

## Negatives SNR – wie ist das zu verstehen? Eine Einführung:

(DL6OAA)

Bei digitalen Betriebsarten (FT8-, JT65- oder JT9) erhält man möglicherweise einen negativen Signal-Rapport (Signal-Rausch-Verhältnis SNR) im Bereich von -27 dB bis -1 dB

Ein negatives SNR bedeutet, dass das Signal unter dem Grundrauschen liegt. Ein Signal unter dem Grundrauschen ist nicht dekodierbar.

Das ist in Wirklichkeit bei den digitalen Betriebsarten auch nicht der Fall, die FSK-Töne liegen weit über dem Grundrauschen. Wieso werden dann negative SNR-Werte ausgewiesen?

Empfangene FT8-, JT65- und JT9-Signalberichte beziehen sich tatsächlich auf eine viel **größere Rauschbandbreite** (2500 Hz) als die tatsächliche Erkennungsbandbreite (Detection Bandwidth), die erforderlich ist, um die digitalen Daten erfolgreich zu decodieren.

Die **kleinere Erkennungsbandbreite** bestimmt das **tatsächliche SNR**, das zusammen mit der Forward-Error-Correction eine fehlerfreie Nachrichtendecodierung ermöglicht.

### Was ist das Signal-Rausch-Verhältnis (S/N)?

Das SNR wird normalerweise in Dezibel (dB) gemessen und angegeben.

**S = empfangene Signalleistung**, wie sie von der Gegenstelle empfangen wird

Es ist die einzige Variable in dieser SNR-Gleichung, die man tatsächlich kontrollieren kann: Wie kann man die empfangene Signalleistung auf der der Gegenseite beeinflussen?

- Durch Erhöhen/Verringern der eigenen Sendeleistung
- Durch Verwendung einer Antenne mit höherem Gewinn usw.
- Senderseitig hat man die Kontrolle über die effektive Strahlungsleistung (ERP)

