

Freiraum Wellenübertragung und Dynamik von 144MHz SSB Transceivern

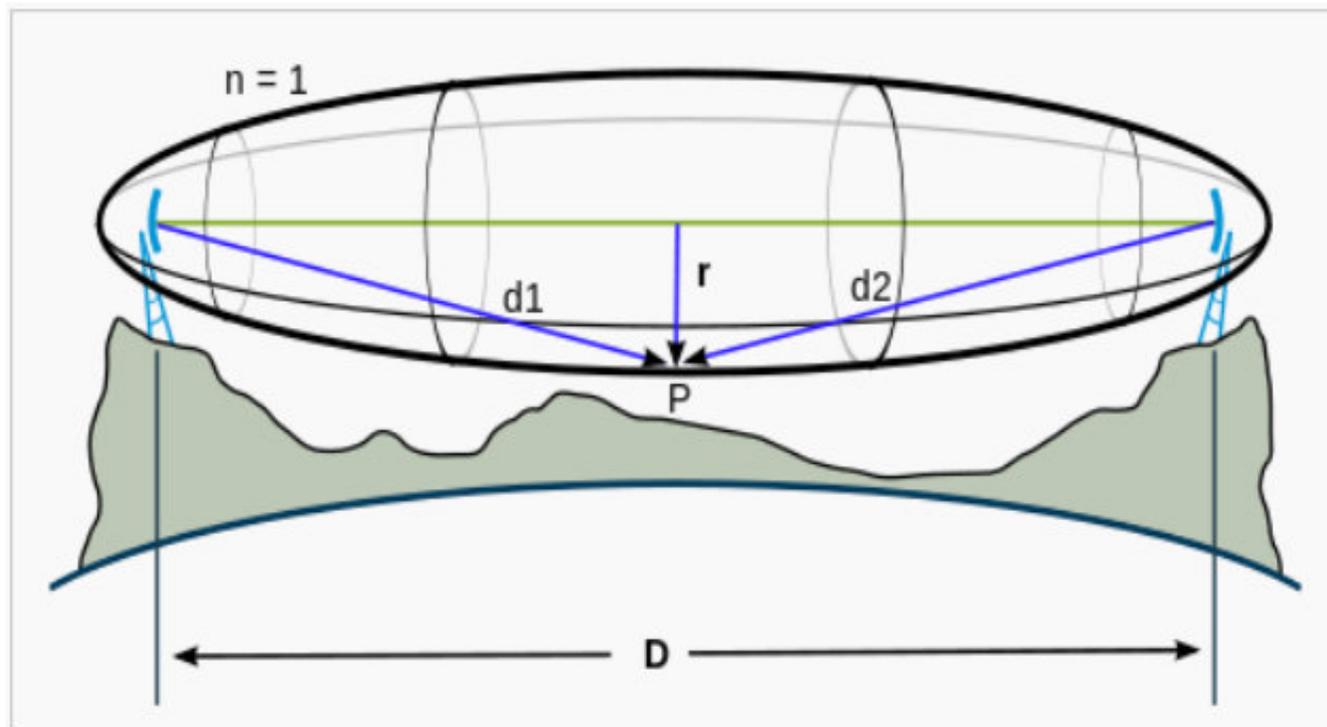


Inhaltsverzeichnis

1. Freiraum. Die Ellipse von Fresnel
2. Erinnerung: das Dezibel
3. Berechnung der Übertragungsbilanz
4. Beispiel bei 144MHz
5. Das Rauschen und die Dynamik
6. Messung der Dynamik von 144MHz TRX
 1. Messmethode und Resultate für Sendern
 2. Messmethode und Resultate für Empfängern
7. Schlussfolgerung

1. Freiraum; Die Fresnel Zone

Bedingung für eine Freiraumausbreitung zwischen 2 Stationen:
Das Volumen der Fresnel Ellipse zwischen den TX und RX Antennen
muss ganz frei von Hindernissen sein.



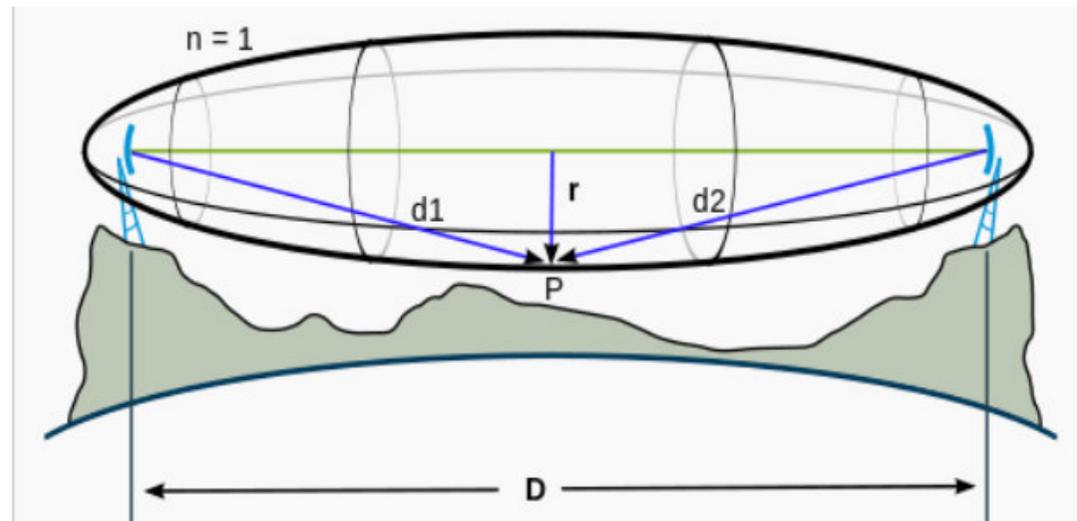
Fresnel Zone: D = Distanz zwischen TX und RX Antennen.
 r = Radius der Fresnel Ellipse

Die Fresnel Ellipse

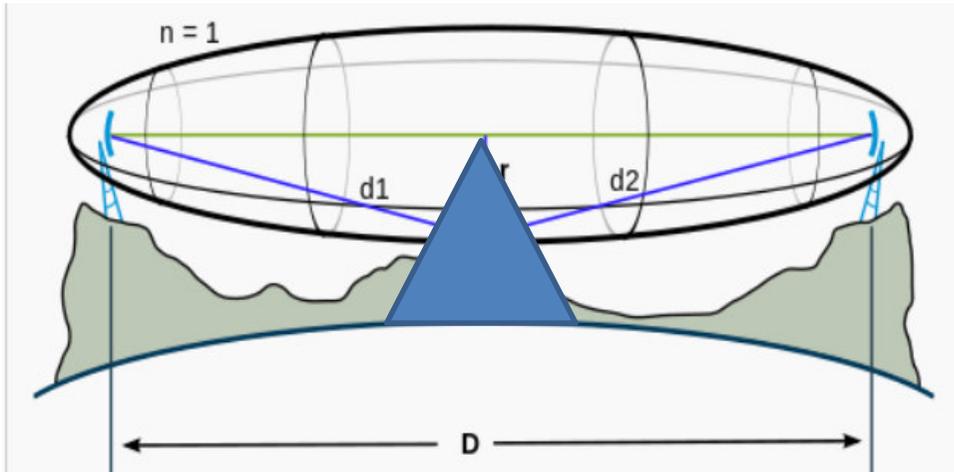
- Der Radius im Zentrum der Fresnel Ellipse ist :

$$r = \frac{1}{2} \sqrt{D * \lambda} \quad (\lambda = \text{Wellenlänge})$$

- Beispiel beim 2M band: $D = 60\text{Km}$ und $\lambda = 2\text{m}$
($f=144\text{MHz}$) \rightarrow $r = 173\text{m}$

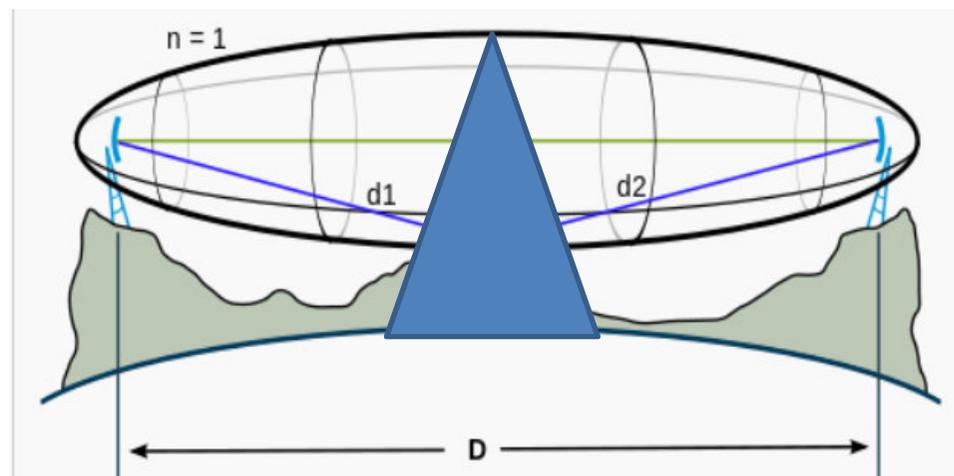


Effekt einer Beeinträchtigung der Fresnel Ellipse



Das Hindernis ragt vom untersten Teil der Ellipse bis zur Mitte hinein.

Zusätzliche Dämpfung:
-6dB



Das Hindernis ragt bis in den obersten Teil der Ellipse hinein.

Zusätzliche Dämpfung:
-14dB

2. Erinnerung: Das Dezibel

(Hola Kellner! Bitte, 3 Dezi...)



3 Dezibel (+3dB) entspricht ein Leistungsverhältnis von 2

Beispiel:

Nach 3 Dezi «weis Wein» fühlt man sich oft 2 mal kluger...

Das Dezibel

- Ist die Masseneinheit für den Gewinn eines Verstärkers
- Ist auch die Einheit für die Dämpfung in einem Antennen Kabel (oder in einem Dämpfungsglied)



- $G[dB] = 10 * \log \left(\frac{P_{OUT}}{P_{IN}} \right)$
- Das Dezibel ist die Masseneinheit eines Leistungsverhältnis

Das Dezibel

Verhältnis $\frac{P_{OUT}}{P_{IN}}$	G[dB]
1	0dB
2	+3dB
4	+6dB
5	+7dB
10 = 10^1	+10dB
20	+13dB
40	+16dB
50	+17dB
100 = 10^2	+20dB
1000 = 10^3	+30dB
10000 = 10^4	+40dB

Verhältnis $\frac{P_{OUT}}{P_{IN}}$	G[dB]
1	0dB
0,5 = $1/2$	-3dB
0,25 = $1/4$	-6dB
0,20 = $1/5$	-7dB
0,1 = $1/10 = 10^{-1}$	-10dB
0,05 = $1/20$	-13dB
0,025 = $1/40$	-16dB
0,020 = $1/50$	-17dB
$1/100 = 10^{-2}$	-20dB
$1/1000 = 10^{-3}$	-30dB
$1/10000 = 10^{-4}$	-40dB

Das Dezibel; Berechnungsbeispiel

- Ein +20dB Verstärker ($G(Amp) = 100$), wird durch einem Kabel am Empfänger verbunden
- Verluste im Kabel -3dB \rightarrow Die Hälfte der Leistung ist im Kabel verloren, ($G(Kabel) = 1/2$)
- Gesamtverstärkung: $G = 100 * 1/2 = 50$
- In dB: $G[dB] = +20dB - 3 dB = +17dB$

Das «dBm» (= dB Milliwatt)

