

KW-Antennen- Messungen und Fehlerbetrachtung von DL2DAP

Ist der Antennenvergleich auf 0,1 dB auf Kurzwelle möglich? - DL2DAP:

Theoretisch = Ja // Praxis- Orientiert = Nein // siehe auch Messunsicherheit!

Um die Frage zu beantworten, wie gut eine Antenne oder ein Ort für Funkbetrieb auf Kurzwelle ist, wird viel Detailwissen gebraucht um die Station zu verbessern.

Folgende Themen werden behandelt:

Messunsicherheit bei Messungen und die Fehlerbetrachtung

Messungen an einer Amateurfunkanlage

Einleitung

Zweck der Erläuterung und Beschreibung ist das **der Funkamateure** mit seinen zur Verfügung stehenden Messgeräten **orientierende "Messverfahren zur Bestimmung von Stör- und Nutzsignalen"** durchführen kann.

- **Durch den PMD- Messdienst** der Behörde werden orientierende- oder bewertete Messungen durchgeführt.

- **Eine Reproduzier- und Vergleichbarkeit der Messergebnisse bei den Messungen** und deren Ergebnissauswertung ist erforderlich.

- Betrachtungen zur Messunsicherheit und die Fehlerbetrachtung

Begriffsdefinitionen: Was ist Messen?

Nach Brockhaus versteht man darunter das experimentelle Bestimmen des Messwertes einer physikalischen Größe (z.B. Länge, Temperatur) im Verlauf eines Messvorgangs durch quantitativen Vergleich der Messgröße mit einer Einheit (z.B. Meter, Kelvin) als Bezugsgröße.

Was ist Messunsicherheit?

Die Messunsicherheit ist ein die Genauigkeit einer Messung kennzeichnender Wert, der dem Messergebnis bei einer Prüfung oder Kalibrierung beigeordnet wird.

Konkreter ausgedrückt charakterisiert die Messunsicherheit den Bereich der Werte, die der Messgröße vernünftigerweise zugeordnet werden können.

Direktes und indirektes Messen

Das direkte Messen einer physikalischen Größe erfolgt durch Vergleich mit einem vorher definierten Maßstab (Messgröße und Messstandard).

Ist ein direkter Vergleich unmöglich oder zu aufwendig, wird indirekt gemessen.

Dazu wird eine leicht zugängliche Größe bestimmt, die mit der Messgröße in einer wohlbekannten Beziehung steht.

Messungen werden mit einem Messgerät unter Anwendung der Messvorschriften durchgeführt und liefern ein Messergebnis (Messwert).

Jede gemessene physikalische Größe enthält einen unvermeidbaren Messfehler.

Wie wird die Messunsicherheit berechnet?

Die in der Messtechnik unausweichlich auftretende Unsicherheit der Messgrößen ist eine unmittelbare Folge der ungenauen Kenntnis, die man zum einen über das Vorzeichen und die Größe der zufälligen Einflüsse bei der Messung hat und zum anderen über die Korrekturen, die bei der Auswertung für systematische Einflüsse vorgenommen werden müssen.

Sie wird häufig in der Form von +/- Abweichungen vom Messwert angegeben, d.h. als symmetrisches Werteintervall um den Messwert.

Der hierfür benötigte Kennwert setzt sich **aus verschiedenen Unsicherheitsbeiträgen zusammen.**

Für den üblicherweise verwendeten Wert einer Überdeckungswahrscheinlichkeit von **etwa 95% ist ein Erweiterungsfaktor von +/- 2 zu verwenden.**

- Die Empfehlungen der neuen CISPR 16-4

IEC/Publikation CISPR 16-4, Internationale Norm die das Thema Messunsicherheit für das Gebiet der EMV/Messungen umfassend behandelt.

