

## Die neue BEMFV-Selbsterklärung – leicht gemacht

**Die BEMFV aus dem Jahr 2002 wurde im August 2013 novelliert [1]. Sie verpflichtet alle Funkamateure, eine Selbsterklärung über ihre Amateurfunkstelle abzugeben. Der FUNKAMATEUR stellte dazu im Januar und Februar zwei mächtige Softwaretools vor. Hier folgt nun die Beschreibung von zwei wirklich einfachen Softwarehilfen, die auf allen denkbaren Umgebungen lauffähig sind: ein EXCEL-Arbeitsblatt von DL8DWW und ein lange vergessenes Tool zur Nahfeldbetrachtung von DK9BW, das nicht nur auf vorausberechnete Daten bekannter Antennen aufbaut, sondern die Feldstärken für beliebig verwinkelte Geometrien jeweils neu berechnet. Das muss man probiert haben.**

Fast unbemerkt hat sich die BNetzA im August 2013 von den Herzschrittmacher-Grenzwerten, die viele Funkamateure zu Leistungsbeschränkungen zwang, durch eine Novellierung der Verordnung über das Nachweisverfahren zur Begrenzung elektromagnetischer Felder (BEMFV) verabschiedet, denn inzwischen gibt es eine Norm für Herzschrittmacher, nach der auch diese Geräte die Personenschutzgrenzwerte einhalten müssen, so dass es keines speziellen Schutzes mehr bedarf.

Soweit die positive Nachricht. Aber fast unbemerkt findet sich nun im neuen §15a eine Bußgeldbestimmung für alle Lizenzinhaber, die ohne Standortbescheinigung ihren Sender betreiben. Standortbescheinigung? Für Funkamateure? Nun ja, der Autor dieses Beitrages ist kein Jurist, aber ist nicht die Selbsterklärung – im Amtsdeutsch: Anzeige nach §9 BEMFV – der Standortbescheinigung gleichzustellen? Ich würde es darauf nicht ankommen lassen, denn die in der FTEG angedrohte maximale Geldbuße von fünfzigtausend Euro sollte auch die letzten Säumigen veranlassen, ihre Erklärungen bald einzureichen.

In seiner zweiteiligen Dokumentation hat Fritz Markert, DM2BLE, im FUNKAMATEUR die Grundlagen der Anzeige und zwei mächtige Programme vorgestellt [2]. Und er hat auch darauf hingewiesen, dass 10 Watt EIRP die Grenze ist, unter der man auf die Abgabe verzichten darf – aber nicht muss! Denn schon mit 5 Watt Sendeleistung aus einem Handfunkgerät an einer X50 Groundplane überschreitet man dieses Limit.

### **BEMFV\_V6.xls – ein klar strukturiertes Tool**

Als DL8DWW im Jahre 2002 die erste Version seines Excel-Arbeitsblattes in die Packet Radio Mailboxen einspielte, war ich von der Übersichtlichkeit seines Ansatzes begeistert. Ich konnte sogar genau nachvollziehen, wie alles berechnet wurde. So wurde ich für den Autor zu einem gerne gesehener Tester. Und folglich spornten wir uns auch bei dieser Neubearbeitung wieder gegenseitig mit unseren Ideen und Fähigkeiten an. Herausgekommen ist ein leistungsfähiges Hilfsmittel, das – Dank OpenOffice und LibreOffice – plattformübergreifend einsetzbar ist [3]. Besonderheiten von OpenOffice sind in der Hilfe zum Programm erwähnt, wurden aber weitgehend abgefangen. Getestet haben wir von MAC über LINUX bis zu vielen Windows-Versionen. Und weil die Bedienung wirklich einfach ist, liegt die Schwelle zur Erstellung der Selbsterklärung jetzt so niedrig, dass wirklich jede YL und jeder OM diese Aufgabe auch ohne fremde Hilfe und Studium langer Abhandlungen hinter sich bringen kann.

Alle persönlichen Daten werden hier ohne Umweg gleich in das im Programm enthaltene Formblatt der BNetzA eingetragen und automatisch in die anderen Blätter übernommen. Auch die drei Konfigurationsblätter entsprechen der Vorlage der Behörde. Nur für Kabeldämpfungen und Antennendaten gibt es je eine Unterseite. Am besten gefällt mir aber, dass alle angezeigten Daten zu jedem Zeitpunkt konsistent sind. Einen „Neuberechnungs-Button“, der mir bei anderen Programmen vielfach den Nerv raubte, gibt es bei Excel nicht.

