

## DIN EN 62002-1



ICS 33.170

Ersatz für  
DIN EN 62002-1:2007-03  
Siehe jedoch Beginn der  
Gültigkeit

**Mobiler und tragbarer Funkzugang zu DVB-T/H –  
Teil 1: Festlegung der Schnittstelle (IEC 62002-1:2008 +  
Corrigendum 2008);  
Deutsche Fassung EN 62002-1:2008**

Mobile and portable DVB-T/H radio access –  
Part 1: Interface specification (IEC 62002-1:2008 + corrigendum 2008);  
German version EN 62002-1:2008

Accès radio DVB-T/H vers les mobiles et les portables –  
Partie 1: Spécification de l'interface (CEI 62002-1:2008 + corrigendum 2008);  
Version allemande EN 62002-1:2008

Gesamtumfang 72 Seiten

## **Beginn der Gültigkeit**

Die von CENELEC am 2008-06-01 angenommene EN 62002-1 gilt als DIN-Norm ab 2008-12-01.

Daneben darf DIN EN 62002-1:2007-03 noch bis 2011-06-01 angewendet werden.

## **Nationales Vorwort**

*Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN IEC 62002-1:2007-09.*

Für diese Norm ist das nationale Arbeitsgremium K 742 „Audio-, Video- und Multimediasysteme, -geräte und -komponenten“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE ([www.dke.de](http://www.dke.de)) zuständig.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom TC 100 „Audio, video and multimedia systems and equipment“ erarbeitet.

Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieser Publikation bis zu dem auf der IEC-Website unter „<http://webstore.iec.ch>“ mit den Daten zu dieser Publikation angegebenen Datum (maintenance result date) unverändert bleiben soll. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees die Publikation

- bestätigt,
- zurückgezogen,
- durch eine Folgeausgabe ersetzt oder
- geändert.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe der Norm.

Der Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

## **Änderungen**

Gegenüber DIN EN 62002-1:2007-03 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) 9.4.2 wurde neu hinzugefügt;
- b) 9.4.3 wurde um Festlegungen erweitert;
- c) 10.6.2 wurde neu hinzugefügt;
- d) 10.6.3.3 und 10.6.3.4 wurden neu hinzugefügt;
- e) die Festlegungen in 10.7 wurden ergänzt und um Unterabschnitte erweitert;
- f) die Kompatibilitätsanforderungen in 11.1.2.2 wurden geändert;
- g) Anhang A wurde grundlegend überarbeitet und um neue Festlegungen ergänzt.

## **Frühere Ausgaben**

DIN EN 62002-1: 2007-03

Deutsche Fassung

**Mobiler und tragbarer Funkzugang zu DVB-T/H –  
Teil 1: Festlegung der Schnittstelle**  
(IEC 62002-1:2008 + Corrigendum 2008)

Mobile and portable DVB-T/H radio access –  
Part 1: Interface specification  
(IEC 62002-1:2008 + corrigendum 2008)

Accès radio DVB-T/H vers  
les mobiles et les portables –  
Partie 1: Spécification de l'interface  
(CEI 62002-1:2008 + corrigendum 2008)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2008-06-01 angenommen. Die CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Zentralsekretariat oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in zwei offiziellen Fassungen (Deutsch und Englisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.

## CENELEC

Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung  
European Committee for Electrotechnical Standardization  
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

**Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel**

## Vorwort

Der Text des Schriftstücks 100/1289/CDV, zukünftige 2. Ausgabe von IEC 62002-1, ausgearbeitet von dem IEC TC 100, „Audio, video and multimedia systems and equipment“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2008-06-01 als EN 62002-1 angenommen.

Diese Europäische Norm ersetzt EN 62002-1:2006.

Gegenüber EN 62002-1:2006 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- DVB-H wurde als Teil der Hauptfestlegung einbezogen;
- alle Leistungswerte wurden überarbeitet, da sowohl neue Simulationsergebnisse verfügbar geworden sind als auch neue Referenzempfänger für DVB-H entwickelt worden sind;
- DVB-H enthält jetzt alle unterschiedlichen MPE-FEC-Coderaten;
- neue portable Innen- und portable Außenkanalmodelle sowie deren Leistungswerte wurden aufgenommen;
- es wurde ein neuer mobiler 2x-TU-6-SFN-Testkanal eingeführt;
- ein neues lineares L4-Prüfmuster wurde hinzugefügt;
- bestimmte Leistungswerte von DVB-H für S1-, S2- und L1- bis L4-Störmuster wurden einbezogen;
- ein neues Messverfahren für GSM-Störungen wurde hinzugefügt.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2009-03-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2011-06-01

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

## Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 62002-1:2008 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

## Inhalt

	Seite
Vorwort .....	2
1 Anwendungsbereich .....	8
2 Normative Verweisungen .....	8
3 Abkürzungen .....	9
4 Kategorien der Endgeräte .....	12
5 Festlegung der Empfangsbedingungen .....	12
5.1 Portabler Empfang .....	12
5.2 Mobiler Empfang .....	13
6 Frequenzen und Bandbreiten der Kanäle .....	13
6.1 Kanalfrequenzen .....	13
6.2 Unterstützte Frequenzbereiche .....	14
6.3 Unterstützte Bandbreiten .....	15
7 DVB-T/H-Betriebsarten .....	15
7.1 Unterstützte DVB-T/H-Betriebsarten .....	15
7.2 Ändern der Modulationsparameter .....	15
7.3 Abstimmverfahren .....	15
8 Leistungswerte des Senders .....	15
8.1 Rauschähnliche Verschlechterung des Senders .....	15
8.1.1 Rauschähnliche Prozesse .....	15
8.2 Weitere Verschlechterung des Senders .....	17
8.2.1 Fehler der Gruppenlaufzeit .....	17
8.2.2 Phasenrauschen in OFDM-Systemen .....	17
8.2.3 OFDM-Taktfrequenz .....	18
8.3 Spektrummasken .....	18
8.3.1 DVB-T-Signale (allgemein) .....	18
8.3.2 DVB-T-Signale (kritische Fälle) .....	18
8.3.3 DVB-T-Signale (DVB-T im Nachbarkanal) .....	18
9 Kennwerte der Empfängerantennen .....	19
9.1 Antennen für Endgeräte der Kategorie a .....	19
9.2 Antennen für Endgeräte der Kategorie b1 .....	19
9.3 Antennen für Endgeräte der Kategorien b2 und c .....	20
9.4 Externe Antennen .....	20
9.4.1 Allgemeines .....	20
9.4.2 Externe Antennen für Endgeräte der Kategorien b2 und c .....	20
9.4.3 Steckverbindung für externe Antennen .....	21
10 Leistungswerte des Empfängers .....	22
10.1 Bezugsmodell .....	22

	Seite
10.2 Rauschmodell.....	22
10.3 Fehlerpunkt-Kriterien.....	24
10.4 Diversityempfänger.....	26
10.5 DVB-H-Empfänger.....	26
10.6 Kanalmodelle.....	27
10.6.1 DVB-T-Rayleigh-Kanal ( $P_1$ ).....	27
10.6.2 Portable Innen- (PI) und portable Außenkanäle (PO).....	28
10.6.3 Mobiler Empfang.....	29
10.7 <i>C/N</i> -Leistungswerte.....	34
10.7.1 <i>C/N</i> -Leistungswerte im Gaußschen Kanal.....	34
10.7.2 <i>C/N</i> -Leistungswerte im DVB-T-Rayleigh-Kanal ( $P_1$ ).....	35
10.7.3 <i>C/N</i> -Leistungswerte in portable Innen- (PI) und portablen Außenkanälen (PO).....	36
10.7.4 DVB-T- <i>C/N</i> -Leistungswerte in mobilen Kanälen für Endgeräte der Kategorie a.....	38
10.7.5 DVB-H- <i>C/N</i> -Leistungswerte im portablen Kanal.....	39
10.8 Mindest- und Höchst-Signalpegel für den Empfängereingang.....	40
10.8.1 Eigenrauschen.....	40
10.8.2 Mindest-Eingangspiegel (Empfindlichkeit).....	40
10.8.3 Maximale Gesamtleistung von Nutzsignalen und unerwünschten Signalen.....	40
10.8.4 Maximale Eingangspiegel für Nutzsignale und unerwünschte Signale.....	41
10.9 Störfestigkeit gegen analoge und/oder digitale Signale in anderen Kanälen.....	42
10.9.1 Allgemeines.....	42
10.9.2 Definitionen der Störsignale.....	42
10.9.3 Prüfmuster für Selektivität.....	44
10.9.4 Prüfmuster für Linearität.....	44
10.9.5 Störfestigkeit gegen Prüfmuster S1.....	44
10.9.6 Störfestigkeit gegen Prüfmuster S2.....	46
10.9.7 Störfestigkeit gegen Prüfmuster L1.....	47
10.9.8 Störfestigkeit gegen Prüfmuster L2.....	48
10.9.9 Störfestigkeit gegen Prüfmuster L3.....	49
10.9.10 Störfestigkeit gegen Prüfmuster L4.....	50
10.10 Störfestigkeit gegen Gleichkanalstörung von analogen Fernsehsignalen.....	51
10.11 Verwendung von Schutzintervallen in Gleichwellennetzen.....	52
10.11.1 Leistungswerte mit Echo innerhalb des Schutzintervalls.....	52
10.11.2 Leistungswerte mit Echo außerhalb des Schutzintervalls.....	52
10.12 Verträglichkeit mit Impulsstörungen.....	54
10.12.1 Allgemeines.....	54
10.12.2 Prüfmuster.....	55
10.13 EMC-Kennwerte.....	56
10.13.1 Endgeräte der Kategorie c.....	56

	Seite
10.13.2 Endgerät der Kategorien a und b.....	56
11 Kompatibilität mit weiteren Funkssystemen.....	57
11.1 Mobilfunkgeräte.....	57
11.1.1 Allgemeines.....	57
11.1.2 Störungen des Nutzsignals der Mobilfunk-Aufwärtsstrecke in den DVB-T/H-Empfänger.....	58
11.1.3 Störung durch das Störsignal der Mobilfunk-Aufwärtsstrecke in den DVB-T/H-Empfänger.....	59
11.2 DVB-RCT.....	60
Anhang A (informativ) Aktive externe Antennen und Systemeigenrauschen.....	61
Anhang B (informativ) Beispiel der $C/N$ -Leistungswerte mit einem praktikablen Sender.....	65
Anhang C (informativ) Mehrwegeempfang in einem DVB-T-System.....	66
Literaturhinweise.....	69
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen.....	70
<b>Bilder</b>	
Bild 1 – Bezugsmodell.....	22
Bild 2 – Rauschmodell.....	23
Bild 3 – Diversityantennen-Empfänger.....	26
Bild 4 – Verhalten des Empfängers in einem mobilen Kanal.....	30
Bild 5 – $C/N$ -Verhalten des DVB-H-Referenzempfängers im mobilen Kanal.....	31
Bild 6 – Testkanal für mobile SFN-Synchronisation mit schwachem langem Echo.....	32
Bild 7 – Testkanal für mobile SFN-Synchronisation mit starkem langem Echo.....	33
Bild 8 – Testkanal für mobile SFN-Synchronisation mit starkem kurzem Echo.....	34
Bild 9 – PAL-Störsignale.....	43
Bild 10 – SECAM-L-Störsignal.....	43
Bild 11 – Prüfmuster S1 bei $N + 1$ oder $N - 1$ .....	45
Bild 12 – Prüfmuster S2 bei $N + 1$ oder $N - 1$ .....	46
Bild 13 – Prüfmuster L1.....	48
Bild 14 – Prüfmuster L2.....	49
Bild 15 – Prüfmuster L3.....	50
Bild 16 – Prüfmuster L4.....	51
Bild 17 – Maske für Echo außerhalb des Schutzintervalls.....	53
Bild 18 – Maske für Echo außerhalb $GI$ für $GI = 1/4$ .....	54
Bild 19 – Definition der Prüfmuster für Impulsstörungen.....	55
Bild 20 – Architekturen des Endgerätes.....	57
Bild 21 – Frequenzbänder.....	58
Bild 22 – GSM-TX-Blockschaltbild.....	59
Bild 23 – Maske für das TX-Störgeräusch des PA am DVB-T/H-Empfängereingang.....	60
Bild A.1 – Systemeigenrauschen gegen Empfängerrauschwerte für unterschiedliche Pegel der künstlichen Rauschbelastung $F_a$ in Bezug auf $T_0$ .....	64

	Seite
Bild C.1 – Theoretische Grenzen der Laufzeit außerhalb der Schutzintervalle .....	66
Bild C.2 – DVB-T-Modell – Aufspalten der Signalleistung in Nutz- und Störkomponenten.....	66
Bild C.3 – Theoretisches Profil der Echoleistung für 8k, 64 QAM, 2/3 .....	68
<b>Tabellen</b>	
Tabelle 1 – Unterstützte Frequenzbereiche .....	14
Tabelle 2 – Umsetzung von <i>MER</i> in <i>END</i> .....	16
Tabelle 3 – Typischer Antennengewinn für Endgeräte der Kategorien b2 und c.....	20
Tabelle 4 – Beschreibung der optionalen Antennenversorgung .....	21
Tabelle 5 – Modulation gegenüber der Implementierungsspanne .....	23
Tabelle 6 – Deltawerte zwischen Bildfehlerpunkt und Bezugs- <i>BER</i> .....	25
Tabelle 7 – Annäherung des DVB-T-festgelegten Rayleighkanals .....	27
Tabelle 8 – Festlegungen von Dopplerspektren für PI- und PO-Kanäle .....	28
Tabelle 9 – Festlegung des PI-Kanals.....	28
Tabelle 10 – Festlegung des PO-Kanals.....	29
Tabelle 11 – Zusammensetzung des typisch städtischen Profils (TU6).....	29
Tabelle 12 – Testkanal für mobile SFN-Synchronisation mit schwachem langem Echo .....	31
Tabelle 13 – Testkanal für mobile SFN-Synchronisation mit starkem langem Echo .....	32
Tabelle 14 – Testkanal für mobile SFN-Synchronisation mit starkem kurzem Echo .....	33
Tabelle 15 – DVB-T <i>CIN</i> (dB) für Bezugs- <i>BER</i> im Gaußschen Kanal.....	35
Tabelle 16 – DVB-H <i>CIN</i> (dB) für 5 % <i>MFER</i> im Gaußschen Kanal .....	35
Tabelle 17 – <i>CIN</i> (dB) für Bezugs- <i>BER</i> im DVB-T-Rayleigh-Kanal ( $P_1$ ).....	36
Tabelle 18 – <i>CIN</i> (dB) für 5 % <i>MFER</i> im mobilen Kanal.....	36
Tabelle 19 – <i>CIN</i> (dB) für 5 % <i>ESR</i> im PI- und im PO-Kanal.....	37
Tabelle 20 – <i>CIN</i> (dB) für 5 % <i>MFER</i> im PI- und im PO-Kanal .....	37
Tabelle 21 – <i>CIN</i> (dB) für 5 % <i>ESR</i> in mobilen Kanälen für Empfänger mit einzelner Antenne .....	38
Tabelle 22 – <i>CIN</i> (dB) für 5 % <i>ESR</i> in mobilen Kanälen für Diversityempfänger .....	38
Tabelle 23 – DVB-H <i>CIN</i> (dB) für 5 % <i>MFER</i> im portablen Kanal.....	39
Tabelle 24 – Maximale Eingangspegel für Endgeräte-Kategorien a und b1 .....	41
Tabelle 25 – Maximale Eingangspegel für Endgeräte-Kategorien b2 und c .....	41
Tabelle 26 – Störfestigkeit gegen Prüfmuster S1 für DVB-T .....	45
Tabelle 27 – Störfestigkeit gegen Prüfmuster S1 für DVB-H .....	46
Tabelle 28 – Störfestigkeit gegen Muster S2 für DVB-T.....	47
Tabelle 29 – Störfestigkeit gegen Muster S2 für DVB-H .....	47
Tabelle 30 – Störfestigkeit gegen Prüfmuster L1 für DVB-T .....	48
Tabelle 31 – Störfestigkeit gegen Prüfmuster L1 für DVB-H.....	48
Tabelle 32 – Störfestigkeit gegen Prüfmuster L2 für DVB-T .....	49
Tabelle 33 – Störfestigkeit gegen Prüfmuster L2 für DVB-H.....	49
Tabelle 34 – Störfestigkeit gegen Prüfmuster L3 für DVB-T .....	50
Tabelle 35 – Störfestigkeit gegen Prüfmuster L3 für DVB-H.....	50

	Seite
Tabelle 36 – Störfestigkeit gegen Prüfmuster L4 für DVB-T .....	51
Tabelle 37 – Störfestigkeit gegen Prüfmuster L4 für DVB-H.....	51
Tabelle 38 – Unempfindlichkeit gegen Gleichkanalstörung von analogen Signalen für DVB-T .....	52
Tabelle 39 – Unempfindlichkeit gegen Gleichkanalstörung von analogen Signalen für DVB-H.....	52
Tabelle 40 – $CIN$ für Echo innerhalb des Schutzintervalls .....	52
Tabelle 41 – Zeitpunkt des Eckpunktes $T_C$ .....	53
Tabelle 42 – Definition des Wertes $\Delta$ .....	53
Tabelle 43 – Definition des Knickpunktes .....	54
Tabelle 44 – Prüfmuster für Impulsstörungen .....	56
Tabelle 45 – GSM-Störfrequenzbereiche.....	59
Tabelle A.1 – Eigenrauschen-Werte .....	63
Tabelle B.1 – $CIN$ (dB) für Bezugs- $BER$ .....	65

## 1 Anwendungsbereich

In dieser Internationalen Norm wird der Empfang von DVB-T/H-Diensten mit mobilen und portablen Geräten und portablen Handgeräten festgelegt. Die Norm enthält sowohl informative Gesichtspunkte des Systems als auch Festlegungen von RF-Mindestanforderungen. Sie umfasst Endgeräte in drei Hauptklassen, nämlich integrierte Auto-Endgeräte, digitale portable Fernsehgeräte und portable Hand-Konvergenz-Endgeräte. Die Kompatibilität mit integrierten Mobilfunkgeräten wird ebenso behandelt. Die Norm umfasst die folgenden Bereiche:

- Frequenzbereiche;
- unterstützte Betriebsarten;
- Definition von Empfangsbedingungen;
- Definition des funkfrequenten Bezugsmodells;
- Definition von QoS-Kriterien (Kriterien für die Qualität des Dienstes);
- Antennen-Kennwerte;
- Kanal-Modelle;
- *C/N*-Leistungswerte mit verschiedenen Kanälen;
- Mindestwerte und Höchstwerte für die Eingangspegel;
- Sicherheit gegen Störsignale;
- Definition eines Satzes von Störmustern;
- Toleranz gegenüber Impulsstörungen;
- SFN-Leistungswerte;
- Mindestanforderungen an Sender;
- Verträglichkeit mit Mobilfunkgeräten;
- EMC-Gesichtspunkte.

## 2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

CISPR 13, *Sound and television broadcast receivers and associated equipment – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement*

CISPR 20, *Sound and television broadcast receivers and associated equipment – Immunity characteristics – Limits and methods of measurement*

IEC 60169-2, *Radio-frequency connectors – Part 2: Coaxial unmatched connector*

ETSI EN 300744:2007, *Digitaler Fernsehgrundfunk (DVB) – Rahmenstruktur, Kanalcodierung und Modulation für das digitale terrestrische Fernsehen, V1.5.2*

ETSI ETS 300342-1, *Funkgeräte und -systeme (RES) – Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) für das europäische digitale zellulare Funkfernsprechsystem (GSM 900 MHz und DCS 1 800 MHz) – Teil 1: Mobile und tragbare Funk- und Zusatz-/Hilfseinrichtungen*

ETSI EN 300607-1, *Digitales zellulares Funkkommunikationssystem (Phase 2+) (GSM) – Konformitätsspezifikation für Mobilstationen (MS) – Teil 1: Konformitätsspezifikation*<sup>N1)</sup>

ETSI EN 302304:2004, *Digitaler Fernseh Rundfunk (DVB) – Übertragungssystem für Hand-Endgeräte (DVB-H), V1.1.1*

ETSI TR 101190 V1.2.2, *Digital Video Broadcasting (DVB) – Implementation guidelines for DVB terrestrial services – Transmission aspects*

ITU-R BT.1701-1, *Characteristics of radiated signals of conventional analogue television systems*

### 3 Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Abkürzungen:

$\lambda$	Lambda, wavelength (= $c/f$ )	Lambda, Wellenlänge (= $c/f$ )
A2 <sup>N2)</sup>	German analogue TV-stereo system	Deutsches analoges Stereo-Fernsehsystem
$A_A$	Coupling between antennas	Kopplung zwischen Antennen
AGC	Automatic Gain Control	Automatische Verstärkungsregelung
$A_{GSM}$	Stop band attenuation of the GSM reject filter	Dämpfung im Sperrbereich des GSM-Sperrfilters
$B$	Bandwidth	Bandbreite
$BER$	Bit Error Ratio	Bitfehlerrate
$C$	Carrier Power [In band carrier power including any echoes]	Trägerleistung [Inband-Trägerleistung einschließlich aller Echos]
$c$	Speed of light $c = 3,0 \times 10^8$ m/s	Lichtgeschwindigkeit $c = 3,0 \times 10^8$ m/s
$C_i$	Power contribution from the $i$ -th signal	Leistungsbeitrag vom $i$ -ten Signal
$C_t$	Total useful carrier power	Gesamtleistung des Nutzträgers
$C/N$	Carrier to Noise Ratio	Träger/Rausch-Abstand
$C/N_{min}$	Minimum $C/N$	Mindest- $C/N$ -Abstand
$CPE$	Common Phase Error	Allgemeiner Phasenfehler
$CR$	Code Rate	Codierungsrate
dB	Decibel	Dezibel
dBc	dB compared to carrier power $C$	Auf die Trägerleistung $C$ bezogener Pegel
dBd	Antenna gain in dB compared to reference dipole (0 dBd = -2,14 dBi)	Antennengewinn in dB bezogen auf den Bezugsdipol (0 dBd = -2,14 dBi)
dBi	Antenna gain in dB compared to isotropic antenna (0 dBi = 2,14 dBd)	Antennengewinn in dB bezogen auf eine isotrope Antenne (0 dBi = 2,14 dBd)
dB(mW)	Power in dB compared to 1 mW	Leistung in dB bezogen auf 1 mW
DVB, DVB-T	Digital Video Broadcasting, Terrestrial Digital Video Broadcasting	Digitaler Fernseh Rundfunk, Terrestrischer Digitaler Fernseh Rundfunk

<sup>N1)</sup> Nationale Fußnote: Das Projekt wurde eingestellt.

<sup>N2)</sup> Nationale Fußnote: Diese Abkürzung wird in der gesamten Norm nicht verwendet.

DVB-H	Digital Video Broadcasting to Hand Held Terminals	Digitaler Fernseh Rundfunk für Hand-Endgeräte
DVB-RCT	Terrestrial Return Channel	Terrestrischer Rückkanal
<i>E</i>	Field strength V/m	Feldstärke bezogen auf 1 V/m
<i>E</i> (dB $\mu$ V/m)	Field strength in dB compared to 1 $\mu$ V	Feldstärke in dB bezogen auf 1 $\mu$ V/m
EDGE	Enhanced Data rates for GSM/Global Evolution	Erweiterte Datenrate für GSM/Global-Evolution
EMC	Electromagnetic Compatibility	Elektromagnetische Verträglichkeit
<i>END</i>	Equivalent Noise Degradation	Äquivalente Verringerung des Rauschabstandes
<i>ENF</i>	Equivalent Noise Floor	Äquivalentes Eigenrauschen
<i>ESR</i>	Erroneous Second Ratio	Verhältnis fehlerhafter zu fehlerlosen Sekunden
<i>f</i>	Frequency in Hz	Frequenz in Hz
<i>f</i> (MHz)	Frequency in MHz	Frequenz in MHz
<i>F<sub>c</sub></i>	Centre frequency	Mittenfrequenz
<i>F</i>	Noise factor	Rauschzahl, Rauschfaktor
<i>f<sub>d</sub>, F<sub>d</sub></i>	Doppler Frequency	Dopplerfrequenz
<i>F<sub>d, 3 dB</sub></i>	Doppler Frequency with minimum <i>C/N</i> requirement raised by 3 dB	Dopplerfrequenz bei um 3 dB angestiegenem <i>C/N</i> -Abstand
<i>FER</i>	Frame Error Rate	Rahmen-Fehlerrate
<i>G</i>	Gain	Gewinn
<i>G<sub>a</sub></i>	Antenna gain	Antennengewinn
<i>GI</i>	Guard Interval	Schutzintervall
GPRS	General Packet Radio Service	Allgemeiner Paket-Rundfunkdienst
GSM	Global System for Mobile communications	Globales System für Mobile Kommunikation
<i>I</i>	Interfering power	Störleistung
<i>Im</i>	Implementation margin	Implementierungsspanne
<i>ICI</i>	Intercarrier Interference	Intercarrierstörung
J	joule	Joule
k	Boltzmann's constant $k = 1,38 \times 10^{-26}$ J/K	Boltzmannkonstante $k = 1,38 \times 10^{-26}$ J/K
K	kelvin	Kelvin
L1, L2, L3, L4	Linearity Patterns	Prüfmuster für Linearität
<i>L<sub>GSM</sub></i>	Insertion loss of the GSM reject filter	Einfügeverlust des GSM-Sperrfilters
LNA	Low Noise Amplifier	Rauscharmer Verstärker
<i>MER</i>	Modulation Error Ratio	Modulations-Fehlverhältnis
<i>MFER</i>	MPE-FEC (Multi Protokoll Encapsulation – Forward Error Correction) Frame Error Rate	MPE-FEC(Erweiterter Fehlerschutz)-Rahmen-Fehlerrate
MHz	Megahertz	Megahertz

MPE-FEC	Multi Protocol Encapsulation Forward Error Correction	Vorwärtsfehlerkorrektur bei Mehrfachprotokollverkapselung
MPEG-2	Motion Pictures Expert Group, Video compression standard	Expertengruppe für Bewegtbilder, Video-Kompressionsnorm
$n, m, N$	Channel indexes	Indizes für die Kanäle
$NF$	Noise figure in dB	Rauschmaß [dB]
NICAM	Additional sound carrier for analogue TV, modulated with a Near Instantaneous Companded Audio Multiplex	Zusätzlicher Tonträger für analoges Fernsehen, moduliert mit komprimiertem Ton-Multiplex
PA	Power Amplifier	Leistungsverstärker
PAL, PAL-B, PAL-G, PAL-I, PAL-I1	Phase Alternation Line, TV-systems using PAL	Zeilenweise Phasenänderung, PAL-Fernsehsysteme
$PER$	Packet Error Ratio	Paket-Fehlerverhältnis
$P_{in}$	Input power W	Eingangsleistung in W
$P_{in}$ (dB(mW))	Input power dB compared to 1 mW	Eingangsleistung in dB bezogen auf 1 mW
$P_{max}$	Maximum power	Maximale Leistung
$P_{min}$	Minimum power	Minimale Leistung
ppm	Parts per million	Teile pro Million
PSI/SI	Program Specific Information, Service Information	Programmspezifische Information / Dienstinformation
$P_{TX}$	Transmission power	Übertragungsleistung
$P_x$	Excess noise Power dBc	Überschuss-Rauschleistung dBc
QAM 16, QAM 64	Quadrature Amplitude Modulation, 16-level and 64-level versions	Quadratur-Amplitudenmodulation, 16-stufige und 64-stufige Versionen
QEF	Quasi Error Free	Quasi fehlerfrei
QoS	Quality of Service	Qualität des Dienstes
QPSK	Quaternary Phase Shift Keying	Verschlüsseln durch quaternäre Phasenverschiebung
$R_{DQEF}$	Minimum level of performance	Minimale Leistungsstufe
RF	Radio Frequency	Radiofrequenz
RS	Reed Solomon	Reed Solomon
RX	Receiver	Empfänger
S1, S2	Selectivity Patterns	Prüfmuster für Trennschärfe
SECAM, SECAM-L	Séquentiel Couleur á Mémoire, TV-system using SECAM	Sequenzielle Farbe mit Speicher, SECAM-Fernsehsystem
SFN	Single Frequency Network	Gleichwellennetz
SFP	Subjective Failure Point	Subjektive Ausfallgrenze
$T$	Temperature in kelvins	Temperatur in Kelvin
$T_c$	Corner point	Eckpunkt
$T_e$	Total duration of the gating pulses	Gesamtdauer der Torimpulse
$t_i$	Time of arrival for the $i$ -th signal	Zeitpunkt der Ankunft des $i$ -ten Signals

TPS	Transmission Parameter Signalling	Übertragungsparametersignalisierung
TS	Transport Stream	Transportstrom
$T_g$	Guard Interval duration	Dauer des Schutzintervalls
$T_u$	Active symbol duration	Dauer des aktiven Symbols
TX	Transmitter	Sender
UHF	Ultra High Frequency	Ultrahohe Frequenz (Bereich von 300 MHz bis 3 000 MHz)
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System	Universelles mobiles Telekommunikations-system, Mobilfunknorm
VHF	Very High Frequency	Sehr hohe Frequenz (Bereich von 30 MHz bis 300 MHz)
W	watt	Watt
WCDMA	Wide-band Code Division Multiple Access	Breitbandiges Zugangsverfahren
$W_i$	Weighting coefficient for the $i$ -th component	Bewertungsfaktor der $i$ -ten Komponente

## 4 Kategorien der Endgeräte

In dieser Spezifikation werden die Endgeräte in drei verschiedene Kategorien aufgeteilt. Wenn nicht anders angegeben, umfasst die Spezifikation alle Kategorien.

