

<p style="text-align: center;">Technische Richtlinie der öffentlich-rechtlichen Rundfunkanstalten in der Bundesrepublik Deutschland</p>	<p style="text-align: center;">Richtlinie Nr. 5/6</p>
<p style="text-align: center;">Bearbeiter dieses Heftes: Arbeitsgruppe Senderbetrieb Herausgeber: Institut für Rundfunktechnik</p>	<p style="text-align: center;">3. Auflage</p>
	<p style="text-align: center;">30 Seiten</p>
	<p style="text-align: center;">Datum: 01.02.2014</p>
<p style="text-align: center;">Anforderungsprofil für terrestrische DAB-Sender</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>	

Diese Technische Richtlinie 5/6 wurde mit der TDF Group Spezifikation 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 ist ohne vorherige schriftliche Zustimmung des IRT nicht zulässig.

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeines	5
1.1	Bedingungen für die Lieferung von T-DAB-Senderanlagen	5
2	Kurzbeschreibung einer T-DAB-Senderanlage	5
2.1	T-DAB-Sender	5
2.2	Empfangsanlage für ETI-Signal	5
2.3	Frequenz- und Zeitnormal	5
2.4	Reservesysteme	6
2.5	Senderüberwachung	6
3	Anforderungen an einen T-DAB-Sender	6
3.1	Vorstufe	6
3.1.1	Eingangssignal-Terminal (Eingangssignalüberwachung)	6
3.1.2	COFDM-Encodierung	7
3.1.3	Statischer Laufzeitausgleich	7
3.1.4	Dynamischer Laufzeitausgleich	8
3.1.5	Testsignale	8
3.1.6	Senderkennung	9
3.1.7	Multiplex Network Service Channel (MNSC)	9
3.1.8	Modulator	9
3.1.9	Betriebsfrequenzbereich	9
3.2	Endstufe	10
3.2.1	Leistungsverstärker	11
3.3	Maskenfilter oder Weiche mit integriertem Maskenfilter	11
3.3.1	Sender mit separatem Maskenfilter	11
3.3.2	Anschluss des Senders an eine Weiche mit integriertem Maskenfilter	12
3.4	Messstellen und Messeinrichtungen	12
3.4.1	Messgrößen	12
3.4.2	Trennstellen	12
3.4.3	Messstellen	13
3.5	Kontrollstellen	13
3.5.1	Anzeige und Bedienung	13
3.5.2	Fernwirkschnittstelle	14
3.5.3	Serviceschnittstelle	14
4	Qualitätsmerkmale des T-DAB-Sendesignals	15
4.1	Spektrum des Senderausgangssignals	15
4.1.1	Nebenaussendungen	15
4.1.2	Außerbandaussendungen	15
4.2	Modulation Error Rate (MER)	15
4.3	Verzerrungen	16
4.3.1	Lineare Verzerrungen	16
4.3.2	Nichtlineare Verzerrungen	16

4.4	Crestfaktor	16
4.5	Stabilität der Ausgangsleistung	16
5	Allgemeine technische Forderungen	17
5.1	Einlaufverhalten	17
5.2	Verhalten bei Netzunterbrechung	17
5.3	Separater Netzanschluss	17
5.4	Prüflast	17
6	Anlagen	18
6.1	Anlage 1 – Zitierte und mitgeltende Unterlagen, Spezifikationen, Technische Richtlinien	18
6.2	Anlage 2 – Abkürzungen, Begriffe und Definitionen	19
6.3	Anlage 3 – Liste der Kommandos und Meldungen	20
6.4	Anlage 4 – Prinzipieller Aufbau einer T-DAB-Senderanlage	21
6.5	Anlage 5 – Grenzwerte der Nebenaussendungen	22
6.6	Anlage 6 – Spektrumsmasken nach ETSI EN 302077-2 bzw. dem Wellenplan Genf 06 der ITU	23
6.7	Anlage 7 – Grenzwerte der Außerbandaussendungen von T-DAB-Sendern	26
6.7.1	Anlage 7.1 – Grenzwerte der Außerbandaussendungen für Sender mit einer Ausgangsleistung von 25W bis 1000W	26
6.7.2	Anlage 7.2 – Grenzwerte der Außerbandaussendungen für Sender mit einer Ausgangsleistung von $\leq 25W$ und $\geq 1000W$	26
6.8	Anlage 8 – Mindestanforderungen an den Amplitudengang des Senders	27
6.9	Anlage 9 – Mindestanforderungen an die Durchgangsdämpfung des Maskenfilters	28
6.10	Anlage 10 – DAB-Sender Laufzeiten	29
7	Historie	30

1 Allgemeines

Nachfolgend werden die Eigenschaften eines Senders zur Übertragung von T-DAB-Signalen nach ETSI EN 300401 beschrieben.

In Abschnitt 2 werden die Bestandteile einer T-DAB-Senderanlage in einer allgemeinen Beschreibung dargestellt.

In den Abschnitten 3 - 5 werden die Anforderungen an den T-DAB Sender bzw. dessen Komponenten in Form einer Technischen Richtlinie aufgelistet.

1.1 Bedingungen für die Lieferung von T-DAB-Senderanlagen

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

Es sind die zum Zeitpunkt der Auftragserteilung 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, 2 und 3) und die Bedingungen für Sender-Reservesysteme (Technische Richtlinie 5/1.1), soweit hier nicht anders beschrieben.

2 Kurzbeschreibung einer T-DAB-Senderanlage

Eine T-DAB-Senderanlage besteht aus den nachfolgend beschriebenen Funktionseinheiten (Anlage 4). Die technische Realisierung ist nicht notwendigerweise in dieser Einteilung auszuführen. Insbesondere können aus technischen oder wirtschaftlichen Gründen durch den Hersteller Funktionseinheiten zusammengelegt werden.

Die Ein- und Ausgangssignale dieser Funktionseinheiten müssen in jedem Fall zugänglich sein und den aufgeführten Spezifikationen entsprechen.

2.1 T-DAB-Sender

Der T-DAB-Sender setzt ein ETI-Eingangssignal¹ entsprechend ETSI ETS 300799 in ein Ausgangssignal entsprechend ETSI EN 300401 mit der spezifizierten Leistung um.

Zur Einhaltung des zulässigen Spektrums ist ein Maskenfilter notwendig. Dieses ist Bestandteil des Senders. Alternativ kann das Filter auch in die Frequenzweiche integriert sein.

2.2 Empfangsanlage für ETI-Signal

Die Empfangsanlage für das ETI-Signal setzt ein über eine Richtfunk-, Satelliten- oder andere Strecken mit entsprechender Übertragungstechnik zugeführtes Signal in ein normgemäßes ETI-Signal um. Die erforderlichen Geräte können optional Bestandteil des Senders sein.

2.3 Frequenz- und Zeitnormal

Das Frequenz- und Zeitnormal liefert die zur Steuerung des T-DAB-Senders notwendigen Referenzfrequenzen und soweit nötig, auch die notwendigen Zeitreferenzsignale für den dynamischen Laufzeitausgleich.

Diese Referenzsignale können extern zugeführt oder von einem internen GPS-Empfänger abgeleitet werden, der dann Bestandteil der Vorstufe ist.

¹ bzw. EDI entsprechend ETSI TS 102693 und TS 102821

2.4 Reservesysteme

Reserveanlagen und -techniken dienen zur Aufrechterhaltung des Betriebes bei Ausfall von Teilen der T-DAB-Senderanlage. Hierzu müssen Geräte bzw. Funktionseinheiten des Signalzuges mehrfach vorhanden sein, bzw. ist durch schaltungstechnische Maßnahmen zu gewährleisten, dass bei Ausfall eines Anlagenteils der Sender mit reduzierter Leistung weiter betrieben werden kann.

Die Art der Reserve wird bei der Auftragsvergabe festgelegt.

2.5 Senderüberwachung

Die fortlaufende Überwachung der Senderanlage erfolgt primär über die interne Sendersteuerungs- und Überwachungseinrichtung des T-DAB-Senders.

Meldungen über den Betriebszustand des Senders müssen an ein zentrales Netzmanagementsystem abgegeben werden können.

3 Anforderungen an einen T-DAB-Sender

3.1 Vorstufe

Die Vorstufe beinhaltet alle Funktionsblöcke zur Umsetzung eines angelieferten ETI-Signals in ein normgerechtes Ausgangssignal in der Endfrequenzlage für alle DAB-Übertragungsmodi, jedoch ohne die Leistungsverstärkung.

Die Vorstufe muss einfach austauschbar und funktionell unabhängig von anderen Komponenten des Senders sein. Die Stromversorgung ist so zu konstruieren, dass der Ausfall eines Netzteils nicht zum Ausfall mehrerer Vorstufen führt.

Unabhängig von der Bauform sind die beschriebenen Funktionen, Schnittstellen und Signale bereitzustellen.

Bei Vorstufenreserve ist ein ETI- Verteiler Bestandteil des Senders.

3.1.1 Eingangssignal-Terminal (Eingangssignalüberwachung)

Zur Aufnahme des Transportdatenstromes sind zwei gleichberechtigte, umschaltbare Eingangsschnittstellen nach ITU-T Rec. G.703/G.704 und gemäß ETSI ETS 300799 ETI (NI,G.703) / ETI (NA,G.704) bzw. EDI (ETSI TS 102693 und TS 102821) vorzusehen. Eine beliebige Kombination dieser Schnittstellen muss möglich sein. Die Ausführung wird bei Auftragsvergabe festgelegt.

