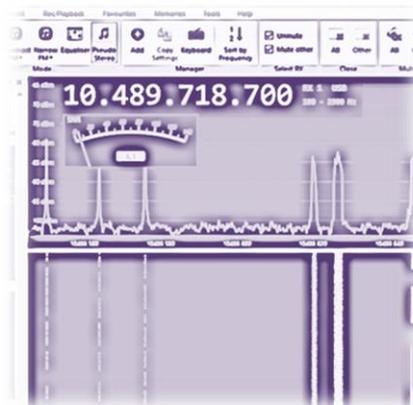
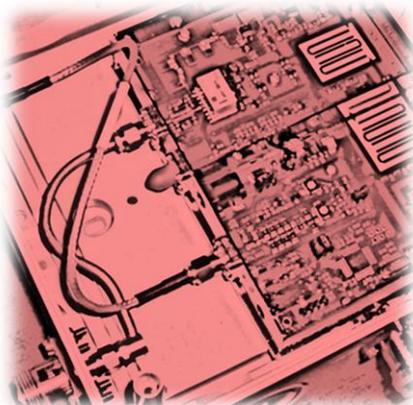
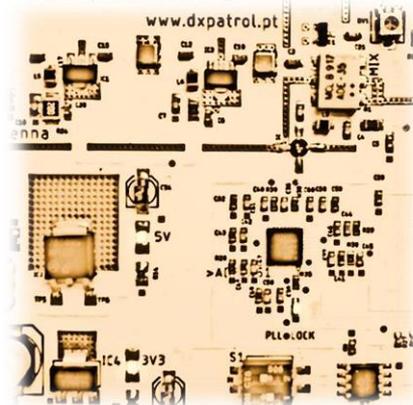


Beschreibung eines Stationsaufbaus für Es'hailSat 2 / QO-100

von Nino Stahl DL3IAS



Vorwort und Einleitung

Im Laufe des vergangenen Jahres 2019 hatte ich ja bereits sporadisch von meinen Aktivitäten über den neuen geostationären Amateurfunksatelliten Es'hailSat 2 / QO-100 berichtet ([01], [02] und [03]). Nachdem in den ersten Monaten ausschließlich über Web SDR die Downlink Signale gehört wurden, begann ich zu Ostern nach Eintreffen des 13cm LZ5HP Transverters [04] mit den ersten Sendeversuchen.



Überprüfung der Ausgangsleistung des neu erworbenen LZ5HP 13 cm Transverters kurz nach der Lieferung im April

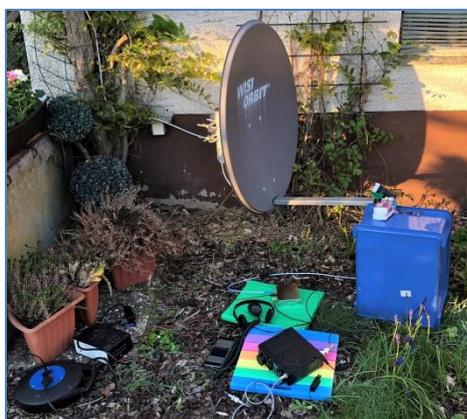
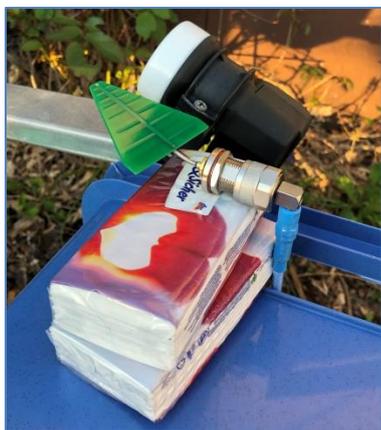
Der „bulgarischen“ Lösung gesellte sich nach der HAM Radio in Friedrichhafen noch eine „portugiesische“ Alternative [05] hinzu (Up-Konverter von DX Patrol), so dass ich in den nachfolgenden Monaten immer wieder sporadisch via QO-100 QRV war.



Einkaufstour auf der HAM Radio 2019: Der Up-Konverter aus Portugal (rechts unten) sowie sonstige nützliche Dinge zum Satelliten Betrieb

Alle getesteten Aufbau Varianten (Set-Ups) haben immer funktioniert. Diese wurden zuweilen mit recht banalen Alltagsgegenständen unterstützt, und es kam so manches schönes QSO zustanden. Darunter auch exotische Ziele wie etwa Brasilien, Südafrika, der Sudan, Oman oder Indien um paar Beispiele zu nennen. Auch wenn dies alles nicht „DX im klassischen Sinn“ darstellt.

Aber wie schon erwähnt war die installierte Technik immer nur sehr provisorischer Natur, die den Einwirkungen von Wind und Wetter auf die Dauer nicht standgehalten hätte.



*Von Taschentücher, über Plastikkeimern bis zu Holzklötze:
Nichts für die Dauer, aber für den Moment o.k.*

So war es dann im Laufe des Jahres an der Zeit, das Ganze in eine permanente Installation zu überführen, die aber immer noch die Flexibilität für Experimente und Verbesserungen zulässt. Der Aufbau des Set-Ups für Zuhause wurde während der arbeitsfreien, und halbwegs trockenen Tage zwischen Weihnachten und Neujahr abgeschlossen. Auf den nun folgenden Seiten will ich diesen Aufbau ausführlich beschreiben.

Meine Lösung erhebt keinerlei Anspruch auf Perfektion, oder gar den idealen Weg. Diesen muss jeder für sich auf Grundlage seiner eigenen Rahmenbedingungen finden. Auch wird das Rad hier nicht neu erfunden.

Im diesen Sinne: Viel Spaß beim Lesen!

HINWEIS: Eine Übersichtszeichnung der hier beschriebenen Station findet sich auf Seite 44!

1. Grundsätzliche Konzeption

Erst einmal eine Aufzählung meiner eigenen **Anforderungen** an den Stationsaufbau für Zuhause:

1. Sende- und Empfangsbetrieb des Schmalbandtransponders.
2. Ausreichende Empfindlichkeit, so dass auch die leisen Stationen lesbar sind.
3. Ein lautes eigenes Signal, so dass mich Stationen mit kleiner Empfangsantenne noch hören.
4. Nur so viel Sendeleistung wie nötig, um Störungen des WLANs der Nachbarschaft zu vermeiden!
5. Ein großer Bildschirm für ein großes Wasserfalldiagramm, um alle Aktivitäten des Transponders sofort auf einen Blick zu haben.
6. „Klick and QSY!“ – Kein langwieriges Drehen des VFO Knopf und Einpfeifen zur Synchronisation der Sende- und Empfangsfrequenz.
7. Ein schnelles Umschalten zwischen der Satellitenanlage und den sonstigen Geräten für terrestrischen Betrieb muss möglich sein.
8. Gute bis sehr gute Frequenzstabilität.

Der Empfang des digitalen Weitbandtransponders steht erst mal nicht auf der Agenda.

Was sind die **Vorteile und Rahmenbedingen**, die ein Stationsaufbau von Zuhause aus gegenüber einem portablen Aufbau bringt?

- Es ist ausreichend Strom vorhanden (Netzbetrieb).
- Sehr viel Platz zur Aufstellung der Antennen.
- Somit sind auch separate Antennen für Senden und Empfang möglich.
- Die Station kann fast beliebig komplex aufgebaut sein, da kein wiederholter Aufbau und Abbau wie bei Portabelbetrieb erfolgt.
- Die vorhandene Infrastruktur für terrestrischen Amateurfunk Betrieb kann mit verwendet werden.

Wo finde ich Informationen zum Betrieb über QO-100, und vor allem Ideen für einen möglichen Stationsaufbau? Ich empfehle die Homepage der AMSAT-DL [\[06\]](#). Und hierbei ganz besonders das zugehörige Forum [\[07\]](#).

QO-100 / ES'HAIL-2 / P4-A

THE AMSAT PHASE 4-A TRANSPONDER ON QATAR-OSCAR 100 (ES'HAIL-2) IS A JOINT PROJECT BY THE QATAR SATELLITE COMPANY (ES'HAILSAT), THE QATAR AMATEUR RADIO SOCIETY (QARS) AND AMSAT DEUTSCHLAND (AMSAT-DL). THIS FORUM WILL BE USED TO DISCUSS ALL ASPECTS OF THIS FIRST GEOSTATIONARY OSCAR FROM QATAR.

Section	Post Count	Recent Post
General Information	1,5k	QO-100 QSO CONFIRMATION EQ... PY2RN · Donnerstag, 23:21
NB Transponder <small>This forum is for the NB transponder</small>	378	NICE SIGNAL ON QO-100 WATER... PE1ANS · Dienstag, 15:14
Bandplan and Operating Guidelines <small>P4-A NB Transponder Bandplan and Operating Guidelines</small>	576	WEIRD WAVE FORM ON QO-100 DB205 · 19. Dezember 2019
Hardware <small>this forum is to discuss Hardware needed for the NB Transponder</small> <input type="checkbox"/> Antenna <input type="checkbox"/> LNB for RX <input type="checkbox"/> PA for TX	4,7k	QO-100 TRANSVERTER FOR HF T... 4Z4LS · Vor 9 Stunden

Eine fast unerschöpfliche Informationsquelle: Das Forum der AMSAT-DL

Wie eingangs bereits erwähnt gab es nach der HAM Radio zwei Möglichkeiten für mich HF auf der Uplink Frequenz von 2,4 GHz zu erzeugen: Der bulgarische Transverter bzw. der portugiesische Up-Konverter.

Die Frage, die mir einige Zeit durch den Kopf ging war: Welche der beiden Optionen soll ich für Zuhause einsetzen? Um sich zu quälen muss man zuerst wählen können. Und so auch hier.

Zum besseren Überblick eine Gegenüberstellung was die beiden HF Bausteine können:

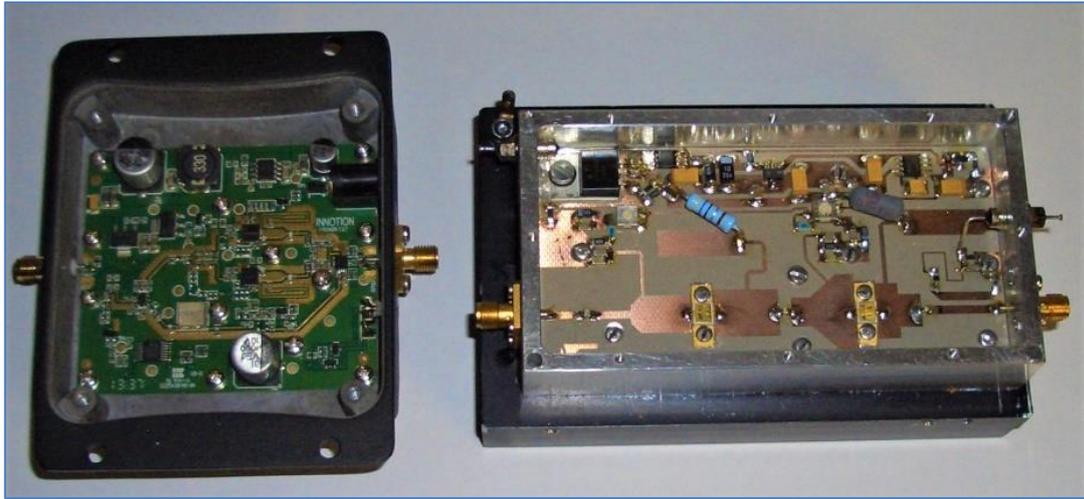
Parameter	LZ5HP 13cm Transverter (SG Lab)	13 cm Up-Konverter MK2 (DX Patrol)
Betriebsspannung	12,0 Volt – 13,8 Volt	10 Volt – 15 Volt
Maximale Stromaufnahme	1 A	300 mA
Stabilität des internen Referenzoszillators	2,5 ppm	0,5 ppm
Anschluss einer externen 10 MHz Referenz möglich?	Ja	Ja
ZF Eingangsfrequenzen	Ausschließlich 432 MHz	28 MHz (eingeschränkt), 144 MHz, 432 MHz und 1296 MHz
Zulässige ZF Eingangsleistung	0,2 Watt – 5 Watt	1 Watt - 3 Watt (maximal 6 Watt)
Ausgangsfrequenz	2300 MHz – 2425 MHz (inklusive 2400 MHz)	2400 MHz
Maximale Ausgangsleistung	Bis 2,5 Watt	100 mW
Abmessungen (ohne Höhe)	114 mm x 104 mm	84 mm x 65 mm

In meinen Fall war es gut dass ich nicht zusätzlich noch einen taiwanesischen BU500 Up-Konverter [08] besaß, sonst wäre die Qual ähhh Wahl noch um eine dritte Unbekannte ergänzt worden.

Die „nur“ 100 mW Ausgangsleistung der „portugiesischen“ Alternative wären nicht wirklich ein Problem, da ich in der Zwischenzeit zwei passende Endstufen besitze:

- Der weit verbreiteten chinesischen WIFI Booster **EP-AB003** (2 Watt, keine 8 Watt!)
- Eine zweistufige 13 cm PA von Phillip Prinz DL2AM **MT 2,3 Z 8WA** (7 Watt)

Beide PAs laufen mit einer Versorgungsspannung von 12 Volt, und können ihre vorgesehenen Ausgangsleistungen mit einer 100 mW Ansteuerung gut erreichen.



China Böller (links) vs. Schwaben Power aus dem Allgäu (rechts)

Ich entschied am Ende dafür den bulgarischen Transverter von LZ5HP für Zuhause einzusetzen.

Was waren die Gründe dafür?

- Der Transverter kann nur die ZF Eingangsfrequenzen von 70 cm verarbeiten. Der Einsatz eines IC202 oder KX3 (mit 2 m Option) als Steuertransceiver für portablen Betrieb ist nicht möglich.
- Vorversuchen zeigten dass ein 2 Watt Uplink Signal an einem 80 cm Offset Siegel und zirkular polarisiertem Strahler bereits ein gutes Signal erzeugt.
- Der LZ5HP Transverter macht viel zu viel Ansteuerleistung für die vorhandenen Endstufen.
- Vor allem die 7 Watt DL2AM Endstufe bleibt frei für Portabel Aktivitäten, wo optional kleinere Antennen (weniger Gewinn) zum Einsatz kommen. Eine 5 dB Reserve wäre vorhanden.

Nachdem dies nur entschieden war noch die Frage **wieviele** Antennen (eine oder zwei) zum Einsatz kommen sollen, und vor allem **wo** diese aufzustellen sind.

Das „Wieviele“

Da zuhause genug Platz zur Verfügung steht, und Komplexität ebenfalls keinen Flaschenhals darstellt, entschied ich mich für eine getrennte Sende- und Empfangsantenne mit dezidierten Strahlern (Feeds) zu verwenden.

Das „Wo“

Im Gegensatz zu meinen Antennen für terrestrischen Betrieb, die gar nicht hoch genug sein können, um eine halbwegs freie Sicht zum Horizont zu haben, spielt die Höhe hier keine entscheidende Rolle. Der Satellit steht in Deutschland rund 30 Grad über dem Horizont. Er ist an vielen Stellen direkt vom Boden aus sichtbar.

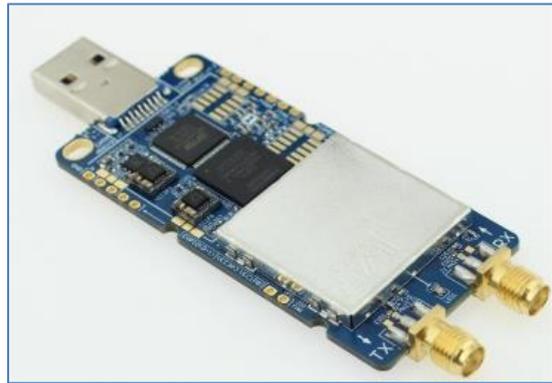
Ein ebenerdige Aufstellung bringt des Weiteren den Vorteil, dass die Antennen im Fall des Falles (Reparatur, Verbesserungen, Austausch, ...) leicht erreichbar sind. Die nicht immer ungefährliche Akrobatik auf dem Dach, oder ein Herablassen des Schlittens am freistehenden Antennenmast entfällt somit

Da nun die wichtigsten Fragen der Konzeption geklärt waren, konnte die finale Installation beginnen. Ich werde bei meiner Beschreibung den „Signalweg entlang“ folgen. Also beginnend mit dem Mikrofon (Anfang Uplink) bis zum beim Kopfhörer (Ende Downlink).

2. Der Steuertransceiver

Wie schon in **Punkt 1 der Anforderungsliste** vermerkt soll der Schmalband Transponder von QO-100 verwendet werden. Damit sind SSB, CW und diverse digitale Betriebsarten möglich, solange diese die maximal erlaubte Bandbreite von 2,8 kHz nicht überschreiten.

SDR (Software Design Radio) ist in aller Munde. Es wäre möglich gewesen ein Stationskonzept ausschließlich auf Basis des ADALM-PLUO **[09]** bzw. des Lime SDR mini **[10]** zu verwirklichen.



Für alle die gerne vom Laptop aus funken: Zwei „richtige“ SDRs (Bilder der Hersteller)

Dass ist vielleicht mal was für die Zukunft. Aber für den Moment nutze ich was schon da ist, Stichwort vorhandene Infrastruktur. Und da ich seit einigen Jahren schon fast bedenklich Elecraft „addicted“ bin, sollte es auch hier der K3s Transceiver **[11]** sein, mit dem ich bereits alle Amateurfunkbänder von der Kurzwelle bis hinauf zum 10 GHz Band abdecke.



Kein „richtiger“ SDR, aber für mich reicht er aus: Der Elecraft K3s

Da es sich beim K3s nicht um einen „Direct Sampler“ handelt, behaupten böse Stimmen immer wieder dass er gar kein „richtiger“ SDR, oder sogar überhaupt kein SDR ist! Muss also deswegen schlecht sein, und ist überhaupt nicht zu gebrauchen? Da fragt man sich echt wie unsere Altvordenen gefunkt haben!

Natürlich steckt im K3s sehr viel SDR drin! Dass ein 32-bit DSP Chip von Analog Device verbaut ist gibt einen dezenten Hinweis darauf dass ein erheblicher Anteil der Signalverarbeitung auf digitalen Wege läuft. Nur dass halt die Digitalisierung erst nach der zweiten Mischung auf niedriger ZF beginnt.

Bei meinen ersten Sende Versuchen über QO-100 kam ein betagter ICOM IC402 als 70 cm Steuertransceiver zum Einsatz. Hin und wieder wurde die Modulation zwar als verständlich, aber nicht durchdringend kritisiert. Die Kritik ist grundsätzlich berechtigt. Ohne zusätzliche Einrichtungen (z.B. externer Clipper) kann dieses an sich robuste Geräte aus den 70er Jahren nicht die gleichen Möglichkeiten bieten wie ein moderner DSP basierte Transceiver. Stichwort: TX-Equalizer.



Mit einem MC-43S Mikro keine durchschlagende Modulation, aber geeignet für den harten Außeneinsatz: Der IC402 als 70 cm Steuertransceiver

Der K3s hat solche Möglichkeiten, um der eigenen Modulation durch Anpassung des NF Frequenzgangs und Kompression zusätzliche „Ausdruckskraft“ zu verleihen.

