
MINIMAL-ANFORDERUNGEN an Empfangsantennen für DVB-T für den Anwendungsbereich portabel indoor und portabel outdoor

erstellt von der

AG: DVB-T Markteinführung

(eine Arbeitsgruppe der Deutschen TV-Plattform)

DEUTSCHE TV-PLATTFORM e.V.

Version 1.2 / Stand: 07.11 2008

Dokument Nr.: DVBT_08/xx

Inhalt

1	Allgemeine Eigenschaften	3
2	Eigenschaften des Empfangssystems	4
3	Charakteristik der Empfangsantenne	5
4	Anhang	6
4.1	<u>Messverfahren 1</u> : Gütebestimmung eines DVB-T Empfangssystems	6
4.1.1	Definition	6
4.1.2	Annahmen / Voraussetzungen	7
4.1.3	Schematischer Messaufbau	7
4.1.4	Formeln	7
4.1.5	Messung der Güte m in Abhängigkeit von der Empfangsfeldstärke E	8
4.2	<u>Messverfahren 2</u> : Bestimmung des äquivalenten passiven Antennengewinns	9
4.2.1	Grundlagen	9
4.2.2	Formeln	9
5	Änderungshistorie	10

1. Allgemeine Eigenschaften

- Anwendung:** portabel indoor / portabel outdoor (ortsfester Empfang)
- Polarisation:** muss für horizontale und vertikale Polarisation nutzbar sein (linear bzw. zirkular)
- Impedanz:** 75Ω
- Receiverinterface:** IEC-Anschlusskabel, male nach IEC 169-2 (Stecker)
- Ausführungsarten:** passiv / aktiv
- Merkmale:** passive Variante: DC-Trennung (Kurzschlussfestigkeit)
 aktive Variante: Fernspeisung vom Receiver über HF-Kabel (5V / max. 30mA) und¹ / oder externe Spannungsversorgung

Frequenzbereiche	Band III	170 – 230 MHz
	Band IV / V	470 – 862 MHz

Anpassung²		aktiv	passiv
	170 – 230 MHz	> 5 dB	> 3 dB
	470 – 862 MHz	> 8 dB	> 5 dB

¹ Keine Rückspeisung auf den Receiver zugelassen.

² Inkl. Antennenanschlusskabel.

2 Eigenschaften des Empfangssystems

Für das gesamte Empfangssystem – bestehend aus Antenne, Anschlusskabel und Receiver – lassen sich die Grenzwerte für die Systemgüte festlegen, die einen ausreichend hohen Signalrauschabstand C/N des empfangenen DVB-T-Signals für die gängigen Modulationsparameter sicherstellen. Für den UHF-Bereich sind diese im Technical Report ETSI TR 101 190 (V1.2.1) festgelegt. Für den VHF-Bereich werden abweichend von ETSI die durch das Institut für Rundfunktechnik (IRT) ermittelten Grenzwerte zu Grunde gelegt, welche das erhöhte Man-Made-Noise in diesem Frequenzbereich berücksichtigen.³

Es ergeben sich folgende Grenzwerte für die Systemgüte:

Minimale Güte des Empfangssystems	170 MHz	-37,6 dB(1/K)
	180 MHz	-37,1 dB(1/K)
	190 MHz	-36,6 dB(1/K)
	200 MHz	-36,1 dB(1/K)
	210 MHz	-35,6 dB(1/K)
	220 MHz	-35,2 dB(1/K)
	230 MHz	-34,8 dB(1/K)
	470 – 862 MHz	-30,4 dB(1/K)

Die Güte lässt sich unter Berücksichtigung der Rauschzahl des Receivers von 8 dB in einen äquivalenten, passiven Antennengewinn umrechnen.

Dabei wird ein äquivalentes passives Empfangssystem vorausgesetzt.⁴

Für o.a. Parameter können folgende Umrechnungsfaktoren verwendet werden:

Güte [dB(1/K)] → äquiv. passiver Gewinn [dBi]	+32,6 dB
Güte [dB(1/K)] → äquiv. passiver Gewinn [dBd]	+30,4 dB
Gewinn [dBi] → Gewinn [dBd]	-2,2 dB

³ Schramm, Raul, Institut für Rundfunktechnik: „DVB-T: Gewinn von Breitbandantennen für Indoor-Empfang im VHF-Frequenzbereich“ vom 19.01.2007.

