



# HF - Messaufgaben

im Rahmen der Errichtung und des Betriebes von digitalen BOS Objektfunkanlagen

(MA-OV)

Verfasser: Linnemann, AS Niedersachsen, Uwe Micheel, BODeV

Versionsinfo		
Version	Datum	Änderungen
1.0	28.06.2021	Ersterstellung
1.1	12.11.2021	Überarbeitung diverser Messaufgaben
1.2	21.12.2021	Messung M7.06; M8.06; M8.07; M8.09; M8.12; M8.13; M8.21; M8.32
1.3		Vorwort; Kapitel 3; Kapitel 4; M5.02; M5.03, M5.04, M8.23, M8,25

# 1 Inhaltsverzeichnis

1	Inhaltsverzeichnis .....	3
2	Vorwort.....	6
3	Messdokumentation.....	7
3.1	Bei Behörden und öffentlichen Stellen einzureichende Messdokumentationen.....	7
3.2	Dokumentation der übrigen Messungen der DIN 14024-1, Anhang C .....	7
3.3	Aufbewahrung der Messergebnisse .....	7
4	Grundlegende Definitionen .....	8
4.1	Messantenne für Versorgungsmessungen (VM).....	8
4.2	Flächenmesspunkt .....	8
4.3	Referenzmesspunkte .....	8
4.4	Messtapper.....	9
5	Messaufgaben in der Konzeptphase .....	9
5.1	Erforderlichkeitsmessung (M5.01) .....	9
5.2	Versorgungsmessung (VM) ohne aktive OV-Anlage TMO (M-5.02).....	10
5.3	Panorama-Messung (M-5.03) .....	11
5.4	Umfeldmessung (UM) als Teil der PM (M-5.04).....	15
5.5	Punkt zu Punkt Funkfelddämpfungen (M5.05) .....	15
6	Messungen im Rahmen der Montage der digitalen BOS-Objektfunkanlage.....	16
6.1	HF-Verteiler als Schnittstelle zum HF-Verteilnetzwerk (M7.06).....	16
6.2	Ausrichtung ABA in pegelstarker Umgebung (M-7.07) .....	17
6.3	Distance to Fault, Return Loss, elektrische Länge, Messungen am HF-Verteilnetz 17	
6.3.1	Distance to Fault (DTF), Return Loss (RL), Dämpfung, elektrische Länge jeder HF-Kabel-Teilstrecke (M-7.08) .....	17
6.3.2	Distance to Fault (DTF) und Return Loss (RL) von ganzen Linien (Koppler - übergreifend) (M-7.09) .....	19
6.3.3	Dämpfung der HF-Kabellinien des HF-Verteilnetzwerkes (M7.10).....	19
6.3.4	Return Loss (RL) jeder Innenantenne (M-7.11).....	19
6.3.5	Messungen der ABA-HF-Kabellinien (M-7.12) .....	20
7	Messungen im Rahmen der Inbetriebsetzung .....	20
7.1	DL Spektrum / EVM (RMSVE) (M8.01) .....	20
7.2	DL Messungen über Zeit (Fading) (M8.02) .....	21
7.3	DL Funkfelddämpfung (inkl. Freifelddämpfung) (M-8.03) .....	21
7.4	ABA-HF-Wegeredundanz-Umschaltung (M8.04) .....	22
7.5	DL-Channelpower je ABA-Antennenpfad (M8.05) .....	22
7.6	Störfreiheit der Frequenzkorridore zur Anbinde-TBS (M-8.06) .....	23
7.7	Maximaler Summen-Eingangsspegel des TMOR im DL (M-8.07).....	23

7.8	Isolation zwischen Funkfeld der ABA und OV-Funkfeld (M8.08) .....	24
7.9	DL-TMOR-Ausgang (Pegel, EVM) am MT-VAS (M8.09) .....	27
7.10	DL-Leistungsbegrenzung per Träger auf Sollwert (M8.10) .....	27
7.11	HF-DL-aus abgesetzten S/E-Einheiten (M-8.12).....	28
7.12	HF-UL- aus abgesetzten S/E-Einheit(en) (M-8.13) .....	28
7.13	UL-Leistungsbegrenzung je HF-Träger (M8.15).....	29
7.14	UL-Rauschen, Channelpower Muting aktiviert (M8.16).....	29
7.15	UL-Rauschen, Channelpower Muting deaktiviert (M8.17) .....	32
7.16	BOS-UL-Spektrum aus dem HF-Verteilnetzwerk (M8.18) .....	32
7.17	UL- Squelch- und Muting Funktion (M.8.19).....	33
7.18	UL-Störspektrum inkl. Rauschen über Zeit (M8.20) .....	33
7.19	DL-TMOa - Ausgangswerte (Pegel, EVM) (M8.21).....	33
7.20	Broadcast-Informationen TMOa (M8.22) .....	33
7.21	DMO Bakensignal (M-8.23).....	34
7.22	VM (innen + Umfeld) Referenzmesspunkte (8.24) .....	35
7.23	VM (innen + Umfeld) (M-8.25) .....	36
7.24	VM (innen + Umfeld) mit deaktivierter digitaler BOS-Objektfunkanlage (8.26) .....	38
7.25	Außenwirkung auf das TMO Freifeld (M8.27) .....	38
7.26	Außenwirkung mit TMOR-Nachbarsystemen (M8.28) .....	38
7.27	Außenwirkung OV-System nicht netzangebunden M-8.29).....	38
7.28	Außenreichweite TMOa + DMO (M8.30) .....	38
7.29	Umbuchzonen ermitteln, (M8.31).....	38
7.30	HF-Feld Innenantenne ohne eigenen Funktionserhalt (M-8.32).....	39
8	Messaufgaben im Rahmen der Prüfung der digitalen BOS-Objektfunkanlage .....	40
8.1	DL-Spektrum / EVM (M9.01).....	40
8.2	Isolation zwischen Funkfeld der ABA und OV-Funkfeld (M9.02) .....	40
8.3	VM (innen + Umfeld) unter Schadensimulation (M9.03) .....	40
8.4	HF-Feld Innenantenne ohne eigenen Funktionserhalt (M9.04) .....	40
8.5	UL-Spektrum, Channelpower, Muting deaktiviert; VAS aufgeschaltet (M9.05) .....	41
8.6	UL-Kanalspektrum, Channelpower, Muting aktiviert; VAS aufgeschaltet (M9.06) .	41
8.7	Außenwirkung auf das TMO Freifeld (M9.07) .....	41
8.8	Außenwirkung mit TMO-Nachbarsystemen (M9.08).....	41
8.9	Außenreichweite TMOa + DMO (M9.09) .....	41
8.10	Umbuchzonen ermitteln (M9.10).....	41
8.11	Wiederholungsmessung zur QS-Bewertung des HF-Verteilnetzwerks (M9.11).....	41
9	Messaufgaben im Rahmen der Wartung / bei wiederkehrenden Prüfungen.....	42
9.1	Panoramamessungen-Wartung (PM-W; M11.01) .....	42
9.2	Störfreiheit der Frequenzkorridore zur Anbinde-TBS (M11.02) .....	42

9.3	ABA HF-Pfadumschaltung (M-11.03) .....	42
9.4	Isolation Funkfeld der ABA zu OV-Funkfeld (M-11.04) .....	43
9.5	DL-TMOR-Ausgangswerte (Pegel, EVM; M11.05).....	43
9.6	UL-Spektrum, Channelpower, Muting off; (M-11.06).....	43
9.7	UL-Kanalspektrum, Channelpower, Muting On; (M-11.07) .....	43
9.8	DL-TMOa - Ausgangswerte (Pegel, EVM) (M11.8).....	43
9.9	DMO Bakensignal HF-Leistung (M11.09).....	43
9.10	HF-Pegel-Eckwerte an physikalischen Schnittstellen (M11.10).....	43
9.11	VM an festgelegten Referenzmesspunkten (M11.11) .....	44
9.12	Außenwirkung auf das Freifeld (M11.12).....	44
9.13	Außen Reichweite TMO(a) + DMO (M11.13) .....	44
9.14	Wiederholungsmessung an HF-Verteilnetzwerks (M-11.14).....	44

## 2 Vorwort

In diesem Dokument werden die Messaufgaben beschrieben, die im Rahmen der Errichtung und des Betriebes einer Objektfunkanlage nach DIN 14024-1 Anhang C (normativ) durchgeführt werden müssen.

Dieses Dokument wird fortlaufend entwickelt, es gilt die jeweils aktuelle Fassung. Bitte informieren Sie sich dazu auf der Internetseite der AS Niedersachsen.

Die Messaufgaben sind entsprechend den einzelnen Phasen zugeordnet:

- Konzepterstellung
- Planung
- Projektierung
- Montage
- Inbetriebsetzung
- Überprüfung und Abnahme
- Betrieb
- Instandhaltung

Die generelle Verantwortung für jede Phase obliegt dem Auftraggeber und den von ihm beauftragten Fachfirmen. In den Phasen Konzepterstellung, Planung und Projektierung werden die Messaufgaben durch Fachplaner durchgeführt.

Die Messungen der Montage, Inbetriebsetzung und den Überprüfungen vor der Abnahme werden von der zuständigen Fachfirma vorgenommen. Für die Überprüfung ist zusätzlich ein Sachverständiger für BOS-Objektfunk (SV-OV) vorgesehen.

Für den Betrieb und die Instandhaltung der Objektfunkanlage ist weiterhin der Auftraggeber, nun in der Rolle des Betreibers, verantwortlich. Er kann sich dazu wiederum einer Fachfirma bedienen.

Das Dokument orientiert sich in der Struktur am Anhang C der DIN 14024-1. In der Tabelle C.2 der DIN 14024-1 wird dargestellt, welche Messaufgaben je Anlagentyp durchzuführen sind. Die Nummerierung der einzelnen Messungen entspricht den Phasen der DIN, wobei die erste Ziffer für die Nummerierung der Phasen der DIN 14024-1 steht und die folgenden einer fortlaufenden Nummerierung.

Neben den zu verwendenden Messmitteln und Messaufbauten wird auch der Dokumentationsumfang beschrieben.

Die Messaufgaben aus dem L-OV der BDBOS, sowie aus den „Vorgaben für Planer und Errichter von digitalen BOS Objektfunkanlagen“ wurden auszugsweise in dieses Dokument integriert und werden ggf. an die Anforderungen der DIN angeglichen.

Begriffe und Abkürzungen sind in der DIN 14024-1 in Kapitel 3 gelistet.

## 3 Messdokumentation

### 3.1 Bei Behörden und öffentlichen Stellen einzureichende Messdokumentationen

Die Messergebnisse, die im Rahmen des Aufbaus und Betriebes von OV-Anlagen bei den Behörden und öffentlichen Stellen eingereicht werden, sind sinnvoll zusammenzufassen und entsprechend den jeweiligen Vorgaben in Berichtsform zu dokumentieren. Diese Vorgaben können bei unterschiedlichen Behörden gegebenenfalls voneinander abweichen (zum Beispiel unterschiedliche Farbschema bei den Messungen).

Der Messbericht muss für jede Messung mindestens auf folgende Informationen verweisen:

- Name, Anschrift des Objekts
- Datum, Uhrzeit der Messung
- Name der messenden Person
- Verwendete Messgeräte, Seriennummer, letzte Kalibrierung
- Verwendeter Mess-Sender (incl. Standort WGS84-Koordinate, bzw. Skizze)
- Verwendetes Zubehör (Messantenne(n), Filter und HF-Kabel)
- Beschreibung Messaufbau
- Erforderliche Fotografien
- Legende
- Lesbare, eindeutige Darstellung der Messergebnisse
- Auswertung und Deutung der Messung

### 3.2 Dokumentation der übrigen Messungen der DIN 14024-1, Anhang C

Die Messergebnisse sind in strukturierter Form elektronisch der Anlagendokumentation beizufügen, zum Beispiel als Bilddatei (Screenshot), PDF-Dokument oder Messwerttabelle. Die Messungen müssen für Fachpersonal verständlich sein. Dabei sind die Dateien so benennen, dass Zeit, Ort und Art der Messung ersichtlich sind und diese eindeutig zuzuordnen ist.

Die Benennung der Dateien kann beispielsweise wie folgt aussehen:

- 20220127\_M8-12\_RU2.pdf
- M7-08\_Kabel 6\_open\_20220304.jpg

Darüber hinaus kann es erforderlich sein, Messergebnisse in Papierform der Anlagendokumentation beizufügen. In diesem Fall ist der Ausdruck mit der Dateibezeichnung zu versehen, um auch diesen eindeutig zuordnen zu können.

### 3.3 Aufbewahrung der Messergebnisse

Die Original-Messdateien der Messungen im Rahmen des Aufbaus und Betriebes einer OV-Anlage sind durch die beauftragte Fachfirma für 5 Jahre zu archivieren, in elektronischer Form an der OV-Anlage zu hinterlegen und auf Aufforderung den Behörden und öffentlichen Stellen zur Verfügung zu stellen. Die Messdateien sind eindeutig zu benennen.

## 4 Grundlegende Definitionen

### 4.1 Messantenne für Versorgungsmessungen (VM)

Über eine Messantenne werden die HF-Parameter von einem Messempfänger mit 50  $\Omega$ -Eingangsimpedanz bewertet. Eine Antenne für Messzwecke muss neben den technischen Daten die Antennenfaktoren und Strahlungsdiagramme der genutzten Frequenzbereiche beinhalten (mit Nachweis).

Eine mobile Messantenne benötigt kein zusätzliches HF-Gegengewicht (z. B. symmetrisch gespeister  $\lambda/2$ -Dipol,  $\lambda$  = Lambda für Wellenlänge). Ein Antennengewinn mit Bezug zur isotropen Antenne ist bei VM immer rechnerisch zu kompensieren (Bei Einsatz eines 0dBd  $\lambda/2$ -Dipols sind z.B. 2,15 dB vom Messwert abzuziehen).

### 4.2 Flächenmesspunkt

Zur messtechnischen Ermittlung von Flächenmesspunkten darf ein Trägersystem (z.B. Rucksack oder Tablet) verwendet werden. Darüber hinaus ist grundsätzlich eine Messantenne ([Kapitel 4.1](#)) zu verwenden. Die Korrekturfaktoren des Messaufbaus sind in der Auswertung zu berücksichtigen und zu dokumentieren.

Der Einfluss des Messtechnikers auf das Messergebnis ist bei dieser Messmethode möglichst gering zu halten. Die Reproduzierbarkeit ist bei hier nicht gegeben, die Aussagekraft des Messergebnisses erfolgt aus der Vielzahl der Messzyklen des Messgerätes bei Bewegung.

Aus diesem Grund sind die einzelnen Messpunkte bei gleichmäßiger Bewegung durch das Objekt aufzunehmen.

### 4.3 Referenzmesspunkte

Referenzmesspunkte werden aus zwei Gründen aufgenommen. Zum einen bei Messungen zum Nachweis der Erforderlichkeit von OV-Anlagen (M5.01, M5.02). Hier kann es nötig sein, eine vorhergehende, nicht eindeutige Messung zu verifizieren.

Zum anderen, dem Hauptgrund für Referenzmesspunkte, zur messtechnischen Aufnahme von reproduzierbaren HF-Leistungsmessungen für eine spätere Überprüfung, Wartung, bzw. Instandsetzung. Diese Messpunkte sind durch den Fachplaner in der Planungsphase in ausreichender Menge an neuralgischen Punkten (z.B. Fluchttreppenraum, FIZ) festzulegen. Sie sind in die Dokumentation (AP, Umgebungsplan, BSB) aufzunehmen. Innerhalb einer Fläche von 1 m<sup>2</sup> kann der Bestwert genutzt werden.

