

NWT4000 PC-Software, erste Schritte, Kalibrierung

Andreas Lindenau DL4JAL

25. September 2020

Inhaltsverzeichnis

1	Erste Schritte mit der PC-Software des NWT4000	2
1.1	PowerON	2
1.1.1	USB-Schnittstelle	2
1.2	Starten der PC-Software	4
1.2.1	NWT4000 Typ auswählen	6
1.2.2	HW Flatnes Kalibrierung (nicht für „LTDZ 35-4400MHz“)	6
1.2.3	Neue Messkopfdaten generieren	9
1.2.3.1	Messkopfdaten für S21, Spektrumanalyse und mW-Meter, Gesamter Frequenzbereich	9
1.2.3.2	Messkopfdaten für S21, Spektrumanalyse und mW-Meter, variabler Frequenzbereich	12
1.2.3.3	Für alle Messköpfe S21, Kalibrieren des mW-Meters	13
1.2.3.4	Messkopfdaten für S11 (SWV), Gesamter Frequenzbereich	19
1.2.3.5	Messkopfdaten für S11 (SWV), variabler Frequenzbereich	20
1.2.3.6	Für alle Messköpfe S11, Kalibrieren (des mW-Meters), Return Loss, SWV	21
1.3	Die Spektrumanalyse	23
1.3.1	Kalibrierung der Spektrumanzeige	23
2	Schlußwort	27

Kapitel 1

Erste Schritte mit der PC-Software des NWT4000

1.1 PowerON

Nach dem Anstecken des NWT4000 an seine Betriebsspannung wird die Firmware initialisiert. Da ich die Firmware nicht selbst geschrieben habe weiß ich nicht was alles passiert. ich habe aber bei meiner Platine „NWT4000-2pro“ festgestellt, dass der ADF4351 initialisiert wird und eine Ausgabefrequenz von etwa 1,0GHz eingestellt wird. An der SMA Buchse „Out“ liegt also eine Frequenz von etwa 1,0GHz an. Der Pegel beträgt etwa -4dBm. Das habe ich mit meinem Spektrumanalysator „SIGLENT SSA3021X“ gemessen. Das wäre schon mal der erste Test der Hardware, ob sie funktioniert.

1.1.1 USB-Schnittstelle

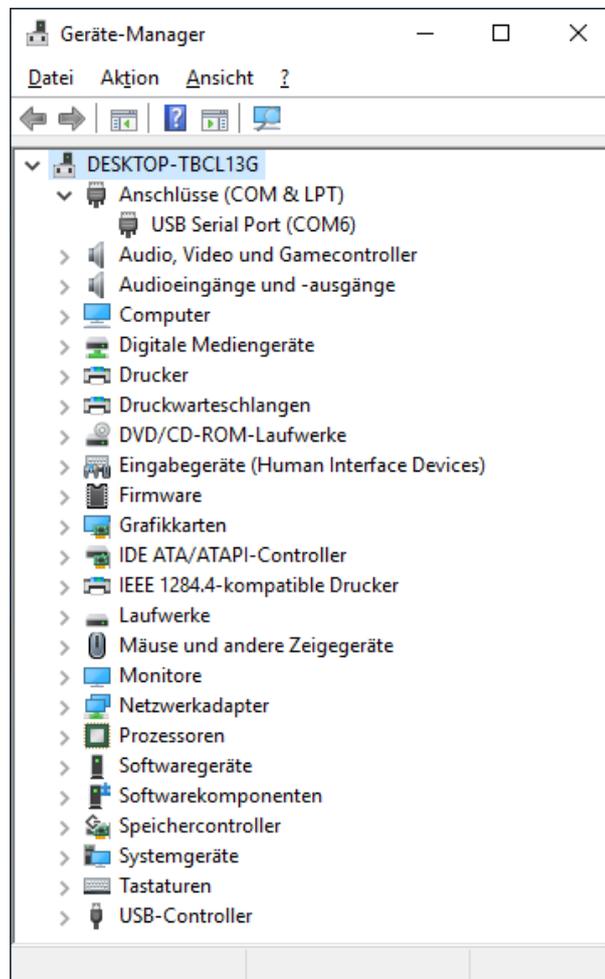
Als nächstes wird die USB-Schnittstelle des NWT4000 mit einem USB-Kabel mit dem PC verbunden. Je nach Betriebssystem können wir kontrollieren ob sich die Schnittstelle an das Betriebssystem anmeldet.

BS Linux Mit dem Befehl im Terminal „dmesg -w“ können wir „Online“ verfolgen was passiert wenn das USB-Kabel angesteckt wird. Bei mir sieht das so aus:

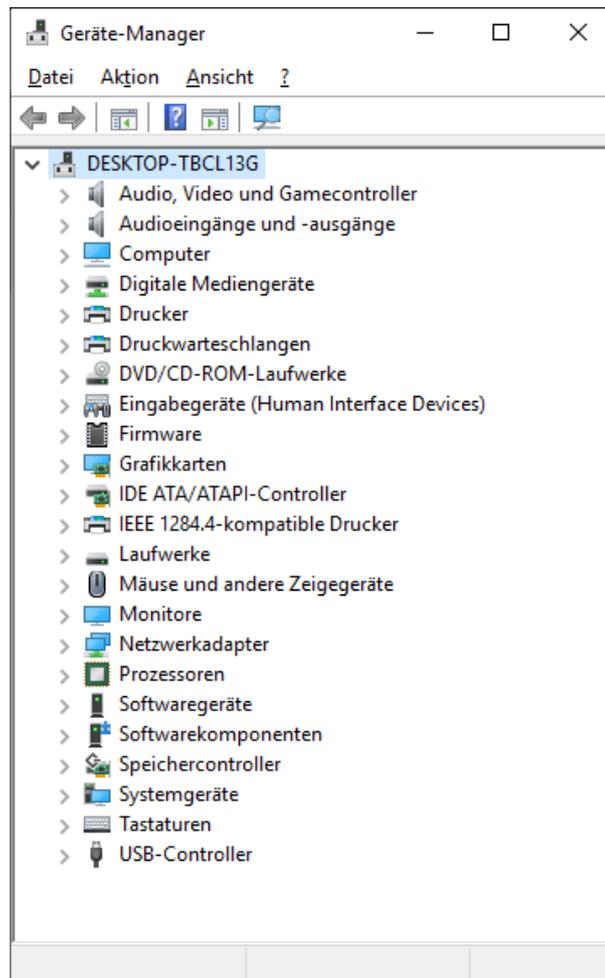
```
usb 1-3: new full-speed USB device number 7 using xhci_hcd
usb 1-3: New USB device found, idVendor=0403, idProduct=6001
usb 1-3: New USB device strings: Mfr=1, Product=2, SerialNumber=3
usb 1-3: Product: FT232R USB UART
usb 1-3: Manufacturer: FTDI
usb 1-3: SerialNumber: A506MLJW
ftdi_sio 1-3:1.0: FTDI USB Serial Device converter detected
usb 1-3: Detected FT232RL
usb 1-3: FTDI USB Serial Device converter now attached to ttyUSB0
```

Es wird die serielle Schnittstelle „ttyUSB0“ erzeugt. Es ist alles OK.

BS Windows Unter Windows 10 ist die Kontrolle der Schnittstelle mit dem Gerätemanager auch sehr einfach. „Rechte Maustaste auf Programme“ und den „Gerätemanager“ auswählen. USB-Kabel angesteckt:



Der NWT4000 steckt an „COM6“.



Ziehen wir das USB-Kabel wieder ab, verschwindet die Schnittstelle „COM6“ wieder:

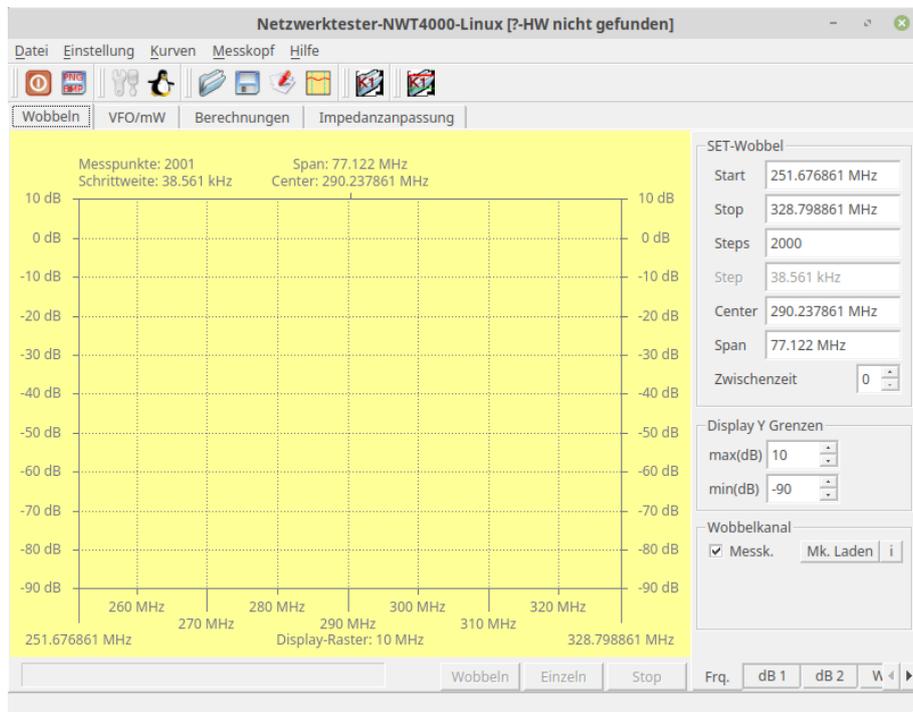
1.2 Starten der PC-Software

Zuerst wird von der Internetseite:

