

Low Noise pre-Amplifier für KW



- Spielverderber Rauschen
- Hintergrundwissen:
SNR - Rauschzahl – Dynamik
- Wann braucht man einen LNA?
- Praktische Aspekte
- Eigenschaften und Beispiele von
ausgewählten LNA

FACW/DARC OV Weinheim

Günter Fred Mandel

DL4ZAO

<https://www.dl4zao.de>

Wann nützt ein LNA?

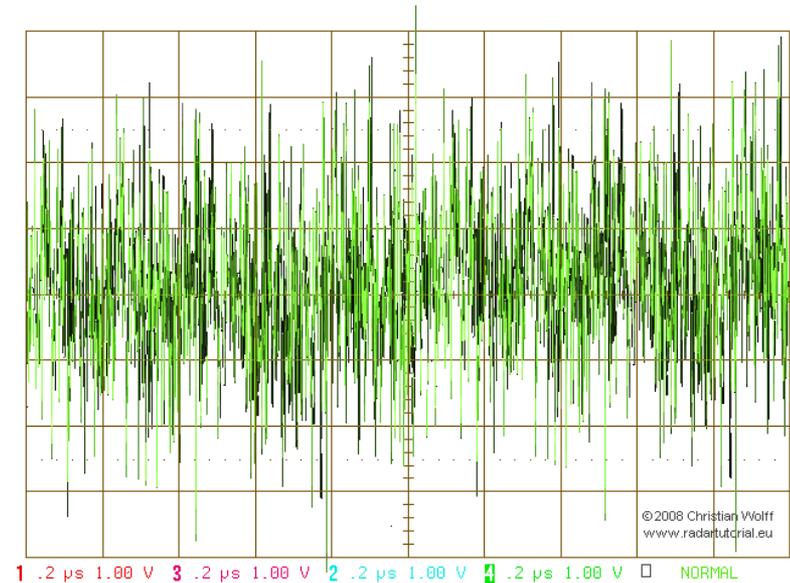


- Die maßgebliche Größe beim Funk-Empfang ist das Signal zu Rausch Verhältnis S/N (eng. SNR)
- Ein LNA verstärkt Nutzsignal und Rauschen gleichermaßen. Der Dynamikbereich eines Empfängers kann dadurch unerwünscht eingeschränkt werden.
- Ein LNA macht nur Sinn, wenn er das SNR des Empfangssystems insgesamt verbessert.

Außer Rauschen nix zu lauschen

FA Jan/2001 [1]

- Rauschen (eng.: Noise) ist der Spielverderber in der Empfangstechnik.
- Rauschen stört, es überlagert schwache Nutzsignale.
- Rauschen begrenzt die Fähigkeit eines Empfängers, schwache Signale aufzunehmen.



Rauschen ist ein statistisches Signalgemisch. Im weißen Rauschen sind Anteile aller Frequenzen des Spektrums zufällig verteilt enthalten.

Was rauscht denn da im RX?



Externes Rauschen

Es gelangt von außen an den Antenneneingang:

- Thermisches Rauschen (physikalische Naturkonstante)
- Atmosphärisches und kosmisches Rauschen
- Man made noise, QRN

Internes Rauschen

- Elektronisches Eigen-Rauschen, das in den aktiven Komponenten in Empfängerbaugruppen entsteht. Als Maß für dieses Zusatzrauschen dient die Rauschzahl.

mehr Bandbreite – mehr Rauschen



Rauschen setzt sich aus zufällig verteilten Anteilen aller Frequenzen des Spektrums zusammen.

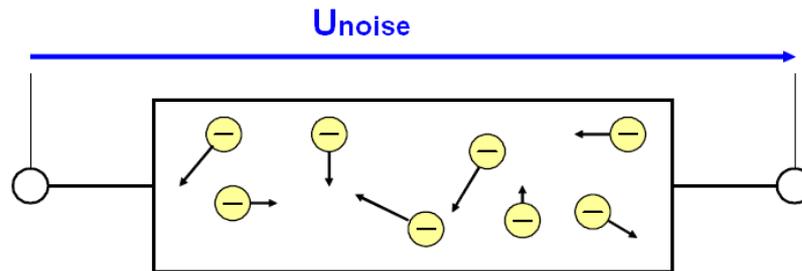
Die Rauschleistung ist von der Bandbreite abhängig

Die Rauschleistung wird üblicherweise auf eine Bandbreite von 1 Hz bezogen.

Bei größerer Bandbreite steigt die Rauschleistung proportional

thermisches Rauschen

In jedem Leiter bewegen sich Elektronen wenn Strom fließt. Sobald Wärme mit im Spiel ist - das ist bei Temperaturen über dem absoluten Nullpunkt von $-273,15^{\circ}\text{K}$ immer der Fall - bewegen sich die Ladungsträger unregelmäßig. Durch die ungeordnete "Hin- und Herbewegung" der Elektronen schwankt der Strom zufällig um winzige Beträge. Je höher die Temperatur ist, desto intensiver bewegen sich die Teilchen, desto höher ist die dadurch verursachte thermische Rauschleistung.



Selbst wenn keine äußere Spannung angelegt ist, misst man an einem Widerstand wegen der zufälligen Wärme-Bewegung der Ladungsträger eine Rauschspannung U_{noise} .

Thermische Rauschleistung

Die Größe des temperaturabhängigen thermischen Rauschens ist eine Naturkonstante. Boltzmann-Konstante: $k = 1,38 * 10^{-23}$ Joule/°Kelvin

Als Referenztemperatur T_0 für praktische Rauschbetrachtungen hat man zur Vereinfachung eine Raumtemperatur von ca. 17°C festgelegt (290°K)

Jeder Widerstand erzeugt bei "Raumtemperatur" bei Anpassung eine Rauschleistung von **-174dBm je Hz Bandbreite.**

(Das ist als lineare Zahl: $4 * 10^{-21}$ W oder 0,000000000000000000000004 W)

Formel zur Berechnung des thermischen Rauschens

$$P = k * T_0 * B$$

P = Rauschleistung in Watt
k = Boltzmann-Konstante $k = 1,38 * 10^{-23}$ J/K
 T_0 = Referenztemperatur 290 K
B = Mess-Bandbreite in Hertz

logarithmisch ausgedrückt in dBm

$$P_{[dBm]} = 10 * \log P + 30$$

atmosphärisches Rauschen



Das atmosphärische Rauschen stammt hauptsächlich von Blitzen, die sich gerade irgendwo auf der Welt entladen. Blitzentladungen erzeugen energiereiche Hochfrequenz-Impulse, die sich durch Reflexion an der Ionosphäre über die ganz Erde verbreiten.

Das kosmische oder galaktische Rauschen hat seine Ursache hauptsächlich in der Sonnenaktivität und von den Fixsternen des Milchstraßensystems. Hintergrundrauschen kommt auch von der Bewegung von heißen Gasmolekülen im Weltraum und von der Entstehung unseres Universums.

Man Made Noise



Man Made Noise entsteht durch elektrische und elektronische Geräte in der Industrie und den Haushalten.

Ursachen sind zum Beispiel: Hochspannungsleitungen, Schaltnetzteile, Fernseh- und Computermonitore, PCs, PLC und DLS Modems, Maschinen, Zündfunken etc.

Der Rauschpegel ist abhängig vom Ort und von der Tageszeit. In ländlichen Gegenden ist dieses Rauschen geringer als in Städten oder in Industriegebieten. Tagsüber rauscht es mehr als nachts.

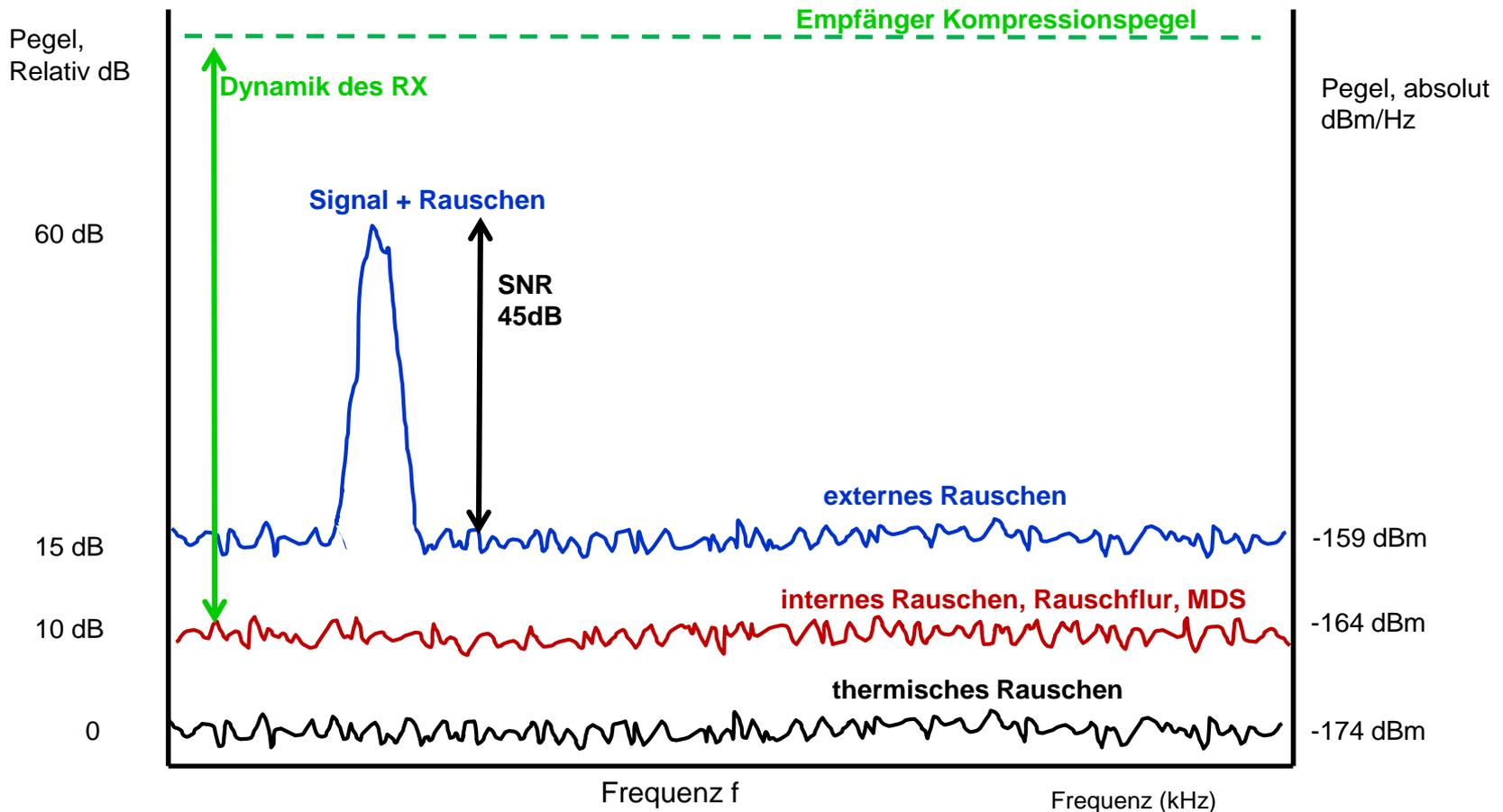
Rauschleistung und Bandbreite

- Ein idealer Empfänger erzeugt bei $\sim 17^\circ\text{C}$ (290K) am Dummyload durch Wärme eine Eigenrauschleistung von $-174 \text{ dBm} / \text{Hz}$.
- Bei Bandbreiten (B) größer als ein Hz gelangt mehr Rauschleistung in den Empfänger. Je größer die Bandbreite, desto höher ist proportional die absolute Rauschleistung.

Bei $B = 2,4 \text{ kHz}$ also das 2400fache. In dB ausgedrückt: $10 \log 2400 = 34\text{dB}$.
Das thermische Rauschen bei $B=2,4 \text{ kHz}$ ist also: $-174\text{dBm} + 34 \text{ dB} = -140\text{dBm}$

thermisches Grundrauschen	10 log Bandbreite	Bandbreite	Betriebsart
-174 dBm	0	1 Hz	Referenzbandbreite
-148 dBm	26	400Hz	CW
-140 dBm	34	2,4 kHz	SSB
-123 dBm	41	12,5 kHz	FM

Signal/Rausch-Verhältnis, SNR



Das Signal/Rausch-Verhältnis (SNR) ist das Verhältnis der Leistung des Nutzsignals zur Leistung des Rauschens. Das SNR wird üblicherweise im logarithmischen Maßstab in dB angegeben

$$SNR = 10 \log \left(\frac{P_{Signal}}{P_{Rauschen}} \right) dB, \quad SNR = 20 \log \left(\frac{U_{eff, Signal}}{U_{eff, Rauschen}} \right) dB$$

Rauschzahl

Ein realer Verstärker fügt zu dem thermischen Rauschen am Eingang zusätzlich internes elektronisches Rauschen hinzu.

