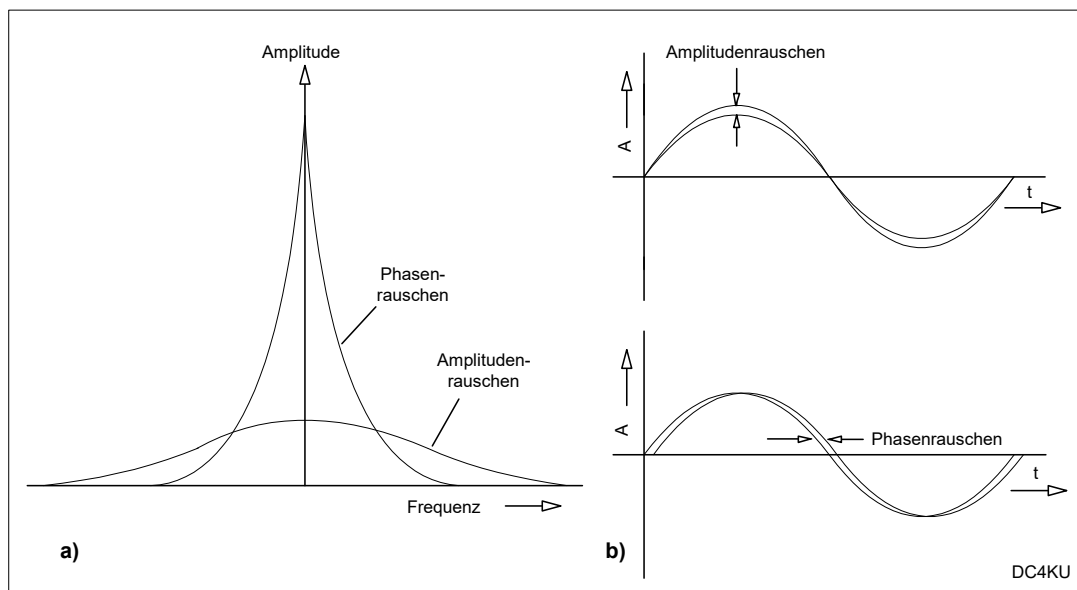


## Sender-Seitenbandrauschen (TX-SBN)

Bei der Vorstellung neuer Transceiver, wurde in den letzten Jahren meist über deren Empfangseigenschaften berichtet, über das verbesserte DR3, RMDR und Großsignalverhalten. Bei Prüfung der Sender, ging es meist nur um deren Intermodulationsverhalten und Störungen durch CW-Tastklicks. Dass ein Sender aber auch Seitenbandrauschen (SBN) erzeugt und dadurch benachbarte Stationen stören kann, darüber wurde bisher kaum berichtet. Nachfolgend untersuche ich das Sender-Seitenbandrauschen am Beispiel des IC-7300.

### Seitenbandrauschen

Im Frequenzbereich wird Phasenrauschen in Form von Rauschseitenbändern rechts und links vom Träger sichtbar (**Bild 1**). Neben Phasenrauschen wirkt sich auch Amplitudenrauschen auf eine "Verbreiterung" des beanspruchten Signalspektrums aus. FM- und AM-Rauschen zusammen, bezeichnet man als Seitenbandrauschen (SBN). Bei Empfängern besteht das Seitenbandrauschen bis zu einigen 100kHz praktisch nur aus Phasenrauschen und das AM-Rauschen ist vernachlässigbar klein. Obwohl Sender und Empfänger das gleiche rauscharme Oszillatorsignal verwenden, produzieren manche Sender trotzdem ein relativ großes SBN (meist AM-Rauschen), welches den Empfang anderer Stationen in den Nachbarkanälen im gleichen Band negativ beeinflussen kann.

