

Verordnung über das
Nachweisverfahren zur Begrenzung
elektromagnetischer Felder

BEMFV

(2002)

BEMFV

Übersicht:

- Einführung in die Thematik des Schutzes vor elektromagnetischen Feldern
- Hinweise auf vorhandene Hilfsunterlagen für die Durchführung der Selbsterklärung
- Durchführung der Selbsterklärung mit Beispiel

BEMFV

Unterschiedliche Begriffe:

- **EMV: Elektromagnetische Verträglichkeit**
= Geräteschutz
- **EMVU/EMF: Elektromagnetische Verträglichkeit Umwelt / Elektromagnetische Felder**
= Personenschutz

BEMFV

Grenzwerte

- **EMV: Elektromagnetische Verträglichkeit**
= Geräteschutz (HSM-Grenzwerte)

hier interessant: Schutz von Implantaten (Herzschrittmacher, Cochlea-Implantat)

Grenzwerte: VDE 0848 Teil3-1 (Juni 1999), Teil 3-1/A1 (Februar 2001)



BEMFV

Grenzwerte

- **EMVU/EMF: Elektromagnetische
Verträglichkeit Umwelt / Elektromagnetische
Felder**

= Personenschutz

Grenzwerte: ICNIRP-Richtlinie,
national umgesetzt in 26. Bundesimmissionsschutz-
verordnung (BImSchV)

Empfehlung des europäischen Rates 1999/519/EG



BEMFV

Grenzwerte

- **Physiologische Wirkung der elektromagnetischen Felder auf den menschlichen Körper:**

1 Hz bis 10 MHz:

Elektrische Stimulation, induzierter Strom in den Körper, vgl. Reizstrom

-> lineare Addition bei mehreren gleichzeitigen Frequenzen

100 kHz bis 300 GHz:

Thermische Wirkung auf das Gewebe (Erwärmung), vgl. Mikrowellenherd

-> quadratische Addition bei mehreren gleichzeitigen Frequenzen

BEMFV

Problem:

Es existieren zweierlei Grenzwertsätze, die einzuhalten sind:

- EMV – Grenzwerte (HSM-Grenzwerte)
- EMVU/EMF – Grenzwerte (Personenschutz)

BEMFV

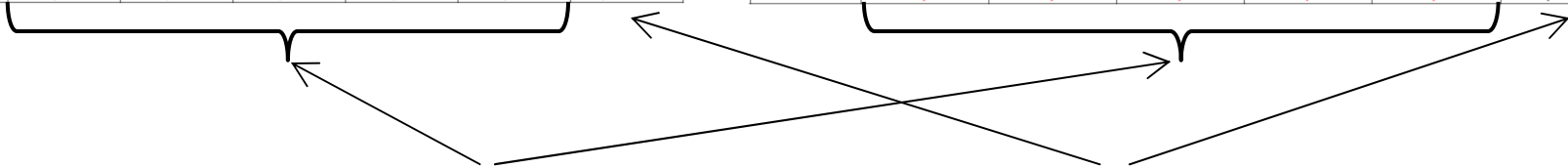
Grenzwerte

Band	CW	SSB	FM	AM	TV	ICNIRP
	in V/m	in V/m	in V/m	in V/m	in V/m	in V/m
LW	244,52 ^{(*)2}	244,52 ^{(*)2}		244,52		87,00
160m	111,59	149,48		44,09		61,52
80m	107,37	168,15		61,71		44,63
40m	81,75	107,05		67,61		32,42
30m	56,81	67,57		34,02		27,50
20m	37,36	42,07		17,02		27,50
17m	21,64	30,04		12,33		27,50
15m	18,48	23,03		12,33		27,50
12m	15,99	18,04		9,92		27,50
10m	13,88	17,89	98,28	7,38		27,50
6m	12,12 ^{(*)1}	15,18 ^{(*)1}	95,55	2,93		27,50
2m	8,83 ^{(*)1}	11,09	69,31	2,58 ^{(*)2}	2,58	27,50
70cm	35,53 ^{(*)2}	35,53 ^{(*)2}	35,53 ^{(*)2}	35,53 ^{(*)2}	35,53	28,51
23cm	45,78 ^{(*)2}	45,78 ^{(*)2}	45,78 ^{(*)2}	45,78 ^{(*)2}	45,78 ^{(*)2}	48,42
13cm	907,61 ^{(*)2}	907,61 ^{(*)2}	907,61 ^{(*)2}	907,61 ^{(*)2}	907,61 ^{(*)2}	61,00