⁴ Berechnung nach BBC R&D White Paper WHP066 (July 2003): „Specifying UHF active antennas and calculating system performance“.

Äquivalenter Gewinn	170 MHz	-5,0 dBi (-7,2 dBd)
	180 MHz	-4,5 dBi (-6,7 dBd)
	190 MHz	-4,0 dBi (-6,2 dBd)
	200 MHz	-3,5 dBi (-5,7 dBd)
	210 MHz	-3,0 dBi (-5,2 dBd)
	220 MHz	-2,6 dBi (-4,8 dBd)
	230 MHz	-2,2 dBi (-4,4 dBd)
	470 – 862 MHz	+2,2 dBi (0 dBd)

3. Charakteristik der Empfangsantenne

Bedingt durch den meist einfachen Aufbau von DVB-T-Empfangsantennen weisen diese eine Vorzugsrichtung in mindestens einer Polarisationssebene auf. Um ein kanalselektives Ausrichten der Antenne zu vermeiden, sollte sich die Vorzugsrichtung über den gesamten Frequenzbereich nicht ändern. Die Messung der Güte bzw. des äquivalenten passiven Antennengewinns erfolgt für alle Frequenzen in der erkennbaren bzw. vom Hersteller angegebenen Vorzugsrichtung und der vorgesehenen Polarisationssebene.

An die Antennen bestehen folgende Mindestanforderungen:

1. Die Güte bzw. der äquivalente passive Antennengewinn darf den minimal geforderten Wert über den gesamten Frequenzbereich nicht unterschreiten.
2. Die auf die Empfangsantenne zurückzuführenden maximal zulässigen Pegelschwankungen („ripple“) innerhalb einer *Kanalbandbreite* in der Vorzugsrichtung sind:

170 – 230 MHz	4 dB / 7 MHz
470 – 862 MHz	4 dB / 8 MHz

3. Die auf die Empfangsantenne zurückzuführenden maximal zulässigen Pegelschwankungen („ripple“) innerhalb eines *Frequenzbandes* in der Vorzugsrichtung sind:

	aktiv	passiv
170 – 230 MHz	10 dB	8 dB
470 – 606 MHz	10 dB	8 dB
606 – 862 MHz	15 dB	10 dB

4. Anhang

Im Folgenden sind zwei mögliche Messverfahren für die Bestimmung der Güte bzw. des äquivalenten passiven Antennengewinns aufgeführt.

Bei beiden Messverfahren müssen folgende Hinweise zur Ausrichtung der Kabel beachtet werden:

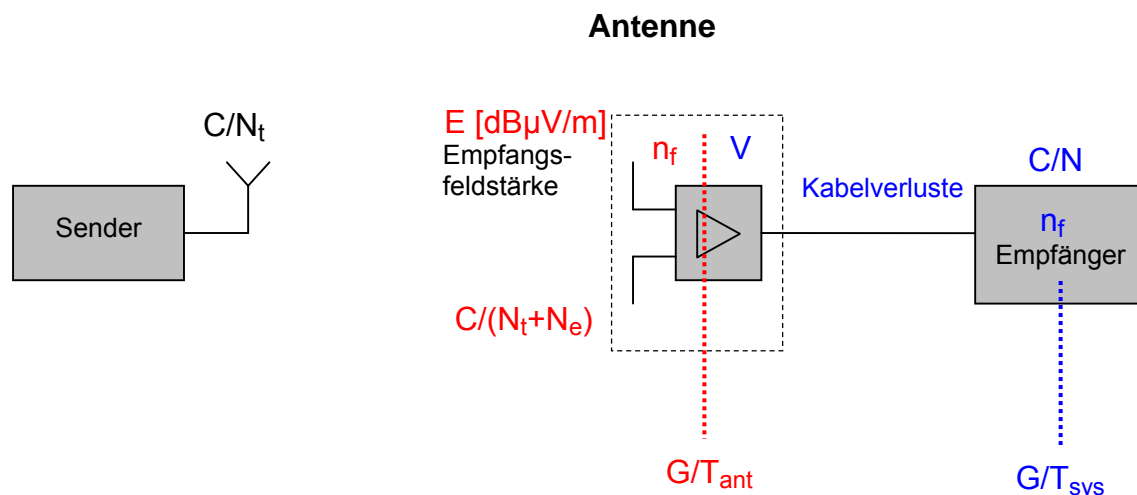
- ➔ Das HF-Kabel wird einen Meter horizontal nach hinten weggeführt.
- ➔ Wenn eine aktive Antenne über einen Receiver ferngespeist werden kann, so ist dieses Verfahren zur Spannungsversorgung zu wählen. Optimal ist es, wenn die Spannungsversorgung direkt über den eingesetzten Empfänger erfolgen kann. Wenn dies nicht möglich ist, wird die Spannungsversorgung über eine Einspeiseweiche am Ende des zur Antenne gehörenden HF-Kabels realisiert.
- ➔ Ist die Spannungsversorgung der Antenne nur durch ein externes Netzteil oder ein 220V-Kabel möglich, so ist dieses Kabel parallel zum HF-Kabel einen Meter nach hinten wegzuführen.

