

Experimente mit dem IQ-Empfänger „SDR-Elektor“

Klaus Raban, DM2CQL

Als im Mai 2007 zu den bis dato verfügbaren SDR-Empfängern ein weiteres System mit einem IQ-Schaltermischer hinzukam [1], wurde - vor allem wegen der konsequenten USB-Steuerung - das Interesse der Nutzer neuerer Notebooks geweckt, weil man bei diesem PC-Typ den altbewährten RS232-Anschluss aus Platzgründen eingespart hat. Mit den zwischenzeitlich eingesetzten USB-COM-Pegelwandlern konnte diese Lücke zwar geschlossen werden, aber so richtig glücklich war wohl keiner damit. Obwohl es zu dem neuen SDR-Empfänger von Burkhard Kainka inzwischen die Veröffentlichung [2] (analog zu [1]) gibt, sollen die Empfängereigenschaften an dieser Stelle mehr unter der Sicht der Anwender unter die Lupe genommen werden. Auf die prinzipielle Arbeitsweise wird an Hand des Blockschemas nur soweit eingegangen, wie es zum Verständnis notwendig ist.

◆ Die Arbeitsweise des SDR-Empfängers:

Die von der Antenne aufgenommenen Signale gelangen auf 4 verschiedenen Wegen zu den beiden Schaltermischern in IC2. Der direkte Zugang (1) erfolgt wie im zusätzlichen Anschluss (4) ohne jegliche Vorselektion. Die Drossel L6 soll statische Aufladungen der Antenne und eventuell vorhandene Brummspannungen nach Masse ableiten. Am Eingang (2) liegt der aus L5 und C29 bestehende Tiefpass mit einer Grenzfrequenz von 1,6 MHz. Eingang (3) hat ein RC-Glied als Hochpass, es verhindert beim KW-Empfang das Durchschlagen starker MW-Sender. Am Gerät selbst muss weder ein Antennenumschalter noch ein ZF-Pegelsteller betätigt werden, diese Maßnahme wird bei Bedarf über IC4 und IC5/6 (7) per Software erledigt.

Von den 8 Schalterstellungen, die IC6 bereitstellen kann, werden 5 verwendet, 3 weitere stehen für eine spätere Nutzung an den zugehörigen PINs von IC6 zur Verfügung. Wird der 8. Eingang angewählt (In8 entspricht A7), kann vom Oszillator IC3 über einen vorhandenen Spannungsteiler ein 5 MHz-Kalibrierungssignal mit einem Pegel von S9+40 dB in den Empfänger eingespeist werden. Hiermit lässt sich ein per Software ausgeführtes S-Meter überprüfen, das u.a. im Programm „KGK-SDR“ enthalten ist; dieses Testsignal eignet sich auch gut zur Überprüfung der Spiegelfrequenzunterdrückung.

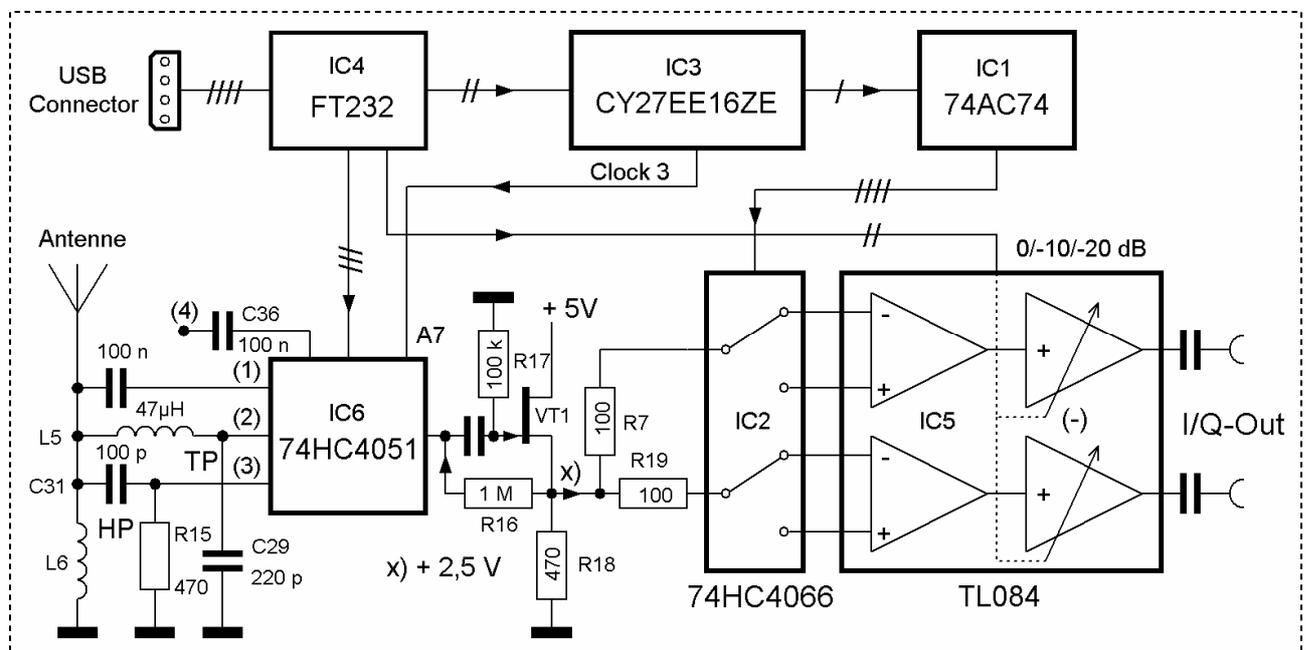


Bild 1: Blockschema des Empfängers „SDR-Elektor“ (Bauteilbezeichnungen nach [1]).

Damit die Schalter in IC2 und IC6 und auch die OPVs nicht so leicht übersteuert werden können, werden sie mit einem DC-Pegel vorgespannt, der bei etwa bei der halben Betriebsspannung liegt. Der Sourcewiderstand R18 ist bezogen auf die Parameter von VT1 so bemessen, dass am Punkt x) + 2,5 V anliegen. Da S-FETS größeren Toleranzen unterliegen, sollte der Wert kontrolliert werden, Abweichungen von ± 500 mV kann man gerade noch hinnehmen. Dieser Pegel wird nach

vorn zu IC6 (R16) und nach hinten zu IC2 und IC5 (R7, R19) durchgereicht. Bezogen auf die OPVs handelt es sich um eine sogenannte dynamische DC-Pegelhaltung, sie funktioniert nur, wenn der Schaltermischer IC2 Steuersignale vom HF-Phasenschieber / Frequenzteiler IC1 erhält.