Band	CW	SSB	FM	AM	TV	ICNIRP
	in mA/m	in mA/m	in mA/m	in mA/m	in mA/m	in mA/m
LW	648,62 ^{(*)2}	648,62 ^{(*)2}		648,62		5000,00
160m	295,99	396,51		116,95		386,24
80m	284,81	446,03		163,70		192,11
40m	216,85	283,95		179,34		101,39
30m	150,68	179,23		90,24		73,00
20m	99,10	111,60		45,15		73,00
17m	57,40	79,69		32,72		73,00
15m	49,02	61,09		32,72		73,00
12m	42,40	47,85		26,31		73,00
10m	36,81	47,45	260,69	19,59		73,00
6m	32,09 ^{(*)1}	40,28 ^{(*)1}	253,47	7,77		73,00
2m	23,43 ^{(*)1}	29,41	183,86	6,84 ^{(*)2}	6,84	73,00
70cm	94,25 ^{(*)2}	94,25 ^{(*)2}	94,25 ^{(*)2}	94,25 ^{(*)2}	94,25	76,72
23cm	121,42 ^{(*)2}	121,42 ^{(*)2}	121,42 ^{(*)2}	121,42 ^{(*)2}	121,42 ^{(*)2}	130,29
13cm	2407,51 ^{(*)2}	2407,51 ^{(*)2}	2407,51 ^{(*)2}	2407,51 ^{(*)2}	2407,51 ^{(*)2}	160,00

HSM-Grenzwerte

Personenschutzgrenzwerte



BEMFV

- Ortsfeste Funkanlagen mit EIRP ≥ 10 Watt benötigen Standortbescheinigung vor Inbetriebnahme!

Beispiele: isotroper Kugelstrahler:	0.0 dBi	= Faktor 1.00 -> 10.0 Watt
$\lambda/2$ – Dipol:	2.15 dBi	= Faktor 1.64 -> 6.1 Watt

Ausnahmen:

- BOS Funkanlagen dürfen sofort betrieben werden
- Sonderregelungen für Amateurfunkanlagen



BEMFV

Regelungen für Amateurfunkanlagen

- i.A. keine Standortbescheinigung nötig, sondern Anzeige der Amateurfunkanlage bei der BNetzA (=Selbsterklärung)
- **Ausnahmen:**
 - Standortmitbenutzung, d.h. am Standort befindet sich schon eine ortsfeste Funkanlage (unerheblich, ob AFU-Anlage oder andere Funkanlage)

BEMFV

- Bei Zuwiderhandlungen:

C.	Betrieb einer Funkanlage ohne die erforderliche Standortbescheinigung oder unter Verstoß gegen deren Bestimmungen; Verletzung von Anzeige- und Dokumentationspflichten; Betrieb einer Amateurfunkanlage unter Verstoß gegen § 8 der Verordnung	Gebühr in Euro
C.1	Verwaltungsmäßiges Bearbeiten eines Verstoßes einschließlich Festlegen der Maßnahmen nach Aufwand	100 – 2 000
C.2	Zusätzlich zu C.1 bei Ausführen eines mobilen Messeinsatzes	Die Höhe der Gebühr bemisst sich nach dem tatsächlichen Aufwand anhand der Gebührennummern A.5.1 bis A.5.5.

A.5	Zusätzlich zu den Gebührenpositionen A.2 bis A.4, wenn Messungen oder Nahfeldberechnungen erforderlich sind	Die Höhe der Gebühr bemisst sich nach dem tatsächlichen Aufwand anhand der Gebührennummern A.5.1 bis A.5.5.
A.5.1	Stundensatz für Beamte des höheren Dienstes	240,17
A.5.2	Stundensatz für Beamte des gehobenen Dienstes	169,37
A.5.3	Stundensatz für Beamte des mittleren Dienstes	129,82
A.5.4	Stundensatz für den Einsatz von Mess-Kfz (einschließlich messtechnischer Einrichtungen im Mess-Kfz)	57,26
A.5.5	Fahrleistung eines Mess-Kfz je Kilometer	0,23

BEMFV

Durchführung der Anzeige ortsfester Amateurfunkanlagen, Hilfen:

- Hilfeunterlagen der BNetzA

- Vereinfachtes Verfahren zur Bestimmung der Schutzabstände bei Amateurfunkanlagen.



