

Frequenzhub und Multiplexleistung von UKW-Sendern

Zusammenstellung der einschlägigen international verankerten
Grenzwerte und zugehöriger Messverfahren

1. Einführung

Die österreichischen Veranstalter von Hörfunk erhalten von der KommAustria UKW-Frequenzen zugeteilt, um ihre Programme auszustrahlen. Im Interesse der Veranstalter ebenso wie der Hörer bemühen sich die Frequenzplaner bei der Festlegung der Frequenzen und der kennzeichnenden Merkmale der Sender, gegenseitige Empfangsstörungen möglichst zu vermeiden. Sie stützen sich dabei auf international anerkannte Empfehlungen der Internationalen Fernmeldeunion ITU.

Dank diverser Signalaufbereitungsverfahren lassen sich die Klangeigenschaften der Programme verändern. Mittels entsprechender Steuerung des Maximalhubes und der Modulationsleistung erzeugen die Veranstalter ein Klangbild, das dem gängigen modernen Musikformat entspricht und bei den HörerInnen den Eindruck eines satten, lauten Klanges („Sound“) erweckt. Dabei wird nicht nur eine Einbusse der Klangqualität in Kauf genommen - die angewendeten Verfahren erhöhen auch die Wahrscheinlichkeit gegenseitiger funktechnischer Störungen. Zusätzliche Erläuterungen zu diesem Thema finden sich in Anlage 1.

In der ITU Empfehlung ITU-R BS 412-9 sind die erforderlichen Schutzabstandswerte zwischen benachbarten Frequenzen festgelegt, die für eine störungsfreie Übertragung notwendig sind. Diese Empfehlung enthält auch die Grundlagen für die Messung des Frequenzhubes und der Modulationsleistung. Dennoch bestehen Unklarheiten bezüglich der Erhebung und der Analyse der Messergebnisse.

Um Klarheit in diesem komplexen Gebiet herzustellen, gibt die KommAustria diese Richtlinie zur Umsetzung der erwähnten ITU-Empfehlung heraus. Ziel ist es, praktikable Grenzwerte für den Frequenzhub und die Modulationsleistung festzulegen, sowie eine von allen Betroffenen anerkannte Methode zur Messung dieser Faktoren zu definieren.

Die folgenden Begriffsdefinitionen und Messvorschriften entsprechen auch den vom Institut für Rundfunktechnik (IRT) in München herausgegebenen „Technische Richtlinien der öffentlich-rechtlichen Rundfunkanstalten in der Bundesrepublik Deutschland (Richtlinie Nr. 5 R 28).

Die vorliegende Richtlinie dient dazu, die Messverfahren darzulegen und dabei auch die bei den verwendeten Messverfahren von der Behörde akzeptierten Toleranzen darzulegen.

2. Allgemeine Begriffe

Folgende spezielle Begriffe werden beim Stereo-Übertragungsverfahren nach dem Pilottonsystem verwendet:

- Signal L: Das Signal L entspricht der Information im linken Kanal.
- Signal R: Das Signal R entspricht der Information im rechten Kanal.
- Summensignal M: $M = (L + R) / 2$ (Mono- bzw. kompatibles Signal)
- Differenzsignal S: $S = (L - R) / 2$ (Seiteninformation)
-
- Stereo-Hilfsträger: Mit diesem Hilfsträger (38 kHz) wird das S-Signal in die trägerfrequente Lage (23 kHz bis 53 kHz) umgesetzt. Er wird vor der Abstrahlung unterdrückt, um den Energieinhalt des Differenzsignals auf dem Übertragungsweg zu reduzieren.
- Pilotton: Der Pilotton (19 kHz) dient zur Wiedergewinnung des vor der Aussendung unterdrückten Stereo-Hilfsträgers im Stereoempfänger.
- ARI: signalisiert und schaltet Verkehrsinformationen auf einem phasenstarr mit dem Stereo-Hilfsträger gekoppelten 57 kHz-Hilfsträger.
- RDS-Signal: Radio-Daten-Signal nach RDS-Norm CENELEC EN 50 067 "Spezifikation des Radio-Daten-Systems (RDS)" auf dem 57 kHz-Hilfsträger.
- Zusatzsignal: Nach Empfehlung ITU-R BS.450 alle weiteren Signale in den Frequenzbereichen 15-23 kHz und 53-76 kHz.
- Multiplexsignal: Dieses Signal enthält alle Stereo-Informationen (einschließlich Pilotton), gegebenenfalls das Verkehrsrundfunksignal, das RDS-Signal und weitere Zusatzsignale. (MPX-Signal)
- Frequenzhub: Bei Frequenzmodulation die Abweichung der Momentanfrequenz von der unmodulierten Trägerfrequenz. Ohne weitere Angaben ist damit der Spitzenhub (ΔF) gemeint.
- Momentanhub: Bei Frequenzmodulation zu einem beliebigen Zeitpunkt (t) die momentane Abweichung der Frequenz von der Frequenz (f_0) des unmodulierten Trägers: $f(t) = f_0 + \Delta f(t)$
- Spitzenhub: Bei Frequenzmodulation mit beliebigen Signalen, die maximale Abweichung der Frequenz (f) von der Frequenz des unmodulierten Trägers (f_0). Bei Frequenzmodulation mit sinusförmigen Signalen ist: $f = f_0 + \Delta F \sin(\omega t)$. Da die Frequenzabweichung in beiden Richtungen erfolgt, wird der Spitzenhub als $\Delta F = \pm x$ kHz angegeben.

Hubverteilung: Die Verteilung der Momentanhöhe, d.h. die Häufigkeit, mit der die verschiedenen Momentanhöhe eines frequenzmodulierten Signals auftreten. Sie wird als Einzel- oder Summenhäufigkeit angegeben.

Modulationsleistung: Über eine definierte Zeit gemittelte relative Leistung des (MPX-) Modulationssignals.

3. Grenzwerte und Toleranzen

3.1 Maximal zulässiger Spitzenhub und Toleranzen

Der Spitzenhub darf gemäß ITU-R BS.450-2 einen Wert von ± 75 kHz nicht überschreiten. Insbesondere ist auf den Punkt 2.2.3.5 dieser ITU-Rec. hinzuweisen, welcher besagt, dass auch bei Aussendung von Zusatzsignalen wie ARI und RDS der Hub des Hauptträgers verursacht durch das gesamte MPX-Signal ± 75 kHz nicht überschreiten darf.

Die Gerätetoleranz bei der Messung der Hubwerte soll 1 kHz nicht überschreiten.

Gemessen wird nach den Messvorschriften unter Ziffer 4.1.

3.2 Maximal zulässige MPX-Leistung und Toleranzen

Die maximale MPX-Leistung darf gemäß ITU-R BS.412-9, Punkt 2.5 den Wert von + 0 dBr nicht überschreiten. Dabei entspricht 0 dBr der Modulationsleistung eines sinus-förmigen Signals (ohne Pilotton und ohne Zusatzsignale), welches einen Spitzenhub von ± 19 kHz erzeugt.

Die Gerätetoleranz bei der Messung der MPX-Leistung beträgt 0,2 dB.

Gemessen wird nach den Messvorschriften unter Ziffer 4.2.

4. Messverfahren

Für die Messung der Maximalwerte gemäss Ziffer 3 sind folgende Messvorschriften zu beachten:

4.1 Spitzenhub

Die Messzeit beträgt minimal 20 Minuten, wobei für die Peakwert-Ermittlung je ein Messfenster von maximal 10 Sekunden angewendet wird. Messwerte (Spitzen) von kürzerer Dauer als 1 Millisekunde werden nicht berücksichtigt.

Der Spitzenhub wird numerisch oder graphisch aufgezeichnet.

Erfolgt die Angabe in numerischer Form, muss der Peakwert über die gesamte Messzeit in kHz ermittelt werden. Der Hubanteil, der ± 75 kHz übersteigt, muss in Prozenten angegeben werden.