→ Damit wir die Umsetzung von **Punkt 2 und 3 der Anforderungsliste** mit unterstützt: Nur so viel Sendeleistung wie möglich, aber daraus dann das Beste machen.

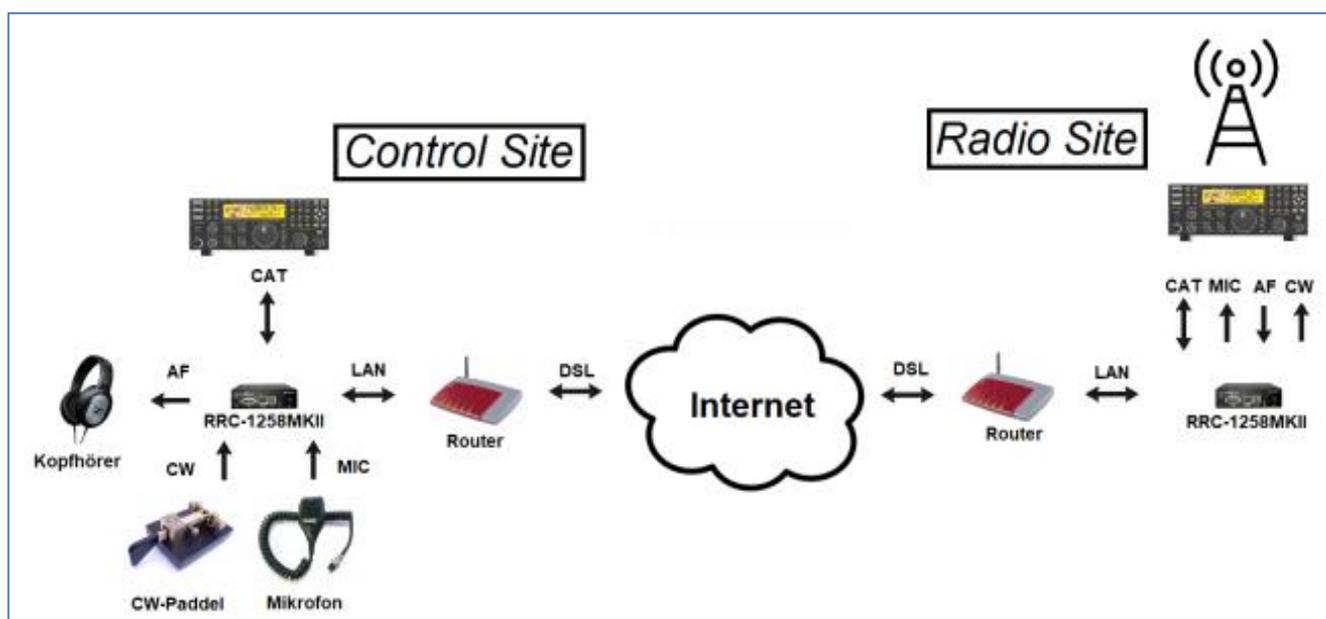
Als Mikrofon für den Elecraft Transceiver kommt nicht das Kenwood Handmikrofon zum Einsatz, sondern ein Sennheiser Headset vom Typ PC-151. Von diesen besitze ich mehrere. Ich bin ein ausgesprochener Fan der Kombination Headset/Fußschalter. Die menschliche Hand wurde nicht erschaffen um die Hälfte der Zeit auf die PTT Taste zu drücken. Mein Funkbetrieb zuhause läuft mit Unterstützung eines PC, wie etwa das Loggen der QSOs. Und dies dann natürlich mit Maus und Tastatur. Mit zwei Händen schreibt es sich viel leichter als mit nur einer Hand. Und die PTT kann auch mittels Fußschalter aktiviert werden.

Aber Moment: Warum ist auf dem Bild der vorherigen Seite kein Headset am K3s erkennbar? Und was hat es denn mit der kleinen schwarzen Kiste auf sich, die links vom Transceiver und über das Mikrofonkabel angeschlossen ist? Eine Erklärung muss her.

Bis vor zwei Jahren war ich QRL bedingt unter der Woche in der Nähe ansässig. Während dieser Zeit war ich anfangs nach Feierabend gelegentlich auf den umliegenden Anhöhen vom Spessart und Odenwald aus QRV.

Mit der Zeit ergab sich eine Möglichkeit um von der Ferne aus auf die gut ausgebaute Amateurfunkstation im 80 km entfernten Schifferstadt zuzugreifen: Remote Betrieb über das Internet.

So etwas gab es prinzipiell schon länger. Die notwendigen Aufbauten waren aber eher was für Experten der Netzwerktechnik. Der Schlüssel zum erfolgreichen Einsatz bei mir waren die Produkte der schwedischen Firma Remoterig [12]. Deren Besitzer sind, wie der „Zufall“ es so will, ebenfalls Funkamateure. Bei dem angebotenen Produkt handelt es sich um ein modifiziertes IP-Telefon, welches ganz speziell an die Bedürfnisse des Amateurfunks angepasst wurde.



Grundkonzept Remote Betrieb

Mittels zweier Remoterig Boxen vom Typ **RRC-1258MKII**, von denen sich je eine am Steuertransceiver (Radio Site) bzw. am Bedienteil (Control Site) befinden, ist es möglich über eine Netzwerkverbindung verschiedene analoge und digitale Signale (CAT, NF Audio, Mikrofon, CW, sonstige) auszutauschen. Damit ist der ferngesteuerte (Remote) Betrieb einer Amateurfunkstation möglich.

Nachdem ich vor zwei Jahren meinen Zweitwohnsitz in Unterfranken aufgab (endlich ein Arbeitsplatz in der Rhein/Neckar Metropolregion), wäre Remote Betrieb an sich nicht mehr notwendig gewesen.

Nun ist es aber so, dass sich mein Shack direkt unter dem Dach befindet. Damit habe zwar nur kurze Kabellängen zur Mikrowellen Antenne auf dem Dach (geringe Dämpfung). Dies aber leider zu dem Preis, dass in der Funkbude übers Jahr sehr großen Temperaturunterschiede herrschen. Im Winter kann ich wenigstens elektrisch heizen. Aber im Sommer ist es oft kaum auszuhalten.

So machte ich aus der Not eine Tugend, und blieb beim Remotebetrieb. Nur mit dem kleinen Unterschied dass die Netzwerkverbindung nicht mehr über das Internet, sondern „nur noch“ über das hausinterne LAN Netzwerk geht. Lediglich die Zieladresse ist eine andere (interne 192.168er anstatt Dyndns.com). Und auch die Verbindung selbst ist wesentlich stabiler ist als über das Word Wide Web.

Den Vorteil vom „In-house“ Remote Betrieb erkannte ich bereits vor meiner Rückkehr in die Pfalz, so dass dann irgendwann eine zusätzliche dritte Remoterig Einheit (Control Site) vorhanden war. Somit standen mir nach der Aufgabe der Zweitwohnung sogar zwei Control Sites daheim zur Auswahl.



Endlich mal was mit Headset und CW Paddel: Die beiden Control Sites zum Aussuchen

Wie erfolgt die Bedienung des Haupttransceivers? Anfang mittels CAT Steuerung über das Programm „HAM Radio Deluxe“ [13]. Zwar ist ein Windows PC fast beliebig Multi Tasking fähig. Derjenige, der vor der Kiste sitzt und Lizenzgebühren an Mr. Gates zahlt, dagegen nicht! Ein Wasserfall gab es nicht, und mit der Maus virtuelle Regler schieben zum Abstimmen der Frequenz ist auf die Dauer echt M****!

Dann tat sich sowohl bei Remoterig, als auch bei Elecraft was: Es wurde ein sogenanntes „**Twin Konzept**“ eingeführt. Das bedeutet dass ein Elecraft K3 (oder K3s) einen anderen Elecraft K3 (oder K3s) ansteuern kann. Also nach dem Master / Slave Prinzip. Da ich mir irgendwann aus Gründen der Redundanz neben dem vorhandenen K3 noch einen zweiten neueren K3s zulegte: Wunderbar! Ich merke fast keinen Unterschied dass ich überhaupt nicht vor der Kiste sitze die tatsächlich die HF erzeugt.

Mit der Zeit wurde von Elecraft ein reines Steuergerät eingeführt, also ein Transceiver ohne HF Teil. Die erster Version, der **K3/0**, hatte die gleiche Größe wie der eigentliche K3(s). Nur halt sehr viel Luft innen drin. Die Nachfolgeversion, der **K3/0-Mini**, besteht nur noch aus der reinen Frontsektion. Genau so einen „Mini“ besitze ich inzwischen.



*Hat da jemand versehentlich einen K3 seitlich durch eine Bandsäge geschoben?
Nein, so sieht der K3/0-Mini tatsächlich aus ein Gerät für Mr. Bean!*

3. Die Umschaltung Terrestrisch / Satelliten Betrieb

Dem aufmerksamen Leser ist bestimmt aufgefallen, dass ich schon seit geschlagenen neun Seiten „versuche“ zu erzählen wie meine stationäre Station für Betrieb über QO-100 aufgebaut ist.

Aber stattdessen berichte ich nur davon wie ich an einem K3 am großen Knopf drehe, und gleichzeitig ein anderer abgesetzter K3s genauso seine Frequenz ändert!

Muss YL / OM überhaupt was (zusätzlich) machen um über QO-100 QRV zu werden? Oder einfach nur den nächsten Kanal oberhalb des 2 Meter FM Relais der Kalmit anwählen, um dabei zu sein???

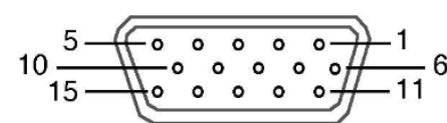
Eure Geduld hat sich gelohnt, denn es geht jetzt endlich los!

Punkt 7 der Anforderungsliste fordert dass möglich sein muss in kurzer Zeit zwischen terrestrischen Betrieb und Satelliten Betrieb umschalten.

Idealerweise geschieht dies vom Steuertransceiver aus. Welche Möglichkeiten bietet der K3s hierzu? Es gibt zwei Möglichkeiten. An der rückseitigen ACC Buchse (15 polig Sub-D) steht unter anderem ein BCD kodiertes digitales Schaltsignal zur Verfügung.

Pin #	Description		BAND3	BAND2	BAND1	BAND0
1	FSK IN (see FSK Input)					
2	AUXBUS IN/OUT (see KRC2 or XV-Series transverter instruction manual)					
3	BAND1 OUT (see Band Outputs)	160 m	0	0	0	1
4	PTT IN (in parallel with MIC PTT)	80 m	0	0	1	0
5	Ground (RF isolated)	60 m	0	0	0	0
6	DIGOUT0 (see Transverter Control)	40 m	0	0	1	1
7	K3S ON signal (out) or TX INH (in) (see Transverter Control, TX INH)	30 m	0	1	0	0
8	POWER ON (see pg. 46)	20 m	0	1	0	1
9	BAND2 OUT (see Band Outputs)	17 m	0	1	1	0
10	KEYOUT-LP (10 mA keying output)	15 m	0	1	1	1
11	DIGOUT1 (see DIGOUT1)	12 m	1	0	0	0
12	Ground (RF isolated)	10 m	1	0	0	1
13	BAND0 OUT (see Band Outputs)	6 m	1	0	1	0
14	BAND3 OUT (see Band Outputs)					
15	EXT ALC input (see External ALC , pg. 29)					

ADR	BAND3	BAND2	BAND1	BAND0
TRN1	0	0	0	1
TRN2	0	0	1	0
TRN3	0	0	1	1
TRN4	0	1	0	0
TRN5	0	1	0	1
TRN6	0	1	1	0
TRN7	0	1	1	1
TRN8	1	0	0	0
TRN9	1	0	0	1



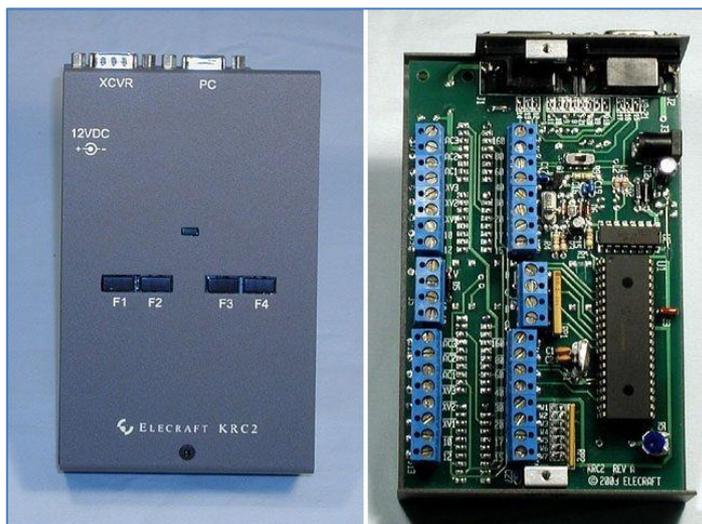
ACC Connector (female, on KIO3B panel)

Details zur Bandumschaltung über die ACC Buchse gemäß dem K3s User Manual

Eine Auswertung des Bandsignals ist mit einem BCD zu Dezimal Decoder IC (z.B. dem CD74HC42E) möglich, was ich in der Vergangenheit auch so gemacht habe.

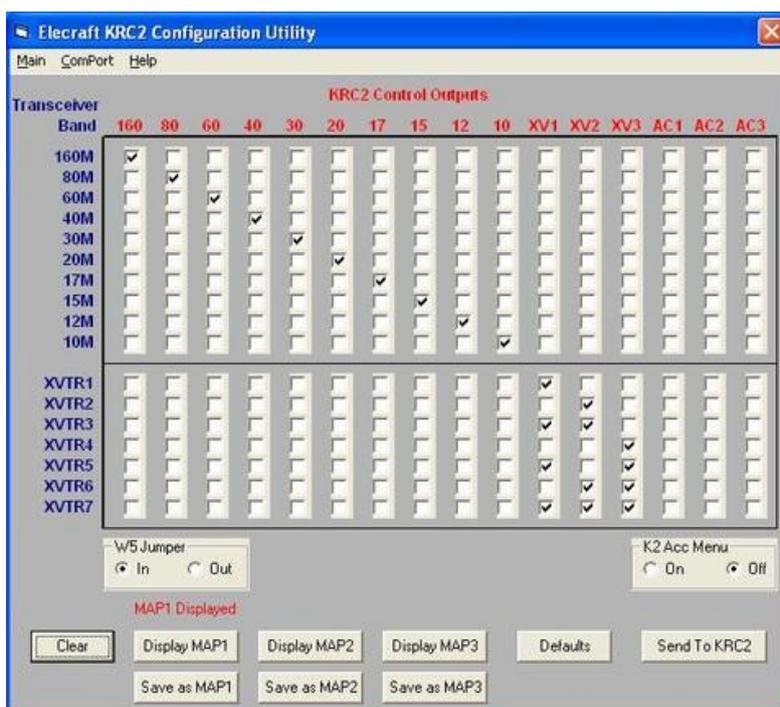
Aber Vorsicht: Der identische BCD Ausgang wird sowohl bei klassischen Kurzwellenbetrieb, als auch bei Transverter Betrieb benutzt! Für eine Unterscheidung was gerade aktiv ist muss ein weiteres Steuersignal mit ausgewertet werden (DIGOUT0 an Pin 6).

Es gibt eine Alternative die weitaus eleganter ist, da sie bei weitem mehr Möglichkeiten bietet. Für den Elecraft K2 Transceiver wurde vor längerer Zeit ein spezieller Banddecoder als Bausatz zum Löten entwickelt: Der Elecraft **KRC2** [14].



Der KRC2 Banddecoder (Foto des Herstellers)

Der Clou an diesem Banddecoder: Seine Ausgänge sind beliebig frei programmierbar!



Beispiel einer Programmierung des KRC2 (Foto des Herstellers)

Die Ansteuerung des Banddecoders erfolgt über einen Elecraft spezifischen Ein-Draht Bus (AUXBUS), der an der ACC Buchse zur Verfügung steht (Pin 2). Alternativ können auch serielle und analoge Bandsignale der drei großen japanischen Transceiver Produzenten verarbeitet werden.

Beim K3s können bis zu neun (!) individuelle Transverter Instanzen konfiguriert werden! Welcher „Reiskocher“ der drei großen Hersteller aus Japan kann das auch?

Derzeit habe ich eine Konfiguration von sieben Transvertern, in MHz: 144, 432, 1296, 2320, 3400, 5760 und 10368. Ich verfolgte zuerst den Ansatz für Betrieb über QO-100 eine weitere Transverter Instanz zu konfigurieren. Diese hätte den derzeitigen 70 cm Transverter (432 MHz) angesteuert, aber als Endfrequenz die Downlink QRG von 10489 MHz angezeigt.

Aber aus drei Gründen wurde dieser Ansatz nicht weiter verfolgt:

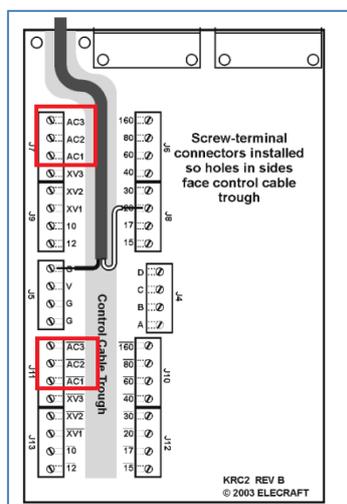
1. Der KRC2 selbst kann maximal nur sieben Transverter Instanzen auswerten.
2. Der Versatz zwischen Up-/Downlink ist nicht auf 1 MHz genau. Es verbleibt ein Rest von 500 kHz. Am K3s lassen sich die Transverter Endfrequenzen nur auf 1 MHz genau konfigurieren.
3. Ein nicht ganz triviales Problem, was durch eine Einschränkung des Programms **Omni-Rig [15]** verursacht wird. Dazu aber später mehr bei der Beschreibung des Empfangs vom Downlink.

Was war also „Plan B“? Der K3s bietet da ein wenig bekanntes Hintertürchen: Es ist möglich zusätzlich bis zu drei weitere Ausgänge am KRC2 anzusteuern. Die sogenannten „**Accessory Outputs**“ **ACC1, ACC2 und ACC3**.

KRC2	- -	Controls the KRC2 band decoder's accessory output settings. Shows ACC OFF or ACC1-3 if a KRC2 is detected; - - if not. To ensure compatibility with both old and new KRC2 firmware, two different 6 meter band decodes are provided. Tap 1 to select BAND6=B6 (addr=10) or BAND6=B10 (addr=9). Refer to the KRC2 manual for further details.
------	-----	--

Trick 17: Aus der Menütabelle des K3s User Manuals

Diese Ausgänge sind total unabhängig vom aktuell gewählten Band oder der Transverter Instanz! Bei entsprechender Hardware Konfiguration des KRC2 Banddecoders (Jumper W6: In) sind die Signale dann direkt an dafür vorgesehenen Klemmen (Sink oder Source) abgreifbar.