- Anleitung zur Durchführung der Anzeige ortsfester Amateurfunkanlagen



- Zahlreiche Hilfeunterlagen beim DARC

- Berechnungs- und Auswerteprogramm „WATT32“

BEMFV

Durchführung der Anzeige ortsfester Amateurfunkanlagen, benötigte Informationen:

- Maßstäbliche Zeichnung der Amateurfunkanlage (Antennen) mit Umgebung (von zwei Seiten und Aufsicht), d.h. Lageplan
- Antennenzuleitungen (Typ, Länge, Anzahl der Stecker in der Antennenzuleitung)
- Verwendete Antennen (möglichst Datenblätter)
- Vorhandene Anpassgeräte, Frequenzweichen, SWR-Meter
- Senderausgangsleistungen
- Modulationsarten

BEMFV

Durchführung der Anzeige ortsfester Amateurfunkanlagen:

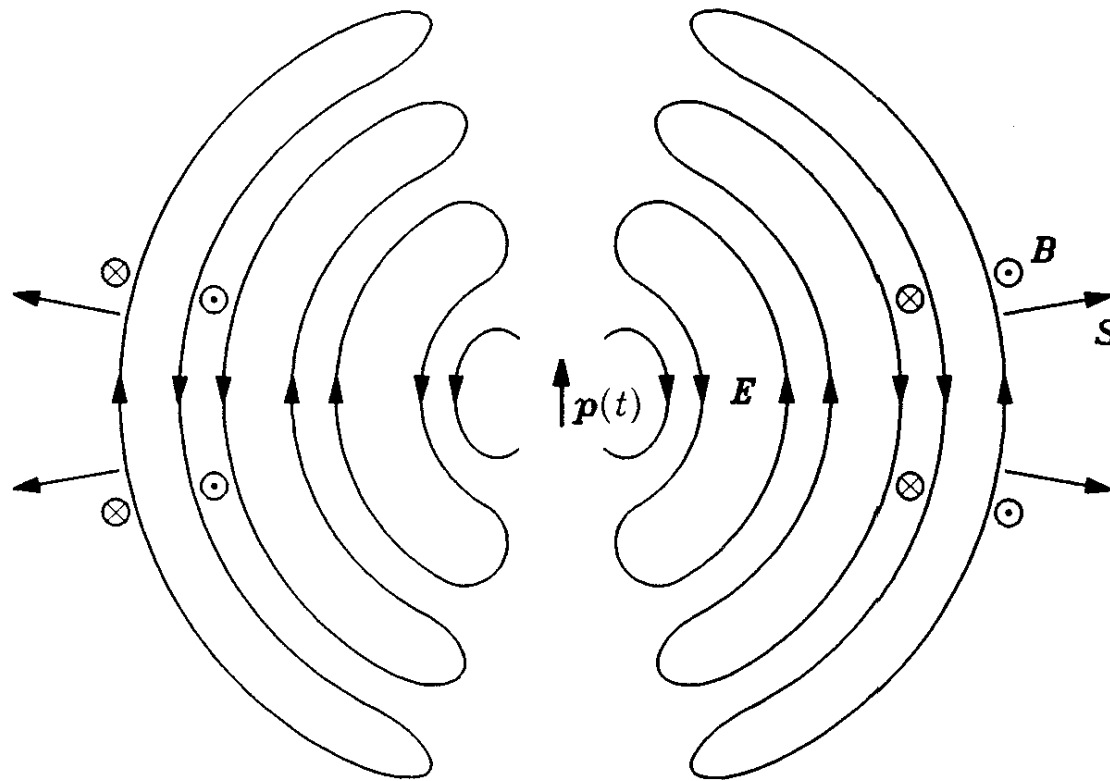
- Fernfeldberechnung ($d > \lambda/2\pi$)
- Feldstärkemessungen (E - und H - Feld)
- Vereinfachtes Verfahren bei Nahfeldberechnungen (Wiesbeck-Studie)
- Bewertungsverfahren (Vergleich mit Grenzwerten)
- (Nahfeldberechnungen)



