D 4019F

AMSAT-DL JOURNAL

Nr. 1 Jg. 43

April 2016

Offizielles Magazin der AMSAT-Deutschland e.V.
– Satelliten für Kommunikation, Wissenschaft und Bildung –

IN DIESEM HEFT:

Einladung zu JHV und AMSAT-Symposium

ITAR: Die AMSAT im Visier der US-Behörden

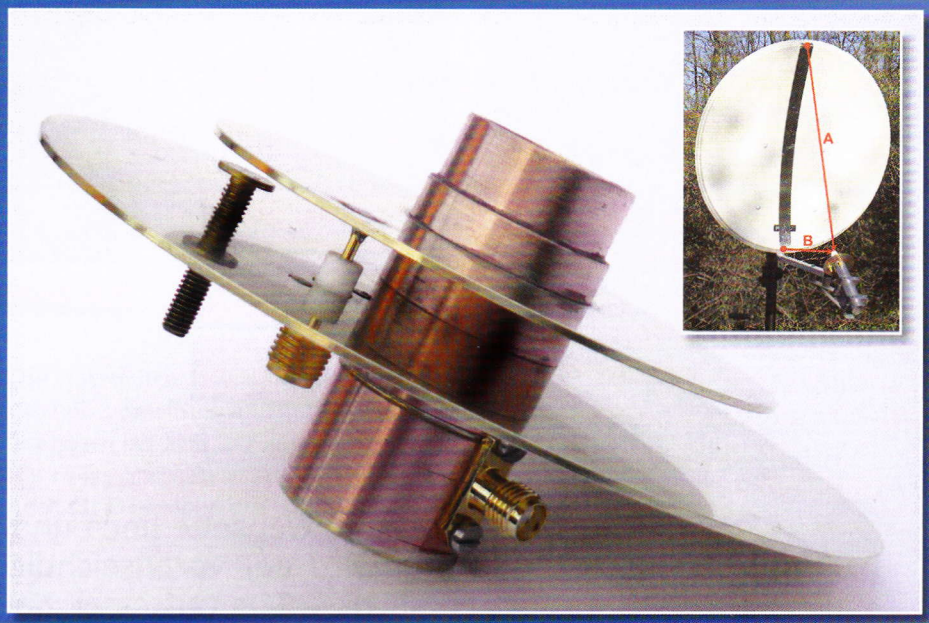
Parabolspiegel für den 2,4/10-GHz-Duoband-Feed

10-GHz-Satelliten-empfang: SDR-Rx für Es'Hail-2

Satelliten-News

SHF-Treff 2016

Neuer Distanzrekord über AO-7







10-GHz-Satellitenempfang: Amateurfunk preiswert

SDR-Rx für Es'Hail-2 – Mit einfachen Mitteln realisiert



Peter Tonak, DL3JIN

Im Sommer 2015 erschienen in den Amateurfunk-Medien Meldungen, dass im Jahre 2016 ein oder mehrere geostationäre Satelliten mit Amateurfunk-Nutzlast gestartet werden sollen [1]. Da wäre es doch interessant, einmal dort hinein hören zu können. Nachdem seit einigen Jahren die Möglichkeit besteht, mit einem preiswerten DVB-T USB-Stick (auch RTL-SDR genannt) und geeigneter Software Amateurfunk bis in den unteren GHz-Bereich zu empfangen, deutet sich nun ein weiterer „Kracher" in dieser Richtung an: preiswerte PLL-LNB für das 10-GHz-Band ermöglichen die frequenzstabile Umsetzung in den Empfangsbereich der DVB-T-USB-Sticks.

Zunächst die Fakten über den Satelliten: Dieser wird von Katar finanziert, von Mitsubishi Electric (MELCO) gebaut und nutzt das Know-how der AMSAT-DL. Die Betreiberfirma heißt Qatar Satellite Company Es'hailSat. Der Name des von Europa aus erreichbaren Satelliten ist Es'hail-2 **(Aufmacherbild)**. Der Start des Satelliten soll im 4. Quartal 2016 mit einer Falcon-9 v1.2-Rakete der Firma SpaceX von Cape Canaveral aus erfolgen. Die AMSAT-interne Bezeichnung ist P4A (Phase 4 A). Es'Hail-2 soll in 35 786 km Höhe bei 25,5° Ost über dem Äquator positioniert werden **(Bild 2)**. Die Ausleuchtzone reicht vom östlichen Zipfel Brasiliens über Afrika und Europa bis nach Thailand und Malaysia. Der Satellit trägt zwei Amateurfunk-Transponder [2]. Es wird mit einer Nutzungsdauer von 15 Jahren gerechnet. Die folgenden Betrachtungen beziehen sich auf den 250 kHz breiten Bereich des Schmalbandtransponders. Die Polarisation des Downlink ist LVP, d.h. Linear Vertical Polarization. Die Mittenfrequenz des Downlinks liegt bei 10 489,675 MHz. Der Uplink erfolgt im 13-cm-Band bei 2400,175 MHz. Die Antennenpolarisation des Uplink ist RHCP, Right Hand Circular Polarization.



Bild 1: Sichtbarkeitsbereich von Es'Hail-2, dargestellt an einem „Ramschregal-Globus"

Wie Es'Hail-2 die Erde sieht

Meine guten Kontakte zur Besatzung des Raumschiffs Enterprise, namentlich meiner besten Biertisch-Kumpel Commander Kirk und Mr. Spock, ermöglichten mir den kurzfristigen Mitflug zur Position 26° East im geostationären Orbit – siehe nebenstehendes **Bild 1**.

Die Fahrkarten für dieses Weltraum-Abenteuer gab es einmal für 1 € im Ramschregal eines Supermarktes und wurden (wie originell!) nicht auf Papier gedruckt, sondern waren als Kugel diebstahlsicher ausgeführt – sie passten einfach nicht in eine Hosentasche.

Die in [2] gezeigte „Coverage from 26°E" gibt genauere Auskunft über die Zone möglicher Verbindungen.

Wie man sehen kann, ist in den Randgebieten der Ausleuchtzone mit erhöhten Problemen durch Einflüsse der Umgebung des Funkamateurs zu rechnen.

Tallagen, Bäume und Wälder aber auch witterungsbedingte Einflüsse können eine sichere Verbindung zum und vom Satelliten unmöglich machen.

Freie Sicht zum Satelliten ermitteln

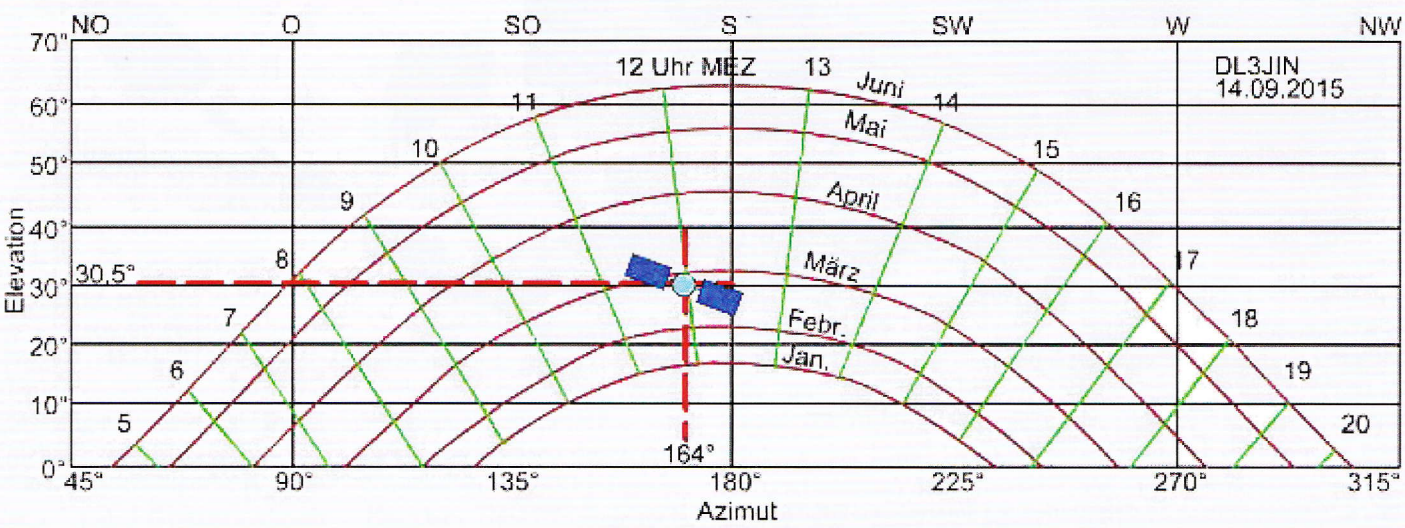
Mit den Angaben „geostationär" und „25,5° Ost" lässt sich die Antennenrichtung zum Satelliten bestimmen. Der Satellit wird über dem Äquator der Republik Kongo stehen.

