

IQ-SDR-Zusatz für Empfänger mit einer Zwischenfrequenz von 455 kHz

KLAUS RABAN – DM2CQL; UWE WENSAUER – DK1KQ

Das vor mehr als zwei Jahren vorgestellte Minimalkonzept eines IQ-SDR-Empfängers [1] hat inzwischen viele Freunde gefunden. Entsprechend groß war die Zahl der Ideen für neue Einsatzgebiete. So entstanden unter anderem Versionen für das 6-m-Band [2], für Langwelle 136 kHz [3] und ein Panoramazusatz, der die erste Empfängerzwischenfrequenz bei 70 MHz auswertet [4]. Hier nun eine Variante für die fast allgegenwärtige Zwischenfrequenz von 455 kHz.

Ausgangspunkt unserer Überlegungen war die Tatsache, dass viele Amateurfunktransceiver, aber auch die meisten AM-Rundfunkempfänger mit einer Zwischenfrequenz im Bereich zwischen 450 kHz und 460 kHz arbeiten. Hinzu kommt, dass die preiswerten Taschen- oder Weltempfänger keinen SSB-Demodulator besitzen. Ein IQ-SDR-Empfangszusatz würde also nicht nur einen Panoramablick auf das Geschehen rings um die eingestellte Frequenz gestatten, sondern so auch das „Wellenreiten“ noch spannender und einen einfachen Weltempfänger amateurfunktauglich machen.



Wir erinnern uns, dass Burkhard Kainka schon 2007 mit dem Weltempfänger *Roadstar TRA-2350P* [7] und einem einfachen Mischer erfolgreiche DRM-Experimente durchgeführt hat. Verglichen mit anderen Empfängern, bei denen man den Auskoppelpunkt für das ZF-Signal zum Teil mühevoll suchen muss, hat der *Roadstar* den großen Vorteil, dieses Signal bereits über

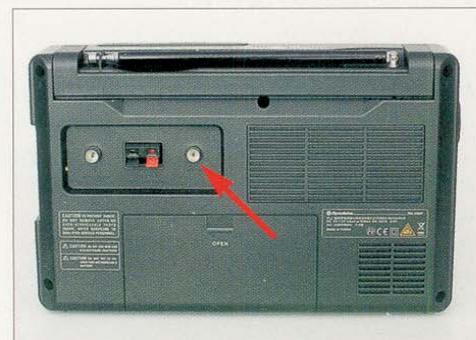
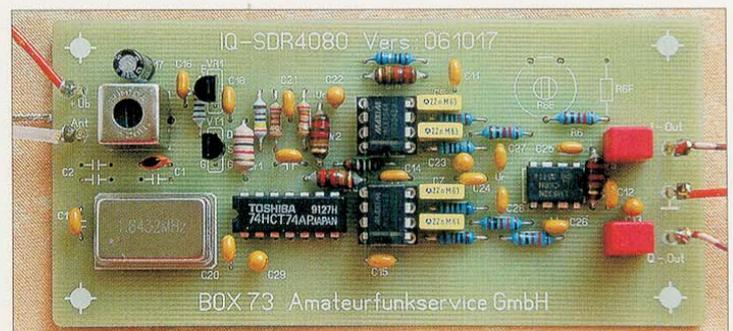


Bild 2: Rückseite des Roadstar TRA-2350P mit ZF-Ausgangsbuchse (siehe Pfeil)

eine nach außen geführte Buchse zur Verfügung zu stellen (Bilder 1 und 2). Zusammen mit der Platine aus dem IQ-SDR-Einsteigerkit des FA-Leserservice [5] und dem zufälligerweise passenden 1,8432-MHz-Quarzgenerator von [6] waren es bis zum ersten Testmuster eines IQ-SDR-Zusatzes für 455 kHz und der praktischen Erprobung nur noch wenige Schritte (Bild 3). Das in diesem Beitrag vorgestellte Konzept ist nicht auf 455 kHz beschränkt, sondern für alle Zwischenfrequenzen im Bereich von 450 kHz bis 470 kHz gleichermaßen geeignet. Ebenso interessant waren die diesbezüglichen Untersuchungen, die wir an Amateurfunktransceivern durchgeführt haben und im Folgenden ebenfalls beschreiben.

