



*Gunthard Kraus, DG 8 GB*

## Die unendliche SDR-Geschichte geht weiter:

### Untersuchung eines DVB-T-Sticks mit R820T-Tuner und RTL2832U-Decoder als Messempfänger

Das exakte Verhalten und der Betrieb eines DVB-T-Sticks mit E4000-Tuner als Digitaler Empfänger wurde sehr intensiv in [1] untersucht. In der Zwischenzeit sind jedoch die Preise für diese Sticks deutlich gestiegen, für diejenigen mit dem R820T-Tuner dagegen gefallen. Daher wurde nachfolgend ein solches Exemplar genauer unter die Lupe genommen und es ergaben sich interessante Einblicke sowie wegweisende Informationen für den unterschiedlichen praktischen Einsatz dieser beiden Bauarten.

## 1. Beschaffung

Dank des Internets ist das kein Problem: Gibt man in die Eingabezeile einer Internet-Suchmaschine „r820t rtl2832 ebay“ findet man sofort die gewünschten Angebote aus China - bei einem niedrigsten Preis von ca. € 6.- pro Stück (nur mit einer Antenne, ohne Fernbedienungs-möglichkeit) bis zu € 20.- (inkl. Antenne,

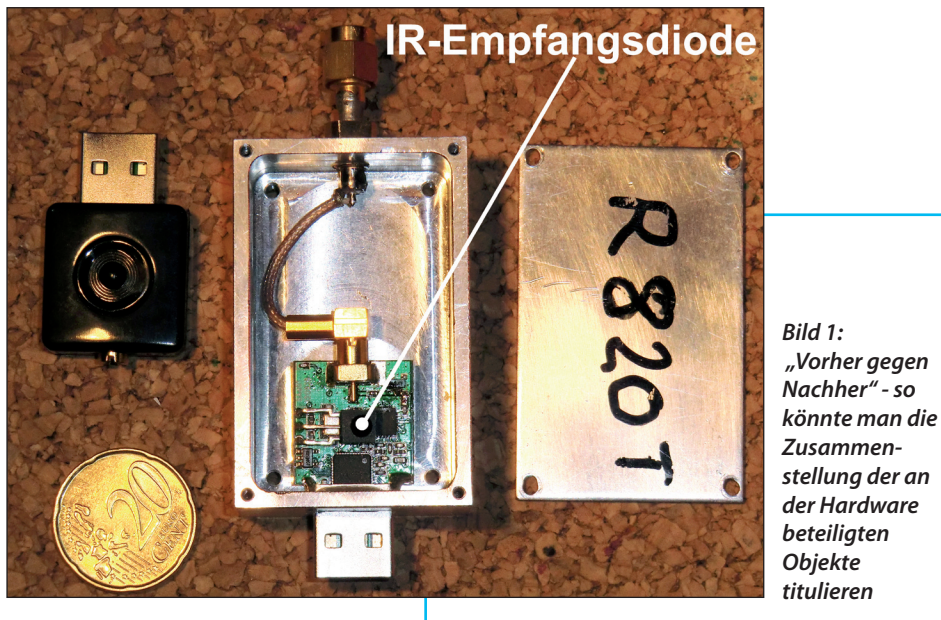
Fernbedienung und CD). Die Bezahlung z.B. per PAYPAL ist kein Problem und die Teile stecken meist schon nach einer Woche im Briefkasten.

## 2. Vorbereitung des Sticks für die Messungen

Gut zu erkennen ist in **Bild 1**, worauf man bei der Bestellung achten sollte. Es handelt sich nämlich um die Version mit zusätzlicher Infrarot-Fernbedienung (...die IR-Empfangsdiode ist im Zentrum der Platine als dunkler Kreis gut zu erkennen...) und diese neueste Stick-Generation ist schon wieder deutlich kleiner geworden. Das mit abgebildete 20 Cent-Stück dient zum Größenvergleich.

**Übrigens:** Auch die aktuellsten E4000-Empfänger sehen inzwischen genau so aus und stecken im gleichen Gehäuse, kosten aber mindestens das Doppelte.