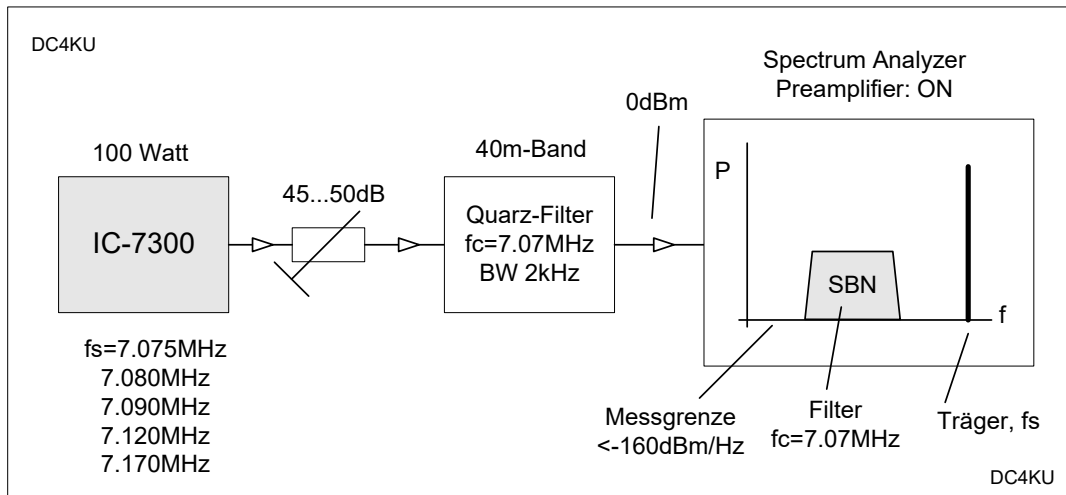


**Bild 1:** Phasen- und Amplitudenrauschen eines Oszillators im a) Frequenzbereich und b) Zeitbereich

### TX-SBN

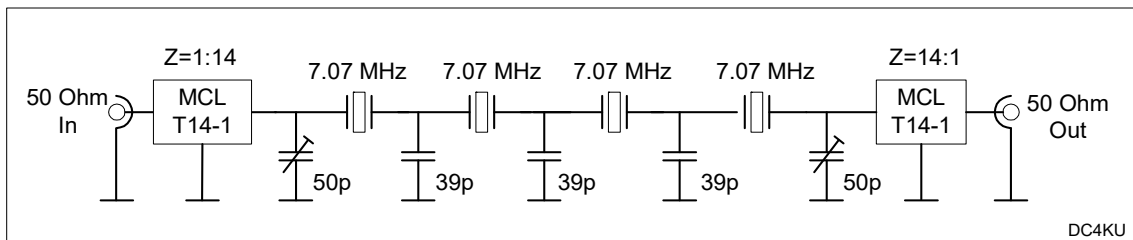
Die Messung des Sender-Seitenbandrauschen erfolgt im Prinzip genauso, wie die Messung an einem Oszillator (**1, 2**). Den Aufbau zeigt **Bild 2**. Zunächst wird das HF-Sendesignal (CW, 100W) über ein Dämpfungsglied auf 0dBm (1mW) verkleinert. Ein nachfolgendes, schmales 7.07 MHz +/-1kHz Quarzfilter reduziert das Sendesignal im Sperrbereich nochmals um >80dB (**Bild 5**). Anschließend kann der angeschlossene Spektrum Analysator auf seine höchste Empfindlichkeit von -160dBm/Hz eingestellt werden, indem seine Attenuation auf 0dB eingestellt wird und zusätzlich sein +20dB HF-Vorverstärker eingeschaltet wird. Die daraus resultierende Empfindlichkeit von -160dBm/Hz reicht für SBN-Messungen an Sendern völlig aus.

Der Spektrumanalysator wird auf die die Mittenfrequenz des Filters abgeglichen (7.07MHz) und der Sender auf einen definiertem Abstand dazu eingestellt, auf  $f_s = +5\text{kHz}$  (7.075MHz),  $+10\text{kHz}$  (7.08MHz),  $+20\text{kHz}$  (7.09MHz),  $+50\text{kHz}$  (7.12MHz) und  $+100\text{kHz}$  (7.17MHz), mit einer HF-Ausgangsleistung von 100W und 30W. Bei diesen Offsets wird das Sendesignal durch das Filter massiv unterdrückt und nur das Rauschband bei 7.07 MHz  $\pm 1\text{kHz}$  frei durchgelassen (**Bild 6**).

