

Antennenrauschen im Kurzwellenbereich

Unter Funkamateuren wird häufig und auch kontrovers über das Thema "Rauschen von Antennen" diskutiert. Dabei lautet die Frage im Vordergrund meist: "Wie groß darf das Rauschen meiner Antenne in den einzelnen Bändern eigentlich sein?" Nachfolgend sollen die technischen Zusammenhänge des "Antennenrauschens" etwas näher beleuchtet und Lösungsansätze aufgezeigt werden.

Externrauschen

Das Rauschen (Rauschflur, Störnebel) ist frequenzabhängig und wird als Rauschmaß (F_{Ext}) über der Frequenz ausgedrückt. Ein Blick auf Bild 1 macht deutlich, dass das Spektrum bis ca. 50MHz durch externes Rauschen verschiedener Herkunft erheblich belastet wird, wobei der Rauschpegel in Richtung abnehmender Frequenz deutlich zunimmt.

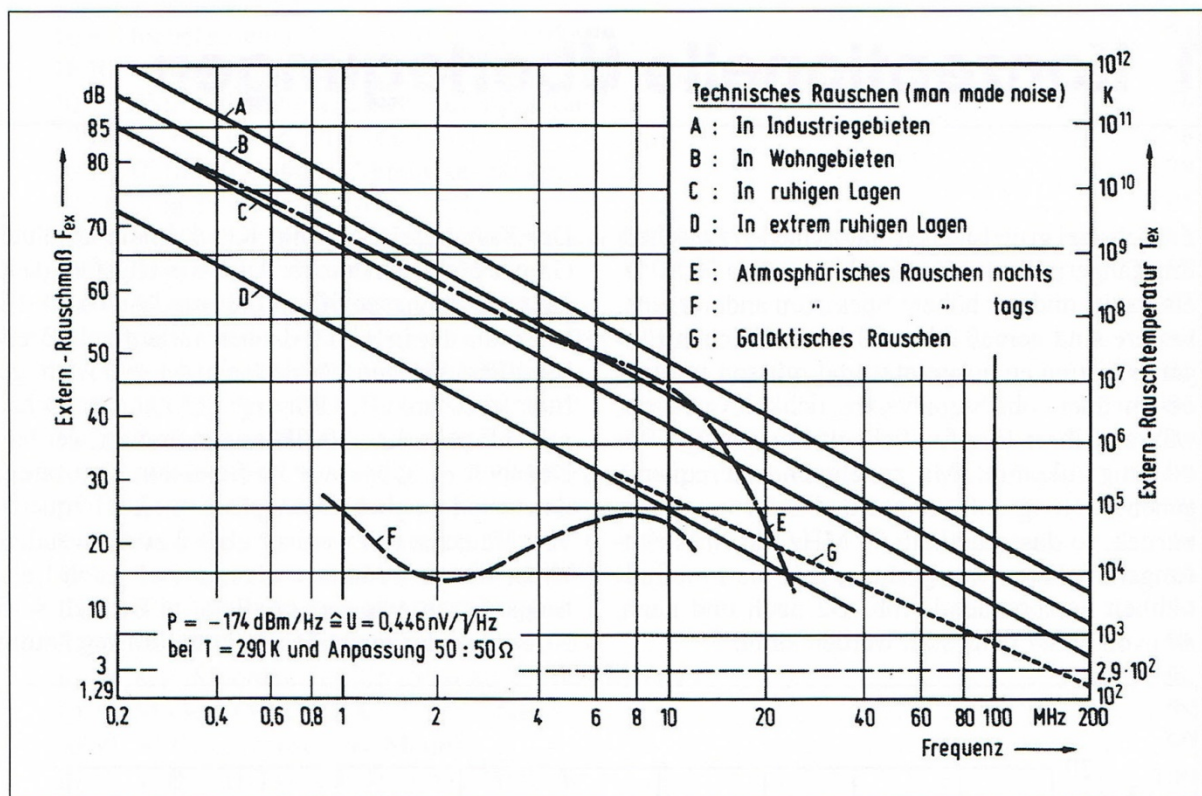


Bild 1: Statistische Verteilung des Externrauschens über der Frequenz (Eric T. Red)

Kurve A zeigt das auftretende Rauschspektrum von 0,01 bis 300MHz im städtischen Bereich (maximal) und Kurve B in Wohngebieten.