- Masseneinheit einer Leistung
- 0dBm entspricht $P = 1\text{mW}$
- Beispiel:
 - $P = 1 \text{ Watt} = 1000\text{mW} \rightarrow P = +30\text{dBm}$
 - $10\text{W} \approx +40\text{dBm}$, $100\text{W} \approx +50\text{dBm}$, $1\text{KW} \approx +60\text{dBm}$
 - $1\mu\text{W} = 0,001\text{mW} = 0,000001\text{W} \approx -30\text{dBm}$
 - $1\text{pW} = 10^{-12}\text{W} = 10^{-9}\text{mW} \approx -90\text{dBm}$

Ein Funksignal mit Amplitude -90dBm wird den S-Meter auf «S9+» setzen

3. Die Friis Gleichung

- Erlaubt die Berechnung der Übertragungsbilanz zwischen 2 Stationen.
- Gültigkeitsbedingung: Die Fresnel Ellipse ist ganz frei von Hindernissen
- Die Friis Gleichung berechnet die Leistung am Ausgang der Empfangsantenne in Funktion von:
 - Sendeleistung
 - Distanz
 - Frequenz (Wellenlänge)
 - Gewinn der TX und RX Antennen

Die Friis Gleichung

$$\bullet P_{RX} = P_{TX} * G_{ANT}(TX) * G_{ANT}(RX) * \left(\frac{\lambda}{4\pi D}\right)^2$$

P_{RX} = Empfangene Leistung [Watts]

P_{TX} = Sendeleistung (Am TX-Antenne gemessen) (Watts)

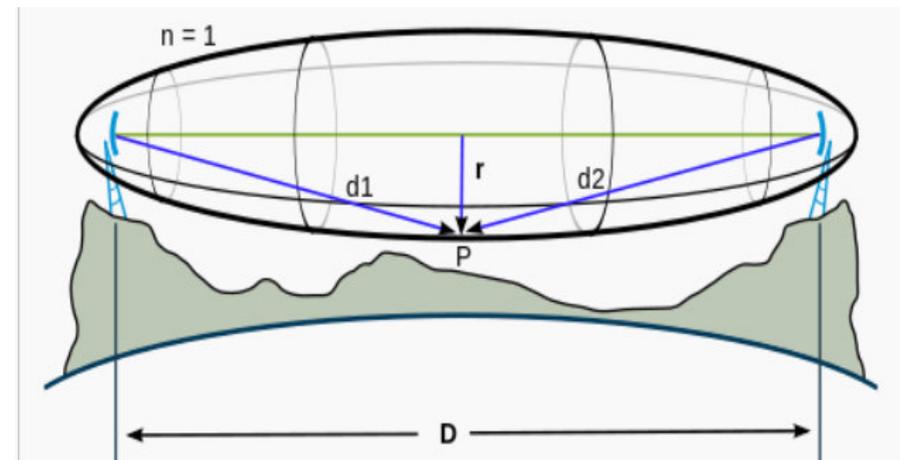
G_{ANT} = Antennen Gewinn (TX und RX) [--]

λ = Wellenlänge [m]

D = Distanz [m]

$$\lambda = c/f = 300 / F$$

F = Frequenz [MHz]



Die Friis Gleichung in[dB/dBm]

- $$P_{RX}[dBm] = P_{TX}[dBm] + G_{ANT}(TX)[dB] + G_{ANT}(RX)[dB] + 10 * \log \left(\frac{\lambda}{4\pi D} \right)^2$$

- Die Multiplikationen werden durch Additionen ersetzt
- Der letzte Faktor ist das Verhältnis zwischen der Empfangsfläche einer «isotropen» Antenne ($S_{Ant} = \frac{\lambda^2}{4\pi}$) und der Fläche einer Kugel von Radius D ($4\pi D^2$)
- Die Empfangsfläche einer Antenne ist zur Quadrat der Wellenlänge proportional

4. Beispiel: Berechnung bei 144MHz

- TX Leistung: 1KW (+60dBm)
- Kabel Dämpfung zwischen Sender und Antenne: -2dB
- TX Antenne: Gruppe von 2x 13EL, Boom Länge 8m:
 $G_{Ant}(TX) = 18,5dB$
- RX Antenne: Dito $\rightarrow G_{Ant}(RX) = 18,5dB$
- Wellenlänge: $f = 144.300MHz \rightarrow \lambda = 2,08m$
- Distanz zwischen beiden Stationen: $D = 60000m$
- $\rightarrow \left(\frac{\lambda}{4\pi D}\right)^2 = \left(\frac{2,08}{4\pi * 60000}\right)^2 = 7,61 * 10^{-12}$
- $10 * \log \left(\frac{\lambda}{4\pi D}\right)^2 = -111,2dB$

Berechnung bei 144MHz

- $P_{RX}[dBm] = P_{TX} - (TX - Kabel) + G_{ANT}(TX) + G_{ANT}(RX) + 10 * \log \left(\frac{\lambda}{4\pi D} \right)^2$
- $P_{RX}[dBm] = +60 - 2 + 18.5 + 18.5 - 111,2 = -16,2dBm$

Entspricht einer Leistung von **25µW**

Für ein Empfänger, das ist eine sehr STARKE Signal Amplitude

Wie ist die auf Bezug der Rauschpegel des Empfängers ?

5. Das Rauschen und die Dynamik

- Das Rauschen (Thermische Rauschen) ist präsent innerhalb Leitern und Halbleitern. Es wird durch das normale thermische Schwingen der Molekülen verursacht.
- Bei $T = 0^{\circ}\text{C}$ wird Wasser zu Eis oder umgekehrt Eis zu Wasser umgewandelt
- Die tiefste mögliche Temperatur ist: -273°C
- Das ist die Referenz Temperatur : $T = 0^{\circ}\text{K}$ (Kelvin)
- Die Übergangstemperatur zwischen Wasser und Eis ist dann: $T = +273^{\circ}\text{K}$
- Eine Umgebungstemperatur $T = +27^{\circ}\text{C}$ entspricht $T = 300^{\circ}\text{K}$

Das Rauschen eines elektrischen Widerstands

Die Elektronen werden durch das thermische Schwingen aus ihrer normalen Laufbahnen umgeleitet.

Das produziert ein Rauschen, der sich zum normalen Strom gesellt. Seine Amplitude ist Frequenz unabhängig



Die Pegel des thermisches Rauschen ist zur absoluten Temperatur proportional:

$$P_{NOISE} = KTB \text{ [Watts]}$$

$K = 1,38 * 10^{-23}$ [Joules/°K] **K ist die «Boltzmann Konstante»**

T = Absolute Temperatur [°K]

B = Empfangsbandbreite [Hz]

Das Rauschen eines Widerstands

Beispiel: Berechnung des Rauschen eines Widerstands, in einer «SSB» Bandbreite $B = 2500\text{Hz}$ bei Umgebungstemperatur $27^\circ\text{C} \rightarrow T = 300^\circ\text{K}$

$$\begin{aligned}P_{NOISE} &= 1,38 * 10^{-23} * 300 * 2500 \\ &= 10,4 * 10^{-18} \text{ [Watts]} \\ &= 10,4 * 10^{-15} \text{ mW}\end{aligned}$$

In dBm: $10 * \log(10,4 * 10^{-15} \text{ mW}) = -140 \text{ dBm}$

Im Vergleich zu den $+60\text{dBm}$ (1kW) vom PA.

Differenz: **200dB** (ja, enorm viel, aber nicht unendlich...)

Das Rauschen einer Yagi Antenne bei 144MHz

- Eine Multi-Element Yagi Antenne, die auf ein «kaltes» Gebiet des Himmels gerichtet ist, hat auf 144MHz eine Rauschtemperatur $T \approx 250^{\circ}\text{K}$
- (Bei 432MHz, viel weniger $T \approx 50^{\circ}\text{K}$)
- Wenn sie auf Horizont gerichtet ist, dann empfängt sie das vom Boden erzeugte Rauschen und seine Rauschtemperatur ist $T \approx 1000^{\circ}\text{K} \rightarrow$

$$P_{NOISE}(Ant) = -135dBm$$

Die Dynamik des empfangenen Signals

Ist die Differenz zwischen Signal Stärke und Rauschpegel.

$$Dyn[dB] = P_{Signal}[dBm] - P_{Noise}[dBm]$$

Beispiel:

- $P_{Signal} = -16dBm$ (Wie vorher berechnet)
- $P_{NOISE}(Ant) = -135dBm$
- $Dyn[dB] = -16 - (-135) = 119dB$

Die Signal Dynamik; Empfang ohne QRM

- Im Kontest Betrieb auf 144MHz, kann eine 1kW Station mit guter Antenne bis 120dB über das Rauschen empfangt werden, falls die TX und RX Antennen gegeneinander gerichtet sind.
- Eine Rezeption ohne QRM von DX Stationen, verlangt eine grössere als 120dB Abschwächung von den unerwünschten Sendungen der starken Station (Sendedynamik besser als 120dB)

Empfang ohne QRM

- Der Empfänger soll auch fähig sein, diese hohe Signal Pegel zu ertragen... Zwei Konditionen:
 1. Der RX Eingang (Vorverstärker, Mischer, bis zur Quarz-Filter) muss von starken Signalen nicht übersteuert werden
 2. Das VFO Signal des Empfängers soll ein geringes «Seitenbandrauschen» aufweisen (um QRM durch Mischung des VFO Rauschen mit starken empfangenen Signalen → wird später erklärt)

6. Messung der Dynamik auf 144MHz SSB Stationen

- Bei jedem 144MHz Kontest leiden die OM am QRM (manchmal klagen sich miteinander an)
- Die Zeit läuft, man merkt aber keine Verbesserung, eben eine Verschlechterung mit neuen Geräte.
- Wo liegt das Problem? Werden die Geräte von den OM nicht richtig betrieben...?
- Haben die 2M SSB Transceiver eine Dynamik von 120dB?

Einigen getesteten Geräten (9/17)