Die Rauschzahl oder der Rauschfaktor ist das Verhältnis, wieviel sich das Signal-Rausch-Verhältnis SNR am Ausgang gegenüber dem SNR am Eingang verschlechtert.

$$\text{Rauschzahl} = \frac{\text{Signal-Rausch-Verhältnis}_{(\text{Eingang})}}{\text{Signal-Rausch-Verhältnis}_{(\text{Ausgang})}}$$

$$F = \frac{S/N_{\text{Ein}}}{S/N_{\text{Aus}}}$$

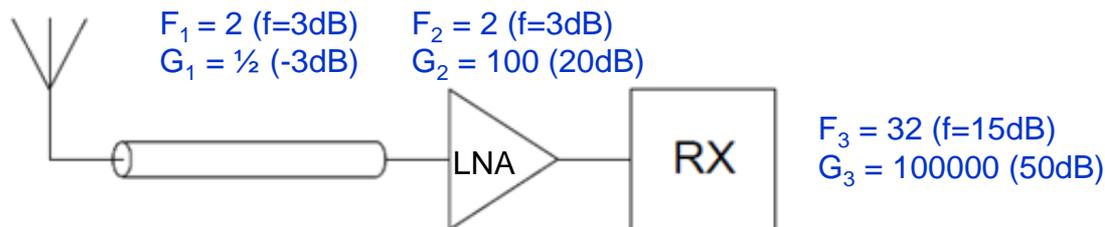
Die Rauschzahl (englisch: noise figure NF) wird in der Regel im logarithmischen Maß als dB angegeben. (in DL dann "Rauschmaß" genannt)

$$f = 10 \log F$$

Ein idealer Empfänger oder Verstärker, der selbst kein Rauschen hinzufügt, hätte einen Rauschfaktor F von 1 oder eine Rauschzahl f von 0 dB.

Kettenschaltung von Baugruppen

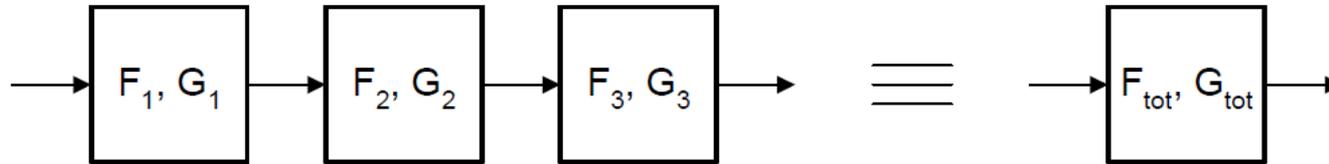
In der Empfangspraxis hat man es meist mit einer Kette von in Reihe geschalteten Komponenten zu tun, die jeweils unterschiedlich verstärken (oder abschwächen) und unterschiedlich rauschen. Jede einzelne Stufe der Kette hat einen Rauschfaktor F und eine Leistungsverstärkung G (G von englisch: *Gain*).



Die Gesamtverstärkung der Kette ergibt sich, in dem man die Einzelverstärkungen multipliziert.

$$G_{tot} = G_1 \cdot G_2 \cdot G_3$$

Gesamt-Rauschzahl einer Kette



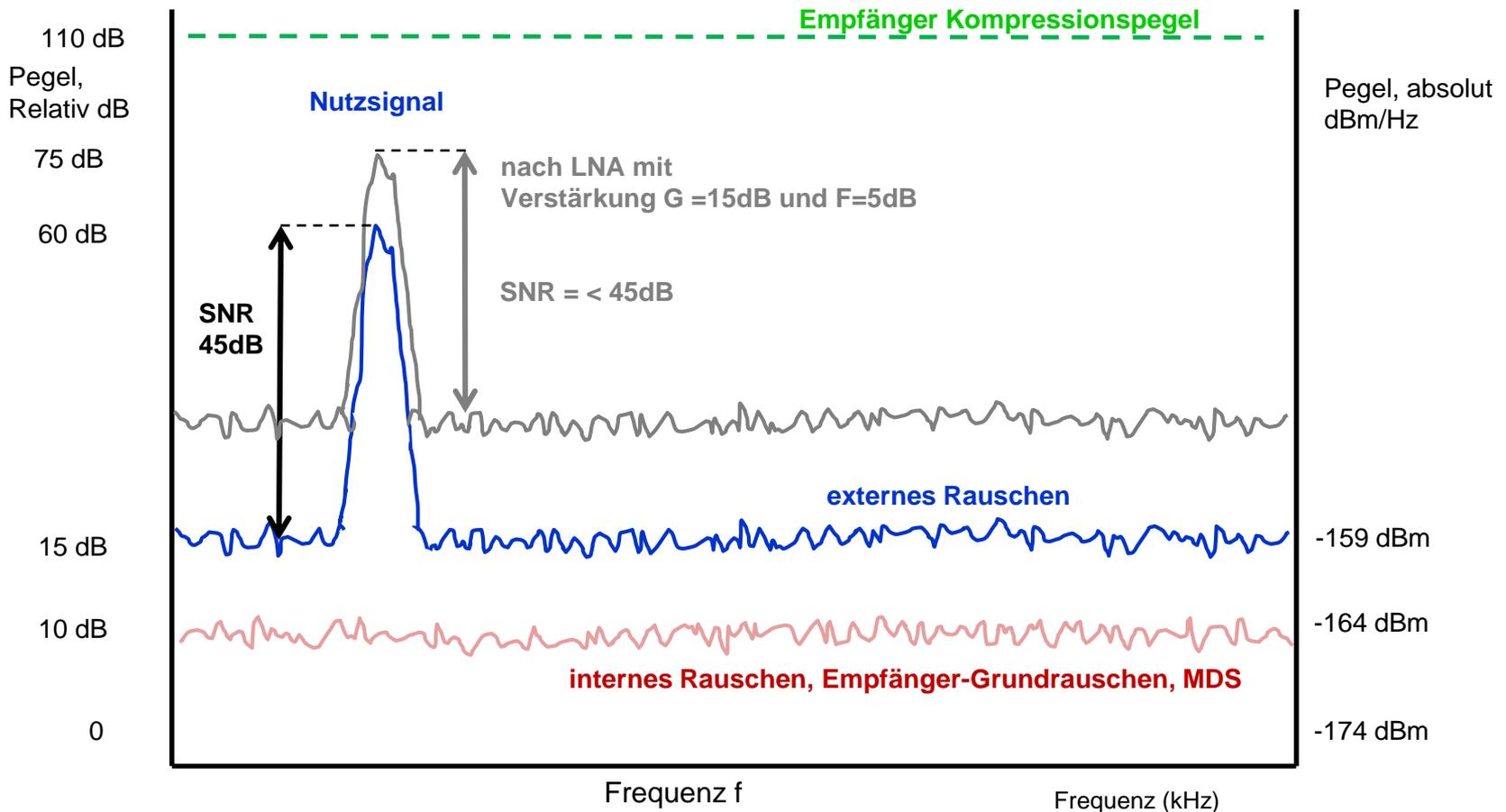
$$F_{\text{gesamt}} = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} + \frac{F_3 - 1}{G_1 \cdot G_2} + \dots$$

Friis Formel.

Die Friis-Formel drückt aus, dass das Rauschen der nachfolgenden Stufen nur noch um die Verstärkung G der vorhergehenden Stufe verringert in die gesamte Rauschzahl der Kette eingeht.

- **Die Rauschzahl der ersten Stufe bestimmt maßgeblich die Gesamtrauschzahl.**
- **Ein rauscharmer Vorverstärker kann die Rauschzahl verbessern, wenn seine Verstärkung ausreichend hoch ist.**

SNR vor und nach einem LNA



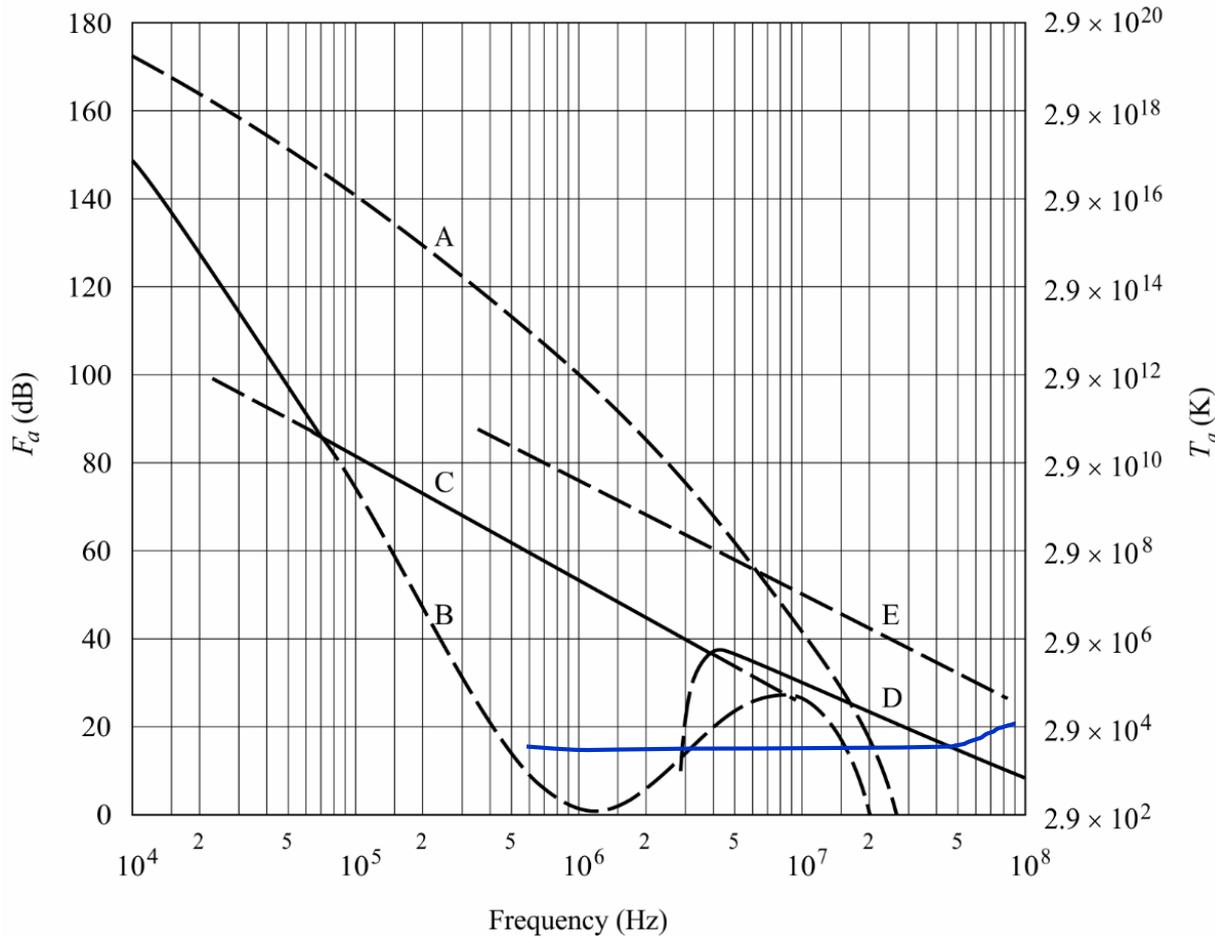
In dem Beispiel werden Nutzsignal und Rauschen (S+N) um 15dB verstärkt.
Wegen der Rauschzahl des LNA addiert sich noch das interne Rauschen des LNA und verschlechtert das Signal/Rausch-Verhältnis.

Rauschwissen für den Praktiker!



