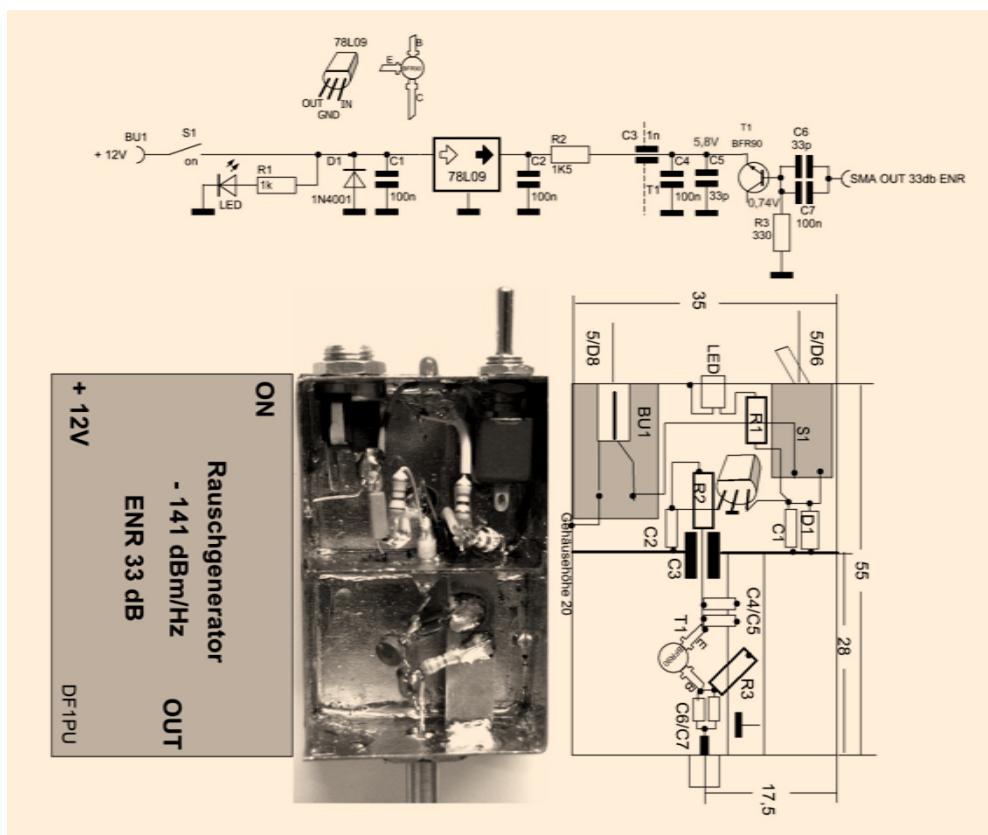


Wie man sich mit einem kleinen Kästchen (35x 55 mm) 6 Wochen beschäftigen kann!

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, Grenzempfindlichkeit 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

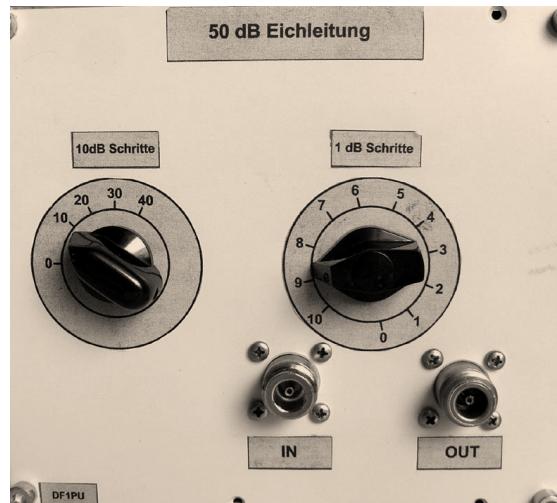
Dämpfungsschalter:

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

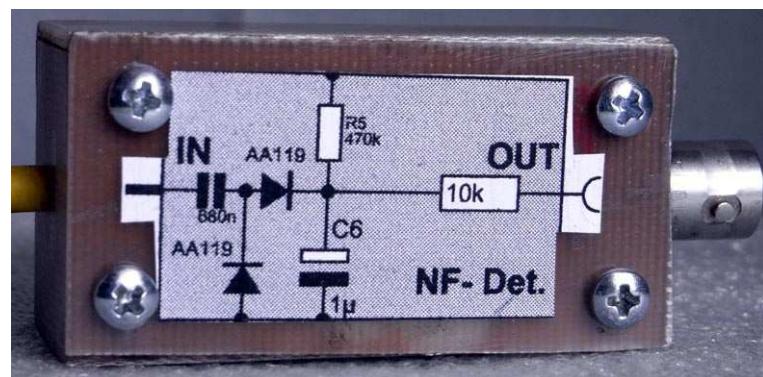


NF- Millivoltmeter:

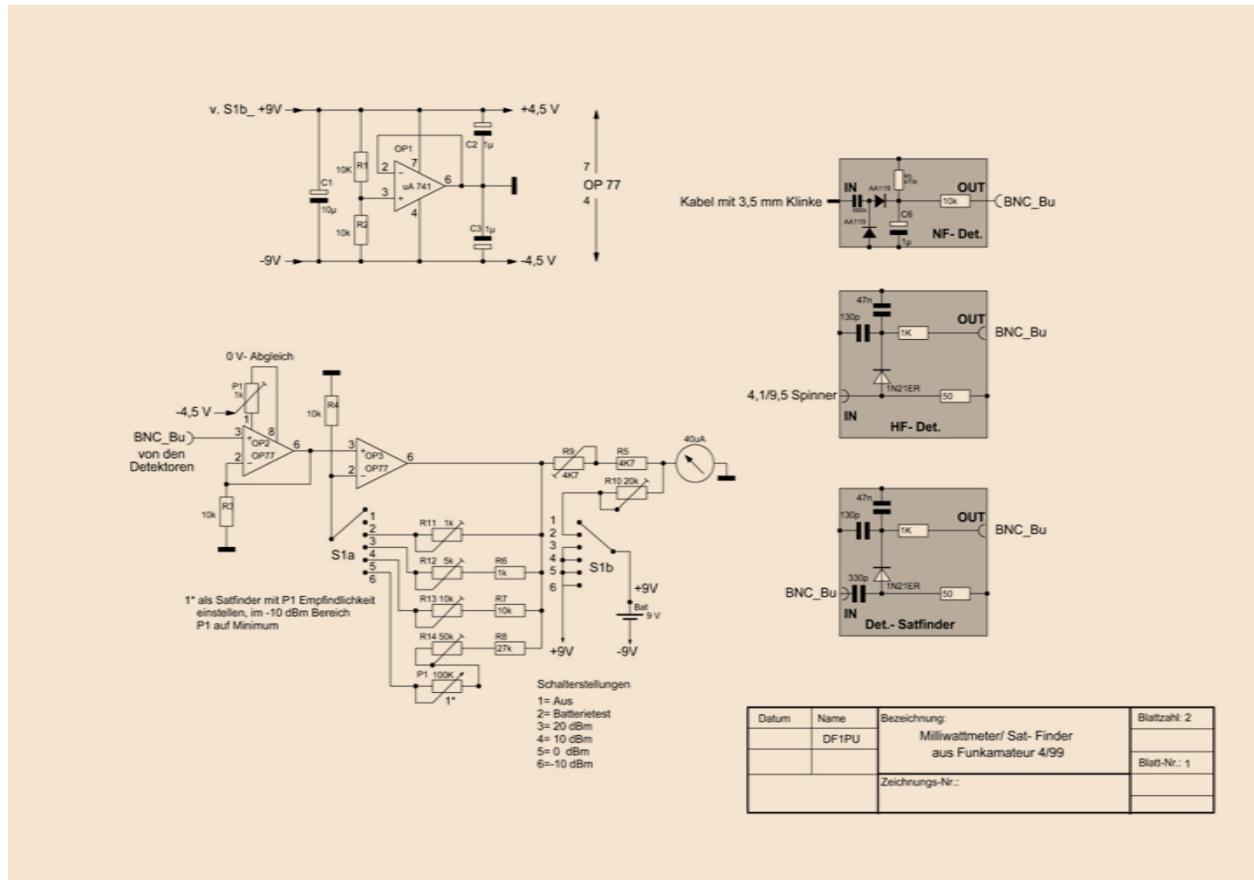
Aus früheren Bastelprojekten besaß ich noch ein empfindliches Milliwattmeter in 4 Bereichen (-10, 0, 10 und 20 dBm ausFunkamateuer 4/99), (Bild 4).