IC-910



IC-275



OM-Made



FT-857



FT-897



IC-202



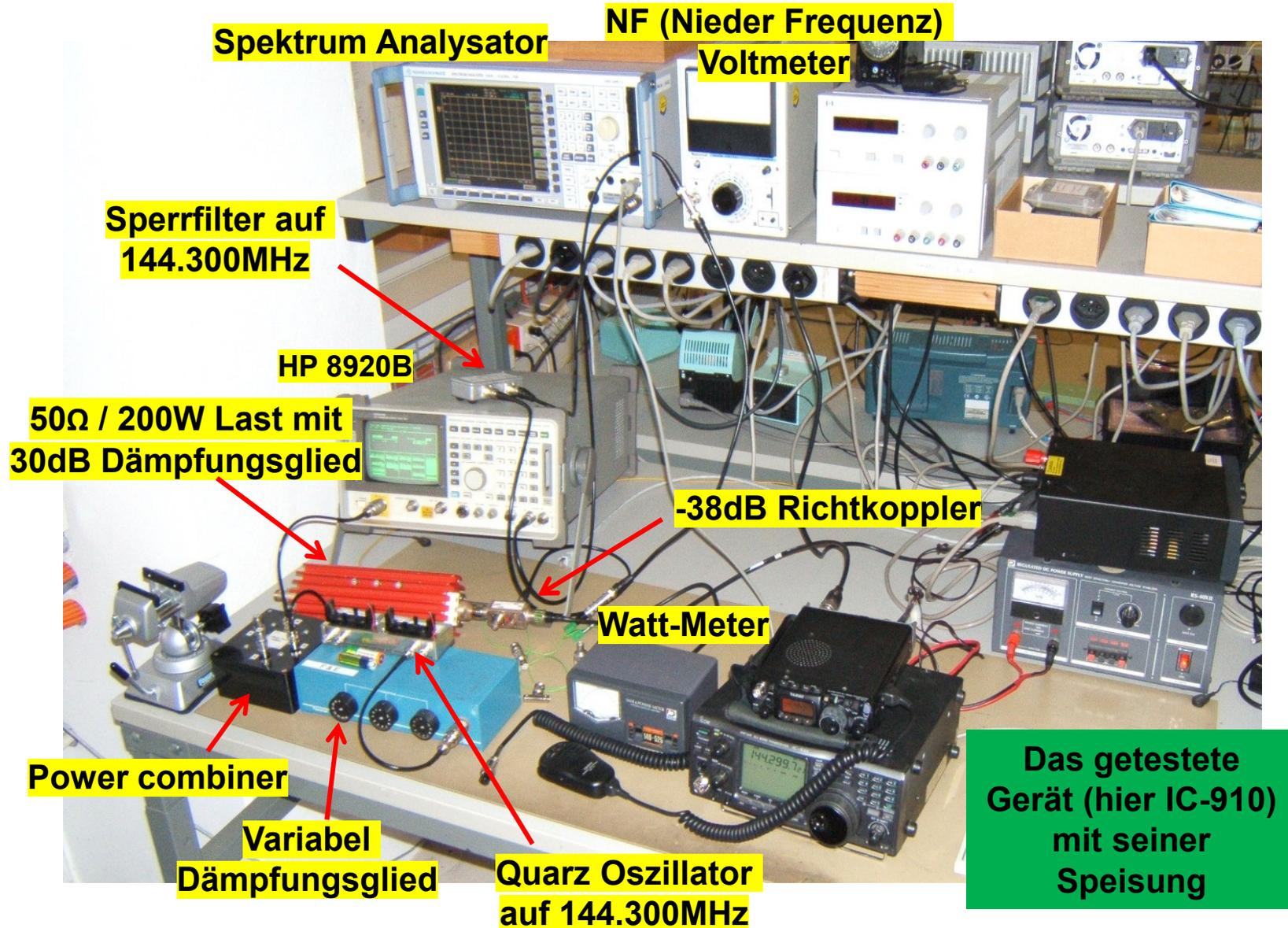
Elecraft K3 +TRCVR



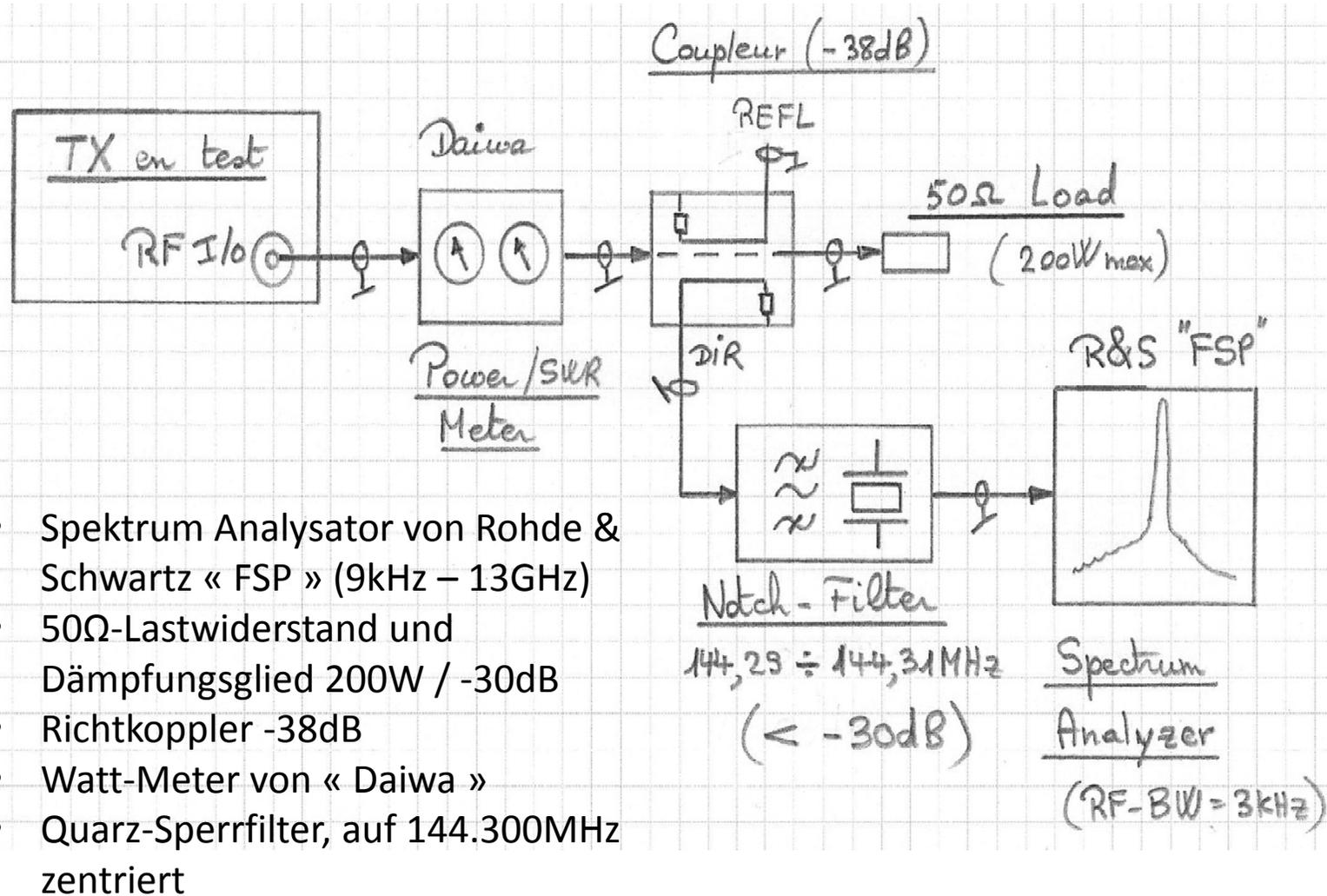
Elecraft KX3 +TRCVR



Messplatz mit Messgeräten



6.1. Messung der Sende-Dynamik



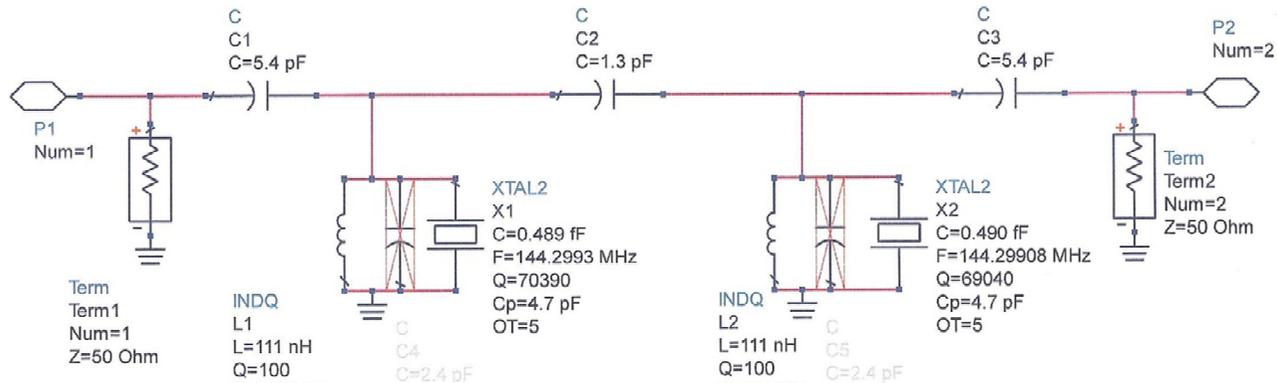
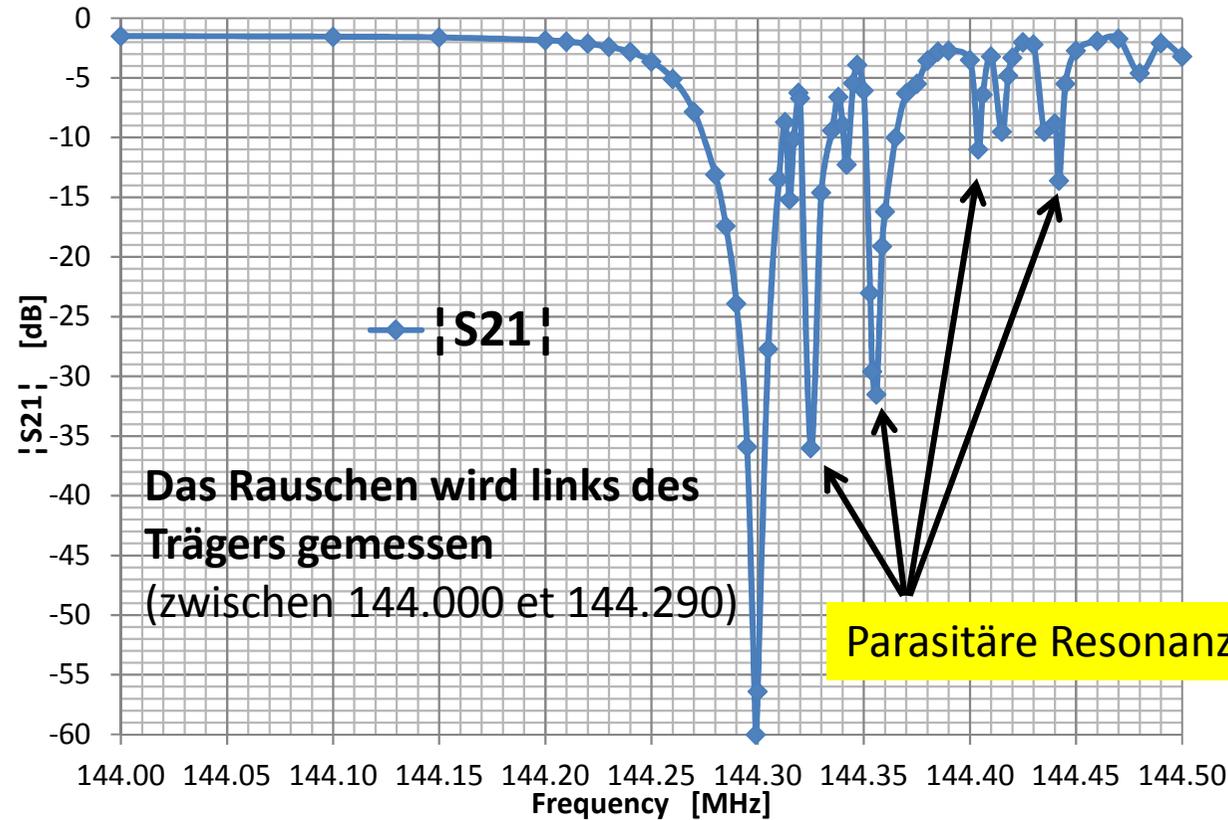
Messmethode (TX)

- Sender in CW Modus auf 144.300MHz. TX-Leistung nahe am Maximum eingestellt (Durch den Watt-Meter kontrolliert)
- «Key Down». Das TX Signal geht durch den Richtkoppler (-38dB) zur 50 Ω Last. Feinabstimmen der Sendeleistung, um +10dBm (10mW) am Spektrum Analysator zu erhalten.
- Dann, mit dem Sperrfilter (Notch) in Serie vor dem Spektrum Analysator angeschlossen, messen wir die Rauschpegel links des Trägers bei Offsets von 20, 50, 100kHz, 150kHz der zentralen Frequenz.
- Die Rauschpegel wird über eine «SSB» Bandbreite von RBW = 3KHz gemessen