Eine für die Praxis sehr hilfreiche Option finden wir in der Einstellmöglichkeit der Gesamtverstärkung. Zwei Steuerleitungen von IC4 nach IC5, die sich per Software ansprechen lassen, beeinflussen über einen weiteren - hier nicht dargestellten - Analogschalter (IC7) die Verstärkung der beiden letzten OPV- Stufen. Wie unten im Bild 2 zu sehen ist, kann die NF-Verstärkung ausgehend von 0 dB (keine Abschwächung) um 10 oder 20 dB abgesenkt werden. Wegen der fehlenden Vorverstärkung am Eingang und der ausreichenden Signalverträglichkeit des Schaltermischers, ist es durchaus legitim, die Verstärkung erst in der letzten Stufe des Empfängers zu verändern.

Das Zusammenspiel der Hard- und Software wird an Hand der Bedienoberfläche des zugehörigen Programmes „Elektor SDR Tuning“ besonders deutlich. Betrachtet man die Bilder 1 und 2 im Zusammenhang, ist kaum noch eine weitere Beschreibung der einzelnen Handgriffe notwendig.

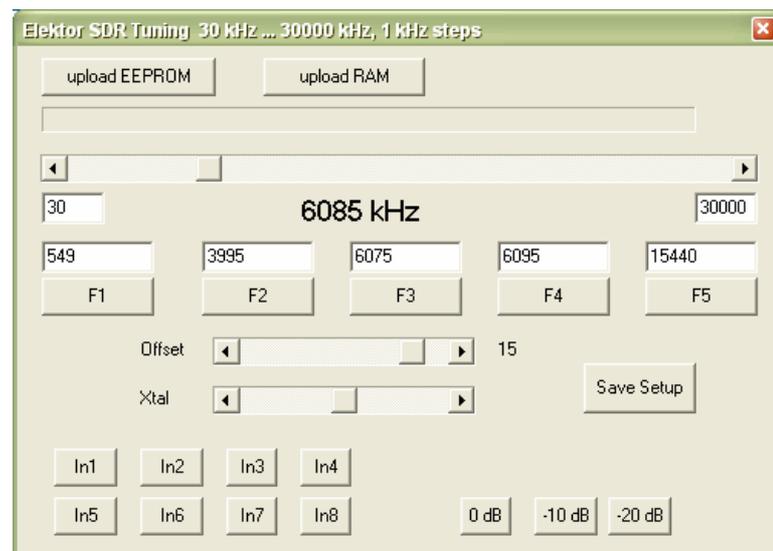


Bild 2: Die Bedienoberfläche der neuen Tuning-Software für den Empfänger „SDR-Elektor“ [3], [4].

Diese Version hat den Vorteil, dass die Abstimmsschritte im ganzen Frequenzbereich bei 1 kHz liegen, außerdem lassen sich 5 Vorzugsfrequenzen auf Funktionstastfelder legen. Da die Vorversion alle Zusatzdateien und auch den CDM-Treiber enthält, muss diese zuerst installiert werden, danach wird nur noch die neue Startdatei (ElektorSDR2.exe) in das zugehörige Arbeitsverzeichnis kopiert. Die Tastfelder „upload EEPROM“ bzw. „Upload RAM“ müssen nur betätigt werden, wenn der Empfänger selbst aufgebaut wurde und erstmalig in Betrieb geht. Bei fertig erworbenen Exemplaren [3] ist die Initialisierung bereits erledigt. Da in vielen Fällen mit einer ZF von 15 kHz gearbeitet wird, steht der Offset-Schieber auf 15. Auf eine Korrektur der Quarzfrequenz kann bei den ersten Versuchen verzichtet werden, der Schieber „Xtal“ bleibt zunächst in Mittelstellung.

Die Prozedur der Installation der Software wurde vom Entwickler des Empfängers sehr ausführlich in [3] und [4] beschrieben und soll hier nicht noch einmal wiederholt werden, außerdem steht jedem (nach Anmeldung!) der Elektor-Originalbeitrag als PDF-File kostenlos zur Verfügung [3].

Zu beachten ist ferner, dass der Empfänger immer an dem einmal eingerichteten USB-Anschluss betrieben wird. Nachträglich erweiterte Anschlüsse (HUBs) sind weniger geeignet, sie können den benötigten DC-Strom für den Empfänger nicht immer ohne Zusatznetzteil aufbringen.

◆ Allgemeine Empfänger-Eigenschaften

Für das von Burkhard Kainka bereitgestellte Mustergerät interessieren zunächst die Richtwerte für die Spiegelfrequenzunterdrückung und die Empfindlichkeit. Als Signalgenerator steht mir der Typ 8640A von HP zur Verfügung. Die verschiedenen Messungen wurden bei Frequenzen im 40 m-Band mit der externen Soundkarte USB 5.1 von Hercules durchgeführt, weil die On-Board-Karte in einem der Test-PCs wegen ihrer ungünstigen Eigenschaften verworfen wurde.

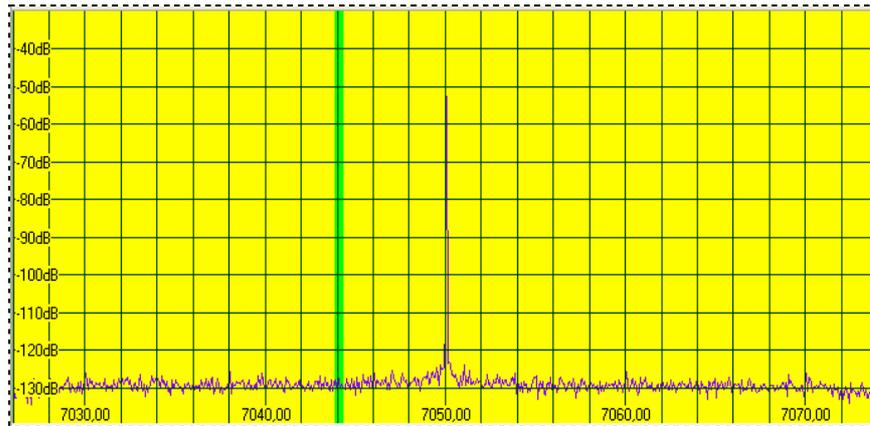


Bild 3: Rauschgrund der USB-Hercules-Karte, ermittelt mit KGK-SDR [5]

Wie Bild 3 zu sehen ist, rauscht die 48 kHz-Herculeskarte selbst sehr wenig und bringt ein sauberes Signal bei der Mittenfrequenz von 7050 kHz hervor, damit sind gute Voraussetzungen für die weiteren Untersuchungen gegeben. Der Anstieg des Rauschgrundes von -130 dB auf -100 dB hängt von der Einstellung des Aufnahmepegels ab (vergleiche Bild 3 und 4). Im Interesse einer guten Dynamik soll der Pegelschieber für Line-In nur wenig aufgezogen werden.

