



Gunthard Kraus, DG 8 GB

Empfängerbau mit 50 Ω -Baugruppen (= „Gainblocks“)

Teil 3: Die 23-cm-Version

... Fortsetzung aus UKW-Berichte 1/2017:

7. Die 23-cm-Version

Das Schöne am Gainblock-Prinzip ist, dass man aus früheren Projekten bereits vorhandene Baugruppen, die sich eventuell noch in der „Schublade“ befinden weiter verwenden kann. Dies ist zum Beispiel die Grundversion des verwendeten LNAs (siehe [6]) für den Bereich von 1 bis 2 GHz mit über 20 dB Verstärkung und einer Rauschzahl NF von 0,3 bis 0,4 dB. Dieser Verstärker wird direkt übernommen und so bleibt als einzige erforderliche Neuentwicklung ein Bandpass für den Bereich von 1240 bis 1300 MHz.

Den gültigen Stromlaufplan des LNAs zeigt **Bild 29** mit dem zusätzlichen 4,7 μF -SMD-Keramikkondensator zur Siebung der Versorgungsspannung - und um Signale daran zu hindern, aus dem Baustein heraus zu schleichen und sich irgendwo im System wieder heimlich Einlass zu verschaffen (siehe vorheriges Kapitel).

7.1. Der 1270 MHz-Bandpass und seine „Geschwister“

Wie so oft im Leben beginnt das Ganze völlig harmlos: Man entwirft einen Mikrostreifen-Bandpass aus dem preisgünstigen und trotzdem guten Material ROGERS „R04003“ bzw. seinem nicht brennbaren Bruder „R04350“. Allerdings gab es plötzlich ein langes Gesicht, denn wegen der recht niedrigen Dielektrizitätskonstante von etwa 3,5 beträgt die errechnete mechanische Länge plötzlich fast 160 mm - und das bei einer Maximallänge von 130 mm für die im Vorrat befindlichen gefrästen Alugehäuse. Zum Glück erinnerte ich mich, dass ich (wieder mal...) irgendwann auf dem HAM Radio-Flohmarkt eine Platte ROGERS RT6010 in der Größe eines DIN A4-Blattes mitgenommen habe. Neu gekauft ist dieses Teflon-Material ja unglaublich teuer, aber hier hatte ein Einmannbetrieb für Leiterplattenfertigung die Verwendung dieser