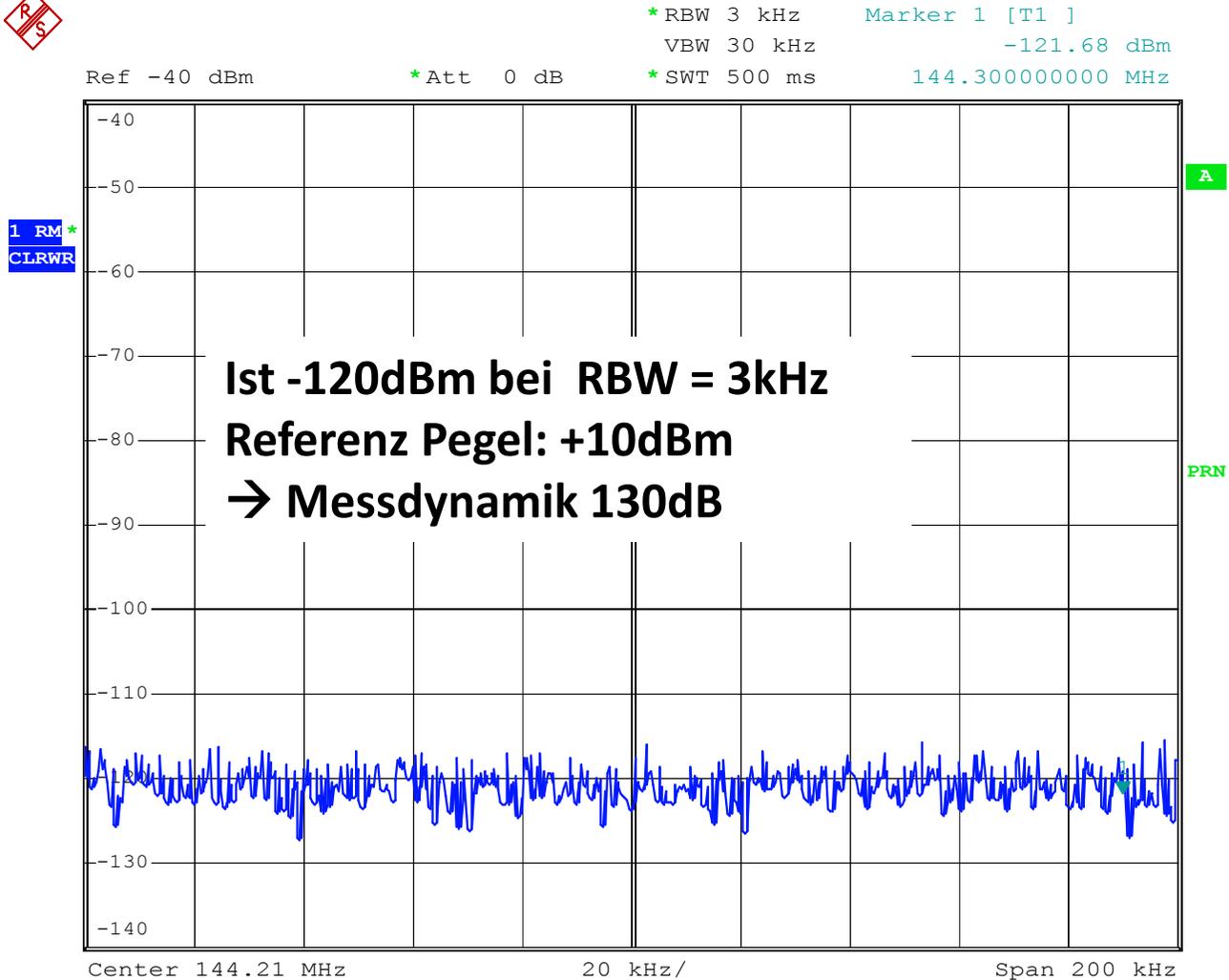
Messmethode

- Die **Dynamik** ist die Differenz (in dB) zwischen der Referenz Pegel (hier auf +10dBm eingestellt) und der gemessenen Rauschpegel bei diversen Frequenz Offsets.
- **Das «Notch-Filter»** reduziert die Leistung auf der zentralen Frequenz von 144,300MHz
- Dies erlaubt die Empfindlichkeit der Messung zu erhöhen, ohne eine Sättigung des Analysators zu riskieren. Dann wird eine saubere Messung des Sender Rauschens ermöglicht.

«Notch-Filter» auf 144.300MHz



Rauschpegel des Analysators

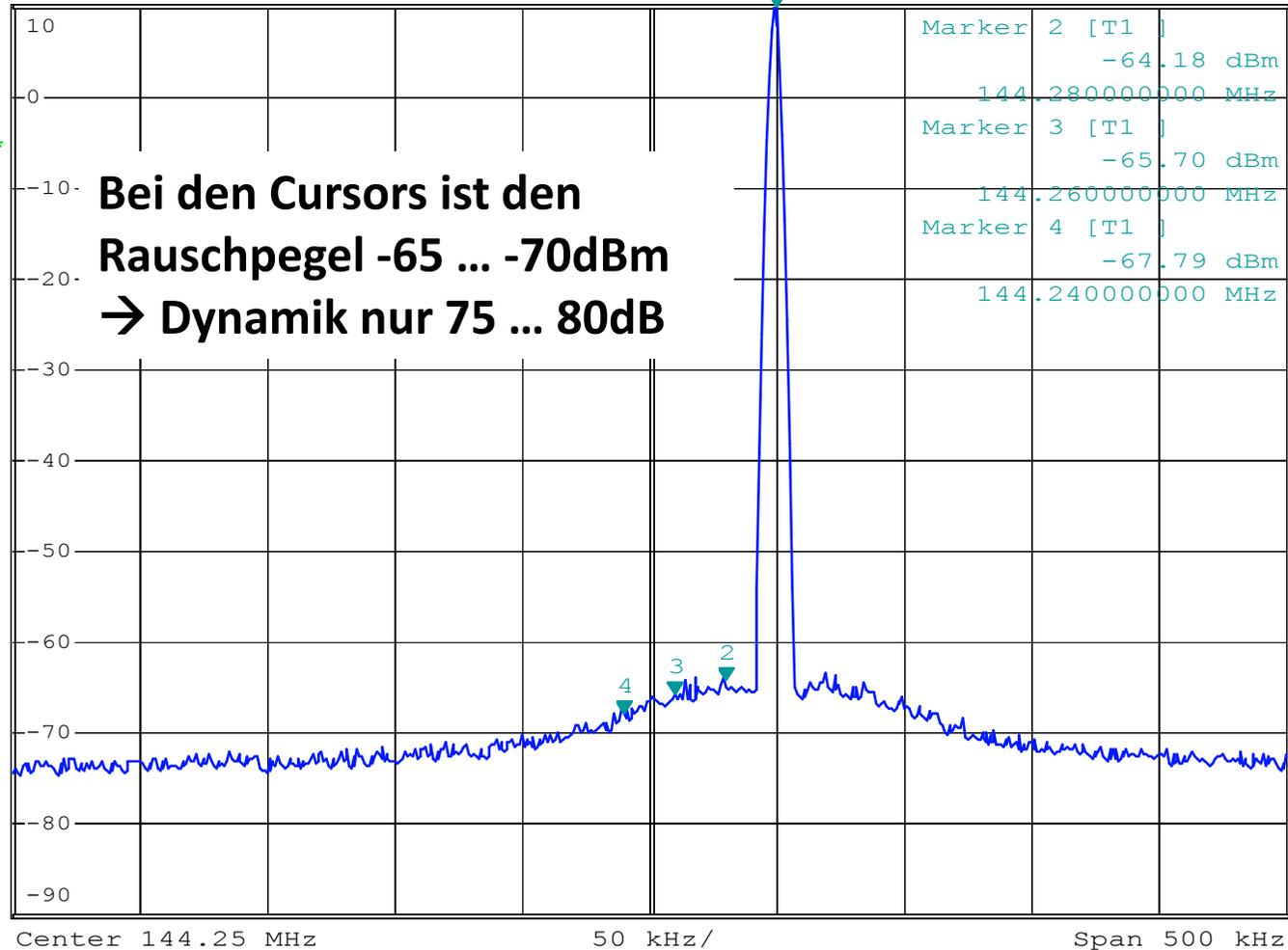


Erste Messung, ohne Notch-Filter



Ref 10 dBm Att 40 dB *RBW 3 kHz Marker 1 [T1] 9.96 dBm
VBW 30 kHz 144.300000000 MHz
*SWT 500 ms

1 RM *
VIEW



Bemerkung: Wegen das +10dBm TX-Signal am Eingang musste die Empfindlichkeit des Spektrum Analysators reduziert

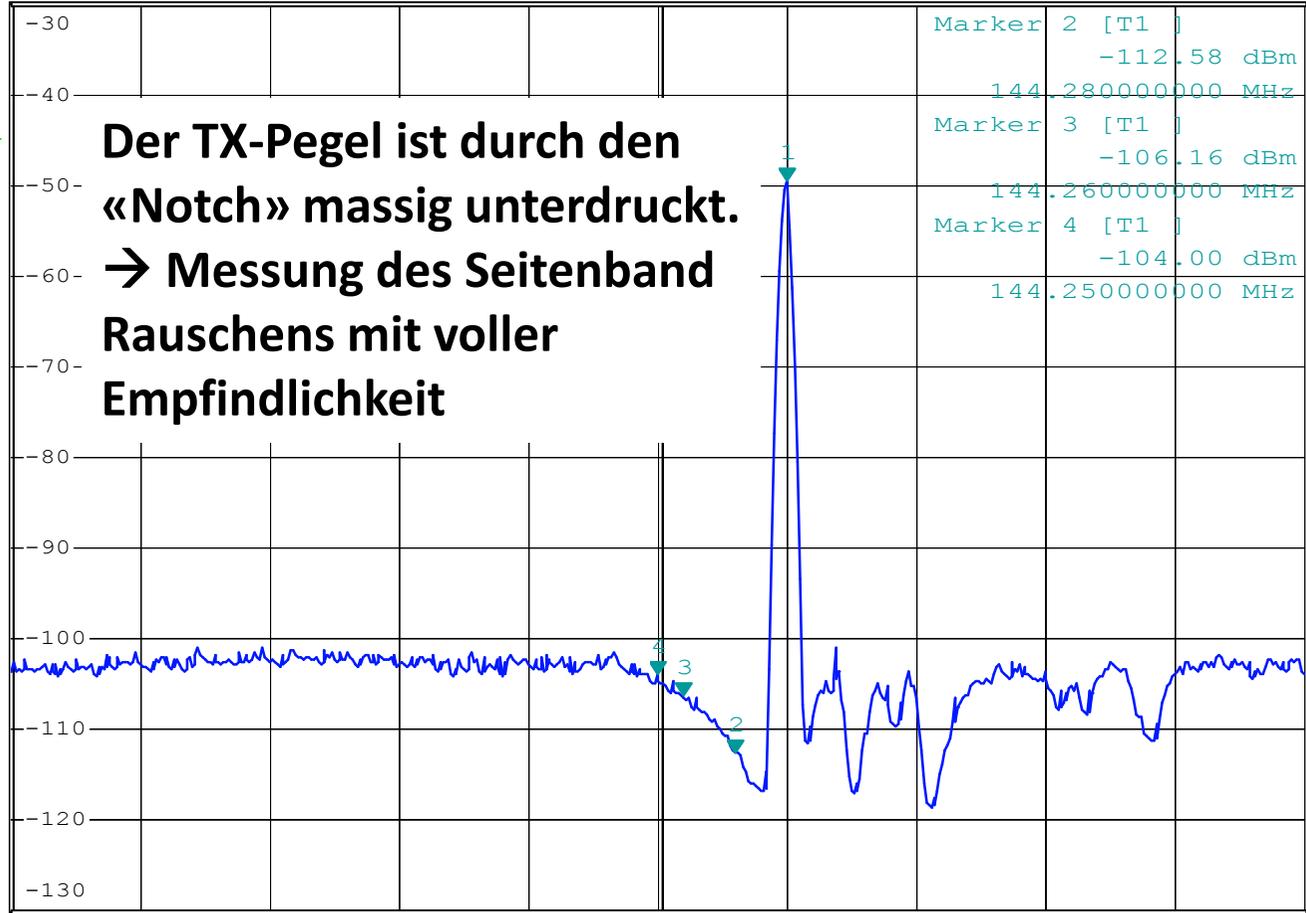
Messung mit dem Notch-filter in Serie



Ref -30 dBm *Att 0 dB *RBW 3 kHz Marker 1 [T1] -49.57 dBm
*SWT 500 ms 144.300000000 MHz

