

Funkstörungen- Messtechnik 70-80er Jahre, Überprüfung einer Amateurfunkstation

Informationen zusammengestellt von Heinz Plate, **DL2DAP** / eMail: plate.dl2dap@t-online.de

Geltungsbereich FTZ 17 R 48 von 1984

Diese Richtlinie wird im Bereich der Deutschen Bundespost vom Funkstörungsmessdienst angewendet. Sie regelt nicht den Umfang und den Arbeitsablauf bei der Funkstörungsbearbeitung. Ebenso regelt sie nicht den Umfang und die Maßnahmen bei Verletzung der Vorschriften der Verordnung zur Durchführung des Gesetzes über den Amateurfunk. Sie gilt in Verbindung mit folgendem Schrifttum in der jeweils gültigen Fassung: b Amtsblatt-Vfg. 36/1982 Verordnung zur Durchführung des Gesetzes über den Amateurfunk Amtsblatt Vfg. 321/1982 Verwaltungsanweisung zur Verordnung zur Durchführung des Gesetzes über den Amateurfunk VDE 0100 Bestimmungen für das Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V

VDE 0855 Teil 1 und 2 Bestimmungen über Antennenanlagen

VDE 0866 Bestimmungen für Funksender

VDE 0875 Bestimmung für die Funk-Entstörung von elektrischen Betriebsmitteln und Anlagen

VDE 0877 Teil 1 und 2 Messen von Funkstörungen FTZ 272 R 2

Vorschrift für den Funkstörungsmessdienst zur Anschaltung von Messgeräten an postfremde Starkstromanschlüsse

FTZ 17R23 Richtlinie über die Festlegung von Beanstandungskriterien für Nenn- bzw. Grenzwertüberschreitungen

FTZ 17R46 Messung der Störfeldstärke und Störstrahlungsleistung am Betriebsort im Frequenzbereich 30 -1000 MHz

FTZA 44R-9 Arbeitsanweisung für das Bearbeiten von Funkstörungsmeldungen

Allgemeine Bedingungen

Im Falle von Funkempfangsbeeinträchtigungen oder Funkstörungen wird vorausgesetzt, das am Standort der gestörten Empfangsfunkanlage die auf einen störungsfreien Empfang bezogene Nutzfeldstärke ausreicht, die Empfangs-Antennenanlage nach VDE 0855 an einem störungsarmen Standort errichtet ist und die gestörte Empfangsfunkanlage den „Technischen Vorschriften“ der Deutschen Bundespost in der jeweils gültigen Fassung entspricht. Funkstörspannungen und Funkstörströme werden im Frequenzbereich unter 30 MHz vorwiegend auf Leitungsnetzen fortgeleitet und durch Kopplung mit den Antennen der Funkempfangsanlagen übertragen.

Oberhalb von 30 MHz erfolgt die Ausbreitung vorwiegend durch Abstrahlung.

In der vorliegenden Richtlinie sollen nur die Fälle mit Störabstrahlung im Frequenzbereich von 30 bis 1000 MHz behandelt werden.

Die Funkstörspannung auf Leitungen außerhalb des Raumes, in dem die Amateurfunkstelle betrieben wird, darf gern. Abschn. 9.5.1 der VwAnw DV-AFuG den in VDE 0875 festgelegten Funkstörgrad N (bzw. N minus 12 dB bei sinusförmigen Schwingungen) nicht überschreiten.

Die Funkstörspannung ist nach VDE 0877 Teil 1 zu messen.

Sicherheitsbestimmungen

Beim Tätigwerden des FuStöMD am Ort der Sende- und der Empfangsfunkanlage sind die einschlägigen Sicherheitsbestimmung und die FTZ-Richtl 272 R 2 zur eigenen Sicherheit des Personals zu beachten.

Eine Nachprüfung, ob die Amateurfunkstelle und die Rundfunk-Empfangsanlage den anerkannten Regeln der Elektrotechnik entsprechen, ist grundsätzlich nicht vorzunehmen.

Bei festgestellten Mängeln ist der Inhaber der Anlage auf die Gefahren hinzuweisen.

Das EVU ist ggf. zu benachrichtigen.

Ein entsprechender Vermerk ist im Arbeitsbericht aufzunehmen.

