

# **Der SDR Transceiver**

# **FA-SDR-TRX**

## **von DL2EWN**

**Bodo Scholz, DJ9CS**

# Einführung

## Software Defined Radio

Nach den Veröffentlichungen von Gerald Youngblood in den Jahren 2002/2003 hat eine rasante Entwicklung eingesetzt.

Um einen großen Kreis von Funkamateuren in der Praxis an die SDR-Technologie heranzuführen, entstand vor über 5 Jahren im Kreis der FlexRadio Friends die SoftRock-Idee für einfache preiswerte Empfänger Bausätze.



SoftRock v6.0



FA Einsteiger Kit

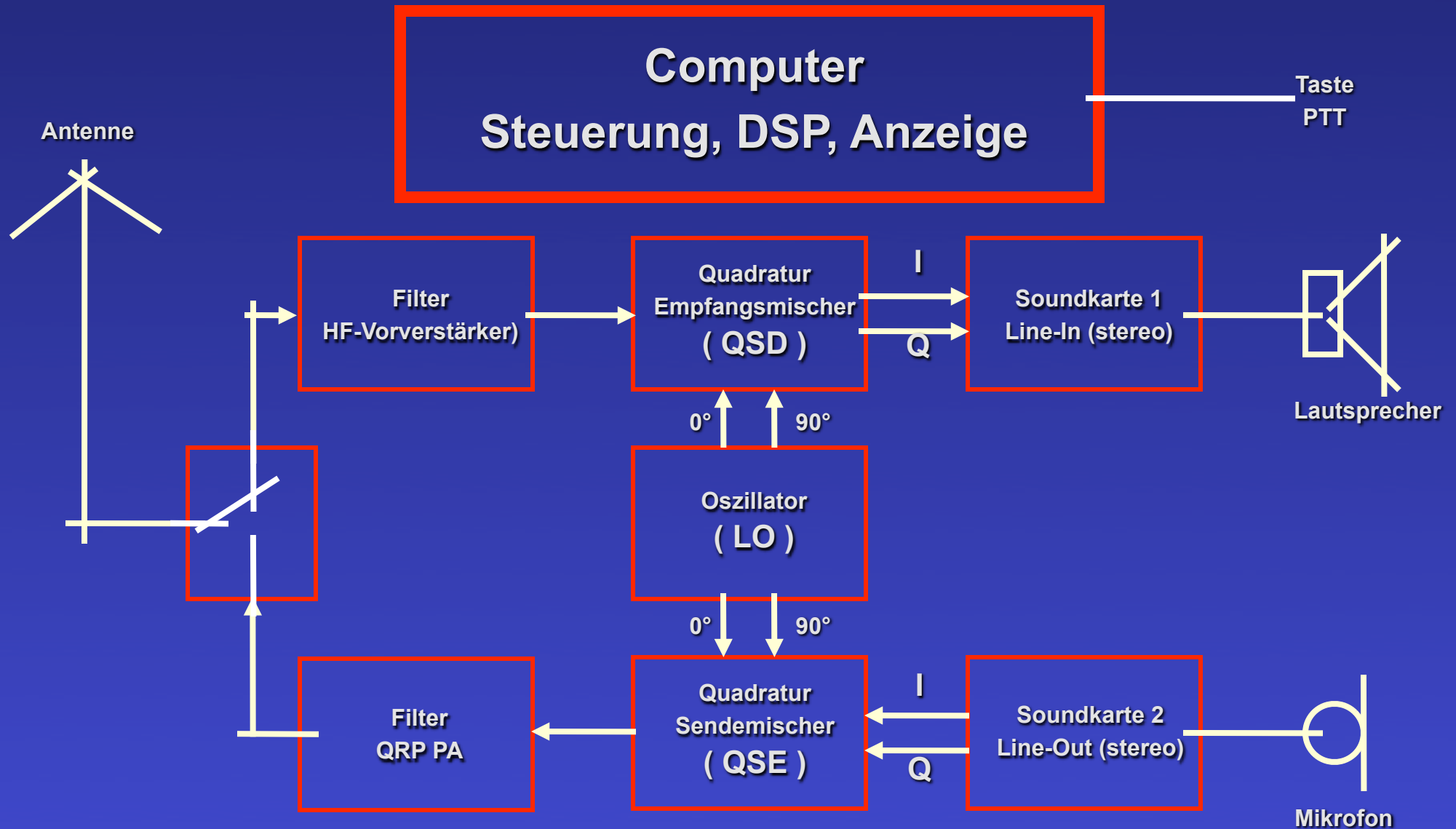
# Einführung

**Die SoftRock Empfänger von KB9YIG und compatible Bausätze wurden weltweit ein großer Erfolg. Ab 2006/2007 erscheinen die ersten SoftRock Transceiver Bausätze und passende Software.**

**Während mit den einfachen SDR-Empfängern andere Funkamateure und Funkdienste nicht gestört werden können, besteht hier bei den einfachen SDR-Transceivern bei falschem Abgleich und Einsatz eine große Gefahr. Ebenso sind die gültigen Vorschriften zur Unterdrückung von Nebenaussendungen schnell verletzt.**

**Bei den inzwischen auf dem Markt befindlichen Bausätzen hebt sich der FA-SDR-TRX mit seinen Eigenschaften deutlich hervor.**

# Blockschaltbild der SDR-Transceiver



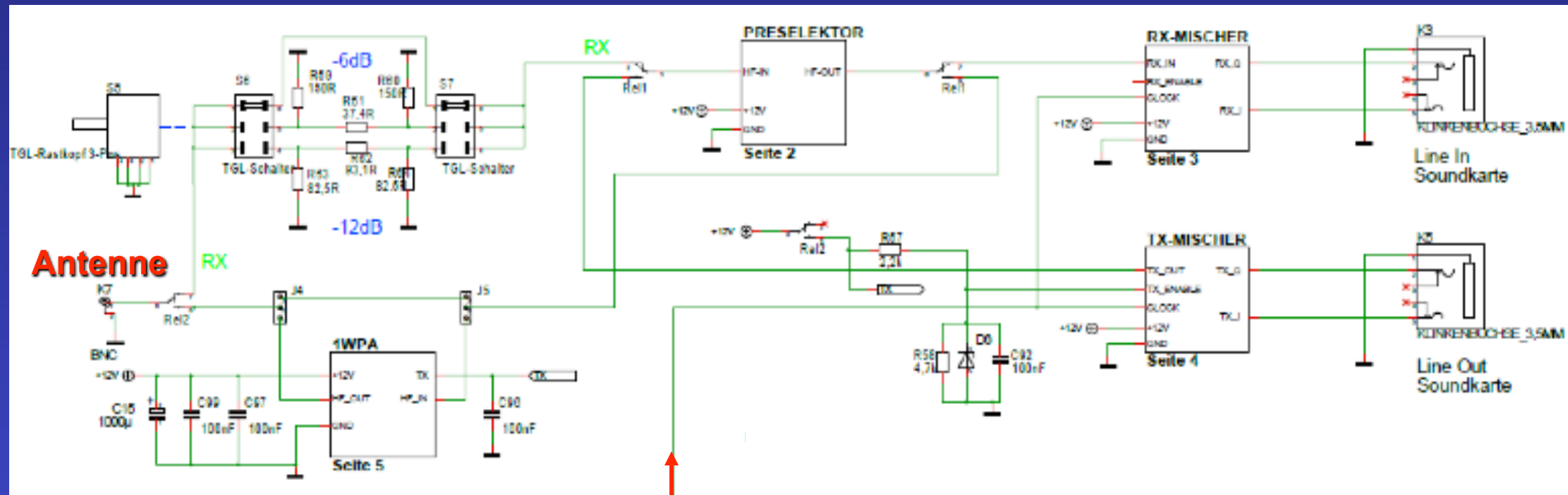
# SDR-Transceiver von DL2EWN

Im Folgenden wird der FA-SDR-TRX mit seinen technischen Details dargestellt und aufgezeigt, dass ein wohl durchdachtes Konzept zu einem ausgezeichnetem Ergebnis geführt hat.

Zudem ist das Entwicklungsziel, einen preisgünstigen SDR-Transceiver anbieten zu können, voll erreicht worden.

# Übersichtsschaltbild des FA- SDR-Transceivers

Das vorher gezeigte Blockschaltbild ist sofort wiederzuerkennen



**Mischfrequenz**

(vierfache der eigentlichen Mischfrequenz)



# Oszillator (LO)

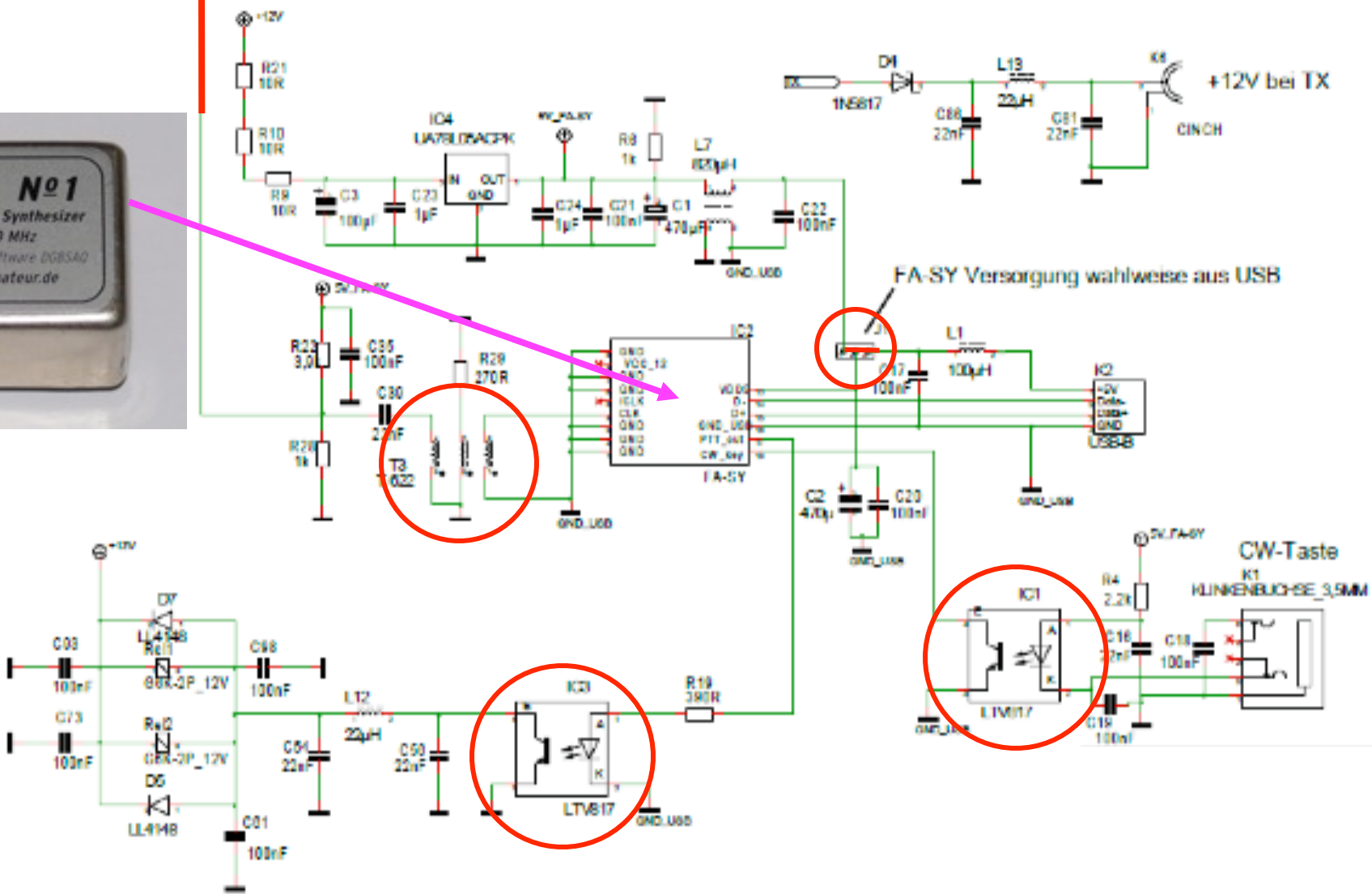
Den Kern der Oszillatorbaugruppe bildet der Si570 von SiLabs. Es handelt sich um einen DSPLL-Chip mit herausragenden Eigenschaften. Bei DSPLL handelt es sich um ein Patent von Silicon Labs in den USA.