Aus dem KRC2 Manual: Positionen der Klemmen für die drei ACC Ausgänge

Ich musste daher am Banddecoder keinerlei Änderung der Programmierung vornehmen, sondern lediglich ein zusätzliches Kabel anschließen, und dieses herausführen. Für die Schaltung auf Satellitenbetrieb wird der erste der drei Ausgänge (ACC1) verwendet. Sobald dieser aktiviert ist besteht die Auswahl zwischen einer „Quelle“ / Source (Plus 13,8 V Betriebsspannung), oder einer „Senke“ / Sink (schaltet nach Masse). Ich habe den Source Anschluss gewählt.

Das Relais, mit dem die HF Umschaltung erfolgt, ist 30 Meter entfernt. Damit der Halbleiter basierte Schaltausgang des Banddecoders vor Überspannungen geschützt ist, wird die eigentliche Schaltspannung durch ein dazwischen geschaltetes 12 Volt Relais erzeugt.

Der KRC2 Banddecoder befindet sich in einem großen Schubert Gehäuse, mit dem noch andere Aufgaben zur Steuerung der gesamten Station übernommen werden.



Das geöffnete Schubert Gehäuse mit dem KRC2 als zentrale Baugruppen – schon sehr viele Male in der Vergangenheit umgebaut

Die Transverter für 2 m und 70 cm befinden sich, wie oben angedeutet (30 m Kabellänge), in einem Rittal Schaltschrank: Dieser steht im Garten direkt neben dem dortigen Hummel Antennenmast.

Ein rund 30 Meter langes und 12 adriges Ölflex Kabel dient zur einen Hälfte der Übertragung von Steuersignalen, und zur anderen Hälfte zur Ansteuerung des Antennenrotors auf dem Hummel Mast.

Von den 12 Adern war zum Glück noch eine einzelne Ader als Reserve frei. Diese wird ab jetzt für die Umschaltung von terrestrischen Betrieb auf Satelliten Betrieb benutzt.

4. Der 70 cm „Zwischen“ Transverter

Generelle Frage: Warum werden Transverter eingesetzt? Ist gibt doch auch „richtige „ UKW Funkgeräte, welche die Frequenz Bänder 2 m und 70 cm direkt erzeugen?!



*Was für ein schrecklicher Kabelsalat, und nicht nach BMV gebaut!
Der geöffneten Rittal Schaltschrank im Garten - Eine Übersicht des Inhalts*

Wird beim K3s Transceiver nicht die optionale interne Transverter Option für das 2 m Band verbaut, so ist die maximale Betriebsfrequenz des Gerätes bei 50 MHz (6 m Band). Der K3s hat separate Sende- und Empfangsanschlüsse für den Betrieb hochwertiger externer Transverter. Am Sendeanschluss steht eine Leistung von 1 mW zur Verfügung. Ein ausreichender Pegel zur Ansteuerung der Sendemischer.

Für die Umsetzung von 28 MHz (10 m Band) auf 144 MHz (2 Meter Band) benutze ich einen fertig aufgebauten **TR144H+40** von Kuhne Elektronik → Das ist das große weiße Gehäuse im obigen Bild.

Dagegen wird für die Umsetzung von 28 MHz (10 m Band) auf 432 MHz (70 Meter Band) ein **Eigenbau** Transverter verwendet → Das grüne flache Schubert Gehäuse, welches auf dem TR144H+40 steht.

Ich muss mich also an dieser Stelle leider als halber (semi) Steckdosenamateur outen.

Das Grundkonzept des **Eigenbau Transverters für 432 MHz** beruht auf einen älteren Vorschlag von Wolfgang Schneider DJ8ES. Inzwischen gibt es aber etliche Modifikationen. Daneben wird für etwas Power eine **30 Watt Hybridendstufe** von Roberto Zech DG0VE (Leider viel zu früh von uns gegangen) verwendet, und ein eingebauter Empfangsvorverstärker aus Ungarn (HA8ET).

Bisher ging das 70 cm HF Signal ohne große Umwege direkt über ein 18 m langes Ecoflex 10 Koaxialkabel in die 18 Element Langyagi Antenne von WIMO. Diese thront in 12,5 m Höhe drehbar auf der Spitze des Hummel Antennenmastes. Ein zusätzlicher Mastvorverstärker von SHF Elektronik puscht nochmals die Empfangsleistung meines 70 cm Systems.



Auf dem Hummel Mast: Die Antennen für terrestrischen Betrieb (nicht alle)

An der Antennenleitung dieser Antennenleitung für 70 cm setzte ich nun an, um das notwendige ZF Signal abzugreifen. Dieses setzt der LZ5HP Transverter dann auf 2400 MHz um, der Uplink Frequenz zum Satelliten auf dem 13 cm Band.



*Rechts oder links? Das ist hier die Frage
Das rechte CX-520D Relais wurde neu eingefügt!*

Dazu ist ab jetzt ein zusätzliches **HF Koaxial Relais vom Typ CX-520D** eingeschleust. Im Ruhezustand (**NC = Normally Closed**) geht es wie bisher auf die 18 Element Langyagi Antenne. Zieht das Relais dagegen an (**NO = Normally Open**), nimmt die HF ab jetzt den Weg zum bulgarischen Transverter. Die Ansteuerung geschieht über das ACC3 Steuersignal, welches ich im vorherigen Abschnitt ausführlich beschrieben wurde.

Aber einen Augenblick! Laut der Vergleichstabelle weiter oben (SG Lab vs. DX Patrol) benötigt das Weißblechgehäuse aus dem Balkan doch nur eine ZF Leistung von von 1 Watt bis 3 Watt? Da sind 30 Watt doch viel zu viel! So ein Zustand produziert allenfalls Rauch, aber definitiv keine Freude beim Besitzer, der dann anschließend eine ungewollte Reparatur an der Bake hat.

Was tun? Einfach das 1 mW Sendesignal vom K3s um minus 10 dB abschwächen? Die Umschaltung über ein zusätzliches Relais wäre machbar. Das war mir aber zu unsicher. Denn im Falle einer Fehlfunktion (eines der Relais schaltet nicht so wie es soll), könnten prinzipiell dann die vollen 30 Watt doch falsch abbiegen. Inklusive den daraus folgenden Rauchzeichen!!!

Ein „Abschwächer“ ist in der Tat der Schlüssel zum Erfolg. Aber dann bitte an der richtigen Stelle! Diese befindet sich hier erst nach dem NO Kontakt des CX-520D Relais, und vor dem LZ5HP Transverter.

Wie baue man ein sowohl kostengünstiges, als auch zuverlässiges **13 dB Dämpfungsglied** für das 70 cm Band mit einer Belastbarkeit von mehr als 30 Watt? Ich mache mir den „Nachteil“ eines jeden Koaxialkabels zum „Vorteil“: Es besitzt eine frequenzabhängige Dämpfung!

Um bei einem gängigen und preiswerten Kabel vom Typ **RG58** auf eine Dämpfung von minus 13 dB für 432 MHz zu kommen, wird eine **Länge von 35 Meter** benötigen. An beiden Enden des Kabels dann noch je einen N-Stecker montieren, und fertig ist dieses kreative Meisterwerk der Leistungsvernichtung!



Hat jemand schon mal so eine elektrische 28,5 Watt Heizung gesehen?

Zugegeben: Im Gegensatz zu Donald wird Greta darüber nicht sehr erfreut sein, denn damit erreichen wir nicht rechtzeitig unsere CO₂ Ziele. Aber das Prinzip ist absolut idiotensicher. So sicher, dass ich es seit ein paar Jahren bereits erfolgreich anwende, um mit dem TR144H+40 die beiden DB6NT Mikrowellen Transverter für 5760 MHz und 10368 MHz anzusteuern. Hier sind es dann 50 m RG58 um minus 10 dB für die 144 MHz ZF zu erzielen. Dafür ist das zweite linke CX-520D Relais im Foto auf der vorherigen Seite.

Ist das 1,5 Watt starke 70 cm ZF Signal jetzt bereit für die Umsetzung auf 2,4 GHz? Nein, noch nicht ganz. Der LZH5HP Transverter benötigt ja auch noch Strom. Eine extra Leitung für die Stromversorgung (DC) wollte ich nicht legen. Es ist aber möglich den HF Umsetzer über die ZF Leitung selbst mit Strom zu versorgen. Eine sogenannte Fernspeisung. Es muss nur der entsprechende Jumper gesteckt werden.

Und wie wird der 13 cm Transverter auf Sendung geschaltet? Es gibt drei Möglichkeiten:

1. Ein PTT Eingang, der über eine Klinkenbuchse zur Verfügung steht.
2. Über eine TX Steuerspannung auf der ZF-Leitung (über Jumper wählbar).
3. Eine HF VOX (Verzögerungszeit über Jumper wählbar).

Variante 1 → Entfällt, da ich auch keine extra PTT Leitung verlegen will.

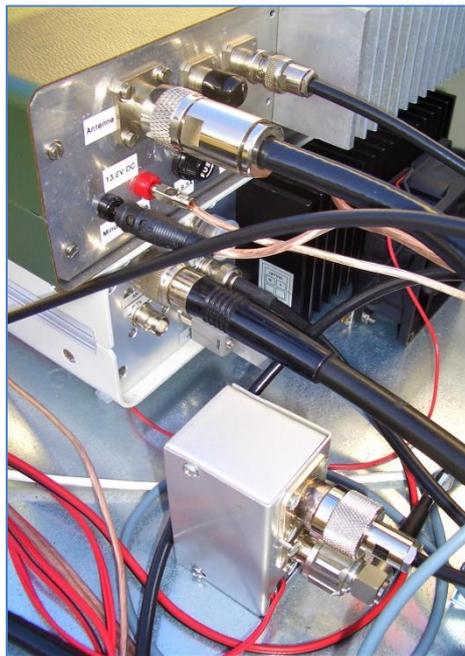
Variante 2 → Ist hier nicht möglich, da man entweder die (niederohmige) DC Versorgung, oder das (hochohmige) TX Steuersignal wählen muss. Ich hab mich ja für die DC Versorgung entschieden

Variante 2 → Die HF VOX ist immer aktiv! Der Jumper ist so gesetzt, dass eine genügend große Verzögerungszeit für SSB Betrieb vorliegt.

Jetzt wurde doch ein Mastvorverstärker an der 18 Element Langyagi erwähnt. Der braucht ja auch eine (niederohmige) Stromversorgung? Kann man diese im 70 cm Eigenbau Transverter erzeugte Fernspeisung nicht mit benutzen? Nein, denn diese Spannung liegt im vorliegenden Fall nur bei Empfang an.

Also musste eine für das Band 70 cm geeignete **DC Fernspeiseweiche** her. Aus der Bastelkiste wurde auf die Schnelle was zusammen geschustert. „Semi-Steckdosenamateur“, wie ich einer bin, bekommen so was gerade noch so hin:

- Ein bereits vorhandenes und gebohrtes kleines Aluminium Gehäuse.
- Ein 17,5 cm langer Silberdraht ($\lambda/4$ für 432 MHz), der zur Drossel aufwickelt wurde.
- Zwei N-Flanschbuchse mit Befestigungsschrauben.
- Ein keramischer Kondensator zu 470 pF zur HF Abblockung.
- Ein keramischer Kondensator zu 1 nF (oder größer) zur DC Abblockung.
- Etwas Litze zur Spannungsversorgung.



Steht senkrecht (unter Bildhälfte): Die Eigenbau DC Fernspeiseweiche

Jetzt nur noch das 70 cm ZF Sendesignal (inklusive der DC Versorgung) irgendwie aus dem Rittal Schaltschrank führen, denn der 13 cm Transverter soll in unmittelbarer Nähe zur Uplink Antenne montiert werden (Minimierung der Kabelverluste auf 2,4 GHz).

Also musste ein zusätzliches Loch in die demontierbare Seitenwand vom Rittal Schaltschrank gebohrt werden. Ich entschied mich für ein 6,5 mm Loch zur Montage einer **SMA-Durchgangsbuchse**.



Und wieder ein Loch mehr, wenn auch nur ein kleines (siehe roter Pfeil) – Probeverschraubung des neuen Kabels am Rittal Schaltschrank

Wieso eine mickrige SMA-Buchse? Auf dem Foto sind ansonsten N-Buchsen, Harting Stecker und eine große PG-Verschraubung (230 Volt Versorgung) erkennbar. Hat der DL3IAS es inzwischen verlernt große Löcher in Metall zu bohren?

Es sieht wohl leider so aus dass der Verfasser dieser Beschreibung sogar ein richtiger „Voll-Steckdosenamateur“ ist, und nicht mal ein „Semi-Steckdosenamateur“!

Nein, natürlich ich kann schon noch dicke Bretter ähhhh große Löcher bohren. Auch ist Dank der vielen Kreuzschlitzschrauben die Seitenwand demontierbar. Aber dann wäre die Demontage fast aller Kabel notwendig gewesen. Was für ein riesen Aufwand wegen einem einzigen Loch!

Und so hab ich versucht die mechanischen Arbeiten so gering wie möglich zu halten. Auch ist der Monat Dezember nicht gerade die beste Zeit für lange Arbeiten im Freien Die Vorort Bohrung eines kleinen Lochs mit nur 6,5 mm Durchmesser es war die Lösung. Auch die Anzahl der entstanden Metallspäne hielt sich dadurch in Grenzen.

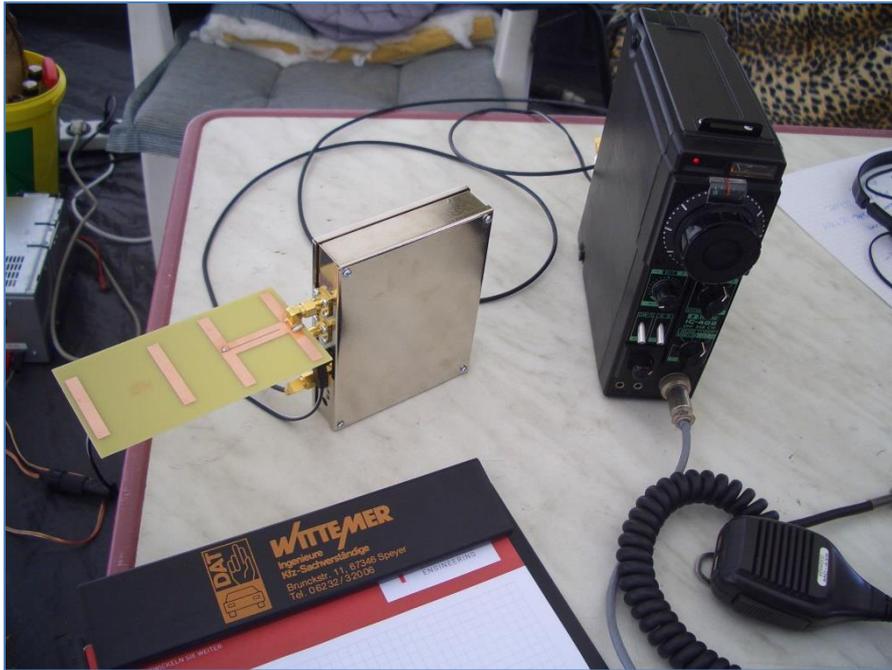
Intern wird die HF Verbindung zwischen dem Ausgang der DC Fernspeiseweiche und der SMA-Durchgangsbuche durch ein kurzes **RG223 Kabel** hergestellt.

Außerhalb geht es dann mit einem Aircell 7 Kabel weiter. Für dieses 7 mm Kabel gibt es passende SMA-Stecker, die bei der Montage verschraubt anstatt gecrimpt werden.

5. Der 13 cm LZ5HP Transverter

Jetzt, nach dem alles vorbereitet ist, geht es an die wichtigste Baugruppe des Uplink Strangs: Dem **13 cm Transverter vom LZ5HP**, welcher das 432 MHz ZF Signal auf 2400 MHz umsetzt und auf 2 Watt verstärkt.

Eigentlich wird er ja nur zur Hälfte des Bausteins genutzt, den der Empfangszweig ist für den Betrieb übers den geostationären Satelliten nicht von Bedeutung. Der Transverter kann durch Setzen von internen Jumpers aber auch so konfiguriert werden, dass er auf der terrestrischen QRG von 2320 MHz funktioniert. Dies konnte im letztes Jahr auch erprobt werden: Beim „Just for Fun“ Betrieb bei meiner VHF Contestgruppe DR2X / Vogelsberg während des (verschneiten!) Mai Contest.



*Kann auch auf der irdischen QRG 2320 MHz funken wenn es sein muss!
Hier mit der mitgelieferten bulgarischen 4 Element Platinen Antenne*

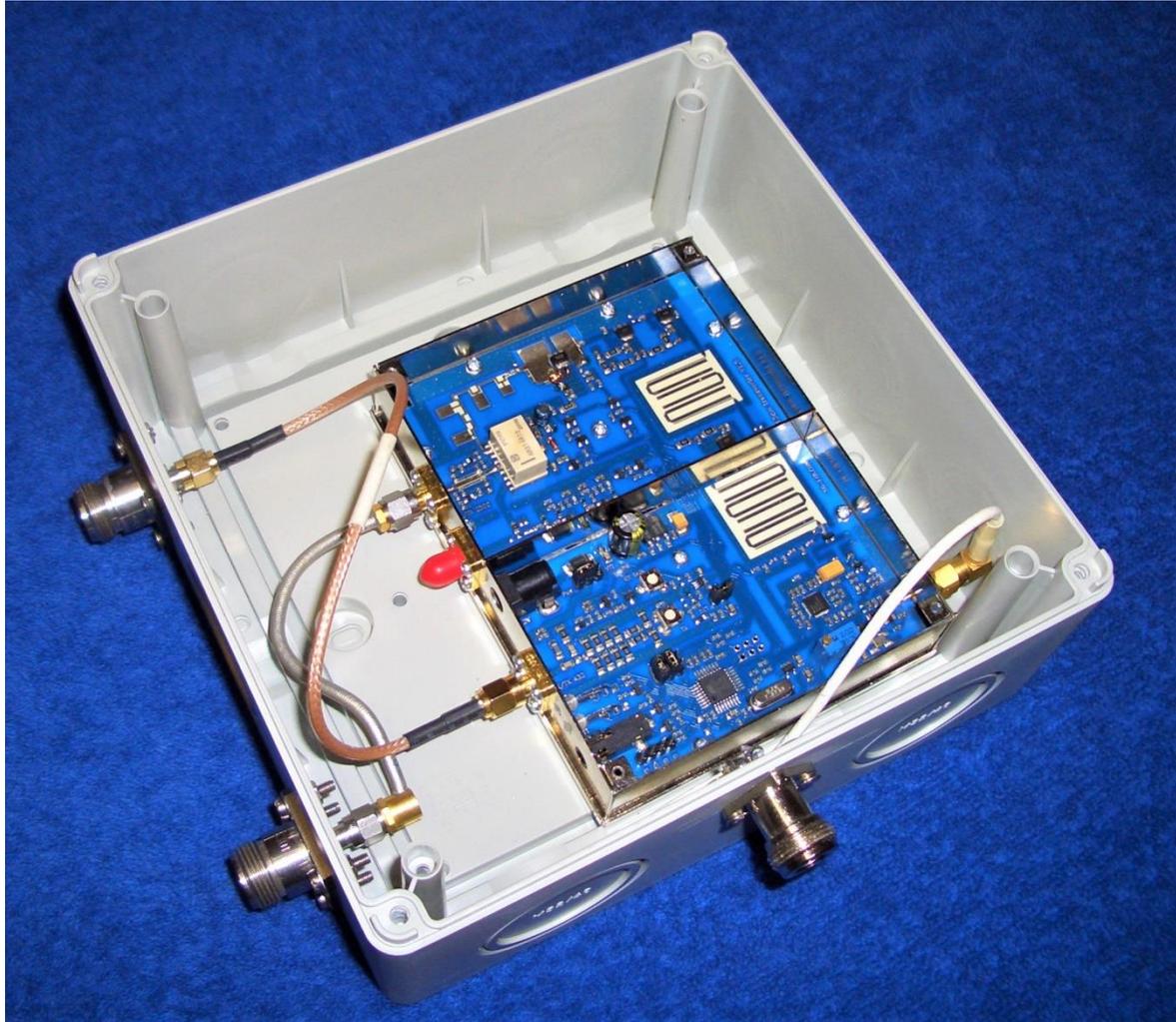
Dass auch die 2400 MHz funktioniert wurde ja mehr als einmal bewiesen (siehe Fotos Seite 2). So ein Weißblechgehäuse für sich alleine wird allerdings das harte Wetter im Freien (Regen) auf die Dauern nicht überstehen. Ein Schutz muss her! Dazu kaufte ich mir für wenig Geld ein größeres und wasserdichtes Plastik Abzweiggehäuse in der Elektroabteilung vom BAUHAUS.

