

Anleitung zum Aufbau und zur Inbetriebnahme des portablen Hörfunksenders zur Ausstrahlung von DAB und DRM+ im VHF-Band III



Version 1.5 vom 07.01.2015

Inhaltsverzeichnis

1. ÜBERSICHT	1
2. ANSCHLÜSSE UND BEDIENELEMENTE.....	2
2.1. MULTIPLEXGENERATOR	2
2.1.1. VORDERSEITE.....	2
2.1.2. RÜCKSEITE	5
2.2. VHF-SENDEEINHEIT	6
2.2.1. VORDERSEITE.....	6
2.2.2. RÜCKSEITE	7
2.3. HARDWAREAUFBAU	8
3. SOFTWARE.....	9
3.1. LOGIN.....	9
3.2. UBUNTU-DESKTOP	10
3.3. AUDIO-SYNCHRONISIERUNG.....	11
3.3.1. MULTIFACE II ALS MASTER.....	12
3.3.2. EXTERNES GERÄT ALS MASTER.....	13
3.4. MPLAYER	13
3.5. JACK AUDIOROUTING	14
3.6. AUDIO-MONITORING	15
3.7. AUDIOBEARBEITUNG	16
3.8. LAUTHEITSMESSUNG	17
3.9. QUELLCODIERUNG	17
3.9.1. TOOLAME – MP2.....	17
3.9.2. DABPLUS-ENC – AAC.....	19
3.10. MULTIPLEXBILDUNG	20
3.11. MODULATION	27
3.12. SHELL-SKRIPT	31
3.13. VIRTUAL BOX	32
3.14. DRM+-SOFTWARE SPARK.....	34
4. WEITERE INFORMATIONEN	35
5. ANHANG.....	36

1. Übersicht

Diese Schnellstartanleitung soll Ihnen die wesentlichen Einstellungen erläutern, die es Ihnen ermöglichen, den DAB-Sender bestehend aus **Multiplexgenerator** und **VHF-Sendeeinheit** in Betrieb zu nehmen.



Der **Multiplexgenerator** enthält die Hardware zur Entgegennahme der Eingangsdaten und die Software zur Ausführung der Signalverarbeitung.

Die **VHF-Sendeeinheit** beinhaltet die Hardware die D/A-Wandlung, Verstärkung und Filterung der HF-Signale.

Beide Funktionseinheiten werden mittels Gigabit-Ethernet miteinander verbunden.

Die **Antenne** für das VHF-Band III wird mit dem beiliegenden Antennenkabel angeschlossen.

2. Anschlüsse und Bedienelemente

In diesem Kapitel werden die Anschlüsse und Hardware-Bedienelemente für **Multiplexgenerator** und **VHF-Sendeinheit** beschrieben. Es wird die Funktion der Objekte beschrieben, das Vorgehen zur Inbetriebnahme des Senders wird in **Kapitel 3** erläutert.

2.1. Multiplexgenerator

2.1.1. Vorderseite



Im **Multiplexgenerator** sind von oben nach unten folgende Geräte eingebaut:

- TFT-Konsole (1)
- Rack-Schublade (2)
- Rack-Steckdosenleiste (3)
- RME Multiface II (4), RME ADI 4 DD (5)
- 19 Zoll-Linuxserver (6)

2.1.1.1. TFT-Konsole



Die **TFT-Konsole** ist zum Transport im Multiplexgenerator versenkt. Zum Entriegeln schieben Sie die beiden Verschlüsse (1,2) in Richtung Mitte der Konsole. Anschließend können Sie die Konsole herausziehen und aufklappen.



Zum Versenken der TFT-Konsole müssen Sie diese einklappen und die beiden Riegel (3) in den Führungsschienen nach vorne ziehen. Anschließend können Sie die Konsole in das Rack schieben.

2.1.1.2. Rack-Schublade



Um die **Rack-Schublade** zu öffnen, drücken Sie den Griff (1) nach unten. Dieser entriegelt die Schublade und Sie können die Schublade nach vorne herausziehen.

2.1.1.3. Rack-Steckdosenleiste



Mit dem Schalter (1) an der **Rack-Steckdosenleiste** können Sie die Stromversorgung des Multiplexgenerators aktivieren und deaktivieren. Auch auf der Rückseite des Gehäuses herausgeführte Powercon-Anschluss wird über diesen Schalter aktiviert

2.1.1.4. RME Multiface II



Das **Multiface II** von RME ist das Haupt-Audiointerface des Multiplexgenerators. Es ist an eine PCI-express-Karte im 19 Zoll-Server angeschlossen und stellt die Audioschnittstellen (auf der Rückseite, s. 2.1.2) bereit.

Auf der Vorderseite des Geräts sind folgende Anzeigen und Bedienelemente angebracht:

Je ein **MIDI-Ein- und -Ausgang** (1) ist auf der linken Seite des Geräts eingebaut. Daran können Sie MIDI-kompatible Geräte anschließen. Diese Funktion wird zum Betrieb des DAB-Senders nicht benötigt.

Neben den MIDI-Buchsen befinden sich **Aktivitätsanzeigen** (2) für MIDI. Diese signalisieren ob MIDI-Daten gesendet oder empfangen werden.

Unter **Digital State** (3) können Sie sehen ob an den digitalen Eingängen (auf der Rückseite, s. 2.1.2) ein gültiges Eingangssignal anliegt. Sollte eines der Eingangssignale nicht synchron zu der System-Clock sein, so blinkt die entsprechende LED. Die LED **Host** leuchtet rot, wenn das Interface angeschaltet ist, die Verbindung zur HDSPe-Karte jedoch unterbrochen ist, oder das Gerät noch nicht initialisiert ist. Leuchtet diese LED nicht, so arbeitet das Gerät korrekt. Beim Starten des Servers wird das Gerät automatisch initialisiert.

In dem Feld **Analog Level** (4) können Sie mit je einem dreistufigen Kippschalter den Referenzpegel für die analogen Ein- und Ausgänge separat einstellen. Gängige Studiohardware verwendet üblicherweise einen Referenzlevel von +4 dBu.

Im Feld **Phones** (5) befindet sich eine Kopfhörerbuchse. Diese ermöglicht Ihnen das Anschließen eines Kopfhörers und somit das Abhören und Kontrollieren der Audiokanäle. Mit dem Drehregler können Sie die Lautstärke des Kopfhörersignals einstellen.

2.1.1.5. RME ADI 4 DD



Das **ADI 4 DD** von RME ist ein Formatwandler, der digitale Audiodaten von ADAT- nach AES/EBU-Schnittstellen wandelt und umgekehrt.

An der Vorderseite stellt er folgende Anzeigen und Bedienelemente zur Verfügung:

Im Feld **AES 1** (1) kann der physikalische Ein- und Ausgang für den ersten AES-Kanal ausgewählt werden. Auf der Rückseite des ADI 4 DD ist ein XLR-Ein- und -Ausgang angebracht und eine D-Sub 25 Buchse. Außerdem sind je zwei ADAT-Ein und -Ausgänge vorhanden. Während die AES-Kanäle 2-4 fest mittels der D-Sub 25 Buchse herausgeführt werden, kann der AES-Kanal 1 entweder ebenfalls über die D-Sub 25 Buchse oder aber über die XLR-Buchsen oder den zweiten ADAT-Weg herausgeführt werden. Alle AES-Kanäle sind auf der Rückseite des Multiplexgenerators auf XLR-Buchsen aufgelegt. Diese sind über die D-Sub 25 Schnittstelle mit dem ADI 4 DD verbunden. Stellen Sie deshalb die Schnittstelle für AES 1 durch mehrfaches Drücken des Tasters auf D-25. Die entsprechende LED leuchtet dann.

Im Feld **Input State** (2) wird der Status der AES- und ADAT-Eingänge angezeigt. Für jeden Eingang steht eine separate LED Sync und Level zur Verfügung. Die LED **Sync** leuchtet dauerhaft, wenn der Entsprechende Eingang synchron zum Referenzsignal anliegt. Blinkt diese LED, so ist dieser Eingang nicht synchron. Die LED **Level** signalisiert, dass Audiodaten über diesen Kanal übertragen werden. Bei der Nutzung von Abtastraten größer als 48 kHz muss der Doublespeed-Modus genutzt werden. Dann lässt sich nur noch die Hälfte der Kanäle über die Schnittstellen übertragen. Die LED **DS** signalisiert den Doublespeed-Modus und leuchtet gelb. Nach dem DAB-Standard wird der Multiplexgenerator mit 48 kHz betrieben und somit wird der Doublespeed-Modus nicht genutzt.

Im Feld **Sync** können Sie die Quelle für das Taktsignal auswählen auf welches der ADI 4 DD synchronisiert werden soll. Sie können durch wiederholtes Drücken des Tasters zwischen dem verwendeten AES-Eingang mit der niedrigsten Kanalnummer, dem ADAT-Eingang oder einem separaten Wordclock-Signal. Soll das **Multiface II** als Master fungieren, so stellen Sie den Sync auf **ADAT**, soll ein externes AES-Gerät Master sein, so stellen Sie Sync auf **AES**.

Im Feld **DS Mode** können sie den Doublespeed-Modus für Wordclock und AES aktivieren. Diesen Modus sollten Sie nicht nutzen, damit die Abtastrate bei den durch den DAB-Standard genutzten 48 kHz bleibt.

Im Feld **AES State** kann der Status für AES auf professionell oder consumer gestellt werden. Zusätzlich kann der AES-Kanal 1 auch auf dem ADAT-Ausgang 2 ausgegeben werden. Sie sollte den AES-Status auf **pro** setzen.

2.1.1.6.19 Zoll-Server



Der **19 Zoll-Server** stellt das Herzstück des Multiplexgenerators dar. Auf ihm ist sämtliche Signalverarbeitungssoftware installiert.

Aus der Vorderseite des 19 Zoll-Servers befinden sich folgende Anschlüsse und Schnittstellen:

In dem Feld links unten befinden sich zwei **USB-Buchsen** (1), der **Einschalter** (2) sowie ein **Reset-Knopf**.

Rechts oben befindet sich ein **DVD-Laufwerk** (4).

2.1.2. Rückseite



Auf der Rückseite des Multiplexgenerators sind alle erforderlichen Anschlüsse auf einem Patchfeld aufgelegt.

Es stehen vier **analoge Stereo-Audioeingänge** (1) zur Verfügung. Diese sind jeweils als linker und rechter Kanal von links nach rechts als XLR-Eingänge ausgeführt. Sie sind mit dem Multiface II verbunden.

Darunter sind vier **analoge Stereo-Audioausgänge** (2) angebracht. Diese bestehen entsprechend den Eingängen aus jeweils rechtem und linkem Kanal und sind durch eine XLR-Buchse zugänglich.