Die Umschaltmöglichkeit zwischen den beiden Schnittstellen soll gewährleisten, dass trotz Ausfalls einer Zuführungsstrecke das Programmsignal weiter ausgestrahlt werden kann.

Die ETI-Schnittstellen sind als BNC-Buchsen mit einer Impedanz Z von 75 Ohm oder als XLR-Buchsen mit einer Impedanz Z von 120 Ohm (symmetrisch) auszuführen. Dies ist bei der Auftragsvergabe festzulegen.

Die EDI-Schnittstelle muss als RJ-45-Buchse ausgeführt sein. Die EDI-Schnittstelle muss den PFT Layer (Protection, Fragmentation and Transport; ETSI TS 102821) mit und ohne Fehlerschutz unterstützen können.

Jeder Eingang erhält ein eigenes Terminal, in dem Eingangsdatenströme auf Existenz und Übertragungsfehler untersucht werden.

Das Terminal erkennt den Layer des ankommenden Transportdatenstromes automatisch und verarbeitet das Eingangssignal entsprechend.

Erkannte Übertragungsfehler und IP-Paketverluste werden an der Service-Schnittstelle nach 3.5.3 gemeldet.

Erkannte und korrigierbare Fehler sind zu korrigieren.

In Abhängigkeit von ermittelten Fehlern bzw. bei Ausfall des Signals an einem Eingang erfolgt eine automatische unterbrechungsfreie Umschaltung („seamless“) auf die andere Eingangsschnittstelle, sofern diese nicht gestört ist.

Manuelle Umschaltungen müssen ebenfalls sowohl vor Ort als auch über die Fernwirkchnittstelle nach 3.5.2 möglich sein.

Liegt an keinem der beiden Eingänge ein Signal an oder sind beide Signale fehlerhaft, so muss das Terminal im Anschluss an die Fehlerauswertung eine sofortige Abschaltung des DAB-Ausgangssignals veranlassen.

Fehlermeldungen im ETI-Statusfeld müssen vom Sender an der Service-Schnittstelle nach 3.5.3 gemeldet werden.

Für den Fall, dass am Standort keine zweite Signalzuführung vorhanden ist, muss die automatische Umschaltung abgeschaltet werden können (Eingangs-Automatik Ein/Aus).

Ein fehlerhaftes Eingangssignal darf in Senderreservesystemen nach Technischer Richtlinie 5/1.1 nicht zur automatischen Ablösung des Senders führen.

In allen Fällen ist der Schaltzustand über eine Statusanzeige an der Frontseite und zusätzlich an der Fernwirkchnittstelle nach 3.5.2 zu signalisieren.

Die für den Betrieb eines zentralen Netzmanagementsystems bereitzustellenden Befehle und Meldungen sind in Anlage 3 aufgeführt.

3.1.2 COFDM-Encodierung

Aus dem über das Eingangs-Terminal ausgewählten Transportdatenstrom ist ein COFDM-Signal gemäß Spezifikation ETSI EN 300401 zu generieren.

Da diese DAB-Spezifikation alle 6 Sekunden eine Rekonfiguration des DAB-Multiplexes durch den Multiplexer erlaubt, muss der COFDM-Encoder solchen Änderungen des Datenstromes fehlerfrei folgen können. Ist von der Umkonfiguration nur ein Teil des Multiplexes betroffen, so dürfen unveränderte Teile des Multiplexes nicht beeinträchtigt werden.

3.1.3 Statischer Laufzeitausgleich

Die Signalverarbeitungszeit des T-DAB-Senders vom Übergabezeitpunkt des ETI(LI)-Rahmens bis zum Senderausgang muss konstant sein und darf bei ausgeschalteter Signalverzögerung und ohne dynamischen Laufzeitausgleich nach 3.1.4 die nachfolgenden Werte nicht überschreiten:

Mode I	< 200 ms
Mode II	< 120 ms
Mode III	< 120 ms
Mode IV	< 150 ms

Die senderspezifische Signalverarbeitungszeit ist messtechnisch vom Hersteller zu ermitteln und anzugeben.

Bei ausgeschaltetem dynamischen Laufzeitausgleich muss die Signalverarbeitungszeit des Netzwerkadapters einbezogen werden.

Die T-DAB-Sendervorstufe ist mit einer einstellbaren Signalverzögerung auszustatten, um unterschiedliche Gerätelaufzeiten der Sender eines Gleichwellennetzes auszugleichen (Kompensationsverzögerung) und um über eine zusätzliche Signalverzögerungszeit Optimierungen der Versorgung im Gleichwellennetz durchführen zu können (Offsetverzögerung).

Der einstellbare Laufzeitausgleich muss in allen DAB-Übertragungsmodi in Schritten von $\leq 0,5 \mu\text{s}$ von Null bis zu einem Wert von 500 ms einstellbar sein.

Die Summe von Signalverarbeitungszeit, Kompensationsverzögerung und Offsetverzögerung ist im Display als Gesamtverzögerung (Overall Signal Delay) mit einer Genauigkeit von $\leq 0,5 \mu\text{s}$ anzuzeigen.

Der Laufzeitausgleich muss netzausfallsicher abgespeichert und über die Service-Schnittstelle nach 3.5.3 kontrolliert werden können.

Alle Laufzeiten und Verarbeitungszeiten sind in Anlage 10 grafisch dargestellt.

3.1.4 Dynamischer Laufzeitausgleich

Zur Bewältigung variabler Laufzeiten im Ensemble-Transport-Netzwerk werden Zeitstempel verwendet. Die Zeitstempel können entweder in jedem ETI(LI)- und / oder in jedem ETI(NA)-Rahmen übertragen werden. Über die EDI-Schnittstelle werden ausschließlich ETI(LI)-Rahmen übertragen.

Normalerweise wird der Zeitstempel im LI-Layer benutzt. Der Zeitstempel im NA-Layer bestimmt den Übergabezeitpunkt zum LI-Layer (ETSI ETS 300799, Annex C).

Der Zeitstempel im ETI/LI-Layer bestimmt den Übergabezeitpunkt eines ETI(LI)-Rahmens²⁾ an den COFDM-Encoder. Der Übergabezeitpunkt bezieht sich auf das erste Bit des ETI(LI)-Rahmens.

ETI(NA)-Rahmen werden im ETI-Terminal in ETI(LI)-Rahmen konvertiert. Die zeitliche Auflösung des Übergabezeitpunktes umfasst die Level 1 bis 5.

Level	1	2	3	4	5
Auflösung	8 ms	1 ms	3,91 μs	488 ns	61 ns

Die Zeitreferenz für den Übergabezeitpunkt (1-Sekunden-Referenzimpuls) muss vom Global Positioning Satellite System (GPS) abgeleitet werden.

Der dynamische Laufzeitausgleich muss abschaltbar sein. Bei Betrieb ohne dynamischen Laufzeitausgleich muss der Takt der digitalen Signalverarbeitung vom Takt des ankommenden Eingangssignals abgeleitet werden.

Falls der dynamische Laufzeitausgleich aktiviert ist und keine Zeitstempel übertragen werden (Nullzeitstempel FF FFFF₁₆), so ist dies an der Anzeige nach 3.5.1 als Warnung anzuzeigen, und an der Fernwirkschnittstelle nach 3.5.2 sowie über die Service-Schnittstelle nach 3.5.3 auszugeben. In diesem Fall muss der zuletzt ermittelte Verzögerungswert beibehalten werden.

Der Wert des aktuellen dynamischen Laufzeitausgleichs ist für beide Eingänge anzuzeigen.

Alle Laufzeiten und Verarbeitungszeiten sind in Anlage 10 grafisch dargestellt.

3.1.5 Testsignale

Der COFDM-Encoder ist mit einem Testmode auszustatten, der ein ETI-Signal mit dem Generatorpolynom $x^{20} + x^{17} + 1$ bereitstellt. Das Signal muss anstelle des Programm-ETI-Signals aufgeschaltet werden können.

Es besteht aus einem DAB-Signal, bei dem ein beliebiger Subchannel (Datenrate 64 kBit/s und Fehlerschutzklasse 3A EEP) aus dem Zufallsmuster generiert wird. Die Dateninhalte der übrigen Subchannel werden mit logisch 0 gefüllt.

Mit Hilfe dieses Signals ist eine Messung der spektralen Eigenschaften des Senders möglich.

Der Testbetrieb muss als Warnung (anormaler Betrieb) signalisiert und an der Anzeige nach 3.5.1 und über die Schnittstelle nach 3.5.2 und 3.5.3 gemeldet werden.

²⁾ ETI(Logical Interface)-Rahmen werden beim Zeitstempelverfahren bis maximal 1 Sekunde verzögert. Diese Verzögerung erfordert die Zwischenspeicherung von bis zu 42 Rahmen bzw. einen Datenspeicher von 2,048 Mbit im ETI-Terminal.

3.1.6 Senderkennung

Die Senderkennung (Main- und Sub-Identifizier gemäß ETSI EN 300401) muss am T-DAB-Sender manuell und über die Service-Schnittstelle nach 3.5.3 einstellbar sein und netzausfallsicher gespeichert werden.

3.1.7 Multiplex Network Service Channel (MNSC)

Die Übernahme aller Einstellwerte, die im MNSC übertragen werden, müssen einzeln aktiviert und deaktiviert werden können.

3.1.8 Modulator

Der Modulator erzeugt aus dem COFDM-Signal ein RF-Signal, das anschließend in der RF-Leistungsstufe weiterverarbeitet wird.