- Das Rauschen und die Verstärkung der ersten Stufe bestimmen maßgeblich die Rauschzahl des Gesamtsystems.
- Das Rauschen der zweiten Stufe fällt viel weniger ins Gewicht, wenn die Verstärkung der ersten Stufe hoch ist.
- Die Rauschzahl eines verlustbehafteten passiven Elements, wie z.B. einer Leitung, eines Filters oder eines Abschwächers, entspricht seiner Durchgangsdämpfung (= negative Verstärkung).
- Eine passives Element mit Dämpfung als erste Stufe (z.B. eine verlustbehaftete Speiseleitung) verschlechtert die Rauschzahl des Gesamtsystems um den Betrag seiner Dämpfung.

ITU 372-10 externes Rauschen



ITU Umweltkategorie, Kurve:

A: atmosphärisches Rauschen,
zu 0,5 % der Zeit überschritten

B: atmosphärisches Rauschen,
zu 99,5 % der Zeit überschritten

C: Man Made Noise,
in ruhiger ländlicher Umgebung

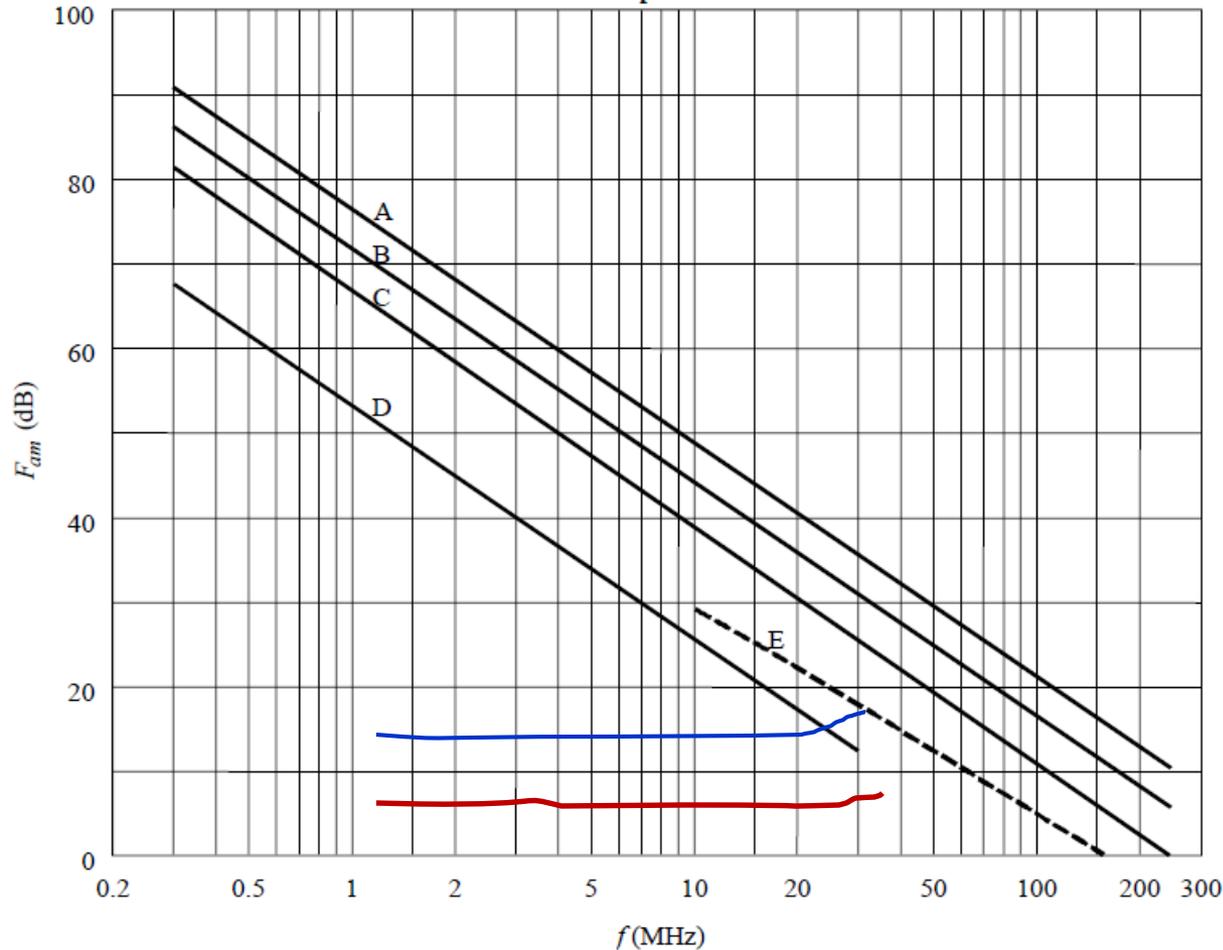
D: Galaktisches Rauschen

E: Man Made Noise,
Mindestpegel in Gewerbegebieten.

Zum Vergleich die Rauschzahl eines K3:
Ohne Vorverstärker

ITU 372-10 - Man Made Noise

Mittlere Werte künstlicher Störungsleistung einer
kurzen vertikalen verlustfreien geerdeten
Monopolantenne



ITU Umweltkategorie, Kurve:

A: Man Made Noise,
in Gewerbegebieten

B: Man Made Noise,
in städtischen Wohngebieten

C: Man Made Noise,
in ländlicher Umgebung

D: Man Made Noise,
in ruhiger ländlicher Umgebung

E: Galaktisches Rauschen

Zum Vergleich die Rauschzahl eines K3:
Ohne Vorverstärker

Mit Vorverstärker

Macht ein Preamp auf KW Sinn?

- Externes Rauschen ist auf den Low Bands dominierend
- Moderne Empfänger sind ausreichend empfindlich. Rauschzahlen von 10...20 dB bei KW-RX sind Stand der Technik
- Bei Antennen mit Gewinn von mehr als -15dBi und verlustarmer Speiseleitung (< 2dB Dämpfung) ist kein Preamp nötig
- Nach speziellen Empfangsantennen (EWE, Flag, Pennant, K9AY etc.) mit Antennengewinn weniger -15dBi bringt ein LNA Vorteile.
- Vor langen Speiseleitungen mit hoher Dämpfung oder vor passiven Verteilern ist ein antennennah angebrachter LNA sinnvoll.

Einige Vergleichswerte von TRX

Source: Rob Sherwood

Rig	Noise Floor Preamp Off / On	Noise Figure Preamp Off / On
Icom Pro III	-132 dBm / -140 dBm	12 dB / 4 dB
Elecraft K3	-130 dBm / -138 dBm	14 dB / 6 dB
Kenwood 990S	-127 dBm / -138 dBm	17 dB / 6 dB
Flex 6700	-118 dBm / -132 dBm	26 dB / 12 dB

Messwerte bezogen auf 500Hz CW Filter-Bandbreite

Intermodulation (IMD) im LNA

IMD = Intermodulation Distortion

Intermodulation sind Signal-Verzerrungen, die in aktiven Stufen wie in Verstärkern bei der Aussteuerung mit zwei (oder vielen) Trägern entstehen. Ihre Ursache sind Unlinearitäten im Signalweg.

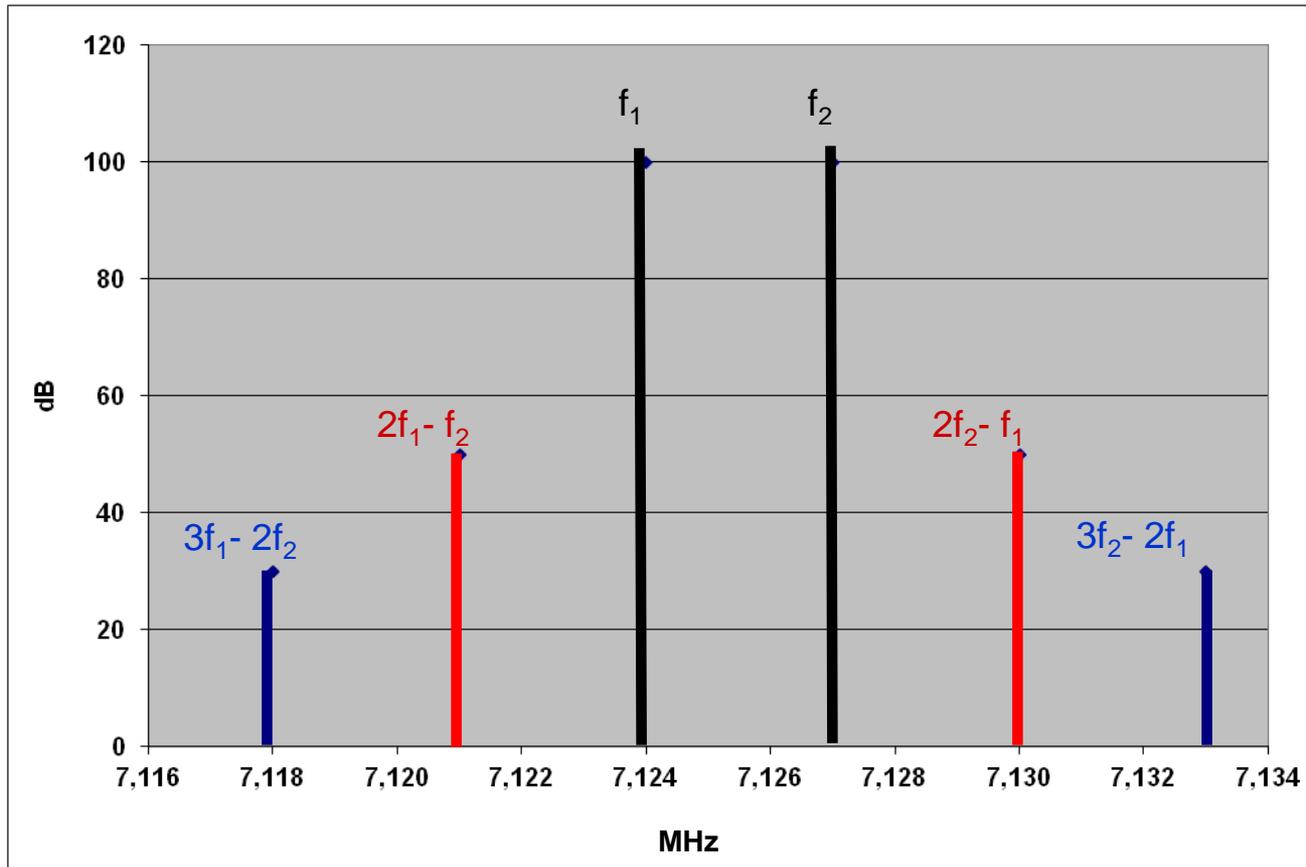
Dabei entstehen neue, unerwünschte Mischprodukte der Träger mit deren Harmonischen. Die Frequenz-Verhältnisse dieser neu entstandenen Störsignale werden durch die Ordnungszahl beschrieben.

IM-Produkte 2. Ordnung:	$2 \cdot f_1, 2 \cdot f_2, f_1 + f_2$ sowie $f_2 - f_1$
IM-Produkte 3. Ordnung:	$2 \cdot f_1 - f_2$ sowie $2 \cdot f_2 - f_1$

Damit im LNA wenig Intermodulationsprodukte entstehen, soll seine Übertragungskennlinie möglichst linear sein. Ein Vergleichsmaß für die Linearität ist der OIP3 (Output Intercept Point 3rd Order).

