

# **Anlage 3 B**

**Bestimmung der NFD (Net Filter Discrimination) im festen Funkdienst**

## 1. NFD (Net Filter Discrimination) im festen Funkdienst

### Definition:

Unter NFD (Net Filter Discrimination) versteht man einen (in Dezibel ausgedrückten) Wert, der die Verringerung des Störpegels definiert, die auftritt, wenn die Sender- und Empfängerfrequenzen und/oder die Kanalbandbreite unterschiedlich sind.

$$I = I_{\text{adj}} - \text{NFD} \quad (\text{dBm}) \quad (1.1)$$

wobei:

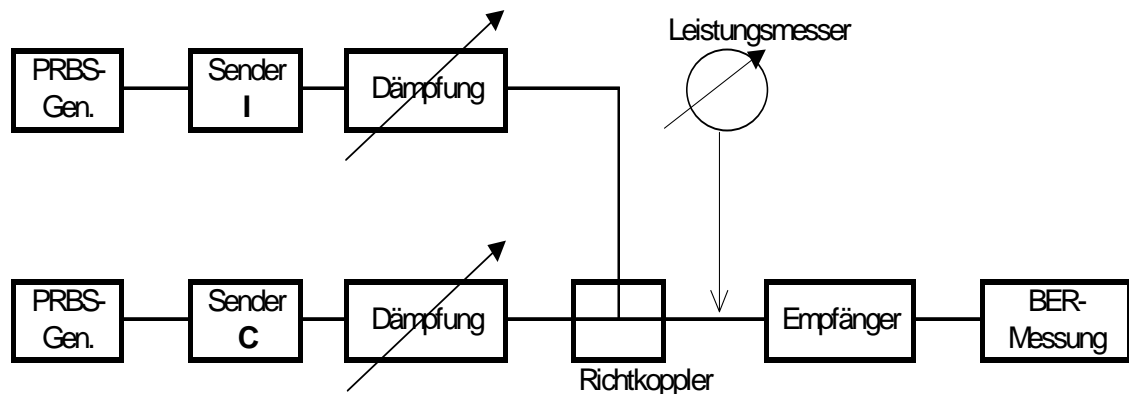
|                        |   |
|------------------------|---|
| $I$ (dBm)              | Störpegel am Eingang des gestörten Empfängers   |
| $I_{\text{adj}}$ (dBm) | Störpegel berechnet am Eingang des gestörten Empfängers ohne Einfluß von Empfängerselektivität und Sendermaske der Spektrumsdichte. |
| NFD (dB)               | Net Filter Discrimination   |

Der Wert der NFD kann durch Messung bestimmt oder errechnet werden.

### 1.1 Bestimmung durch Messung

Bei der Meßmethode wird der für eine bestimmte Bitfehlerrate (BER, z.B.  $10^{-3}$ ) erforderliche Testkanalempfängereingangspegel als Funktion des Störabstands (C/I) aufgetragen. Die Testanordnung ist in Abbildung 1 dargestellt.