Für die Frequenzaufbereitung ist ein Quarzoszillator vorzusehen, der keine höhere Abweichung der Sollfrequenz unter den zulässigen Betriebs- und Umweltbedingungen zulässt, als in 3.1.9.1 aufgeführt.

Zur Verbesserung der Linearität müssen Techniken zur linearen und nicht-linearen Vorentzerrung eingesetzt werden. Die nicht-lineare Entzerrung dient zur Verbesserung des Schulterabstandes. Die lineare Entzerrung ist zur Kompensation der Maskenfilter-Kennlinie erforderlich.

Dabei müssen mindestens vier verschiedene Einstellungen netzausfallsicher abgespeichert und über die Bedienung nach 3.5.1.4 aufgerufen und aktiviert werden können. Über die Service-Schnittstelle nach 3.5.3 müssen die vom Hersteller gespeicherten Voreinstellungen durch neue Werte überschrieben, netzausfallsicher abgespeichert und aufgerufen werden können. Die Vorentzerrung muss abschaltbar sein.

3.1.9 Betriebsfrequenzbereich

Die beschriebenen T-DAB Sender müssen für Frequenzen im Band III 174 MHz - 230 MHz ausgelegt sein.

Die Abstimmsschritte müssen im jeweiligen Betriebsfrequenzbereich ≤ 16 kHz sein.

3.1.9.1 Frequenzkonstanz der Block-Mittenfrequenz

Die Mittenfrequenz f_0 des DAB-Blockes muss mit einer Genauigkeit von mindestens 0,5 % des Trägerabstandes des eingestellten DAB-Modes ohne Nachgleich unter allen Betriebsbedingungen bei vorhandenem Referenzsignal des Frequenznormales gehalten werden.

Für den Betrieb des Senders ohne Referenzanbindung ist der Zeitraum anzugeben, innerhalb dessen die Mittenfrequenz nicht mehr als 1% des Trägerabstandes abweicht. Dieser Zeitraum muss unter den Rahmenbedingungen der Technischen Richtlinie 5/1.0 Abschnitt 2.7 mindestens 24 Stunden betragen.

Im MFN-Betrieb darf die Mittenfrequenz f_0 des DAB-Blockes nicht mehr als $1 \cdot 10^{-7}$ pro Jahr abweichen.

3.1.9.2 Frequenz- und Zeitnormal

Um die Bedingungen für Gleichwellennetze hinsichtlich der Frequenzstabilität und die Anforderungen des dynamischen Laufzeitausgleiches bezüglich der Zeitstabilität erfüllen zu können, muss die interne Frequenzaufbereitung des Senders von einem Referenzsignal synchronisiert werden können.

Bedingt durch die Anforderungen der Zeitstempeltechnik (dynamischer Laufzeitausgleich) muss der GPS-Sekundentakt als Referenzsignal verwendet werden.

Es sind externe Eingänge für die Referenzfrequenz (10 MHz) und das Zeitreferenzsignal (1 pps-Takt) vorzusehen.

Ist der GPS-Empfänger Bestandteil des Senders, sind Messstellen nach 3.4.3 für 10 MHz und 1 pps vorzusehen.

Eine automatische unterbrechungsfreie Umschaltung zwischen interner und externer Referenz ist vorzusehen.

Bei Ausfall der Referenzsignalquelle muss der Sender automatisch auf Eigenbetrieb umschalten, Es muss eine Warnmeldung „Ausfall der Referenzsignalquelle“ ausgegeben werden. Bei Verwendung einer externen Referenzsignalquelle ist diese Meldung sofort auszugeben. Bei Verwendung eines internen GPS-Empfängers ist diese Meldung erst nach einer Verzögerungszeit von 30 Minuten auszugeben, um bei kurzen GPS-Ausfällen eine Meldungsflut zu vermeiden.

Wenn dieser Betriebszustand länger als eine zwischen 0 und 24 Stunden einstellbare Zeit andauert oder wenn der Sender die zeitlichen Anforderungen für den dynamischen Laufzeitausgleich nicht mehr erfüllt, wird eine Summenstörung ausgelöst, die bei einem Einzelsender zur Abschaltung und bei Reservesystemen zur Ablösung führt.

Die Abschaltung muss unterbunden werden können.

Als Grenzwert für die Abschaltung gelten 20% des Schutzintervalls des eingestellten DAB-Übertragungsmodus.

Vom Hersteller ist anzugeben, innerhalb welchen Zeitraumes der Sender diesen Grenzwert unter den Betriebsbedingungen der Technischen Richtlinie 5/1.0 nicht überschreitet. Bei Verwendung eines internen GPS-Empfängers muss dieser Zeitraum mindestens 12 Stunden (DAB Mode I) betragen.

Alle Betriebszustände sind nach 3.5.1 anzuzeigen und über die Fernwirkschnittstelle nach 3.5.2 und die Serviceschnittstelle nach 3.5.3 zu melden.

3.1.9.3 Referenzsignale

Qualitätsanforderungen an das Zeit-Referenzsignal 1 pps:
Zeitabweichung (eingerastet) besser als ± 250 ns

Qualitätsanforderungen an das Frequenz-Referenzsignal 10 MHz:
Frequenzgenauigkeit (eingerastet) $< 1 \cdot 10^{-9}$

Die Frequenz- und Zeitreferenzsignale müssen phasenstarr miteinander verkoppelt sein.

Eingangsschnittstelle für das Frequenz-Referenzsignal 10 MHz:

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

Eingangsschnittstelle für das Zeit-Referenzsignal 1 pps:

Ausführung	unsymmetrisch, BNC-Buchse, 50 Ohm
Aktive Flanke	steigend
Signalpegel	TTL-konform

3.2 Endstufe

Die Endstufe besteht aus folgenden Komponenten (siehe Anlage 4)

- Leistungsverstärker
- Koppler
- Netzteile
- die notwendigen Schutz- und Überwachungseinrichtungen, z.B. Überstrom-, Überspannungs-, Übertemperatur-, Reflexions- und Überleistungsabschaltung.

Jeder Verstärker ist breitbandig für das gesamte Band III (174 MHz - 230 MHz) auszulegen. Von dieser Forderung kann zugunsten anderer Vorteile abgewichen werden, wenn die Umstimmung mit geringem Aufwand möglich ist.

3.2.1 Leistungsverstärker

Leistungsverstärker sind zur Erhöhung der Betriebssicherheit aus voneinander unabhängig arbeitenden Verstärkermusername aufzubauen. Der Ausfall einzelner Module darf zu Leistungsreduktion, nicht jedoch zu einer Betriebsunterbrechung führen.

Für Senderausgangsleistungen > 600 W ist aus Gründen der Redundanz die Endstufe des T-DAB-Senders aus mehreren Leistungsverstärkern mit jeweils eigener Stromversorgung zu realisieren³. Genügt ein Leistungsverstärker zum Erreichen der geforderten Senderausgangsleistung, so muss der Sender dennoch mit zwei Leistungsverstärkern ausgerüstet werden. Die geforderten Qualitätsmerkmale sind auch beim Betrieb deutlich unterhalb der Nennleistung einzuhalten. Der Ausfall einzelner Leistungsverstärker darf zu einer Reduzierung der Ausgangsleistung, nicht jedoch zu einer Betriebsunterbrechung führen.

Ist der Sender mit mehreren Leistungsverstärkern bestückt, müssen diese im Fehlerfall ohne Betriebsunterbrechung gewechselt werden können. Eine durch den Wechsellvorgang bedingte vorübergehende (kurzzeitige) Reduzierung der Ausgangsleistung ist zulässig.

Der Nennwert der Eingangsimpedanz der RF-Endstufe muss 50 Ohm betragen. Die Nennausgangsleistung muss auf eine Impedanz von 50 Ohm mit einer Rückflussdämpfung > 14 dB auskoppelbar sein.

Verschlechtert sich die Rückflussdämpfung, so ist die Rückregelung der Ausgangsleistung einer Leistungsabschaltung vorzuziehen. Eine konfigurierbare Warnschwelle muss vorhanden sein.

Bei Leerlauf oder Kurzschluss am Ausgang darf der Sender keinen Schaden nehmen.

Abweichungen der Betriebsströme und -spannungen von den Sollgrößen der Einzelmodule müssen angezeigt werden können.

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

Nach einem Leistungsverstärkertausch müssen die Qualitätsparameter dieser Technischen Richtlinie ohne Nachgleich weiterhin gewährleistet sein.

Eine Reduzierung der Nennleistung bis zu 6 dB muss ohne Beeinträchtigung der Qualitätsparameter dieser Technischen Richtlinie möglich sein. Dabei ist ein Nachgleich zulässig.

3.3 Maskenfilter oder Weiche mit integriertem Maskenfilter

Zur Einhaltung des zulässigen Spektrums gemäß der Grenzwerte der Bundesnetzagentur (Anlage 5 und Anlage 6) wird ein Maskenfilter (3.3.1) oder eine Weiche mit integriertem Maskenfilterung (3.3.2) benötigt.

Das Maskenfilter bzw. die Weiche mit integriertem Maskenfilterung muss auf jeden DAB-Block im gesamten Band III (174 MHz - 230 MHz) abstimbar sein.

3.3.1 Sender mit separatem Maskenfilter

Wird der Sender mit einem separatem Maskenfilter betrieben, so ist dieses einschließlich der RF-Verkabelung Bestandteil des Senders. Die Installation ist auch abgesetzt vom Sendergestell zulässig.