Die Antennenbuchse ist stark geschrumpft, lässt sich deshalb nicht mehr

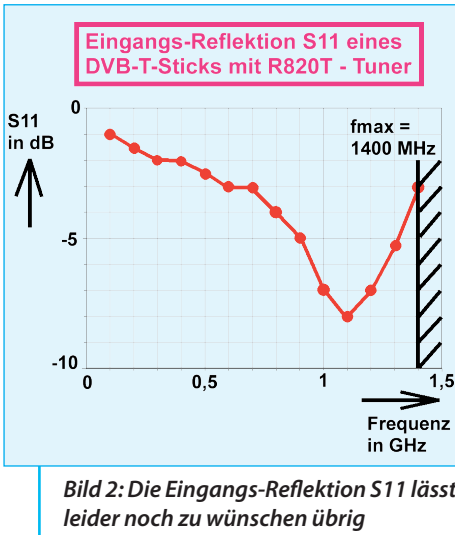


problemlos auslöten und man muss erst einmal nach dem passenden Stecker samt dünnem Teflon-Kabel fahnden. Zum Glück findet sich diese Mini-Steckerbauart mit dem Namen „MCX“ immer häufiger an den ganz modernen Kommunikationsgeräten und ist deshalb auch im Handel erhältlich. Leichter ging es natürlich hier, wenn man schon viele Jahre an keiner Wühlkiste auf dem HAM Radio Flohmarkt vorbeigehen konnte und deshalb so etwas vorsichtshalber für minimales Geld eingelagert hat.

Wieder wurde der Stick in ein gefrästes und befeiltes Aluminiumgehäuse eingebaut und darin auf der USB-Seite zuerst mit UHU-Plus (= Epoxy-Harz) eingeklebt. Anschließend erfolgte dort die elektrische Abdichtung mit aufgepinseltem Leitsilber. Für die Antennenseite wur-

de ein Stück Semi-Rigid-Kabel (Außendurchmesser = 3,6 mm) mit SMA-Stecker verwendet und in eine auf der Drehmaschine angefertigte spezielle Messing-Gewindebuchse eingelötet. Nur so (und mit einem aufgeschraubten massiven Alu-Deckel) bekommt man das Gehäuse elektrisch absolut dicht.

Der Dichtigkeitstest ist hinterher ganz einfach: man stellt das UKW-Radio-Band, z.B. bei 100 MHz ein, schaltet auf WFM = Wideband FM und sieht sich den Bildschirm auf dem Rechner an: außer dem Eigenrauschen (bei „Tuner-AGC“ = ON im Configure-Menü) dürfen höchstens ein oder zwei im Tuner selbst erzeugte Störlinien („Fipse“) über dem Rauschen zu sehen sein - und auch im Lautsprecher sollte es nur rauschen. Nähert man nun den Zeigefinger der Antennenbuchse bzw.



der eingebauten Platine (...natürlich, ohne das Gehäuse dabei zu berühren!), tauchen deutlich erkennbar die ersten UKW-Stationen aus dem Rauschen auf; zwar schwach und stark verrauscht, aber hörbar.

### 3. Die Software

Über diese Sache braucht man nicht nochmals lange zu diskutieren: Für die vorgesehenen Einsatzzwecke als Schmalband-Empfänger hinter einem Filter oder als Nachsetzer für einen speziellen Konverter oder als Spektrum-Analysator eignet sich „SDR#“ (= SDR Sharp) am besten. Man geht dazu auf die passende Homepage [2] und lädt sich die neueste Version der gezippten Datei herunter. Anschließend wird installiert (...vorsichtige Leute löschen dazu vorher die bisherige Installation), der Stick über ein gut geschirmtes USB-Kabel an den Rechner angeschlossen und „zadig.exe“ für die

Treiberinstallation aufgerufen. Diese läuft nach dem Öffnen von „options“ und „list all devices“ ganz problemlos, wenn man „Bulk-In, Interface (Interface 0)“ auswählt. Der Erfolg zeigt sich in der Meldung „driver installed successfully“. Anschließend wird das Programm mit „sdrsharp.exe“ gestartet. Sofern bereits der richtige Treiber vom Programm gefunden wurde, reicht ein Klick auf die Play- / Stop-Taste im linken oberen Eck des Bildschirms und die Sache läuft. Der Stick muss dabei als „RTL-SDR / USB“ erkannt sein.