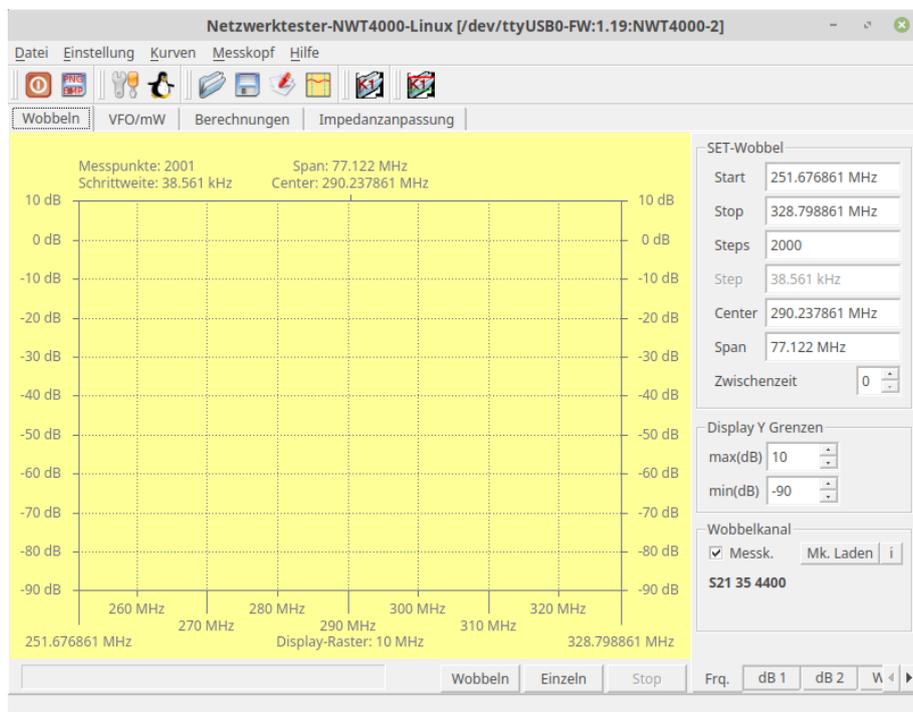
Internetseite DL4JAL¹.

die neuste Software herunter geladen. Nach der Installation starten wir die SW. Die SW beginnt die HW, den NWT4000, an den USB-Schnittstellen zu suchen:

¹www.dl4jal.eu/nwt4x/nwt4000.html



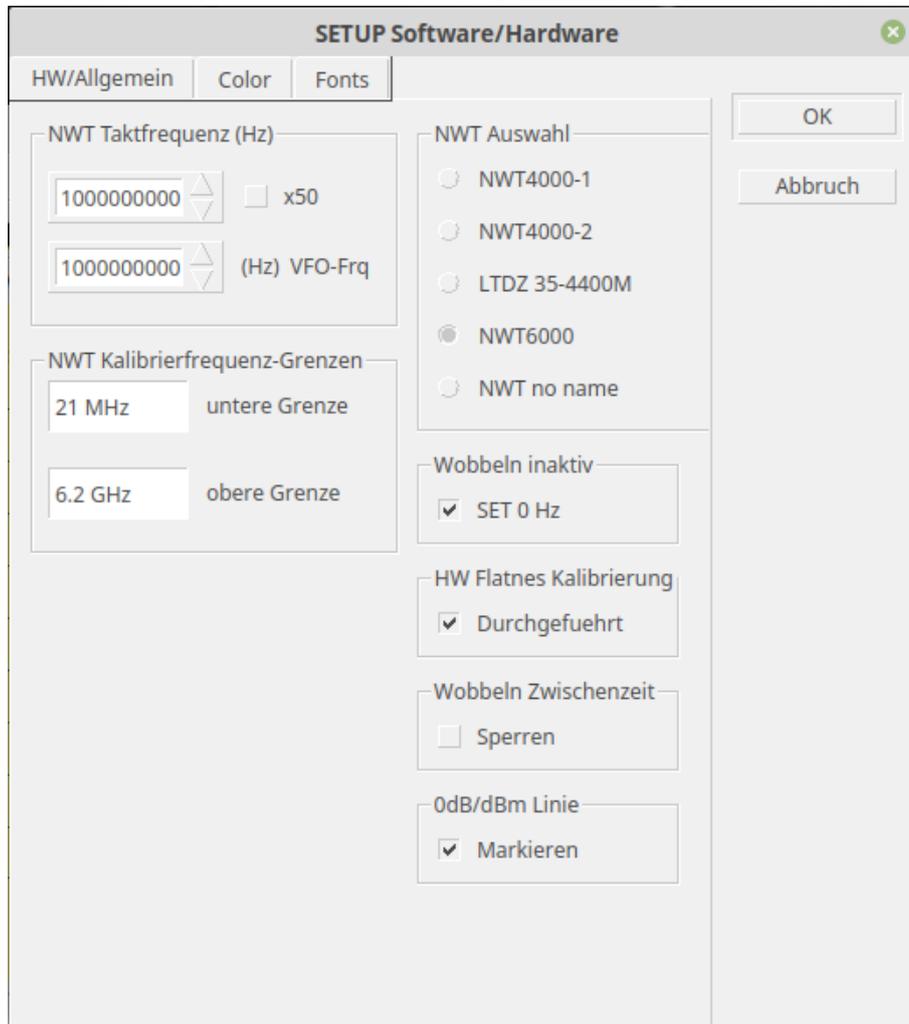
Während der Suche steht in der „Windows-Caption“ „HW nicht gefunden“.



Der NWT4000 wurde gefunden. Eine entsprechende Info lesen wir in der „Windows-Caption“.

1.2.1 NWT4000 Typ auswählen

Menü „Einstellung, Setup“. In „NWT Auswahl“ selektieren wir die entsprechende HW. Danach werden die Frequenzgrenzen entsprechend gesetzt:



Hier habe ich den NWT6000 ausgewählt. Es werden die Frequenzgrenzen entsprechend der HW gesetzt. Wir bestätigen mit „OK“.

1.2.2 HW Flatnes Kalibrierung (nicht für „LTDZ 35-4400MHz“)

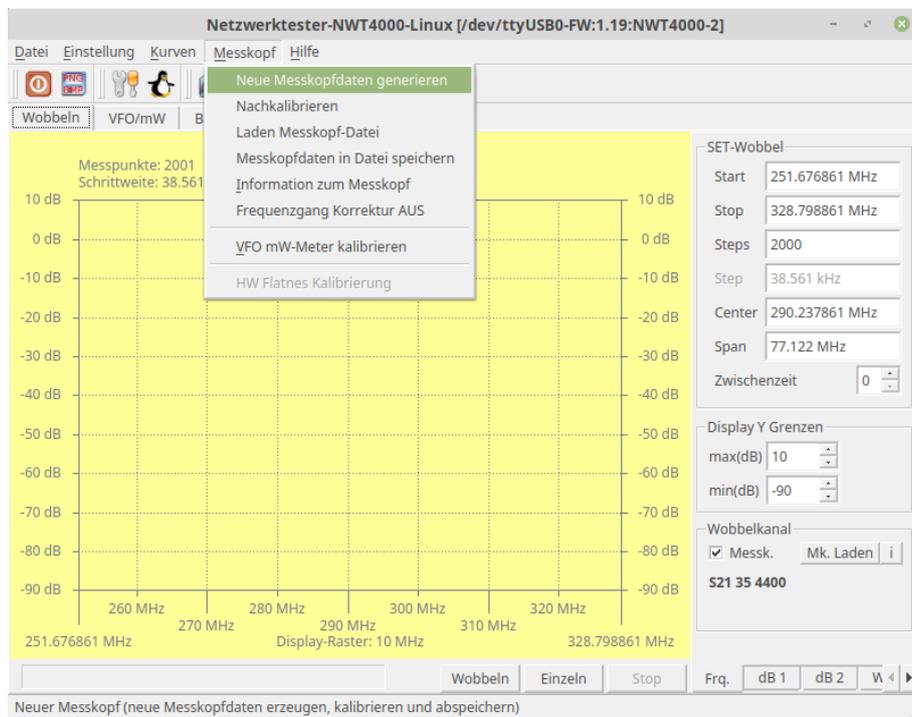
Der Entwickler der Hardware NWT4000/NWT6000 „BG7TBL“ hat eine Funktion „HW-Flatnes Kalibrierung“ in die Firmware programmiert, die unabhängig von meiner PC-Software arbeitet. BG7TBL beschreibt diese Kalibrierung mit einem speziellen Terminalprogramm, was Hexadezimale Eingaben erlaubt. Ich habe mit die Mühe gemacht und diese spezielle Kalibrierung mit in meine PC-Software aufgenommen. Es ergibt sich folgender Ablauf:

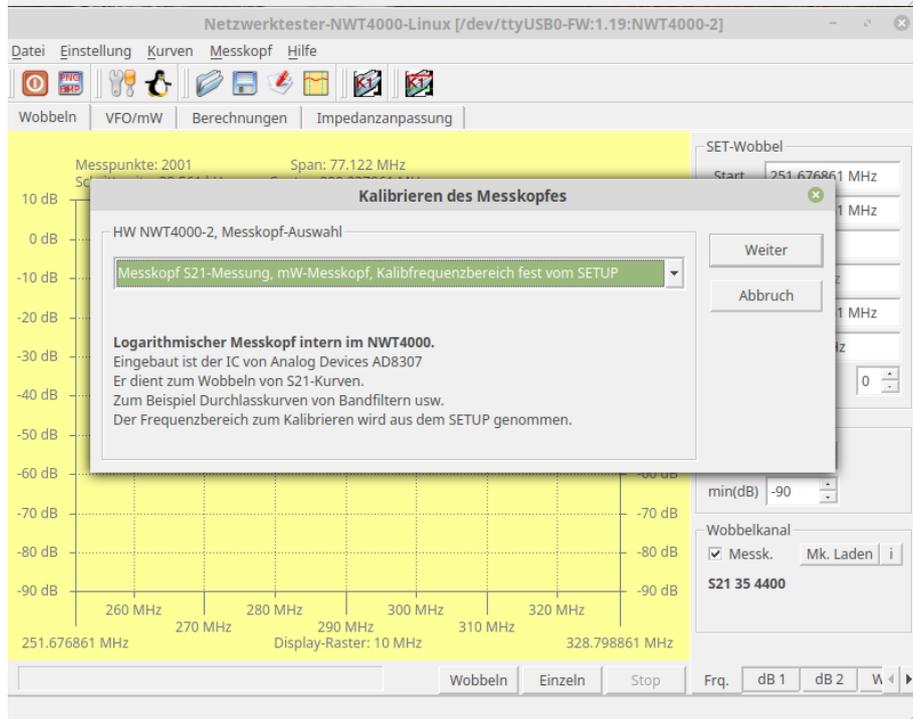
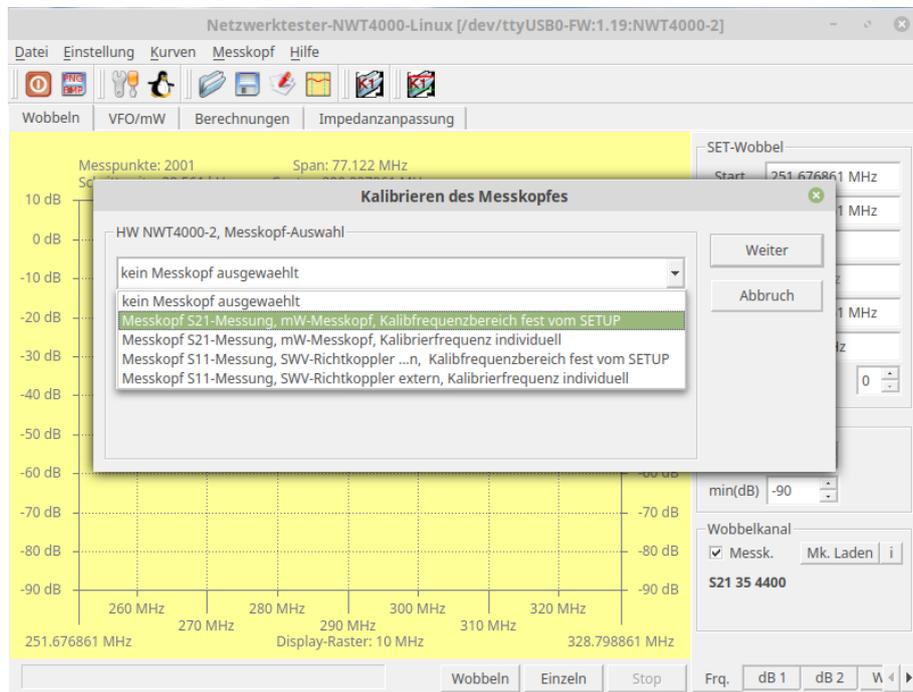
1.2.3 Neue Messkopfdaten generieren

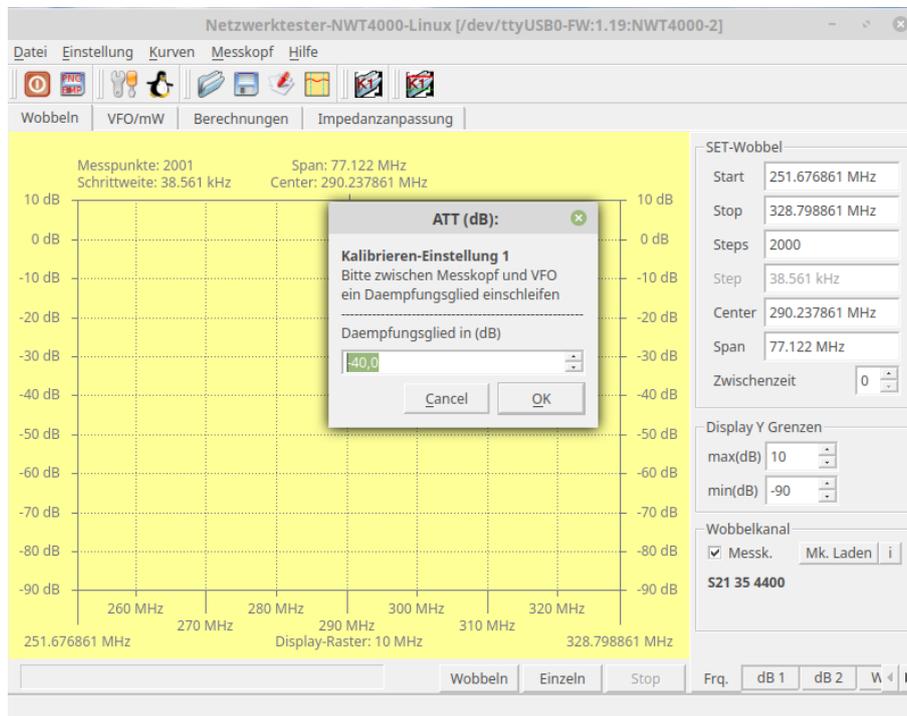
Damit wir eine Wobbelkurve erzeugen können, müssen wir „Neue Messkopfdaten generieren“. Für alle Varianten der Generierung der Messkopfdaten wird der logarithmische Detektor AD8307 im NWT4000 benutzt. Je nach Frequenzbereich oder Verwendung (S21 oder S11) ergeben sich andere mathematische Funktionen des AD8307.

1.2.3.1 Messkopfdaten für S21, Spektrumanalyse und mW-Meter, Gesamter Frequenzbereich

Zuerst die Messkopfdaten vom Typ (S21, Spektrumanalyse und mW-Meter) für den gesamten möglichen Frequenzbereich. Folgende Schritte sind notwendig:







Ich reduziere den Wert fast immer auf 30dB, weil ich sonst 2 Dämpfungsglieder, 30dB und 10dB, anschrauben muss. Weniger sollte es aber nicht sein, sonst leidet die Messgenauigkeit nach der Kalibrierung darunter.

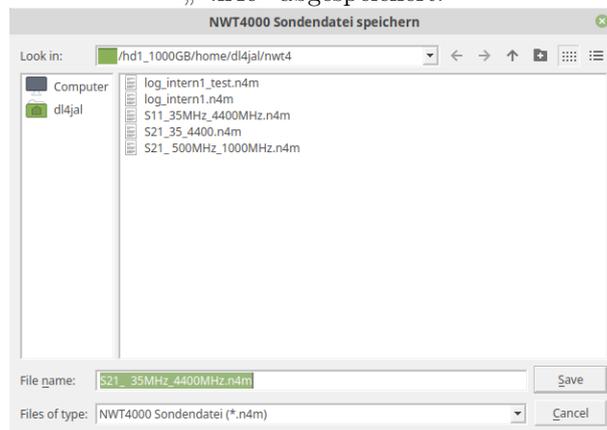


An diesem Frequenzpunkt wird die Funktion der Messteilheit des AD8307 ermittelt. Ich ändere diesen Frequenzvorschlag in eine Frequenz die ich im Pegel nachmessen kann. Ich nehme fast immer 100MHz.