Mit dem Si570 werden Signale hoher Reinheit und Stabilität erzielt, vergleichbar mit Quarzoszillatoren.

Der Si570 stellt inzwischen einen Quasi-Standard bei allen SDR-Bausätzen dar. Hier im FA-SDR-TRX wird der FA-SY 1 eingesetzt.

# FA-SY im FA-SDR-TRX

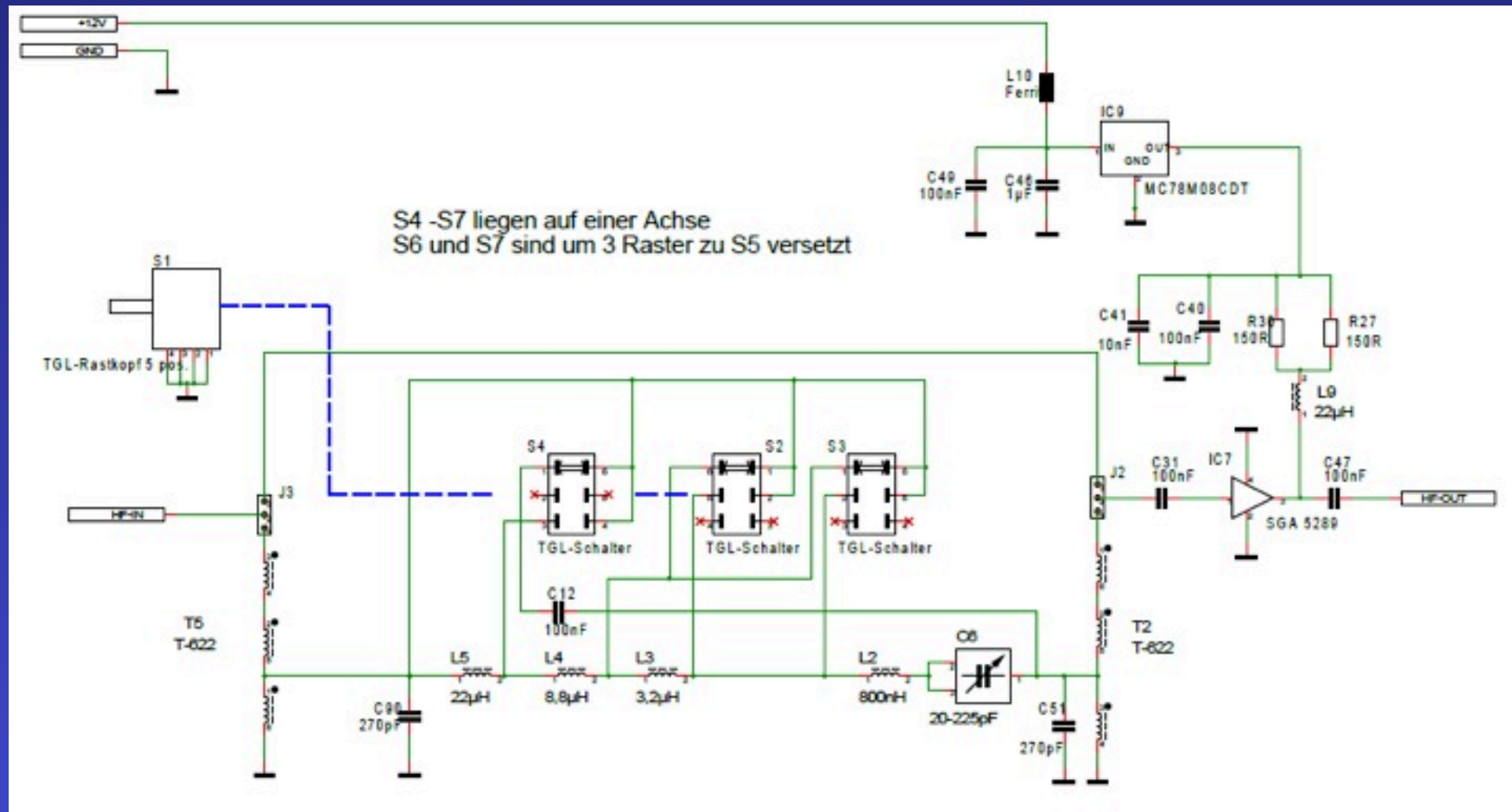
## Oszillatorsignal



Vermeidung von Brummschleifen



# Preselektor



# Quadraturmischer

**Die Quadraturmischer im Empfänger und Sender sind die Kernbaugruppen im Konzept der einfachen SDR-Transceiver.**

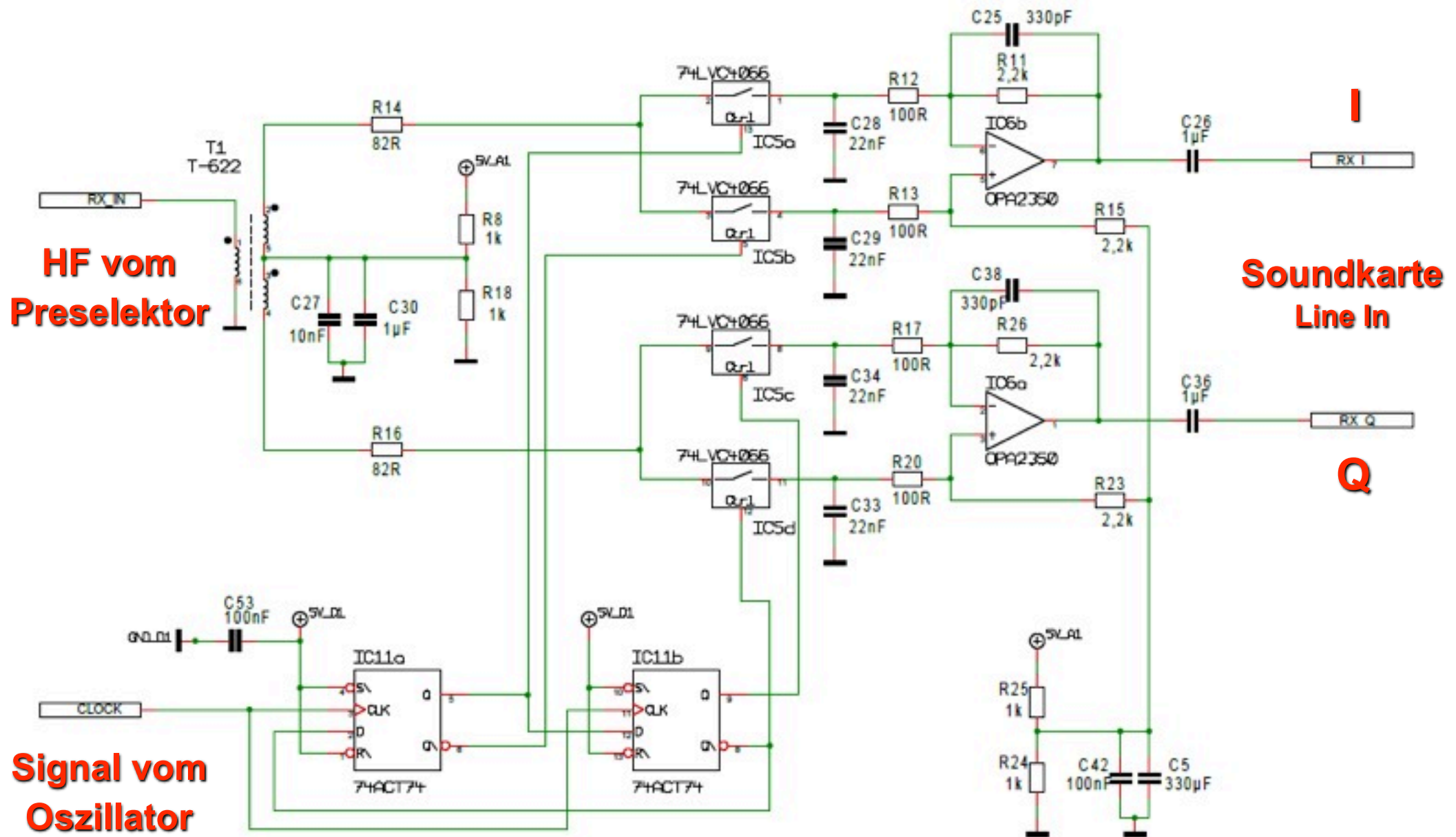
**Die Empfängerdaten wie**

- Empfindlichkeit (MDS @500Hz Bandbreite)**
- Großsignalfestigkeit (IP3 am Eingang)**
- Seitenbandunterdrückung**
- nutzbarer Frequenzbereich**

**werden durch die Schaltkreise im Mischer wesentlich bestimmt. In einem Experimentalaufbau wurden die Schalter-ICs FST3253, MAX4544, 74HC4066, MAX4614 und 74LVC4066 untersucht.**

**Mit den 74LVC4066 werden die besten Ergebnisse erreicht. Bis ins 2m-Band sind sie bei Subharmonischenmischung einsetzbar. Eine geringe Streuung in den Daten erlaubt zudem eine hohe Nachbausicherheit.**

# Empfängermischer (QSD)



# Empfängermischer

Die SDR-Empfänger mit den eingesetzten Schaltermischemern besitzen insbesondere bei den ungradzahligen Harmonischen der Mischfrequenz eine nicht zu vernachlässigende Empfindlichkeit. Daher sind im Empfängereingang gute Filter notwendig. Bei ungenügender Filterdämpfung schlagen sogar Signale im Bereich der ersten gradzahligen Harmonischen durch.