Die messtechnische Ermittlung der Funkversorgungsgüte erfolgt durch Montage einer Messantenne ([Kapitel 4.1](#)) auf einem Stativ in 1.5m Höhe. Die Antenne muss im Radius von 1,5m freistehend sein. Die Messdauer beträgt mindestens 1s. Es ist der Maximalwert über die Messzeit mit Detektor Avg (VRMS) zu ermitteln.

Alternativ kann diese Messung auch mit der Messantenne an einer nicht leitenden Verlängerung (z.B. Holzstab) durchgeführt werden, wobei die Antenne verschwenkt wird. Diese Messung muss über mindestens 10s erfolgen (Messzeit mit Detektor Avg (VRMS)). Als Ergebnis ist der Maximalwert der Sequenz nehmen.



## 4.4 Messtapper

Messtapper sind fest verbaute OV-Anlagen-Bestandteile. Sie dienen zur Durchführung von rückwirkungsfreien Spektrum-Messungen im Wirkbetrieb. Grundsätzlich sind Messtapper mit einer Auskoppeldämpfung von 15 dB (bester Kompromiss zwischen Längs- und Auskoppeldämpfung) zu verwenden. Der nicht belegte Auskoppelpport (Messport) sollte mit 50 Ohm abgeschlossen sein.

Messtapper sind an jeden HF-Port einer S/E-Einheit zu installieren.

Beispiele:

MT-ABA	Messtapper Anbindeantenne
MT-VAS	Messtapper zum Abstrahlsystem
MT-VAS S/E-1	Messtapper HF-Verteilnetzwerk der S/E-Einheit 1.

Vor Inbetriebsetzung der OV-Anlage ist jeder Messtapper zu kalibrieren. Hierbei ist die Durchgangsdämpfung, sowie die Auskoppeldämpfung je Richtung zu ermitteln. Der Tapper ist mit den tatsächlich ermittelten Werten zu beschriften.

## 5 Messaufgaben in der Konzeptphase

### 5.1 Erforderlichkeitsmessung (M5.01)

#### Ziel der Messung

Nachweis der technischen Erforderlichkeit einer aktiven, digitalen BOS-Objektversorgungsanlage.

Sammelbegriff über mehrere unterschiedlichen Messungen. Die lokal fordernden BOS definieren die OV-Systempräferenzen und damit unterschiedliche Messanforderungen und Messumstände!

#### Messdurchführung

Die Erforderlichkeitsmessung (TMO) ist bei dem Nachweis der Funkversorgung durch das Freifeld entsprechend [Kapitel 5.2](#) durchzuführen und zu dokumentieren.

Ist der Nachweis einer Funkversorgung durch den nicht netzgebundenen Einsatzstellenfunk (DMO) zu erbringen, ist die Messung entsprechend [Kapitel 5.5](#) durchzuführen und zu dokumentieren.

## 5.2 Versorgungsmessung (VM) ohne aktive OV-Anlage TMO (M-5.02)

### Ziele der Messungen

1. Erforderlichkeitsmessung (EM) in der Betriebsart TMO, zum Nachweis der Notwendigkeit einer Objektfunkanlage. Die Leistung und Qualität der Freifeldeinstrahlung in das Objekt hinein wird hier gemessen. Umfang der Messpunkte und Mindestanforderung an den Empfangspegel können durch Vorgabe der anfordernden BOS erfolgen.
2. Zur Planung und Dimensionierung einer netzgebundenen Objektfunkanlage und nach behördlicher Festlegung der Anbindezelle ist die „Versorgungsmessung ohne aktive Objektfunkanlage“ (VM ohne OV) im gesamten Objekt durchzuführen.

### Messaufbau und Durchführung Messung 1

Für die Durchführung der Erforderlichkeitsmessung sind im Objekt nach den Vorgaben der anfordernden BOS Flächenmesspunkte (Kapitel 4.2) aufzunehmen.

Ist die HF-Leistung aus dem Freifeld in einem Objekt lediglich in einem räumlich begrenzten Bereich geringer als -80 dBm, aber nicht schlechter als -95 dBm und es gibt darüber hinaus keine weiteren unterversorgten Bereiche, so ist als weiteres Kriterium der Erforderlichkeit oder Nicht-Erforderlichkeit einer Objektfunkanlage eine verifizierende Messung erforderlich. Diese geringen HF-Leistungen sind über Referenzmesspunkte (Kapitel 4.2) nachzuweisen.

Die Erforderlichkeitsmessung hat bei geschlossener Fassade zu erfolgen. In Ausnahmefällen können Messungen bei nicht vollständig geschlossenen Fassaden durch Prädiktions-Berechnungen ergänzt werden.

### Messaufbau und Durchführung Messung 2

Für die VM ohne OV ist die Versorgung des Objekts mit Flächenmesspunkten zu ermitteln. Hierzu muss die Fassade vollständig geschlossen sein.

Es sind alle relevanten Freifeldzellen, mindestens aber die Anbindezelle, der Best- und 2nd-Best-Server, eines jeden Messpunktes, zu erfassen und alle zur Planung notwendigen Parameter der zu versorgenden Flächen zu ermitteln.

Sinnvoll ist es, an dieser Stelle auch das Störspektrum im Objekt zu betrachten, um diese Einflüsse berücksichtigen zu können.

### Auswertung

Bei der Erforderlichkeitsmessung ist zu prüfen, ob die durch die anfordernde BOS geforderte Funkversorgungsqualität im Objekt gegeben ist.

Bei der VM ohne OV ist auch die Bewertung der Modulations-Qualität über den Vektorfehler (RMSVE) auszuwerten.

Die VM ohne OV ist hinsichtlich der Interferenzfreiheit, bzw. Gleichkanalstörung, gemäß ETSI EN 300 392-2 zu bewerten, welche besagt, dass das C/I  $\geq 19$  dB sein muss.

### Dokumentation

Die Ergebnisse der EM und der VM ohne OV sind jeweils grafisch und tabellarisch in Berichtsform entsprechend [Kapitel 3.1](#) zu dokumentieren. Für die beiden Messungen ist jeweils ein separater Messbericht zu erstellen. Hierbei ist die Best-Server-Zelle des Messpunktes in der tabellarischen Darstellung farblich zu markieren.

Bei der EM ist die tabellarische Darstellung des Vektorfehlers (RMSVE) ausreichend. In der Auswertung sind die Referenzmesspunkte zu kennzeichnen.

### 5.3 Panorama-Messung (M-5.03)

#### Ziel der Messung

Ermittlung der TMO-Anbinde-TBS über störungsfreie Frequenzkorridore je Kanal (MCCH plus 1-7 TCH) zwischen TBS und TMOR

Diese Mess- und Auswertungsanforderungen weisen teilweise optionale Punkte auf, die abhängig von den Anforderungen und der Verfahrensweise des Landes zu erbringen sind. Hierzu sei abermals auf den Hinweis zum „Vor-Abstimmungsgespräch“ verwiesen.

Hinweis: Die PM ( 9.1 aus dem L-OV der BDBOS Version V3.3 – 20.05.2019 beinhaltet neben den Messanforderungen wertvoll erläuternde Informationen

#### Messaufbau

Die PM ist grundsätzlich an Positionen durchzuführen, an der später die Anbindeantenne platziert werden könnte und die eine 360° Rundumsicht ermöglicht. Ggf. ist mehr als ein Standort zu wählen, um der 360° Messanforderung gerecht zu werden. Der Standort ist jeweils so auszuwählen, dass die Anforderung einer freien ersten Fresnelzone bestmöglich erfüllt wird. Das schließt die spätere Nutzung von baulichen Gegebenheiten für gezielte Entkopplung der Anbinde-Basisstation nicht aus, ein initialer Überblick über die Gesamtsituation ist jedoch notwendig.

Die genutzte aktive und passive Messtechnik inkl. der Antennen ist detailliert unter Darstellung eines Blockschaltbildes zu beschreiben. Die Basiseinstellungen, sowie die Toleranzen der Parameter sind zu dokumentieren. (Umfassendes Messprotokoll)

Es werden 2 vertikal polarisierte Antennen für die Messungen benötigt:

- Rundstrahlantenne 360°; Lambda/2; Gewinn 2dBi.
- Richtantenne mit Öffnungswinkel  $\leq 47^\circ$  (3dB) und einer Nebenkeulendämpfung von  $\geq 20$ dB im Bereich von  $55^\circ$  bis  $305^\circ$  im Antennen-Kreis-Diagramm.

In Sonderfällen kann die zuständige Landesstelle in Abstimmung mit der BDBOS bei Notwendigkeit eine abweichende Charakteristik vorgeben.

Die Position der Messantenne ist per GPS-Empfänger aufzunehmen und im WGS 84 Format zu dokumentieren. Zusätzlich ist die Höhe über Dach und über Grund anzugeben.

Für alle Messungen gilt:

- Es ist ein Bandpassfilter 390-396,5 MHz zwischen Antenne und Mess-Empfänger zu schalten, (Blocken des Einflusses anderer Funk-Systeme). Dämpfung und Frequenzgang des Bandpassfilters und der HF-Messkabel sind in den Messergebnissen rechnerisch zu kompensieren. Alle Pegelangaben der PM beziehen sich immer auf den Antennenfußpunkt
- Aufnahme des Downlink-Spektrums (alle Kanäle) von 390-396,5 MHz. Je MCCH sind  $\geq 10$  Messungen (Mess-Sequenzen), gleichmäßig verteilt über einen Zeitraum von mindestens einer Minute durchzuführen
- Je MCCH die Auswertung der Kanalleistung in 24.3 kHz Bandbreite und einer RBW  $\leq 300$  Hz. Jeweils berechnet auf die gesamte Messzeit von  $\geq 1$  Minute mit den Zielangaben:
  - Average aller Einzelbewertungen

- Max-Hold
- Min-Hold

EVM-(RMSVE) Bewertung von MCCH

### **Messdurchführung**

Hinweis:

Unmittelbar vor Messdurchführung sollte über die AS erfragt werden, ob im Messgebiet Ausfälle von TBS zu verzeichnen sind. Mögliche fehlende Zellen würden das Ergebnis der PM insgesamt in Frage stellen

#### **Messungen mit 2 dBi Rundstrahler**

- Kanalleistung- und EVM-Bewertung aller MCCH aus dem Spektrum
- Erste Auswertung der Broadcast Informationen jeder empfangbaren TBS

#### **Messungen mit Richtantenne**

- Der Referenzlevel für alle Richtungsmessungen im Vollkreis ist manuell fixiert konstant zu halten. Um eine Übersteuerung des Messempfängers zu verhindern, ist die maximal mögliche Summenleistung des Spektrums mit Bezug zur Rundstrahlermessung zu berechnen. Dabei ist der Gewinn der Richtantenne zu berücksichtigen, sowie der Leistungsanteil, um den sich durch temporäres Auftasten weiterer TCH (der Best- und Second-Server) die zu messende Gesamtleistung einer Richtungsmessung erhöhen könnte. Auf diese Leistung muss sich der Referenzlevel im Vollkreis beziehen
- Beginnend mit 0° (Nord) ist die Richtantenne in 24 Positionen (Drehwinkelweite je 15° im Vollkreis) für die Dauer der Mess-Sequenzen zu fixieren. Die AS kann abweichende Winkelweiten vorgeben.
- Kanalleistung- und EVM-Bewertung aller MCCH aus dem Spektrum

### **Auswertung**

Die PM-Ergebnisse sind unter Beachtung der folgenden Vorgaben aufzubereiten:

- Einbindung der UM -Auswertung aus Artikel 5.23:
- Alle Best- und Second-Server der UM, sowie die MCCH aller Mess-Sequenzen aus den Richtungsmessungen mit einer Kanalleistung von  $\geq -70$  dBm sind in Kanalleistung und EVM zu bewerten
- Das gesamte DL-Frequenz-Spektrum kann entweder mit  $RBW \leq 5$  kHz Kanalvergleichend oder über Channel-Power Messungen ( $RBW \leq 300$  Hz) absolut bewertet werden. Es ist im Ergebnis je Richtungsmessung so aufzubereiten, dass die Bewertung der notwendigen Frequenzkorridore (über die Prüfung aller Nachbarkanäle der TMOR-Filterbandbreite) der zuständigen Landesstelle auch möglich ist.
- Die Modulationsqualität ist für jeden Messpunkt der Kanal-Auswertematrix in Anlehnung an die ETSI Spezifikation TS 101 789-1 V1.1.2 Abschnitt 5.5.6 als Vektorfehler (RMSVE) zu ermitteln.
- Ermittlung folgender Zellparameter der bewerteten MCCH:
  - Tetra-Kanal-Nummer; Frequenz; LAC (Dezimal)
  - FRT, FRH, SRT, SRH, (ETSI EN 300 392-2; Artikel 18.3.4.5 „
  - Minimum RX Access Level (siehe ETSI EN 300 392-2; 18.5.12)

- Access\_Parameter und MS\_TXPwr\_Max\_Cell (ETSI EN 300 392-2 ; 23.4.4.2 = UL-Sendeleistungsregelung)
- Liste der Nachbarzellen-Beziehungen aller Best-Server

Dokumentation

Die Dokumentation hat gemäß Artikel 3.1 und folgenden Ergänzungen:

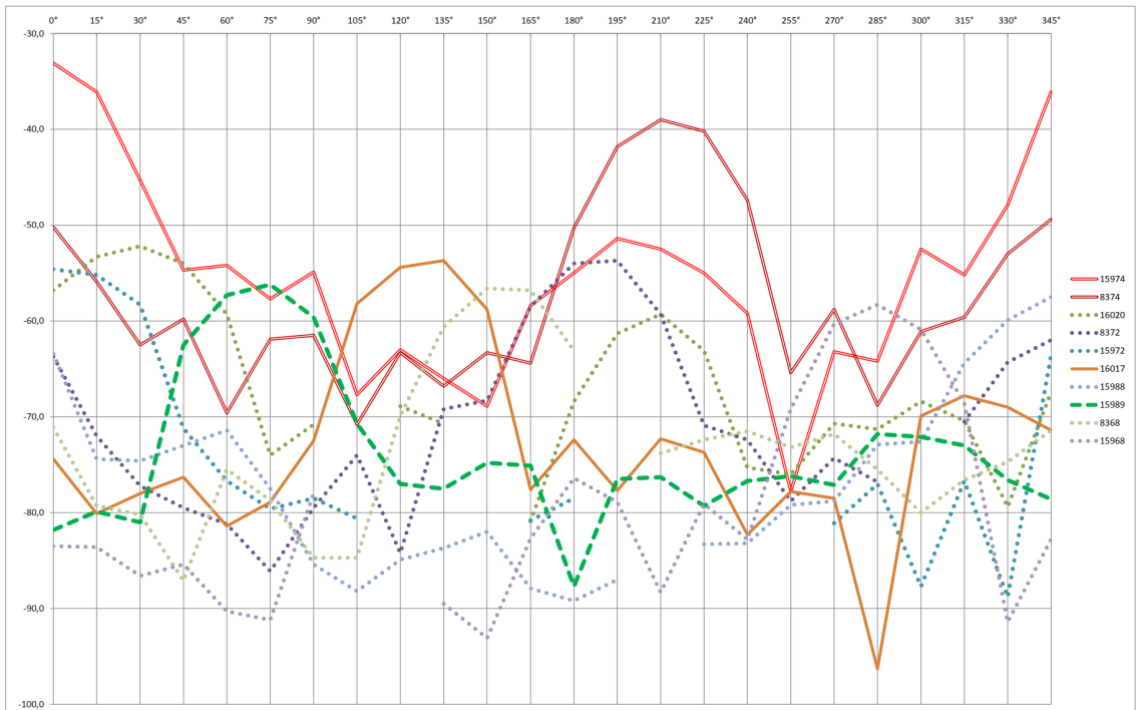
- Je 1 Foto vom gesamten Messaufbau mit Rundstrahl- und Richtantenne unter Einbezug der Umgebung des Mess-Ortes
- Foto jeder Richtungs-messung unter Einbezug der Richtantenne (Sichtachse parallel zur Antennen-Achse; Bild-Öffnungswinkel > 60°) beschriftet mit Nord-azimut und den Koordinaten im WGS 84 Format
- CSV-Datei mit den Rohdaten aller Messungen
- 1x Datentabelle der pegelgefilterten MCCHs aus Richtungs-messungen plus Rundstrahlmessung unter jeweiligem Bezug auf Kanal, Frequenz, LAC (Best- und Second-Server markiert), Channel-Power (Bestwert pro Sequenz markiert) und EVM (RMSVE). Vektorfehler >10% sind farblich abzusetzen
- 1x Liniendiagramm aller gemessenen Frequenzen mit mindestens einem Messwert von ≥ -75 dBm im Vollwinkel.
  - 1x Liniendiagramm als Option, reduziert auf technisch mögliche TMOR Anbindungen > -65 dBm
- 1x Kreisdiagramm, Inhalt abgeleitet aus dem vorhergehenden Liniendiagramm reduziert auf technisch mögliche TMOR Anbindungen