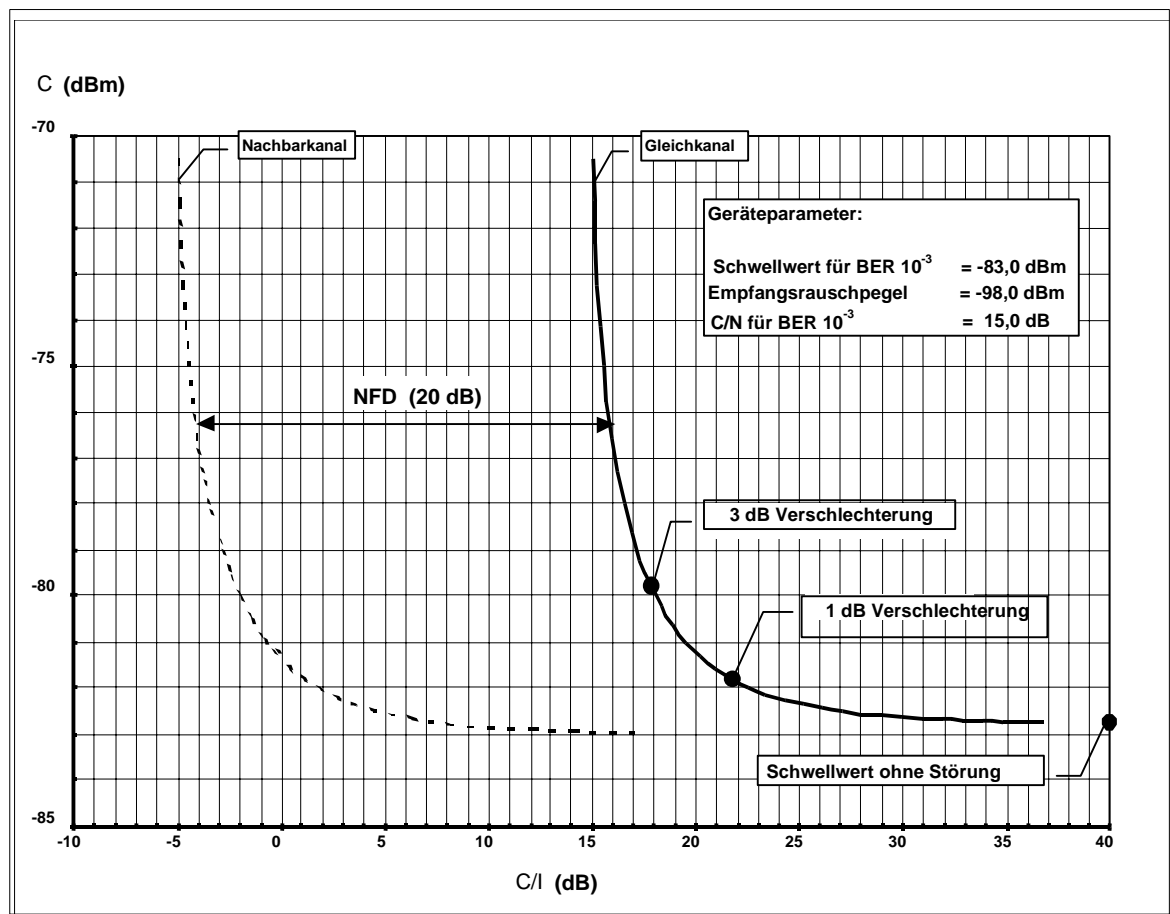
Abbildung 1:



PRBS: Pseudozufalls-Bitratensignal

Wenn man zwei Kurven anfertigt – eine für Gleichkanalstörung und eine zweite für Nachbarkanalstörung – so ist der Horizontalversatz zwischen den beiden Kurven beim jeweiligen Empfängereingangspegel (siehe Abbildung 2) die NFD.

Abbildung 2:

NFD gemessen für BER  $10^{-3}$ 

Unter Zuhilfenahme der Kurven kann der NFD-Wert aus zwei Punkten bestimmt werden, von denen sich auf jeder der beiden Kurven einer befindet und die einem gegebenen Trägerpegel entsprechen, z.B. für die der Verschlechterung um 3 dB entsprechenden Punkte.