Die Kategorien der Endgeräte sind:

a) Integrierte Autoendgeräte

Diese Kategorie umfasst DVB-T/H-Endgeräte, die in Kraftfahrzeugen eingebaut sind und bei denen die Antenne integraler Bestandteil des Kraftfahrzeuges ist.

b) Portable digitale Fernsehgeräte

Diese Kategorie umfasst Endgeräte für den Empfang üblicher DVB-T-MPEG-2-codierter digitaler Fernsehdienste innerhalb und außerhalb von Gebäuden mit am Gerät angebrachter Antenne. Diese Kategorie ist aufgeteilt in zwei Unterkategorien.

1) Die Bildschirmgröße ist typischerweise größer als 25 cm und der Empfänger kann an Batterien oder am Lichtnetz betrieben werden. Während des Empfangs ist das Endgerät üblicherweise stationär. Z. B. kann die Antenne eine einstellbare oder Breitband-Teleskopantenne sein, aktiv oder passiv, am Empfänger angebracht.

2) Portabler digitaler Fernsehempfänger. Das Endgerät ist batteriebetrieben und kann während des Gebrauchs bewegt werden. Üblicherweise ist die Antenne im Endgerät integriert.

c) Portable Hand-Konvergenz-Endgeräte

Diese Kategorie umfasst kleine batteriebetriebene Hand-Konvergenz-Endgeräte mit eingebautem Mobilfunkteil wie GSM, GPRS oder UMTS. Die Endgeräte haben die Funktionalität eines Mobiltelefons und können IP-basierende Dienste über die Bitübertragungsebene von DVB-H oder DVB-T empfangen. Die DVB-T-Antenne und die Mobilfunkantenne sind beide im Endgerät integriert.

## 5 Festlegung der Empfangsbedingungen

### 5.1 Portabler Empfang

Wenn ein portabler Empfänger (Endgeräte-Kategorie b1) mit einer angebrachten oder integrierten Antenne innerhalb oder außerhalb eines Gebäudes mit einer Mindesthöhe von 1,5 m über Fußboden oder Erdboden benutzt wird. Es wird vorausgesetzt, dass die Empfangsantenne ungerichtet ist. Es wird auch vorausgesetzt,

dass die Antenne und jedes nähere große Objekt stationär sind. Extreme Fälle, wie der Empfang in vollständig abgeschirmten Räumen, werden ignoriert. [1]<sup>1)</sup>

Als besonderer Fall von portablem Empfang wird ein kleiner portabler Hand-Empfänger (Endgeräte-Kategorie b2 oder c) innerhalb oder außerhalb bei einer Mindesthöhe von 1,0 m über dem Fußboden oder Erdboden benutzt. Es wird vorausgesetzt, dass die Empfangsantenne ungerichtet ist. Es wird auch vorausgesetzt, dass sich die Bedingungen für den Kanal durch die langsamen Bewegungen ( $\leq 3$  km/h) der Antenne und der nahen großen Objekte ändern können. Extreme Fälle, wie der Empfang in vollständig abgeschirmten Räumen, werden ignoriert.

Der Hauptunterschied zwischen portablem Empfang und portablem Hand-Empfang besteht in dem Antennengewinn des Endgerätes.

## 5.2 Mobiler Empfang

Dieser trifft bei Verwendung von integrierten Kraftfahrzeug-Endgeräten (Endgeräte-Kategorie a) mit Geschwindigkeiten größer als 3 km/h zu. Es wird vorausgesetzt, dass die Empfangsantenne ungerichtet ist und eine Höhe von 1,5 m über dem Erdboden hat. Andere Fahrzeuge wie Busse oder Hochgeschwindigkeitszüge könnten als besondere Fälle berücksichtigt werden.

Ein kleiner portabler Hand-Empfänger (Endgeräte-Kategorie b2 oder c), der innerhalb eines Kraftfahrzeuges oder Zuges benutzt wird, könnte auch als Fall mobilen Empfangs berücksichtigt werden. [2]

## 6 Frequenzen und Bandbreiten der Kanäle

### 6.1 Kanalfrequenzen

Die Kanalfrequenzen der Bänder III, IV und V sind nachstehend angegeben. In den verschiedenen Ländern werden Kanalraster von 6 MHz, 7 MHz und 8 MHz benutzt. Die Mittenfrequenzen  $f_c$  der eingehenden DVB-T-RF-Signale sind:

#### VHF III

##### Für Länder mit 8-MHz-Kanalraster

$$f_c = 178 \text{ MHz} + (N - 6) \times 8 \text{ MHz} + f_{\text{Offset}}$$

$$N = (6, \dots, 12) \text{ (VHF-Kanalnummer)}$$

##### Für Länder mit 7-MHz-Kanalraster

$$f_c = 177,5 \text{ MHz} + (N - 5) \times 7 \text{ MHz} + f_{\text{Offset}}$$

$$N = (5, \dots, 12) \text{ (VHF-Kanalnummer)}$$

##### Für Länder mit 6-MHz-Kanalraster

$$f_c = 177,0 \text{ MHz} + (N - 7) \times 6 \text{ MHz} + f_{\text{Offset}}$$

$$N = (7, \dots, 13) \text{ (VHF-Kanalnummer)}$$

**In manchen Ländern dürfen folgende Offsets benutzt werden:**

Bevorzugter Offset ist  $\pm n \times 1/6$  MHz.  $n = \{1, 2, \dots\}$

---

<sup>1)</sup> Nummern in eckigen Klammern beziehen sich auf die Literaturhinweise.

## UHF IV und V

### Für Länder mit 8-MHz-Kanalraster

$$f_c = 474 \text{ MHz} + (N - 21) \times 8 \text{ MHz} + f_{\text{Offset}}$$

$$N = (21, \dots, 69) \text{ (UHF-Kanalnummer)}$$

### Für Länder mit 7-MHz-Kanalraster

$$f_c = 529,5 \text{ MHz} + (N - 28) \times 7 \text{ MHz} + f_{\text{Offset}}$$

$$N = (28, \dots, 67) \text{ (UHF-Kanalnummer)}$$

### Für Länder mit 6-MHz-Kanalraster

$$f_c = 473,0 \text{ MHz} + (N - 14) \times 6 \text{ MHz} + f_{\text{Offset}}$$

$$N = (14, \dots, 83) \text{ (UHF-Kanalnummer)}$$

### In manchen Ländern dürfen folgende Offsets benutzt werden:

Bevorzugter Offset ist  $\pm n \times 1/6 \text{ MHz}$ .  $n = \{1, 2, \dots\}$

Im UK  $n = 1$ .

Der Fehler in der Mittenfrequenz ( $f_c$ ) des übertragenen RF-Signals soll bei Mehrfrequenznetzen (MFN) 500 Hz nicht überschreiten. In Gleichwellennetzen (SFN) soll der Fehler in der Mittenfrequenz ( $f_c$ ) des übertragenen RF-Signals 1 Hz nicht überschreiten.

## 6.2 Unterstützte Frequenzbereiche

Die Empfänger in den Endgeräte-Kategorien a und b1 müssen in der Lage sein, alle Kanäle im VHF-Band III und in den UHF-Bändern IV und V zu empfangen. VHF III ist eine von den Erfordernissen des Marktgebietes abhängende Wahlmöglichkeit. Die Empfänger in der Endgeräte-Kategorie b2 müssen in der Lage sein, die Kanäle in den UHF-Bändern IV und V zu empfangen, VHF III ist eine von den Erfordernissen des Marktgebietes abhängende Wahlmöglichkeit. Die Empfänger in der Endgeräte-Kategorie c müssen in der Lage sein, alle Kanäle in den UHF-Bändern IV und V zu empfangen, vorausgesetzt, das Endgerät unterstützt nicht GSM 900.

Wenn in einem Konvergenz-Endgerät (Kategorie c) GSM 900 benutzt wird, wird der nutzbare Frequenzbereich durch die Kompatibilitätsbedingungen bei Kanal 55 (746 MHz) begrenzt. Unterstützte Frequenzbereiche werden in Tabelle 1 gezeigt.

**Tabelle 1 – Unterstützte Frequenzbereiche**

Endgeräte-Kategorie		VHF III	UHF IV	UHF V
a	Integrierte Kfz-Endgeräte	Ja – in Gebieten, in denen VHF für DVB-T genutzt wird	Ja	Ja
b1	Portable digitale Fernsehgeräte	Ja – in Gebieten, in denen VHF für DVB-T genutzt wird	Ja	Ja
b2	Einsteckbare Fernsehgeräte	Wahlfrei	Ja	Ja
c	Konvergenz-Endgeräte	Nein	Ja	Ja – bis zu Kanal 55; siehe obigen Text

### 6.3 Unterstützte Bandbreiten

Der Empfänger sollte den Erfordernissen des Marktgebietes entsprechend die Bandbreiten 6 MHz, 7 MHz und 8 MHz unterstützen. Die 5-MHz-Variante von DVB-H ist vorhanden, aber nicht durch diese Spezifikation abgedeckt.

## 7 DVB-T/H-Betriebsarten

### 7.1 Unterstützte DVB-T/H-Betriebsarten

Der Empfänger muss alle in ETSI EN 300744 angegebenen Betriebsarten korrekt demodulieren können, ausgenommen die Coderaten 5/6 und 7/8. Die Eingangsstufe muss deshalb mit jeder der folgenden Kombinationen arbeiten können:

- Anordnung (QPSK; 16 QAM; 64 QAM, hierarchisch 16 QAM, hierarchisch 64 QAM);
- Coderate (1/2, 2/3, 3/4);
- Schutzintervall (1/4, 1/8, 1/16 oder 1/32);
- Übertragungs-Betriebsart (2k oder 8k);
- wo anwendbar  $\alpha$  (1, 2 oder 4).

Die Empfänger in der Endgeräte-Kategorie c müssen alle in ETSI EN 300744, Anhang F „Zusätzliche Merkmale für DVB-Hand-Endgeräte (DVB-H)“ angegebenen Betriebsarten korrekt demodulieren können. Wahlweise können Empfänger anderer Endgeräte-Kategorien ebenfalls DVB-H unterstützen. Der Eingangsteil muss daher in der Lage sein, Folgendes zu unterstützen:

- 4k-Übertragungsmodus;
- In-depth-Interleaver, die auch für 2k- und 4k-Betriebsmodi einsetzbar sind.

Während der Kanalsuche muss der Empfänger automatisch erkennen, welche Betriebsart zu benutzen ist. Wenn der Empfänger eine der in ETSI EN 300744 festgelegten hierarchischen Betriebsarten (16 QAM oder 64 QAM) empfängt, muss er die vom Anwender gewählten Ströme hoher oder niedriger Priorität korrekt demodulieren können.

### 7.2 Ändern der Modulationsparameter

Dynamische Änderung von Modulationsparametern während der Übertragung (in den TPS-Daten signalisiert) muss vom Empfänger nicht unterstützt werden. Wenn dies vorkommt, kann eine neue Kanalsuche erforderlich sein, um zu erkennen, welche Betriebsart zu benutzen ist.

### 7.3 Abstimmverfahren

Der Empfänger muss in der Lage sein, eine Kanalsuche durchzuführen. Er muss auch Informationen bezüglich der in PSI/SI vorhandenen Abstimmparameter empfangen können.

## 8 Leistungswerte des Senders

### 8.1 Rauschähnliche Verschlechterung des Senders

#### 8.1.1 Rauschähnliche Prozesse

Viele der beim Sender eingeführten Verschlechterungen können als „rauschähnlich“ bezeichnet werden, weil ihre Wirkung dem Zusetzen von weißem Gaußschem Rauschen entspricht. Diese Äquivalenz ermöglicht, die Gesamt-„Rausch“-Leistung durch Summieren der durch die einzelnen Verschlechterungen eingeführten „Rausch“-Leistungen zu berechnen. Es ist dann ungefähr so, dass die gesamte, in dem folgenden Abschnitt

definierte äquivalente Verschlechterung des Rauschens gleich der Summe der beitragenden äquivalenten Rauschverschlechterungen (*END*) ist.

Die als rauschähnlich angesehenen Verschlechterungen sind:

- begrenzte Genauigkeit in dem OFDM-Modulator und in weiteren digitalen Verarbeitungsstufen;
- hochfrequentes Phasenrauschen, das durch den lokalen Oszillator und den Zeitbezug eingeführt wurde, d. h. solche Komponenten des Phasenrauschens, die bei Offsetfrequenzen größer als die Hälfte des OFDM-Trägerabstandes auftreten;
- thermisches Rauschen;
- Intermodulationsprodukte, die sich aus Nichtlinearitäten der Übertragungskette ergeben;
- Amplitudenfehler (die durch DTG durchgeführten Arbeiten haben bestätigt, dass dies eine rauschähnliche Verschlechterung ist).

Verschlechterungen, die nicht als eine Addition von weißem Gaußschen Rauschen entsprechend angesehen werden können, sind:

- Gruppenlaufzeitfehler;
- tieffrequentes Phasenrauschen.

Diese „weiteren Verschlechterungen des Senders“ werden in 8.2 behandelt.

Eine Übertragungskette sollte so konzipiert sein, dass ihre *END* 0,5 dB nicht überschreitet.

Ein typischer Signalanalysator führt die Messung des in dem Kanal verbleibenden Rauschens durch, nachdem das OFDM-Signal weggenommen wurde. Das Ergebnis wird als äquivalenter Eigenrauschpegel (*ENF*) oder als Modulationsfehler-Verhältnis (*MER*) ausgedrückt. (Wenn in dB gemessen, sind *ENF* und *MER* zahlenmäßig identisch, aber mit entgegengesetzten Vorzeichen: *ENF* ist das Verhältnis der Rauschleistung zur OFDM-Trägerleistung, während *MER* das Verhältnis der Trägerleistung zur Rauschleistung ist.) Das *MER* wird nach folgender Formel in die *END* umgerechnet:

$$1/END = 1 - \{(C/N)_{ref} / MER\}$$

Dabei ist  $(C/N)_{ref}$  das Verhältnis Träger zu Störgeräusch, bei dem der überwachende Empfänger die Bezugs-*BER* liefert. Die Größen sind hier alle linear angegeben. Bequemer ist die Angabe in dB nach Tabelle 2.

**Tabelle 2 – Umsetzung von *MER* in *END***

<i>MER</i> – $(C/N)_{ref}$ dB	<i>END</i> dB
12	0,283
13	0,223
14	0,176
15	0,140
16	0,110
17	0,088
18	0,069
19	0,055
20	0,044
23	0,022
26	0,011

Es muss auch  $(CIN)_{ref}$  bestimmt werden:  $(CIN)_{ref}$  ist das Verhältnis Träger zu Störgeräusch, bei dem der überwachende Empfänger die Bezugs-BER liefert. Für die Betriebsart 64 QAM 2/3 dürfen dafür 19 dB genommen werden: Der theoretische Wert ist 16,7 dB, zu dem die Implementierungsspanne für den Kanalequalizer innerhalb des Empfängers addiert werden muss. Geringfügige Fehler (innerhalb 0,5 dB) sind belanglos.

MER-Messungen berücksichtigen nicht Fehler der Amplitudenkurve: Sie suchen nach „realem“ Rauschen, das in dem OFDM-Signal auftritt, nicht nach „virtuellem“ Rauschen, das durch Fehler der Wiedergabekurve eingeführt wird. Der „kalibrierte“ Prüfsender ist in dieser Hinsicht voraussichtlich nahezu „perfekt“, ein Zuschlag sollte jedoch vorgenommen werden. [10] liefert die folgende Formel für die Betriebsart 64 QAM 2/3:

$$END \text{ (dB)} = 0,021 \times (\text{Welligkeit der Amplitudenkurve, dB Spitze-Spitze})^2$$

Als Beispiel wird das MER des Prüfsenders mit 39 dB angenommen, er besitzt eine Welligkeit der Amplitudenkurven von 0,5 dB Spitze-Spitze. Das  $(CIN)_{ref}$  des Empfängers beträgt 19 dB. Der END des Prüfsenders besteht aus bis zu zwei Anteilen:

$$MER - (CIN)_{ref} = 39 \text{ dB} - 19 \text{ dB} = 20 \text{ dB}$$

$$END_1 = 0,044 \text{ dB (von Tabelle 2)}$$

Der Anteil der Welligkeit der Amplitudenkurve ist gegeben durch:

$$END_2 = 0,021 \times (0,5)^2 \text{ dB}$$

$$= 0,005 \text{ dB}$$

Die gesamte END ( $END_1 + END_2$ ) des Prüfsenders ist deshalb 0,049 dB.

## 8.2 Weitere Verschlechterung des Senders

### 8.2.1 Fehler der Gruppenlaufzeit

An der Antennenzuführung sollte die Laufzeit eines OFDM-Trägers relativ zu der eines anderen Trägers 500 ns nicht überschreiten.

Dieser Wert kann durch Anregen des ersten analogen Aufwärtsumsetzers mit einer Gleitfrequenz und Untersuchen der Gruppenlaufzeitkurve am Antenneneingang gemessen werden. Es ist zu beachten, dass der größte Teil des Gruppenlaufzeitfehlers wahrscheinlich durch irgendwelche Filter hoher Leistung und Entkoppler eingeführt wird.

### 8.2.2 Phasenrauschen in OFDM-Systemen

Phasenrauschen wird durch lokale Oszillatoren und Bezugstaktgeber innerhalb der Übertragungskette eingeführt. Wenn ein Rauschen enthaltendes Oszillatorsignal auf dem Spektrumanalysator betrachtet wird, tritt das Rauschen als Seitenbänder symmetrisch um die Oszillatormittenfrequenz auf. Weiter von der Mittenfrequenz entfernt fällt im Allgemeinen die Dichte der Seitenbänder schnell ab. Das Oszillator-Phasenrauschen verschlechtert das Signal, weil in dem Frequenzumsetzungsprozess das Rauschen des Oszillators zu jedem der Träger innerhalb der gesamten OFDM-Gruppe übertragen wird.

Phasenrauschen wird als  $L(f)$  der Einseitenband-Phasen-Rauschleistung in 1 Hz Bandbreite bei einem Frequenzabstand  $f$  von der Mittenfrequenz angegeben. Die Einheit von  $L(f)$  ist dBc/Hz, wobei „c“ anzeigt, dass als Bezug die Gesamtleistung des Oszillators dient. Hersteller von Oszillatoren liefern üblicherweise Kurven von  $L(f)$  über  $f$ .

Beim Demodulator des Empfängers hat das Phasenrauschen zwei verschiedene Effekte. Niederfrequentes Rauschen ergibt einen Anstieg des gemeinsamen Phasenfehlers (*CPE*) – „gemeinsam“, weil jeder der OFDM-Träger den gleichen Phasenfehler hat. Im Prinzip kann dieser Fehler gemessen und durch den Demodulator beseitigt werden. Hochfrequentes Rauschen führt Inter-carrier-Störungen (*ICI*) ein. Das Rauschen des einen Trägers wird dem innerhalb der Gruppe benachbarten Träger überlagert und kann durch den Demodulator nicht beseitigt werden. Weil *CPE* und *ICI* in ihrer Wirkung verschieden sind, müssen sie verschieden angegeben werden.

*ICI* kann durch Integrieren von  $L(f)$  für alle Werte von  $f$  oberhalb der Hälfte des OFDM-Trägerabstandes und für einen einzelnen Träger innerhalb der Gruppe annähernd berechnet werden. (Bei genauer Berechnung werden Bewertungsfunktionen benutzt, siehe z. B. [11].) Das Ergebnis ist ein Beitrag zum Systemeigenrauschen oder *ENF*, das auf die in [6] beschriebene Art gemessen werden kann (siehe 11.7.2). Da *ICI* tatsächlich „rauschähnlich“ ist, darf die *END* durch Verwendung von Tabelle 2 berechnet werden.

Ein Näherungswert von *CPE* kann durch Integrieren von  $L(f)$  für alle Werte von  $f$  oberhalb der Hälfte des OFDM-Trägerabstandes und für einen einzelnen Träger innerhalb der Gruppe berechnet werden. (Bei genauer Berechnung werden wieder Bewertungsfunktionen benutzt.) Das Ergebnis wird bezogen auf  $1 \text{ rad}^2$  in dB oder in  $\text{dB}(\text{rad}^2)$  ausgedrückt. Die eigentliche Wirkung von *CPE* hängt stark vom Empfängerkonzept ab. Damit eine Übertragung zu allen möglichen Empfängerkonzepten passt, wird empfohlen, dass für alle Werte von  $f$  größer als 10 Hz der gesamte *CPE*  $-40 \text{ dB}(\text{rad}^2)$  nicht überschreiten sollte.

Wenn das Phasen-Rauschspektrum bekannt ist, können die *ICI*- und *CPE*-Komponenten unter Bezug auf [12] berechnet werden.

### **8.2.3 OFDM-Taktfrequenz**

Der Fehler der Taktfrequenz des übertragenen OFDM-Signals darf  $3 \times 10^{-6}$  nicht übersteigen.

## **8.3 Spektrummasken**

Die in diesem Unterabschnitt angegebenen Spektrummasken dienen dazu, Störungen zwischen der Übertragung von digitalem terrestrischen Fernsehen, analogem terrestrischen Fernsehen und anderen Übertragungen zu verhindern. Die diesen Masken entsprechenden Übertragungen werden nicht notwendigerweise in anderer Hinsicht annehmbar sein. Zum Beispiel könnte die durch 8.3.1 implizierte Menge von Sender-Nichtlinearitäten die *END* übermäßig ansteigen lassen. Empfänger-Hersteller sollten wissen, dass die Übertragung außerhalb der Bänder IV und V Störungen verursachen könnten, wenn die Empfänger nicht entsprechend konzipiert sind; GSM (900 MHz) und Tetra (380 MHz bis 470 MHz) sind solche Übertragungen. Bei einer zukünftigen Ausgabe dieser Spezifikation dürfen die Masken geändert werden.

### **8.3.1 DVB-T-Signale (allgemein)**

Alle DVB-T-Ausstrahlungen müssen mindestens den in ETSI EN 300744, 4.8.2, für System-B/G/I/K/L-Umgebungen definierten Anforderungen für die Spektrummasken entsprechen.

### **8.3.2 DVB-T-Signale (kritische Fälle)**

Wenn die DVB-T-Übertragung am Rand des UHF-Bandes oder an empfindliche Nicht-Rundfunk-Anwendungen angrenzt, muss eine zweite Spektrummaske mit höherer Dämpfung außerhalb des Kanals benutzt werden. Die Anforderungen sind in ETSI EN 300744, 4.8.2, angegeben.

### **8.3.3 DVB-T-Signale (DVB-T im Nachbarkanal)**

An Standorten, an denen eine DVB-T-Übertragung im Nachbarkanal stattfindet, können zusätzliche Beschränkungen der übertragenen Seitenbandenergie notwendig sein. Die Arbeiten haben gezeigt, dass die gesamte Seitenbandleistung in dem benachbarten Kanal  $-60 \text{ dBc}$  nicht überschreiten sollte, wenn die beiden Übertragungen mit einer Pegeldifferenz von 25 dB empfangen werden. (Dieser Störpegel entspricht einer *END* von 0,1 dB für die 64-QAM-2/3-Modulationsbetriebsart.)

## 9 Kennwerte der Empfängerantennen

### 9.1 Antennen für Endgeräte der Kategorie a

Die praktikable Standardantenne für Empfang im Kraftfahrzeug ist der  $\lambda/4$ -Monopol, der das metallene Dach als Gegengewicht benutzt.

Der Antennengewinn für in üblichen Winkeln einfallende Wellen hängt von der Position der Antenne auf dem Dach ab. Für passive Antennensysteme können die folgenden Werte erwartet werden:

VHF III	-3 dBi;
UHF IV	0 dBi;
UHF V	1 dBi.

Die Polarisationsentkopplung ist theoretisch ungefähr 4 dB bis 10 dB, abhängig von der Position der Antenne auf dem Dach. In der Mitte des Daches werden höhere Werte erreicht.

Die horizontale Polarisation des übertragenen Signals wird durch die Umgebung des Fortpflanzungsweges beeinflusst. Den unberechenbaren Auswirkungen entsprechend wird die Polarisationsentkopplung geringer als die theoretischen Werte sein. Zuverlässigere Angaben können nicht gemacht werden.

Philosophie der Autoindustrie ist es, die Antennen in die Fenster zu integrieren, was einen geringeren Antennengewinn ergibt. Allerdings erhöht die Verwendung von Diversitysystemen kombiniert mit aktiven Antennen die Leistungskennzahlen deutlich.