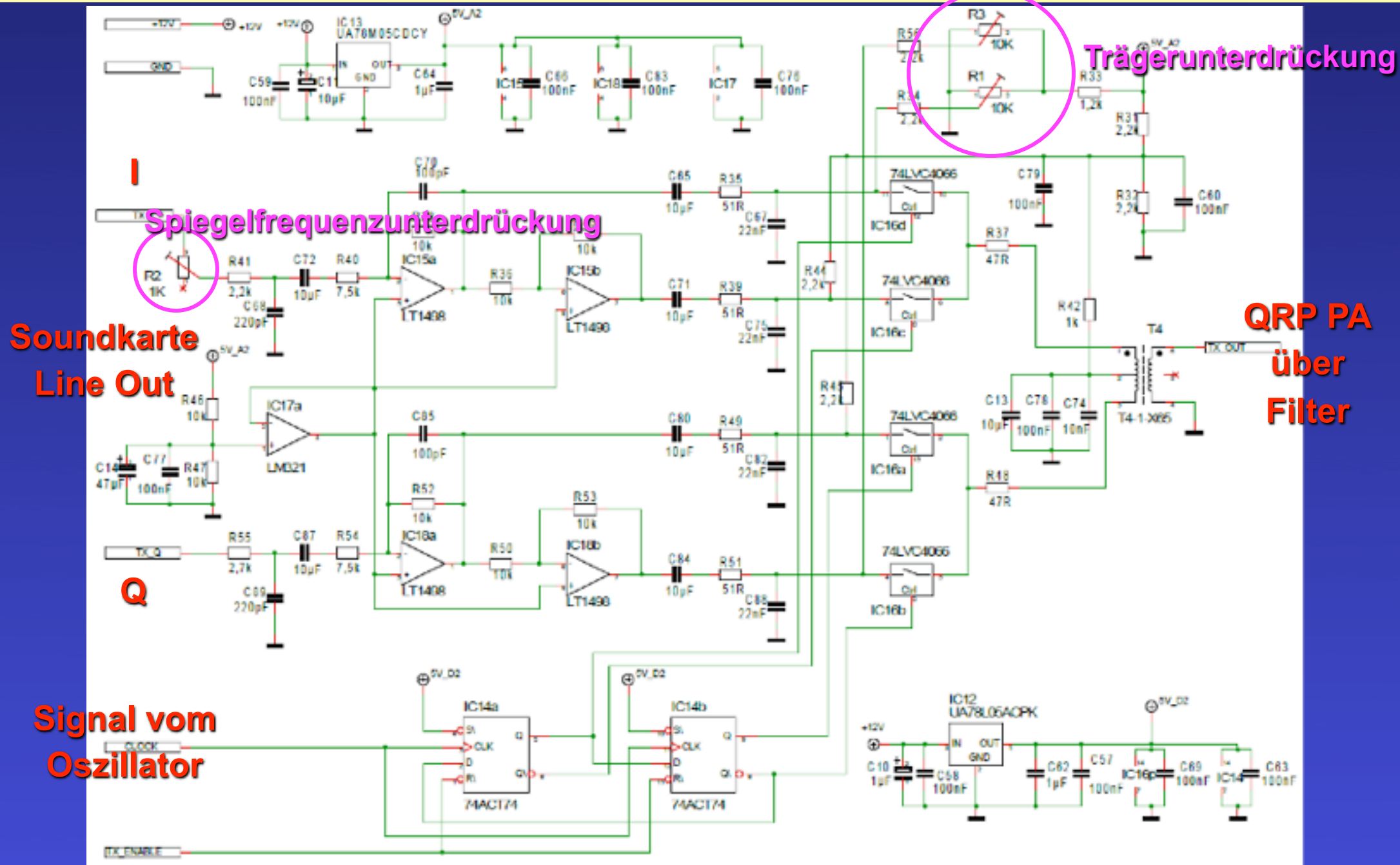
Der im FA-SDR-TRX eingesetzte Preselektor bietet hier eine ausgezeichnete Lösung. So steht ein sehr guter Empfänger für den gesamten Kurzwellenbereich bis 30 MHz zur Verfügung.

# Sendermischer

**Für den Sendebetrieb werden die I/Q-Signale im PC in der DSP berechnet und über die Soundkarte als analoge Signale dem Sendermischer zugeführt.**

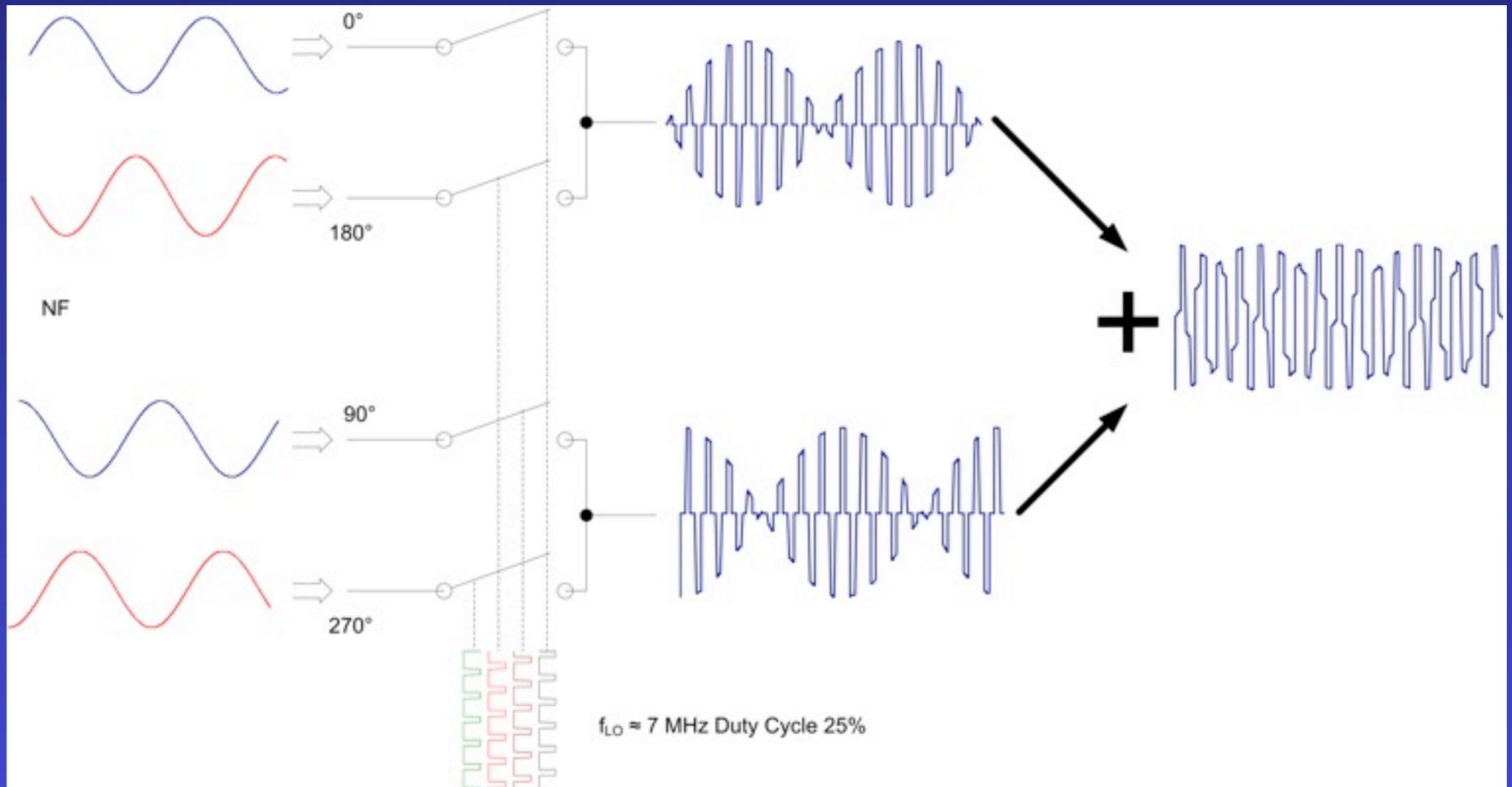


# Sendermischer (QSE)





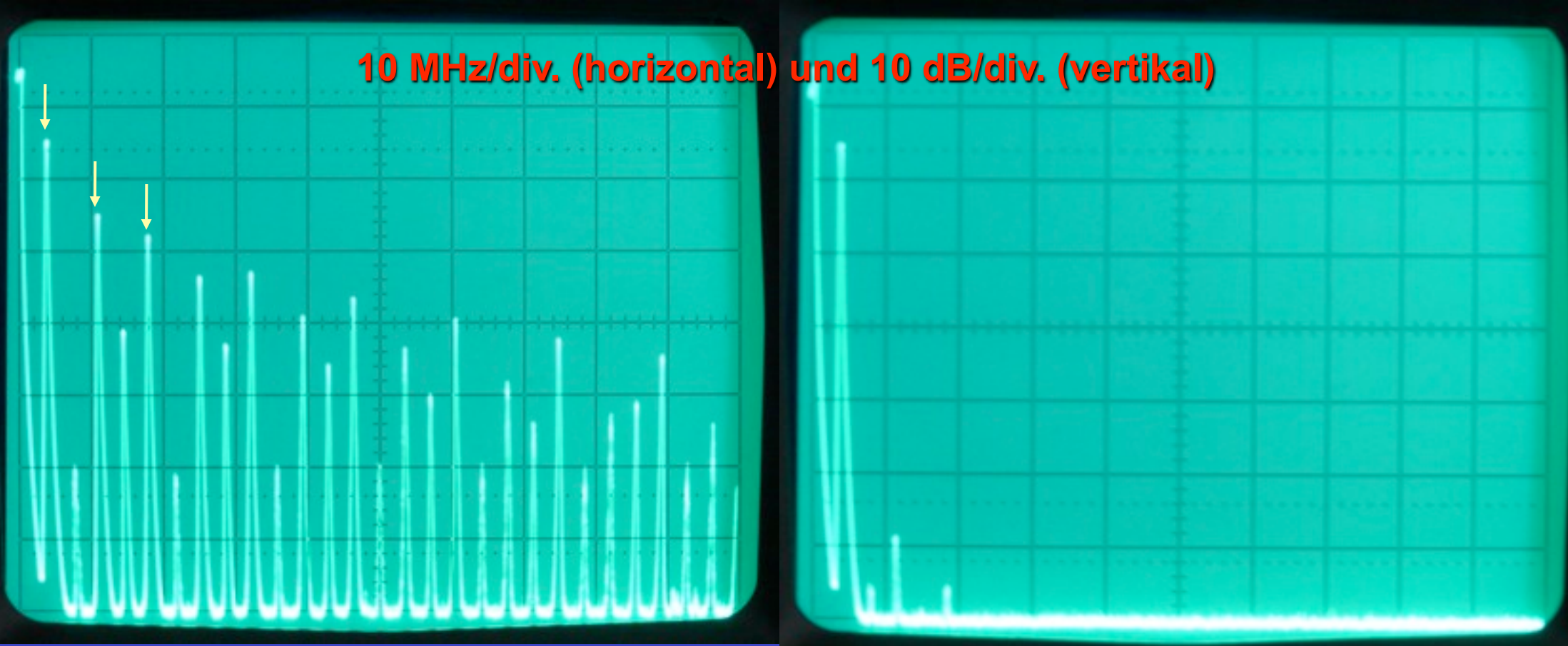
# Sendermischer



**Dies ist ein doppelt balancierter Mischer**

# Sendermischer

Spektren hinter dem Sendermischer für ein CW-Signal (Träger)



ungefiltert

gefiltert

Messungen an einem Sendermischer mit 74HC4066

# Sendermischer

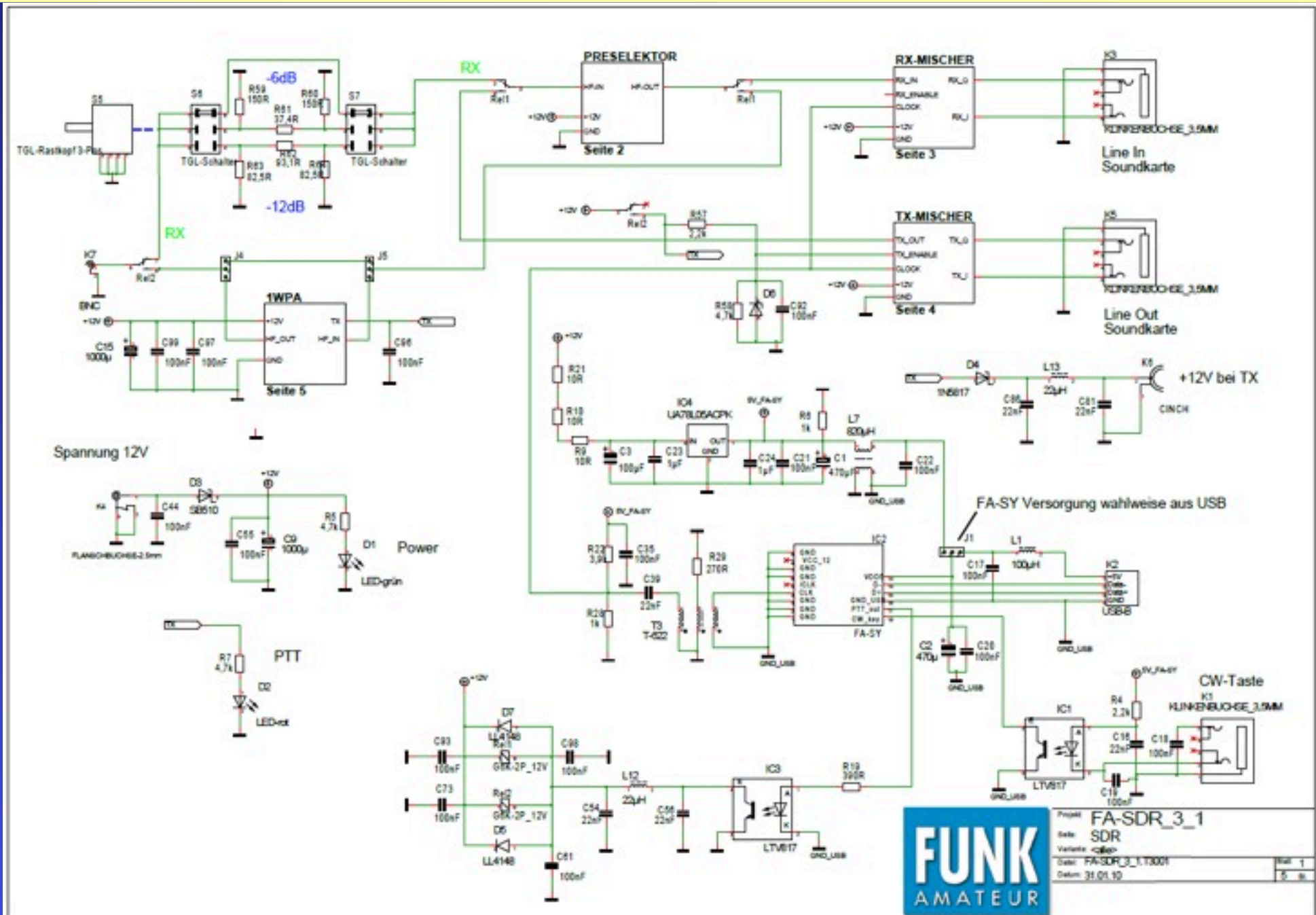
Die Messungen am AVALA-01 Transceiver haben die Bedeutung eines Filters direkt hinter dem Sendemischer gezeigt. Das breite Ausgangsspektrum und unvermeidbare Nichtlinearitäten der folgenden Stufen von Treiber und PA führen ganz schnell zu unerwünschten Signalen am Ausgang des Senders. Die Vorschriften zu Nebenaussendungen (Verfügung Nr. 33/2007) sind so kaum einzuhalten.

