

<p style="text-align: center;"><b>Technische Richtlinie</b>  der öffentlich-rechtlichen Rundfunkanstalten  in der Bundesrepublik Deutschland</p>	<p style="text-align: center;"><b>Richtlinie</b>   <b>Nr. 5/9.1</b></p>
<p style="text-align: center;">Bearbeiter dieses Heftes: Konferenz Programmverbreitung  Herausgeber: Institut für Rundfunktechnik</p>	<p style="text-align: center;">2. Auflage, rev 1</p>
	<p style="text-align: center;">30 Seiten</p>
	<p style="text-align: center;">16. März 2018</p>
<p style="text-align: center;"><b>Anforderungsprofil für DVB-T/T2 Sender</b></p> <p style="text-align: center;">Zusätzlich gelten die Technische Richtlinie Nr. 5/1.0  Teil 1: Allgemeine Bedingungen für sendertechnische Geräte und Anlagen,  Teil 2: Fernwirk-Schnittstelle, Teil 3: SNMP-Schnittstelle  und die Technische Richtlinie Nr. 5/1.1 Reservesysteme</p>	

**Hinweis:**

Diese Technische Richtlinie 5/9.1 wurde mit der TDF Group Specification in den meisten technischen Parametern abgestimmt und erscheint dort unter der Bezeichnung „TS TDF-G 04-00“.

**Schutzrechte - Hinweis:**

Es kann nicht gewährleistet werden, dass alle in dieser Richtlinie enthaltenen Forderungen, Vorschriften, Richtlinien, Spezifikationen und Normen frei von Schutzrechten Dritter sind.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Zitierfreiheit des Urheberrechtsgesetzes und jegliche elektronische Weitergabe ist ohne vorherige schriftliche Zustimmung des IRT nicht zulässig.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1.</b>	<b>Allgemeines</b>	<b>4</b>
1.1	Bedingungen für die Lieferung von DVB-T/T2 Sendern	4
1.2	Ergänzende allgemeine Bedingungen	4
1.3	Kurzbeschreibung einer DVB-T/T2 Senderanlage	4
<b>2.</b>	<b>Technische Forderungen</b>	<b>5</b>
2.1	Senderleistung	5
2.1.1	Nennleistung	5
2.1.2	Ausgangsleistung	5
2.2	Betriebsfrequenzen	5
2.2.1	Frequenzbereich	5
2.2.2	Mittenfrequenz des DVB-T/T2-Spektrums	6
2.2.3	Frequenzkonstanz	6
2.3	Vorstufe	6
2.3.1	Transportstromeingang	6
2.3.2	Modulator	8
2.3.3	Testsignale	8
2.3.4	Senderspezifische Steuerinformationen	8
2.3.5	Cell Identification	9
2.3.6	Vorentzerrung	9
2.3.7	DVB-T2 Peak-to-average power ratio reduction technique ( PAPR )	9
2.3.8	DVB-T2 Time Interleaving	9
2.4	SFN-Synchronisation	10
2.4.1	Frequenz- und Zeitreferenzsignale	10
2.4.2	Externe Referenzsignale	10
2.4.3	Betriebsverhalten bei GPS-Störung	11
2.4.4	Laufzeitausgleich im Gleichwellennetz, Signalverarbeitungszeit	11
2.4.5	Dynamischer Laufzeitausgleich	11
2.4.6	Statischer Laufzeitausgleich	11
2.5	Endstufe	12
2.6	Ausgangs-Kanalbandpassfilter (Maskenfilter)	12
2.7	Allgemeine technische Forderungen	13
2.7.1	Einlaufverhalten	13
2.7.2	Verhalten bei Netzunterbrechung	13
2.7.3	Separater Netzanschluss	13
2.8	Freie Mess- und Trennstellen	13
2.8.1	Transportstrom-Eingang (ASI-Schnittstelle)	13
2.8.2	HF-Messstellen	13
2.8.3	Sonstige Messstellen	14
2.8.4	Trennstellen	14
2.9	Betriebskontrolle und Bedienung	14

---

2.9.1	Anzeige und Bedienung	14
2.9.2	Service-Schnittstelle	15
2.9.3	Fernwirkschnittstelle	15
<b>3.</b>	<b>Übertragungsqualität</b>	<b>16</b>
3.1	Phasenrauschen des Oszillators	16
3.2	Schulterabstand	17
3.3	Crestfaktor	17
3.4	Messung der Modulation Error Ratio (MER)	17
3.5	Welligkeit des Ausgangsspektrums	17
3.6	Stabilität der Ausgangsleistung	17
<b>4.</b>	<b>Prüflast</b>	<b>17</b>
<b>5.</b>	<b>Parameter nach BNetzA Schnittstellenbeschreibung</b>	<b>18</b>
5.1	Nebenaussendungen	18
5.2	Außerbandaussendungen	19
5.2.1	Grenzwerte für DVB-T/T2- Sender mit einer Ausgangsleistung $\geq 25$ W	19
5.2.2	Grenzwerte für DVB-T/T2- Sender mit einer Ausgangsleistung $< 25$ W	20
<b>6.</b>	<b>Anlagen</b>	<b>21</b>
6.1	Anlage 1 – Zitierte und mitgeltende Unterlagen, Spezifikationen, Technische Richtlinien	21
6.2	Anlage 2 – Liste der verwendeten Abkürzungen und Begriffe	22
6.3	Anlage 3 – Liste der Kommandos und Meldungen	24
6.4	Anlage 4 – Grenzwerte der Nebenaussendungen	25
6.5	Anlage 5 – Grenzwerte der Außerbandaussendungen 7 MHz Kanal ( $\geq 25$ W)	26
6.6	Anlage 6 – Grenzwerte der Außerbandaussendungen 8 MHz Kanal ( $\geq 25$ W)	27
6.7	Anlage 7 – Prinzipieller Aufbau einer DVB-T/T2-Senderanlage	28
6.8	Anlage 8 – Tabellen der DVB-T/T2 Mittenfrequenzen für VHF und UHF	29
<b>7.</b>	<b>Historie</b>	<b>30</b>

## 1. Allgemeines

Nachfolgend werden die Eigenschaften und die wesentlichen Bestandteile eines Senders zur Übertragung von DVB-T- und DVB-T2-Signalen beschrieben.

Für Sendergeräte die ein DVB-T2-Signal übertragen sollen, gelten dieselben Anforderungen. Weichen die Anforderungen systembedingt voneinander ab, sind diese Abschnitte besonders gekennzeichnet.

### 1.1 Bedingungen für die Lieferung von DVB-T/T2 Sendern

Sofern keine abweichenden Bedingungen schriftlich bei der Auftragsvergabe festgelegt werden, gilt diese Beschreibung als Vereinbarung bei Lieferung von DVB-T/T2 Sendern oder deren Komponenten an Rundfunkanstalten der ARD.

Es sind die zum Zeitpunkt der Auftragserteilung jeweils gültigen Normen (EN, IEC/DIN), die Festlegungen des VDE-Vorschriftenwerkes und der CE-Konformitätsvorgaben, die einschlägigen gesetzlichen Sicherheitsvorgaben, die Schnittstellenbeschreibungen der BNetzA, sowie die geltenden ARD-Vorschriften einzuhalten. Insbesondere gelten die Bedingungen für sendertechnische Geräte und Anlagen (Technische Richtlinie 5/1.0 Teil 1 und 2) und Bedingungen für Sender-Reservesysteme, soweit hier nicht anders beschrieben.

Weitere mit geltende Vorschriften sind im Anlage 1 aufgeführt.

### 1.2 Ergänzende allgemeine Bedingungen

Ist zur Einhaltung des zulässigen Spektrums ein Ausgangsbandpass (Maskenfilter) erforderlich, so ist dieser Bestandteil des Senders. Als Ausgang des Senders gilt dann der Anschluss zur Antennenspeiseleitung bzw. Prüflast.

Die Qualitätsanforderungen dieser Spezifikation gelten am Senderausgang. Dabei ist der Ausgang mit einer Prüflast nach Abschnitt 4 zu belasten.

### 1.3 Kurzbeschreibung einer DVB-T/T2 Senderanlage

DVB-T/T2-Sender nach dieser technischen Richtlinie sind Sender zur normgerechten terrestrischen Aussendung von DVB-T/T2-Signalen laut ETSI EN 300 744, die auch für Gleichwellenbetrieb (SFN) nach ETSI TS 101 191 geeignet sind.

DVB-T2-Sender nach dieser technischen Richtlinie sind Sender zur normgerechten terrestrischen Aussendung von DVB-T2-Signalen laut ETSI EN 302755, die auch für Gleichwellenbetrieb (SFN) nach ETSI TS 102773 geeignet sind.

Der Sender kann für SFN- oder MFN- Betrieb beauftragt werden. Ein SFN- Sender muss auch im MFN- Betrieb arbeiten können. Bei einem MFN-Sender muss eine Nachrüstung für Gleichwellenbetrieb jederzeit und mit geringem Aufwand möglich sein.

Eine DVB-T/T2 Senderanlage besteht aus den nachfolgend beschriebenen Funktionseinheiten:

- Die Vorstufe erkennt den zulässigen Transportstrom am Eingang und wandelt diesen in ein DVB-T/T2 Signal in HF-Frequenzlage um. Bei einem SFN-Sender beinhaltet diese die notwendige Zeit- und Frequenzsynchronisation.
- Die Endstufe verstärkt das von der Vorstufe gelieferte Signal auf die geforderte Ausgangsleistung.
- Das Ausgangs-Kanalbandpassfilter (Maskenfilter) dient zur Begrenzung des Sendespektrums auf das von der BNetzA geforderte Maß.

Reserveanlagen und -techniken dienen zur Aufrechterhaltung des Betriebes bei Ausfall von Teilen der DVB-T/T2-Senderanlage. Hierzu müssen Geräte bzw. Funktionseinheiten des Signalzuges mehrfach vorhanden sein (passive Reserve oder n+1) bzw. es ist durch schaltungstechnische Maßnahmen zu gewährleisten, dass bei Ausfall eines Anlagenteils der Sender selbsttätig mit reduzierter Leistung weiterarbeitet (aktive Reserve).

Die Art der Reserve wird bei der Auftragsvergabe festgelegt.

Die Sendersteuerung und -überwachung realisiert die Orts- und Fernbedienung der Anlage, überwacht, protokolliert und visualisiert Meldungen und Alarmer und steuert den Betrieb der Anlage (z.B. Leistungsrückregelung, Abschaltung).

Die technische Realisierung ist nicht notwendigerweise in dieser Einteilung auszuführen. Insbesondere können aus technischen oder wirtschaftlichen Gründen Funktionseinheiten zusammengelegt werden. Die Ein- und Ausgangssignale dieser Funktionseinheiten müssen in jedem Fall zugänglich sein und den aufgeführten Spezifikationen entsprechen.

## 2. Technische Forderungen

### 2.1 Senderleistung

#### 2.1.1 Nennleistung

Die Nennleistung ist die maximale Ausgangsleistung, bei der die geforderten Übertragungseigenschaften (insbesondere nach BNetzA Schnittstellenbeschreibung, SSB RU 011) noch erfüllt werden.

Die Nennleistung des Senders sollte vorzugsweise in folgenden Stufen gestaffelt werden: 50 W, 100 W, 250 W, 500 W, 1 kW, 2 kW, 4 kW, 5 kW, 8 kW, 10 kW.

#### 2.1.2 Ausgangsleistung

Als Ausgangsleistung gilt die am Ausgang des DVB-T/T2 Senders gemessene effektive Leistung aller Träger im Sendekanal. Als Ausgang des Senders ist wie im Punkt 1.3 angegeben, der Anschluss zur Antennenspeiseleitung bzw. Prüflast definiert. Sie ist mit einem thermischen Leistungsmesser zu messen. Dafür ist hinter dem Ausgangsfilter (Maskenfilter) eine Präzisionsleistungsmessstelle nach Abschnitt 2.8.2 vorzusehen.