Erfolgt die Angabe in Form einer Graphik, muss sie als kontinuierliche Kurve über die gesamte Messzeit dargestellt werden.

4.2 Modulationsleistung

Die Leistung des Multiplexsignals wird aus Momentanleistungsmessungen in einem gleitenden Messfenster von 60 Sekunden gemittelt und mindestens jede Sekunde einmal als Messwert festgehalten. Diese Messwerte bilden über die Messdauer die MPX-Leistungskurve. Deren Maximalwert ist der MPX-Peak-Wert inkl. Toleranzen.

Die Messdauer beträgt minimal 20 Minuten. Die Messzeit ist so zu wählen, dass verschiedene Programmarten (Musik/Sprache) berücksichtigt werden.

Graphisch wird die Modulationsleistung als Leistungsverlauf über die Messdauer angegeben, mit der Modulationsleistung auf der Ordinate in dBr und der Zeit auf der Abszisse. Die Darstellung erfolgt als kontinuierliche Kurve.

5. Anforderungen an die Messeinrichtung

5.1 Messbereich und Messfehler

5.1.1 Hub

Der Hubmesser muss mindestens Momentanhübe bis zu ± 125 kHz messen können. Der Fehler der Hubmessung darf die Werte nach Tabelle 1 nicht überschreiten.

Für die Hubverteilung beträgt die Abtastfrequenz mindestens 200 kHz. Der Fehler der Hubmessung darf die Werte nach Tabelle 1 nicht überschreiten.

Tabelle 1

Momentanhub	zulässige Abweichung vom Messwert
≤ 100 kHz	± 1 kHz
> 100 kHz	± 2.5 %

5.1.2 Modulationsleistung

Die MPX-Leistung muss zumindest im Bereich -6 dBr bis + 6 dBr gemessen werden können. Die Abtastfrequenz beträgt mindestens 200 kHz. Der Fehler der Leistungsmessung darf die Werte nach Tabelle 2 nicht überschreiten.

Tabelle 2

Modulationsleistung	zulässige Abweichung vom Messwert
< -3 dBr	$\pm 0,4$ dB
- 3 dBr bis + 3 dBr	$\pm 0,2$ dB
> 3 dBr	$\pm 0,4$ dB

5.2 Messempfänger für Feldmessungen

Der Hubmesser für Feldmessungen muss einen Empfangsteil mit ZF- oder Multiplexsignal-Ausgang aufweisen.

Die in Feldmessungen erzielten Messergebnisse dürfen nur dann verwendet werden, wenn der Nutzsignalpegel am Empfängereingang $E_n \geq 54 \text{ dB } \mu\text{V}$ beträgt und für die Frequenzabstände (Δf) die Eingangs-Nutz/Störsignalverhältnisse (E_n/E_s) nach Tabelle 3 nicht unterschritten werden.

Tabelle 3

Frequenzdifferenz + Δf	Eingangs-Nutz/Störsignalverhältnis E_n/E_s
0 kHz	60 dB
100 kHz	60 dB
200 kHz	0 dB
300 kHz	-25 dB

Die gemessene Feldstärke ist in den Messblättern numerisch anzugeben.

Der maximale Reflexionsfaktor ergibt sich aus den Faktoren gemäss Tabelle 4:

Tabelle 4

Steilheit des Frequenzganges	Verhältnis AM/FM (Reflexionsfaktor)
< 2.0 % / kHz	$\leq 1\%$

Der gemessene Reflexionsfaktor ist in den Messblättern numerisch anzugeben. Zur Einhaltung des Reflexionsfaktors wird die Verwendung einer Richtantenne empfohlen.

5.2.1 Messempfänger

Die Erhebungen der Fernmeldebehörde (Funküberwachungen der Sektion III des BMVIT), werden mit

Audemat FM_MC 4

durchgeführt.

Die Verwendung anderer geeigneter Geräte ist selbstverständlich zulässig, solange die Messverfahren der internationalen Norm entsprechen.