Beispiel:  
Datentabelle Auswertung mit Informationen an die AS

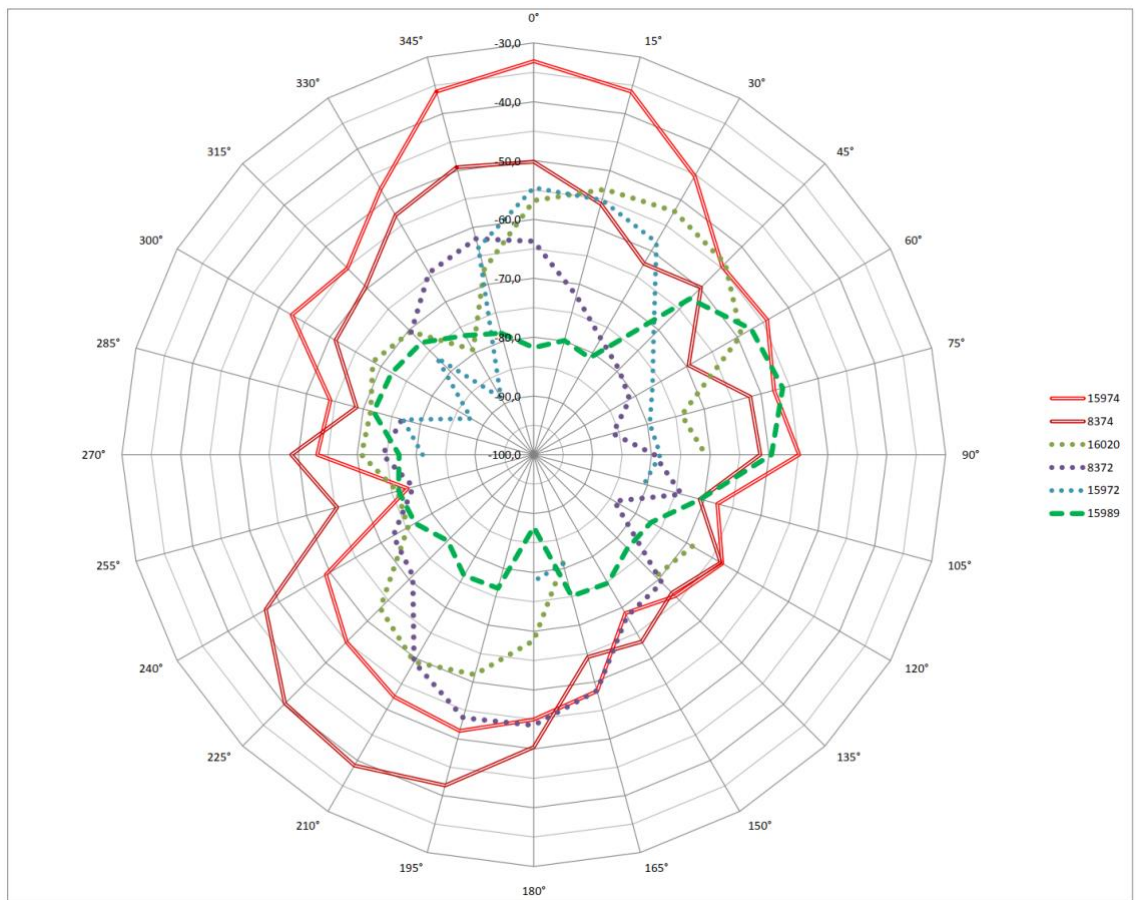
Mess-Empfänger, Typ		Real Time Signal Analyser Tektronix RSA306		Datum																											
Serien-Nummer		xxxxxxxxxx		Projekt																											
Kalibrierdatum		xxxx-yy-zz		Koordinaten																											
Unternehmen		xxxxxxxxxx		Messdaten aufgenommen von																											
N	B	302,2375	15974	3680	-42,2	-38,3	-36,1	-45,3	-54,7	-54,2	-57,7	-54,9	-67,7	-63,0	-66,0	-68,9	-58,4	-55,0	-51,4	-52,5	-55,0	-59,2	-77,8	-63,2	-64,2	-52,5	-55,2	-47,9	-36,1	dBm	Bemerkungen
B	N	306,5125	8374	3620	-51,3	-50,2	-55,9	-62,5	-59,8	-69,6	-61,9	-61,5	-70,8	-63,3	-66,8	-63,3	-64,4	-50,3	-41,8	-39,0	-40,2	-47,4	-65,4	-58,8	-68,8	-61,1	-59,6	-53,0	-49,4	dBm	Bemerkungen
-	N	301,9375	16020	3677	-59,6	-56,8	-53,3	-62,2	-54,0	-59,3	-74,0	-70,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	dBm	Bemerkungen
N	-	301,6625	8372	3666	-61,2	-63,7	-72,0	-77,2	-79,5	-81,2	-86,1	-79,5	-74,0	-84,2	-69,2	-68,3	-58,5	-54,0	-53,7	-59,3	-70,9	-72,4	-78,8	-74,3	-76,8	-	-70,5	-64,3	-62,0	dBm	Bemerkungen
-	-	303,2875	15972	3731	-64,1	-56,6	-55,2	-58,3	-71,2	-76,7	-79,6	-78,5	-80,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	dBm	Bemerkungen
N	N	302,1875	16017	3687	-64,4	-74,4	-80,1	-78,0	-76,3	-81,4	-78,9	-72,5	-58,2	-54,4	-53,7	-58,8	-77,6	-72,4	-77,7	-72,3	-73,7	-82,3	-77,8	-78,5	-96,3	-69,9	-67,8	-69,0	-71,4	dBm	Bemerkungen
-	N	304,6625	15988	3786	-65,7	-63,4	-74,4	-74,6	-73,0	-71,4	-77,5	-81,4	-88,2	-84,9	-83,7	-82,0	-87,9	-89,2	-87,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	dBm	Bemerkungen
N	N	303,6375	15989	3745	-66,1	-81,8	-79,9	-81,0	-82,5	-57,3	-66,2	-59,6	-70,7	-77,0	-77,5	-74,8	-75,1	-87,7	-76,5	-76,3	-79,3	-76,7	-76,2	-77,1	-71,8	-72,1	-73,0	-76,6	-78,6	dBm	Bemerkungen
N	-	306,4625	8368	3618	-66,4	-71,1	-79,3	-80,2	-87,1	-75,5	-78,7	-84,7	-84,7	-69,9	-60,6	-56,6	-56,8	-63,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	dBm	Bemerkungen
N	N	304,0875	15968	3763	-66,9	-83,5	-83,6	-86,6	-85,4	-90,3	-92,2	-78,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	dBm	Bemerkungen	
																															2,3

Notizen: Alle HF-Messungen sind kontinuierlich bei einer Bandbreite von 5 MHz und 7Ms über jeweils 1 Minute aufgeschonert und über die IQ-Daten reproduzierbar archiviert worden.  
Die "Informationsmengen" haben ergeben, dass es zwei Best-Server geben kann: LAC 15974 und LAC 8374, siehe Kennzeichnung als Best-Server (B). Die Nachbarzellenbeziehungen sind gezeichnet (N).  
Als Antenne für die OMNI-360° Messreihe wurde eine Marier MAS 450 genutzt, als Richtantenne wurde eine Funkbau Marier AS 2x SEA B log gemäß den Vorgaben des L-ÖV ab Versio 3.3 eingesetzt.  
Der stärkere Best-Server wird in ca. 0,007 mit einer Kanalleistung von -33,1 dBm empfangen. Untenstallt man 8 Träger gleichzeitig als aktiv, würde dies einer Summenleistung von -24,1 dBm entsprechen.  
Dieser Tabelle sind 2x Diagramme beigelegt: 1x Alle Träger als Liniendiagramm, 1x Kreisdiagramm-Darstellung (reduziert)

Beispiel: Diagramm PM kartesisch



Beispiel: Diagramm PM polar



## 5.4 Umfeldmessung (UM) als Teil der PM (M-5.04)

### Ziel der Messungen

Ermittlung aller Best- und Second-Server der BOS-Freifeld-Versorgung um das zu versorgende Objekt.

Die UM unterstützt damit Planer und die zuständige Landesstelle bei der fundierten Auswahl der Anbinde-TBS. Sofern laut folgender Panoramamessung mehrere Anbindungsvarianten möglich sind, kann anhand der gemessenen Versorgung im Umfeld des Objektes die optimale Anbindungszelle bestimmt werden, bei der z. B. alle erforderlichen Nachbarschaften bereits eingerichtet sind.

### Messmittel und Durchführung

Für die UM ist die Versorgung außen am Objekt mit Flächen-Messpunkten (Kapitel 4.1 / 4.2) zu ermitteln und das dort beschriebene Messverfahren zu verwenden. Die Messpunkte sind nicht grundsätzlich nach einem starren Rastermaß angeordnet, sondern können in bestimmten Bereichen variabel in Abhängigkeit von der Funkversorgungsgüte festgelegt werden.

Folgende Kriterien für die Festlegung von außen liegenden Messpunkten zur Erfassung von Min- und Max-Pegeln sind zu beachten:

- primär zur Darlegung der Einhaltung der behördlichen Vorgaben
- Vor sämtlichen Gebäudezugängen im Abstand von jeweils 1,5m bis 2m. Nebeneinanderliegende Zugänge innerhalb von 15m können über die Messung eines Zugangs zusammengefasst werden.
- Auch höher gelegene Übergänge (z.B. Terrassen, Parkdecks, Gebäudeübergänge) sind in die UM einzubeziehen
- Der Abstand zwischen den Messpunkten darf max. 20m betragen.

### Auswertung und Dokumentation

Die Messwerte sind grafisch (nummerierte Messpunkte in Grundrissplänen und Umfeldkarte(n)) und tabellarisch (LAC; Kanalleistung, EVM) auszuweisen.

Messpunkte mit einem RMSVE  $\geq 10\%$  sind farblich in der Tabelle zu kennzeichnen. Derartige Bereiche sind besonders zu überprüfen und die dauerhafte Funktionsfähigkeit der Ende-zu-Ende Kommunikation ist jeweils festzuhalten.

Die Dokumentation hat gemäß [Kapitel 3.1](#) zu erfolgen.

## 5.5 Punkt zu Punkt Funkfelddämpfungen (M5.05)

### Ziel der Messung

Nachweis der technischen Erforderlichkeit einer aktiven, digitalen BOS-Objektversorgungsanlage.

Sammelbegriff über mehrere unterschiedlichen Messungen. Die lokal fordernden BOS definieren OV-Systempräferenzen und damit unterschiedliche Messanforderungen und Messumstände!

### **Messdurchführung**

Der Umfang der Erforderlichkeitsmessung wird von der anfordernden Stelle/BOS definiert.

Die Anzahl der Messpunkte ist mit der zuständigen Landesstelle abzustimmen, sofern keine Vorgaben der anfordernden BOS bestehen. Zur Durchführung der Messung bei nicht netzgebundener Nutzung ist ein Testsender im vorgegebenen Frequenzbereich (406,1 - 410 MHz) und über den Messaufbau die Funkfelddämpfung mit einer minimalen Messdynamik von 135 dB zu ermitteln.

Die Höhe der freistehenden 0 dBi Antenne hat 1,5 m zu betragen. Der (die) Aufstellort(e) des Messsenders (z.B. Anlaufpunkt Feuerwehr), sowie der zu versorgende Bereich im und um das Objekt wird von der anfordernden BOS bzw. der zuständigen Landesstelle vorgegeben.

### **Messauswertung**

Zur Entscheidung über Erforderlichkeit oder Nicht-Erforderlichkeit einer Objektfunkanlage sind im Bereich einer Funkfelddämpfung von 110 dB bis 125 dB die Messwerte als Referenzmesspunkte (siehe Kapitel 5.2) aufzunehmen. Weisen Bereiche des Objektes eine höhere Funkfelddämpfung als 125 dB auf, können Flächenmesspunkte verwendet werden. In der Auswertung sind die Referenzmesspunkte besonders zu kennzeichnen.

### **Dokumentation**

Zur Darstellung der Messergebnisse ist in dBm-Werte umzurechnen (bezogen auf 30dBm EIRP). Die Ergebnisse sind grafisch und tabellarisch in Berichtsform entsprechend [Kapitel 3.1](#) darzustellen.

## **6 Messungen im Rahmen der Montage der digitalen BOS-Objektfunkanlage**

### **6.1 HF-Verteiler als Schnittstelle zum HF-Verteilnetzwerk (M7.06)**

#### **Ziel der Messung**

Prüfung der HF-Parameter des symmetrischen Verteilers bei Impedanz Fehlern des HF-Verteilnetzwerks (Rückwirkung auf den HF-Verteiler durch öffnen der Schleife). Diese Messung ist nur notwendig, wenn die HF-Eigenschaften des 3dB- Koppler nicht vorliegen.

#### **Messaufbau und Durchführung:**

Mit einem VNA sind Reflexionsmessung (S11) und Transmissionsmessung (S21) vom Port der S/E-Einheit zu beiden Ports des HF-Verteilnetzwerkes (Schleifenbildung einer HF-Linie).

Beide Parameter sind wechselseitig unter folgenden Bedingungen zu ermitteln:

- Zweiter Schleifen-Port ist mit 50 Ohm abzuschließen
- Zweiter Port ist offen zu lassen

Hinweis:



Die wechselnde Aufhebung der Wegeredundanz ist typischer Bestandteil des Funktionalen Praxistests. Dabei wird meist direkt am 3dB Verteiler oder in unmittelbarer Nähe ein Port vom HF-Verteilnetzwerk geöffnet.

Ein nicht entkoppelter Verteiler reflektiert das Signal am offenen Port und erhöht damit die Summenleistung am anderen Port über ein phasenverschobenes Signal um ca. 2,5 dB.

### **Folgerung**

Wenn ein HF-Kabel zum HF-Verteilnetzwerk für Testzwecke (z.B. Redundanztests) vom symmetrischen Verteiler abgetrennt wird, ist der Verteiler-Port immer mit 50 Ohm ausreichender Leistung abzuschließen.

### **Dokumentation:**

Eine gesonderte Dokumentation ist hier nicht erforderlich.

## **6.2 Ausrichtung ABA in pegelstarker Umgebung (M-7.07)**

### **Ziel der Messung**

Notwendigkeit der Messung besteht nur bei Maßnahmen zur Begrenzung der Summenleistung des wirksamen HF-Spektrums auf den breitbandigen Vorverstärker des TMOR. (vgl. M8.07)

Es erfolgt eine Optimierung der TMOR-Funktion durch "Schielen" der ABA (Verdrehen der Antenne gegenüber der Planausrichtung), um den Einfluss starker Frequenzen zu reduzieren. Es soll vermieden werden, dass die DL ALC Regelung des breitbandigen TMOR Vorverstärkers einsetzt.