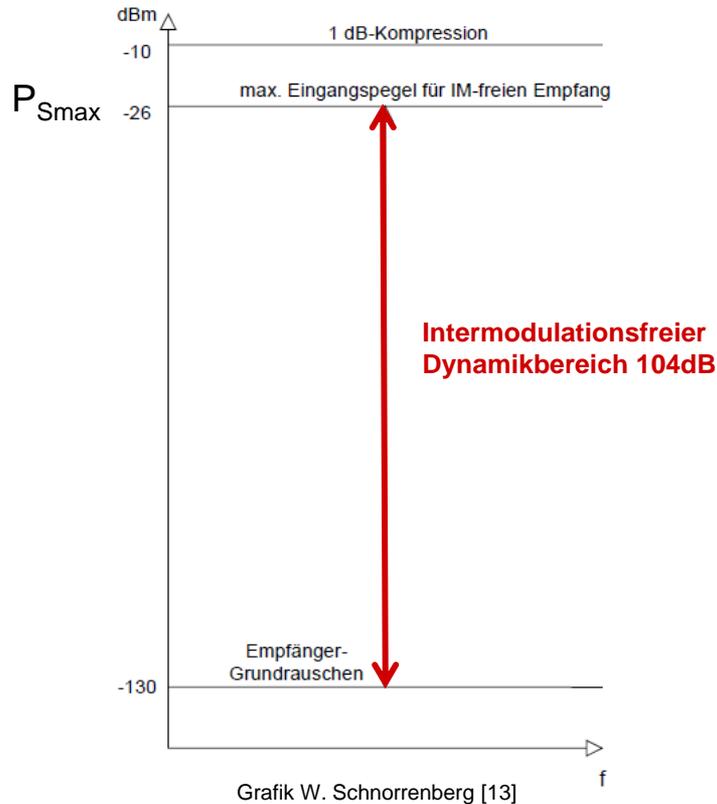
Mehr zu Intermodulation und deren Messung siehe unter Referenzen [7]

Intermodulationsprodukte



Intermodulationsprodukte 3. und 5. Ordnung am Beispiel der Frequenzen: $f_1 = 7,124$ MHz und $f_2 = 7,127$ MHz

IM freier Dynamikbereich



Um eine obere Grenze für den intermodulationsfreien Dynamikbereich zu definieren, wird der Eingangspegel P_{Smax} bestimmt, bei dem die Intermodulationsprodukte gleich groß wie der Pegel des Rauschflurs sind.

Der intermodulationsfreie Dynamikbereich ist der Abstand zwischen dem Pegel P_{Smax} und dem Rauschflur, gemessen bei einem bestimmten Trägerabstand.

Der IM3 freie Dynamikbereich definiert, wie stark zwei ungewünschte Signale werden dürfen, bevor deren Intermodulationsprodukte 3. Ordnung, die innerhalb der RX Bandbreite fallen, genauso stark werden, wie der Grund-Rauschflur (MDS) des Empfängers.

Definition: $IM3 = 2/3 * (IP3 - MDS)$, Für den MDS ist die Mess-Bandbreite mit anzugeben.

LNA - praktische Aspekte



Ein einfacher Test am RX

Man vergleicht das Eigen-Rauschen des Empfängers an einer Dummy Load 50Ω mit dem externen Rauschen von der Antenne:

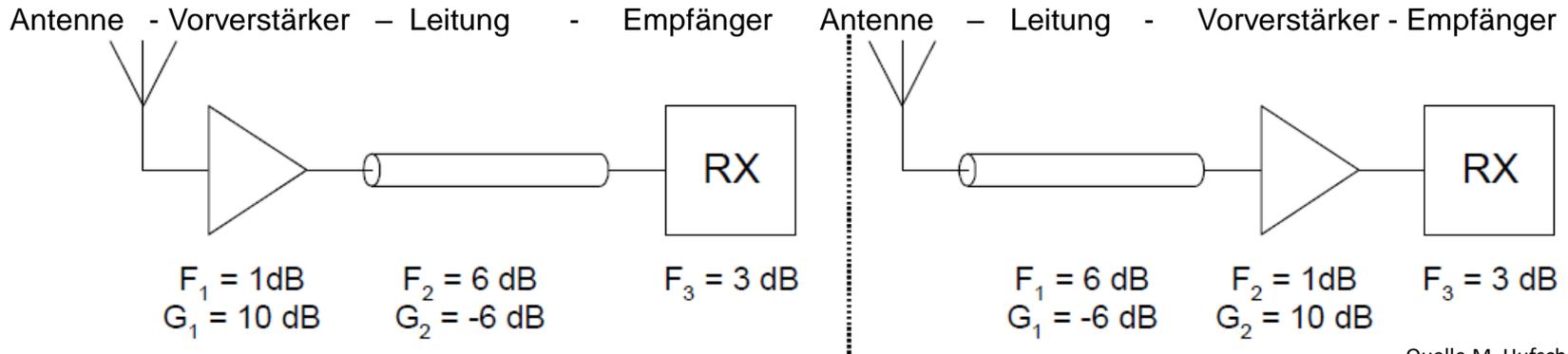
- Wenn zu der ruhigsten Tageszeit beim Anschluss der Antenne eine deutliche Rauschzunahme durch das externe Bandrauschen festzustellen ist, ist das externe Rauschen der begrenzende Faktor. Es ist kein LNA notwendig.
- Hört man das interne Empfänger-Rauschen und überwiegt nicht das Bandrauschen, kann ein LNA sinnvoll sein.
- Daumenregel: zum Empfang schwacher Signale sollte das Empfänger-Eigenrauschen idealerweise etwa 12dB (= 2 S-Stufen) unter dem externen Band-Rauschen liegen.

Forderungen an einen Low-Band LNA

- Niedriges Eigenrauschen, Rauschzahl $< 4\text{dB}$
- Verstärkung $12 \dots 18\text{ dB}$ (2..3 S-Stufen)
- Ausgangsleistung (1dB compression Point) $> 20\text{dBm}$
- Großsignalfestigkeit und Linearität:
OIP3 $> 40\text{dB}$,
OIP2 $> 80\text{dB}$
- Schutz des Eingangs gegen transiente Überspannung
- Angepasste Übertragungs-Bandbreite - nur so breit wie nötig

Ein Bandpass- oder Tiefpassfilter am Eingang eines LNA, das die Verstärkerstufen von außer-Band Signalen entlastet, ist eine empfehlenswerte Maßnahme, um die Entstehung von unerwünschten Intermodulationsprodukten zu minimieren.

Wohin mit dem Vorverstärker?



Quelle M. Hufschmid (6),

1. Schritt: Umrechnen von dB in lineare Werte

$$\begin{aligned}
 F_1 &= 1.26 \\
 G_1 &= 10 \\
 F_2 &= 4 \\
 G_2 &= \frac{1}{4} = 0.25 \\
 F_3 &= 2.00
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_1 &= 4 \\
 G_1 &= \frac{1}{4} = 0.25 \\
 F_2 &= 1.26 \\
 G_2 &= 10 \\
 F_3 &= 2
 \end{aligned}$$

2. Schritt: Berechnen des Gesamtrauschfaktors und der Gesamt Noise Figure

$$F_{tot} = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} + \frac{F_3 - 1}{G_1 \cdot G_2}$$

$$F_{tot} = 1.2 + \frac{3}{10} + \frac{1}{2.5}$$

$$F_{tot} = 1.96 \quad \sim \text{NF} = 2.9 \text{ dB}$$

$$F_{tot} = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} + \frac{F_3 - 1}{G_1 \cdot G_2}$$

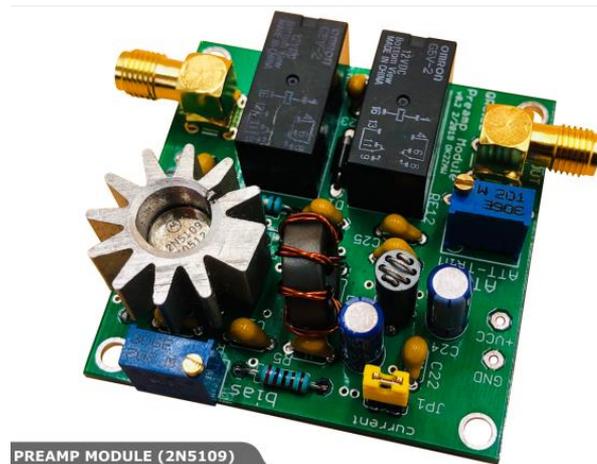
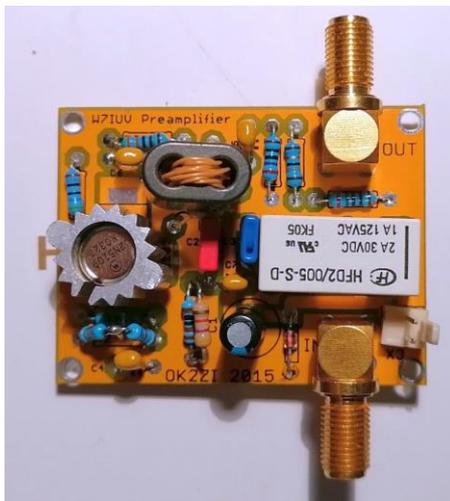
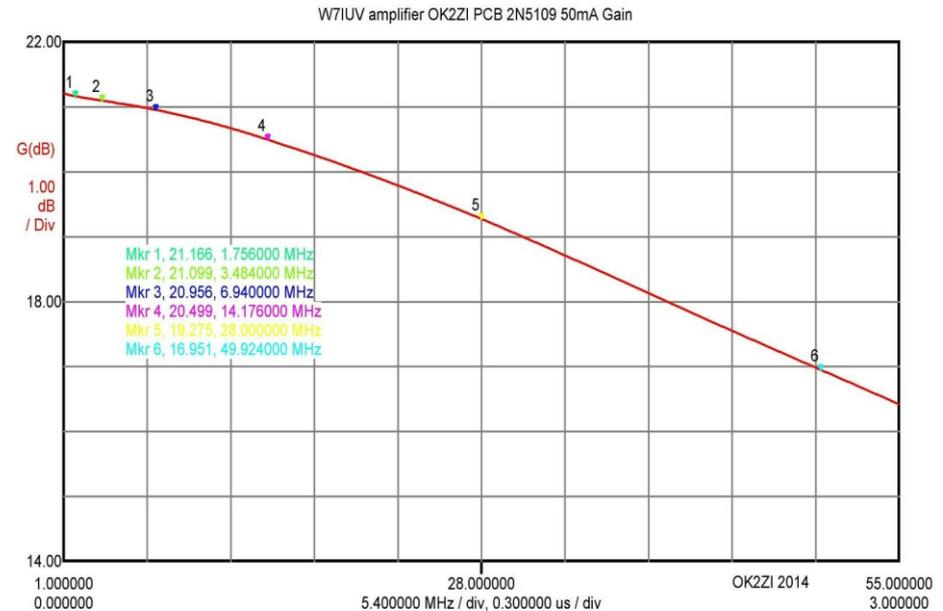
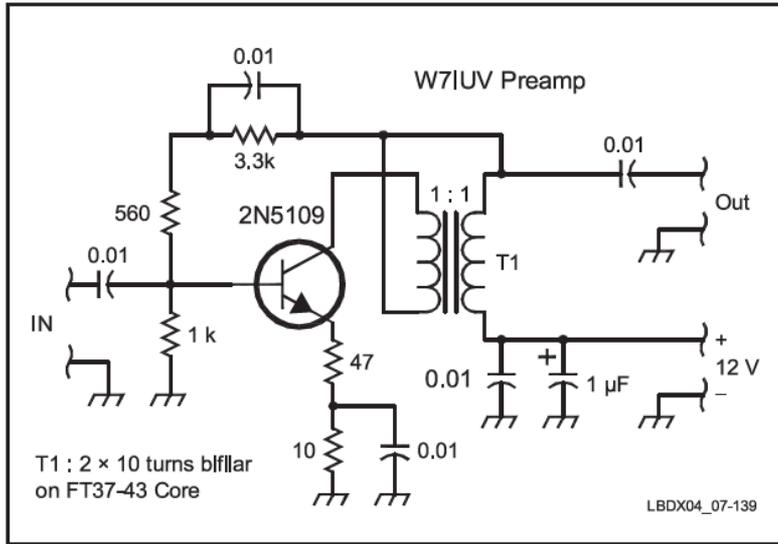
$$F_{tot} = 4 + \frac{0.26}{0.25} + \frac{1}{2.5}$$

$$F_{tot} = 5.42 \quad \sim \text{NF} = 7.4 \text{ dB}$$

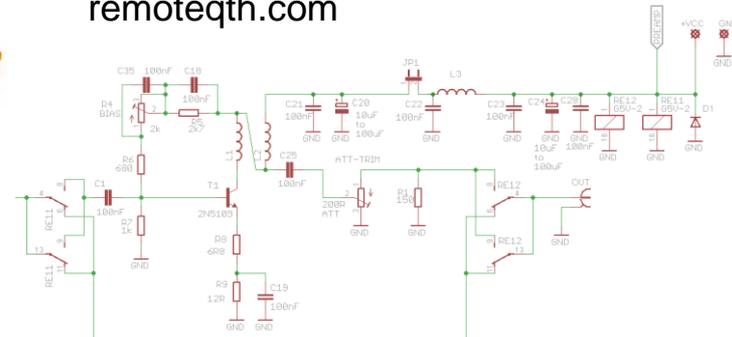
Beispiele von Low Band LNAs

Typ	Frequenzbereich lt. Herstellerangabe	Rauschzahl NF	Verstärkung G	OIP3 (third order intercept)	1dB gain compression
W7IUU – OK2ZAW (Remoteqth)	100kHz-25MHz	5 dB	18dB@5MHz	35 dBm 18V / 90mA	23dBm
W7IUU - SV1AFN	100kHz-25MHz	5 dB	14,5dB		23dBm
RPA-1 (Push-Pull)	200kHz-40MHz	3.4dB	17 dB@5MHz	43 dBm	26dBm
CliftonLabs Z10043 NortonAmp	200kHz-30MHz -3dB – 55MHz	2,5 dB	11 dB@1MHz	45 dBm	19dBm
DX-Patrol Norton	1MHz – 30MHz		12dB@1MHz	35dBm	
SV1AFN Dxers LNA (Clifton Z10046A)	10kHz-30MHz -3dB – 54MHz	3 dB	23dB@1MHz	43dBm	25dBm
IK4AUU Push-Pull	100kHz – 30 MHz	3,9 dB	12dB	45dBm	24dB
DL4ZAO SWA1 (Push-Pull)	1MHz-55MHz	Ca 3,5 dB	17 dB@5MHz	43 dBm	26dBm