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 interessant

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 Grenzempfindlichkeit) (**144mV**)

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

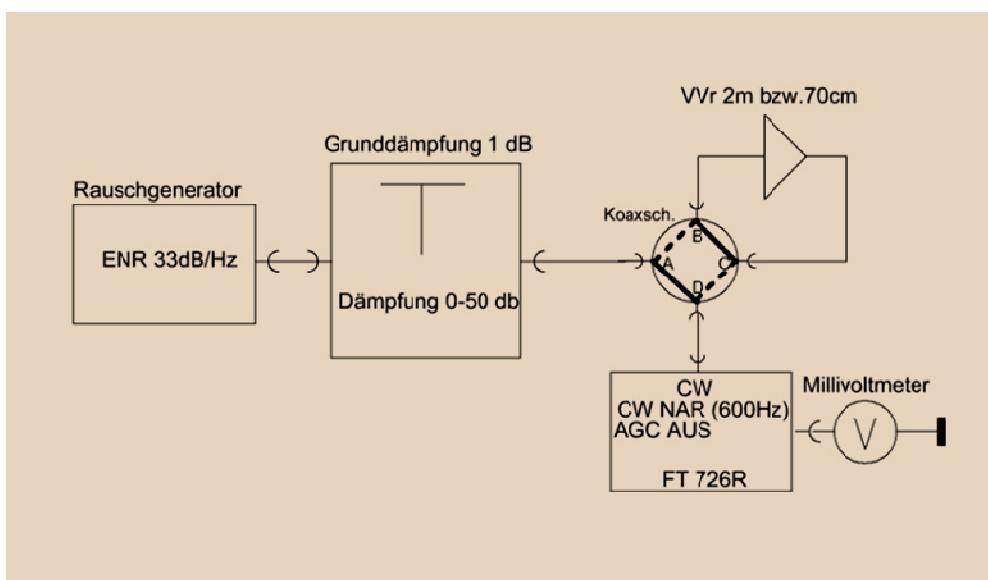
Milliwattmeter, Meßwerte für NF- Spannungen

U_Ein	Milliwattmeter SKT				Oszillograf
	Bereich dBm				
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 Lautsprecherausgang 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	dBm	Rauschfakt. F	NF/dB
QRG	off	on		3dB		10dB					ENR
Grenzempfindlichkeit CW											
144,3	X		26	0,021	-140,70			CW	-146,00	1,70	2,30
144,3		X	27	0,016	-142,70			CW	-146,00	1,07	0,30
S/N bei 10dB Abstand CW											
144,3	X				18	0,052	-132,70	CW	-146,00	2,14	3,30
144,3		X			19	0,041	-134,70	CW	-146,00	1,35	1,30
Grenzempfindlichkeit SSB											
144,3	X		26	0,045	-134,00			SSB	-140,00	2,00	3,00
144,3		X	27	0,035	-136,00			SSB	-140,00	1,26	1,00
S/N bei 10dB Abstand SSB											
144,3	X				18	0,112	-126,00	SSB	-140,00	2,51	4,00
144,3		X			19	0,089	-128,00	SSB	-140,00	1,58	2,00
Grenzempfindlichkeit CW											
432,2	X		25	0,023	-139,70			CW	-146,00	2,14	3,30
432,2		X	27	0,016	-142,70			CW	-146,00	1,07	0,30
S/N bei 10dB Abstand CW											
432,2	X				17	0,058	-131,70	CW	-146,00	2,69	4,30
432,2		X			18	0,046	-133,70	CW	-146,00	1,70	2,30
Grenzempfindlichkeit SSB											
432,2	X		26	0,045	-134,00			SSB	-140,00	2,00	3,00
432,2		X	26	0,040	-135,00			SSB	-140,00	1,58	2,00
S/N bei 10dB Abstand SSB											
432,2	X				17	0,126	-125,00	SSB	-140,00	3,16	5,00
432,2		X			18	0,100	-127,00	SSB	-140,00	2,00	3,00

IC 245E												
Bandbreite 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		
				Grenzempfindlichkeit SSB						ENR		
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 $F = 10_{yx} (\text{NFdB}/10)$					
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