Grundsätzlich gilt aber ab jetzt die Bitte:

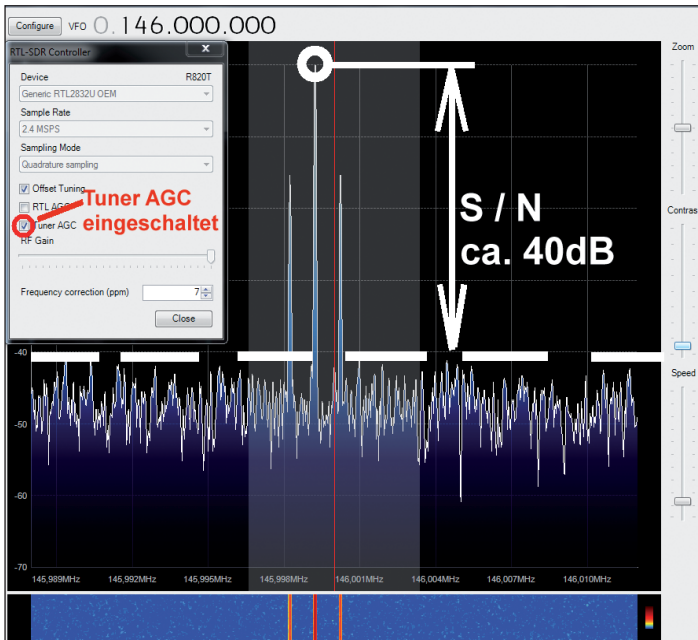
Zu allen weiteren Bedienungs-Details hole man sich Heft 3/2013 der UKW-Berichte her, denn im angesprochenen Artikel [1] findet man eine sehr, sehr ausführliche Einsteiger-Anleitung.

### 4. Was gibt es Neues?

Zunächst fällt beim R820T-Tuner gegenüber der E4000-Version auf, dass der Frequenzbereich beim R820T durchgehend von 24 MHz bis 1400 MHz ohne jede Lücke reicht!

Manche Leute sind auch schon über 1500 MHz gekommen, aber ab 1400 MHz zeigt die PLL des Umsetz-Oszillators plötzliche Aussetzer und oberhalb von 1500 MHz wird alles zum reinen Glücksspiel. Da ist es vernünftiger, sich mit sicheren 1400 MHz zufrieden zu geben.

Zum Vergleich: der E4000 startet erst bei 50 MHz und weist zwischen 1100 MHz und 1235 MHz einen gesperrten Bereich auf. Dafür lässt er sich ohne Probleme und mit hervorragenden Daten bis 2200 MHz betreiben.



**Bild 3:**  
So sieht es auf dem Bildschirm bei der Einstellung „Alles an Verstärkung her, was die Kiste leistet“ aus

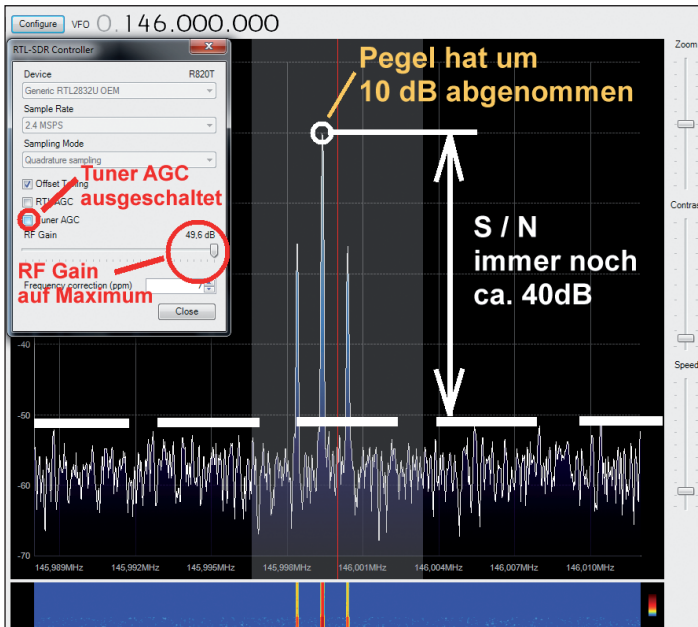
Die gemessene Eingangs-Reflektion S11 von 100 MHz bis 1400 MHz zeigt **Bild 2**. Nicht berauschend, aber beim E4000 ist das doch etwas besser gelungen. Hier ließe sich das Ganze sicher noch etwas verbessern, denn Schuld haben vermutlich die hochohmigen FET-Eingänge, die nicht angepasst wurden.

