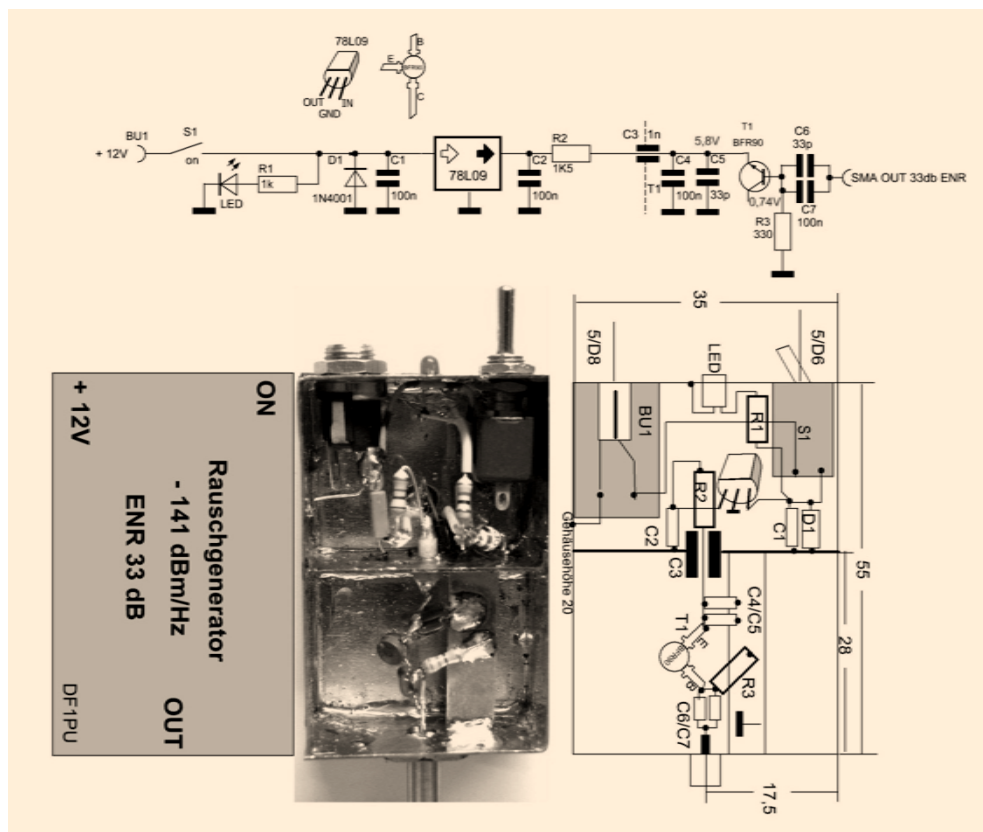


Wie man sich mit einem kleinen Kästchen (35x 55 mm) 6 Wochen beschäftigen kann!

Nach mehreren Aufbauten von Vorverstärkern für 2m und 70 cm sollten nun auch die Parameter dieser Verstärker gemessen werden. Verstärkung, Durchlasskurve und Anpassung waren kein Problem (Messgeräte vorhanden). Wie war das mit dem Rauschen? Bei der Suche nach einem geeigneten Rauschgenerator entdeckte ich einen Artikel von DF1JM, baute den Rauschgenerator mit kleinen Änderungen nach und konnte auch mit Analyzer und Leistungsmesser das ENR (Excessiv Noise Ratio) des Rauschgenerators mit 33 dB nachmessen (siehe Ausführungen von DF1JM, was ist Rauschen, Grenzeempfindlichkeit eines Empfängers), Bild 1.

Rauschgenerator



Die Rauschleistung eines reellen Widerstands beträgt bei 20°C -174 dBm/Hz, der Rauschgenerator erzeugt bei einem ENR von 33 dB eine um 33 dB größere Leistung als der reelle Widerstand, also -141 dBm/Hz.

Die Rauschleistung ist bandbreitenabhängig, d.h., je größer die Bandbreite, desto größer die Rauschleistung.