Im FA-SDR-TRX wird im Sendezweig der Preselektor mitgenutzt, eine optimale Lösung in diesem Zusammenhang.

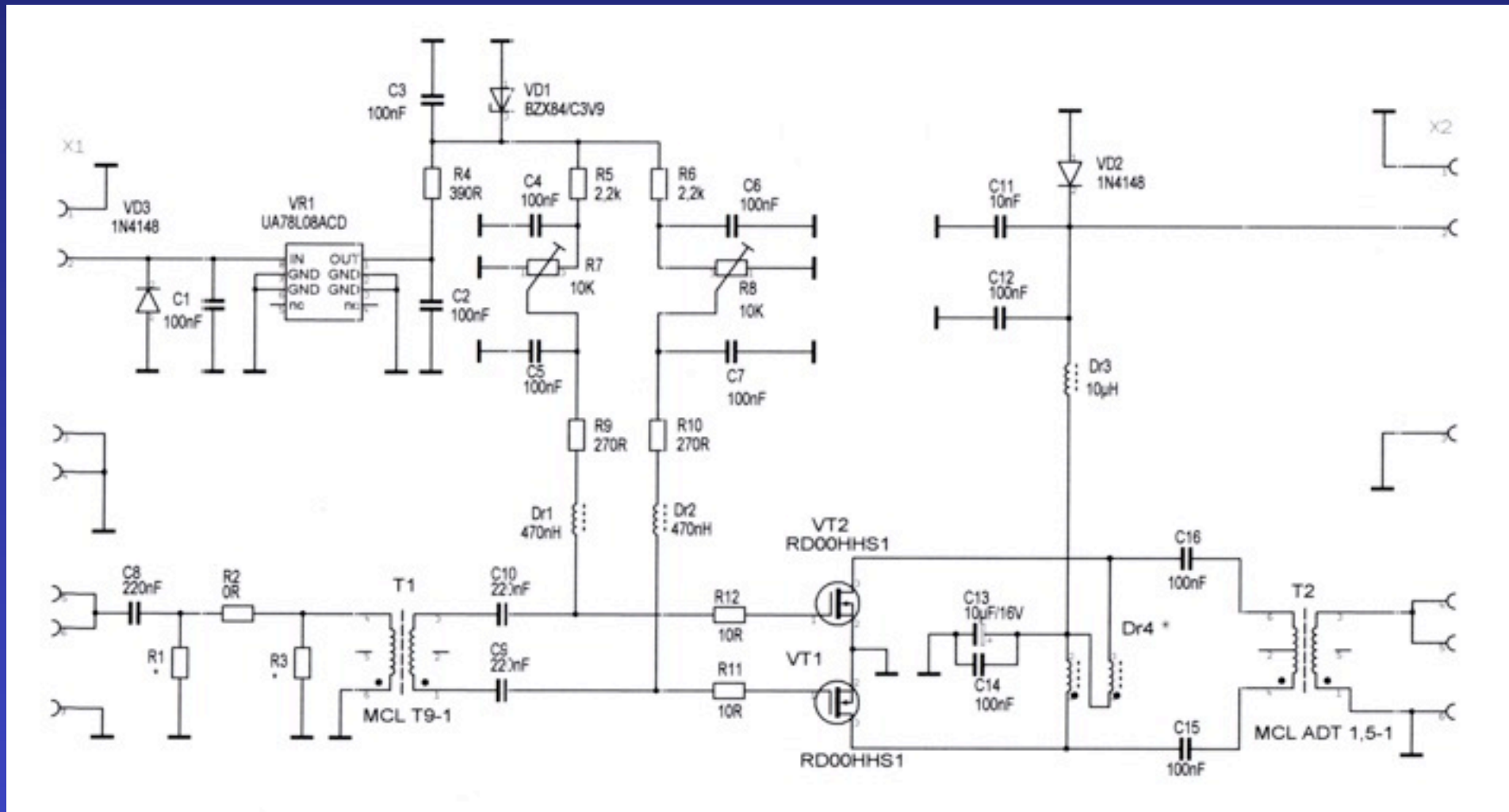
Die Grundausgangsleistung hinter dem Preselektor mit dem SGA5289 beträgt 10mW. Mit dieser Leistung kann die 5Watt QRP PA von Harald DL2EWN angesteuert werden.



# Übersichtsschaltbild des FA- SDR-Transceivers



# 1 Watt QRP PA als Steckmodul



**Leistungsverstärkung 20dB (-1 ... +1dB)  
im Frequenzbereich von 1,8 MHz bis 51 MHz**

**Diese PA verträgt für einige Minuten ohne Schaden Kurzschluss oder Leerlauf am Ausgang.**

# Der Bausatz FA-SDR-TRX

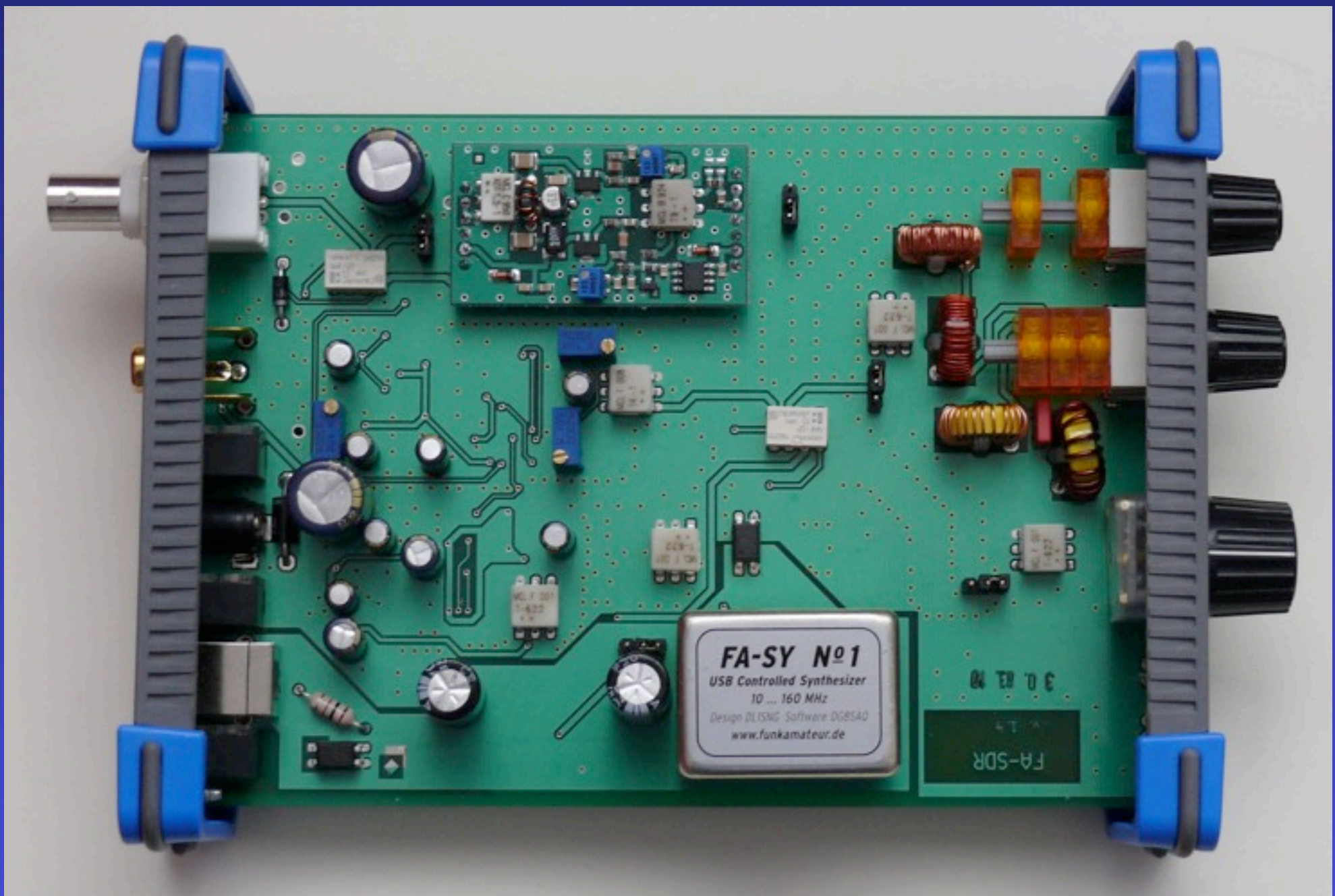
Der Aufbau des FA-SDR-TRX stellt keine wirkliche Herausforderung dar. In bewährter Weise wird die Platine (163 mm \* 114 mm) mit allen SMD-Bauteilen bestückt geliefert. Es verbleiben wenige konventionelle Bauteile.

Die Oszillatorbaugruppe mit dem Si570 'FA-SY-01' wird auf die Platine gesteckt, ebenso der optionale kleine Breitbandverstärker mit 1 Watt Ausgangsleistung.

Ein passendes Gehäuse mit den notwendigen Bohrungen und Beschriftungen ergibt dann einen auch optisch schönen SDR Kurzwellen QRP-Transceiver.



# Der aufgebaute FA-SDR-TRX



# Betriebsbereiter FA-SDR-TRX





# Betrieb des FA-SDR-TRX als Empfänger

Zur Inbetriebnahme des Empfängers sind an der Hardware keine besonderen Einstellungen notwendig.