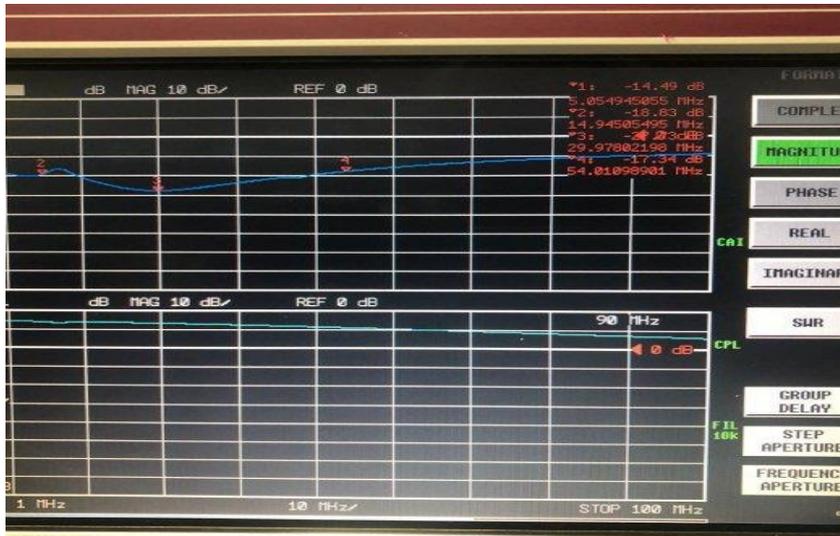
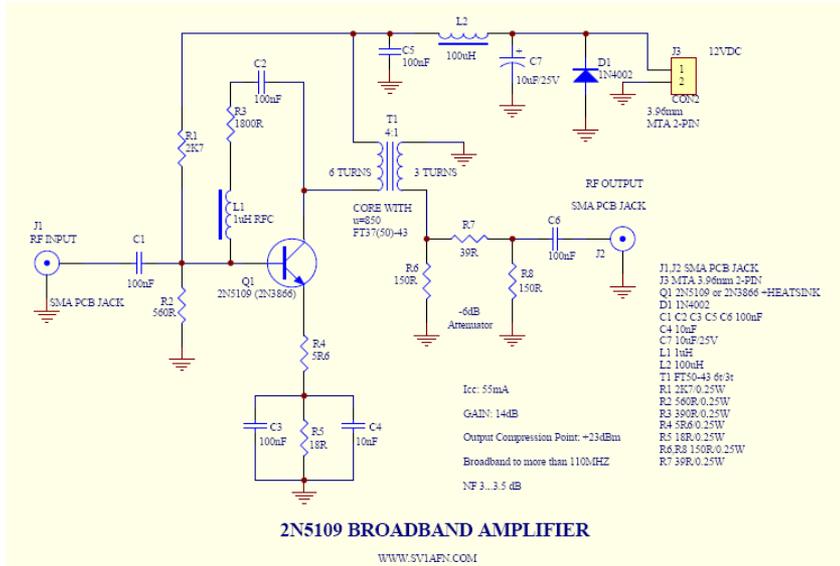
Der populäre W7IUUV Preamp



53€ Built and tested / 40€ Kit
remotegh.com



W7IUUV Preamp von SV1AFN



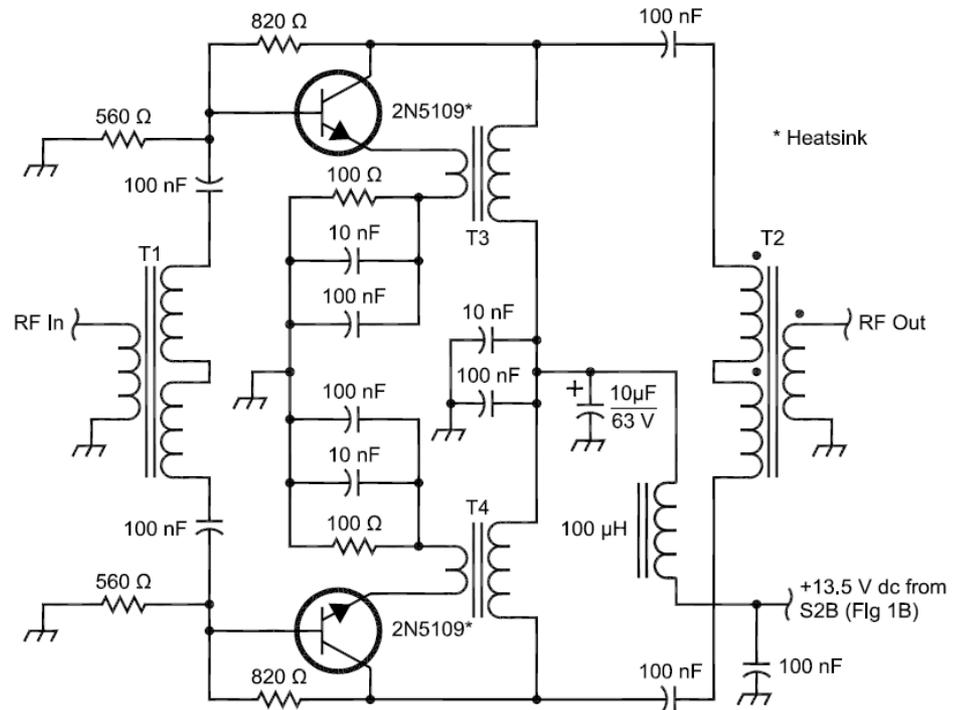
Push-Pull LNA nach IK4AUY

Schaltung eines Push-Pull LNA mit transformatorischer Gegenkopplung

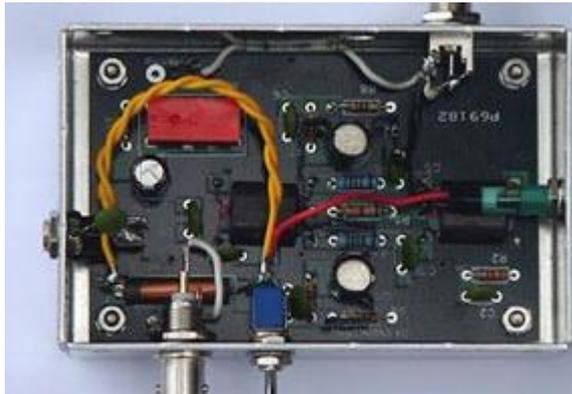
Erstmals veröffentlicht von Ulrich L. Rohde, DJ2LR, im Ham Radio Magazine Oktober 1976

Adaptiert von Sergio Cartoceti, IK4AUY, veröffentlicht in QEX Mar/Apr 2003

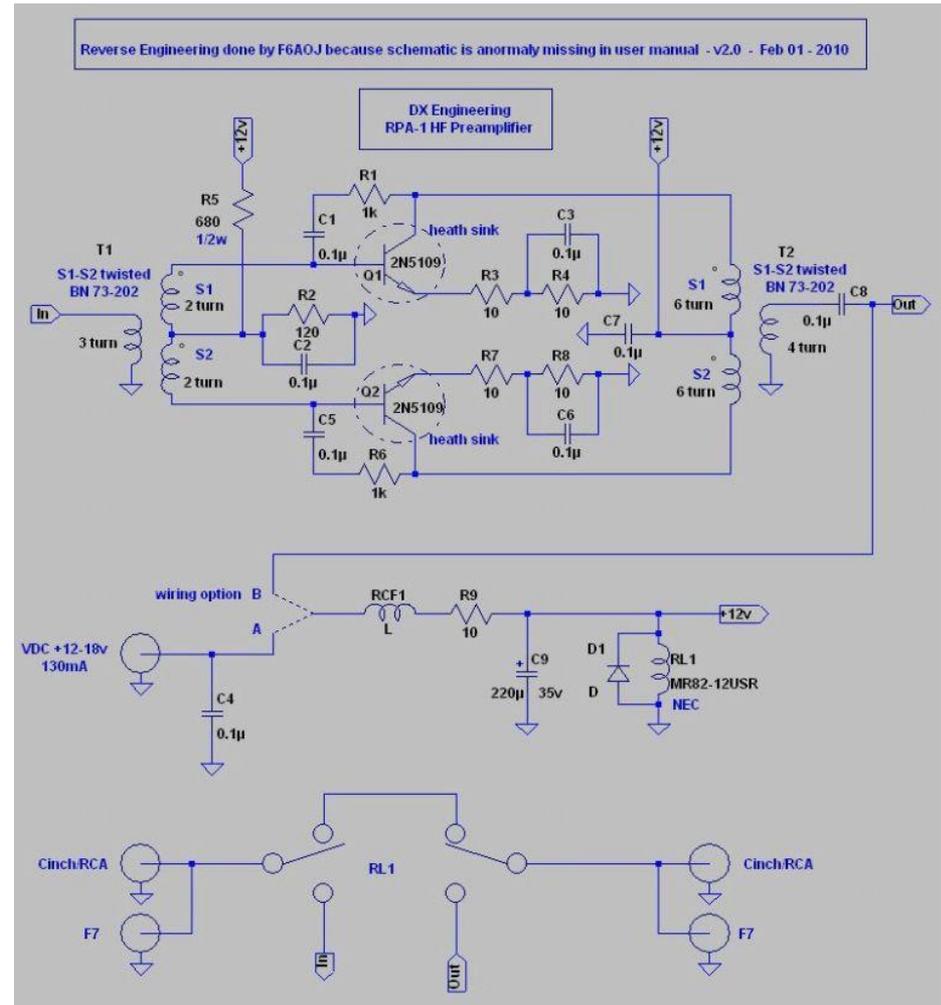
- + wenig Rauschen
- + hoher IP3
- + hoher Ausgangspegel
- Schlechtes Ausgangs SWR
- Schlechte Isolation Out/In