Es sind vier **AES/EBU-Eingänge** (3) vorgesehen. Diese digitalen Schnittstellen benutzen auch XLR-Stecker, stellen jedoch je einen Stereo-Eingang pro Kanal bereit. Diese Eingänge sind mit dem ADI 4 DD verbunden.

Daneben befinden sich die dazugehörigen vier **AES/EBU-Ausgänge** (4). Auch diese ermöglichen jeweils die Ausgabe eines Stereoaudiodatenstroms.

Ebenfalls in dieser Reihe befindet sich ein **Wordclock (WC)-Eingang** (5) sowie ein **WC-Ausgang** (6). Diese BNC-Schnittstellen ermöglichen das Synchronisieren unterschiedlicher digitaler Audiogeräte. Die Schnittstellen sind nur mit dem Multiface II verbunden.

Zur Stromversorgung des Racks ist ein **Powercon-Eingang** (8) vorgesehen. Er dient zum Anschluss des Racks an das 230V~ 16A Stromnetz. Zur Versorgung weiterer Geräte ist auch ein **Powercon-Ausgang** (7) angebracht. Dieser wird zusammen mit der Rack-Stromversorgung durch die vorderseitige Steckdosenleiste ein- und ausgeschaltet.

Ein **HDMI Ausgang** (9) zum Anschluss eines weiteren Monitors ist vorhanden.

Zum Anschließen von externen Geräten wie beispielweise externen Festplatten sind **USB-Schnittstellen** (10) angebracht.

Zum Verbinden von Multiplexgenerator und VHF-Sendeeinheit steht eine **Ethernet-Schnittstelle** (12) bereit. Diese Schnittstelle ist mit einer Intel-Ethernetkarte verbunden, welche die CPU entlastet.

Auch die **Ethernet-Schnittstelle** (13) ist an dieser Karte angeschlossen und für das Verbinden mit dem Internet vorgesehen.

Die zurzeit nicht genutzte **Ethernet-Schnittstelle** (11) ist direkt an das Mainboard des Servers angeschlossen. Diese Schnittstelle kann bei Bedarf frei konfiguriert werden.

2.2. VHF-Sendeeinheit

2.2.1. Vorderseite



Auf der Vorderseite der **VHF-Sendeeinheit** befinden sich folgende Anzeigen und Bedienelemente:

Mit dem **Schalter** (1) der Steckdosenleiste wird die Stromversorgung des gesamten Racks ein- und ausgeschaltet.

Beim Betrieb mit DAB können Sie am HF-Verstärker mit Hilfe der **Statusleuchten** (5) einen Fehlerzustand des Geräts erkennen. Der **Enable-Schalter** (6) aktiviert die Verstärkung im Gerät. Über den **Monitoring-Ausgang** (7) können Sie das Ausgangssignal mit geringer Leistung abgreifen, um es beispielsweise mit einem Spektrumanalysator zu untersuchen.

Bei DRM+-Betrieb wird der HF-Verstärker für DRM+ mit dem **Kippschalter** (2) eingeschaltet. Dieser befindet sich unter der roten Schutzklappe. Mit dem **Strommessgerät** (3) können Sie den Eingangsstrom des Verstärkers für DRM+ ablesen. Gegen Überstrom ist er durch die **Feinsicherung** (4) mit einem Nennstrom von 2,5 A geschützt.

2.2.2. Rückseite



Auf der Rückseite der VHF-Sendeeinheit sind folgende Anschlüsse angebracht:

Zur Stromversorgung des Racks ist ein **Powercon-Eingang** (1) vorgesehen. Er dient zum Anschluss des Racks an das 230V~ 16A Stromnetz. Zur Versorgung weiterer Geräte ist auch eine **Powercon-Ausgang** (2) angebracht. Dieser wird zusammen mit der Rack-Stromversorgung durch die vorderseitige Steckdosenleiste ein- und ausgeschaltet.

Zum Anschluss des Multiplexgenerators an die VHF-Sendeeinheit stehen zwei **Ethernet-Buchsen** (4) zur Verfügung. Dabei ist es unerheblich, welche der Buchsen Sie verwenden, da diese an einer Netzwerkschicht angeschlossen sind. Die ungenutzte Buchse können Sie verwenden, um weitere Netzwerkgeräte zu verwenden.

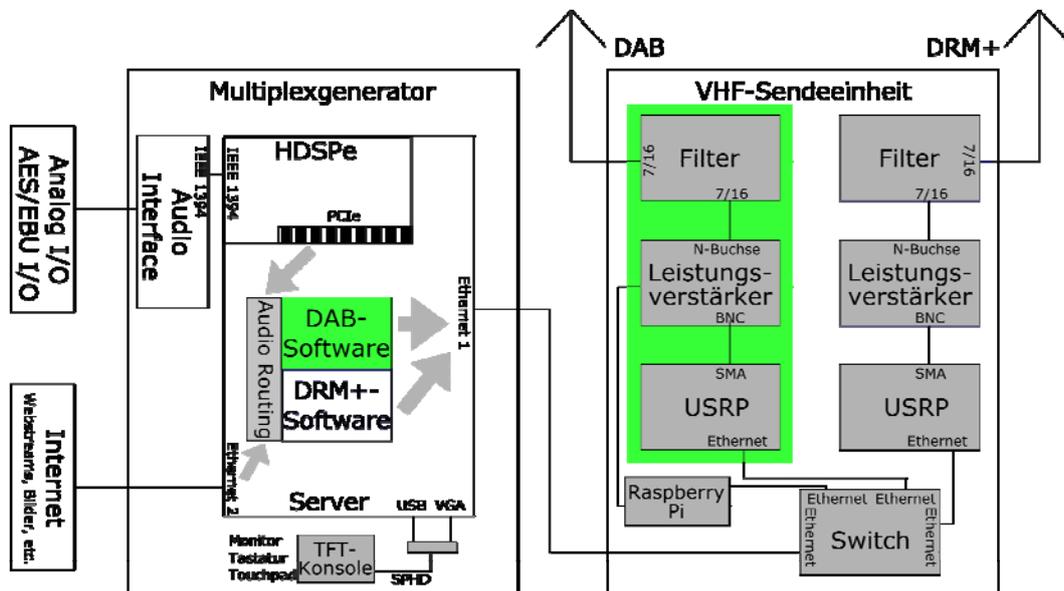
Die DAB-Ausgangsleistung liegt an der **N-Buchse** (5) an. Da im DAB-Signalweg ein Antennenfilter enthalten ist, können Sie an diesen Ausgang eine Antenne für das VHF-Band III Block 12A anschließen. Möchten Sie einen anderen DAB-Block nutzen, so müssen Sie das Antennenfilter umstimmen. Eine Antenne dürfen Sie nur nach Genehmigung der BNetzA anschließen. Sie sollten den Verstärker niemals ohne Last betreiben. Dies kann für einen Systemtest beispielsweise durch das Anschließen eines Abschlusswiderstandes gewährleistet werden. Dieser sollte jedoch für die Ausgangsleistung von 100 W RMS geeignet sein.

Die Antenne muss für das VHF-Band III geeignet sein. Sie muss für die Leistung von 100 W RMS geeignet sein. Durch den hohen Crestfaktor von DAB von ca. 10 dB können sehr hohe Spitzenleistungen von ca. 1 kW auftreten. Dies muss bei der Auswahl der Antenne beachtet werden. Die Antenne sollte außerdem gegen Blitzschlag abgesichert werden. Dies kann beispielsweise durch eine Erdung des Mantels des Antennenkabels erfolgen.

Das DRM+-Ausgangssignal liegt an der **BNC-Buchse** (3) an. Im DRM+-Signalweg ist kein Antennenfilter geschaltet. Bei Ausstrahlung von DRM+ sollten Sie ein Antennenfilter zur Unterdrückung von Außerbandstörungen benutzen. Eine Antenne dürfen Sie nur nach Genehmigung der BNetzA anschließen. Sie sollten den Verstärker niemals ohne Last betreiben.

2.3. Hardwareaufbau

Im folgenden Bild sind der Aufbau und der Signalablauf der Hardware dargestellt.



Die Signalverteilung zwischen den USRP in der VHF-Sendeeinheit und dem Server in dem Multiplexgenerator erfolgt über ein IP-Netzwerk. Die IP-Adressen befinden sich dabei im Subnetz 192.168.10.x. In der Nachfolgenden Tabelle sind die IP-Adressen der Netzwerkgeräte aufgeführt.

Server (eth2)	192.168.10.1
USRP (DAB)	192.168.10.3
USRP (DRM+)	192.168.10.2
Raspberry Pi (DAB Verstärker)	192.168.10.200

3. Software

Zur Signalverarbeitung ist folgende Software auf dem Server des Multiplexgenerator installiert:

- **Ubuntu** (Betriebssystem)
- **Alsa** (Audiotreiber und -schnittstellen, in Ubuntu enthalten)
- **JACK** (Audioserver)
- **Calf Studio Gear** (Audioeffekte)
- **ebumeter** (Lautheitsmessung nach EBU R.128)
- **mplayer** (Abspielen von Internetstreams)
- **toolame** (MP2-Encoder für DAB)
- **dabplus-enc** (AAC-Encoder für DAB+)
- **ODR-DabMux** (DAB-Multiplexer)
- **ODR-DabMod** (DAB-Modulator und USRP-Schnittstelle)
- **Virtual Box** (Virtuelle Maschine zum Ausführen der Steuersoftware für den HF-Verstärker für DAB)
- **Elektrolink 100 W DAB Control Software** (Steuersoftware für DAB-Verstärker)
- **SPARK**

Die ausführbaren Dateien befinden sich in /usr/local/bin/.

In den folgenden Abschnitten werden die erforderlichen Schritte aufgezählt, die nötig sind um einen DAB-Multiplex abzustrahlen.

3.1. Login

Sie müssen sich an dem Multiplexgenerator anmelden, damit sie diesen bedienen können.

Die standardmäßigen Anmeldedaten sind:

User: dab

PW: dab

Anschließend öffnet sich der **Ubuntu-Desktop**, an dem Sie alle Einstellungen vornehmen können.

3.2. Ubuntu-Desktop



In der linken Schnellstartleiste sind die wichtigsten Programme hinterlegt, damit Sie schnell darauf zugreifen können.

Die **systemweite Suche** (1) können Sie benutzen, um nach Dokumenten, die auf dem Multiplexgenerator abgelegt sind, zu suchen. Sie kann aber auch dazu genutzt werden, um Programme zu starten, insbesondere solche, die sich nicht in der Schnellstartleiste befinden.

Mit **HDSPConf** (2) können Sie die Einstellungen des **Multiface II** ändern. Dies betrifft insbesondere die Einstellungen bezüglich der Synchronisation.