4.1 Messverfahren 1: Gütebestimmung eines DVB-T-Empfangssystems

4.1.1 Definition

Die Güte dient als Bewertungskriterium für das gesamte DVB-T-Empfangssystem. Dabei werden alle Systemkomponenten unter Berücksichtigung der Umgebung betrachtet. Für ein durch die Modulationsparameter bestimmtes minimal erforderliches C/N kann aufgrund der zu erwartenden Empfangsfeldstärke E (siehe ETSI TR 101 190) für jeden Empfangsort individuell auf die notwendige Güte des Empfangssystems geschlossen werden. Die Güte ist für die jeweilige Empfangsfrequenz eine Funktion des minimalen erforderlichen Signalrauschabstands und der Empfangsfeldstärke:

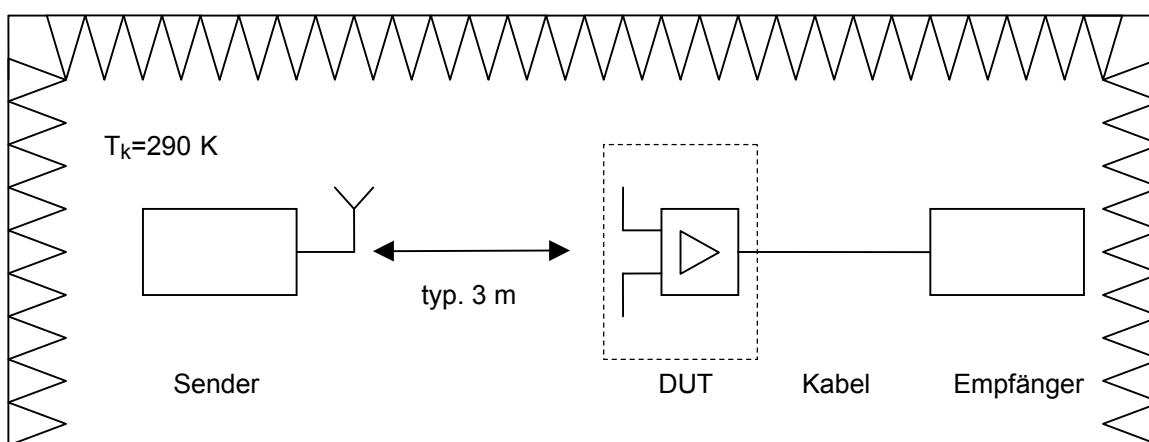
$$G/T = f(C/N_{\min}, E).$$



4.1.2 Annahmen/Voraussetzungen

- Digitales System
- TV Test-Receiver (z.B. Rohde&Schwarz EFA DVB-T) mit $n_f = 7\text{dB}$ typ.
- TV Test-Sender (z.B. Rohde&Schwarz SFU)
- Kabellänge = 2m
- 75 Ω - System
- Signalbandbreite 7MHz (VHF) bzw. 8MHz (UHF)
- Für die Messfrequenzen geeignete Absorberkammer
- (typische Werte: Schirmung > 100dB; Reflexionsdämpfung > 20dB)

4.1.3 Schematischer Messaufbau



Die Sendeantenne ist auf die Testantenne ausgerichtet (Höhe, Polarisation).