Mit wenig Aufwand wurden drei Durchführungen gebohrt / geschnitten für:

1. das ZF Signal (432 MHz) + Stromversorgung vom Rittal Schaltschrank
2. das HF Signal (2400 MHz) zum Antennenfeed
3. und das 10 MHz Referenzsignal

Für die beiden hohen Frequenzen wurden hochwertige SMA- auf N-Flanschbuchsen verwendet. Intern erfolgte die Verdrahtung mit einem Semiflex (2400 MHz) Kabel, bzw. einen dünnen Teflon Kabel (432 MHz Plus Stromversorgung).

Für die 10 MHz Referenz wurde im Kasten ein dünnes Teflon Koaxialkabel direkt an die N-Flanschbuchse angelötet. Ist ja schließlich schon fast „Gleichstrom“.



Der bulgarische Transverter in seinem neuen (wetterfesten) Zuhause

Die Rückseite des Weißblechgehäuses wurde nicht angeschraubt. Damit trotz der Schwerkraft alles in Position bleibt, wird etwas unkonventionell mit ein paar „Einlegeteilen“ und dem Deckel angepresst.

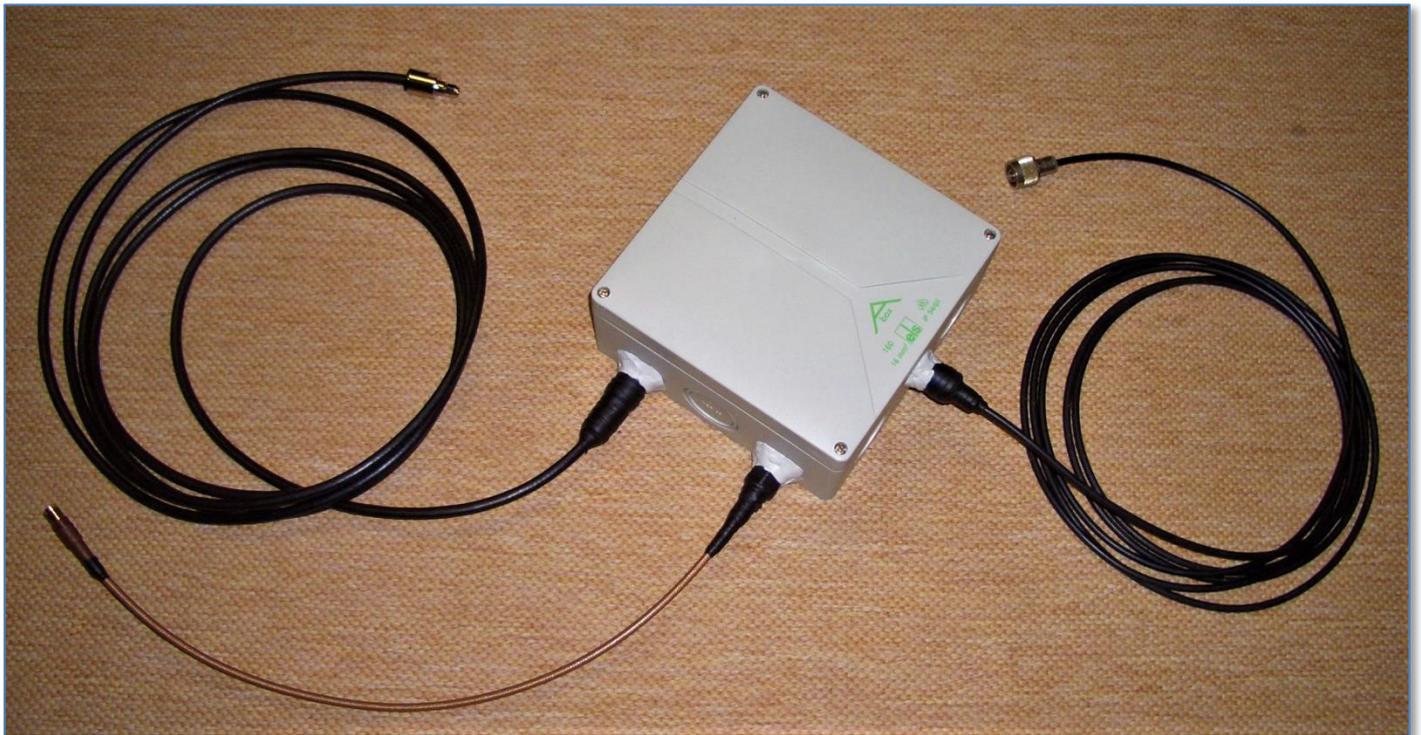


Einfach ein „paar Sachen“ dazwischen gelegt und Deckel drauf – das hält!

Zuletzt wurden die drei Anschlusskabel angeschraubt und mit speziellem Abdichtband an den Steckern, bzw. Unterbodenschutz Dichtmasse an den Flanschen, gegen eindringende Feuchtigkeit abgedichtet.

Die drei folgenden Kabel wurden verbaut:

- Für die ZF und Plus DC Zuführung ein **4 m langes Aircell 7 Kabel** mit dem bereits weiter oben erwähnten SMA-Stecker zum Anschluss am Rittal Schaltschrank.
- Für die HF Antennenleitung ein kurzes **50 cm Teflon Kabel** (ähnlich RG142), ebenfalls mit einem SMA-Stecker zum Anschluss an das Antennen Feed.
- Und wieder ein **4 m RG58 Kabel** mit N-Stecker am Ende für die Zuführung des 10 MHz Referenz Signals.



Verkabelt und gegen Regen abgedichtet

Vermutlich hätten es bei den beiden längeren Kabeln auch 3 Meter getan. Aber so war noch etwas Reserve vorhanden.

Nun war eine der Schlüsselkomponenten des Gesamtkonzepts bereit zur Installation an der Antenne. Jetzt muss nur noch die erzeugte Hochfrequenz auf ihren langen Weg (38 000 km) effektiv ins Weltall geschickt werden.

Und wie das geht erfahren wir im nächsten Kapitel.

6. Die Uplink Antennenanlage

„Eine gute Antenne ist der beste HF Verstärker“. Dieses alte Zitat gilt natürlich auch heute noch. Aber „wieviel“ ist bei Betrieb über QO-100 genug, bzw. schon „Zuviel“?

Das hängt natürlich vor allem davon ab, was wir genau machen wollen.

Gehen wir mal in einem Beispiel davon aus dass die CW Bake, an deren Pegel wir uns richten müssen, mit etwa 30 dB über dem Transponderrauschen zu hören ist. Welche Pegel muss das eigene Signal mindestens besitzen für welche Betriebsart?

Pegel des eigenen Signal über dem Transponderrauschen	Wie gut sind die verschiedene zulässigen Betriebsarten SSB (Sprechfunk), CW (Telegraphie) und Digital möglich?
0 dB	<ul style="list-style-type: none"> In SSB kommt definitiv nichts Lesbares durch. In CW nicht laut, aber mit ein wenig Übung einwandfrei lesbar. Schmalbandige digitale Betriebsarten wie FT8, JT65, und vor allem WSPR kommen hier voll zum Zuge. Vorausgesetzt die erforderliche Frequenzstabilität ist vorhanden.
10 dB	<ul style="list-style-type: none"> SSB Signale sind gerade so zu verstehen. Ein mehr als ausreichender Pegel für CW.
20 dB	<ul style="list-style-type: none"> Nicht sehr laut für SSB, aber ausreichend dass Gegenstationen mit guter Empfangsanlage einen problemlos aufnehmen können. Für CW sehr laut.
30 dB	<ul style="list-style-type: none"> Wir sind schön laut in SSB (Baken Pegel). Gegenstationen mit nur einer kleinen Empfangsantenne (z.B. 35 cm Campingspiegel) werden uns jetzt mit Sicherheit auch gut aufnehmen.
40 dB	<p>Sehr schlecht da 10 dB lauter als das CW Bakensignal, → nicht mehr zulässig!</p> <p>Mit sehr hoher Sicherheit wird sofort die „LEILA“ einen Besuch abstatten, und uns mittels Alarm-Ton auf unser eklatantes Fehlverhalten hinweisen.</p>

Man beachte: Eine Differenz von 10 dB bedeutet einen Leistungsunterschied um den Faktor 10.

Zum Beispiel:

Wir haben eine sehr große Sendeantenne (viel Antennengewinn), so dass 1 Watt Sendeleistung bereits genügen um für SSB ein Signal zu erzeugen, welches so laut ist wie die CW Bake.

→ Dann benötigen wir **nur ganze 10 mW** (minus 20 dB entspricht den Faktor 1/100), um ausreichend in Telegraphie gehört zu werden!

Es macht also wenig Sinn pauschal zu behaupten: „Es muss immer ein 3 Meter Parabolspiegel sein. Alles Kleinere ist grundsätzlich schlecht!“. Außer man wohnt in Schweden, denn da ist inzwischen nur noch eine Ausgangsleistung von 100 mW für das 13 cm Band erlaubt. Eine 3 Meter Spiegel hilft da weiter um ein lautes Signal in SSB zu produzieren.

Für mich selbst habe ich entschieden es von Zuhause aus erst mal mit einem **80 cm Offset Spiegel** von WISI zu versuchen. Dieser war im Laufe des letzten Jahres schon einige Male im Betrieb, und hat von der elektrischen Seite her gesehen gute Resultate erbracht.

Von der Mechanik bin ich nicht ganz so überzeugt was die Masthalterung betrifft. Stichwort: Wiederholter Aufbau. Ich kenne die Masthalterung von TECHNISAT, und finde dass diese wesentlich besser ist. Für zukünftige Portabeleinsätze wird daher ein Offsetspiegel dieser Marke zum Einsatz kommen.

Aber für Zuhause, wo der WISI Sendespiegel nur einmal zu befestigen ist, geht es in Ordnung.

Mit dem Spiegel alleine ist es noch nicht getan. Irgendwo muss ja das andere Ende der Antennenleitung angeschlossen werden. Der Spiegel selbst dient nur als Reflektor.

Jetzt kann man natürlich ganze Bücher schreiben bezüglich des perfekten Feeds (Strahler) für eine Parabolantenne. Ich nenne nur Schlagwörter wie f/D Verhältnis und Ausleuchtung des Spiegels.

Als weiterer Akteur im Drama „Die Suche nach dem perfekten Strahler“ kommt noch die Tatsache hinzu, dass der Satellit auf 13 cm nicht mit linearer Antennenpolarisation, sondern zirkular rechtsdrehend polarisiert (RHCP) empfängt. Das hat zwar den Vorteil, dass es dann egal ist in welcher Polarisationssebene man die Sendeantenne dreht. Das gehörte Signal am Satelliten wird immer gleich laut sein.

Der Nachteil aber: Sendet man linear polarisiert, dann gibt es einen Verlust von 3 dB. Das heißt die Sendeleistung muss verdoppelt werden, um die gleiche Signalstärke zu erzeugen wie bei zirkularer Polarisation. Als weiterer Stolperstein kommt hinzu, dass die Erzeugung einer zirkularen Polarisation nicht mehr ganz so trivial ist.

Es gibt verschieden Methoden zu Erzeugung. Eine Möglichkeit wäre eine Helixantenne. Ich selbst verwende dagegen hier ein sogenanntes **POTY (Patch Of The Year)** nach [\[16\]](#).



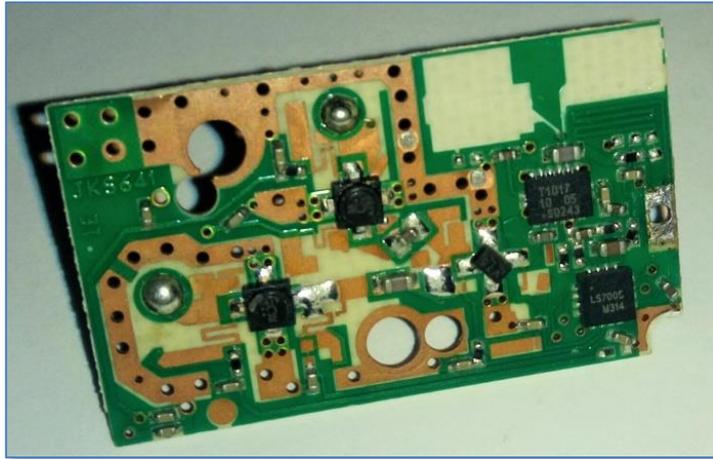
Das Kabel kennen wir ja bereits. Der Patch Feed und unterstützende Mechanik

Die Polarisation des Feeds selbst muss übrigens genau umgekehrt sein, also linksdrehen (LHCP). Bei der anschließenden Reflektion am Parabolspiegel erfolgt dann eine Umkehr der Drehrichtung von LHCP auf RHCP. Das ist unbedingt zu beachten, sonst empfängt der Satellit fast nichts.

Wer jetzt sagt: „Das ist doch gar kein POTY!“, hat immerhin zur „Hälfte“ recht. Was fehlt: Der um sein Horn beraubte LNB am Ende des Kupferrohrs. Auch dieses ist hier viel zu kurz! Was ist nur passiert?

Ursprünglich war der LNB dies ein Golden Media GM-201. Ging prinzipiell, auch wenn mein Exemplar nicht ganz wobbelfrei war. Der Versuch beim geöffneten LNB auf der Platine eine Modifikation für eine externe Einspeisung gemäß [\[17\]](#) vorzunehmen ist kläglich gescheitert!

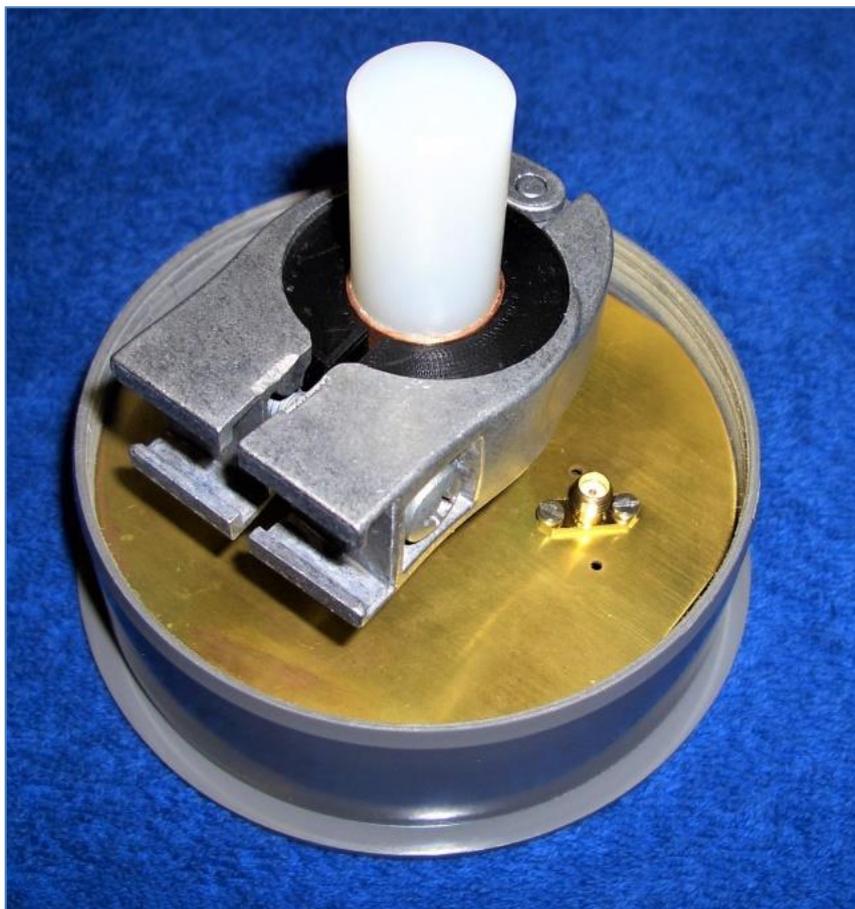
Eigentlich sollte ja „nur“ das 25 MHz Quarz entfernt werden. Die darunter liegenden Löt pads waren dann aber auch mit weg. Und das war es dann leider mit der Modifikation mittels einfacher Löthilfsmitteln.



Uuuups, sehr dumm gelaufen..... Die beiden „weißen Flächen“ dürften gar nicht weiß sein!

Sowas kann nur einem „Semi-Steckdosenamateur“ passieren. Nur weil ich mir nicht die Hand beim Löten verbrenne (Der LötKolben muss unbedingt am richtigen Ende angefasst werden!), heißt das noch lange nicht dass mir alles andere auch gelingt.

So wurde halt das hintere Ende des Kupferrohrs mit dem LNB Gehäuse gnadenlos abgesägt! War aber letzten Endes auch nicht so tragisch, weil an diesem Spiegel ab jetzt nur noch gesendet wird. Ich hätte also keine Verwendung für den LNB gehabt.



Der zusammengebaute Feed zum Senden

Nur mit dem Zusammenschrauben des Feeds ist es nicht getan. Wegen der permanenten Außenmontage war ein Wetter-/Regenschutz unabdingbar, damit keinerlei Wasser zwischen die beiden Messingplatten gelangt, und so die Resonanz verstimmt.

Genau hierzu wird der im Durchmesser passende HT-Muffenstopfen in graue Farbe verwendet. Bei Vorversuchen konnte ich keine messbare Zusatzdämpfung (mehr als 1 dB) feststellen. Eine Möglichkeit festzustellen ob sich ein bestimmtes Kunststoffmaterial als Radom eignet ist ein Test in der Mikrowelle. Erhitzt sich der Kunststoff nicht, dann ist er brauchbar für den Zweck.

