

Hinweise zur Berechnung der Empfangsfeldstärke und Bestimmung  
der effektiven Strahlungsleistung (E.R.P.) von FM- und TV-  
Antennensystemen

Literaturnachweis :

TECHNICAL DATA USED BY THE EUROPEAN  
VHF/UHF BROADCASTING CONFERENCE STOCKHOLM; 1961

## 1. Wichtige Begriffe und Definitionen

### 1.1. Antennengewinn "G"

Definition :

$$G = \frac{\text{Strahlungsleistung Versuchsantenne}}{\text{Strahlungsleistung Bezugsantenne}}$$

Als Bezugsantenne wird meist der Halbwellendipol ( $\lambda/2$ -Dipol) verwendet.

Der Gewinn des  $\lambda/2$ -Dipols wird festgelegt :

$$G_{(\lambda/2\text{-Dipol})} = 1 = 0 \text{ dB}$$

### 1.2. Effektive Strahlungsleistung "E.R.P."

(Effective Radiated Power)

Definition :

$$\text{E.R.P.} = \text{Antennengewinn} \times \text{Senderleistung} *$$

$$\text{E.R.P.} = G \times P_{\text{TX}} *$$

\* am Antenneneingang nach Abzug der Speisekabelverluste.

Die Strahlungsleistung wird meist in kW oder W angegeben.  
Der Gewinn ist dabei als Faktor einzusetzen.

### 1.3. Umrechnung eines Spannungs- und Leistungsverhältnisses in "dB"

Leistungen :

$$a/\text{dB} = 10 \log \frac{P_1}{P_2}$$

und umgekehrt

$$\frac{P_1}{P_2} = 10 \exp \frac{a/\text{dB}}{10}$$

Spannungen :

$$a/\text{dB} = 20 \log \frac{U_1}{U_2}$$

und umgekehrt

$$\frac{U_1}{U_2} = 10 \exp \frac{a/\text{dB}}{20}$$

<b>KATHREIN</b>	Tag		Typ. Nr.
	23.4.85		
	Name		Blatt: 1
	<i>Willmann</i>		

2. Berechnung von Feldstärken und Bestimmung der E.R.P. eines Antennensystems

Hierfür wurden die Ergebnisse eines technischen Berichtes, der anlässlich der europäischen Wellenkonferenz 1961 in Stockholm von C.C.I.R. - Experten erstellt wurde, zusammengefaßt.

C.C.I.R. - Richtlinien und -Empfehlungen sind die Grundlage für die nachstehenden Berechnungsmethoden. Es muß deutlich darauf hingewiesen werden, daß keine Gewähr für die praktisch erzielten Werte gegeben werden kann.

2.1 Theoretische Fernfeldstärke bei Freiraumausbreitung

$$E^* [\mu\text{V/m}] = \frac{7000 \times \sqrt{P \times G}}{d}$$

$E^*$  = theoretische Fernfeldstärke  $\left[ \frac{\mu\text{V}}{\text{m}} \right]$

$G$  = Gewinn Sendeantenne [Faktor]

$P$  = Senderleistung [W]

$d$  = Entfernung [km]

Meist wird die Feldstärke in  $\text{dB}\mu\text{V/m}$  angegeben.

Definition :

$$E [\text{dB}\mu\text{V/m}] = 20 \log \frac{E [\mu\text{V/m}]}{1 [\mu\text{V/m}]}$$

$$0 \text{ dB}\mu\text{V/m} = 1 \mu\text{V/m}$$

**KATHREIN**

Tag

23.4.85

Name

*Widmann*

Typ Nr.

Blatt: 2

## 2.2. Radio - optischer Horizont

$$X = \frac{2\pi \times R}{360^\circ} \times \arccos \frac{R}{R + H_{SA}} + \frac{2\pi \times R}{360^\circ} \times \arccos \frac{R}{R + H_{EA}}$$

- X = radio - optischer Horizont  
R =  $4/3 \times$  Erdradius = 8493 km  
H<sub>SA</sub> = Höhe Sendeantenne  
H<sub>EA</sub> = Höhe Empfangsantenne

## 2.3 Empfohlene Mindestfeldstärken

- FM Band II : 48 dB $\mu$ V/m (Monoempfang)  
                  : 58 dB $\mu$ V/m (Stereoempfang)  
TV Band I : 48 dB $\mu$ V/m  
TV Band III : 57 dB $\mu$ V/m  
TV Band IV : 67 dB $\mu$ V/m  
TV Band V : 72 dB $\mu$ V/m

nach VDE 0855 / Teil 2

<b>KATHREIN</b>	Tag		Typ Nr.
	23.4.85		
	Name		
	<i>W. H. ...</i>		Blatt: 3

## 2.4. Ermittlung der tatsächlichen Feldstärke

$$E = E^* - \sum \text{zusätzlicher Dämpfungen}$$

$E^*$  = Feldstärke bei reiner Freiraumausbreitung

die zusätzlichen Dämpfungen sind auf Geländeformen und Struktur, Beugungseffekte, Fernreflexionen, Wettereinflüsse etc., zurückzuführen.