4.1.4 Formeln

linear:

$$C_{lin} = S * G * A_{wi}$$

$$A_{wi} = \lambda^2 / (4 * \pi)$$

$$N_{lin} = k * T * B$$

$$(C/N)_{lin} = G/T * S * A_{wi}/(k*B)$$

logarithmisch:

$$(1) \quad C/N = m + \text{PFD} + 10 * \log(A_{wi}) - 10 * \log(k*B)$$

$$\text{PFD} = E - 10 * \log(120 * \pi) - 120$$

$$(2) \quad \text{PFD} = E - 145,8 \quad \text{in (1)}$$

$$m = C/N - E + 10 \cdot \log(k \cdot B) - 10 \cdot \log(A_{wi}) + 145,8$$

$$m = C/N - E + K(f)$$

S	= Leistungsdichte [W/m ²]
PFD	= Leistungsflussdichte [dBW/m ²]
m	= Güte [dB/K]
E	= Feldstärke am Empfangsort [dBμV/m]
B	= Bandbreite [Hz] (7 MHz für VHF, 8 MHz für UHF)
k	= Boltzmann-Konstante = $1,38 \cdot 10^{-23}$ W/(Hz*K)
C/N	= Empfänger-Signalrauschabstand [dB]
(C/N) _{lin}	= Empfänger-Signalrauschabstand [linear]
A _{wi}	= Effektive Antennenfläche des isotropen Kugelstrahlers [m ²]
G	= Gewinn der Antenne [dBi]
T _{sys}	= Systemrauschtemperatur [K]
T _{ant}	= Äquivalente Antennenrauschtemperatur [K]
T _k	= Rauschtemperatur der Absorberkammer [K]
N _t	= Senderrauschen
N _e	= Umgebungsrauschen
f	= Testfrequenz [Hz]
K(f)	= $10 \cdot \log(k \cdot B) - 10 \cdot \log(A_{wi}) + 145,8$ = Konstante für Testfrequenz (Frequenzabhängigkeit der effektiven Antennenfläche)

4.1.5 Messung der Güte m in Abhängigkeit von der Empfangsfeldstärke E

Für die Messung wird ein DVB-T Testsender (z.B. Rohde&Schwarz SFU) verwendet.

Das Testsignal wird anhand folgender Parameter generiert:

Beispiel:

- 16-QAM
- nicht-hierarchische Modulation
- Guardintervall $\frac{1}{4}$
- Fehlerschutz $\frac{3}{4}$ (VHF) bzw. $\frac{2}{3}$ (UHF)
- 8K-COFDM

Durch eine Referenzmessung mit einer Feldsonde kann die Empfangsfeldstärke am Ort der Antenne in Abhängigkeit des eingestellten Sendepiegels ermittelt werden. Es ist darauf zu achten, dass der gemessene Gütewert im Bereich konstanter Güte ermittelt wird. Hier bewirkt eine Erhöhung der Feldstärke E von 1dB eine Erhöhung des Signalrauschabstands C/N von ebenfalls 1dB.

4.2 Messverfahren 2: Bestimmung des äquivalenten passiven Antennengewinns

4.2.1 Grundlagen

Zur Gewinnbestimmung passiver Antennen gibt es mehrere Verfahren. Beispielsweise kann ein Substitutionsverfahren eingesetzt werden, bei dem in einem Empfangsfeld die Empfänger-Eingangsspannungen der zu untersuchenden Antenne mit den Eingangsspannungen eines Bezugsdipols verglichen werden. Durch Höhenvariation und Mittelwertbildung ermittelt man den Antennengewinn. Eine andere Möglichkeit bietet die Methode nach Schwarzbeck („Quasi Freiraum Kalibrierverfahren“), bei dem ebenfalls über Höhenvariation und Mittelwertbildung Reflexionsanteile im Empfangssignal eliminiert werden und der Antennengewinn ermittelt werden kann.