Das Dämpfungsglied wird entfernt und Eingang mit Ausgang verbunden. Das sind dann genau 0dB S21. Die Dämpfung des Kabels zwischen Eingang und Ausgang wird mit heraus kalibriert. Nach der Berechnung der Messteilheit

des AD8307 wird noch der Frequenzgang über den gesamten zu kalibrierenden Frequenzbereich ermittelt. Bezugspunkt ist dabei die Kalibrierfrequenz (bei mir 100MHz) mit Pegel 0dB. Der Frequenzgang über den gesamten Frequenzbereich wird in 2000 Messpunkten in die Datei mit der Endung „*.n4c“ abgespeichert.

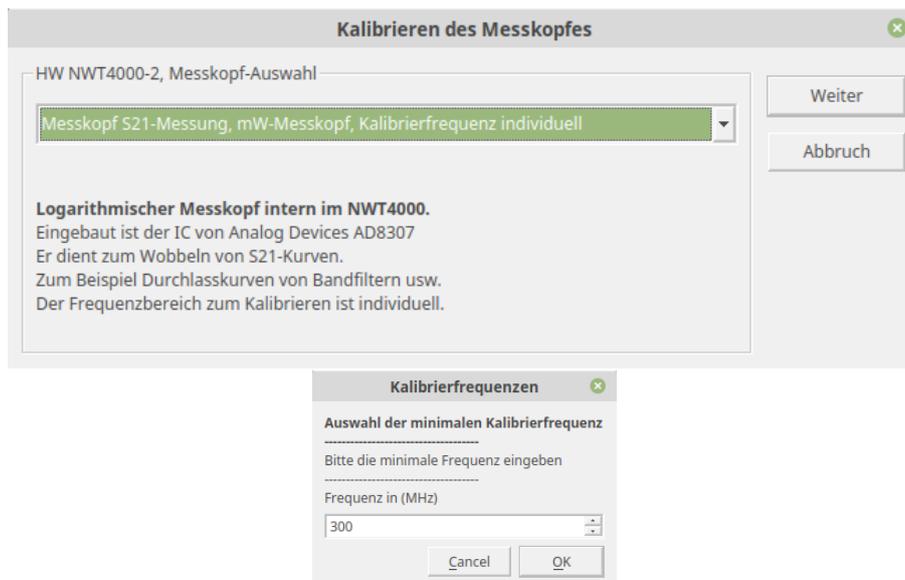


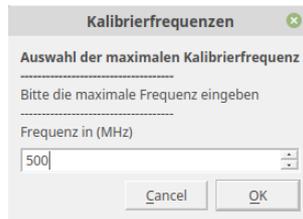
Als Abschluss werden die generierten Daten abgespeichert. Der Dateiname wird vorgegeben und kann geändert werden. Es werden 2 Dateien abgespeichert. Einmal die Datei mit der Endung „*.n4m“ und die Datei für den Frequenzgang mit der Endung „*.n4c“.

Die erzeugten Daten können zu jeder Zeit wieder geladen werden.

1.2.3.2 Messkopfdaten für S21, Spektrumanalyse und mW-Meter, variabler Frequenzbereich

Für speziellen Messungen zum Beispiel nur im „70cm-Band“ ist es möglich spezielle Messkopfdaten zu generieren. Dazu ist der „variable Frequenzbereich“ gedacht. Bevor die Kalibrierung beginnt, werden noch 2 Grenzfrequenzen abgefragt:

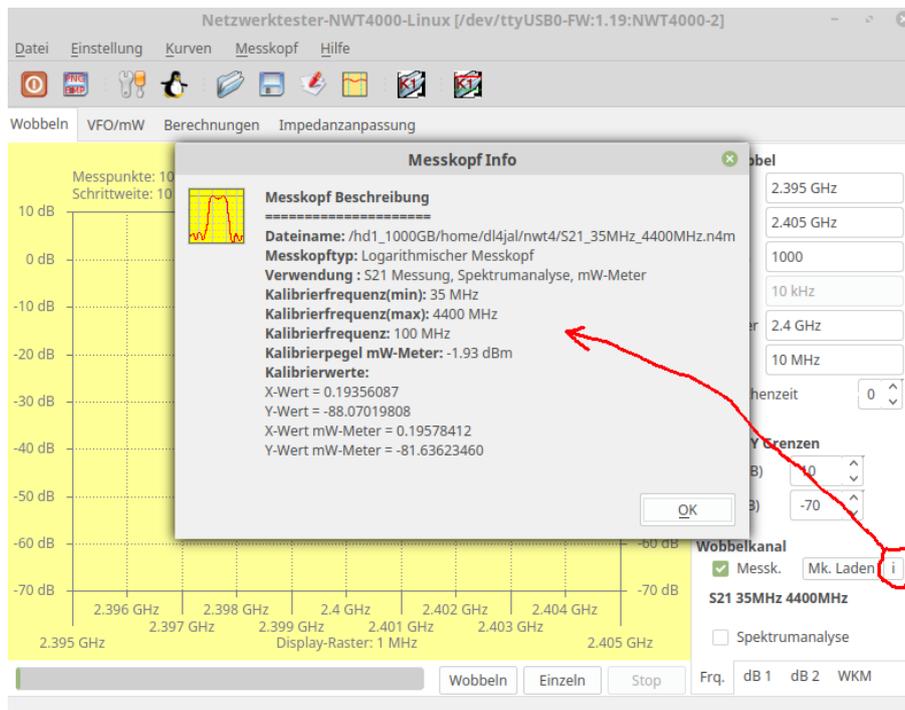




In diesem Beispiel werden Messkopfdaten für den Frequenzbereich 300-500MHz erzeugt. Die folgenden Dialoge sind wie im vorherigen Kapitel 1.2.3.1.

1.2.3.3 Für alle Messköpfe S21, Kalibrieren des mW-Meters

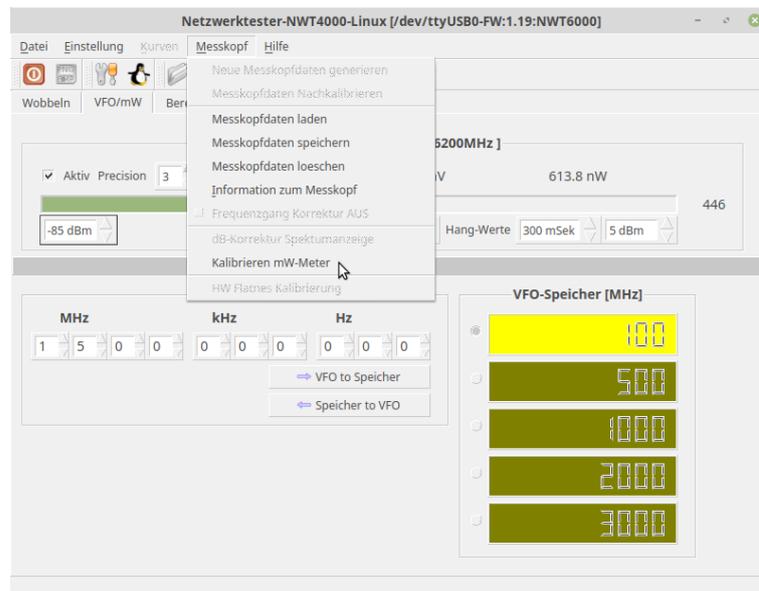
Neu in der Software ist die extra Kalibrierung des „mW-Meters“. Je nach NWT-Hardware liefert der ADC-Wandler im NWT andere Werte bei der direkten ADC-Abfrage als in der Wobbelfunktion. Deshalb habe ich für das mW-Meter eine separate Kalibrieroutine programmiert.



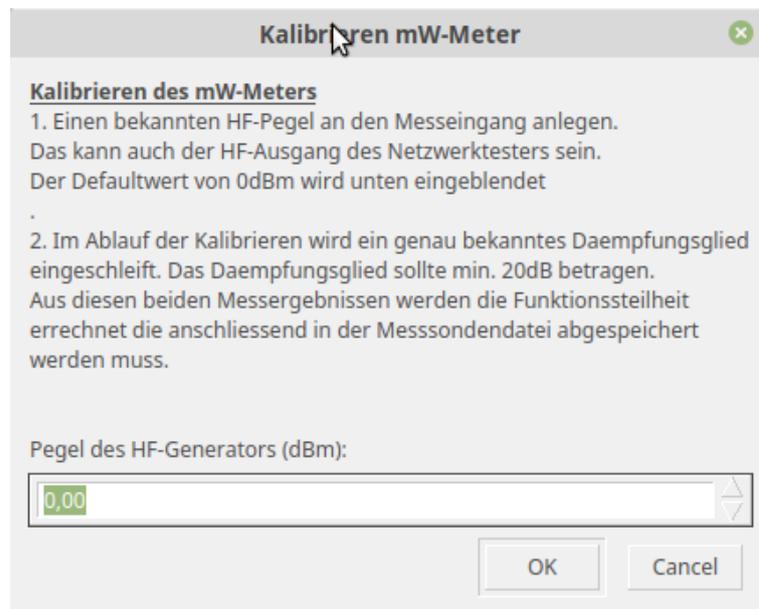
Zuerst schauen wir uns die „Messkopf Info“ an. Wir lesen, bei diesem generierte Messkopf beträgt die „Kalibrierfrequenz 100 MHz“. Bei dieser Frequenz wurde die *Funktion (dBm) = ADC-Wert* berechnet.