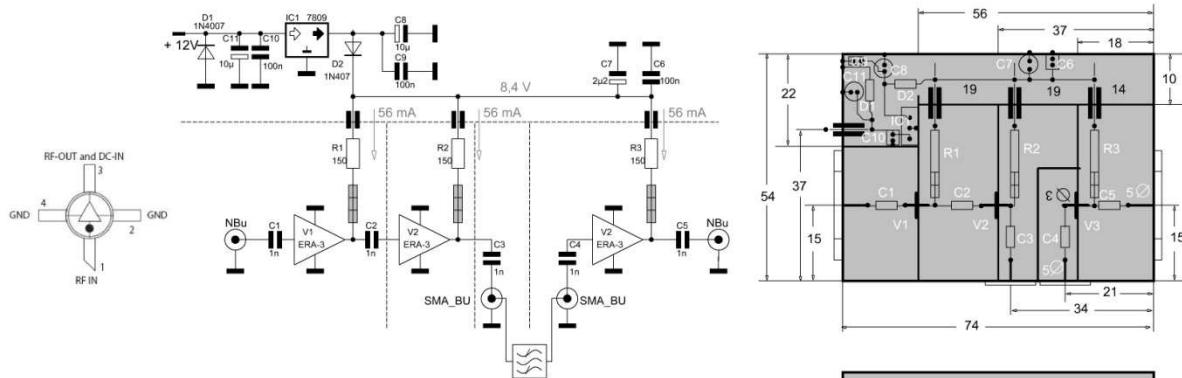
Bei Messung von Vorverstärkern alleine ist mit anderen Problemen zu kämpfen.

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 Funkamateuer 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



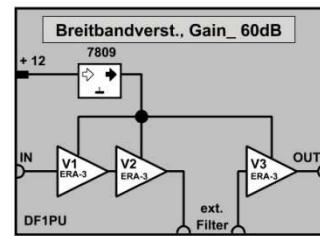
Messwerte Verstärker

MESSENSWERTE 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

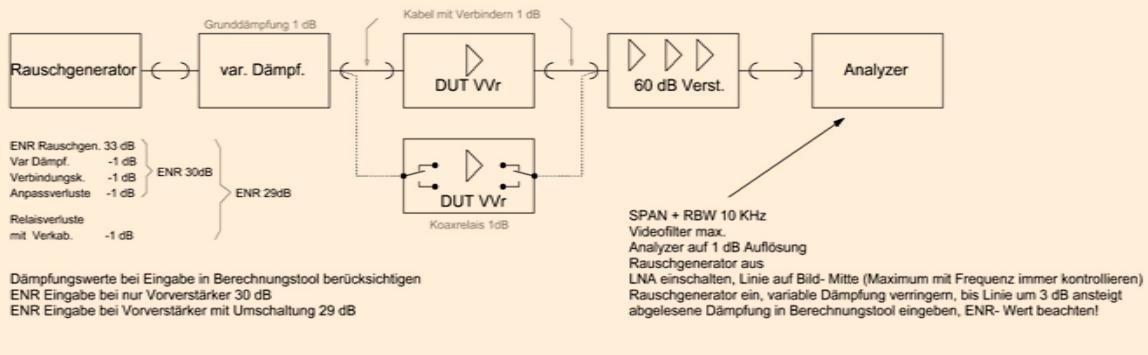
Verstärkung

f/MHz	dB
144	69
432	66
1000	57



Messaufbau

Messung des Rauschfaktors von Vorverstärkern (3 dB Methode)



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
432	25	0,071	-130,00	-133,93	1,24	0,93	mit Koaxrelais MGF 1302
432	20	0,138	-124,20	-133,93	4,71	6,73	ohne Koaxrelais CF 739
432	26	0,071	-130,00	-133,93	1,24	0,93	ohne Koaxrelais MGF 1302
144	25	0,071	-130,00	-133,93	1,24	0,93	mit Koaxrelais MGF 1302
432	25	0,089	-128,00	-133,93	1,96	2,93	60 dB Vorverstärker
144	25	0,089	-128,00	-133,93	1,96	2,93	60 dB Vorverstärker

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!

Fazit:

Bei den gemessenen Vorverstärkern handelt es sich um Eigenbauversionen mit dem Transistor MGF 1302 (CF739 ist durchgefallen, siehe Messwerte). Ursprünglich sollte die Messung der Vorverstärker nach der Y- Methode (siehe Fachliteratur) erfolgen, was aber am Messaufbau scheiterte. Die Differenz der Messwerte Vorverstärker alleine oder über den TRX scheint mir relativ gering. Wer sich gerne mit Formeln herumschlägt braucht nur in **Google** Rauschmessung oder Bestimmen des Rauschfaktors einzugeben und wird ausführlich bedient.

Helmut Schilling

DF1PU