Das entspricht einem Azimuth von etwa 164° und einer Elevation von etwa 30,5° (von Deutschland aus gesehen). Von meinem Balkon aus habe ich freie Sicht zum Satelliten. Es lohnt also, sich ernsthafte Gedanken zu machen. Wer sich intensiver für die Ausleuchtzonen verschiedener Satelliten interessiert, findet in [19] ein tolles Werkzeug.



Bild 2: Es'Hail-2 soll auf 25,5° Ost positioniert werden und Funkkontakte von Brasilien bis Bangladesch ermöglichen

Bild 3: Sonnenstand und Es'Hail-2 in Mitteldeutschland



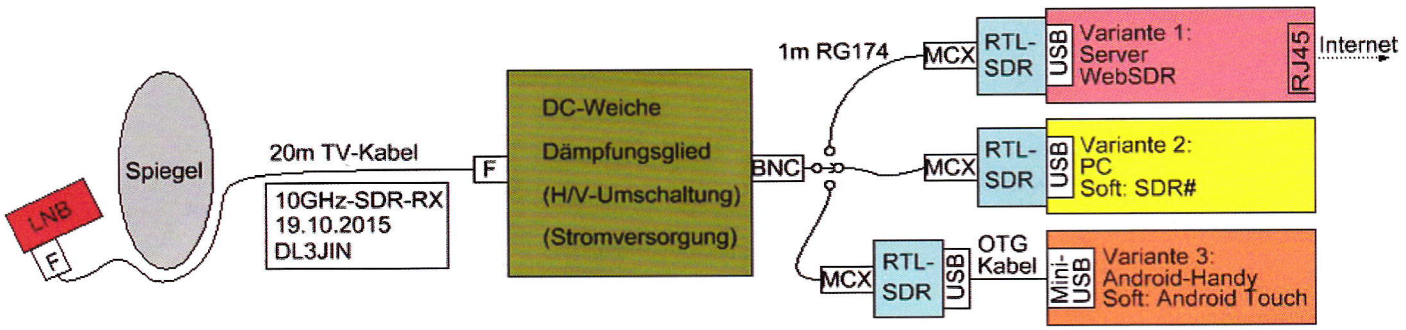


Bild 4: Blockschaltbild für 10-GHz-Rx

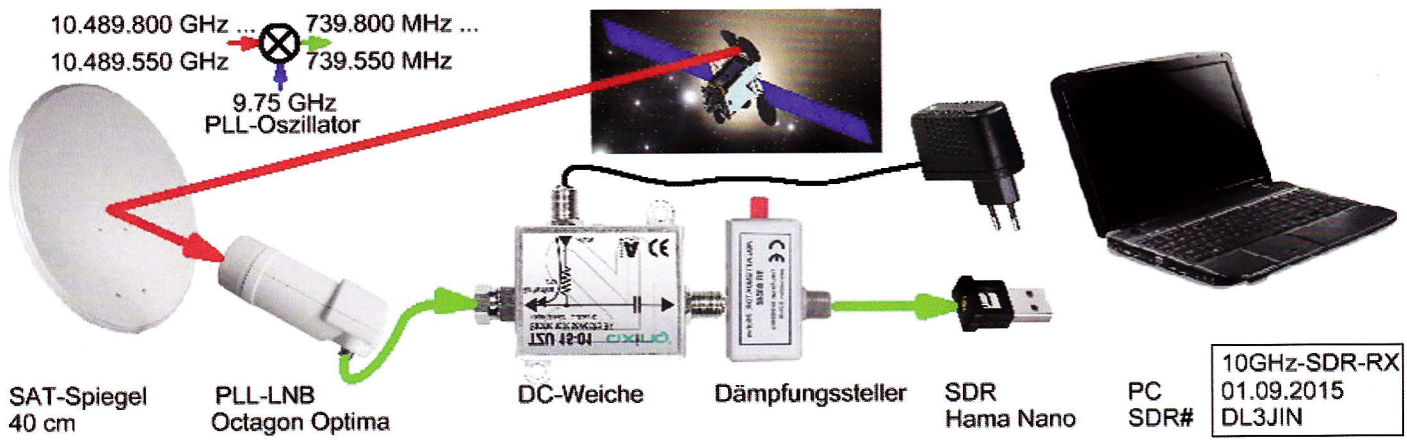


Bild 5: Variante für einen 10-GHz-Rx als Einzelstation mit PC

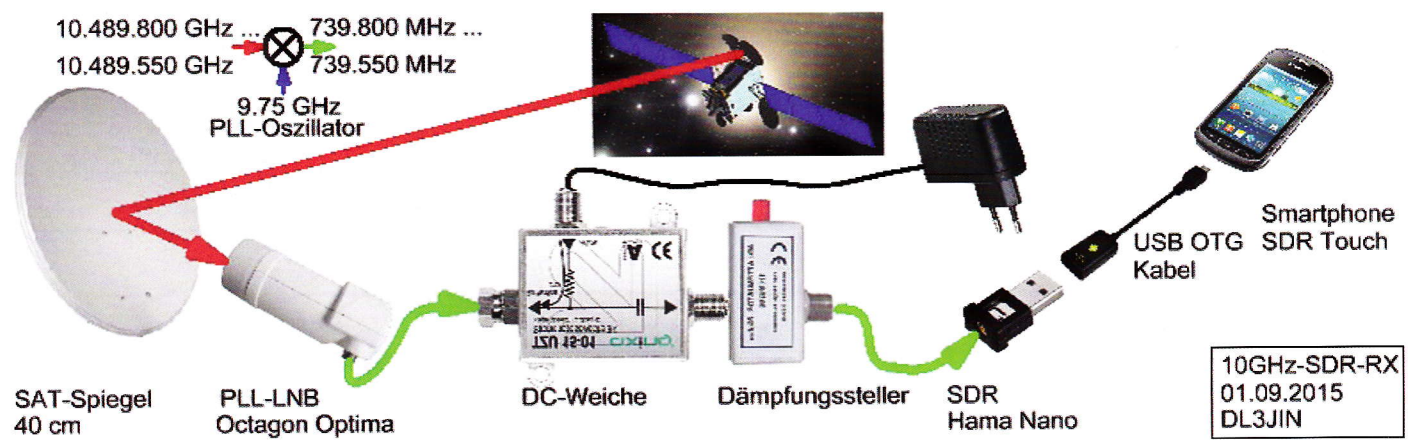


Bild 6: Variante für eine 10-GHz-Station mit Smartphone-Empfang

Den Verlauf des Sonnenstandes in Mitteldeutschland zeigt **Bild 3**.
Man erkennt, dass die Sonne jedes Jahr Ende Februar und Anfang November gegen 12 Uhr Küchenzeit genau hinter dem Satelliten steht.
Es wird bestimmt interessant zu beobachten, wie sich dann das Sonnenrauschen beim Empfang schwacher Stationen auswirkt.