Nun kommen wir zur Kalibrierfunktion des mW-Meters:

1. Zuerst zum **mW-Meter/VFO** wechseln.
2. Im Menue „Messkopf, Kalibrieren mW-Meter“ auswählen.

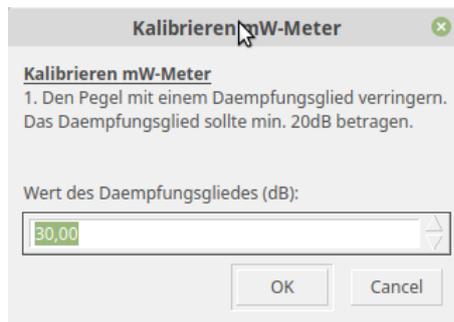


3. Im ersten Dialogfenster wird der Pegel eingetragen, den wir an NWT Input anlegen.



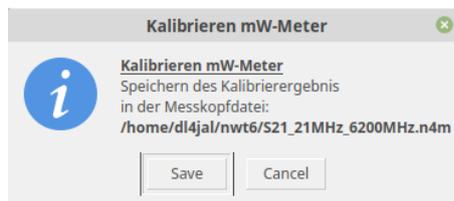
Ich habe 100 MHz, Pegel 0dBm von meinem DDS-VFO eingespeist.

4. Mit „OK“ bestätigen und das nächste Dialogfenster erscheint. Mit einem Dämpfungsglied mindestens 20dB wird der Pegel für den zweiten Messpunkt abgesenkt.



Ich habe ein Dämpfungsglied von 30dB verwendet. Mit „OK“ bestätigen.

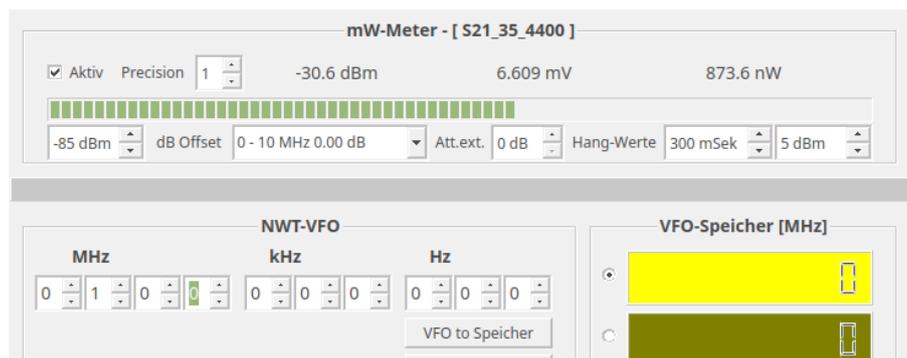
5. Zum Abschluss werden die ermittelten Daten festgehalten für die Messungen. Zusätzlich kann man die Kalibrierung speichern.



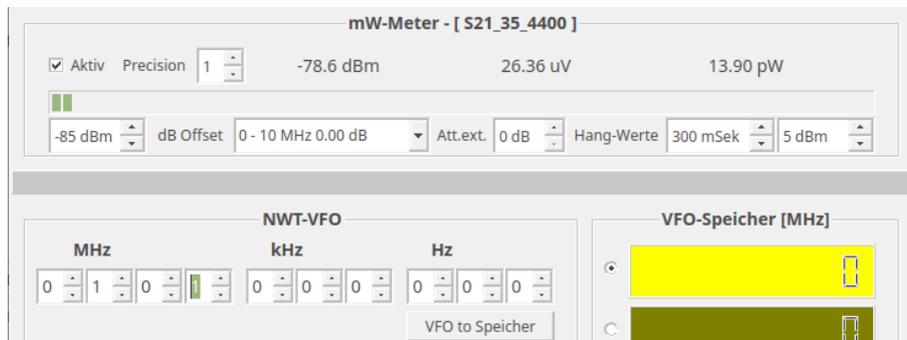
Die Kalibrierdaten der mW-Kalibrierung werden zusätzlich mit in dieser Datei abgespeichert.

Ich weiß nicht wie Frequenzlinear der NWT Input Eingang ist.

Werden die Messkopfdaten für das „mW-Meter“ genutzt muss man beim NWT4000/6000 folgendes beachten. Es muss immer im VFO, der sich unterhalb des „mW-Meters“ befindet, die Messfrequenz eingestellt werden. Der Messeingang des NWT4000 „RF in“ arbeitet selektiv mit einer begrenzten Bandbreite. Hier ein Beispiel:



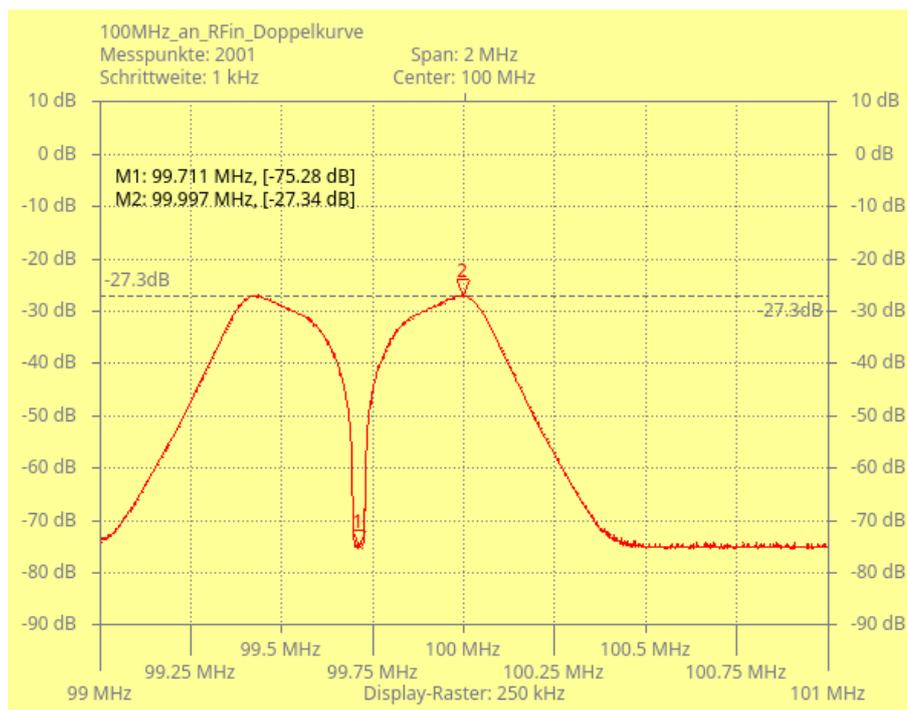
Ich speise an „RF in“ 100,0 MHz mit einem Pegel von -30dBm ein. Den VFO habe ich auch genau auf 100,0 MHz eingestellt. Der richtige Pegel wird angezeigt.



Ich speise an „RF in“ 100,0 MHz mit einem Pegel von -30dBm ein. Den VFO habe ich um 1 MHz verstellt auf 101,0 MHz eingestellt. Jetzt wird fast kein Pegel mehr angezeigt.

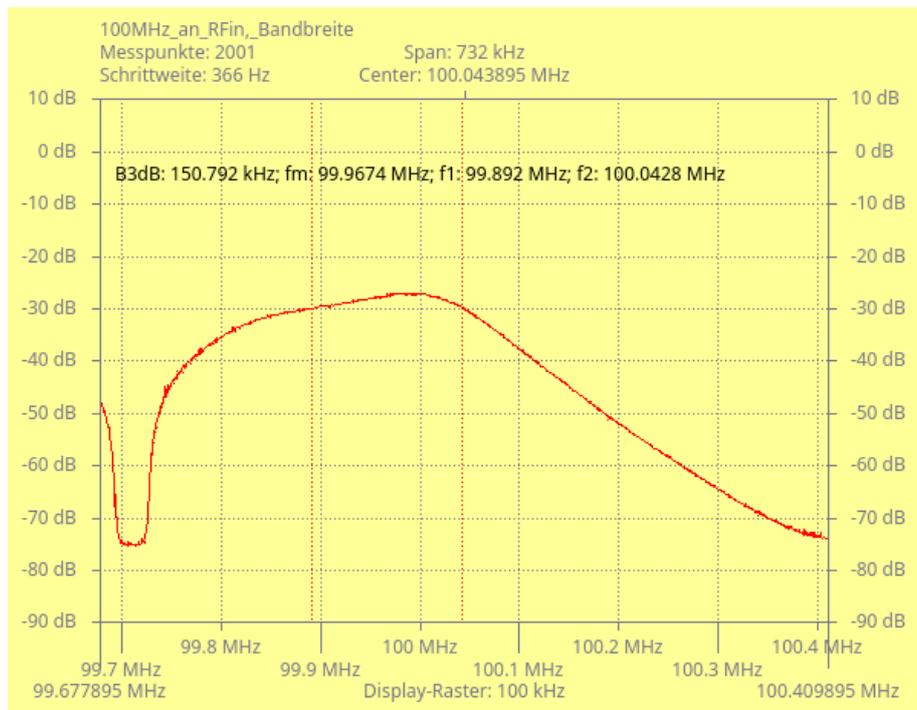
Eine zweite Möglichkeit HF-Pegel zu messen, ist die Verwendung des Wobbelbereiches als Spektrumanalyser.