DVB-T2: Anzugeben ist die maximale Ausgangsleistung des Sendegerätes im Mode „Normal“ nach dem Maskenfilter, ebenso der erzielte MER Wert. Vergleichend dazu sollen im Modus „Extended“ relativ dazu die Änderung der Qualitätsparameter angegeben werden.

DVB-T2: Die Ausgangsleistung und der geplante Mode (Normal, Extended) werden bei der Bestellung bekannt gegeben.

Die Ausgangsleistung wird bei der Bestellung vereinbart.

Die Ausgangsleistung muss sich stufenlos oder in Schritten  $\leq 0,1$  dB bis zu 6 dB unter die Nennleistung reduzieren lassen, ohne die Qualitätsanforderungen dieser technischen Richtlinie zu verletzen. Ein Nachgleich der Übertragungseigenschaften (nichtlineare Verzerrungen) ist dabei zulässig.

## 2.2 Betriebsfrequenzen

### 2.2.1 Frequenzbereich

DVB-T/T2 Sender sind für die folgenden Frequenzbereiche auszulegen:

VHF- Sender:	Frequenzbereich	174 MHz bis 230 MHz
	Betriebskanäle	5 bis 12
	Kanalbandbreite	7 MHz
UHF- Sender:	Frequenzbereich	470 MHz bis 694 MHz
	Betriebskanäle	21 bis 48
	Kanalbandbreite	8 MHz

Der Sender muss sich innerhalb des Frequenzbereichs mit einfachen Mitteln durchstimmen lassen.

### 2.2.2 Mittenfrequenz des DVB-T/T2-Spektrums

Als Mittenfrequenz  $f_0$  des DVB-T/T2 HF- Signals gilt die Mittenfrequenz des Nutzsignals. Der Nennwert der Mittenfrequenz und ergibt sich aus der Tabelle 1.

Frequenzbereich	Mittenfrequenz $f_0$ / MHz	Betriebskanal
VHF	$177,5 + (k - 5) * 7$	$K = 5, 6, \dots 12$
UHF	$474 + (k - 21) * 8$	$K = 21, 22, \dots 48$

**Tabelle 1**

Innerhalb des Kanals muss die Mittenfrequenz um  $\pm 250$  kHz in Schritten von 1 Hz einstellbar sein.

### 2.2.3 Frequenzkonstanz

#### SFN-Betrieb:

Die Abweichung der Mittenfrequenz des ausgesendeten DVB-T/T2-Spektrums von der Soll-Mittenfrequenz im SFN darf nicht mehr als 0,1% des Subträgerabstandes des jeweils eingestellten DVB-T/T2-Modes betragen. Das heißt, die Frequenzabweichung darf im 8k-Mode nicht größer als 1 Hz und im 2k-Mode nicht größer als 4 Hz sein. Für DVB-T2 darf die Frequenzabweichung im 16k-Mode nicht größer als 0,5 Hz und im 32k-Mode nicht größer als 0,3 Hz sein. Dies gilt unter den Betriebs- und Umweltbedingungen der technischen Richtlinie 5/1.0 Teil 1, 2.7.1.1 (Spalte b).

Die Sendefrequenz muss von einem hochgenauen Referenzsignal phasenstarr synchronisiert werden können.

#### MFN-Betrieb (ohne Leitfrequenzanbindung):

Die Abweichung von der Sollfrequenz darf  $10^{-7}$  innerhalb eines Jahres nicht überschreiten.

## 2.3 Vorstufe

Die Vorstufe beinhaltet alle Funktionsblöcke zur Umsetzung eines angelieferten Transportstroms in ein normgerechtes Ausgangssignal in der Endfrequenzlage für alle DVB-T/T2 Modi, jedoch ohne Leistungsverstärkung. Dabei kann die Vorstufe als selbstständiges Einzelgerät oder aus mehreren Einzelgeräten aufgebaut sein. Unabhängig von der Bauform sind die beschriebenen Funktionen, Schnittstellen und Signale bereitzustellen und einzuhalten.

### 2.3.1 Transportstromeingang

#### a) DVB-T

Zwei umschaltbare unabhängige Eingänge für den Transportstrom sind Bestandteil des Senders. Es muss die elektrische Schnittstelle ASI nach EN 50083-9 Annex B verwendet werden. Alle ASI-Modi müssen verarbeitet werden können.

Die Schnittstelle verwendet die Struktur des MPEG-2-Transportstroms nach ISO/IEC 13818-1. Es müssen TS-Pakete mit 188 Byte oder 204 Byte Länge verarbeitet werden können.

Die Eingänge sind unsymmetrisch als BNC-Buchse mit der Impedanz  $Z=75 \Omega$  auszuführen.

Optional sind zwei IP/Ethernet-Schnittstellen anzubieten. Die IP-Schnittstelle muss SMPTE 2022-1 und 2022-2 sowie SMPTE 2022-2 Class1 (188 Byte TS-Pakete) als auch SMPTE 2022-2 Class 2 (204 Byte TS-Pakete) unterstützen. Die Fehlerschutz-Level SMPTE 2022-1 Level A (auch 1-D FEC genannt) und Level B (auch 2-D FEC genannt) müssen unterstützt werden. Für die Jitter Toleranz (gemäß SMPTE 2022-2) müssen mindestens 50ms einstellbar sein. Das Delay der integrierten IP/ASI-Konvertierung muss möglichst gering sein.

Dieses Delay ist abhängig von Datenrate, FEC-Matrix, Anzahl der Transportstrom-Pakete pro IP-Paket, eingestellter Jitter Tolerance und der Netzwerkqualität (Jitter, Paketverlust, Delay).

Mit den folgenden Parametern kann ein Delay von typischerweise 150ms erreicht werden:

Datenrate von 13,27 Mbit/s, 8x8 2-D FEC-Matrix, 7 Transportstrom-Paketen pro IP-Paket, Netzwerkqualität: Delay von <1ms sowie Periodic Burst Loss von 8 Paketen alle 10s und Jitter von 0-20ms.

Hinweis: Andere Konfigurationen können zu deutlich größeren Delays führen!

Die Umschaltung der Eingänge erfolgt über die Bedienung nach Abschnitt 2.9.

Eine automatische unterbrechungsfreie Umschaltung (seamless) auf die andere ungestörte Eingangsschnittstelle muss bei fehlendem oder unverarbeitbarem Transportstrom, bei zu hoher Datenrate oder gestörtem MIP möglich sein. Ist eine seamless Umschaltung nicht möglich, obwohl beide Eingangssignale vorhanden sind, soll eine Summenwarnung ausgegeben werden.

Diese automatische Umschaltung muss abschaltbar sein. In diesem Fall muss eine Auswahl des Eingangs möglich sein. Der jeweilige Status der Eingänge muss nach 2.9.1, 2.9.2 und 2.9.3 gemeldet werden.

Adapter für unterschiedliche Telekommunikationsnetze (z.B. B-ISDN, ATM-Layer nach J82/TR 300 815, PDH nach J131/ETS 300 813, SDH nach J132/ETS 300 814, Satelliten-Verbindungen) müssen den Eingängen vorschaltbar sein. Transportströme, die die zulässigen Toleranzen des jeweiligen Netzwerks und des zugehörigen Adapters einhalten, müssen problemlos weiterverarbeitet werden können.

Für die Überwachung des Transportstromes muss eine Terminalfunktion vorhanden sein. Der Transportstromeingang erkennt den Datenstrom. Fehlt der Transportstrom, existieren Synchronfehler, ist die Datenrate zu hoch oder ist das MIP gestört bzw. eine im MaxDelay geforderte Aussendung nicht möglich, so ist der Sender abzuschalten. Die Warnung „TS gestört“ und „MIP gestört“ wird an der Anzeige nach 2.9.1 und über die Schnittstellen nach 2.9.2 und 2.9.3 gemeldet.

Können mehrere IP-Fehler nicht mehr korrigiert werden, muss der Sender mit der Warnung „TS gestört“ abschalten.

#### b) DVB-T2

Zwei umschaltbare unabhängige Eingänge für den Transportstrom sind Bestandteil des Senders. Es muss die elektrische Schnittstelle ASI nach EN 50083-9 Annex B verwendet werden. Alle ASI-Modi müssen verarbeitet werden können.

Die Schnittstelle verwendet die Struktur des MPEG-2-Transportstroms nach ISO/IEC 13818-1. Es müssen TS-Pakete mit 188 Byte oder 204 Byte Länge verarbeitet werden können.

Die Eingänge sind unsymmetrisch als BNC-Buchse mit der Impedanz  $Z=75 \Omega$  auszuführen.

Optional sind zwei IP/Ethernet-Schnittstellen anzubieten. Die IP-Schnittstelle muss SMPTE 2022-1 und 2022-2 sowie SMPTE 2022-2 Class1 (188 Byte TS-Pakete) als auch SMPTE 2022-2 Class 2 (204 Byte TS-Pakete) unterstützen. Die Fehlerschutz-Level SMPTE 2022-1 Level A (auch 1-D FEC genannt) und Level B (auch 2-D FEC genannt) müssen unterstützt werden. Für die Jitter Toleranz (gemäß SMPTE 2022-2) müssen mindestens 50ms einstellbar sein. Das Delay der integrierten IP/ASI-Konvertierung muss möglichst gering sein.

Dieses Delay ist abhängig von Datenrate, FEC-Matrix, Anzahl der Transportstrom-Pakete pro IP-Paket, eingestellter Jitter Tolerance und der Netzwerkqualität (Jitter, Paketverlust, Delay).

Mit den folgenden Parametern kann ein Delay von typischerweise 150ms erreicht werden:

Datenrate von 13,27 Mbit/s, 8x8 2-D FEC-Matrix, 7 Transportstrom-Paketen pro IP-Paket, Netzwerkqualität: Delay von <1ms sowie Periodic Burst Loss von 8 Paketen alle 10s und Jitter von 0-20ms.

Hinweis: Andere Konfigurationen können zu deutlich größeren Delays führen!

Die Umschaltung der Eingänge erfolgt über die Bedienung nach Abschnitt 2.9.

Eine automatische unterbrechungsfreie Umschaltung (seamless) auf die andere ungestörte Eingangsschnittstelle muss bei fehlendem oder unverarbeitbarem Transportstrom, bei zu hoher Datenrate möglich sein. Ist eine seamless Umschaltung nicht möglich, obwohl beide Eingangssignale vorhanden sind, soll eine Summenwarnung ausgegeben werden.

Diese automatische Umschaltung muss abschaltbar sein. In diesem Fall muss eine Auswahl des Eingangs möglich sein. Der jeweilige Status der Eingänge muss nach 2.9.1, 2.9.2 und 2.9.3 gemeldet werden.

Adapter für unterschiedliche Telekommunikationsnetze (z.B. B-ISDN, ATM-Layer nach J82/TR 300 815, PDH nach J131/ETS 300 813, SDH nach J132/ETS 300 814, Satelliten-Verbindungen) müssen den Eingängen vorschaltbar sein. Transportströme, die zulässigen Toleranzen des jeweiligen Netzwerks und des zugehörigen Adapters einhalten, müssen problemlos weiterverarbeitet werden können.

Für die Überwachung des Transportstromes muss eine Terminalfunktion vorhanden sein. Der Transportstromeingang erkennt den Datenstrom. Fehlt der Transportstrom, existieren Synchronfehler, ist die Datenrate zu hoch oder eine synchrone SFN- Aussendung nicht möglich, so ist der Sender abzuschalten. Die Warnung „TS gestört“ und „SFN-Synchronisierung gestört“ wird an der Anzeige nach 2.9.1 und über die Schnittstellen nach 2.9.2 und 2.9.3 gemeldet.