Wie beginnen?

Ursprünglich hatte ich daran gedacht, einen speziellen Transverter für den 13-cm-Uplink und den 3-cm-Downlink zu bauen. Geeignete Baugruppen kann man bei [3], [4] oder [5] kaufen. Zum ersten Hineinschnuppern in die Materie reicht aber auch eine zeitgemäße Billiglösung aus, deren Hardware aus einem alten TV-Satellitenspiegel, einem geeigneten LNB und einem nachgeschalteten RTL-SDR besteht. Ein Blockschaltbild für eine 10-GHz-Station zeigt **Bild 4**.

Variante 1: Web-SDR

Sicher wäre es eine interessante Spielerei, die gesamten 250 kHz des Downlinks über einen Web-SDR-Server ins Internet zu stellen. Im Herbst 2015 gab es zwei funktionierende Programme: WebSDR von PA3FWM und OpenWebRX von HA7ILM.
Berücksichtigt man den riesigen Einzugsbereich des Transponders, dann kommen sehr viele (nicht nur) Funkamateure in Betracht, die das tun wollten oder könnten. Aber macht das Sinn?
Der Entwickler der Software WebSDR schreibt in [6], dass je User eine Uploadgeschwindigkeit von 100 kBit/s vorhanden sein sollte. Das sind bei angenommen 50 Usern gleichzeitig 5 MBit/s.
Ein Test meiner vorhandenen Upload-Geschwindigkeit bei DSL 6000 ergab magere 490 kBit/s. Somit könnte ich maximal vier externe User gleichzeitig mit einem Web-SDR-Server bedienen.
Die Einrichtung eines Web-SDR in der Ausleuchtzone von Es'hail-2 sollten also einige wenige tun, die auch eine genügend hohe Uploadgeschwindigkeit ins Internet bereitstellen können.

Variante 2: Einzelstation mit PC

Bild 5 stellt eine Übersicht einer möglichen Anordnung der Komponenten bei Variante 2 dar. Sie wird sicherlich der Normalfall eines am Empfang von Es'Hail-2 interessierten Funkamateurs sein.
Eine funktionierende DC-Weiche für etwa 750 MHz zu bauen, dürfte für jemanden, der mit dem Lötkolben umgehen kann, kein Problem darstellen.
Ein PC mit Windows 7 und einem USB-2.0-Anschluss sollte für die Aufgabe geeignet sein.
Wenn man sich auf den kleinsten benötigten Bereich der Bandbreitendarstellung auf dem Bildschirm beschränkt (also etwa 250...500 kHz) so entlastet das die CPU gegenüber der Darstellung von (hier nicht benötigten) 2 oder mehr MHz.

Variante 3: Empfang mit dem Smartphone

Das ist mehr eine Idee oder ein Zwischenschritt, wie man zu einer ultra-portablen Empfangsanlage kommen könnte **(Bild 6)**. Allerdings ist die im Bild dargestellte Software SDR Touch [14] leider nicht kostenlos erhältlich.
Wenn man schon den Weg der Miniaturisierung beschreitet, dann sollte man auch konsequent sein und weitere Änderungen anstreben: Den Ersatz des Parabolspiegels durch eine Panelantenne H30D [10] oder Eigenbau. Die H30D hat auch



Bild 7: Ein 40-cm-Spiegel einer Camping-Satellitenanlage dient, zumindest behelfsweise, für den Es'hail-2-Empfang



Bild 8: Preisgünstiger LNB der Firma Octagon

eine horizontale Dipolebene, welche wir für den Empfang von Es'Hail-2 nicht benötigen. Diese Antenne besitzt einen (für uns leider unbrauchbaren) DRO-LNB, der ausgebaut werden kann. Der LNB ist vom Hersteller der Antenne bereits für den Austausch vorgesehen. In den nun freien Raum für den LNB passt ein Eigenbau PLL-LNB, der gleich den SDR-Empfänger mit enthält. Alle ICs dieser Version werden mit 5 V betrieben. Der RDA3565ES mit 5,5 bis 6,5 V Versorgungsspannung ist dafür leider nicht geeignet.