Die Bandbreite des Einganges „RF in“ habe ich mit der „Spektrumanalyse-Funktion“ ermitteln:

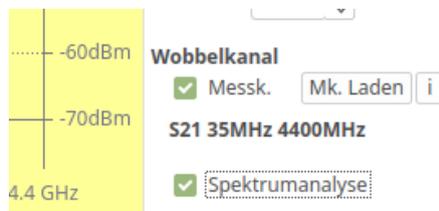


Ich speise an „RF in“ 100,0 MHz mit einem Pegel von -30dBm ein. Um das Spektrum an „RF in“ zusehen ist der Wobbelbereich nur 99 MHz bis 101MHz. Marker 2 ist etwa die Empfangsfrequenz des NWT4000 an „RF in“. Marker 1 befindet sich genau im Nullpunkt der Doppelkurve. Das ist die Frequenzablage (ZF) des RX-Zuges im NWT4000. Das sind etwa 290kHz Frequenzablage.

Jetzt folgt noch Messung der 3dB Bandbreite des „RF in“:

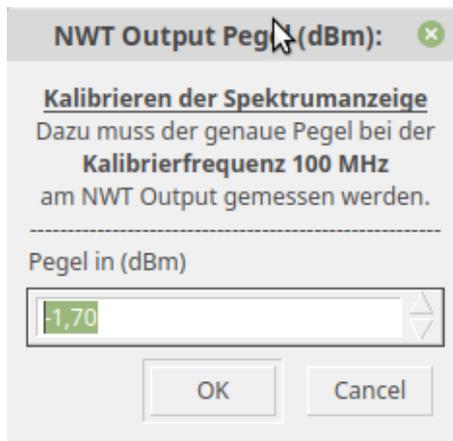


Ich speise an „RF in“ 100,0 MHz mit einem Pegel von -30dBm ein. Um nur den rechten Teil der Doppelkurve im Display zu sehen, habe ich hier den Frequenzbereich noch weiter eingengt. Dadurch kann ich die Bandbreitenfunktionen aktivieren. Wir sehen die Messbandbreite des „RF in“ mit etwa 150kHz.

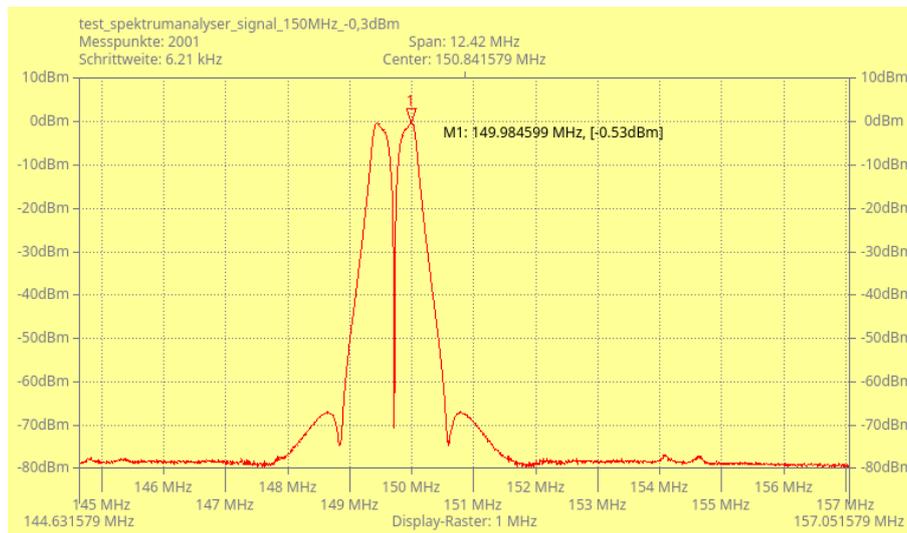


Ist ein Messkopf S21 geladen, lässt sich die dB-Anzeige im Display mit der Checkbox „Spektrumanalyse“ in die dBm-Anzeige umschalten. Die Software berechnet bei der Darstellung den richtigen Pegel in dBm.

Die Anzeige der „Spektrumanalyse“ muss vorher noch kalibriert werden. Dazu wird der Menüpunkt „Messkopf, dB-Korrektur Spektrumanzeige“ benutzt.



Wird hier der Pegel bei 100MHz an NWT Output eingetragen, zeigt die Spektrumanzeige die richtigen dBm-Werte an.



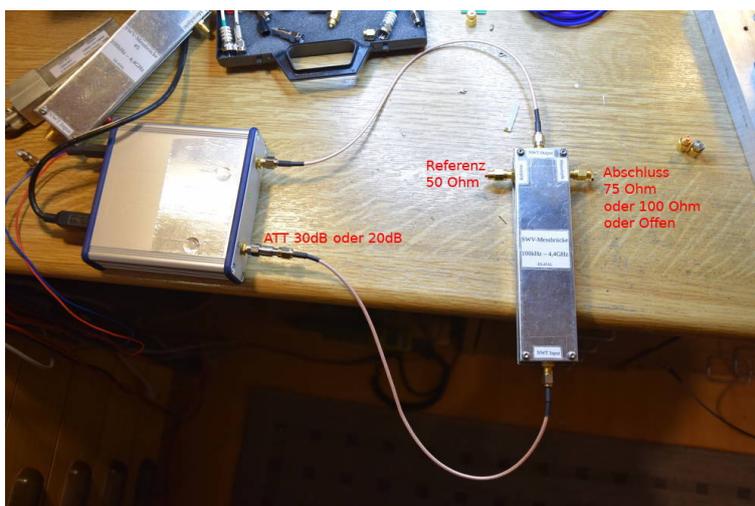
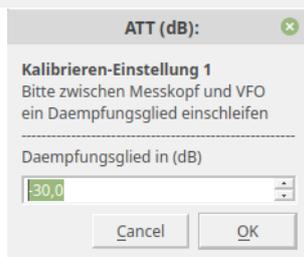
Hier messe ich den Pegel meines DDS-VFOs, 150,0 MHz, Pegel -0,3dBm, nach. Durch die Kalibrierung des Wattmeters zeigt jetzt auch der Spektrumanalyser den richtigen Pegel an. Zur Umrechnung von „dB“ in „dBm“ wird der Pegelwert „dB-Korrektur Spektrumanzeige“ genommen, Kapitel 1.2.3.3 auf Seite 13.

Die Hardware des NWT4000 ist also so konstruiert, dass der HF-Pegel an „RF in“ nicht direkt mit dem AD8307 gemessen wird, sondern sich ein Direktmischempfänger anschließt. Der zweite ADF4351 mit etwa 290kHz Frequenzablage unterhalb ist der Oszillator des Direktmischempfängers. Es schließt sich ein Tiefpass von etwa 300kHz an. Der AD8307 hat nur die 290kHz auszuwerten. Dadurch kann mit einem sehr großen Dynamikbereich gemessen werden und das von 35MHz bis 4,4GHz.

Durch diese HW kann der NWT4000 auch als Spektrumanalyser mit fester Bandbreite von etwa 300kHz benutzt werden. Man muss allerdings die Doppelspitze in Kauf nehmen. Diese Hardwarekonstruktion ist eine gelungene Entwicklung von BG7TBL.