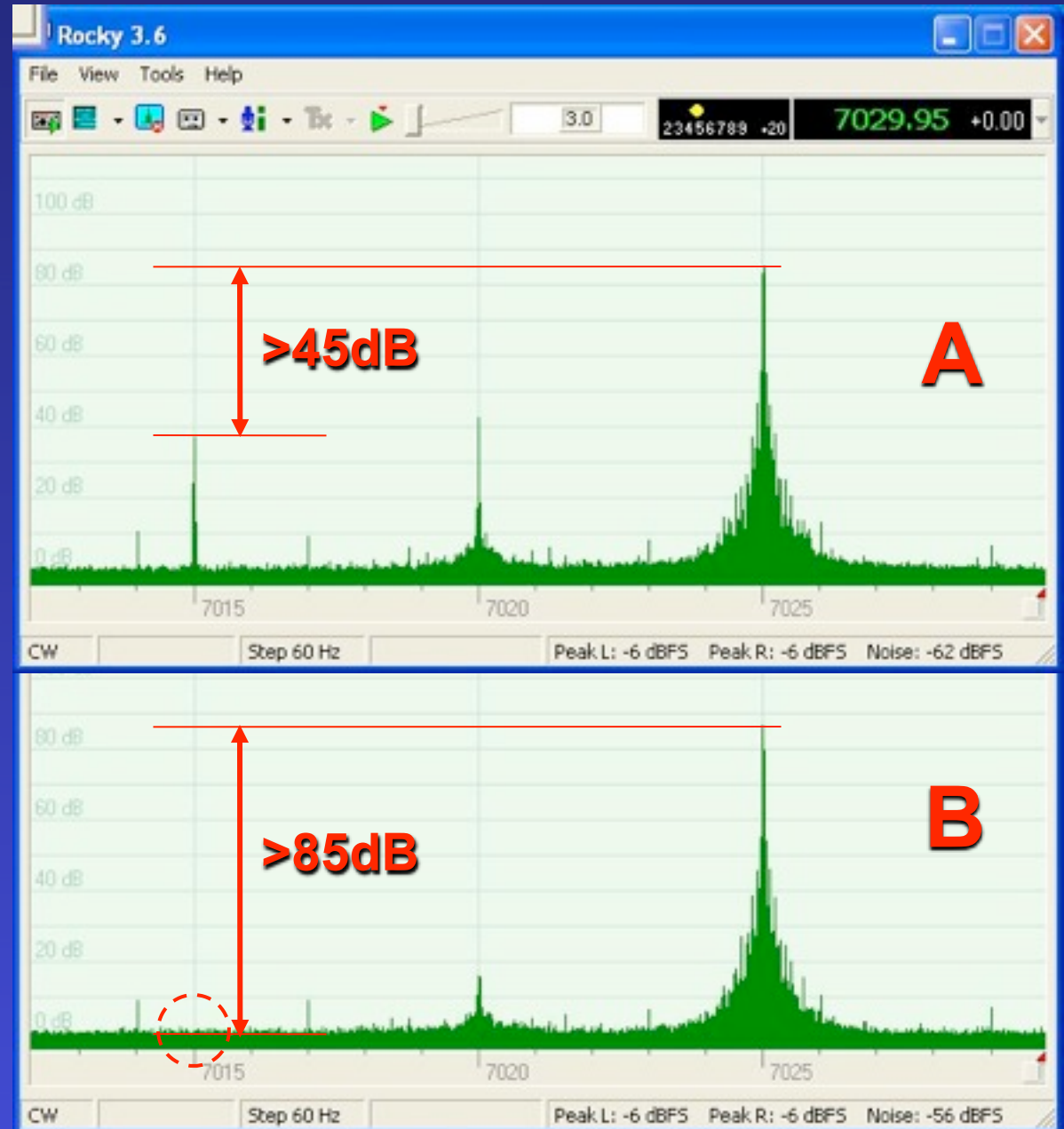
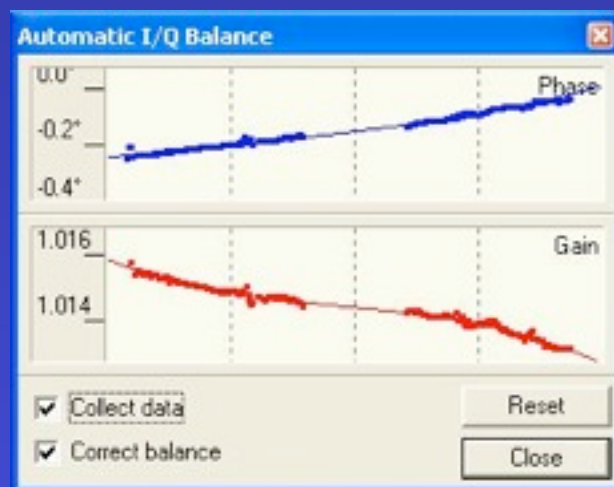
Wie an verschiedenen Exemplaren gemessen wurde, liegt die Seitenbandunterdrückung ohne weiteren Abgleich in der jeweiligen Software schon bei  $>35\text{dB}$ . Mittels Abgleich in bzw. automatisch durch Software werden Werte  $>70\text{dB}$  erzielt.

# Betrieb des FA-SDR-TRX als Empfänger

## Seitenbandunterdrückung

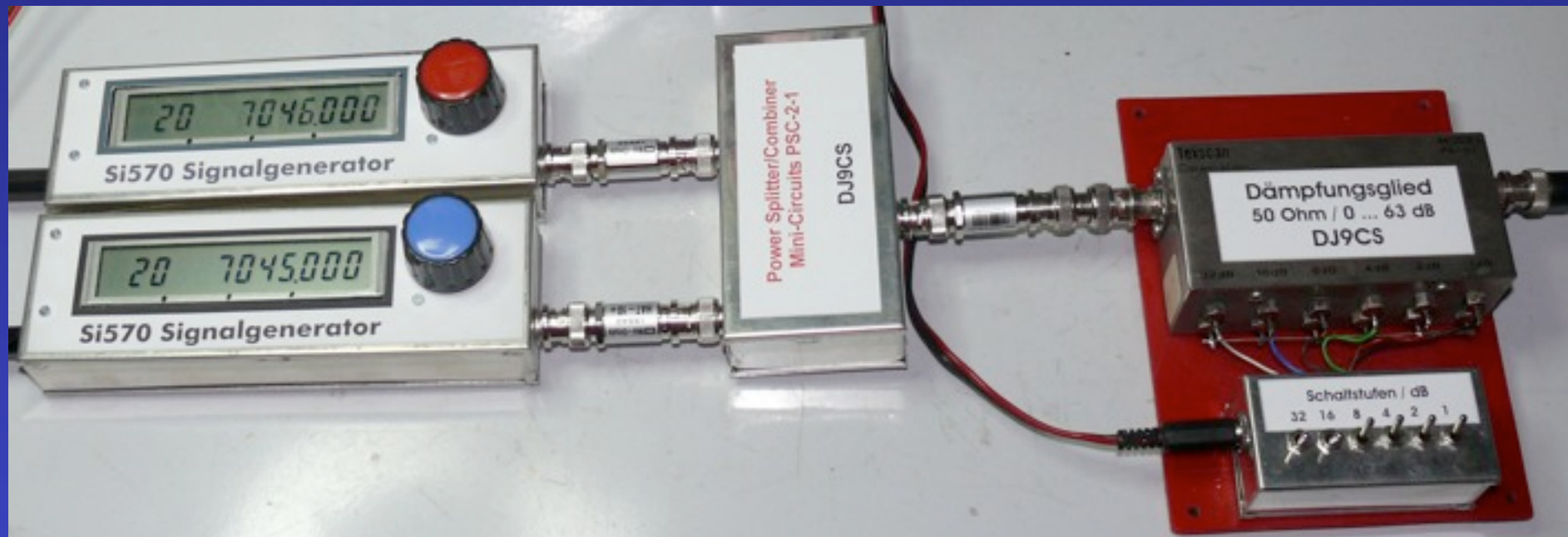
A: ohne Softwareabgleich

B: mit Softwareabgleich



# Intermodulationsmessung am Empfänger

Messaufbau mit zwei Signalgeneratoren mit dem Si570  
Aufbau und Firmware nach Kees, K5BCQ



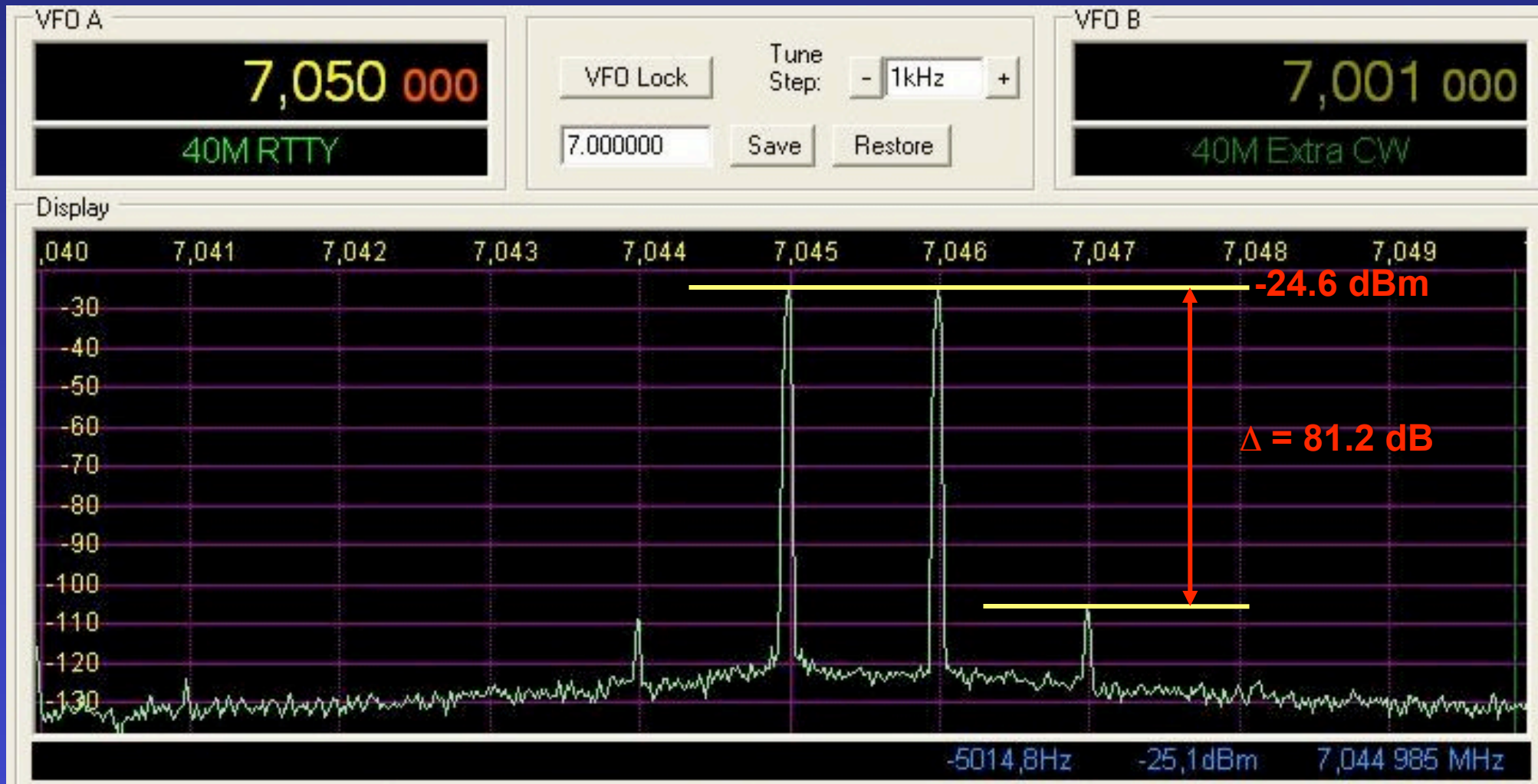
Pegel am Ausgang des Combiners ca. 0 dBm



# Intermodulationsmessung am Empfänger

USB Sound Blaster X-Fi Surround 5.1 / 48kHz Samplingrate

Abschwächer im Empfängereingang 0 dB



$$\text{IP3} = -24.6 \text{ dBm} + (\Delta / 2) = +16 \text{ dBm}$$



# Daten des Empfängers im FA-SDR-TRX

Frequenzbereich Rx/Tx      1,7 MHz bis 30 MHz

Die Empfangereigenschaften sind stark abhängig von der eingesetzten Soundkarte. Mit der sehr guten USB-Karte **E-MU0202 USB**, die bei 24 bit Auflösung bis 192 kHz Abtastrate bietet, werden folgende Werte erreicht:

Empfindlichkeit bei 48 kHz Abtastrate (MDS @500Hz Bandbreite)

80m Band:      -133 dBm

20m Band:      -137 dBm

IP3 am Rx Eingang      > +15 dBm

Intermodulationsfreier Dynamikbereich IMDR3      > 90 dB

Mit der **CREATIVE USB Sound Blaster X-Fi Surround 5.1** konnte ich die obigen Werte auch fast erreichen.