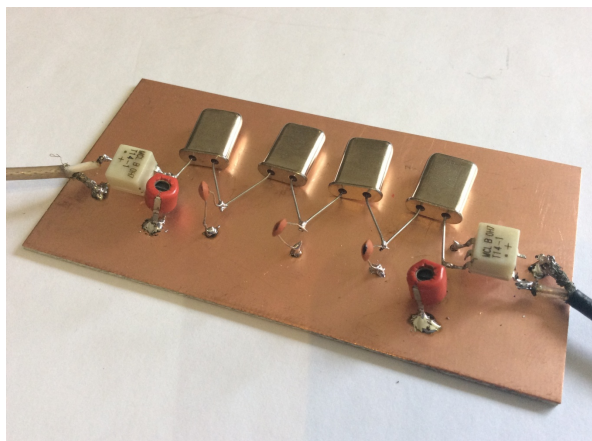


**Bild 2: Messaufbau für Sender SBN-Messung mit Quarzfilter und Spektrum Analysator**

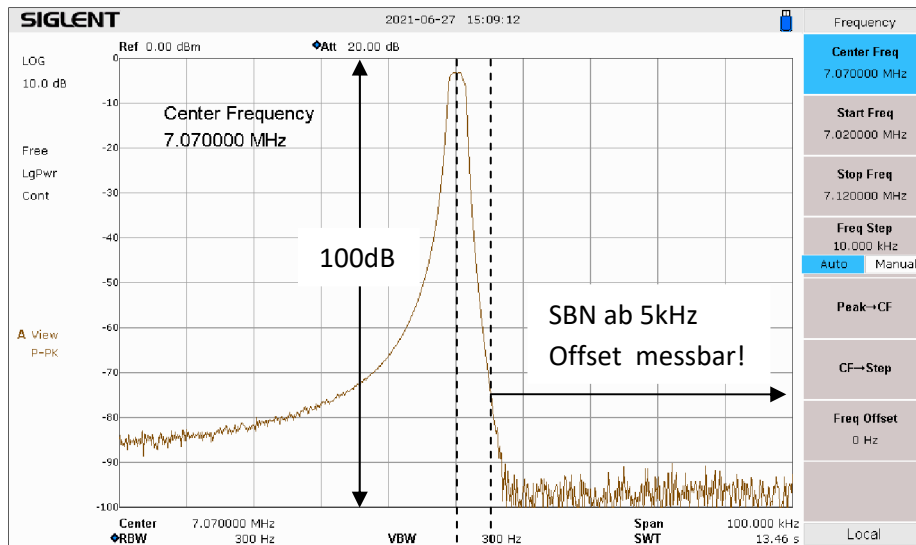
Da Quarzfilter in den Frequenzbereichen von Amateurfunkbändern nur schwer erhältlich sind, habe ich mir ein Quarzfilter für das 40m-Band selbst gebaut (**Bild 3 und 4**). Es besteht lediglich aus vier 7.07 MHz Quarzen, einigen Kondensatoren und zwei  $Z=14:1$  Übertrager und schafft eine Dämpfung oberhalb seines Durchlassbereichs ( $-3\text{dB}$ ) von über 80dB (**Bild 5**).