Auch das AGC-Verhalten und die Verstärkungs-Einstellung sind beim R820T deutlich anders ausgelegt. Man findet sie im „Configure-Menü“ und dazu ist Folgendes zu sagen:

Wird die Tuner-AGC abgeschaltet, lässt sich die Tuner-Verstärkung mit dem „RF-Gain“-Schieberegler um knapp 50 dB (... genau sind es 49,7 dB) verändern; beim E4000 waren es nur ca. 35 dB.

Wird dagegen bei der Tuner-AGC das Häkchen gesetzt, läuft die „Maschine“ grundsätzlich immer mit voller Verstärkung und packt zusätzlich noch 10 dB an weiterer Verstärkung oben drauf!

Das ist unter Umständen eine ganz un-gute Sache, denn dadurch steigt zwar nochmals die Empfindlichkeit um 10 dB an, aber im gleichen Maß geht auch die Übersteuerungsgefahr hoch. Völlig sinnlos ist diese Aktion dann, wenn das Eigenrauschen des Tuners schon deutlich auf dem Bildschirm zu erkennen ist und bereits über dem Quantisierungsrauschen des AD-Wandlers liegt. Beim vorliegenden 8 Bit-Wandler hat man theoretisch nur ca. 57 dB an Dynamikumfang und in diesem Fall bringt diese Zusatzverstärkung keinen Vorteil mehr



**Bild 4:**  
Das Abschalten der Tuner-AGC vermindert bei maximaler RF-Gain die Gesamt- $\pm$ verstärkung um exakt 10 dB

beim Signal-Rauschabstand. Somit besteht Übersteuerungsgefahr und deshalb schaltet man sie, wenn möglich, einfach aus. Die Tuner-Verstärkung wird also besser von Hand mit dem Schieberegler auf einen vernünftigen Wert eingestellt.

Das dabei erforderliche praktische Vorgehen wird hier an einer Bilderfolge dargestellt.

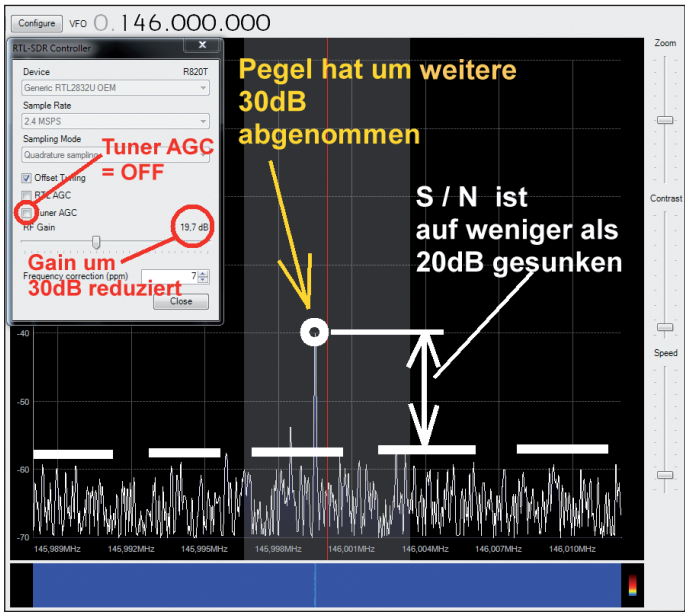
Das Spektrum eines empfangenen AM-Signals mit dem Trägerpegel von -102 dBm, der Frequenz  $f = 146$  MHz und zu 30 % mit einem 1 kHz-Ton amplitudenmoduliert zeigt **Bild 3**. Die Tuner-AGC ist durch das Häkchen aktiviert und so erreicht der Träger exakt den oberen Diagrammrand mit Null dB. Der Signal-Rauschabstand liegt bei ca. 40 dB.