Das Maskenfilter muss der Nennleistung des Senders und den Belastungen während auftretender Leistungs- / Spannungsspitzen angepasst sein. In den technischen Angaben zum Filter ist der Wert der Spannungsfestigkeit zu nennen. Eine Dokumentation der

³ Sender mit einem Leistungsverstärker sind dann zulässig, wenn dies in der Ausschreibung explizit gestattet wird.

Übertragungseigenschaften des Maskenfilters (VSWR, Amplitudengang und Selektionseigenschaften) für den Betriebskanal und die Abgleichanweisung sind mitzuliefern.

3.3.2 Anschluss des Senders an eine Weiche mit integriertem Maskenfilter

Bei Anschluss des Senders an eine Weiche mit integriertem Maskenfilter sind die Übertragungseigenschaften (VSWR, Amplitudengang und Selektionseigenschaften) des Senders anzugeben. Der Sender muss die zulässigen Mindestanforderungen an den Amplitudengang (Anlage 8) einhalten. Die erste Oberwelle der Betriebsfrequenz muss durch geeignete Maßnahmen im Sender um mindestens 53 dB unterdrückt werden, Weitere Oberwellen müssen vom Sender auch ohne Maskenfilter soweit unterdrückt werden, dass die zulässigen Grenzwerte der BNetzA (Anlage 5) eingehalten werden.

Die Weiche mit integriertem Maskenfilter kann optional mitbestellt werden. In diesem Fall müssen die Mindestanforderungen an die Durchgangsdämpfung (Anlage 9) und die Forderungen nach 3.3.1 eingehalten werden.

3.4 Messstellen und Messeinrichtungen

3.4.1 Messgrößen

Ausgangsleistung

ist die breitbandig mit einem thermischen Leistungsmesser gemessene Leistung aller Träger im DAB-Block am Ausgang des T-DAB-Senders. Die Leistung ist nach dem Maskenfilter bzw. der Weiche mit Maskenfilterung zu ermitteln.

Nennleistung

ist die maximale Ausgangsleistung bei der die geforderten Qualitätsmerkmale (4) gesichert sind.

Inbandleistung

ist die mit einer Messbandbreite von 4 kHz gemessene Ausgangsleistung bei Bandmitte des Betriebsblockes. Dabei ist die Trägerlücke in der Bandmitte zu meiden.

Crestfaktor

ist der Abstand der höchsten tatsächlich vorkommenden Spitzenspannung zur effektiven Spannung des übertragenen Signals im DAB-Block.

Der Crestfaktor des Signals ist für den Ausgang des Leistungsverstärkers und nach dem Maskenfilter bzw. nach der Weiche mit Maskenfilter jeweils zusammen mit der Messdauer anzugeben.

Modulation Error Ratio (MER)

Die Messung des Modulation Error Ratio erlaubt eine „Über alles“ Beurteilung des DAB Signals. Das MER wird nach dem Maskenfilter bzw. nach der Weiche mit Maskenfilter gemessen.

3.4.2 Trennstellen

Folgende frei zugängliche Trennstellen sind einzurichten:

- zwischen Vorstufe und RF-Endstufe
- optional zwischen RF-Endstufe und nachgeschaltetem Maskenfilter
- am Ausgang des Maskenfilters bzw. nach Weiche mit integriertem Maskenfilter

Die Nennimpedanz der Eingangs-, Ausgangs- bzw. Quellwiderstände muss 50 Ohm betragen.

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

3.4.3 Messstellen

Die folgenden rückwirkungsfreien Messstellen sind für Messungen während des Betriebes an der Frontseite leicht zugänglich vorzusehen (siehe Anlage 4)

- ETI-Signale beider Eingangsschnittstellen
- Im Falle einer EDI-Zuführung das EDI-Signal und das decapsulierte fehlerkorrigierte ETI-Signal
- zwischen Vorstufe und Endstufe (ohne Rücklaufmessung)
- bei mehreren Leistungsverstärkern am Ausgang jedes Leistungsverstärkers (ohne Rücklaufmessung), vorzugsweise an der Frontseite
- am Ausgang der Endstufe nach Addition der Teilleistungen
- eine Messstelle am Ausgang des nachgeschalteten Maskenfilters
- bei Sendern mit voller passiver Reserve zusätzlich eine Messstelle hinter dem RF-Zweigeschalter in der Zuleitung zur Antenne
- Messstellen für 10 MHz und 1 pps sind am Ausgang eines sendereigenen GPS-Frequenznormales vorzusehen

Die RF-Messstellen sind als Richtkopplermessstellen mit folgenden Parametern innerhalb des jeweiligen Betriebsfrequenzbereiches (Band III) auszuführen:

- Ausgangspegel -10 bis +10 dBm
- Quellwiderstand: 50 Ohm

Für die Messstelle am Ausgang des Maskenfilters gelten die nachfolgenden Forderungen. Falls der Sender gemäß Absatz 3.3.2 an eine Weiche mit integriertem Maskenfilter angeschlossen wird, gelten diese Forderungen auch für die Messstelle am Ausgang des Senders.

- Genauigkeit $\pm 0,15$ dB
- Anpassung der Messstelle ≥ 26 dB
- Richtschärfe ≥ 30 dB
- Amplitudenfrequenzgang Innerhalb des jeweiligen DAB-Blocks darf die Amplitudenabweichung nicht mehr als $\pm 0,05$ dB/MHz betragen.

Diese Werte sind zu dokumentieren.

3.5 Kontrollstellen

Zur Überwachung der Senderfunktionen und örtlichen Bedienung ist eine Bedien- und Anzeigeeinheit vorzusehen.

3.5.1 Anzeige und Bedienung

3.5.1.1 Display

Die Anzeigen sind über ein Display oder optional über ein Webinterface anzuzeigen.

Folgendes ist anzuzeigen

- Mittenfrequenz des gesendeten DAB-Blockes
- Vorlaufleistung in Watt (Anzeigegenauigkeit $\pm 0,2$ dB bei Nennleistung)
- Rücklaufleistung in Watt (Genauigkeit nach Technischer Richtlinie 5/1.0 Teil 1, 2.8.1)
- Trägersperre Ein/Aus
- Zustandsmeldungen des Eingangssignal-Terminals, einschließlich Bereitschaft der „seamless“ Ablöseautomatik
- Zustandsmeldungen der Frequenz- und Zeitsynchronisation
- Zeitstempel vorhanden / fehlt
- Einstellwerte der statischen Laufzeit, Vorentzerrung, Schaltschwellen
- Wert des aktuellen dynamischen Laufzeitausgleichs beider Eingangssignale.
- Interne Abgleich- und Betriebswerte

- Senderkennung (Main- und Sub-Identifizier)
- MNSC-Einstellwerte
- DAB-Mode
- Fehlermeldungen
- außerdem alle Meldungen der Fernwirkschnittstelle nach 3.5.2

3.5.1.2 Leuchtmelder

Über Leuchtmelder an der Gestellfront sind anzuzeigen

RF vorhanden (grün)

Störung (rot)

Warnung, Abweichung vom normalen Betrieb (gelb)

3.5.1.3 Logbuch

Bei Verwendung eines internen GPS-Empfängers soll 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.

3.5.1.4 Eingaben

Folgende Eingaben sind manuell und gegen unbeabsichtigte Bedienung gesichert vorzusehen. Optional können die Eingaben über ein Webinterface erfolgen.

- Sendefrequenz
- Sendeleistung
- Korrekturwert für Anzeige der Sendeleistung (z.B. nach dem Maskenfilter)
- Leistungsschwellen für Warnung und Störung
- Einstellwerte des Laufzeitausgleiches nach 3.1.3
- Einstellwerte der Vorentzerrung nach 3.1.8
- Einstellungen des Senderkennung (Main- und Sub-Identifizier)
- Einstellung des Testmodes
- Löschen des Fehlerspeichers
- Aktivierung bzw. Deaktivierung der MNSC-Einstellwerte
- DAB-Mode (nur bei Testbetrieb)
- außerdem alle Befehle nach 3.5.2

3.5.2 Fernwirkschnittstelle

Zur Überwachung und Fernsteuerung der Sendeanlage ist folgende Schnittstelle anzubieten:

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

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

Kommandos und Meldungen sind gemäß Anlage 3 auszuführen.

3.5.3 Serviceschnittstelle

Über diese Schnittstelle muss die vollständige Bedienung des Senders möglich sein. Sie umfasst mindestens alle Funktionen gemäß 3.5.1 und 3.5.2

Wahlweise können über diese Schnittstelle die Betriebsdaten ausgelesen und die Einstellwerte aus- und eingelesen werden.

Die Schnittstelle ist als Ethernet-Schnittstelle gemäß Technischer Richtlinie 5/1.0 an der Frontseite auszuführen. Die Schnittstelle muss physikalisch und logisch von der Fernwirkschnittstelle getrennt sein. Ein Routing/Forwarding muss unterbunden werden.

4 Qualitätsmerkmale des T-DAB-Sendesignals

Zur Messung der Qualitätsmerkmale wird der T-DAB-Sender an einer Prüflast nach 5.4 betrieben.

Die Qualitätsmerkmale müssen auch erfüllt werden, wenn das ETI-Signal Toleranzen entsprechend ITU-T Rec. G.703 aufweist.

Grundsätzlich werden die Qualitätsmerkmale über den gesamten T-DAB-Sender gemessen. Einzelne Baugruppen bzw. Funktionseinheiten werden nur dann getrennt geprüft, wenn die Über-Alles-Messung nicht alle Eigenschaften des Gesamtsenders erfassen lässt bzw. der Sender die Anforderungen nicht erfüllt.