**Bild 3: 7.07MHz Quarzfilter für SBN-Messungen im 40m-Band, Bandbreite  $\pm 1\text{kHz}$**

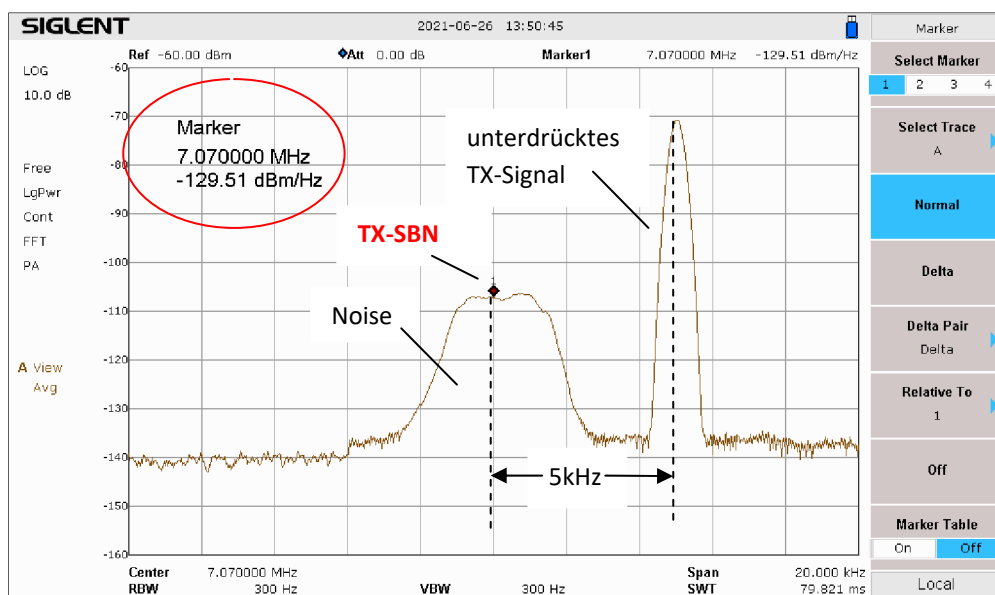


**Bild 4: Einfacher Aufbau des 7.07 MHz Quarz-Filters**



**Bild 5: Filterformkurve,  $f_c=7.07\text{MHz}$ , Dämpfung im Sperrbereich  $>90\text{dB}$**

Als Beispiel zeigt **Bild 6** die SBN-Messung des **IC-7300** im Abstand von +5 kHz zum Träger, bei einer HF-Ausgangsleistung von 100 Watt (CW-Signal).



**Bild 6: SBN-Messung in 5 kHz Offset zum Träger bei  $P_a=100\text{ Watt}$ ,  $SBN = -129.51\text{dBm/Hz}$**

Das resultierende Seitenbandrauschen des Senders, in Abständen von 5 bis 100 KHz zum Träger, mit Ausgangsleistungen von 100 und 30 Watt, zeigen nachfolgende Tabellen:

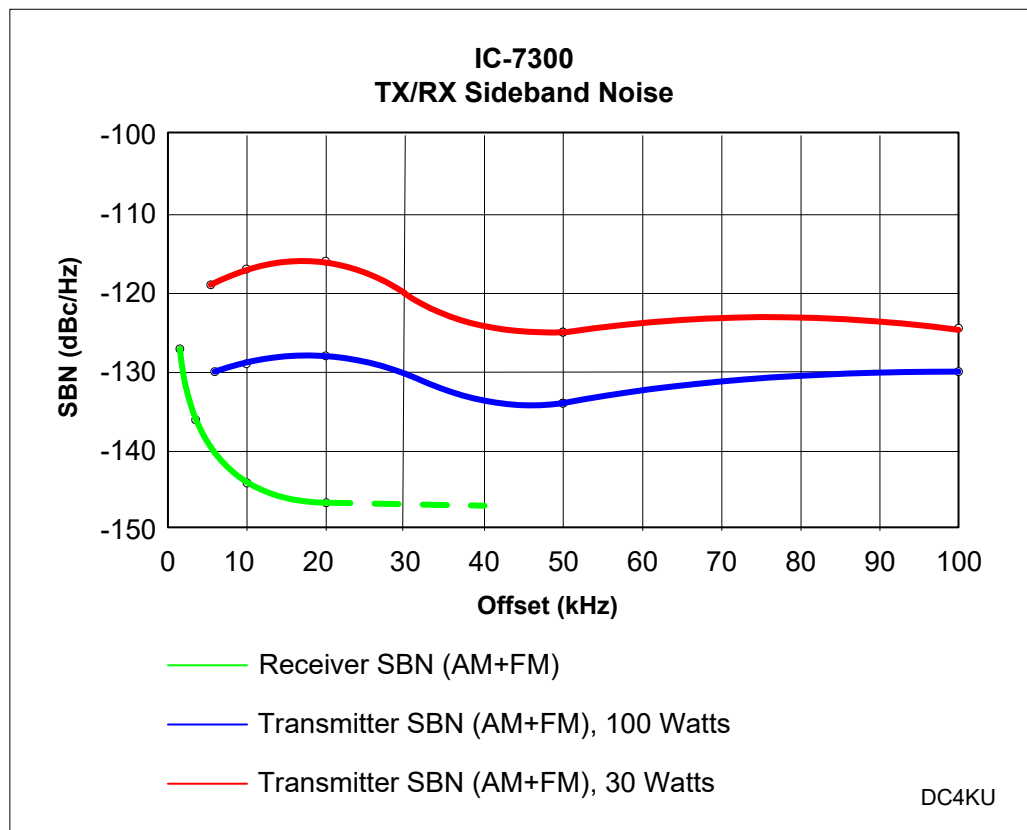
**Transmit Composite Noise, 100 Watt**

Offset (kHz)	5	10	20	50	100
SBN (dBc/Hz)	-130	-129	-127	-133	-130

**Transmit Composite Noise, 30 Watt**

Offset (kHz)	5	10	20	50	100
SBN (dBc/Hz)	-118	-116	-115	-123	-125

Hinweis: SBN wird in dBc/Hz angegeben. Da ich am Analysator mit einem Referenzpegel von 0dBm arbeite, gilt dBc/Hz = dBm/Hz. Die gemessenen Pegel sind also keine relativen Pegel, sondern absolute Pegel, bezogen auf eine Bandbreite von 1Hz.



**Bild 7: SBN-Verlauf des Empfängers (grün) und des Senders (blau und rot)**

Die ermittelten SBN-Kurvenverläufe zeigt **Bild 7**. Zum besseren Vergleich, habe ich den SBN-Verlauf des Empfängers (grün) mit eingezeichnet. Erst jetzt wird deutlich erkennbar, wie relativ stark das SBN des Senders ist. Dieser Effekt tritt jedoch nicht nur beim IC-7300 auf, sondern bei anderen Transceivern auch.

Ein Spektrum Analysator zeigt immer das kumulative Rauschspektrum (Composite Noise) an, bestehend aus **Phasenrauschen (FM)** und **Amplitudenrauschen (AM)**. Ein professioneller Phase-Noise-Analyser kann hingegen das FM- und AM-Noise getrennt darstellen. Hierbei würde man deutlich sehen, dass das Phasenrauschen des Sendesignals noch relativ gering ist, das AM-Rauschen dafür aber ziemlich hoch. Interessant ist in diesem Zusammenhang ist auch, dass das SBN bei 100 Watt Leistung geringer ausfällt, als bei 30 Watt.

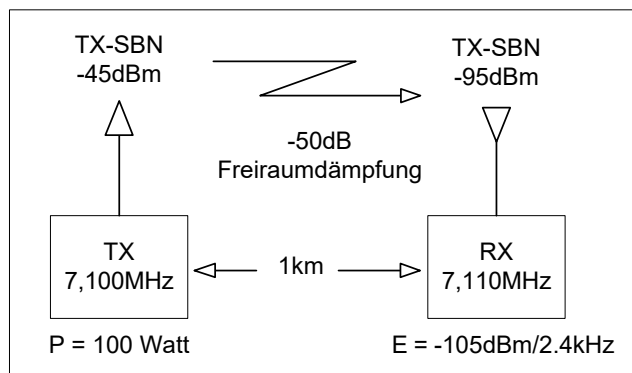
### Was bewirkt das TX-SBN?

Ein Sender produziert z.B. im 40m-Band bei 100 Watt Ausgangsleistung in 10kHz Abstand zum Träger ein TX-SBN von -129dBm/Hz. Bezogen auf B=2.4kHz (SSB) ergibt sich damit eine Rauschleistung von  $P_{\text{Noise}} = -129\text{dBm/Hz} + 10\log 2400\text{Hz} + 50\text{dB} = -45\text{dBm}$ , die zusammen mit dem Nutzsignal von der Antenne abgestrahlt wird.

