

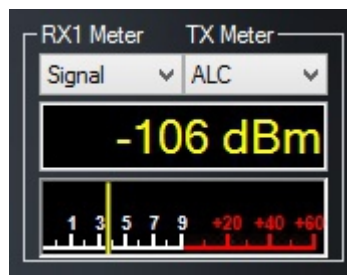
Signalpegel und S-Meter

Jeder lizenzierte Funker kennt sie, die Maßeinheiten "dB" oder "dBm", ansonsten hätte er den technischen Teil der Amateurfunkprüfung nur mit viel Glück überstanden.

Das vorliegende Programmchen stellt den Zusammenhang zur S-Meter-Anzeige und zu den Spannungspegeln am Empfängereingang her und erspart somit umständliche Rechnereien.

Beispiel 1:

Die S-Meter-Anzeige meines SDR-Transceivers Flex-1500 zeigt mir gerade Folgendes an:



Wie groß ist die Spannung am Empfängereingang?

Das Programmchen gibt die Antwort: 1,12 μ V

Egal ob Sie den dBm-Wert oder den Wert des S-Meters eingeben, die Spannung wird sofort aktualisiert:

The image shows a window titled 'Signalpegel'. It contains four input fields with corresponding labels: 'Spannung an 500hm(μ V)' with the value 1,121; 'dBm' with the value -106; 'S-Stufe' with the value 3,52; and '+dB' with the value 0.

Beispiel 2:

Ein S-Meter weist die Änderung der Signalstärke in 6dBm Schritten aus. Diese 6dBm sind genau eine S-Stufe. 0dBm steht für 1mW, das sind 223,6mV bezogen auf 50 Ω .

Welchen Anzeigebereich bietet mir mein S-Meter für die Eingangsspannung des Empfängers?

The image shows two side-by-side screenshots of the 'Signalpegel' dialog box. The left screenshot shows the following values: 'Spannung an 500hm(μ V)' is 0,098; 'dBm' is -127,196; 'S-Stufe' is 0; and '+dB' is 0. The right screenshot shows the following values: 'Spannung an 500hm(μ V)' is 50059,326; 'dBm' is -13,0; 'S-Stufe' is 9; and '+dB' is 60.

Ein S-Wert von 0 entspricht einem mickrigen Signal von ca. $0,1\mu\text{V}$ (-127dBm).

Mit meinem S-Meter kann ich deshalb auf einen Blick den gewaltigen Bereich von $0,1\mu\text{V}$ (S=0) bis 50mV (S = 9+60dB) erfassen.

Würde man das S-Meter durch einen normalen Spannungsmesser ersetzen, wäre das nicht möglich.

Der gesamte Dynamikbereich der Anzeige umfasst also 114dB, auf diesen Wert kommt man nach etwas Nachdenken auch, wenn man $6 \cdot 9 + 60$ rechnet.

Beispiel 3:

Die Abbildung zeigt einen Ausschnitt der Panorama-Anzeige meines Flex-1500 (80m-Band, CW):



Wie groß ist das SNR (signal noise relationship) des markierten Signals?

Ich lese ab: der Rausch- bzw. Störteppich liegt bei ca. -110dBm, das Nutzsignal bei ca. -85dBm. Der Störabstand (SNR) ergibt sich aus der Differenz und beträgt folglich

$$\text{SNR} = -85 - (-110) = 25\text{dB},$$
$$\text{bzw. } 25 / 6 = \text{ca. } 4 \text{ S-Stufen.}$$

Der Rapport "du kommst hier mit S4 über dem Rauschen rein" ist somit das Ergebnis einfacher Kopfrechnerei (Division durch 6).

Leider geben viele OMs einen Rapport, der sich lediglich auf die S-Meter-Anzeige für das Nutzsignal bezieht, das wäre in unserem Beispiel für -85dBm der Wert S = 7, was schlichtweg falsch ist und immer falscher wird, wenn sich der Störpegel der Größenordnung des Nutzsignals nähert.