Können mehrere IP-Fehler nicht mehr korrigiert werden, muss der Sender mit der Warnung „TS gestört“ abschalten.

Weitere Ergänzungen zu DVB-T2:

DVB-T2-Sender müssen zusätzlich T2-MI-Transportströme gemäß ETSI TS 102773 an den Eingangsschnittstellen (ASI, IP) unterstützen. Die MPEG-2 TS Data Piping PID muss manuell einstellbar sein. Optional können Generic Encapsulated Streams (ETSI TS 102606) unterstützt werden.

Es müssen T2-MI Packet\_Count Fehler, T2-MI CRC Fehler und T2 Timestamp Fehler über die Schnittstellen nach 2.9.1 und 2.9.2 gemeldet werden.

Darüber hinaus muss der Modulator für mindestens 8 PLP's ausgelegt sein.

### 2.3.2 Modulator

Der Modulator erzeugt aus dem Transportstrom ein DVB-T/T2-Signal, das anschließend in den HF-Leistungsstufen verstärkt wird.

Für die Frequenzaufbereitung ist ein Oszillator vorzusehen, der keine höhere Abweichung der Sollfrequenz unter den zulässigen Betriebs- und Umweltbedingungen zulässt als in Abschnitt 2.2.3 aufgeführt.

Bei einem Sender im MFN-Betrieb muss in der Betriebsart „Stuffing“ (dh. eine zu geringe Eingangsdatenrate wird mit Nullpaketen aufgefüllt) ein Re-Stamping erfolgen.

Die Einspeisung einer externen Referenzfrequenz nach Abschnitt 2.4.2 muss möglich sein.

### 2.3.3 Testsignale

Die Vorstufe muss unabhängig vom Eingangstransportstrom ein Testsignal erzeugen können, mit dem der Sender modulierbar ist. Damit können die spektralen Eigenschaften gemessen werden. Dieses Testsignal PRBS  $2^{23} - 1$  muss anstelle des Programmsignals eingefügt werden können. Der Testbetrieb (Warnung, anormaler Betrieb) muss signalisiert werden und an der Anzeige nach 2.9.1 und über die Schnittstelle nach 2.9.2 und 2.9.3 gemeldet.

DVB-T2: Die Vorstufe muss zusätzlich den SFN Test Mode gemäß ETSI TS 102831 Kapitel 9.1.6.2 (Null P1 preamble) unterstützen.

### 2.3.4 Senderspezifische Steuerinformationen

a) DVB-T MIP-Zusatzinformation

Im MIP können senderspezifische Kommandos übertragen werden. Alle im Dokument ETSI/TR 101 191 definierten Kommandos müssen vom Sender erkannt und verarbeitet werden. Diese Funktion muss abschaltbar sein.

b) DVB-T2: Senderspezifische Steuerinformationen



Im DVB-T2-MI-Signal können senderspezifische Kommandos (individual addressing) übertragen werden. Alle im Dokument ETSI TS 102773 definierten Kommandos müssen vom Sender erkannt und ohne Neustart des Modulators verarbeitet werden. Ausgenommen sind Zeit- und Frequenzoffset und Ausgangsleistung. Diese Funktion muss abschaltbar sein. Die T2 Timestamps werden im Modulator ausgewertet, aber nicht ausgesendet.

Für die Synchronisierung von DVB-T2 Füllsendern müssen die vom T2-Gateway eingefügten T2-MIP Pakete vom Modulator ausgesendet werden.

### 2.3.5 Cell Identification

#### a) DVB-T

In den TPS-Daten (Transmission-Parameter-Signalling) wird der CI (Cell Identifier) mitgeführt (ETSI EN 300 744). Der CI kennzeichnet eine Zelle, diese entspricht einem DVB-T Kanal bzw. einer DVB-T Frequenz. Im MFN-Netz haben daher die Sender (verschiedene Kanäle) auch verschiedene CI Werte. Im SFN-Netz muss jeder Sender des Netzes (ein Kanal) den gleichen Wert des CI haben.

Zusätzlich wird in den TPS-Daten auch noch ein "Length Indicator" mitgeführt. Dieser kann im DVB-T-Betrieb zwei Werte annehmen. Es wird damit gekennzeichnet, ob der CI unterstützt oder nicht unterstützt wird.

- Die Einstellung des Cell Identifier und des Length Indicator muss am MFN- und SFN-Sender möglich sein.
- Bei einem auf "supported (hex 1F)" gesetzten Length Indicator müssen alle Werte des Cell Identifier, auch der Wert "0", einstellbar sein.
- Bei einem auf "not supported (hex 17)" gesetzten Length Indicator muss dem Cell Identifier automatisch der Wert "0" zugewiesen werden.

#### b) DVB-T2

Die Einstellung der Cell ID muss am MFN- und SFN-Sender möglich sein. Im SFN-Betrieb muss die Cell ID aus dem L1-pre signalling übernommen werden können.

### 2.3.6 Vorentzerrung

Zur Verbesserung der Linearität des Ausgangssignals müssen lineare und nichtlineare Vorentzerrtechniken vorhanden sein. Diese können automatisch oder manuell realisiert werden.

Im Fall einer automatischen Vorentzerrung muss der Optimierungsalgorithmus der automatischen Entzerrung auswählbar auf Schulterabstand oder MER anwendbar sein. Ebenfalls muss die lineare und nichtlineare Entzerrung fixiert und extern abgespeichert werden können.

Ist bei Änderung der Senderausgangsleistung ein Nachgleich der Vorentzerrung erforderlich, so müssen vier verschiedene kundenspezifische Einstellungen netzausfallsicher speicher-, abruf-, und aktivierbar sein. Die Vorentzerrung muss für Messungen abschaltbar sein.

Der Speicherplatz der Voreinstellungen muss manuell über die Bedienung am Gerät nach Abschnitt 2.9.1 und über die Serviceschnittstelle nach Abschnitt 2.9.2 kontrolliert und ausgewählt werden können. Die Parameter der Vorentzerrungseinstellung müssen über die Serviceschnittstelle nach 2.9.2 verändert werden können.

### 2.3.7 DVB-T2 Peak-to-average power ratio reduction technique ( PAPR )

Folgende Techniken sollten unterstützt werden:

- Tone Reservation (TR)
- Active Constellation Extension (ACE)
- Kombinationen von TR und ACE

Es muss möglich sein, die PAPR Funktion ein- bzw. auszuschalten.

### 2.3.8 DVB-T2 Time Interleaving

Es müssen alle 3 Time Interleaving Optionen, die im DVB-T2-Standard genannt sind, unterstützt werden.

## 2.4 SFN-Synchronisation

### a) DVB-T:

Zur Erfüllung der Frequenz- und Zeitbedingungen für den Gleichwellenbetrieb ist eine SFN – Synchronisationseinrichtung erforderlich. Diese hat gemäß ETSI TS 101 191 die mit dem Transportstrom im Transportnetz übertragenen Megaframe Initialization Packet (MIP) Informationen auszuwerten und muss die Betriebsweise darauf einstellen können. Die SFN-Synchronisationseinrichtung ist Bestandteil des SFN-Senders.

Falls eine bit- und zeitsynchrone Aussendung nicht möglich ist, muss die Aussendung unterbrochen werden. Das kann z.B. eintreten, wenn die Laufzeit auf dem Modulationsleitungsweg länger ist, als der im „max-delay“ eingestellte Wert.

Im SFN-Betrieb müssen alle notwendigen Daten <sup>1)</sup> aus den MIP Informationen ausgelesen und der Sender damit eingestellt werden. Zusätzlich müssen alle Modulations-Parameter manuell eingestellt werden können.

### b) DVB-T2:

Zur Erfüllung der Frequenz- und Zeitbedingungen für den Gleichwellenbetrieb ist eine SFN– Synchronisationseinrichtung erforderlich. Im Transportstrom (MPEG2-TS) wird das Protokoll T2-MI nach ETSI TS 102 773 übertragen. Die Zeitinformationen aus dem T2MI-Signal müssen auszuwerten sein und die Betriebsweise des Senders muss sich darauf einstellen können. Die SFN-Synchronisationseinrichtung ist Bestandteil des SFN-Senders.

Im SFN-Betrieb müssen alle notwendigen Daten aus den L1-Signalling-Informationen ausgelesen und der Sender mit diesen Einstellungen betrieben werden. Zusätzlich müssen folgende Parameter manuell überschrieben werden können: „Tx Frequency“, „MISO group“ und „Cell ID“.

Falls eine bit- und zeitsynchrone Aussendung nicht möglich ist, muss die Aussendung unterbrochen werden. Dies kann z.B. dann eintreten, wenn die Laufzeit auf dem Modulationsleitungsweg länger ist, als der für „max-delay“ eingestellte Wert.

Optional muss die Aussendung für eine manuell einstellbare Zeit mit einem „Dummy“-Signal (z.B. Leerrahmen oder den letzten gültigen Rahmen) weitergeführt werden. Die Meldungsabgabe muss unverzögert erfolgen.

### 2.4.1 Frequenz- und Zeitreferenzsignale

Die Frequenz- und Zeitreferenzen sind von einem GPS- Empfänger abzuleiten. Optional kann dies auch extern von einem zentralen Frequenz- und Zeittakt geschehen. Auch bei Verwendung eines internen GPS- Moduls, ist die Möglichkeit einer externen Einspeisung der Referenzsignale (10 MHz und 1pps) vorzusehen.

Qualitätsanforderungen an das Zeit-Referenzsignal 1 pps:

Zeitabweichung (Senderinterne Oszillator eingerastet) besser als  $\pm 250$  ns

Qualitätsanforderungen an das Frequenz-Referenzsignal 10 MHz:

Frequenzgenauigkeit (eingerastet)  $\leq 1 \cdot 10^{-9}$

Die Frequenz- und Zeitreferenzsignale müssen phasenstarr miteinander verkoppelt sein.

### 2.4.2 Externe Referenzsignale

Der Sender muss über Anschlüsse für ein extern zugeführtes Frequenz-Referenzsignal ( $f = 10$  MHz) und für einen extern bereitgestellten Referenz-Zeittakt (1 pps) verfügen. Der Sender muss sich wahlweise darauf synchronisieren lassen. Eingangsschnittstelle für das Frequenz-Referenzsignal 10 MHz:

Ausführung	unsymmetrisch, BNC-Buchse, 50 $\Omega$
Signalform	Sinus oder Rechteck
Signalpegel	-5 dBm bis +20 dBm

<sup>1</sup> Notwendige Daten sind die „Mandatory SFN Parameters“ für den DVB-T Betrieb, die keine Adressierung des Senders erfordern. Die MIP Zusatzfunktionen „Functions“ müssen wahlweise aktiviert oder deaktiviert werden können. Siehe auch Kapitel 2.3.4.)

Eingangsschnittstelle für das Zeit-Referenzsignal 1 pps:

Ausführung	unsymmetrisch, BNC-Buchse, 50 $\Omega$
Aktive Flanke	steigend
Signal	TTL-konform

### 2.4.3 Betriebsverhalten bei GPS-Störung

#### Sendereigener GPS-Empfänger:

Bei Ausfall des GPS-Empfangs darf der Betrieb des Senders nicht beeinträchtigt werden. Eine Umschaltung zwischen Betrieb mit GPS-Empfang und Betrieb mit gestörtem GPS-Empfänger muss ohne Beeinträchtigung des Sendebetriebs erfolgen. Bei Wiederverfügbarkeit der GPS-Referenz muss der Sender automatisch auf alle Zeit- und Frequenzregelschleifen zurückschalten.