Schwieriger gestaltet sich die Beurteilung aktiver Antennensysteme. Neben der Verstärkung des Systems aus Empfangsantenne und Vorverstärker ist auch dessen Rauschen zu betrachten. Wie man bei einem Empfangssystem mit einer aktiven Antenne zu einem äquivalenten passiven Antennengewinn gelangt, ist in einer Veröffentlichung der BBC¹ beschrieben. Folgende Messungen werden vorgenommen:

- der Gesamtgewinn (erzielbare Leistung) von Antenne + Vorverstärker in Bezug zum passiven Halbwellendipol wird gemessen (siehe Absatz 1)
- die Rauschleistung der Anordnung Antenne + Vorverstärker wird ermittelt

Zur Messung der Rauschleistung wird die aktive Antenne in einem geschirmten Raum/Absorberkammer aufgestellt und die abgegebene Leistung wird mit einem Messempfänger bestimmt. Der Messempfänger muss dafür mit einer Rauschquelle kalibriert werden. Diese Rauschleistung wird dann von der erzielbaren Leistung nach dem im Punkt 2 beschriebenen Verfahren „abgezogen“. Durch Vergleich mit der theoretisch ermittelten Performance eines Systems mit passiver Antenne (Halbwellendipol) erhält man den äquivalenten passiven Antennengewinn.

4.2.2 Formeln

Nach der BBC-Veröffentlichung berechnet sich der äquivalente passive Antennengewinn zu:

$$G_{\text{äqu}} = G_t + 10 \cdot \log (T_p/T_a)$$

$$G_{\text{äqu}} = G_t + 10 \cdot \log ((T_{\text{Empf}} + T_{\text{pass.Ant}}) / (T_{\text{Empf}} + T_{\text{akt.Ant}})) \quad (1)$$

mit:

- $G_{\text{äqu}}$ = äquivalenter passiver Antennengewinn
- G_t = Gesamtgewinn der aktiven Antenne
- T_p = Rauschtemperatur des gesamten passiven Systems
- T_a = Rauschtemperatur des gesamten aktiven Systems
- T_{Empf} = Rauschtemperatur des Empfängers
- $T_{\text{pass.Ant}}$ = Rauschtemperatur der passiven Antenne
- $T_{\text{akt.Ant}}$ = Rauschtemperatur der aktiven Antenne

¹ BBC R&D White Paper WHP 066, J. Salter: “Specifying UHF active antennas and calculating system performance”

Die Rauschtemperatur des Empfängers berechnet sich als:

$$T_{\text{Empf}} = (F-1) \cdot T_0 \quad (2)$$

Dabei werden für das Rauschen des Empfängers 8 dB (bzw. $F = 6,3$) angenommen.

Für die passive Antenne beträgt die Rauschtemperatur:

$$T_{\text{pass.Ant}} = T_0 \quad (3)$$

Die Rauschtemperatur der aktiven Antenne berechnet sich wie folgt:

$$T_{\text{akt.Ant}} = P / (k \cdot B) \quad (4)$$

mit: P = Rauschleistung der aktiven Antenne
 k = Boltzmannkonstante
 B = Bandbreite (7,61 MHz für 8 MHz-Kanäle, 6,66 MHz für 7 MHz-Kanäle)

Durch Einsetzen der Formeln (2) bis (4) in Gleichung (1) ergibt sich dann nach der Messung des Gesamtgewinns der aktiven Antenne G_t und der Messung der Rauschleistung der Antenne P der äquivalente passive Antennengewinn $G_{\text{äqu}}$.

5. Änderungshistorie

Datum	Änderungsreferenz	Versions-Nr.
22.03.2007	Abschluss Version 1.0	1.0
Dezember 2007	Veröffentlichung Version 1.0	1.0
14.10.2008	Abschluss Version 1.1	1.1
07.11.2008	Abschluss Version 1.2	1.2
November 2008	Veröffentlichung Version 1.2	1.2.

* * *