Tabelle zusätzlicher Dämpfungen für Bd I, II und III\*

		Höhe der Sendeantenne über dem Gelände				
		1000 m	500 m	200 m	100 m	50 m
Entfernung [km]	10	0	0	5	11	17
	20	1	4	11	19	27
	40	5	11	18	25	32
	60	8	16	24	31	35
	80	14	22	30	35	38
	100	18	26	34	38	40
	120	22	29	36	40	43
	140	25	32	39	42	45
	160	29	35	41	44	47
	180	33	39	43	47	49
	200	35	42	45	50	51

\* Im Bd IV/V müssen die Werte um jeweils 5 dB im Durchschnitt erhöht werden.

Die Werte der Tabelle gelten für ein Durchschnittsgelände, wie es in vielen europäischen Ländern vorkommt.

<b>KATHREIN</b>	Tag	Typ Nr.
	23.4.85	
	Name	Blatt: 4

*Widmann*

Beispiel :

Ermittlung der Feldstärke bei gegebener E.R.P. des Antennensystems in einer Entfernung d

$$G = 8 \text{ dB} = 6,3 \text{ (Faktor)}$$

$$P = 5 \text{ kW}$$

$$H_{SA} = 100 \text{ m}$$

$$d = 40 \text{ km}$$

$$E^* = \frac{7000 \times \sqrt{5000 \times 6,3}}{40} \frac{\mu\text{V}}{\text{m}} \quad (\text{nach Gl. 2.1.})$$

$$E^* = 31000 \frac{\mu\text{V}}{\text{m}} = 90 \text{ dB}\mu\text{V/m} \quad (\text{Freiraumausbreitung})$$

=====

zusätzliche Dämpfungen laut Tabelle = 25 dB

$$E = E^* - 25 \text{ dB} = 90 \text{ dB}\mu\text{V/m} - 25 \text{ dB} =$$
$$= 65 \text{ dB}\mu\text{V/m}$$

=====

2.5. Ermittlung der notwendigen E.R.P. für ein Versorgungsgebiet

Ausgangspunkt für die Ermittlung der E.R.P. ist die Mindestfeldstärke.

Die zusätzlichen Dämpfungen müssen addiert werden.

Auf Grund von Störungen aus Industrie und Straßenverkehr sollte in bebauten Gebieten ein zusätzlicher Aufschlag berücksichtigt werden, um den Störabstand zu erhöhen.

C.C.I.R. empfiehlt folgende Aufschläge :

in ländlicher Gegend : 0 dB

in Kleinstädten : + 12 dB

in Großstädten : + 22 dB

**KATHREIN**

Tag

23.4.85

Name

*Wittmann*

Typ Nr.

Blatt: 5

Beispiel :

Bestimmung der E.R.P. für die Versorgung eines bestimmten Gebietes mit einem FM-Stereosignal.

Kleinstadt in  $d = 60$  km Entfernung

$$H_{5A} = 200 \text{ m}$$

$$\text{Mindestfeldstärke} = 58 \text{ dB}\mu\text{V}$$

$$\text{zusätzl. Dämpfungen} = 24 \text{ dB (laut Tabelle)}$$

$$\text{"Kleinstadt"-Aufschlag} = 12 \text{ dB}$$

1. Schritt :

Bei einer reinen Freiraumausbreitung errechnet sich die notwendige theoretische E.R.P. wie folgt (siehe auch Tabelle Bl. 7)

$$E^* = \frac{7000 \sqrt{G \times P}}{d} \frac{\mu\text{V}}{\text{m}} = 58 \text{ dB}\mu\text{V/m} = 794 \mu\text{V/m}$$

$$G \times P = \text{E.R.P.}^* = \frac{E^2 \times d^2}{7000^2}$$

$$\text{E.R.P.}^* = \frac{794^2 \times 60^2}{7000^2} \quad W = 46 \text{ W} = 0,046 \text{ kW} = -13,4 \text{ dBkW}$$

2. Schritt :

Durch Addition der zusätzlichen Dämpfungen und des Aufschlages zur Erhöhung des Störabstands (hier : "Kleinstadt"-aufschlag) erhält man die tatsächlich erforderliche E.R.P.

$$\begin{aligned} \text{E.R.P.} &= \text{E.R.P.}^* + 24 \text{ dB} + 12 \text{ dB} = -13,4 \text{ dBkW} + 24 \text{ dB} + 12 \text{ dB} \\ &= 22,6 \text{ dBkW} = 182 \text{ kW} \\ &\quad \text{=====} \end{aligned}$$

