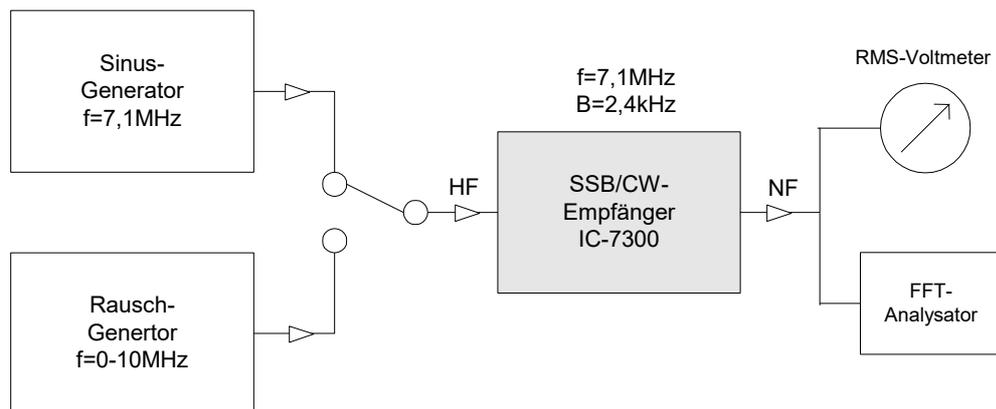


## Messung von Empfindlichkeit und Rauschmaß bei Empfängern

Die Empfindlichkeit eines SSB/CW-Empfängers lässt sich mit Hilfe eines HF-Generators oder Rausch-Generators ermitteln (**Bild 1**). Beide Generatoren werden so eingestellt, dass sich das Rauschen am NF-Ausgang des Empfängers um +3dB anhebt. Wird die Empfindlichkeit über ein CW-Signal ermittelt, bezeichnet man das Ergebnis als MDS (Minimum Decernible Signal, kleinstes detektierbare Signal). Wird ein Rauschgenerator verwendet, misst man anstelle der Empfindlichkeit das Rauschmaß (Noise Figure, NF) des Empfängers.

Beide Messergebnisse sind autark und haben im Prinzip nichts miteinander zu tun. Versucht man z.B. aus der Empfindlichkeit das Rauschmaß (oder umgekehrt) zu berechnen entstehen Fehler, wie nachfolgend gezeigt wird.

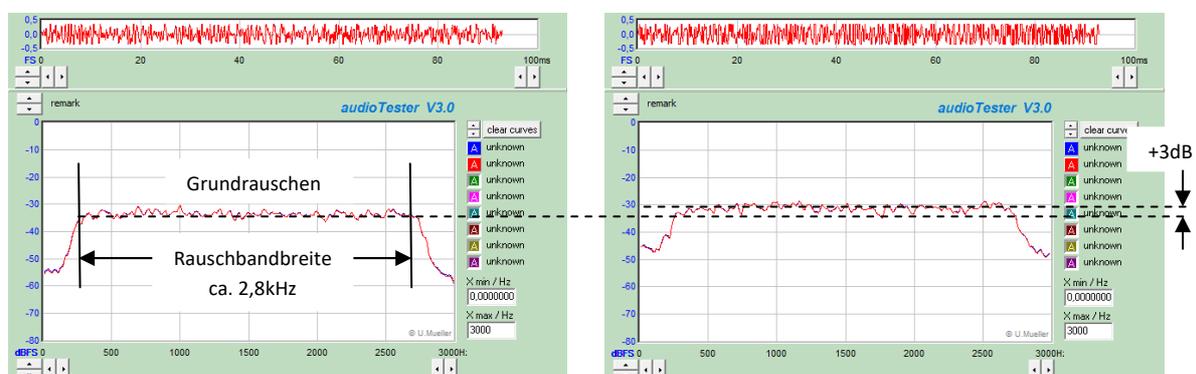


**Bild 1: Messung von Empfindlichkeit und Rauschmaß eines SSB-Empfängers**

### Ermittlung des Rauschmaßes ( $F_{dB}$ ), Noise Figure (NF)

Hierzu benötigt man einen kalibrierten Rauschgenerator, der ein konstantes weisses Rauschen von z.B. 0-10MHz erzeugt. Den Empfänger auf 7,1MHz, SSB,  $B=2,4\text{kHz}$  einstellen und den Pegel des Rauschgenerators so einstellen, dass die Spannungsanzeige am RMS-Voltmeter um Faktor  $\sqrt{2}=1,414$  von z.B. 0,1Volt auf 0,1414Volt ansteigt oder auf der logarithmischen Skala des Voltmeters von 0dB auf +3dB ( $20\log 1.414 = 3\text{dB}$ ).