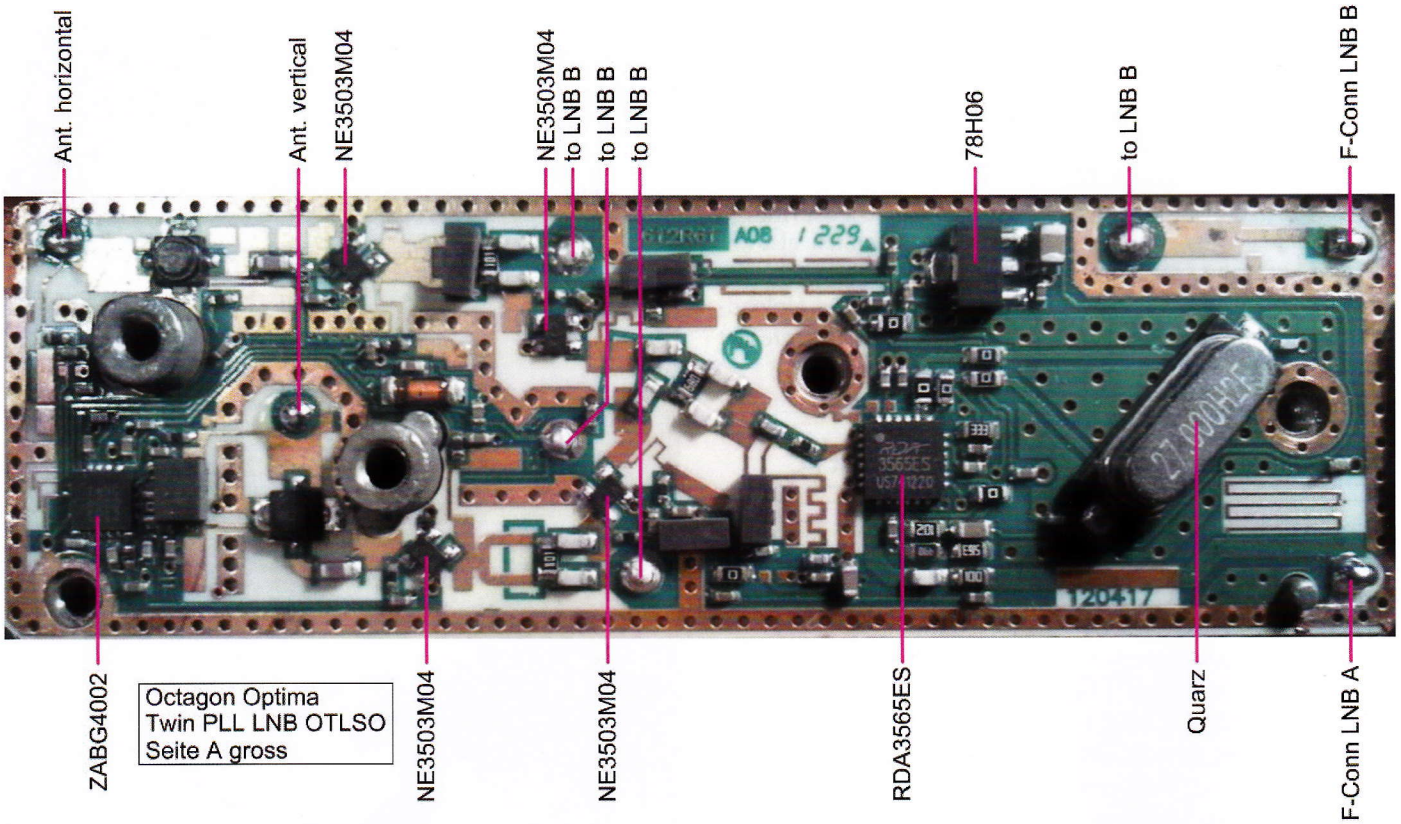


Bild 9 (oben): Octagon Optima Twin PLL-LNB, Leiterplatte LNB A

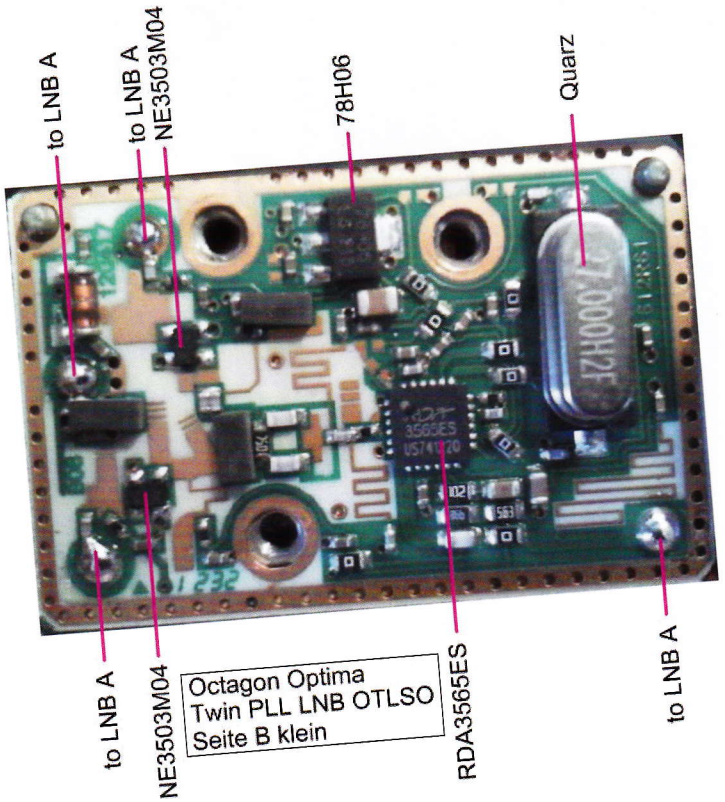


Bild 10: Octagon Optima Twin PLL-LNB, Leiterplatte LNB B

Hier müsste der ältere Typ RDA3560m oder PLL-LNB IC anderer Hersteller [17], [18] verwendet werden.

Der Nachteil dieser Version: Das Entwerfen, die Bestückung und die Inbetriebnahme der benötigten Leiterplatte ist nicht für Anfänger geeignet. Die Kabellänge bei USB ist auf wenige Meter begrenzt. Hoher Stromverbrauch dieser Variante leert den Akku des Smartphones recht schnell und das ganze System muss dann für Fremdspeisung ausgelegt werden.

Der Spiegel

Obwohl in [2] von einem Spiegel mit mindestens 60 cm Durchmesser geschrieben wird, habe ich beschlossen, erst einmal mit einem bereits vorhandenen 40-cm-Spiegel einer Camping-Satanlage zu beginnen (**Bild 7**). Das Foto zeigt den Campingspiegel mit altem DRO-LNB für den Empfang des ASTRA-Satelliten auf 19,2° Ost. Mir ist nicht klar, ob in [2] die 60 cm nur für den Uplink oder auch für den Downlink empfohlen werden. Der nachgeschaltete LNB hat laut Herstellerangaben eine sehr hohe Verstärkung von 60...65 dB und kompensiert den kleinen Spiegel hoffentlich. Das wird die Praxis zeigen.

Sollte der Campingspiegel sich als zu klein erweisen, dann wartet im Lager des nächsten Supermarktes schon ein größeres Exemplar.

Aber auch die andere Möglichkeit besteht: Der SDR wird durch den hohen Gewinn des Spiegels und die hohe Verstärkung des LNB übersteuert. Es ist also zur Sicherheit vorerst ein einstellbares Dämpfungsglied vor den SDR zu schalten.

Hier ein Optimum zu finden, ist ein weites Experimentierfeld nach dem erfolgreichen Start des Satelliten.

Der LNB

Die Modulationsarten SSB und CW im Lineartransponder stellen hohe Anforderungen an die Frequenzstabilität der 10-GHz-Empfangsanlage.

Es sollte möglich sein, ein SSB-QSO über den Zeitraum von etwa 3 Minuten ohne Nachstimmen des Empfängers zu verfolgen.
Das ist mit älteren LNB (DRO) mit einer so genannten „Pille" als frequenzbestimmendes Element nicht zu machen.
Aber der technische Fortschritt hat uns LNB mit PLL-Frequenzaufbereitung und einem Quarz als Bezugsfrequenz beschert.
Trotzdem ist die Erfüllung o.g. Forderung auch bei wechselnden Umgebungsbedingungen (Temperatur) nicht einfach. Eine Suche im Internet nach „LNB" und „PLL" führte zu einigen Anbietern: Amiko, Avenger, Geosat, Maverick, New Japan Radio, Norsat, Octagon, Swedish Microwave AS. Berichte im Internet behaupten, dass der innere Aufbau der LNB von Amiko, Avenger und Octagon identisch sei, da auf gleichem Chipsatz beruhend und auf der gleichen Fertigungsanlage produziert.
Die Preisunterschiede sind enorm. Ich entschied mich für einen OPTIMA LNB Twin Slim OTLSO PLL der Firma Octagon, der für 16 € erhältlich war **(Bild 8)**.
Eine sehr schöne Untersuchung eines älteren PLL-LNB hat Andy Talbot, G4JNT, angefertigt [9]. Dort findet man auch ein Foto der Bauelemente-Anordnung einer Seite des geöffneten älteren Octagon OTLSO LNB mit dem RDA3560m.
Der Chipsatz meines PLL-LNB besteht aus einigen wenigen Komponenten:

- NE3503m04 als HF-Vorstufen [7]
- RDA3565ES als PLL, Mischer und ZF-Verstärker [8]
- ZABG4002 als 4-fach FET Bias Controller [11]
- 78H06 als analoge Spannungsregler

Warum Twin? Nun, seine Elektronik ist doppelt ausgelegt, er bringt für den geübten Löter seine eigenen Ersatzteile für spätere Reparaturen bereits mit. Für den Empfang des Lineartransponders von Es'Hail-2 nutzen wir nur die horizontale Antennenpolarisation und einen einzigen PLL-LNB mit einem Ausgang. Die nicht benutzte zweite F-Buchse kann bei Bedarf als Eingangsbuchse für ein außerhalb des LNB erzeugtes hochpräzises Oszillatorsignal genutzt werden.
Warum Slim? Das Gehäuse des Slim ist etwas länger als das des Single und erlaubt dem Funkamateur beim experimentellen Fokussieren des LNB an unterschiedlichen Spiegeln einen größeren Einstellbereich. Neugierig habe ich einen PLL-LNB geöffnet und einen Blick auf das Innenleben geworfen. Das Innenleben eines Octagon Optima Twin PLL-LNB zeigen die **Bilder 9 und 10**.