RPA-1 DX-engineering



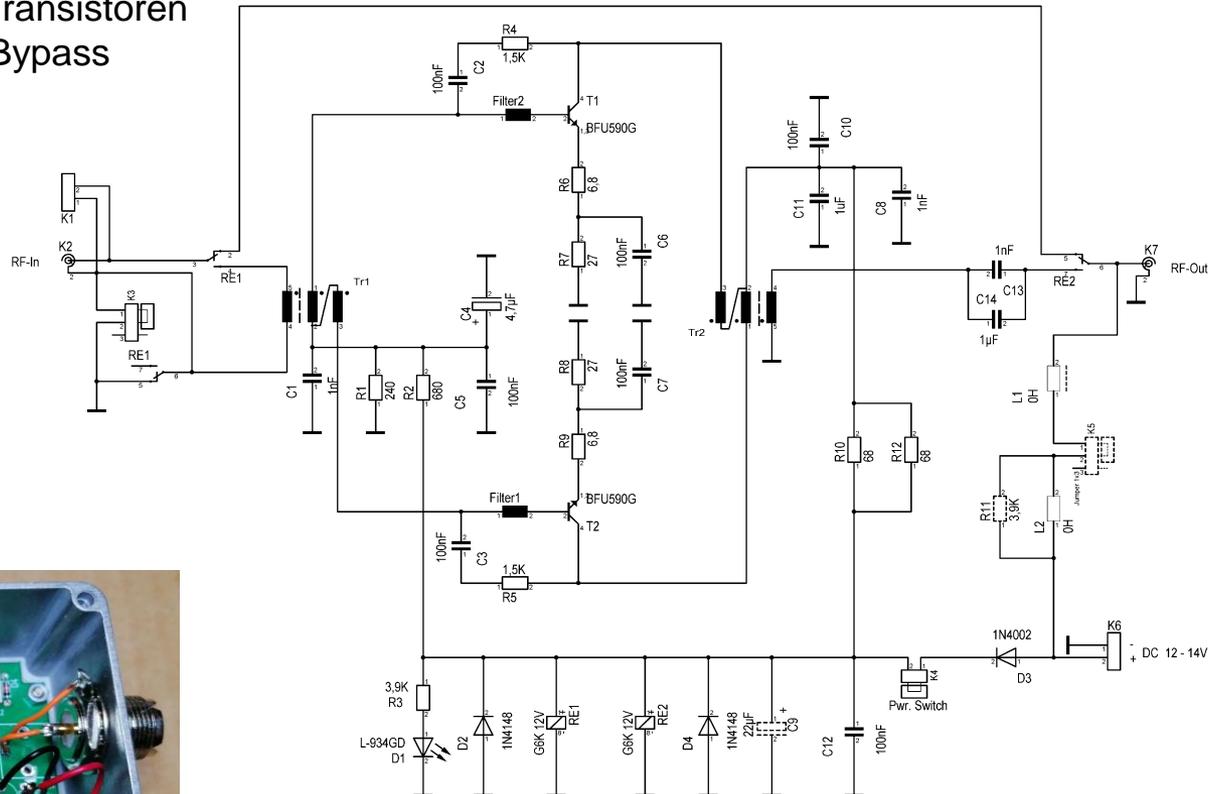
150\$ + Tax
modernisierte Nachfolgeversion RPA-2 159\$



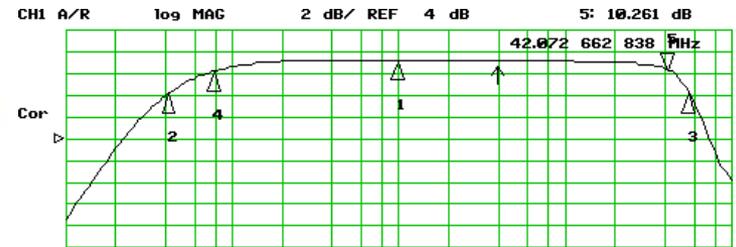
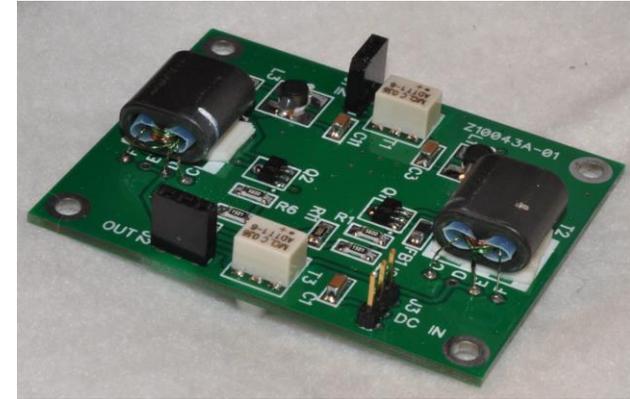
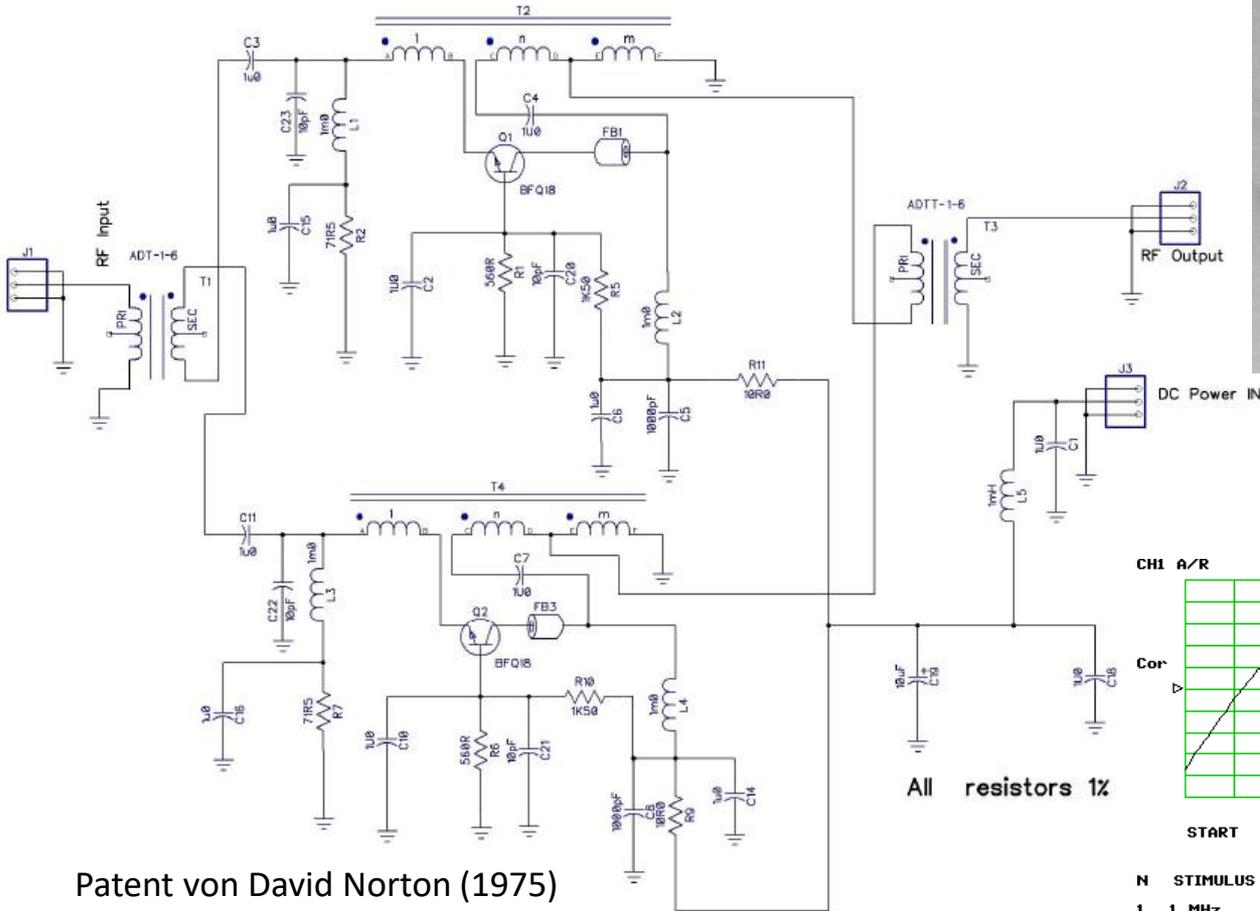
DL4ZAO - SWA-1 Push-Pull LNA

Gleiches Prinzip wie RPA-1
Push-Pull mit modernen HF-Transistoren
Relais für S/E Umschaltung /Bypass

Nachbauen?
Platinen auf Anfrage



Z10043A Norton Push-Pull



START 10 kHz STOP 100 MHz

N	STIMULUS	val
1	1 MHz	11.262 dB
2	42.169 65 kHz	8.2705 dB
3	55.590 425 727 MHz	8.2553 dB
4	79.250 133 kHz	10.264 dB
5	42.072 662 838 MHz	10.261 dB

Patent von David Norton (1975)
 Niedriges Rauschen durch verlustfreie transformatorische
 Gegenkopplung
 + sehr geringes Rauschen, hoher IP3
 - Isolation Out/In gering, neigt zu Instabilität bei Fehlanpassung

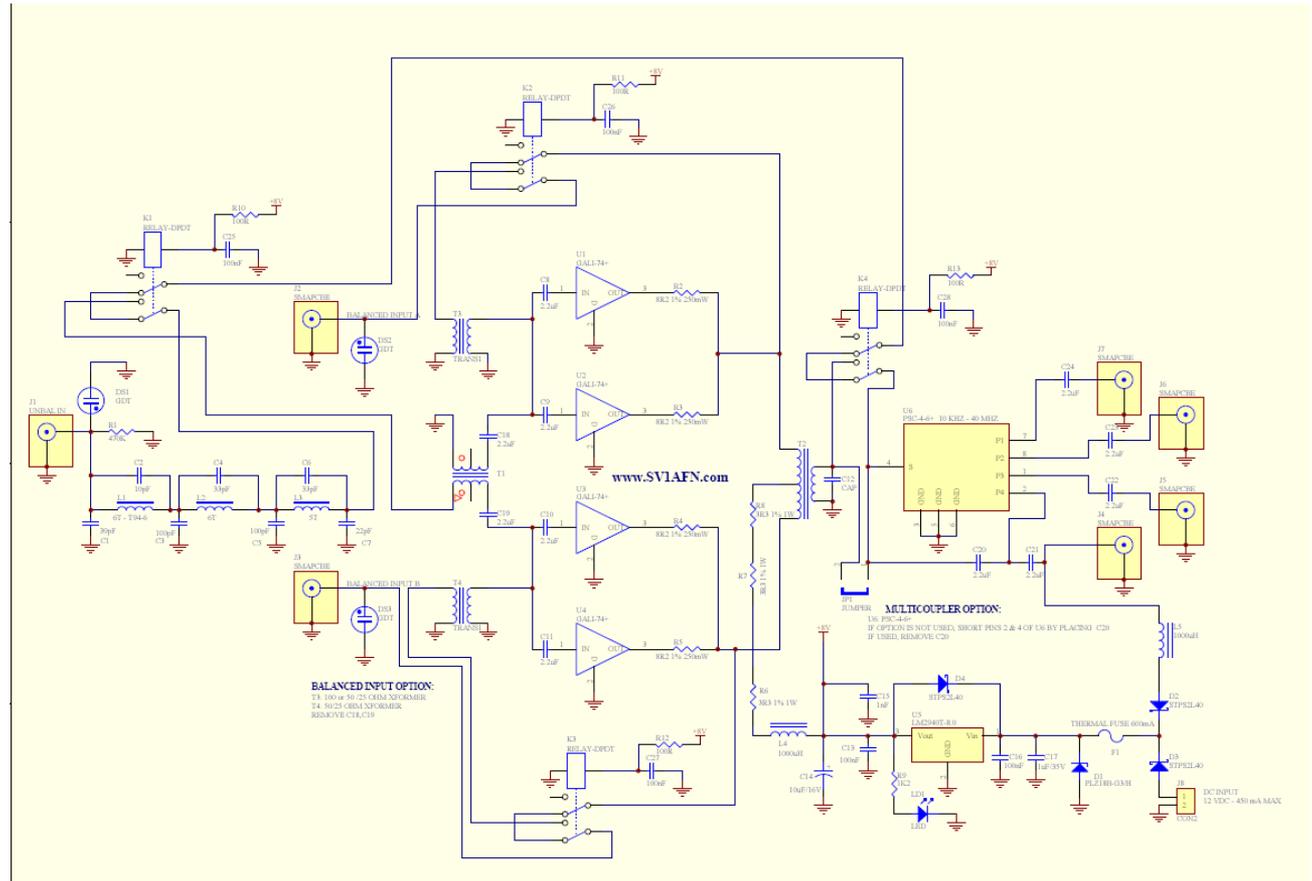
SV1AFN DX'ers LNA (1)

Verstärkerteil ist ein Nachbau des Z10046A Preamps von Jack Smith, K8ZOA (sk) - Clifton Laboratories