WATT32

BEMFV

Fernfeld Dipolantenne:



BEMFV

Herleitung der Formel für die Fernfeldberechnung:

$$\text{Stromkreis: } P = U \cdot I \quad U = \sqrt{P \cdot R} \quad I = \sqrt{\frac{P}{R}}$$

$$\text{Felder: } S = E \cdot H \quad E = \sqrt{S \cdot Z_0} \quad H = \sqrt{\frac{S}{Z_0}}$$

mit $S = \frac{P \cdot G}{4 \cdot \pi \cdot r^2}$ und $Z_0 = 120 \cdot \pi \cdot \Omega$ (Freiraumwellenwiderstand)

$$\text{gilt } E = \sqrt{\frac{Z_0 \cdot P \cdot G}{4 \cdot \pi \cdot r^2}} \quad E = \sqrt{\frac{120 \cdot \pi \cdot P \cdot G}{4 \cdot \pi \cdot r^2}}$$

$$E = \sqrt{\frac{30 \cdot P \cdot G}{r^2}}$$

BEMFV

Fernfeldberechnung für $d > \lambda/2\pi$:

Reaktives Nahfeld:

Abstand $< \lambda/2\pi$

Strahlendes Nahfeld:

$\lambda/2\pi < \text{Abstand} < 4 \lambda$

Fernfeld:

Abstand $> 4 \lambda$

In der Regel kann im strahlenden Nahfeld eine Fernfeldberechnung erfolgen;

Ausnahmen sind z.B:

- Magnetische Antennen
- Im Vergleich zu λ geometrisch kleine Antennen

Frequenzband in MHz	Wellenlänge in m	reaktives-Nahfeld Wellenlänge/(2*PI) in m
0.135	2222.22	353.68
1.80	166.67	26.53
3.50	85.71	13.64
7.00	42.86	6.82
10.10	29.70	4.73
14.00	21.43	3.41
18.07	16.60	2.64
21.00	14.29	2.27
24.89	12.05	1.92
28.00	10.71	1.71
50.08	5.99	0.95
144.00	2.08	0.33
430.00	0.70	0.11
1240.00	0.24	0.04

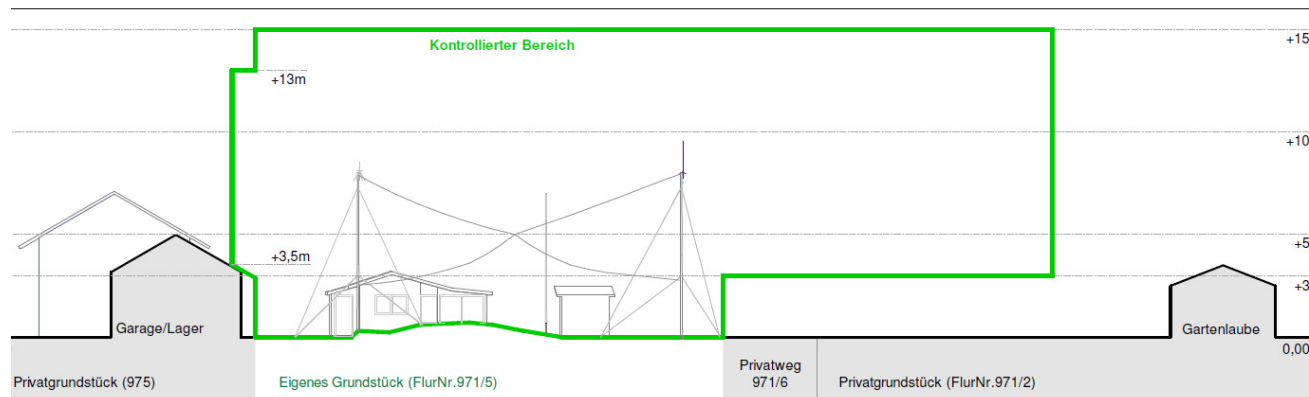
BEMFV

Kontrollierbarer Bereich setzt sich zusammen aus:

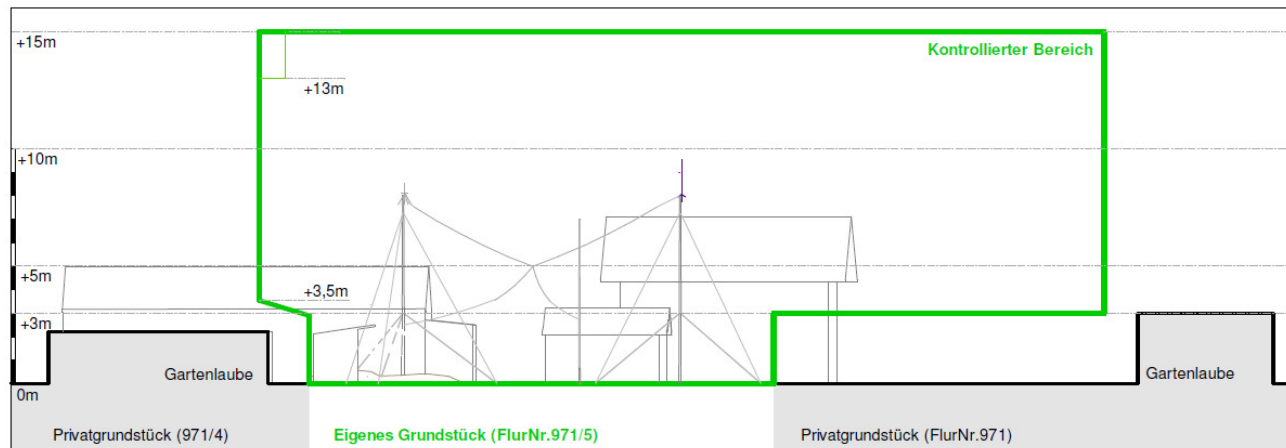
- Dem eigenen Grundstück. Auf diesem Grundstück kann der Betreiber über den Zutritt oder Aufenthalt von Personen bestimmen
- Der „Luftraum“ außerhalb des eigenen Grundstücks, da hierin der Zutritt und Aufenthalt von Personen ausgeschlossen werden kann.

BEMFV

Beispiel: Kontrollierbarer Bereich:



Westansicht



Südansicht

BEMFV

Dateneingabe für die Berechnung in Watt32:

The screenshot shows the 'Watt32 v 3.42.4 - Datenblatt: dl8ndu.dat' window. The interface includes a menu bar (Datei, Optionen, Datenblatt, Formulare, Summierung, Messwerte, Zusatzprogramme, Hilfe), a sheet selector (Blatt 4), and a parameter list on the left. The main area contains a table of input parameters and a table of calculated results. The 'Info' section at the bottom left provides additional calculated values.

V	W	X	Y	Z	a	b
18	21	21	24	24	28	28
GP	GP	GP	GP	GP	GP	GP
0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
100	100	100	100	100	100	100
J3E	A1A	J3E	A1A	J3E	A1A	J3E
1,36	1,38	1,38	1,63	1,63	1,65	1,65
0,63	0,66	0,66	0,70	0,70	0,73	0,73
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2,17	2,16	2,16	2,22	2,22	2,21	2,21
1,98	3,22	2,58	3,81	3,38	4,39	3,40
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

V	W	X	Y	Z	a	b
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
27,50	27,50	27,50	27,50	27,50	27,50	27,50
30,04	18,48	23,03	15,99	18,04	13,88	17,89
118,30	118,03	118,03	123,88	123,88	123,59	123,59

Info

7 Faktor F(modPers):
12 Faktor F(B):
Eg (Personenschutz) [V/m]:
Eg (HSM) [V/m]:
Strahlungsleistung max. EIRP [W]:

Datenblatt voll Alle Blätter berechnen

BEMFV

Probleme bei der Dateneingabe für Berechnung:

- Fehlende Grenzwerte bei 2m:

SSB Grenzwerte nur für 144 bis 145

Fehlende Grenzwerte bei 10m:

AM/FM Betrieb nur von 29 bis 29.7

A	B	C	D		m	n	o	p
144	144	144	145	4 AFu-Band [MHz]	28	28	29	28
Collinear	Collinear	Collinear	Collinear	1 Antenne	Dipol	Dipol	Dipol	Dipol
8	8	8	8	2 Montagehöhe der Antenne [m]	3,5	3,5	3,5	3,5
ND	ND	ND	ND	3 Hauptstrahlrichtung [Grad]	NO	NO	NO	NO
100	100	40	100	5 Sendeleistung PEP [W]	100	100	100	30
A1A	SSB	Alle	FM	6 Sendart (Modulationsart)	A1A	SSB	FM	Alle
4,5	4,5	4,5	4,5	9 Antennengewinn [dBi]	2,15	2,15	2,15	2,15
4,48	4,48	4,48	4,48	10 Kabelverluste [dB]	1,86	1,86	1,86	1,86
1,20	1,20	1,20	1,20	11 Winkeldämpfung [dB]	0,00	0,00	0,00	0,00
1,74	1,74	1,10	1,74	13 Abstand Personenschutz	2,06	2,06	2,06	1,13
5,41	4,31	11,73	0,69	14 Abstand HSM	4,08	3,17	0,58	4,20

→ Eingabe zusätzlicher Spalten in WATT32; Infodatei vom DARC



BEMFV

Probleme bei der Dateneingabe für Berechnung:

- verschiedene Ausgangsleistungen 160m

2	1 810 – 1 850 kHz	P	A	750 W PEP	3
2E	1 810 – 1 850 kHz	P	E	100 W PEP	3
3	1 850 – 1 890 kHz	S	A	75 W PEP	3, 10, 12
3E	1 850 – 1 890 kHz	S	E	75 W PEP	3, 10, 12
4	1 890 – 2 000 kHz	S	A	10 W PEP	3, 10
4E	1 890 – 2 000 kHz	S	E	10 W PEP	3, 10

- Fehlende Grenzwerte für 1.81 bis 1.85 MHz für SSB und CW-> mit AM rechnen

Sendekonfiguration		A	B	C	D
1	Antenne:	2 x 20m	2 x 20m	2 x 20m	2 x 20m
2	Montagehöhe der Senderantennenunterkante über Grund in Metern:	10	10	10	10
3	Hauptstrahlrichtung N über O in Grad:	N-S	N-S	N-S	N-S
4	Betriebsfrequenz in MHz:	1,81 - 1,85	1,85 - 1,89	1,89 - 2,00	1,81 - 1,89
5	Senderleistung (Spitzenleistung, PEP) in Watt:	750	75	10	75
6	Sendart (Modulationsart):	SSB	SSB	SSB	Alle

→ Eingabe zusätzlicher Spalten in WATT32; Infodatei vom DARC

BEMFV

Dateneingabe bei Feldstärkemessung in Watt 32:

Watt32 v 3.42.4 - Erfassung und Auswertung von Messwerten: DL8NDU-3,5-Dipol.mwd

Datei Datenblatt Messgerät Info UKW Info Hilfe

Zunächst Band für die Messung auswählen und Rufzeichen eintragen, dann Messpunkte eingeben

Mess-Einheiten

E-Feld

V/m

dB[V/m]

Anzeige dBm

H-Feld

A/m

mA/m

dB[A/m]

dB[mA/m]

Anzeige dBm

Auswertung

nur E

nur H

E und H

Meßpunkte

MP 01-10

MP11-20

MP 21-30

MP31-40

Band, Sendeleistung und Antenne während der Messung

DL8NDU Dipol

AFu Band [MHz] Messleistung [W] Spitzenspannung U_{ss} [V]

3,5 100 0,546 0,854 0,312 0,546 44,63 0,192

Eingabe der Feldstärkemessungen je Messpunkt

Messpunkt	E(mess) [V/m]	H(mess) [A/m]	CW	SSB	AM	FM	PS E [V/m]	PS H [A/m]
MP 01-10 Prozent vom zulässigen Grenzwert (maximal = 100% zulässig)								
MP 01	1,9	0,02	7 %	5 %	12 %	7 %	4 %	10 %
MP 02	4,2	0,029	10 %	7 %	18 %	10 %	9 %	15 %
MP 03	4,8	0,025	9 %	6 %	16 %	9 %	11 %	13 %
MP 04	2,4	0,029	10 %	7 %	18 %	10 %	5 %	15 %
MP 05	4,3	0,02	7 %	5 %	13 %	7 %	10 %	10 %
MP 06	2,9	0,03	11 %	7 %	19 %	11 %	6 %	16 %
MP 07	2	0,03	11 %	7 %	19 %	11 %	4 %	16 %
MP 08	2,8	0,023	8 %	5 %	14 %	8 %	6 %	12 %
MP 09	1,6	0,022	8 %	5 %	14 %	8 %	4 %	11 %
MP 10	1,9	0,022	8 %	5 %	14 %	8 %	4 %	11 %