Da die Rauschbeiträge von Empfänger und Rauschgenerator unkorreliert sind, addieren sich ihre Leistungen linear und die gesuchte äquivalente Eingangsrauschleistung entspricht somit der vom Generator gelieferten Rauschleistung. Schaltet man einen FFT-Analysator an den NF-Ausgang des Empfängers (**Bild 2**), lässt sich der 3dB Anstieg des NF-Rauschens innerhalb der Rauschbandbreite des Empfängers gut erkennen. Die Rauschbandbreite beträgt ca. 2,8kHz.



**Bild 2: FFT-Analyse des NF-Rauschsignals (links) und mit +3dB Rauschen (rechts)**

Beim IC-7300 erfolgte das bei einem angelegten Rauschpegel von

$$P_{\text{Noise}} = -88\text{dBm}/0\text{...}10\text{MHz}$$

Bezogen auf eine Bandbreite von 1Hz ergibt sich eine Pegel von

$$P_{\text{Noise}} = -88\text{dBm}/10\text{MHz} - 10\lg 10.000.000 = -158\text{dBm}/\text{Hz}$$

Das resultierende Rauschmaß ( $F_{\text{dB}}$ ) NF des Empfängers, ergibt sich aus der Differenz von eingespeister Rauschleistung  $-158\text{dBm}/\text{Hz}$  zum Rauschgrenzwert von  $-174\text{dBm}/\text{Hz}$

$$\text{Rauschmaß } (F_{\text{dB}}) = -158\text{dBm}/\text{Hz} - (-174\text{dBm}/\text{Hz}) = \underline{16\text{dB}}$$

entsprechend einer Rauschzahl (F) von

$$\text{Rauschfaktor } (F) = 10^{\text{Rauschmaß}/10} = 10^{16/10} = 40$$

Mit anderen Worten: Der Signal/Rausch-Abstand eines empfangenen Signals verschlechtert sich um 16dB bzw. Faktor 40 zwischen dem Eingang und Ausgang des Empfängers.

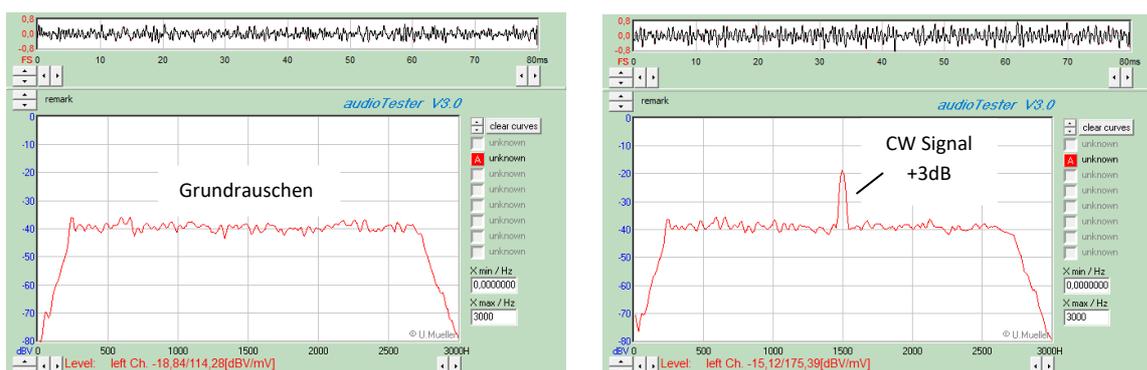
### Zusammenfassung:

Da es sich um eine Vergleichsmessung handelt, brauchen die Werte der Rauschbandbreite nicht bekannt zu sein, da sie sich bei der Berechnung heraus kürzen. Sind beide Seiten von den gleichen Fehlereinflüssen betroffen, heben sie sich diese gegenseitig auf. Eine solche Rauschmessung ist genau und bedarf keiner Korrektur.