4.1 Spektrum des Senderausgangssignals

4.1.1 Nebenaussendungen

Nebenaussendungen sind alle Aussendungen auf einer oder mehreren Frequenzen außerhalb des Frequenzbereiches (Mittenfrequenz $f_0 \pm 3$ MHz).

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

Sie werden am Senderausgang an einer Prüflast gemäß 5.4 gemessen. Parasitäre Aussendungen dürfen im Betrieb nicht nachweisbar sein.

Grenzwerte der Nebenaussendungen

Die Grenzwerte sind durch die Schnittstellenbeschreibung der BNetzA (SSB RU 007) vorgegeben, die auf ETSI EN 302077-2 verweist.

Die Leistung jeder Nebenaussendung darf den angegebenen Wert nicht überschreiten.

4.1.2 Außerbandaussendungen

Dazu zählen COFDM-modulationsabhängige Produkte und Intermodulationsprodukte des Senders außerhalb der DAB-Blockbandbreite $f_0 \pm 0,77$ MHz bis zu einer Frequenzgrenze $f_0 \pm 3$ MHz (f_0 ist die Mittenfrequenz des DAB-Blockes).

Die Grenzwerte sind durch die Schnittstellenbeschreibung der BNetzA (SSB RU 007) vorgegeben, die auf ETSI EN 302077-2 verweist.

Für Sender mit einer Ausgangsleistung von 25 W bis 1000 W sind die Grenzwerte in der Spektrumsmaske (Anlage 6) und in der Tabelle (Anlage 7.1) dargestellt.

Diese relativen Grenzwerte werden als Verhältnis ihrer Leistung in einem 4 kHz breiten Messband zur Gesamtleistung (Inbandleistung) in einem 1,536 MHz breiten DAB-Block bei definierten Abständen zur Mittenfrequenz f_0 angegeben.

Für Sender mit einer Ausgangsleistung von < 25 W oder > 1000 W gelten absolute Grenzwerte in dBm/4kHz (Anlage 7.2).

Sollten hiervon abweichende (schärfere) Grenzwerte erforderlich sein, werden diese bei der Auftragsvergabe genannt.

4.2 Modulation Error Rate (MER)

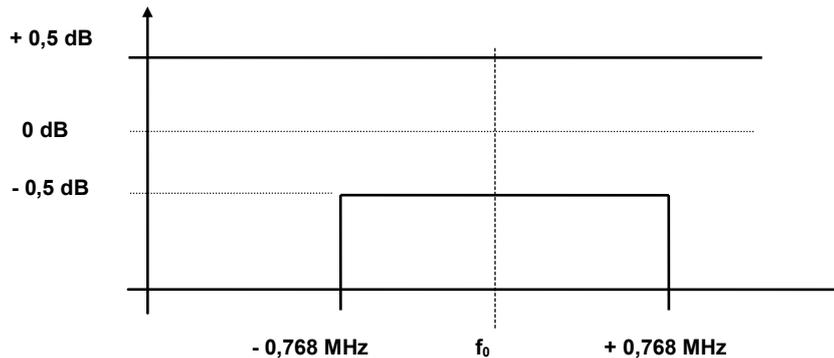
Zur Beurteilung der Gesamtgüte des Senders wird die MER am Senderausgang gemessen. Diese muss besser sein als 25 dB.

4.3 Verzerrungen

4.3.1 Lineare Verzerrungen

Welligkeit des Ausgangsspektrums

Die Welligkeit des Ausgangsspektrums des T-DAB-Senders einschließlich eines nachgeschalteten Maskenfilters darf das nachfolgende Toleranzschema nicht überschreiten. Der Senderhersteller muss durch geeignete Maßnahmen die Filterkennlinie entsprechend ausgleichen können.



Gruppenlaufzeit

Der zeitliche Versatz zwischen zwei beliebigen Trägern eines DAB-Signals darf $1 \mu\text{s}$ unabhängig vom DAB-Mode nicht überschreiten. Der Anteil der analogen Signalverarbeitung im T-DAB-Sender an dem Zeitversatz kann durch eine Gruppenlaufzeitmessung erfasst werden.

4.3.2 Nichtlineare Verzerrungen

Der Schulterabstand beschreibt das Maß nichtlinearer Verzerrung, Der Wert wird bei $f_0 \pm 0,97 \text{ MHz}$ zwischen den Leistungsverstärkern des Senders und dem Maskenfilter gemessen und muss größer sein als 38 dB.

4.4 Crestfaktor

Der Crestfaktor ist der Abstand der höchsten tatsächlich vorkommenden Spitzenspannung zur effektiven Spannung des übertragenen Signals im DAB- Kanal.

$$Cf = 20 * \log\left(\frac{U_{peak}}{U_{rms}}\right)$$

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.

Hinweis: Messgeräte ermitteln - im Unterschied zur angegebenen Formel - häufig den Crestfaktor als das Verhältnis von Hüllkurvenspannung zu effektiver Spannung. Dieser Wert muss dann um +3 dB korrigiert werden.

4.5 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.

5 Allgemeine technische Forderungen

5.1 Einlaufverhalten

Die Einlaufzeit nach Netzausfällen > 1 Sekunde darf nicht mehr als 5 Minuten betragen. Sobald die Abweichung von der Mittenfrequenz $\leq \pm 1 \cdot 10^{-7}$ ist und hinsichtlich der zeitlichen Bedingung der Grenzwert von 20 % des Schutzintervalls unterschritten wird, ist die RF freizugeben.

5.2 Verhalten bei Netzunterbrechung

Bei kurzzeitigen Netzausfällen und Netzwischern ≤ 1 Sekunde 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 aufrechterhalten kann. Insbesondere wird auf die Anforderungen an USV-Anlagen in der Technischen Richtlinie 5/1.0 verwiesen.

5.3 Separater Netzanschluss

Die Stromversorgung des Steuersenders und der Baugruppen, die maßgeblich am Wiedereinschalten des Senders beteiligt sind, ist getrennt von der Haupteinspeisung der Anlage zu führen (separater USV-Netzanschluss, gemäß Technischen Richtlinie 5/1.0, Kap. 2.6.1). In der Front ist ein oder sind mehrere Schalter einzubauen, mit dem oder mit denen beide Einspeisungen vom Netz getrennt werden.

5.4 Prüflast

Die Prüflast gehört bei Doppelsendern mit voller passiver Reserve und Anlagen mit (n+1)-Reserve zum Lieferumfang. Für Einzelsender ist sie optional anzubieten,

Der RF-Eingangswiderstand muss der Nennimpedanz des Senders (50 Ω) entsprechen. Die Prüflast muss beliebig lange mit der Nennleistung unter Berücksichtigung des Crestfaktors belastet werden können.

Die Rückflussdämpfung muss im jeweiligen Betriebsfrequenzbereich nach 3.1.9 > 26 dB betragen.

Die Rückflussdämpfung oberhalb des Betriebsfrequenzbereiches ist anzugeben. Für Frequenzen bis $f = 3 \times$ obere Bandgrenze darf die Rückflussdämpfung nicht < 10 dB sein. Die direkte Abstrahlung über das Gehäuse darf die Strahlungsleistung eines mit einer um 50 dB unterhalb der Sendernennleistung gespeisten Halbwellendipols in Hauptstrahlrichtung nicht übersteigen.

6 Anlagen

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

Dokumenten-Nr	Titel	Organisation	Quelle
ETSI EN 300401	Radio broadcasting Systems ; Digital Audio Broadcasting (DAB) to mobile, portable and fixed receivers	ETSI	[1]
ETSI ETS 300799	Digital Audio Broadcasting ; Distribution Interfaces; Ensemble Transport Interface (ETI)	ETSI	[1]
ETSI TS 102693	Digital Audio Broadcasting ; Encapsulation of DAB Interfaces (EDI)	ETSI	[1]
ETSI TS 102821	Digital Radio Mondiale (DRM) ; Distribution and Communications Protocol (DCP)	ETSI	[1]
ETSI EN 302077-2	Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Transmitting equipment for the Terrestrial-Digital Audio Broadcasting (T-DAB) service	ETSI	[1]
SSB RU 007	Schnittstellenbeschreibung für T-DAB Sender	BNetzA	[2]
Technische Richtlinie Nr. 5/1.0 Teil1	Bedingungen für sendertechnische Geräte und Anlagen; Allgemeine Forderungen	IRT	[3]
Technische Richtlinie Nr. 5/1.0 Teil 3	Bedingungen für sendertechnische Geräte und Anlagen; SNMP Schnittstelle	IRT	[3]
Technische Richtlinie Nr. 5/1.1	Bedingungen für Sender-Reservesysteme	IRT	[3]
ITU-T Rec. G.703	ITU-T Recommendation G.703 Physical/electrical characteristics of hierarchical digital interfaces	ITU	[4]
ITU-T Rec. G.704	ITU-T Recommendation G.704 Synchronous frame structures used at primary and secondary hierarchical levels	ITU	[4]

Es gelten die jeweils gültigen Fassungen zum Zeitpunkt der Auftragserteilung.