### **Messmittel und Durchführung der Messung**

Ein Spektrumanalysator mit TETRA Decodierung ist direkt an der ABA anzuschließen.

Es ist in einem iterativen Prozess die ABA in kleinen Schritten aus der Sollausrichtung herauszudrehen, bis der Einfluss der starken Frequenz ausreichend minimiert ist und Pegel und Signalqualität der Anbindezelle unbeeinflusst bleibt.

### **Dokumentation**

Sofern eine Ausrichtungsänderung erforderlich ist, ist diese über die abweichende Blickrichtung fotografisch zu erfassen und der zuständigen Landesstelle mitzuteilen. Gleichzeitig ist sie in die Anlagendokumentation zu übernehmen.

## **6.3 Distance to Fault, Return Loss, elektrische Länge, Messungen am HF-Verteilnetz**

### **6.3.1 Distance to Fault (DTF), Return Loss (RL), Dämpfung, elektrische Länge jeder HF-Kabel-Teilstrecke (M-7.08)**

#### **Ziel der Messung**

Bei der DTF / RL-Messung (S11) wird über die Signallaufzeit die elektrische Länge, bzw. unter Berücksichtigung des Verkürzungsfaktors, die tatsächliche Länge einer HF-Kabellinie bestimmt. Darüber hinaus sind ggf. vorhandene Fehlerstellen zu detektieren.

Bei der DTF/RL-Messung werden mittels Signallaufzeitbetrachtung charakteristische HF-technische Eigenschaften über die Länge einer HF-Kabellinie bestimmt. Sie hilft dabei unter anderem Fehlerstellen auf dem Kabel zu detektieren.

Jede Linie (Haupt- und Sub-Kabelstrecken) ist zu prüfen und grafisch zu dokumentieren.

### **Messmittel und Durchführung der Messung**

Die Messung ist mit einem vektoriellem Netzwerkanalysator (VNA) durchzuführen. Es ist eine Auflösung von mindestens 501 Messpunkten erforderlich. Die Dynamik des VNA hat mindestens 60 dB zu betragen.

Der Frequenzhub (Stop-Frequenz minus Start-Frequenz) ist in Abhängigkeit von der Messaufgabe (elektrische Länge und Messauflösung) zu wählen.

Wichtig: Die maximal zu messende Streckenlänge ist abhängig von der Anzahl der Messpunkte und dem Frequenzhub. Die Messauflösung nimmt zu, je größer der Frequenzhub ist. (Hinweis: Bei zu geringer Auflösung verschmelzen mehrere Fehler zu Einem und die Position der Fehlerstelle wird unschärfer)

Jede Haupt- und Sub-Kabelstrecke ist einmal mit offenem Streckenende zu messen und einmal mit 50  $\Omega$  abgeschlossen (zur Verifizierung des Messpunktes) zu messen. Bei längeren Kabelstrecken (> 250 m) ist diese Messung beidseitig durchzuführen, um auch signifikante Fehlerstellen über die größere Längsdämpfung sicher detektieren zu können.

Die Längsdämpfungskorrektur ist hierbei grundsätzlich auf 0 zu setzen. Wird sie aktiviert (nicht bei Strahlerkabel!) ist der Wert anzugeben. Hinweis: Die Längsdämpfung von Strahlerkabel ist abhängig von der Montage/Umgebung!

Es sind folgende Einstellungen für die Auswertung anzugeben:

- Anzahl der Messpunkte
- Frequenzhub
- Eingestellter Verkürzungsfaktor

### **Auswertung**

Die ermittelte Kabelstreckenlänge ist mit der Planung zu vergleichen und in dieser ggf. zu korrigieren.

Stoßstellen selbst (Stecker, Kupplungen) müssen eine Rückflussdämpfung (Return Loss) > 30 dB besitzen.

Das Kabelstreckenende ist mit einem Marker zu kennzeichnen. Der Marker ist in die Dokumentation aufzunehmen.

### **Dokumentation**

Die Dokumentation hat entsprechend [Kapitel 3.2](#) zu erfolgen.

### 6.3.2 Distance to Fault (DTF) und Return Loss (RL) von ganzen Linien (Koppler -übergreifend) (M-7.09)

#### Ziel der Messung

Analyse der gesamten HF-Kabellinien per VNA (S11) in hoher Auflösung. Diese Messungen an den Endpunkten dient zur Prüfung, ob eine Kabellinie über jede Kabelteilstrecke bidirektional mit korrekter Dämpfung der Wegeredundanz durchgängig ist und passive Verteilelemente (Koppler, Tapper, usw.) richtungskorrekt montiert wurden. Darüber hinaus wird mit der Messung ein „Fingerabdruck“ des HF-Abstrahlnetzwerkes aufgenommen, welcher als Referenz für die Messungen im Rahmen der Wartung verwendet wird.

#### Messmittel, Durchführung und Auswertung der Messung

Die beiden Messungen sind entsprechend [Kapitel 6.3.1 \(M7.08\)](#) durchzuführen und auszuwerten.

#### Dokumentation

Die Dokumentation hat entsprechend [Kapitel 3.2](#) zu erfolgen.

### 6.3.3 Dämpfung der HF-Kabellinien des HF-Verteilnetzwerkes (M7.10)

#### Ziel der Messung

Referenzmessung (S21), gemessen zwischen beiden Enden einer Wege-Redundanz-Linie (Kabelschleife) am Systemschrankübergang. Die Messung wird mit einem VNA typisch in einem Arbeitsgang mit Messung 7.09 durchgeführt und wird als Referenz zum späteren Vergleich mit Wartungsmessungen oder bei einer Fehlersuche verwendet.

#### Messmittel und Durchführung der Messung:

Die Messdurchführung hat als 2-Tor Messung in Anlehnung an [Kapitel 6.3.1 \(M7.08\)](#) zu erfolgen.

#### Auswertung

Die Längsdämpfung ist für den genutzten Frequenzbereich (380 MHz bis 410 MHz) zu ermitteln und grafisch darzustellen, sowie auszuwerten. Die Anzahl der Messpunkte (mindestens 201) ist anzugeben. Eine Mittelung von Messpunkten ist erst bei >2001 Gesamtpunkten zulässig und zu dokumentieren.

#### Dokumentation

Die Dokumentation hat entsprechend [Kapitel 3.2](#) zu erfolgen.

### 6.3.4 Return Loss (RL) jeder Innenantenne (M-7.11)

#### Ziel der Messung

Bei dieser Messung wird über die Return Loss Messung die HF-Kabelstrecke zur Antenne und die Anpassung der Antenne selbst überprüft. Darüber hinaus sind auf Basis der Reflexion Rückschlüsse auf die Eignung des Antennenstandortes und der korrekten Montage zu ziehen.

Jede Innenantenne mit der HF-Kabelstrecke ab Auskoppelpunkt ist zu prüfen und grafisch zu dokumentieren.

### **Messmittel und Durchführung der Messung**

Die Messdurchführung hat entsprechend [Kapitel 6.3.1 \(M7.08\)](#) zu erfolgen.

### **Auswertung**

Die ermittelte Antennenanpassung ist mit dem Datenblatt zu vergleichen. Fehlanpassungen sind zu dokumentieren. Gegebenenfalls ist der Antennenstandort zu überprüfen.

### **Dokumentation**

Die Dokumentation hat entsprechend [Kapitel 3.2](#) zu erfolgen.

## **6.3.5 Messungen der ABA-HF-Kabellinien (M-7.12)**

### **Ziel der Messung**

Bewertung der HF-Pfade zur ABA bei Relais-Umschaltung. Die Qualität der Kabelverlegung, sowie die Montage der HF-Stecker und -Kupplungen kann auf die TMO-Isolationsmessungen Einfluss haben. Bei zwei HF-Pfaden zur ABA ist das Delta der Dämpfung der Redundanten Kabelwege zueinander zu ermitteln.

### **Messmittel und Durchführung der Messung**

Die Messdurchführung hat entsprechend [Kapitel 6.3.1 \(M7.08\)](#) zu erfolgen.

### **Auswertung**

Die ermittelte Kabelstreckenlänge ist mit der Planung zu vergleichen und in dieser zu korrigieren.

Stoßstellen (Stecker, Kupplungen) müssen eine Rückflussdämpfung (Return Loss)  $> 30$  dB besitzen.

Das Kabelstreckenende ist mit einem Marker zu kennzeichnen. Der Marker ist in die Dokumentation aufzunehmen.

Die Längsdämpfung ist für den genutzten Frequenzbereich (380 MHz bis 410 MHz) für jeden HF-Pfad zu ermitteln und grafisch darzustellen, sowie auszuwerten. Das Delta der Dämpfung bei Umschaltung ist anzugeben und in der Planung (Linkbilanzen, usw.) zu berücksichtigen.

### **Dokumentation**

Die Dokumentation hat entsprechend [Kapitel 3.2](#) zu erfolgen.

## **7 Messungen im Rahmen der Inbetriebsetzung**

### **7.1 DL Spektrum / EVM (RMSVE) (M8.01)**

#### **Ziel der Messung**

Diese Messung dient zur Aufnahme des gesamten DL Spektrums und somit aller vorhandenen DL-Träger. Anhand der Messdaten des BOS-TMO Spektrums werden die Zellkennwerte (u.a. Kanalleistung, Vektorfehler) aller zugeteilten Frequenzen sowie deren Nachbarkanäle ermittelt.

### **Durchführung der Messung**

Die Aufnahme des Spektrums erfolgt an der HF-Zuleitung der ABA vor dem TMOR. Sie ist mit einem Spektrumanalysator mit Bewertung der digitalen Modulation (TETRA) durchzuführen. Die Messungen sind nach der finalen, mechanischen Ausrichtung der ABA (M-7.07) vorzunehmen.

### **Auswertung**

Die ermittelten Messwerte (u.a. Kanalleistung, EVM (RMSVE)) sind mit den Vorgaben der Planung zu vergleichen und bei Abweichungen der Landesstelle zu melden.

### **Dokumentation**

Die Dokumentation hat in Berichtsform entsprechend [Kapitel 3.1](#) zu erfolgen. Alle Messgrafiken sind in einem Messbericht zusammenzufassen und entsprechend auszuwerten. Die Darstellung des DL Spektrums ist hochauflösend zu wählen, um eine entsprechende Skalierung der einzelnen DL-Kanäle zu erhalten.

## **7.2 DL Messungen über Zeit (Fading) (M8.02)**

### **Ziel der Messung**

In dieser Messung wird die Kanalleistung des MCCH über einen Zeitraum von mindestens 1 Minute am Port des TMOR aufgenommen, um eventuell auftretende Schwankungen erkennen zu können.

### **Durchführung der Messung**

Diese Messung wird, wie in Kapitel 7.1 (M8.01) beschrieben (ist mit digitaler Messtechnik typisch Bestandteil der Messung M8.01), durchgeführt.

### **Auswertung:**

Folgende Grenzwerte müssen festgehalten werden:

- Maximal-Wert
- Minimal-Wert
- Mittel-Wert

Der aufgenommene Maximal-Wert ist für die Einstellung der Verstärkung des TMOR zu verwenden. (DL-ALC Regeleinsatz ist zu unterbinden).

### **Dokumentation**

Die Dokumentation hat in Berichtsform entsprechend [Kapitel 3.1](#) zu erfolgen und ist dem Messbericht der Messung (M8.01) anzufügen.

## **7.3 DL Funkfelddämpfung (inkl. Freifelddämpfung) (M-8.03)**

### **Ziel der Messung**

Die Messung dient zur Ermittlung der DL Funkfelddämpfung, die wiederum für die Erstellung der Linkbilanzen und Desensibilisierungsbeitrag-Berechnungen benötigt wird.

#### **Durchführung der Messung**

Diese Messung wird, wie in Kapitel 7.1 (M8.01) beschrieben, durchgeführt. Es muss die DL Kanalleistung des MCCH an der HF-Zuleitung der ABA vor dem TMOR ermittelt werden.

#### **Auswertung**

Die Differenz zwischen Ausgangsleistung der TBS und der gemessene DL-Kanalleistung ergibt die DL Funkfelddämpfung.

#### **Dokumentation**

Das Ergebnis der Messung ist in der Berechnung des Desensibilisierungsbeitrages und der Linkbilanzen zu berücksichtigen.

### **7.4 ABA-HF-Wegeredundanz-Umschaltung (M8.04)**

#### **Ziel der Messung**

Die Messung dient zur Prüfung der identischen Dämpfung der redundanten Antennenpfade sowie der Umschaltfunktion (siehe auch M7.11).

#### **Durchführung der Messung**

Diese Messung wird, wie in Kapitel 7.1 (M8.01) beschrieben, durchgeführt. Nach Abschluss der Messung des ersten Antennenpfades, muss nach Umschaltung auf den zweiten Pfad, die Messung wiederholt werden.

#### **Auswertung**

Ein Delta der DL-Leistungen muss durch geeignete Maßnahmen (u.a. Dämpfungsglieder) minimiert werden. Die DL-ALC des TMOR darf nicht zum dauerhaften Einsatz kommen

#### **Dokumentation**

Sämtliche Anpassungen der Antennenpfade sind in der Anlagendokumentation zu dokumentieren.

### **7.5 DL-Channelpower je ABA-Antennenpfad (M8.05)**

#### **Ziel der Messung:**

Zu ermitteln sind die DL Kanalleistungen (Channelpower) aus Punkt M8.04 je Antennenpfad.

#### **Durchführung der Messung:**

Die Messung ist mit einem geeigneten Spektrumanalysator durchzuführen. Die Kanalleistung ist für alle zugeteilten Kanäle +/- 2 Nachbarkanäle tetraconform (24,3 kHz Bandbreite) zu ermitteln.

**Auswertung:**

Ermittlung der Kanalleistung. Bei nicht aktiven TCH ist die Rauschleistung anzugeben.

**Dokumentation:**

Die Dokumentation hat entsprechend [Kapitel 3.1](#) separat zu erfolgen. Alle Messgrafiken (Spannweite 125 kHz) je Antennenpfad sind in einem Messbericht zusammenzufassen und die Werte entsprechend auszuweisen.

**7.6 Störfreiheit der Frequenzkorridore zur Anbinde-TBS (M-8.06)****Ziel der Messung**

Es muss überprüft werden, ob Nachbarkanal-Leistungen einen störenden Einfluss auf die Funktion des TMOR haben können.

**Durchführung der Messung**

Es werden die Messergebnisse der Messung M8.02 (Max. Hold) verwendet, die betrachteten Nachbarkanäle sind abhängig von der Filterbandbreite des TMOR auszuwählen.

Die Nachbarkanäle (Beispiel: 25 kHz Filter je  $\pm 1$  Nachbarkanal, 192 kHz Filter je  $\pm 4$  Nachbarkanäle) sind in ihrer Kanalleistung dahin gehend zu beurteilen, ob gleichstarke oder stärkere Kanalleistungen (MCCH oder THS) aus dem Freifeld anliegen als die zugeteilte Trägerfrequenz. Notiz: Die Lücken gerader nicht aktiver TCH können von den zuständigen Landesstellen über die Leistung des MCCH bewertet werden (Kenntnis der Frequenzzuteilungen notwendig)

**Auswertung und Dokumentation**

Wird festgestellt, dass ein störendes TETRA-Signal vorhanden ist, ist dies entsprechend [Kapitel 3.1](#) bildlich zu dokumentieren und die zuständige Landesstelle ist über diesen Umstand zu informieren. Ggf. ist die Vergabe einer neuen Anbindezelle oder ein Frequenzwechsel notwendig.

**7.7 Maximaler Summen-Eingangsspegel des TMOR im DL (M-8.07)****Ziel der Messung:**

Diese Überprüfung dient der Vermeidung einer Übersteuerung des breitbandigen HF-Vorverstärkers in räumlicher Nähe zu einer TBS.