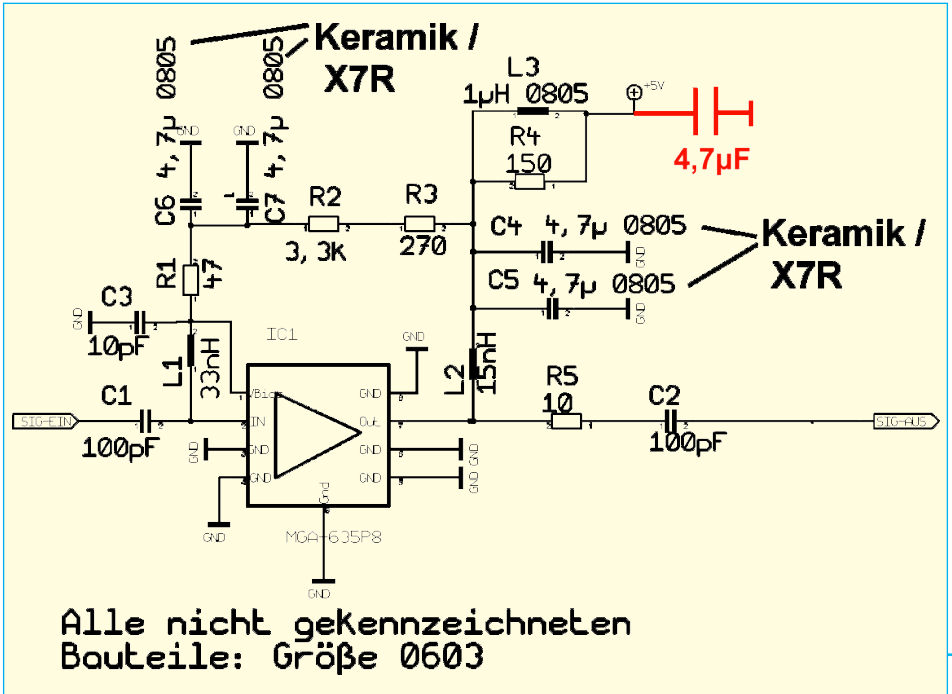


Bild 29: Das ist die LNA-Schaltung für 1270 MHz. Allerdings sind wieder Tricks nötig, um unerwünschten starken UKW-Radiostationen den Weg über die Versorgungsleitung bis zum Ausgang zu versperren

Sorte aufgegeben, das Lager geräumt und so galt wohl der Restpreis nach der Abschreibung. Das war die Rettung: dieses Zeug hat eine Dielektrizitätskonstante von 10,8 und reduziert deshalb die Abmessungen deutlich (= exakt um den Faktor „Wurzel aus 10,8 / 3,5“). Die Verluste sind gegenüber RO4003 nochmals niedriger und so wurde damit ein neuer Entwurf durchgeführt. Das Ergebnis zeigt **Bild 30** und zu den vier Leitungspaaren für die Filterfunktion sind wieder die üblichen Ergänzungen erforderlich:

a. Da die Leiterbahnen der aneinander grenzenden Leitungspaare ungleich breit

sind, müssen „Microstrip-Step-Modelle“ dazwischen geschaltet werden.

b. Alle offenen Enden einzelner Leitungstücke müssen mit dem „Open End Extension Model“ abgeschlossen werden.

Da sich dadurch die Filterkurve verbiegt und die Mittenfrequenz verschiebt, benötigt man natürlich noch einige Zeit zur Optimierung der Leitungslängen, bis die gewünschte Bandbreite, die Mittenfrequenz und die Eingangsanpassung wieder stimmen.

Für „TEFLON-Material“ gelten aber leider ganz andere Richtlinien für die Vorbe-

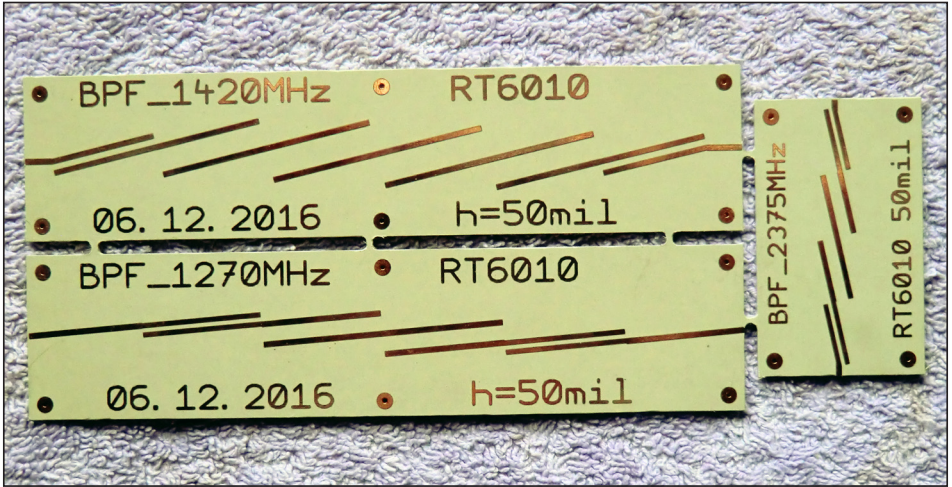


Bild 31: So sieht ein „Nutzen“ für die professionelle Platinenfertigung aus (hier TEFLON-Material); wegen der hohen Material- und Vorbereitungskosten versucht man möglichst viele Schaltungen darauf unter zu bringen

handlung und das Platinen-Ätzbad. Das war wieder einmal eine Aufgabe für das Ätzwerk München (www.aetzwerk.de),

das sich in der Vergangenheit schon immer kooperativ und kompetent gezeigt hatte. Doch diesmal ging es nicht ohne