Berechnung der Rauschleistung für verschiedene Bandbreiten: **-139dBm/Hz + 10 x log**

Bandbreite

Rauschleistung des Generators für gebräuchliche Bandbreiten:

600 Hz -111,15 dBm

2400 Hz -105,13 dBm

2800 Hz -104,46 dBm

Auf der Internetseite von DF1JM (http://www.df1jm.de/dokuwiki_df1jm/doku.php/technik) gibt es einen Berechnungstool, wo man nur die Bandbreite, ENR und die vorgeschaltete Dämpfung eintragen muss, bei der 3 dB bzw. 10 dB mehr Rauschleistung am Ausgang des Meßobjekts erzeugt werden wie bei voller Dämpfung (bzw. ausgeschaltetem Rauschgenerators).

Außerdem dem Rauschgenerator benötigte Geräte:

- 1.) Einstellbarer Dämpfungsschalter, mindestens 35 dB
- 2.) Empfindliches NF- Millivoltmeter

Dämpfungsschalter:

Von einem ausgemusterten Messsender hatte ich noch zwei hochwertige Dämpfungsschalter, einen in 10 dB Schritten (10, 20, 30, 40 dB) und einen mit 1 dB Schritten, 0- 10 dB. Diese wurden in ein Gehäuse eingebaut und verkabelt.

Messwerte des Dämpfungsschalters:

Durchgangsdämpfung in 0 dB- Stellung ca. 1 dB, Anpassung 18 dB, Anpassung ab 4 dB > 26 dB, Bild 2.

Dämpfungsschalter

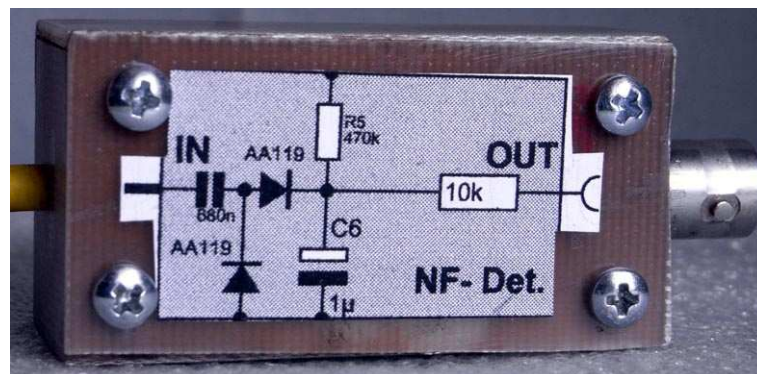


NF- Millivoltmeter:

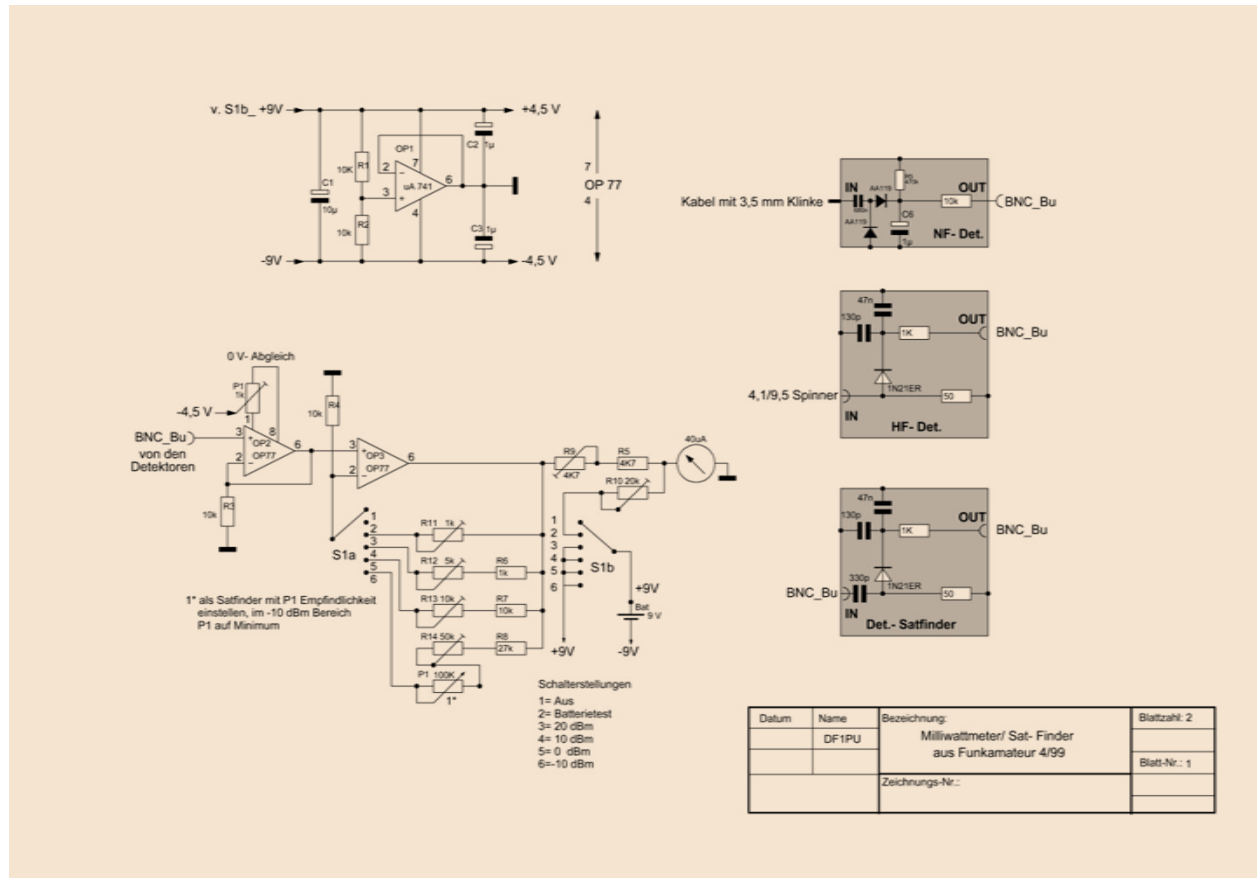
Aus früheren Bastelprojekten besaß ich noch ein empfindliches Milliwattmeter in 4 Bereichen (-10, 0, 10 und 20 dBm aus Funkamateure 4/99), (Bild 4).

Hierzu wurde ein NF- Tastkopf (Bild 3) zur Demodulation der NF am Lautsprecherausgang des Funkgerätes gebaut.

NF- Tastkopf



Milliwattmeter



Als nächstes wurde mit NF- Tastkopf und Milliwattmeter eine Meßreihe erstellt, um detailliert NF- Spannungen auswerten zu können.

Grau schraffierte Felder sind interassant

1* Rauschgenerator AUS, bzw. 40 dB einlegen, mit Lautstärkeregler auf 100 mV eichen (**100mV**)

2* Rauschgenerator EIN, Dämpfung verringern, bis 144 mV angezeigt werden (3dB Grenzepflichkeit) (**144mV**)

3* Rauschgenerator EIN, Dämpfung verringern, bis 300 mV angezeigt werden (10 dB S/N) (**100mV**)