## Worum geht es?

Letztlich dreht es sich bei der Selbsterklärung nur um eine einzige Formel für den Sicherheitsabstand im Fernfeld:

$$a = \frac{\sqrt{30 * P * G_i}}{E}$$

mit dem Sicherheitsabstand  $a$  in Metern, der wirksamen Sendeleistung  $P$  in Watt, dem isotropen Antennengewinn  $G_i$  und der zulässigen Feldstärke in Volt/m. Der Gewinnfaktor  $G_i$  setzt sich aus Antennengewinn, Kabelverlusten und Vertikaldämpfung zusammen. Die einzusetzende Leistung hängt zudem von der Betriebsart und einem Faktor ab, der die maximale Sendedauer in einem 6-Minuten-Zeitabschnitt beschreibt. Also ist zur Fehlerminimierung eine Rechenhilfe doch nicht zu verachten.

Hat man dann zu jeder Kombination aus Antenne, Sendeleistung und Mode den zugehörigen Abstand  $a$  berechnet, reicht zur Dokumentation des Standortbezogenen Sicherheitsabstandes in vielen Fällen schon das Einzeichnen eines großzügigen Kreises in den maßstabsgetreuen Lageplan mit kontrollierbarem Bereich aus. Dieser Lageplan muss inzwischen nicht einmal die Lage der Nachbargrundstücke und deren Nutzung enthalten [4]. Jetzt noch die zutreffenden Kästchen auf Blatt 2 und 3 der Anzeigeblätter markieren, ausdrucken, unterschreiben und fertig.

Und tatsächlich ist es so einfach, wenn die Berechnung im Fernfeld zulässig ist und das verwendete Kabel und die Antenne mit Ihren Gewinnangaben in der Mappe enthalten sind. Bei den 10 häufigsten Kabeln wird das fast immer so sein. Antennen gibt es allerdings „wie Sand am Meer“. Und in einer Mappe von 0,3 MB Gesamtumfang kann nicht jede Antenne aufgelistet sein. Aber wer noch das Datenblatt des Antennenherstellers hat oder es im Internet findet, kann die Daten leicht nachtragen. Oder er findet die Werte in der 200MB großen Datenbank, die die BNetzA mit ihrem Tool WattWächter mitliefert. Ein wahre Fundgrube – und damit auch erste Wahl bei der Suche nach Antennendaten – ist aber die Sammlung von fast 1500 Antennen, die Fritz Markert, DM2BLE, auf seiner Homepage [5] gesammelt hat. Und wenn wir mal ehrlich sind: eine bisschen Nachdenken über die eigene Sendeanlage kann ja auch nicht schaden, oder?

## Schritt für Schritt zum Ergebnis

Wie man systematisch an die Aufgabe heran geht, steht in der kurzen Hilfe zum Programm und soll hier an den 9 Blättern der Arbeitsmappe exemplarisch gezeigt werden:

- **Hilfe:** Die drei Seiten dieses Blattes enthalten ausführliche Hinweise zu allen Arbeitsschritten und schaffen Klarheit bei aufkommenden Unsicherheiten. Man sollte sie vor Aufnahme der Arbeit zumindest überflogen haben! Alle übrigen Fragen findet man in der Anleitung der BNetzA zur BEMFV [6] klar beantwortet.
- **Anzeige Blatt 1 bis 3:** Hier werden die persönlichen Daten des Funkamateurs, Call und Anschrift des Standortes der Amateurfunkstelle, Angaben über die eingesetzten Methoden (Berechnung und/oder Messung) und die Anzahl der Seiten der gesamten Dokumentation eingetragen. Der Ausdruck der drei Seiten entspricht genau der Vorlage der BNetzA und kann unmittelbar zusammen mit dem Lageplan mit eingezeichnetem Standortbezogenen Sicherheitsabstand und kontrollierbarem Bereich bei der BNetzA eingereicht werden (Bild 1).
- **Konfigurationen:** Dieses Blatt ist eine übersichtliche Zusammenfassung aller Eingaben und Ergebnisse aus den drei Konfigurations-Eingabeblättern, deren Format von der BNetzA vorgegeben ist. Dieses Summenblatt wird im Laufe der Bearbeitung automatisch ausgefüllt und kann zum Schluss auch ausgedruckt werden.