Der Verlauf von Kurve B entspricht angenähert folgender Gleichung

$$(1) \quad F_{\text{Ext}} = 70,2 - 27,2 \lg f \quad (\text{mit Rauschmaß } F_{\text{Ext}} \text{ in dB und Frequenz in MHz})$$

Gemäß einer Berechnung nach (1) oder Entnahme der Werte aus der Kurve B in Bild 1 ergeben sich abhängig von der Frequenz folgende Rauschmaße mit einer Streubreite von etwa 6dB:

$$F_{\text{Ext}} = 65\text{dB bei } 1,5\text{MHz}, F_{\text{Ext}} = 43 \text{ dB bei } 10\text{MHz} \text{ und } F_{\text{Ext}} = 30\text{dB bei } 30\text{MHz}$$

Dieses Rauschmaß addiert sich auf das Grundrauschen des Empfängers und limitiert seine Empfindlichkeit, besonders in Richtung niedriger Frequenzen. Aus dem Rauschmaß (in dB) lässt sich der mittlere Rauschpegel (Rauschleistung in dBm) bei definierten Frequenzen berechnen

(2) $F_{RX} = \text{Rauschgrenzwert} + 10 \lg B + F_{Ext}$ (mit B=Kanalbandbreite in Hz)

Bei einem Empfänger mit einer Kanalbandbreite von 2,4kHz (SSB) rauscht der Kanal mit etwa bei

1,5MHz: $F_{RX} = -174\text{dBm} + 34\text{dB} + 65\text{dB} = -75\text{dBm}$ (40µV an 50 Ohm)

10MHz: $F_{RX} = -174\text{dBm} + 34\text{dB} + 43\text{dB} = -97\text{dBm}$ (3,2µV an 50 Ohm)

30MHz: $F_{RX} = -174\text{dBm} + 34\text{dB} + 30\text{dB} = -110\text{dBm}$ (0,7µV an 50 Ohm)

Theorie und Praxis

Nachdem wir das entstehende Rauschen an einer Antenne theoretisch bestimmt haben, stellt sich die Frage: "Stimmen diese Angaben überhaupt und wie verhält sich meine Antenne tatsächlich?" Zur Beantwortung dieser Frage, habe ich das Externrauschen meiner endgespeisten KW-Multiband-Drahtantenne (HyEndFed-Antenna aus Holland) in den einzelnen Bändern gemessen und bin zu folgendem Ergebnis gekommen:

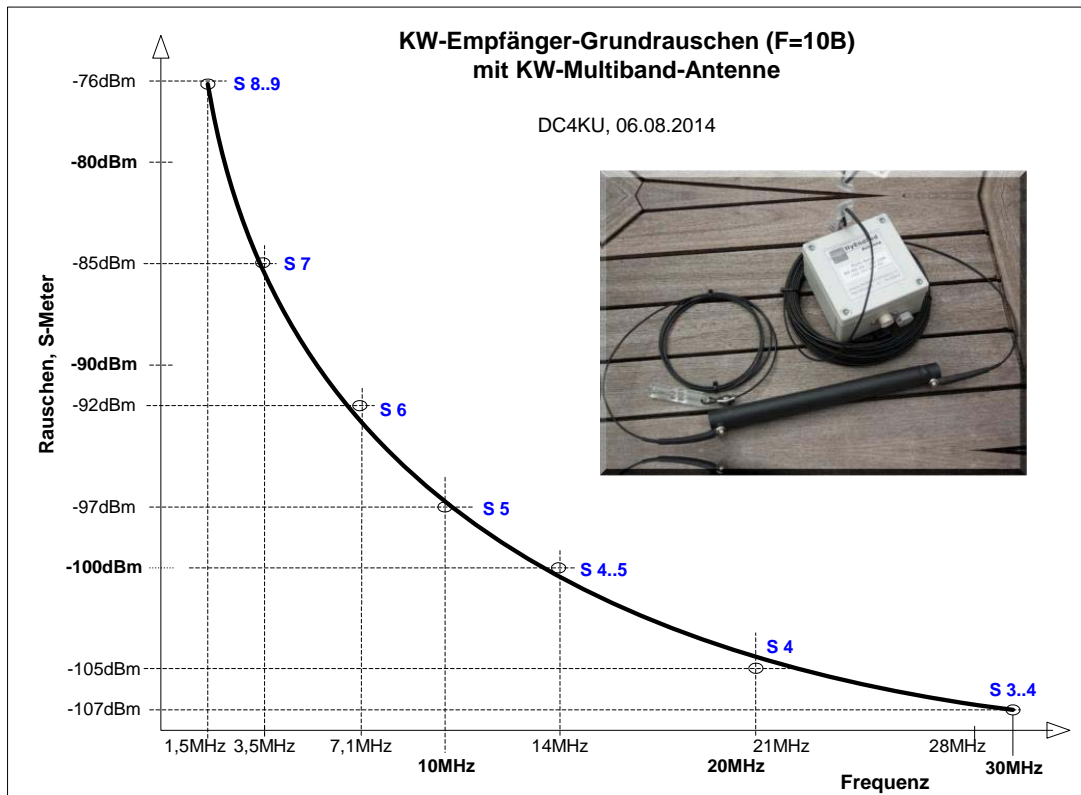


Bild 2: Rauschmesskurve meiner HyEndFed-Antenne für 80, 40, 20, 15 und 10m in dBm und die äquivalenten S-Meter Werte (blau)

S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
-121dBm	-115dBm	-109dBm	-103dBm	-97dBm	-91dBm	-85dBm	-79dBm	-73dBm

Gemessenes Externrauschen an der "HyEndFed-Antenne" aus Bild 2:

- 1,5MHz	-76dBm	->	zuvor berechneter Wert: -75dBm
- 3,5MHz	-85dBm		
- 7,1MHz	-92dBm		
- 10MHz	-97dBm	->	zuvor berechneter Wert: -97dBm
- 14MHz	-100dBm		
- 21MHz	-105dBm		
- 30MHz	-108dBm	->	zuvor berechneter Wert: -110dBm

Demnach stimmen meine Messwerte mit den Daten aus Bild 1 (Kurve B), als auch mit den berechneten Werten, ziemlich genau überein. Theorie und Praxis stimmt also überein.

Empfindlichkeit und Dynamik des Empfängers

Auf den ersten Blick erscheint ein Rauschpegel von -76dBm (50 μ V) im 160m-Band, entsprechend S8, ziemlich hoch und stimmt nachdenklich. Der gemessene Rauschpegel ist jedoch physikalisch erklärbar und völlig korrekt. Der Grund für den hohen RX-Rauschpegel liegt an der "Überempfindlichkeit" des verwendeten Empfängers, mit einer SSB-Empfindlichkeit von -130dBm (F=10dB). Das Problem steckt in der enormen Dynamik moderner KW-Empfänger.

Problemlösung

Zur Abhilfe muss man in den Bändern 160m, 80m, 40m, 20m und 15m zumindest ein 20dB-Dämpfungsglied zwischen Antenne und Empfängereingang schalten (falls der Empfänger das nicht schon automatisch macht). Bei Verwendung von 20dB-Dämpfung sinkt sowohl der Signalpegel als auch der von der Antenne kommende Externrauschpegel um 20dB ab. Der Signal-/Rauschabstand bleibt trotz der Dämpfung erhalten, da der Pegel des Externrauschens immer noch deutlich über dem des Empfängerrauschens liegt.

Der S-Meter Ausschlag geht wieder auf einen moderaten Anzeigewert zurück, die Regelung spielt nicht mehr verrückt und der Empfänger bekommt zusätzlich noch 20dB Dynamik geschenkt.

Im Idealfall sollte das Eigenrauschen des Empfängers ca. 15dB unterhalb dem des Externrauschens liegen

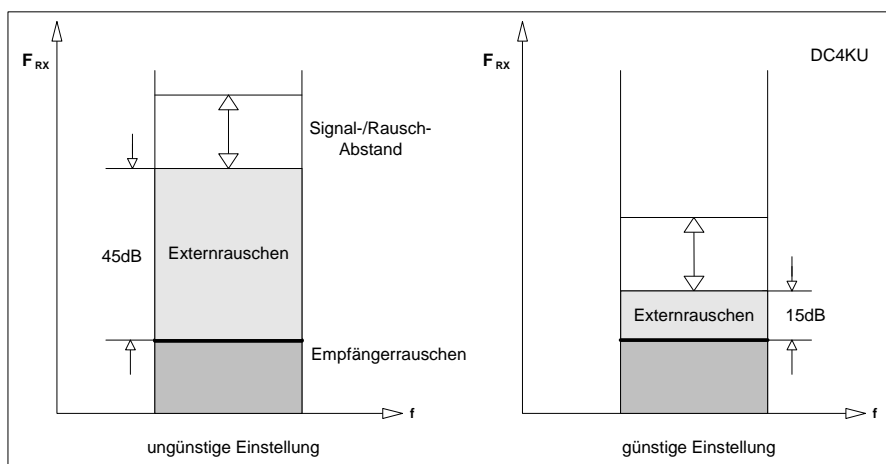


Bild 3: Signalpegel am Empfängereingang ohne Dämpfung (links) und mit Dämpfung (rechts). Die Dynamik erhöht sich um das Maß der eingefügten Dämpfung. Solange das Empfänger Grundrauschen um ca. 15dB kleiner als das externe Rauschen ist, bleibt der Signal-/Rauschabstand unverändert.