# Betrieb des FA-SDR-TRX als Empfänger

Der FA-SDR-TRX ist ausgezeichnet auch als reiner Empfänger im gesamten Kurzwellenbereich von 1.5 bis 30 MHz zu nutzen.

Es stehen u.a. folgende Programme zur Verfügung:

- PowerSDR™ <http://www.flex-radio.com/>
- PowerSDR™-sr40 <http://powersdr-sr40.sourceforge.net/>
- PowerSDR™-IQ <http://code.google.com/p/powersdr-iq/downloads/list>
- Rocky 3.6 <http://www.dxatlas.com/Rocky/>
- Winrad 1.32 <http://www.weaksignals.com/>
- WinradHD <http://www.hdsdr.de/>
- KGKSDR <http://www.m0kgk.co.uk/sdr/index.php>

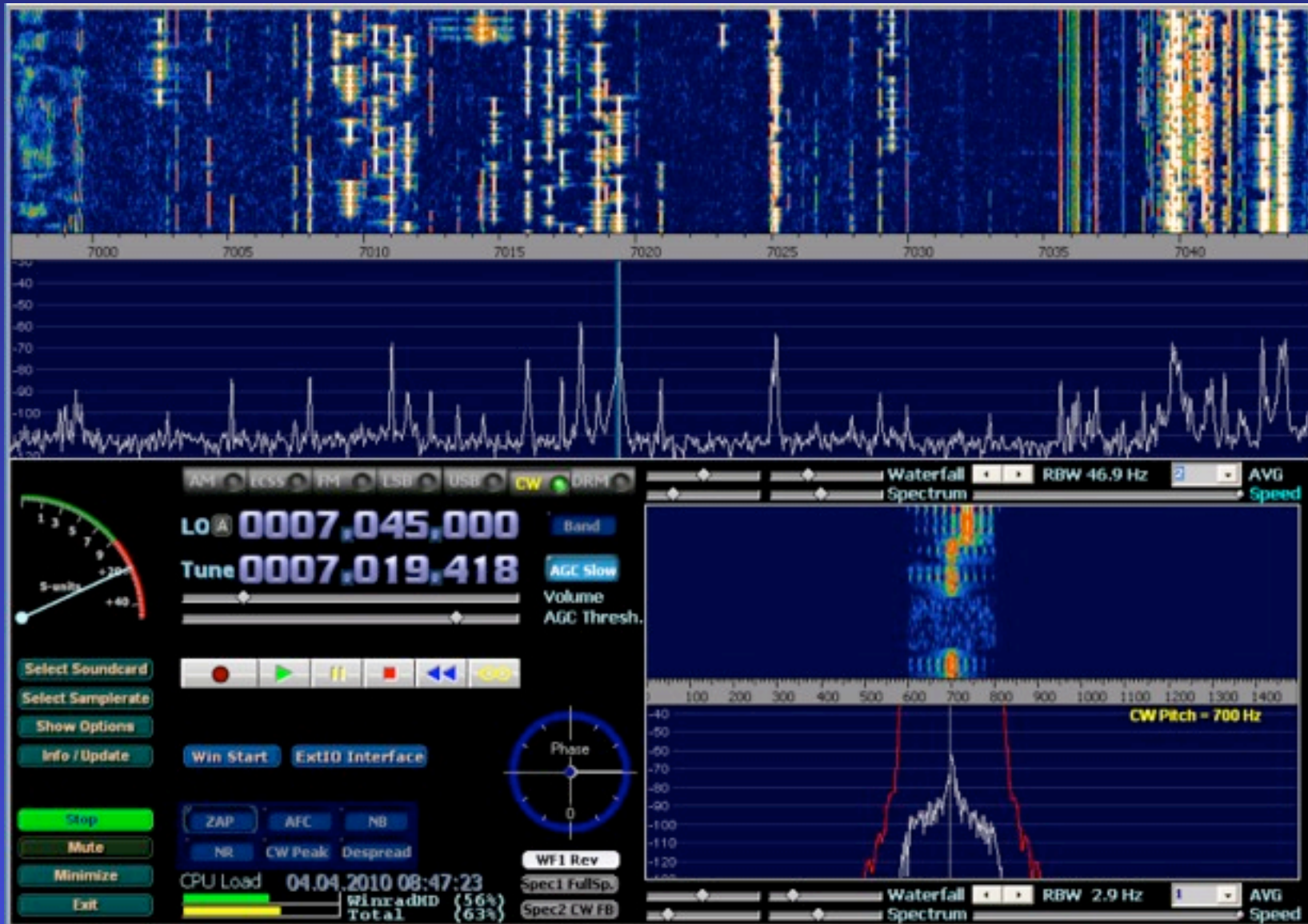
Dies sind alles Programme für Windows Betriebssysteme, vorzugsweise XP.

Im reinen Empfangsbetrieb genügt eine Soundkarte, z.B. die Onboard-Soundkarte eines PC.

# FA-SDR-TRX als Empfänger

## WinradHD mit einer Onboard-Soundkarte

LENOVO Netbook S10-2 mit Realtek Soundkarte





# Transceiverbetrieb

**Der Transceiverbetrieb verlangt zwei Soundkarten:**

## Empfänger

**I/Q Signal aus SDR-RX -> 'Line In' Soundkarte**

**Ausgabe des demodulierten Signals über Soundkarte (Lautsprecher)**

## Sender

**Ausgabe des berechneten I/Q Signal ('Line Out') -> SDR-TX Eingang**

**Mikrofon -> Mikrofon-Eingang Soundkarte**

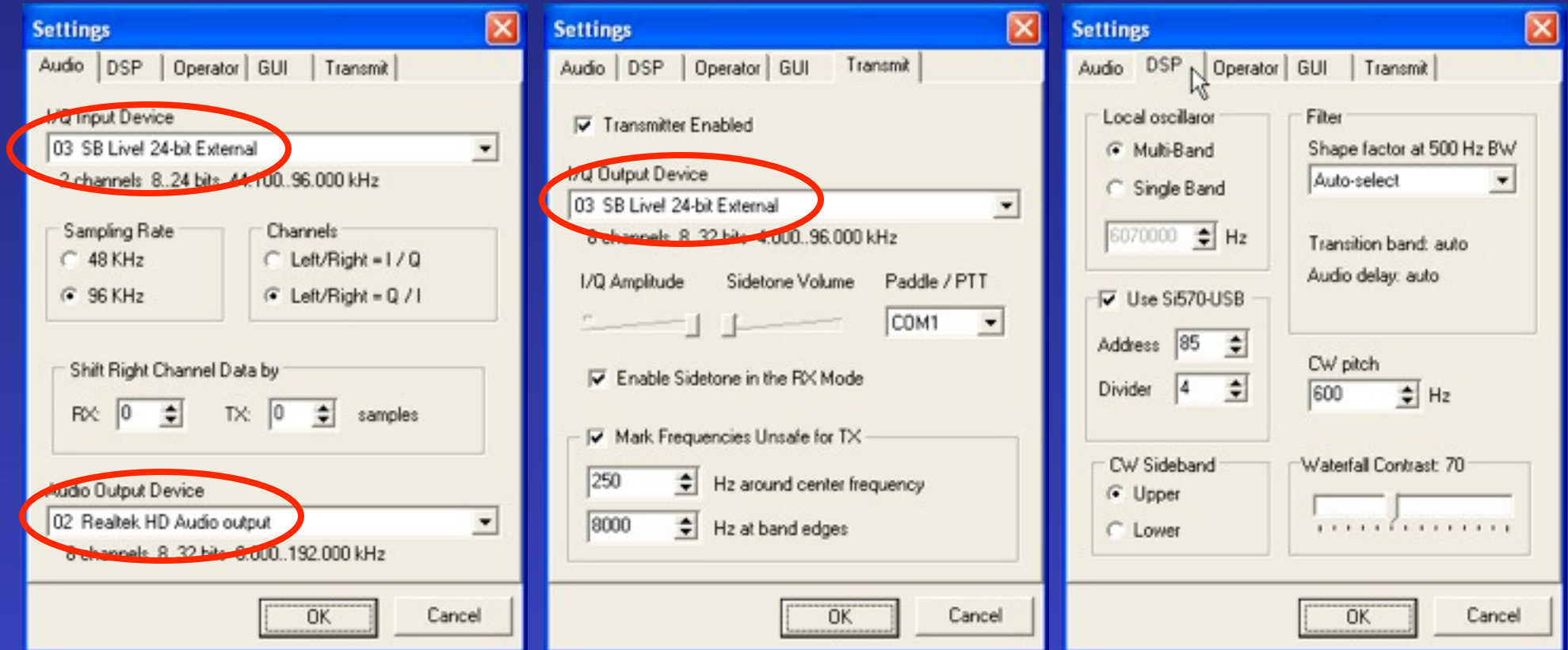
**Die offizielle FlexRadio PowerSDR™ Software verlangt eine 4-Kanal-Soundkarte, wie DELTA44 oder FA-66.**

# Transceiverbetrieb mit zwei Soundkarten

Für diese Konfiguration stehen folgende Programme zur Verfügung:

- Rocky 3.6 <http://www.dxatlas.com/Rocky/>
- PowerSDR™-sr40 <http://powersdr-sr40.sourceforge.net/>
- PowerSDR™-IQ <http://code.google.com/p/powersdr-iq/downloads/list>