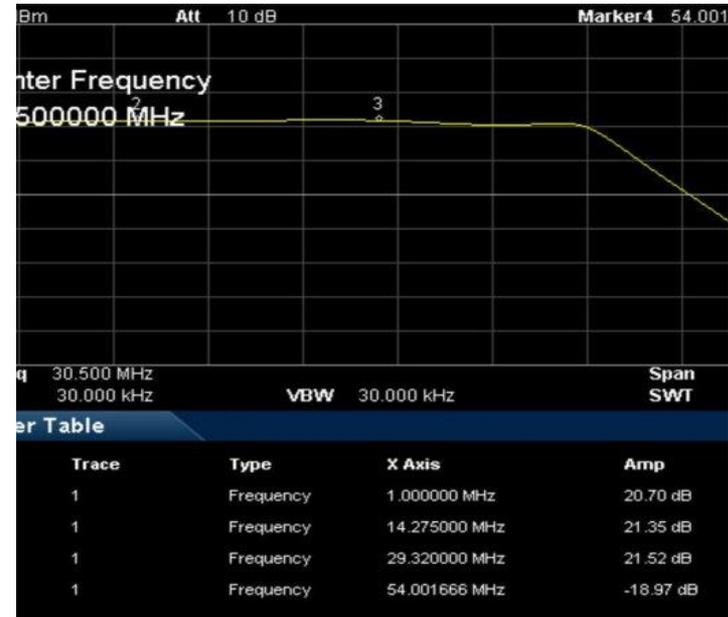
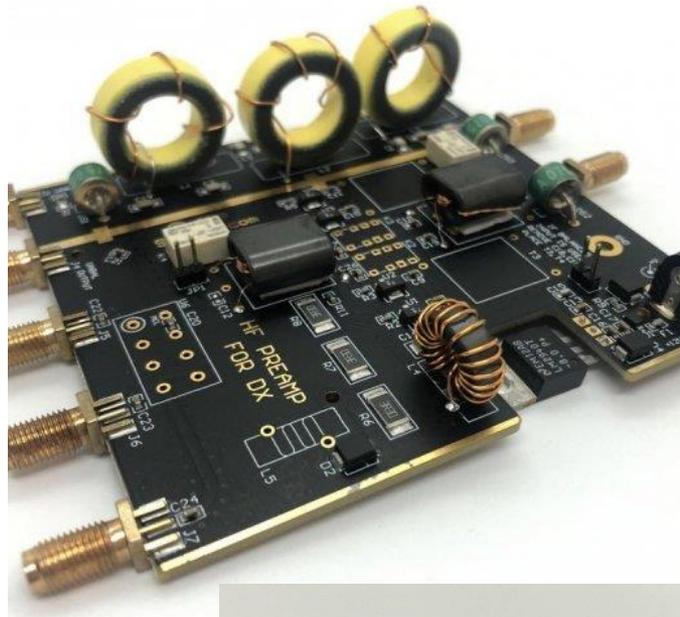
Verwendung von 4 Stk. GALI74+ MMIC. Je 2 Stück parallel und als Push-Pull

Mit zuschaltbarem Eingangstiefpass zur Entlastung von Out-of-Band Signalen

Optional mit 4-fach Ausgangssplitter aufrüstbar



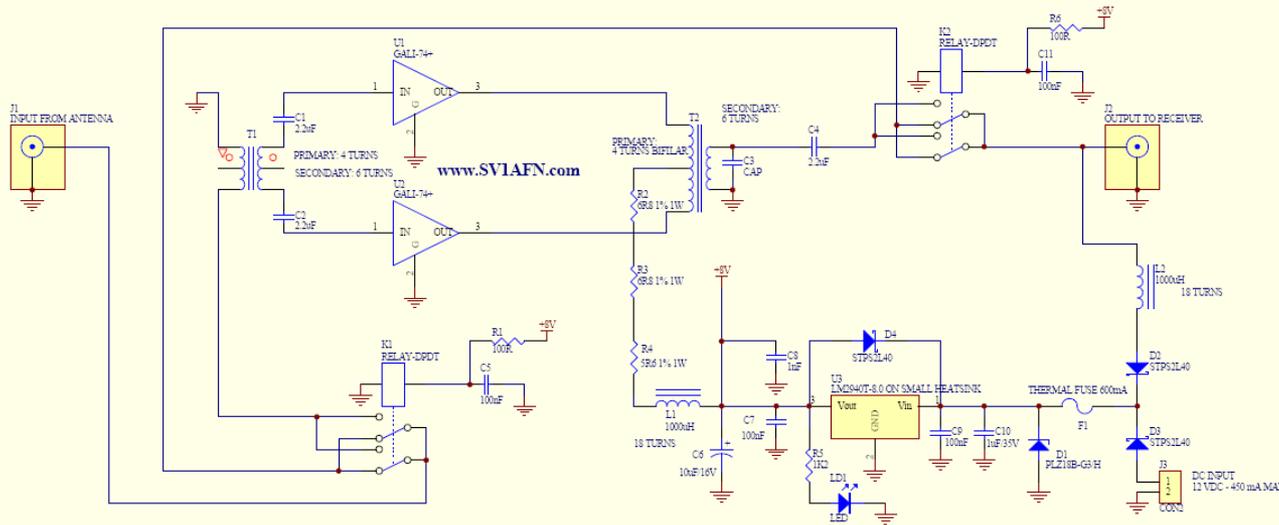
SV1AFN DX'ers LNA (2)



160€ Grundgerät ohne 4-fach Splitter

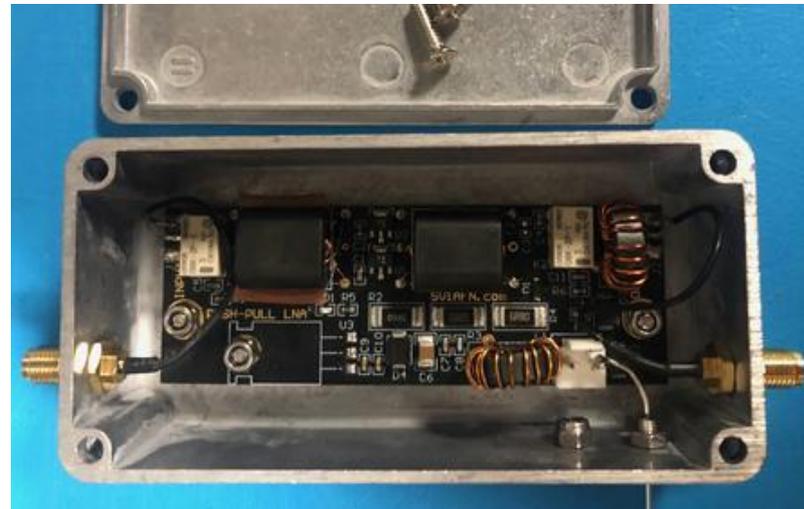
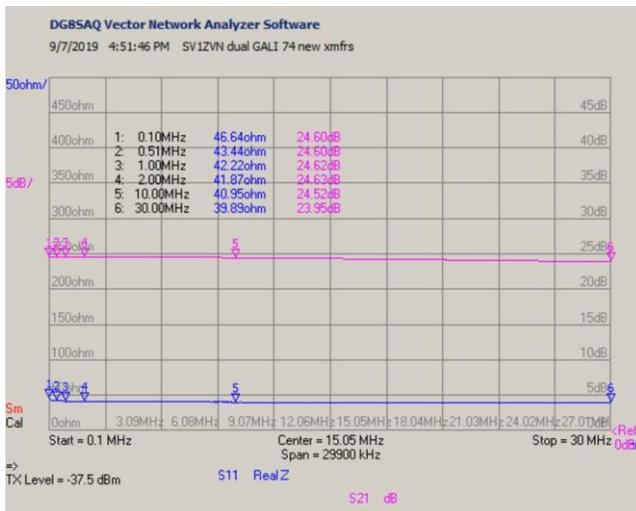
Option passiver 4-fach Splitter: 112€

SV1AFN - MMIC Push-Pull LNA



Abgespeckte Version
mit nur je einem
GALI74+ in Push-Pull

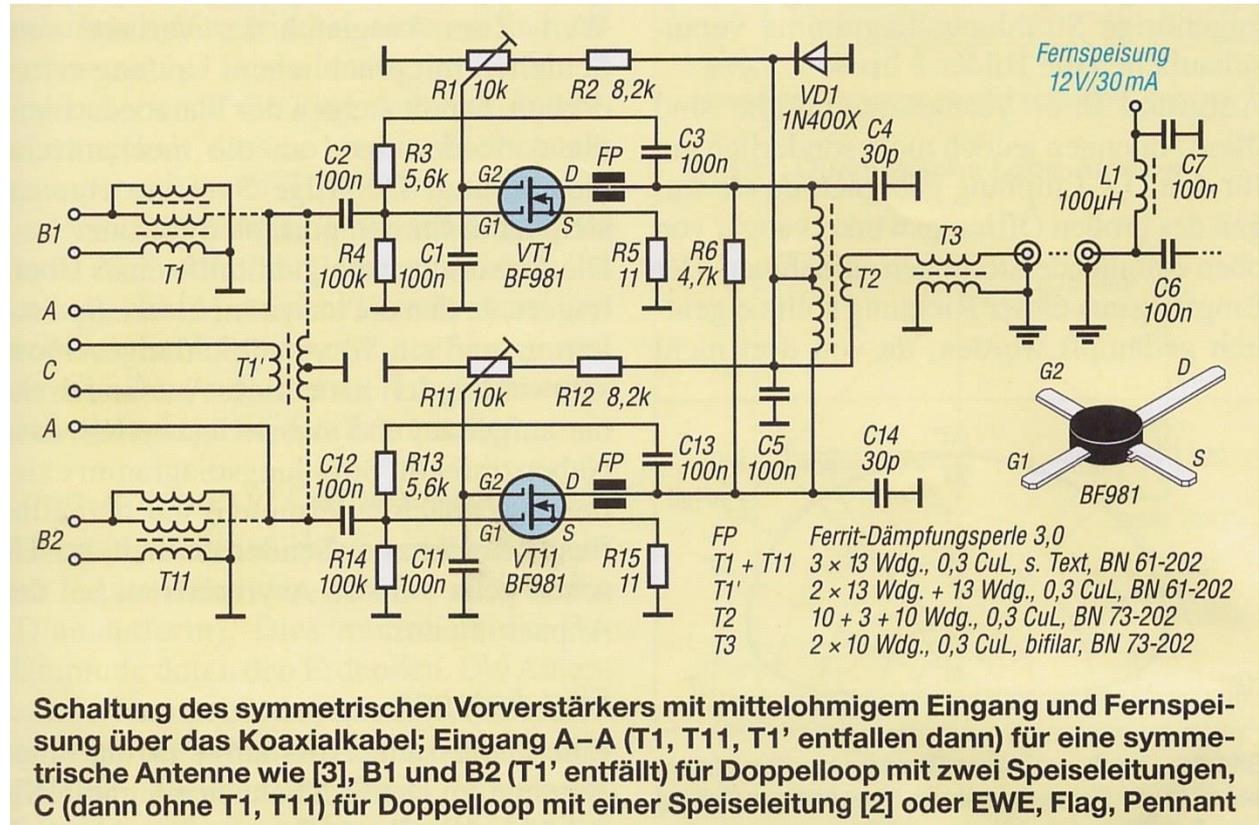
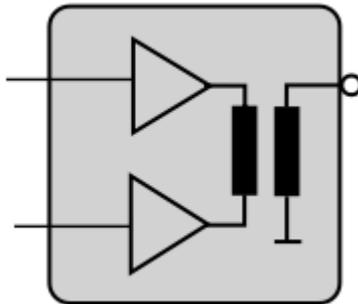
73€ Built and tested



Symmetrischer Preamp DK6ED

Mittelohmiger
symmetrischer Preamp
für symmetrische
Empfangsantennen und
Low-Noise-
Empfangsantennen

DK6ED aus
Funkamateurr 12/2020



Mit wahlweise vorzuschaltenden Symmetriertrafos auf unterschiedliche Typen von symmetrischen und unsymmetrischen Antennen anpassbar