**Durchführung der Messung:**

Es werden die Ergebnisse der Messung M8.01 verwendet. Die Kanalleistungen der pegelstärksten TBS sind auf die theoretisch mögliche DL-Summenleistung (MCCH + 7x TCH) der empfangenen TBS zu berechnen. Werden weitere TBS mit hohen Leistungen empfangen (Pegeldelta < 6dB), sind diese in die Berechnung einzubeziehen. Die ermittelte Gesamtleistung darf die maximale Summen-Eingangsleistung des TMOR ohne ALC-Einsatz des TMOR nicht überschreiten

**Auswertung:**

Übersteigt die Summenleistung im HF-Spektrum die maximale Eingangsleistung ohne ALC-Einsatz des TMOR-Vorverstärkers, so ist ein entsprechend dimensioniertes Dämpfungsglied in den ABA-Pfad zu integrieren. Nur in Abstimmung mit der Landesstelle kann die Anzahl der zu berücksichtigenden TCH verringert werden.

#### **Dokumentation:**

Das Dämpfungsglied ist in die Dokumentation der Objektfunkanlage aufzunehmen.

## **7.8 Isolation zwischen Funkfeld der ABA und OV-Funkfeld (M8.08)**

### **Ziel der Messung**

Nachweis der Mindest-Isolation der Funkfelder zueinander unter Berücksichtigung der aktiven TETRA Signale aus dem Freifeld. Isolationsrelevante Gebäudeöffnungen wie Tore sind offen zu halten.

Um die Signalqualität eines TMOR nicht durch selbst erzeugte Interferenzen zu beeinträchtigen, muss im Betrieb die Summe der rückgekoppelten Signalanteile um mindestens 19 dB reduziert gegenüber dem Ursprungssignal am TMOR anliegen.

Kann dieser Nachweis der Isolation nicht zweifelsfrei erbracht werden, darf das OV-System nicht in Betrieb genommen werden.

### **Durchführung der Messung**

Die Messung ist jeweils für UL/ DL richtungsgebunden über mindestens einen Messpunkt je DL-Kanal im gesamten Frequenzband durchzuführen. Bei redundanten HF-Pfaden zur ABA sind die Messungen für jeden Pfad durchzuführen.

Gemessen wird an den beiden HF-Ports des TMOR, der als erstes aktives HF-Element der OV-Anlage fungiert.

Die Messung der Entkopplung basiert auf einer Transmissionsmessung. Dabei ist sicherzustellen, dass Testsignale und Freifeldsignale eindeutig separiert werden können.

Dazu wird ein CW-Signal in 25 kHz Schritten ansteigend eingespeist. Der Kanal-Offset zum TETRA-Kanalraster beträgt 12,5 kHz. Die Leistung des Testgenerators soll +10 dBm nicht überschreiten.

Das CW-Signal ist selektiv ( $\leq 100$  Hz) zu messen. Die Selektivität dieser RBW erlaubt die Trennung von Freifeld Tetra-Signalen zum Testsignal. Sollte in Ausnahmefällen das Freifeld so starke Signale aufweisen, dass eine Trennung nicht möglich ist, kann die Messrichtung umgekehrt werden.

Die nachzuweisende Pegeldynamik zwischen dem Testsignal des Messsenders und dem Eigenrauschen des Messempfängers hat mindestens 110 dB zu betragen.

Dieser Wert ist ggf. um die Summe folgender Faktoren zu erhöhen:

- Der Betrag der Messtoleranzen des Messempfängers, unter Einbezug des Frequenzgangs und Berücksichtigung der teils sehr geringen Messpegel, der in der Summe den Wert von 3dB überschreitet.
- Der Betrag, um den die Verstärkung des ersten TMOR über 85dB hinausgeht.

Zu bewerten ist jeweils das Spitzensignal (Max Hold)

Messrichtung Downlink: Testsignal in Richtung VAS; Messempfänger an Port von der ABA



Messrichtung Uplink: Testsignal in Richtung ABA; Messempfänger an Port vom VAS

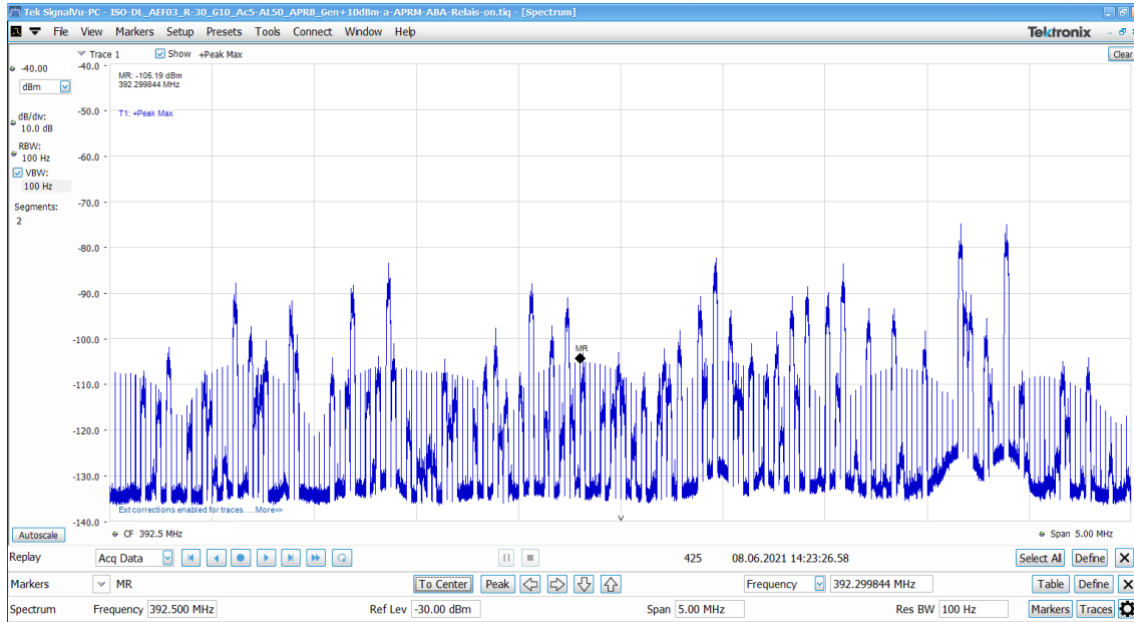
Hinweis:

Diese beiden Messungen als Nachweis der Isolation des gesamten VAS zur ABA sind auch in komplexen Systemen mit räumlicher Erweiterung des OV-Funkfeldes über abgesetzte HF-Verstärker anzuwenden. Separate Messungen an abgesetzten Verstärkern dienen ggf. lediglich einer Zuordnung von Isolationsschwächen.

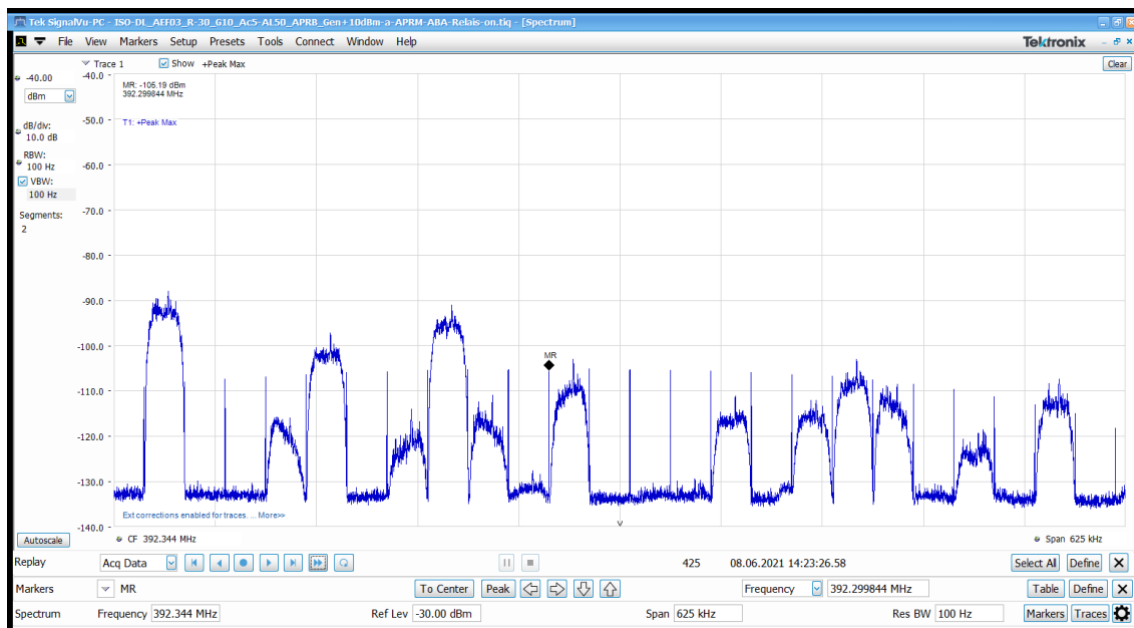
Beispiel für den DL:

Über die RBW von 100Hz werden CW Signale im Pegel korrekt bewertet. Die Pegelskala wurde hier entsprechend dem Testsignal (+10dBm) verschoben. Damit entspricht die Anzeige dem Isolationswert, der in der Auswertung noch um die Messtoleranzen korrigiert werden muss.

TETRA Signale können mit RBW von 100 Hz nur in der Betriebsart „Channel-Power“ bewertet werden.



Die folgende Abbildung zeigt einen Ausschnitt der vorherigen Darstellung (Span 625 kHz) zur Visualisierung der nicht störenden Messfrequenzen im Schutzbereich zwischen den TETRA-Kanälen



**Auswertung**

Die gemessene Isolation abzüglich der Summe aller Messfehler bildet die Basis zur Berechnung der maximal möglichen HF-Verstärkung des TMOR.

Zu geringe Isolationswerte beeinträchtigen die Signalqualität (EVM) und können bei weiterer Reduzierung geräteabhängig zum Schwingen des TMOR führen und damit massive Störungen im Freifeld des Digitalfunk BOS bewirken. Für die OV-Anlage ist dies ein Totalausfall.

Hinweis zur Pegeldifferenz von 19 dB:

Liefert die ABA zum Beispiel eine Kanalleistung von -60 dBm am TMOR-Port, so darf über das VAS dieses Eingangssignal mit einem maximalen Pegel von -79 dBm an den TMOR-Port zurückgekoppelt werden. Für den UL-Pfad gilt gleiches.

### Dokumentation

Die Dokumentation hat entsprechend [Kapitel 3.1](#) separat zu erfolgen. Die Messgrafiken (UL/DL) sind je ABA-Pfad in einem Messbericht zusammenzufassen und die minimalen Isolationswerte entsprechend auszuweisen.

## 7.9 DL-TMOR-Ausgang (Pegel, EVM) am MT-VAS (M8.09)

### Ziel der Messung

In dieser Messung werden DL-Kanalleistung und Vektorfehler (Modulationsqualität) der DL-Träger zum HF-Verteilnetzwerk können am kalibrierten MT-VAS ermittelt werden. Diese Messung erfolgt im Wirkbetrieb und dient als Nachweis für die Funktionalität der S/E-Einheit, sowie als Referenzmessung bei Wartungen.

### Durchführung der Messung

Die Messung ist mit einem geeigneten Spektrumanalysator durchzuführen. Die Kanalleistung ist mindestens für den MCCH Kanal TETRA konform (24,3 kHz Bandbreite)  $\pm 2$  Nachbarkanälen zu ermitteln. Aktive TCH können in die Messungen einbezogen werden. Darüber hinaus ist die Signalqualität per EVM (RMSVE) zu bewerten.

### Auswertung

Die Kanalleistung ist unter der Berücksichtigung der Korrekturwerte für den MT-VAS zu ermitteln. Der Vektorfehler (RMSVE) ist anzugeben.

### Dokumentation

Die Dokumentation hat grafisch (Kanalleistung Span 125 kHz und Vektorfehler IQ-Konstellationsdiagramm) nach [Kapitel 3.2](#) zu erfolgen und die Werte sind entsprechend auszuweisen. Die Ergebnisse sind in Papierform der Anlagendokumentation beizufügen.

## 7.10 DL-Leistungsbegrenzung per Träger auf Sollwert (M8.10)

Nachweis, dass die einzelne Kanal-Leistung unabhängig der TMOR Summenleistung einen vorgegeben Wert nicht überschreitet. Typisch ist die Vorgabe +27 dBm Kanalleistung.

(Keine Leistungseinbußen, wenn eine TBS nachträglich um Träger erweitert wird).

## 7.11 HF-DL-aus abgesetzten S/E-Einheiten (M-8.12)

### Ziel der Messung:

In dieser Messung werden DL-Kanalleistung und RMSVE (Modulationsqualität) je DL-Träger an jeder abgesetzten S/E-Einheit am MT-VAS aufgenommen, und dient dem Nachweis einer optimal eingepegelten Übertragungsstrecke bzw. Funktionalität der abgesetzten S/E-Einheit.

### Durchführung der Messung:

Die Messung ist wie in M8.09 durchzuführen und auszuwerten.

### Dokumentation:

Die Dokumentation ist wie in M8.09 durchzuführen.

## 7.12 HF-UL- aus abgesetzten S/E-Einheit(en) (M-8.13)

### Ziele der Messungen

Die UL-Pfade sind jeweils zwischen dem HF-Port der abgesetzten S/E-Einheit und dem HF-Port des TMOR auf HF-Pegelwerte zu prüfen. Die UL-ALC jeder abgesetzten S/E-Einheit ist auf Funktionen zu prüfen.

Sind mehr als eine abgesetzte S/E-Einheit im OV-System aktiv, ist die Summe aller UL-Rauschleistungen unter Berücksichtigung sämtlicher HF-Pfade bis zum VAS-seitigen TMOR-Port zu berechnen. Dabei sind alle justierten oder programmierten Betriebsparameter des Wirkbetriebs zu berücksichtigen und zu dokumentieren.

Diese Summen-Rauschleistung ist messtechnisch unter Beachtung der zugeteilten Kanäle TETRA-konform (kanalselektiv 24,3 kHz) zu ermitteln.

Bei Abweichungen  $> + 2$  dB sind die einzelnen Rauschleistungen der S/E-Einheiten zu überprüfen.

.

### Durchführung der Messung

HF-UL-Pegel:

Nach Programmierung (und ggf. Justierung) der HF-Pfade (DL + UL) gemäß Angaben des Herstellers und den behördlichen Pegelvorgaben, ist der UL-Pfad jeder S/E-Einheit wie folgt zu prüfen:

1. TMOR -UL-Pfad deaktivieren
2. TX-Testsignal (CW oder TETRA) mit einer Leistung von -70 dBm an HF-Port der S/E-Einheit anlegen. F= MCCH Zuordnung
3. Testsignal vor TMOR-Port (oder mit Pegelbezug zum TMOR-Port) auf -70 dBm prüfen, ggf. justieren.

Für den Fall, das die Summe der symmetrischen Verstärkung von TMOR und S/E-Einheit  $>85$  dB betragen soll, ist der Pegel des Testsignals (gemäß Schritt 2.) in Schritt 3 um den Betrag, der die 85 dB Gesamtverstärkung übersteigt, höher einzustellen.

Hinweis: Die UL-Dynamik des S/E-Einheitenpfades wird um diesen Betrag verringert!

HF-UL-ALC der S/E-Einheit:

1. TMOR -UL-Pfad deaktivieren
2. TX-Testsignal (CW oder TETRA) mit einer Leistung von -30 dBm an den HF-Port der S/E-Einheit anlegen. F= MCCH Zuordnung
3. Das Testsignal ist vor dem TMOR-VAS-Port zu ermitteln und hinsichtlich der gerätespezifischen ALC zu bewerten

UL-Rauschen, selektiv nur einer S/E-Einheit

1. Alle Betriebsparameter sind gemäß Planungsvorgaben, ggf. mit begründet abweichenden Parametern, einzustellen und sind zu dokumentieren.
2. Der HF-Port der SE-Station ist mit 50 Ohm abzuschließen
3. UL-Muting ist zu deaktivieren (ggf. auch in S/E-Station)
4. Alle anderen S/E-Einheiten sind abzutrennen oder zu deaktivieren
5. Die Summen-Rauschleistung vom TMOR und der vereinzelt S/E-Einheit ist messtechnisch unter Beachtung der zugeteilten Kanäle kanalselektiv (24,3 kHz) zu ermitteln und mit den Sollwerten gemäß Berechnung zu vergleichen.