Die Dimensionierung des Diversitysystems und der Verstärker sollte den geringeren Gewinn und die Nullstellen in der Richtcharakteristik der einzelnen Scheibenantennen kompensieren und eine ähnliche Empfangsqualität wie mit dem einzelnen oben erwähnten Dachmonopol erreichen. Das Diversitysystem gleicht auch die Auswirkungen der Polarisationsentkopplung teilweise aus.

### 9.2 Antennen für Endgeräte der Kategorie b1

In Chester 97 [1] wird vorausgesetzt, dass die Antenne eines portablen Empfängers für Zimmer- oder Außenempfang ungerichtet ist und dass der auf den  $\lambda/2$ -Dipol bezogene Gewinn für eine UHF-Antenne 0 dBd und für eine VHF-III-Antenne -2,1 dBd ist. Um diese Gewinne zu erreichen, wird vermutlich vorausgesetzt, dass die Länge der Stabantenne eingestellt wird, damit sie bei jeder Empfangsfrequenz optimal ist.

Allerdings ist eine individuelle Anpassung der Antennenlänge an die augenblickliche Frequenz nicht praktikabel. Als Konsequenz daraus muss eine feste Länge gewählt werden. Ein akzeptabler Wert könnte 100 mm bis 150 mm sein. Dies entspricht einer  $\lambda/4$ -Stabantenne für UHF IV/V.

Für eine passive Version einer am Gerät angebrachten Antenne sind für den Gewinn die folgenden Werte typisch:

VHF III	-6 dBi;
UHF IV	-1 dBi;
UHF V	0 dBi.

Wegen des portablen Empfangs unterscheiden sich die Vorzugsrichtungen für den besten Empfang. Außerdem könnte die Stellung der Antenne am Empfänger veränderlich sein.

Bei VHF III kann keine Polarisationsentkopplung erwartet werden.

Bei UHF IV/V ist eine Polarisationsentkopplung bis zu 6 dB möglich.

### 9.3 Antennen für Endgeräte der Kategorien b2 und c

Die Antenne eines kleinen Hand-Endgerätes muss integraler Teil des Endgerätes sein und deswegen ist sie, verglichen mit der Wellenlänge, klein. Wenn die Antenne den gesamten Abstimmungsbereich abdecken muss, muss sie voraussichtlich mit einer durchstimmbaren Abstimmenschaltung abgestimmt werden. Der Realteil der Antennenimpedanz (Strahlungswiderstand), der auf den Eingangswiderstand des Empfängers abgestimmt werden muss, wird aufgrund der Kleinheit der Antenne ( $< 1/10 \lambda$ ) ziemlich klein sein. Dies führt zu ziemlich hohen Verlusten und zu einem geringen Gesamt-Wirkungsgrad. Außerdem wirkt bei dieser Art Endgerät das Gegengewicht nicht mehr, sondern es wirkt als Strahler. Die Größe des Gegengewichtes ist jedoch verglichen mit der Wellenlänge klein, was einen geringen Wirkungsgrad der Abstrahlung ergibt.

Ein weiterer Gesichtspunkt ist der Einfluss des Benutzers auf die Strahlungscharakteristik der Antenne.

Je nach Position des Benutzers relativ zum Handgerät könnte der menschliche Körper als Absorber oder Reflektor wirken.

Der gegenwärtige Kenntnisstand bei diesem Problem zeigt, dass der typische Antennengewinn bei der niedrigsten Frequenz im UHF-Band in der Größenordnung von  $-10$  dBi liegen und am anderen Ende des UHF-Bandes auf  $-5$  dBi ansteigen würde. Der nominelle Antennengewinn zwischen diesen Frequenzen kann durch lineare Interpolation errechnet werden.

Falls in einem Konvergenzgerät (Kategorie c) GSM 900 benutzt wird, ist der nutzbare Frequenzbereich wegen der Kompatibilitätsbedingungen bei Kanal 55 [746 MHz] begrenzt. Wenn GSM 900 nicht verwendet wird, gilt diese Begrenzung nicht.

Im Allgemeinen kann bei diesem Typ portabler Empfangsantennen und bei ungerichteten Abstrahldiagrammen in der horizontalen Ebene keine Polarisationsentkopplung erwartet werden.

Der typische Antennengewinn wird in Tabelle 3 angegeben.

**Tabelle 3 – Typischer Antennengewinn für Endgeräte der Kategorien b2 und c**

Frequenz MHz	Gewinn dBi
474 [Kanal 21]	$-10$
698 [Kanal 49]	$-7$
858 [Kanal 69]	$-5$

### 9.4 Externe Antennen

#### 9.4.1 Allgemeines

Als externe Antennen dürfen aktive oder passive Antennen benutzt werden. Weitere Informationen über externe aktive Antennen werden im Anhang A gegeben.

#### 9.4.2 Externe Antennen für Endgeräte der Kategorien b2 und c

Der städtische Empfang innerhalb von Gebäuden wird häufig durch den hohen Grad an Gebäudedurchdringungsverlusten beeinflusst. In einigen Fällen ist es daher schwierig, eine angemessene Empfangsqualität unter Verwendung der eingebauten Antennen mit niedriger Verstärkung, wie in 9.3 beschrieben, zu gewährleisten. Für diese Fälle sind folgende Lösungen vorgesehen:

- Verwenden externer Antennen anstelle von integrierten Antennen;
- Verwenden drahtgestützter Headsets als externe Antenne;
- Bereitstellen eines Antennensteckers, um das Verwenden einer vom Anwender einzusteckenden externen Antenne zu erleichtern;

- Verwenden von Lückenfüllern (en: gap filler) in Gebäuden / in Fahrzeugen für den Fall, dass nur eine integrierte Antenne verfügbar ist.

Die erreichbare Antennenverstärkung bei externen Antennen hängt von der spezifischen Implementierung ab. Der erwartete Wertebereich liegt zwischen  $-3$  dBi und  $+3$  dBi, eine Verbesserung von etwa 7 dB im Vergleich zu einer integrierten Antenne.

### 9.4.3 Steckverbindung für externe Antennen

In Endgeräten aller Kategorien dürfen Steckverbinder für externe Antennen vorgesehen werden. Für Endgeräte der Kategorie b1 muss eine Buchse entsprechend IEC 60169-2 benutzt werden. Der Eingangswiderstand muss  $75 \Omega$  betragen.

Die Eingangssteckverbindung für Endgeräte der Kategorie b1 kann, als optionales Merkmal, eine Versorgung für Gleichspannung bereitstellen. Diese Versorgung wird benötigt für den Betrieb externer Ausrüstung, wie z. B. Mastverstärker, Signalverteilungsverstärker und Aktivantennen für den Innenbereich. Sie muss schaltbar sein und muss sich von den großen Anlaufströmen erholen, die von den hochkapazitiven Kondensatoren innerhalb der externen Ausrüstung gezogen werden. Eine Beschreibung einer solchen Versorgung ist in Tabelle 4 gezeigt.

**Tabelle 4 – Beschreibung der optionalen Antennenversorgung**

Parameter	Wert	Siehe Anmerkung
Spannung im „Ein“-Zustand	+ 5,0 V	
Spannungstoleranz	$\pm 0,2$ V	1, 2
Maximaler Laststrom	30 mA	3
Maximale Lastkapazität	100 $\mu$ F	4
Widerstand im „Aus“-Zustand	47 k $\Omega$ bis 1 M $\Omega$	5
Schutz: von außen angebrachte Spannung	$\pm 15$ V DC	6
Grundzustand (neuer Empfänger)	AUS	
Folgezustand nach Einschalten des Empfängers	der zuletzt bekannte	7

ANMERKUNG 1 Die festgelegte Spannung und Toleranz muss am Mittelpin des Antennensteckverbinders (bezogen auf den äußeren Masseleiter) unter allen Lastströmen zwischen null und dem festgelegten Maximalwert vorhanden sein.

ANMERKUNG 2 Die Energieversorgung muss, falls sie vom Anwender aktiviert wurde, auch im Bereitschaftszustand des Empfängers eingeschaltet sein.

ANMERKUNG 3 Ständiger Kurzschlusschutz muss vorgesehen sein. Dieser muss in Betrieb gehen, falls ein Widerstand von 10  $\Omega$  oder weniger an den Antennenstecker angeschlossen wird. Die Rückkehr aus einer Kurzschlussbedingung sollte automatisch erfolgen, ohne dass ein Rücksetzen durch den Anwender erforderlich ist.

ANMERKUNG 4 Die zu versorgenden Geräte können Entkopplungs- oder Filterkondensatoren enthalten. Die Versorgungseinheit sollte in der Lage sein, in jeder Lastsituation bis hin zum festgelegten Maximum zu starten, ohne einen Sicherheitskreis auszulösen. Darüber hinaus sollte die Versorgungseinheit die Verbindung einer Last bedienen, wenn die Ausgangsspannung bereits anliegt („hot-plugging“).

ANMERKUNG 5 Im Zustand „Aus“ muss sich der am Antenneneingang gemessene DC-Widerstand im angegebenen Bereich befinden. Die obere Grenze ist dazu gedacht, das Ansammeln von atmosphärischer statischer Ladung von der Antenne fernzuhalten.

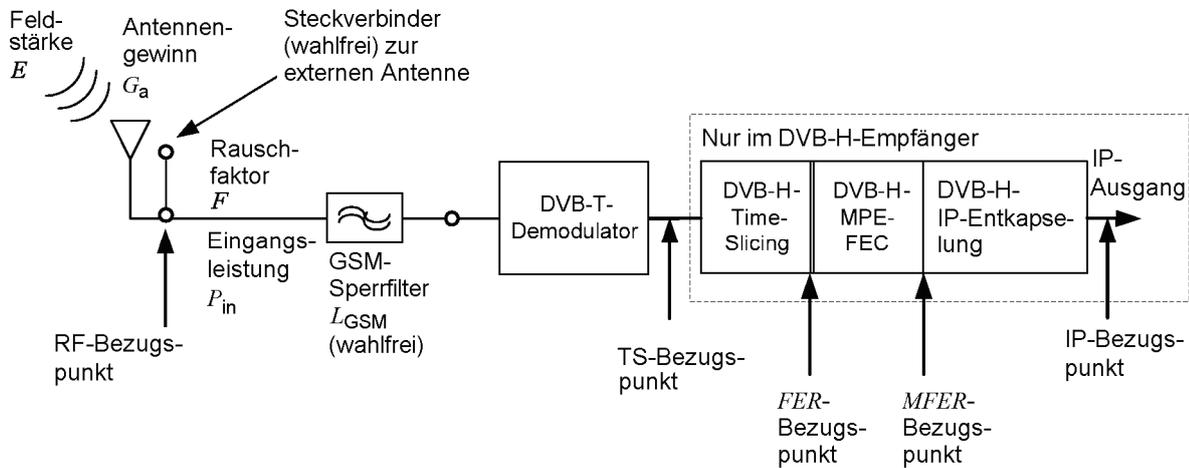
ANMERKUNG 6 In beiden Zuständen „An“ und „Aus“ darf der Empfänger durch das Anlegen einer externen Gleichspannung im angegebenen Bereich nicht beschädigt werden.

ANMERKUNG 7 Ist der Empfänger nicht in Gebrauch, muss er sich den Zustand der Energieversorgung merken und ihn direkt nach Wiedereinschalten einstellen.

## 10 Leistungswerte des Empfängers

### 10.1 Bezugsmodell

Die Leistungswerte werden dem Bezugsmodell in Bild 1 entsprechend definiert.



**Bild 1 – Bezugsmodell**

Alle Leistungswerte des Empfängers werden am Bezugspunkt am Eingang des Empfängers angegeben.

Die Beziehung zwischen Feldstärke und Eingangsleistung ist:

$$E = \frac{f}{c} \cdot \sqrt{4\pi\eta \frac{P_{in}}{G_a}}$$

Dabei ist  $\eta = 120 \pi \Omega$ .

Praktische Formel in dB:

$$E = P_{in} - G_a + 77,2 + 20 \log_{10} f$$

Dabei ist

- $E$  die Feldstärke in dB( $\mu$ V/m);
- $P_{in}$  die Eingangsleistung in dB(mW);
- $G_a$  der Antennengewinn in dB;
- $f$  die Frequenz in MHz.

### 10.2 Rauschmodell

Ein brauchbares Modell für die Berechnung der Rauschleistung wird in Bild 2 [6] gezeigt. Dabei gilt die folgende Terminologie:

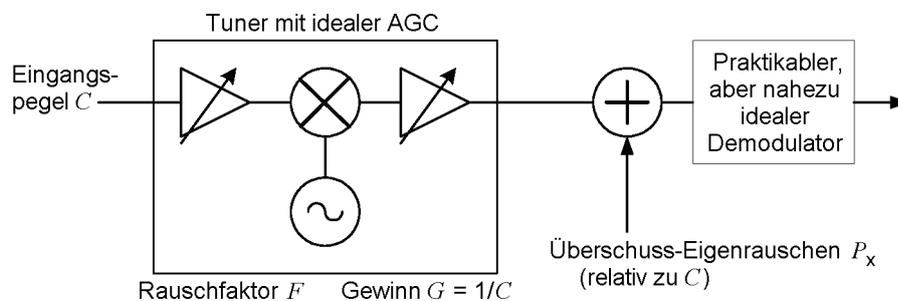
- $C$  Signal-Eingangsleistung (W) der DVB-T-Gruppe;
- $k$  Boltzmannkonstante ( $1,38 \times 10^{-23}$  J/K);
- $T$  Bezugstemperatur (290 K);
- $B$  Rauschbandbreite des Systems (7,61 MHz, 6,65 MHz oder 5,71 MHz).

Das Modell enthält die folgenden repräsentativen Komponenten:

- eine Eingangsstufe mit dem Rauschfaktor  $F_{\text{sys}}$  und „perfekte“ automatische Verstärkungsregelung (AGC); die Wirkung der AGC ist eine Leistungsverstärkung von  $1/C$ , so dass das Tunerausgangssignal der Einheit entspricht;
- eine Quelle für Überschussrauschen mit der Leistung  $P_x$  am Tunerausgang; Hinweis: Durch Normieren der Trägerleistung an diesem Punkt wird  $P_x$  zu einem relativen Wert;
- einen praktikablen, aber nahezu idealen Demodulator; d. h. ein Demodulator mit schnellem Kanal-Entzerrer und einer sich ergebenden Implementierungsspanne nach Tabelle 5.

**Tabelle 5 – Modulation gegenüber der Implementierungsspanne**

Modulation	$Im$ dB
QPSK	1,1
16 QAM	1,3
64 QAM	1,5



**Bild 2 – Rauschmodell**

Hinweis: Das relative Überschussrauschen  $P_x$  ist die Summe der Beiträge von allen Stufen der Signalkette. Signifikante Beiträge könnten sein:

- Phasenrauschen des lokalen Oszillators;
- Quantisierungsrauschen durch den Analog/Digital-Umsetzer des Demodulators;
- termisches „Backstop (Eigen)-Rauschen“ nach den verstärkungsgesteuerten Stufen im Empfänger;
- Intermodulationsprodukte des Senders.

Das Verhältnis Träger zu Störgeräusch ist am Tunereingang  $C/kTB$  und am Tunerausgang  $CG/kTBFG$ . Daher ist das Verhältnis Träger zu Störgeräusch am Eingang des „praktikablen“ Decoders gegeben durch:

$$\begin{aligned} C/N &= CGI/(kTBFG + P_x) \\ &= CI/(kTBF + CP_x), \text{ da } G = 1/C \end{aligned}$$

Das Verhältnis Träger zu Störgeräusch am Demodulator für die minimale Leistungsstufe (sprich  $R_{\text{DQEF}}$ ) hängt von der theoretischen Leistung eines bestimmten Modulationsmodus sowie der Implementierungsspanne  $Im$  ab, wie oben festgelegt. Der Wert von  $P_{\text{in}}$  für diese Leistungsstufe ist die Empfindlichkeit. Umstellen der Gleichung oben ergibt Folgendes:

$$P_{\text{in}} \text{ (Empfindlichkeit)} = \frac{KT_0BF_{\text{sys}}}{\left(\frac{1}{R_{\text{DQEF}} - P_x}\right)}$$

Man beachte, dass das Verhältnis Träger zu Störgeräusch am Empfängereingang (Bezugspunkt) für diese Leistungsstufe (sprich  $C_{\text{RQEF}}/N$ ) sich dann ergibt aus:

$$\frac{P_{\text{in}} \text{ (Empfindlichkeit)}}{KT_0BF_{\text{sys}}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{R_{\text{DQEF}} - P_x}\right)}$$

Alle oben genannten Parameter werden als lineare Größen angegeben. In der Praxis ist es gebräuchlicher,  $C/N$ ,  $P_{\text{in}}$ ,  $G$ ,  $F$ ,  $P_x$ ,  $R_{\text{DQEF}}$  und  $C_{\text{RQEF}}/N$  in dB anzugeben.

Eine praktische Formel für  $R_{\text{DQEF}}$  in dB ist unten gegeben:

$$R_{\text{DQEF}} = \text{Theoretisch } C/N \text{ (dB)} + Im \text{ (dB)}$$

Eine praktische Formel für die Empfindlichkeit in dB ist gegeben mit:

$$P_{\text{in}} \text{ (Empfindlichkeit) (dB(mW))} = C_{\text{RQEF}}/N \text{ (dB)} + \text{Eigenrauschen (dB(mW))}$$

Dabei ist  $C_{\text{RQEF}}/N$  das Verhältnis Träger zu Störgeräusch in dB am Empfängereingang, das die minimale Leistungsstufe liefert. Man beachte, dass dies geringfügig größer ist als  $R_{\text{DQEF}}$ , insbesondere für hochkapazitive Betriebsarten.

ANMERKUNG Alle oben genannten Parameter werden linear angegeben. In der Praxis ist es gebräuchlicher,  $C/N$ ,  $C$ ,  $G$ ,  $F$  und  $P_x$  in dB auszudrücken.

### 10.3 Fehlerpunkt-Kriterien

Es werden vier verschiedene Fehlerpunkt-Kriterien benutzt. Die Kriterien a und b können bei nicht mobilem Empfang benutzt werden. Kriterium c wird bei mobilem Empfang und Kriterium d bei IP-Strömen und DVB-H benutzt:

- a) Bezugs-BER, definiert als  $BER = 2 \times 10^{-4}$  nach der Viterbi-Decodierung

Dieses Kriterium entspricht dem in der DVB-T-Norm definierten Kriterium „quasi fehlerfrei“ (QEF), was „weniger als ein unkorrigiertes Fehlerereignis je Stunde“ veranlasst. Bei ortsfestem Empfang ist QEF gleich der Bezugs-BER nach Viterbi-Decodierung.

- b) Bild-Fehlerpunkt

Bild-Fehlerpunkte werden als  $C/N$ - oder  $C/I$ -Wert definiert, bei denen sichtbare Bildfehler zu entstehen beginnen. Dies ist für manche Messungen geeigneter als das übliche Bezugs-BER-Kriterium, das unerreichbar sein könnte. Eine objektivere Definition ist möglich durch das  $ESR_5$ -Kriterium (Fehler-Verhältnis 5 %), das eine fehlerhafte Sekunde innerhalb eines Beobachtungszeitraums von 20 Sekunden eines Transportstromes erlaubt. Man beachte, dass die Empfangsqualität beim Bild-Fehlerpunkt schlecht ist, da ein möglicher Fehler innerhalb jedes 20-Sekunden-Intervalls für festen TV-Empfang zu viel ist. Dennoch ist das Kriterium für Messungen geeignet, und eine Leistungssteigerung von 1 dB bis 2 dB des Trägers wird die Empfangsqualität auf die QEF-Ebene anheben. Tabelle 6 zeigt die Korrelation zwischen Bild-Fehlerpunkt und den Bezugs-BER-Fehler-Kriterien für verschiedene Messungen. Die aufgeführte Leistung in den jeweiligen Abschnitten ist angegeben für das Bezugs-BER-Fehler-Kriterium. Wenn bei der Messung Bild-Fehlerpunkte verwendet werden, können die Messwerte mit Hilfe von Tabelle 6 in die korrespondierenden Bezugs-BER-Werte umgewandelt werden.

**Tabelle 6 – Deltawerte zwischen Bildfehlerpunkt und Bezugs-BER**

Messung	Abschnitt	Delta dB
CIN im Gaußschen Kanal	10.7.1	1,3
Mindest-Eingangspiegel	10.8.2	1,3
Störfestigkeit gegen andere Kanäle	10.9	2,0
Störfestigkeit gegen Co-Kanal	10.10	2,0
CIN in ortsfesten und portablen Kanälen	10.7.1, 10.7.2	1,3

c) Subjektiver Fehlerpunkt bei mobilem Empfang SFP

Die Bezugs-BER, die perfekte „Qualität der Übertragung“ bedeutet, ist in der mobilen Umgebung aufgrund der schnellen Veränderungen der Kanäle nicht geeignet. Bei mobilem Empfang können die Bezugs-BER-Kriterien instabile Werte ergeben, aus denen eine Unterschätzung der mobilen Möglichkeiten von DVB-T resultieren könnte. Innerhalb des Motivate-Projektes wurde als subjektiver Fehlerpunkt (SFP) eine subjektive Qualität definiert. SFP entspricht: „durchschnittlich ein sichtbarer Fehler im Bild während eines Beobachtungszeitraumes von 20 Sekunden“. Dies entspricht dem  $ESR_5$ -Kriterium (Fehler-Verhältnis 5 %), das eine fehlerhafte Sekunde innerhalb eines Beobachtungszeitraums von 20 Sekunden erlaubt. Die  $ESR_5$ -Methode kann daher zur Messung des SFP genutzt werden.

d) DVB-H-Kriterien

Bei DVB-H ist ein geeignetes Fehlerpunkt-Kriterium die MPE-FEC-Rahmen-Fehlerrate ( $MFER$ ), die sich auf die Fehlerrate der durch MPE-FEC geschützten Zeitmultiplex-Impulse bezieht. Da ein fehlerhafter Rahmen den Service-Empfang für das gesamte Intervall zwischen den Impulsen zerstört, ist es zweckmäßig, den Fehlerpunkt an der Häufigkeit der verlorenen Rahmen festzumachen. Offensichtlich beeinflussen die verwendeten Impuls- und IP-Parameter die endgültige Dienst-Qualität, die durch gewisse feste  $MFER$  erreicht wird, jedoch hat die Erfahrung gezeigt, dass das Verhalten sehr steil ist, und eine sehr kleine Änderung von  $CIN$  eine große Änderung von  $MFER$  hervorruft.  $MFER$  ist das Verhältnis von Anzahl fehlerhafter Rahmen (d. h. nicht wiederherstellbar) zur Gesamtzahl der empfangenen Rahmen. Um eine ausreichende Genauigkeit zu gewährleisten, sollten zumindest 100 Rahmen ausgewertet werden.

$$MFER = \frac{\text{Anzahl fehlerhafter Rahmen} \times 100}{\text{Gesamtanzahl Rahmen}} \text{ in \%}$$

Es besteht Übereinstimmung darin, dass 5 %  $MFER$  zur Kennzeichnung des Fehlerpunktes des DVB-H-Dienstes verwendet wird. Man beachte, dass die Empfangsqualität des Dienstes beim 5-%- $MFER$ -Fehlerpunkt nicht notwendigerweise den QoS-Anforderungen in allen Fällen entsprechen muss. Dennoch ist das Kriterium geeignet für Messungen, und ein kleiner Leistungsanstieg von 0,5 dB bis 1 dB des Trägers verbessert die Empfangsqualität auf weniger als 1 %  $MFER$ .

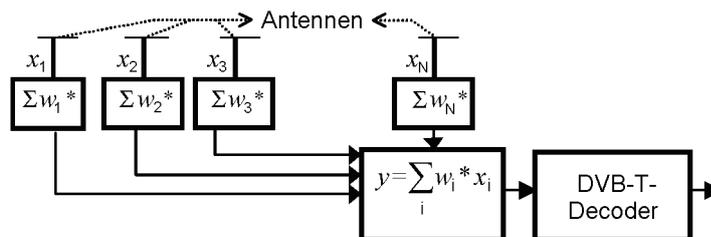
Es ist ebenso möglich,  $MFER$  mit guter Genauigkeit zu schätzen, ohne eine aktuelle MPE-FEC-Berechnung durchzuführen, indem lediglich Zeile für Zeile die Anzahl der fehlerhaften Bytes beobachtet und mit der Fehlerkorrekturfähigkeit des angewandten RS-Codes verglichen wird und dann eine Markierung der Zeilen in fehlerhaft oder fehlerfrei erfolgt. Sind alle Zeilen fehlerfrei, ist auch der Rahmen fehlerfrei. Mit dieser Methode ist es möglich, alle Dienste (d. h. den gesamten Transportstrom) parallel zu decodieren und so die für die 100 Rahmen erforderliche Beobachtungszeit zu verkürzen.

In DVB-H-Empfängern ohne MPE-FEC kann das  $FER$ -Kriterium auf eine geringfügig andere Weise verwendet werden. Ein Rahmen wird als fehlerhaft markiert, wenn irgendein TS-Paket innerhalb des Rahmens fehlerhaft ist. Dieses Kriterium wird als  $FER$  bezeichnet und der Fehlerpunkt auf einen 5-%-Wert gesetzt. Man beachte, dass 5 %  $FER$  zu einem besseren aktuellen QoS führen kann als 5 %  $MFER$ , da möglicherweise bei  $FER$  nur wenige TS-Pakete innerhalb des Rahmens fehlerhaft sind, während bei  $MFER$  ein nicht-erkennbarer Rahmen möglicherweise hochgradig verfälscht ist. Die tatsächlichen Leistungskurven mit  $FER$  5 % sind denen, die durch das direkte Anwenden des  $ESR_5$ -Kriteriums auf den Transportstrom erzielt werden, sehr ähnlich.

## 10.4 Diversityempfänger

Empfänger mit Diversityantennen, wie in Bild 3 gezeigt, vermindern die Auswirkung des schnellen Fadings im Rayleigh-Kanal, das in mobiler Empfangsumgebung immer vorhanden ist. In einem Empfänger mit Diversityantennen werden die von den verschiedenen Antennen erhaltenen Signale unter Verwendung eines einstellbaren komplexen Bewertungsfaktors vor der Decodierung linear kombiniert. Die praktischen Anwendungen können sich unterscheiden:

- durch die Kennwerte des Antennensystems: Anzahl der Antennen, relative Positionen, Orientierung und Kennwerte der einzelnen Antennen (Polarisation, Richtdiagramme usw.);
- durch den zur Berechnung und zur eventuellen iterativen Adaption des Bewertungsfaktors benutzten Algorithmus.



**Bild 3 – Diversityantennen-Empfänger**

Unter den Bedingungen des mobilen Empfangs (Endgerät Kategorie a) wird von der Diversityantenne erwartet, dass die erforderliche Senderleistung für dasselbe Erfassungsgebiet um 6 dB bis 8 dB reduziert werden kann. Es sollte aber auch eine Erhöhung der maximalen Geschwindigkeit der Bewegung für korrekten Empfang um den Faktor zwei möglich sein.