HDSPMixer (3) ist eine Mixoberfläche für den im **Multiface II** integrierten Hardwaremixer. Damit können sie beispielsweise die Audioeingänge anhören und kontrollieren.

QJackCtl (4) ist die grafische Benutzeroberfläche (GUI) des Audioservers **JACK**. Mit QJackCtl können Sie Jack bequem administrieren.

Das **Calf Plugin Pack for JACK** (5) ermöglicht das Ausführen von Audioeffekten, wie beispielsweise Compressoren, Equalizer oder Limiter. Die einzelnen Plugins erscheinen als Ein- und Ausgänge in JACK und lassen sich anschließend mit jedem JACK-Port verbinden.

Mit dem **ebumeter** (6) können Sie die Lautheit eines Audiokanals nach EBU R.128 überprüfen. Das ebumeter erscheint in JACK und kann somit beliebig geroutet werden.

Mit dem **Terminal** (7) können Sie beliebige Kommandozeilenbefehle ausführen. So können Sie beispielsweise das Sendeskript starten oder den Multiplexer über Telnet überwachen.

Zur Aussendung von DRM+ können Sie **Spark** (8) benutzen. Spark ist ein Programm, das die gesamte Signalverarbeitung übernimmt, und komplett über eine GUI steuerbar ist.

Mit **Virtual Box** (9) können Sie eine virtuelle Maschine mit Windows 8.1 Betriebssystem zu starten. Diese wird benötigt, da die Steuersoftware für den DAB-Verstärker nur unter Windows lauffähig ist.

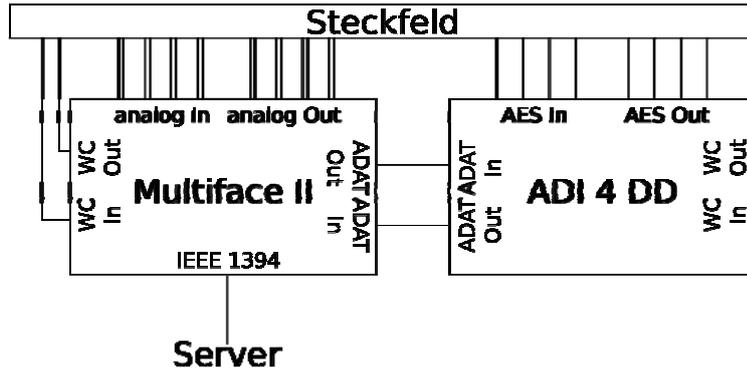
Als Webbrowser ist **Firefox** (10) auf dem Multiplexgenerator installiert.

Mit dem **Dateibrowser** (11) können Sie die Verzeichnisse und Dateien des Multiplexgenerators durchsuchen und öffnen.

Allgemeine Einstellungen des Betriebssystems können in den **Systemeinstellungen** (12) eingesehen und geändert werden.

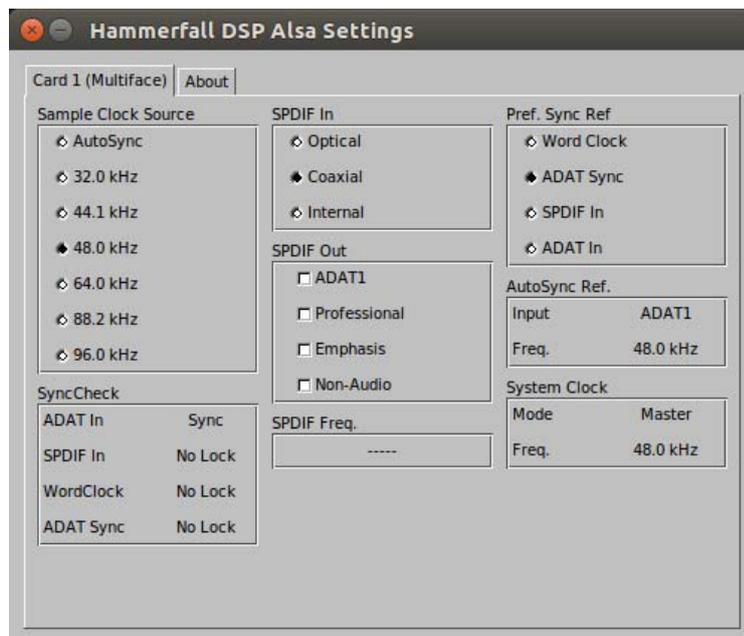
3.3. Audio-Synchronisierung

Bei der Nutzung von mehreren digitalen Audiogeräten müssen diese miteinander synchronisiert sein, damit sie zuverlässig und störungsfrei genutzt werden können. Die Verschaltung der im Multiplexgenerator eingebauten Audiogeräte ist im nachfolgenden Bild dargestellt.



Das **Multiface II** dient über die im Server eingebaute **HDSPe-Karte** als Schnittstelle für analoge Audioeingänge. Zusätzlich ist das **ADI 4 DD** per ADAT angeschlossen, sodass auch AES/EBU Ein- und Ausgänge genutzt werden können. All diese Audioschnittstellen sind ebenso wie die WC-Schnittstelle des Multiface II auf dem rückseitigen Steckfeld aufgelegt.

Die Konfiguration des Multiface II können Sie über die Software **HDSPConf** einsehen und ändern.



Für den Betrieb des Multiplexgenerators sind zwei Arten der Synchronisation denkbar:

- Das **Multiface II** fungiert als Master und alle weiteren Geräte synchronisieren sich auf den Takt des Multiface II (Standardkonfiguration)
- Ein **externes Gerät** (beispielsweise ein an einem AES/EBU Eingang angeschlossenes Mischpult) fungiert als Master und alle weiteren Geräte synchronisieren sich auf den Takt dieses Geräts

Wichtig: Es darf in einem Sync-Verbund immer nur **einen** Master geben!

Die Samplerate der Audiogeräte muss bei **48 kHz** liegen, da diese Frequenz als Abtastrate für Audio im DAB-Standard vorgesehen ist.

3.3.1. Multiface II als Master

Folgende Einstellungen müssen Sie im Programm **HDSPConf** einstellen, damit das **Multiface II** als Master fungiert:

Im Abschnitt **Sample Clock Source** stellen sie die Taktrate auf 48 kHz.

Im Abschnitt **System Clock** können Sie den Status und den Systemtakt kontrollieren.

Im Abschnitt **SPDIF In** wählen Sie **Koaxial**, damit der optische Eingang nicht blockiert wird, der für ADAT benötigt wird.

Auch im Abschnitt **SPDIF Out** sollten Sie **ADAT 1** nicht aktivieren, damit der ADAT-Ausgang zum Anschluss des **ADI 4 DD** genutzt werden kann.

Der Abschnitt **Sync Check** zeigt an, ob die digitalen Audioeingänge angeschlossen sind, und ob diese synchron zum Takt des Multiface II sind.

Für diesen Betriebsmodus muss das **ADI 4 DD** über die Bedienelemente an der Frontplatte wie folgt eingestellt werden:

Stellen Sie den **AES 1** Eingang auf **D 25**.

Stellen Sie anschließend **SYNC** auf **ADAT** und schalten Sie **DS Mode** aus.

Schalten Sie **AES State** auf **PRO**.

Wenn Sie ein digitales Audiogerät an dem **ADI 4 DD** anschließen möchten, so müssen Sie dieses synchronisieren. Sie können dazu den **WC Out** des **Multiface II** benutzen oder Sie synchronisieren es über einen **AES/EBU-Ausgang** des **ADI 4 DD**.

Im Feld **INPUT STATE** können sie die Synchronität der Eingänge überwachen und sehen auch, ob ein Eingangssignal anliegt.

3.3.2. Externes Gerät als Master

Für den Fall dass ein **externes Digitalgerät** der Master in dem System sein soll, müssen Sie folgende Einstellungen in **HDSPConf** ändern:

Im Abschnitt **Sample Clock Source** müssen Sie **Autosync** wählen.

Pref. Sync Reference stellen Sie auf **ADAT Sync**.

Im Abschnitt **System Clock** sollte jetzt der Mode **Slave** und die Taktrate von 48 kHz angezeigt werden.

Die Einstellungen des **ADI 4 DD** müssen Sie wie folgt ändern:

Schalten Sie den **Sync** auf **AES**.

Damit sich das Gesamtsystem synchronisieren kann, muss ein externes Gerät über AES/EBU angeschlossen sein und arbeiten. Das ADI 4 DD kann nicht als Master fungieren und somit ist das Gesamtsystem nicht synchronisiert, wenn dieser Eingang fehlt. Wenn Sie mehr als ein Gerät über AES/EBU anschließen möchten, so müssen alle diese Geräte miteinander synchronisiert werden. Als Referenztakt betrachtet das ADI 4 DD immer den Eingang mit der niedrigsten Kanalnummer.

3.4. mplayer

mplayer ist ein OpenSource Multimediaplayer, der alle gängigen Audio- und Videoformate abspielen kann. Außerdem lässt er sich in JACK einbinden. Im Multiplexgenerator wird er dazu benutzt, um Internetstreams abzuspielen und sie in einen Multiplex integrieren zu können. In diesem Fall wird der mplayer über die Kommandozeile bedient. Die dafür nötigen Befehle werden anhand des nachfolgenden typischen Befehls erläutert.

```
mplayer -ao jack:name=Stream1:port=MP2Encoder -playlist http://demoradio1.com:8020
```

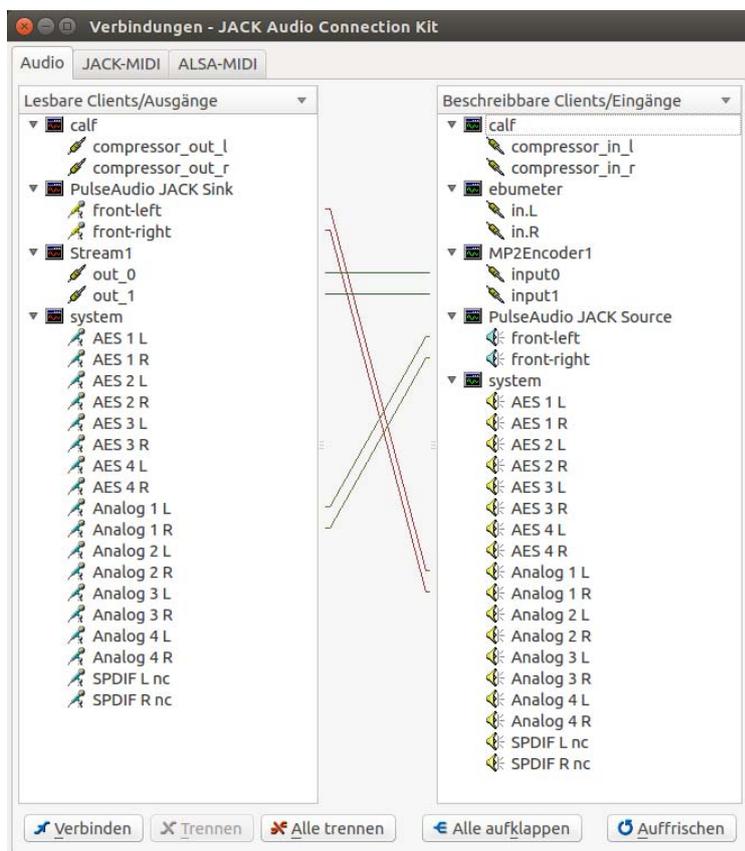
Nach der Option **-ao** wird der JACK-Ausgang aktiviert. Mit Doppelpunkten getrennt werden anschließend der Name der Verbindung (**:name=**) und der Ausgang, mit dem dieser mplayer sich standardmäßig verbindet (**:port=**) übergeben. Nach dem Parameter **-playlist** wird die URL des Internetstreams übergeben.