Sobald der Sender die zeitlichen Anforderungen für den dynamischen Laufzeitausgleich nicht mehr erfüllt, ist das DVB-T/T2 Ausgangssignal automatisch abzuschalten. Als Grenzwert für die Abschaltung gelten 20% des Schutzintervalls des eingestellten DVB-T/T2 Übertragungsmodes. Die Zeitspanne zwischen Ausfall der Referenzsignale und Abschaltung des HF-Ausgangssignals muss auch manuell einstellbar sein. Diese Abschaltung muss über die Bedienung nach den Abschnitten 2.9.1 und 2.9.2 auch unterbunden werden können.

Bei Betrieb mit gestörtem GPS-Empfänger darf der Sender innerhalb von 12 Stunden diesen Grenzwert unter den Betriebsbedingungen der technischen Richtlinie 5/1.0 Teil 1 Abschnitt 2.7 nicht überschreiten.

Alle diese Betriebszustände sind nach Abschnitt 2.9.1 anzuzeigen und zu signalisieren.

#### Zentrale externe GPS-Versorgung:

Ist die zentrale externe Frequenz- und/oder Zeittaktversorgung ausgefallen, so muss einstellbar sein, ob der Sender ohne Referenzanbindung weiterarbeitet oder abschaltet. Es muss einstellbar sein, wie lange der Sender ohne Referenzanbindung weiterarbeiten darf bevor das Ausgangssignal abschaltet.

DVB-T2: Falls bei der Verwendung absoluter Zeitmarken in DVB-T2 die NTP-Zeit nicht aktualisiert werden kann, darf der Betrieb des Senders nicht beeinträchtigt werden.

### 2.4.4 Laufzeitausgleich im Gleichwellennetz, Signalverarbeitungszeit

Die Laufzeit des DVB-T/T2-Signals vom Sendereingang (Transportstromeingang) bis zum Senderausgang (senderspezifische Verarbeitungszeit ohne zusätzliche Signalverzögerung durch statischen oder dynamischen Laufzeitausgleich) ist vom Hersteller zu ermitteln und in den technischen Angebotsunterlagen für die einzelnen Übertragungsmodi anzugeben. Diese Zeit darf bei DVB-T 10 ms und DVB-T2 400 ms nicht überschreiten.

### 2.4.5 Dynamischer Laufzeitausgleich

Der dynamische Laufzeitausgleich wird benötigt, um unterschiedliche Zuführungslaufzeiten und betriebsbedingte Veränderungen im Transportnetzwerk zu den einzelnen Senderstandorten des Gleichwellennetzes automatisch kompensieren zu können.

- Mit der automatischen Laufzeitkompensation müssen Verzögerungszeiten bis zu 1 Sekunde ausgeglichen werden können.
- Der Laufzeitausgleich muss kontinuierliche Laufzeitschwankungen (Wander) im Bereich  $\pm 50$  ms ohne Unterbrechung des Transportstromes nachregeln.
- Der Synchronisationspunkt für den dynamischen Laufzeitausgleich ist der Senderausgang.

### 2.4.6 Statischer Laufzeitausgleich

Für die Feinabstimmung im Gleichwellennetz muss zusätzlich zum dynamischen Laufzeitausgleich ein statischer Ausgleich vorhanden sein. Dieser ist wegen möglicher unterschiedlicher Signalverarbeitungszeiten innerhalb der Sender und zur Versorgungsoptimierung notwendig.

Der statische Laufzeitausgleich muss durch manuelle Bedienung nach Abschnitt 2.9.1 und Abschnitt 2.9.2 einer einstellbaren Signalaussendezeit realisiert werden können.

Die Signalaussendezeit muss in allen Übertragungsmodi in Abgleichschritten von <math><150\text{ ns}</math> und bis zu einem Wert von  $\pm 1\text{ s}</math> einstellbar, netzausfallsicher abspeicher- und auslesbar sein.$

## 2.5 Endstufe

Aus Gründen der Redundanz ist die Endstufe für DVB-T/T2-Sender ab einer Nennleistung >500 W aus mehreren Leistungsverstärkern (LV) mit jeweils eigenen Netzgeräten zu realisieren (siehe auch Grafik im Anhang).

Jeder Leistungsverstärker ist breitbandig für das gesamte Band III oder IV/V auszulegen. Von dieser Forderung kann zugunsten anderer Vorteile abgewichen werden, wenn die Umstimmung mit geringem Aufwand möglich ist.

Der Ausfall eines Leistungsverstärkers bzw. einzelner Module oder Netzteile darf zu einer Reduzierung der Senderleistung, nicht jedoch zu einer Betriebsunterbrechung führen.

Fehlerhafte Module bzw. Verstärkereinschübe müssen über ein senderinternes Diagnosesystem erkannt und angezeigt werden.

Ist die Endstufe aus mehr als einem Leistungsverstärker aufgebaut, müssen diese im Fehlerfall ohne Betriebsunterbrechung gefahrlos gewechselt werden können; danach sind die Qualitätsparameter dieser technischen Richtlinie ohne manuellen Nachgleich weiterhin einzuhalten.

Eine durch den Wechsellvorgang vorübergehende Reduzierung der Ausgangsleistung ist zulässig. Ein Abschalten des betroffenen LV-Teils darf ebenfalls nicht zu einer Betriebsunterbrechung führen.

Die Abschlüsse an den Koppелеlementen sind auch bei z.T. defekten Verstärkermodulen für Dauerbetrieb zu dimensionieren. Eine Rückregelung der verbleibenden Leistung ist nicht zulässig.

Die Senderkühlung darf auch bei ausgebauten Verstärkereinschüben nicht beeinträchtigt werden.

Der Nennwert der Eingangs- und Ausgangsimpedanz der LV beträgt  $50\ \Omega$ . Die Nennausgangsleistung muss auf eine Impedanz mit einer Rückflusdämpfung von  $\geq 14\text{ dB}$  abgegeben werden können. Verschlechtert sich die Rückflusdämpfung auf Werte  $\geq 12\text{ dB}$ , so ist eine proportionale Rückregelung der Ausgangsleistung um bis zu  $2\text{ dB}$  zulässig. Bei weiterer Verschlechterung der Anpassung einschließlich Leerlauf oder Kurzschluss am Ausgang muss der Sender nach dreimaligem Aufprüfen der Leistungsverstärker bzw. der Endstufe abschalten. Dabei darf der Sender keinen Schaden nehmen.

## 2.6 Ausgangs-Kanalbandpassfilter (Maskenfilter)

Das Ausgangs-Kanalbandpassfilter (Maskenfilter) ist einschließlich der Verkabelung Bestandteil des Senders. Es ist im oder außerhalb des Senders unterzubringen. Es muss der Nennleistung des Senders und den Belastungen während auftretender Leistungs- / Spannungsspitzen angepasst sein.

DVB-T2: Das Maskenfilter muss für beide Modi (Normal/Extended) abstimmbar sein.

Das Filter ist so zu dimensionieren, dass die für die Schnittstellenbeschreibung nach BNetzA geforderten Parameter sicher und zuverlässig eingehalten werden. In den technischen Angaben zum Filter ist der Wert der Spannungsfestigkeit zu nennen.

Das Filter sollte sich im gesamten Frequenzband durchstimmen lassen, eine Reduzierung des Abstimmbereichs innerhalb von sich möglichst überschneidenden Kanalgruppen ist zulässig und anzugeben.

Der Ausgangsbandpass muss zu Mess- und Abgleicharbeiten aus dem Signalzug getrennt werden können. Ein Messprotokoll der Übertragungseigenschaften für den Betriebskanal im Bereich für die Außerband-, Nebenausstrahlungen und Oberwellen (Rückflusdämpfung, Amplituden- und Phasenfrequenzgang, Selektionseigenschaften, typisches Temperaturverhalten) sowie die Abgleichanleitung sind mitzuliefern.

## 2.7 Allgemeine technische Forderungen

### 2.7.1 Einlaufverhalten

Die Einlaufzeit nach dem Einschalten bzw. nach Netzausfällen ( $> 1s$ ) darf nach dem Einrasten des GPS-Empfängers nicht mehr als 10 Minuten betragen. Innerhalb dieser Zeit dürfen Abweichungen der Mittenfrequenz bis maximal  $\pm 1 \cdot 10^{-7}$  und hinsichtlich der zeitlichen Bedingungen Abweichungen bis zu 20% des Schutzintervalls des eingestellten Betriebsmodus vorhanden sein.

### 2.7.2 Verhalten bei Netzunterbrechung

Bei kurzzeitigen Netzausfällen und Netzwischern  $\leq 1 \text{ sec}$  muss die Synchronität des Senders unmittelbar nach Netzwiederkehr gewährleistet sein. Ist dazu eine interne unterbrechungsfreie Stromversorgung notwendig, muss sie wartungsfrei sein. Sie ist so auszulegen, dass sie die Stromversorgung der dafür notwendigen Komponenten über mindestens 3 Minuten aufrecht erhalten kann. Insbesondere wird auf die Anforderungen an USV-Anlagen in der technischen Richtlinie 5/1.0 verwiesen.

### 2.7.3 Separater Netzanschluss

Die Stromversorgung der Vorstufe und der Baugruppen, die maßgeblich am Wiedereinschalten des Senders beteiligt sind, ist getrennt von der Haupteinspeisung der Anlage zu führen (separater Netzanschluss). In der Front ist ein oder sind mehrere Schalter einzubauen, mit dem oder mit denen beide Einspeisungen vom Netz getrennt werden können.

## 2.8 Freie Mess- und Trennstellen

Die folgenden rückwirkungsfreien Messstellen sind für Messungen während des Betriebes an der Frontseite leicht zugänglich vorzusehen:

### 2.8.1 Transportstrom-Eingang (ASI-Schnittstelle)

Es muss mindestens eine Messstelle zur Überprüfung aller Eingangstransportströme vorhanden sein; Impedanz  $75 \Omega$ , BNC-Ausführung.

Falls der Sender über eine IP/Ethernet-Schnittstelle für den Transportstromeingang bzw. den T2-MI-Eingang verfügt, muss eine Messstelle (ASI) für den decapsulierten Transportstrom vorhanden sein; Impedanz  $75 \Omega$ , BNC-Ausführung.

### 2.8.2 HF-Messstellen

Es sind folgende Vor- und Rücklaufmessstellen vorzusehen (Anlage 7):

- Am Ausgang jeder Vorstufe (ohne Rücklaufmessung)
- Am Ausgang jedes Leistungsverstärkers (ohne Rücklaufmessung)
- Am Ausgang der Endstufe
- Am Ausgang des Maskenfilters, sofern es nicht Bestandteil der Weiche ist
- Bei Sendern mit voller passiver Reserve zusätzlich je eine Messstelle hinter dem HF-Zweigeschalter in der Zuleitung zur Antenne und zur Prüflast.

Die HF-Messstellen sind als Richtkopplermessstellen mit folgenden Parametern innerhalb des jeweiligen Betriebsfrequenzbereiches (Band III und Band IV/V) auszuführen:

- Ausgangspegel -10 bis +10 dBm
- Quellimpedanz:  $50 \Omega$

Für die Messstelle am Ausgang der Endstufe bzw. am Ausgang des Maskenfilters (wird bei Auftragsvergabe festgelegt) gilt zusätzlich

- Genauigkeit  $\pm 0,15 \text{ dB}$
- Anpassung der Messstelle  $\geq 26 \text{ dB}$
- Richtschärfe  $\geq 30 \text{ dB}$
- Amplitudenfrequenzgang Innerhalb des jeweiligen DVB-T/T2-Blocks ist der Amplitudenfrequenzgang zu dokumentieren.

### 2.8.3 Sonstige Messstellen

Messstellen für 10 MHz und 1 pps sind am Ausgang eines sendereigenen GPS-Frequenznormals vorzusehen.

### 2.8.4 Trennstellen

Zwischen folgenden Funktionsblöcken der DVB-T/T2-Senderanlage sind frei zugängliche Trennstellen einzurichten.