Tabelle 4: Unsicherheitsquellen bei gestrahlten Störaussendungs- Messungen

Tabelle 4: Unsicherheitsquellen bei gestrahlten Störaussendungsmessungen der elektrischen Feldstärke in einem Freifeld oder in einer vergleichbaren Testeinrichtung	
Originalformulierung der CICPR 16-4	Übersetzung der Originalformulierung
Receiver reading	Ablesewert des Messempfängers; Messwert
Attenuation of the connection between antenna(e) and receiver	frequenzabhängige Einfügungsdämpfung der Kabelverbindung zwischen der(n) Messantenne(n) und dem Messempfänger
Antenna factor	Antennenfaktor
Receiver sine-wave voltage accuracy	Sinus Signalfestigkeit des Messempfängers
Receiver pulse amplitude response	Impuls-Signalfestigkeit des Messempfängers
Receiver pulse response variation with repetition frequency	
Receiver noise floor	Grundrauschen des Messempfängers
Mismatch effects between antenna port and receiver	Fehlanpassung zwischen der(n) Messantenne(n) und dem Messempfänger
Antenna factor frequency interpolation	frequenzabhängige Interpolation des Antennenfaktors
Antenna factor variation with height	Änderung des Antennenfaktors in Abhängigkeit von der Höhe über dem Erdboden (bei vergleichbaren Testeinrichtungen über der Massefläche)
Antenna directivity	Antennendirektivität
Antenna phase centre	frequenzabhängiger Phasenfußpunkt der Antenne(n)
Antenna cross-polarisation response	frequenzabhängige Kreuzpolarisationsabhängigkeit der Messantenne(n)
Antenna balance	
Test site	Gegebenheiten des Messfeldes
Separation between equipment under test and measurement antenna	Messentfernung zwischen Testobjekt und Messantenne(n)
Height of table supporting the equipment under test	Höhe des (Dreh-)Tisches, auf dem das Testobjekt über dem Boden steht

Tabelle 1: Werte von U_{cispr}		
Art der Störung, die gemessen wird	Frequenzbereich	U_{cispr}
Geleitete Störungen (Niederspannungsversorgungsleitungen)	(9 kHz – 150 kHz)	4,0 dB
Geleitete Störungen (Niederspannungsversorgungsleitungen)	(150 kHz – 30 MHz)	3,6 dB
Störleistung	(30 MHz – 300 MHz)	4,5 dB
Gestrahlte Störungen (Elektrische Feldstärke im Freifeld oder in einer mit einem Freifeld vergleichbaren Testeinrichtung)	(30 MHz – 1000 MHz)	5,2 dB
Weitere		Unter Beratung

Ucispr, EMV- Messunsicherheit - CISPR-Standard-Messung- CICPR 16-4

Tabelle 1: EMV- Werte: Ucispr

Gestrahlte Störungen (Elektrische Feldstärke im Freifeld oder in einer mit einem Freifeld vergleichbaren Testeinrichtung, Frequenzbereich: 30 MHz - 1000 MHz= 5,2 dB

- Im Datenblatt wird ein praktisches Beispiel

zur Bestimmung der Messunsicherheit des **NRT- Messgerät** bzw. dem dazu gehörigem Messkopf **NRP-Z4** betrachtet.

Bestimmung der Messunsicherheit NRT- Messgerät mit Messkopf NAP-Z4

Angenommen, es wird eine mittlere Leistung (AVG) **von 50 Watt** am Display angezeigt. Die Raumtemperatur (Sendergebäude im Sommer) beträgt 30°C.

Aus dem Datenblatt werden folgende Unsicherheitswerte ermittelt:

Messunsicherheit bei 20...25°C: 6% vom Messwert

Nullpunktabweichung: 0,04 Watt

Temperaturkoeffizient: max. 0,25 % / K

Die einzelnen Unsicherheitsfaktoren sind dann:

50 W · 0,06	=	3,00 Watt
Nullpunktabweichung	=	0,04 Watt
Temperaturgang	= 5 · 0,0025 · 50 Watt =	0,625 Watt
Worstcase = Addition	=	3,665 Watt

Bei gewünschter 95% Sicherheit, dass der gemessene Wert dem wahren Wert angenähert ist, muss mit **+/- 2 · 3,064 Watt = 6,128 Watt** Messunsicherheit gerechnet werden.