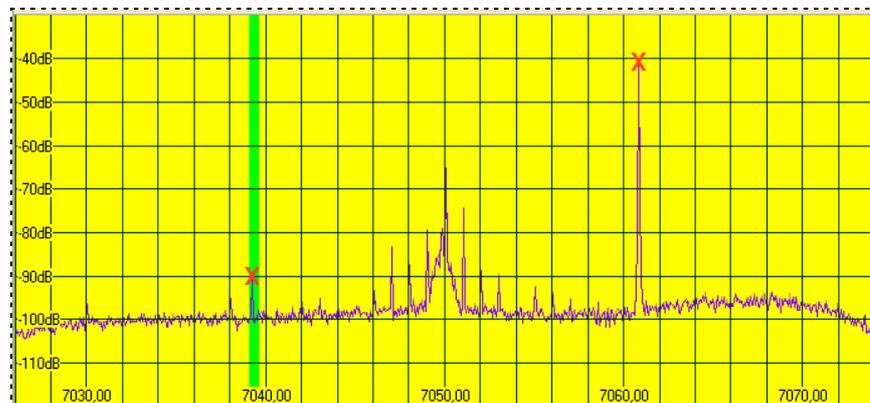


Bild 4: Das NF-Spektrum auf dem Display der Software KGK-SDR.

An Hand Bild 4 lässt sich eine Spiegelfrequenzunterdrückung von rund 48 dB ablesen. Für diesen Test muss nicht unbedingt ein kalibrierter Signalgenerator zur Verfügung stehen, ein einfacher LC-Generator plus Teiler oder der integrierte 5 MHz-Testoszillator tun es ebenso. Die Messung muss immer weit genug abseits der Nullfrequenz erfolgen, weil der PLL-Oszillator von C3 – im Gegensatz zu einem reinen Quarzoszillator – kein sauberes Referenzsignal erzeugt.

Die unerwünschten Fremdsignale in unmittelbarer Nähe der Oszillatorfrequenz erscheinen rechts und links neben der Nullfrequenz im Zwischenfrequenzkanal. NF-Störungen, die über die USB-Betriebsspannung eingeschleppt werden verschwinden, wenn man die Ub-Versorgung abtrennt und einen 5 V-Regler zusammen mit einem externen Netzteil (kein Schaltnetzteil) verwendet.

Weiterhin ist zu beachten, dass die Soundkarte nicht übersteuert wird. Mit einem definiert im Pegel variablen Signalgenerator ist es kein besonders Problem, die Grenzempfindlichkeit sowie die Aussteuerbarkeit für den Line-In-Eingang der Soundkarte zu ermitteln. Wird die Karte übersteuert, erscheinen in zunehmend kleineren Abständen viele neue Signale, außerdem verschlechtert sich die Spiegelfrequenzunterdrückung dramatisch, mit noch weiter ansteigender Übersteuerung wird das Spektrum regelrecht „zugemüllt“.-

Also Vorsicht vor Übersteuerung der Soundkarte, ein schlimmer Schaden wird allerdings durch die Begrenzungseigenschaften der OPVs vermieden, weil sie in diesem Empfänger nur mit $U_b = 5\text{ V}$ arbeiten. Für den Spiegelfrequenztest nach Bild 5 wurde das an Pin 12/IC3 (Clock 3) bereitgestellte 5 MHz-Testsignal eingesetzt, das über den Schalter „In8“ (siehe Bild 1 u. 2) mit einem Pegel von -33 dBm an den Empfängereingang zu legen ist.

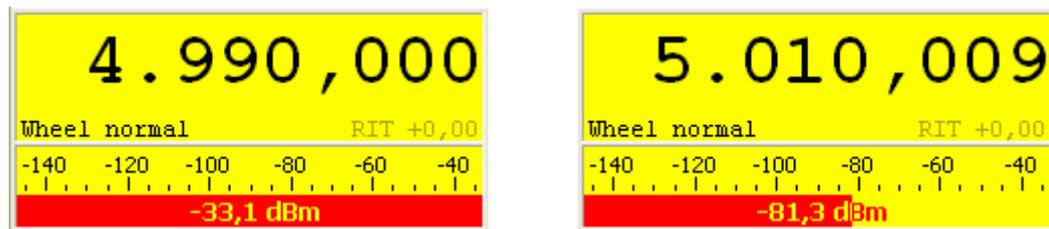


Bild 5: Unterdrückung der Spiegelfrequenz für das 5 MHz-Testsignal (Offset = 10 kHz).

Mit der Abstimmung auf die Nutz- bzw. Spiegelfrequenz ergeben sich die beiden dargestellten Anzeigen. Die Spiegelfrequenzunterdrückung beträgt $-33,1 \text{ dBm} - (-81,3 \text{ dBm}) = 48,2 \text{ dB}$ mit einer überraschend guten Übereinstimmung zu Bild 4. Wenn statt der dBm-Werte die normale S-Meter-Anzeige gewählt wird, kommt es zu einem durchaus vergleichbaren Ergebnis. S9+40 dB minus „etwas besser“ als S8 ergeben ebenfalls wieder rund 48 dB.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Empfindlichkeit des Empfängers. Hierzu wurde der HF-Pegel des HP-Generators soweit verkleinert, bis das Nutzsignal etwa 10 dB über dem Rauschgrund liegt. Dieser Wert lag bei dem vorliegenden Musterempfänger bei rund -93 dBm , dazu gehört eine Spannung von $5 \mu\text{V}$ an 50Ω . Da sich die Anzeige bei sehr kleinen HF-Signalen sehr „zappelig“ verhält, kann man diesen Pegel nur als überschläglichen Richtwert ansehen.

◆ Empfangsversuche mit der SDR-Software „SDRadio“, „Rocky“ und „Dream“.

Für die ersten Empfangsversuche eignen sich besonders die schon länger bekannten Programme „Rocky“, „SDRadio“ und „Dream“. Ohne eine weitere Pegel- und Phasenkorrektur der einlaufenden IQ-Signale stellte sich nach Bild 6 zunächst nur eine Spiegelfrequenzunterdrückung von 40 dB ein.

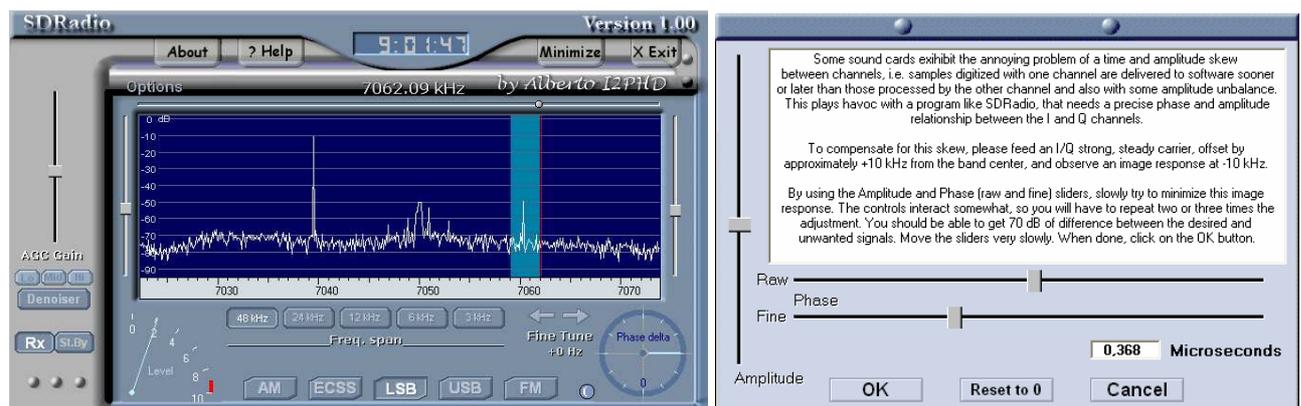


Bild 6: Das NF-Spektrum auf dem SDRadio-Display (links) und die Korrektur-Option (rechts) [6]

Nimmt man aber über den Menüpunkt „Sound Card Channel Skew Calibration...“ eine Amplituden- und Phasenkorrektur vor, lässt sich die Spiegelfrequenzunterdrückung sogar auf rund 60 dB bringen.