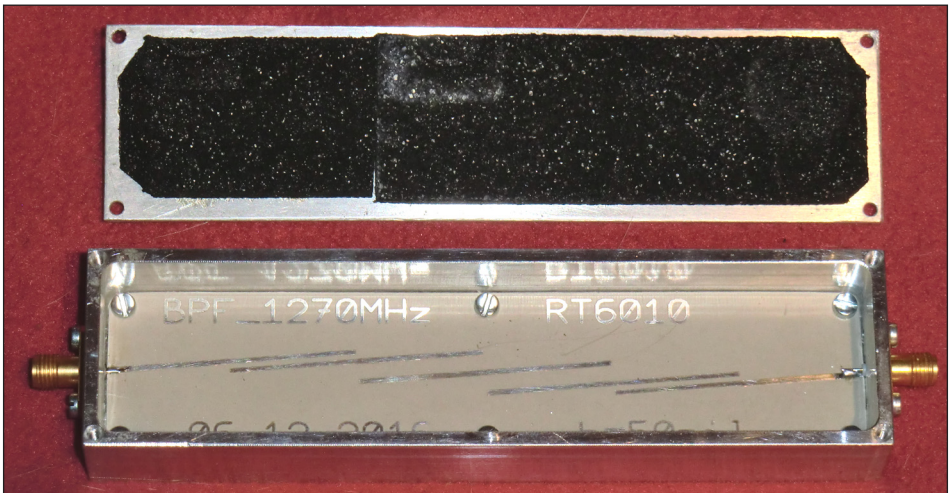


Bild 32: Ehrlich - wenn man diesen Anblick mal vor sich hat, ist man froh: Erstens, wegen der erfreulichen Daten und weil man den Baustein nun endlich einsetzen kann und man die viele Arbeit und Mühe der Anfertigung endlich hinter sich hat

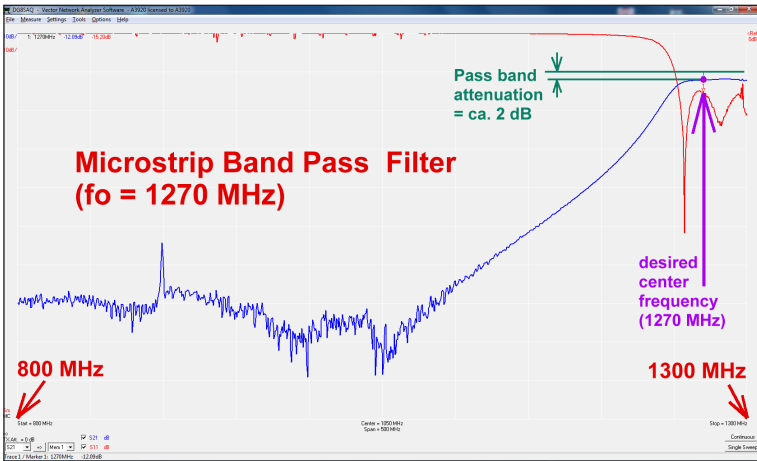


Bild 33: Das ist der Lohn: Eine Durchgangsdämpfung von gerade 2 dB bei $f = 1270$ MHz ist ein echter Traumwert; leider ist die Mittenfrequenz noch um 9 MHz zu hoch

kritische Bemerkungen (Bayrisch = „Granteln“) ab, da zusätzlich noch eine kleinere Spannvorrichtung für das DIN A4-Blatt improvisiert werden musste. Schließlich laufen dort über die Ätzbäder immer Platten mit einer Breite von einem halben Meter... Einen „Nutzen“, der damit gefertigt wurde zeigt **Bild 31**. Außer dem vorgesehenen 23-cm-Bandpass enthält er eine weitere Version für 1420 MHz mit höherem Filtergrad (= „Wasserstoff-Frequenz“) sowie eine 13-cm-Version, die später wegen ihrer gesunkenen Abmessungen in das kleinere vorhandene Abschirmgehäuse mit 50 mm Länge passt.