Bei portablem Empfang in Räumen (Endgerät Kategorie b1) werden die Bedingungen für den Kanal nicht so schnell wie beim mobilen Empfang verändert.

Der Vorteil des Diversityempfangs ist die Verringerung der Wahrscheinlichkeit, tiefes oder flaches Fading an 2 Antennen gleichzeitig zu haben. Eine einzelne Antenne hat ein Fading-Niveau, das abhängig ist sowohl von der Position als auch dem Kanal (d. h. verschiedenen Frequenzen). Daher bieten Diversityantennen einen verbesserten Empfang aller verfügbaren Multiplexbetriebe.

Für kleine Hand-Endgeräte (Endgeräte-Kategorien b2 und c) ist eine Lösung mit Diversityantennen nicht praktikabel, bedingt durch den Stromverbrauch, die Begrenzung der Kosten und durch die geringen Abmessungen der Endgeräte, die die Trennung der Antennen in diesem Frequenzbereich einschränken.

## 10.5 DVB-H-Empfänger

DVB-H, wie in EN 302304 festgelegt, ist ein Übertragungssystem, das einen effizienten Weg bereitstellt, um Multimediadienste über Netzwerke digitalen terrestrischen Fernsehfunks an Hand-Endgeräte zu transportieren. DVB-H nutzt das DVB-T-Übertragungssystem als Bitübertragungsschicht und fügt zusätzliche Fehlerkorrektur- und Zeitmultiplexmechanismen zur Sicherungsschicht hinzu. DVB-H befördert IP-Datagramme eingeschlossen in einer Multi-Protokoll-Kapselung.

Ein vollständiges DVB-H-System ist definiert durch die Verknüpfung von Elementen in der Bitübertragungs- und Sicherungsschicht sowie Dienst-Informationen. DVB-H nutzt folgende Technologieelemente für die Sicherungs- und die Bitübertragungsschicht.

- Sicherungsschicht:
  - Multiplex-Betrieb, um den durchschnittlichen Energieverbrauch des Endgerätes zu verringern sowie eine stetige und nahtlose Frequenzübergabe zu ermöglichen;
  - Vorwärts-Fehlerkorrektur für multi-protokoll-gekapselte Daten (MPE-FEC) für eine Verbesserung des Träger/Rausch-Abstands ( $C/N$ ) und der Doppler-Leistungskennzahlen in den mobilen Kanälen, darüber hinaus Verbesserung der Verträglichkeit mit Impulsstörungen.

- Bitübertragungsschicht:  
DVB-T (ETSI EN 300744) mit den folgenden technischen Elementen zielt speziell auf den Gebrauch von DVB-H.
  - DVB-H-Signalisierung in den TPS-Bits zur Erweiterung und Beschleunigung der Diensterkennung. Die Zellenidentifikation wird ebenfalls in den TPS-Bits befördert, um einen schnelleren Signalsuchlauf und Frequenzübergabe auf mobilen Empfängern zu unterstützen.
  - 4k-Betriebsmodus als Kompromiss zwischen Mobilität und Gleichwellennetz(SFN)-Zellengröße, der bei Einzelantennenempfang in mittleren Gleichwellennetzen sehr hohe Geschwindigkeiten erlaubt und damit die Flexibilität im Netzwerkdesign steigert.
  - In-depth-Symbol-Interleaver für die 2k- und 4k-Betriebsmodi zur weiteren Verbesserung der Robustheit in einer mobilen Umgebung und der Impulsstörungen-Bedingungen.

Es muss angemerkt werden, dass die beiden Technologieelemente Zeitmultiplex und MPE-FEC, da sie in der Sicherungsschicht implementiert sind, in keinem Fall die DVB-T-Bitübertragungsschicht beeinflussen.

Ein DVB-H-Empfänger hat im Allgemeinen die gleichen RF-Leistungskennzahlen wie ein DVB-T-Empfänger, wenn gleichartige Testumgebungen und Fehlerpunkt-Kriterien eingesetzt werden. Wird bei DVB-H MPE-FEC eingesetzt, verbessern sich die  $C/N$ -Leistungskennzahlen und neue  $C/N$ -Tabellen sind erforderlich.

Empfänger in Engerätekategorie c sind DVB-H-Empfänger. Optional können Empfänger in anderen Endgeräte-Kategorien ebenfalls DVB-H unterstützen.

## 10.6 Kanalmodelle

### 10.6.1 DVB-T-Rayleigh-Kanal ( $P_1$ )

Der in der DVB-Spezifikation ETSI EN 300744 definierte Rayleigh-Fading-Kanal ( $P_1$ ) wird zur Beschreibung der Bedingungen für portablen Innen- und Außen-Empfang verwendet. Der Kanal enthält keinen Dopplereffekt und sollte deshalb als „Schnappschuss“ eines zeitvarianten Rayleighkanals angesehen werden. Das Modell hat 20 Abgriffe und ist deshalb bei einer praktischen Arbeit schwierig anzuwenden.

In Tabelle 7 wird eine mögliche Annäherung mit 6 Abgriffen angegeben [15]. Die Kanalantwort dieser Annäherung liefert eine gute Übereinstimmung zu der von  $P_1$ , wobei die Signalstärke die gleiche war. Man beachte, dass aufgrund der Vektoraddition der 6 Abgriffe die Signalstärke um 4,24 dB größer ist als die eines einzelnen 0-dB-Pfades (Gaußscher Kanal).

Laufzeiten wurden, beginnend mit dem Startpunkt Null, mit einer Genauigkeit von 0,05 ms definiert. Die Amplituden sind in dB angegeben mit einer Genauigkeit von 0,1 dB. Die Absolutwerte sind genaue Übersetzungen dieser Werte. Die Phasen sind definiert in Grad mit einer Genauigkeit von 1 Grad.

**Tabelle 7 – Annäherung des DVB-T-festgelegten Rayleighkanals**

Abgriff-Nummer	Laufzeit $\tau$ $\mu\text{s}$	Amplitude $r$	Pegel dB	Phase $\theta$ Grad
1	0,00	0,358 921 93	-8,9	-165
2	0,45	1	0,0	0
3	0,55	0,785 235 63	-2,1	125
4	1,85	0,588 843 66	-4,6	-26
5	2,70	0,484 172 37	-6,3	-150
6	3,15	0,451 855 94	-6,9	164

### 10.6.2 Portable Innen- (PI) und portable Außenkanäle (PO)

Die Modelle für portable Innen- (PI) und Außenkanäle (PO) wurden vom Wing-TV-Projekt [17] entwickelt zur Beschreibung des Empfangs durch langsam sich bewegende Handgeräte im Innen- und Außenbereich. Die Kanalmodelle basieren auf Messungen in DVB-H-Einzelfrequenznetzwerken und haben Pfade von zwei verschiedenen Senderpositionen. Festlegungen von Abgriffen für die Kanäle sind in den Tabellen 9 und 10 aufgeführt. Die angegebene Dopplerfrequenz von 1,5 Hz entspricht einer Geschwindigkeit von 3 km/h bei mittlerem UHF. Die Dopplerspektren verschiedener Abgriffe sind in Tabelle 8 festgelegt.

**Tabelle 8 – Festlegungen von Dopplerspektren für PI- und PO-Kanäle**

Spektrum für den ersten Abgriff	Spektrum für die Abgriffe 2 bis 12
$0,1 G(f; 0,08f_D) + \delta(f - 0,5f_D)$	$G(f; 0,08f_D)$

Dabei ist

$$G(f; \sigma) = \exp\left(\frac{-f^2}{2\sigma^2}\right)$$

**Tabelle 9 – Festlegung des PI-Kanals**

Pfad	Laufzeit μs	Leistung dB	Dopplerspektrum	$f_D$ Hz	Standardfaktor
1	0,0	0,0	siehe Tabelle 8	1,5	0,08
2	0,1	-6,4	Gauß	1,5	0,08
3	0,2	-10,4	Gauß	1,5	0,08
4	0,4	-13,0	Gauß	1,5	0,08
5	0,6	-13,3	Gauß	1,5	0,08
6	0,8	-13,7	Gauß	1,5	0,08
7	1,0	-16,2	Gauß	1,5	0,08
8	1,6	-15,2	Gauß	1,5	0,08
9	8,1	-14,9	Gauß	1,5	0,08
10	8,8	-16,2	Gauß	1,5	0,08
11	9,0	-11,1	Gauß	1,5	0,08
12	9,2	-11,2	Gauß	1,5	0,08

**Tabelle 10 – Festlegung des PO-Kanals**

Pfad	Laufzeit $\mu\text{s}$	Leistung dB	Dopplerspektrum	$f_D$ Hz	Standardfaktor
1	0,0	0,0	siehe Tabelle 8	1,5	0,08
2	0,2	-1,5	Gauß	1,5	0,08
3	0,6	-3,8	Gauß	1,5	0,08
4	1,0	-7,3	Gauß	1,5	0,08
5	1,4	-9,8	Gauß	1,5	0,08
6	1,8	-13,3	Gauß	1,5	0,08
7	2,3	-15,9	Gauß	1,5	0,08
8	3,4	-20,6	Gauß	1,5	0,08
9	4,5	-19,0	Gauß	1,5	0,08
10	5,0	-17,7	Gauß	1,5	0,08
11	5,3	-18,9	Gauß	1,5	0,08
12	5,7	-19,3	Gauß	1,5	0,08

### 10.6.3 Mobiler Empfang

Die technische Spezifikation von COST 207 [4] beschreibt Geräte und Verfahren zur Messung der Kanaleigenschaften über die typische Bandbreite von 10 MHz bis 20 MHz in der Nähe von 900 MHz. Die Anpassung der COST-207-Profile an den mobilen DVB-T-Empfang wurde durch das Motivate-Projekt [5] durchgeführt. Dieser Abschnitt legt zwei mobile Kanäle fest: typisch städtischen TU-6- und mobilen SFN-Kanal, der aus zwei TU-6-Kanälen besteht.

#### 10.6.3.1 Typisch städtischer Empfang (TU6)

Dieses Profil gibt die terrestrische Ausbreitung in einem Stadtgebiet wieder. Es wurde in COST 207 als ein typisches Stadtprofil (TU6) definiert und besteht aus 6 Pfaden mit breiter Streuung in Laufzeit und relativ starker Leistung. Die Profilparameter sind in Tabelle 11 angegeben. Dieses Kanalprofil hat in verschiedenen Feldversuchen bewiesen, dass es den allgemeinen mobilen DVB-T/H-Empfang ziemlich gut darstellt.

**Tabelle 11 – Zusammensetzung des typisch städtischen Profils (TU6)**

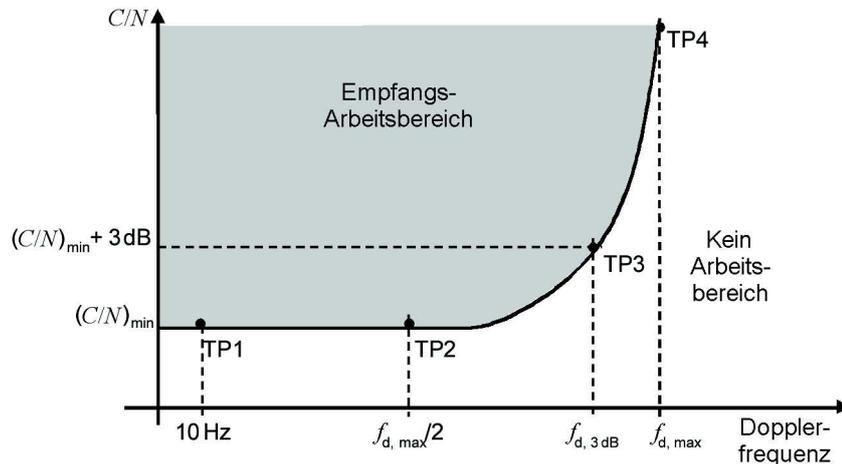
Abgriff-Nr.	Laufzeit $\mu\text{s}$	Leistung dB	Dopplerspektrum
1	0,0	-3	Rayleigh
2	0,2	0	Rayleigh
3	0,5	-2	Rayleigh
4	1,6	-6	Rayleigh
5	2,3	-8	Rayleigh
6	5,0	-10	Rayleigh

#### 10.6.3.2 Leistungswerte des DVB-T-Empfängers in Anwesenheit von Doppler-Verschiebung

Bis zu einer gegebenen Grenze der Doppler-Verschiebung (oder Intercarrier-Störpegel) sind die Empfänger in der Lage, zur Demodulation des DVB-T-Signals eine hinreichende Entzerrung der Kanäle durchzuführen. Wenn dann die Dopplerverschiebung (d. h. die Geschwindigkeit der Bewegung) weiter ansteigt, nimmt die

Fähigkeit zur Wiederherstellung bis zu einem Punkt drastisch ab, an dem keine Demodulation mehr möglich ist [5].

Um stabile Werte zu erhalten, wird im Allgemeinen das erforderliche  $C/N$  über einen mobilen Kanal als das durchschnittliche  $C/N$  über eine genügend lange Zeit definiert und andererseits über eine genügend kurze Zeit, um irgendwelchen Einfluss von Schattenfading zu vermeiden. Für eine gegebene DVB-T-Betriebsart und ein gegebenes Kanalprofil ist das erforderliche  $C/N$  für eine bestimmte Qualitätsstufe deshalb ausschließlich eine Funktion der Dopplerfrequenz, und es kann eine Kurve ähnlich der in Bild 4 gezeichnet werden.



**Bild 4 – Verhalten des Empfängers in einem mobilen Kanal**

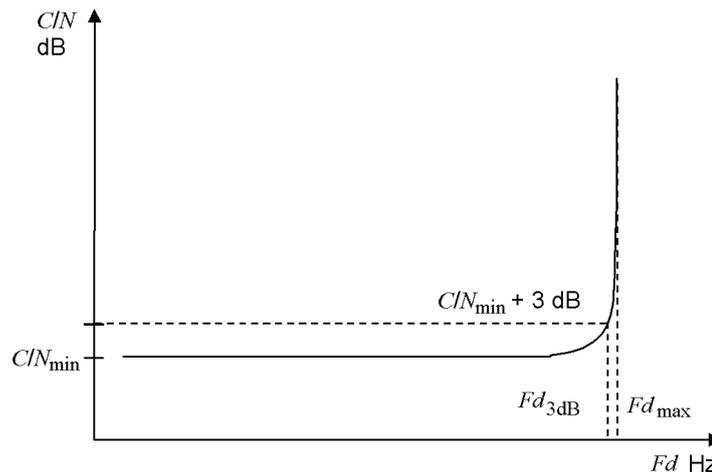
Diese Kurve wird durch ein „ $C/N$  floor“ („ $C/N$ -Eigenrauschen“) gekennzeichnet und ein  $C/N_{\min}$ , das Informationen über die Mindestanforderungen für guten Empfang bei Bewegung gibt. Für geringe Geschwindigkeiten ist der geforderte  $C/N$ -Wert von der speziellen Dopplerfrequenz relativ unabhängig. Für höhere Geschwindigkeiten (oder Dopplerfrequenzen) steigt der erforderliche  $C/N$ -Wert allmählich an, bis eine maximal akzeptierbare Dopplerfrequenz erreicht ist.

Zur Beschreibung der „ $C/N$  über Dopplerfrequenz“-Kurve in einer gegebenen DVB-T-Betriebsart bei einem gegebenen Kanalprofil werden vier Punkte der Kurve verwendet:

- TP1: das  $C/N_{\min}$  bei niedriger Dopplerfrequenz (10 Hz);
- TP2: das  $C/N$  bei halber höchster Geschwindigkeit;
- TP3: das  $C/N_{\min} + 3$  dB zeigt die Geschwindigkeitsgrenze an;
- TP4: die obere Grenze der Dopplerfrequenz gibt die „absolute höchste Geschwindigkeit“ an.

### 10.6.3.3 Leistungswerte des DVB-H-Empfängers bei Dopplerverschiebung

Das verwendete Referenzempfängermodell beschreibt die Leistungswerte des DVB-H-Empfängers idealisiert mit Hilfe von zwei Werten,  $C/N_{\min}$  und  $Fd_{3dB}$ .  $C/N_{\min}$  gibt den minimal erforderlichen  $C/N$ -Wert für 5 % MFER an. Bis zu hohen Dopplerfrequenzen ist die  $C/N$ -Kurve flach, sie ist jedoch nicht auf sehr niedrige Dopplerfrequenzen  $Fd < 1/\text{Impulspaket-Dauer}$  anwendbar.  $Fd_{3dB}$  gibt die Dopplerfrequenz an, bei der der  $C/N$ -Abstand um 3 dB gegenüber dem  $C/N$ -Wert angestiegen ist. Man beachte, dass  $Fd_{3dB}$  meist  $Fd_{\max}$  entspricht. Das Verhalten des Referenzempfängers ist in Bild 5 dargestellt.



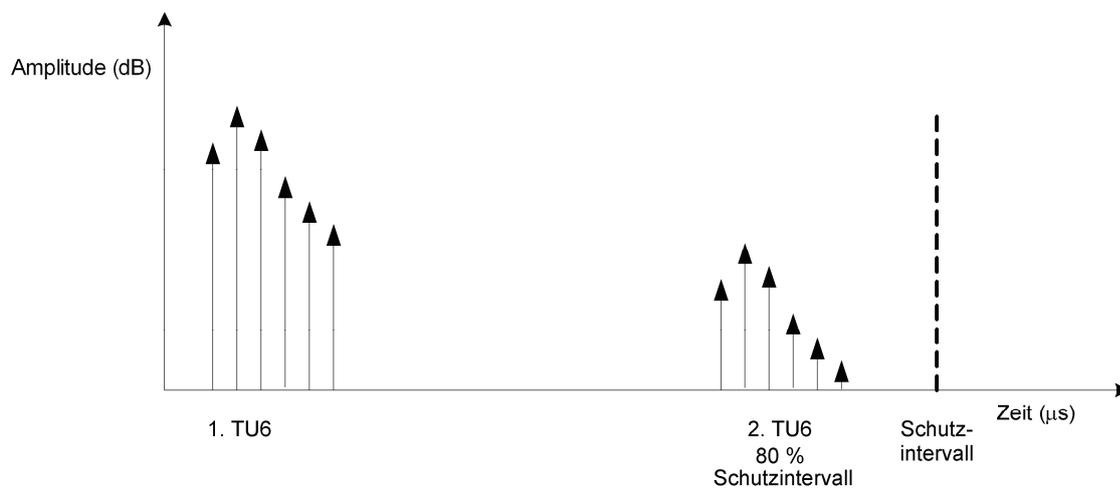
**Bild 5 – C/N-Verhalten des DVB-H-Referenzempfängers im mobilen Kanal**

#### 10.6.3.4 Testkanal für mobile SFN-Synchronisation

Dieses Profil besteht aus zwei unabhängigen TU-6-Profilen, die benachbart sind (kurzes Echo) oder zeitlich um 80 % des längsten verwendeten Schutzintervalls (1/4) getrennt (langes Echo). Hauptsächlicher Zweck dieses Kanalprofils ist es, die Leistungsfähigkeit der Empfängersynchronisation eines großen SFN unter mobilen Bedingungen zu testen. Die beiden Gruppen von Pfaden simulieren Signale von zwei entfernten Sendern. Die Amplituden der Gruppen können verändert werden, so dass die beiden Echo-Fälle stark und schwach abgebildet werden. Die Profilparameter sind in den Tabellen 12, 13 und 14 gezeigt und die Profile sind in den Bildern 6, 7 und 8 abgebildet. Der Wert  $C/N_{\text{Betriebsart}}$  in Tabelle 12 hängt von der Betriebsart ab und ist in Tabelle 15 aufgeführt.

**Tabelle 12 – Testkanal für mobile SFN-Synchronisation mit schwachem langem Echo**

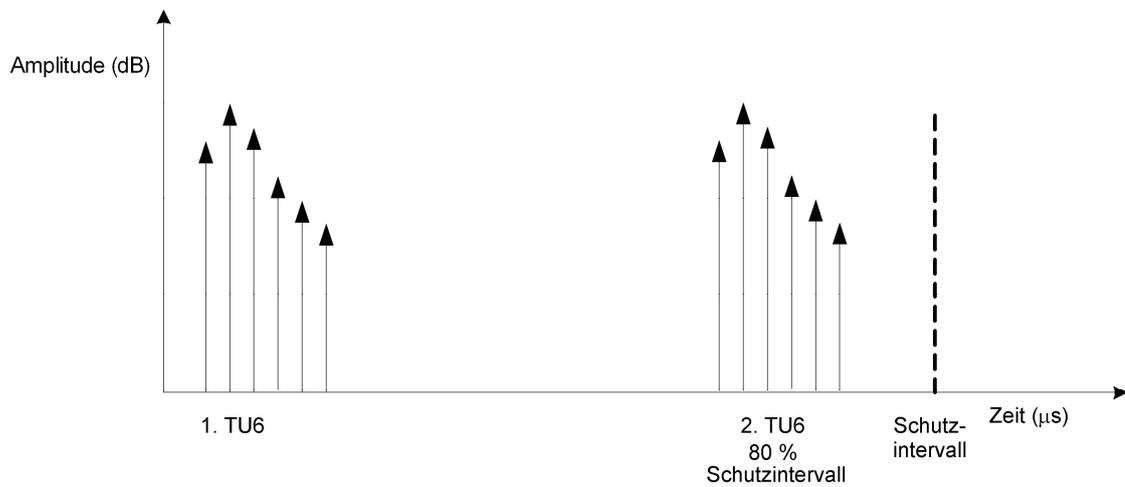
Abgriff-Nr.	Laufzeit $\mu\text{s}$	Leistung dB	Dopplerspektrum
1	0,0	-3	Rayleigh
2	0,2	0	Rayleigh
3	0,5	-2	Rayleigh
4	1,6	-6	Rayleigh
5	2,3	-8	Rayleigh
6	5,0	-10	Rayleigh
7	$0,8 \times GI (1/4) + 0,0$	$-3 - C/N_{\text{Betriebsart}}$	Rayleigh
8	$0,8 \times GI (1/4) + 0,2$	$0 - C/N_{\text{Betriebsart}}$	Rayleigh
9	$0,8 \times GI (1/4) + 0,5$	$-2 - C/N_{\text{Betriebsart}}$	Rayleigh
10	$0,8 \times GI (1/4) + 1,6$	$-6 - C/N_{\text{Betriebsart}}$	Rayleigh
11	$0,8 \times GI (1/4) + 2,3$	$-8 - C/N_{\text{Betriebsart}}$	Rayleigh
12	$0,8 \times GI (1/4) + 5,0$	$-10 - C/N_{\text{Betriebsart}}$	Rayleigh



**Bild 6 – Testkanal für mobile SFN-Synchronisation mit schwachem langem Echo**

**Tabelle 13 – Testkanal für mobile SFN-Synchronisation mit starkem langem Echo**

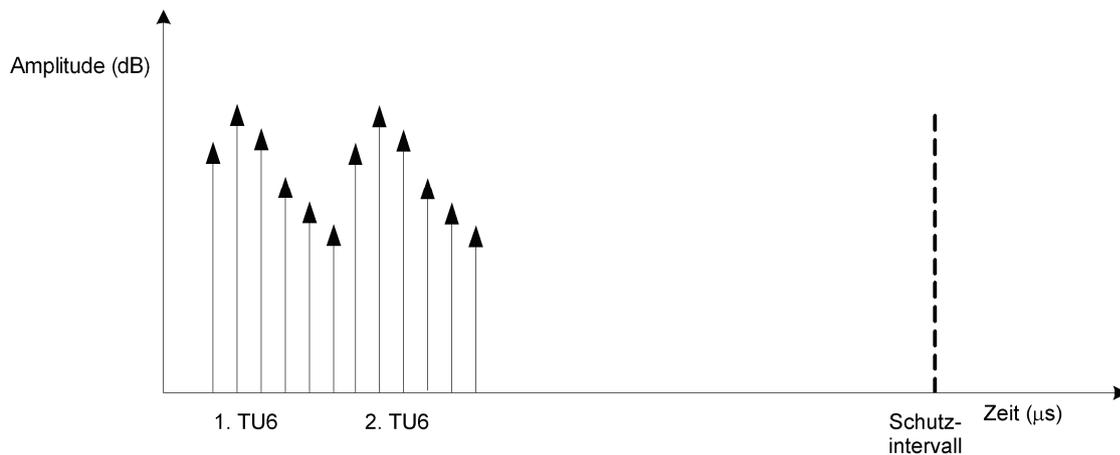
Abgriff-Nr.	Laufzeit µs	Leistung dB	Dopplerspektrum
1	0,0	-3	Rayleigh
2	0,2	0	Rayleigh
3	0,5	-2	Rayleigh
4	1,6	-6	Rayleigh
5	2,3	-8	Rayleigh
6	5,0	-10	Rayleigh
7	$0,8 \times GI (1/4) + 0,0$	-3	Rayleigh
8	$0,8 \times GI (1/4) + 0,2$	0	Rayleigh
9	$0,8 \times GI (1/4) + 0,5$	-2	Rayleigh
10	$0,8 \times GI (1/4) + 1,6$	-6	Rayleigh
11	$0,8 \times GI (1/4) + 2,3$	-8	Rayleigh
12	$0,8 \times GI (1/4) + 5,0$	-10	Rayleigh



**Bild 7 – Testkanal für mobile SFN-Synchronisation mit starkem langem Echo**

**Tabelle 14 – Testkanal für mobile SFN-Synchronisation mit starkem kurzem Echo**

Abgriff-Nr.	Laufzeit µs	Leistung dB	Dopplerspektrum
1	0,0	-3	Rayleigh
2	0,2	0	Rayleigh
3	0,5	-2	Rayleigh
4	1,6	-6	Rayleigh
5	2,3	-8	Rayleigh
6	5,0	-10	Rayleigh
7	6,0	-3	Rayleigh
8	6,2	0	Rayleigh
9	6,5	-2	Rayleigh
10	7,6	-6	Rayleigh
11	8,3	-8	Rayleigh
12	11,0	-10	Rayleigh



**Bild 8 – Testkanal für mobile SFN-Synchronisation mit starkem kurzem Echo**

## 10.7 *CIN*-Leistungswerte

### 10.7.1 *CIN*-Leistungswerte im Gaußschen Kanal

Der DVB-T-Empfänger sollte die in Tabelle 15 angegebenen Leistungswerte aufweisen und der DVB-H-Empfänger sollte die in Tabelle 16 angegebenen Leistungswerte aufweisen, wenn Rauschen ( $N$ ) zusammen mit dem Nutzträger ( $C$ ) in einer Bandbreite des Signals von 7,61 MHz angelegt wird. Die Werte werden unter Verwendung der theoretischen, in ETSI EN 300744 V1.5.2 angegebenen *CIN*-Werte berechnet, mit einer Implementierungsspanne von 1,1 dB für QPSK-, 1,3 dB für 16QAM- und 1,5 dB für 64QAM-Betriebsart und unter Verwendung des in 10.2 angegebenen Rauschmodells mit einem Wert der Überschussrauschquelle des Empfängers  $P_x$  von -33 dBc addiert. Es wird ein idealer Sender vorausgesetzt. Ein Beispiel für die Wirkungen der Verschlechterung der *CIN*-Werte des Senders wird im Anhang B gegeben. Die Werte für DVB-H sind gültig für alle MPE-FEC-Coderaten. Die Werte für DVB-T sind für Fehlerpunkt-Kriterium a und die Werte für DVB-H sind für Fehlerpunkt-Kriterium d angegeben.