Bild 1: Der Weltempfänger Roadstar TRA-2350P, für Experimente mit der 455-kHz-ZF hervorragend geeignet

Bild 3: Umgebaute Platine des IQ-SDR-Kits



■ Umbau des IQ-SDR-Einsteigerkits und Signaleinspeisung

Das IQ-SDR-Einsteigerkit [5] enthält bereits die wichtigsten Teile sowie Baumappte und Software. Wir müssen nur einen anderen Quarzoszillator einsetzen (1,8432 MHz) und die Eingangsschaltung anpassen. Wegen der relativ niedrigen Signalfrequenzen haben wir beim Testmuster alle keramischen Abblock-Kondensatoren von 100 nF auf 470 nF vergrößert und den Wert der SMCC-Drosseln auf 220 μ H erhöht, Dr2 sogar auf 1 mH.

Für die Sampling-Kondensatoren C6 bis C8 wurden 22 nF eingesetzt. Die Widerstandskombination im Gegenkopplungszweig der Operationsverstärker R4/R6, R5/R7, R8/R10 und R9/R11 haben wir von 1 k Ω /10 k Ω auf 10 k Ω /100 k Ω geändert. Für die Tiefpässe stellt sich damit

eine Grenzfrequenz von rund 15 kHz ein. Bei Verwendung einer 48-kHz-Soundkarte es auch besser, die Kapazitäten der Gegenkopplungs-Kondensatoren C25 bis C28 von 100 pF auf 68 pF zu verkleinern. Nichtsdestoweniger funktioniert die Sache aber ebenso – wenn auch nicht ganz so optimal – mit den ursprünglichen Bauteilwerten. Nun zur Eingangsschaltung, für die mehrere Varianten möglich sind: Wenn sich am Empfänger-ZF-Ausgang bereits ein abgestimmter LC-Kreis befindet, kann man L1 auf der Platine der SDR-Baugruppe weglassen und an dieser Stelle einen Widerstand von 4,7 k Ω einlöten (Bild 4, Wert unkritisch). Anderenfalls sollte eine Minimalsektion durch einen Schwingkreis vorgesehen werden, welcher auf der SDR-Baugruppe Platz finden kann (Bilder 5 und 6).

Die Pegelanpassung kann durch kapazitive Spannungsteilung (Bilder 4 und 5), den Betrag der Koppelkapazität (Bilder 5 und 6) oder einen Einstellregler erfolgen (Bild 7). Der Wert des Widerstands R2 hängt von den Exemplardaten des Transistors VT1 ab. Er ist so zu dimensionieren, dass sich zwischen Source und Masse eine Gleichspannung von 300 mV bis 500 mV einstellt, Richtwert sind 47 Ω . Damit die SDR-Baugruppe zusammen mit der Decodersoftware auch als Panorama-Empfänger genutzt werden kann, muss das

ZF-Signal ausreichend breitbandig zur Verfügung stehen. Ob die gewählte Variante der Signaleinspeisung in Kombination mit dem Auskoppelpunkt, auf den wir im nächsten Abschnitt zu sprechen kommen, dieser Forderung entspricht, lässt sich später am einfachsten durch ein Experiment klären.

Bei einem LC-Kreis am Mischerausgang des Empfängers und einem weiteren in der SDR-Baugruppe können wir durch einen versetzten Abgleich beider Kreise die resultierende Bandbreite vergrößern. Fällt diese dann immer noch zu gering aus, führt eine versuchsweise Bedämpfung der Kreise mit Widerständen zum Ziel (siehe R_d in Bild 6 und 10). Ein anderer Wert für den Einstellregler in Bild 7 ändert ebenfalls die Bedämpfung des davorliegenden Kreises.

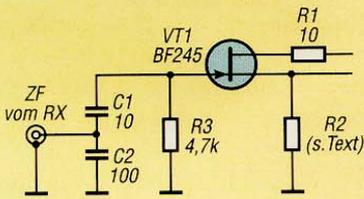


Bild 4: Widerstand R3 ersetzt Spule L1, Pegel- und Impedanzanpassung durch kapazitiven Spannungsteiler

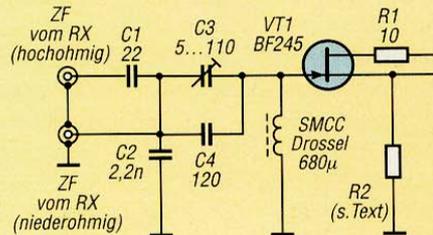


Bild 5: Eingangsschwingkreis mit kapazitivem Spannungsteiler zur Signaleinspeisung