Empfindlichkeit verschiedener LNBs

Ich hatte einige LNBs zum Test der Empfindlichkeit zur Verfügung **(Bilder 11 bis 13)**. Getestet wurde mit dem internen Signalqualitäts-Indikator eines TV der Marke Panasonic TX-L32ETW5. Nach jedem Wechsel des LNB wurde die Empfangsanlage sorgsam neu in Elevation, Azimuth, Polarisation und Focus auf Signalmaximum ausgerichtet. Als Signalquelle diente der Satellit ASTRA auf 19,2° Ost. Ich konnte keine großen Unterschiede in der Empfindlichkeit eines PLL-LNB und eines DRO-LNB feststellen. Wichtig ist die hohe Frequenzstabilität des PLL-LNB.

Frequenzkonstanz von LNBs

Im Empfangssystem sind zwei Oszillatoren vorhanden, welche jeweils ihre eigene Frequenz-



Bild 11: Die Empfindlichkeit verschiedener LNBs im Test: Das LNB Octagon OTLSO mit jeweils 77 %/86 %, darunter ...



Bild 12: ... das LNB Telestar SkySingle 40 mit 75 %/85 %, weiter unten ...



Bild 13: ... das LNB Comag LP401mit 76 % / 79 %

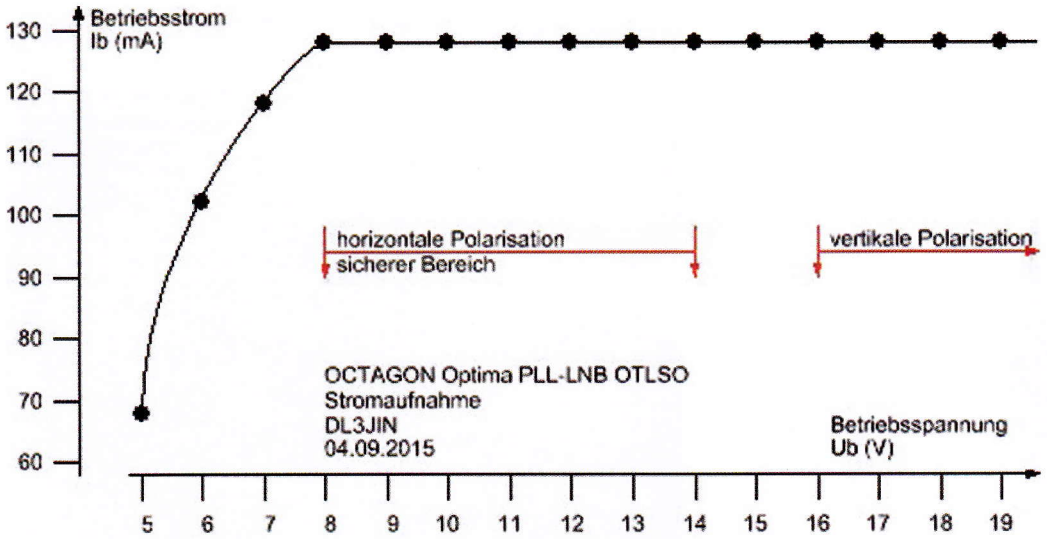


Bild 14: Für sichere Funktion müssen bei horizontaler Polarisation zwischen 8 V und 14 V Gleichspannung an der F-Buchse des LNB anliegen

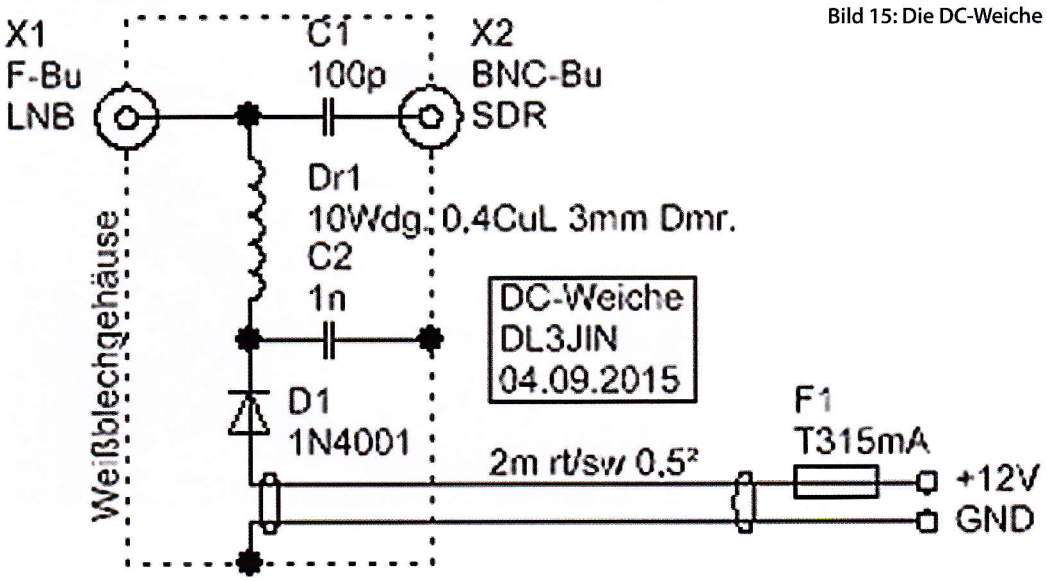


Bild 15: Die DC-Weiche

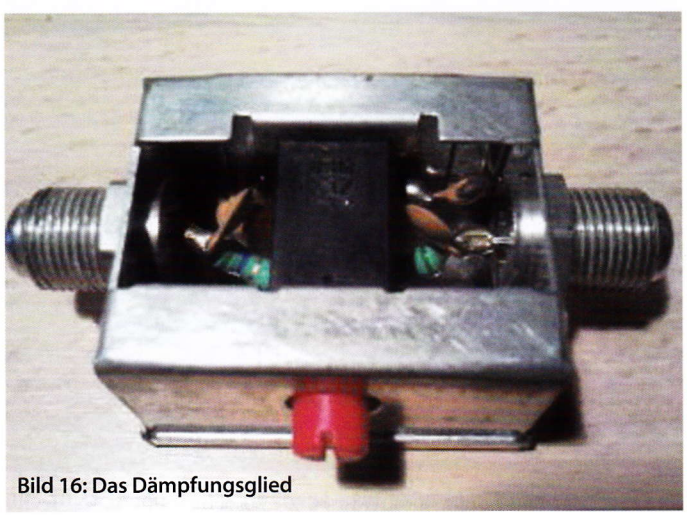


Bild 16: Das Dämpfungsglied

Tabelle 1: Messergebnisse

-	LNB A	LNB B
Ub (V)	Ib (mA)	Ib (mA)
5	67	68
6	102	103
7	117	119
8	127	129
9	128	130
10	128	130
11	128	130
12	128	130
13...19	128	130

toleranz und Drift besitzen – der Quarz im LNB und der Quarz im SDR. Im untenstehenden **Bild 17** ist eine nicht maßstäbliche Darstellung der Frequenzkonstanz verschiedener LNB-Oszillatoren abgebildet.

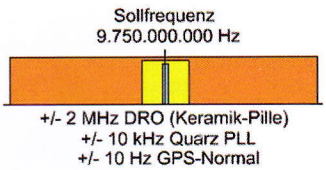


Bild 17: Frequenzkonstanz verschiedener LNB-Oszillatoren

ppm = 0,0001 %
ppb = 0,000000001 %

DRO: Dielectric Resonanz-Oszillator:
Frequenzbestimmendes Bauteil ist eine Keramikscheibe. Eine Feinabstimmung der Frequenz kann mechanisch über eine metallische Schraube gemacht werden, die sich mehr oder weniger der Keramikscheibe nähert.
Für analoges Satellitenfernsehen war die Stabilität dieses Oszillators lange ausreichend, da die AFC im Satellitenempfänger Frequenzabweichungen des Oszillators bis zu einem gewissen Teil ausgleichen konnte.
Für den stabilen Empfang von Schmalbandsignalen im 10-GHz-Bereich ist diese Art Oszillator unbrauchbar.