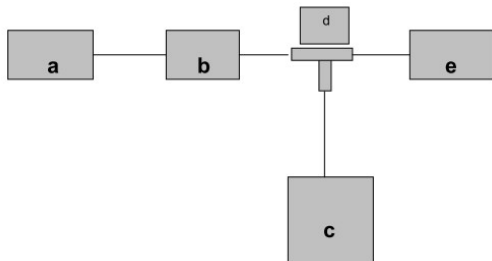
Im ungünstigsten Fall kann die wahre Leistung zwischen 43,872 und 56,128 Watt liegen, aber das mit **95% Sicherheit!**

- Messungen an einer Amateurfunkanlage

Betrachtungen zum PMD- Lehrgang Messungen an Funkanlagen

Überprüfung einer Amateurfunkstation auf Einhaltung der max. zulässigen Senderausgangsleistung.

- Messanordnung mit dem URV 4:



a) Amateurfunkstation

b) Leistungsdämpfungsglied Bird (30 dB)

c) HF Millivoltmeter URV 4 von Rohde und Schwarz

d) 10 V Durchgangskopf URV – Z2 zum URV

e) 20 dB Dämpfungsglied Narda oder Radiall

Das Leistungsdämpfungsglied hat eine Durchgangsdämpfung von ca. 30 dB (Kalibrierkurve beachten).

Der Ausgang des Dämpfungsgliedes ist über einen 10 V Durchgangskopf mit einem als Abschluss nachfolgendem 20 dB Dämpfungsglied an das Millivoltmeter URV 4 angeschlossen.

Der AVG – Wert der Senderausgangsleistung kann unter Berücksichtigung der Dämpfung des 30 dB Dämpfungsgliedes nach der **Gleichung**:

berechnet werden.

$$P = U^2 / R$$

P = HF Leistung in Watt
 U = Effektivwert der HF Spannung in Volt
 R = Widerstand des Dämpfungsgliedes in Ohm

Berechnungsbeispiel:
 Anzeige am URV 4 : 0,707 V
 Widerstand 50 Ω
 Dämpfungsglied: 30 dB

$$P = \frac{0,707^2 V}{50 \Omega}$$

Wird das URV 4 in Stellung dB betrieben (dB über 1 mW; 0 dBm entspricht 1 mW), so kann der Leistungspegel (p) in dBm abgelesen werden. Unter Berücksichtigung des 30 dB Dämpfungsgliedes ergibt sich der Senderausgangspegel in dBm, der nach folgender **Gleichung**:

$$P = 10^{\frac{p(dBm)}{10}}$$

umgerechnet werden kann.

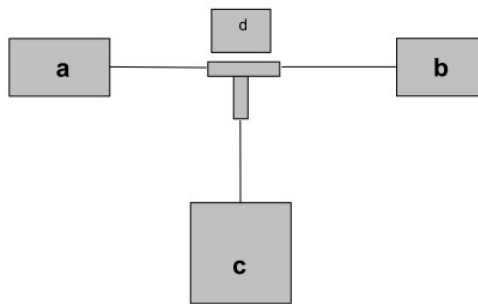
p = HF Leistungspegel in dBm
 P = Leistung in Watt

Berechnungsbeispiel:
 Anzeige des URV 4 ohne Bird: dBm, mit Bird: dBW!!!!

Anzeige des URV 4: 10 dBmW, zuzüglich 30 dB des Dämpfungsgliedes (Faktor 1000) ergibt 10 dBW

$$P = 10^{\frac{10(dBW)}{10}} = 10 \text{ Watt}$$

Messanordnung mit dem NRT:



- a) Amateurfunkstation
- b) Leistungsdämpfungsglied Bird (30 dB)
- c) NRT von Rohde und Schwarz
- d) Durchgangskopf NAP – Z8 zum NRT

Bei dieser Messung dient das Leistungsdämpfungsglied als Abschlusswiderstand. Der Messkopf NAP – Z8 wird zwischen die Amateurfunkanlage und dem Abschlusswiderstand geschaltet.

Der Leistungsmesser NRT kann in AVG (Average) als auch in PEP (Peak Envelop Power) betrieben werden, da bei der Eintonmessung beide Werte gleich sind (siehe Tabelle unten).

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 Lastverh. 1: 10			--	10 W	100 W

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

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