Auf der Drehbank wurde die Rohrinnenfläche der HT-Muffenstopfen etwa zur halben Länge innen geringfügig ausgedreht. Dadurch war es dann möglich den Feed einzuschieben. Gleichzeitig ist durch die teilweise Ausdrehung ein Absatz vorhanden, der als Anschlag diente.



Jetzt erst bereit für den „nassen“ Außeneinsatz

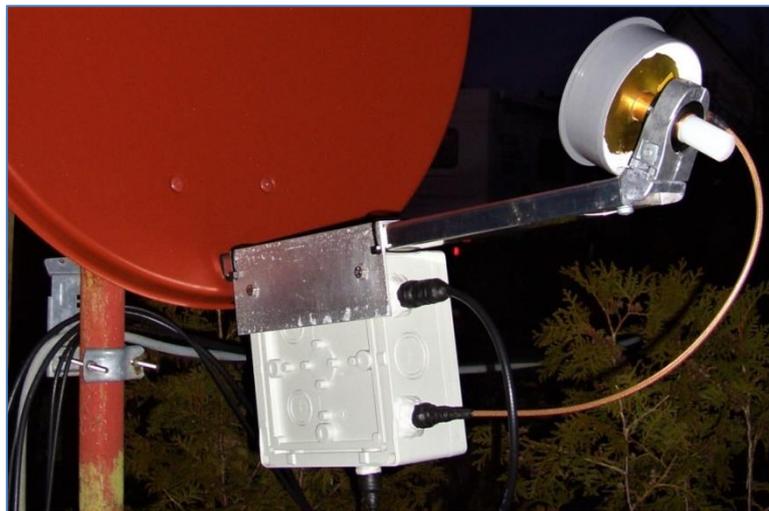
Damit Grashüpfer Flipp und ähnliche Freunde der Biene Maja nicht meinen sie könnten den Feed zur Familiengründung nutzen (Leider schon erlebt beim Hohlleiter meines früheren 10 GHz Siegels von PROCOM), ist die das Kupferrohr hinten verschlossen. Die Verwendung der ehemaligen dielektrischen Linse hierzu war eine Verlegenheitslösung. Ich müsste bei Gelegenheit mal die Drehbank anwerfen um was Kürzeres anzufertigen.

Die weiße Dichtmasse am Übergang Reflektorplatte / HT-Muffe vervollständigt den Wetterschutz und sorgt zusätzlich für eine Verklebung. Lediglich an der tiefsten Stelle verbleibt eine kleine Öffnung, damit eventuelle Feuchtigkeit abfließen kann.

Die abschließende Montage des Plastikgehäuses geschieht am Arm zur LNB Halterung. Hierzu diente ein größerer Aluwinkel. Mit zwei Kabelbindern erfolgt eine zusätzliche Sicherung, obwohl das Gehäuse an sich schon stramm an den Arm geklemmt ist.



Die fertig montierte Uplink Einheit



Details zu der Gehäusebefestigung

Wie laut ist mit diesem Set-Up (2 Watt / 80 cm) mein eigenes Signal über den Transponder?
Nur 3 dB bis 4 dB leiser als der Pegel der CW Bake, den man nicht überschreiten soll → **SUPER!**

Damit dann zwei Häkchen an **Punkt 3 und Punkt 4 der Anforderungsliste**.

7. Downlink Empfangssystem – LNB & Antennenanlage

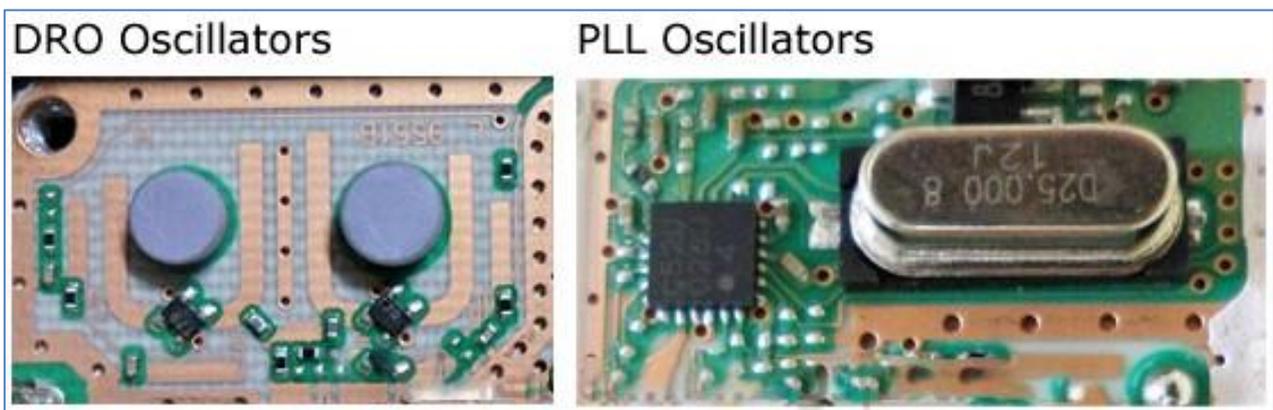
So, die Hälfte ist geschafft. Unsere auf 2400 MHz erzeugte HF verlässt die irdischen Gefilde, und macht sich auf die relativ lange Reise zum 38 522 km entfernten geostationären Es'hailSat 2 / QO-100 Satelliten auf der Position 26,0 Grad Ost.

Zurück kommt mein Signal, und das anderer Hobbykollegen auf einer um 8089,5 MHz nach oben versetzten Frequenz von 10489 MHz. Dazu durch eine Wanderfeldröhre (TWT) verstärkt und vertikal polarisiert. Beim Breitband Transponder wird dagegen horizontale Polarisation verwendet.

Wie empfangen? Natürlich könnten wir z.B. einen speziellen Empfangskonverter von Kuhne Elektronik [18] verwenden. Dank moderner Konsumer Elektronik gibt es aber Alternativen: Handelsübliche LNBs zum Empfang von TV Satelliten wie etwa die ASTRA Flotte auf 19,2 Grad Ost.

Eine Bedingung ist dabei aber absolut einzuhalten: Es muss sich um einen modernen **PLL LNB** handeln, und nicht um einen DRO LNB, wie sie früher und teilweise auch noch heute gebaut werden!

Der Unterschied liegt daran, dass beim DRO eine dielektrischer Oszillator (Stichwort: Keramikpille) für die Erzeugung der LO zum Einsatz kommt. Dagegen basiert beim PLL LNB die Erzeugung der 9750 MHz auf Grundlage eines „stabilen“ Quarzoszillators für 25 MHz (alternativ auch 27 MHz).



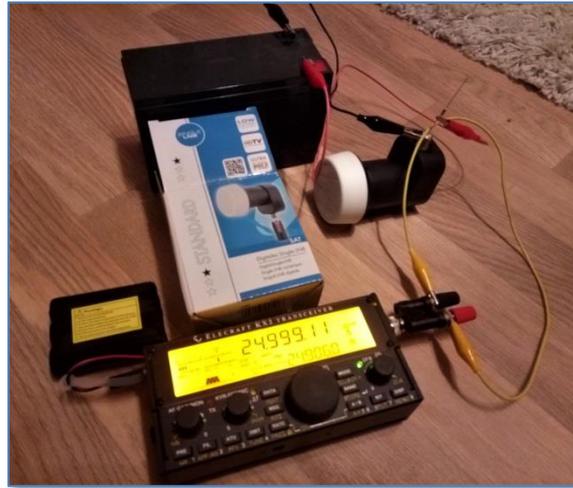
Oszillator Technologie Alt (links) gegen Neu (recht) – Bild aus dem I-Net

Was ist der Vorteil? PLL LNBs besitzen relativ gesehen eine wesentliche bessere Frequenzstabilität, und ihre Los sind auch rauschärmer. Das sind Parameter die sich positiv auf die Empfangsleistung bei digitalen Satelliten TV auswirken.

Woher bekomme ich einen PLL LNB? Einer der ersten Firma die PLL LNBs auf dem Markt brachten war OCTAGON [19]. Inzwischen ist das Angebot wesentlich größer geworden, und es gibt viele alternative Anbieter.

Sehe ich dem LNB **von außen** an ob es sich um einen DRO oder PLL Typ handelt? Leider überhaupt nicht! Es gibt drei Möglichkeiten dies herauszufinden:

1. Die einfachste: Prinzip Hoffnung (Kaufen, anschließen und prüfen im realen Betrieb).
2. Gehäuse + Deckel entfernen und Platine anschauen – erzeugt viel Krümel an Dichtmasse!
3. Strom anschließen und prüfen ob auf 25 MHz (oder 27 MHz) ein stabiler Träger zu empfangen ist.



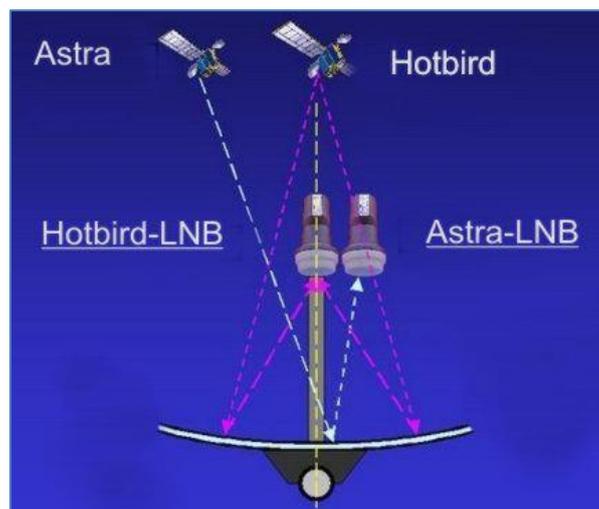
Was spricht dafür beim nächsten Einkauf im Media Markt einen KX2 nebst 12 Volt Akku mitzunehmen?

Wie man auf dem Foto oben sieht hatte ich beim Kauf eines Schwaiger LNBS für 12 Euro im BAUHAUS Speyer Glück gehabt. Knapp unterhalb der 25 MHz ist ein stabiler Träger hörbar.

Ich vermute dass inzwischen der Großteil der angebotenen LNBS PLL Typen sind. Die Aussage „*Es muss unbedingt ein OCTAGON sein!*“ trifft so nicht mehr zu wie noch vor ein paar Jahren. Andererseits gibt es keine Garantie dafür, dass bei einem bestimmten LNB Typen, wo gestern noch ein PLL drin ist, dass auch heute noch der Fall ist. Das Angebot ist da leider sehr schnelllebig!

Welcher Typ von Empfangsantenne soll verwendet werden? Bei solchen Frequenz hauptsächlich Parabolspiegel! Glücklicherweise befindet sich meine Satellitenschüssel zum Fernsehempfang im Garten fast nur knapp über dem Boden. Also ganz einfach erreichbar, und ebenfalls was von WISl mit 80 cm.

Aber im Brennpunkt sitzt doch bereits der LNB zum Empfang der ASTRA Satelliten! Was also tun? Das Zauberwort heißt „*schielender Empfang*“. Wer daheim neben ASTRA auch Hotbird empfängt kennt bereits das Prinzip mit den zwei nebeneinander sitzenden LNBS.



*Prinzip schielender Empfang
(Bild gefunden im Sat Freunde Forum)*

Das funktioniert auch gut für reine Amateurfunkanwendungen. Bei meinen 65 cm TECHNISAT Spiegel auf dem Hummel Mast sitzt im Brennpunkt der Strahler (Feed) für 10368 MHz. Seitlich versetzt dann der Strahler für 5760 MHz.



*Praktische Umsetzung des Prinzips „Schielen“
Bereits erfolgreich für andere Frequenzen umgesetzt*

Bei einem QSY von 10368 MHz auf 5760 MHz (oder umgekehrt) muss der 65 cm Spiegel einfach um einen Winkel von 6 Grad gedreht werden, und die Gegenstation befindet sich wieder im Brennpunkt. Der Verlust für den zweiten Strahler, der nicht zentral sitzt, ist nur minimal.

So wurde dann der Schwaiger LNB für QO-100 neben dem ASTRA LNB schielend montiert.



Zwei Fliegen mit einer Klappe geschlagen: Amateurfunk und TV Empfang nebeneinander

Die einstellbare 2-fach LNB Halterung aus Aluminium hatte ich mir schon im Sommer gekauft. Bei der Montage bin ich aber leider anfangs gescheitert. Die freie Schaftlänge am bisherigen ASTRA LNB war um 1 mm bis 2 mm zu kurz um dies beiden LNB Schellen nebeneinander zu befestigen. Ein neuer Single LNB vom HAMA, gekauft im Media Mart, war die Lösung. Die freie Schaftlänge war ein klein wenig größer.

Möglicherweise handelt es sich beim dem HAMA LNB ebenfalls um eine PLL Version. Getestet habe ich es nicht. Ein weiterer Vorteil der schielenden Montage ist, dass der eigentliche Parabolspiegel nicht mehr gedreht werden muss. Die Einstellung damit der Zweit LNB im Brennpunkt sitzt erfolgt ausschließlich mit der 2-fach Halterung.

Bei der Einstellung gibt es drei Freiheitsgrade:

1. Der Abstand zum bestehenden LNB.
2. Die Höhe des LNB (Für QO-100 größer als bei ASTA, da umgekehrt eine kleinere Elevation).
3. Der Skew Winkel (rund minus 14 Grad für mein QTH).

Aufgepasst: Den LNB auf der „richtigen“ Seite montieren! QO-100 steht weiter im Osten als ASTRA → Durch Spiegelung an der Schüssel muss der Zweit LNB dann umgekehrt auf der Seite Richtung Westen montiert werden. Ansonsten steht der neue LNB im Brennpunkt der Hotbird Satelliten, und damit falsch!



Wartungsfreundlich am Boden – Gesamtbild der Empfangsantenne mit LNBs

Ich musste noch ein zweites LNB Kabel nach oben verlegen, da sich das Amateurfunk Shack unter dem Dach befindet. Damit ist das Antennensystem für den Empfang fertig gestellt.

8. Downlink Empfangssystem – Hardware Teil

So, auch diese Antenne steht. Wie erfolgt der eigentliche Empfang, und auf welcher ZF Frequenz?

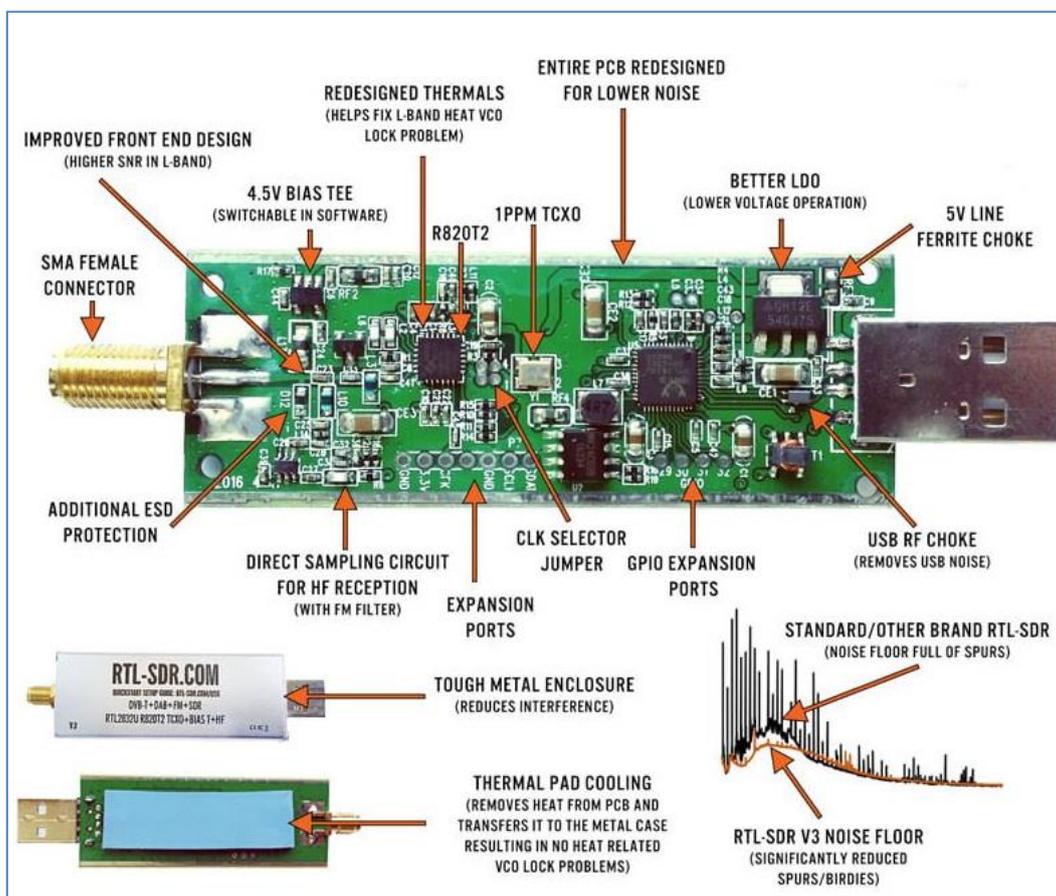
Wird der LNB mit einer Versorgungsspannung von 12 Volt versorgt (ohne 22 kHz Steuersignal), dann beträgt die LO Frequenz **9750 MHz** (Low-Band), und die Polarisation ist vertikal. Der Schmalband Downlink des ersten geostationären Amateurfunksatelliten sendet auf **10489,550 MHz bis 10489,800 MHz**. Die Differenz zwischen diesen beiden Frequenzen (HF minus LO) ergibt dann eine ZF Frequenz im Bereich von **739,550 MHz bis 739,800 MHz**.

Normal Amateurfunk Transceiver für UKW empfangen nicht auf dieser QRG! Eher schon ein Breitband Empfänger oder Scanner. Vorausgesetzt er kann dann nicht nur ausschließlich FM demodulieren, sondern auch SSB und CW.