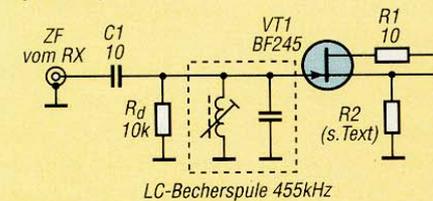


Bild 6: Bedämpftes 455-kHz-ZF-Filter und Signaleinspeisung mit kleiner Koppelkapazität

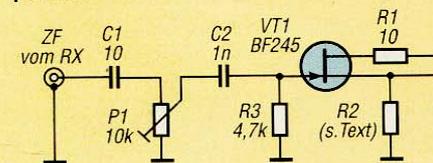


Bild 7: Einstellregler zur Pegelanpassung

■ Signalauskopplung beim Weltempfänger

Da wir die Funktion des Empfängers im AM-Bereich so wenig wie möglich beeinträchtigen wollen, dürfen die vorhandenen Selektionsmittel nur gering belastet bzw. verstimmt werden. Der Signalpegel ist in den meisten Fällen ausreichend hoch, deshalb genügt es, eine Auskoppelkapazität von etwa 10 pF vorzusehen. Bei Bedarf kommt ein kleiner Einstellregler für den Pegel in der Größenordnung von 10 kΩ hinzu (wenn nicht schon auf der externen SDR-Platine vorhanden oder durch

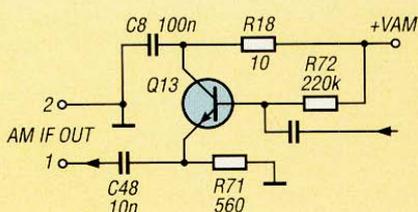


Bild 8: Auskoppelstufe für das ZF-Signal beim Roadstar TRA-2350P (Schaltungsauszug)

andere Art der PegelEinstellung überflüssig).

Besitzt der Empfänger ein 455-kHz-Piezofilter, so ist es besser, dieses abzutrennen und dem Mischer die Betriebsspannung über eine Drossel zuzuführen (Bild 9). Das ZF-Signal koppeln wir dann am heißen Ende der Drossel kapazitiv aus und führen es über ein kurzes HF-Kabel der IQ-SDR-Baugruppe zu. Bei einem LC-Kreis als Selektionsmittel nach dem Mischer ist die Auskopplung nach Bild 10 sinnvoll.

Sollten die bisher beschriebenen einfachen Varianten nicht zum Ziel einer rückwirkungsfreien Signalauskopplung führen, lohnt es sich, mit einer kleinen Zusatzbaugruppe zu experimentieren (Bild 11). Die wenigen Bauelemente müssten in den meisten Empfängern noch unterzubringen sein. Es handelt sich um einen Sourcefolger mit einem Sperrschicht-Feldeffekttransistor (SFET). Dieser belastet den Auskoppelpunkt im Empfänger nur mit seiner Eingangskapazität von wenigen Picofarad. R3 sollte je nach Güte des davorliegenden LC-Kreises mit 4,7 kΩ bis 47 kΩ bemessen werden.

Für die Dimensionierung von R2 gilt das zu den Bildern 4 bis 7 Gesagte. C2 nutzen wir wieder zur Pegelanpassung an die nachfolgende SDR-Baugruppe. Ein Startwert von 10 pF ist sicher eine gute Wahl. Die Vergrößerung der Kapazität ergibt höheren, die Verkleinerung geringeren Pegel. Ein gutes Kriterium ist der im Spektrum der Decoder-Software sichtbare Rauschgrund. Dieser sollte im Interesse eines geringen Dynamikverlustes nach dem Anschluss der Zusatzbaugruppe nur um maximal 15 dB ansteigen.

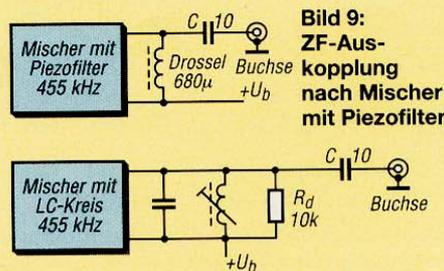


Bild 10: ZF-Auskopplung nach Mischer mit LC-Kreis

Ein Beispiel aus der Praxis ist der eingangs erwähnte Weltempfänger *Roadstar TRA-2350P*. Bei diesem geschieht die Signalauskopplung über einen Emitterfolger (Bild 8). Das ZF-Signal steht an der Ausgangsbuchse gleichspannungsfrei und niederohmig zur Verfügung, es gibt keinerlei Rückwirkungen zu anderen Baugruppen – mehr kann man sich kaum wünschen.