Amateurfunkstelle - Technische Bedingungen

Die Amateurfunkstelle mit Antennen und Leitungsnetz muss gemäß §§ 11 und 12 der Verordnung zur Durchführung des Gesetzes über den Amateurfunk ordnungsgemäß und nach dem jeweiligen Stand der Technik errichtet sein und instand gehalten werden. Gemäß Anhang 1, Abschnitt 2.2.2.5 der vorstehenden Verordnung muß der Senderausgang für Prüf- und Messzwecke mit einer handelsüblichen Koaxialbuchse ausgerüstet sein, die den Anschluss eines 50-Ohm-Abschlußwiderstandes (künstliche Antenne) ermöglichen soll.

Gegebenenfalls hat der Funkamateur ein Übergangsstück zur Verfügung zu stellen.

Zur Leistungsbestimmung muss der Sender die Spitzenleistung für mindestens 5 Sekunden aufrechterhalten können.

Die HF-Sendeleistung im Amateurfunk "richtig" zu messen erfordert vom Funkamateur eine umfangreiche Fachkenntnis und sehr viel Messpraxis.

Messungen an einer Amateurfunkanlage

(FTZ April 1980-Lehrbehelf: HF-Leistungsmessungen an Amateurfunksendern)

Damit die Messungen einfach sind, ist im FTZ April 1980-Lehrbehelf festgelegt worden:

- a) Bei Telegrafiefunksendern wird die Spitzenleistung bei der Aussendung des ungetasteten und unmodulierten Trägers bestimmt.
- b) Bei Einseitenbandsendern wird die Spitzenleistung bei Eintonaussteuerung bestimmt. In den Sendereingang wird ein sinusförmiges NF-Prüfsignal gelegt. Die Frequenz wird so gewählt, dass sie im Maximum des Senderdurchlassbereiches liegt.
Die Amplitude wird so eingestellt, dass der Sender voll angesteuert ist.

Zusätzlich müssen die Sender noch einige Randbedingungen erfüllen:

Verhinderung der Leistungsüberschreitung durch konstruktive Maßnahmen am Sender.

Der Senderausgang muss eine handelsübliche Koaxialbuchse haben, ggf. hat der Funkamateur Koaxial-Adapter bereitzuhalten.

Die Senderausgangsschaltung muss de Anschluss eines 50 Ohm Lastwiderstandes ermöglichen.

Die Spitzenleistung muss für mindestens 5 s aufrecht gehalten werden.

Bei Einseitenbandsendern muss Anschluss eines NF-Prüfgenerators möglich sein (eine akustische Ankopplung ist aber nicht ausgeschlossen).

HF-Leistungsmessungen an Amateurfunksendern

Messablauf:

Messung der HF-Leistung nur im Störfall (**grundsätzlich Auftrag nach FTZ A 44 R 9 gegeben**) Wegen der Überlastungsmöglichkeit der Endstufen bei Eintonaussteuerung.

Sender nur vom Funkamateur tasten lassen !

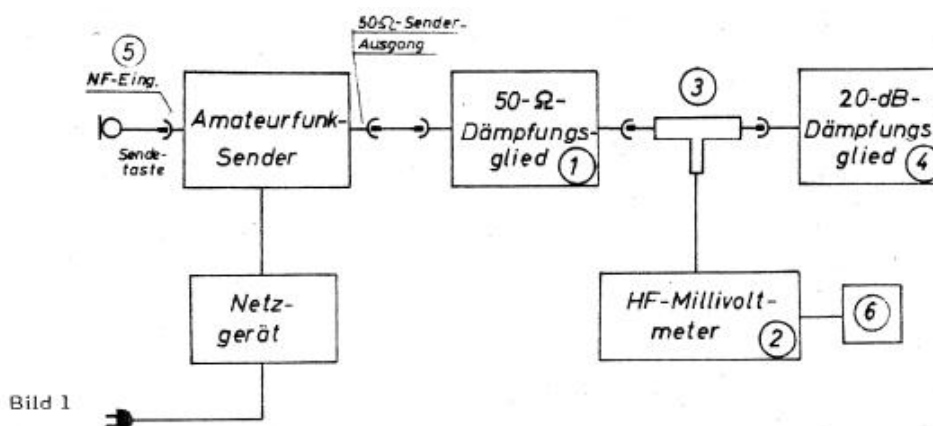


Bild 1
Meßgeräte und Zubehör (Beispiele):

Leistungsmessgerät über 30 dB-Leistungsdämpfungsglied Typ Bird 8325 an Amateurfunksender bzw. Linearendstufe anschließen. Der Amateur ist nach **AFuV...** verpflichtet, den Sender (nach Anweisung) zu bedienen.