Bild 6: Das NF-Spektrum mit manueller Pegel- und Phasen-Korrektur der IQ-Signale.

Eine geplante Untersuchung mit Hilfe der SDR-Software von Alex Shovkoplyas scheiterte zunächst daran, dass „Rocky“ [7] nicht mit der externen USB-Soundkarte zusammenarbeiten will, im Display zeigte sich lediglich ein durchgehender glatter Balken ohne das sonst übliche Rauschspektrum. Mit der internen Soundkarte gab es dagegen keinerlei Probleme. Mit dem 5 MHz-Testsignal des SDR-Empfängers war das Spektrum im Rocky-Display nicht sehr sauber, dafür klappte es aber mit dem HP-Signalgenerator ganz ufb.

Das Nutzsignal liegt auf 7,065 MHz ca. 65 dB über dem Rauschgrund. Das Spiegelfrequenzsignal hätte 15 kHz unter der Nullfrequenz bei 7,035 MHz kommen müssen, wegen der sehr guten Phasen- und Pegelkorrektur ist es aber nicht im Spektrum zu sehen. Eine weitere Pegelerhöhung brachte es erst hervor, als die Soundkarte in die Übersteuerung ging, vorher kamen noch andere Peaks hoch, erst danach erschien die Spiegelfrequenz. Damit die Korrekturkurven erzeugt werden können, muss man das Nutzsignal mit dem HF-Generator bei einem nicht zu kleinen Pegel über den ganzen Bereich langsam durchfahren; ansonsten dauert es mitunter lange, bis die Korrekturkurven von den verschiedensten Empfangssignalen „automatisch“ erzeugt werden.

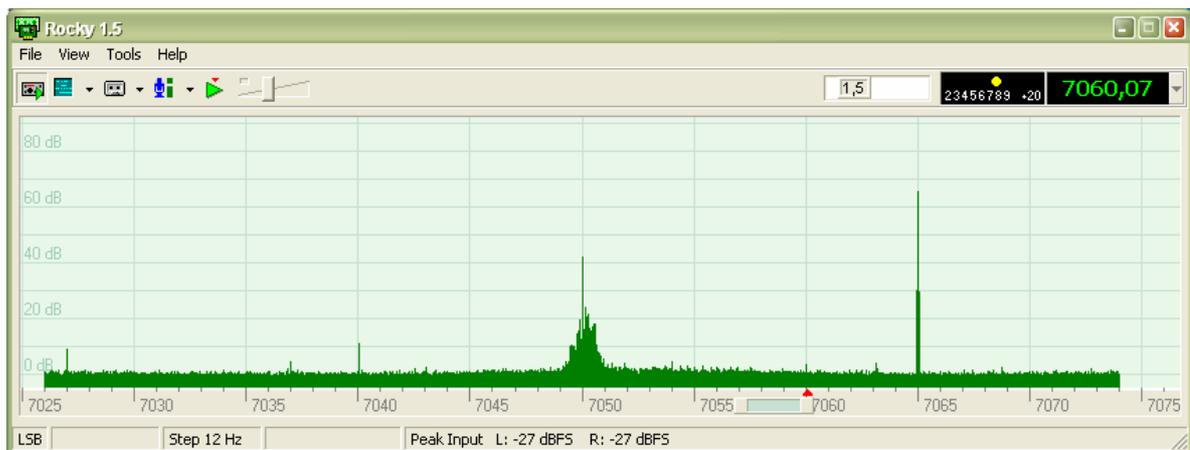


Bild 7: Im Rocky-Display ist ein starkes Testsignal bei 7,065 MHz zu sehen.

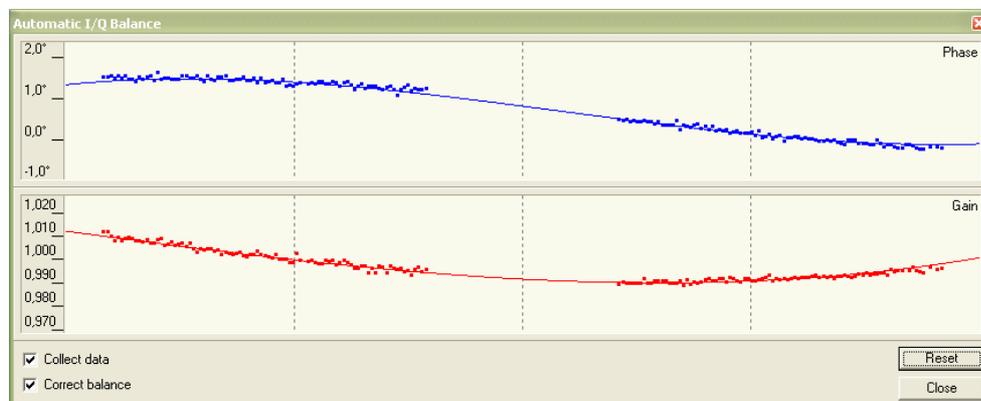


Bild 8: Die Korrekturkurven für Phase und Pegel wurden beschleunigt erzeugt.

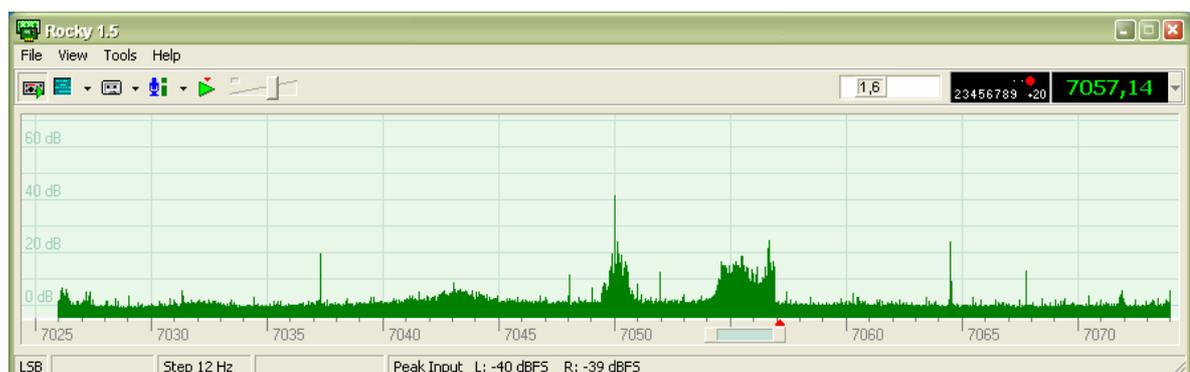


Bild 9: Im Rocky-Display ist eine SSB-Station zu sehen.