Auch sonst ist der *Roadstar* ein solide konstruiertes Radio [7] und [15]. Er erfasst lückenlos den gesamten Kurzwellenbereich und verfügt nicht nur über eine ZF-Aus-

gangsbuchse, sondern auch über einen Antennenumschalter *intern/extern* sowie einen Pegelschalter *DX/Local*. Ein kleiner Nachteil besteht sicher darin, dass sich die Empfangsfrequenz nicht über ein Ziffernfeld eingeben lässt.

Einige Elektronikhändler bieten sehr preiswerte Empfänger mit mehreren KW-Bändern an. Neben der notwendigen ZF-Auskopplung, die man mit etwas Geduld und mithilfe unserer Tipps noch hinkommt, liegen die Probleme bei den Billiggeräten vor allem in der mangelhaften Frequenzstabilität und Spiegelfrequenzunterdrückung.

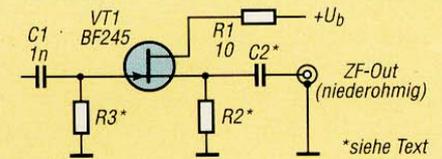


Bild 11: Zusatzbaugruppe am AM-Empfänger

Empfängern mit frei durchstimmbarem Oszillator fehlt meistens die hohe Frequenzstabilität, die wir beispielsweise für DRM-Empfang benötigen. Andererseits rauschen preiswerte PLL-Oszillatoren oft so stark, dass der Pegelgewinn durch das IQ-Verfahren wieder aufgezehrt wird. Das alles sollte aber den experimentierfreudigen Amateur nicht abschrecken – nur der Versuch macht klug!

■ Signalauskopplung beim Transceiver

Nur die wenigsten Amateurfunktransceiver verfügen über eine Buchse, die uns das 455-kHz-ZF-Signal frei Haus liefert. Daher ist es in der Regel erforderlich, das gewünschte Signal über einen Kondensator von etwa 470 pF auszukoppeln und es mit einem kurzen Stück dünnen Koaxialkabels (z. B. RG 174 A/U) an die Rückseite des Transceivers und dort auf eine geeignete Buchse (SMA oder BNC) zu führen.

Knifflig kann allerdings die Suche nach einem geeigneten Auskoppelpunkt werden. Wichtig ist, dass dieser vor der 455-kHz-Selektion liegt, damit das Signalspektrum nicht zu schmalbandig wird. So erhält man zumindest die Bandbreite des Roofing-Filters. Wir orientieren uns zunächst im Schaltplan. Wenn wir dann aber keinen Bestückungsplan für die betreffende Leiterplatte des Empfängers haben, ist es wegen der häufig fehlenden oder codierten Beschriftung der SMD-Bauteile nicht immer einfach, die gesuchte Stelle zu finden. Zum Glück gibt es aber das Internet. Ergiebige Quellen für Gerätebeschreibungen und Serviceunterlagen sind [8], [9] und [10].

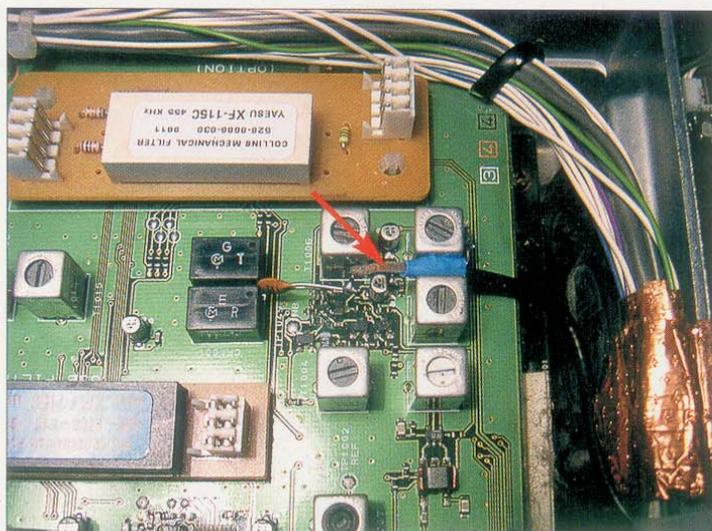


Bild 12:
Signalauuskopplung
beim FT-847

Fotos und
Screenshot:
Red. FA (2),
DM2CQL (2),
DK1KQ (1)