- Vorstufe und HF-Endstufe,
- HF-Endstufe und nachgeschaltetem Ausgangsbandpass (Maskenfilter),
- Eine zusätzliche Trennstelle ist am Ausgang des Bandpasses (Maskenfilter) einzubauen.

Alternativ kann auf die Trennstellen vor und hinter dem Bandpass (Maskenfilter) verzichtet werden, wenn der Bandpass (Maskenfilter) mit einfachen Mitteln, z.B. durch das Lösen jeweils eines Kabelsteckers, aus dem Signalzug getrennt werden kann.

## 2.9 Betriebskontrolle und Bedienung

Zur Überwachung der Senderfunktionen und örtlichen Bedienung ist ein Bedien- und Anzeigefeld vorzusehen. Es müssen Statusinformationen, Fehlermeldungen und Messwerte aufgerufen und dargestellt werden können. Dies bezieht sich auf alle Funktionen der Senderanlage.

Das Bedien- und Anzeigefeld ist mit einer Service-Schnittstelle nach Abschnitt 2.9.2 auszustatten, über die wahlweise die Bedienung des Senders erfolgt und alle Geräteeinstellungen ausgelesen und bei Bedarf zurückgeladen werden können. Das Bedien- und Anzeigefeld und notwendige Anschlüsse für die Bedienung und Messung müssen von der Frontseite zugänglich sein.

Zur Überwachung und Steuerung des Senders sind Fernwirkschnittstellen nach Abschnitt 2.9.3 vorzusehen. Ist ein zentrales Bediengerät (ZBG) Bestandteil der Senderanlage, dann erfolgt die Meldungsausgabe und Kommandoeingabe über das ZBG.

Ist kein zentrales Bediengerät vorhanden, erfolgt die Ausgabe der Meldungen und Eingabe der Kommandos über das Bediengerät des Senders.

Durch eine fehlerhafte Bedienung (Einstellung über Tastatur, PC oder Fernwirkschnittstelle) dürfen keine Schäden an der Senderanlage entstehen.

Zum einfachen Wechsel unterschiedlicher Einstellungen sind mindestens vier vollständige Parametersätze intern abzuspeichern. Diese müssen lokal abrufbar sein.

Wenn es notwendig ist nach einem Reset des Gerätes die Software oder Einstellungen (Firmware, Kalibrierungseinstellungen und ähnliches) neu zu laden, so muss das durch das Servicepersonal möglich sein. Die entsprechende Software / Daten gehören auf einem externen Datenträger zum Lieferumfang des Gerätes oder müssen sich auf einen Datenträger sichern lassen.

Im Handbuch ist die Vorgehensweise zu Beschreiben.

### 2.9.1 Anzeige und Bedienung

Folgende Zustände der Senderanlage sind an einer Anzeigeeinheit oder optional über ein Webinterface darzustellen:

- Mittenfrequenz des gesendeten DVB-T/T2- Kanals
- Vorlaufleistung in Watt (Anzeigegenauigkeit  $\pm 0,2$  dB bei Nennleistung) im zugewiesenen Kanal, gemessen am Senderausgang (nach Maskenfilter)
- Rücklaufleistung in Watt oder im Verhältnis zur Vorlaufleistung in dB (Genauigkeit nach der technischen Richtlinie 5/1.0 Teil 1, 2.8.2)
- Zustand der Trägersperre
- Zustandsmeldungen der Transportstromeingänge nach Abschnitt 2.3.1
- Zustandsmeldungen der Frequenz- und Zeitsynchronisation
- Einstellwerte der statischen und dynamischen Laufzeit beider TS-Eingänge
- SFN-Fehler (DVB-T MIP-Fehler bzw. DVB-T2 T2MI Fehler)
- Einstellwerte, Schaltschwellen und Schwellwerte für Warnungen und Alarmer
- Modulationsparameter
- SFN bzw. MFN
- Logbücher gem. 5/1.0, Pkt. 2.5.5.2.

**Hinweis:**

Bei Verwendung eines internen GPS-Empfängers muss die Zeitsynchronisation der Systemuhren auch über diesen möglich sein. Die Forderungen der Technischen Richtlinie 5/1.0, Punkt 2.5.5.4, bleiben davon unberührt.

Über Leuchtmelder an der Gestellfront sind anzuzeigen:

- HF vorhanden (grün)
- Summenstörung (rot)
- Abweichung vom normalen Betrieb (gelb)

Mindestens folgende Eingaben sind manuell über internes Display am DVB-T/T2-Sender oder ein externes, im Sender integriertes Bediengerät (z.B. Netbook o.ä. in Schublade), (gegen unbeabsichtigte Bedienung gesichert) vorzusehen:

- Senderbetriebsfrequenz (Mittenfrequenz)
- Senderausgangsleistung (nach Ausgangsfilter (Maskenfilter))
- (optional) Korrekturwert für Anzeige der Sendeleistung (z.B. nach dem Maskenfilter)
- Schwellwerte für Warnungen und Alarmer
- Ein- und Ausschalten des Testmodes
- (optional) RF-Verzögerungszeit (gemäß Kap. 2.4)
- Umschaltung SFN/MFN-Betrieb
- Verzögerungszeit des statischen Laufzeitausgleichs
- Fixierung und externe Abspeicherung der Vorentzerrung
- Löschen des Fehlerspeichers
- DVB-T: Einstellung der Modulationsparameter
- DVB-T2: Die für T2 definierten Channel-(MISO/SISO), T2-Frame-, L1- und PLP-Parameter
- DVB-T: Wert des Cell Identifier der TPS-Daten des Modulators
- DVB-T2: Wert des Cell Identifier des L1-pre-Signalling
- Außerdem alle Fernwirkbefehle nach 2.9.3

Für DVB-T2 zusätzlich:

- Auswahl des Eingangssignals (TS / T2MI)
- SFN timing ON/OFF
- Frequenzeinstellung unabhängig von T2MI L1-Signalling
- MISO Group unabhängig von T2MI L1-Signalling
- Cell ID unabhängig von T2MI L1-Signalling
- PAPR unabhängig vom T2MI (L1-Signalling oder Individual addressing)

**2.9.2 Service-Schnittstelle**

An dieser Schnittstelle ist die Eingabe von Befehlen und die Ausgabe von Meldungen (nach Anlage 3), sowie die Abfrage von Senderkonfiguration und Statusinformationen zu realisieren.

Die Syntax für die Datenein- und -ausgabe ist vollständig zu dokumentieren und gehört einschließlich aller erforderlicher Software zum Lieferumfang.

Die Schnittstelle ist als LAN-Schnittstelle gemäß Technischer Richtlinie 5/1.0 als Netzwerkmanagementschnittstelle (SNMP) unter Verwendung eines gebräuchlichen Web-Browsers auszuführen. Ein Routing/Forwarding zwischen Service- und Fernwirkschnittstelle darf nicht möglich sein.

**2.9.3 Fernwirkschnittstelle**

Zur Überwachung und Fernsteuerung der Sendeanlage ist folgende Schnittstelle anzubieten:

- Netzwerkmanagementschnittstelle nach Technischer Richtlinie 5/1.0 Teil 3 (SNMP)

Dabei dürfen Betriebszustände, die in der Betriebsart „Ort“ eingestellt wurden, beim Zurückschalten auf „Fern“ nicht automatisch überschrieben werden.

DVB-T/T2 spezifische Befehle und Meldungen abweichend von der technischen Richtlinie 5/1.0 Teil 1 und 2 sind gemäß Anlage 3 auszuführen.

**Hinweis zur SNMP Schnittstelle**

Für die MIB (Management Information Base) der SNMP-Schnittstelle wurde unter Beteiligung von ARD und IRT eine Public MIB („Transmitter Control MIB“) erstellt. Diese MIB enthält die Meldungen und Befehle, die dem Netzwerkmanagementsystem des Senderbetreibers zur Verfügung stehen müssen.

Die Meldungen und Befehle für die verschiedenen DVB-T/T2 Sendersysteme sind in der Technischen Richtlinie 5/1.0, Teil 3 „SNMP-Schnittstelle“<sup>2)</sup> aufgeführt.

Zusätzlich dazu bleibt es dem Hersteller überlassen noch weitere MIB's zu implementieren.

**3. Übertragungsqualität**

**3.1 Phasenrauschen des Oszillators**

Bei der OFDM-Modulation kann durch das Phasenrauschen des Oszillators nicht korreliertes Rauschen auftreten und dadurch eine nicht korrigierbare Signalverschlechterung herbeiführen. Die Messung dieser Intercarrier Interferenz (ICI) erfolgt bei definierten Frequenzen (siehe ETSI TR 101290 Abschnitt 9.4 und Anhang E.4):

FFT-Mode	f <sub>A</sub> / kHz	f <sub>B</sub> / kHz	f <sub>C</sub> / kHz
1 k	+/- 8,9	+/- 17,9	+/- 26,8
2 k	+/- 4,5	+/- 8,9	+/- 13,4
4 k	+/- 2,2	+/- 4,5	+/- 6,7
8 k	+/- 1,1	+/- 2,2	+/- 3,4
16 k	+/- 0,6	+/- 1,1	+/- 1,7
32 k	+/- 0,3	+/- 0,6	+/- 0,8

**Tabelle 2**

Grenzwerte liegen derzeit noch nicht fest. Die Messwerte sind vom Hersteller anzugeben.

Die Messergebnisse sollen den Vorgaben der Richtlinie ETSI TR 101 290 entsprechen.

	F <sub>a</sub>	f <sub>b</sub>	f <sub>c</sub>	f <sub>d</sub>
Frequenz	10 Hz	100 Hz	3 kHz	1 MHz
Limits L <sub>a</sub> to L <sub>d</sub>	-55 dBc/Hz	-85 dBc/Hz	-85 dBc/Hz	-130 dBc/Hz

**Tabelle 3**



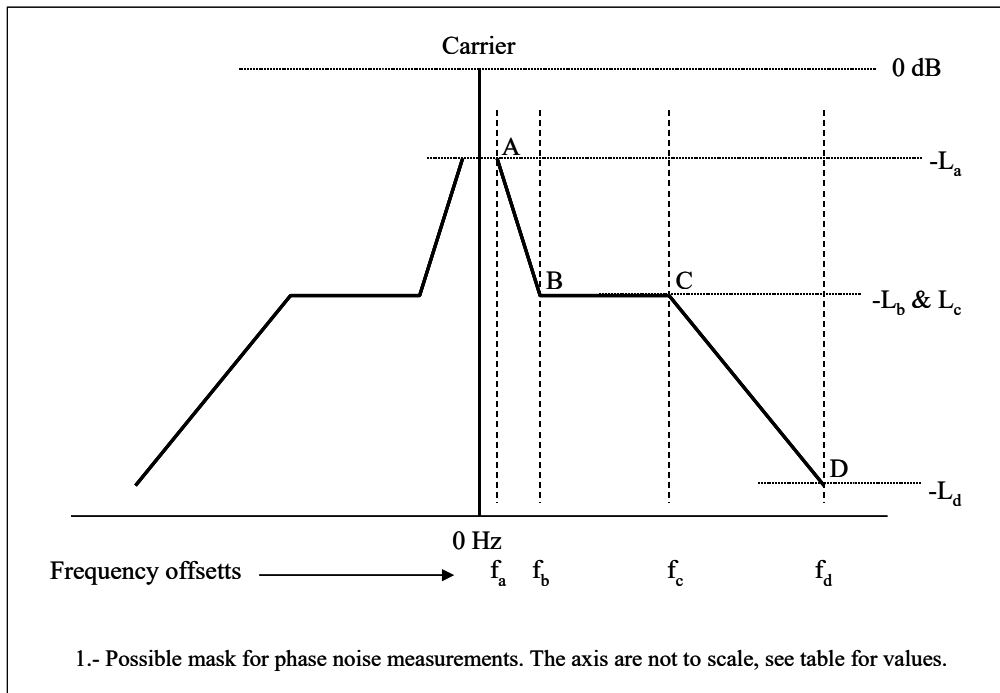


Abbildung 1 - Auszug aus ETSI TR 101 290

### 3.2 Schulterabstand

Der Schulterabstand nach ETSI TR 101 290 muss besser als 37 dB sein, gemessen zwischen der Endstufe und dem Ausgangs-Kanalpassfilter. Messung der Außerband und Nebenausstrahlungen siehe Abschnitt 5.