1 RM *
VIEW

**Der TX-Pegel ist durch den «Notch» massiv unterdrückt.
→ Messung des Seitenband Rauschens mit voller Empfindlichkeit**



Marker	Frequency [MHz]	Power [dBm]
Marker 1 [T1]	144.300000000	-49.57
Marker 2 [T1]	144.280000000	-112.58
Marker 3 [T1]	144.260000000	-106.16
Marker 4 [T1]	144.250000000	-104.00

Center 144.25 MHz 50 kHz/ Span 500 kHz

A

PRN

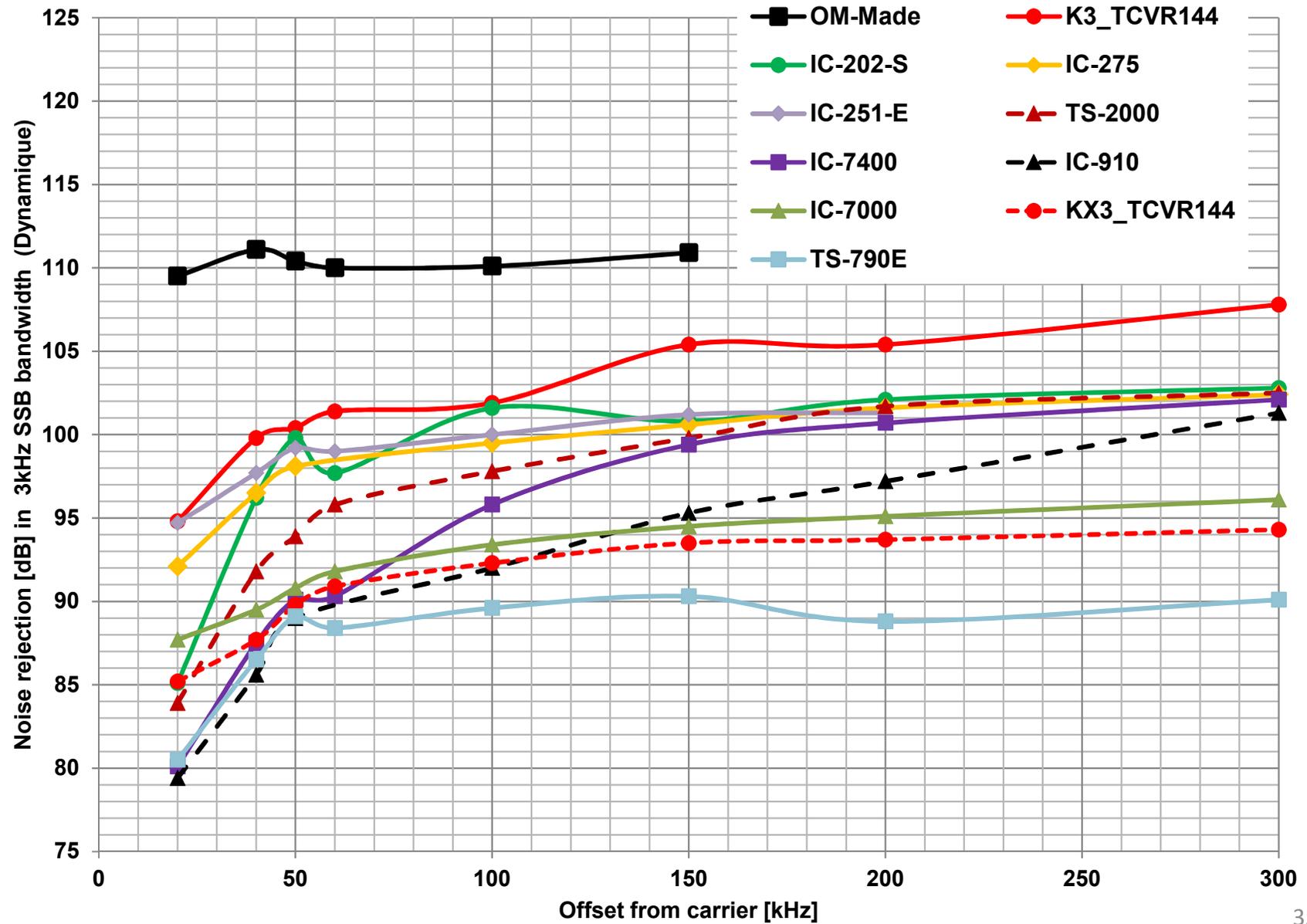
Die Signal Dynamik (S/N) wird bei Frequenz Offsets 20kHz ... 150kHz berechnet. (Auf diesem Beispiel die OM-made STN)

CW, 10W Out; Durch -30dB Dämpfungsglied. Ref. Pegel = +10dBm			
Frequenz [MHz]	Rauschpegel [dB]	XTAL Notch Filter Dämpfung [dB]	S/N Ratio [dB] = TX-Dynamik
144.280	-112.6	-13.1	109.5
144.260	-106.2	-5.1	111.1
144.250	-104.0	-3.6	110.4
144.240	-102.8	-2.8	110.0
144.200	-101.9	-1.8	110.1
144.150	-102.5	-1.6	110.9

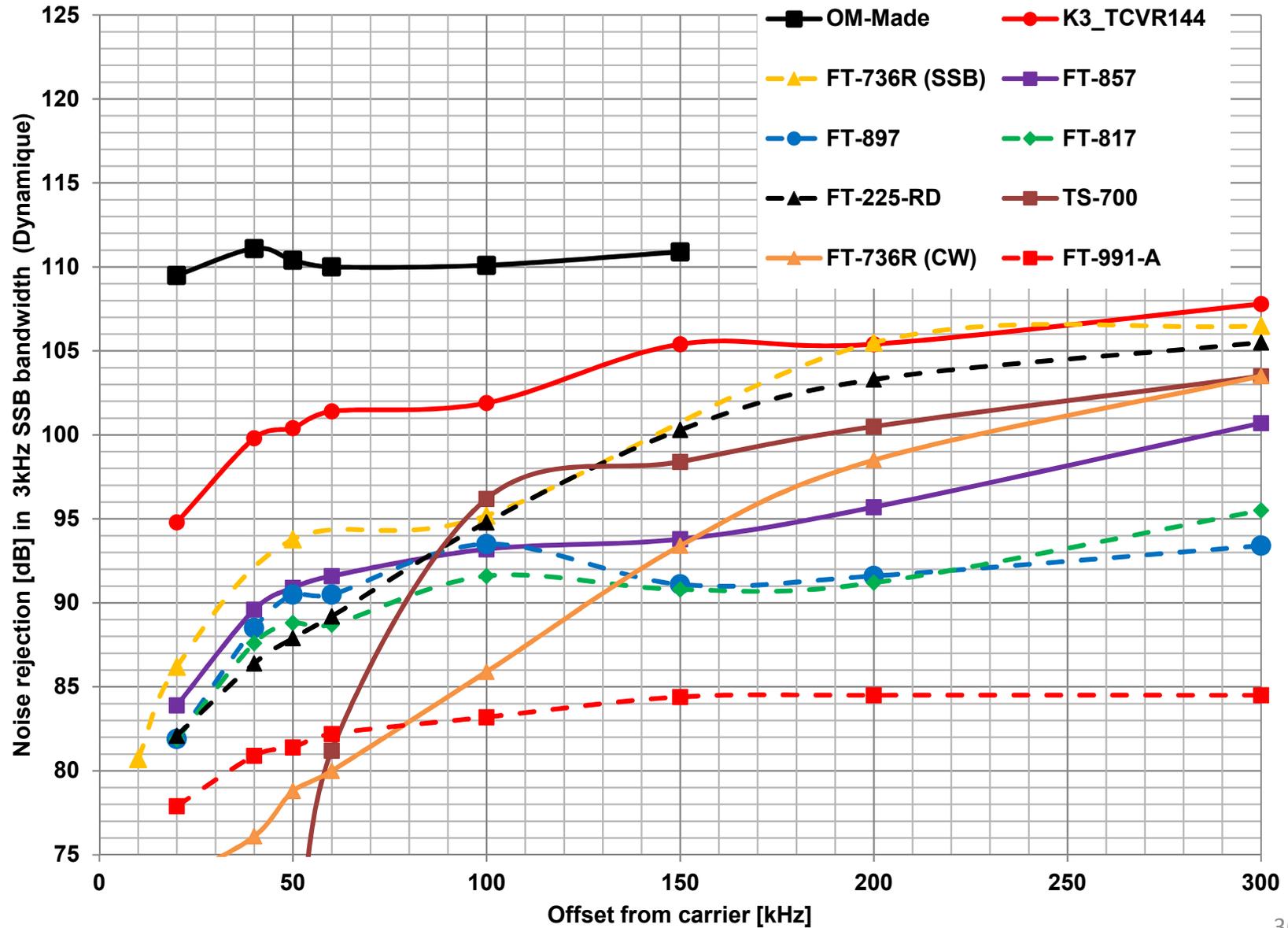
Messresultate auf anderen SSB/CW Stationen

<u>Gerät</u>	Rauschpegel im Vergleich zum Träger [dBc] im 3KHz "SSB" Bandbreite			
Frequenz Offset →	$\Delta f = 20\text{kHz}$	$\Delta f = 50\text{kHz}$	$\Delta f = 100\text{kHz}$	$\Delta f = 200\text{kHz}$
OM-made	-110	-110	-110	-111
K3-TCVR144	-95	-100	-102	-105
IC-202-S	-85	-100	-101	-102
IC-251-E	-95	-99	-100	-101
IC-275	-92	-98	-100	-102
TS-2000	-84	-94	-98	-102
FT-736-R (SSB)	-81	-94	-95	-106
FT-817	-88	-94	-94	-94
FT-897	-82	-91	-94	-92
FT-857	-84	-91	-93	-96
IC-7400	-80	-90	-96	-101
IC-7000	-88	-91	-93	-95
KX3-TCVR144	-85	-90	-92	-94
IC-910	-79	-89	-92	-97
TS-790E	-81	-89	-90	-89
FT-225-RD original	-82	-88	-95	-103
FT-991-A	-78	-81	-83	-85
FT-736-R (CW)	-73	-79	-86	-99
TS-700	-68	-67	-96	-101

TX Dynamik (CW Modus)



TX Dynamik (CW oder SSB)



TX Dynamik. Zusammenfassung

Die Geräte mit der besten Sende-Dynamik sind:

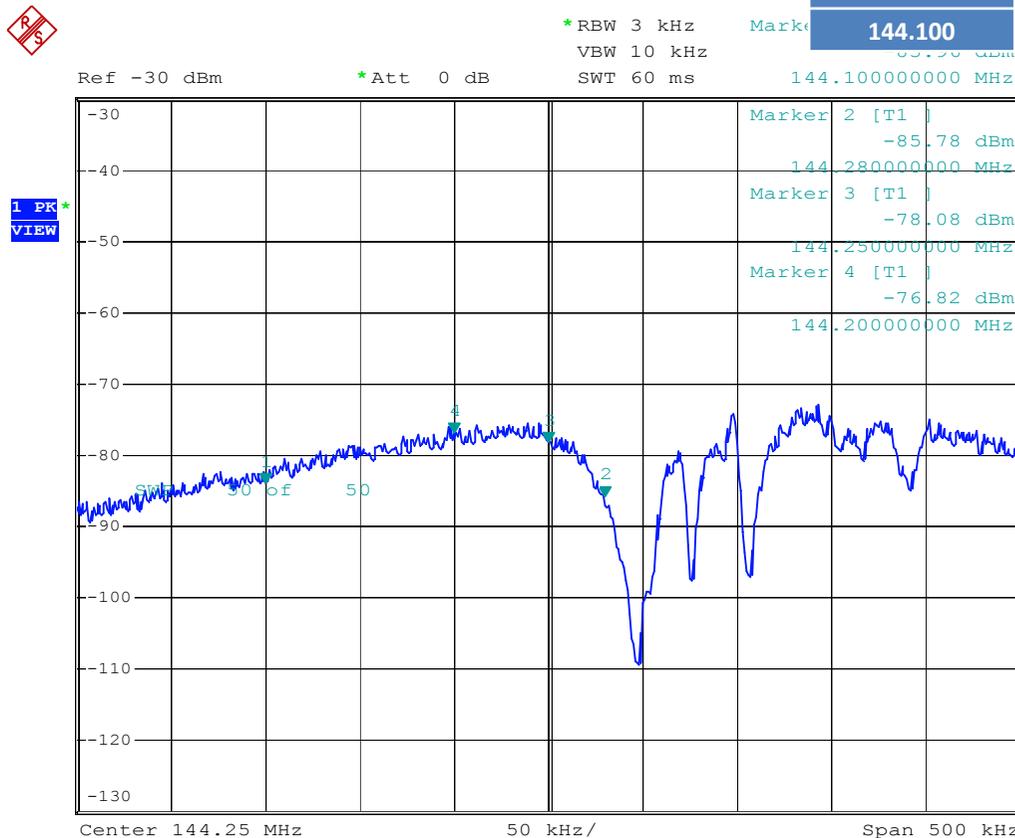
- K3 + 144MHz-Transverter
- IC-202
- FT-736-R (Aber nur in SSB, nicht in CW)
- IC-251-E
- IC-275

Aber kein Gerät erreicht die gewünschte Dynamik von 120dB

Rauschen in SSB Modus, ohne MIC Modulation

Beispiel mit dem IC-910 auf 2M:
 Rauschpegel -85dBm und -76dBm
 im Vergleich zur +10dBm
 Signalpegel

SSB noise, without speech			
Frequency [MHz]	Noise level [dBm]	XTAL notch filter attenuation [dB]	S/N ratio [dB] (Dynamique TX)
144.280	-85.8	-13.1	82.7
144.250	-78.1	-3.6	84.5
144.200	-76.8	-1.8	85.0
144.100	-84.0	-1.5	92.5



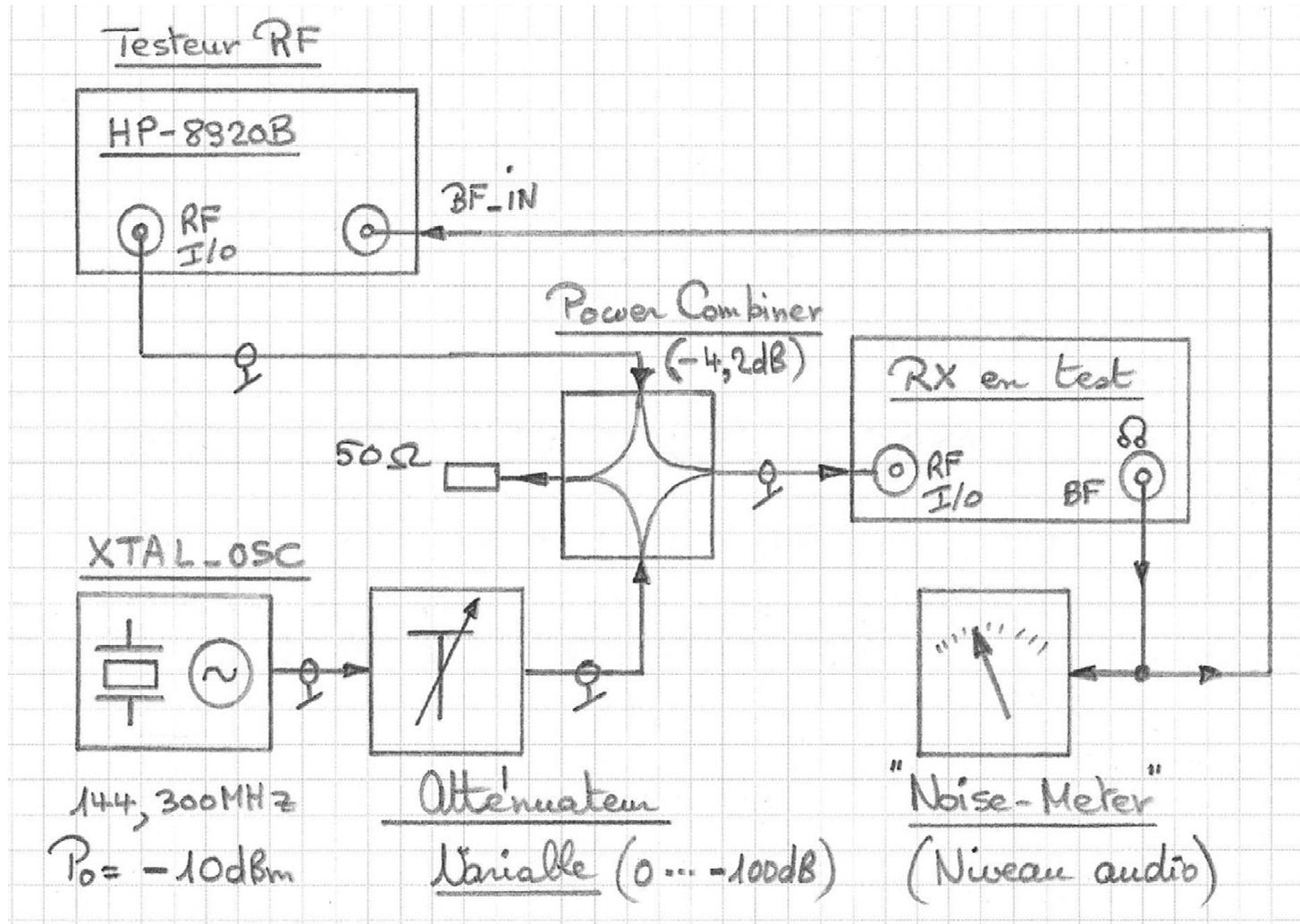
Signal/Rausch Verhältnis (S/N),
 gemäss oberliegende Tabelle.
 S/N = 85dB bei 144.200MHz

Falls Ihr diese Station mit 120dB
 Dynamik empfangen, dann
**erhaltet ihr 35dB Rauschpegel
 jedes mal der Operator dieses
 Transceivers die PTT Taste
 drückt...**

Rauschen in SSB Modus, ohne MIC Modulation

Gerät	Rauschpegel im Vergleich zum Träger [dBc] im 3KHz "SSB" Bandbreite	
	$\Delta f = 100\text{kHz}$	$\Delta f = 200\text{kHz}$
IC-7000	-123	-123
OM-made	-110	-111
K3-TCVR144	-110	-109
FT-736-R (SSB)	-107 (+ Spitzen...)	-107 (+ Spitzen...)
IC-251-E	-106	-106
IC-202-S	-104	-105
TS-700	-102	-106
IC-7400	-102	-102
FT-225-RD	-100	-101
IC-275	-96	-98
TS-2000	-103	-103
FT-857	-97	-96
FT-817	-94	-94
KX3-TCVR144	-94	-91
FT-897	-91	-89
IC-910	-85	-93
TS-790-E	-87	-87
FT-991-A	-81	-81

6.2. Messung der Empfangsdynamik



Messung der Empfindlichkeit

- Quarz Oszillator (Störer) OFF
- Transceiver auf SSB
- Zuerst ohne Signal am Eingang; Regeln der Lautstärke, um eine Rauschpegel von 100mV am NF-Voltmeter zu erhalten (→ 0dB Ref.)
- CW Signal auf die Empfangsfrequenz applizieren → Hörbar Ton bei zirka 1KHz
- Die Amplitude des CW Signal regeln bis die NF Signal Amplitude 10dB höher als die Referenz Pegel wird

Empfindlichkeit Messung; Beispiel mit FT-736

CW Signal Pegel für SNR = 10dB:	-124.5	[dBm]
Verlusten durch «Power Combiner» und Kabeln :	-4.2	[dB]
Korrektur im Bezug auf SNR = 10dB	-9.5	[dB]
Äquivalent Rauschpegel am RX Eingang :	<u>-138.2</u>	[dBm]

Wir werden diesen Parameter für die Kalkulation der Empfänger Dynamik benutzen

Störung des Empfangs durch einem starken (aber sauberen) Signal

Zwei Blockieren Ursachen

- **Das starke Signal übersteuert die Empfangskette → Kompression der Amplitude des (DX) schwachen Signals → Reduktion der Empfindlichkeit**
- **Erhöhung des Rauschens herum der Frequenz der starken Station, durch Mischung des (starken) empfangenen Signals mit dem Seitenrauschen vom Empfänger VFO**

Übersteuerung des Empfängers

- Beispiel mit IC-202
- Sein Frequenz Control basiert auf einem VCXO (Variabel Control XTAL Oszillator). → VFO Signal rauscharm → Keine Erhöhung des Rauschen in der Nähe von einem starken Signal
- Messung
- Ein Signal wird auf 144,280MHz Resp. 144,250MHz empfangen. Man stellt seine Amplitude für $S/N=10\text{dB}$ ein (Ohne Störer auf 144,300MHz)
- Störer (XTAL Osz.) auf 144.300MHz ON. Man erhöht seine Amplitude bis $S/N=7\text{dB}$ (3dB weniger)

Messresultate mit IC-202

Frequenz Offset	S/N [dB]	Störsignal Pegel [dBm]	Empfangsdynamik [dB]
20kHz	10	-34	
	7	-30	107
	5	-26	
	3	-22	
50kHz	10	-34	
	7	-26	111
	5	-22	