**Tabelle 15 – DVB-T  $C/N$  (dB) für Bezugs- $BER$  im Gaußschen Kanal**

Modulation	Coderate	Nach Gauß
QPSK	1/2	4,6
QPSK	2/3	6,4
QPSK	3/4	7,4
16 QAM	1/2	10,6
16 QAM	2/3	12,7
16 QAM	3/4	14,0
64 QAM	1/2	15,4
64 QAM	2/3	18,3
64 QAM	3/4	19,9

**Tabelle 16 – DVB-H  $C/N$  (dB) für 5 %  $MFER$  im Gaußschen Kanal**

Modulation	Coderate	Nach Gauß
QPSK	1/2	3,6
QPSK	2/3	5,4
16 QAM	1/2	9,6
16 QAM	2/3	11,7
64 QAM	1/2	14,4
64 QAM	2/3	17,3

ANMERKUNG 1 Die Bezugs- $BER$  wird als  $BER = 2 \times 10^{-4}$  nach Viterbi-Decodierung definiert.

ANMERKUNG 2 Die Werte in ETSI EN 300744 V1.5.2 sind Ergebnisse neuerer Simulationen und können sich von früheren Versionen unterscheiden.

### 10.7.2 $C/N$ -Leistungswerte im DVB-T-Rayleigh-Kanal ( $P_1$ )

Der DVB-T-Empfänger sollte die in Tabelle 16 angegebenen Leistungswerte aufweisen und der DVB-H-Empfänger sollte die in Tabelle 17 angegebenen Leistungswerte aufweisen, wenn Rauschen ( $N$ ) zusammen mit dem Nutzträger ( $C$ ) in einer Bandbreite des Signals von 7,61 MHz angelegt wird. Die Fehlerpunkt-Kriterien a oder b sollten für DVB-T und das Fehlerpunkt-Kriterium d sollte für DVB-H verwendet werden. Die Werte werden unter Verwendung der theoretischen, in ETSI TR 101190 V1.2.2 angegebenen  $C/N$ -Werte berechnet, mit einer Implementierungsspanne von 1,6 dB für QPSK-, 1,8 dB für 16QAM- und 2,0 dB für 64QAM-Betriebsart und unter Verwendung des in 10.2 angegebenen Rauschmodells mit einem Wert der Überschussrauschquelle des Empfängers  $P_x$  von  $-33$  dBc addiert. Es wird ein idealer Sender vorausgesetzt. Ein Beispiel für die Wirkungen der Verschlechterung der  $C/N$ -Werte des Senders wird im Anhang B gegeben. Die Werte für DVB-H sind gültig für alle MPE-FEC-Coderaten.

**Tabelle 17 –  $CIN$  (dB) für Bezugs-BER im DVB-T-Rayleigh-Kanal ( $P_1$ )**

Modulation	Coderate	mobil
QPSK	1/2	7,5
QPSK	2/3	11,5
QPSK	3/4	15,3
16 QAM	1/2	13,8
16 QAM	2/3	17,7
16 QAM	3/4	21,5
64 QAM	1/2	18,9
64 QAM	2/3	23,4
64 QAM	3/4	27,5

**Tabelle 18 –  $CIN$  (dB) für 5 % MFER im mobilen Kanal**

Modulation	Coderate	Rayleigh ( $P_1$ )
QPSK	1/2	6,5
QPSK	2/3	10,5
16 QAM	1/2	12,8
16 QAM	2/3	16,7
64 QAM	1/2	17,9
64 QAM	2/3	22,4

### 10.7.3 $CIN$ -Leistungswerte in portable Innen- (PI) und portablen Außenkanälen (PO)

Der DVB-T-Empfänger sollte die in Tabelle 19 angegebenen Leistungswerte aufweisen und der DVB-H-Empfänger sollte die in Tabelle 20 angegebenen Leistungswerte aufweisen, wenn Rauschen ( $N$ ) zusammen mit dem Nutzträger ( $C$ ) in einer Bandbreite des Signals von 7,61 MHz angelegt wird. Die Fehlerpunkt-Kriterien a oder b sollten für DVB-T und das Fehlerpunkt-Kriterium d sollte für DVB-H verwendet werden. Die  $CIN$ -Leistungswerte basieren auf marktüblichen Empfängern, die dem Stand der Technik entsprechen, mit einer Implementierungsspanne von 2 dB.

Tabelle 19 – *CIN* (dB) für 5 % *ESR* im PI- und im PO-Kanal

Modulation	Coderate	PI	PO
QPSK	1/2	9,0	10,5
QPSK	2/3	12,0	13,5
QPSK	3/4	13,9	15,4
16 QAM	1/2	15,0	16,5
16 QAM	2/3	18,0	19,5
16 QAM	3/4	20,5	22,0
64 QAM	1/2	19,7	21,2
64 QAM	2/3	22,8	24,3
64 QAM	3/4	25,3	27,5

Tabelle 20 – *CIN* (dB) für 5 % *MFER* im PI- und im PO-Kanal

Modulation	Coderate	MPE-FEC Coderate	PI	PO
QPSK	1/2	1/2	6,6	7,6
QPSK	1/2	2/3	6,8	7,8
QPSK	1/2	3/4	7,0	8,0
QPSK	1/2	5/6	7,2	8,2
QPSK	1/2	7/8	7,4	8,4
QPSK	2/3	2/3	9,8	10,8
QPSK	2/3	3/4	10,0	11,0
QPSK	2/3	5/6	10,2	11,2
QPSK	2/3	7/8	10,4	11,4
16 QAM	1/2	2/3	12,8	13,8
16 QAM	1/2	3/4	13,0	14,0
16 QAM	1/2	5/6	13,2	14,2
16 QAM	1/2	7/8	13,4	14,4
16 QAM	2/3	2/3	15,8	16,8
16 QAM	2/3	3/4	16,0	17,0
16 QAM	2/3	5/6	16,2	17,2
16 QAM	2/3	7/8	16,4	17,4
64 QAM	1/2	5/6	17,7	18,7
64 QAM	1/2	7/8	17,9	18,9
64 QAM	2/3	2/3	20,6	21,6
64 QAM	2/3	3/4	20,8	21,8
64 QAM	2/3	5/6	21,0	22,0

#### 10.7.4 DVB-T-C/N-Leistungswerte in mobilen Kanälen für Endgeräte der Kategorie a

Der Empfänger mit einzelner Antenne sollte die in Tabelle 21 angegebenen Leistungswerte aufweisen, wenn Rauschen ( $N$ ) und Dopplerverschiebung ( $Fd$ ) zusammen mit dem Nutzträger ( $C$ ) in einer Bandbreite des Signals von 7,61 MHz im mobilen Kanälen, wie in 10.6.3 festgelegt, angelegt wird.  $C/N_{\min}$  gibt die erforderliche C/N-Leistung bei einer Dopplerfrequenz von 10 Hz an.  $Fd_{\max}$  ist die maximal erreichbare Dopplerfrequenz, wenn kein Rauschen angelegt ist.  $Fd_{3dB}$  gibt die maximal erreichbare Dopplerfrequenz an dem Punkt an, an dem zusätzliches Rauschen von 3 dB über dem  $C/N_{\min}$ -Wert angelegt wird. Aufgrund des impulsartigen Fehlerverhaltens wird das Fehlerpunkt-Kriterium c (5 % ESR) verwendet. Die Leistungswerte sind für das längste Schutzintervall (1/4) angegeben, das den kritischsten Fall bezüglich Doppler darstellt. Mit einem Schutzintervall 1/32 wird ein Leistungswert von etwa 120 % erwartet. Die C/N-Leistungswerte basieren auf marktüblichen Empfängern, die dem Stand der Technik entsprechen, mit einer Implementierungsspanne von 2 dB. Die Doppler-Leistungswerte basieren auf einer Anwendungsfall-Analyse mit einer Zielgeschwindigkeit von 130 km/h in der 8k-Betriebsart bei hohen UHF-Kanälen. Für Betriebsarten, in denen dies nicht mit Empfängern, die dem Stand der Technik entsprechen, erreicht werden kann, ist ein niedrigerer praktikabler Wert angegeben. Für diese Fälle wird ungefähr die 10-Hz-Implementierungsspanne verwendet.

**Tabelle 21 – C/N (dB) für 5 % ESR in mobilen Kanälen für Empfänger mit einzelner Antenne**

Schutzintervall = 1/4			2k			Geschwindigkeit bei $Fd_{3dB}$ km/h			8k			Geschwindigkeit bei $Fd_{3dB}$ km/h		
Modulation	Bitrate Mbit/s	Code-rate	$C/N_{\min}$ dB	$Fd_{\max}$ Hz	$Fd_{3dB}$	200 MHz	500 MHz	800 MHz	$C/N_{\min}$ dB	$Fd_{\max}$ Hz	$Fd_{3dB}$	200 MHz	500 MHz	800 MHz
QPSK	6,03	1/2	16,0	400	400	2 160	864	540	16,0	100	100	540	216	135
QPSK	8,04	2/3	19,0	400	320	1 728	691	432	19,0	100	80	432	173	108
16 QAM	12,06	1/2	21,0	400	300	1 620	648	405	21,0	100	75	405	162	101
16 QAM	16,09	2/3	24,0	240	200	1 080	432	270	24,0	60	50	270	108	68
64 QAM	18,10	1/2	26,0	220	180	972	389	243	26,0	55	45	243	97	61
64 QAM	24,13	2/3	30,0	120	100	540	216	135	30,0	30	25	135	54	34

Der Diversityempfänger sollte die in Tabelle 22 angegebenen Leistungswerte aufweisen. Diese Tabelle ähnelt Tabelle 21, berücksichtigt jedoch einen Diversity-Verstärkungsfaktor von 8 dB für C/N. Die Doppler-Leistungswerte basieren auf einer Anwendungsfall-Analyse mit einer Zielgeschwindigkeit von 180 km/h in der 8k-Betriebsart bei hohen UHF-Kanälen. Für Betriebsarten, in denen dies nicht mit Empfängern, die dem Stand der Technik entsprechen, erreicht werden kann, ist ein niedrigerer praktikabler Wert angegeben.

**Tabelle 22 – C/N (dB) für 5 % ESR in mobilen Kanälen für Diversityempfänger**

Schutzintervall = 1/4			2k			Geschwindigkeit bei $Fd_{3dB}$ km/h			8k			Geschwindigkeit bei $Fd_{3dB}$ km/h		
Modulation	Bitrate Mbit/s	Code-rate	$C/N_{\min}$ dB	$Fd_{\max}$ Hz	$Fd_{3dB}$	200 MHz	500 MHz	800 MHz	$C/N_{\min}$ dB	$Fd_{\max}$ Hz	$Fd_{3dB}$	200 MHz	500 MHz	800 MHz
QPSK	6,03	1/2	8	560	560	3 024	1 210	756	8	140	140	756	302	189
QPSK	8,04	2/3	11	520	500	2 700	1 080	675	11	130	125	675	270	169
16 QAM	12,06	1/2	13	520	500	2 700	1 080	675	13	130	125	675	270	169
16 QAM	16,09	2/3	16	460	440	2 376	950	594	16	115	110	594	238	149
64 QAM	18,10	1/2	20	420	400	2 160	864	540	20	105	100	540	216	135
64 QAM	24,13	2/3	22	400	380	2 052	821	513	22	100	95	513	205	128

### 10.7.5 DVB-H-CIN-Leistungswerte im portablen Kanal

Der DVB-H-Empfänger sollte die in Tabelle 23 angegebenen Leistungswerte aufweisen, wenn Rauschen ( $N$ ) und Dopplerverschiebung ( $Fd$ ) zusammen mit dem Nutzsignalträger ( $C$ ) in mobilen Kanälen, wie in 10.6.3 festgelegt, angelegt wird. Die Leistungswerte sind für das Schutzintervall (1/4) angegeben. Die C/N-Leistungswerte basieren auf marktüblichen DVB-H-Empfängern, die dem Stand der Technik entsprechen, mit einer Implementierungsspanne von 2 dB. Die Doppler-Leistungswerte sind abgeleitet von einer Anwendungsfall-Analyse mit einer Zielgeschwindigkeit von 180 km/h in der 8k-Betriebsart bei 750 MHz. Dies entspricht einer Dopplerfrequenz von 100 Hz. Die 4k- und die 2k-Dopplerleistung wird durch Multiplikation der 8k-Leistung mit 2 und mit 4 erreicht.

**Tabelle 23 – DVB-H CIN (dB) für 5 % MFER im portablen Kanal**

Schutzintervall = 1/4			2k		Geschwindigkeit bei $Fd_{3dB}$ km/h		4k		Geschwindigkeit bei $Fd_{3dB}$ km/h		8k		Geschwindigkeit bei $Fd_{3dB}$ km/h	
Modulation	Code-rate	MPE-FEC CR	$CIN_{min}$ dB	$Fd_{3dB}$ Hz	474 MHz	746 MHz	$CIN_{min}$ dB	$Fd_{3dB}$ Hz	474 MHz	746 MHz	$CIN_{min}$ dB	$Fd_{3dB}$ Hz	474 MHz	746 MHz
QPSK	1/2	1/2	8,5	400	911	579	8,5	200	456	290	8,5	100	228	145
		2/3	9,0	400	911	579	9,0	200	456	290	9,0	100	228	145
		3/4	9,5	400	911	579	9,5	200	456	290	9,5	100	228	145
		5/6	10,0	400	911	579	10,0	200	456	290	10,0	100	228	145
		7/8	10,5	400	911	579	10,5	200	456	290	10,5	100	228	145
QPSK	2/3	2/3	12,0	400	911	579	12,0	200	456	290	12,0	100	228	145
		3/4	12,5	400	911	579	12,5	200	456	290	12,5	100	228	145
		5/6	13,5	400	911	579	13,5	200	456	290	13,5	100	228	145
		7/8	14,5	400	911	579	14,5	200	456	290	14,5	100	228	145
		16 QAM	1/2	2/3	15,0	400	911	579	15,0	200	456	290	15,0	100
3/4	15,5	400		911	579	15,5	200	456	290	15,5	100	228	145	
5/6	16,5	400		911	579	16,5	200	456	290	16,5	100	228	145	
7/8	17,5	400		911	579	17,5	200	456	290	17,5	100	228	145	
16 QAM	2/3	2/3		18,0	380	866	550	18,0	190	433	275	18,0	95	216
3/4		18,5	380	866	550	18,5	190	433	275	18,5	95	216	138	
5/6		19,5	380	866	550	19,5	190	433	275	19,5	95	216	138	
7/8		20,5	380	866	550	20,5	190	433	275	20,5	95	216	138	
64 QAM		1/2	5/6	21,5	200	456	290	21,5	100	228	145	21,5	50	114
7/8	22,5		200	456	290	22,5	100	228	145	22,5	50	114	73	
64 QAM	2/3	2/3	25,0	120	273	174	25,0	60	137	87	25,0	30	68	43
		3/4	25,5	120	273	174	25,5	60	137	87	25,5	30	68	43
		5/6	27,0	120	273	174	27,0	60	137	87	27,0	30	68	43

## 10.8 Mindest- und Höchst-Signalpegel für den Empfängereingang

### 10.8.1 Eigenrauschen

Empfänger der Endgeräte-Kategorien a und b1 sollten am RF-Bezugspunkt beim Empfindlichkeitspegel in jeder DVB-T/H-Betriebsart ein Gesamt-Rauschmaß von 6 dB oder weniger haben. Empfänger der Endgeräte-Kategorien b2 und c ohne GSM-Sperrfilter (vgl. Bild 1) sollten am RF-Bezugspunkt ein Gesamt-Rauschmaß von 4 dB oder weniger haben. Empfänger der Endgeräte-Kategorie c mit GSM-Sperrfilter sollten am RF-Bezugspunkt ein Gesamt-Rauschmaß von 6 dB oder weniger haben.

Ein Rauschmaß von 4 dB entspricht den folgenden Leistungspegeln des Eigenrauschens (siehe auch A.4):

$$P_n = -101,2 \text{ dB(mW)} \text{ [für 8-MHz-Kanäle, BW = 7,61 MHz]}$$

$$P_n = -101,7 \text{ dB(mW)} \text{ [für 7-MHz-Kanäle, BW = 6,66 MHz]}$$

$$P_n = -102,4 \text{ dB(mW)} \text{ [für 6-MHz-Kanäle, BW = 5,71 MHz]}$$

Ein Rauschmaß von 6 dB entspricht den folgenden Leistungspegeln des Eigenrauschens:

$$P_n = -99,2 \text{ dB(mW)} \text{ [für 8-MHz-Kanäle, BW = 7,61 MHz]}$$

$$P_n = -99,7 \text{ dB(mW)} \text{ [für 7-MHz-Kanäle, BW = 6,66 MHz]}$$

$$P_n = -100,4 \text{ dB(mW)} \text{ [für 6-MHz-Kanäle, BW = 5,71 MHz]}$$

### 10.8.2 Mindest-Eingangspiegel (Empfindlichkeit)

Am RF-Bezugspunkt sollte der Empfänger mindestens das Fehlerpunkt-Kriterium a für DVB-T und das Fehlerpunkt-Kriterium d für DVB-H für die gewünschten Signalpegel größer als  $P_{\min}$  und kleiner als  $P_{\max}$  liefern (siehe 10.8.3).

Für Endgeräte der Endgeräte-Kategorien b2 und c ohne GSM-Sperrfilter:

$$P_{\min} = -101,2 \text{ dB(mW)} + C/N \text{ [dB]} \text{ [für 8 MHz]}$$

$$P_{\min} = -101,7 \text{ dB(mW)} + C/N \text{ [dB]} \text{ [für 7 MHz]}$$

$$P_{\min} = -102,4 \text{ dB(mW)} + C/N \text{ [dB]} \text{ [für 6 MHz]}$$

Für Endgeräte der Endgeräte-Kategorien a, b2 und c mit GSM-Sperrfilter:

$$P_{\min} = -99,2 \text{ dB(mW)} + C/N \text{ [dB]} \text{ [für 8 MHz]}$$

$$P_{\min} = -99,7 \text{ dB(mW)} + C/N \text{ [dB]} \text{ [für 7 MHz]}$$

$$P_{\min} = -100,4 \text{ dB(mW)} + C/N \text{ [dB]} \text{ [für 6 MHz]}$$

Dabei wird  $C/N$  in 10.7.1 festgelegt wird und hängt von der DVB-T/H-Betriebsart ab. Für DVB-T und DVB-H sollten unterschiedliche Tabellen verwendet werden.

### 10.8.3 Maximale Gesamtleistung von Nutzsignalen und unerwünschten Signalen

#### 10.8.3.1 Für Endgeräte der Kategorie a

Die Ausführung des Empfängers muss so ausgelegt sein, dass die höchste Gesamtleistung von Nutzsignalen und Störsignalen am Referenzpunkt des Empfängers innerhalb des gesamten zu empfangenden Frequenzbereichs mindestens  $-15 \text{ dB(mW)}$  beträgt.

### 10.8.3.2 Für Endgeräte der Kategorien b und c

Die Ausführung des Empfängers muss so ausgelegt sein, dass die höchste Gesamtleistung von Nutzsignalen und Störsignalen am Referenzpunkt des Empfängers innerhalb des gesamten zu empfangenden Frequenzbereichs mindestens  $-25$  dB(mW) beträgt.

### 10.8.4 Maximale Eingangspegel für Nutzsignale und unerwünschte Signale

Der zulässige höchste Eingangspegel am RF-Bezugspunkt hängt von den Antennencharakteristiken und den Linearitätsanforderungen ab, die durch Leistungsaufnahme eingeschränkt werden und sich deshalb für verschiedene Endgeräte-Kategorien unterscheiden.

In diesem Unterabschnitt und in 10.9 wird der analoge Störpegel als Spitzenwert des Synchronisations-Leistungspegels definiert.

#### 10.8.4.1 Für Endgeräte der Kategorien a und b1

Der Empfänger muss in der Lage sein, die DVB-T-Nutzsignale bis zu einem Pegel von  $-18$  dB(mW) zu verarbeiten, während er die angegebenen Leistungswerte liefert, wenn keine weiteren Störsignale am Eingang vorhanden sind. Maximal zugelassener Pegel von analogen oder digitalen Störsignalen entsprechend den Prüfmustern S1 ( $n \pm 1$ ), S2 ( $n \pm 1$ ), L1, L2, L3 und L4 ist  $-25$  dB(mW). Maximal zugelassene Pegel von analogen oder digitalen Störsignalen entsprechend den Prüfmustern S1 ( $n \pm m, m \neq 1$ ) und S2 ( $n \pm m, m \neq 1$ ) ist  $-18$  dB(mW). Alle Pegel sind für in allen DVB-T/H-Betriebsarten arbeitende Empfänger gültig. Maximale Eingangspegel für Endgeräte-Kategorien a und b1 sind in Tabelle 24 gezeigt.

**Tabelle 24 – Maximale Eingangspegel für Endgeräte-Kategorien a und b1**

Nutzsignal $P_{\max}$ dB(mW)	Störsignal-Prüfmuster $P_{\max}$ dB(mW) für größte Störung		
	S1 ( $n \pm 1$ ) S2 ( $n \pm 1$ )	L1, L2, L3, L4	S1 ( $n \pm m, m \neq 1$ ) S2 ( $n \pm m, m \neq 1$ )
$n$			
$-18$	kein Signal	kein Signal	kein Signal
siehe 10.8.3.1 und 10.8.3.2	$-25$	$-25$	$-18$

#### 10.8.4.2 Für Endgeräte der Kategorien b2 und c

Der Empfänger muss in der Lage sein, die DVB-T-Nutzsignale bis zu einem Pegel von  $-28$  dB(mW) zu verarbeiten, während er die angegebenen Leistungswerte liefert, wenn keine weiteren Störsignale am Eingang vorhanden sind. Maximal tolerierter Pegel von analogen oder digitalen Störsignalen entsprechend den Mustern S1 ( $n \pm 1$ ), S2 ( $n \pm 1$ ), L1, L2, L3 und L4 ist  $-35$  dB(mW). Maximal tolerierte Pegel von analogen oder digitalen Störsignalen entsprechend den Mustern S1 ( $n \pm m, m \neq 1$ ), S2 ( $n \pm m, m \neq 1$ ) ist  $-28$  dB(mW). Alle Pegel sind für unter allen DVB-T/H-Betriebsarten arbeitende Empfänger gültig. Maximale Eingangspegel für Endgeräte-Kategorien b2 und c sind in Tabelle 25 gezeigt.

**Tabelle 25 – Maximale Eingangspegel für Endgeräte-Kategorien b2 und c**

Nutzsignal $P_{\max}$ dB(mW)	Störsignal-Prüfmuster $P_{\max}$ dB(mW) für größte Störung		
	S1 ( $n \pm 1$ ) S2 ( $n \pm 1$ )	L1, L2, L3, L4	S1 ( $n \pm m, m \neq 1$ ) S2 ( $n \pm m, m \neq 1$ )
$n$			
$-28$	kein Signal	kein Signal	kein Signal
siehe 10.8.3.2	$-35$	$-35$	$-28$

## 10.9 Störfestigkeit gegen analoge und/oder digitale Signale in anderen Kanälen

### 10.9.1 Allgemeines

Herkömmliche Störfestigkeit gegen analoge und digitale Signale wurde mit einfachen einzelnen Prüfmustern der Störer definiert. Es wurde entweder ein digitales oder ein analoges störendes Signal eingeführt und dann das Schutzverhältnis zu dem Nutzsignal definiert. Die Bedingungen des Feldbetriebes, bei dem verschiedene Störsignale vorhanden sind, werden dadurch nicht sehr genau repräsentiert. Auch bezüglich der Linearität ist die Messung mit Einzelstörungen höchstwahrscheinlich nicht anspruchsvoll genug. Deshalb wird zusätzlich zur Messung mit Einzelstörungen für die Prüfung ein vollständiger Satz von störenden Prüfmustern vorgeschlagen.

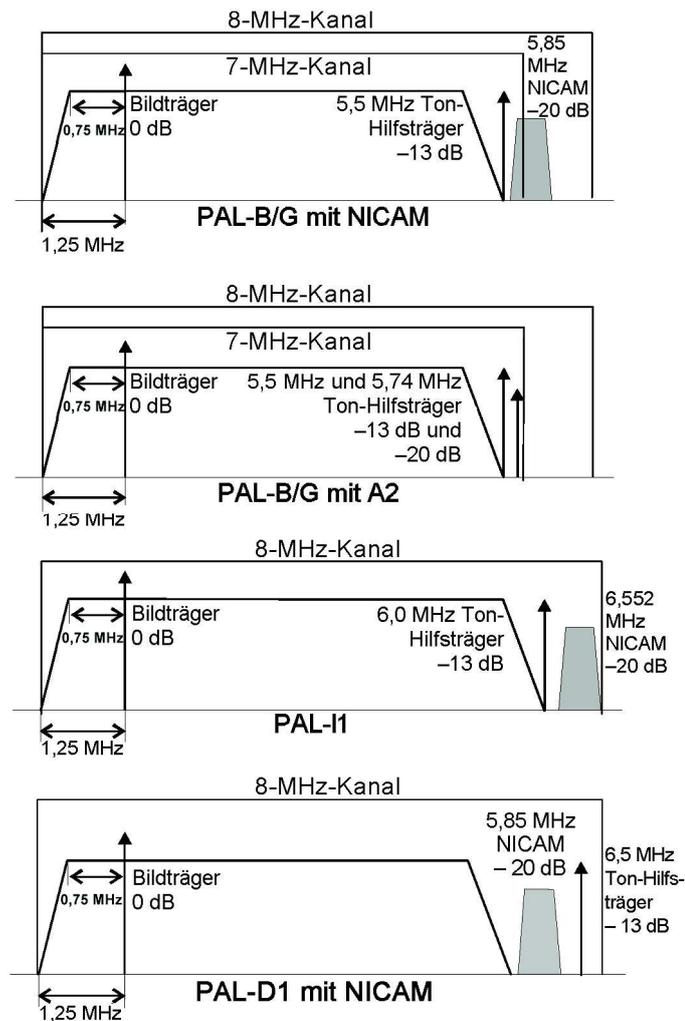
Es wurden zwei unterschiedliche Sätze von Störungs-Prüfmustern definiert. Im ersten Satz aus zwei klassischen Einzel-Prüfmustern wird hauptsächlich die Trennschärfe des Empfängers geprüft, im zweiten Satz die Linearität des Empfängers mit zwei Störern.

Es wurde kein zusätzliches Rauschen hinzugefügt und das Kanalprofil entspricht dem Gaußschen Kanalprofil.