3.5. JACK Audiorouting

Die Oberfläche von **QJackCtl** besteht zunächst aus dem Hauptfenster.



Durch Klicken auf die Schaltfläche **Verbinden...** kann das Fenster **Verbindungen** geöffnet werden.



Im Fenster **Verbindungen** sind alle derzeit am Server angeschlossenen Audioein- und -ausgänge zu sehen. Außerdem erscheinen alle gerade ausgeführten JACK-kompatiblen Softwareschnittstellen, wie die Plugins der **Calf Studio Gear**, die Systemsoundausgabe **Pulseaudio**, der von **mplayer** abgespielte Internetstream, das **ebumeter** sowie die **Audioencoder**. Auch das Routing zwischen den Ports wird eingezeichnet.

Die Ports des Audiointerfaces sind umbenannt worden, damit ersichtlich wird, welcher Eingang gemeint ist. Wenn der Eingang jedoch in einem Skript genutzt werden soll, so muss der generische Name des Ports genutzt werden. Die Zuordnung von generischem Namen zu lesbarer Bezeichnung ist in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt.

Anleitung zum Aufbau und zur Inbetriebnahme des portablen Hörfunksenders
zur Ausstrahlung von DAB und DRM+ im VHF-Band III

Eingänge		Ausgänge	
Gerätname: system		Gerätname: system	
Generische Benennung	Anschauliche Benennung	Generische Benennung	Anschauliche Benennung
capture_1	Analog 1 L	playback_1	Analog 1 L
capture_2	Analog 1 R	playback_2	Analog 1 R
capture_3	Analog 2 L	playback_3	Analog 2 L
capture_4	Analog 2 R	playback_4	Analog 2 R
capture_5	Analog 3 L	playback_5	Analog 3 L
capture_6	Analog 3 R	playback_6	Analog 3 R
capture_7	Analog 4 L	playback_7	Analog 4 L
capture_8	Analog 4 R	playback_8	Analog 4 R
capture_9	AES 1 L	playback_9	AES 1 L
capture_10	AES 1 R	playback_10	AES 1 R
capture_11	AES 2 L	playback_11	AES 2 L
capture_12	AES 2 R	playback_12	AES 2 R
capture_13	AES 3 L	playback_13	AES 3 L
capture_14	AES 3 R	playback_14	AES 3 R
capture_15	AES 4 L	playback_15	AES 4 L
capture_16	AES 4 R	playback_16	AES 4 R
capture_17	SPDIF 1 L (nicht herausgeführt)	playback_17	SPDIF 1 L (nicht herausgeführt)
capture_18	SPDIF 1 R (nicht herausgeführt)	playback_18	SPDIF 1 R (nicht herausgeführt)

Neue Verbindungen zwischen den einzelnen Ports können per Drag and Drop erstellt werden.

3.6. Audio-Monitoring

Zur Kontrolle der Audiodaten können Sie einen Kopfhörer an den Kopfhörerausgang des Multiface II oder Audiomonitore an die analogen Ausgänge auf der Rückseite des Multiplexgenerator anschließen. Das Mischen der Eingangssignale und der Softwareausgänge geschieht über das Programm **HDSPMixer**.



In der oberen Zeile werden alle **Eingänge** (1) des Systems angezeigt. In der Mitte befinden sich die **Software-Playbacks** (2). Dies sind die Kanäle, die in JACK als Ausgänge angezeigt werden. Unten befinden sich die **Ausgänge** (3), die auch in ihrer Lautstärke verändert werden können.

Möchten Sie nicht nur einen oder wenige Kanäle auf verschiedene Ausgänge routen, so können Sie mit dem **Submix-mode** (4) durch anwählen eines Ausgangs für diesen einen individuellen Mix erstellen.

3.7. Audiotbearbeitung

Wenn Sie die Audiosignale vor dem Senden bearbeiten möchten, beispielsweise um die Lautstärke anzupassen, können Sie die Pluginsammlung **Calf Studio Gear** nutzen. Diese stellt eine Vielzahl unterschiedlicher Plugins zur Verfügung, die über JACK eingebunden werden. Das Hauptfenster von **Calf Jack Host** simuliert ein Rack, in dem alle geöffneten Effekte abgebildet sind.



Wenn Sie auf **Add plugin** drücken, so können Sie ein weiteres Plugin aus der Liste öffnen. Dies können auch mehrere gleiche Plugins sein. Drücken Sie auf **Edit**, dann öffnet sich ein weiteres Fenster zum Bearbeiten des entsprechenden Plugins.



Als Beispiel ist hier das Fenster des Compressors dargestellt.

3.8. Lautheitsmessung

Zur Bestimmung der Lautheit nach EBU R.128 kann die Software **ebumeter** genutzt werden.



Mit dem ebumeter können sie die momentane Lautheit, die Lautheitsdynamik und die integrierte Programmlautheit ermitteln. Sie sollten die Lautheit immer nach allen Audioeffekten bestimmen, da Sie sonst nicht die gesendete Lautheit im DAB-Multiplex bestimmen.

3.9. Quellcodierung

Im DAB-Standard sind zwei Arten der Quellcodierung vorgesehen:

- MPEG 2 Layer II (Musicam) für DAB
- MPEG 4 Part 3 (AAC) für DAB+

Für beide Codecs ist jeweils ein Software-Encoder auf dem Multiplexgenerator installiert. MPEG 2 Layer II wird durch den Befehl **toolame** codiert und die AAC-Codierung durch den Befehl **dabplus-enc** gestartet.

3.9.1. toolame – MP2

Nachfolgend ist die Hilfeseite von **toolame** abgedruckt. Darin sind alle möglichen Parameter angegeben.

toolAME version 0.2l-opendigitalradio (<http://opendigitalradio.org>)

MPEG Audio Layer II encoder for DAB

usage:

toolame [options] <input> <output>

Options:

Input

- s *srq* input smpl rate in kHz (dfft 44.1)
- a downmix from stereo to mono
- x force byte-swapping of input
- g swap channels of input file
- j enable jack input

Output

- m *mode* channel mode : s/d/j/m (dfft j)
- y *psy* psychoacoustic model 0/1/2/3 (dfft 1)
- b *br* total bitrate in kbps (dfft 192)
- v *lev* vbr mode
- l *lev* ATH level (dfft 0)

Operation

- q *num* quick mode. only calculate psy model every num frames

Misc

- d *emp* de-emphasis n/5/c (dfft n)

Anleitung zum Aufbau und zur Inbetriebnahme des portablen Hörfunksenders
zur Ausstrahlung von DAB und DRM+ im VHF-Band III

- c mark as copyright
- o mark as original
- e add error protection
- r force padding bit/frame off
- p len enable PAD, and read len bytes of X-PAD data per frame
- P file read X-PAD data from mot-encoder from the specified file
- t talkativity 0=no messages (dflt 2)

Files

input input sound file. (WAV,AIFF,PCM or use '/dev/stdin')

output output bit stream of encoded audio

prefix with tcp:// to use a ZMQ output

Allowable bitrates for 16, 22.05 and 24kHz sample input

8, 16, 24, 32, 40, 48, 56, 64, 80, 96, 112, 128, 144, 160

Allowable bitrates for 32, 44.1 and 48kHz sample input

32, 48, 56, 64, 80, 96, 112, 128, 160, 192, 224, 256, 320, 384

Zur Veranschaulichung der notwendigen Parameter hier eine Beispielanwendung des Encoders:

```
toolame -s 48 -b 192 -j MP2Encoder1 tcp://localhost:10001
```

Die Samplerate muss zwingend 48 kHz betragen (**-s 48**).

Die Bitrate ist auf 192 kbit/s eingestellt (**-b 192**). Dies ist eine sinnvolle Einstellung für gute Audioqualität. Je weniger Programme verbreitet werden müssen, desto höher sollten Sie die Audiodatenrate wählen. Sie sollten die Datenrate eines DAB-Multiplexes ausnutzen.

Als Eingang ist ein JACK-Port gewählt (**-j MP2Encoder1**). Dieser kann mit einem beliebigen Namen versehen werden.

Als Ausgang ist ein ZMQ-Port angegeben (**tcp://localhost:10001**). Dies ist ein Protokoll, das auf dem TCP/IP aufsetzt und das auch der Multiplexer und Modulator unterstützen. Als Parameter nach der Kennung **tcp://** wird eine IP-Adresse gesetzt. In diesem Fall genügt die Angabe **localhost**, da die Ausgangsdaten nur auf dem Server selbst benötigt werden. Anschließend muss noch ein individueller Port gesetzt werden (hier **10001**).

3.9.2. dabplus-enc – AAC

Nachfolgend ist die Hilfeseite von **dabplus-enc** abgedruckt.

dabplus-enc v0.5.0-18-gb62213b is a HE-AACv2 encoder for DAB+ based on fdk-aac-dabplus that can read from JACK, ALSA or a file source and encode to a ZeroMQ output for ODR-DabMux.

The -D option enables experimental sound card clock drift compensation.

A consumer sound card has a clock that is always a bit imprecise, and would drift off after some time. ODR-DabMux cannot handle such drift because it would have to throw away or insert a full DAB+ superframe, which would create audible artifacts. This drift compensation can make sure that the encoding rate is correct by inserting or deleting audio samples.

When this option is enabled, you will see U and O printed in the console. These correspond to audio underruns and overruns caused by sound card clock drift. When sparse, they should not create audible artifacts.

This encoder includes PAD (DLS and MOT Slideshow) support by
<http://rd.csp.it> to be used with mot-encoder

<http://opendigitalradio.org>

Usage:

dabplus-enc (-i file|-d alsa_device) [OPTION...]