Leider geht bei der Herstellung der Leiterplatte im „Ätz-

werk“ durch das Einspannen in der improvisierten Vorrichtung einiges an Fläche rundherum am Rand verloren und so reicht das DIN A4-Blatt nur für zwei solcher Nutzen.

Nach der Fertigstellung der Platine, der Anreibe-Ver Silberung und dem Einbau in das Aluminiumgehäuse (**Bild 32**) interessieren natürlich die Messwerte. Eine erfreulich niedrige Durchgangsdämpfung (minimaler Wert = 2 dB) zeigt **Bild 33**, aber leider auch eine

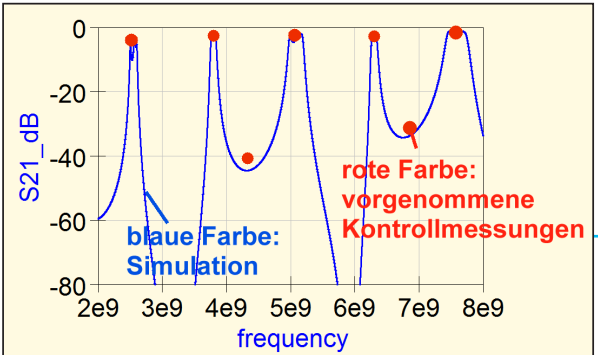


Bild 34: Das Verhalten im Sperrbereich stimmt mit dem Lehrbuch überein



*Bild 35:
Die beiden unter-
suchten Sticks im
Vergleich mit fast
identischen Abmes-
sungen*

Filterkurve, die um 9 MHz nach oben verschoben ist. Diese Abweichung lässt sich leicht durch einen weiteren Entwurf beheben, wenn man bei ihr alle Leitungslängen einfach um den Faktor 1279 : 1270 verlängert.

Aber dazu wären zwei Dinge nötig: Erstens nochmals eine solche Teflon[®]-Platte (= teuer) und zweitens für die Platinfertigung nochmals viel Geld.

Die Weitabselektion sieht man in **Bild 34** mit den prinzipiell unvermeidlichen periodischen Einbrüchen bei der Sperrdämpfung, wenn die Frequenz immer weiter erhöht wird. Das auf der Innenseite des Deckels aufgeklebte Dämpfungsmaterial (siehe nochmals Bild 32) verhindert Gehäuseresonanzen, die zusätzlichen Ärger beim Sperrverhalten ab 4 GHz verursachen. Aber so ist es halt bei dieser Filterart...

Ansonsten: Volle Übereinstimmung von Simulation und fertigem Produkt im ersten Durchlauf!

7.2. Die Sache mit den DVB-T-Sticks

Über die Verwendung des „RTL-SDR.COM“-Sticks haben wir ja schon in Kapitel 4 gesprochen. Interessenthalber und zum Vergleich mit diesem Stick wurden noch einige Exemplare einer überall angebotenen himmelblauen Stick-Billigversion über Ebay in China bestellt, die ebenfalls mit dem R820T2-Tunerchip wirbt (**Bild 35**). Für insgesamt gut 20 Euro (bei kostenloser Lieferung) erhält man nicht nur drei Sticks, sondern auch drei Fernbedienungen, 3 kleine CDs sowie drei Teleskop-Antennen mit Magnetfuß und MCX-Stecker am Antennenkabel.