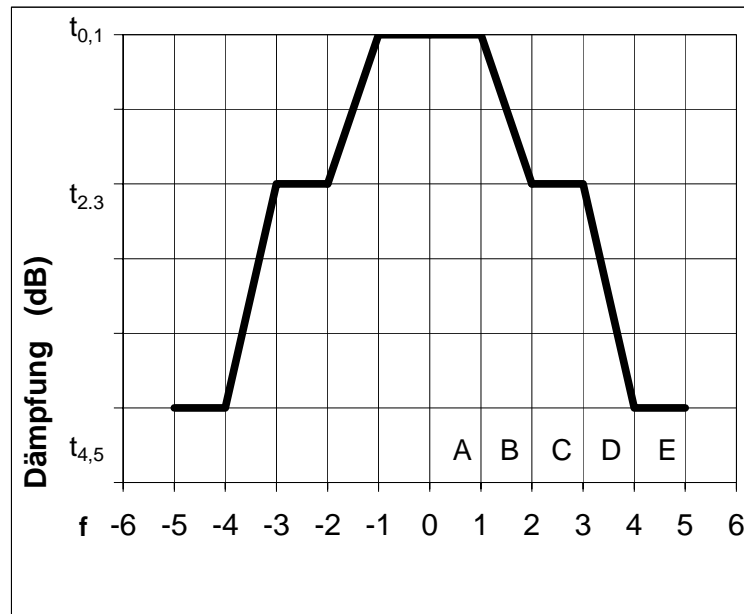
Sofern die Meßwerte zur Verfügung stehen, sollten die Verwaltungen einander die NFD-Werte für die Nachbarkanäle NFD 1 mit  $\pm 1$  Kanal Abstand und NFD 2 mit  $\pm 2$  Kanälen Abstand bekannt geben. Diese Werte können für Störpegelberechnungen verwendet werden, sofern beide Ausrüstungen (Sender und Empfänger) vom selben Typ sind und vom selben Hersteller stammen.

## 1.2 Bestimmung durch Berechnung

Die Berechnungsmethode basiert auf der Integration der Spektrumsdichte des gemeinsamen Bereichs der Senderspektrumsmaske und der Empfängerselektivitätsmaske.

In Abbildung 3 ist ein Beispiel für eine Senderspektrumsmaske dargestellt. Die Maske ist in dB relativ zur maximalen Spektraldichte definiert. Die Maske kann in verschiedene Elemente unterteilt werden. Die Flächen dieser Elemente sind relative Leistungsanteile an der Senderleistung. Der Bereich innerhalb der gesamten Maske stellt die Senderleistung dar.

Abbildung 3



Horizontal begrenzte Elementflächen (A, C und E) können nach der folgenden Formel berechnet werden:

$$A, C, E = \left( f_c \cdot 10^{\frac{-b}{10}} \right) \quad (2.1)$$

wobei:

$$\begin{aligned} \text{für Element A} \quad f_c &= |f_1 - f_0| & b &= t_0 \\ \text{für Element C} \quad f_c &= |f_3 - f_2| & b &= t_2 \\ \text{für Element E} \quad f_c &= |f_5 - f_4| & b &= t_4 \end{aligned}$$

Schräg begrenzte Flächen (B und D) können nach der folgenden Formel berechnet werden:

$$B, D = \frac{10^{\frac{-b}{10}}}{0,23026a} \left( 1 - 10^{\frac{-a}{10} f_c} \right) \quad (2.2)$$

wobei

$$\begin{aligned} \text{für Element B} \quad a &= \frac{t_2 - t_1}{f_c} & f_c &= |f_2 - f_1| & b &= t_1 \\ \text{für Element D} \quad a &= \frac{t_2 - t_1}{f_c} & f_c &= |f_4 - f_3| & b &= t_3 \end{aligned}$$

wobei:

b Dämpfung am Anfang des Elements (dB)  
 $t_i$  Sendermaskendämpfung am Anfang und am Ende eines Elements (dB)

|               |  |
|---------------|--|
| $f_i$         | Frequenz am Anfang und am Ende des Elements (MHz oder kHz)         |
| $f_c$         | Bandbreite des Elements (MHz oder kHz)                             |
| A, B, C, D, E | Teilelementflächen unter der Spektrumsmaske über der Frequenzskala |

Die Leistung  $P_A$  eines Teilelements A errechnet sich wie folgt:

$$P_A = \frac{A \cdot P_{TX}}{2(A + B + C + D + E)} \quad (W)$$

$P_{TX}$ : Senderleistung (W)