PLL mit Quarz: Phase Locked Loop:
Die Oszillatorfrequenz ist stets ein ganzzahliges Vielfaches eines Schwingquarzes. Im Octagon PLL-LNB ist ein Quarz 27,000 MHz verbaut. Um auf eine Frequenz von 9,75 GHz zu kommen, ist eine 348-fache Vervielfachung notwendig.
Frequenzabweichungen des Quarzes werden 348-fach auf die Ausgangsfrequenz übertragen. Ein Quarzhersteller nennt für Quarze HC49/US-SMD folgende Toleranzen:

- Frequenzkonstanz ±5 bis ±50 ppm bei –40 bis +85 °C
- Abweichung der Endfrequenz ±5 bis ±50 kHz

Ein preiswerter Vertreter dieser Kategorie ist der PLL-LNB von Octagon.

PLL mit TCXO-Quarz: Phase Locked Loop/Temperature Compensated X-tal Oszillator:
Eine im Quarzgehäuse vorhandene Temperaturkompensation verbessert die Frequenzkonstanz.
Hersteller nennen folgende Werte:

- Frequenzabweichungen ±2,5 ppm max. bei –40 bis +85 °C
- Abweichung der Endfrequenz ±2,5 kHz

TCXO für 27,000 MHz scheinen nicht Standard zu sein. Chinesische Hersteller liefern jedoch gerne und preiswert ab einer Mindestabnahme von 100 000 Stück.
PLL mit OCXO-Quarz (Thermostat): Phase Locked Loop/Oven Controlled X-tal Oszillator:
Der Quarz befindet sich in einem auf konstant hoher Temperatur oberhalb der höchsten zu erwartenden Umgebungstemperatur geheizten Gehäuse.
Herstellerangaben:

- Frequenzkonstanz ±100 ppb im Außentemperaturbereich von –40 bis +75 °C
- Abweichung der Endfrequenz ±10 Hz

Es ist sicher nur eine Frage der Zeit, bis jemand eine Quelle für preiswerte 27,0 MHz SMD OCXO entdeckt und diese statt der normalen Quarze im Octagon-LNB einbaut.
Platz dafür ist reichlich vorhanden, auch für einen eventuell noch zusätzlich notwendigen 3,3 V LDO Spannungsregler zur Versorgung des OCXO.

PLL mit GPS-Signal:
Lesen Sie hierzu die Dokumentation von Heinz Schmiedel, DJ5FN [15]:
Leo Bodnar (Electronics) LTD verkauft eine „Low-jitter GPS-locked precision frequency reference 450 Hz to 800 MHz output"-Baugruppe [22]. Dieter Leupold, DF9NP, hat eine fertige Lösung für die Anbindung einer 27-MHz-PLL an einen hochstabilen TCXO oder an ein GPS-Signal entwickelt [23].

Minimal mögliche LNB-Betriebsspannung

Die Ermittlung der minimal möglichen Betriebsspannung eines LNB ist sehr einfach und geschieht über die Messung der Stromaufnahme (**Tabelle 1**).
Ein simpler Linearregler 78H06 übernimmt im LNB die Bereitstellung der vom RDA3565ES benötigten 6 V. Gewöhnlich benötigt solch ein Regler für sichere Funktion eine etwa 2,5 V bis 3 V über der Ausgangsspannung liegende Eingangsspannung.
Für sichere Funktion mit horizontaler Polarisation und bei Verwendung des 9,75 GHz Oszillators müssen mindestens 8 V Gleichspannung, aber weniger als 14 V, an einer F-Buchse des LNB anliegen (**Bild 14**).
Das erlaubt den problemlosen Portabelbetrieb aus einer Autobatterie oder einem 12-V-Steckernetzteil. Wir benötigen doch aber vertikale Polarisation in diesem Spannungsbereich!
Das Problem ist leicht lösbar. Der LNB wird um 90° gedreht in der LNB-Halterung eingesetzt.
Es sieht zwar ungewöhnlich aus, wenn der Kabelanschluss seitlich vom LNB wegführt, ermöglicht uns aber die Nutzung des LNB mit vertikaler Polarisation bei 12 V Betriebsspannung.

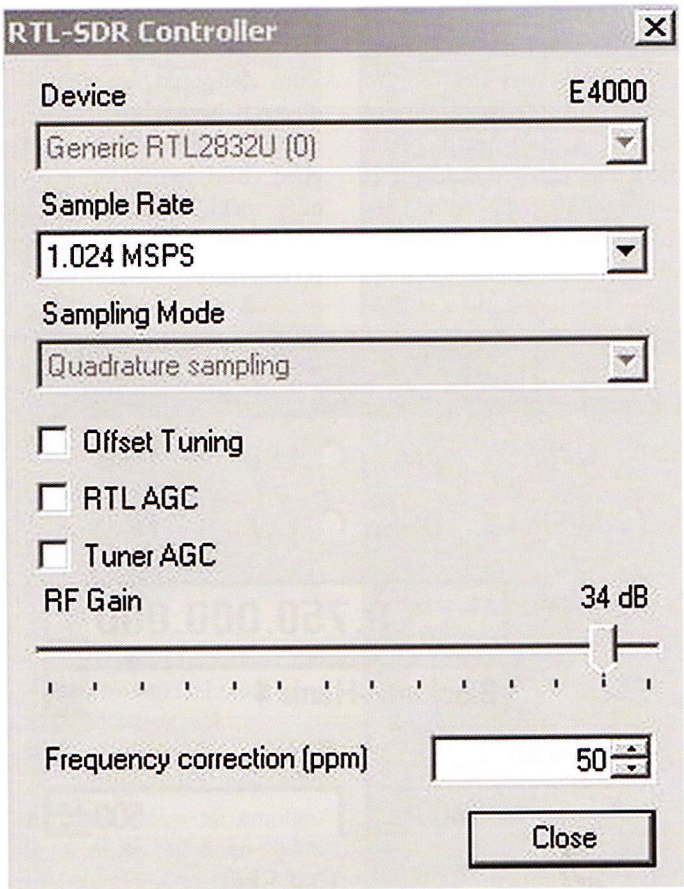


Bild 18: In SDR# lässt sich die Samplerate per „Configure -> Sample Rate und Gain" einstellen



Bild 19: Auswählen des Geräts in SDR#

Die DC-Weiche

Für den Einbau einer Verpolschutzdiode mit 0,7 V Flussspannung in das Gehäuse der DC-Weiche steht noch genügend Rohspannung zur Verfügung (**Bild 15**). Auch auf die Verwendung einer Schmelzsicherung sollte der Bastler

nicht verzichten. Es entstand dieser Schaltplan: Die Drossel DR1 besteht aus etwa 10 cm lötbarem Kupferlackdraht der Stärke 0,4 mm, der dicht an dicht über einem 3 mm Spiralbohrerschaft zur Spule gewickelt wurde. Ihre Wirkung ist bei 750 MHz ausreichend.

Das Dämpfungsglied

Zum Zeitpunkt, an dem ich diesen Beitrag schrieb, war mir nicht klar, ob das Dämpfungsglied **(Bild 16)** benötigt wird oder nicht. Sinn und Zweck soll es sein, den nachfolgenden RTL-SDR vor Übersteuerung zu schützen. Ein übersteuerter RTL-SDR führt dazu, dass in der Darstellung auf dem Bildschirm des PC keine Einzelheiten mehr zu sehen sind.
Ob der Empfang auch funktioniert, wenn man das Dämpfungsglied nicht verwendet und nur die Möglichkeit der Verstärkungseinstellung durch Software für den Tuner im RTL-SDR nutzt, muss nach der Inbetriebnahme des Satelliten ausprobiert werden.