Ein solcher blauer Stick wurde sofort geöffnet und sein Eingang unter dem Mikroskop mit 12 facher Vergrößerung untersucht. Es zeigte sich, dass parallel zur Eingangsbuchse die bekannte SMD-Schutzdiode angeordnet ist gefolgt von einem DC-Trennkondensator. Zwischen

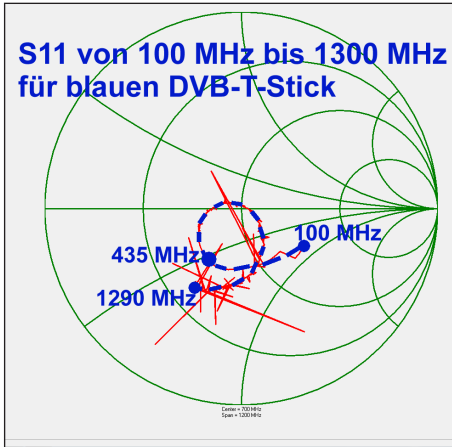


Bild 36: Erstaunlich und erfreulich ist der Verlauf von S11 zwischen 50 MHz und 1300 MHz des blauen Sticks im angelieferten Originalzustand

ihm und dem Antenneneingang am Tunerchip ist lediglich eine winzige SMD-Induktivität mit einigen NanoHenry eingefügt.

Das fordert natürlich zu S11-Messungen heraus, deren Ergebnis im Bereich von 100 MHz und 1300 MHz in **Bild 36** dargestellt ist. Da fragt man sich, ob man das selbst so gut hingekriegt hätte! Und ein Vergleich mit dem RTL-SDR.COM-Stick (siehe Bild 17) geht eindeutig zugunsten des blauen DVD-T-Sticks aus....

... aber auch hier bestehen Möglichkeiten für Verbesserungen, wie **Bild 37** demonstriert. Hier wurde versucht, den S11-Verlauf des blauen Sticks im Bereich bis 500 MHz zu optimieren und so verbesserte Bedingungen für den 70-m-Empfang zu schaffen. Dazu wurde die Schutzdiode am Antenneneingang entfernt und durch eine Reihenschaltung aus 100 Ohm und

39 nH ersetzt. Mit dem neuen integrierten 100 Ohm-Parallelwiderstand im Chip-Eingang sollte man jetzt doch bis 500 MHz recht nahe an den Idealfall von 50 Ohm als Antennen-Eingangswiderstand kommen - und das wurde geschafft! (Aber ab 800 bis 900 MHz wird die Reflexion leider schlechter als ohne Umbau).

Die Frage: „ist ein sofortiger Umstieg auf diese blaue Blume nötig?“ wurde nach genauerer Untersuchung mit „Nein“ beantwortet. Zwar zeigen sich bei beiden Versionen und leerlaufendem Stick-Eingang immer wieder Störlinien im Spektrum was sicher mit der Leitungsführung, der Art der Siebung und Entkopplung sowie mit irgendwelchen Einstreuungen in den Tunerchip beim gewählten Platinenlayout zusammenhängt. Bei dieser neuesten Version von HDSDR kann man mit der Tastenkombination <Control + N> auf der Software-Seite ein zusätzli-

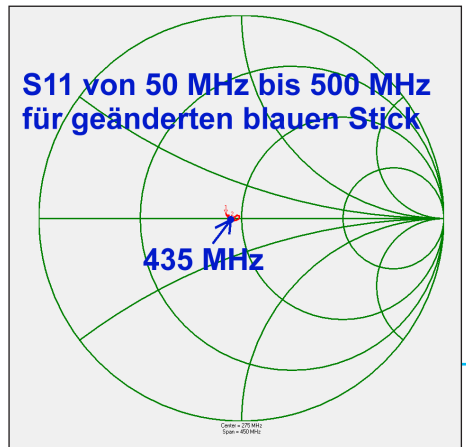


Bild 37: Mit einer simplen Änderung im Eingangsteil des blauen Sticks schafft man ideale S11-Verhältnisse bis 500 MHz