max. mögliche Leistung HSM [W]: > 750 > 750 > 750 > 750

mögliche Leistung Personenschutz [W]: > 750 > 750 > 750 > 750

BnetzA FCC F(modPers)=1

Messgerät Messwerte löschen Berechnen

Nächst ungünstigere Ersatzbetriebsart verwenden wenn kein Grenzwert vorhanden

BEMFV

Nahfeldberechnungen (Wiesbeck-Studie):

- Verfügbare Antennen und Frequenzbereiche

Antennentypen	Frequenzbereiche in MHz										
	1,825	3,65	7,05	10,1	14,175	18,084	21,255	24,9	28,85	145	430
$\lambda/2$ -Dipole	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x
verkürzte Dipole		x	x								
inverted V		x	x								
asymetr. Dipol (FD4)		x	x		x	x		x	x		
Vertikalantenne (4-BTV)			x		x		x		x		
Vertikalantenne (GPA50)		x	x		x		x		x		
Quad				x	x		x	x	x	x	
Loop (D=1,7m)	x	x	x								
Loop (D=3,4m)	x	x	x								
Yagi (W3DZZ)					x		x		x		
Yagi (FBDO505)					x	x	x	x	x		

Eingabe in Watt32:

Watt32 - Optionen: Wiesbeck

Wiesbeck

Sicherheitsabstandsrechnung Nahfeld nach Wiesbeck

Wiesbeck Antenne

- Dipol
- W3DZZ
- Inv.V
- FD4
- 4-BTV
- GPA50
- Quad
- Loop 1.7m
- Loop 3.4m
- FB53
- FBDO-505
- Antenne löschen

Berechnung mit folgenden Parametern

Band [MHz] **3,5**

Antennenhöhe über Grund **8**

Directivity Spalte A **2,15**

Directivity Wiesbeck Ant. **2,15**

Abweichende Directivity **10,4**

Modulation **J3E**

Wiesbeck EIRP **993,12**

Ant. Eingangsleistung [W] **90,57**

Sicherheitsfaktor FSi **1,4142**

PS	Wiesbeck Abstand	HSM
10,81		2,70
PS	Fernfeld Abstand	HSM
1,50		0,40

reaktives Nahfeld bis [m] **13,63**

Wiesbeck löschen im Datenblatt Übernahme ins Datenblatt Berechnen

BEMFV

Zu erstellende Unterlagen:

- Durchführung der Anzeige (einzureichende Unterlagen):
 - Anzeigeformblatt (3 Blätter), werden von WATT32 erstellt ■
 - Standortbezogener Sicherheitsabstand und kontrollierbarer Bereich in maßstäblicher Skizze ■ ■ ■
- Bereitzuhaltende Unterlagen:
 - Erläuterungen zur Durchführung ■
 - Dokumentation bei Fernfeldberechnungen, wird von WATT32 erstellt ■
 - Dokumentation bei Feldstärkemessungen , wird von WATT32 erstellt ■
Lage der Messpunkte mit Erklärung ■
 - Dokumentation bei Nahfeldberechnungen (Ein- und Ausgabedaten des Berechnungsprogramms)
 - Dokumentation bei Vereinfachtem Verfahren bei Nahfeldberechnung (Wiesbeck Studie), wird von WATT32 erstellt

BEMFV

Zu erstellende Unterlagen:

- Bereitzuhaltende Unterlagen (Fortsetzung):
 - Antennendiagramme, wird von WATT32 erstellt ■ ■
 - Lageplan mit Nutzungsart der Nachbargrundstücke ■
 - Bauzeichnung oder Skizze mit Bemaßung, falls Antenne an Gebäuden befestigt ist ■
 - Konfiguration der ortsfesten Amateurfunkanlage (Sendefrequenzen, Sendeleistungen, Sendeantennen und Zuleitungsverluste), Blockdiagramm ■
 - Einwirkungsbereich für aktive Körperhilfen nach § 10 BEMFV ■

BEMFV

Danke für die Aufmerksamkeit

und viel Spaß

bei der Erstellung der EMV-Selbsterklärung!!!