit Pulseaudio und das `simple-agent`-Skript nach dem Login starten, bearbeiten Sie die Datei `.profile` im Homeverzeichnis. Am Ende der Datei gehören folgende Zeilen:

```
if ! [ -n "$SSH_CLIENT" ] && !   
↳[ -n "$SSH_TTY" ]; then   
pulseaudio --start   
~/simple-agent &   
fi
```

Die if-Bedingung stellt sicher, dass Pulseaudio und das `simple-agent`-Skript nicht



Aus einem Raspi 1, einem Bluetooth-Dongle und einer USB-Soundkarte ist der Audio-Empfänger schnell gebaut.

beim Login per SSH ausgeführt werden, sondern nur beim Login via Konsole. Nach einem Neustart des Raspi machen Sie das Bluetooth-Dongle mittels der Befehle

```
sudo hciconfig hci0 piscan
sudo hciconfig hci0 sspmode 1
```

sichtbar und stellen es auf den Secure-Simple-Pairing-Modus (SSP) um. Dieser Modus sorgt dafür, dass der Raspi später nicht mehr nach PINs fragt.

Jetzt ist ein guter Zeitpunkt zu testen, ob das Smartphone vom Raspi erkannt wird und die Übertragung klappt. Gehen Sie dafür in die Bluetooth-Einstellungen Ihres Smartphones und lassen Sie dort nach anderen Bluetooth-Geräten suchen. Wenn alles geklappt hat, sollte der Raspi unter seinem Hostnamen erscheinen. Bei einem Android-Smartphone sollte der Raspi zudem mit einem Kopfhörer-Symbol versehen sein. Geräte, die Sie jetzt koppeln, vergisst der Raspi nicht mehr. Koppeln Sie Geräte nach der Umstellung auf das Read-Only-Dateisystem, werden diese bei jedem Reboot des Raspi vergessen und Sie müssen sie dann eventuell neu koppeln. Es bietet sich also an, alle Geräte, die man später regelmäßig als Quelle für den Raspi verwenden will, jetzt kurz zu koppeln und zu testen. Wichtig: Der Raspi hält stur die Verbindung, bis sie vom Gerät getrennt wird, und akzeptiert keine parallelen Verbindungen.

Als Nächstes sollten Sie mittels des `alsamixer` die Lautstärke der USB-Soundkarte nach Bedarf anpassen und die gewünschte Einstellung mit `sudo alsactl store` dauerhaft speichern. Die Taste F6 öffnet den Dialog zur Wahl der Soundkarte. Hier kann es passieren, dass Pulseaudio ein paar Minuten nach der Änderung der Lautstärke abstürzt. Der Absturz führt dann auch zur Trennung des Smartphones vom Raspi. Falls der Soundserver beim Einstellen abstürzt, startet ihn `pulseaudio --start` neu. Die Abstürze sind bedingt durch eine Änderung im ALSA-Code für den Raspi, der Pulseaudio aus dem Tritt bringt.

Turn Me On Turn Me Off

Damit der Selbstbau-Empfänger den fertigen aus dem Supermarkt in nichts nachsteht, sollte man ihn jederzeit vom Strom trennen können, ohne dass irgendwelche

/dev/mmcblk0p1	/boot	vfat	defaults,ro	0	2
/dev/mmcblk0p2	/	ext4	defaults,noatime,ro	0	1
tmpfs	/var/log	tmpfs	nodev,nosuid	0	0
tmpfs	/var/tmp	tmpfs	nodev,nosuid,mode=1777	0	0
tmpfs	/tmp	tmpfs	nodev,nosuid,mode=1777	0	0
tmpfs	/home/pi/.config	tmpfs	nodev,nosuid,mode=1777,uid=pi	0	0

Wenn die Boot- und Root-Partitionen mit der Option `ro` gemountet und die notwendigen Ramdisks festgelegt sind, kann der Raspi problemlos vom Strom getrennt werden. Der Parameter `uid` in der letzten Zeile legt fest, welchem Nutzer das Verzeichnis `.config` gehört. Wenn der Benutzer nicht `pi` heißt, müssen Sie Pfad und Parameter in der letzten Zeile anpassen.