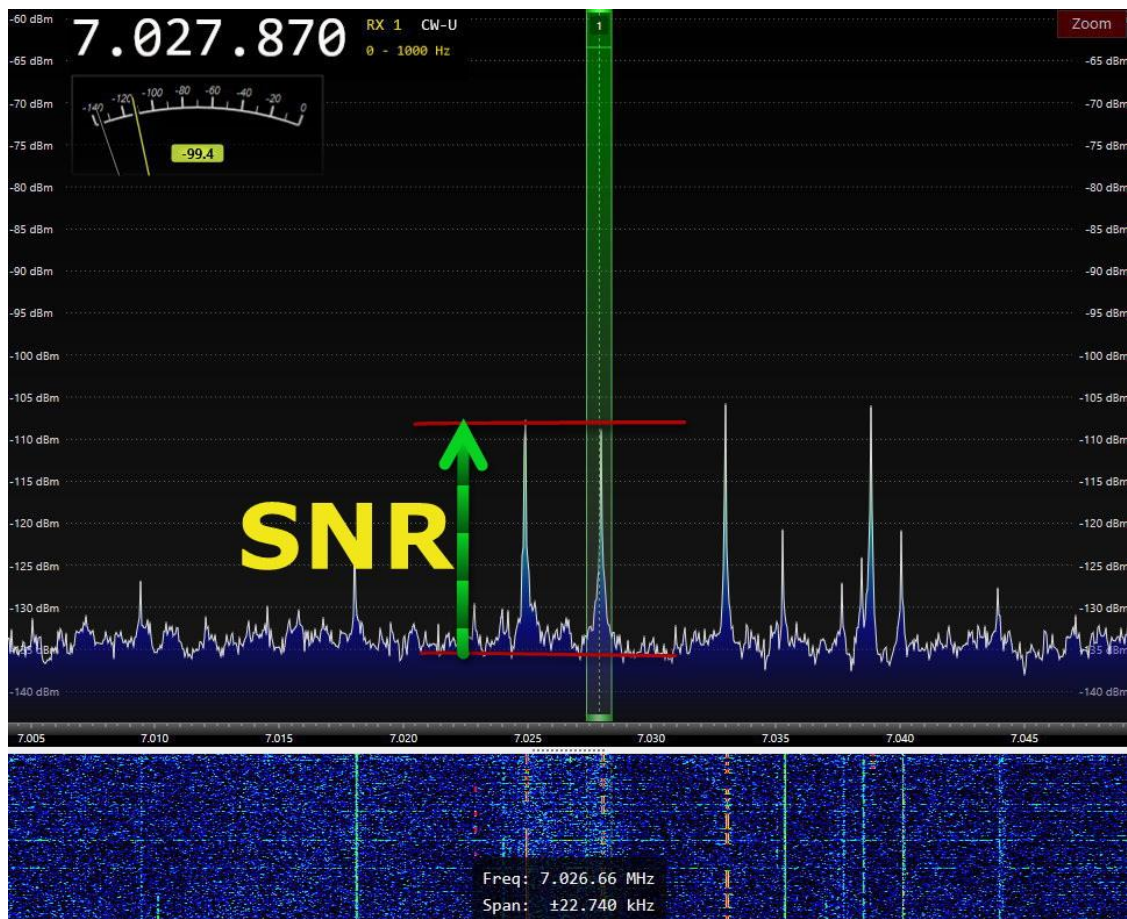
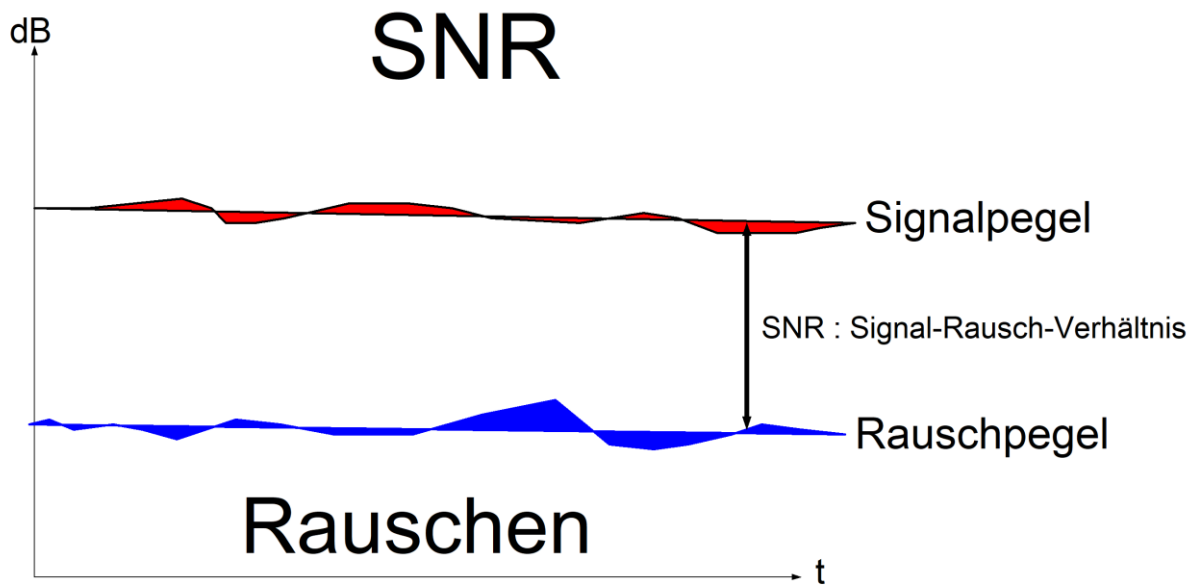
**N = Rauschleistung**, wie sie von der Gegenseite empfangen wird

Die sendende Station hat keinerlei Einfluss auf die empfangene Rauschleistung bei der fernen Gegenstation.

Das Rauschen kommt aus verschiedenen Quellen:

- Atmosphärisches Rauschen (Kulmination von künstlichem Rauschen und erzeugtem Rauschen z.B. durch Blitze auf der ganzen Welt)

- Kosmisches Rauschen (Rauschen, das außerhalb der Erdatmosphäre erzeugt wird)
- Eigenerzeugtes Empfängerrauschen; Störaussendungen technischer Anlagen (man made noise)



Berechnen des SNR:

Es wird in Dezibel [dB] angegeben und **berechnet** sich auf der Grundlage von Spannungswerten bzw. von Leistungswerten wie folgt:

$\text{SNR/dB} = 20 \log [\text{Nutzsignalspannung} / \text{Rauschsignalspannung}]$ ,

$\text{SNR/dB} = 10 \log [\text{Leistung Nutzsignal} / \text{Leistung Rauschsignal}]$ .