Was tun wenn kein Breitband Empfänger zur Hand? Es gibt mehrere Alternativen:

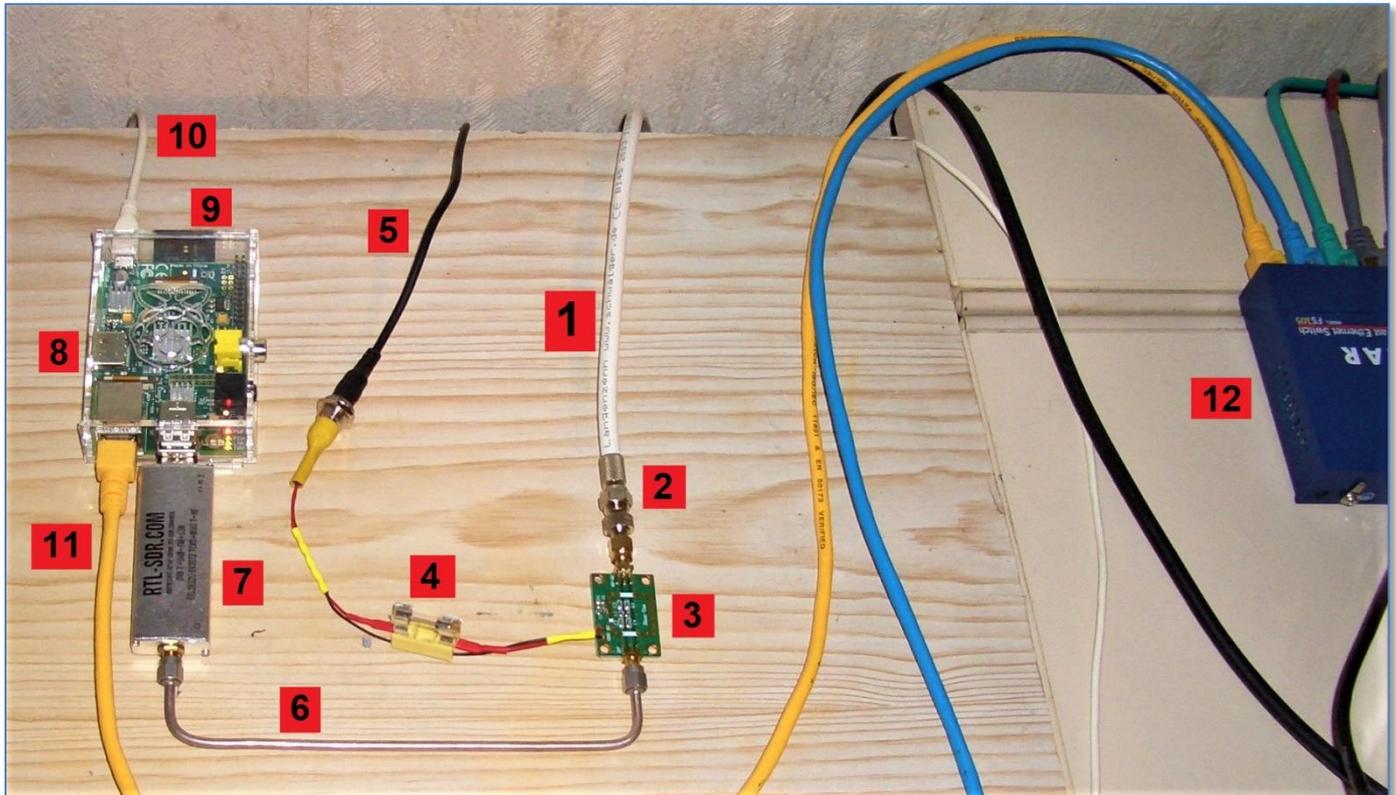
- Im LNB den 25 MHz (oder 27 MHz) Quarz ausbauen und eine andere „krumme“ Frequenz einspeisen, so dass man auf eine ZF Frequenz von z.B. 144 MHz oder 432 MHz kommt.
- Man setzt die 739 MHz einfach ein zweites Mal auf eine andere Frequenz um (wieder z.B. 144 MHz).
- Es wird ein **Software Defined Radio (SDR)** benutzt, welches einen sehr großen Frequenzbereich abdeckt. Die Audio kommt dann aus dem PC oder Laptop.

Ich entschied mich für die letzte Variante. Als SDR wird ein RTL SDR in Form eines USB Sticks [\[20\]](#) verwendet.



Blick ins das Innere des von mir benutzten RTL SDR Sticks (Bild des Herstellers)

Das Ganze ist bei mir dann aber doch ein klein wenig komplexer als einfach nur ein SDR Empfänger. Wie bereits weiter oben beschrieben sitzt der Verfasser dieser Zeilen nur noch selten im eigentlichen Shack. Auch hier ist also wieder eine „netzwerktaugliche Verlängerung“ gefragt.



Etwas mehr als nur ein RTL SDR Stick – Das Empfangssystem im Shack

Das von der Empfangsantenne / dem PLL LNB kommende 75 Ohm Koaxialkabel **1** geht über einen F/SMA Adapter **2** auf die kleine Platine **3**, welche als **Fernspeiseweiche** dient.

Von hier aus erhält der LNB abgesichert über eine Schmelzsicherung **4** seine DC Versorgungsspannung von 12 Volt **5**, so dass in vertikaler Polarisation empfangen wird.

Über ein Semi-Rigid Kabel mit zwei SMA-Steckern **6** an beiden Enden wird das ZF-Signal von 739 MHz in den Eingang des **RTL SDR** Sticks **7** eingespeist.

Eigentlich müsste der Ausgang des RTL Sticks (USB Buchse) direkt auf einen PC oder Laptop gehen. Wie im Sendezweig (Elecraft K3s und RemoteRig) wird auch hier eine Netzwerklösung eingesetzt. Als Server zur Bereitstellung des I/Q Datenstroms dient ein **Raspberry Pi** **8**, der mit 5 Volt DC **10** versorgt wird.

Linux affine Funker können sich an dieser Stelle selbst ein SD Karte **9** mit der nötigen Programmierung für ihren Himbeeruchen erstellen. Wenn ich morgens aus meine Fenster schaue sehe ich aber keine Pinguine, sondern bemerke höchstens das Fenster (Window) selbst. Da ich also aus Faulheit einer der vielen Sklaven des Mr. Gates bin, musste ich auf was Fertiges zurückgreifen. Mike Richards G4WNC [\[21\]](#) bietet für wenig Geld dafür genau das Richtige an.

Ein LAN Kabel **11** verbindet die Himbeere mit dem NETGEAR 4 Port **Switch** **12** im Amateurfunk Shack. Als Ergebnis steht der unverarbeitete, **rohe I/Q Datenstrom** unter der **IP Adresse 192.168.0.132 (Port Nummer 1234)** im hausinternen Netzwerk überall zur Verfügung.

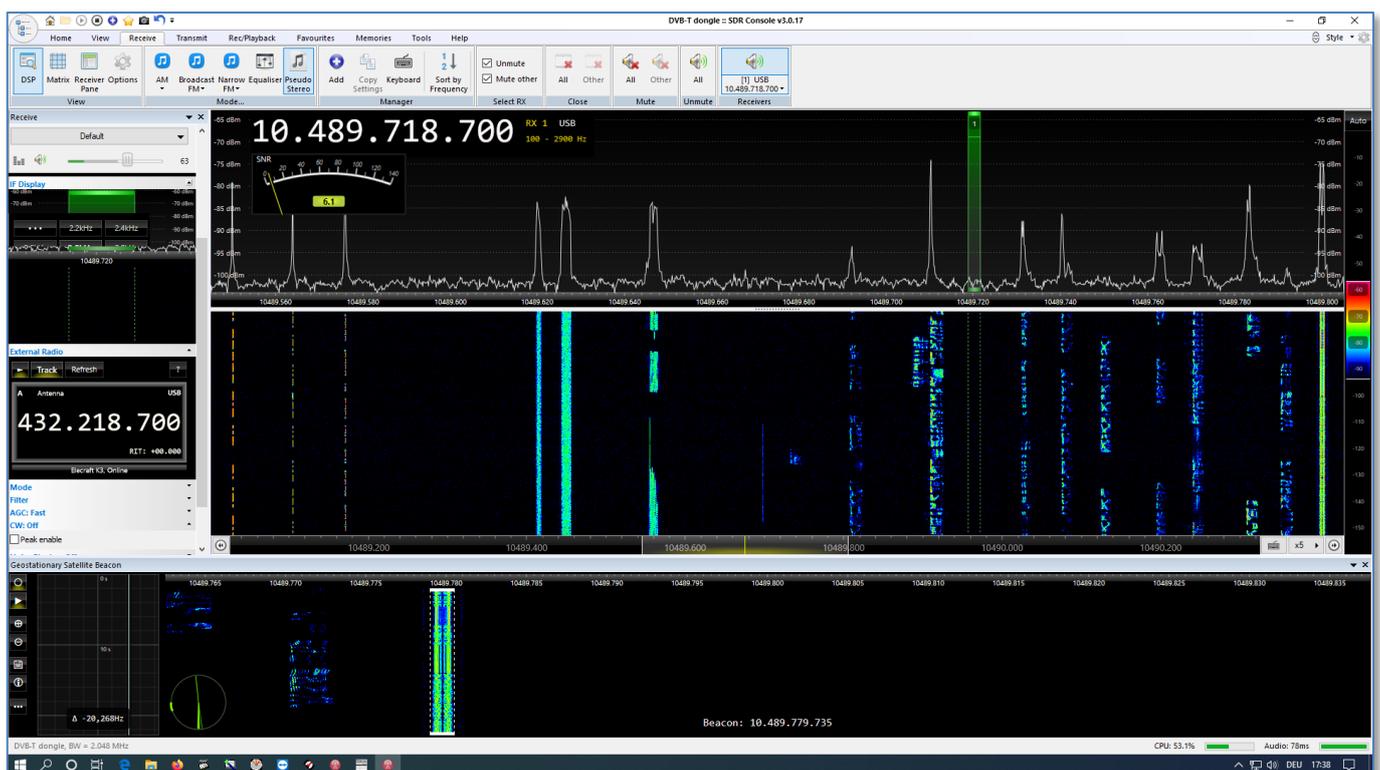
9. Downlink Empfangssystem – Software Teil

Nach einer kleinen Rundreise durch das QTH des DL3IAS schließt sich der Kreis. Wir sind wieder an der Stelle, wo der Operator sitzt: Einer der beiden „Control Sites“. Von hier aus wird die Station über das hausinterne LAN Netzwerk bedient.

Passenderweise sind an diesen Stellen **PCs** und **Monitore** mit ausreichender Leistung / Größe vorhanden. Denn dies wird benötigt für den Empfang. Wie bereits auf der vorherigen Seite beschrieben dient der Raspberry Pi lediglich zum Transfer der I/Q Rohdaten in das hausinterne LAN Netzwerk. Durch den Mini PC selbst werden keinerlei Verarbeitungsschritte hinsichtlich des Empfangs unternommen!

Welche Software zur eigentlichen Decodierung läuft auf meinen PCs? Verschiedene SDR Varianten stünden zur Auswahl wie SDR# [22], HSDR [23], oder Linrad von Leif Asbrink SM5BSZ [24]. Um nur einige Beispiele zu nennen die unter Windows lauffähig sind.

Ich habe mich aus einem bestimmten Grund für die **SDR Console** von Simon Brown G4ELI [25] entschieden. Doch hierzu mehr in einem eigenen Kapitel. Die Software ist an sich kostenlos, Simon freut sich aber über Spenden. Insbesondere damit er das Hundefutter bezahlen kann, wie er auf seiner Seite schreibt.



Viel Betrieb auf QO-100 – Alles auf einen Blick dank der Software SDR Console (Version 3.0.17)

Ein Feature, welches den Betrieb ungemein erleichtert ist die Möglichkeit die Frequenz des Steuertransceiver über die CAT Schnittstelle anzusteuern (Funktion **External Radio**).

Bedeutet konkret: Ich sehe eine neue Station im Wasserfall. Mit der Computermaus klicke ich auf seine Frequenz und korrigieren noch ein klein wenig mit dem Mausrad bis die Downlink QRG exakt eingestellt ist. Zum Beispiel die 10489,700 MHz. Beginne ich zu senden, dann stimmt meine Sendefrequenz bereits exakt, denn der K3s wurde zuvor automatisch auf die richtige ZF QRG von 432,200 MHz eingestellt!

Also „Klick and QSY“. Ein aufwendiges „Einpfeifen“ mit dem Uplink Transceiver auf das empfangene Downlink Signal entfällt. Und da es Dank des geostationären Orbits des Satelliten zu keiner Dopplerverschiebung kommt, ist die Differenz zwischen den Uplink und Downlink Frequenzen immer konstant (8089,500 MHz). **Punkt 6 der Anforderungsliste** ist somit erfüllt!

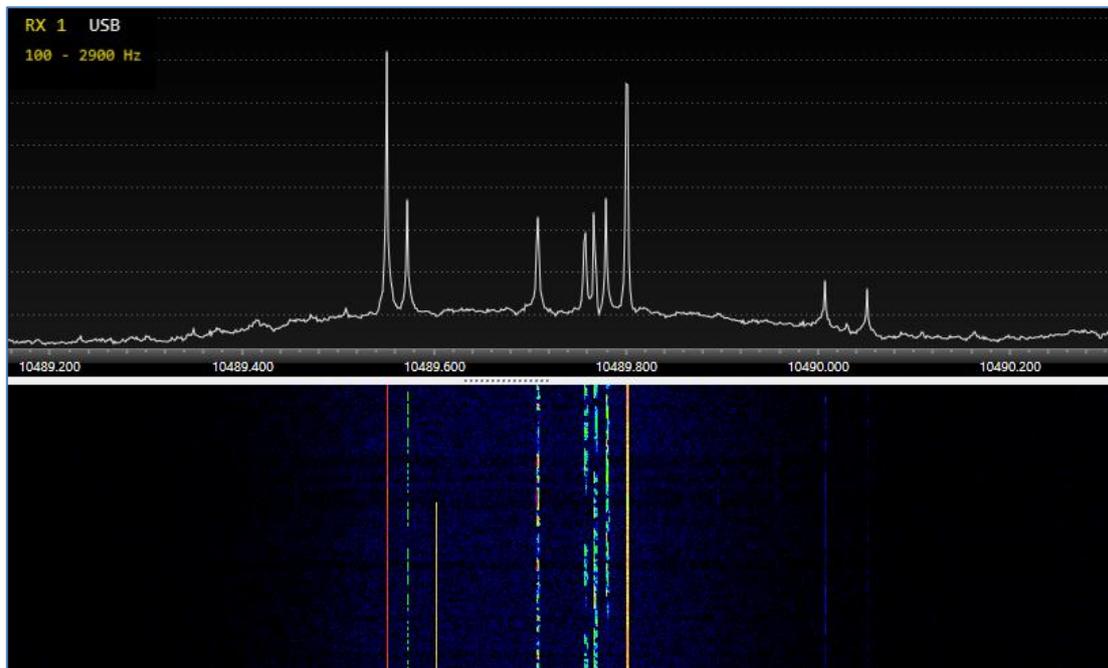
Die Tracking Funktion funktionierte aber bei mir erst seit Einführung der Version **3.0.17**.

Der Hintergrund: Sowohl auf der SDR Console, als auch beim K3s lassen sich als angezeigte QRGs die Downlink Endfrequenz (10489 MHz) konfigurieren. Diese zwei Frequenzen mussten bis zur Version 3.0.16 immer übereinstimmen, damit ein Tracking möglich war. Soweit, so gut. Jetzt benötigt aber die SDR Console zusätzlich das Programm Omni-Rig zur Vermittlung der CAT Befehle an den Transceiver.

→ Aber genau da liegt der Hund begraben: **Omni-Rig unterstützt leider „nur“ Frequenzen bis 2 GHz!**

Diese Einschränkung kann ab **Version 3.0.17** bei der SDR Console elegant umschifft werden, da jetzt Frequenz Differenzen bei der Funktion „External Radio“ zulässig sind. Bei mir beträgt die diese Differenz **10057,500 MHz**, da am K3s die QRG vom 70 cm Band angezeigt wird.

Wie sieht es eigentlich mit der Performance des Empfangssystems aus? Ein guter Indikator ist das **Transponderrauschen**, das bei guten Empfangssystemen ab Spiegeldurchmesser größer 60 cm sichtbar sein muss. Hierzu im Wasserfalldiagramm einfach mal eine größere Bandbreite einstellen (+/- 1 MHz anstatt +/- 130 kHz). Und siehe da: Neben den eigentlichen Signalen über dem Transponder in der Mitte ist auch das Transponderrauschen selbst gut zu erkennen, wie es sich aus dem sonstigen Hintergrundrauschen des Weltalls abhebt.



Das Transponderrauschen ist eindeutig in der Mitte erkennbar → Super, Empfangssystem in Ordnung!

Auch schön im Bild erkennbar: Die zwei Baken aus Bochum (links in **Rot**: CW Bake auf 10489,550 MHz, rechts in **Gelb**: PSK Bake auf 10489,800 MHz), welche den zulässigen Transponder Bereich eingrenzen.

Somit sind auch **Punkt 2 und Punkt 5 der Anforderungsliste** erfüllt.

10. Ein leidiges Thema: Die Frequenzstabilität

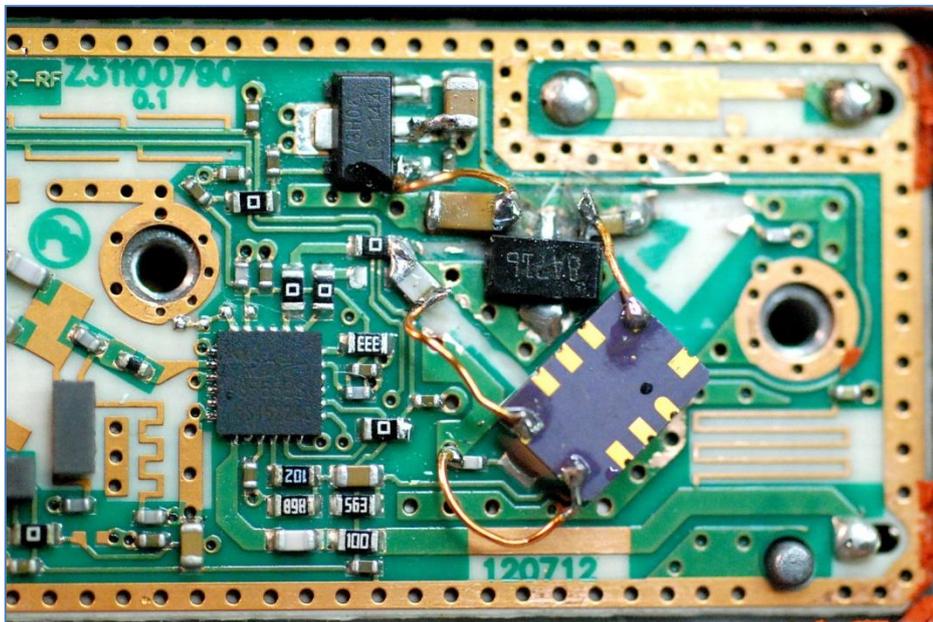
Was hat es mit **Punkt 8 der Anforderungsliste** auf sich? Hier eine nähere Erläuterung und die Erklärung, warum die Software SDR Console inzwischen so beliebt ist bei vielen QO-100 Benutzern.

Je höher die Frequenzen sind auf denen man sich bewegt, desto höher sind auch die Anforderungen an die zeitliche und thermische Stabilität der frequenzbestimmenden Bauteile. Würde z.B. Frequenz eines Oszillators für 10 MHz aufgrund von Temperatureinflüssen „nur“ um 10 Hz schwanken, dann wären es nach einer Vervielfachung um den Faktor x 1000 (10 GHz) schon 10 kHz!

Damit man also beim QSO nicht mit der einen Hand andauernd am VFO Knopf dreht, sind zwingend zusätzliche Maßnahmen zur Kompensation der Frequenz Drift erforderlich!