For the alsa input:

-d, --device=alsa_device Set ALSA input device (default: "default").
-D, --drift-comp Enable ALSA sound card drift compensation.

For the file input:

-i, --input=FILENAME Input filename (default: stdin).
-f, --format={ wav, raw } Set input file format (default: wav).
--fifo-silence Input file is fifo and encoder generates silence when fifo is empty. Ignore EOF.

For the JACK input:

-j, --jack=name Enable JACK input, and define our name

Encoder parameters:

-b, --bitrate={ 8...192 } Output bitrate in kbps. Must be 8 multiple.
-a, --afterburner Turn on AAC encoder quality increaser.
-c, --channels={ 1, 2 } Nb of input channels (default: 2).
-r, --rate={32000, 48000} Input sample rate (default: 48000).
--aaclc Force the usage of AAC-LC (no SBR, no PS)
--sbr Force the usage of SBR
--ps Force the usage of PS

Output and pad parameters:

-o, --output=URI Output zmq uri. (e.g. 'tcp://localhost:9000')
-or- Output file uri. (e.g. 'file.dab')
-or- a single dash '-' to denote stdout
-k, --secret-key=FILE Enable ZMQ encryption with the given secret key.
-p, --pad=BYTES Set PAD size in bytes.
-P, --pad-fifo=FILENAME Set PAD data input fifo name (default: /tmp/pad.fifo).
-l, --level Show peak audio level indication.

Only the tcp:// zeromq transport has been tested until now, but epqm:// and pgm:// are also accepted

Zur Veranschaulichung der notwendigen Parameter hier eine Beispielanwendung des Encoders:

```
dabplus-enc -j AACEncoder -b 128 -a -o tcp://localhost:10002
```

Sie müssen nur wenige Parameter definieren, damit **dabplus-enc** standardkonform funktioniert. Die Abtastrate ist standardmäßig auf 48 kHz eingestellt und es werden standardmäßig Stereokanäle codiert.

Als Eingang ist ein JACK-Port gewählt (**-j AACEncoder**). Dieser kann beliebig benannt werden.

Die Bitrate ist auf 128 kbit/s eingestellt (**-b 128**). Dies ermöglicht gute Audioqualität. Bei wenigen zu übertragenden Audioprogrammen sollten Sie die Audiobitrate hoch wählen, damit die Audioqualität nicht unnötig schlecht ist.

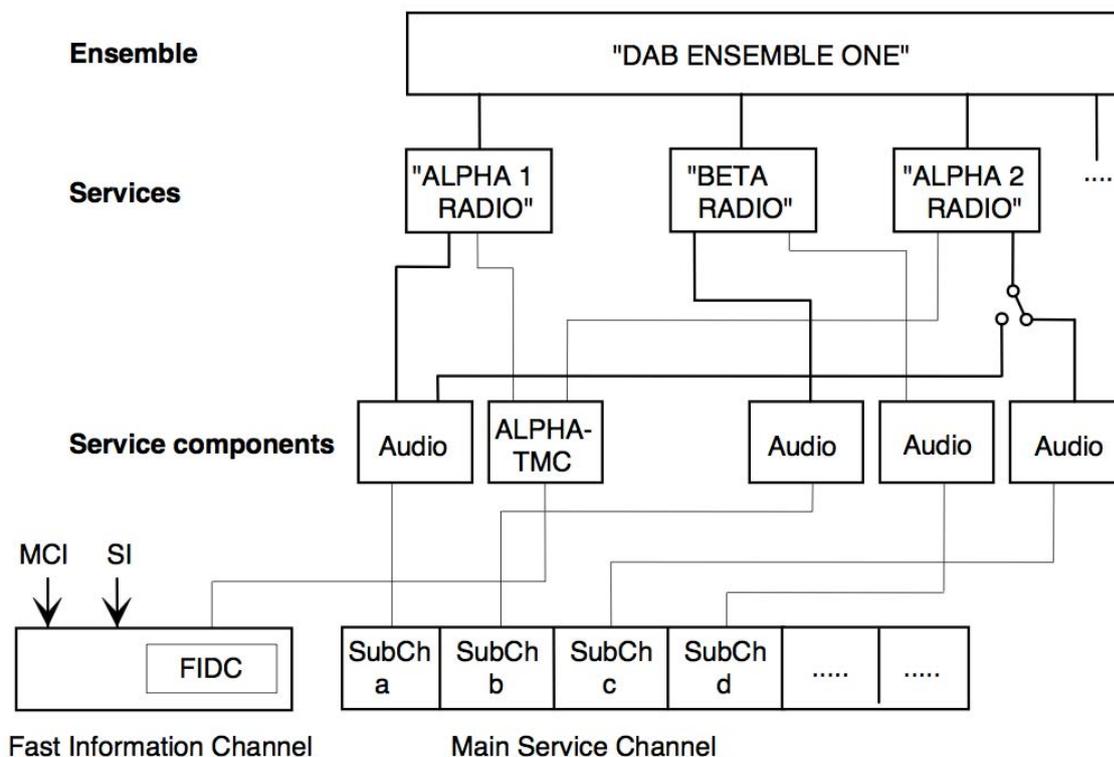
Eine weitere Steigerung der Audioqualität ermöglicht die Einschaltung des sogenannten „afterburner“ (**-a**).

Als Ausgang wird auch hier ein lokaler ZMQ-Port genutzt

(**-o tcp://localhost:10002**).

3.10. Multiplexbildung

Die Multiplexbildung wird durch das Programm **ODR-DabMux** durchgeführt. Der Aufbau des Multiplex wird dabei in einer Konfigurationsdatei definiert. Die Struktur dieser Konfigurationsdatei lehnt sich dabei an die Struktur des DAB-Multiplex an. Deshalb ist es sinnvoll, den Multiplexaufbau etwas genauer zu betrachten.



Ein Multiplex – das Ensemble – beinhaltet mehrere Services. Diese Services sind die mit einem Radiogerät auswählbaren und anhörbaren Programme. Jeder Service besitzt mindestens eine Service Component, die die Services mit den jeweiligen Daten in den Subchannels des Main Service Channel oder des Fast Information Channel verknüpft. Dabei kann eine Service Component auch mehreren Services zugeordnet werden, um beispielsweise einen Verkehrsinformationsdienst mit anderen Komponenten in mehreren Services zu verwenden und die Daten nicht mehrfach übertragen zu müssen.

odr-dabmux wird über folgenden Befehl im Terminal-Fenster gestartet:

```
odr-dabmux -e Demoradio.mux
```

Als einziger Parameter wird dem Multiplexer der Pfad zu der Konfigurationsdatei übergeben, in der alle Parameter aufgeführt sind (**-e Demoradio.mux**).

Hier ist die Konfigurationsdatei aus dem Ordner `/home/dab/DAB/DEMO`, der die Konfiguration erläutern soll.

```
; This is the official configuration file example that
; serves as documentation for the config file reader.
;
; As you can see, comments are defined by semicolons.
;
; The format is called INFO format, and defined by boost
; property_tree:
;http://www.boost.org/doc/libs/1_41_0/doc/html/boost_propert;ytree/parsers.html#boost_propertytree.parsers.info_parser

; It consists of six mandatory sections, whose relative
; order in this file are of no importance.

; In case of questions or ambiguities, the documentation for
; the command-line configuration interface still mostly
; applies.

; The general section defines global multiplex parameters.
general {
    ; the DAB Transmission mode (values 1-4 accepted)
    dabmode 1

    ; the number of ETI frames to generate
    ; (set to 0 to get an unlimited number)
    nbframes 0

    ; boolean fields can accept either false or true
    ; as values:

    ; Enable logging to syslog
    syslog true

    ; Write the SCCA field useful for the Factum ETI
    ; analyser
    writescca false

    ; Enable timestamp definition necessary for SFN
    ; This also enables time encoding using the MNSC.
    tist false

    ; The statserver is a simple TCP server that
    ; can present
    ; statistics data (buffers, overruns, underruns, etc)
    ; which can then be graphed a tool like Munin
    ; The doc/stats_dabmux_multi.py tool is a suitable
    ; plugin for that.
    ; If the port is zero, or the line commented, the
    ; server is not started.
    statserverport 12720
}
```

Anleitung zum Aufbau und zur Inbetriebnahme des portablen Hörfunksenders
zur Ausstrahlung von DAB und DRM+ im VHF-Band III

```
remotecontrol {
; enable the telnet remote control server on the
; given port
; This server allows you to read and define
; parameters that some features export
; Set the port to 0 to disable the server
telnetport 12721
}

; Some ensemble parameters
ensemble {
id 0xD101
ecc 0xe0 ; Extended Country Code
label "Demoradio"
shortlabel "Demo"
local-time-offset 4
international-table 1
}

; Definition of DAB services
services {
; Each service has it's own unique identifier, that
; is only used throughout the configuration file

demo1 {
label "Demoradio 1"
shortlabel "Demo1"
pty 3
language 8
id 1; also supports id
}
demo2 {
label "Demoradio 2"
shortlabel "Demo2"
pty 3
language 8
id 2; also supports id
}
}

; The subchannels are defined in the corresponding
; section. supported types are : audio, bridge, data,
; enhancedpacket, dabplus, dmb, packet, test
subchannels {

demo1_sc {
type audio
inputfile "tcp://*:10001"
bitrate 192
zmq-buffer 40
zmq-prebuffering 20
id 11
protection 3
}
demo2_sc {
type dabplus
inputfile "tcp://*:10002"
bitrate 128
zmq-buffer 40
zmq-prebuffering 20
id 12
protection 3
}
}

; For now, each component links one service to
; one subchannel
components {
; the component unique identifiers are not used
; anywhere, but are useful to disambiguate different
; components.

demo1_co {
label "Demoradio 1"
```

```
shortlabel "Demo1"
service demo1
subchannel demo1_sc
}
demo2_co {
label "Demoradio 2"
shortlabel "Demo2"
service demo2
subchannel demo2_sc
}
}

; A list of outputs, in the format
; unique_id "uri"
outputs {
; foobar "fifo:///dev/stdout?type=raw"

; ZeroMQ output example
zmq "zmq+tcp://*:9001"
test "simul:///dev/null"
}
```

In den Konfigurationsdateien werden Kommentare durch ein Semikolon gekennzeichnet.

Die Multiplexkonfigurationsdatei besteht aus sieben Abschnitten. Sie beginnen und enden jeweils mit einer geschweiften Klammer nach der entsprechenden Kennung (general{ ... }). Dies sind:

- general
- remotecontrol
- ensemble
- services
- subchannels
- components
- outputs

Bis auf den Abschnitt remotecontrol müssen alle Abschnitte in der Konfigurationsdatei vorhanden sein, wobei die Reihenfolge der Abschnitte irrelevant ist.

Für die Datentypen werden folgende Abkürzungen verwendet.