Betriebsart SSB einstellen lassen. Falls kein Transceiver, auf gleiche Frequenzeinstellung an Sender und Empfänger achten.

Sender auf Messfrequenz abstimmen lassen. SSB-Sender werden gewöhnlich entweder mit zugesetztem Träger oder einem sogenannten Tune-Ton auf optimale Ausgangsleistung abgestimmt.

Darauf achten, dass Treiberstufe auf maximale Ansteuerung geregelt ist und in der Endstufe Vor- und Ausgangskreis optimal abgestimmt sind.

Falls Linearendstufe benutzt wird und diese nicht in Breitbandtechnik (nur bis ca. 200 W üblich) aufgebaut ist, müssen auch dort Vor- und Ausgangskreis abgestimmt werden.

Mikrofon des Amateursenders über Schallgeber z.B. Typ 357 mit 1000 Hz und 95 oder 105 Phon beschallen. Mikrofonverstärkung soweit erhöhen lassen, bis ALC deutlich anspricht. Erkennbar entweder an einem Messinstrument, einer LED oder an nicht mehr ansteigender Leistungsanzeige am Messgerät.

Leistung in dBm ablesen und über Dämpfungsglied (30 dB = Faktor 1000) rückrechnen und auswerten.

Zur Messung der Senderausgangsleistung bei der Betriebsart „SSB“ wird der Sender gemäß FTZ 17 R 48 moduliert:

Amateurfunksender mit NF-Prüfsignal modulieren. Mod.-Frequenz so wählen, dass sie in Max. des Durchlassbereiches liegt (z.B. 1000 Hz). Als Signalquelle SQ4 bzw. SG3 verwenden und möglichst akustisch auf das Mikrofon ankoppeln. Amplitude ggf. durch Abstand Mikrofon – Schallquelle so einstellen, dass der Sender voll angesteuert wird.

Hinweise und Leistungsübersicht bei verschiedene Sendearten

Die nachfolgende **Tabelle 1** zeigt für verschiedene Sendearten die Beziehungen der modulierten und unmodulierten Leistungen zueinander (unter idealen Voraussetzungen).

Tabelle 1 Z = 50 Ohm

Modulationsart	Signalverlauf	Frequenzspektrum	Trägerleistung	Effektivwertleistung ^①	Spitzenleistung ^②
CW ohne Modulation			100 W	100 W	100 W
AM Amplitudenmodulat. 100 %			100 W	150 W	400 W
AM Amplitudenmodulat. 73 %			100 W	127 W	300 W
SSB Einseitenbandmod. 1-Ton-Aussteuerung			--	100 W	100 W
SSB Einseitenbandmod. 2-Ton-Aussteuerung			--	50 W	100 W
SSB Einseitenbandmod. Sprache			--		100 W
PM Pulsmodulation Tastverh. 1: 10			--	10 W	100 W

①Andere Bezeichnungen: Average Power', Heating Power', Mittlere Leistung', Mittelwertleistung.'

②Andere Bezeichnungen: 'Peak Power', Peak Envelop Power (PEP)

Vergleichbarkeit der einzelnen Leistungsangaben

Bei allen HF-Leistungsbetrachtungen sind

a) die unter normalen Senderbetriebsbedingungen bestehenden Beziehungen zwischen den vorgenannten Leistungsarten bei den verschiedenen Modulationsarten und zwar im unmodulierten und modulierten Zustand und

b) die Eigenschaften des verwendeten Leistungsmessers zu beachten.

zu a) **Die folgende Tabelle** zeigt für einige HF-Signale anschaulich die Leistungsbeziehungen unter idealen Voraussetzungen, d.h. lineare Senderstufen und einwandfreien Modulation.