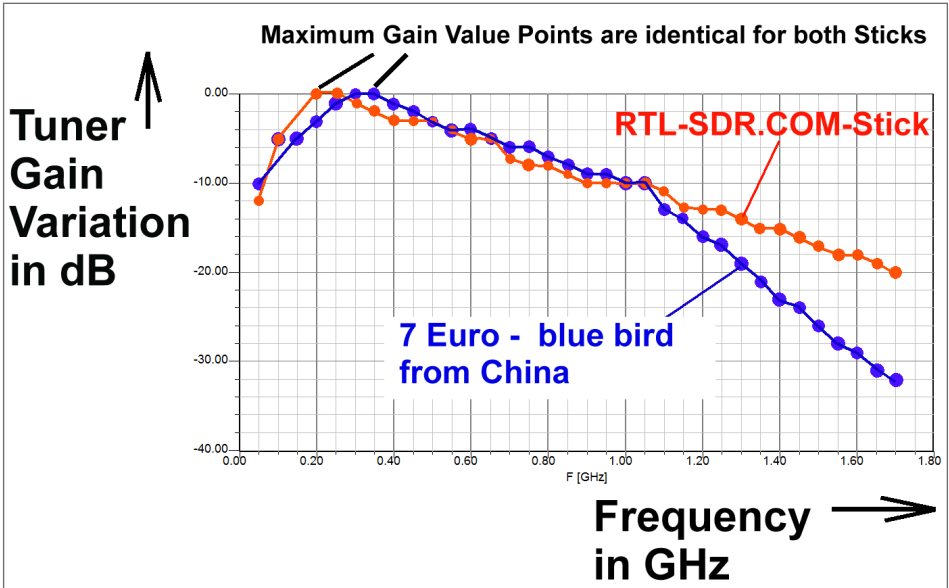


Bild 38: Die einfachere originale Eingangsbeschaltung führt beim „blauen Stick“ leider zu einem stärkeren Abfall der Verstärkung ab 1 GHz (siehe Text)

ches und in der Amplitude einstellbares Breitband-Rauschen zur Anzeige addieren und so diese unerwünschten „Fipse“ zudecken. Meist liegen sie in der Amplitude noch unter $0,22 \mu\text{V}$ ($= -120 \text{ dBm}$) und somit stört der angehobene Rauschpegel nicht sonderlich. Entscheidender ist aber die haushoch überlegene Qualität des im RTL-SDR.COM verbauten hochstabilen Quarzoszillators ($= \text{TCXO}$). Nicht nur die Absolutgenauigkeit der Frequenz und ihre minimale Temperaturabhängigkeit überzeugen, sondern auch das deutlich niedrige Seitenbandrauschen in der Nähe des Trägers.

Wer natürlich nur Musik hören will, ist dagegen mit dem „blauen Vogel“ bestens bedient.

Allerdings blieb doch eine gewisse Unruhe und Unsicherheit übrig und folgende Frage bohrte im Unterbewusstsein:

Da die Clipping-Anzeige von HSDR nicht im Tuner, sondern im IQ-Decoder RTL2832 wirksam ist, könnte man nun mit ihrer Hilfe die Frequenzgänge der beiden Sticks von 50 MHz bis 1700 MHz messen und vergleichen.

Und so ging das:

- Man stellt bei der tiefsten Messfrequenz von $f = 50 \text{ MHz}$ die Senderspannung so ein, dass gerade „Clip“ aufleuchtet. Dazu gehört ein genau definierter ZF-Pegel, der aus dem Tunerchip kommt.
- Die Tuner-AGC ist ausgeschaltet.
- Der erforderliche Senderpegel für „Clip“