[dec]	Dezimalzahl
[hex]	Hexadezimalzahl
[bin]	Binärzahl
[bool]	Boolscher Wert In ODR-DabMux (true, false) In ODR-DabMod (1, 0)
[1-4]	Wertebereich in einem Datentyp
[char]	Buchstaben
[Pfad]	Dateipfad
[URL]	URL

general:

Im Abschnitt **general** werden grundsätzliche Parameter des Multiplexes definiert.

Parameter	Standard	Typ	Erläuterung
dabmode	1	[1-4] [dec]	DAB-Mode Für das VHF Band III ist der DAB-Mode 1 zwingend vorgeschrieben.
nbframes	0	[dec]	Anzahl der generierten DAB-Frames, 0 für Dauerbetrieb
syslog	true	[bool]	Fehler werden im syslog abgespeichert
writescca	false	[bool]	Einfügen des SCCA-Feld das für den Factum ETI-Analyzer nützlich ist
tist	false	[bool]	Aktiviert Zeitstempel für SFN
statsserverport	12720	[dec]	Port für TCP Statistikserver (Puffer, Überläufe, etc.)

remotecontrol:

Hier kann ein Telnetport für den Fernzugriff auf einige Multiplexparameter definiert werden. Darüber können einzelne Parameter von **odr-dabmux** geändert werden.

Parameter	Standard	Typ	Erläuterung
telnetport	12721	[dec]	Port für Fernsteuerung über Telnet

Über den Telnet-Port können folgende Einstellungen geändert werden.

service	label, shortlabel
component	label, shortlabel
subchannel	label, shortlabel, enable/disable (Subchannel abschalten), ZMQ-Verschlüsselung der Signalführung aktivieren

ensemble:

Im Abschnitt **ensemble** werden die Parameter für den gesamten DAB-Multiplex definiert.

Parameter	Standard	Typ	Erläuterung
id	0xD101	[hex]	Ensemble ID, in der Frequenzzuteilung der BNetzA festgelegt, siehe ETSI TS 101 756 bzw. im Anhang
ecc	0xE0	[hex]	Extended Country Code, Festgelegter Wert für Deutschland: 0xE0, siehe ETSI TS 101 756 bzw. im Anhang
label	Demoradio	[char]	Ensemble Label, max. 16 Buchstaben
shortlabel	Demo	[char]	Kurzlabel, darf nur Buchstaben des Labels enthalten, in der gleichen Reihenfolge wie Label, max. 8 Buchstaben
local-time-offset	4	[dec]	Zeitverschiebung zu GMT in halben Stunden MEZ: +2 halbe Stunden MESZ: +4 halbe Stunden
international-table	1	[dec]	Festgelegter Wert für Europa, siehe ETSI TS 101 756 bzw. im Anhang

services:

Der Abschnitt **services** definiert die DAB-Services in einem Multiplex. Dabei wird jeder Service in einem eigenen Unterabschnitt definiert. Ein Unterabschnitt beginnt mit einer individuellen Kennung für jeden Service (hier: service1), die nur innerhalb des ODR-DabMux benutzt wird und das Label des Service (Parameter label) nicht beeinflusst. Ein Unterabschnitt beginnt und endet jeweils mit einer geschweiften Klammer (service1{ ... }).

Parameter	Standard	Typ	Erläuterung
label	Demoradio 1	[char]	Service Label, max. 16 Buchstaben
shortlabel	Demo1	[char]	Kurzlabel, darf nur Buchstaben des Labels enthalten, in der gleichen Reihenfolge wie Label, optional, max. 8 Buchstaben
pty	3	[dec]	Program Type, optional, siehe ETSI TS 101 756 bzw. im Anhang; 3: Information
language	8 oder 0x8	[dec] [hex]	Programmsprache, optional, siehe ETSI TS 101 756 bzw. im Anhang; 8: deutsch
id	1	[dec]	Interne service ID, optional, IDs dürfen nicht doppelt belegt werden

subchannels:

Im Abschnitt **subchannels** werden die Subchannels des DAB-Multiplex in jeweils einem eigenen Unterabschnitt beginnend mit einer individuellen Kennung definiert.

Parameter	Standard	Typ	Erläuterung
type	audio	[audio, dabplus, bridge, data, enhancedpacket, dmb, packet, test]	Subchannel Typ, audio: mp2, dabplus: aac Anwendungsfall unbekannt Anwendungsfall unbekannt Anwendungsfall unbekannt dmb: Verarbeiten eines DMB-Datenstroms packet: zB für MOT test: Pseudozufallsfolge zum Sendertesten
inputfile	„tcp://*:10001“	[Pfad, URL]	Dateipfad oder URL zu Eingangsdaten
bitrate	192	[8-320] [dec]	Bitrate in kbit/s
zmq-buffer	40	[dec]	ZMQ-Puffer in kB
zmq-prebuffering	20	[dec]	ZMQ-Prebuffer in kB
id	11	[dec]	ID des Subchannel, IDs dürfen nicht doppelt belegt werden
protecion	3	[1-5] [dec]	Schutzlevel des Subchannel

components:

Im Abschnitt **components** werden die Subchannel mit den Services durch die Service Components verknüpft. Auch hier beschreibt ein Unterabschnitt eine Service Component.

Parameter	Standard	Typ	Erläuterung
label	Demoradio 1	[char]	Component Label, optional, max. 16 Buchstaben
shortlabel	Demo1	[char]	Kurzlabel, darf nur Buchstaben des Labels enthalten, in der gleichen Reihenfolge wie Label, optional, max. 8 Buchstaben
service	demo1	[char]	Verknüpfter Service, Übergeben der individuellen Kennung
subchannel	demo1_sc	[char]	Verknüpfter Subchannel, Übergeben der individuellen Kennung

outputs:

Im Abschnitt **outputs** wird die Ausgabe des ETI-Datenstroms festgelegt.

Parameter	Standard	Typ	Erläuterung
foobar type	"fifo:///dev/stdout?type=raw" raw	[Pfad] [raw framed streamed]	Ausgabe in eine Datei, Formatierung je nach Anwendung, zum späteren Abstrahlen mit ODR-DabMod: raw
zmq	"zmq+tcp://*:9001"	[URL]	Ausgabe über einen ZMQ-Port
test	"simul:///dev/null"	[Pfad]	Ausgabe in einen simulierten Ausgang, bei ZMQ zusätzlich benutzen

3.11. Modulation

Die Software **odr-dabmod** führt die digitale Modulation der DAB-Signale durch. Außerdem steuert sie den USRP an. Gestartet wird odr-dabmux in der Kommandozeile.

```
ord-dabmod -C dabmod.ini
```

Als einziger Parameter wird dem Modulator der Pfad zu der Konfigurationsdatei übergeben, in der alle Parameter aufgeführt sind (**-C dabmod.ini**).

Hier ist die Konfigurationsdatei aus dem Ordner `/home/dab/DAB/DEMO`, der die Konfiguration erläutern soll.

```
; Sample configuration file for CRC-DABMOD
[remotecontrol]
; enable the telnet remote control on localhost:2121
; Since this is totally unsecure telnet, the software
; will only listen on the local loopback interface.
; To get secure remote access, use SSH port forwarding
telnet=1
telnetport=2121

[log]
; Write to a logfile or to syslog.
; Setting filename to stderr is very useful during tests and development
syslog=1
filelog=0
filename=/dev/stderr

[input]
; A file or fifo input is using transport=file
transport=file
source=/dev/stdin

; When receiving data using ZeroMQ, the source is the URI to be used
;transport=zmq
;source=tcp://localhost:8080
loop=1

[modulator]
; Gain mode: 0=FIX, 1=MAX, 2=VAR
gainmode=2

; Transmission mode
; If not defined, take the mode from ETI
;mode=2
```

Anleitung zum Aufbau und zur Inbetriebnahme des portablen Hörfunksenders
zur Ausstrahlung von DAB und DRM+ im VHF-Band III

```
; Set to 0 to disable CicEqualiser
dac_clk_rate=0

digital_gain=1.0

; Output sample rate
rate=5000000

[firfilter]
enabled=1
filtertapsfile=filtertaps.txt

[output]
; choose output: possible values: uhd, file
output=uhd

[fileoutput]
filename=/dev/stdout

[uhdoutput]
device="ip-addr=192.168.10.3"
#frequency=223936000
channel=12A
txgain=18

; possible values : internal, external, MIMO
refclk_source=internal

; possible values : none, external, MIMO
pps_source=none

; behaviour when external clock reference lock lost
; possible values: ignore, crash
behaviour_refclk_lock_lost=ignore

; Used for SFN with the UHD output
[delaymanagement]
synchronous=0

; whether to mute the TX when incoming frames have no timestamp
mutenotimestamps=0

; choose between fixed and dynamic offset definition
management=dynamic

fixedoffset=0.002
dynamicoffsetfile=modulator_offset
```

In den Konfigurationsdateien werden Kommentare durch ein Semikolon gekennzeichnet.

Die Multiplexkonfigurationsdatei besteht aus verschiedenen Abschnitten. Sie beginnen jeweils mit der Bezeichnung des Abschnitts in eckigen Klammern ([remotecontrol]). Anschließend werden die Parameter der entsprechenden Funktion definiert.

remotecontrol:

Parameter	Standard	Typ	Erläuterung
telnet	1	[bool]	Aktiviert Fernsteuerung über Telnet-Port
telnetport	2121	[dec]	Telnet-Port für Fernsteuerung

Über den Telnet-Port können folgende Einstellungen geändert werden.

gain	Analogverstärkung des USRP ändern
mute	Ausgangssignal abschalten
fir-tabs	FIR-Filterkoeffizienten laden, FIR.Filter aktivieren/deaktivieren

log:

Im Abschnitt **log** kann die Protokollierung im Systemlog und in eine Datei aktiviert werden

Parameter	Standard	Typ	Erläuterung
syslog	1	[bool]	Aktiviert das Protokoll im Syslog
filelog	0	[bool]	Aktiviert das Protokoll in einer Datei
filename	/dev/stderr	[Pfad]	Pfad zur Protokolldatei

input:

Im Abschnitt **input** wird die Schnittstelle für die Modulatoreingangsdaten definiert

Parameter	Standard	Typ	Erläuterung
transport	zeromq	[file, zeromq]	Eingangsdaten aus Datei/FiFo oder ZMQ-Port
Source	zmq+tcp://localhost:9001	[Pfad, URL]	Pfad zur Eingangsdatei oder ZMQ-URL
Loop	0	[bool]	Bei Datei-Input Datei wiederholen, optional

modulator:

Im Abschnitt **modulator** werden die Parameter der digitalen Modulation gesetzt. Der Parameter Gainmode bestimmt die Normalisierung der OFDM-Symbole, wobei zwischen einer Multiplikation mit einem festen Wert (FIX), einer Normalisierung auf den Spitzenwert eines jeden Frames (MAX) oder einer speziellen Methode nach ETSI 300 798 zu wählen ist (VAR).