Richtwerte in Sendemode		
Frequenzbereich	Erforderliche Dämpfung unerwünschter Aussendungen gegenüber der maximalen PEP des Senders ¹⁾	Alternativ zulässige maximale Leistung unerwünschter Aussendungen eines Senders ¹⁾
1	2	3
0,15 MHz - 1,7 MHz	60 dB	0,25 µW (-36 dBm)
1,7 MHz - 35 MHz	40 dB	
35 MHz - 50 MHz	$40\text{dB} + 129,1 \cdot \lg \frac{f}{35}$ mit f ... Frequenz in MHz	
50 MHz - 1000 MHz	60 dB	
>1000 MHz - 40 GHz	50 dB	1 µW (-30 dBm)

¹⁾ Der jeweils höhere für einen Frequenzbereich resultierende Leistungswert in Spalten 2 und 3 ist zulässig.

Richtwerte in Bereitschafts- und Empfangsmode	
Frequenzbereich	Zulässige maximale Leistung unerwünschter Aussendungen
1	2
0,15 - 1000 MHz	2 nW (-57 dBm)
>1000 MHz - 40 GHz	20 nW (-47 dBm)

Technische Merkmale der Amateurfunkstellen

Die wahrscheinlich **zum 01.06.80 in Kraft tretende Änderung der Durchführungsverordnung** zum Amateurfunkgesetz wird zusätzlich zur "alten" Anodenverlustleistungs-Regelung erstmals eine HF-Ausgangsleistungsregelung bringen.

In den einzelnen Genehmigungsklassen dürfen die Sender voraussichtlich folgende Spitzenleistungen nicht überschreiten: Klasse C = 75 W Klasse A = 150 W Klasse B = 750 W

Damit die Messungen einfach sind, ist festgelegt worden:

- Bei Telegrafiefunksendern wird die Spitzenleistung bei der Aussendung des ungetasteten und unmodulierten Trägers bestimmt.
- Bei Einseitenbandsendern wird die Spitzenleistung bei Eintonaussteuerung bestimmt. In den Sendereingang wird ein sinusförmiges NF-Prüfsignal gelegt. Die Frequenz wird so gewählt, dass sie im Maximum des Senderdurchlassbereiches liegt. Die Amplitude wird so eingestellt, dass der Sender voll angesteuert ist.

Zusätzlich müssen die Sender noch einige Randbedingungen erfüllen:

Verhinderung der Leistungsüberschreitung durch konstruktive Maßnahmen.

Senderausgang muss eine handelsübliche Koaxialbuchse haben, ggfls. hat der Funkamateur Adapter bereitzuhalten.

Senderausgangsschaltung muss Anschluss eines 50 Ohm Lastwiderstandes ermöglichen.

Spitzenleistung muss für mindestens 5 s aufrecht gehalten werden.

Bei Einseitenbandsendern muss Anschluss eines NF-Prüfgenerators möglich sein (akustische Ankopplung ist aber nicht ausgeschlossen!).

Anlagen:

Definition der Begriffe:

Außerband-Aussendungen/Randaussendungen (out-of-band emission)

Außerband-Aussendungen sind Aussendungen auf einer oder mehreren Frequenzen, die aufgrund des Modulationsprozesses außerhalb der erforderlichen Bandbreite, jedoch unmittelbar neben deren Grenzen liegen, jedoch mit Ausnahme der Nebenaussendungen. Die Nachbarkanalleistung ist somit der typische Vertreter einer Außerband-Aussendung. Nachbarkanalleistung ist der in einen der beiden Nachbarkanäle des Nutzkanals fallende Anteil der Sendeleistung. In der Regel wird die Leistung auf die Leistung des Nutzsignals bezogen, in manchen Fällen wird auch die Einhaltung eines absoluten Grenzwertes gefordert.

Nebenaussendungen (spurious emission)

Nebenaussendungen sind Aussendungen auf einer oder mehrerer Frequenzen, die außerhalb des erforderlichen Bandes (Nutzkanal und angrenzende Nachbarkanäle) liegen und deren Pegel herabgesetzt werden kann, ohne die Übertragung der Information zu beeinflussen. Unter diesem Begriff werden Oberwellen (Harmonische), parasitäre Aussendungen und mischfrequente Aussendungen erfasst.

Oberwellen/Harmonische Aussendungen (harmonic emission)

Oberwellen sind Aussendungen von Schwingungen, die durch Vervielfachung der innerhalb der belegten Bandbreite vorkommenden Frequenzen entstehen.

Parasitäre Aussendungen (parasitic emission)

Bei parasitären Aussendungen handelt es sich um Frequenzen, die unabhängig von den innerhalb der belegten Bandbreite vorkommenden oder zu ihrer Erzeugung benutzten Frequenzen sind.