Nun wird das Häkchen bei der Tuner-AGC

entfernt und dafür der RF-Gain-Regler auf Maximum (= 49,6 dB) gestellt. Wie versprochen sinken dadurch der Träger- und der Empfänger-Rauschpegel um 10 dB, der Signal-Rauschabstand bleibt unverändert (**Bild 4**).

Jetzt wird die Verstärkung um 30 dB auf 19,7 dB reduziert. Der Trägerpegel nimmt natürlich ebenfalls um diese 30 dB ab, aber das Tuner-Rauschen geht bereits im (höheren) Quantisierungs-Rauschpegel unter. Deshalb verschlechtert sich der Signal-Rauschabstand massiv (**Bild 5**).

Und wenn man schließlich um fast 50 dB (= bis auf die Einstellung „RF-Gain = 0 dB“) zurückdreht, ist auch das Nutzsignal endgültig im Quantisierungsrauschen verschwunden (**Bild 6**).



## 5. Frequenzgang der Eingangs-Empfindlichkeit

Das ist eine einfache Aufgabe für die beiden bewährten Präzisions-Messsender hp8640B und hp8657B. Es wird bei jeder Frequenz mit einem Träger-Ausgangsspegel von -120 dBm gearbeitet, was einer „Hinlaufenden Welle = Incident Wave“ mit der Amplitude von 0,224  $\mu$ V entspricht. Eine zusätzliche AM-Modulation von 30 % bietet eine akustische Kontrolle und erleichtert die Abstimmung.

Mit dem hp8640B wird der Bereich von 20 MHz bis 200 MHz untersucht, das anschließende Verhalten bis 1400 MHz ist eine Aufgabe für den hp8657B. Auf dem Bildschirm werden bei jeder eingestellten Frequenz die im Spektrum angezeigte

Trägeramplitude sowie der Spitzenwert des Rauschens abgelesen.

Richtig aufwendig war die Ermittlung der optimalen Setup-Einstellungen um den besten Signal-Rauschabstand in Verbindung mit dem größten darstellbaren Dynamikbereich zu erzielen. Hier sind die endgültigen Werte, mit denen gearbeitet wurde, sie findet man in der linken Bildschirmhälfte:

### a) Radio-Menü

Betriebsart: AM  
Shift: Null  
Filter Type: Blackmann-Harris 7  
Filter Bandwidth: 6800Hz  
Filter Order: 450  
Step Size: 1 kHz  
Correct IQ

### b) Audio



**Bild 6:**  
Bei weiterer Reduktion um 20 dB auf insgesamt 50 dB Verstärkungsmin- derung ist das Nutz- signal im Rauschen verschwunden

48000 Samples pro Sekunde

Filter Audio = ON

c) **AGC**

Use AGC

Use hang

Threshold = -56 dB

Decay = 93 ms

Slope = 0

d) **FFT-Display**

View = Both

Window = Blackmann-Harris 7

Resolution = 131 072

Range: wurde auf 0....-70 dB einjustiert

(Alle übrigen Einsteller in Mittelstellung)

Das "Configure-Menü" ist natürlich das Wichtigste und bekommt deshalb ein eigenes **Bild 7** spendiert. Dazu sind einige Erklärungen erforderlich:

Ganz oben steht der erkannte Stick als „Device = R820T“ und als Wandler / Decoder-Typ „Generic RTL2832U OEM“.

Als Wandler-Rate werden 2,4 Mega-Samples pro Sekunde (= bester Kompromiss bezüglich S/R-Abstand und plötzlich auftretenden, intern produzierten Stör- linien..) und als Sample-Typ „Quadrature Sampling“ gewählt (Hinweis: hier lässt sich nur etwas verändern, wenn zuerst das Programm über die Play-Taste ge- stoppt wird).

Offset-Tuning wird eingeschaltet, RTL- AGC und Tuner-AGC sind dagegen außer Betrieb.

Dafür wird der „RF-Gain“-Regler auf den Höchstwert von 49,6 dB geschoben.