DFOEMV      31. 12. 2013  
Rufzeichen, Datum

**Anzeige einer ortsfesten Amateurfunkanlage nach der  
Verordnung über das Nachweisverfahren zur Begrenzung elektromagnetischer  
Felder**

(zu § 9 BEMFV)

**Standort der ortsfesten Amateurfunkanlage:**

Mustergasse      1      07654      Musterstadt  
(Straße / Gemarkung)      (Haus-Nr. / Flur / Flurstück)      (PLZ)      (Ort)

**Betreiber der ortsfesten Amateurfunkanlage:**

Muster, Max      9999 99999  
(Name, Vorname)      (Telefon) \*

Mustergasse, 1      call@darf.de  
(Straße, Hausnummer)      (E-Mail) \*

07654 Musterstadt  
(PLZ, Ort)

DFOEMV      A  
(Rufzeichen)      (Amateurfunkzeugnisklasse)

- Erste Anzeige der o.g. ortsfesten Amateurfunkanlage
- Die o.g. ortsfeste Amateurfunkanlage wurde bisher ..... mal  
angezeigt.  
Diese Anzeige ersetzt die vom: .....

**Die Sicherheitsabstände habe ich ermittelt mit**

- WattWächter
- Vereinfachtes Bewertungsverfahren
- Feldstärkemessung
- Fernfeldberechnung
- Nahfeldberechnung
- .....

**Angaben zur bereitzuhaltenden Dokumentation**

Die nach BEMFV geforderte Dokumentation besteht aus:

- Dokumentation über die Einhaltung der Anforderungen nach  
§ 8 Abs. 2 und 3 mit ..... Seiten
- Antennendiagramm mit ..... Seiten
- Lageplan und ggf. Bauzeichnung mit ..... Seiten
- Konfiguration der Funkanlage mit ..... Seiten
- ..... mit ..... Seiten
- ..... mit ..... Seiten

Bild 1: Die wichtigsten Angaben einer Anzeige, hier aus den drei Seiten des Formblattes  
zusammenkopiert.

- **Konfigurationen:** Dieses Blatt ist eine übersichtliche Zusammenfassung aller Eingaben und Ergebnisse aus den drei Konfigurations-Eingabeblättern, deren Format von der BNetzA vorgegeben ist. Dieses Summenblatt wird im Laufe der Bearbeitung automatisch ausgefüllt und kann zum Schluss auch ausgedruckt werden.
- **Konfigurationen Blatt 1 bis 3:** Diese Blätter entsprechen der Vorlage der BNetzA und dienen der Eingabe von Daten zur Berechnung der Sicherheitsabstände (Bild 2). Damit es nicht zu inkonsistenten Referenzen kommt, sind bei den Zellen „Antenne“, „Betriebsfrequenz“ und „Sendart“ die Datenbereiche durch Aufklappmenues vorgegeben. Wenn also eine gewünschte Antenne nicht angeboten wird, muss man sie zunächst im Blatt „Antennen“ definieren.
- **Kabel:** Hier trägt man zu jeder Konfiguration die Längen der zwischen Station und Antenne verlegten Kabel und eventuelle Zusatzdämpfungen ein, die z. B. durch SWR-Messgerät, Diplexer oder ähnlichem verursacht sein können. Unter „Sonderkabel“ können die Daten eines nicht aufgeführten Kabels angegeben werden (Bild 3). Die Summe aller Dämpfungen erscheint automatisch in den Eingabeblättern.
- **Antennen:** Derzeit sind fast 50 Antennen mit ihren Daten eingetragen, die aufzulisten hier der Platz fehlt. Bei Vertikalantennen ist meist auch die Winkeldämpfung vorhanden, was in Grenzfällen das Einzeichnen des Sicherheitsabstands in einer Seitenansicht erleichtert. Fehlende Daten können einfach nachgetragen werden. Bild 4 zeigt auszugsweise einige Zeilen dieses Blattes.
- **Grenzwerte:** Das Blatt stellt neben den Personenschutzgrenzwerten auch den von der Betriebsart abhängigen Faktor  $F_{\text{modPers}}$  aus der DIN EN 50413 bereit und erläutert die Berechnung des von der Betriebsweise abhängigen Faktors  $F_B$ . Eingaben sind nicht zu machen (Bild 5).