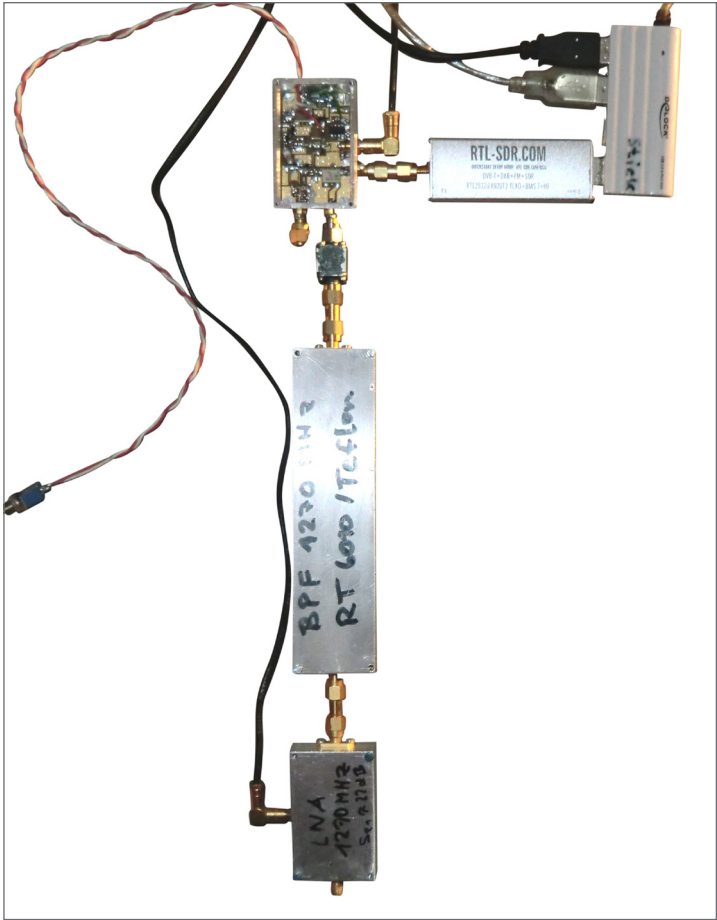


Bild 39:
Die moderne SDR-Technik ist irgendwie schon unglaublich: Das ist alles, was man für einen komfortablen 23-cm-Empfänger benötigt!

ping“ bei dieser Frequenz wird notiert.
 d. Dann wird die Frequenz in Schritten von 50 MHz bis $f_{max} = 1700$ MHz erhöht und bei jedem Schritt wieder der für „Clipping“ erforderliche Senderpegel notiert. Da die vom Tunerchip erzeugte Zwischenfrequenz praktisch immer dieselbe Amplitude aufweist, sieht man genau, wo die Verstärkung ansteigt (= weniger Senderpegel für „Clip“ nötig) oder absinkt (=

mehr Senderpegel für „Clip“ nötig)
 e. Nun sucht man im entstandenen Protokoll nach der Frequenz mit dem kleinsten nötigen Senderpegel, denn das entspricht dem Höchstwert der Tunerverstärkung. Dieser Wert wird in einer neu angelegten Liste zu „Null“ gesetzt.
 f. Bei allen übrigen Frequenzen ist der nötige Senderpegel höher. Die Differenz zum Minimalwert wird errechnet und in

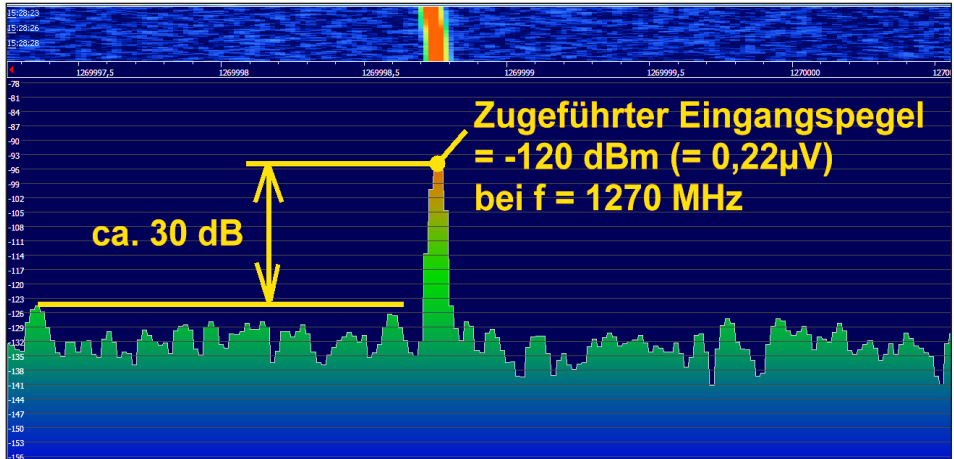


Bild 40: Auch hier gilt: Es ist vollbracht und das erhoffte Ziel die Eingangsempfindlichkeit betreffend erreicht