Die grün markierte „Frequency correc-

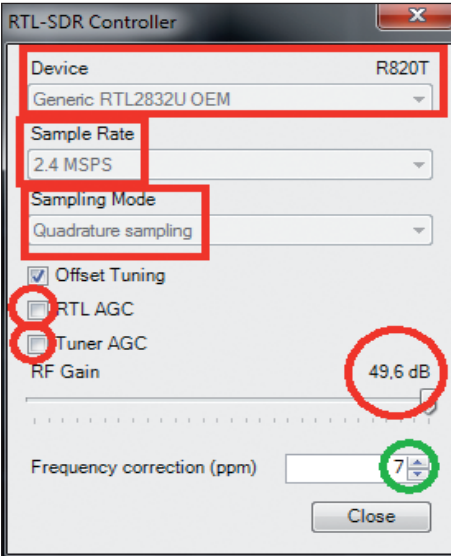


Bild 7: Das Configure-Menü bedarf stets großer Aufmerksamkeit und umsichtiger Pflege, wenn die Ergebnisse reproduzierbar sein sollen (siehe Text)

tion (ppm)“ macht nur Sinn, wenn man ein Sendersignal mit höchster Konstanz und absoluter Genauigkeit zur Verfügung hat.

Die Messergebnisse werden in **Bild 8** (= Bereich von 24 bis 200 MHz) und **Bild 9** (= Bereich von 200 bis 1400 MHz) präsentiert und bieten keine großen Überraschungen - außer der Freude, dass kein Frequenzsegment gesperrt ist und man deshalb in diesem Bereich jede beliebige Frequenz wählen kann.

## 6. Bestimmung des Dynamik-Bereichs als Spektrum-Analysator

Auch hier ging es nicht ohne Grübeln und Knobeln ab, wobei das Ergebnis in **Bild 10** ist doch sehr aussagekräftig ist.

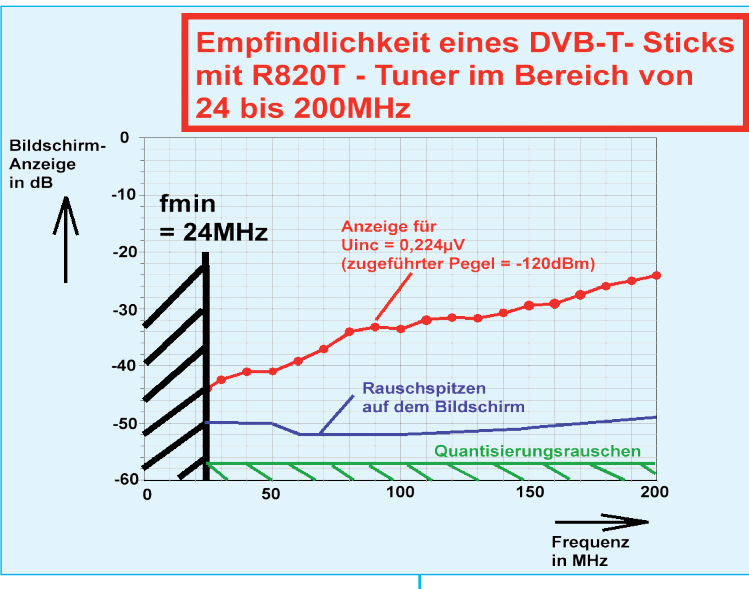
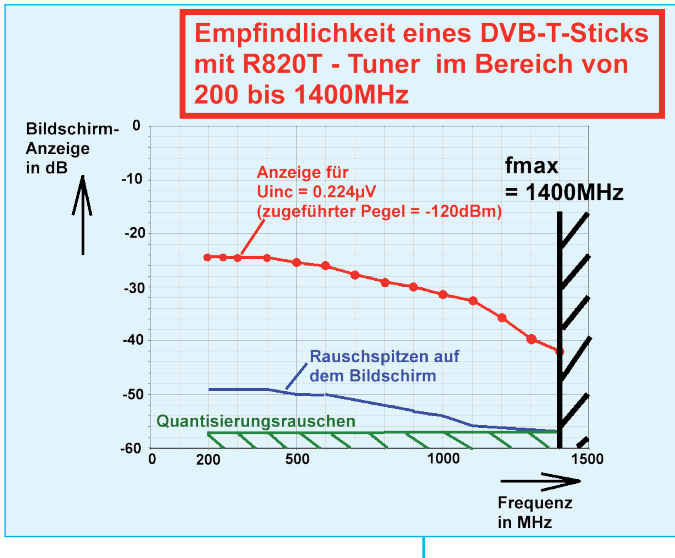