Das Progrämmchen berechnet uns die entsprechenden Effektivwerte für Nutz- und Störspannung (bezogen auf 50Ohm):

$$U_{\text{stör}} = 0,71\mu\text{V} \text{ und } U_{\text{nutz}} = 12,51\mu\text{V}$$

Theorie

Was genau versteht man unter dB?

Es handelt sich um den dekadischen Logarithmus des Verhältnisses zweier physikalischer Größen multipliziert mit dem Faktor 10.

In der Nachrichtentechnik versteht man darunter das Verhältnis einer Leistung P zu einer Bezugsleistung P_o :

$$a[dB] = 10 \lg\left(\frac{P}{P_o}\right)$$

Als sog. Störabstand kann man das Verhältnis einer Nutz- zu einer Stör- bzw. Rauschleistung definieren:

$$dst[dB] = 10 \lg\left(\frac{P_{nutz}}{P_{stör}}\right)$$

Warum logarithmiert man das Verhältnis $P_{nutz}/P_{stör}$?

Bei vielen anderen physikalischen Größen, wie auch bei den Leistungspegeln am Empfänger-eingang, erstrecken sich die Wertebereiche über etliche Zehnerpotenzen.

Die Angabe als logarithmische Verhältnisgröße erlaubt einen anschaulichen Vergleich sehr kleiner mit sehr großen Werten.

Anstatt z.B. zu sagen "die Nutzleistung ist 1000mal größer als die Störleistung" sagt man besser "der Störabstand beträgt 30dB".

Was bedeutet dBm?

Setzt man für die Bezugsleistung P_o einen festen Wert von **1mW** an, so lautet die Maßeinheit **dBm**. Eine Signalleistung von 1mW an einem 50Ohm-Empfängereingang entspricht dann einer Spannung von

$$U = \sqrt{P_o * 50} = 0,2236 V = 223,6 mV$$

Es dürfte klar sein, dass solch eine hohe Eingangsspannung in der Empfängerpraxis kaum auftritt, die Funkamateure haben deshalb für die Signalstärke das S-System eingeführt.

Auf Kurzwelle wird **S9** definiert als die Eingangsspannung **50µV** an 50Ohm, was bezogen auf 1mW dem Pegel **-73dBm** entspricht:

$$a[dBm] = 10 \lg\left(\frac{50 \mu V^2 / 50 \text{ Ohm}}{1 \text{ mW}}\right) = -73 \text{ dBm}$$

Für UKW bezieht man sich auf -93 dBm bzw. 5 Mikrovolt.

Wie ist der Zusammenhang der Eingangsspannung zur S-Meter-Anzeige?

Eine Stufe auf dem S-Meter entspricht einem Pegel-Unterschied von **6dB**, was einer Halbierung bzw. Verdoppelung der Eingangsspannung (oder Viertelung bzw. Vervierfachung der Eingangsleistung) entspricht:

$$U_s[\mu V] = \frac{50}{2^{9-S}}$$

Durch Umstellung obiger Gleichung erhält man den Signalrapport S als Funktion der Eingangsspannung:

$$S = 9 - \frac{\lg\left(\frac{50}{U_s[\mu V]}\right)}{\lg 2} = 9 - 3,32 * \lg\left(\frac{50}{U_s[\mu V]}\right)$$

Werte über S9 werden additiv angegeben. Zum Beispiel entspricht S4 auf Kurzwelle –103 dBm, –53 dBm werden als S9 + 20 dB wiedergegeben.

Wie ermittelt man das SNR?

Entscheidend für die Lesbarkeit eines Signals ist nicht dessen absoluter Pegel, sondern das Verhältnis zum Störpegel.

Vereinfacht (entsprechende Schmalbandigkeit vorausgesetzt) ergibt sich der Signal-Rauschabstand (signal-noise-relationship) eines Nutz- zu einem Störsignal aus der Differenz der entsprechenden dBm-Werte:

$$SNR[dB] = dBm_{U_{nutz}} - dBm_{U_{stör}}$$

Da ein Pegelunterschied von 6dB einer S-Stufe entspricht, lässt sich das SNR auch als "S-Wert über dem Rauschen" ausdrücken:

$$SNR[S] = \frac{dBm_{U_{nutz}} - dBm_{U_{stör}}}{6}$$