### Auswertung

Die gemessenen Rauschleistungen sind auf Plausibilität zu prüfen und in die Linkbilanzen zu übertragen.

Die einzelnen UL-Pegel am TMOR bei einem UL-Testsignal von -30 dBm an der S/E-Einheit sind stationsbezogen zu dokumentieren.

### Dokumentation

Die Dokumentation hat in Berichtsform entsprechend Kapitel 3 separat zu erfolgen. Die Messgrafiken (Kanalleistung-UL), sowie die Systemkonfiguration sind in einem Messbericht zusammenzufassen. Messdateien sind vorzuhalten.

## 7.13 UL-Leistungsbegrenzung je HF-Träger (M8.15)

UL-Leistungsbegrenzung je HF-Träger im frequenzselektiven TMOR über Channelpower, Nachbarkanal-Leistungen und Modulationsqualität. Prüfung der UL-Luftschnittstelle auf Qualität der zugeteilten Frequenzkorridore, Bewertung des UL-Spektrums. Je nach Standort eines BOS-Funkgerätes kann das UL-Signal zu einer Begrenzung führen, weil das Produkt (UL-Eingangsleistung x Verstärkung) den max. Pegel je HF-Träger überschreiten würde.

## 7.14 UL-Rauschen, Channelpower Muting aktiviert (M8.16)

Mit 50 Ohm Abschluss am TMOR-Port zum VAS durchführen. Nachweis reduziertes Eigenrauschen des TMOR über UL-Muting bei Wirkverstärkungsfaktor ohne aufgeschaltetes VAS zur Prüfung der Repeaterfunktion.

### Allgemein:

Die spektrale Darstellung der Uplink-Rauschleistung zeigt störende Aussendungen im Verteilsystem, die ggf. die Konfiguration der Uplink-Stummschaltung (auch UL-Muting genannt) beeinflussen. Zumindest in einer Momentaufnahme ist diese Messung Bestandteil

der vom Objekteigentümer (oder einem Bevollmächtigten) einzureichenden Unterlagen. Optimal wäre die Aufzeichnung über einen längeren Zeitraum, vor allem, wenn bei der Momentaufnahme Auffälligkeiten erkannt werden.

Bei kanalselektiven Repeatern ist das Leistungsmerkmal UL-Stummschaltung grundsätzlich und für jeden Träger zu aktivieren (Ausnahmen in begründeten Einzelfällen) und individuell für jedes Objekt zu konfigurieren. Die beiden relevanten Parameter sind die Dämpfung der Stummschaltung und der Pegel, ab dem die Stummschaltung greift. Diese Parameter sind je nach Repeater-Hersteller direkt im Konfigurationsmenü einstell- und ablesbar oder über Befehle in der Kommandozeile. Um die korrekte Funktion der UL-Stummschaltung sicherzustellen, wird die Rauschleistung mit aktivierter Stummschaltung gemessen.

### **Messaufbau und Messgeräte:**

Für diese Messung wird der Antennenanschluss des Repeaters (basisstationseitige Anbindeantenne) mit dem Eingang (RX) des Spektrumanalysators verbunden. Das Verteilsystem im Objekt (Strahlerkabel, optische Verteilung, Verstärker usw.) muss in betriebsbereitem Zustand sein, so dass die Störaussendungen aus dem Objekt erfasst werden können. Die Messwertaufnahme erfolgt wie zuvor in Abschnitt **Error! Reference source not found.** beschrieben TETRA konform als mittlere Kanalleistung im TETRA-Kanal der Bandbreite 25 kHz.

Die Messung wird über den Bereich des Uplinks (380 bis 386,5 MHz) und ausreichend großem Randbereich von mindestens 2,5 MHz durchgeführt. Zudem wird in einem ausgewählten Kanal, z. B. dem MCCH der Anbinde-TBS, die TETRA-Kanalleistung gemessen.

Die folgende Konfiguration des Spektrumanalysators hat sich in der Praxis als empfehlenswert herausgestellt:

- Effektivwert-Detektor RMS (root mean square)
- Auflösungsbandsbreite RBW (resolution bandwidth): 300 Hz
- Videobandsbreite VBW (video bandwidth): 300 Hz

Die folgende Abbildung zeigt ein Beispiel einer UL-Rauschmessung bei aktiver UL-Stummschaltung. In diesem Fall sind keine störenden Aussendungen aus dem Objekt erkennbar, man sieht deutlich die Filtermaske des Repeaters.

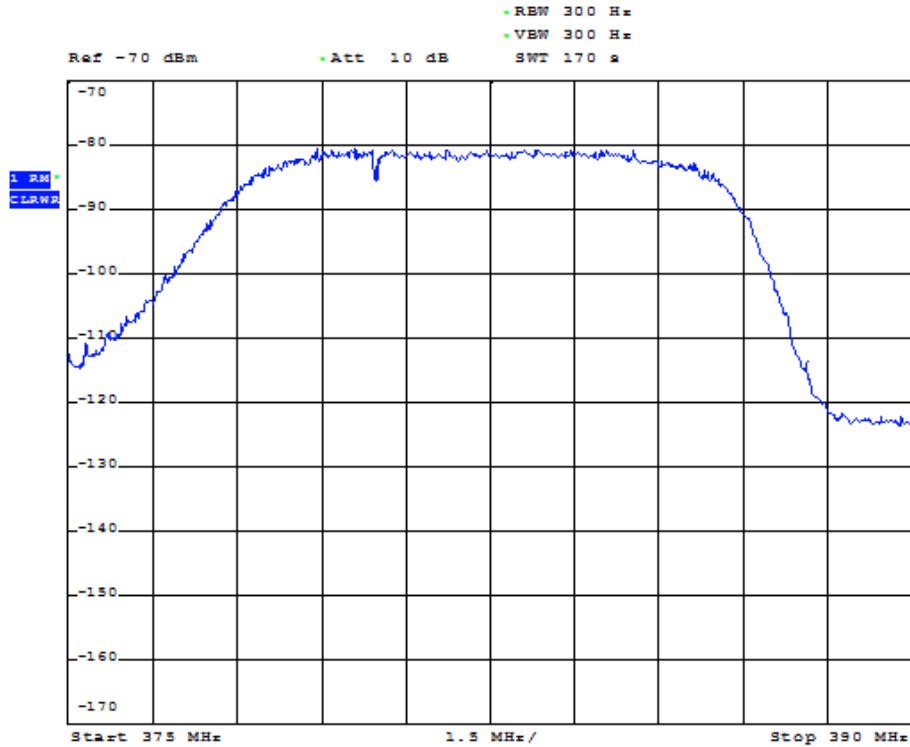


Abbildung 7-1: Beispiel einer UL-Rauschmessung bei aktivierter UL-Stummschaltung

Die folgende Abbildung zeigt die Rauschleistung im Bereich des MCCH im direkten Vergleich mit und ohne Stummschaltung.

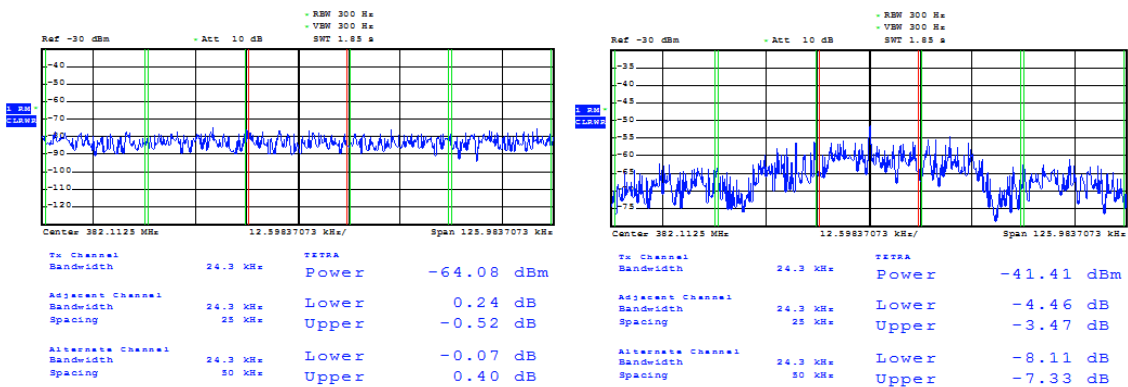


Abbildung 7-2: Beispiel einer UL-Rauschleistungsmessung bei aktivierter (links) und deaktivierter (rechts) UL-Stummschaltung im Bereich des MCCH - Kanalleistungsbewertung

## 7.15 UL-Rauschen, Channelpower Muting deaktiviert (M8.17)

Mit 50 Ohm Abschluss am TMOR-Port zum VAS durchführen. Nachweis reduziertes Eigenrauschen des TMOR ohne UL-Muting bei Wirkverstärkungsfaktor ohne aufgeschaltetes VAS zur Prüfung der Repeaterfunktion.

Allgemein

Es wird die Messung entsprechend M-8.17 durchgeführt. Bei der Messung ist das UL-Muting zu deaktivieren.

### Messaufbau und Messgeräte

Die folgende Konfiguration des Spektrumanalysators hat sich in der Praxis als empfehlenswert herausgestellt:

- Effektivwert-Detektor RMS (root mean square)
- Auflösungsbreite RBW (resolution bandwidth): 300 Hz
- Videobandbreite VBW (video bandwidth): 300 Hz

Die folgende Abbildung zeigt ein Beispiel einer UL-Rauschmessung bei aktiver UL-Stummschaltung. Bei deaktivierter UL-Stummschaltung ist der TETRA-Kanal sichtbar.

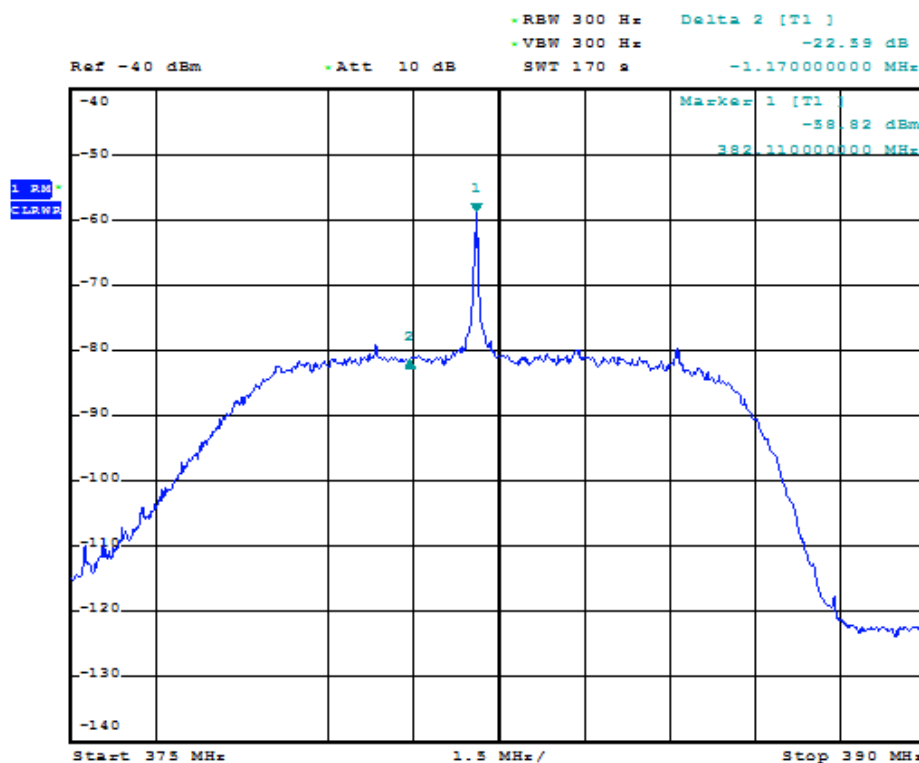


Abbildung 7-3: Beispiel einer UL-Rauschmessung bei deaktivierter UL-Stummschaltung

## 7.16 BOS-UL-Spektrum aus dem HF-Verteilnetzwerk (M8.18)

Ermittlung von Störsignalen über das gesamte BOS-UL-Spektrum. Überprüfung auf Störsignale und erhöhtes Rauschen, dass vom HF-Verteilnetzwerk aus dem Objekt aufgenommen wird.



### **7.17 UL- Squelch- und Muting Funktion (M.8.19)**

Squelch-Schaltschwelle und Muting-Hubeinstellen. Sicherstellung, dass möglichst nur über Tetra-Funkgeräte der TMOR im Uplink aktiv wird. Der Muting-Einsatzpunkt ist messtechnisch zu ermitteln und mit evtl. behördlichen Vorgaben zu vergleichen (notwendige Abweichungen sind abzustimmen).

### **7.18 UL-Störspektrum inkl. Rauschen über Zeit (M8.20)**

Optional, bei Störungen während M-8.18. Nachweis von nicht Tetra-Frequenzanteilen über Max-Hold-Messungen im gesamten UL-Band über Zeit. Messdauer vom Objekt und von der Störquellen-suche abhängig, speziell bei temporären Störungen.

Störpegel sind (soweit nicht abstellbar) ggf. durch Änderungen am VAS ausreichend zu reduzieren.

### **7.19 DL-TMOa - Ausgangswerte (Pegel, EVM) (M8.21)**

#### **Ziel der Messung:**

Kanalleistung und Modulations-Qualität der DL-Träger zum HF-Verteilnetzwerk werden am MT-VAS dokumentiert. Diese Messung erfolgt im Wirkbetrieb und dient als Nachweis für die Funktionalität der S/E-Einheit, sowie als Referenzmessung bei Wartungen.

#### **Durchführung der Messung:**

Die Messung ist wie M8-09 durchzuführen und auszuwerten.

#### **Dokumentation:**

Die Dokumentation ist wie M8-09 durchzuführen.

### **7.20 Broadcast-Informationen TMOa (M8.22)**

(z.B. MS-TX-Power max, BCC, RDL-Counter) Nachweis der zugeteilten Parameter.

## 7.21 DMO Bakensignal (M-8.23)

### Ziel der Messung

Die Messung nutzt zur Prüfung das DM-REP presence signal. (siehe ETSI EN 300 396-4 Kapitel 9.4.5 und Kapitel 10.1.2 DPRES-SYNC PDU). Über diese Bursts signalisiert ein DMO Repeater einen freien Kanal sowie Betriebsdaten zur Information und Steuerung an DMO-Mobilstationen.

Zu messen ist die HF-Kanalleistung und die Signalqualität über EVM (RMSVE)

Der Burst ist mindestens auf den Anteil „Maximum DM-MS power class“ auszuwerten. (siehe ETSI EN 300 396-4 Kapitel 10.3.7). Steht eine entsprechende Auswertesoftware nicht zur Verfügung, ist dieser Wert über die Werte der Programmierung des DMO Repeaters nachzuweisen.