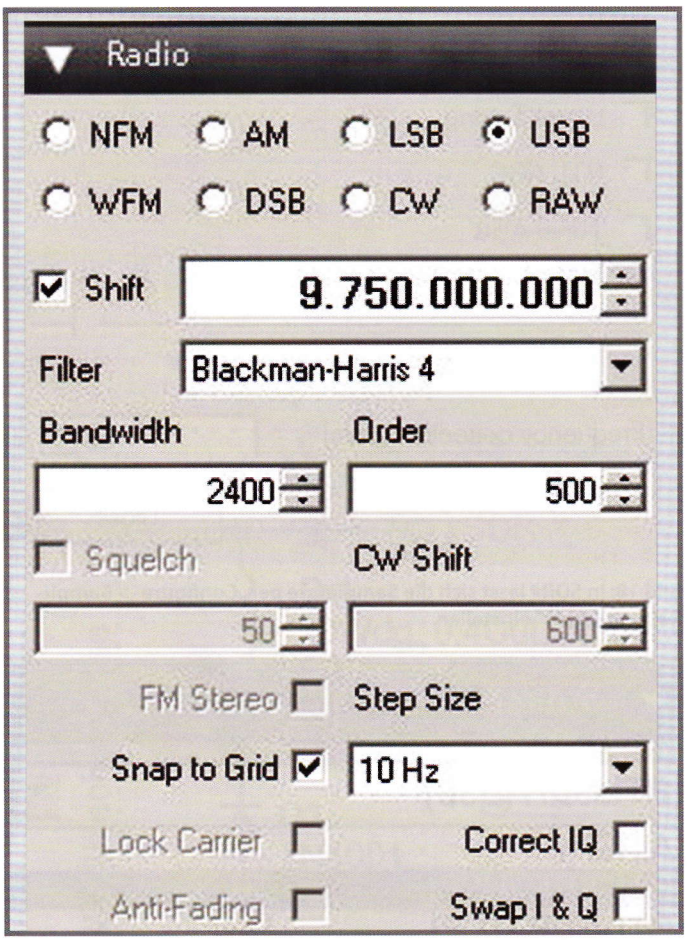


Bild 20: Auswahl der bevorzugten Betriebsart in SDR#

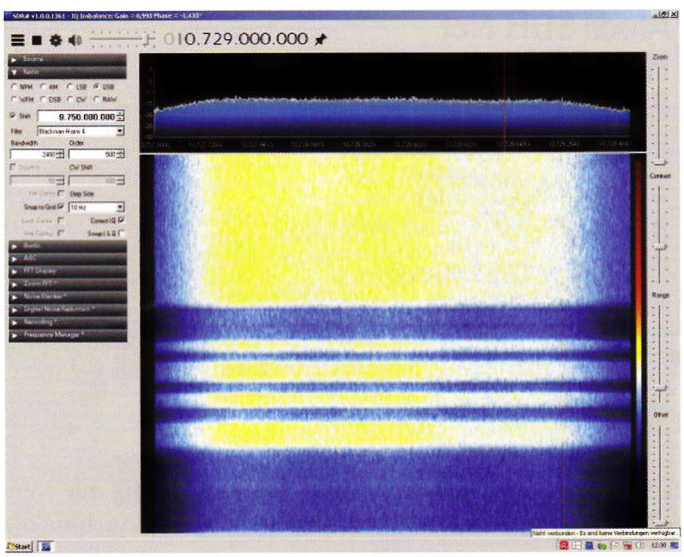


Bild 21: Testempfang des Satellit ASTRA (19,2° Ost)

RTL-SDR-Stick

Zu dem von mir benutzten RTL-SDR Stick Hama-Nano habe ich bereits einen Beitrag [12] geschrieben und erspare mir die Wiederholung. Der interessierte Leser möge dort zum Thema RTL-SDR weiter lesen. Von der Firma NooElec wird ein verbesserter RTL-SDR angeboten, der „NESDR Mini 2+ RTL-SDR & DVB-T USB Set w/ 0.5PPM TCXO & R820T2 Tuner IC". Er enthält einen temperaturkompensierten Quarzoszillator und einen verbesserten Tunerchip R820T2. Eine Untersuchung der technischen Eigenschaften kann man in [16] nachlesen.

Rechner und Software

Ich benutze einen ASRock Mini-ITX PC AD425PV3. Dieser kann auch direkt von der Autobatterie mit 12 V betrieben werden. Auf dem PC ist Windows 7 als Betriebssystem installiert. Als Software empfehle ich SDR# (auch SDRSharp genannt) [13].

Einstellungen in SDR#

Die Samplerate ist auf 1,024 MS/s eingestellt, da 0,512 MS/s in der Software leider nicht vorgesehen ist **(Bild 18)**. Mit dem Schieberegler RF Gain kann die Verstärkung zwischen –1 dB und 42 dB eingestellt werden. Eine geringe hier eingestellte Verstärkung könnte eventuell das Hardware-Dämpfungsglied entbehrlich machen.
Mit der Einstellung „Frequency Correction [ppm]" lässt sich die verbleibende Differenz zwischen Sollfrequenz und im Display dargestellter Frequenz minimieren.
Im Menüpunkt „Source" ist RTL-SDR [USB] auszuwählen **(Bild 19)**.
Im Menüpunkt „Radio" wählen wir vorerst USB als bevorzugte Betriebsart **(Bild 20)**.
Im Kästchen Shift setzen wir das Häkchen und tragen im Fenster rechts davon 9.750.000.000 ein. Das ist unsere theoretische Oszillatorfrequenz im PLL-LNB. Dieser Wert kann später je nach wirklich vorhandener Oszillatorfrequenz nach oben oder nach unten korrigiert werden.
Das Setzen dieses Wertes führt gleichzeitig zu einer Korrektur der Frequenzanzeige auf dem Bildschirm und es wird der Eingangsfrequenzbereich des LNB mit korrekten Frequenzangaben angezeigt.
Für die Abstimmschrittweite sind 10 Hz oder 100 Hz zweckmäßig und der Rasterfang sollte eingeschaltet sein. Der Punkt „Correct IQ" bleibt ohne Haken.
Wir brauchen diese Funktion nicht, da sich die störende Spitze in der Mitte des Empfangsbereiches außerhalb des sichtbaren Bereiches des Bildschirms befindet. Bei einer Samplerate von 1,024 MS/s befinden sich 3/4 des Empfangsbereiches außerhalb des Bildschirms, ist also vergeudete Rechenleistung.
So wird es gemacht: Die rote Cursorlinie an den äußersten linken Rand der Spektrumanzeige setzen und anschließend durch Antippen der oberen (rot) oder unteren (blau) Bereiche einer Ziffer oberhalb der Spektruman-