der neuen Liste festgehalten. Der nötige Anstieg des Senderpegels entspricht nämlich genau der Abnahme der Tunerverstärkung. So kommt man zum Diagramm in **Bild 38** und man sieht:

bis ca. 1 GHz ist der Unterschied zwischen beiden Sticks nicht weltbewegend. Ab hier wirkt aber die Induktivität in der Eingangsleitung des blauen Sticks zusammen mit der Eingangskapazität des Tuner-Chips als Tiefpass und die Empfindlichkeit nimmt bis 1,7 GHz linear ab. Das wurde beim RTL-SDR.COM-Stick deutlich besser gelöst.

7.3. Der vollständige Versuchsaufbau für 23 cm

Den Anblick von **Bild 39** kennen wir nun schon gut. Auch bei der Empfangsleistung sind keine bösen Überraschungen zu erwarten, denn das Rauschverhalten wird vom LNA mit seiner geringen und praktisch frequenzunabhängigen Eigenrauschzahl (NF knapp unter 0,4 dB) bestimmt.

Da die Stufenverstärkung des LNAs mehr als 20 dB beträgt, spielen die nachfolgenden Baugruppen mit ihren Dämpfungen keine entscheidende Rolle. Also sind wohl ähnliche Ergebnisse wie bei der 70-cm-Version zu erwarten, wenn dieselben HDSDR-Einstellungen gewählt werden:

- $f = 435$ MHz
- AGC = OFF
- Tuner Gain = Maximum = 49,6 dB
- Samplefrequenz = 1,152 Msps
- IF-Bandbreite = 2050 kHz
- Buffer = 64 kB
- Decimation = 1
- Betriebsart = CW
- RBW = 17,6 Hz

Wie erwartet zeigt **Bild 40**, dass man mit der Vermutung richtig lag.



Quellen:

- [1] RTL-SDR.COM - Homepage
- [2] Auf der Homepage (www.gunthardkraus.de) findet man einen Ordner mit dem Namen „Frischer Wind für DVB-T-Sticks und SDRs...“
- [3] Firma TACTRON, Vertrieb,
Herr Achim Baier
Tel +49 (0)7308 811 2026
Fax +49 (0)7191 3540-15
achim.baier@tactron.de
<http://www.tactron.de>

[4] Empfängerbau mit 50 Ω -Bauguppen (= „Gainblocks“), Teil 1, Gunthard Kraus, DG 8 GB; UKW-Berichte 4/2016, Seiten 221 - 238

[5] Ein rauscharmer Vorverstärker für das 70-cm-Band mit einer Verstärkung von 25 dB und einer Rauschzahl von ca. < 0,3 dB, Gunthard Kraus, DG 8 GB, UKW-Berichte 2/2013, Seiten 75 - 88

[6] Entwicklung einer Vorstufe für 1 bis 1,7 GHz mit einer Rauschzahl von 0,4 dB, Gunthard Kraus, DG 8 GB, UKW-Berichte, 4/2012, Seiten 213 - 227

ANZEIGE

MASTGEHÄUSE



MGK, kleines Mastgehäuse

Wetterschutzhaube mit Alugrundplatte und Befestigungsteilen für Rundrohr bis 60 mm
B x H x T in mm: 95 x 54 x 65

Gewicht 340 g

Art.Nr. 10719

€ 19,-



MGS, mittleres Mastgehäuse

Kunststoff-Mastgehäuse mit Alugrundplatte und Befestigungsteilen für Antennen-Rohre bis D = 60 mm
B x H x T in mm: 115 x 56 x 82

Gewicht 380 g

Art.Nr. 10716

€ 21,40



MGB, großes Mastgehäuse

Großes Geräte-Mastgehäuse mit Alu-Montagewinkel, Krallenschellen verz. und U-Bügel, Edelstahl für Rohre D = 60 mm

B x H x T in mm: 145 x 70 x 98 Gewicht 420 g

Art.Nr. 10718

€ 34,40