### 10.9.2 Definitionen der Störsignale

#### 10.9.2.1 PAL-B/G/I1

Bild 9 zeigt die PAL-B/G/I1-Störsignale. Modulierende Signale sind: 75 % Farbbalken für den Bildträger und 1 kHz FM-Ton mit  $\pm 50$  kHz Frequenzhub und einer beliebigen Modulation für NICAM. Der Pegel des FM-Tonträgers bezogen auf den Bildträger liegt bei  $-13$  dB. Der Pegel des NICAM-Signals bezogen auf den analogen Bildträger liegt bei  $-20$  dB. Man beachte, dass der Roll-off-Faktor des Filters für PAL-B/G NICAM 40 % und PAL-I1 NICAM 100 % beträgt.

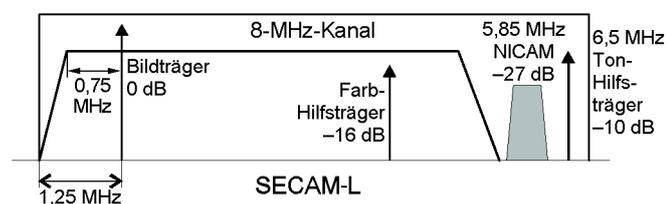


ANMERKUNG PAL-D/K ist sehr ähnlich, jedoch ohne NICAM.

**Bild 9 – PAL-Störsignale**

### 10.9.2.2 SECAM-L

Bild 10 zeigt das in ITU-R BT.1701 festgelegte SECAM-L-Störsignal.



**Bild 10 – SECAM-L-Störsignal**

Modulierende Signale sind: 75 % Farbbalken für den Bildträger, 1 kHz mit 54 % AM für den AM-Tonträger und einer beliebigen Modulation für NICAM. Der Pegel des AM-Tonsubträgers bezogen auf den Bildträger liegt bei -10 dB. Der Pegel des NICAM-Signals bezogen auf den Bildträger liegt bei -27 dB. Man beachte, dass der Roll-off-Faktor des Filters für SECAM-L-NICAM 40 % beträgt.

### 10.9.2.3 DVB-T/H

Das DVB-T/H-Signal entspricht ETSI EN 300744 „Digitaler Fernseh Rundfunk (DVB) – Rahmenstruktur, Kanalcodierung und Modulation für das digitale terrestrische Fernsehen“.

### 10.9.2.4 Anzahl der Signale

Aus praktischen Gründen wurde die Anzahl der störenden Signale auf zwei beschränkt. Es gelten auch andere Beschränkungen:

- Zwei analoge Kanäle können nicht unmittelbar nebeneinander liegen.
- Der Pegelunterschied zwischen unmittelbar nebeneinander liegenden analogen und digitalen Kanälen kann mindestens 15 dB (digitaler Kanal mit niedrigerem Pegel) betragen. Wenn der Unterschied geringer ist, wird das analoge Bild gestört.

### 10.9.3 Prüfmuster für Selektivität

Für die Prüfung der Selektivität des Empfängers werden folgende zwei Prüfmuster benutzt:

- Prüfmuster S1, ein benachbartes analoges Signal bei  $N \pm 1$  oder  $N \pm m$  oder Bild;
- Prüfmuster S2, ein benachbartes digitales DVB-T-Signal bei  $N \pm 1$  oder  $N \pm m$  oder Bild.

Die Prüfmuster werden in den Bildern 11 und 12 gezeigt.

### 10.9.4 Prüfmuster für Linearität

Für die Prüfung der Linearität des Empfängers werden die folgenden vier Prüfmuster benutzt. Es ist zu beachten, dass ähnliche Fälle wie die beschriebenen L1 bis L3  $N + 2/N + 4$  alle  $N + n/N + 2n$  sind. Dabei ist  $n \in \{1, 2, \dots, 24\}$ .

- Prüfmuster L1,  $N + 2$  DVB-T und  $N + 4$  analog
- Prüfmuster L2,  $N + 2$  und  $N + 4$  analog
- Prüfmuster L3,  $N + 2$  und  $N + 4$  digital
- Prüfmuster L4, analog in VHF III und digital in UHF

Die Prüfmuster werden in den Bildern 13, 14 und 15 gezeigt.

### 10.9.5 Störfestigkeit gegen Prüfmuster S1

Dieses Prüfmuster hat zusätzlich zu dem DVB-T/H-Nutzsignal im Kanal  $N$  ein analoges Signal im Kanal  $N \pm 1$  oder  $N \pm m$ .

Der DVB-T-Empfänger muss die Bezugs-*BER* und der DVB-H-Empfänger 5 % *MFER* liefern, wenn das Störsignal den höchsten zulässigen Pegel erreicht hat und das Nutzsignal einen  $a$  dB niedrigeren Pegel, wobei der Wert für  $a$  in den Tabellen 26 und 27 angegeben wird. Diesen Leistungswert gibt es nur, wenn die Beschränkungen für den Eingangspegel von 10.8.4 gelten. Die DVB-H-Werte gelten für MPE-FEC-Code-raten.

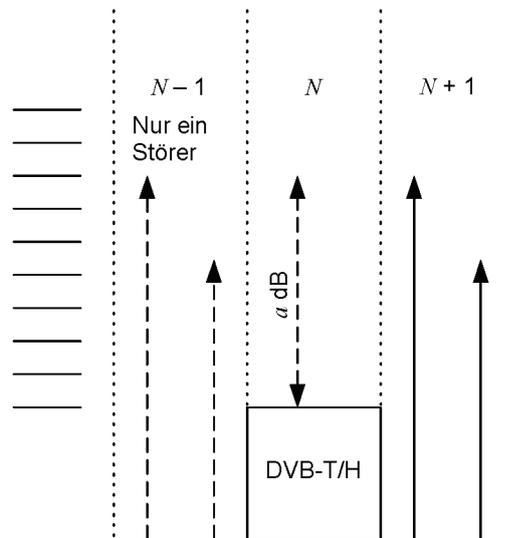


Bild 11 – Prüfmuster S1 bei  $N + 1$  oder  $N - 1$

Tabelle 26 – Störfestigkeit gegen Prüfmuster S1 für DVB-T

Betriebsart	$a [N \pm 1]$ PAL-G oder I1	$a [N \pm 1]$ PAL-B <sup>a</sup>	$a [N - 1]$ SECAM-L PAL-D1 <sup>b</sup>	$a [N + 1]$ SECAM-L PAL-D1 <sup>b</sup>	$a [N \pm m]$ [ $m \neq 1$ ] SECAM-L	$a [N \pm m]$ [ $m \neq 1$ ] PAL- B/G/I1/D1 <sup>b</sup>
2k/8k 16 QAM $CR = 1/2$ $GI = All$	38 dB	36 dB	30 dB	36 dB	48 dB	48 dB
2k/8k 16 QAM $CR = 2/3$ $GI = All$	38 dB	36 dB	30 dB	36 dB	48 dB	48 dB
2k/8k 16 QAM $CR = 3/4$ $GI = All$	37 dB	35 dB	29 dB	35 dB	48 dB	48 dB
2k/8k 64 QAM $CR = 2/3$ $GI = All$	35 dB	33 dB	27 dB	33 dB	45 dB	46 dB
2k/8k 64 QAM $CR = 3/4$ $GI = All$	35 dB	33 dB	27 dB	33 dB	42 dB	43 dB

<sup>a</sup> Es ist zu beachten: Bei PAL-B  $N - 1$  mit NICAM-Ton kann der digitale Kanal von  $N$  wegen der Überlappung der Spektren ohne Offset nicht benutzt werden.

<sup>b</sup> Es ist zu beachten, dass die Werte für PAL-D1 vorläufig sind. Der Leistungswert von PAL-D/K ist dem von D1 ähnlich. Andere analoge Störsignale können zukünftig berücksichtigt werden.

Tabelle 27 – Störfestigkeit gegen Prüfmuster S1 für DVB-H

Betriebsart	$a [N \pm 1]$ PAL-G oder I1	$a [N \pm 1]$ PAL-B <sup>a</sup>	$a [N - 1]$ SECAM-L PAL-D1 <sup>b</sup>	$a [N + 1]$ SECAM-L PAL-D1 <sup>b</sup>	$a [N \pm m]$ [ $m \neq 1$ ] SECAM-L	$a [N \pm m]$ [ $m \neq 1$ ] PAL- B/G/I1/D1 <sup>b</sup>
2k/4k/8k QPSK $CR = 1/2$ $GI = All$	40 dB	38 dB	32 dB	38 dB	50 dB	50 dB
2k/4k/8k QPSK $CR = 2/3$ $GI = All$	40 dB	38 dB	32 dB	38 dB	50 dB	50 dB
2k/4k/8k 16 QAM $CR = 1/2$ $GI = All$	40 dB	38 dB	32 dB	38 dB	50 dB	50 dB
2k/4k/8k 16 QAM $CR = 2/3$ $GI = All$	40 dB	38 dB	32 dB	38 dB	50 dB	50 dB
2k/4k/8k 16 QAM $CR = 3/4$ $GI = All$	39 dB	37 dB	31 dB	37 dB	50 dB	50 dB
2k/4k/8k 64 QAM $CR = 1/2$ $GI = All$	37 dB	35 dB	29 dB	35 dB	47 dB	48 dB
2k/4k/8k 64 QAM $CR = 2/3$ $GI = All$	37 dB	35 dB	29 dB	35 dB	44 dB	45 dB

<sup>a</sup> Es ist zu beachten: Bei PAL-B  $N - 1$  mit NICAM-Ton kann der digitale Kanal von  $N$  wegen der Überlappung der Spektren ohne Offset nicht benutzt werden.

<sup>b</sup> Es ist zu beachten, dass die Werte für PAL-D1 vorläufig sind. Der Leistungswert von PAL-D/K ist dem von D1 ähnlich. Andere analoge Störsignale können zukünftig berücksichtigt werden.

### 10.9.6 Störfestigkeit gegen Prüfmuster S2

Dieses Prüfmuster hat zusätzlich zum DVB-T/H-Nutzsignal im Kanal  $N$  ein digitales DVB-T/H-Signal im Kanal  $N \pm 1$  oder Kanal  $N \pm m$ . Der Bildkanal ist ein Spezialfall, bei dem  $m = +9$  ist.

Der DVB-T-Empfänger muss die Bezugs-BER und der DVB-H-Empfänger 5 % MFER liefern, wenn das Störsignal den höchsten zulässigen Pegel erreicht hat und das Nutzsignal einen  $a$  dB niedrigeren Pegel, wobei der Wert für  $a$  in den Tabellen 28 und 29 angegeben wird. Diesen Leistungswert gibt es nur, wenn für den Eingangspegel die Beschränkungen nach 10.8.4 gelten. Die DVB-H-Werte gelten für MPE-FEC-Code-raten.

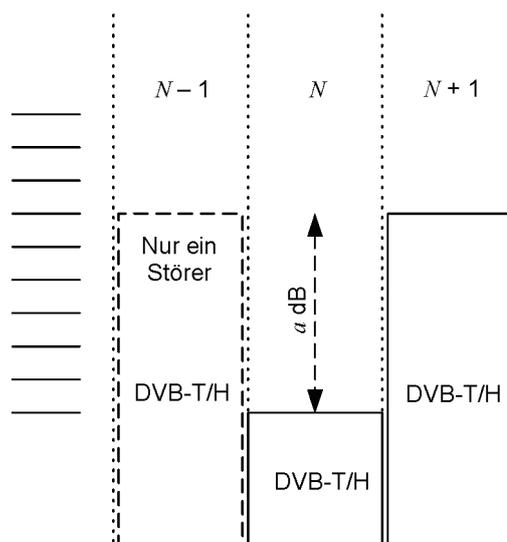


Bild 12 – Prüfmuster S2 bei  $N + 1$  oder  $N - 1$

**Tabelle 28 – Störfestigkeit gegen Muster S2 für DVB-T**

Betriebsart	$a [N \pm 1]$	$a [N \pm m (m \neq 1)$ außer $m = + 9]$	$a [N + 9]$
2k/8k 16 QAM $CR = 1/2$ $GI = All$	29 dB	40 dB	39 dB
2k/8k 16 QAM $CR = 2/3$ $GI = All$	29 dB	40 dB	36 dB
2k/8k 16 QAM $CR = 3/4$ $GI = All$	29 dB	40 dB	35 dB
2k/8k 64 QAM $CR = 2/3$ $GI = All$	27 dB	40 dB	31 dB
2k/8k 64 QAM $CR = 3/4$ $GI = All$	27 dB	40 dB	29 dB
ANMERKUNG $N + 9$ ist eine gemeinsame Bildfrequenz.			

**Tabelle 29 – Störfestigkeit gegen Muster S2 für DVB-H**

Betriebsart	$a [N \pm 1]$	$a [N \pm m (m \neq 1)$ außer $m = + 9]$	$a [N + 9]$
2k/4k/8k 16 QAM $CR = 1/2$ $GI = All$	31 dB	42 dB	41 dB
2k/4k/8k 16 QAM $CR = 2/3$ $GI = All$	31 dB	42 dB	38 dB
2k/4k/8k 16 QAM $CR = 3/4$ $GI = All$	31 dB	42 dB	37 dB
2k/4k/8k 64 QAM $CR = 1/2$ $GI = All$	29 dB	42 dB	33 dB
2k/4k/8k 64 QAM $CR = 2/3$ $GI = All$	29 dB	42 dB	31 dB
ANMERKUNG $N + 9$ ist eine gemeinsame Bildfrequenz.			

### 10.9.7 Störfestigkeit gegen Prüfmuster L1

Dieses Prüfmuster hat zusätzlich zum DVB-T/H-Nutzsignal im Kanal  $N$  ein analoges Signal im Kanal  $N + 4$  und ein digitales Signal im Kanal  $N + 2$ .

Der DVB-T-Empfänger muss die Bezugs- $BER$  und der DVB-H-Empfänger 5 %  $MFER$  liefern, wenn das Störsignal den höchsten zulässigen Pegel erreicht hat und das Nutzsignal einen  $a$  dB niedrigeren Pegel, wobei der Wert für  $a$  in den Tabellen 30 und 31 angegeben wird.

Diesen Leistungswert gibt es nur, wenn für den Eingangspegel die Beschränkungen nach 10.8.4 gelten.

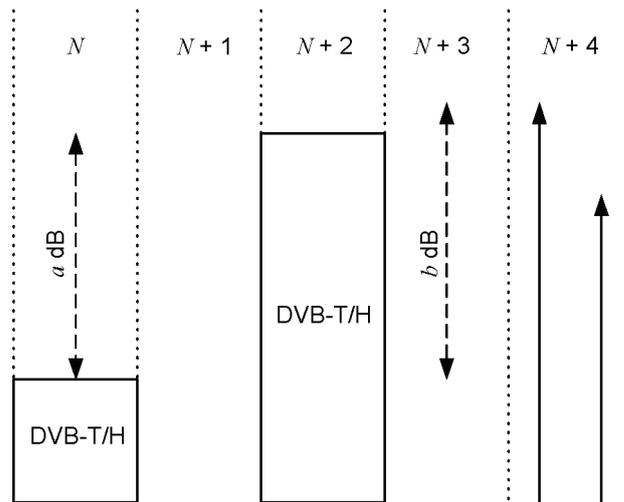


Bild 13 – Prüfmuster L1

Tabelle 30 – Störfestigkeit gegen Prüfmuster L1 für DVB-T

Betriebsart	$a [N + 2]$	$b [N + 4]$
2k/8k 16 QAM $CR = 1/2$ $GI = All$	40 dB	45 dB
2k/8k 16 QAM $CR = 2/3$ $GI = All$	40 dB	45 dB
2k/8k 16 QAM $CR = 3/4$ $GI = All$	36 dB	41 dB
2k/8k 64 QAM $CR = 2/3$ $GI = All$	32 dB	37 dB

Tabelle 31 – Störfestigkeit gegen Prüfmuster L1 für DVB-H

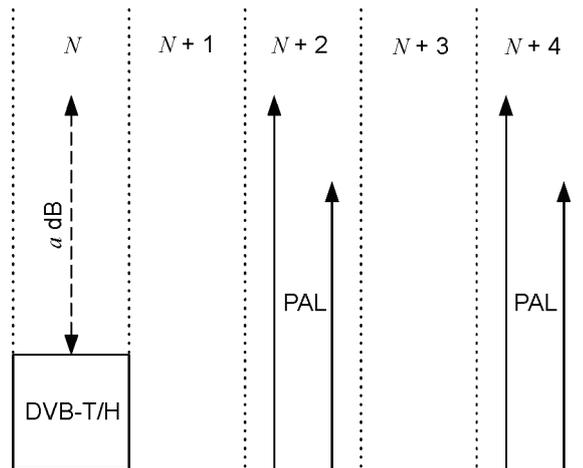
Betriebsart	$a [N + 2]$	$b [N + 4]$
2k/4k/8k QPSK $CR = 1/2$ $GI = All$	42 dB	47 dB
2k/4k/8k QPSK $CR = 2/3$ $GI = All$	42 dB	47 dB
2k/4k/8k 16 QAM $CR = 1/2$ $GI = All$	42 dB	47 dB
2k/4k/8k 16 QAM $CR = 2/3$ $GI = All$	42 dB	47 dB

### 10.9.8 Störfestigkeit gegen Prüfmuster L2

Dieses Prüfmuster hat zusätzlich zum DVB-T/H-Nutzsignal im Kanal  $N$  ein analoges Signal im Kanal  $N + 4$  und ein weiteres analoges Signal im Kanal  $N + 2$ .

Der DVB-T-Empfänger muss die Bezugs- $BER$  und der DVB-H-Empfänger 5 %  $MFER$  liefern, wenn das Störsignal den höchsten zulässigen Pegel erreicht hat und das Nutzsignal einen  $a$  dB niedrigeren Pegel, wobei der Wert für  $a$  in den Tabellen 32 und 33 angegeben wird.

Die Leistungswerte gibt es nur, wenn für den Eingangspegel die Beschränkungen nach 10.8.4 gelten.



**Bild 14 – Prüfmuster L2**

**Tabelle 32 – Störfestigkeit gegen Prüfmuster L2 für DVB-T**

Betriebsart	$a$ [ $N+2$ und $N+4$ ]
2k/8k 16 QAM $CR = 1/2$ $GI = All$	45 dB
2k/8k 16 QAM $CR = 2/3$ $GI = All$	45 dB
2k/8k 16 QAM $CR = 3/4$ $GI = All$	41 dB
2k/8k 64 QAM $CR = 2/3$ $GI = All$	37 dB

**Tabelle 33 – Störfestigkeit gegen Prüfmuster L2 für DVB-H**

Betriebsart	$a$ [ $N+2$ und $N+4$ ]
2k/4k/8k QPSK $CR = 1/2$ $GI = All$	47 dB
2k/4k/8k QPSK $CR = 2/3$ $GI = All$	47 dB
2k/4k/8k 16 QAM $CR = 1/2$ $GI = All$	47 dB
2k/4k/8k 16 QAM $CR = 2/3$ $GI = All$	47 dB

### 10.9.9 Störfestigkeit gegen Prüfmuster L3

Dieses Prüfmuster hat zusätzlich zum DVB-T-Nutzsignal im Kanal  $N$  ein digitales DVB-T/H-Signal im Kanal  $N+4$  und ein weiteres digitales DVB-T/H-Signal im Kanal  $N+2$ .

Der DVB-T-Empfänger muss die Bezugs- $BER$  und der DVB-H-Empfänger 5 %  $MFER$  liefern, wenn das Störsignal den höchsten zulässigen Pegel erreicht hat und das Nutzsignal einen  $a$  dB niedrigeren Pegel, wobei der Wert für  $a$  in den Tabellen 34 und 35 angegeben wird.

Die Leistungswerte gibt es nur, wenn für den Eingangspegel die Beschränkungen nach 10.8.4 gelten.

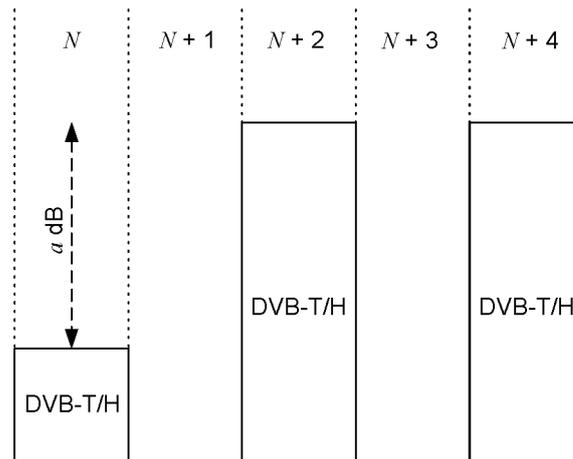


Bild 15 – Prüfmuster L3

Tabelle 34 – Störfestigkeit gegen Prüfmuster L3 für DVB-T

Betriebsart	$a$ [ $N + 2$ und $N + 4$ ]
2k/8k 16 QAM $CR = 1/2$ $GI = All$	40 dB
2k/8k 16 QAM $CR = 2/3$ $GI = All$	40 dB
2k/8k 16 QAM $CR = 3/4$ $GI = All$	36 dB
2k/8k 64 QAM $CR = 2/3$ $GI = All$	32 dB

Tabelle 35 – Störfestigkeit gegen Prüfmuster L3 für DVB-H

Betriebsart	$a$ [ $N + 2$ und $N + 4$ ]
2k//4k/8k QPSK $CR = 1/2$ $GI = All$	42 dB
2k//4k/8k QPSK $CR = 2/3$ $GI = All$	42 dB
2k//4k/8k 16 QAM $CR = 1/2$ $GI = All$	42 dB
2k//4k/8k 16 QAM $CR = 2/3$ $GI = All$	42 dB

#### 10.9.10 Störfestigkeit gegen Prüfmuster L4

Dieses Prüfmuster hat ein analoges Störsignal im VHF-Kanal  $L$  und ein digitales DVB-T/H-Störsignal im UHF-Kanal  $M$ , so dass die Summe oder die Differenz der Frequenzen der Störsignale das gewünschte DVB-T-Signal im Kanal  $N$  überlappen.

$$f(N) = f(M) \pm f(L)$$

Der DVB-T-Empfänger muss die Bezugs- $BER$  und der DVB-H-Empfänger 5 %  $MFER$  liefern, wenn das Störsignal den höchsten zulässigen Pegel erreicht hat und das Nutzsignal einen  $a$  dB niedrigeren Pegel, wobei der Wert für  $a$  in Tabelle 36 für DVB-T und in Tabelle 37 für DVB-H angegeben wird.

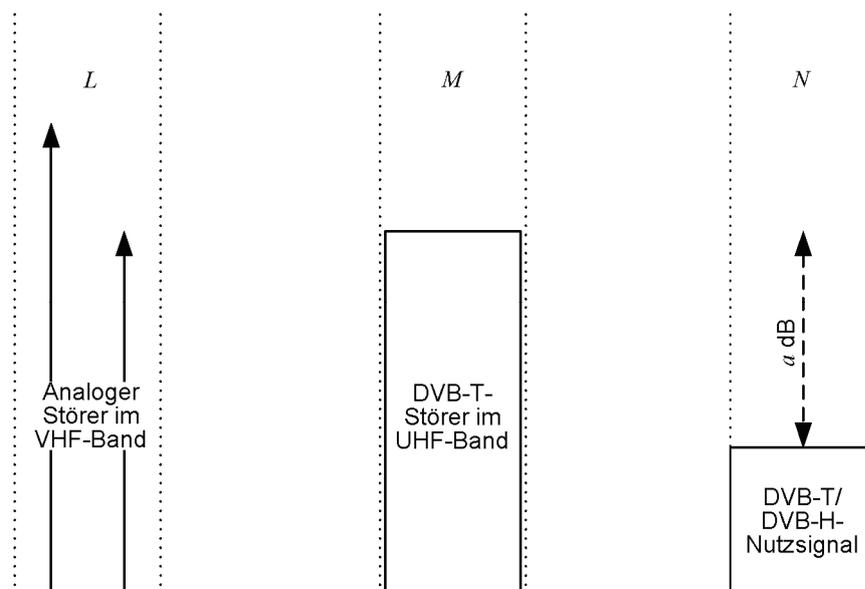
Die Leistungswerte gibt es nur, wenn für den Eingangspegel die Beschränkungen nach 10.8.4.

**Tabelle 36 – Störfestigkeit gegen Prüfmuster L4 für DVB-T**

Betriebsart	$a$
2k/8k QPSK $CR = 1/2$ $GI = All$	45 dB
2k/8k QPSK $CR = 2/3$ $GI = All$	45 dB
2k/8k 16 QAM $CR = 1/2$ $GI = All$	45 dB
2k/8k 16 QAM $CR = 2/3$ $GI = All$	45 dB

**Tabelle 37 – Störfestigkeit gegen Prüfmuster L4 für DVB-H**

Betriebsart	$a$
2k/4k/8k QPSK $CR = 1/2$ $GI = All$	47 dB
2k/4k/8k QPSK $CR = 2/3$ $GI = All$	47 dB
2k/4k/8k 16 QAM $CR = 1/2$ $GI = All$	47 dB
2k/4k/8k 16 QAM $CR = 2/3$ $GI = All$	47 dB



**Bild 16 – Prüfmuster L4**

### 10.10 Störfestigkeit gegen Gleichkanalstörung von analogen Fernsehsignalen

Die Störfestigkeit gegen Störungen von analogen Fernsehsignalen wird für DVB-T in Tabelle 38 und für DVB-H in Tabelle 39 gezeigt und als das Mindestverhältnis Störung zu Träger  $I/C$  angegeben, das für die Bezugs- $BER$  für DVB-T und 5 %  $MFER$  für DVB-H erforderlich ist.

Das störende analoge Signal ist in 10.9.1 definiert. Der digitale Signalpegel sollte  $-50$  dB(mW) betragen.

**Tabelle 38 – Unempfindlichkeit gegen Gleichkanalstörung von analogen Signalen für DVB-T**

Betriebsart	PAL-I1	PAL-B/G/D1 <sup>a</sup>	SECAM
2k/8k 16 QAM $CR = 1/2$ $GI = All$	6 dB	6 dB	5 dB
2k/8k 16 QAM $CR = 2/3$ $GI = All$	1 dB	-1 dB	0 dB
2k/8k 16 QAM $CR = 3/4$ $GI = All$	0 dB	-2 dB	-3 dB
2k/8k 64 QAM $CR = 2/3$ $GI = All$	-4 dB	-4 dB	-5 dB
2k/8k 64 QAM $CR = 3/4$ $GI = All$	-7 dB	-7 dB	-8 dB

<sup>a</sup> Es ist zu beachten, dass die Werte für PAL-D1 vorläufig sind. Der Leistungswert von PAL-D/K ist dem von D1 ähnlich. Andere analoge Störsignale können zukünftig berücksichtigt werden.