Dynamik: $Dyn_{RX}(\Delta f) = P_{Interferer}(SINAD = 7dB) - P_{NOISE}(RX_IN)$

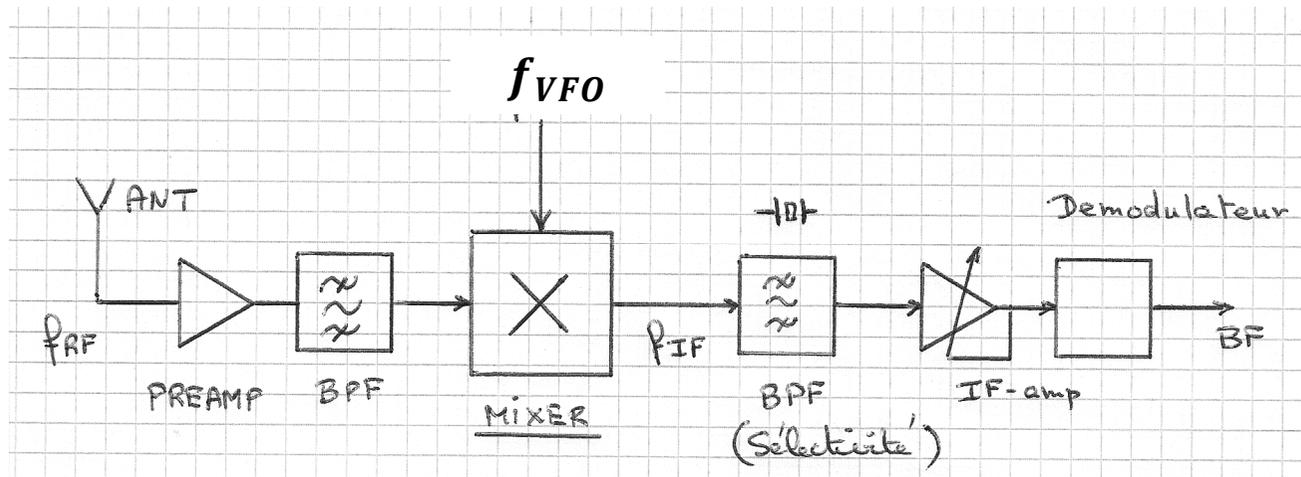
(Die Dynamik wird berechnet unter Betracht des äquivalenten Eingangsruschen: Bei IC-202, $P_{NOISE}(RX_IN) = -137dBm$)

Gegenseitige Mischung

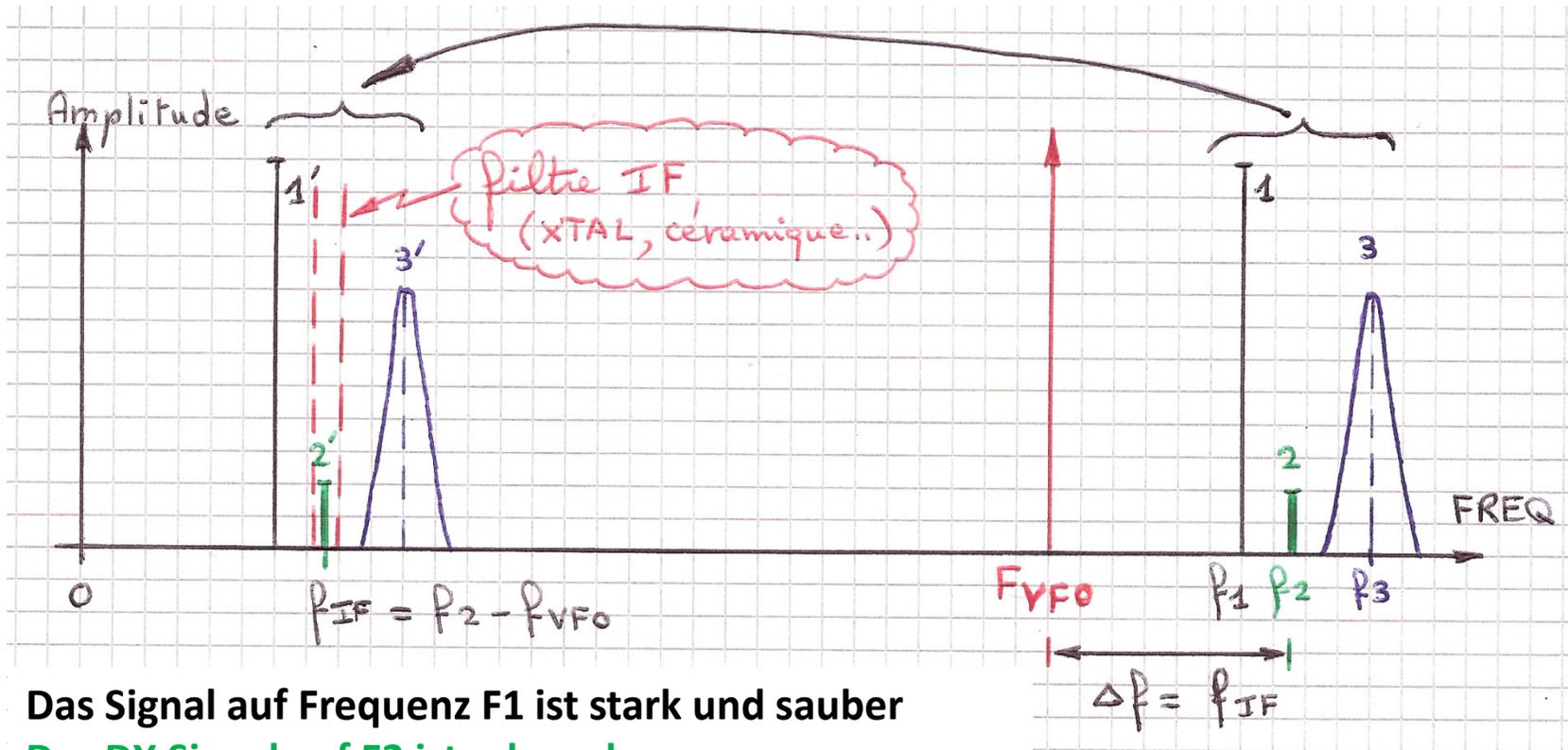
Schaltbild eines klassischen Überlagerungsempfängers

Die Empfangsfrequenz (f_{RF}) wird auf einer tieferen Zwischenfrequenz (f_{IF}) umgewandelt. Ein Mischer (Nichtlineare Schaltung) macht die Umwandlung. Ein Filter auf der Zwischenfrequenz bereinigt den Mischprodukt.

$$f_{IF} = f_{RF} - f_{VFO}$$



Gegenseitige Mischung



Das Signal auf Frequenz F1 ist stark und sauber

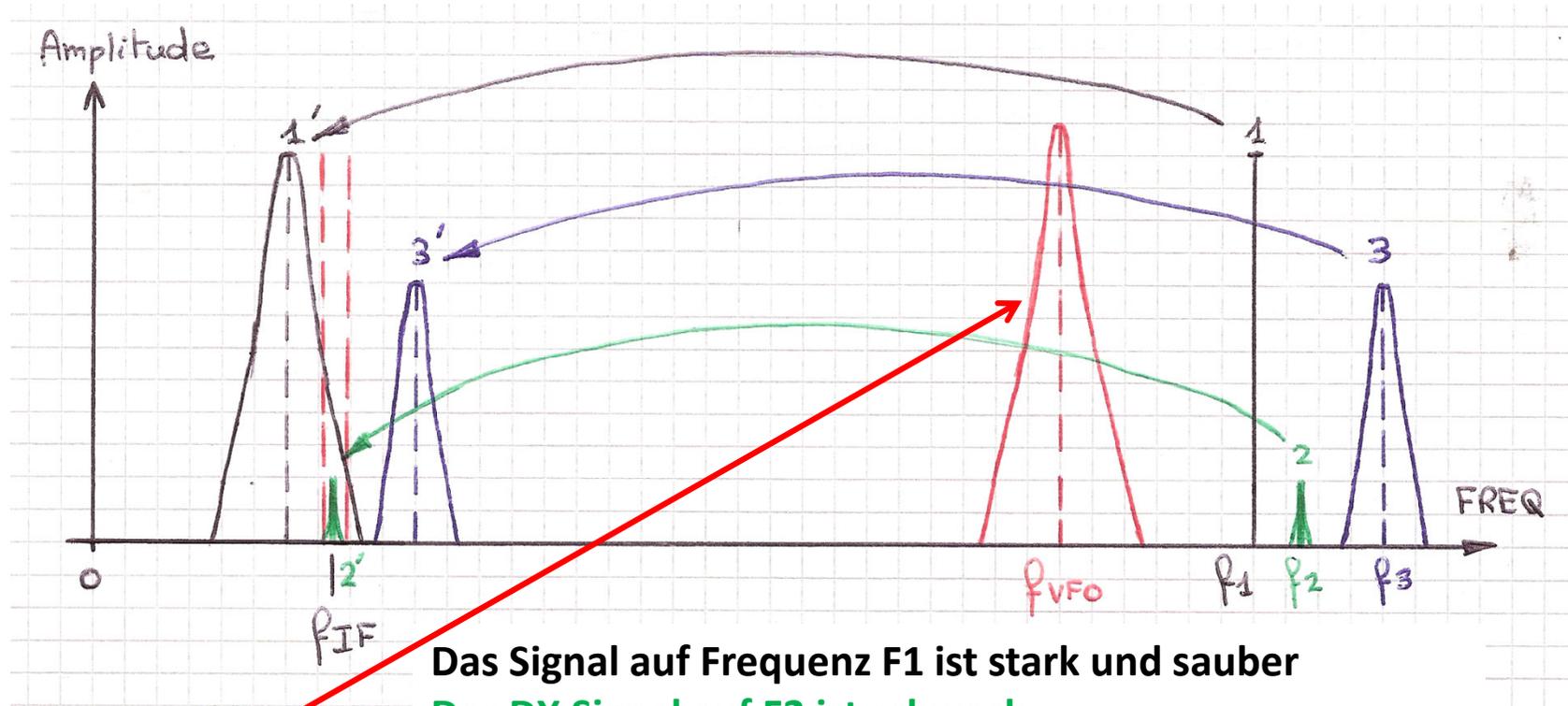
Das DX Signal auf F2 ist schwach

Das Signal auf Frequenz F3 ist «ein bisschen breit»

Resultat nach Mischung mit einem sauberem VFO Signal →

Die 3 Signalen bei ZF-Frequenzen F1', F2' und F3' sehen gleich aus, wie die empfangenen Signalen auf F1, F2 und F3

Gegenseitige Mischung (2)



Das Signal auf Frequenz F1 ist stark und sauber

Das DX Signal auf F2 ist schwach

Das Signal auf Frequenz F3 ist «ein bisschen breit»

Hier im Gegenteil ist das Signal vom Empfänger-VFO verrauscht

Alle ZF-Signalen sind jetzt breiter. Sie werden durch die Modulation mit dem VFO-Signal verrauscht

Das starke Signal auf F1' ist jetzt breit und stört den Empfang des DX Signals auf F2'

Messung des Rauschens, der durch gegenseitiger Mischung erzeugt wird

- Der Empfänger wird auf 144,280MHz oder 144,250MHz eingestellt
- 144,300MHz XTAL Oszillator (Störsignal) OFF; Regeln der Lautstärke um 0dB am NF-Voltmeter zu lesen
- XTAL Oszillator ON; Seine Pegel erhöhen, bis das Rauschen um 3dB erhöht wird (Schwelle). Wir benützen diese Pegel für die Kalkulation der Empfangsdynamik.