Sendekonfiguration	A	B	C	D	E	F	G
1 Antenne:	X200_2m	X200_70cm	X200_2m	X200_70cm	X200_2m	X200_2m	FD4
2 Montagehöhe der Sendenantennenunterkante über Grund in Metern:	7	7	7	7	7	7	9
3 Hauptstrahlrichtung N über O in Grad:	0°-360°	0°-360°	0°-360°	0°-360°	0°-360°	0°-360°	0°-360°
4 Betriebsfrequenz in MHz:	144	430	144	430	144	144	3,5
5 Senderleistung (Spitzenleistung, PEP) in Watt:	50	35	50	35	50	50	750
6 Sendart (Modulationsart):	F3E	F3E	F3E	F3E	F3E	F3E	A1A
7 Faktor $F_{\text{mod Pers}}$ :	1	1	1	1	1	1	1
8 Äquivalenter isotroper Antennengewinn in dB:	6,00	8,00	6,00	8,00	6,00	6,00	2,15
9 Verluste zwischen Senderausgang und Antenneneingang in dB:	0,47	0,84	0,47	0,84	0,47	0,47	0,00
10 ggf. Winkeldämpfung in dB:					4,60	7,50	
11 ggf. Faktor $F_B$ :	1,00	1,00	0,67	0,67	0,67	0,67	1,00
12 Sicherheitsabstand Personenschutz in Metern:	2,66	2,59	2,18	2,12	1,28	0,92	4,30
Grenzwert Personenschutz [V/m]	27,50	28,51	27,50	28,51	27,50	27,50	44,63
EIRP [W]	178,72	181,91	178,72	181,91	61,97	31,78	1230,44
reaktives Nahfeld [m] ≤	0,33	0,11	0,33	0,11	0,33	0,33	13,63
vertikaler Strahlungswinkel [Grad]	0	0	0	0	30	40	0

Bild 2: Konfigurationen Blatt 1 mit den im Text angesprochenen Berechnungen

Dämpfung [dB] bei Kabellänge = 100m																
Kabeltyp	1,8	3,5	7	10,1	14	18	21	24,9	28	50	144	430	1240	2320	3400	5650
Aircorn Plus	0,33	0,5	0,71	0,88	1,07	1,26	1,36	1,48	1,61	2,26	4,5	8,2	15,1	22,44	27,64	41,54
H100	0,46	0,68	0,95	1,15	1,39	1,62	1,73	1,88	2,03	2,8	4,9	8,91	15,83	23,32	27,08	36,95
H2000 Flex	0,48	0,71	0,98	1,18	1,42	1,64	1,75	1,89	2,05	2,79	4,79	8,56	14,92	19,31	20,13	22,25
H500	0,49	0,72	0,99	1,2	1,45	1,67	1,79	1,94	2,09	2,86	4,94	8,85	15,52			
Ecoflex 15	0,36	0,51	0,73	0,88	1,03	1,17	1,27	1,38	1,47	1,97	3,4	6,1	10,8	15,4	19,1	26
Aircell 7	1,47	1,98	2,56	2,98	3,43	3,85	4,06	4,32	4,59	5,85	8,97	14,17	21,97	39,68	47,52	68,27
RG58	1,98	2,84	3,86	4,63	5,51	6,32	6,74	7,26	7,82	10,49	17,57	30,5	51,8	91,19	114,75	178,38
RG223	2,43	3,37	4,47	5,27	6,17	6,99	7,41	7,93	8,48	11,08	17,71	29,24	47,35			
RG58CU	2,48	3,44	4,55	5,36	6,27	7,1	7,53	8,05	8,61	11,23	17,91	29,51	47,67			
RG213	0,27	0,74	1,37	1,82	2,32	2,73	3,03	3,36	3,67	5,24	9,36	16,84	29,41	46,87	61,05	99,95
Sonder-Kabel																