Bezugsquellen / Herausgeber:

- [1] ETSI - European Telecommunications Standards Institute
<http://www.etsi.org>
- [2] BNetzA - Bundesnetzagentur
<http://www.bundesnetzagentur.de>
- [3] IRT - Institut für Rundfunktechnik GmbH
<http://www.irt.de/richtlinien>
- [4] ITU - International Telecommunication Union
<http://www.itu.int>

6.2 Anlage 2 – Abkürzungen, Begriffe und Definitionen

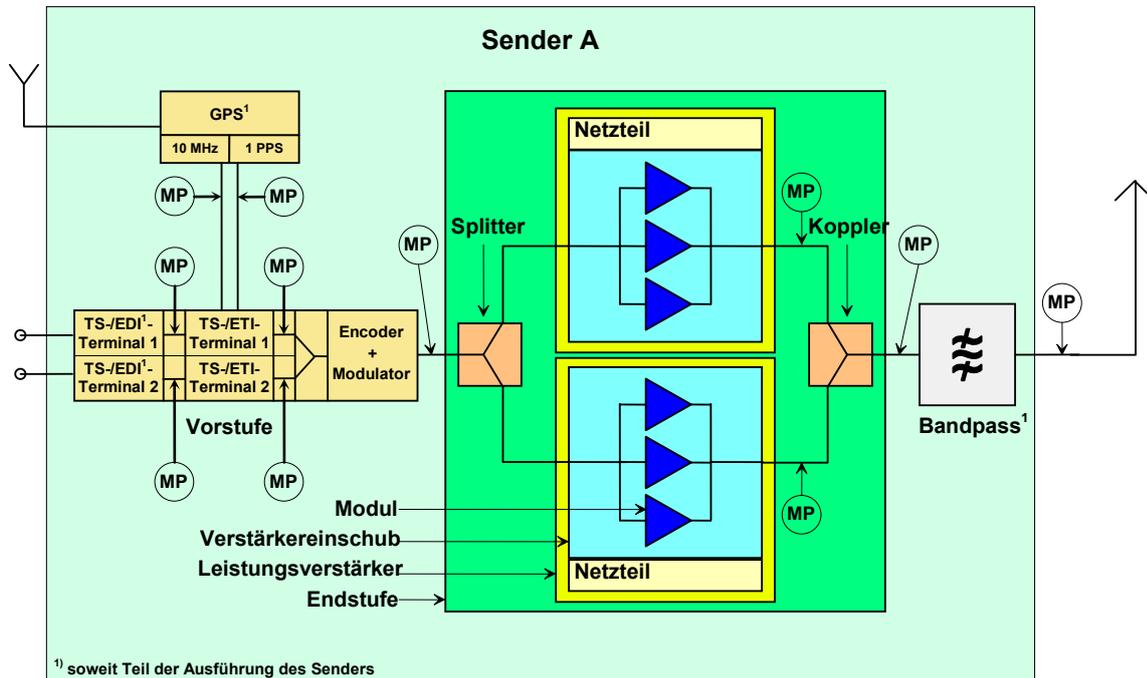
BER	Bit Error Rate
C/N	Carrier to Noise Ratio
COFDM	Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex
CRC	Cyclic Redundancy Check
EDI	Encapsulation of DAB Interface
ETI	Ensemble Transport Interface
ETI(LI)	Logical Interface des ETI
ETS	European Telecommunication Standard
GPS	Global Positioning System
IEC	International Electrotechnical Commission
ITU	International Telecommunications Union
ITU-T	ITU/Telecommunication Standardisation Sector
MER	Modulation Error Ratio
MFN	Multi Frequency Network
MNSC	Multiplex Network Service Channel Datenkanal, der mit 666,7 Bit/s zwischen Ensemble Multiplexer und COFDM Encoder anwenderspezifisch genutzt werden kann
NA (Layer)	Network Adapted Layer-ETI(NA,G.704) - Verteilung des ETI mit zusätzlichen Informationen in einem 2 Mbit/s Datenstrom entsprechend der Rahmenstruktur nach ITU-T Rec. G.704, Fehlerkorrektur und Zeitstempeltechniken können angewandt werden
NI (Layer)	Network Independent Layer- ETI(NI,G.703) - Verteilung des ETI in einem 2 Mbit/s Datenstrom mit dem physikalischen Interface ITU-T Rec. G.703 ohne Berücksichtigung der Eigenschaften des Datenweges. Zeitstempeltechniken können angewendet werden.
PFT	Protection, Fragmentation and Transport
pps	Pulse per second
PRBS	Pseudo Random Binary Signal
Rec.	ITU-Recommendation
SFN	Single Frequency Network
STI	Service Transport Interface
T-DAB-Sender	Terrestrischer Sender zur Abstrahlung von DAB Sendungen nach EN 300 401
TII	Transmitter Identification Information
VSWR	Voltage Standing Wave Ratio

6.3 Anlage 3 – Liste der Kommandos und Meldungen

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

Die Kommandos und Meldungen für Reservesysteme müssen entsprechend der Technischen Richtlinie 5/1.0 Teil 3.2 (SNMP) entnommen werden.

6.4 Anlage 4 – Prinzipieller Aufbau einer T-DAB-Senderanlage



6.5 Anlage 5 – Grenzwerte der Nebenaussendungen

Frequenzbereich der Nebenaussendungen	Grenzwerte der Nebenaussendungen	Bezugsbandbreite
9kHz – 174 MHz	-36 dBm (250 nW)	100 kHz
174 – 400 MHz	-82 dBm für $P \leq 25 \text{ W}$ -126 dBc für $25 \text{ W} < P \leq 1000 \text{ W}$ -66 dBm für $1000 \text{ W} < P$	4 kHz
400 – 1000 MHz	-36 dBm (250 nW)	100 kHz
1000 – 1452 MHz	-30 dBm (1 μ W)	100 kHz
1452 – 1492 MHz	-62 dBm für $P \leq 25 \text{ W}$ -106 dBc für $25 \text{ W} < P \leq 1000 \text{ W}$ -46 dBm für $1000 \text{ W} < P$	4 kHz
> 1492 MHz	-30 dBm (1 μ W)	100 kHz

(Quelle: ETSI EN 302077-2)

P = Ausgangsleistung des T-DAB-Senders

dBc = Verhältnis der Leistung der Nebenaussendung zur Ausgangsleistung

6.6 Anlage 6 – Spektrumsmasken nach ETSI EN 302077-2 bzw. dem Wellenplan Genf 06 der ITU

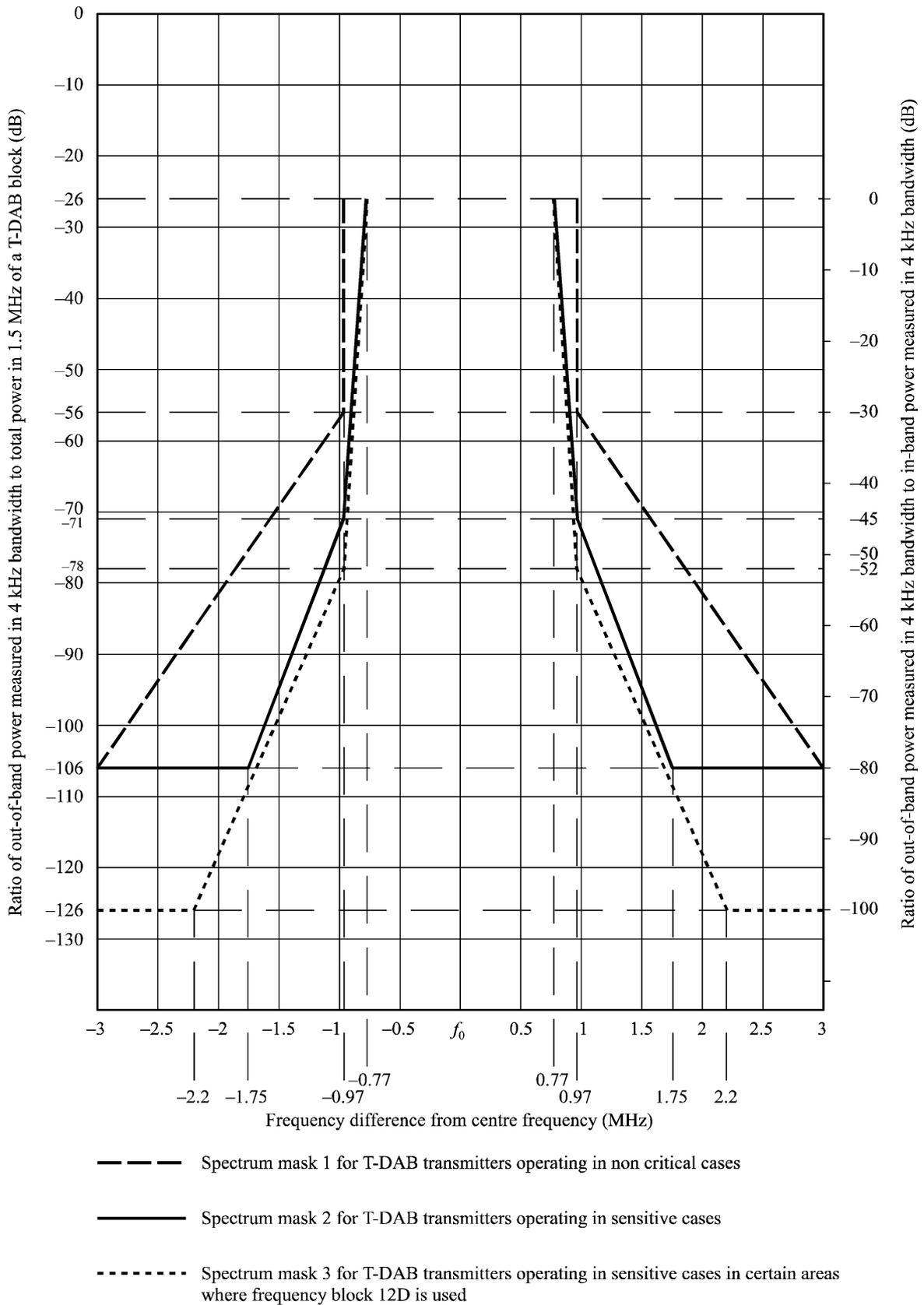
Unterschiedliche Bezeichnungen der Spektrumsmasken