### Durchführung der Messung

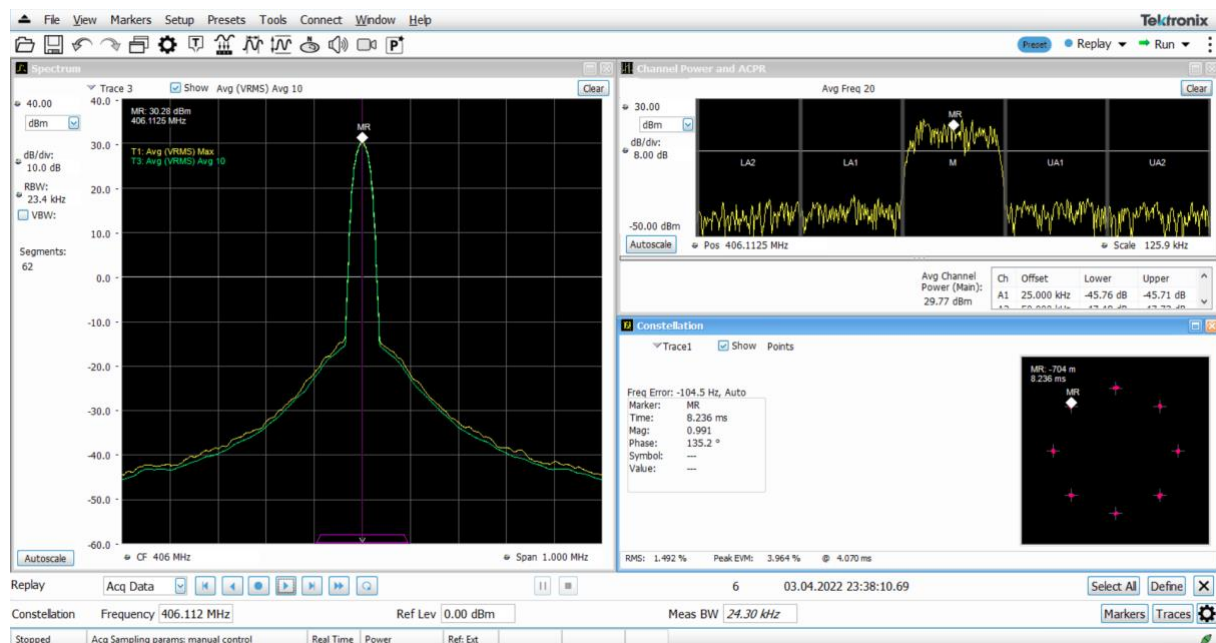
Die Messung ist mit einem geeigneten Spektrumanalysator am MT-VAS durchzuführen. Da das presence signal als Burst nicht-zyklisch ausgesendet werden kann, ist der Messempfänger so einzustellen, dass er auf das HF-Signal triggert und dann über ein festes Zeitfenster die Messungen durchführt.

### Auswertung und Dokumentation

Die ermittelten Messwerte (Kanalleistung, EVM (RMSVE)) und Daten sind mit den behördlichen Vorgaben zu vergleichen und bei Abweichungen der Landesstelle zu melden. (Hinweis: Der Abstand der Bursts zueinander könnte über die Zeitstempel der Burstmessungen erfolgen)

Die Dokumentation hat entsprechend [Kapitel 3.2](#) zu erfolgen.

Beispiel einer HF-Messung:



## 7.22 VM (innen + Umfeld) Referenzmesspunkte (8.24)

Messdurchführung entsprechend M-8.25

Nach Fertigstellung der Objektfunkanlage ist die „Versorgungsmessung mit OV“ durchzuführen. Gebäudeseitige Voraussetzung für die finalen Messungen und die anschließende Abnahme der Objektfunkanlage ist mindestens die Fertigstellung im Bereich der Fenster, Innen- und Außentüren sowie der Gebäudedämmung. Optimaler Weise sollte bereits die Inneneinrichtung vorhanden sein. Bei Messdurchführung sind alle Fenster, Türen etc. geschlossen zu halten.

Es werden im Objekt Referenzmesspunkte gesetzt. Diese sind im Kabelverlaufsplan zu erfassen und sind für Wartungsmessungen notwendig. Sie sollen gleichmäßig im Objekt verteilt sei und insbesondere neuralgische Punkte (MT-VAS, optional zusätzliche Tapper, ggf. HF-Kabeltrennstellen im VAS, Treppenträume, FGB, FIZ, Feuerwehraufzug, Freifeldübergänge, usw.) mit beinhalten.

Bei der Messung ist neben dem Funkversorgungspegel sind die Pegel-Maxima und -Minima zu dokumentieren. Auch ist der Vektorfehler aufzunehmen. Zudem sind die Freifeld-Best-Server im Objekt mitzumessen. So kann überprüft werden, ob die OV-Anlage, wie gefordert, der Best-Server im Objekt ist.

Neben einer grafischen Darstellung der Pegel- und Vektorfehlerwerte sind die Messwerte in tabellarischer Form in den Messberichten zu liefern.

Soll eine Quellenredundanz realisiert werden, so sind die notwendigen Messungen auch für den Redundanzfall durchzuführen.

Die Messungen dienen zur Referenzwertbildung für künftige Wartungen!

### Anforderungen an die Messdurchführung

Die Messwerte werden je nach räumlicher Lage (Messtapper oder Trennstellen) kabelgebunden aufgenommen oder über die Luftschnittstelle per VM (Mess-Antenne auf Stativ) ermittelt. Die räumliche Lage der Messpunkte sind repräsentativ für den Funktionsnachweis des HF-Verteilnetzwerks zu wählen. Die Eckpunkte der Linkbilanzen basieren auf reproduzierbaren, räumlichen Angaben.

Die beschriebenen Messungen sind entsprechend folgendem Messaufbau durchzuführen:

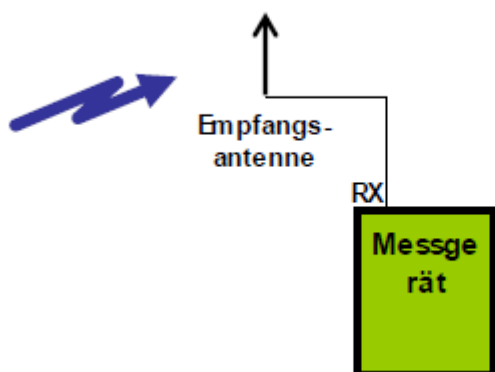


Abbildung 4: Messaufbau Versorgungsmessung

Das Empfangssignal wird über die Empfangsantenne und ggf. ein Antennenkabel an das Messgerät geleitet. Es ist ein Bandpassfilter für das TETRA-Band zu verwenden.

Antennengewinn und der Verlust des Kabels und des Bandpasses müssen in der Auswertung berücksichtigt und dokumentiert werden. Es sind die korrigierten Werte darzustellen.

Die Ermittlung der Funkversorgung erfolgt gemäß [Kapitel 4.3](#) und ist entsprechend [Kapitel 3.1](#) in einem separatem Plan zu dokumentieren.

## 7.23 VM (innen + Umfeld) (M-8.25)

### Ziel der Messung

Nach Inbetriebsetzung der Objektfunkanlage ist eine Versorgungsmessung (VM) und eine Umfeldmessung (UM) mit aktiver Objektfunkanlage durchzuführen. Die Messung dient zur Dokumentation der Funkversorgungsgüte im Objekt für den Regelbetrieb und Redundanzfall, sowie den Einfluss der Objektfunkanlage auf das direkte Umfeld des Objekts.

### Messaufbau und Durchführung Messung

Gebäudeseitige Voraussetzung für diese Messungen ist mindestens die Fertigstellung im Bereich der Fenster, Innen- und Außentüren sowie der Gebäudedämmung. Idealerweise sollte bereits die Inneneinrichtung vorhanden sein. Bei Messdurchführung im Inneren des Objekts sind alle Fenster, Türen etc. geschlossen zu halten.

Für die VM und die UM ist die Versorgung des Objekts und des Umfeldes mit Flächen-Messpunkten ([Kapitel 4.2](#)) zu ermitteln und der dort beschriebene Messaufbau zu verwenden. Die Messpunkte sind nicht grundsätzlich nach einem starren Rastermaß angeordnet, sondern können in bestimmten Bereichen variabel in Abhängigkeit von der Funkversorgungsgüte festgelegt werden.

Folgende Kriterien für die Festlegung von Messpunkten zur Erfassung von Min- und Max-Pegeln sind zu beachten:

- Vor sämtlichen Objektzugängen im Abstand von jeweils 1,5m – 2m, jeweils innen und außen. Nebeneinanderliegende Zugänge innerhalb von 15m können über die Messung eines Zugangs zusammengefasst werden.
- In allen Treppenträumen, allen Flucht- und Rettungswegen, Feuerwehraufzügen und in den für die Feuerwehr relevanten Technikräumen mit einem Abstand von maximal 5m, jedoch mindestens ein Messpunkt je Raum.
- In Bereichen mit Pegel von  $< -78$  dBm alle 5m (Mindestpegel)
- Bereiche in unmittelbarer Nähe zum HF-Verteilnetzwerk mit Punkten maximaler Feldstärke

Weitere Messpunkte sind variabel von der Fachfirma so zu wählen, dass die vollständige Versorgung verdeutlicht wird. Auf Basis der objektspezifischen Gegebenheiten sind bei Aufhebung der Wegeredundanz eines HF-Verteilnetzwerks die Bereiche mit den höchsten Pfadverlusten für den jeweiligen Redundanzfall zu betrachten. Dies gilt für jede Kabellinie.

Im Umfeld sind die Messpunkte so zu wählen, dass neben den Objektzugängen auch andere Handoverbereiche und Interferenzzonen sicher erkannt werden und der maximale Wirkungsbereich der Objektfunkanlage hinreichend erfasst wird.

Darüber hinaus sind im Umfeld Messpunkte

- primär zur Darlegung der Einhaltung der behördlichen Vorgaben

sowie

- im Abstand von 25 m zur Objektgrenze, aber nicht jenseits der Grundstücksgrenze

aufzunehmen. Der Abstand zwischen den Messpunkten darf max. 20m betragen.

Während der Messungen sind nicht zugängliche Räume und Bereiche entsprechend zu kennzeichnen. In zeitweise unzugänglichen Bereichen sind die Messungen bei Notwendigkeit nachzuholen.

Alle Messungen werden mit geeigneten Messempfänger einschließlich vorgeschaltetem Bandpass im DL Bereich durchgeführt und erfassen sowohl die Empfangsleistung als auch die Signalqualität (EVM).

Bei netzangebundenen Anlagen sind je Messpunkt mindestens der MCCH der Objektfunk-Anlage, der Best- und der 2nd-Best-Server des Freifeldes mit Bezug zum LAC zu erfassen.

Im Fall nicht netzangebundener Anlagen sind alle Kanäle der Objektfunkanlage sowie in kombinierten (netz- und nicht netzangebundenen) Anlagen zur Überprüfung der gegenseitigen Beeinflussung zusätzlich der jeweilige obere und untere Nachbarkanal der nicht netzangebundenen Anlage aufzunehmen.

### **Dokumentation und Auswertung**

Die Messwerte sind grafisch (nummerierte Messpunkte in Grundrissplänen und Umfeldkarte(n)) und tabellarisch (LAC; Kanalleistung, EVM) auszuweisen. Landesspezifisch vorgegebene Farbgebung der Werte sowie sonstige Anforderung der jeweils berechtigten BOS sind anzuwenden.

Messpunkte mit einem RMSVE  $\geq 10\%$  sind farblich zu kennzeichnen. Derartige Bereiche sind besonders zu überprüfen und die dauerhafte Funktionsfähigkeit der Ende-zu-Ende Kommunikation ist jeweils festzuhalten. Dies gilt für VM und UM.

In netzangebundenen Anlagen mit Flächen differierender LAC als Best-Server (teilweise Versorgung durch Einstrahlungen aus dem Freifeld) sind diese Umstände farblich zu kennzeichnen,

In kombinierten Anlagen (netzangebunden und TMOa nichtnetzangebunden) sind die Ergebnisse separiert auszuweisen

In kombinierten Anlagen (netzangebunden und DMO nichtnetzangebunden) sind getrennte Berichte je Betriebsart zu erstellen

Die Überprüfungen bei Aufhebung der Wegeredundanz ist separat und für beide Redundanz-Richtungen eines HF-Verteilnetzwerks auszuweisen. Hierzu sind nur die Flächen mit jeweils den schwächsten HF-Leistungen zu dokumentieren, aber sämtliche Messpunkte eines HF-Verteilnetzwerks mit Kanalleistungen  $< -88$  dBm.

Der Errichter erklärt im Ergebnis schriftlich, dass sämtliche zu versorgenden Flächen des Objektes bewertet wurden und es keinen Bereich gibt, der schlechter als im Messbericht dokumentiert versorgt ist.

Die Dokumentation hat entsprechend [Kapitel 3.1](#) zu erfolgen.

### **7.24 VM (innen + Umfeld) mit deaktivierter digitaler BOS-Objektfunkanlage (8.26)**

Nur bei TMOR-OV-Versorgung über den lokalen Best-Server sind die Messungen gemäß M-8.25 mit deaktivierter BOS-Objektfunkanlage erneut durchzuführen.

Nachweis der Pegeldifferenz (OV-Anlage aktiv / inaktiv) in Überlappungsbereichen zwischen Freifeld- und OV-Funkfeld je Messpunkt aus M-8.25.

### **7.25 Außenwirkung auf das TMO Freifeld (M8.27)**

Ermittlung von Reichweite und Interferenzzonen. Messungen gemäß M-8.25. Unvermeidbare Interferenzzonen sind mit den lokal fordernden BOS abzustimmen.

### **7.26 Außenwirkung mit TMOR-Nachbarsystemen (M8.28)**

Störende Interaktionen mit aktiven Nachbar-OV-Anlagen. Interferenzzonen dokumentieren. Messungen gemäß M-8.25. Unvermeidbare Interferenzzonen sind mit den lokal fordernden BOS abzustimmen.

Grundsätzlich ist der Einflussbereich der OV technisch auf ein Minimum zu begrenzen (Abnahmekriterium). Abweichungen sind mit der anfordernden BOS und der zuständigen Landesstelle abzustimmen.

### **7.27 Außenwirkung OV-System nicht netzangebunden M-8.29)**

Option, nur nach behördlicher Vorgabe. Ermittlung von Interferenzzonen. Auflagen aus dem BOS-Erstgespräch (Konzeptphase) zu Nachbarsystemen gleichen Typs (und ggf. gleicher Frequenz) sind zu beachten.

### **7.28 Außenreichweite TMOa + DMO (M8.30)**

Nachweis der Einhaltung von Forderungen der lokalen BOS. Messungen gemäß M-8.25.

### **7.29 Umbuchzonen ermitteln, (M8.31)**

statisch, oder in langsamer Bewegungen Pegelvergleich des Best-Servers des BOS-Freifeldes mit dem des OV-Funkfeldes. Vergleich der Planungsvorgaben mit Realität. Endgerät bucht eigenständig gemäß Zell-Informationen beider beteiligten Basisstationen um. Soweit die zu berücksichtigenden Umbuch-Zellparameter nicht behördlich beigestellt werden, können diese Werte mit der UM ermittelt werden!

Zur Ermittlung der Umbuchungen zwischen OV-Zelle und Freifeldversorgung werden jeweils folgende Werte benötigt:

- Fast Reselection Threshold (FRT)
- Slow Reselection Threshold (SRT)
- Fast Reselection Hysteresis (FRH)

- Slow Reselection Hysteresis (FRH)

Basierend auf der Liste der Freifeldübergänge (Nummerierung) sind die Handoverbereiche in der vorgegebenen Tabelle (Beispiel *siehe Abbildung*) darzustellen. Dazu werden die Pegel der OV-Zelle und der jeweiligen Best-Server-Freifeld-Zelle in dBm in Abhängigkeit zur Entfernung angegeben.

Es muss sich aus der Aufstellung schlüssig ergeben, dass die Handover für die in diesem Bereich tätigen BOS in deren üblichen Geschwindigkeit (ca. 1,4 m/s) unterbrechungsfrei durchgeführt werden. Das kann bei langsamer Vorgehensweise (Feuerwehr Atemschutztrupp) oder auch in schneller Weise beim Ein- und Ausfahren eines PKW (ca. 28 m/s) in einen Tunnel gegeben sein.