Wird die Bandbreite vermindert so ergibt sich eine geringere Rauschleistung. Eine Angabe des Rauschabstandes ohne klare Definition der Frequenzbewertung ist ohne Aussagekraft.

Die SNR-Angaben bei den digitalen Betriebsarten beziehen sich auf eine Bandbreite von 2,5kHz, um das tatsächliche SNR zu erhalten, muss das SNR normalisiert werden:

## Formel zur Umrechnung



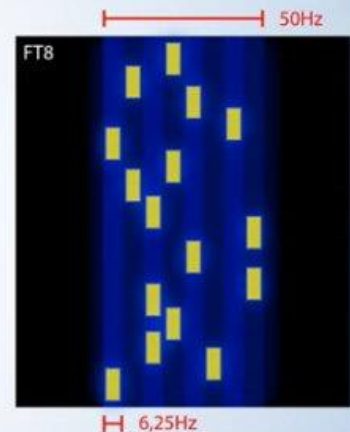
Um ein normalisiertes SNR zu erhalten, muss bei FSK Verfahren das sog. „*Energy per symbol to noise power spectral density*“ Verhältnis, kurz  $E_s/N_0$ , errechnet werden. Dies geschieht mit der Formel:

$$E_s/N_0 = (\text{SNR Rapport})_{\text{dB}} + (10 * \log(2500\text{Hz} : (\text{Detection BW})_{\text{Hz}}))_{\text{dB}}$$

Den **SNR Rapport** liefert WSJT-X. Die **FSK Symbol Detection Bandwidth** ist bekannt durch die technischen Beschreibungen der Modi (Keying Baudrate) oder sie kann meist näherungsweise errechnet werden (Bandbreite : Umtastungen).

# FSK Symbol Detection Bandwidth

- **FT8** FSK Symbol Detection Bandwidth: 6,250Hz  
50Hz, 8 Umschaltungen
- **JT65** FSK Symbol Detection Bandwidth: 2,692Hz  
177,6Hz, 65 Umtastungen, 1 Syncsignal
- **JT9** FSK Symbol Detection Bandwidth: 1,736Hz  
15,6Hz, 9 Umtastungen
- **WSPR** FSK Symbol Detection Bandwidth: 1,475Hz  
5,9Hz, 4 Umtastungen
- **FT4** FSK Symbol Detection Bandwidth: 20,000Hz  
80Hz, 4 Umtastungen



## Praxisbeispiele

### FT8 Station gibt -18dB

Daraus ergibt sich:

$$E_s/N_0 = -18\text{dB} + (10 \cdot \log(2500\text{Hz}/6,25\text{Hz}))_{\text{dB}}$$

$$E_s/N_0 = -18\text{dB} + 26,0\text{dB}$$

$$E_c/N_0 = 8\text{dB}$$

Das reale SNR liegt also bei +8dB.

### FT4 Station gibt -9dB

Daraus ergibt sich:

$$E_s/N_0 = -9\text{dB} + (10 \cdot \log(2500\text{Hz}/20\text{Hz}))_{\text{dB}}$$

$$E_s/N_0 = -9\text{dB} + 21,0\text{dB}$$

$$E_c/N_0 = 12\text{dB}$$

Das SNR liegt tatsächlich bei +12dB.

$$E_s/N_0 = (\text{SNR Rapport})_{\text{dB}} + (10 \cdot \log(2500\text{Hz} : (\text{Detection BW})_{\text{Hz}}))_{\text{dB}}$$

### Quellen:

<https://tapr.org/pdf/DCC2018-KC5RUO-TheReal-FT8-JT65-JT9=SNR.pdf>

<https://www.youtube.com/watch?v=nTfRm8hWm4M>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Signal-Rausch-Verh%C3%A4ltnis>