Blatt 1	Spalte	Band [MHz]	Teillängen [m]										Stecker etc. [dB]	Σ Kabel- und Stecker-Verluste [dB]	Antenne			
			Aircorn Plus	H100	H2000 Flex	H500	Ecoflex 15	Aircell 7	RG58	RG223	RG58CU	RG213				Sonder-Kabel		
A	144												5	m				
														0,47	dB		0,47	X200_2m
														5	m			
														0,84	dB		0,84	X200_70cm
														5	m			
														0,47	dB		0,47	X200_2m
														5	m			
B	430												5	m				
													0,84	dB		0,84	X200_70cm	
C	144												5	m				
													0,47	dB		0,47	X200_2m	
D	430												5	m				
													0,84	dB		0,84	X200_70cm	
E	144												5	m				
													0,47	dB		0,47	X200_2m	
F	144												5	m				
													0,47	dB		0,47	X200_2m	
G	3,5												5	m				
													0,47	dB		0,47	FD4	

Bild 3: Auszug aus dem Blatt „Kabel“ mit den Daten für die Konfigurationen A bis G

Datensammlung zum Zeitpunkt der Anzeige vom 31.12.2013																										
Typ	MHz 1,8 dBi	3,5	7	10,1	14	18	21	24,9	28	50	144	430	1240	2320	3400	5650	Winkeldämpfung [dB] bei .... Grad Absenkung von der Horizontalen									
																	10	20	30	40	50	60	70	80	90	
FD4	1,85	2,15	3,16	2,47	4,01	5,43	3,9	5,23	6,49	8,76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
X200_2m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	0,7	2,35	4,6	7,5	10,3	12,6	15	19,5	19,7
X200_70cm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	4,2	10	14	9	20	13,5	14	24	30

Bild 4: Ein kleiner Auszug aus dem Blatt „Antennen“ mit FD4 und X200

Grenzwerte - Daten zum Zeitpunkt der Anzeige vom 31.12.2013

QRG	reaktives Nahfeld		strahlendes Nahfeld		ICNIRP		ICNIRP	
	$\lambda/(2\pi)$ bis [m]	$\lambda^4$ bis [m]	V/m [Ps]	mA/m [Ps]	dBV/m [Ps]	dBmA/m [Ps]		
1,8	26,5	666,7	63,28	386,24	36,03	51,74		
3,5	13,6	342,9	44,63	192,11	32,99	45,67		
7,0	6,8	171,4	32,65	102,82	30,28	40,24		
10,1	4,7	118,8	27,50	73,00	28,79	37,27		
14,0	3,4	85,7	27,50	73,00	28,79	37,27		
18,0	2,7	66,7	27,50	73,00	28,79	37,27		
21,0	2,3	57,1	27,50	73,00	28,79	37,27		
24,9	1,9	48,2	27,50	73,00	28,79	37,27		
28,0	1,7	42,9	27,50	73,00	28,79	37,27		
50,0	1,0	24,0	27,50	73,00	28,79	37,27		
144	0,3	8,3	27,50	73,00	28,79	37,27		
430	0,1	2,8	28,51	76,72	29,10	37,70		
1240	0,0	1,0	48,42	130,29	33,70	42,30		
2320	0,0	0,5	61,00	160	35,71	44,08		
3400	0,0	0,4	61,00		35,71			
5650	0,0	0,2	61,00		35,71			

F <sub>mod Pers.</sub> nach DIN EN 50413 (Ausg. Aug. 2009)			F <sub>mod Pers.</sub> nach der geplanten Änderung der Norm (Aug. 2013 noch nicht in Kraft)
Mode (in Amateurfunk Terminologie)	Mode (ITU)	F <sub>mod Pers.</sub>	
CW	A1A	1	<b>0,5</b>
Phonie FM	F3E	1	1
Phonie SSB	J3E	1	<b>0,5</b>
Phonie AM	A3E	0,38	0,38
PR (AFSK)	F2D	1	1
PR (FSK)	J2D	1	1
RTTY, AMTOR, PACTOR	J2B	1	<b>0,5</b>
	F1B	1	1
	F2B	1	1
FAX	F1C	1	1
	F3C	1	1
	J3C	1	1
	J2C	1	1
ATV	A3F	0,38	0,38
S-ATV	C3F	0,54	0,54
FM-ATV	F3F	1	1
SSTV	J3F	1	1

Beispiel für die Berechnung des Faktors F<sub>B</sub>

$$F_B = \frac{\text{[Gesamtsendezeit innerhalb eines 6 Min.-Zeitabschnitts]}}{\text{[6 Min.]}} = \frac{4}{6} = \boxed{0,67}$$