Parameter	Standard	Typ	Erläuterung
gainmode	2	[0,1,2] [dec]	Normalisierung 0=FIX, 1=MAX, 2=VAR
Mode	1	[1,2,3,4] [dec]	DAB-Mode, überschreibt den DAB-Mode aus ODR-DabMux wenn aktiv; optional, für VHF-Band III ist der Mode 1 zwingend vorgeschrieben.
dac_clk_rate	0	[dec]	(De-)Aktiviert CiC-Equalizer, nur für USRP 1
digital_gain	1	[dec]	Digital-Verstärkung als Faktor
rate	5000000	[dec]	Ausgangs-Samplerate des USRP in Hz, 5 MHz für USRP N200, 2048000 Hz für USRP B100, Zur Vermeidung von Aliasing > 1,6 MHz, Zur Vermeidung von Resampling ganzzahliger Teiler des USRP-Takts

firfilter:

Ein FIR-Filter kann aktiviert und die Koeffizienten für das Filter übergeben werden. Dies sorgt für einen größeren Schulterabstand.

Parameter	Standard	Typ	Erläuterung
enabled	1	[bool]	Aktiviert FIR-Filter
filtertapsfile	filtertaps.txt	[Pfad]	Pfad zur Filterkoeffizientendatei

output:

Im Abschnitt **output** kann zwischen einer Ausgabedatei (file) und dem uhd-Ausgang (uhd) für den USRP umgeschaltet werden.

Parameter	Standard	Typ	Erläuterung
output	uhd	[uhd, file]	Umschalten zwischen Ausgabe über den USRP und in eine Datei

fileoutput:

Wenn die Option File gewählt ist, wird der Ausgangsdatenstrom in die angegebene Datei geschrieben.

Parameter	Standard	Typ	Erläuterung
filename	/dev/stdout	[Pfad]	Pfad zur Ausgabedatei

uhdoutput:

Die Parameter für den USRP werden im Abschnitt **uhdoutput** angegeben.

Parameter	Standard	Typ	Erläuterung
device	„ip-addr=192.168.10.3“	[URL]	Aktiviert Fernsteuerung über Telnet-Port
frequency	223936000	[dec]	Sendefrequenz in Hz, nicht gemeinsam mit channel nutzen
channel	12A	[5A-12D]	DAB-Block, nicht gemeinsam mit frequency nutzen
txgain	21	[dec] [0-30]	Analoge Ausgangsverstärkung im USRP, Skalierung nicht bekannt, mit kleinen Werten beginnen
refclk_source	internal	[internal, external, MIMO]	Referenztakt des USRP, interner Takt, externer Takt (REF IN), über MIMO-Expansion Slot
pps_source	none	[none, external, MIMO]	Eingang für Sekundenimpuls bei SFN, keiner, externer Pulsgeber (PPS IN), externer Sekundenpulsgeber über MIMO-Expansion Slot
behaviour_refclk_lock_lost	ignore	[ignore, crash]	Verhalten bei Verlust des externen Takts, Betrieb fortsetzen oder abbrechen

delaymanagement:

Für den SFN-Einsatz sind noch Einstellungen für das Delay-Management möglich.

Parameter	Standard	Typ	Erläuterung
synchronous	0	[bool]	Synchronisierungen zwischen mehreren USRP, unabhängig vom Standort
mutenotimestamps	0	[bool]	Abschalten des USRP bei fehlendem Zeitstempel
management	dynamic	[fixed, dynamic]	Auswahl von festem oder dynamischem Offset
fixedoffset	0.002	[dec]	Wert für festes Offset in Sekunden
dynamicoffsetfile	modulator_offset	[Pfad]	Pfad zur Offsetdatei, frei wählbar

3.12. Shell-Skript

Damit nicht jeder Befehl von Hand in das Terminal eingegeben werden muss, sind die Befehle in einem Shell-Skript eingetragen. Ein Shell-Skript ist eine Textdatei, die mit der Dateiberechtigung **ausführbar** versehen ist. Ein Shellskript kann entweder durch Aufrufen der Datei im Terminal, oder durch Rechtsklick auf die Datei und das Wählen von **im Terminal ausführen** gestartet werden.

Hier ist das Demoskript abgedruckt, um das Vorgehen zu erläutern.

```
#!/bin/bash

#First kill any eventual old instances of the software

killall -9 odr-dabmux
killall -9 odr-dabmod
killall -9 toolame
killall -9 dabplus-enc
killall -9 screen
sleep 1

#start Stream 1
screen -dm -S Stream1 -p 2 /usr/bin/mplayer -ao jack:name=Stream1:port=MP2Encoder -playlist http://demoradio1.com:8020

#start Stream 2
screen -dm -S Stream2 -p 2 /usr/bin/mplayer -ao jack:name=Stream2:port=AACEncoder -playlist http://demiradio2.com:8000

#Start the encoders

screen -dm -S enc1 -p 10 bash -c "toolame -s 48 -b 192 -j MP2Encoder tcp://localhost:10001"

screen -dm -S enc2 -p 10 bash -c "dabplus-enc -j AACEncoder -b 128 -a -o tcp://localhost:10002"

sleep 2

nice -n 11 screen -dm -S dabmux -p 20 odr-dabmux
-e Demoradio.mux

nice -n 11 screen -dm -S dabmod -p 21 odr-dabmod
-C dabmod.ini

wait
```

Zunächst werden eventuell noch ausgeführte Programme beendet, damit eventuelle Probleme durch inkompatible Einstellungen vermieden werden.

Alle Programme werden in einem eigenen **screen** ausgeführt. Dadurch behindern sich die Programme nicht gegenseitig an der Ausführung und können durch öffnen des entsprechenden screens kontrolliert werden. Dazu werden die screens eindeutig benannt (**-S Stream1**).

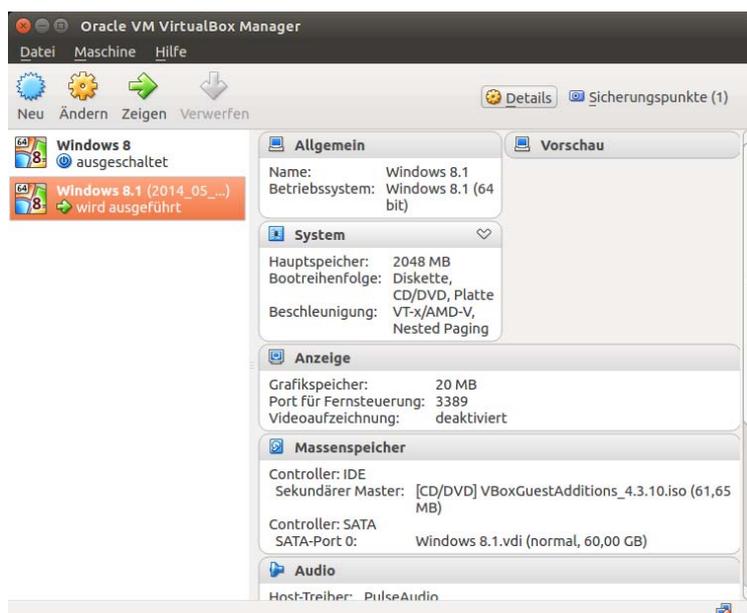
Die Internetstreams werden zuerst mit dem **mplayer** empfangen und als Quelle in JACK bereitgestellt.

Anschließend werden die **Audiocodierer** gestartet. Die Eingangsdaten erhalten sie aus JACK und verbinden sich über ZMQ mit dem Multiplexer.

Schließlich werden auch **ODR-DabMux** und **ODR-DabMod** gestartet. Die Parameter erhalten sie dabei aus den Konfigurationsdateien.

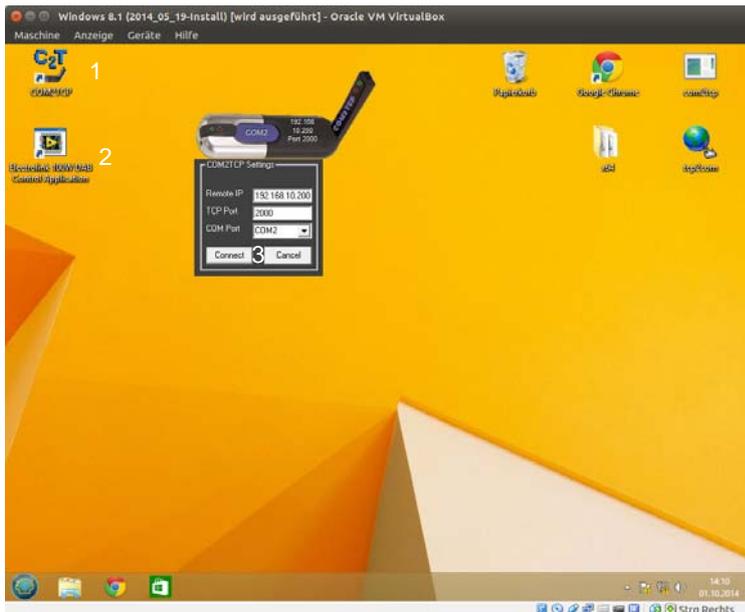
3.13. Virtual Box

Die Kontroll- und Steuersoftware für den DAB-Verstärker lässt sich nur unter einem Windows-Betriebssystem ausführen. Dieses wurde in einer virtuellen Maschine unter **Virtual Box** installiert.



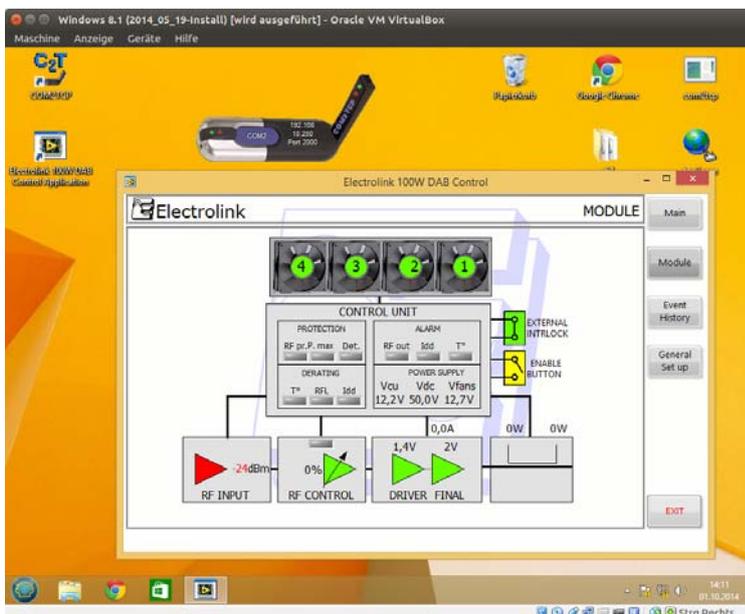
Um diese zu starten drücken Sie auf dem Linux-Desktop die Schaltfläche (9) in der Schnellstartleiste und wählen Sie das Betriebssystem **Windows 8.1** aus.