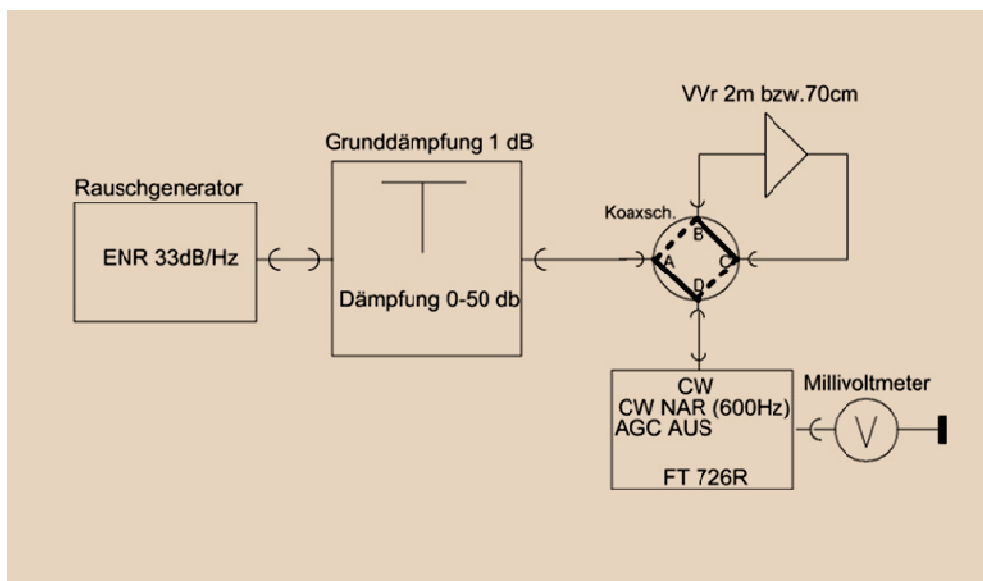
Milliwattmeter, Meßwerte für NF- Spannungen

	Milliwattmeter SKT				Oszillograf
U_Ein	Bereich dBm				USS
mV	-10dBm	0dBm	10dBm	20dBm	mV
10	10				28,2
20	25				56,4
30	50	15			84,6
40	82	18			112,8
50	113	25			141,0
60	143	33			169,2
70		40			197,4
80		50			225,6
90		57	18		253,8
100		66	22		282,0
144		110	35		406,1
150		115	36		423,0
200		143	51	17	564,0
250			67	23	705,0
300			83	27	846,0
400			115	38	1128,0
500			142	48	1410,0
600				57	1692,0

Mess- Ablauf Grenzempfindlichkeit

- 1.) AGC am RX ausschalten, TRX (auf CW (600 Hz) bzw. SSB (2400 Hz)
- 2.) Millivoltmeter am Lautsprecheranschluss anschließen
- 3.) Rauschgenerator über variables Dämpfungsglied am TRX- Eingang

Blockschaltbild



Ernüchterung! AGC_ AUS am TRX war nicht möglich, da sich die AGC an meinen zur Verfügung stehenden Funkgeräten (FT-726R (2m/70 cm, FM, SSB, CW) und IC 245 (FM, SSB) nicht abschalten ließ. Nach langem Suchen in den Schaltplänen konnte das Problem gelöst werden.

Änderung am FT-726R:

Auf RX UNIT, Verbindung C68 > Q16_Basis aufgetrennt und über Schalter an der Rückseite geführt, AGC kann Ein- und Aus geschaltet werden.

Änderung am IC 245E:

(SSB-Teil) R35 (33K) aufgetrennt, und über Schalter an der Rückseite geführt, AGC kann nun Ein- und Aus geschaltet werden.

Folgende Messwerte konnten ermittelt werden:

FT-726R														
Bandbreite CW 600Hz (CW NAR), SSB 2400 Hz														
ENR 33 dB, Verluste bei Messung ohne VVr 1,5 dB, mit Vorverst 2,5 dB														
				Grenzempfindlichkeit		Signal/Rausch 10 dB					Rausch			
Vorverstärker				ad	uV	dBm	ad	uV	dBm	TRX	IN			
QRG	off	on		3dB		10dB				dBm	Rauschfakt. F	NF/dB	ENR	
				Grenzempfindlichkeit CW										
144,3	X		26	0,021	-140,70				CW	-146,00	1,70	2,30	31,5	
144,3		X	27	0,016	-142,70				CW	-146,00	1,07	0,30	30,5	
				S/N bei 10dB Abstand CW										
144,3	X					18	0,052	-132,70	CW	-146,00	2,14	3,30	31,5	
144,3		X				19	0,041	-134,70	CW	-146,00	1,35	1,30	30,5	
				Grenzempfindlichkeit SSB										
144,3	X		26	0,045	-134,00				SSB	-140,00	2,00	3,00	31,5	
144,3		X	27	0,035	-136,00				SSB	-140,00	1,26	1,00	30,5	
				S/N bei 10dB Abstand SSB										
144,3	X					18	0,112	-126,00	SSB	-140,00	2,51	4,00	31,5	
144,3		X				19	0,089	-128,00	SSB	-140,00	1,58	2,00	30,5	
				Grenzempfindlichkeit CW										
432,2	X		25	0,023	-139,70				CW	-146,00	2,14	3,30	31,5	
432,2		X	27	0,016	-142,70				CW	-146,00	1,07	0,30	30,5	
				S/N bei 10dB Abstand CW										
432,2	X					17	0,058	-131,70	CW	-146,00	2,69	4,30	31,5	
432,2		X				18	0,046	-133,70	CW	-146,00	1,70	2,30	30,5	
				Grenzempfindlichkeit SSB										
432,2	X		26	0,045	-134,00				SSB	-140,00	2,00	3,00	31,5	
432,2		X	26	0,040	-135,00				SSB	-140,00	1,58	2,00	30,5	
				S/N bei 10dB Abstand SSB										
432,2	X					17	0,126	-125,00	SSB	-140,00	3,16	5,00	31,5	
432,2		X				18	0,100	-127,00	SSB	-140,00	2,00	3,00	30,5	

				IC 245E																
Bandbreite SSB 2400 Hz																				
ENR 33 dB, Verluste bei Messung ohne VVr 1,5 dB, mit Vorverst 2,5 dB																				
				Grenzeempfindlichkeit				Signal/rausch 10 dB						Rausch						
Vorverstärker			ad	uV		dBm		ad		uV		dBm		TRX	IN					
QRG	off	on		3dB						10dB						dBm	Rauschfakt. F	NF/dB	ENR	
Grenzeempfindlichkeit SSB																				
144,3	X		15	0,158	-123,00								SSB	-140,00	25,12	14,00	31,5			
144,3		X	25	0,045	-134,00								SSB	-140,00	2,00	3,00	30,5			
S/N bei 10dB Abstand SSB																				
144,3	X						5		0,501	-113,00		SSB	-140,00	50,12	17,00	31,5				
144,3		X					14		0,158	-123,00		SSB	-140,00	5,01	7,00	30,5				
Wahrscheinlich Fehler in der Vorstufe																				

Erläuterung zur Tabelle:									
Spalte "4 " Dämpfungswert, um den das Rauschsignal von 33 dB ENR gedämpft und dem Meßobjekt zugeführt wird.									
Spalte "5" und "6" , gemessene Werte am Ausgang des Messobjekts, bei 3 dB mehr Rauschleistung wie am Eingang									
Spalte "8" und "9" , gemessene Werte am Ausgang des Messobjekts, bei 10 dB mehr Rauschleistung wie am Eingang									
Spalte "11" Rauschleistung IN, dem Meßobjekt zugeführte Rauschleistung, abhängig von der Bandbreite,									
-146 dBm bei 600 Hz CW, '-140 dBm bei 2400 Hz SSB									
Spalte "12" Rauschfaktor F errechnet sich aus Spalte "12" , NF/dB, Rauschzahl $F = 10_{yx} (NFdB/10)$									
Spalte "13" NF/dB errechnet sich aus gemessener Rauschleistung minus zugeführter Rauschleistung -3dB bzw. -10dB									
Spalte "14" ENR 33 dB- Kabel-, Schalter- und Anpassungsverluste									

Spalte 14 ENR

Die verminderten ENR- Werte wirken sich stark auf Rauschfaktor und Rauschzahl NFdB aus, sind keine ca. Werte, sondern so gut wie möglich messtechnisch ermittelt worden. Man kann erkennen, dass diese beiden Werte sich mit Vorverstärker stark verbessern.