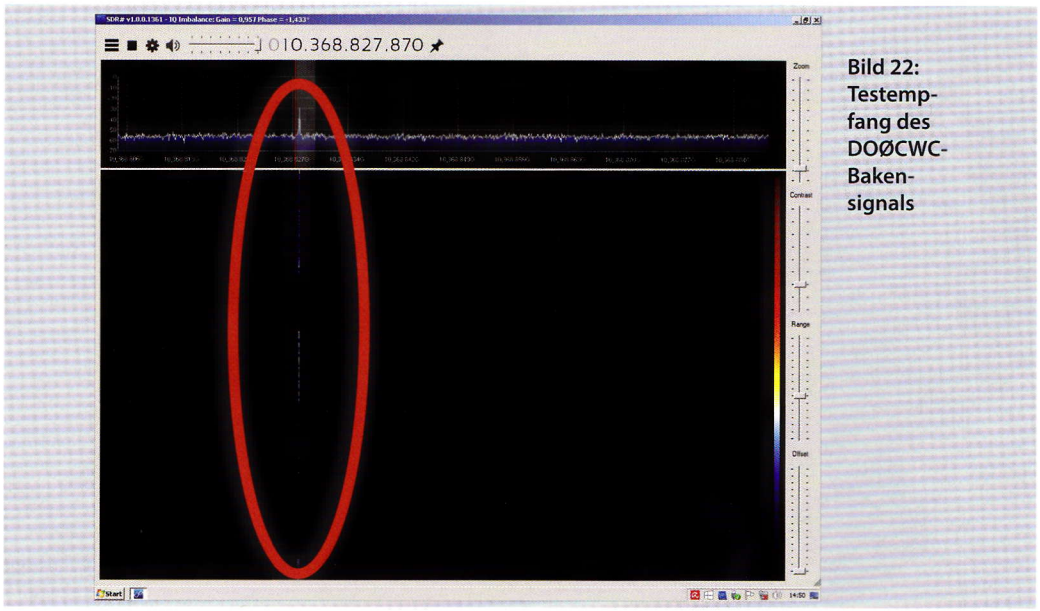


Bild 22: Testempfang des DOØCWC-Bakensignals

zeige den Wert 10.489.550.000 zuweisen. Nun den am rechten Bildschirmrand befindlichen Schieberegler „Zoom" von „0" kommend vorsichtig nach oben bewegen und am rechten Rand des Spektrums eine Frequenz von etwa 10.489.800.000 einstellen.
Die nachfolgenden Empfehlungen entsprechen meiner persönlichen Vorliebe:
Im Menüpunkt „FFT Display" setze ich den Regler „Spectrum" „Speed" ganz nach links, das ergibt den langsamsten Verlauf im Wasserfall-Diagramm und somit die Darstellung über einen möglichst langen Zeitraum.
Am rechten Rand des Bildschirms befinden sich noch einige Schieberegler:

- „Zoom": siehe oben
- „Contrast": etwa Mittelstellung
- „Range": leicht unter Mittelstellung
- „Offset": auf „0" (unten)

Testmöglichkeiten

Nun habe ich den ganzen Kram zusammengeschraubt und erfolgreich am heimischen Basteltisch in Betrieb genommen. Mit dem Empfang von terrestrischen Rundfunkstationen im UKW-Bereich habe ich etwas den Umgang mit der Software SDR# geübt. Welche Möglichkeiten gibt es, das System aus Spiegel, LNB, Dämpfungsglied und RTL-SDR Stick vor dem Start des Satelliten Es'hail-2 zu testen, wenn man nicht stolzer Besitzer eines 10-GHz-HF-Messplatzes ist?

Satellit ASTRA auf 19,2° Ost

Vom TV-Satelliten Astra auf 19,2° Ost werden ständig Programme abgestrahlt. Diese sind digital und lassen sich mit dem RTL-SDR ohne passende Software nicht decodieren. In einem Analogempfänger hören wir nur ein breitbandiges Rauschen. Um eine Parabolantenne auf Astra auszurichten und für erste Tests der 10-GHz-Empfangsanlage ist das Signal dennoch geeignet. Ich benutze den Transponder mit der Mittenfrequenz 10,729 GHz als Testsignal. RTL-AGC und Tuner-AGC werden durch Entfernen des Häkchens in SDR# abgeschaltet, der Schieberegler RF Gain ist auf Rechtsanschlag (42 dB) gestellt. **Bild 21** entstand bei der Suche des Satelliten durch Verstellen des Spiegels von Hand.

Terrestrische Baken

In meiner näheren Umgebung befinden sich einige 10-GHz-Baken:

- DMØTUD in JO61VA auf 10,368885 GHz,
- DOØCWC in JO60MT auf 10,368845 GHz und
- OKØEKL in JO60LJ auf 10,368890 GHz.

Um diese Baken zu empfangen, muss ich auf einen 10 km entfernten Hügel fahren. Vom Balkon in meiner Häuserschlucht habe ich keine freie Sicht zu den Baken und somit keine Chance sie zu empfangen. Auf **Bild 22** erkennt man die Signalspitze der Bake DOØCWC. Gleichzeitig wird die Abweichung von –17 kHz der Frequenzanzeige in SDR# deutlich. Die Abweichung wird verursacht durch die Ungenauigkeiten der Quarzoszillatoren im PLL-LNB und im RTL-SDR. Das ließe sich allerdings durch die Anwendung der Frequenzkorrektur in SDR# beseitigen.

EME-Bake DLØSHF auf 10,368025 GHz

Von PAØEHG gibt es eine Beschreibung über den Empfang der EME Bake DLØSHF mit einem SDR [21] und die von ihm ausgeführten Messungen.

Handfunkgerät Baofeng UV-3R MK2

DG9VH hat beschrieben, wie man mit einem Baofeng UV-3R MK2 ein Testsignal für den Abgleich von 10-GHz-Empfängern auf dem Basteltisch nutzen kann [20].

Literatur und Links

[1] DO1DAA in CQ DL 9/15, S.40ff.
[2] www.itu.int/en/ITU-R/space/workshops/2015-prague-small-sat/Presentations/Eshail-2.pdf
[3] www.kuhne-electronic.de
[4] www.dg0ve.de
[5] www.rfhamdesign.com/products/btv-microwave/10ghz-transverter/index.php
[6] www.websdr.org/faq.html
[7] Datenblatt NE3503m04: http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/683183/RENESAS/NE3503M04.html
[8] Herstellerangaben zum RDA3565ES: www.rdamicro.com/Products/Detail_207.aspx
[9] G4JNT, Tests on a DIGITAL TV LNB for 10GHz narrowband: www.g4jnt.com/pll_lnb_tests.pdf
[10] SELFSAT 10-GHz-Planarantenne: www.selfsat.com/download/01_selfsat_home/SELFSAT%28no5-8%29Catalog%20-%20HOME.pdf
[11] Datenblatt ZABG4002: www.diodes.com/_files/datasheets/ZABG4002.pdf
[12] DL3JIN, Ein SDR vom Gemüsehändler: http://dl3jin.de/sdr.htm
[13] http://sdrsharp.com/#sdrsharp
[14] http://sdrtouch.com
[15] http://z21.vfdb.org/Archiv/pdf-Dateien/H.Schmiedel_Frequenznormal.pdf
[16] Peter M.W. Kalberla: Basic RTL-SDR Tests, Stability of a new RTL2838U/R820T2 Dongle: http://sterrenwacht leeuwarden.nl/documenten/rtl_R820T2%281%29.pdf
[17] NXP TFF1024HN Application Note: www.nxp.com/documents/application_note/AN11516.pdf
[18] NXP TFF101x Datenblatt: www.nxp.com/products/rf/mixers/mixer_with_integrated_lo/TFF1014HN.html
[19] https://www.satbeams.com/footprints
[20] DG9VH: BAOFENG UV-3R MKII als 10 GHz Bake?, www.dg9vh.de/2014/11/09/baofeng-uv-3r-mkii-als-10-ghz-bake
[21] PAØEHG: DL0SHF low cost solution, www.pa0ehg.com/dl0shf2.htm
[22] Leo Bodnar: (Electronics) LTD Precision Frequency Reference (GPS Clock): www.leobodnar.com/shop/index.php?main_page=product_info&cPath=107&products_id=234
[23] DF9NP: Low cost TVSat LNB disciplined to 10MHz reference, www.df9np.de/Contents/TVSat_LNB.pdf