### 3.3 Crestfaktor

Der Crestfaktor ist der Abstand der höchsten tatsächlich vorkommenden Spitzenspannung zur effektiven Spannung des übertragenen Signals im DVB-T/T2- Kanal.

Auftretende Spitzenspannungen bei Nennleistung dürfen maximal 13 dB über der effektiven Spannung liegen.

Der Crestfaktor ist für den Ausgang der Endstufe und nach dem Ausgangsfilter (Maskenfilter) jeweils zusammen mit der Messdauer anzugeben.

### 3.4 Messung der Modulation Error Ratio (MER)

Der Verlauf der MER über die Frequenz muss gerade sein, ohne Einbrüche und Spitzen. Ein Wert von mindestens 34 dB muss erreicht werden. Die Messung erfolgt hinter dem Ausgangsfilter (Maskenfilter).

### 3.5 Welligkeit des Ausgangsspektrums

Die Welligkeit des Ausgangsspektrums des Senders einschließlich eines nachgeschalteten Maskenfilters darf  $\pm 0,5\text{dB}$  nicht überschreiten. Der Senderhersteller muss durch geeignete Maßnahmen die Filterkennlinie entsprechend ausgleichen können.

### 3.6 Stabilität der Ausgangsleistung

Bei Änderung der äußeren Einflüsse, innerhalb der in TR 5/1.0 Kap 2.7.1 genannten Grenzwerte, darf sich die Ausgangsleistung des Senders um nicht mehr als 5% ändern.

## 4. Prüflast

Die Prüflast ist optional anzubieten, gehört jedoch bei Anlagen mit voller passiver Reserve zum Lieferumfang.

Der HF-Eingangswiderstand muss der Nennimpedanz des Senders ( $50 \Omega$ ) entsprechen und einen zeitlich unbegrenzten Betrieb mit Nennleistung unter Berücksichtigung des Crestfaktors ermöglichen.

Die Prüflast muss unkompliziert an den Senderausgang anschließbar sein. Sie muss beliebig lange mit der geforderten Nennleistung belastet werden können.

Die direkte Abstrahlung über das Gehäuse darf die Strahlungsleistung eines mit einer um 50 dB unterhalb der Nennleistung gespeisten Halbwellendipols in Hauptstrahlrichtung nicht übersteigen.

Die Rückflusdämpfung der Prüflast für DVB-T/T2-Sender muss unabhängig vom Betriebszustand

- im Betriebskanal  $\geq 30$  dB
- in den Nachbarkanälen  $> 28$  dB
- im Band  $> 18$  dB

betragen.

Die Rückflusdämpfung oberhalb des Bandes ist anzugeben. Für Frequenzen bis  $f = 3 \times$  obere Bandgrenze darf sie nicht  $< 10$  dB sein.

**5. Parameter nach BNetzA Schnittstellenbeschreibung**

Für Nebenband- und Außerbandaussendungen von DVB-T/DVB-T2-Sendern gelten gemäß BNetzA SSB RU 011 die nachfolgend beschriebenen Anforderungen.

Hinweis: Die Anforderungen der BNetzA unterscheiden sich von der ETSI-Norm EN 302296 (6/2017). Die BNetzA verweist in ihrer Schnittstellenbeschreibung SSB RU 011 (6/2017) explizit auf die Norm ITU RRC-06 und ETSI 302296-2 (5/2011).

**5.1 Nebenaussendungen**

Nebenaussendungen sind alle Aussendungen auf einer oder mehreren Frequenzen außerhalb des Betriebskanals, Mittenfrequenz  $f_0 \pm 14$  MHz für den VHF-Bereich bzw.  $f_0 \pm 12$  MHz für den UHF-Bereich. (Siehe auch BNetzA SSB RU 011)

Nebenaussendungen umfassen harmonische Aussendungen, parasitäre Aussendungen, Intermodulationsprodukte und Produkte aus Frequenzumsetzungen.

Um die Nebenaussendungen messen zu können, benötigt man eine Messbandsperrre, die optional anzubieten ist. Die Dämpfung im entsprechenden DVB-T/T2-Kanal muss mindestens 30 dB betragen. Die Dämpfung im Bereich der ersten Nebenwellen darf 12 dB nicht überschreiten.

Das Übertragungsverhalten der Bandsperre ist als bearbeitungsfähiger Datensatz zu dokumentieren.

Die einzuhaltenden Grenzwerte ergeben sich aus der Tabelle 4 und den Bildern 1 und 2 in Anlage 4.

Parasitäre Aussendungen dürfen im Betriebszustand nicht nachweisbar sein.

Frequenzbereich	Grenzwerte					Bezugsbandbreite
9 kHz - 174 MHz	-36 dBm					100 kHz
174 - 400 MHz	-82 dBm	für		$P \leq$	25 W	4 kHz
	-126 dBc *	für	25 W	$< P \leq$	1000 W	
	-66 dBm	für	1000 W	$< P$		
400 - 790 MHz	-36 dBm					100 kHz
790 – 862 MHz	-76 dBm	für		$P \leq$	25 W	4 kHz
	-120 dBc *	für	25 W	$< P \leq$	1000 W	
	-60 dBm	für	1000 W	$< P$		
862 - 1000 MHz	-36 dBm					100 kHz
> 1000 MHz	-30 dBm					100 kHz

\* dBc: Verhältnis zur Ausgangsleistung

Tabelle 4

## 5.2 Außerbandaussendungen

Außerband-Aussendungen sind Aussendungen auf einer oder mehreren Frequenzen außerhalb der Übertragungsbandbreite des DVB-T/T2-Kanals bis zu einer Frequenzgrenze Mittenfrequenz  $f_0 \pm 14$  MHz für den VHF-Bereich bzw.  $f_0 \pm 12$  MHz für den UHF-Bereich. (Siehe auch BNetzA SSB RU 01105)

Die Grenzwerte der Außerband-Aussendungen sind als Verhältnis ihrer Leistung in einem 4 kHz breiten <sup>2)</sup> Band (Bezugsbandbreite) zur Ausgangsleistung in einem 7,61 MHz (8 MHz Raster) bzw. 6,66 MHz (7 MHz Raster) breiten DVB-T/T2-Spektrum angegeben. Es wird dabei zwischen kritischen Fällen und unkritischen Fällen unterschieden. Die Einstufung (kritisch / unkritisch) erfolgt bei der Frequenzvergabe durch die BNetzA, bei der Auftragsvergabe wird dies mit vereinbart.

### 5.2.1 Grenzwerte für DVB-T/T2- Sender mit einer Ausgangsleistung $\geq 25$ W

Die Grenzwerte sind in Tabelle 5 sowie in Anlage 5 und 6 dargestellt.

Einstufung gemäß Frequenz-zuteilung	Frequenzabstand zur Mitte des DVB-T/T2-Kanals (MHz)		Verhältnis der Außerbandleistung zur Gesamtleistung in einem 7 bzw. 8 MHz breitem Kanal in dB (Messbandbreite 4 kHz)
	7 MHz Kanal	8 MHz Kanal	
unkritische Kanäle	$\pm 3,4$	$\pm 3,9$	-32,2 / -32,8
	$\pm 3,7$	$\pm 4,2$	-73
	$\pm 5,25$	$\pm 6,0$	-85
	$\pm 10,5$	$\pm 12,0$	-110
	$\pm 13,85$		-126
kritische Kanäle	$\pm 3,4$	$\pm 3,9$	-32,2 / -32,8
	$\pm 3,7$	$\pm 4,2$	-83
	$\pm 5,25$	$\pm 6,0$	-95
	$\pm 10,5$	$\pm 12,0$	-120
	$\pm 11,75$		-126

**Tabelle 5**

<sup>2)</sup> Die Messung mit geringeren Bandbreiten und Umrechnung auf die vorgegebene Bezugsbandbreite ist zulässig und zu dokumentieren.

**5.2.2 Grenzwerte für DVB-T/T2- Sender mit einer Ausgangsleistung < 25 W**

Die Grenzwerte für die Außerband-Aussendungen ergeben sich aus der Tabelle 6 bzw. den Begrenzungskurven in Anlage 5 und 6, jedoch verringert um das Verhältnis in dB von kleinerer Ausgangsleistung als 25 W zu 25 W (44 dBm). Damit ergibt sich eine maximale Leistung der Außerband-Aussendungen, die in Tabelle 6 dargestellt ist.

Einstufung gemäß Frequenz- zuteilung	Frequenzabstand zur Mitte des DVB-T/T2-Kanals (MHz)		maximale Leistung der Außerband-Aussendungen in dBm
	7 MHz Kanal	8 MHz Kanal	
unkritische Kanäle	± 3,4	± 3,9	11,8 / 11,2
	± 3,7	± 4,2	-29
	± 5,25	± 6,0	-41
	± 10,5	± 12,0	-66
	± 13,85		-82
kritische Kanäle	± 3,4	± 3,9	11,8 / 11,2
	± 3,7	± 4,2	-39
	± 5,25	± 6,0	-51
	± 10,5	± 12,0	-76
	± 11,75		-82

**Tabelle 6**

## 6. Anlagen

### 6.1 Anlage 1 – Zitierte und mitgeltende Unterlagen, Spezifikationen, Technische Richtlinien

Dokumenten-Nr.	Titel	Quelle
ETSI EN 300 744	Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television	[ 1 ]
ETSI EN 302755	Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)	[ 1 ]
ETSI TR 101 190	Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for DVB terrestrial services, Transmission aspects	[ 1 ]
ETSI TS 101 191	Digital Video Broadcasting (DVB); DVB mega-frame for Single Frequency Network (SFN) synchronization	[ 1 ]
ETSI TR 101 290	Measurement guidelines for DVB systems	[ 1 ]
ETSI ETS 300 421	DVB, Framing structure, channel coding and modulation for 11/12 GHz satellite services	[ 1 ]
ETSI ETS 300 429	DVB, Framing structure, channel coding and modulation for cable systems	[ 1 ]
ETSI TS 102773	Digital Video Broadcasting (DVB); Modulator Interface (T2-MI) for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)	[ 1 ]
ETSI TS 102606	Digital Video Broadcasting (DVB); Generic Stream Encapsulation (GSE) Protocol	[ 1 ]
EN 50083-9	Interfaces for CATV/SMATV Headends and similar Professional Equipment	[ 1 ]
ISO/IEC 13818-1	MPEG-2 Spezifikation für Transportströme	[ 1 ]
Chester 97	The Chester Multilateral Coordination Agreement for the introduction of Terrestrial Digital Video Broadcasting (DVB T), 25. July 1997	[ 1 ]
BNetzA SSB RU 011	Schnittstellenbeschreibung für DVB-T/DVB-T2-Sender	[ 2 ]
DIN EN 302 296	Entspricht der ETSI EN 302 296, Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM), Transmitting equipment for the digital television broadcast service, Terrestrial (DVB-T)	[ 1 ]
TR 5/1.0 Teil 1	Bedingungen für sendertechnische Geräte und Anlagen; Allgemeine Forderungen	[ 3 ]
TR 5/1.0 Teil 2	Bedingungen für sendertechnische Geräte und Anlagen; Busfähige Schnittstelle	[ 3 ]
TR 5/1.1	Bedingungen für Senderreservergeräte	[ 3 ]
SMPTE 2022-1	Forward Error Correction for Real-Time Video/Audio Transport Over IP Networks	[ 4 ]
SMPTE 2022-2	Unidirectional Transport of Constant Bit Rate MPEG-2 Transport Streams on IP Networks	[ 4 ]

Es gelten die jeweils gültigen Fassungen zum Zeitpunkt der Auftragserteilung.