Die neuen PLL LNBs sind gegenüber den alten DRO Versionen um Welten stabiler, aber für SSB / CW immer noch nicht gut genug was die Langzeitstabilität betrifft. Das bedeutet zum Beispiel: Scheint auf einmal die Sonne auf den LNB, weil gerade eine Wolke weggezogen ist, dann ändern sich sofort die ZF Frequenzen auf der ich empfangen. Denn im LNB befindet sich als Referenz für die interne LO (9750 MHz) ein ganz normales 25 MHz Standard Quarz ohne Temperaturkompensation.

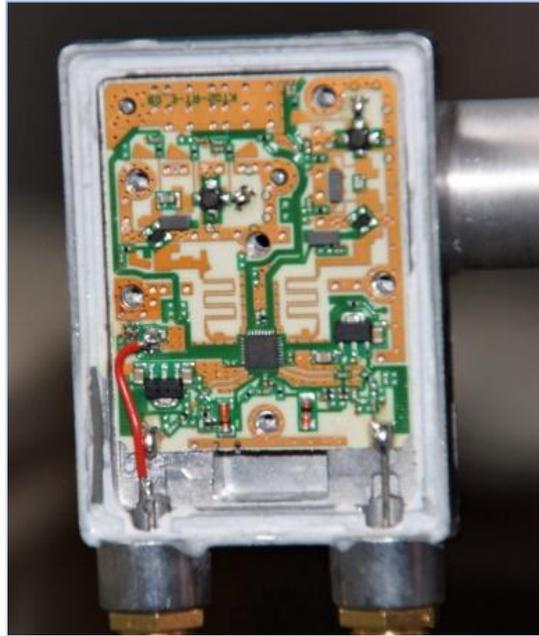
Was tun? Den Standard Quarz gegen einen stabileren **TXCO** Quarzoszillator austauschen wäre eine Möglichkeit. Diese TCXOs haben meist eine sehr kleine SMD Baugröße. Kurz nach Inbetriebnahme von QO-100 war DAS beherrschendes Thema im AMSAT-DL Forum die TCXO Modifikation von LNBs.



Modifikation eines OCTAGON PLL LNB (Bild von Hans-Jochen Fries DK1MG, aus dem AMSAT Forum)

So eine Modifikation ist aber nicht ganz trivial. Zum einen kann es in ein ziemliches Gefummel ausarten (siehe Foto). Zum anderen ist nicht jeder TCXO geeignet. Stichwort: Analogere geregelter TCXO (gut) vs. digitaler geregelter TXCO (schlecht). Oder die Spezifikationen eines bestimmten TCXO Typen änderten sich plötzlich ohne erkennbaren Grund.

Eine andere Möglichkeit ist den internen Quarz komplett rauszuschmeißen, und zu einer externen Einspeisung der Referenz überzugehen. Die Größe dieser externen Referenz spielt dann keine Rolle mehr. Hierfür eignen sich LNBS mit zwei und mehreren ZF Ausgängen. Durch eine kleine Modifikation wird der zweiten ZF Ausgang so umgebaut dass die Einspeisung einer externen Referenz möglich ist. Die Referenz kann dann z.B. ein GPSDO von Leo Bodnar [26] sein.



*Modifikation für die Einspeisung einer externen Referenz
(Bild von Harald Mais DL3HM, aus dem AMSAT Forum)*

Lösungen über ein einziges Kabel sind auch möglich, benötigen aber je einen Triplexer an beiden Enden. Was das ganze wieder komplizierter macht. So eine Lösung wollte ich wie schon erwähnt für meinen Golden Media LNB umsetzen, was aber wegen abgerissener Löt pads nicht klappte.

Aber warum ist es plötzlich stiller geworden bezüglich des Themas TXCO Modifikation? Es gibt alternativ noch die Möglichkeit das Problem mit **Software** anstatt mit Hardware zu lösen.

Wie funktioniert sowas?

Dazu muss man wissen, dass beim Empfang des Schmalbandtransponders gleichzeitig zwei hochstabile Referenzsignale mitgeliefert werden. Und das praktisch kostenlos Frei Haus!

Die beiden Baken aus Bochum, die das obere und untere Ende des Schmalbandtransponders markieren, sind an GPS angebunden.

Die „untere“ CW Bake (10489,550 MHz) ist für unseren Zweck leider nicht geeignet, da diese nicht permanent sendet.

Die „obere“ Telemetry Bake besteht aus zwei PSK modulierten Trägerfrequenzen, die immer da sind, und deren Mittelwert exakt die Frequenz 10489,800 MHz ist. Genau das was wir brauchen.

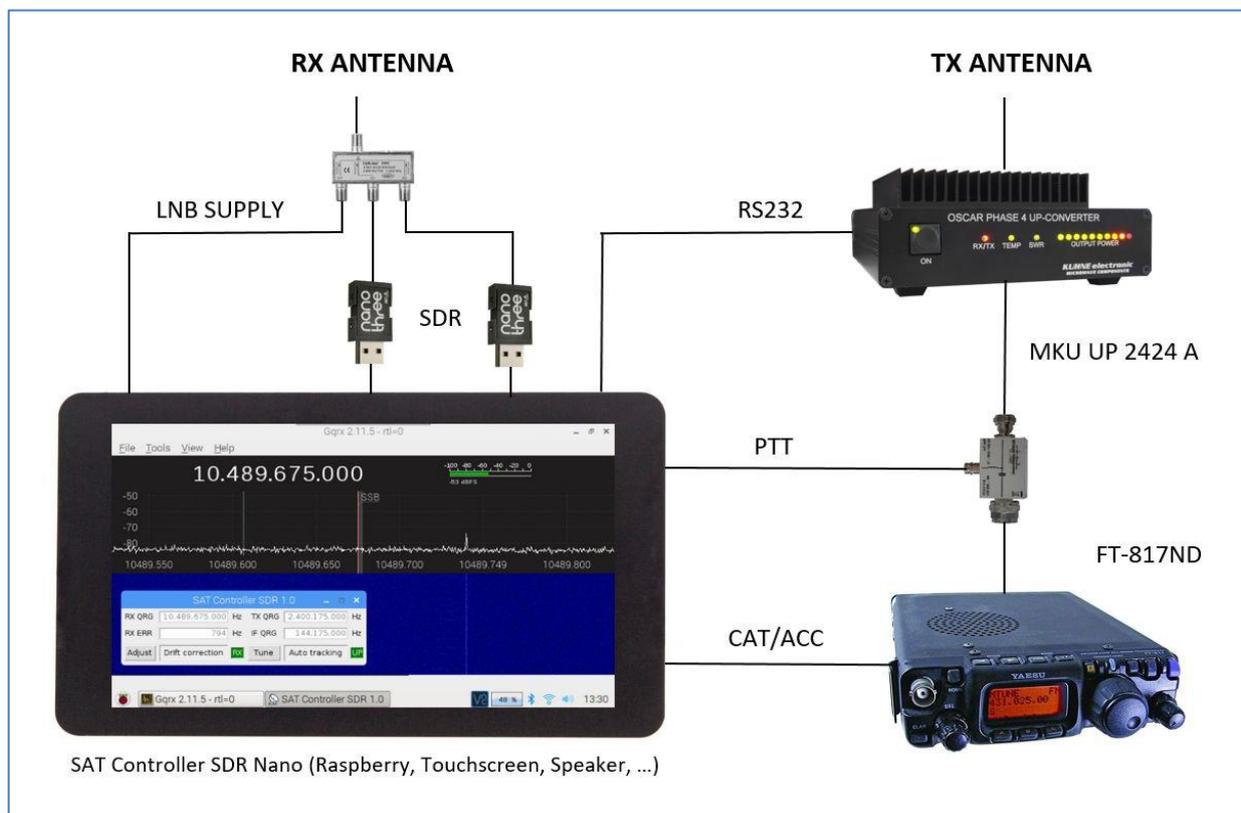
Das Gedanke der Software basierten Frequenzkorrektur besteht daran, dass man zwar zum einen akzeptiert, dass die absoluten Frequenzen alle empfangen Signale nicht konstant ist, aber die Tatsache nutzt dass die relative Differenz zu der oberen PSK Bake immer konstant ist.

Ein Versuch von mir das Ganze zu erklären:

- Die wirkliche „Soll“ Frequenz der PSK Bake ist bekannt (10489,800 MHz).
- Diese ist auch zeitlich konstant solange GPS funktioniert.
- Sagen wir die aktuelle „Ist“ Frequenz der PSK Bake wäre zum Zeitpunkt „X“ 10489,810 MHz.
- Und zehn Minuten später zum Zeitpunkt „Y“ bereits auf 10489,811 MHz.
- Die Differenz (Soll - Ist) war zuerst minus 10 kHz, und dann zehn Minuten später minus 11 kHz.
- Die Software berechnet andauernd die aktuelle Differenz, und korrigiert dann damit fortlaufend die Frequenzen von allen anderen Signalen.
- **Bildlich betrachtet: Die Software dreht permanent am RIT Knopf des Empfängers!**
- Somit verbleiben alle Signale (innerhalb der Regelabweichung) auf der gleichen Frequenz, egal welche genaue Frequenz im Augenblick der 25 MHz Quarz im nicht modifizierten PLL LNB hat.

Verstanden?

Welche Softwarepakete besitzen diese Funktionalität der **Drift Korrektur**? Schon relativ lange gibt es z.B. eine entsprechende Lösung von Frank Kremer DL3DCW [\[27\]](#).



Konzept mit SW Drift Korrektur (Schema von Frank Kremer DL3DCW, aus dem AMSAT Forum)

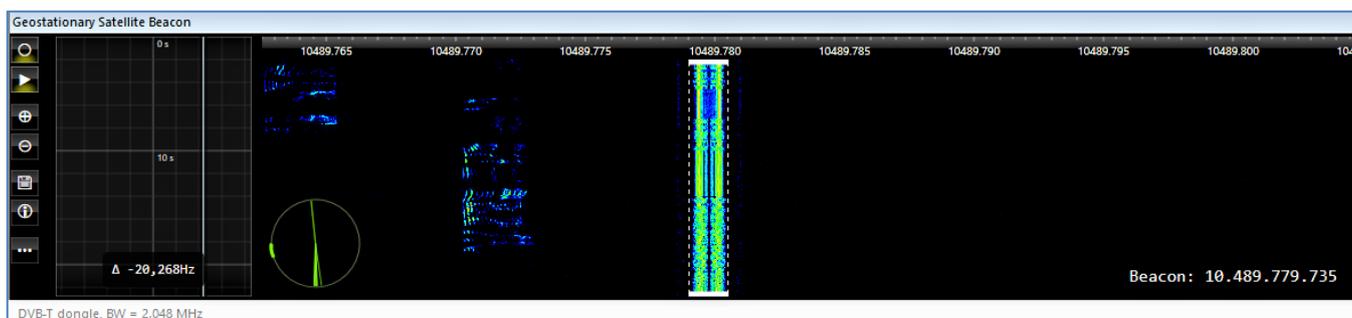
Nachteilig bei dieser Lösung: Es werden zwei RTL SDR Sticks benötigt, und das Ganze läuft unter Linux, also etwa auf dem Raspberry Pi mit Display. Dieser muss aber einiges können. Idealerweise Modell 4.

Hmmm, der Pinguin ist ja nicht jedermanns Sache.

Und so ist dieses an für sich sehr smarte System leider derzeit kaum verbreitet.

Und jetzt komme ich wieder auf die bereits zitierte SDR Console von Simon Brown G4ELI zurück. Denn seit der **Version 3.0.7** gibt es dort eine sehr gut funktionierende Korrektur der Frequenz Drift!!! Die Software läuft auf Windows, und es wird auch kein zweiter RTL SDR Stick benötigt.

Es gibt keine genauen Zahlen wieviel Prozent der Benutzer des neuen geostationären Satelliten die SDR Console (mit SW Driftkorrektur) zum Empfang verwendet. Aber aus meiner nicht repräsentativen persönlichen Erfahrung (Stationsbeschreibungen der Gegenstationen beim QSO) müssen es inzwischen sehr, sehr viele sein!



So sieht sie aus: Die Software basierte Frequenz Drift Korrektur der SDR Console (hier Version 3.0.17)

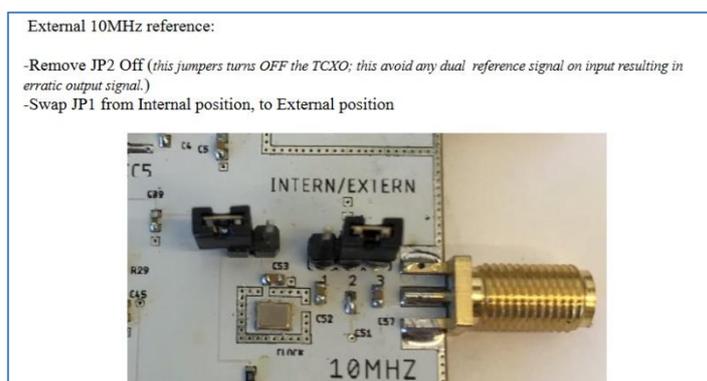
Eine wirklich **exzellente Beschreibung** wie die SDR Console für die Drift Kontrolle einzustellen ist stammt von Erwin Hackel OE5VLL, und ist im Internet [\[28\]](#) beim ÖVSV zu finden.

OK, damit sind einige der Möglichkeiten zur Frequenzstabilisierung beim Downlink aufgezeigt. Aber da gibt es ja noch den Uplink. Aufgrund der kleineren Frequenz (2400 MHz anstatt 10489 MHz, nur etwa ein Viertel) ist die Problematik hier nicht ganz so brisant wie beim Downlink. Aber immer noch präsent.

Welche Lösungen sind vorhanden? Sowohl mein LZ5HP Transverter, als auch der DX Patrol Up-Konverter sind bereits von Haus aus mit TXCO Oszillatoren ausgestattet (siehe Tabelle auf Seite 4). Dies ist fürs erste ausreichend. Man muss trotzdem nach längerem Sendebetrieb die Frequenz des Steuertransceivers ein wenig korrigieren (kleiner 1 kHz).

Will man allerdings digitale Betriebsarten betreiben, die erhöhte Anforderungen an die Frequenzstabilität haben (z.B. FT8/FT4, JT65 und vor allem WSPR), dann muss es unbedingt besser sein.

Beide genannten Sendeumsetzer bieten die Option von der internen 10 MHz Referenz auf eine externe zu wechseln. Hierzu müssen lediglich interne Jumper umgesteckt werden.



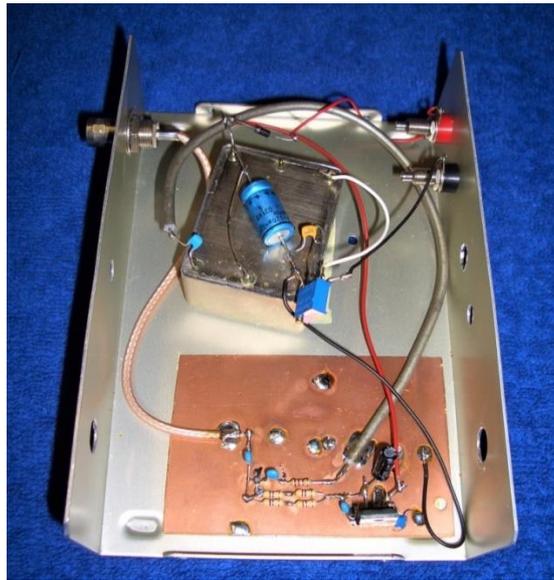
Umschaltung der Referenz beim DX Patrol Up-Konverter (aus der Anleitung des Herstellers)

Wie sieht meine **externe 10 MHz Referenz** aus, die ich für die fertig gestellte Uplink Station benutze?

Bereits seit ein paar Jahren verwende ich erfolgreich einen gebrauchten **10 MHz OCXO** der Firma KVG, den ich für wenig Geld (30 Euro) auf dem Flohmarkt der UKW Tagung Weinheim kaufen konnte.

Mit diesem OCXO wurden bisher die PLLs der beiden Transverter für 5760 MHz und 10368 MHz „angebunden“. Die exakte Ausgangsfrequenz lässt sich über ein externes 10 Gang Trimpoti einstellen.

Als Abgleich dient eine GPS basierte Referenz. Oder noch einfacher: Abgleich gegen eine der vielen Bakensender auf dem 10 GHz Band, von denen der größte Teil inzwischen an GPS angebunden ist. Das Signal sollte muss aber möglichst stark sein und auf den direkten Weg empfangen werden. Die Signalausbreitung über Reflektionen an Flugzeugen oder Gewitterwolken gaukelt einem aufgrund von Dopplereffekten eine falsche Frequenz vor. Dass muss tunlichst vermieden werden!



Auf den Kopf gestellt und verklebt: Der derzeit eingesetzte 10 MHz OCXO von KVG

Die Langzeit Genauigkeit solcher OCXOs ist exzellent. Bei mir kleiner gleich 100 Hz auf 10 GHz. Nach einer Aufheizphase von etwa 10 Minuten ist die Frequenz stabil genug.

Die beiden Transverter für 10,3 GHz und 5,7 GHz benötigen einen relativ hohen Referenz Pegel von mehreren mW, damit ihre PLLs auch sicher einrasten. Daher der zusätzliche 50 mW MMIC Verstärker (unten im Bild), um zusätzliche Verluste durch Koaxialkabel (40 m RG58) und einem Leistungsteiler zu kompensieren.

Dagegen benötigt der LZ5HP Transverter nur einen Referenz Pegel von 0,1 mW bis zu 1 mW zu sicheren PLL Lock. Ursprünglich wollte ich diese geringe Leistung über eine kleine Kapazität auskoppeln. Das funktionierte aber nur auf dem Labortisch. An Ort und Stelle wollte die PLL einfach nicht einrasten. Die Lösung brauchte die Abzweigung des erforderlichen Pegels mittels 16 dB Dämpfungsglied. In dieser Konfiguration funktioniert jetzt sicher die Anbindung aller drei Transverter.

Leider habe ich aber immer noch die gleiche Frequenzdrift wie zuvor! Das Problem: Der 70 cm Eigenbau Transverter läuft trotz einer 40°C Heizung für den 101 MHz LO Quarz immer noch um bis zu 300 Hz.

Wie man sieht: Die nächste Baustellen ruft schon.

11. Der letzte Feinschliff am Stationskonzept

Ich komme abschließend nochmals auf **Punkt 7 der Anforderungsliste**, der sagt dass es keine Ewigkeit dauern darf, um vom terrestrischen Betrieb auf Satellitenbetrieb umzuschalten. Und natürlich auch umgekehrt. Ein langer Aufbau soll für Daheim der Vergangenheit angehören.