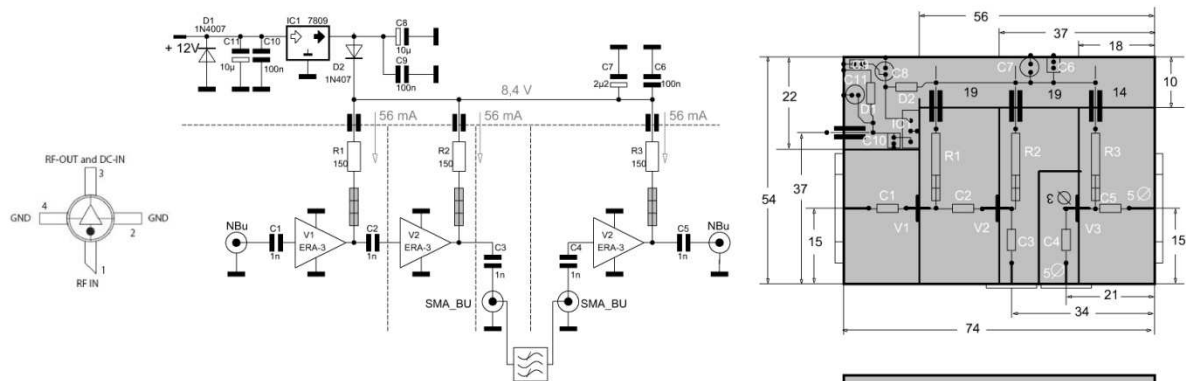
Messen von Vorverstärkern

Bei Messung von Vorverstärkern alleine ist mit anderen Problemen zu kämpfen. Die Rauschleistung sollte mit einem Analyzer älterer Bauart (HP 8558 B) gemessen werden, wobei die Rausch- Grenze bei diesem Analyzer bei ca. -110 dBm liegt.

Abhilfe:

Mess- Verstärker, dessen Rauschzahl nicht größer 4 dB ist und eine Verstärkung von mindestens 60 dB hat vor den Analyzer schalten. Somit spielt das Eigenrauschen des Analyzers dann keine Rolle mehr. Der Verstärker ist mit einigen Änderungen der Schaltung aus dem Funkamateure 6/12, Seite 624 nachgebaut. Verstärker 3x MMIC ERA-3. Die Verstärkung ist im folgenden Bild bei verschiedenen Frequenzen angegeben. Eingangs- und Ausgangsanpassung sollten nicht kleiner 10 bis -15 dB sein. Schaltbild des 60 dB Verstärkers siehe Bild 5.

60 dB Verstärker



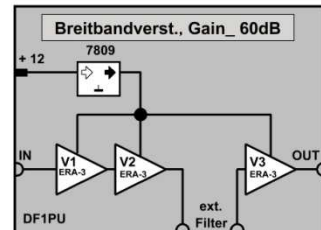
Messwerte Verstärker

gemessener Rauschpegel bei verschiedenen Bandbreiten am Analyzer
bei 50 Ohm am Eingang

f/MHz	F/Bb	- dBm	mit R.Gen - dBm
144	10KHz	68	50
144	100KHz	59	19
144	300KHz	53	36
144	1MHz	48	30
432	10KHz	70	54
432	100KHz	61	44
432	300KHz	57	40
432	1MHz	50	34

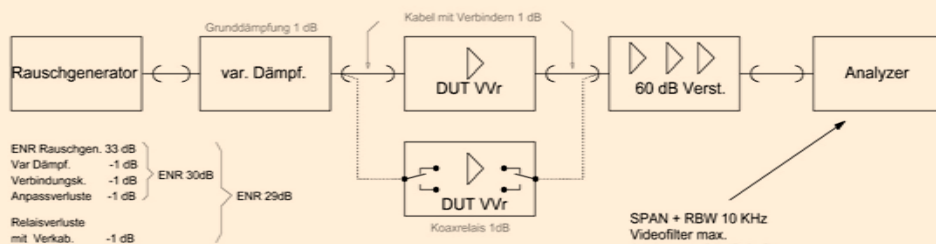
Verstärkung

f/MHz	dB
144	69
432	66
1000	57



Messaufbau

Messung des Rauschfaktors von Vorverstärkern (3 dB Methode)