Eine große Hilfe kann in solchen Fällen eine Tastspitze mit 470-pF-Kondensator sein. Diese verbinden wir über ein Koaxialkabel mit dem vorbereiteten SDR-Empfänger. Auf diese Art lässt sich der gesuchte Anschlusspunkt mit der gewünschten Bandbreite und Amplitude leichter finden.

Zwei Beispiele dafür sind:

- FT-1000MP: RX2-Unit; Gate Noise Blanker; Q8008 G1 (zwischen R8207 und R8208),
- FT-847: AF-CNTL-Unit, FMWB, NB Kollektor Q1002 (Bild 12).

Bild 13 wurde mit dem Weltempfänger Roadstar, der modifizierten IQ-SDR-Baugruppe und einer PC-internen, auf eine Samplingrate von 48 kHz eingestellten Realtek-Soundkarte aufgenommen. Eine höhere Samplingrate ist an dieser Stelle nicht erforderlich – im Gegenteil: Eine 96-kHz-Karte sollte im Interesse eines besseren Signal-Rausch-Abstands auf 48 kHz zurückgeschaltet werden.

Sehr gute Erfahrungen haben wir mit *WinradHD* [12] gemacht. Bild 13 zeigt ein Beispiel für die SSB-Demodulation. Die ebenfalls beliebte SDR-Decoder-Software

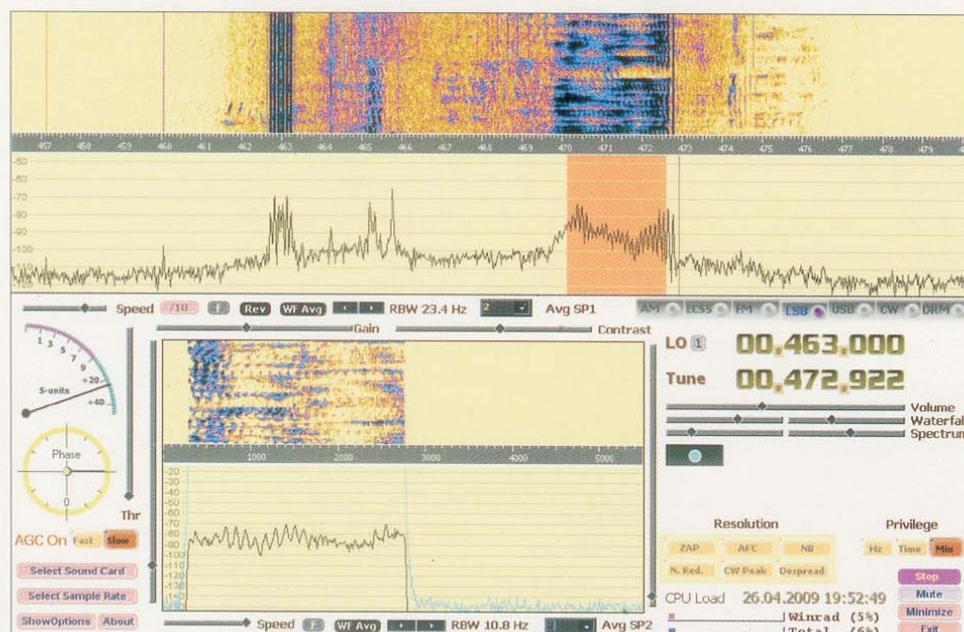


Bild 13: WinradHD beim Empfang einer SSB-Station im 80-m-Band

■ Hinweise für den Einsatz der Software

Für IQ-SDR-Experimente benötigen wir eine duplexfähige Soundkarte. Neue PCs verfügen meistens über eine solche, bei Laptops sollte man aber genau hinsehen, ob wirklich eine Stereo-Karte enthalten ist. Burkhard Kainka beschreibt in [11], wie man seine Soundkarte testen kann. Es lohnt sich allemal, den dort beschriebenen IQ-Generator aufzubauen, zumal dieser auch eine Aussage über die Wirksamkeit des internen Anti-Aliasingfilters liefert.