Bild 8: Der Lohn der Mühe ist zunächst der Empfindlichkeits-Verlauf von 24 MHz bis 200 MHz





**Bild 9:**  
Auch die Empfindlichkeit im Bereich von 200 MHz bis 1400 MHz bietet Erfreuliches ohne böse Überraschungen (z.B. gesperrte Frequenzbereiche)

Es wurde bei der Frequenz  $f = 146$  MHz aufgenommen, denn ausgerechnet in der Nähe von 145 MHz taucht eine interne Störlinie des Tuners auf. Allerdings verlangt Bild 10 vom Bediener etwas Aufwand und genaues Mitdenken:

- a) Die Tuner-AGC bleibt grundsätzlich ausgeschaltet
- b) Bei sehr kleinen Pegeln (unterhalb von -90 dBm) stellt man den RF-Gain-Schieberegler auf Maximum, also auf 49,6 dB und kann damit einen Anzeigebereich von ca. 50 dB ausnützen.
- c) Reicht die Spektrallinie über den oberen Bildrand hinaus, geht man bei der RF-Gain auf 19,6 dB zurück und reduziert auf diese Weise die Verstärkung bzw. Empfindlichkeit um 30 dB. So lassen sich Pegel bis hinauf zu -60 dBm darstellen.
- d) Und wenn das nicht mehr reicht,

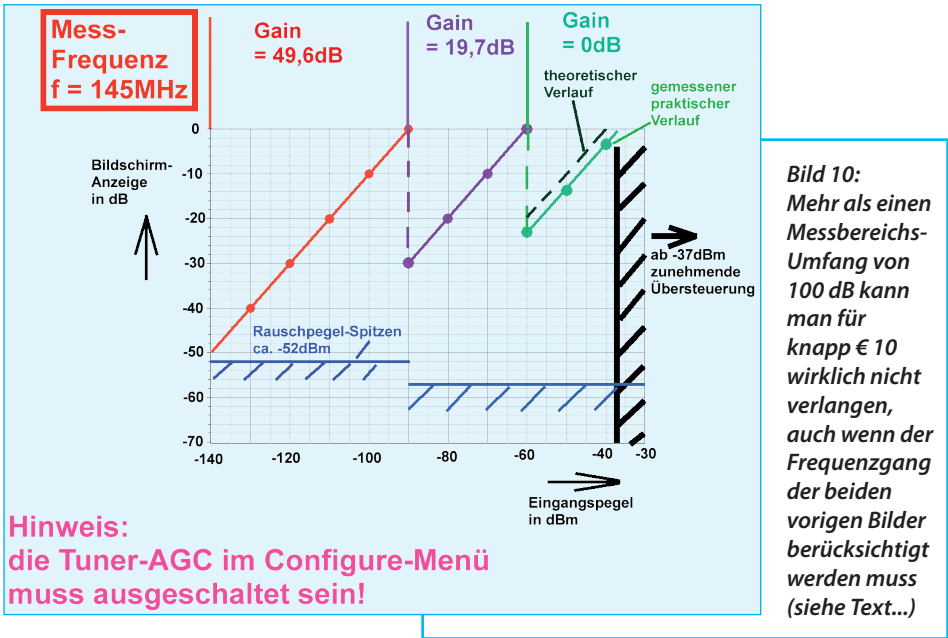
dreht man die RF-Gain auf 0 dB. Die Linienamplituden sollten nun um weitere 20 dB abnehmen, aber leider sind es ca. 23 dB... (da sollten die Programmierer nochmals genauer nachsehen). Im Diagramm sind der ideale theoretische und der praktische Verlauf eingetragen.

Wer sich nun das Diagramm genau ansieht und nachrechnet, der kommt plötzlich auf einen maximal möglichen Messumfang von 100 dB - und das für knapp 10 Euro!