**Tabelle 39 – Unempfindlichkeit gegen Gleichkanalstörung von analogen Signalen für DVB-H**

Betriebsart	Alle analogen Störer
alle QPSK- und 16 QAM-Betriebsarten, $CR = 1/2$ und $2/3$	-4 dB

## 10.11 Verwendung von Schutzintervallen in Gleichwellennetzen

### 10.11.1 Leistungswerte mit Echo innerhalb des Schutzintervalls

Für die Betriebsarten:

{2k/4k/8k 16 QAM,  $CR = 1/2$ ,  $GI = All$ },

{2k/4k/8k 16 QAM,  $CR = 2/3$ ,  $GI = All$ },

{2k/4k/8k 64 QAM,  $CR = 2/3$ ,  $GI = All$ },

{2k/4k/8k 64 QAM,  $CR = 3/4$ ,  $GI = All$ }

muss der DVB-T-Empfänger die Bezugs-*BER* und der DVB-H-Empfänger 5 % *FER* haben, wenn der Kanal zwei statische Pfade mit relativer Laufzeit von 0,2  $\mu$ s bis zur 0,9-fachen Länge des Schutzintervalls enthält, unabhängig von der relativen Amplitude und Phase der beiden Pfade. Rauschen wird entsprechend Tabelle 40 addiert.

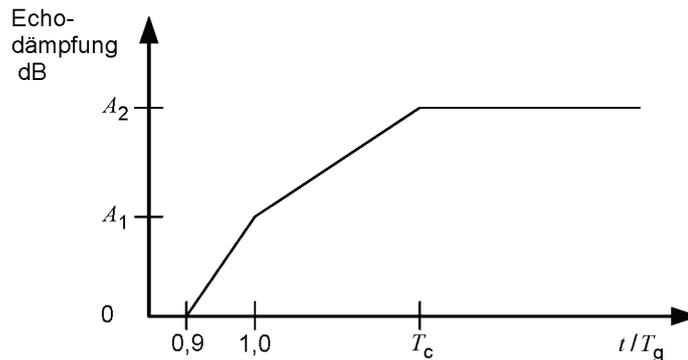
**Tabelle 40 – *CIN* für Echo innerhalb des Schutzintervalls**

Betriebsart	<i>CIN</i> dB
2k/4k/8k 16 QAM $CR = 1/2$ $GI = All$	16,3
2k/4k/8k 16 QAM $CR = 2/3$ $GI = All$	20,9
2k/4k/8k 64 QAM $CR = 2/3$ $GI = All$	26,2
2k/4k/8k 64 QAM $CR = 3/4$ $GI = All$	30,6

### 10.11.2 Leistungswerte mit Echo außerhalb des Schutzintervalls

Wenn ein Signal empfangen wird, das aus einem Hauptpfad und einem Echo mit einer Laufzeit länger als dem 0,9-fachen des Schutzintervalls besteht, muss der DVB-T-Empfänger die Bezugs-*BER* und der DVB-H-Empfänger 5 % *FER* liefern, wenn der Pegel des Echos, verglichen mit dem Hauptsignal, niedriger als die in Bild 17 gezeigte Maske ist.

Die Maske ist durch drei Punkte definiert, den Startpunkt bei  $0,9 \times T_g$ , den Knickpunkt bei  $1,0 \times T_g$  und den Eckpunkt bei  $T_c$ . Der Zeitablauf für Punkt  $T_c$  hängt von dem Schutzintervall nach Tabelle 41 ab.



**Bild 17 – Maske für Echo außerhalb des Schutzintervalls**

**Tabelle 41 – Zeitpunkt des Eckpunktes  $T_c$**

Schutzintervall	$T_c$ relativ zu $T_g$
1/4	1,1
1/8	1,3
1/16	2,0
1/32	3,1

Die Echodämpfung  $A_2$  am Punkt  $T_c$  hängt von der verwendeten Modulation ab und wird, wie in Tabelle 41 definiert, durch Addition eines Wertes  $\Delta$  zu der Anforderung an  $C/N$  der Betriebsart in dem Gaußschen Kanal berechnet. Der Wert  $\Delta$  wird in Tabelle 42 definiert.

**Tabelle 42 – Definition des Wertes  $\Delta$**

Modulation	$\Delta$ dB
QPSK	2
16 QAM	3
64 QAM	4

$A_2$  wird dann:

$$A_2 = C/N_{\text{Mode}} + \Delta$$

Die Echodämpfung  $A_1$  an dem Knickpunkt bei  $t = 1,0 \times T_g$  hängt, wie in Tabelle 43 definiert, von der verwendeten Modulation und Coderate ab.

Tabelle 43 – Definition des Knickpunktes

Modulation	Coderate	$A_1$ bei $t = 1,0 \times T_g$ dB
QPSK	1/2	1
QPSK	2/3	1
QPSK	3/4	2
16 QAM	1/2	1
16 QAM	2/3	2
16 QAM	3/4	3
64 QAM	1/2	1
64 QAM	2/3	3
64 QAM	3/4	7

Am Anfangspunkt  $t = 0,9 \times T_g$  ist das Echo immer 0 dB.

Die Definition der Maske resultiert für jedes Schutzintervall aus einer Serie von Kurven. Diese sind für alle Größen der FTT gültig. Als Beispiel sind in Bild 18 Masken für  $GI = 1/4$  gezeigt.

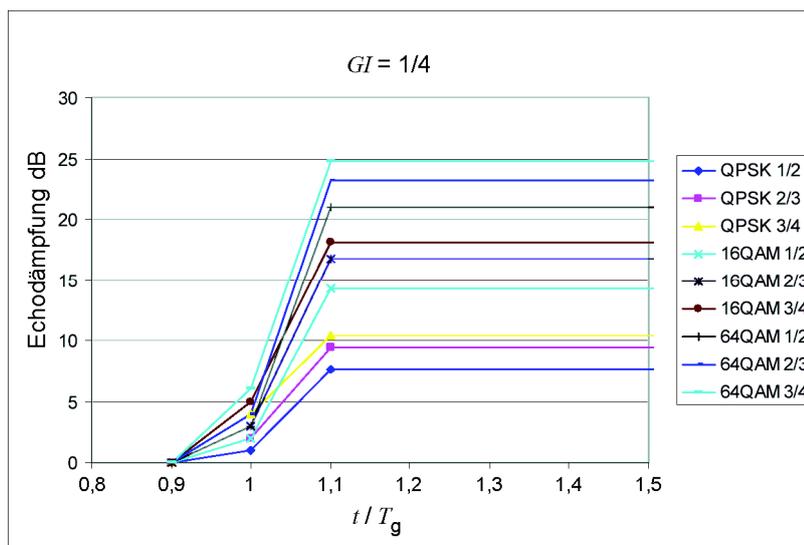


Bild 18 – Maske für Echo außerhalb  $GI$  für  $GI = 1/4$

Nützliche theoretische Hintergrundinformation und ein einfaches Modell sind in Anhang C beschrieben.

## 10.12 Verträglichkeit mit Impulsstörungen

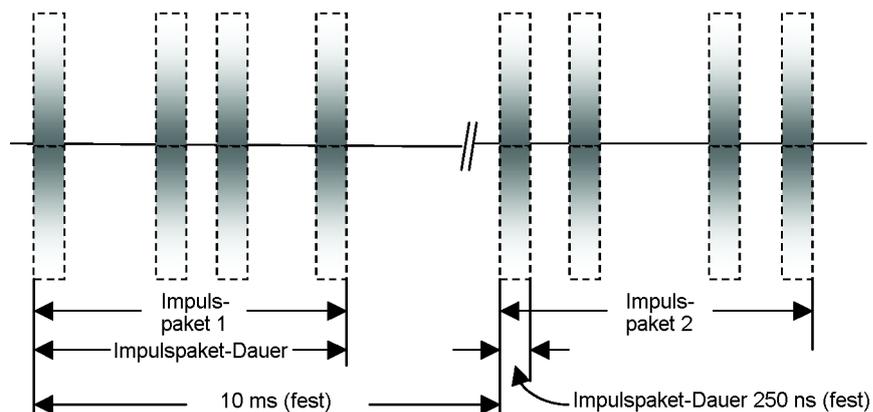
### 10.12.1 Allgemeines

Impulsstörungen unterscheiden sich von anderen Störungsformen dadurch, dass sie in kurzen Impulspaketen erzeugt werden. Die Quellen sind Zündanlagen in Kraftfahrzeugen, Hausgeräte wie Schalter und Elektromotoren. In portablen und mobilen Umgebungen erreichen die Impulsstörungen den Empfänger direkt über die Antenne. Der Schaden ist möglicherweise schwer, weil ein einzelnes Impulspaket den Datenwert eines vollständigen Symbols zerstören kann. Forschungsarbeiten über Impulsstörungen wurden hauptsächlich von der UK Digital Television Group herausgegeben. Die vorliegende Spezifikation ist das Ergebnis dieser Arbeit.

### 10.12.2 Prüfmuster

Es werden verschiedene Prüfsignale definiert, die getastete Impulspakete Gaußschen Rauschens enthalten. Die theoretische Verträglichkeit des Standardempfängers mit diesem Rauschen kann wie folgt berechnet werden. Die Störleistung wird über eine Symbolperiode integriert; dann wird die Energie des Nutzsymbols innerhalb der Symbolperiode durch diese Zahl dividiert. Sollte das Ergebnis unter die  $C/N$ -Mindestanforderungen für die betreffende Modulations-Betriebsart fallen, dann versagt das System.

Sechs verschiedene Prüfmuster wurden definiert. Bild 19 verdeutlicht die mit den Prüfmuster verwendete Terminologie.



Die Anzahl der Impulse pro Impulspaket ist definiert, aber der Abstand zwischen den Impulsen darf zwischen gegebenen Maximal- und Minimalwerten zufällig sein.

**Bild 19 – Definition der Prüfmuster für Impulsstörungen**

Jedes Impulspaket ist, verglichen mit der Symbolperiode, relativ kurz, so dass die meisten Impulspakete nur auf ein einzelnes Symbol wirken. Die Trennung zwischen den Impulsen ist genügend groß, um sich wie isolierte Ereignisse zu verhalten: Jeder aus dem ersten Impulspaket sich ergebende Fehler ist von dem System in der Zeit, während das zweite Impulspaket empfangen wird, entfernt worden.

Alle Impulse werden durch Auftasten einer Quelle für Gaußsches Rauschen mit der Leistung  $P$  gewonnen. Daher ist die Rauschenergie in einem Impulspaket das Produkt von  $P$  und der Gesamtdauer der Torimpulse  $T_e$  innerhalb des Impulspaketes. Da die Gesamt-Signalenergie das Produkt der Trägerleistung  $C$  und der aktiven Symboldauer  $T_u$  ist, ist das Verhältnis der Nutzsignalenergie zu der Störenergie:

$$(C \times T_u) / (P \times T_e)$$

Der theoretische Fehlerpunkt entspricht dieser Menge, die den Mindestanforderungen an den Träger/Störgeräusch-Abstand  $(C/N)_{ref}$  für das System entspricht. In anderen Worten, die Verträglichkeit des Empfängers für das Prüfsignal sollte seine Verträglichkeit für das ungetastete Gaußsche Rauschen um den Faktor  $(T_u/T_e)$  überschreiten. Dieser sogenannte „Verträglichkeitsfaktor“ wird allgemein in dB ausgedrückt. Es ist zu beachten, dass er von der Modulations-Betriebsart, der Implementierungsspanne und dem Verringerungskriterium des Empfängers unabhängig ist, dass ihn aber die FFT-Größe über die  $T_u$ -Dauer beeinflusst, die für 8k 6 dB höhere Werte ergibt als für 2k und für 4k 3 dB höhere als für 2k. Wird der In-depth-Interleaver in den Betriebsmodi 2k oder 4k verwendet, sollte der „Verträglichkeitsfaktor“ vom 8k-Betriebsmodus eingesetzt werden.

Soweit Prüfungen definiert sind, werden Einzelheiten zusammen mit den „Verträglichkeitsfaktoren“ in Tabelle 44 angegeben.

Tabelle 44 – Prüfmuster für Impulsstörungen

Prüfung Nr.	Impulse pro Impuls-paket	Minimaler/Maximaler Impuls-abstand $\mu\text{s}$		Dauer des Impuls-paketes ms	Verträglich-keitsfaktor 2k dB	Verträglich-keitsfaktor 4k dB	Verträglich-keitsfaktor 8k dB
1	1	N/A	N/A	0,25	29,5	32,5	35,5
2	2	1,5	45	45,25	26,5	29,5	32,5
3	4	15,0	35	105,25	23,5	26,5	29,5
4	12	10,0	15	165,25	18,7	21,7	24,7
5	20	1,0	2	38,25	16,5	19,5	22,5
6	40	0,5	1	39,25	13,5	16,5	19,5

Als Beispiel wird angenommen, dass ein Empfänger „Bildfehler“ erreicht, wenn in 2k-Betriebsart  $C/N = 18$  dB. Der erwartete Bildfehlerpunkt für Prüfung 2 entspricht dann einer Impulsleistung von  $-18$  dBc +  $26,5$  dB oder  $+8,5$  dBc. Ein brauchbarer Weg, die Impulsleistung zu messen, ist, die Torschaltung auszuschalten, so dass das Störgeräusch kontinuierlich vorhanden ist.

Ein Empfänger, der Gegenmaßnahmen gegen Impulsstörungen enthält, sollte über die in Tabelle 24 angegebenen Verträglichkeitsfaktoren hinaus Verträglichkeitsfaktoren für eine oder mehrere Prüfungen enthalten. Je größer die Anzahl der Prüfungen, um so größer ist die Schwierigkeit beim Entwickeln von wirksamen Gegenmaßnahmen.

Von DVB-H-Empfängern mit MPE-FEC oder Empfängern mit In-depth-Interleavern für die Betriebsmodi 2k und 4k wird ein verbessertes Verhalten gegenüber Impulsstörungen erwartet als von DVB-T-Empfängern.

## 10.13 EMC-Kennwerte

### 10.13.1 Endgeräte der Kategorie c

Wenn der DVB-T-Empfang als Zubehör in einem Telefon-Endgerät implementiert ist, muss das Zubehör ETSI ETS 300342-1 entsprechen.

Bei einem vollständig integrierten DVB-T-Teil muss das Endgerät ETS 300607-1<sup>N3)</sup>, Kapitel 12 Transceiver (S.132 bis 139) und Bezugs-Prüfverfahren (S. 1552) entsprechen.

Es muss beachtet werden, dass die durch die EMC-Norm festgelegten Emissions-Grenzwerte weit höher sind, als sie von einem Konvergenz-Endgerät erwartet werden, das dafür vorgesehen ist, mit voller Empfindlichkeit des DVB-T-Empfängers zu arbeiten.

### 10.13.2 Endgerät der Kategorien a und b

Endgeräte der Kategorien a und b müssen CISPPR 13 und CISPR 20 entsprechen.

<sup>N3)</sup> Nationale Fußnote: Das Projekt wurde eingestellt.

## 11 Kompatibilität mit weiteren Funksystemen

### 11.1 Mobilfunkgeräte

#### 11.1.1 Allgemeines

Die meisten der für Konvergenz-Endgeräte (Endgeräte der Kategorie c) bestehenden Dienste erfordern Koexistenz und teilweise gleichzeitigen Betrieb von DVB-T/H-Empfänger und Mobilfunkgerät. In Europa könnten die Mobilfunkgeräte GSM/EDGE 900, GSM/EDGE 1 800 oder WCDMA oder einer Kombination davon entsprechen.

Die Koexistenz und speziell der gleichzeitige Betrieb von verschiedenen radiofrequenten Handendgeräten geringer Größe stellen einige Herausforderungen an die Entwicklung.

##### 11.1.1.1 Probleme

Die Kompatibilitätsprobleme des Systempegels für DVB-T/H-Empfang, die sich aufgrund der Koexistenz und des Betriebs von DVB-T/H-Empfängern und Mobilfunk-Sendern ergeben, können in zwei Hauptkategorien eingeteilt werden:

- a) Störung durch das Nutzsignal der Mobilfunk-Aufwärtsstrecke im DVB-T/H-Empfänger;
- b) Störung durch das Störsignal der Mobilfunk-Aufwärtsstrecke im DVB-T/H-Empfänger:
  - 1) Außerbandssignale des Sender-Leistungsverstärkers;
  - 2) Störgeräusch des Sender-Leistungsverstärkers (PA).

Auch für Mobilfunkgeräte muss der ungestörte Betrieb aufrechterhalten werden. Mögliche Beeinträchtigungen durch DVB-T/H-Empfänger könnten sein:

- unerwünschte Außerband-Signale der Mobilfunk-Abwärtsstrecke (RX);
- Einflüsse auf Antennen-Richtdiagramm.

Diese Probleme sind reine Implementierungsprobleme und können durch geeignete Konstruktion des Endgerätes gelöst werden.

##### 11.1.1.2 Architektur der Endgeräte

Die Architektur der Endgeräte (wichtige Teile) eines typischen modernen GSM/EDGE- oder WCDMA + DVB-T-Konvergenz-Endgerätes wird in Bild 20 dargestellt.

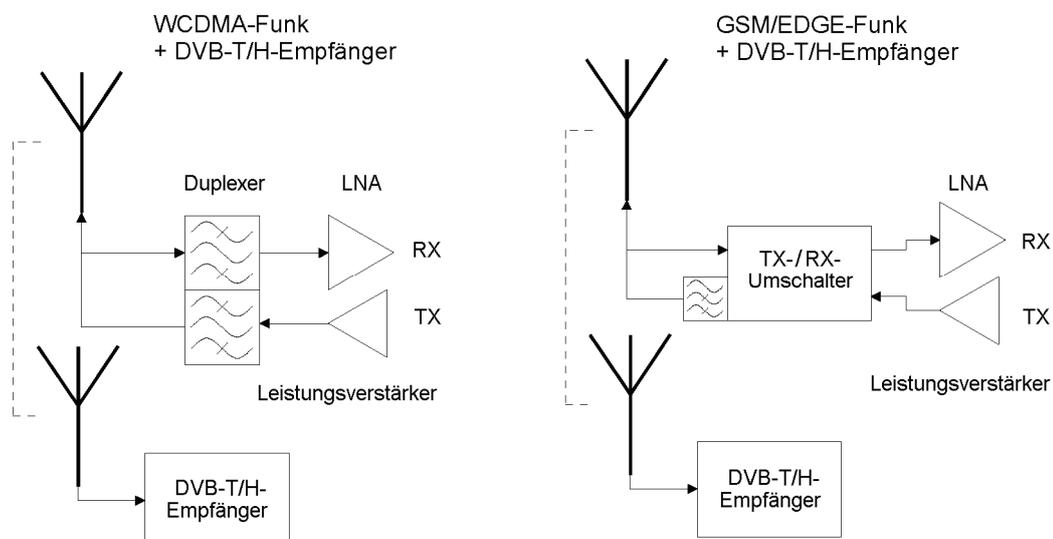


Bild 20 – Architekturen des Endgerätes

Die meisten DVB-T/H-Empfänger und Mobilfunkgeräte haben wahrscheinlich zwei physikalisch getrennte Antennen und dazwischen eine frequenzabhängige Isolation.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen WCDMA- und GSM/EDGE-Geräten ist das Duplexfilter. WCDMA verwendet Duplexfilter, aber die Mehrzahl von modernen GSM/EDGE-Geräten verwendet TX/RX-Schalter. Dadurch ergeben sich Schwierigkeiten bei der Kompatibilität, und es ist offensichtlich, dass in einem WCDMA-Endgerät bei Verwendung eines Duplexfilters die Störungen durch das Störsignal der Aufwärtsstrecke des Mobilfunkgerätes in dem DVB-T/H-Empfänger kein Problem darstellen. Bei GSM/EDGE-Endgeräten mit einem TX/RF-Schalter wird das Problem jedoch größer.

### 11.1.1.3 Frequenzbänder

Die in den verschiedenen Systemen benutzten Frequenzbänder sind in Bild 21 dargestellt.

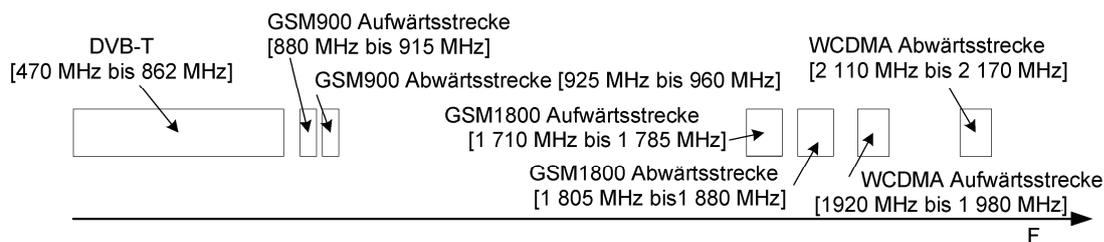


Bild 21 – Frequenzbänder

Im Bild sind das gesamte UHF-DVB-T-Band von 470 MHz bis 862 MHz sowie die Aufwärtsstrecken von Mobilfunkgeräten mit Pfeilen gekennzeichnet. Dies bedeutet, dass das gesendete Signal (TX) am Ende des mobilen Endgerätes und deshalb durch einen hohen Leistungspegel repräsentiert wird. Die Bänder der Abwärtsstrecke (Empfang/RX) von Mobilfunkgeräten sind oberhalb der jeweiligen Aufwärtsstrecken.

Aus Bild 21 geht eindeutig hervor, dass im Hinblick auf die Kompatibilität wegen des sehr schmalen Schutzabstandes zwischen dem DVB-T-Band und der GSM-900-Aufwärtsstrecke der problematischste Mobilfunk das GSM 900 ist. Der Schutzabstand ist nur 18 MHz breit. Deshalb ist die relative Bandbreite des Schutzbandes sehr klein. Mit GSM 1 800 sind die Probleme weniger groß und mit WCDMA sogar geringer, weil zwischen RX- und TX-Bändern ein größeres Schutzband liegt.

### 11.1.2 Störungen des Nutzsignals der Mobilfunk-Aufwärtsstrecke in den DVB-T/H-Empfänger

#### 11.1.2.1 Problembereich

Das gesendete Mobilfunksignal hat, verglichen mit den empfangenen DVB-T/H-Signalen, eine wesentlich höhere Leistung. Das GSM-900-TX-Signal ist das stärkste, und deshalb wird es hier als die Worst-Case-Situation angesehen. Zwischen den GSM-900-TX- und DVB-T/H-RX-Bändern ist auch das Schutzband am geringsten.

Bei GSM 900 ist die gesendete Leistung +33 dB(mW) (2 W). Ein Teil davon wird von der Antenne des Mobilfunksenders in die Antenne des DVB-T/H-Empfängers gekoppelt. Eine optimistische Annahme für diese Kopplungsverluste zwischen den Antennen ist 10 dB. Daher würde ohne eine Filterung das Mobilfunk-TX-Signal im DVB-T/H-Empfänger-Eingangssignal +23 dB(mW) betragen.

Dieser sehr hohe Störsignalpegel würde durch zwei Mechanismen schwere Blockierungseffekte verursachen: Verringerung der Empfindlichkeit und Kreuzmodulation.

#### 11.1.2.2 Anforderungen an die Kompatibilität

Die praktische Lösung für das Kompatibilitätsproblem nach 11.1.2 besteht darin, ein GSM-Sperrfilter dem DVB-T/H-Empfänger vorzuschalten. Das Filter muss die GSM-TX-Signale auf einen Pegel dämpfen, bei dem die Empfängerempfindlichkeit maximal um 1,5 dB von der festgelegten Empfindlichkeit absinkt (siehe 10.8.2). Es wird angenommen, dass die Antennenisolation zwischen der Mobilfunkantenne und der DVB-H-

Empfangsantenne mindestens 15 dB beträgt. Beträgt der Maximalpegel des GSM-TX-Signals 33 dB(mW), bedeutet dies einen Pegel von +18 dB(mW) am Bezugspunkt vor dem GSM-Sperrfilter.

Diese Anforderung muss erfüllt werden, wenn sich die GSM-Störfrequenz in Bereichen befindet, die in Tabelle 45 angegeben sind.

**Tabelle 45 – GSM-Störfrequenzbereiche**

Mobilfunk-System	Frequenz MHz
GSM 900	880 bis 915
GSM 1800	1 710 bis 1 785
WCDMA	1 920 bis 1 980

### 11.1.3 Störung durch das Störsignal der Mobilfunk-Aufwärtsstrecke in den DVB-T/H-Empfänger

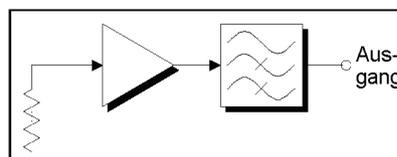
#### 11.1.3.1 Störung durch das trägerähnliche Störsignal des Sender-Leistungsverstärkers

Die GSM-Spezifikation (GSM 05.05) definiert, dass im Frequenzband von 9 kHz ... 1 GHz innerhalb der Messbandbreite von 100 kHz die Leistung nicht größer sein darf als –36 dB(mW).

In der Praxis ist das Spektrum des trägerähnlichen Störsignals sehr klein, und DVB-T selbst ist gegenüber dieser Art Störung sehr verträglich. Bei der Implementierung des Endgerätes muss jedoch darauf geachtet werden, dass die Leistungsverringerung bei den relevanten Frequenzen klein genug ist.

#### 11.1.3.2 Störgeräusch des Sender-Leistungsverstärkers (PA)

Der Mobilfunksender sendet zusätzlich zu dem Mobilfunk-TX-Nutzsignal und den trägerähnlichen störenden Signalen auch breitbandiges Rauschen. Das Schaltungsmodell des GSM-Sender-TX-Zweiges ist in Bild 22 dargestellt.



**Bild 22 – GSM-TX-Blockschaltbild**

Beim GSM/EDGE-Funk, bei dem ein RX/TX-Umschalter (wie in Bild 20) benutzt wird, ist der letzte Hochpass weniger stark oder existiert gar nicht. Wenn wir voraussetzen, dass das Filter überhaupt nicht implementiert ist und es keinen natürlichen Abfall gegen null gibt, kann die Geräuschleistung innerhalb eines DVB-T-Kanals am Ausgang des Leistungsverstärkers nach folgender Gleichung berechnet werden. Es wird vorausgesetzt, dass der Eingang des Leistungsverstärkers mit 50 Ω abgeschlossen ist.

$$P_{\text{noise}} = -174 + 10 \log(7,61 \cdot 10^6) + G + NF$$

Dabei ist

$P_{\text{noise}}$  die Geräuschleistung in dB(mW);

$G$  die Verstärkung des PA in dB, typisch 20 dB;

$NF$  das Rauschmaß des PA in dB, typisch mindestens 15 dB.

Mit diesen Zahlen und unter der Voraussetzung von 10 dB Kopplungsverlust zwischen den GSM- und DVB-T/H-Antennen würde die in den DVB-T/H-Empfänger eingeführte Störleistung –80 dB(mW) betragen. Da die Empfindlichkeit des DVB-T/H-Empfängers zum Beispiel in der Betriebsart 16 QAM

$CR = \frac{1}{2} -88,9 \text{ dB(mW)}$  ist, ist es offensichtlich, dass das Ausgangsgeräusch des Senders die Empfindlichkeit des DVB-T/H-Empfängers beträchtlich reduziert.