Die nachfolgend gezeigten Spektrumsmasken für T-DAB werden in Dokumenten der Bundesnetzagentur (BNetzA), der ITU und der ETSI mit unterschiedlichen Bezeichnungen verwendet. Um einen Bezug dieser Bezeichnungen untereinander herzustellen, dient die folgende Tabelle:

Quelle	Bezeichnungen			
BNetzA Frequenz- zuteilung	Spektrumsmaske gem. GE06, Kapitel 3, Abschnitt 6.1 und 6.2 in unkritischen Frequenzbereichen	Spektrumsmaske gem. GE06, Kapitel 3, Abschnitt 6.1 und 6.2 in kritischen Frequenzbereichen	Spektrumsmaske gem. GE06, Kapitel 3, Abschnitt 6.1 und 6.2 für ausgewählte Gebiete	Keine Entsprechung
ITU Wellenplan GE06	Spectrum mask 1 for T-DAB transmitters operating in non critical cases	Spectrum mask 2 for T-DAB transmitters operating in sensitive cases	Spectrum mask 3 for T-DAB transmitters operating in sensitive cases in certain areas where frequency block 12D is used	Keine Entsprechung
ETSI EN 302077- 2	Case 2	Case 1	Case 4	Case 3

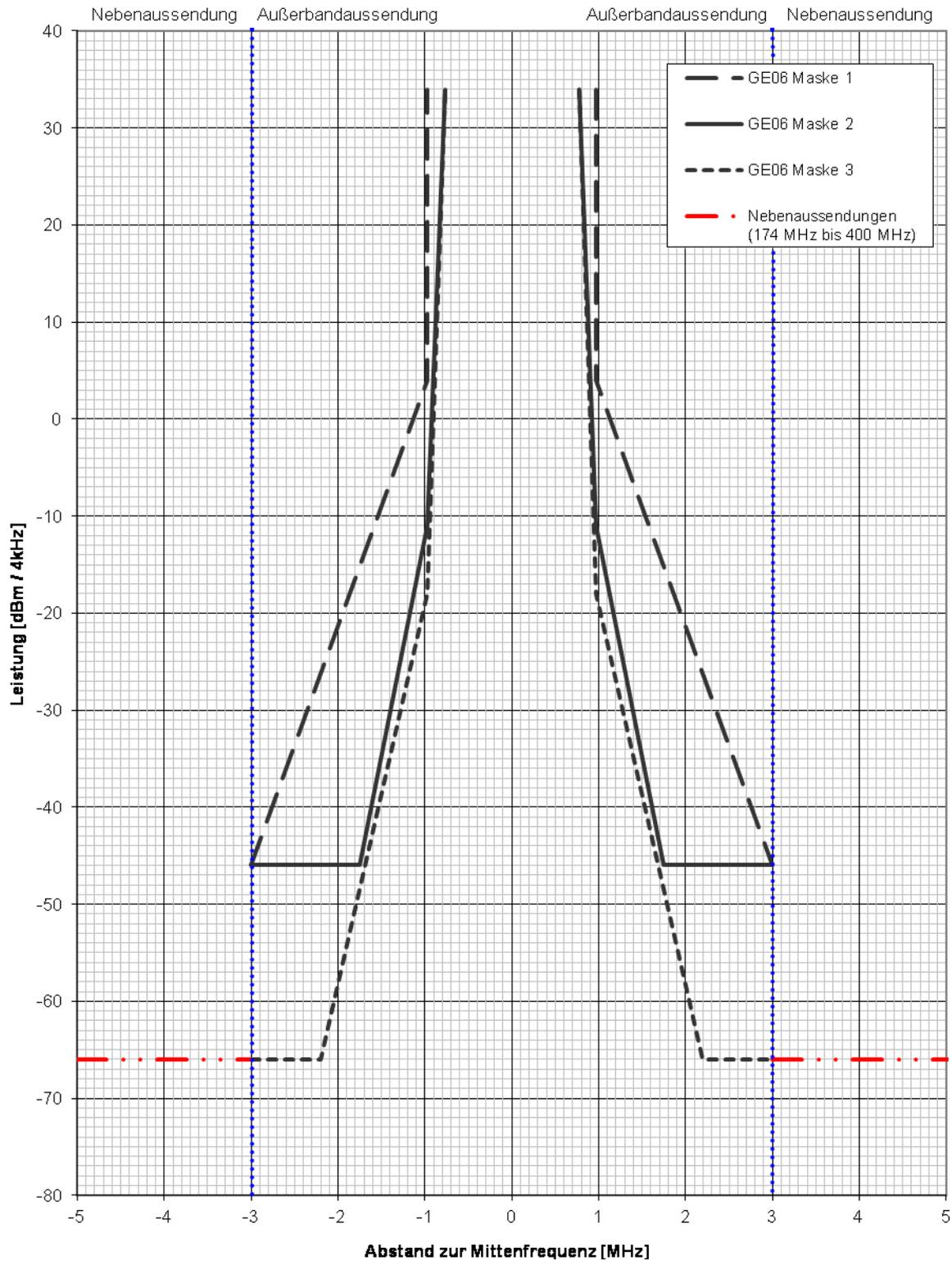
Gegenüberstellung von unterschiedlichen Bezeichnungen der T-DAB Spektrumsmasken

Out-of-band spectrum masks for a T-DAB transmission signal



(Quelle: GE06 Annex 2 Kapitel 3.6.1, Figure 3-2)

**DAB Außerband- und Nebenaussendungen
für Geräteleistungen > 1kW, DAB Kanal 5C bis 12D**



Bei Betrieb in Kanal 5A und 5B ist zu berücksichtigen, dass für die Nebenaussendungen unterhalb von 174 MHz geringere Grenzwerte gelten. Die Grenzwerte sind durch die Schnittstellenbeschreibung der BNetzA (SSB RU 007) für T-DAB Sender vorgegeben, die auf ETSI EN 302077-2 verweist.

6.7 Anlage 7 – Grenzwerte der Außerbandaussendungen von T-DAB-Sendern

Alle Angaben basieren auf ETSI EN 302077-2 bzw. GE06 und dienen lediglich als Hilfestellung zur Überprüfung der maximalen Außerbandaussendungen. Hiervon unberührt gelten im Rahmen der Technischen Richtlinie die aktuellen Vorschriften und Normen.

6.7.1 Anlage 7.1 – Grenzwerte der Außerbandaussendungen für Sender mit einer Ausgangsleistung von 25W bis 1000W

ETSI	ITU (GE06)	Abstand zur Band- mitte [MHz]	relativer Pegel [dBc]	maximale Außerbandaussendung [dBm/4kHz] bei einer Geräteleistung von						
				25 W (44,0 dBm)	50 W (47,0 dBm)	100 W (50,0 dBm)	200 W (53,0 dBm)	300 W (54,8 dBm)	500 W (57,0 dBm)	1000 W (60,0 dBm)
case 2	mask 1	+/- 0,97	-26	18,0	21,0	24,0	27,0	28,8	31,0	34,0
		+/- 0,97	-56	-12,0	-9,0	-6,0	-3,0	-1,2	1,0	4,0
		+/- 3,00	-106	-62,0	-59,0	-56,0	-53,0	-51,2	-49,0	-46,0
case 1	mask 2	+/- 0,77	-26	18,0	21,0	24,0	27,0	28,8	31,0	34,0
		+/- 0,97	-71	-27,0	-24,0	-21,0	-18,0	-16,2	-14,0	-11,0
		+/- 1,75	-106	-62,0	-59,0	-56,0	-53,0	-51,2	-49,0	-46,0
		+/- 3,00	-106	-62,0	-59,0	-56,0	-53,0	-51,2	-49,0	-46,0
case 4	mask 3	+/- 0,77	-26	18,0	21,0	24,0	27,0	28,8	31,0	34,0
		+/- 0,97	-78	-34,0	-31,0	-28,0	-25,0	-23,2	-21,0	-18,0
		+/- 2,20	-126	-82,0	-79,0	-76,0	-73,0	-71,2	-69,0	-66,0
		+/- 3,00	-126	-82,0	-79,0	-76,0	-73,0	-71,2	-69,0	-66,0