Der Leistungspegel  $N_A$  des Elementes A errechnet sich wie folgt:

$$N_A = N_{TX} - 10 \log_{10} \left( \frac{2 \cdot (A + B + C + D + E)}{A} \right) \quad (dBm)$$

$N_{TX}$ : Senderleistungspegel (dBm)

**Abbildung 4**

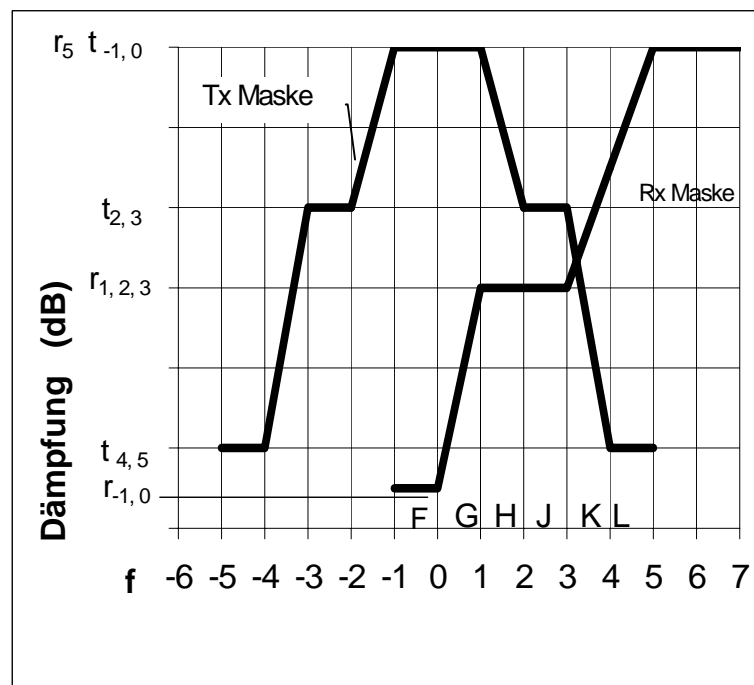


Abbildung 4 zeigt ein Beispiel für unterschiedliche Sender- und Empfängernennfrequenzen und unterschiedliche Bandbreiten. Die Tx-Maske stellt die Senderspektrumsdichte dar, während die Rx-Maske die Empfängerselektivität darstellt. Die Abbildung zeigt Teilelemente in dem den beiden Masken gemeinsamen Abschnitt. In diesem Fall lässt sich der NFD-Faktor unter Anwendung der folgenden Methode berechnen:

Elementflächen (F, G, H, J, K, L) errechnet man nach der Formel (2.1), wenn  $a = 0$  bzw. nach der Formel (2.2) wenn  $a \neq 0$ .

wobei:

für das Element F

$$a = \frac{t_0 - t_{-1} + r_0 - r_{-1}}{f_c}$$

$$f_c = |f_0 - f_{-1}|$$

$$b = t_{-1} + r_{-1}$$

für das Element  
G

$$a = \frac{t_1 - t_0 + r_1 - r_0}{f_c}$$

$$f_c = |f_1 - f_0|$$

$$b = t_0 + r_0$$

für das Element  
H

$$a = \frac{t_2 - t_1 + r_2 - r_1}{f_c}$$

$$f_c = |f_2 - f_1|$$

$$b = t_1 + r_1$$

für das Element J

$$a = \frac{t_3 - t_2 + r_3 - r_2}{f_c}$$

$$f_c = |f_3 - f_2|$$

$$b = t_2 + r_2$$

für das Element K

$$a = \frac{t_4 - t_3 + r_4 - r_3}{f_c}$$

$$f_c = |f_4 - f_3|$$

$$b = t_3 + r_3$$

für das Element L

$$a = \frac{t_5 - t_4 + r_5 - r_4}{f_c}$$

$$f_c = |f_5 - f_4|$$

$$b = t_4 + r_4$$

wobei:

- b Summe der Dämpfung der Sender- und Empfängermasken am Anfang eines Elements (dB)
- ti Sendermaskendämpfung am Anfang und am Ende eines Elements (dB)
- ri Empfängerselektivitätsmaskendämpfung am Anfang und am Ende des Elements (dB)
- fi Frequenz am Anfang und am Ende des Elements (MHz oder kHz)
- fc Bandbreite des Elements (MHz oder kHz)
- F,G,H,J,K,L Teilelementflächen unter der Spektrumsmaske über der Frequenzskala

Die Leistung  $P_c$  des gemeinsamen Bereichs errechnet sich wie folgt:

$$P_c = \frac{P_{TX} \cdot (F + G + H + J + K + L)}{2(A + B + C + D + E)} \quad (W)$$

$P_{TX}$ : Senderleistung (W)

Der Leistungspegel  $N_c$  des gemeinsamen Bereichs errechnet sich wie folgt:

$$N_c = N_{TX} - 10 \log_{10} \left( \frac{2(A + B + C + D + E)}{F + G + H + J + K + L} \right) \quad (dBm)$$

$N_{TX}$ : Senderleistungspegel (dBm)

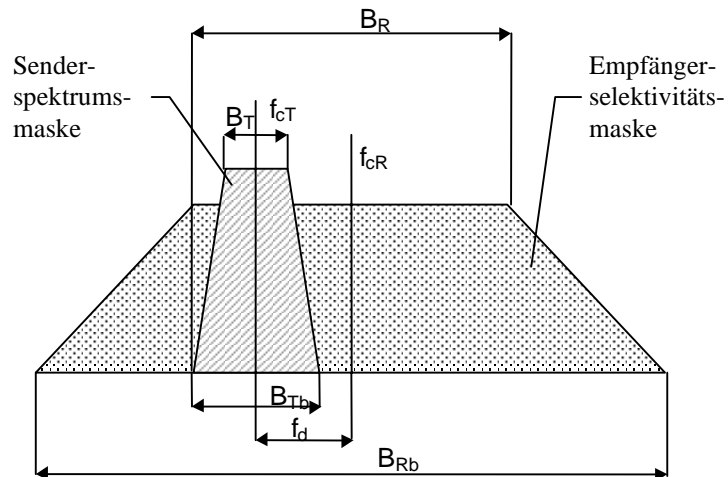
Der NFD-Wert errechnet sich wie folgt:

$$NFD = 10 \log_{10} \left( \frac{2(A + B + C + D + E)}{F + G + H + J + K + L} \right) \quad (dB)$$

### 1.3 Vereinfachte Berechnungsmethoden für Sonderfälle

- 1.3.1 Die Bandbreite eines störenden Senders ist geringer als die Bandbreite des gestörten Empfängers und das gesamte Senderspektrum befindet sich innerhalb des Empfängerbandes (Abbildung 5).

**Abbildung 5**



Bedingungen:

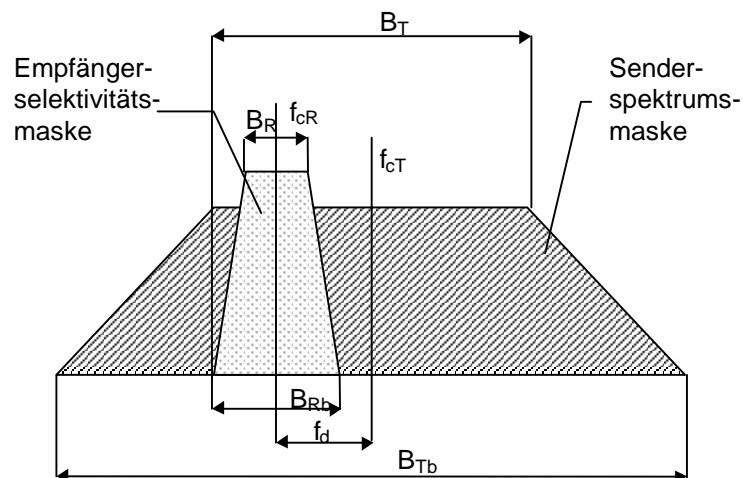
$$B_T \leq B_R$$

$$f_d \leq B_R / 2 - B_{Tb} / 2$$

In diesem Fall ist NFD = 0.