#### Bezugsquellen / Herausgeber:

- [ 1 ] Beuth Verlag GmbH  
<http://www.beuth.de>
- [ 2 ] Bundesnetzagentur  
<http://www.bundesnetzagentur.de>
- [ 3 ] IRT Institut für Rundfunktechnik GmbH  
<http://www.irt.de/richtlinien>
- [ 4 ] SMPTE  
<http://www.smpte.org>

**6.2 Anlage 2 – Liste der verwendeten Abkürzungen und Begriffe**

ACE	Active Constellation Extension	
ASI	Asynchronous Serial Interface	EN 50083-9
ATM	Asynchronous Transfer Mode	
B-ISDN	Broadband Integrated Services Digital Network	
BNetzA	Bundesnetzagentur	
CE	Conformité Européenne; europäisches Konformitätszeichen	
CI	Cell Identifier (Programmquellinformation)	
DIN	Deutsches Institut für Normung	
DVB-C	Digital Video Broadcast - Cable	
DVB-S	Digital Video Broadcast - Satellite	
DVB-T/T2	Digital Video Broadcast - Terrestrial /2	
EN	Europäische Norm	
END	Equivalent Noise Degradation	
ETS	European Telecommunication Standard	
GPS	Global Positioning System	
HF	Hochfrequenz	
IEC	International Electrical Commission	
ICI	Intercarrier Interference	
IRT	Institut für Rundfunktechnik GmbH	
ISO	International Standards Organisation	
J82	ITU-T Rec. J.82 Transport of MPEG-2 constant bit rate television signals in B-ISDN	
J131	ITU-T Rec. J.132 Transport of MPEG-2 signals in PDH-networks	
J132	ITU-T Rec. J.132 Transport of MPEG-2 signals in SDF-networks	
Mega-frame	Paketstrukturierter DVB-Datenrahmen	
MIB	Management Information Base	
MIP	DVB-T Mega-frame Initialisation Packet	
MISO	Multiple Input, Single Output	
MPEG	Motion Pictures Expert Group	
NTP	Network Time Protocol	
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplex	
PAPR	Peak-to-average power ratio reduction technique	
PLP	Physical Layer Pipe	
PPS	Pulses per Second	
PRBS	Pseude-Random Binary Sequence	
SDH	Synchrone Digitale Hierarchie	
SFN	Single Frequency Network	
SNMP	Simple Network Management Protocol	
SSB-RU	Schnittstellenbeschreibung der BNetzA	
T2MI	DVB-T2 Modulator Interface	
TR	Tone Reservation	
TS	Transportstrom	

---

UHF	Ultra High Frequency (Band IV/V)	
VDE	Verein deutscher Elektrotechniker	
VHF	Very High Frequency (Fernsehband I/III)	

6.3 Anlage 3 – Liste der Kommandos und Meldungen

(Einzelsender ohne Reserve, siehe auch SNMP-Richtlinie TR 5/1.0 Teil 3)

EINZELSENDER			
Kommandos		Meldungen	Bemerkungen
		Identifikation Anlage	x
Vorwahl Eingang 1 aktivieren	x	Vorwahl Eingang 1 aktiv	x
Vorwahl Eingang 2 aktivieren	x	Vorwahl Eingang 2 aktiv	x
Eingangs-Automatik EIN	x	Eingangs-Automatik EIN	x
Eingangs-Automatik AUS	x	Eingangs-Automatik AUS	x
		Eingang 1 OK	x
		Eingang 2 OK	x
		Aktiver Eingang (Eingang 1, Eingang 2, Seamless, Hierarchical Mode)	x
		Summenstörung MIP	x
		Stuffing Ein/Aus	x
Sender Ein	x	EIN-Befehl gegeben	x
Sender Aus	x	AUS-Befehl gegeben	x
		Summenstörung Sender	x
		Summenwarnung Sender	x
		RF Endstufe vorhanden	x
		Mute	x
		Senderanlage ORT	x
		SFN Betrieb	x
		Warnung GPS/Referenzfrequenz	x
Abschaltautomatik bei Referenzfrequenzausfall EIN	o	Abschaltautomatik bei Referenzfrequenzausfall EIN	o
Abschaltautomatik bei Referenzfrequenzausfall AUS	o	Abschaltautomatik bei Referenzfrequenzausfall AUS	o
		Sender hat abgeschaltet wegen Referenzfrequenzausfall	o
	o		
		Störung Kühlung	o
		Warnung Kühlung	o
<b>Legende:</b>			
x = minimaler Meldungs- und Befehlssatz (in public-MIB enthalten)			
o = erweiterter Meldungs- und Befehlssatz (optional in private-MIB, wird bei Auftragsvergabe festgelegt)			



6.4 Anlage 4 – Grenzwerte der Nebenaussendungen

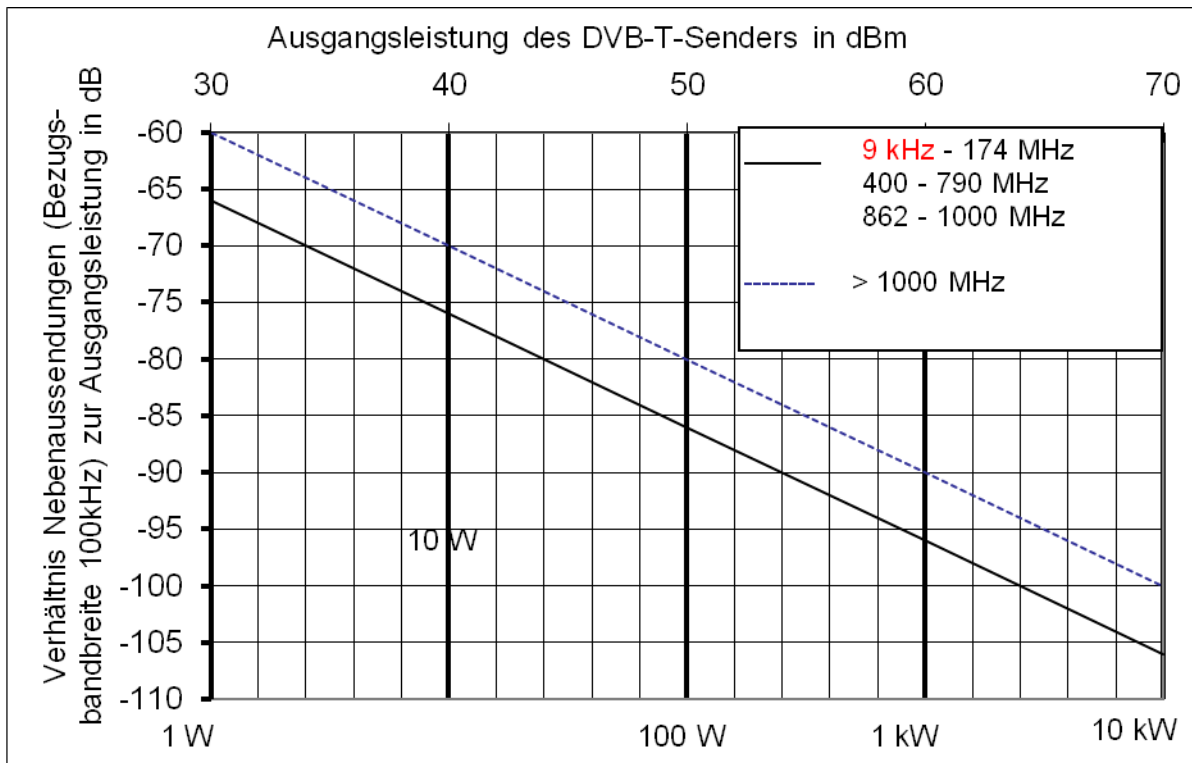


Bild 1

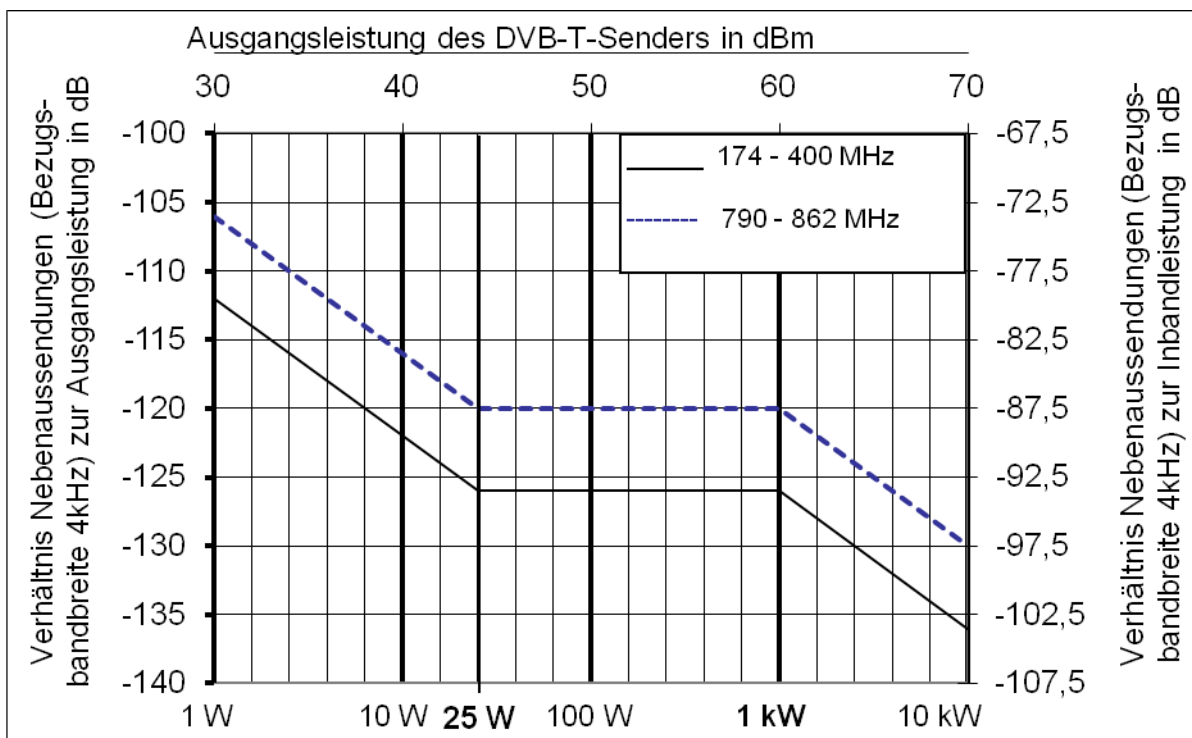
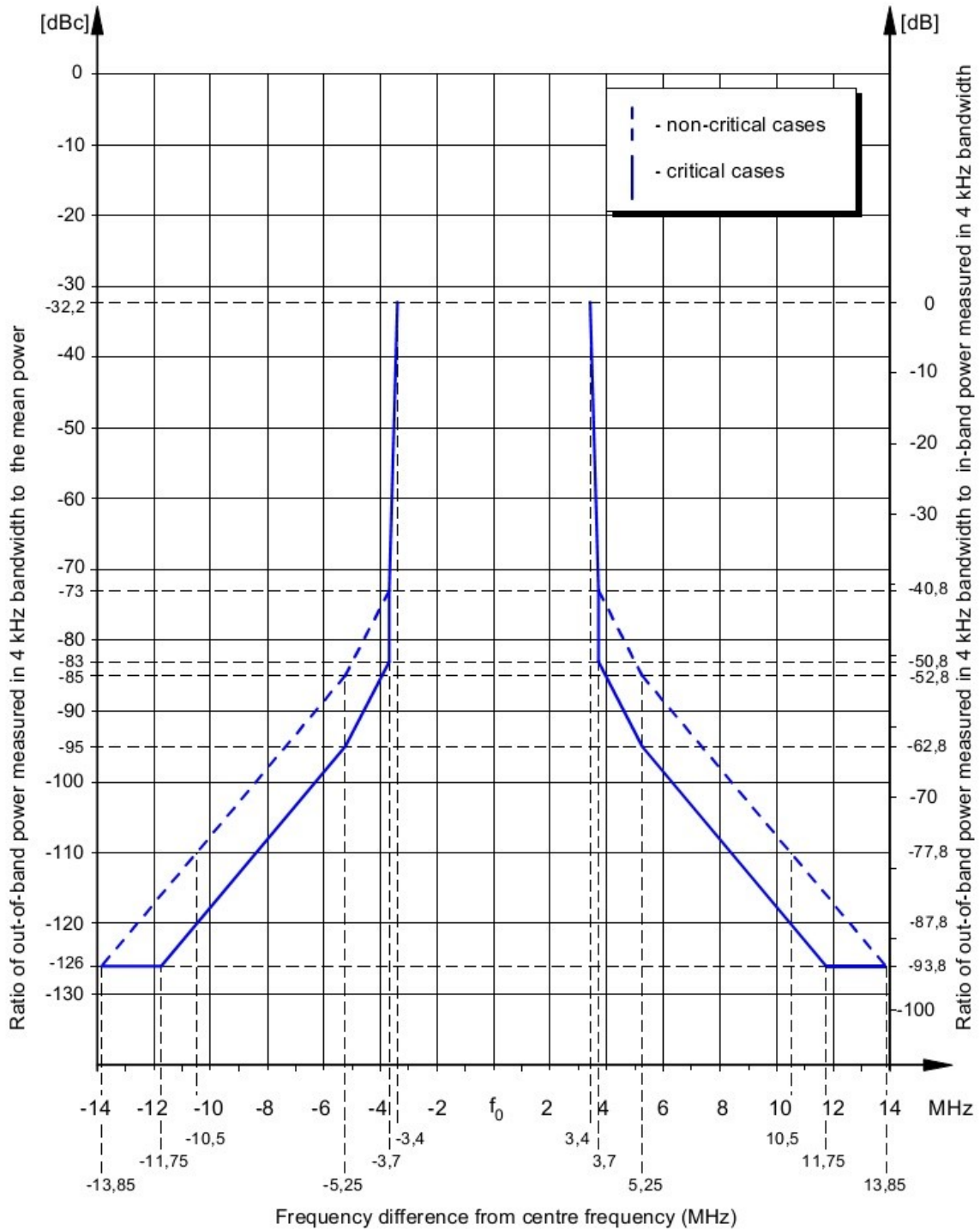