dBc = Verhältnis der Leistung der Außerbandaussendung zur Ausgangsleistung

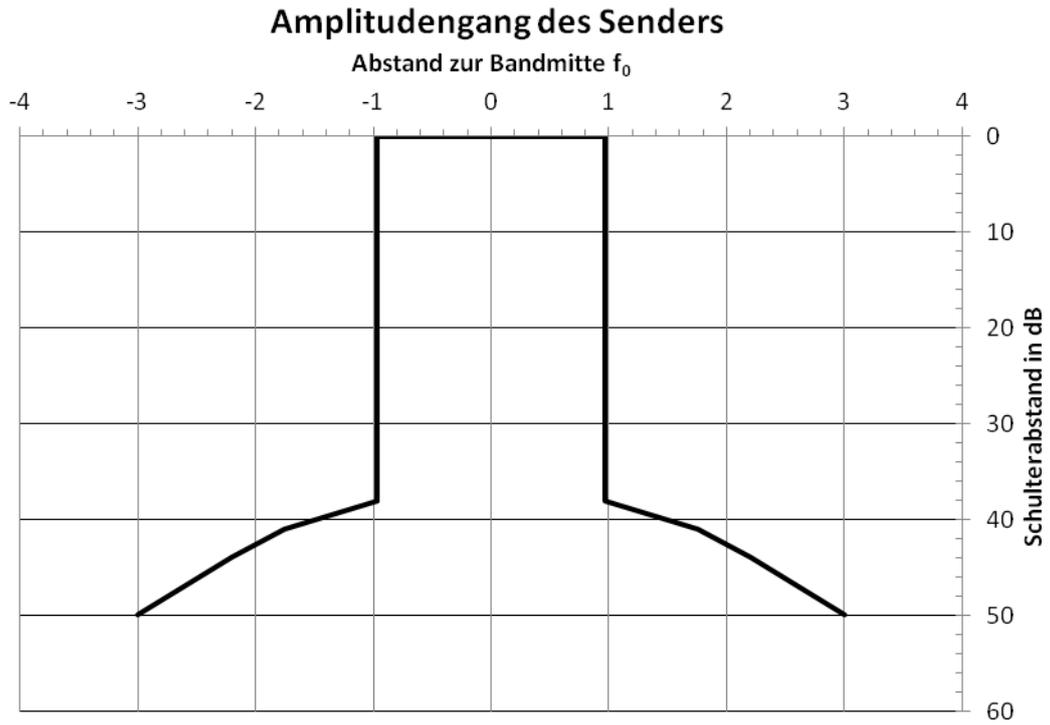
6.7.2 Anlage 7.2 – Grenzwerte der Außerbandaussendungen für Sender mit einer Ausgangsleistung von ≤25W und ≥1000W

ETSI	ITU (GE06)	Abstand zur Band- mitte [MHz]	maximale Außerbandaussendung [dBm/4kHz] bei einer Geräteleistung von	
			≤25 W (≤44 dBm)	≥1000 W (≥60 dBm)
case 2	mask 1	+/- 0,97	18,0	34,0
		+/- 0,97	-12,0	4,0
		+/- 3,00	-62,0	-46,0
case 1	mask 2	+/- 0,77	18,0	34,0
		+/- 0,97	-27,0	-11,0
		+/- 1,75	-62,0	-46,0
		+/- 3,00	-62,0	-46,0
case 4	mask 3	+/- 0,77	18,0	34,0
		+/- 0,97	-34,0	-18,0
		+/- 2,20	-82,0	-66,0
		+/- 3,00	-82,0	-66,0

dBc = Verhältnis der Leistung der Außerbandaussendung zur Ausgangsleistung

6.8 Anlage 8 – Mindestanforderungen an den Amplitudengang des Senders

Abstand zur Bandmitte f_0	Schulterabstand
$\pm 0,97$ MHz	38 dB
$\pm 1,75$ MHz	41 dB
$\pm 2,2$ MHz	44 dB
$\pm 3,0$ MHz	50 dB

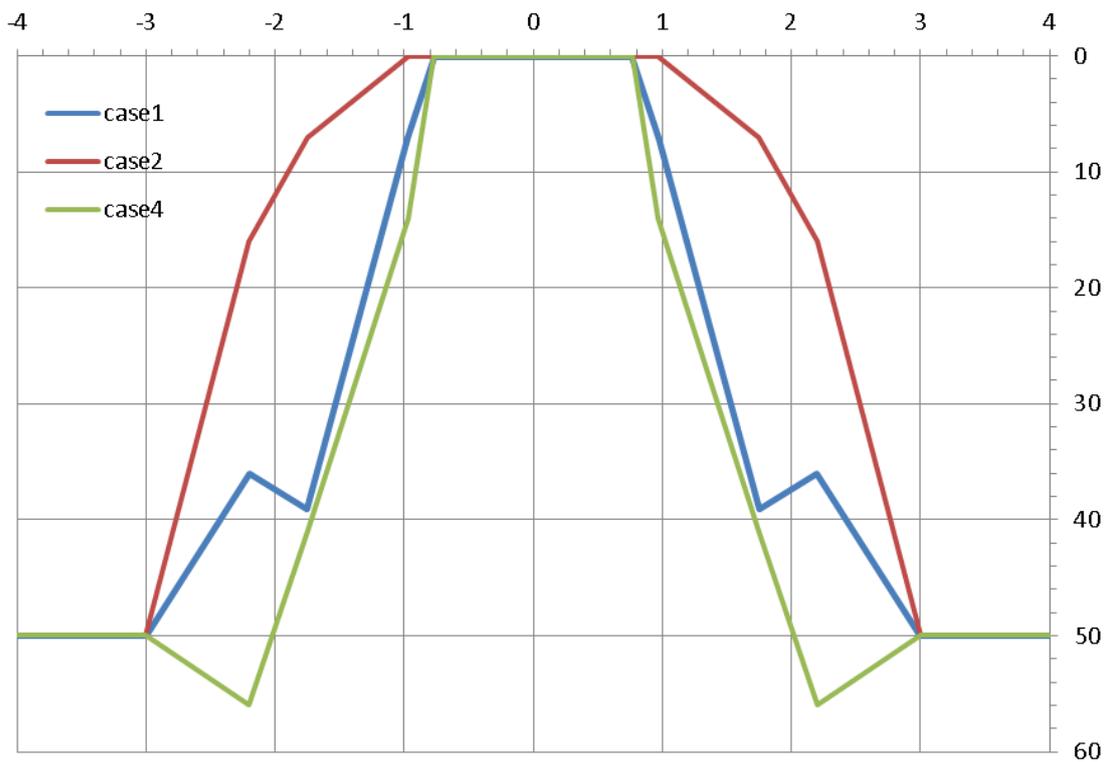


6.9 Anlage 9 – Mindestanforderungen an die Durchgangsdämpfung des Maskenfilters

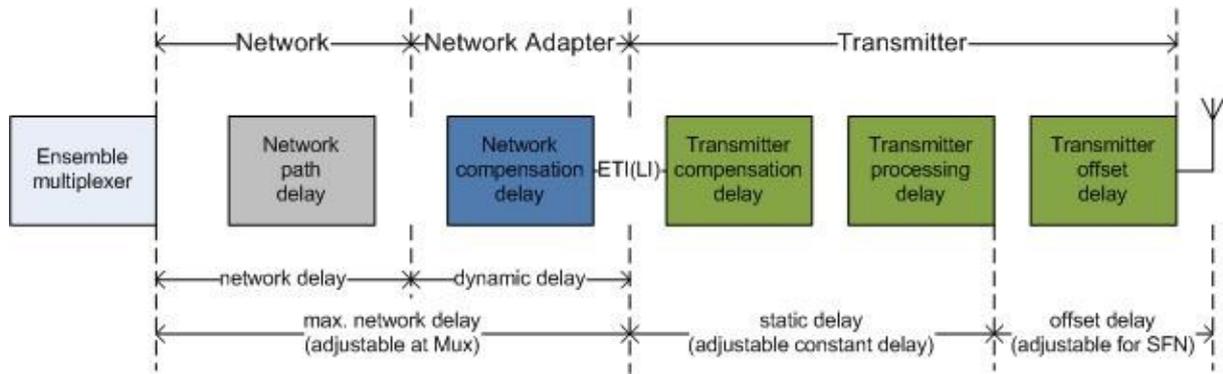
ETSI	ITU	Abstand zur Bandmitte f_0	Durchgangsdämpfung
case 2	mask 1	$\pm 0,97$ MHz	0 dB
		$\pm 1,75$ MHz	7 dB
		$\pm 2,2$ MHz	16 dB
		$\pm 3,0$ MHz	50 dB
case 1	mask 2	$\pm 0,97$ MHz	7 dB
		$\pm 1,75$ MHz	39 dB
		$\pm 2,2$ MHz	36 dB
		$\pm 3,0$ MHz	50 dB
case 4	mask 3	$\pm 0,97$ MHz	14 dB
		$\pm 1,75$ MHz	41 dB
		$\pm 2,2$ MHz	56 dB
		$\pm 3,0$ MHz	50 dB

Grau hinterlegte Angaben wurden aus benachbarten Stützstellen interpoliert. Durchgangsdämpfungen beziehen sich auf eine Senderausgangsleistung von 1kW. Bei höheren Leistungen erhöht sich die Durchgangsdämpfung proportional.

Grenzwerte Filterkurve



6.10 Anlage 10 – DAB-Sender Laufzeiten



(Quelle: Basierend auf ETSI ETS 300799, Annex F.1)

7 Historie

7 / 2003	1. Auflage
4 / 2004	2. Auflage
1 / 2014	3. Auflage <ul style="list-style-type: none">- Betriebsfrequenz für L-Band gelöscht- Automatische unterbrechungsfreie Umschaltung der Eingänge integriert- Eingangssignal-Terminal um IP-Eingänge (EDI) ergänzt- Bei Ausfall der Referenzsignale internes/externes GPS berücksichtigt- Automatische Vorentzerrung integriert- Umstimmung von Endstufen auch mit geringem Aufwand möglich- Maskenfilter oder Weiche mit integriertem Maskenfilter separat definiert- Trennstellen erweitert- Messstellen um EDI erweitert- Messstelle für die Mittenfrequenz entfernt- MER-Forderung von 25dB eingefügt- Parallele und Bitbus-Schnittstelle entfernt- Stabilität der Ausgangsleistung definiert- Neben- und Außerbandaussendungen ergänzt- Crestfaktor genauer definiert- Grafiken zu Außerbandaussendungen korrigiert- Grafik zum Aufbau einer Senderanlage um IP-Eingänge erweitert