1.2.3.4 Messkopfdaten für S11 (SWV), Gesamter Frequenzbereich

Besitzen wir einen Richtkoppler für S11/SWR Messungen der bei hohen Frequenzen noch funktioniert, können wir noch Messkopfdaten für S11-Messungen generieren. Zuerst wieder der gesamte Frequenzbereich. Folgende Schritte sind notwendig:

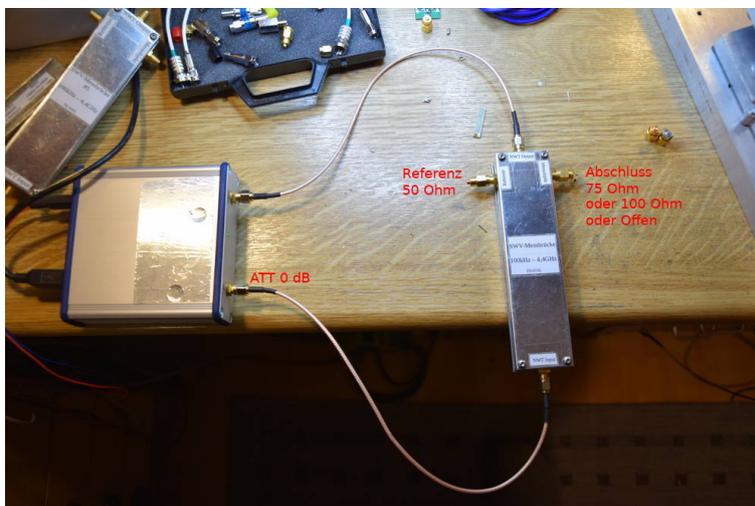


Ich habe jetzt noch auf Wunsch die Kalibrierung der Messkopfdaten mit Messbrücke „OFFEN“, dB-Bezugslinie gleich 0dB (SWV= unendlich), hinzu gefügt. Das ist zwar nach meiner Erfahrung etwas ungenau, aber ausreichend. Der Vorteil ist, man braucht keinen Abschlusswiderstand aufbauen mit 75 Ohm, 100 Ohm oder 25 Ohm.

Bevorzugt benutze ich aber in der neuen Software NWT2.0 oder NWT4000 den Richtkopplerabschluss mit 100 Ohm, 25 Ohm oder 75 Ohm. Welche dB-Linien sich bei den verschiedenen Widerstandswerten ergeben ist in der folgenden kleinen Tabelle sichtbar. Unser gewünschter Messbereich bewegt sich im Bereich SWV 1,0 bis SWV 2,0 (Return Loss von etwa -10dB bis -40dB). Welchen Abschlusswiderstand beim Kalibrieren benutzt wird muss jeder selbst entscheiden.

Abschlusswiderstand	Rückflussdämpfung	SWV
75 Ohm	-13.979 dB	1,5
100 Ohm	-9.542 dB	2,0
25 Ohm	-9.542 dB	2,0
Offen	0 dB	unendlich

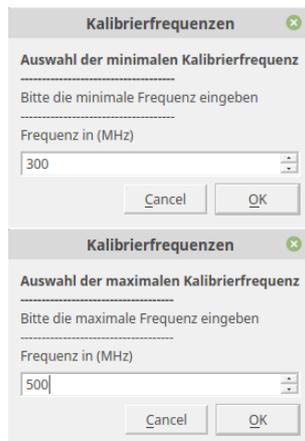
Den Wert der Rückflussdämpfung nutzt die SW als ersten Kalibrierpegel. Der zweite Kalibrierpegel wird mit dem Attenuator, der zusätzlich 20dB-30dB einschleift, erzeugt. Somit kann die Messsteilheit des AD8307 ziemlich genau ermittelt werden. Anschließend beginnt der 3. Kalibrierdurchlauf mit der Ermittlung des Frequenzganges. Am Ende folgt wieder das Speichern der erzeugten Kalibrierdaten für den SWV Messkopf. Diese Kalibrierung ist etwas genauer als das Verfahren in der SW zum NWT01.



Die anschließenden Dialog-Schritte sind wieder selbst erklärend und ähneln denen im Kapitel 1.2.3.1 auf Seite 9.

1.2.3.5 Messkopfdaten für S11 (SWV), variabler Frequenzbereich

Auch mit den Messkopfdaten-S11 ist es möglich den Frequenzbereich der Kalibrierung variabel festzulegen. Es kommen als ersten die Abfragen der Frequenz. Alles andere ist genau wie im vorherigen Kapitel:

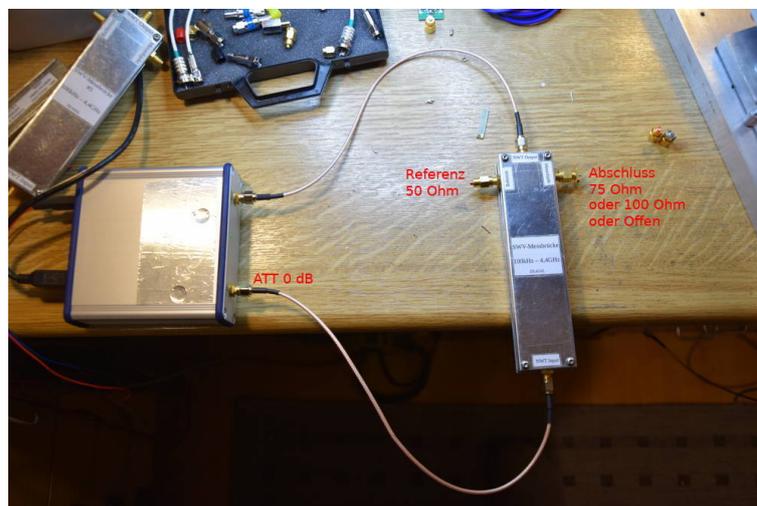


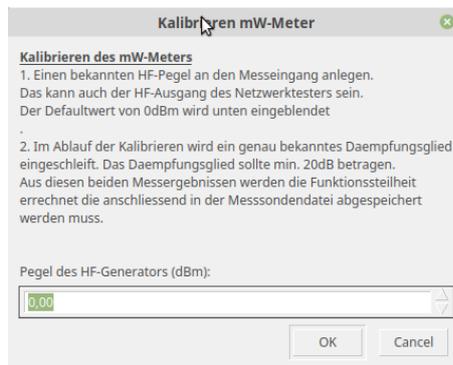
Auch hier wieder der gleiche Frequenzbereich wie im Kapitel 1.2.3.2 auf Seite 12.

1.2.3.6 Für alle Messköpfe S11, Kalibrieren (des mW-Meters), Return Loss, SWV

Wurde ein Datensatz MMesskopf S11 erzeugt, kann der auch mit einer zusätzlichen Kalibrierung im „mW-Meter-Fenster“ zur Anzeige von „Return Loss“ und „SWV“ benutzt werden.

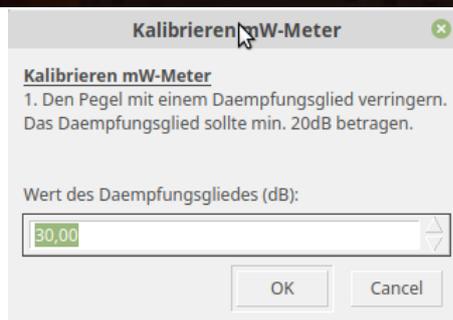
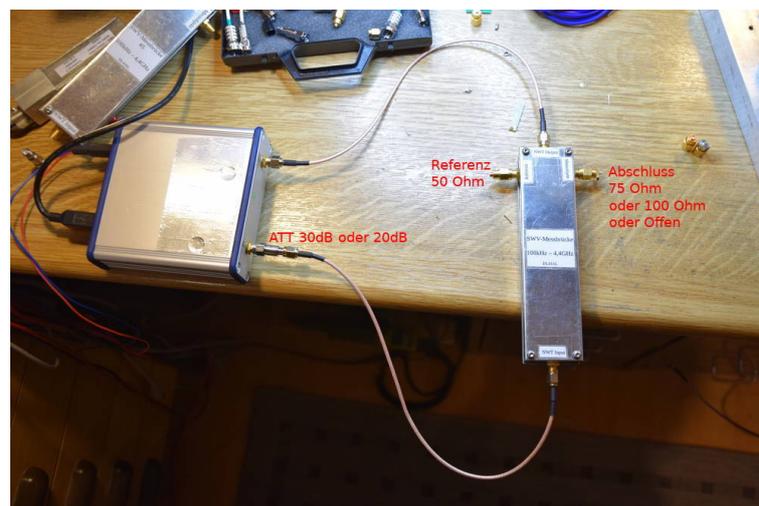
1. Zuerst NWT Output, **Messbrücke (Offen!!!)** und NWT Input verbinden. Mit OK bestätigen.





In diesem Fall bleibt die PegelEinstellung auf 0,0 dBm. (Messbrücke Offen ergibt 0dB, rein theoretisch.)

2. Anschließend ein zusätzliches Dämpfungsglied einschleifen 30 dB oder wie im Dialog eingestellt. **Messbrücke bleibt weiter Offen.**

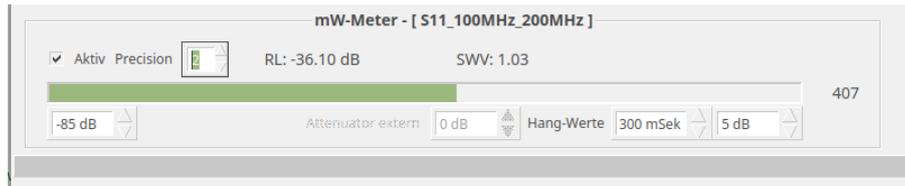


Mit dem Dämpfungsglied ist die Berechnung der *Funktion (db) = ADC-Wert* möglich. Es wird die Messsteilheit berechnet.