- 2.3.2 Die Bandbreite eines störenden Senders ist größer als die Bandbreite des gestörten Empfängers und ein Teil des Senderspektrums deckt das gesamte Empfängerband ab (Abbildung 6).

**Abbildung 6**



Bedingungen:

$$B_T > B_R$$

$$f_d \leq B_T / 2 - B_{Rb} / 2$$

In diesem Fall gilt:  $NFD = 10 \log (B_T/B_R)$

wobei:

|                      |   |
|----------------------|---|
| B (MHz)              | Senderspektrumsbandbreite (Empfängerbandbreite) am oberen Ende der Maske (Dämpfung 0 dB)                |
| B <sub>b</sub> (MHz) | Senderspektrumsbandbreite (Empfängerbandbreite) an der Basis der Maske (Dämpfung etwa 40 dB oder höher) |
| T                    | Sender  |
| R                    | Empfänger   |
| f <sub>c</sub> (MHz) | Trägerfrequenz  |
| f <sub>d</sub> (MHz) | Frequenzunterschied zwischen störendem Sender und gestörtem Empfänger                                   |

$$f_d = |f_{dT} - f_{dR}|$$

#### 1.4 Spektrumsdichtemaske des Senders

Für die Berechnung ist die tatsächliche Spektrumsdichtemaske zu verwenden. Falls eine solche nicht zur Verfügung steht, so ist die entsprechende ETSI-Sendermaske zu verwenden.

#### 1.5 Selektivitätsmaske des Empfängers

Für die Berechnung ist die tatsächliche Empfängerselektivitätsmaske zu verwenden. Falls eine solche nicht zur Verfügung steht, so kann keine ETSI-Empfängermaske verwendet werden, da dies in ETS nicht spezifiziert ist. Die entsprechende ETSI-Sendermaske des dazugehörigen Senders kann jedoch in solchen Fällen als Empfängerselektivitätsmaske verwendet werden.

#### 1.6 Erforderliche Daten für das Datenaustauschverfahren

1.6.1 Es sind jeweils sechs Punkte für die Sendermaske der Spektrumsdichte wie auch für die Selektivitätsmaske des Empfängers zur Verfügung zu stellen (siehe Abbildung 7).

- Jeder Punkt ist durch seine Frequenz (MHz oder kHz) und seine Dämpfung (dB) definiert.
- Der erste Punkt (der nicht Teil des Datenaustauschverfahrens ist) gilt automatisch als 0 MHz oder kHz und 0 dB definiert.
- Der letzte Punkt muß für eine Dämpfung  $\geq 40$  dB gesetzt werden.

1.6.2 Die NFD-Werte des ersten Nachbarkanals, NFD1 genannt ( $\pm 1$  Kanal Abstand), und des zweiten Nachbarkanals, NFD 2 genannt ( $\pm 2$  Kanäle Abstand), sind, sofern verfügbar, aus Meßdaten abzuleiten.

Um NFD1- und NFD2-Werte nutzen zu können müssen die folgenden Bedingungen erfüllt sein:

- Gleicher Hersteller und gleiche Kennung der störenden und der gestörten Einrichtung;
- Störende und gestörte Frequenzen müssen zum gleichen Frequenzplan gehören;
- Störende und gestörte Einrichtung müssen über die gleiche Kapazität (Mbit/s) verfügen.



**Abbildung 7**

**Sendermaske der Spektrumsdichte  
Selektivität der Empfängermaske**