Die erzielbare Spiegelfrequenzunterdrückung von 65 dB ist wirklich beeindruckend. Bei einem Empfangsversuch im 40 m-Band entstand an einem „trüben“ Nachmittag Bild 9, die LSB-Signale waren mit einer Kurzdraht-Behelfsantenne von 8 m Drahtlänge (3 m im Shack und 5 m außen) schwach und mit einer Magnetik-Loop im Shack sehr gut lesbar.

Da der Frequenz-Nachgleich der M.-Loop bezogen auf das mitgehörte Signal zeitverzögert reagiert, muss man sehr feinfühlig zu Werke gehen. Mit diesem Nachteil muss man bei allen schmal-bandigen Systemen leben, die ganz vorn am IQ-SDR-Empfänger ihren Dienst tun (z.B. ein nach-stimmbarer Eingangskreis, ein Preselektor oder die erwähnte Magnetik-Loop), . . es sei denn, man schließt einen speziellen Pegelindikator am Empfängeranfang an, dann reagiert alles wie üblich.

Als nächstes soll der SDR-Empfänger beweisen, wie er sich beim DRM-Empfang verhält. Da der Automatik-Tuner am Fußpunkt meiner Vertikalantenne immer erst ein Sendesignal benötigt, bevor die Abstimmung durchlaufen kann, konnte ich diese Antenne nicht benutzen. Eine Zimmerantenne schied in der Praxis aus, weil der Empfang durch die verschiedenen Homemade-Störungen im Haus und der Nachbarschaft keine überzeugenden Ergebnisse brachte. Da schwache DRM-Signale nicht hörbar sind, muss man sich auf die Darstellung im Spektrumfenster verlassen und hoffen, dass der Empfang kurz danach einsetzt. Zum Erfolg führte auch hierbei wieder eine umgebaute Magnetik-Loop, die sich per Hand von rund 5 bis 25 MHz durchstimmen lässt. Da der untersuchte SDR-Empfänger - abgesehen von je einem Hoch- und Tiefpass vor dem Umschalter mit dem 74HC4051 - keine Eingangsselektion hat, bringt die schmalbandige Loop genau das mit, was dem SDR-Empfänger in den z.T. stark überbelegten Frequenzbereichen fehlt. Die DRM-Versuche mit der Software „Dream“ [8] und der Magnetik-Loop waren sogar im Zimmer erfolgreich. Den besten SNR-Wert von 30 bis 33 dB brachte der Sender Deutsche Welle, aber auch bei den anderen Sendern (RTL, BR-B5 akt. und VoR) kam es bei zeitweise schwächer einfallenden Signalen (Fading) nur selten zu Aussetzern. Wer in weiten Frequenzbereichen „fischen“ will, braucht zuerst eine breitbandige Antenne, um überhaupt etwas empfangen zu können, mit dem „Feintuning“ einer Magnetik-Loop wird dann das beste Signal-Rauschverhältnis herausgeholt.

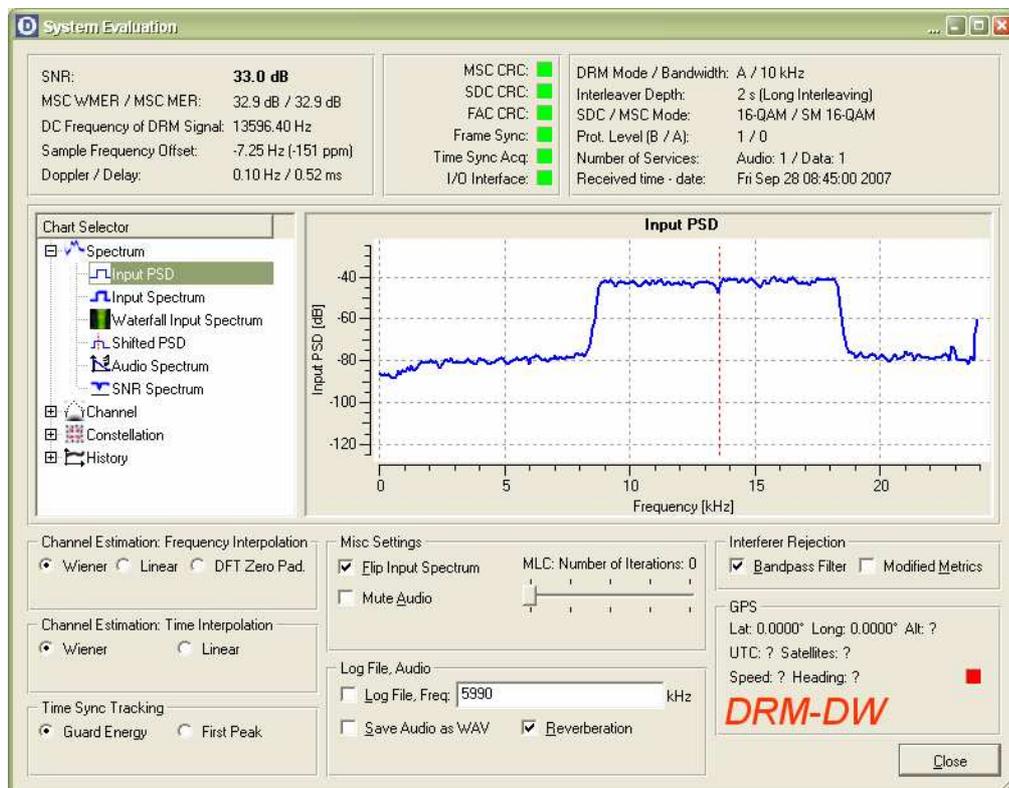


Bild 10: DRM-Empfang des Senders DW mit einem SNR-Wert von 33 dB.

Die komfortabelste Art der Wellenjagd ermöglicht „Dream“ im Zusammenspiel mit der Zusatzsoftware „DRM-Disco“ + „AMSchedule“ von Carsten Knütter [9]. Hierzu braucht man nur einen Sender aus der Liste anklicken und schon ist die richtige Frequenz eingestellt. Ob tatsächlich auch

Empfang möglich ist, hängt von den Ausbreitungsbedingungen und der vorhandenen Antenne ab. Ein paar Meter Draht im Zimmer oder auf dem Dachboden bringen nur in störarmer Umgebung Erfolge (z.B. im Gartenhaus etc.), ansonsten wird sich jeder ernsthafte SDR-Radiofreund um eine für ihn optimalen Lösung umsehen müssen.



Bild 11: „DRM-Disco“ arbeitet mit „Dream“ zusammen und ermöglicht eine schnelle Empfängerabstimmung.