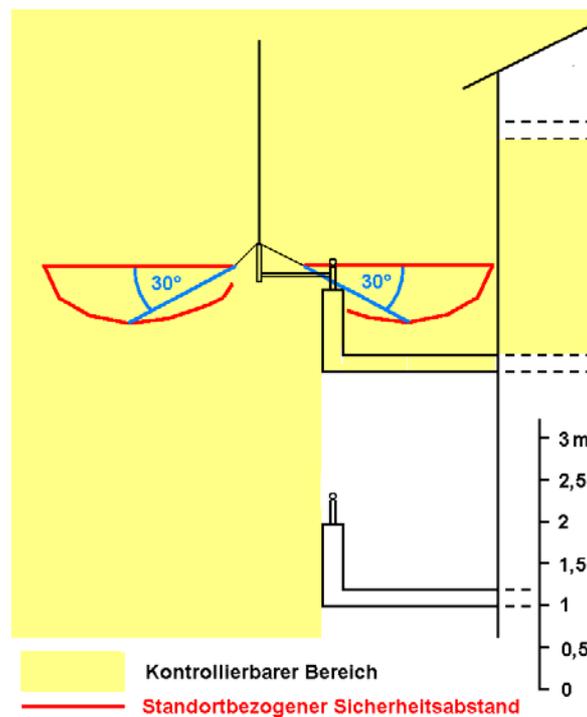
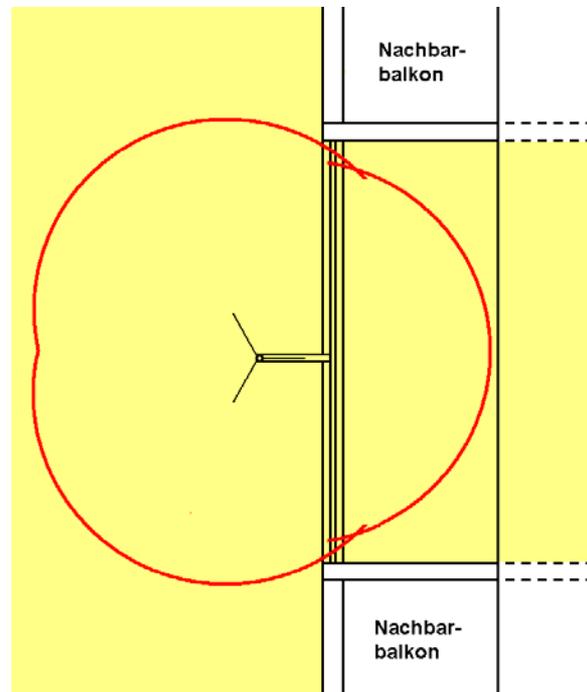
Bild 5: Personenschutz-Grenzwerte (nach [13]), Reduktionsfaktoren F<sub>modPers</sub> nach DIN EN 50413 (aus [6]) und Berechnung des Faktors F<sub>B</sub> (nach [14])

Besonders angenehm ist, dass der Benutzer beliebig zwischen den Blättern hin und her springen kann. Er hat dadurch jederzeit Zugriff auf alle Daten und kann diese beliebig ändern, ohne dabei eine bestimmte Reihenfolge einhalten zu müssen. Jede Änderung wird sofort auf alle anderen Blätter übernommen, so dass man sich einer gewünschten Konfiguration schnell anpassen kann. Wer möchte, kann den Blattschutz vorübergehend aufheben, um die Berechnung an Hand der Formeln nachzuvollziehen. Schließlich muss man ja auch die Verantwortung für seine Berechnungen übernehmen. Nötig ist das aber nicht.

### Eine typische VHF/UHF-Station

Nehmen wir als Beispiel eine VHF/UHF-Station, wie sie bei vielen Funkamateuren zu finden sein dürfte: ein FM-Mobilgerät (50W bzw. 35W Ausgangsleistung) mit einer X200 am Balkongeländer. Als Kabel werden 5 Meter RG213 angenommen (Konfigurationen A und B in Bild 2 und 3). Der Sicherheitsabstand von rund 2,6 Metern könnte zum Nachbarbalkon knapp werden (Bild 6). Da aber kaum jemand Monologe von 6 Minuten Dauer aussendet, kann man sich mit dem Faktor  $F_B$  (vgl. Bild 5) bei Beschränkung auf 4 Minuten Sendedauer in einem 6 Minuten Zeitabschnitt etwas Erleichterung verschaffen. Die Spalten C und D in Bild 2 zeigen, dass sich der notwendige horizontale Abstand mit  $F_B = 4/6 = 0,67$  bei VHF und UHF auf 2,2 Meter verringert.