Dateisysteme oder Einstellungen beschädigt werden. Das geht am besten, wenn das Dateisystem des Raspi nur lesbar ist und alle temporären Dateien in einer RAM-Disk liegen.

Dafür modifizieren Sie die Mountpoints in der `/etc/fstab`. Die `/etc/fstab` sollte in etwa so aussehen wie im Listing rechts oben. Fügen Sie hinter den Mount-Optionen für Root- und Boot-Partition das Schlüsselwort `ro` ein. Die zusätzlichen Zeilen binden die Verzeichnisse `/var/log`, `/var/tmp` und `/tmp` als RAM-Disks ein. Auch das Verzeichnis `/home/pi/.config` muss auf eine RAM-Disk zeigen, da Pulseaudio dort später temporäre Dateien ablegt.

Die folgenden fünf Befehlen entfernen die Ordner und Dateien, die beim Neustart ohnehin neu angelegt werden müssen, und verlinken auf sie den Ordner `/tmp/`.

```
sudo rm -rf /var/lib/dhcp/ /var/spool_
    /var/lock /etc/resolv.conf
sudo ln -s /tmp /var/lib/dhcp
sudo ln -s /tmp /var/spool
sudo ln -s /tmp /var/lock
sudo ln -s /tmp/resolv.conf ↵
    /etc/resolv.conf
```

Zu guter Letzt machen Sie das temporäre Verzeichnis `/tmp/` noch beschreibbar. Das geht aufgrund der etwas exotischen Konfiguration und einiger Unwägbarkeiten von Raspbian nur mit der Holzhammer-Methode. Die nachfolgende Zeile muss in der Datei `/etc/rc.local` vor dem abschließenden `exit 0` landen:

```
chmod 777 /tmp
```

Das ist nicht so elegant wie die von Raspbian vorgesehene Rechtesteuerung via

Systemd-Units, aber diese versagt beim Setzen der Rechte für die Ramdisk. Nach einem abschließenden Neustart bootet der Raspi wie gewohnt und erscheint am Smartphone oder Tablet als Bluetooth-Audio-Empfänger. Ein kurzer Test mit `touch testdatei` teilt durch eine Fehlermeldung mit, dass das Dateisystem nur lesbar gemountet ist. Wenn dem so ist, ficht den Raspi ein Stromausfall nicht mehr an.

Falls Sie das Dateisystem doch noch mal ändern oder Updates einspielen wollen, können Sie es mit `sudo mount -o rw,remount /` und `sudo mount -o rw,remount /boot` wieder temporär beschreibbar machen. Bei Problemen mit dem Koppeln von Geräten hilft `bluetoothctl`. Damit kann man nachsehen, wo es klemmt, und die Gerätekopplung bei Bedarf löschen und manuell neu erstellen. Die Einstellungen, die `bluetoothctl` vornimmt, werden nur bei beschreibbarem Dateisystem gespeichert.

Leider taugt der Raspi in der Form nicht für Videos, dafür ist die Latenz schlicht zu hoch. Selbst mit einem Raspberry Pi 3 ist die Verzögerung zwischen Bild und Ton so groß, dass sie bei Musikvideos irritiert und bei Dialogen nur noch nervt. Die Größe der Latenz mag aber je nach Konfiguration und Hardware schwanken. Bei Musik stört die Latenz allenfalls, wenn sich die Reaktion auf die Stopp-Taste um eine halbe Sekunde verzögert.

(mls@ct.de) **ct**

Literatur

[1] Ingo T. Storm, HiFi-Sound statt Himbeergrütze, Soundkarten für den Raspberry Pi, c't 7/15, S. 72

Download simple-agent-Skript:
ct.de/yfvp