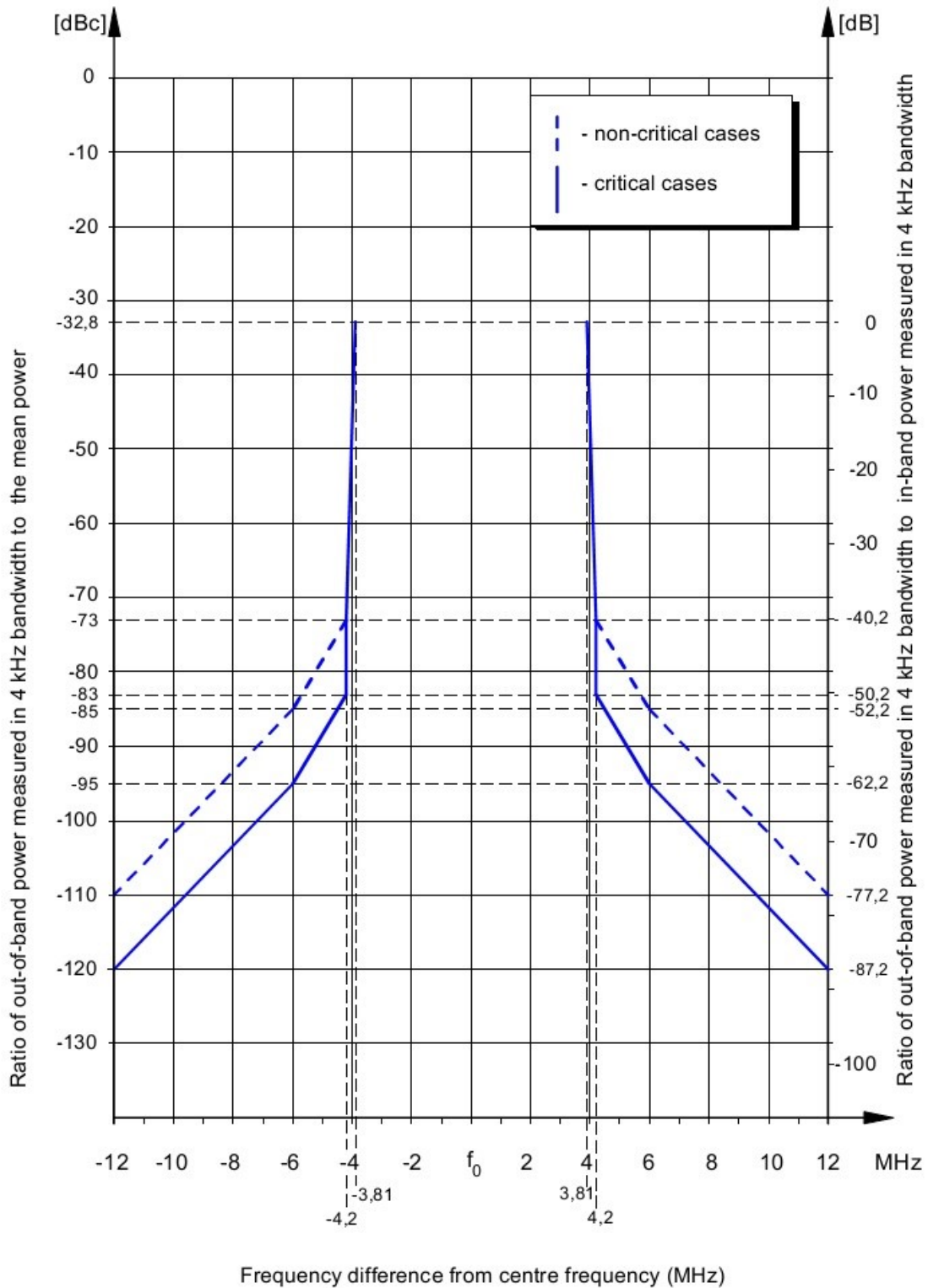
Bild 2

6.5 Anlage 5 – Grenzwerte der Außerbandaussendungen 7 MHz Kanal (≥25W)



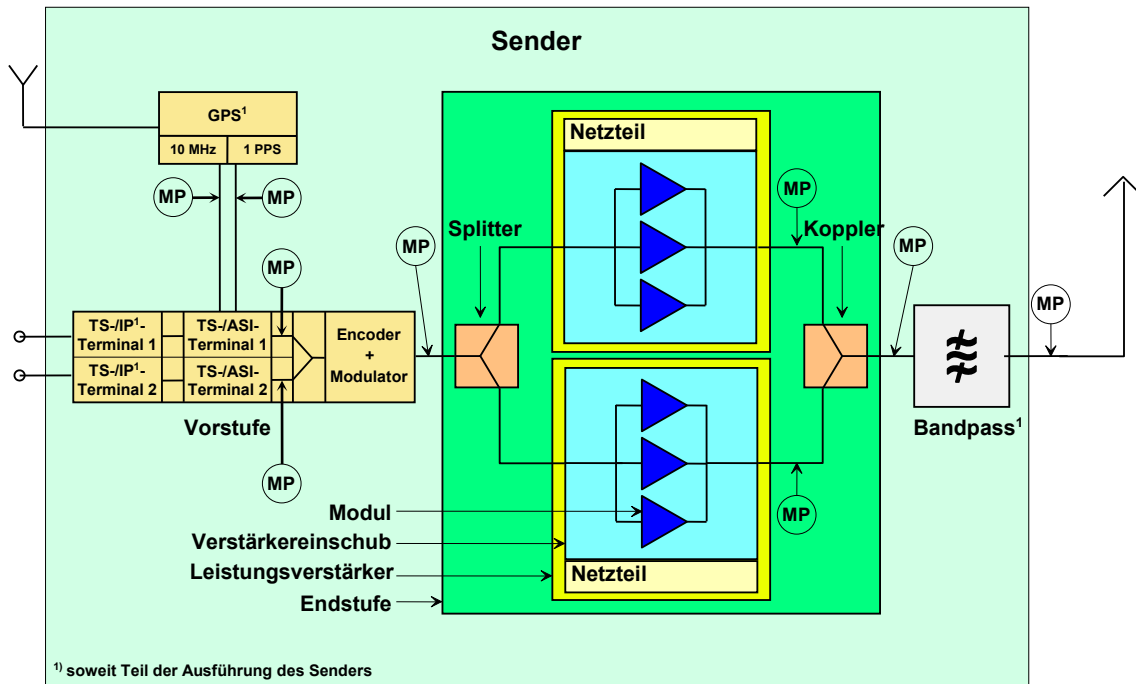
Quelle: ETSI EN 302296-2

6.6 Anlage 6 – Grenzwerte der Außerbandaussendungen 8 MHz Kanal (≥25W)



Quelle: ETSI EN 302296-2

6.7 Anlage 7 – Prinzipieller Aufbau einer DVB-T/T2-Senderanlage



<sup>1)</sup> soweit Teil der Ausführung des Senders

MP = Messpunkt, Messstelle

**6.8 Anlage 8 – Tabellen der DVB-T/T2 Mittenfrequenzen für VHF und UHF**

VHF-Bandbreite: 7MHz-Kanal

Kanal	MHz
5	177,5
6	184,5
7	191,5
8	198,5
9	205,5
10	212,5
11	219,5
12	226,5

UHF-Bandbreite: 8MHz-Kanal

Kanal	MHz	Kanal	MHz
21	474	35	586
22	482	36	594
23	490	37	602
24	498	38	610
25	506	39	618
26	514	40	626
27	522	41	634
28	530	42	642
29	538	43	650
30	546	44	658
31	554	45	666
32	562	46	674
33	570	47	682
34	578	48	690

**7. Historie**

7 / 2003	1. Auflage
7 / 2007	1. Auflage, Rev. 2
3 / 2013	2. Auflage <ul style="list-style-type: none"><li>- Erweiterung um DVB-T2</li><li>- Automatische unterbrechungsfreie Umschaltung der Eingänge integriert</li><li>- Ergänzungen zu T2-MI</li><li>- DVB-T2 Individual Addressing</li><li>- Automatische Vorentzerrung integriert</li><li>- DVB-T2 PAPR und Time Interleaving</li><li>- Umstimmung von Endstufen auch mit geringem Aufwand möglich</li><li>- Parallele und Bitbus-Schnittstelle entfernt</li><li>- Welligkeit des Ausgangsspektrums definiert</li><li>- Stabilität der Ausgangsleistung definiert</li><li>- DVB-H entfernt</li><li>- Grafiken zu Außerbandaussendungen korrigiert</li><li>- Grafik zum Aufbau einer Senderanlage um IP-Eingänge erweitert</li></ul>
1 / 2018	2. Auflage, rev. 1 <ul style="list-style-type: none"><li>- Manuelles Einstellen der L1-frequency am SFN-Sender</li><li>- Hinweis zur Schnittstellenbeschreibung der BNetzA (SSB 011) eingefügt</li><li>- Kapitel zu Unterauftragnehmer entfernt, da bereits in TR 5/1.0</li><li>- Anpassung bzgl. Digitaler Dividende II</li></ul>