Das ist aber für die Bewohner auf dem darunter liegenden Balkon noch nicht ausreichend, so dass jetzt das Vertikaldiagramm heranzuziehen ist. Bei Eingabe verschiedener Vertikalwinkel zwischen 10 und 90 Grad in das Konfigurationsblatt kann man sich die entsprechenden Abstände anzeigen lassen und vielleicht auch der Mappe ein weiteres Blatt hinzufügen, um den horizontalen und vertikalen Anteil zu berechnen (Bild 7). Beim Einzeichnen der zugehörigen Punkte in eine Seitenansicht stellt sich dann heraus, dass der Standortbezogene Sicherheitsabstand bereits 64 cm unterhalb der Antennenunterkante endet. In Bild 2, Spalten E und F, sind die Abstände bei VHF für 30 und 40 Grad berechnet und der 30-Grad-Abstand ist in Bild 6 hervorgehoben. Es handelt sich dabei übrigens um den sogenannten „kritischen Winkel“ nach DM2BLE [7].



Anlage zur Anzeige nach §9 BEMFV - DF0EMV - 31.12.2013

Bild 6: Zeichnerische Darstellung mit Standortbezogenem Sicherheitsabstand und kontrollierbarem Bereich (hier nur für VHF) als Anlage zur Anzeige

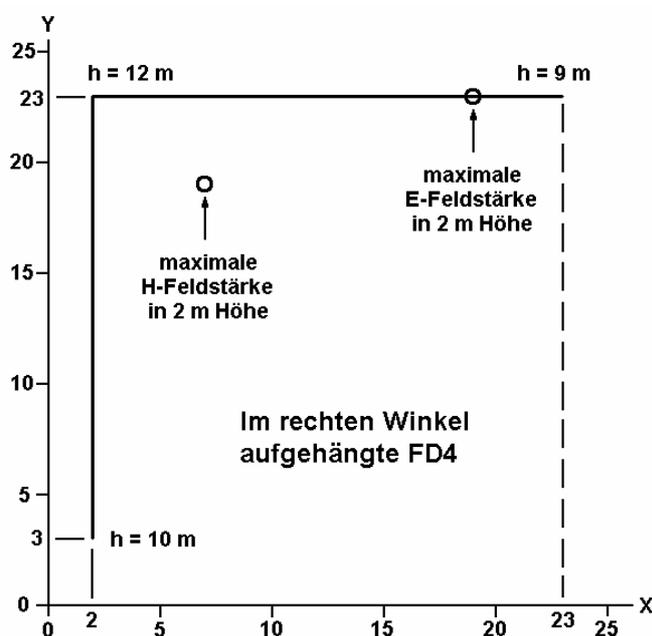
Sicherheitsabstand X200 bei 2m, $F_B=0,67$ , $P = 50 \text{ W}$ , Kabeldämpfung = 0,47 dB			
Winkel (Grad)	Abstand (schräg)	Abstand horizontal	Abstand vertikal
0	2,18	2,18	0,00
10	2,01	1,98	0,35
20	1,66	1,56	0,57
30	1,28	1,11	0,64
40	0,92	0,70	0,59
50	0,67	0,43	0,51
60	0,51	0,26	0,44
70	0,39	0,13	0,37
80	0,23	0,04	0,23
90	0,23	0,00	0,23

Bild 7:  
Hilfsdatei zur zeichnerischen Darstellung des vertikalen Sicherheitsabstandes bei 144 MHz

### Nahfelberechnung mit FS3D

Als zweites Beispiel betrachten wir eine FD4 bei 3,65 MHz mit 750 W Sendeleistung, die im rechten Winkel mit nahezu gleich langen Schenkeln bei etwas unterschiedlichen Höhen aufgehängt ist (Bild 8). Das ist eine Geometrie, die man in keiner Datenbank finden wird und viele Funkamateure haben ja ihre Antennen teilweise sogar noch abenteuerlicher verwinkelt aufgehängt.