Übrigens:

Dieses Dynamik-Verhalten gilt im gesamten Empfangsbereich. Es muss lediglich bei den Amplitudenwerten der waagrechteten Achse um die in den Bildern 8 und 9 dargestellten Frequenzgänge korrigiert werden.

Ansonsten gilt das, was schon im E4000-



Artikel gesagt wurde: man hüte sich vor zu hohen Pegeln am Eingang, wenn dort mehrere Signale gleichzeitig anliegen, denn diese Sticks sind nicht besonders intermodulationsfest und Übersteuerungen oder Überforderungen stellen sich blitzschnell ein. Keine Sorge, dass man das nicht merkt: mit einem Ruck wird in einem solchen Fall der Bildschirm mit einem Wald von Störlinien überflutet. Also: immer so weit wie möglich mit der Verstärkung zurückgehen und die Tuner-AGC bzw. RTL-AGC möglichst nicht oder nur mit gebührender Vorsicht einsetzen.

## 7. Abschließende Bemerkungen

Wie so oft im Leben gilt hier die

Regel, dass man Grenzen kennen und respektieren muss. Das bedeutet, dass man sich je nach Anwendungsfall für einen der beiden Sticks entscheiden muss und deshalb stets beide in der Schublade vorrätig haben sollte.

Bei beiden gelten aber die Warnungen vor der Übersteuerung und die Empfehlung, immer die Verhältnisse sehr genau zu prüfen und möglichst nicht mit der maximal möglichen Verstärkung zu arbeiten. Hält man sich daran und verwendet solche Sticks nur als komplette „Verarbeitungsmaschinen“ nach einer Vorstufe, einem Filter oder einem Konverter, wird man viel Freude daran haben und spart viel Entwicklungsarbeit.

Eines ist allerdings immer gefährlich: es geht gern die Fantasie durch und es



fallen Einem unzählige Projekte ein, die man mit so einem „feinen Spielzeug“ realisieren könnte. Hoffentlich geht der telefonisch geäußerte Wunsch eines Freundes dann doch nicht so schnell in Erfüllung: „...wann gibt es endlich Sticks für 5,8 GHz? Ich habe da eine Kamera mit einem solchen ISM-Modul...“ Das würde wohl sofort wieder in neue Arbeit ausarten...

## 8. Literatur:

[1] Gunthard Kraus, DG 8 GB: „Der DVB-T-Stick mit E4000-Tuner als Messempfänger“. UKW-Berichte Heft 3/2013, Seite 131 bis 148 und Seite 177 bis 187

[2] <http://sdrsharp.com/downloads/sdr-install.zip>

ANZEIGE

# LOGARITHMISCH-PERIODISCHE ANTENNEN



CLP 5130-3

- 3 Bereiche zur Auswahl
- solide mechanisch gearbeitet
- gute HF-Eigenschaften
- rostfreie Materialien
- N-Buchse / 50 Ω
- horizontal polarisiert



CLP 5130-2

Technische Daten:	CLP-5130-1V2A	CLP-5130-2V2A	CLP-5130-3V2A
Frequenzbereich	50 - 1300 MHz	105 - 1300 MHz	90 - 220 MHz
Gewinn	10 - 12 dBi	11 - 13 dBi	12 - 13 dBi
Vor/Rückverhältnis	15 dB	15 dB	15 dB
Impedanz	50 Ω	50 Ω	50 Ω
VSWR	< 2:1 typ 1,5 :1	< 2:1 typ 1,5:1	< 2:1 typ 1,5:1
Sendeleistung max.	500 W PEP	500 W PEP	500 W PEP
Anschlußnorm	N-Buchse	N-Buchse	N-Buchse
Polarisation	horizontal	horizontal	horizontal
Elemente	25	20	12
Länge	2,00 m	1,40 m	1,70 m
Breite	3,00 m	1,40 m	1,60 m
Gewicht	5,1 kg	3,1 kg	3,55 kg
Windlast	264 N bei 140 km/h		
Mastdurchmesser	38 - 50 mm	38 - 50 mm	38 - 50 mm
<b>Art.Nr.:</b>	<b>90101</b>	<b>90102</b>	<b>90103</b>