Störungen aus dem Nahbereich (Computer, TV-Geräte, diverse Schaltnetzteile etc.) lassen sich oft schon mit einem billigen „Allwellenempfänger“ einkreisen. Den wenigsten Ärger hatte ich, wenn im Haus alle böswilligen Störer abgeschaltet waren und mein Notebook nur mit dem internen Akku Betrieb machte. Den Entstörungsdienst der BNA (Bundes-Netz-Agentur) können nur Funkamateure mit einer Lizenz kostenlos in Anspruch nehmen.

Bei der Vielfalt der Ursachen vor Ort, ist es sehr schwer, 100%ig sichere Vorschläge zu machen. Wer mit einer Behelfsantenne beginnt, dann die Störer im eigenen Umfeld sucht und beseitigt, hat schon den größten Schritt getan. Folgt danach eine bessere Antenne (z.B. eine Magnetik-Loop), ein selektiver Eingangskreis und evtl. auch noch ein Vorverstärker, bleibt kaum einer der fernen Sender im Verborgenen.



Bild 12: Im Display von SDRadio erkennt man links neben der AM-Station einen DRM-Sender.

Die beliebte Software „SDRadio“ kann leider keine DRM-Sender demodulieren, es hilft aber schon, wenn man sie damit visuell aufspüren und den Fremdspannungsabstand abschätzen kann. AM-Sender ließen sich im 49 m-Band gut empfangen. Wenn in der Nachbarschaft der Sender keine Störsignale liegen, kann man die ZF-Bandbreite vergrößern und damit eine Klangqualität erreichen, die fast schon an Breitband-UKW heranreicht. Trotz der schlechten Ausbreitungsbedingungen im Testzeitraum waren im 40 m-Band auch einige stärkere SSB-Stationen lesbar, der Unterschied zu einem richtig guten KW-Empfänger darf allerdings nicht verschwiegen werden, der weit höhere Materialaufwand muss sich ja auch irgendwie auszahlen.-

Wer die Empfindlichkeit des Empfängers (z.B. für das relativ schmale 40 m-Band) steigern möchte, braucht am Eingang nur einen einzigen LC-Einzelkreis anzufügen. Die Ankopplung des Empfängers kann am heißen Ende erfolgen, weil in diesem Frequenzbereich die Belastung durch den S-FET VT1 vernachlässigt werden kann. Die Antenne wird entweder kapazitiv oder durch eine Anzapfung der Spule angeschlossen. Bei der Auslegung des LC-Kreises leistet der „mini Ringkern-Rechner“ von DL5SWB gute Dienste [12]. Wer selbst keine Spulen wickeln möchte, kann - wie der Beitrag in [13] zeigt - auch Festinduktivitäten nutzen (Typ Fastron). Die geringeren Güterwerte gegenüber Ringkernspulen sind nicht unbedingt ein Nachteil, weil man bei der dadurch größeren Bandbreite des Eingangsfilters oftmals auf das Nachstimmen des Kreises verzichten kann.

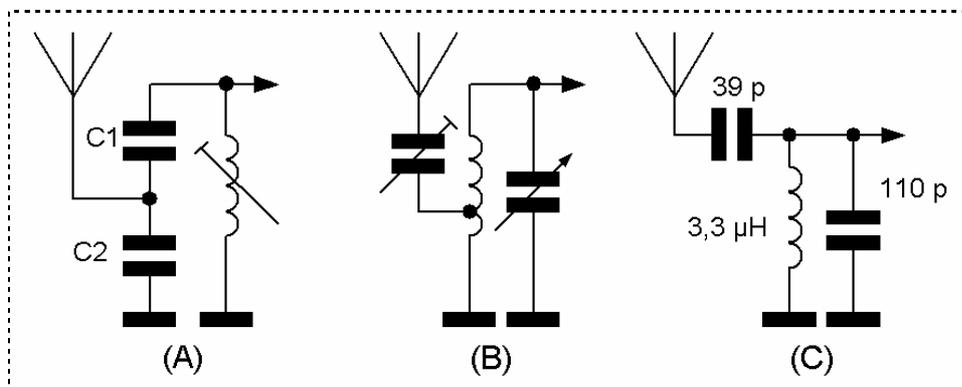


Bild 13: Beispiele für einzelne LC-Kreise am Eingang (4) des Empfängers.

In der Variante (C) im Bild 4 wurden die Bauteilangaben für das 40 m-Band nach [13] eingetragen; die von DL3JGN für eine 50 Ω - Antenne ausgelegt worden sind. Nach Variante (B) ergibt sich die für die Anpassung wichtige Impedanztransformation aus dem Übersetzungsverhältnis der Spule, das immer im „Quadrat“ wirksam ist. Hat die Koppelspule z.B. 2 Wdg. und sind insgesamt 14 Wdg. vorhanden, beträgt $\ddot{U} = 14/2 = 7$. Von Seite der Antenne gesehen, wird der Schwingkreis für diese Spulendaten mit $49 \times 50 \Omega = 2450 \Omega$ belastet und damit entsprechend breitbandig.

Hat man nicht gleich die optimale Anzapf-Windungszahl getroffen, kann mit dem Antennentrimmer - falls die Anzapfung hoch genug liegt - eine Korrektur vorgenommen werden. In [14] ist nachzulesen, welche Antennenankopplung (Typ „A“) sich bei meinem IQ-SDR-System an einer 50 Ω - Antenne bewährt hat. Durch die Aufwärtstransformation bekommt man am oberen Ende der Spule (theoretisch) eine um den Faktor „ \ddot{U} “ höhere Spannung. Aber selbst wenn der Pegelgewinn von 16,9 dB in der Praxis nicht ganz erreicht wird, die Empfindlichkeit des Empfängers wird durch den minimalen Zusatzaufwand von lediglich 3 Bauteilen auf jeden Fall „deutlich“ gesteigert.

Da in der Praxis mit den verschiedensten Antennen experimentiert wird, ist kaum vorauszusagen, wo der günstigste Punkt für den Anschluss der Antenne liegen muss, hier gilt, wie schon so oft: Versuch macht klug. Zudem bieten uns die Anzeigen im NF-Pegeldisplay der SDR-Software einen sichtbaren Vergleich, was mit und ohne die jeweilige Zusatzhardware erreicht wurde.

◆ Die Decoder-Software SoDiRa

Das SoDiRa-Programm von Bernd Reiser [10] berücksichtigt in der letzten Version 0.040 auch den neuen Elektor-Empfänger. Da der gesamte Decoderkomplex mit der Abstimmsoftware kombiniert wurde, ist die praktische Handhabung schon nach kurzer Einarbeitung zu begreifen. Wenn die Treiber- und Software-Installation erledigt ist, werden zunächst einige Einstellungen im zweiteiligen

Options-Menü vorgenommen, die Bilder 9 und 10 zeigen dazu meine Beispiele. Im Untermenü „receiver“ sind auch die Pegelsteller für Aufnahme und Wiedergabe zu finden. Nach dem Abschluss mit „connect“ wartet der Empfänger auf die Einstellung der Frequenz und Modulationsart. Eine Kurzanleitung zu SoDiRa ist in [11] zu finden, ansonsten darf man ruhig etwas herumprobieren, es passiert nichts Schlimmes.