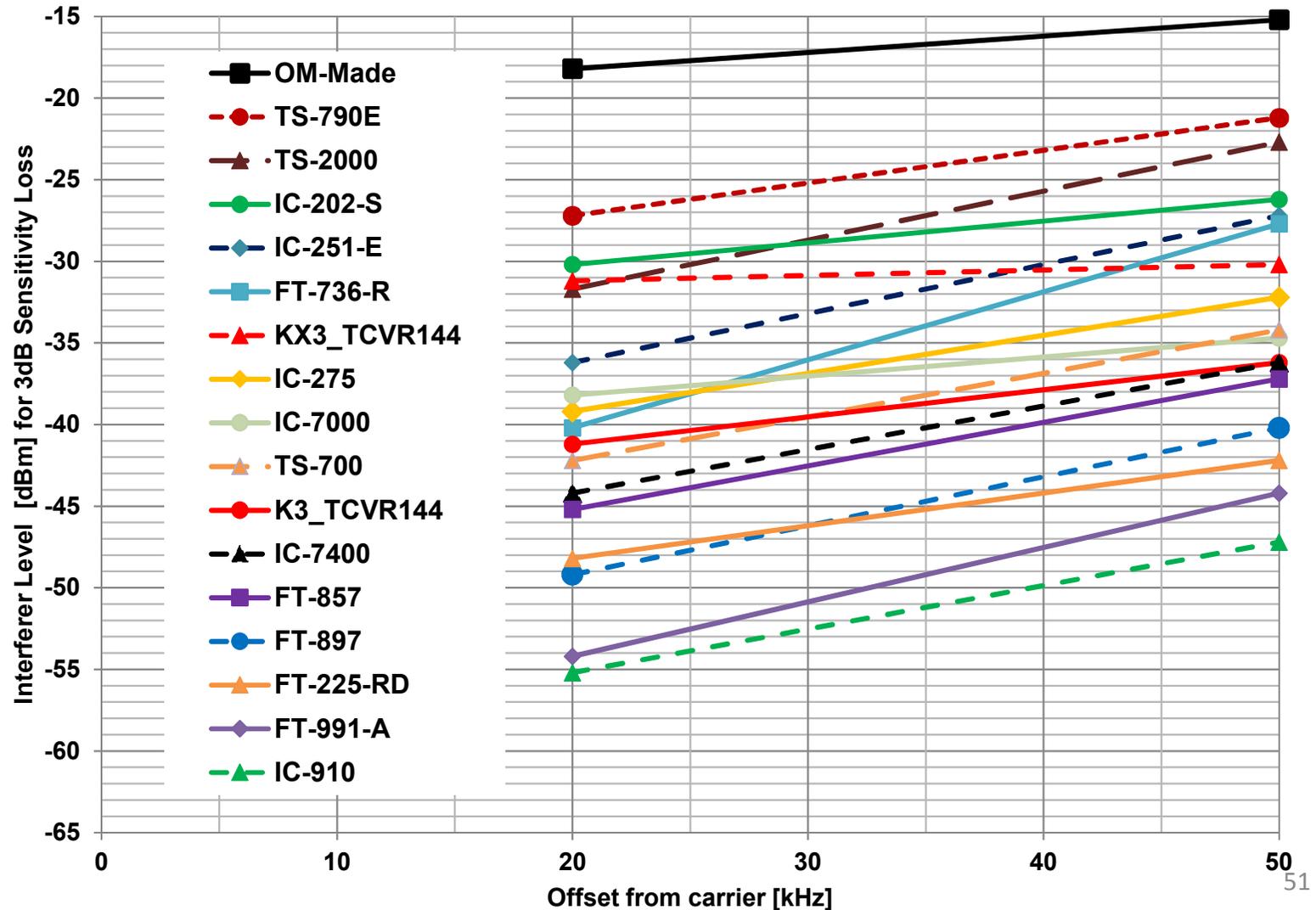
Blockieren des Empfangs durch gegenseitiger Mischung Beispiel mit FT-736

Frequenz Offset	Rauschen Erhöhung[dB]	Störsignal Pegel [dBm]	Empfangs Dynamik [dB]
20kHz	1	-45	
	2	-42	
	3	-40	98dB
	5	-37	
50kHz	1	-33	
	2	-30	
	3	-28	110dB
	3.5	-24 (Anfang der Kompression)	

Dynamik: $Dyn_{RX}(\Delta f) = P_{Interferer}(Noise\ Increase + 3dB) - P_{NOISE}(RX_IN)$
 (Die Dynamik wird berechnet unter Betracht des äquivalentes Eingangsrauschen:
 Bei FT-736, $P_{NOISE}(RX_IN) = -138dBm$)

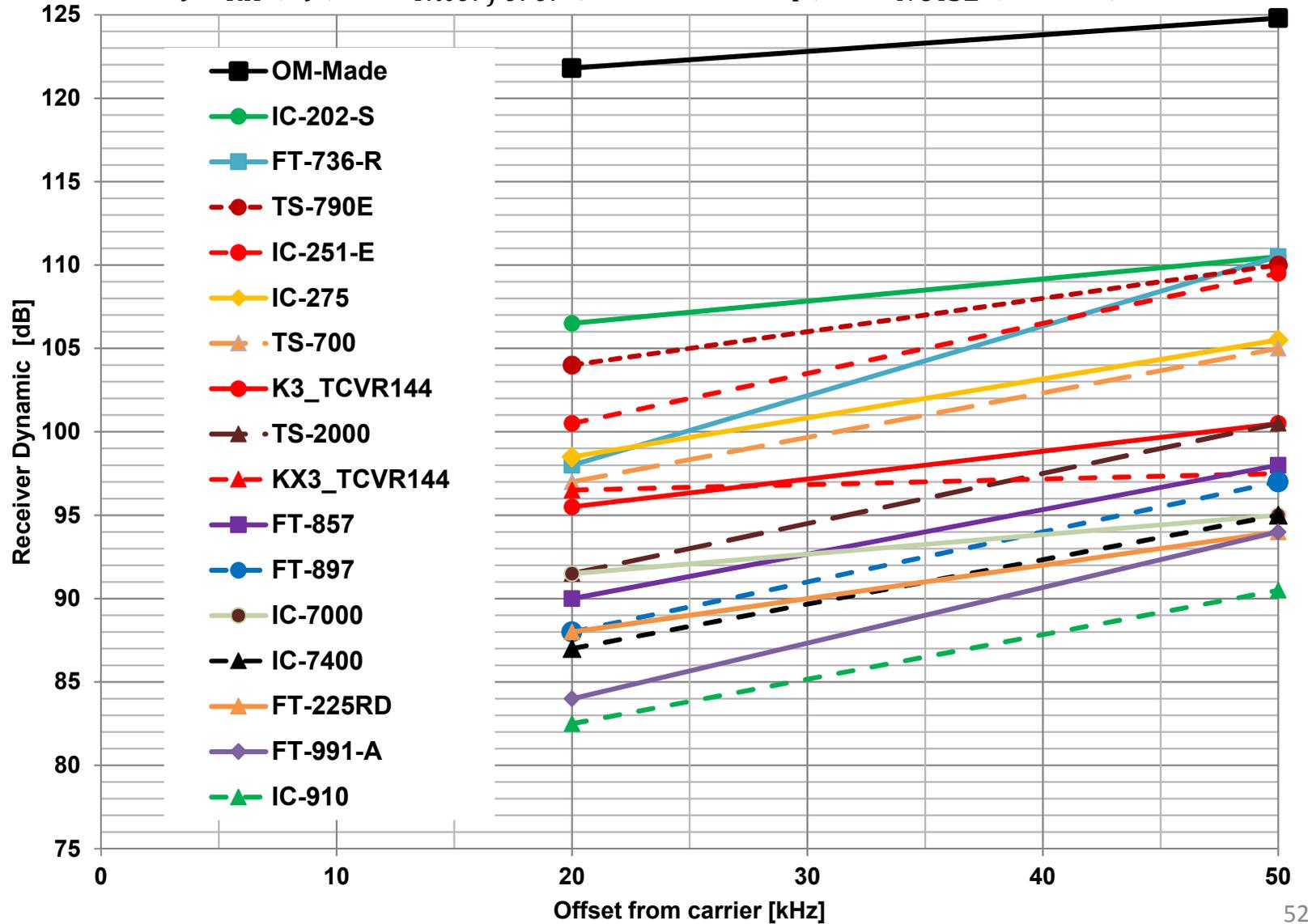
Starksignal Festigkeit; Resultate

Bei 50kHz Offset von einer starken (sauberen) Sendung, erträgt das beste Gerät (TS-790E) eine Störpegel Amplitude von -21dBm. Der Schlechteste ist der IC-910 mit nur -47dBm



Blockieren Dynamik

$$Dyn_{RX}(\Delta f) = P_{Interferer}(Noise\ 3dB\ up) - P_{NOISE}(RX_IN)$$



Messresultate über 17 Geräte

Gerät	Gestaltung	RX Eingangs Rauschpegel [dBm]	Störsignal Pegel [dBm] bei $\Delta f=50\text{kHz}$ für 3dB Empfindlichkeit weniger	Dynamik [dB] bei $\Delta f=50\text{kHz}$
OM-made	Préampli Ga-As	-140	-15	125
	Préampli J-Fet	-132	-5	128
IC-202 S	Standard	-137	-26	111
TS-790-E	Préampli OFF	-131	-21	110
FT-736 R	Standard	-138	-28	110
IC-251-E	Standard	-136	-27	109
IC 275	Attén. OFF	-138	-32	106
TS-700	Standard	-139	-34	105
K3 + TRCVR	Préampli OFF	-137	-36	101
TS-2000	Préamp + ATT ON	-123	-23	100
KX3 + TRCVR	Préampli OFF	-128	-30	98
FT-857	Standard	-136	-37	99
FT-897	Standard	-138	-40	98
IC-7000	Préampli OFF	-130	-35	95
IC-7400	Préampli OFF	-131	-36	95
FT-225-RD	Standard	-136	-42	94
FT-991-A	Standard	-138	-44	94
IC-910	Préampli ON	-138	-47	91 ⁵³

Bemerkungen

- K3 / KX3: Man sieht auf dem ersten Graphik, dass der KX3 eine stärkere Störsignal Amplitude als dem K3 erträgt. Der Grund dafür ist aber eine geringere Empfindlichkeit beim KX3. Als man die Dynamik berechnet, sind beide Geräte egal.
- IC-202: Bei diesem Gerät, keine Rauschen Erhöhung durch ein starkes Signal neben sein Empfangskanal. Das Blockieren wird nur durch Sättigung des Empfängers produziert.
- Zu beachten: bei sehr starken Störsignal Amplituden können sich beide Effekte kombinieren (Erhöhung des Rauschens und dann Sättigung)

Schlussfolgerung

- Im Kontext Betrieb auf hohen Standorten bei 144MHz, kann die Dynamik der empfangenen Signalen 120dB erreichen (Leistungsfähige Antenne, KW Leistung, Freiraum Übertragung).
- Wir haben die Dynamik im Sende und Empfang Modus von 17 SSB Transceivern bei 144MHz gemessen.
- **Kein hat die 120dB Dynamik.** Die besten Geräte zeigen 110dB. Anderen nur zirka 80dB.
- Auf Kurzwellen, eine Dynamik von 80dB genügt, da das von Antenne empfangene Rauschen viel höher als bei UKW ist.

Schlussfolgerung

- Die Dynamik der Sendern wird vom Seitenrauschen des VFO Oszillators und vom thermischen Rauschen der Sendekette bestimmt.
- Für die Empfänger sind das Seitenrauschen des VFO Oszillators und eine Übersteuerung der Empfänger die einschränkenden Faktoren.
- Die alten Geräte sind besser als die Neuen.
- *QRM, was tun?* Antenne drehen... Antennen Vorverstärker: nicht zuviel Gain... Drive Leistung: den ALC nie benutzen... Philosoph werden...

Danke für Ihre Aufmerksamkeit



**Besten Wünsche für
Kontest Betrieb auf
144MHz ohne zuviel
QRM...**