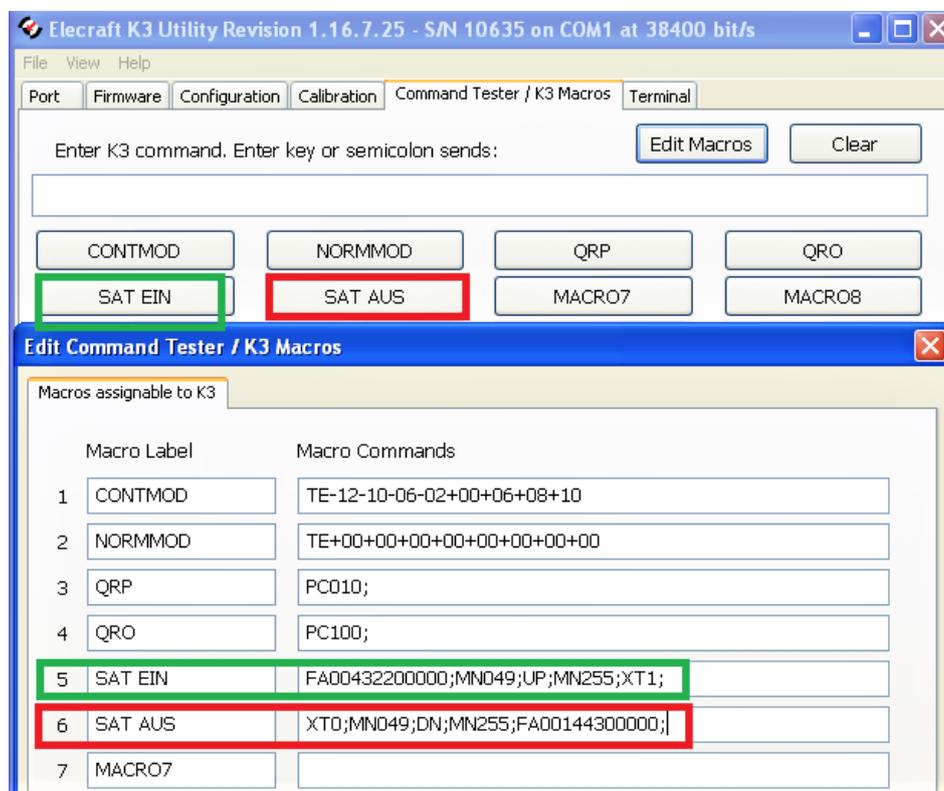
Folgende Aktionen sind erforderlich (Annahme: Die Station sich läuft bereits):

1. QSY auf 70 cm für den Fall das der Transceiver bisher noch auf einem anderen Band war.
2. Wechseln in die Menü Konfiguration des K3s.
3. Mit VFO B Aufrufen des Menüpunkte zur Steuerung des KRC2.
4. Mit VFO A Änderung des Parameters so dass der erste ACC Ausgang ACC1 aktiviert wird.
5. Verlassen der Menü Konfiguration.
6. Aktivierung der XIT (LO Frequenz des 70 cm Zwischentransverters noch läuft).
7. Umschalten des Kopfhörer von der RemoteRig Box auf den PC (Empfang SDR Console)
8. Starten des Programms SDR Console

Hoppla! Also „Schnell & Elegant“ sieht echt kürzer aus. Vor allem ganze sechs Schritte bei denen man am K3s drehen bzw. drücken muss. Und wenn ich mich wieder „irdischen“ Dingen / Funk zuwenden will, muss das Ganze Prozedere nochmals rückwärts durchexerziert werden.

Aber es gibt Hoffnung. Es ist beim K3/K3s möglich, für eine Abfolge von Befehlen/Aktionen **Marcos** zu erstellen, die dann über einen einzigen Tastendruck aktiviert werden.

Die Erstellung, Prüfung und Übertragung der Macros erfolgt mit dem kostenlosen **Utility Programm** des Herstellers, mit dem sonst vor allem Software Updates eingespielt werden.



Projekt „Weniger Tippen“: So sehen die beiden QO-100 relevanten Marcos aus

Jedem Marco kann ein eigene Bezeichnung / Name zugewiesen werden. In meinen Beispiel lauten die fast schon selbsterklärenden Namen **SAT EIN** und **SAT AUS**.

Hier die Analyse des Macros **SAT EIN**:

Befehl *	Bedeutung
FA00432200000;	Ändere die Frequenz von VFO A auf 432,200 MHz
MN049;	Wechsle in das Menü (MN), und wähle den Menüpunkt „KRC2“ (Zuweisung 049)
UP;	Erhöhe den Menüparameter um einen Wert von „ACC OFF“ auf „ACC1“
MN255;	Verlasse wieder das Menü (255 ist keinem Menüpunkt zugewiesen)
XT1;	Aktiviere die XIT

* Anmerkung: Mit dem Semikolon werden die einzelnen Befehle ausgeführt.

Alle möglichen Steuerbefehle sind in der sehr umfangreichen „K3S Programm Reference“ [29] beschrieben. Man muss sich zwar ein klein wenig einlesen, aber es ist machbar.

Nach Hochladen der Macros auf den K3s müssen diese dann noch den beiden **programmierbaren Funktionstasten PF1** bzw. **PF2** zugeordnet werden. Jetzt sind nur noch die zugehörigen Tasten zu drücken, und die Befehlskette wird automatisch abgearbeitet. Eine tolle Erleichterung!

Beim Aufruf des Programms SDR Console gibt es nichts zu verkürzen, aber länger wie eine Minute braucht es in der Regel nicht inklusive dem Frequenz Einrasten auf die PSK Bake.

Jetzt noch was zur Audio Umschaltung. Schließlich muss von der RemoteRig Box auf den PC gewechselt werden. Bereits vor längerer Zeit habe ich aus anderen Gründen eine kleine **Umschaltbox** gebaut.



*SSB machen, ein FT8 QSO, oder mal schnell die Nachrichten hören?
Die Selbstbau Umschaltung auf der schwarzen Kiste aus Schweden macht es möglich!*

Damit ist es möglich die NF Audio Ein-/Ausgänge, den Mikrofoneingang, und PTT Signale (Fußschalter oder vom PC über RS232 und Optokoppler) für verschieden Anwendungsfälle umzuschalten (Analoge oder digitale Betriebsarten, NF Audio aus dem PC für z.B. Videos oder Web SDRs).

Ausblick und abschließende Worte

Auch wenn jetzt die Station für Zuhause endlich funktioniert, so gibt es immer noch Potential für Verbesserungen. Hier eine Aufzählung was mögliche Aufgaben sind:

- Die Frequenz Anbindung der SDR Console an mein Logbuchprogramm VQLog [\[31\]](#) von Gabriel Sampol EA6VQ. Ist mir bisher noch nicht gelungen.
- Änderung des Außengehäuses für den LZ5HP Transverters von Plastik auf Metall. Der derzeitige Aufbau ist eigentlich eine Isolierkanne mit eingebauter Elektroheizung! Dass ist jetzt im Winter noch akzeptabel. Aber im Sommer bei 40°C kommt dann vermutlich irgendwann eine Rauchwolke raus.
- Ebenfalls zur Reduktion der Hitzelast: Die Stromversorgung zum LZ5HP Transverter nur dann einschalten, wenn auch tatsächlich Satelliten Betrieb gemacht wird. Derzeit lautet die Devise noch „Dauer-Power“. Dies wäre bezüglich der Frequenzstabilität kein Problem sofort, da die extern erzeugte 10 MHz Referenz durchläuft sobald meine Station aktiviert wird.
- Verbesserung der Frequenzstabilität des 70 cm Zwischentransverters (PLL und externe Referenz).
- Derzeit kann ich nicht so einfach CW Betrieb machen. Die eigene Stimme mit 300 ms Verzögerung zu hören, ohne sich andauernd zu verplappern, ist mit etwas Übung möglich. Aber nicht in Telegraphie, denn da dreht das Gehirn komplett durch! Die auf der vorherigen Seite beschriebenen Umschaltbox müsste modifiziert werden (NF per PTT beim Senden umschalten).
- Kühlung des Raspberry PI und des RTL SRDs, da es im Sommer im Shack unterm Dach sehr heiß werden kann. Zusätzlich analog zum Up-Converter die Stromversorgung nur dann wenn benötigt.
- Empfang des DVB-S2 Baken Signals aus Katar auf dem Breitband Transponder.
- Etwas mehr Sende Antennengewinn zum Erreichen des Bakenpegels mit den 2 Watt. Im Garten langweilt sich schon ewig ein 1,2 Meter großer Prime Focus Parabolspiegel (f/D = 0,375) zu Tode. Er diente mal in den 90er Jahren als Antenne für einen 6 cm Packet Radio Link von Heidelberg nach Ludwigshafen am Rhein.



*Erwerbsloser Spiegel sucht Arbeit jeglicher Art!
Zur Not auch „Nach Hause Telefonieren“ für ET*

Bisher habe ich nur von meinem permanenten Aufbau für Zuhause beschrieben. Doch der Funkamateurliebling im Allgemeinen verlässt ab und an auch mal sein heimisches Domizil. Nicht nur fürs QRL, zum Einkaufen, Besuch des OV-Abends, oder um kurz mit dem Wauwau Gassi zu gehen.

Was also machen wenn mal Portabel Betrieb geplant ist? Auch dann via QO-100 QRV zu sein wäre doch mal ganz nett! Vor allem jetzt wo das gelbe Gesicht am Himmel sich makellos ohne einen einzigen Flecken zeigt, und selbst CW Betrieb nicht immer einfach ist.

Also plane ich eine zweite kompakter QO-100 Station zu bauen, die gut transportierbar ist.

Diese soll die drei folgenden Aufgaben erfüllen:

1. Für andere einzelne Personen: Zum kurzzeitigen Verleih an alle Interessierten, die erst unverbindlich rein schnuppern, bevor sie dann eventuell dann Zeit und Geld investieren.
2. Für andere Gruppen: Ich finde das QO-100 eine fantastische Möglichkeit bietet, um bei Veranstaltungen / Fielddays oder ähnlichen Events unser gemeinsames Hobby zu präsentieren. Oder gibt es z.B. eine bessere Möglichkeit das physikalische Wesen der Lichtgeschwindigkeit (das „C“ in Einsteins berühmter Formel) anschaulich zu demonstrieren?!
3. Für mich selbst: Die Möglichkeit um im Urlaub oder portabel via QO-100 QRV zu werden.

So, ich bin fertig mit meiner Beschreibung. Natürlich ist der hier dargestellte Set-Up nur eine Möglichkeit von fast unendlich vielen, die sich dann aber vielen Punkten doch wieder ähneln.

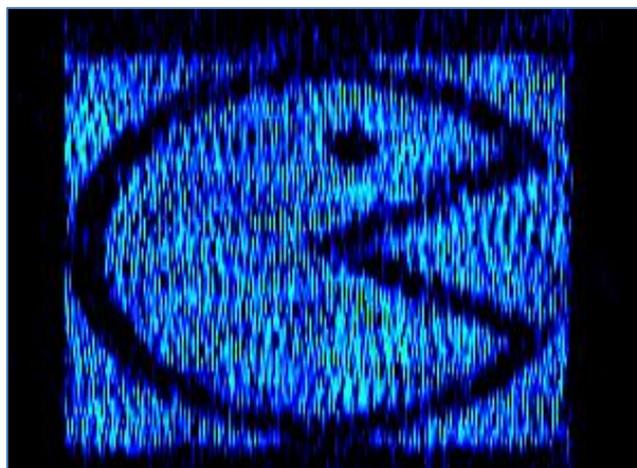
Der erfahrende Leser, der bereits selbst QRV ist, wird vermutlich nicht viel Neues in diesen Seiten entdeckt haben. Ich hoffe aber, dass für diejenigen, die noch mit dem Gedanken spielen einzusteigen, die eine oder andere Inspiration für den eigenen Set-Up mit dabei war.

Und noch ein wichtiger Tipp zum Schluss:

Haltet immer einen sicheren Abstand (mehr als 5 kHz) zur oberen PSK Bake!

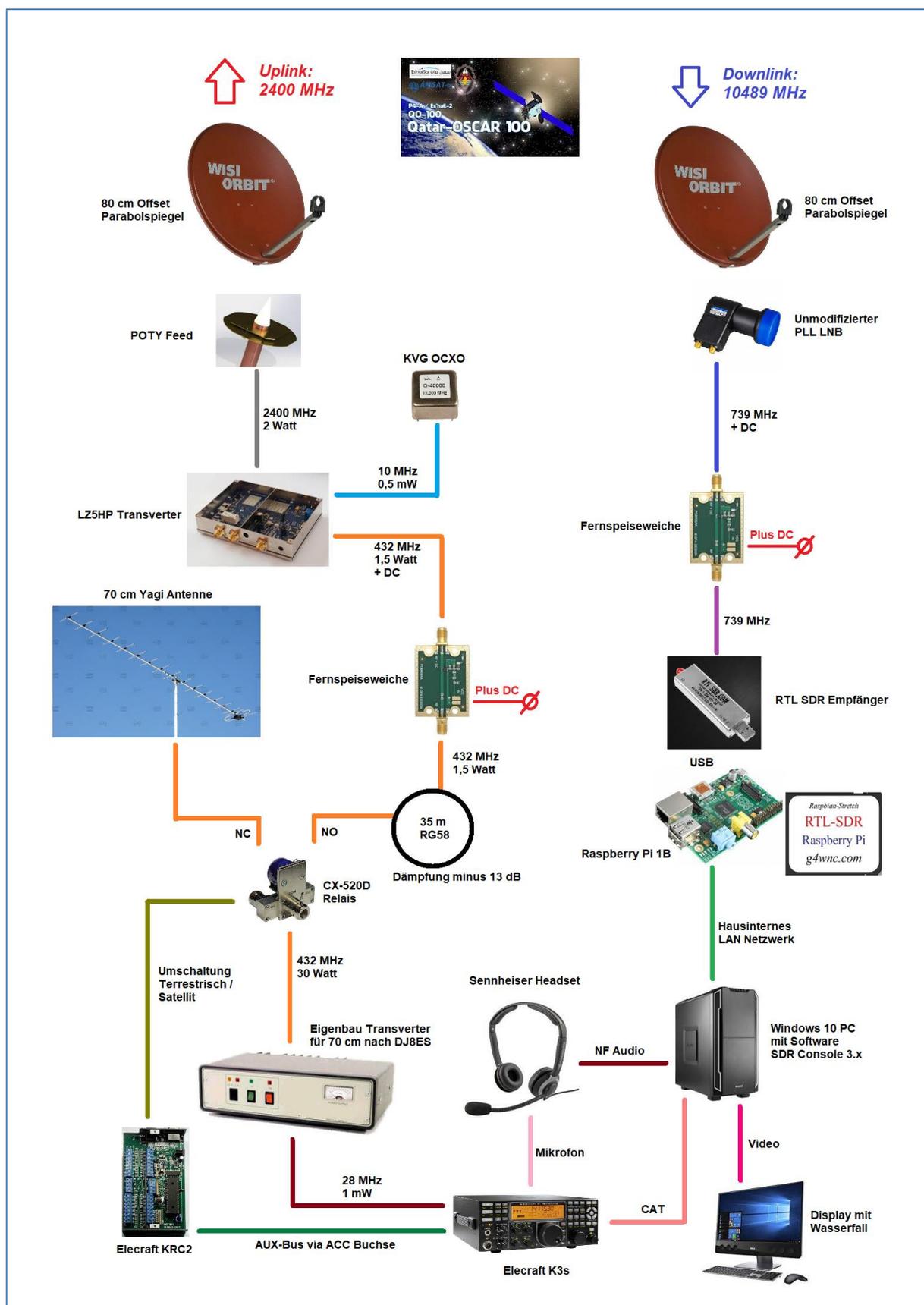
Diese erfüllt wie wir jetzt gelernt haben eine sehr wichtige Funktion für viel Benutzer von QO-100 (Frequenzdrift Korrektur).

Denn nicht nur die **LEILA** wacht darüber dass wir nichts Falsches machen. Denn da draußen im Äther ist noch ein digitales Monstrum aus den 80er Jahren unterwegs, dass alles frisst was der PSK Bake zu nahe auf den Leib rückt. Also passt gut auf, dass ihr beim Senden nicht zu weit rechts in den Wasserfall klickt!



Vorsicht, bissig! Regelmäßig zu sehen im Wasserfall auf 10489,795 MHz

Übersichtszeichnung



Hinweis: Aus Gründen der Übersichtlichkeit wird die Remote Verbindung zwischen K3 und K3s hier nicht dargestellt!

Referenzen

- [01] Bericht erster Sendversuch über Es'hail-2 (von DL3IAS*)
- [02] DF0SY - Satellite Activity Report of the Amateur Radio Club Schifferstadt K38 (von DL3IAS*)
- [03] Darf es noch kleiner sein? Satellitenfunk der minimalsten Art (von DL3IAS*)
- [04] <https://www.sg-lab.com/TR2300/tr2300.html>
- [05] <https://www.dxpathrol.pt/index.php/kits>
- [06] <https://amsat-dl.org/>
- [07] <https://forum.amsat-dl.org/>
- [08] <https://hides.en.taiwantrade.com/product/bu-500-13cm-up-converter-for-ssb-cw-fm-fm-atv-dvb-1618393.html#>
- [09] <https://www.analog.com/en/design-center/evaluation-hardware-and-software/evaluation-boards-kits/adalm-pluto.html#>
- [10] <https://limemicro.com/products/boards/limesdr-mini/>
- [11] <https://elecraft.com/products/k3s-transceiver>
- [12] <http://www.remoterig.com/wp/>
- [13] <https://www.hamradiodeluxe.com/>
- [14] <https://elecraft.com/products/krc2-band-decoder-with-relays-k-line-and-k2>
- [15] <http://dxatlas.com/omnirig/>
- [16] https://uhf-satcom.com/blog/patch_antenna
- [17] http://fletcher.fi/Universal_Single_LNB_GOLDEN_MEDIA_GM_201_modification_for_external_referencing_oh2aue.pdf

* PDF Dateien sind bei Interesse beim Verfasser erhältlich

Fortsetzung der Referenzen

- [18] <https://shop.kuhne-electronic.de/kuhne/de/shop/eshail-2/>
- [19] <https://www.octagon-germany.eu/produkte/Inb/>
- [20] <https://www.rtl-sdr.com/about-rtl-sdr/>
- [21] <https://photobyte.org/product/raspberry-pi-with-tightvnc-and-rtl-dongle-server/>
- [22] <https://airspy.com/download/>
- [23] <http://www.hdsdr.de/>
- [24] <http://www.sm5bsz.com/linuxdsp/usage/newco/newcomer.htm>
- [25] <https://www.sdr-radio.com/>
- [26] <https://www.sdr-kits.net/GPS-Disciplined-Reference-Oscillator-for-DG8SAQ-VNWA>
- [27] <http://www.satcontrol.de/images>
- [28] https://www.oevsv.at/export/oevsv/technik-folder/J2019/bin/SDR-Console_Synchronisierung_der_Empfangsfrequenz_des_QO100_eshail2_Satellit_mittels_dessen_Bakensignal_1.pdf
- [29] [https://ftp.elecraft.com/K3S/Manuals Downloads/K3S&K3&KX3&KX2 Pgms Ref, G5.pdf](https://ftp.elecraft.com/K3S/Manuals%20Downloads/K3S&K3&KX3&KX2%20Pgms%20Ref,%20G5.pdf)
- [30] <https://www.dxmaps.com/vqlog.html>