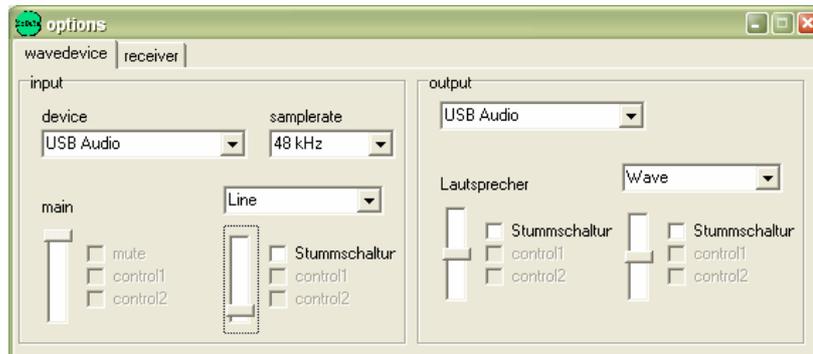


Bild 13: Das Optionsmenü „wavedevice“.

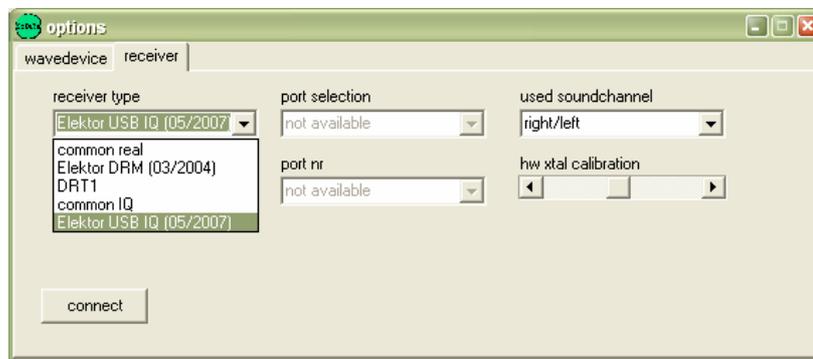


Bild 14: Anwahl des Empfängertyps.

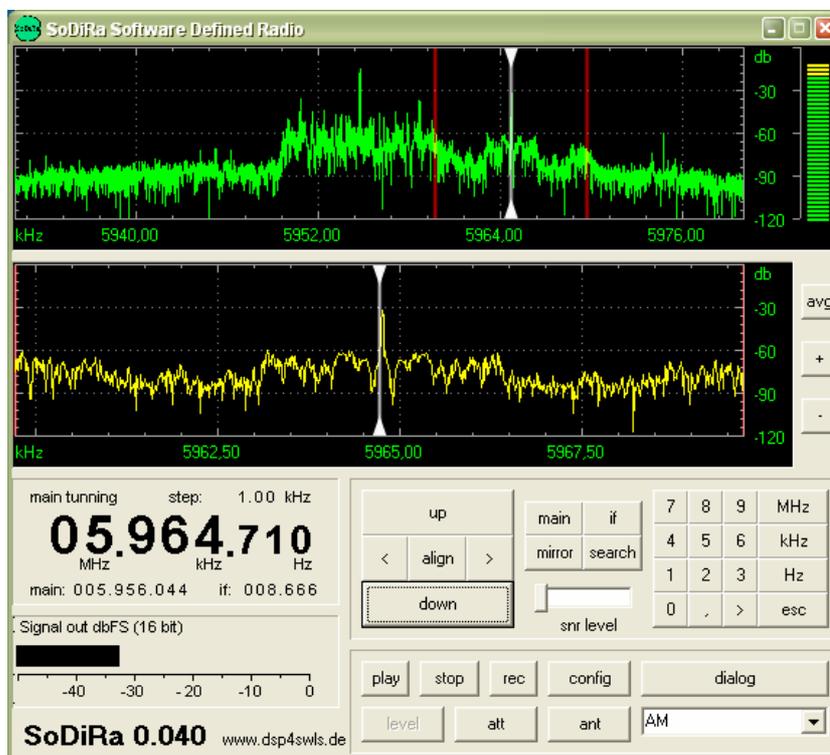


Bild 15: Die Bedienoberfläche von SoDiRa.

Wie im Bild 11 zu sehen ist, wird bei 5.964,71 kHz gerade eine AM-Station empfangen. Die daneben liegende Station (ca. 5954 kHz) wird sauber abgetrennt, es gab keine hörbare gegen-

seitige Beeinflussung. Besonders erfreut war ich, dass man für den DRM-Empfang keine weitere Software benötigt. Der Versuch, einen DRM-Sender zu finden, glückte auf Anhieb. Eine andere DRM-Software muss nicht im Hintergrund laufen, SoDiRa enthält einen eigenen DRM-Decoder. RTL-Radio ließ sich nachmittags bei 6.094,74 kHz problemlos demodulieren (Bild 12).

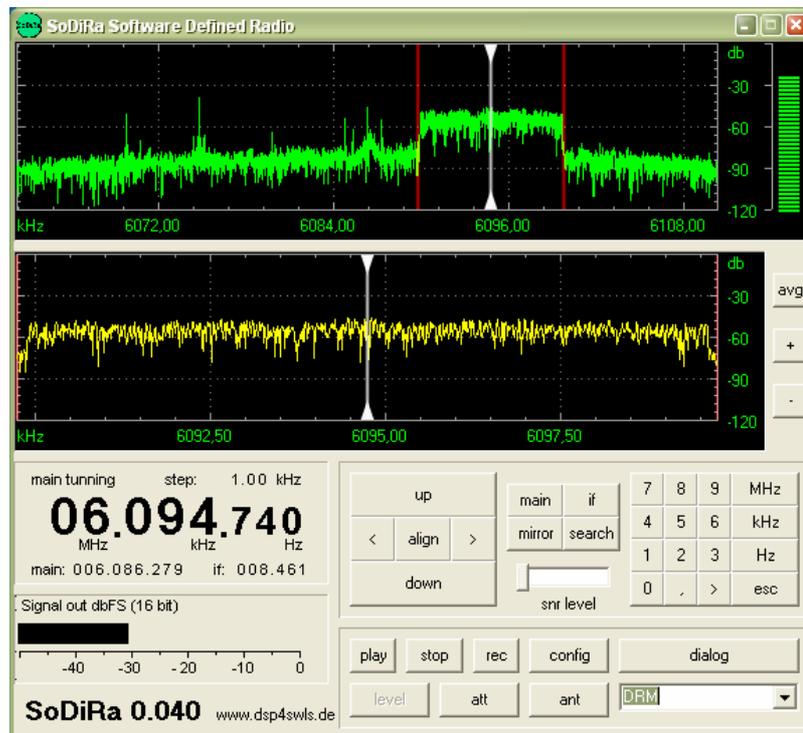


Bild 12: SoDiRa demoduliert einen DRM-Sender.