3. Als Abschluss werde die berechneten Konstanten in den Messkopfdaten gespeichert und sofort angewendet. Soll die Kalibrierung auch noch gespeichert werden, ist das folgende Dialogfenster mit „Save“ zu bestätigen.



die Kalibrierwerte werden in der angegebenen Datei gespeichert.



S11 Anzeige im mW-Meter. *Return Loss* und *SWV* ist zu sehen.

1.3 Die Spektrumanalyse

Alle generierten S21-Messköpfe können wir auch für die Spektrumdarstellung des NWT4000/6000 verwenden.

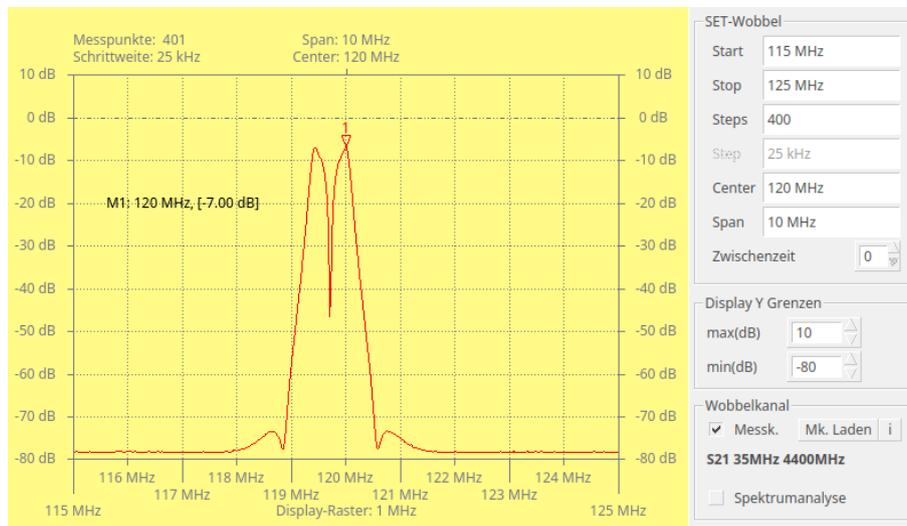
Die Hardware des NWT4000 ist so konstruiert, dass der HF-Pegel an „RF in“ nicht direkt mit dem AD8307 gemessen wird, sondern sich ein Direktmischempfänger anschließt. Der zweite ADF4351 mit etwa 290kHz Frequenzablage unterhalb ist der Oszillator des Direktmischempfängers. Es schließt sich ein Tiefpass von etwa 300kHz an. Der AD8307 hat nur die 290kHz auszuwerten. Dadurch kann mit einem sehr großen Dynamikbereich gemessen werden und das von 35MHz bis 4,4GHz. Mit dem NWT6000 ist der Frequenzbereich noch größer, 21 MHz bis 6,2 GHz.

Durch diese HW kann der NWT4000/6000 auch als Spektrumanalyser mit fester Bandbreite von etwa 300kHz benutzt werden. Man muss allerdings die Doppelspitze in Kauf nehmen.

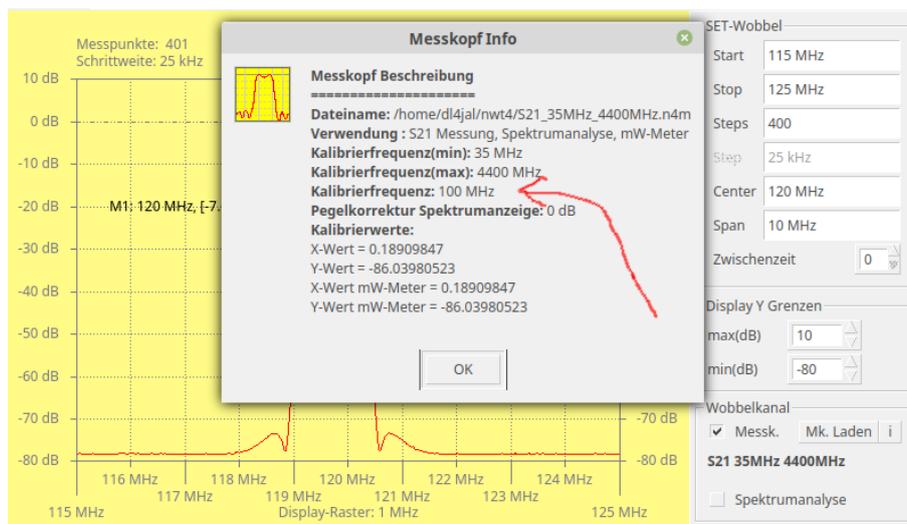
Diese Hardwarekonstruktion ist eine gelungene Entwicklung von BG7TBL. Wie auf Spektrumanalyse umgeschaltet wird und kalibriert wird, erwähne ich im Kapitel 1.2.3.3 auf Seite 16 und folgende Seiten. Im nächsten Kapitel behandle ich die Kalibrierung noch ausführlicher.

1.3.1 Kalibrierung der Spektrumanzeige

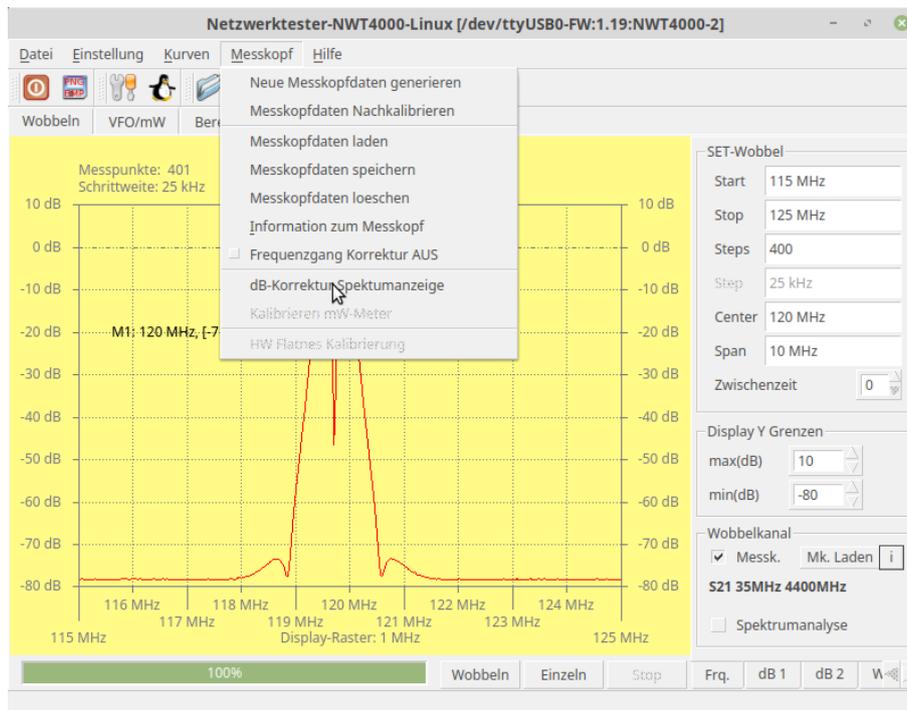
Für eine richtige Anzeige der dBm-Werte ist auch noch eine Anpassung erforderlich. Dazu habe ich den Menüpunkt „Messkopf, dB-Korrektur Spektrumanzeige“ implementiert.



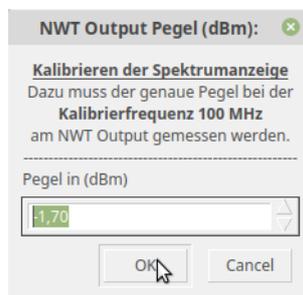
Ich habe ein Signal von -10dBm an NWT Input angelegt. Da bei Kalibrieren des S21 Messkopfes keine absoluten Pegel verwendet werden, verschiebt sich die dB-Anzeige. Für eine richtige Anzeige in dBm müssen wir der Software den dBm-Output-Pegel des NWT mitteilen.



Die Frequenz wo kalibriert wurde, ist in der Messkopf-Info ersichtlich.



Im Menü *dB-Korrektur Spektrumanzeige* wird der dBm-Pegel bei der Kalibrierfrequenz eingetragen.



Im Menü *dB-Korrektur Spektrumanzeige* wird der dBm-Pegel bei der Kalibrierfrequenz eingetragen.



Nach dem Umschalten auf Spektrumanzeige unten rechts, wird der Pegel richtig angezeigt. Hier bei der Frequenz 120 MHz, Pegel -10 dBm. Anzeige -9,26 dBm.

Jetzt zeigt die Spektrumanzeige den richtigen Pegel an.

Kapitel 2

Schlußwort

Ich wünsche viel Erfolg beim benutzen der NWT4000-Software
vy 73 Andreas DL4JAL

✉ DL4JAL@t-online.de