ENR Rauschen. 33 dB
Var Dämpf. -1 dB
Verbindungsk. -1 dB
Anpassverluste -1 dB
Relaisverluste mit Verkab. -1 dB

Dämpfungswerte bei Eingabe in Berechnungstool berücksichtigen
ENR Eingabe bei nur Vorverstärker 30 dB
ENR Eingabe bei Vorverstärker mit Umschaltung 29 dB

SPAN + RBW 10 KHz
Videofilter max.
Analyzer auf 1 dB Auflösung
Rauschgenerator aus
LNA einschalten, Linie auf Bild- Mitte (Maximum mit Frequenz immer kontrollieren)
Rauschgenerator ein, variable Dämpfung verringern, bis Linie um 3 dB ansteigt
abgelesene Dämpfung in Berechnungstool eingeben, ENR- Wert beachten!

Wichtig: ENR der Rauschquelle ist 33 dB, Verluste durch Kabel, Relais und Anpassung beachten siehe Prinzipschaltung in S_Plan Datei								
Grenzempfindlichkeit								
		uV	dBm	Rausch				
		3dB		IN				
QRG	ad	Grenzempfindlichkeit		dBm	Rauschfakt. F	NF/dB	Bemerkungen	ENR Eingabe
432	25	0,071	-130,00	-133,93	1,24	0,93	mit Koaxrelais MGF 1302	29 dB
432	20	0,138	-124,20	-133,93	4,71	6,73	ohne Koaxrelais CF 739	30 dB
432	26	0,071	-130,00	-133,93	1,24	0,93	ohne Koaxrelais MGF 1302	30 dB
144	25	0,071	-130,00	-133,93	1,24	0,93	mit Koaxrelais MGF 1302	29 dB
432	25	0,089	-128,00	-133,93	1,96	2,93	60 dB Vorverstärker	31 dB
144	25	0,089	-128,00	-133,93	1,96	2,93	60 dB Vorverstärker	31 dB
Analyzer Einstellung:								
SPAN + RBW 10 KHz								
Videofilter max.								
Analyzer auf 1 dB Auflösung								
Rauschgenerator aus								
LNA einschalten, Linie auf Bild- Mitte (Maximum mit Frequenz immer kontrollieren)								
Rauschgenerator ein, variable Dämpfung verringern, bis Linie um 3 dB ansteigt								
abgelesene Dämpfung in Berechnungstool eingeben, ENR- Wert beachten!								

		Grenzempfindlichkeit
--	--	----------------------

		uV	dBm	Rausch				
		3dB		IN				
QRG	ad	Grenzeempfindlichkeit		dBm	Rauschfakt. F	NF/dB	Bemerkungen	ENR Eingabe
432	25	0,071	-130,00	-133,93	1,24	0,93	mit Koaxrelais MGF 1302	29 dB
432	20	0,138	-124,20	-133,93	4,71	6,73	ohne Koaxrelais CF 739	30 dB
432	26	0,071	-130,00	-133,93	1,24	0,93	ohne Koaxrelais MGF 1302	30 dB
144	25	0,071	-130,00	-133,93	1,24	0,93	mit Koaxrelais MGF 1302	29 dB
432	25	0,089	-128,00	-133,93	1,96	2,93	60 dB Vorverstärker	31 dB
144	25	0,089	-128,00	-133,93	1,96	2,93	60 dB Vorverstärker	31 dB

Analyzer Einstellung:

SPAN + RBW 10 KHzVideofilter max.

Analyzer auf 1 dB Auflösung

Rauschgenerator aus

LNA einschalten, Linie auf Bild- Mitte (Maximum mit Frequenz immer kontrollieren)

Rauschgenerator ein, variable Dämpfung verringern, bis Linie um 3 dB ansteigt

abgelesene Dämpfung in Berechnungstool eingeben, ENR- Wert beachten!

Fazit:

Helmut Schilling