### Ermittlung der Empfindlichkeit (MDS)

Den Empfänger mit einem HF-Generator verbinden, auf den Überlagerungston (800Hz) abgleichen und den HF-Pegel soweit reduzieren, bis die Spannung am RMS-Voltmeter nur noch um Faktor  $\sqrt{2} = 1,414$  ansteigt, z.B. von zuvor 0,1 Volt auf 0,1414 Volt. Im Lautsprecher ist der Ton jetzt kaum noch wahrzunehmen,  $(S+N)/N=2$ . Beim IC-7300 erfolgte das bei einem CW-Signal von  $-125\text{dBm}$ . Am FFT-Analysator (**Bild 3**) ist das  $+3\text{dB}$ -Signal gut zu erkennen.

$$\text{MDS} = \underline{-125\text{dBm}/2,4\text{kHz}}$$



**Bild 3: FFT-Analyse des NF-Rauschsignals (links) und mit  $+3\text{dB}$  CW-Signal (rechts)**

### Zusammenfassung:

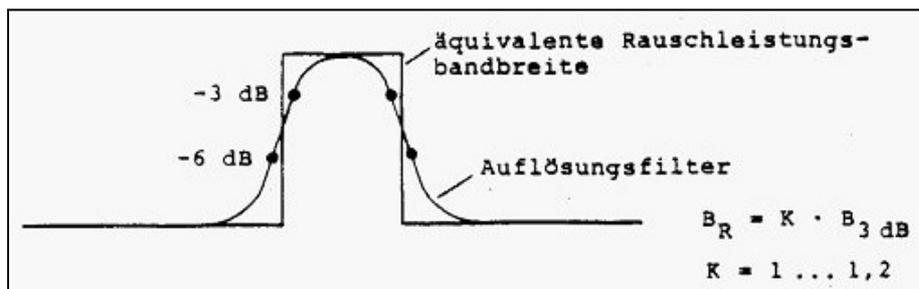
Die MDS-Messung ist einfach durchzuführen, weil hierzu lediglich ein HF-Generator erforderlich ist. Das Ergebnis ist abhängig von der gewählten Auflösungsbandbreite (B) des Empfängers. Je kleiner die Bandbreite, umso größer die Empfindlichkeit, wie umgekehrt. Deswegen muss bei Benennung der Empfindlichkeit immer die Bandbreite mit angegeben werden! Das MDS (ARRL) wird im Regelfall mit der kleinsten Auflösungsbandbreite ermittelt, z.B. mit  $B=500\text{Hz}$ .

### Kalkulation von Rauschmaß und Empfindlichkeit

Über die Gleichung „ $NF = MDS + 174\text{dBm/Hz} - 10\log B$ “ lässt sich das Rauschmaß (NF) oder das MDS berechnen, wenn eins von beiden bekannt ist. Mit einem MDS von  $-125\text{dBm}$  und  $B=2,4\text{kHz}$  ergibt sich demnach eine Rauschmaß von

$$F_{\text{dB}} = \text{MDS} + 174\text{dBm/Hz} - 10\log B = -125\text{dBm} + 174\text{dBm} - 10\log 2,4\text{kHz} = 15,2\text{dB}$$

Dieses Resultat ist jedoch falsch, es müssten 16dB sein. Der Grund liegt darin, dass zur Berechnung des Rauschmaßes die „Rauschbandbreite“ des 2,4kHz-Filters verwendet werden muss. Der Pegel des Grundrauschens wird stets über die „effektive Rauschbandbreite“ des verwendeten Auflösungsfilters erfasst, welche der Bandbreite eines „idealen Rechteckfilters äquivalenter Fläche“ entspricht (**Bild 4**) und von der -3 bzw. -6dB-Bandbreite im Regelfall abweicht.



**Bild 4:** Äquivalente Rauschbandbreite des Auflösungsfilters

In der Berechnung des Rauschmaßes müsste deswegen unter „B“ die gültige „Rauschbandbreite“ des Filters eingetragen werden, die im Regelfall aber nicht bekannt ist. Entspricht die Rauschbandbreite z.B. dem 1,2-fachen Wert von  $B=2,4\text{kHz}$ , ergibt sich schon eine Differenz von  $10\log 2,88\text{kHz}/2,4\text{kHz} = 0,8\text{dB}$ .

Auf Kurzwelle werden solche kleinen Fehler meist „übersehen“ oder toleriert, im VHF/UHF-Bereich dürfte das schon anders sein.

Werner Schnorrenberg  
DC4KU  
03.09.2023