Befindet sich in 1km Entfernung ein SSB-Empfänger, der im Abstand von 10kHz zu dieser Frequenz abgestimmt ist, empfängt er das TX-SBN mit einem Pegel von

$$P_N = -45\text{dBm}/2.4\text{kHz} - \text{Freiraumdämpfung } (1/r^2) = -45\text{dBm}/2.4\text{kHz} - 50\text{dB} = -95\text{dBm}/2.4\text{kHz}.$$

Hierbei sei angenommen, dass beide Antennen einen Gewinn von 0dB haben. Beträgt die Empfindlichkeit des Empfängers mit angeschlossener Antennen S 5 (-105dBm@2,4kHz), wird er durch das empfangenen TX-SBN um  $-95\text{dBm} - (-105\text{dBm}) = 10\text{dB}$  desensibilisiert und der Empfang kleiner Signal dadurch eventuell verhindert. Dies hat nichts mit Blocking zu tun!

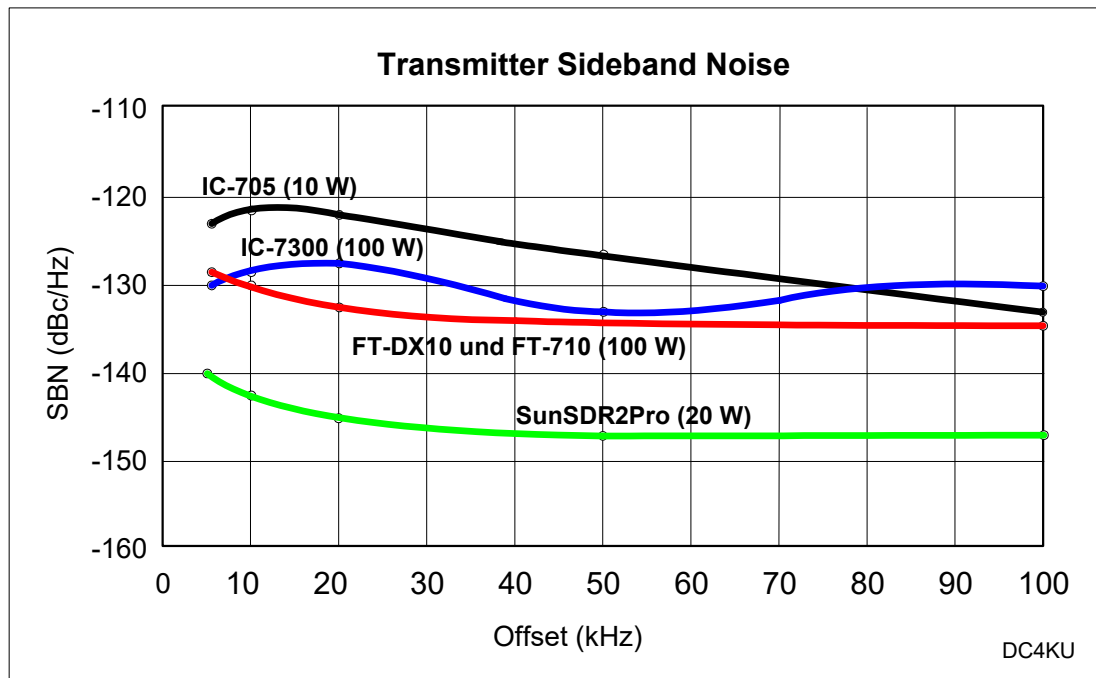


**Bild 8: Beeinflussung eines Empfängers durch TX-SBN**

Im Abstand von 10km beträgt die Streckendämpfung schon 70dB sodass keine Beeinflussung mehr auftreten kann.

### Zusammenfassung

Das ermittelte TX-SBN (Composite Noise) der Transceiver IC-705, IC-7300, FT-DX10, FT-710 und SunSDR2Pro zeigt **Bild 9**.



**Bild 9: Sender-Seitenbandrauschen verschiedener Transceiver im 40m-Band**

**(1) Messung von Oszillator-Phasenrauschen bis -170dBc/Hz**

<http://www.dc4ku.darc.de/Messung-Phasenrauschen.pdf>

**(2) Messung des Seitenbandrauschens von Empfängern und Oszillatoren**

<http://www.dc4ku.darc.de/Messung-Seitenbandrauschen.pdf>

**(3) Leistung-Umrechnung, Freiraumdämpfung**

<http://df1iar.darc.de/formel.html>

**(4) Clean up our Transmitters, Rob Sherwood, NC0B**

QST November 2019