Das optimale Systemrauschmaß (F) ergibt sich zu

$$(3) \quad F = F_{\text{Ext}} - 15\text{dB}$$

Daraus resultiert ein physikalisch sinnvolles Empfängerrauschmaß von ca. $F=50\text{dB}$ bei $1,5\text{MHz}$, $F=28\text{dB}$ bei 10MHz und $F=15\text{dB}$ bei 30MHz . Höhere Empfindlichkeiten haben für den praktischen Betrieb keinen Sinn, vorausgesetzt Antenne, Kabel und DX sind fehlerfrei aufeinander abgestimmt und arbeiten einwandfrei.

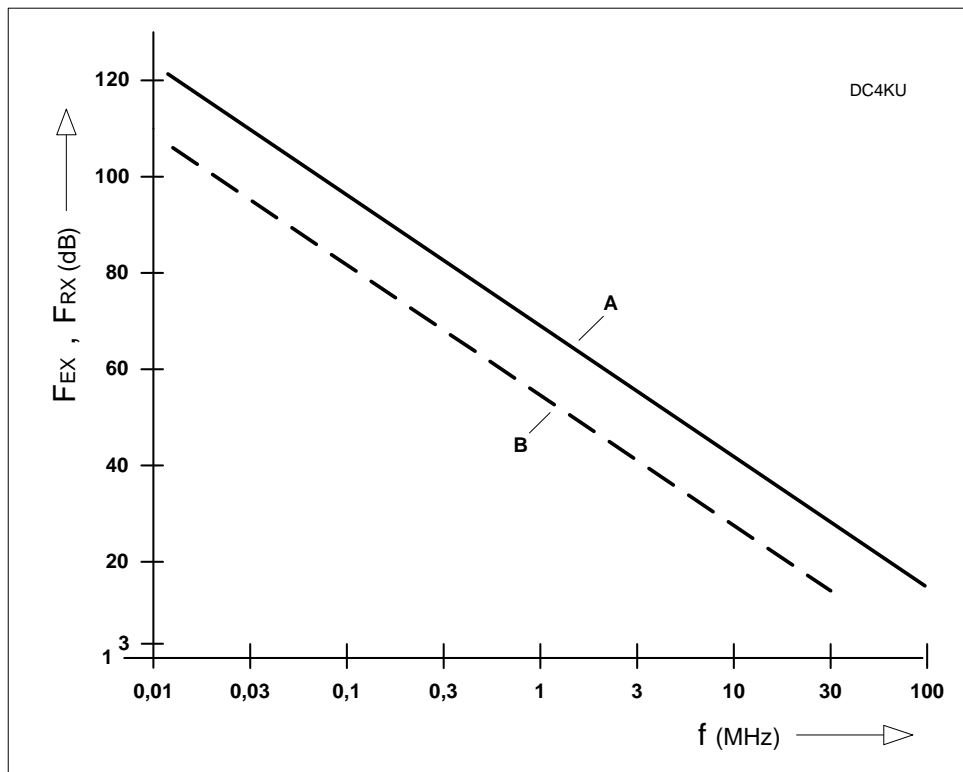


Bild 4: Durchschnittliches Externrauschen (man made noise) F_{EX} (A) eines Halbwellendipols und das empfohlene Empfängerrauschmaß F_{RF} (B) in Abhängigkeit der Frequenz

Literatur:

- (1) Radio Noise, https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.372-8-200304-S!!PDF-E.pdf
- (2) Radio Noise, https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.372-11-201309-I!!PDF-E.pdf
- (3) Man-made noise, http://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-SM.2155-2009-PDF-E.pdf
- (4) HF Radio, <http://ftp.rta.nato.int/public//PubFullText/RTO/TR/RTO-TR-IST-050//TR-IST-050-02.pdf>
- (5) Aktive Antennen, Eric T. Red, beam-Verlag
- (6) Funkempfänger-Schaltungsorientiert, Eric T. Red, beam Verlag

Revision: 31.12.2014

Werner Schnorrenberg
DC4KU, dc4ku@darc.de
Dez. 2014