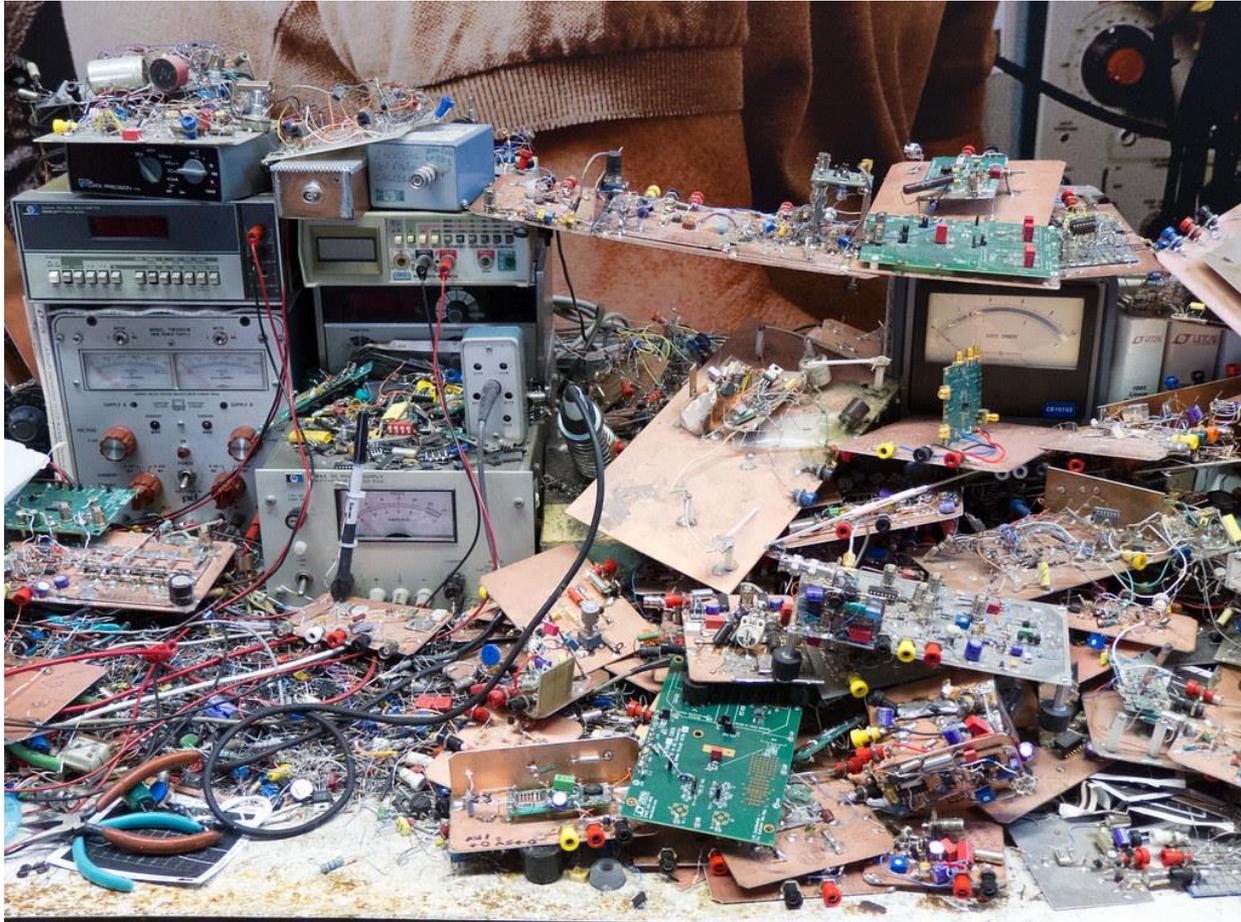
Quellen und Referenzen

- ⌘ [1] Dr. Werner Hegewald, DL3RD, „Außer Rauschen nichts zu lauschen“ Funkamateure 1/2001
- ⌘ [2] „Was ist Rauschen“, Fa. Hameg Fachartikel
- ⌘ [3] Recommendation ITU-R P.372-14 (08/2019) „Radio Noise“
- ⌘ [4] Werner Schnorrenberg, DC4KU „Antennenrauschen im Kurzwellenbereich“
- ⌘ [5] Werner Schnorrenberg, DC4KU „Messung der Rauschzahl eines HF-Verstärkers“
- ⌘ [6] Harald Wickenhäuser, DK1OP, „Rauschen“, Skript Amateurfunktagung München 1989
- ⌘ [7] Werner Schnorrenberg, DC4KU „IM Messungen mit dem HF-Zweitongenerator“, FA 9/2018 und 1/2019
- ⌘ [8] Larry H Molitor, W7IUV „Low Band High Performance Preamp“
- ⌘ [9] Dr. Ulrich Rohde, N1UL „High frequency receiver design“ Ham Radio Magazine Oct. 1976
- ⌘ [10] S. Cartoceti, IK4AUY, „A High-Level Accessory Front End for the HF Amateur Bands“ QEX Mar/Apr 2003
- ⌘ [11] Dallas Lankford, „Common Base Transformer Feedback Norton Amplifiers“
- ⌘ [12] Jack Smith, K8ZOA (Clifton Laboratories) Manuals „ Z10043A Preamp“ und „Z10046A Preamp“,
- ⌘ [13] Chris Trask, N7ZWY „Lossless Feedback Amplifiers“
- ⌘ [14] John Devoldere, ON4UN „Low Band Dxing“, ARRL Publications



2021 Günter Fred Mandel, Dieses Material steht unter der Creative-Commons-Lizenz: Namensnennung - Nicht-kommerziell - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International. Um eine Kopie dieser Lizenz zu sehen, besuchen Sie <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.de>

Have Fun with Preamps



.. übrigens, Preamps kann man noch gut selber bauen

Anhang



Tabellen dBm-dB μ V- μ V, dBHz, dB

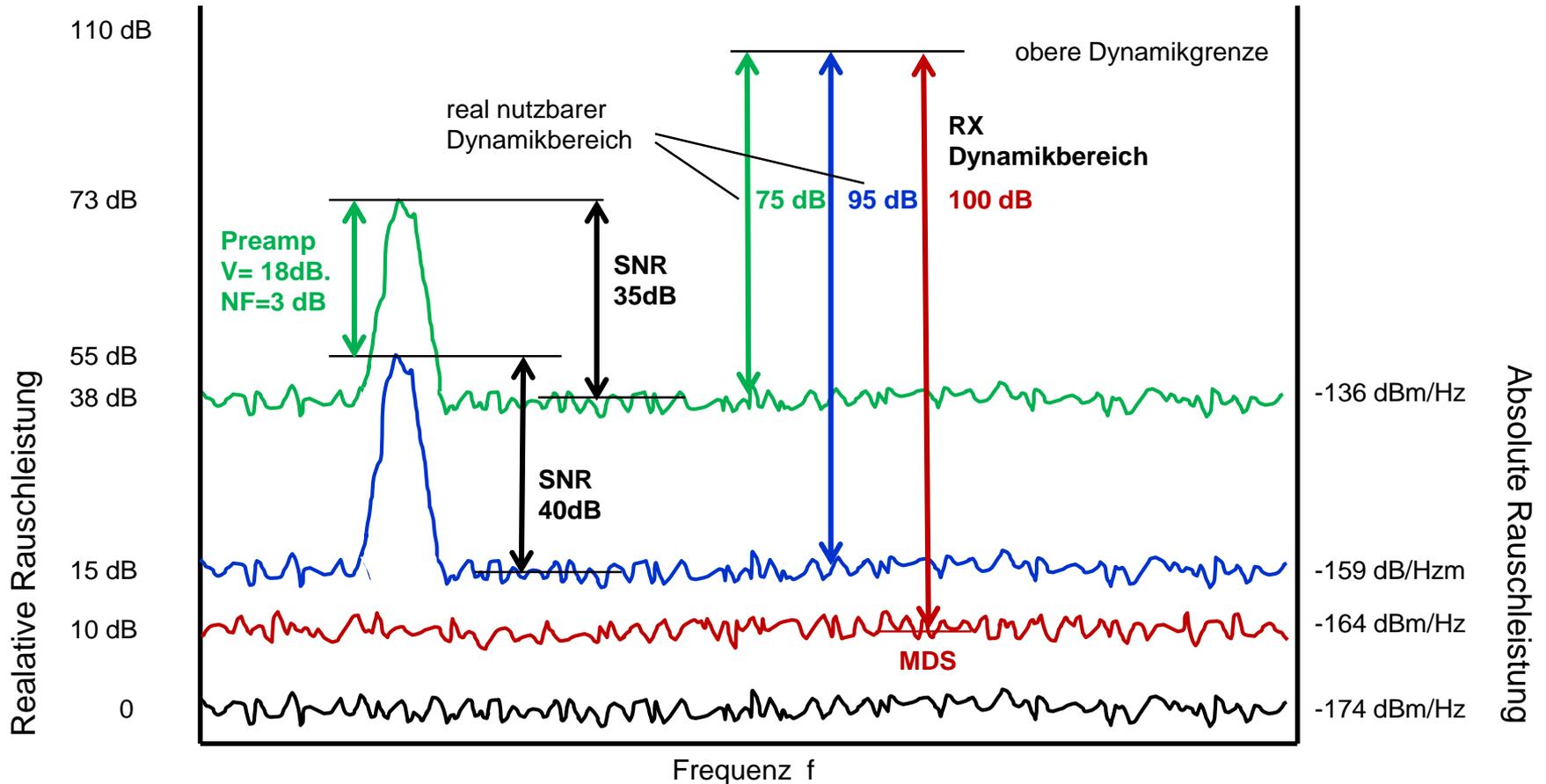
dB zu 1 mW	dB zu 1 μ V	Spannung an 50 Ohm	>30 MHz (UKW)	< 30 MHz (KW)
dBm	dBμV	μV	S-Stufen	S-Stufen
-174	-67	0,0004	290K therm. Noise, B = 1Hz	
-154	-47	0,004	290K therm. Noise, B = 100 Hz	
-147	-40	0,01	290K therm. Noise, B = 500 Hz	
-144	-37	0,0140	290K therm. Noise, B = 1000 Hz	
-140	-34	0,0199	290K therm. Noise, B = 2400 Hz	
-141	-33	0.02	1	
-137	-30	0.03		
-135	-28	0.04	2	
-133	-26	0.05		
-131	-24	0.06		
-130	-23	0.07		
-129	-22	0.08	3	
-128	-21	0.09		
-127	-20	0.10		
-123	-16	0.16	4	
-121	-14	0.21		1
-117	-10	0.32	5	
-115	-8	0.40		2
-113	-6	0.50		
-111	-4	0.63	6	
-110	-3	0.70		
-109	-2	0.80		3
-108	-1	0.90		
-107	0	1.00		
-105	2	1.26	7	
-103	4	1.60		4
-101	6	2.00		
-99	8	2.50	8	
-97	10	3.20		5
-95	12	4.00		
-93	14	5.00	9	
-92	15	6.00		

dB zu 1 mW	dB zu 1 μ V	Spannung an 50 Ohm	>30 MHz (UKW)	< 30 MHz (KW)
dBm	dBμV	μV	S-Stufen	S-Stufen
-91	16	6.30		6
-88	19	9.00		
-87	20	10.0		
-85	22	12.6		7
-83	24	16.0	9 + 10dB	
-81	26	20.0		
-79	28	25.0		8
-77	30	30.0		
-75	32	40.0		
-73	34	50.0	9 + 20dB	9
-72	35	60.0		
-71	36	70.0		
-69	38	80.0		
-68	39	90.0		
-67	40	100		
-63	44	160	9 + 30dB	9 + 10dB
-61	46	200		
-57	50	300		
-55	52	400		
-53	54	500	9 + 40dB	9 + 20dB
-52	55	600		
-51	56	700		
-49	58	800		
-48	59	900		
-47	60	1000		
-43	64	1,6 mV	9 + 50dB	9 + 30dB
-33	74	5,0 mV	9 + 60dB	9 + 40dB
-23	84	16 mV		9 + 50dB
-13	94	50 mV		9 + 60dB
0	107	225 mV		
20	127	2,25 V		
40	147	22,5 V		

B [Hz]	10logB [dB_{Hz}]	Mode
0	1	Ref
100	20	Digi
400	26	CW
500	27	CW
1000	30	CW
2000	33	SSB
2500	34	SSB
3100	35	SSB
6000	38	AM
12500	41	FM

Leistungs-Verhältnis	dB (10log)
1	0
1,26	1
1,6	2
2	3
2,5	4
3,2	5
4	6
5	7
6,3	8
8	9
10	10
100	20
1000	30
10000	40

Real nutzbarer Dynamikbereich



Schwarz = thermisches Rauschen, rot = internes Rauschen (RX Rauschflur, MDS),
blau = Signal + externes (Ant.) Rauschen, grün = Situation nach Zuschalten eines 18dB Vorverstärkers.