Liegen die Handover zurück in die Freifeldzelle weiter als 30 Meter vom Objekt entfernt, so

Name der OV-Anlage:		Standort ID:							
		im Gebäudes				außerhalb des Gebäudes			
Entfernung Freifeldübergang		15	10	5	Übergang	5	10	15	20
Freifeldübergang 1									
Inhauszelle (dBm)	LAC								
Freifeldzelle (dBm)	LAC								
Freifeldübergang 2									
Inhauszelle (dBm)	LAC								
Freifeldzelle (dBm)	LAC								
Freifeldübergang 3									
Inhauszelle (dBm)	LAC								
Freifeldzelle (dBm)	LAC								
Freifeldübergang 4									
Inhauszelle (dBm)	LAC								
Freifeldzelle (dBm)	LAC								
Freifeldübergang 5									
Inhauszelle (dBm)	LAC								
Freifeldzelle (dBm)	LAC								
Freifeldübergang 6									
Inhauszelle (dBm)	LAC								
Freifeldzelle (dBm)	LAC								

Abbildung 5: Handover-Darstellung

sind diese in einem Umgebungsplan darzustellen.

Findet die Anbindung eines Objektes aus Redundanzgründen an zwei unterschiedliche Basisstationen statt, so ist die Liste der Handover - Darstellung für jede Anbindung separat auszufüllen, auch wenn es sich um identische Übergänge handelt (Erfordernis des zentralen Funkplanungstools). In der Excel-Vorlage kann dies in Form von zwei Tabellenblättern berücksichtigt werden.

### 7.30 HF-Feld Innenantenne ohne eigenen Funktionserhalt (M-8.32)

**Ziel der Messung:**

Diese Messung dient dem Nachweis eines ausreichenden Funkfeldes im Redundanzfall bei Ausfall einer einzelnen Innenantenne ohne Funktionserhalt.

**Durchführung der Messung:**

Die ausreichende Funkversorgung ist im Wirkungsbereich einer deaktivierten Innenantenne ohne Funktionserhalt messtechnisch nachzuweisen. Ist die Zugänglichkeit der Antenne nicht gegeben, ist der Nachweis rechnerisch unter Angabe der erwarteten Pegelwerte der redundanten Quellen zu erbringen.

**Auswertung:**

Die Versorgungswerte sind für den Redundanzfall zu ermitteln. Bei Unterschreitung der geforderten Mindestpegel sind entsprechende Maßnahmen (u.a. Anpassung VAS) zu treffen.

**Dokumentation:**

Die Mess-, bzw. Berechnungsergebnisse sind elektronisch der Anlagendokumentation beizufügen.

## **8 Messaufgaben im Rahmen der Prüfung der digitalen BOS-Objektfunkanlage**

Die HF-Messungen der Überprüfungen zur Abnahme beinhalten die unabhängigen Messaufgaben M-9.01 bis M-9.11. Bei Aufgaben mit einer Vielzahl von Mess-Orten ist eine repräsentative Auswahl zu treffen. Sicherstellung aller Schutzziele einer digitalen BOS-Objektfunkanlage in der Inbetriebnahme Phase des Objektes und der TGA.

Auf Verlangen einer Behörde, des Auftraggebers oder der beteiligten Fachfirmen können Messungen mit SV-OV notwendig sein. Alle Mess-Abläufe /-Korrekturfaktoren und Ergebnisse sind elektronisch zu dokumentieren.

### **8.1 DL-Spektrum / EVM (M-9.01)**

Durchführung der Messung am MT-ABA gemäß der M8.01 in [Kapitel 7.1](#).

### **8.2 Isolation zwischen Funkfeld der ABA und OV-Funkfeld (M9.02)**

Die Messung ist gemäß [Kapitel 7.8 \(M-8.08\)](#) jeweils für UL/ DL richtungsgebunden über mindestens einen Messpunkt je DL-Kanal im Frequenz-Band durchzuführen. Bei redundanten HF-Pfaden zur ABA sind die Messungen für jeden Pfad durchzuführen.

### **8.3 VM (innen + Umfeld) unter Schadensimulation (M-9.03)**

Die Messung ist gemäß [Kapitel 7.23 \(M-8.25\)](#) durchzuführen. Verifizierung der Redundanzplanungen (Linkbilanzen) bei einer einfachen (einzelnen) HF-Kabel-Unterbrechung. Die Wegeredundanz ist jeweils zwischen 0% und 10% der Wegstrecke zu unterbrechen. Das beeinträchtigte OV-Funkfeld hat weiterhin das gesamte Objekt mit den geforderten Kommunikationswegen zu versorgen.

### **8.4 HF-Feld Innenantenne ohne eigenen Funktionserhalt (M-9.04)**

Die Messung ist gemäß [Kapitel 7.30 \(M-8.32\)](#) durchzuführen. Nachweis der Erhaltung des Funkfeldes innerhalb der Spezifikationen bei Entfall einer einzelnen Antenne ohne Funktionserhalt.



## **8.5 UL-Spektrum, Channelpower, Muting deaktiviert; VAS aufgeschaltet (M-9.05)**

Lage des Messpunktes: MT-ABA; Messungen gemäß [Kapitel 7.16 \(M-8.18\)](#). Prüfung des UL-Kanalspektrum mit aufgeschaltetem VAS. Der TMOR ist ohne Muting mit Wirkverstärkungsfaktor zu betreiben.

## **8.6 UL-Kanalspektrum, Channelpower, Muting aktiviert; VAS aufgeschaltet (M-9.06)**

Lage des Messpunktes: MT-ABA; Messungen gemäß [Kapitel 7.17 \(M-8.19\)](#). Prüfung des UL-Kanalspektrum mit aufgeschaltetem VAS. Der TMOR ist mit Muting und Wirkverstärkungsfaktor zu betreiben. Es ist darauf zu achten, dass keine Funkaktivität im Objekt ist.

## **8.7 Außenwirkung auf das TMO Freifeld (M-9.07)**

Messung gemäß [Kapitel 7.25 \(M-8.27\)](#). Ermittlung von Reichweite und Interferenzzonen der Objektfunkanlage.

## **8.8 Außenwirkung mit TMO-Nachbarsystemen (M-9.08)**

Messung gemäß [Kapitel 7.26 \(M-8.28\)](#). Es sollen störende Interaktionen mit aktiven Nachbar-OV-Anlagen identifiziert werden. Interferenzzonen sind zu dokumentieren.

## **8.9 Außenreichweite TMOa + DMO (M-9.09)**

Messung gemäß [Kapitel 7.23 \(M-8.25\)](#). Nachweis der Einhaltung von Forderungen der lokalen BOS, sowie die Identifikation von Überreichweiten.

## **8.10 Umbuchzonen ermitteln (M-9.10)**

Messung gemäß [Kapitel 7.29 \(M-8.31\)](#). Pegelvergleich des Best-Servers des BOS-Freifeldes mit dem des OV-Funkfeldes Endgerät bucht eigenständig gemäß Zell-Informationen beider beteiligten Basisstationen um. Soweit die Zellparameter nicht behördlich beigestellt werden, sind die Parameter mit der UM zu ermitteln.

## **8.11 Wiederholungsmessung zur QS-Bewertung des HF-Verteilnetzwerks (M-9.11)**

Wiederholung von M7.08 bis M7.10 aus [Kapitel 6.3](#) für die wegeredundanten Haupt-Linie(n). Vergleich mit Montage-Messung auf eine beschädigungsfreie HF-Strecke.

## 9 Messaufgaben im Rahmen der Wartung / bei wiederkehrenden Prüfungen

### 9.1 Panoramamessungen-Wartung (PM-W; M-11.01)

#### Ziel der Messung

Prüfung der Funktionstüchtigkeit der gegenwärtigen Anbindungs-Situation der OV durch regelmäßige Auswertung der Wartungsmessung.

Bei Kanalumstellung von TMOR-Frequenzen Überprüfung der Frequenz-Korridore mit Hilfe der Wartungsmessung.

Vergleich mit dokumentierten, früheren Messungen. Die ABA verbleibt in der festen Anbinde Ausrichtung.

#### Messdurchführung

PM-W beinhalten alle Positionen einer Richtungs-Mess-Sequenz der umfassenden Panorama-Messung ([Kapitel M-5.03](#)) einschließlich der Zelldatenaufnahme und deren Auswertungen. Die genaue Durchführung entspricht den Messungen [M-8.01](#) und [M-8.02](#).

Gemessen wird über die Betriebs-Richtantenne vor dem TMOR-ABA-Port. (Der Pfadverlust zur Richt-Antenne ist messtechnisch zu überprüfen und zu berücksichtigen).

Bei relevanten Abweichungen der PM-W gegenüber der Inbetriebnahme oder der letzten Wartung ist auch eine erneute Überprüfung der Best-Server-Situation über Umfeldmessungen notwendig.

#### Auswertung

Die Auswertung und Dokumentation erfolgt wie bei den Messungen [M-8.01](#) und [M-8.02](#) und wird im Wartungsbericht dokumentiert.

### 9.2 Störfreiheit der Frequenzkorridore zur Anbinde-TBS (M-11.02)

Diese ist abhängig von zugeteilter TMOR-Filterbandbreite. Die Messung ist gemäß [M-8.06](#) durchzuführen, auszuwerten und im Wartungsbericht zu dokumentieren.

Sie dient der Bewertung der Rückwirkung auf das Freifeld und die Einwirkung von fremden Basisstationen auf das lokale OV-System. Die Messung ist eine Teilmenge aus Messung M-11.01.

### 9.3 ABA HF-Pfadumschaltung (M-11.03)

Bei Nutzung von redundanten HF-Pfaden zur ABA, Messpunkt MT-ABA. Prüfung der Pfad-Umschaltkriterien, der HF-Relais-Funktionen und der HF-Pegelstabilität. Werden unterschiedliche HF-Pegel bei Pfad-Umschaltung automatisch im TMOR ausgeglichen, ist dies zu dokumentieren. Die Messung ist gemäß [M-8.04](#) durchzuführen, auszuwerten und zu dokumentieren.

## 9.4 Isolation Funkfeld der ABA zu OV-Funkfeld (M-11.04)

Die Messung ist gemäß [M-8.08](#) jeweils für UL/ DL richtungsgebunden über mindestens einen Messpunkt je DL-Kanal im Frequenz-Band durchzuführen. Bei redundanten HF-Pfaden zur ABA sind die Messungen für jeden Pfad durchzuführen.

Vergleich der Messungen mit der Inbetriebnahme Phase. Eine Verschlechterung der Isolation kann zur Reduzierung der TMOR Verstärkung führen oder eine sofortige Abschaltung der OV-Anlage zur Folge haben!

Jede Wartung an einem TMO-OV-System beinhaltet zur Überprüfung auf bauliche Veränderungen an Gebäuden und HF-Reflektionsflächen (Nachbargebäude) die Isolationsmessungen. Die Ergebnisse sind in den notwendigen Anpassungsarbeiten ebenfalls zu berücksichtigen. Diese sind mit der zuständigen Landesstelle und der BDBOS abzustimmen und durch den Betreiber der Anlage zu veranlassen.

Die Dokumentation erfolgt wie bei [M-8.08](#).

## 9.5 DL-TMOR-Ausgangswerte (Pegel, EVM; M-11.05)

Die Messung dient als Nachweis von Channelpower und Modulationsqualität der DL-Träger zum VAS und wird am MT-VAS durchgeführt. Die Pfaddämpfung zwischen TMOa und MT-VAS sind aus der Dokumentation der Leitungsdämpfungsmessung zu entnehmen und zu berücksichtigen. Die Messung wird gemäß [M-8.09](#) durchgeführt, ausgewertet und entsprechend in der Dokumentation der Wartung dokumentiert.

## 9.6 UL-Spektrum, Channelpower, Muting off; (M-11.06)

Am Messpunkt = MT-ABA wird die Messung gemäß [M-8.16](#) durchgeführt, ausgewertet und entsprechend in der Wartungsdokumentation dokumentiert. Sie dient der Prüfung des UL-Kanalspektrum mit aufgeschaltetem VAS. Der TMOR wird ohne Muting mit dem geplanten Wirkverstärkungsfaktor betrieben. Das vorhanden sein von Störungen, die über das VAS aufgenommen werden soll geprüft werden (Überprüfung auf Störsignale und erhöhtes Rauschen, dass vom VAS aus dem Objekt aufgenommen wird). Erhöhten Messwerten ist nachzugehen, siehe [M-8.20](#).

## 9.7 UL-Kanalspektrum, Channelpower, Muting On; (M-11.07)

Messpunkt = MT-ABA, Messung gemäß M-8.19. Prüfung UL-Kanalspektrum mit aufgeschaltetem VAS ohne Funkgeräte-Aktivität. Muting aktiviert. Störsignale oder Rauschen aus dem Objekt dürfen nicht die Mutingschwelle erreichen. Mutinghub mit Projektierungswert vergleichen, ggf. korrigieren.

## 9.8 DL-TMOa - Ausgangswerte (Pegel, EVM) (M-11.8)

Die Messung dient als Nachweis von Channelpower und Modulationsqualität der DL-Träger zum VAS und wird am MT-VAS durchgeführt. Die Pfaddämpfung zwischen TMOa und MT-VAS sind aus der Dokumentation der Leitungsdämpfungsmessung zu entnehmen und zu berücksichtigen. Die Messung wird gemäß [M-8.21](#) durchgeführt, ausgewertet und entsprechend in der Dokumentation der Wartung dokumentiert.

## 9.9 DMO Bakensignal HF-Leistung (M-11.09)

Die Messung dient als Vergleich mit den Vorgaben und den Werten aus der Inbetriebsetzung. Die Pfaddämpfung zwischen TMOa und MT-VAS sind aus der Dokumentation der

Leitungsdämpfungsmessung zu entnehmen und zu berücksichtigen. Die Messung wird gemäß [M-8.23](#) durchgeführt, ausgewertet und entsprechend in der Dokumentation der Wartung dokumentiert.

### **9.10 HF-Pegel-Eckwerte an physikalischen Schnittstellen (M-11.10)**

Messungen gem. M-8.24 im HF-Verteilnetzwerk. Verifizierung mit den Parametern aus der Inbetriebnahme Phase. Nachweis der Pegelverhältnisse an kabelgebundenen Schnittstellen im HF-Verteilnetzwerk. Vergleich mit vorherigen Referenzmessungen

### **9.11 VM an festgelegten Referenzmesspunkten (M-11.11)**

Über eine Messantenne werden die HF-Parameter von einem Messempfänger mit 50 Ohm Eingangs-Impedanz bewertet. Durchführung erfolgt gemäß [M-8.24](#). Die Referenz-Messpunkte aus der Inbetriebnahme Phase sind erneut aufzunehmen und mit der vorherigen Dokumentation zu vergleichen. Bei deutlichen Abweichungen hat eine Störungsursachen-Ermittlung zu erfolgen. Die Dokumentation erfolgt wie bei [M-8.24](#).

### **9.12 Außenwirkung auf das Freifeld (M-11.12)**

Messung ist gemäß [M-8.27](#) zur Ermittlung von Interferenzzonen durchzuführen, auszuwerten und zu dokumentieren.

### **9.13 Außen Reichweite TMO(a) + DMO (M-11.13)**

Messung ist gemäß [M-8.30](#) durchzuführen, auszuwerten und zu dokumentieren. Sie dient als Nachweis der Einhaltung von Forderungen der lokalen BOS.

### **9.14 Wiederholungsmessung an HF-Verteilnetzwerks (M-11.14)**

Wiederholung von [M-7.08 bis M-7.10](#) für die Haupt-Linie(n) mit Wege Redundanz. Es wird per DTF geprüft, ob es betriebsrelevante Änderungen durch Beschädigung gegeben hat. Die Messungen sind wie unter [M-7.08 bis M-7.10](#) beschrieben durchzuführen, auszuwerten und zu dokumentieren.