Anleitung zum Aufbau und zur Inbetriebnahme des portablen Hörfunksenders zur Ausstrahlung von DAB und DRM+ im VHF-Band III



Wenn die virtuelle Maschine erfolgreich gestartet ist, sehen Sie den bekannten Windowsdesktop. Durch Doppelklick auf die Verknüpfung **COM2TCP** (1) starten Sie den **virtuellen Com-Port** mit dessen Hilfe die Verbindung zum DAB-Verstärker hergestellt wird. Als **Remote IP** muss **192.168.10.200** eingestellt werden. (Dies ist die IP-Adresse des in der VHF-Sendeeinheit eingebauten **RaspberryPi**). Der **TCP Port** ist **2000** und der **COM Port** ist **COM2**. Diese Einstellungen sind standardmäßig aktiv. Sie müssen nun auf **Connect** (3) drücken, um die Verbindung zu aktivieren.

Anschließend können Sie durch Doppelklick die **Electrolink 100 W DAB Control Application** (2) starten.



Nun können Sie den DAB-Verstärker überwachen und steuern.

Auf der Seite **General Setup** können Sie den COM-Port auswählen. Diesen sollten Sie entsprechend der Einstellung in COM2TCP auf **COM2** setzen.

Auf der Seite **Main** können Sie mittels des Schiebereglers die Ausgangsleistung einstellen und den Verstärker aktivieren. Außerdem werden die Ausgangsleistung sowie die reflektierte Leistung angezeigt.

Auf der Seite **Module** werden wichtige Parameter der einzelnen Funktionseinheiten angezeigt. Die Eingangsleistung muss bei -6 dBm \pm 3 dBm liegen.

3.14. DRM+-Software SPARK

DRM+ kann durch die Software **SPARK** ausgestrahlt werden. Zum Öffnen des Programms klicken Sie auf das entsprechende Icon (8) in der Schnellstartleiste. Die Bedienung von SPARK ist im User-Manual ausführlich beschrieben. Sie finden es unter:

http://drm-sender.de/download/spark_user_manual.pdf

Außerdem sind die Bedienungsanleitung für SPARK und dieses Dokument im Ordner „**Bedienungsanleitungen**“ auf dem Desktop gespeichert.

4. Weitere Informationen

Weitere Informationen sind hier erhältlich:

mmbTools:

http://www.opendigitalradio.org/Main_Page

<https://github.com/Opendigitalradio>

<https://groups.google.com/forum/#!forum/crc-mmbtools>

Audio Interfaces:

http://www.rme-audio.de/download/mface2_d.pdf

http://www.rme-audio.de/download/adi4dd_d.pdf

Audio Tools:

<http://jackaudio.org>

<http://calf.sourceforge.net>

<http://kokkinizita.linuxaudio.org/linuxaudio/ebumeter-doc/quickguide.html>

Ubuntu:

<http://www.ubuntu.com>

USRP:

<http://www.ettus.com>

DAB:

<http://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/broadcast/dab>

DRM:

<http://drm-sender.de/?page=support&lang=de>

5. Anhang

Relevante Tabellen aus der ETSI TS 101 756 V1.6.1 (2014-05) „Digital Audio Broadcasting (DAB); Registered Tables“ für die Einstellung in den Konfigurationsdateien.

Table 3: ITU Region 1 (European broadcasting area)

Country	ITU code	ECC	Country Id	Country	ITU code	ECC	Country Id
Albania	ALB	E0	9	Lebanon	LBN	E3	A
Algeria	ALG	E0	2	Libya	LBY	E1	D
Andorra	AND	E0	3	Liechtenstein	LIE	E2	9
Austria	AUT	E0	A	Lithuania	LTU	E2	C
Azores (Portugal)	AZR	E0	8	Luxembourg	LUX	E1	7
Belgium	BEL	E0	6	Macedonia	Mkd	E4	3
Belarus	BLR	E3	F	Madeira	MDR	E2	8
Bosnia i Herzegovina	bih	E4	F	Malta	MLT	E0	C
Bulgaria	BUL	E1	8	Marocco	MRC	E2	1
Canaries (Spain)	CNR	E0	E	Moldova	MDA	E4	1
Croatia	HRV	E3	C	Monaco	MCO	E2	B
Cyprus	CYP	E1	2	Montenegro	Men	E3	1
Czech Republic	czr	E2	2	Netherlands	HOL	E3	8
Denmark	DNK	E1	9	Norway	NOR	E2	F
Egypt	EGY	E0	F	Poland	POL	E2	3
Estonia	EST	E4	2	Portugal	POR	E4	8
Faroe (Denmark)	DNK	E1	9	Romania	ROU	E1	E
Finland	FNL	E1	6	Russian Federation	RUS	E0	7
France	F	E1	F	San Marino	SM	E1	3
Germany	D	E0	D, 1	Serbia	Srb	E2	D
Gibraltar (UK)	GIB	E1	A	Slovenia	SVN	E4	9
Greece	GRC	E1	1	Slovak Republic	Slr	E2	5
Hungary	HNG	E0	B	Spain	E	E2	E
Iceland	ISL	E2	A	Sweden	S	E3	E
Iraq	IRQ	E1	B	Switzerland	SUI	E1	4
Ireland	IRL	E3	2	Syria	SYR	E2	6
Israel	ISR	E0	4	Tunisia	TUN	E2	7
Italy	I	E0	5	Turkey	TUR	E3	3
Jordan	JOR	E1	5	Ukraine	UKR	E4	6
Latvia	LVA	E3	9	United Kingdom	G	E1	C
				Vatican	CVA	E2	4

Table 9: European languages

Language	Code (hex)
Unknown/not applicable	00
Albanian	01
Breton	02
Catalan	03
Croatian	04
Welsh	05
Czech	06
Danish	07
German	08
English	09
Spanish	0A
Esperanto	0B
Estonian	0C
Basque	0D
Faroese	0E
French	0F
Frisian	10
Irish	11
Gaelic	12
Galician	13
Icelandic	14
Italian	15
Lappish	16
Latin	17
Latvian	18

Language	Code (hex)
Luxembourgian	19
Lithuanian	1A
Hungarian	1B
Maltese	1C
Dutch	1D
Norwegian	1E
Occitan	1F
Polish	20
Portuguese	21
Romanian	22
Romansh	23
Serbian	24
Slovak	25
Slovene	26
Finnish	27
Swedish	28
Turkish	29
Flemish	2A
Walloon	2B
<i>rfu</i>	2C
<i>rfu</i>	2D
<i>rfu</i>	2E
<i>rfu</i>	2F
Reserved for national assignment	30 to 3F

**Table 12: Programme type codes and abbreviations in the English language,
applying to all countries, except for North America**

Decimal Number	Code					Programme type	16-character abbreviation	8-character abbreviation
	b ₄	b ₃	b ₂	b ₁	b ₀			
0	0	0	0	0	0	No programme type	None	None
1	0	0	0	0	1	News	News	News
2	0	0	0	1	0	Current Affairs	Current_Affairs	Affairs
3	0	0	0	1	1	Information	Information	Info
4	0	0	1	0	0	Sport	Sport	Sport
5	0	0	1	0	1	Education	Education	Educate
6	0	0	1	1	0	Drama	Drama	Drama
7	0	0	1	1	1	Culture	Arts	Arts
8	0	1	0	0	0	Science	Science	Science
9	0	1	0	0	1	Varied	Talk	Talk
10	0	1	0	1	0	Pop Music	Pop_Music	Pop
11	0	1	0	1	1	Rock Music	Rock_Music	Rock
12	0	1	1	0	0	Easy Listening Music	Easy_Listening	Easy
13	0	1	1	0	1	Light Classical	Light_Classical	Classics
14	0	1	1	1	0	Serious Classical	Classical_Music	Classics
15	0	1	1	1	1	Other Music	Other_Music	Other_M
16	1	0	0	0	0	Weather/meteorology	Weather	Weather
17	1	0	0	0	1	Finance/Business	Finance	Finance
18	1	0	0	1	0	Children's programmes	Children's	Children
19	1	0	0	1	1	Social Affairs	Factual	Factual
20	1	0	1	0	0	Religion	Religion	Religion
21	1	0	1	0	1	Phone In	Phone_In	Phone_In
22	1	0	1	1	0	Travel	Travel	Travel
23	1	0	1	1	0	Leisure	Leisure	Leisure
24	1	1	0	0	0	Jazz Music	Jazz_and_Blues	Jazz
25	1	1	0	0	1	Country Music	Country_Music	Country
26	1	1	0	1	0	National Music	National_Music	Nation_M
27	1	1	0	1	1	Oldies Music	Oldies_Music	Oldies
28	1	1	1	0	0	Folk Music	Folk_Music	Folk
29	1	1	1	0	1	Documentary	Documentary	Document
30	1	1	1	1	0	<i>Not used</i>		
31	1	1	1	1	1	<i>Not used</i>		

NOTE 1: This table forms part 1 of the International Table Identifier /0000 0001/ (see clause 5.7) which references the PTy codes for DAB use, **except** in North America.

NOTE 2: The notation _ is used to indicate the use of the "space" character.

Table 16: User Application types

User Application type (hexadecimal)	User Application	Reference
0x000	Reserved for future definition	
0x001	Not used	
0x002	MOT Slideshow	TS 101 499 [22]
0x003	MOT Broadcast Web Site	TS 101 498 [21]
0x004	TPEG	
0x005	DGPS	
0x006	TMC	TS 102 368 [23]
0x007	EPG	TS 102 818 [24]
0x008	DAB Java	TS 101 993 [25]
0x009	DMB	TS 102 428 [30]
0x00a	IPDC services	TS 102 978 [31]
0x00b	Voice applications	TS 102 632 [32]
0x00c	Middleware	TS 102 635 [33]
0x00d	Filecasting	TS 103 177 [40]
0x00e to 0x449	Reserved for future definition	
0x44a	Journaline®	TS 102 979 [34]
0x44b to 0x7ff	Reserved for future definition	
NOTE: User Application Types marked "Reserved for future definition" are assigned by WorldDAB IRC for user applications whose definition is published by a recognized standards body (e.g. ETSI) or for user applications whose definition is not freely available. WorldDAB IRC retains details of all registrations.		