Um die Empfindlichkeit des DVB-T/H-Empfängers um „nur“ 3 dB zu verschlechtern, würde am Ausgang des Senders innerhalb eines DVB-T-Kanals mit 6 dB Rauschwert ein Geräuschpegel von  $-99,2 \text{ dB(mW)}$  erforderlich sein.

In der Praxis ist mit dem GSM-900-Band das Problem schwerwiegender. Bei dem GSM-1 800-Band ergeben natürlicher Abfall und möglicher TX-Hochpass und Bandbreitenbegrenzung des Leistungsverstärkers für das DVB-T-Band ausreichende Dämpfung. Bei WCDMA(Wideband Code Division Multiple Access)-Funk bestehen diese Probleme wegen der Benutzung von Duplex-Filtern nicht.

Die Verringerung des Rauschpegels wird möglich, wenn das DVB-T-Arbeitsband für die Endgeräte der Kategorie c bei Kanal 55 begrenzt wird (Mittenfrequenz 746 MHz). Bei 746 MHz bringt die Anpassung des Leistungsverstärkers schon eine beträchtliche Filterung, d. h., die Verstärkung des Endverstärkers bei 746 MHz ist, verglichen mit der Verstärkung bei 880 MHz, stark verringert. Auch mögliche besondere Filter sind wesentlich leichter zu realisieren. Dies alles ergibt eine gute Möglichkeit, den PA-Geräuschanteil in Band IV auf einen vernachlässigbaren Wert zu senken.

### 11.1.3.3 Anforderungen an die Kompatibilität

Um Kompatibilität zwischen den Funksystemen zu gewährleisten, muss die Geräuschleistung am DVB-T/H-Empfängereingang der in Bild 23 gezeigten Maske entsprechen.

Der Geräuschpegel wird durch die Verstärkung, den Geräuschabstand und die Bandbreite des Leistungsverstärkers, durch die Antennenkopplung zwischen den beiden Antennen in dem DVB-T-Empfangsband und durch die Dämpfung des möglichen Hochpasses am Ausgang des PA beeinflusst.

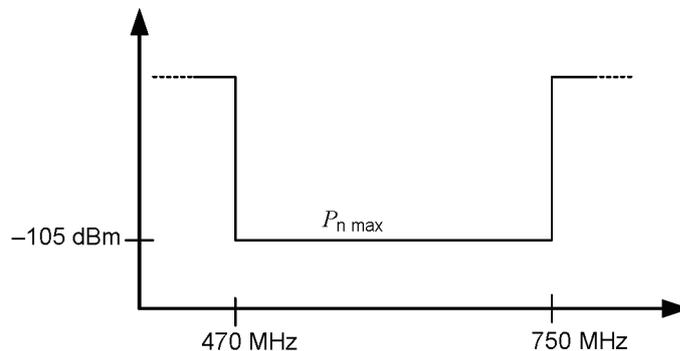


Bild 23 – Maske für das TX-Störgeräusch des PA am DVB-T/H-Empfängereingang

## 11.2 DVB-RCT

Die DVB-RCT-Spezifikation (ETSI EN 301958 [14]) wurde für interaktive Anwendungen im UHF-Band entwickelt. Sie gilt für Anwendungen mit Dachantennen.

Obwohl die Erarbeitung der Spezifikation 2001 abgeschlossen wurde, wurde bisher kein Frequenzband für diese Anwendung festgelegt. Außerdem wird die kommerzielle Einführung von RCT fraglich.

Im Hinblick auf diese Situation können bezüglich der Kompatibilität von portablen und mobilen DVB-T- mit DVB-RCT-Anwendungen keine Empfehlungen gegeben werden.

## Anhang A (informativ)

### Aktive externe Antennen und Systemeigenrauschen

#### A.1 Aktive Antennen

Eine aktive Antenne besteht aus einer passiven Antenne, an die ein rauscharmer Vorverstärker angeschlossen ist. Die Kombination kann als einzelne Einheit mit einem Gesamtgewinn von  $G_t$  angesehen werden. Alternativ kann sie als äquivalente passive Antenne mit einem Gewinn  $G_{eq}$  angesehen werden, der sich aus dem gleichen Gesamt-Störgeräuschverhalten des Systems ergibt.

#### A.2 Antennen-Rauschtemperatur

Die Rauschtemperatur einer passiven UHF-Antenne ist im Allgemeinen gleich der Bezugstemperatur  $T_0 = 290$  K.

Folglich ist die Rauschtemperatur einer aktiven UHF-Antenne:

$$T_0 F_p G_{amp}$$

Dabei ist

$F_p$  der Rauschfaktor (lineares Verhältnis) des Vorverstärkers der aktiven Antenne;

$G_{amp}$  die Verstärkung (lineares Verhältnis) des Vorverstärkers der aktiven Antenne.

#### A.3 „ $G/T$ “ und Gütemaß ( $m$ )

Die Gesamt-Leistungsfähigkeit kann als „Gewinn-zu-Temperatur-Verhältnis“ oder „ $G/T$ “ angegeben werden.

$$m \text{ (dBi/K)} = 10 \log (G/T) = G \text{ (dBi)} - 10 \log (T_{sys})$$

Dabei ist

$m$  das Gütemaß in dBi/K;

$G$  der Antennengewinn in dBi;

$T_{sys}$  die Rauschtemperatur des gesamten Systems in Kelvin (K).

Die Rauschtemperatur des gesamten Systems ist die Rauschtemperatur der Antenne plus der äquivalenten Rauschtemperatur des Empfängers. Wenn der Rauschfaktor des Empfängers (lineares Verhältnis)  $F$  ist, dann ist die äquivalente Rauschtemperatur des Empfängers  $(F - 1) T_0$ .

#### Beispiel

Eine aktive Antenne hat die folgenden Parameter:

Gewinn der ungerichteten Antenne	= 0 dBi	
Rauschmaß des Vorverstärkers	= 3,0 dB	( $F_p = 2$ )
Verstärkung des Vorverstärkers	= 14,9 dB	( $G_{amp} = 30,9$ )
Gesamtgewinn	= 14,9 dBi	( $G_t = 30,9$ )

Die Rauschtemperatur der Antenne ist:

$$T_0 F_p G_{\text{amp}} = 17\,881 \text{ K}$$

Wenn das Rauschmaß des Empfängers 8 dB beträgt ( $F = 6,3$ ), dann ist die äquivalente Rauschtemperatur des Empfängers:

$$(F - 1) T_0 = 1\,540 \text{ K}$$

Die Rauschtemperatur des gesamten Systems

$$T_{\text{sys}} = 19\,421 \text{ K}$$

$$10 \log (T_{\text{sys}}) = 42,9 \text{ dB}$$

Somit wird das Gütemaß ( $m$ )

$$m = -28,0 \text{ dBi/K}$$

Mit terrestrischen Systemen vertraute Ingenieure dürfen das Konzept einer aktiven Antenne bevorzugen, die wie eine äquivalente passive Antenne angegeben wird. Dies wird nachstehend berechnet:

Rauschtemperatur einer passiven UHF-Antenne ist	= 290 K
die äquivalente Rauschtemperatur des Empfängers (wie oben) ist	= 1 540 K
die Rauschtemperatur eines äquivalenten „passiven“ Systems $T_{\text{sys}}$	= 1 830 K
und $10 \log (T_{\text{sys}})$	= 32,6 dB
folglich für dasselbe Gütemaß ( $m$ ) (wie oben)	= -28,0 dBi/K
Der Gewinn einer äquivalenten passiven Antenne ist	

$$G_{\text{eq}} = 4,6 \text{ dBi}$$

#### A.4 Systemeigenrauschen

Das Systemeigenrauschen am Bezugspunkt beträgt:

$$\text{Eigenrauschen} = k T_0 B F_{\text{sys}}$$

Dabei ist

- $k$  die Boltzmannkonstante ( $1,38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ );
- $T_0$  die Bezugstemperatur (290 K);
- $B$  die Bandbreite des Systems ist (7,61 MHz; 6,65 MHz oder 5,71 MHz);
- $F_{\text{sys}}$  Systemeigenrauschen. Das Systemeigenrauschen  $F_{\text{sys}}$  sollte alle Rauschquellen einschließen: interne und externe [siehe ITU\_R P.372].

$$\begin{aligned} F_{\text{sys}} &= F_a - 1 + F_r \\ &= F_a - 1 + F_{\text{tuner}} \cdot F_{\text{gsm}} \end{aligned}$$

Dabei ist

- $F_a$  der externe Rauschfaktor (künstliche Rauschbelästigung);
- $F_r$  der Rauschfaktor des Empfängers;
- $F_{\text{gsm}}$  der Rauschfaktor des GSM-Filters (kann entsprechend als Verlust angenommen werden);

$F_{\text{tuner}}$  der Rauschfaktor des Tuners.

Es ist zu beachten, dass die obigen Rauschfaktoren lineare Verhältnisse darstellen. Die Werte von  $F_a$  und damit von  $F_{\text{sys}}$  hängen von der elektromagnetischen (EM) Umgebung ab. Selbst ohne angeschlossene Antenne kann ein Einstreuen von künstlicher Rauschbelastigung aus den digitalen Schaltkreisen innerhalb des Empfängers erfolgen.

Alle Empfänger-Leistungswerte sind für den Bezugspunkt festgelegt, der den Eingang in den Empfänger darstellt. Eine praktische Formel für das Eigenrauschen in dB(mW) ist im Folgenden gegeben:

$$\text{Eigenrauschen (dB(mW))} = F_{\text{sys}} \text{ (dB)} - 105,2 \text{ (dB(mW)) (für 8 MHz)}$$

$$\text{Eigenrauschen (dB(mW))} = F_{\text{sys}} \text{ (dB)} - 105,7 \text{ (dB(mW)) (für 7 MHz)}$$

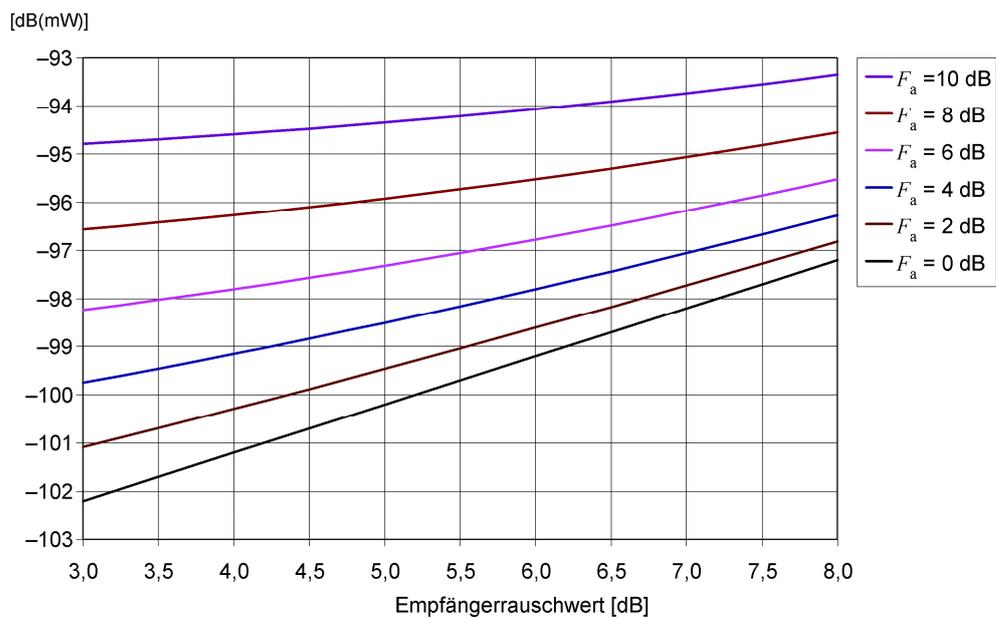
$$\text{Eigenrauschen (dB(mW))} = F_{\text{sys}} \text{ (dB)} - 106,4 \text{ (dB(mW)) (für 6 MHz)}$$

Für die Übereinstimmungsprüfung sind die Werte in Tabelle A.1 festgelegt.

**Tabelle A.1 – Eigenrauschen-Werte**

Endgeräte-Kategorie	$F_{\text{sys}}$ dB	Eigenrauschen dB(mW)		
		7,61 MHz	6,66 MHz	5,71 MHz
a	6	-99,2	-99,7	-100,4
b1	6	-99,2	-99,7	-100,4
b2	4	-101,2	-101,7	-102,4
c (ohne GSM-Filter)	4	-101,2	-101,7	-102,4
c (mit GSM-Filter)	6	-99,2	-99,7	-100,4

Es ist zu beachten, dass das Systemeigenrauschen  $F_{\text{sys}}$  von den beiden Werten  $F_a$  und  $F_r$  abhängt. Studien zu Funkrauschen deuten an, dass  $F_a$  aufgrund steigender Immissionen durch künstliche Rauschbelastigung möglicherweise größer ist als 1 (0 dB). Dies könnte bedeuten, dass das Eigenrauschen des Empfängers größer als erwartet ist. Außerdem besteht dB-zu-dB-Beziehung zwischen Empfängerrauschwerten und dem Eigenrauschen. Dies wird in Bild A.1 verdeutlicht.



**Bild A.1 – Systemeigenrauschen gegen Empfängerrauschwert für unterschiedliche Pegel der künstlichen Rauschbelastigung  $F_a$  in Bezug auf  $T_0$**

## Anhang B (informativ)

### Beispiel der *C/N*-Leistungswerte mit einem praktikablen Sender

*C/N*-Werte für das in 10.7.1 und 10.7.2 festgelegte *IL*, Empfänger  $P_x = -33$  dBc und Sender  $ENF = -34$  dBc sind in Tabelle B.1 aufgelistet.

**Tabelle B.1 – *C/N* (dB) für Bezugs-*BER***

Modulation	Coderate	Nach Gauß	Tragbar $P_1$
QPSK	1/2	4,6	7,4
QPSK	2/3	6,4	11,5
QPSK	3/4	7,4	15,2
16 QAM	1/2	10,6	13,6
16 QAM	2/3	12,8	17,6
16 QAM	3/4	14,0	21,5
64 QAM	1/2	15,4	18,7
64 QAM	2/3	18,5	23,4
64 QAM	3/4	20,1	28,1

ANMERKUNG 1 Die Bezugs-*BER* wird als  $BER = 2 \times 10^{-4}$  nach Viterbi-Decodierung definiert.

ANMERKUNG 2 Alle Zahlen in ETSI EN 300744 sind das Ergebnis früherer Simulationsarbeit und könnten sich als Ergebnis verbesserter Simulationen ändern.

## Anhang C (informativ)

### Mehrwegeempfang in einem DVB-T-System

#### C.1 Allgemeines

Das Problem von Mehrwegeempfang und resultierenden Intersymbolstörungen (ISI) in einem OFDM-System ist wohlverstanden und dokumentiert [13]. Bild C.1 zeigt eine bildliche Erklärung. Es ist möglich, die resultierende ISI bezüglich des Träger-zu-Störung-Leistungsverhältnisses ( $C/I$ ), das auf einer theoretischen Analyse basiert, zu quantifizieren. Dies könnte dann benutzt werden, die theoretischen Echoprofile eines DVB-T-Systems daraus zu gewinnen.

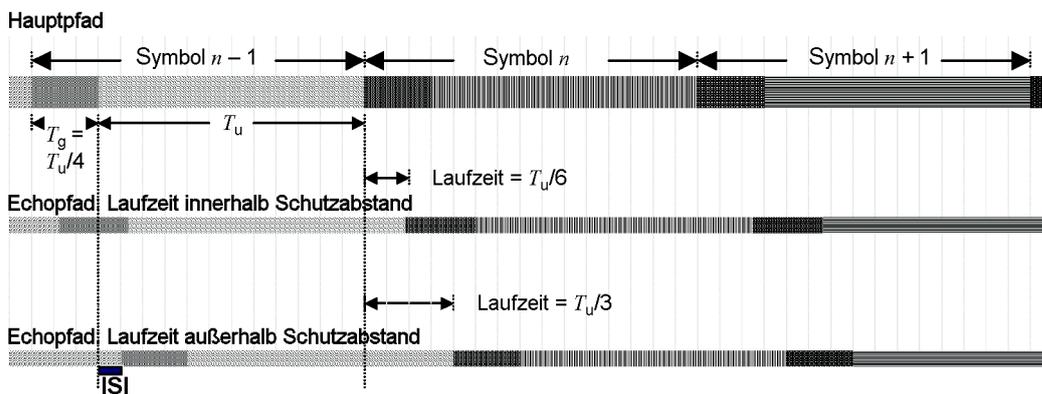


Bild C.1 – Theoretische Grenzen der Laufzeit außerhalb der Schutzintervalle

#### C.2 Theoretische Quantifizierung von ISI in einem DVB-T-System

In einem DVB-T-System erlaubt das Einsetzen von Schutzintervallen die konstruktive Kombination von Mehrwegesignalen, die nutzbare Komponenten beitragen. Dies hängt jedoch von der Ankunftszeit der Signale ab. Da die Ankunftszeit (Echo-Laufzeit) das Schutzintervall überschreitet, verringert sich der nutzbare Beitrag deutlich, während ISI ansteigt, da die Leistung im Echo zu einer Störkomponente wird. Bei DVB-T tritt aufgrund der Pilotträger, die für zusammenhängende Demodulation erforderlich sind, der gesamte Verlust von konstruktiven Signalkomponenten nach einer Laufzeit von  $T_p = T_u/3$  auf. Dadurch würde es unmöglich gemacht, das empfangene Signal zu entzerren.

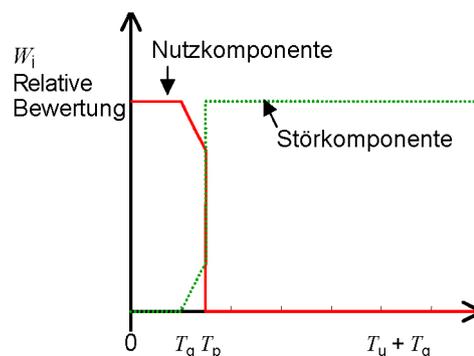


Bild C.2 – DVB-T-Modell – Aufspalten der Signalleistung in Nutz- und Störkomponenten

Die Signalleistung der Nutz- und Störkomponenten kann mathematisch durch Gleichung (C.1) beschrieben werden:

$$C = \sum_i W_i \cdot C_i$$

$$I = \sum_i (1 - W_i) \cdot C_i$$

$$W_i = \begin{cases} 1 & \text{wenn } 0 \leq |t_i| \leq T_g \\ \left( \frac{(T_u + T_g) - |t_i|}{T_u} \right)^2 & \text{wenn } T_g < |t_i| \leq T_p \\ 0 & \text{wenn } |t_i| > T_p \end{cases} \quad (\text{C.1})$$

$$T_p = \frac{T_u}{3}$$

Dabei ist

- $C$  die Gesamtleistung des effektiv nutzbaren Signals;
- $I$  die gesamte effektive Störleistung;
- $C_i$  der Leistungsanteil des  $i$ -ten Signals am Empfängereingang;
- $W_i$  der Bewertungsfaktor der  $i$ -ten Komponente;
- $t_i$  die Ankunftszeit der  $i$ -ten Komponente ( $t_i = 0$ , für Hauptpfad).

Dieser Ausdruck setzt symmetrische Leistung voraus, d. h. dasselbe Verhalten für sowohl das Vor- als auch das Nach-Echo.

### C.3 Theoretische Echo-Leistungsprofile

Für einen einzelnen Echokanal (d. h.  $I = 0$  für den Hauptpfad und  $I = 1$  für das Echosignal) kann die Gesamtleistung des effektiv nutzbaren Signals  $C_t$  definiert werden als:

$$C_t = C_0 + W_1 \cdot I$$

dabei ist „ $C_0$ “ die Leistung des Signals im Hauptpfad und „ $I$ “ ist die Echoleistung. Die gesamte effektive Störleistung  $I_t$  kann auch definiert werden als:

$$I_t = (1 - W_1) \cdot I$$

Wenn  $C/N_{\text{Betriebsart}}$  den Gaußschen Leistungswert (Mindest- $C/N$  für QEF-Bedingung) der verschiedenen Übertragungs-Betriebsarten darstellt, könnte die maximale Echoleistung errechnet werden, die folgende Bedingung erfüllt:

$$C_t/I_t = C/N_{\text{Betriebsart}} \Rightarrow \frac{C_0 + W_1 \cdot I}{(1 - W_1) \cdot I} = C/N_{\text{Betriebsart}}$$

für den Bereich „ $t_i$ “ der Echo-Laufzeiten.

Dieses Verfahren würde das theoretische Echo-Leistungsprofil erzeugen. Es ist wichtig zu wissen, dass in dieser Analyse ein idealer Empfänger (perfekte Synchronisation) vorausgesetzt wird und deshalb die auf diese Weise erhaltene Echo-Leistungsmaske nur als Richtlinie benutzt werden sollte. Dies sind die äußersten Leistungswerte, und es könnte möglich sein, das Echoprofil mit einem „realen“ System nicht zu erreichen.

Ein typisches theoretisches Echoprofil wird in Bild C.3 gezeigt. Dies entspricht 8k, 64 QAM, 2/3, dabei ist  $CIN_{\text{Betriebsart}} = 19,2 \text{ dB}$ .

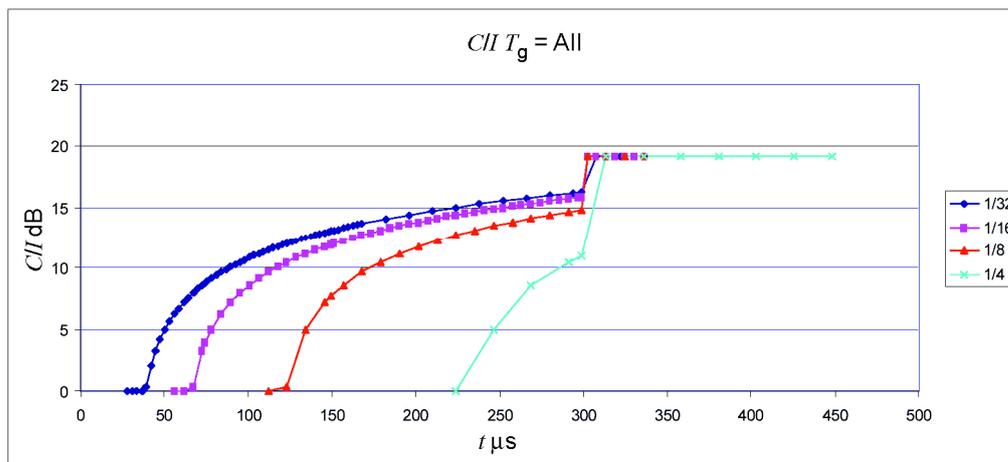


Bild C.3 – Theoretisches Profil der Echoleistung für 8k, 64 QAM, 2/3

## Literaturhinweise

- [1] The Chester 1997 Multilateral Coordination Agreement relating to Technical Criteria, Coordination Principles and Procedures for the introduction of Terrestrial Digital Video Broadcasting (DVB-T), European Conference of Postal and Telecommunications Administrations, Chester, 25 July 1997.
- [2] EBU BPN 047: *Planning criteria for mobile DVB-T*.
- [3] Baseline Digital Terrestrial TV Receiver Specification, Chapter 12: *RF-part and Channel Decoder*, version 2.0.
- [4] COST 207 *Digital and mobile radio Communications*, final report, September 1988.
- [5] AC 318 Motivate: Deliverable 06: *Reference Receiver Conditions for Mobile Reception*, January 2000.
- [6] D Book 3: *Digital Terrestrial Television, Requirements for Interoperability*, Digital Television Group 1999.
- [7] AC 318 Motivate: Deliverable 07: *Report on the Performance of an Improved Mobile Receiver*, January 2000.
- [8] CEPT FM PT24 input document for ITU: *DVB-T Mobile Reception*, September 2002.
- [9] DVB-Technical Module Ad-Hoc Group DVB-UMTS: *Technical Aspects in Spectrum Allocation for DVB-UMTS Convergence Terminals*, December 2002.
- [10] *Amplitude Response Errors and Equivalent Noise Degradations*, DTG RF Document 17, Digital Television Group.
- [11] Stott J. H: *The effects of phase noise in COFDM* – EBU Technical Review, Summer 1998.
- [12] Digital Television Services: *Calculating phase noise contributions*, DTG RF Sub-Group Document No. 16.
- [13] R. Brugger, D. Hemingway: *Impact on Coverage of Inter-Symbol Interference and FFT Window Positioning in OFDM Receivers*, EBU Technical Review, July 2003.
- [14] ETSI EN 301958: *Digital Video Broadcasting (DVB); Interaction channel for Digital Terrestrial Television (RCT) incorporating Multiple Access OFDM*.
- [15] ETSI TR 102377 V1.2.2, *Digital Video Broadcasting (DVB); DVB-H Implementation Guidelines*, 2006.
- [16] *Channel Models for Practical Measurements*; DVB-H group document 233, September 2004.
- [17] Wing TV Reference Receiver, Celtic Wing-TV WP3 Deliverable D3, 2007.  
(<http://projects.celtic-initiative.org/WING-TV/>)

## Anhang ZA (normativ)

### Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ANMERKUNG Wenn internationale Publikationen durch gemeinsame Abänderungen geändert wurden, durch (mod) angegeben, gelten die entsprechenden EN/HD.

Publikation	Jahr	Titel	EN/HD	Jahr
–	–	Digital cellular telecommunications system (Phase 2+) (GSM): Mobile Station (MS) conformance specification; Part 1: Conformance specification	ETSI EN 300 607-1	– <sup>1)</sup>
–	–	Digital Video Broadcasting (DVB): Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television	ETSI EN 300 744	2007
–	–	Digital Video Broadcasting (DVB); Transmission System for Handheld Terminals (DVB-H)	ETSI EN 302 304	2004
–	–	Radio Equipment and Systems (RES); ElectroMagnetic Compatibility (EMC) for European digital cellular telecommunications system (GSM 900 MHz and DCS 1 800 MHz); Part 1: Mobile and portable radio and ancillary equipment	ETSI ETS 300 342-1	– <sup>1)</sup>
–	–	Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for DVB terrestrial services; Transmission aspects	ETSI TR 101 190	– <sup>1)</sup>
IEC 60169-2	– <sup>1)</sup>	Radio-frequency connectors – Part 2: Coaxial unmatched connector	HD 134.2 S2	1984 <sup>2)</sup>
CISPR 13 (mod)	– <sup>1)</sup>	Sound and television broadcast receivers and associated equipment – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement	EN 55013	2001 <sup>2)</sup>
CISPR 20	– <sup>1)</sup>	Sound and television broadcast receivers and associated equipment – Immunity characteristics – Limits and methods of measurement	EN 55020	2007 <sup>2)</sup>
ITU-R BT.1701-1	– <sup>1)</sup>	Characteristics of radiated signals of conventional analogue television systems	–	–

<sup>1)</sup> Undatierte Verweisung.

<sup>2)</sup> Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Norm gültige Ausgabe.