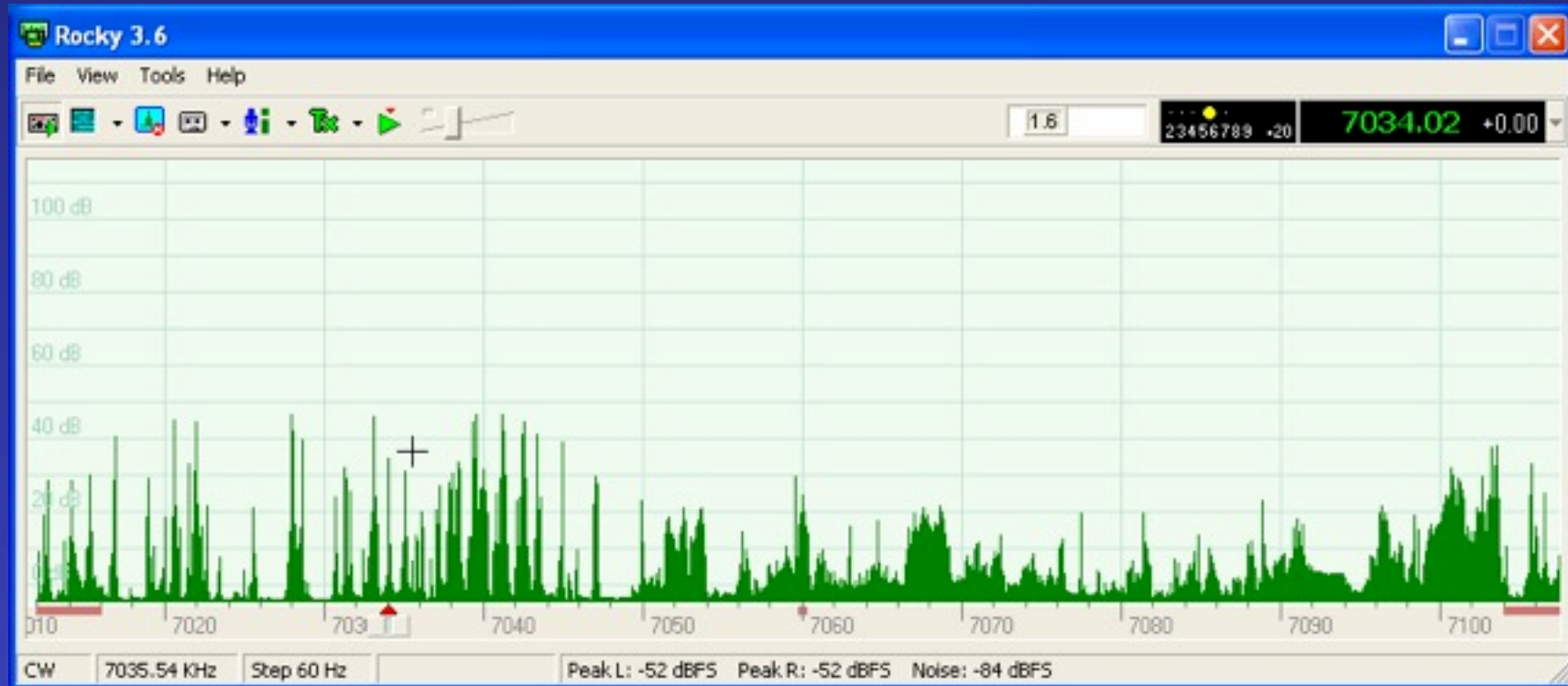
# Rocky 3.6



**Setup:** Soundkarte SB Live! 24-bit External  
Realtek HD Audio output (onboard)  
Si570 USB Multiband

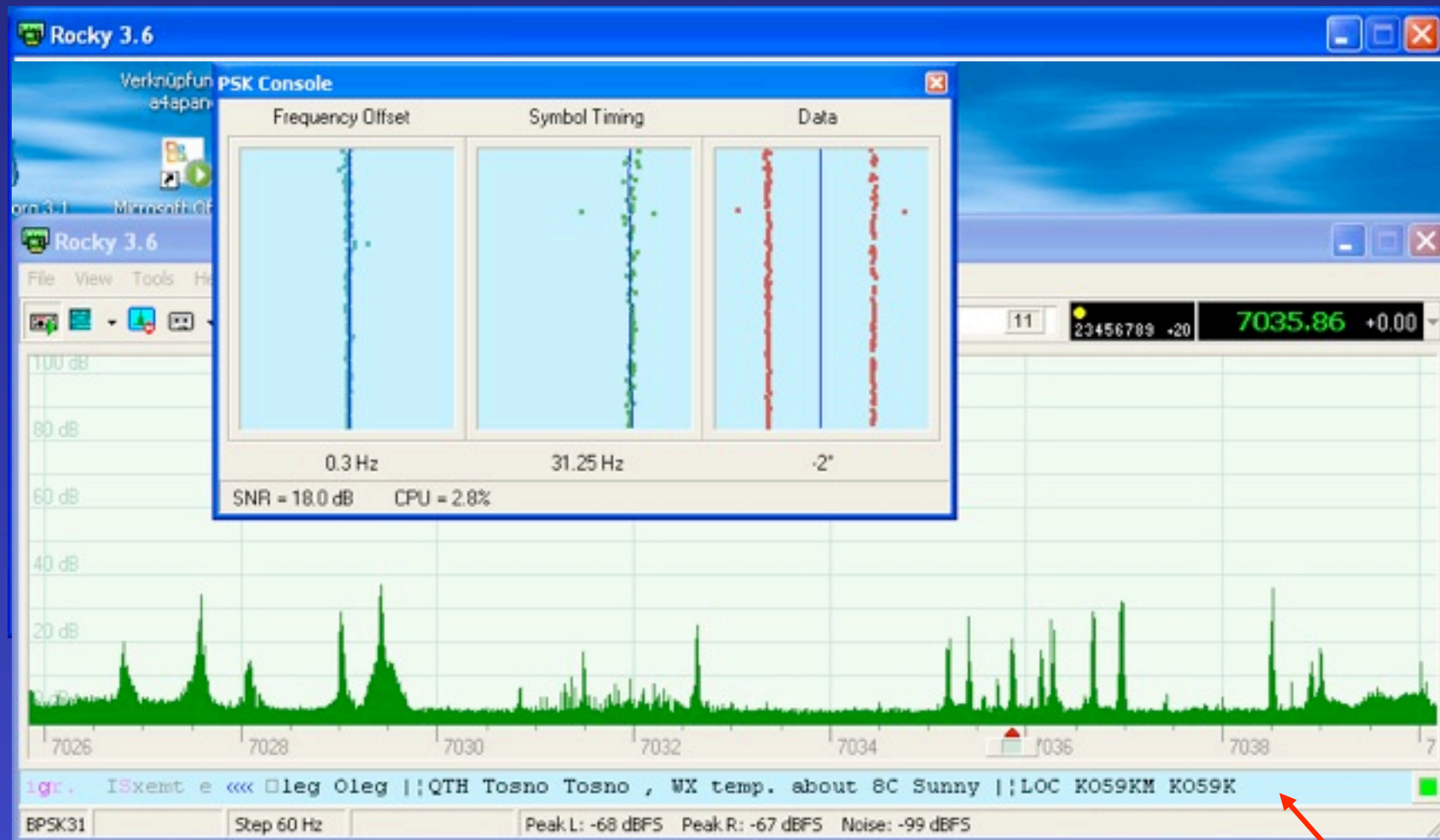


# Rocky 3.6



**Betrieb im 40m Band mit 96 kHz Rx Bandbreite**  
**Sendebetrieb ist für CW und PSK31 möglich.**

# Rocky 3.6



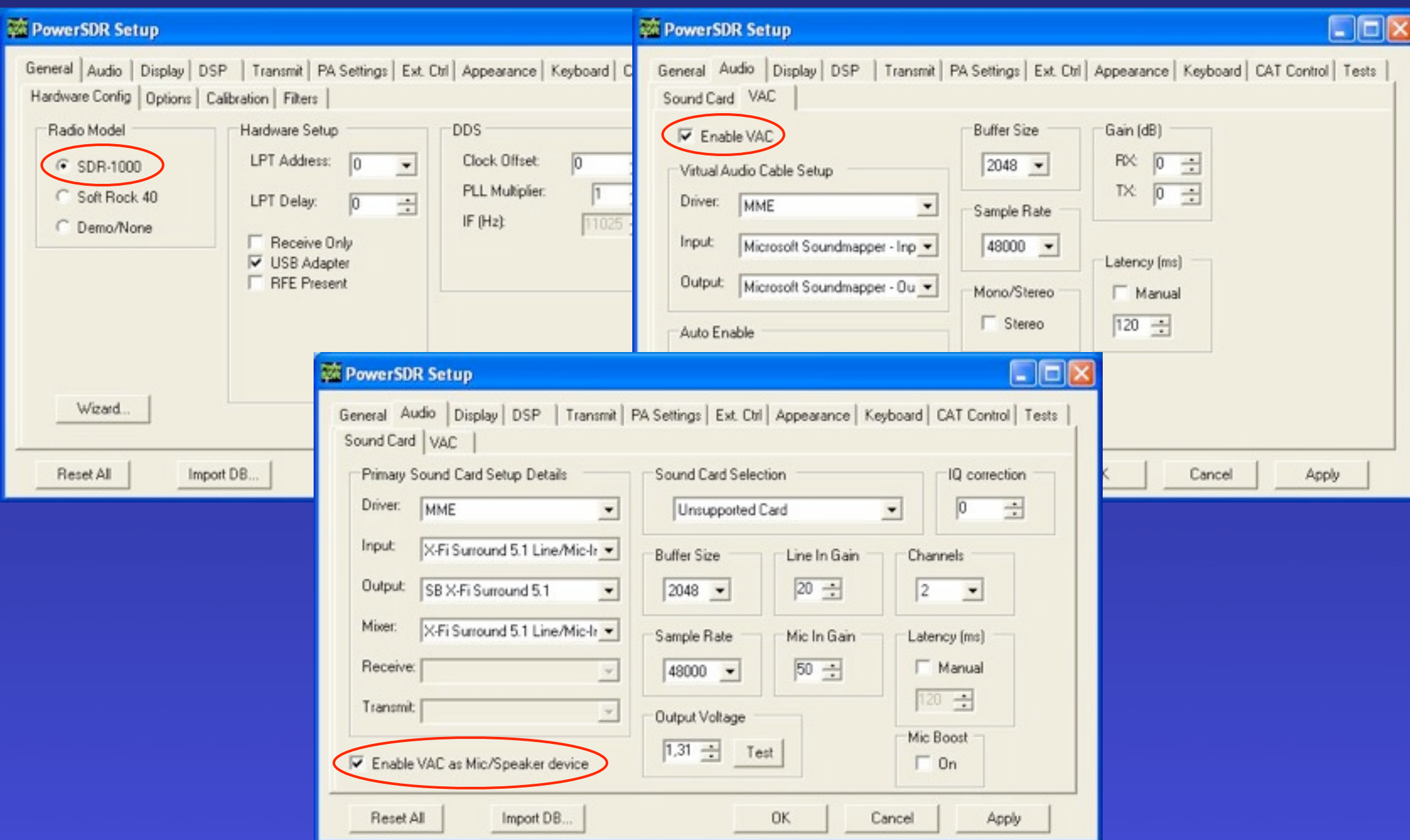
PSK31 Betrieb

empfangener Text

# Betrieb des FA-SDR-TRX als SDR-1000

Aufgrund des Engagements einiger OMs ist es möglich den FA-SDR-TRX wie einen SDR-1000 Transceiver von FlexRadio zu betreiben. Der Dank geht insbesondere an Guido PE1NNZ für die Version 'PowerSDR-sr40', an Christos SV1EIA für die Version 'PowerSDR-IQ' und an Fred PE0FKO für die Firmware im AVR und zugehörigem Treiber zur Steuerung des Si570.