Sinnvoll ist auch der einbezogene Recorder, damit können Sendungen aufgenommen und später wieder abgespielt werden, das ist besonders für Vorführungen eine wertvolle Ergänzung. Weitere interessante Soundkarten-Programme sind auf Homepage von Bernd Reiser zu finden.

◆ Fazit:

Nach den ersten erfolgreichen Empfangsversuchen liegt der nächste Schwerpunkt mit Sicherheit schon fest, es wird in den meisten Fällen um eine bessere Antenne und für Amateurfunk-Hörer um eine höhere Empfindlichkeit gehen. Werte von „besser“ 5 μV bei 10 dB SNR kommen natürlich nicht an die im Amateurfunk üblichen Werte um 0,5 μV heran. Der Unterschied von rund 20 dB ist sicherlich ein kleiner Wermutstropfen, der durch das sehr einfache Konzept des Empfängers bedingt ist.

Für die meisten Elektor-Leser mag die Empfindlichkeit ausreichen, wenn sie bevorzugt auf den Empfang starker Rundfunksender aus sind. Der typische FA-Leser wird eine bessere Antennenanpassung vorsehen und/oder einen selektiven HF-Vorverstärker einsetzen, um auch schwache Stationen gut aufnehmen zu können.

Der kleine Einplatinen-Empfänger „SDR-Elektor“ von Burkhard Kainka ist aus ökonomischen Gründen vorzugsweise auf den Empfang von AM- und DRM-Signalen ausgerichtet, er erlaubt aber bei guten Ausbreitungsbedingungen auch in die Amateurfunkbereiche hineinzuhören. Der recht weite Frequenzbereich (45 kHz bis 30 MHz) und die komfortable Bedienung per Software erlauben viele Experimente zu einem Preis-Leistungs-Verhältnis, von dem man vor ein paar Jahren nur träumen konnte.

Egal, ob der Empfänger am Home-PC oder Notebook betrieben wird, evtl. durch Zusatzhardware noch etwas aufgewertet wird oder nicht, er wird jedem Nutzer durch die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten und das wohlgedachte Bedienkonzept bestimmt sehr viel Freude bereiten.

Zum Schluss noch ein kleiner Hinweis: Wer sich eine Platine bestellt und den Empfänger selbst aufbaut, sollte unbedingt darauf achten, dass kein Teil falsch eingelötet wird. Auf Grund der sehr kleinen Bohrungen ist es nicht ganz leicht, ein Bauteil nachträglich auszutauschen.

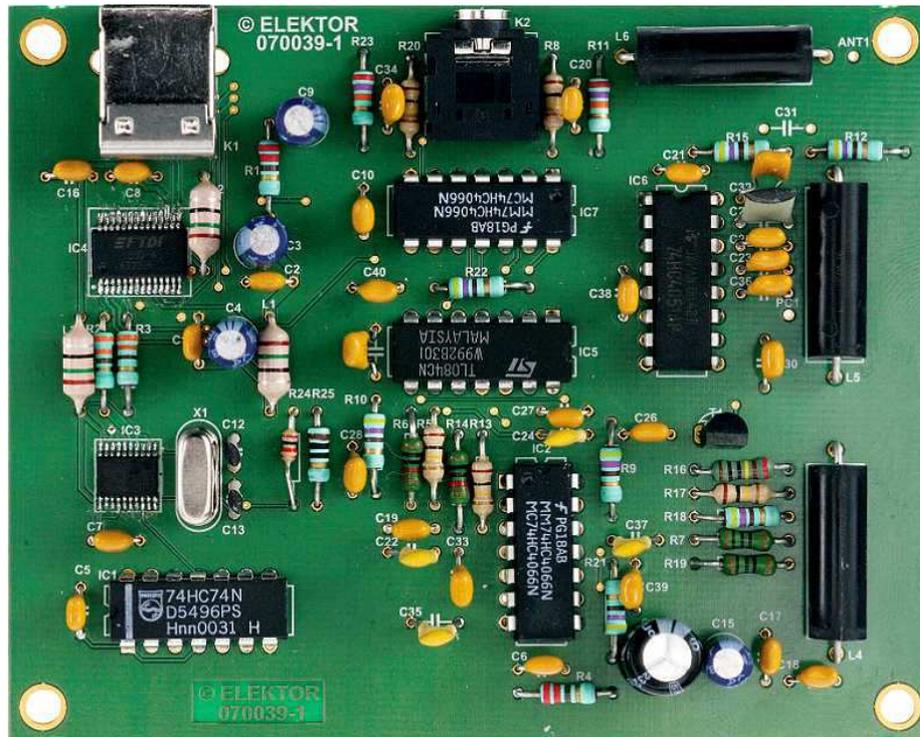
◆ Anlagen:

Bild 12: Foto der fertig bestückten Platine.

◆ **Literatur und Weblinks:**

- [1] Kainka, B., DK7JD: Software Defined Radio mit USB. Elektor Nr. 437 (2007), H. 5., S. 18-23
 - [2] Kainka, B., DK7JD: Software Defined Radio mit USB-Schnittstelle. CQDL 78 (2007) H. 10, S.717-719; H. 11, S. 782-784
 - [3] www.elektor.de/sdr
 - [4] <http://www.b-kainka.de/sdrusb.html>
<http://www.b-kainka.de/sdrusb2.html>
 - [5] <http://www.m0kgk.co.uk/sdr/download.php>
 - [6] <http://digilander.libero.it/i2phd/sdradio/>
 - [7] <http://www.dxatlas.com/rocky/>
 - [8] <http://devel.der-schall.de/downloads.php>
 - [9] <http://home.arcor.de/carsten.knuetter/drm.htm>
 - [10] <http://www.dsp4swls.de/download/download.html>
 - [11] <http://www.dsp4swls.de/sodira/sodira.html>
 - [12] http://www.dl5swb.de/html/mini_ringkern-rechner.htm
 - [13] Hermsdorf, J., DL3JGN: Festinduktivitäten im Amateurgebrauch. CQDL 78 (2007) H. 7, S. 494-495
 - [14] Raban, K., DM2CQL: IQ-SDR-Minimalsystem für 40/80 m. FUNKAMATEUR 55 (2006) H. 9, S. 1040-1041. FA BX-050, -051, 056, -057
- Da es gerade für Sende- und Empfangsantennen eine riesengroße Zahl von Veröffentlichungen gibt, können hier aus Platzgründen nur wenige Beispiele genannt werden:
- [15] Nussbaum, H., DJ1UGA: Magnetantennen. Vth, Baden-Baden 2002. FA V-3858
 - [16] VFO-Magzin für Empfangsamateure mit der Homepage: <http://www.vfo-magazin.de>
- Hier gibt es in der Rubrik „Technik“ einen Abschnitt über Antennen, der ganz speziell auf Empfangsamateure zugeschnitten ist. Tipps für relativ preiswerte Hefte und Bücher über Antennen sind auf den Werbeseiten des FUNKAMATEUR und der CQ DL zu finden.
- [17] <http://www.andreadrian.de\sdr\index.html>
Viele Hinweise zu IQ-SDR-Empfängern und Antennen.

Stand: 15. 10. 2007