Rocky 3.6 [13] bietet neben der sonst üblichen CW- und SSB-Demodulation den Vorteil, dass auf den bekannten Vorzugsfrequenzen der Amateurfunkbänder auch PSK31-Aussendungen mitgelesen werden können.

Es hat sich im praktischen Betrieb gezeigt, dass es nicht unbedingt erforderlich ist, ein 48 kHz breites Spektrum sichtbar zu machen. Die Güte der vorgeschalteten ZF-Kreise führt hier ohnehin zu unterschiedlichen Resultaten. Mittels Empfängerabstimmung durchlaufen wir jeden interes-

sierenden Frequenzbereich. Sogar bei einer Abstimmenschrittweite von 10 kHz gibt es dann immer noch die Möglichkeit der Feinabstimmung per Mausklick am PC.

■ Fazit

Wir haben verschiedene Möglichkeiten aufgezeigt, mit relativ geringem Aufwand das 455-kHz-ZF-Signal eines Weltempfängers oder Amateurfunktransceivers auszukoppeln, um es anschließend über eine kleine Zusatzbaugruppe in den Eingang der Soundkarte eines Computers einzuspeisen. Aus dem Internet kostenlos herunterladbare Software ermöglicht die Panoramadarstellung des empfangenen Frequenzspektrums auf dem Computerbildschirm sowie die Demodulation von CW-, SSB- und sogar PSK31-Signalen. Damit lassen sich einfache Weltempfänger deutlich aufwerten, auch der Amateurfunktransceiver bekommt so das eine oder andere neue Leistungsmerkmal.

Im Vordergrund steht aber nach wie vor die Beschäftigung dem noch relativ neuen Thema des softwaredefinierten Radios (SDR). Dieses wäre ohne Computer sicher undenkbar und eröffnet ein Betätigungsfeld, das sicher noch viel Interessantes für den noch bastelnden Funkamateure bereithalten wird. Viel Spaß beim Experimentieren!

dm2cqj@primacom.net
uwe.wensauer@gmx.de

Literatur und URLs

- [1] Raban, K., DM2CQL: SDR-Einsteiger-Kit für 40 bzw. 80 m. FUNKAMATEUR 55 (2006) H. 9, S. 1040
- [2] FA-Leserservice: Bandbeobachtung mit dem PC: IQ-SDR-Minimalsystem für 6 m. FUNKAMATEUR 56 (2007) H. 6, S. 632–633
- [3] Wensauer, U., DK1KQ: IQ-SDR-Minimalsystem auch für Langwelle nutzen. FUNKAMATEUR 56 (2007) H. 7, S. 735–736
- [4] Theurich, K., DG0ZB: Preiswertes SDR-Spektrumskop für Yaesu FT-950 und FT-2000. FUNKAMATEUR 57 (2008) H. 6, S. 642
- [5] FUNKAMATEUR-Leserservice: Berliner Str. 69, 13189 Berlin, Tel. (0 30) 44 66 94-72, Fax -69, E-Mail: shop@funkamateure.de; Online-Shop: www.funkamateure.de → Online-Shop; Bausatz: SDR-Einsteiger-Kit, Variante 1 (40 m), Best.-Nr. BX-050
- [6] Reichelt Elektronik GmbH & Co. KG, Elektornikring 1, 26452 Sande, Tel. (0 44 22) 9 55-3 33, Fax -1 11; www.reichelt.de
- [7] Müller, M.: Weltempfänger für Einsteiger: Roadstar TRA-2350P und Viola WR1. FUNKAMATEUR 56 (2007) H. 4, S. 378
- [8] mods.dk: www.mods.dk
- [9] mods-ham.com – Die Seite für den Funkamateure: www.mods-ham.com
- [10] KB2LJJ Radio Mods Database: www.kb2ljj.com
- [11] Kainka, B., Messungen an der Soundkarte: www.b-kainka.de/lqrx3.htm
- [12] WinradHD: www.freenet-homepage.de/winradhd
- [13] Rocky 3.6: www.dxatlas.com/Rocky
- [14] PowerSDR: www.flex-radio.com
- [15] Conrad Electronic SE, Klaus-Conrad-Str. 1, 92240 Hirschau, Tel. (01 80) 5 31 21 11, Fax 5 31 21 10, www.conrad.de: ROADSTAR TRA-2350P Weltempfänger, Artikel-Nr.: 341913 – 62