# PowerSDR-sr40 Setup





# Betrieb des FA-SDR-TRX



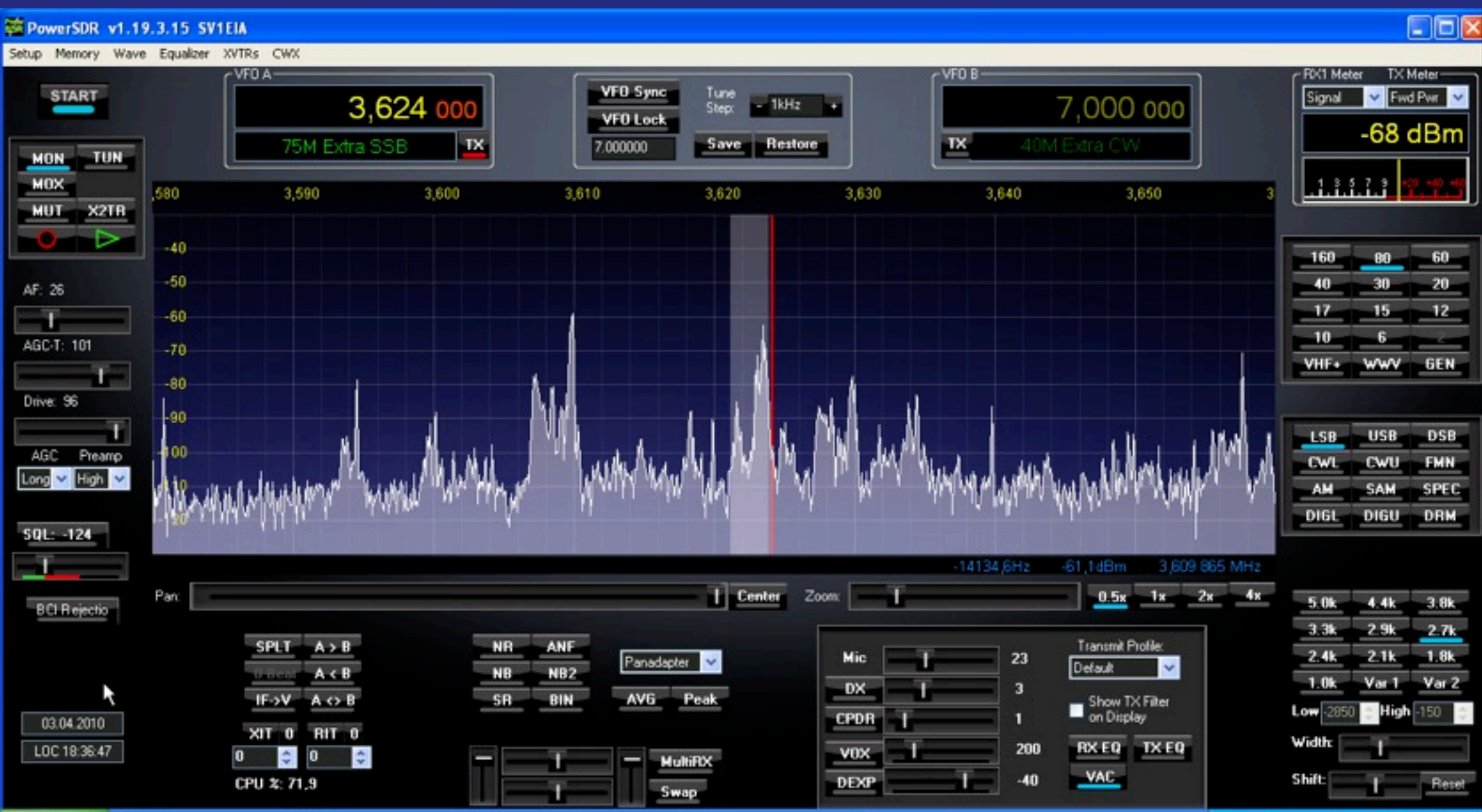
# Betrieb des FA-SDR-TRX als SDR-1000

In den Unterlagen zum Bausatz beschreibt Harald DL2EWN ausführlich den Betrieb mit PowerSDR-sr40. Im Folgenden möchte ich zeigen, dass der Betrieb auch zusammen mit einer ganz neuen Version von PowerSDR funktioniert : PowerSDR-IQ v.1.19.3.15 von Christos, SV1EIA, basierend auf einer Beta-Version von PowerSDR v.2.0 von FlexRadio.

Christos hat sich sehr verdient gemacht, die Steuerung des Si570 für alle existierenden Firmware-Versionen in die Software zu integrieren.

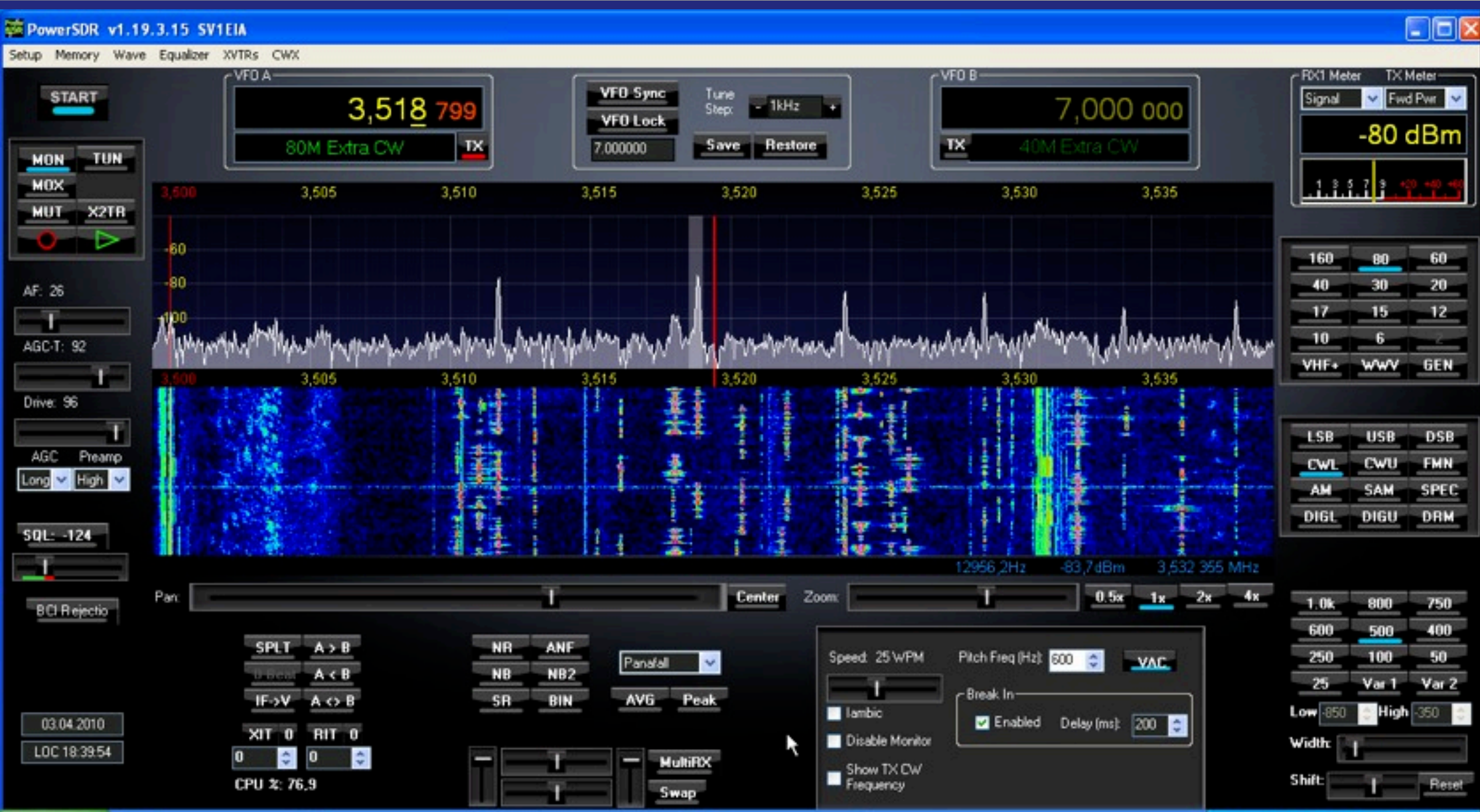


# PowerSDR-IQ v.1.19.3.15



## SSB Betrieb

# PowerSDR-IQ v.1.19.3.15

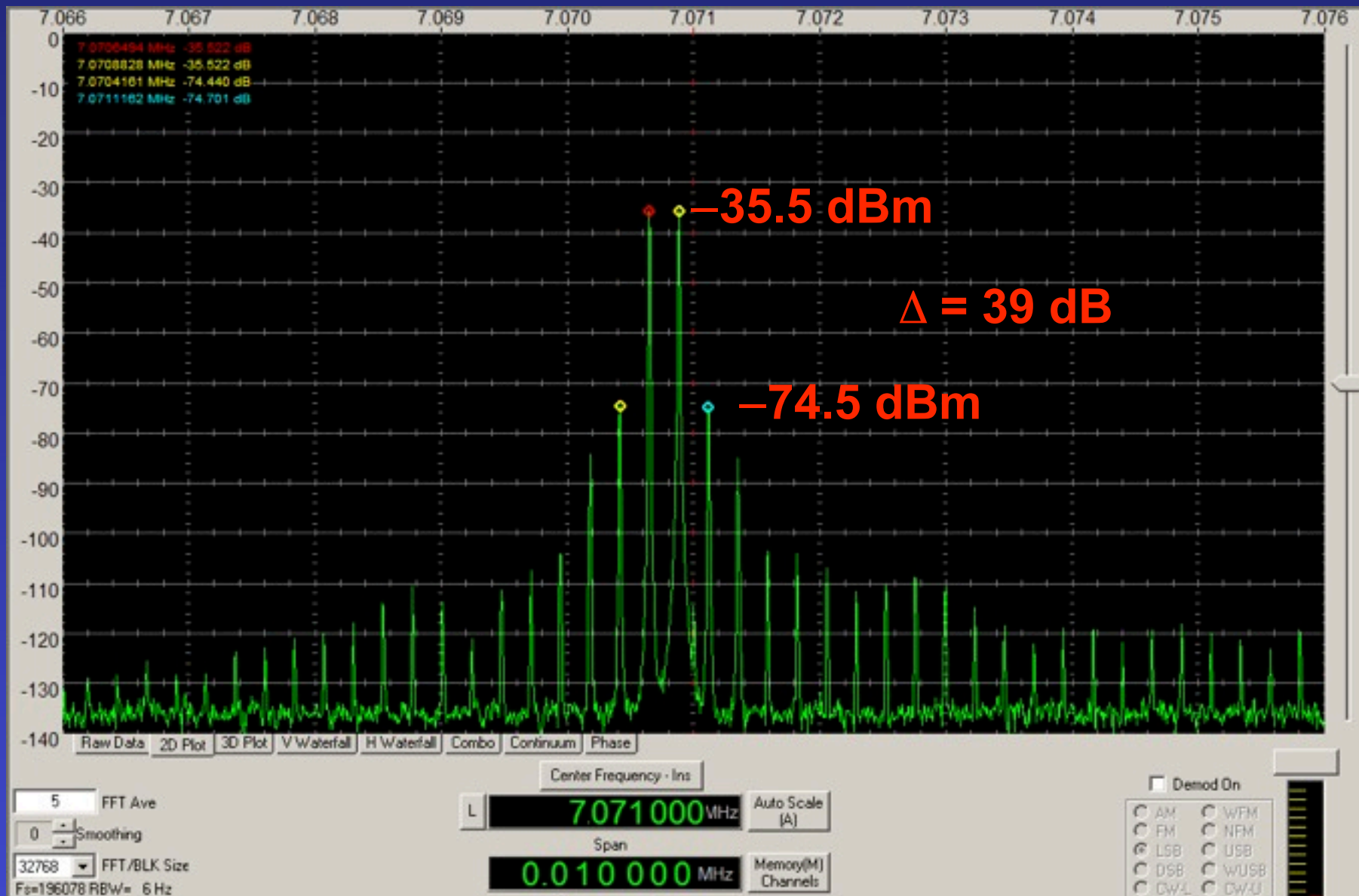


## CW Betrieb



## **Vorführen des FA-SDR-TRX im Demo-Betrieb mit aufgezeichneten Basisband-Audiodateien.**

# Intermodulationsmessung am Sender



**IMD3 bei ca. 1,2 Watt Ausgangsleistung (40m)**

# Daten des Senders im FA-SDR-TRX

Die Senderausgangsleistung beträgt im gesamten Frequenzbereich bis 30 MHz 10 mW PEP bzw. 1 Watt PEP mit der kleinen Breitbandendstufe.

Die herausragende Linearität wird bezeugt durch die Messwerte zum Abstand der Intermodulationsprodukte.

So werden auf 40m erreicht

$P_{IM3} = -55 \text{ dBc}$  (-61dB PEP) bei 10mW ohne 1 Watt Breitbandendstufe

$P_{IM3} = -40 \text{ dBc}$  (-46dB PEP) bei 1 Watt aus der Breitbandendstufe

# Anmerkung zum Betrieb des Senders

Im FA-SDR-TRX sind hinter dem Senderausgang keine Tiefpassfilter integriert. Folgende Werte für die Oberwellenunterdrückung werden so bei abgestimmten Preselektor gemessen.

Beispiel für den Betrieb auf 40m

- ohne 1 Watt PA / Ausgangsleistung 10mW in CW

- 1. Oberwelle bei -45 dB

- 2. Oberwelle bei -58 dB

- mit 1 Watt PA / Ausgangsleistung 1 Watt in CW

- 1. Oberwelle bei -44 dB

- 2. Oberwelle bei -43 dB

Diese Werte liegen im Bereich der Vorschriften. Es wird aber dennoch empfohlen externe Tiefpassfilter einzusetzen.