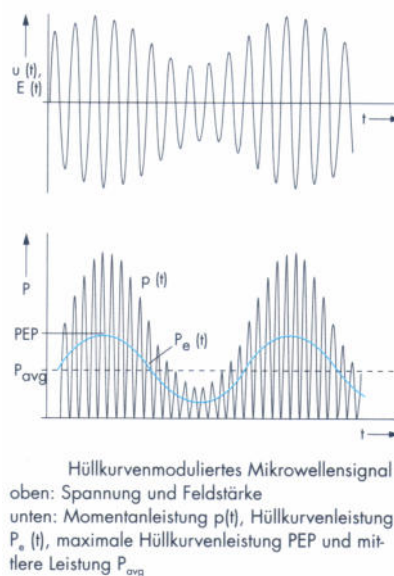
Mischfrequente Aussendungen (intermodulation products)

Unterschieden wird zwischen den sendereigenen und senderfremden Intermodulationen. Sendereigene Intermodulationen sind Mischprodukte die im Zuge der Erzeugung der Sendefrequenzen durch diese und ihre Harmonischen entstehen.

Senderfremde Intermodulationen entstehen durch Mischung mit von anderen Sendern eingestrahlt Frequenzen.

Maximale Hüllkurvenleistung (PEP, Peak Envelope Power)

Der größte Wert der Hüllkurvenleistung ist die maximale Hüllkurvenleistung oder PEP genannt. Der PEP-Wert ist eine wichtige Größe zur Spezifikation von Sendern. PEP-Wert und Hüllkurvenleistung können nur mit Spitzen- oder Hüllkurvenleistungsmessern auf der Basis schneller Dioden-Sensoren erfasst werden.





Maximale Hüllkurvenleistung (PEP)

Das ist der periodisch auftretende Spitzenwert der Trägerleistung im Modulationsmaximum. Der PEP-Wert ist eine wichtige Größe zur Kennzeichnung der Aussteuerbarkeit von Senderendstufen. Der Pegelunterschied zwischen PEP und AVG kann zwischen 0 dB (CW-Signal) und einigen 10 dB (Radarbursts) liegen.

Die PEP-Funktion wird von den Meßköpfen NAP-Z7/-Z8/-Z10/-Z11 und NRT-Z43/44 unterstützt. Bei letzteren ist die Videobandbreite wählbar, so daß eine Anpassung an die Eigenschaften des Modulationssignals möglich ist.



Crest-Faktor (CF)

Der Crest-Faktor gibt die Pegeldifferenz zwischen PEP-Wert und Leistungsmittelwert in dB an und ermöglicht so das schnelle Erkennen größerer Modulationsverzerrungen. Diese Funktion wird von den Meßköpfen NRT-Z43/44 unterstützt.



Mittlere Burstleistung (AV.BRST)

Bei gepulsten HF-Signalen wird hiermit die mittlere Trägerleistung innerhalb des Bursts bezeichnet. Die mittlere Burstleistung ist gleich dem PEP-Wert, wenn der Burst unmoduliert ist und keine Überschwinger aufweist.

Die Messung der mittleren Burstleistung erfolgt beim NRT durch Multiplikation des Leistungsmittelwerts mit dem Verhältnis von Burstperiode zu Burstbreite. Die beiden Burstparameter müssen entweder vom Anwender vorgegeben werden, oder das NRT bestimmt ihr Verhältnis automatisch. Die manuelle Vorgabe ist jederzeit möglich, und mit den Meßköpfen NRT-Z43/44 kann auch die automatische Messung durchgeführt werden.

Einheiten:

dB Dezibel

dBm logarithmische Angabe der Leistung, bezogen auf 1 mW:

$$P[\text{dBm}] = 10 * \log_{10} (P[\text{mW}]/1\text{mW})$$

dBW logarithmische Angabe der Leistung, bezogen auf 1 W:

$$P[\text{dBW}] = 10 * \log_{10} (P[\text{W}]/1\text{W})$$

dBµV/m logarithmische Angabe der Feldstärke, bezogen auf 1 µV/m:

$$E[\text{dBµV/m}] = 20 * \log_{10} (E[\text{µV/m}]/1\text{µV/m})$$

Hz Hertz (Frequenz)

m Meter

s Sekunden

V/m Volt/Meter (Feldstärke)

W Watt (Leistung)