Bei einer Senderleistung von z.B.  $P = 5$  kW ergibt sich ein Antennengewinn

$$G = \frac{\text{E.R.P.}}{P} = \frac{182 \text{ kW}}{5 \text{ kW}} = 36,4 = 15,6 \text{ dB} \\ \text{=====}$$

**KATHREIN**

Tag

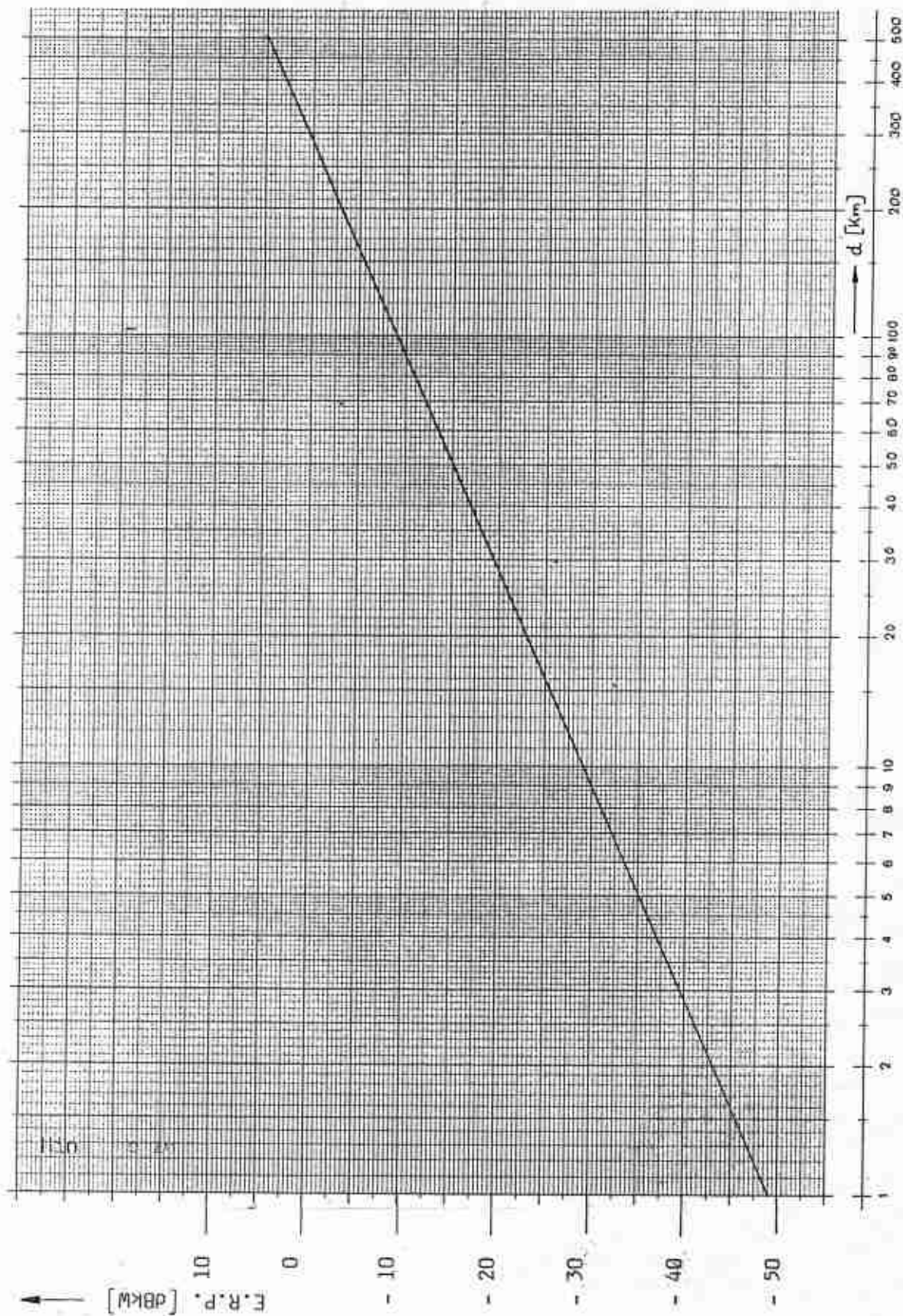
23.4.85

Name

*Willmann*

Typ Nr.

Blatt: 6



Kurve gilt für theoretische Freiraumausbreitung !

**KATHREIN**

Tag  
23.4.85  
Name  
*Widmann*

Erforderliche E.R.P. in Abhängigkeit  
der Entfernung für eine Empfangs-  
feldstärke von 58<sup>n</sup> dB $\mu$ V/m

Typ Nr.

Blatt: 7