Bild 8:  
Lageplan einer gewinkelt aufgehängten FD4 für eine Berechnung mit FS3D



Die Berechnung mit der Excel-Arbeitspappe und der gestreckt aufgehängten FD4 ergibt einen Sicherheitsabstand im Fernfeld von 4,3 Metern (Bild 2, Spalte G), was vermuten lässt, dass die zulässigen Grenzwerte im Bereich unterhalb von etwa 5 Metern Höhe nicht überschritten werden. Weil aber dieser Bereich und die Grenze des kontrollierbaren Bereiches noch innerhalb der Grenze des reaktiven Nahfeldes von 13,6 m liegt (Bild 2, Spalte G, vorletzte Zeile), ist eine Nahfelbetrachtung erforderlich. Wie man den Werten von  $\lambda/(2\pi)$  in Bild 5 entnehmen kann, ist die Grenze des reaktiven Nahfeldes von der Frequenz abhängig. Vor allem bei den langwelligeren Kurzwellenbändern nimmt sie größere Werte an und erfordert eine Nahfelbetrachtung.

Berechnungen im Nahfeld sind aber in der Regel etwas für Spezialisten, so dass in vielen Fällen die tatsächlichen Verhältnisse schneller durch Feldstärkemessungen mit kalibrierten Geräten zu ermitteln sind. Es gibt aber für Drahtantennen, wie sie ja bei den unteren Kurzwellenbändern üblich sind, ein Tool, das Heiner, DK9BW, im Mai 2000 in der cq dl vorgestellt [8] und in die Packet Radio Boxen eingespielt hat. Den theoretischen Hintergrund erläuterte er in der CQ DL 11/2002 S.800 [9] und DM2BLE stellte das Programm im FUNKAMATEUR 1/2003 [10] in einer Applikation vor. Es gehört zu meinen Lieblingsprogrammen, obwohl es sich um ein MS-DOS-Programm handelt. Oh je, wird jetzt der eine oder andere Leser sagen. Aber falls sich eine der vielen Windows-Versionen weigern sollte, das Programm zu starten, benutzt man einfach die virtuelle OpenSource Umgebung DOSBox [11]. Sie wurde geschaffen, um alte Spiele weiter benutzen zu können

und funktioniert auch mit FS3D. Und es gibt sie für alle nur denkbaren Betriebssysteme. Allein neun verschiedene listet die Homepage auf, von der man sich die passende Version herunterladen kann. Darüber hinaus hat DK9BW sein Tool inzwischen aber auch für Windows kompiliert und eine neue Beschreibung erstellt [12]. Und diese neue Version läuft auch unter Linux mit Hilfe von wine.

Genau genommen besteht FS3D aus zwei Programmen: FS3D-V1M für Antennen ohne Traps, bei denen die Antennenlänge ein Vielfaches von  $\lambda/2$  der Betriebsfrequenz sein muss und KELEM-VK für Strahler mit Traps oder Verlängerungsspulen, bei denen die Gesamtlänge kürzer als  $\lambda/2$  ist. Für die beliebte G5RV, bei der die Gesamtlänge nur in besonderen Fällen ein Vielfaches von  $\lambda/2$  ist, beschreibt ein Kapitel in der Dokumentation, wie die Wirkung der Hühnerleiter modelliert wird. Die Antennen dürfen in allen Ebenen mehrfach gewinkelt sein, solange die Zahl der Richtungsänderungen unter 10 bleibt. Für solche Antennen wird man Nahfelddaten in keiner Veröffentlichung finden! Nicht modellierbar sind Antennen mit mehreren Strahlern, Groundplanes, Loops und endgespeiste Antennen (außer bei hochohmiger Speisung). Genaueres findet man in der Programmbeschreibung auf der Homepage des Autors [12], von der es auch herunterladbar ist.

### So simuliert man mit FS3D

Abhängig von der Bebauung und Nutzung der Nachbargrundstücke wird man nach der Fernfeldrechnung mit BEMFV\_V6.xls eine Nahfeldbetrachtung in mehreren Teilbereichen und bei unterschiedlichen Höhen anstellen müssen. Stellvertretend soll in diesem Artikel nur die Verteilung der elektrischen und magnetischen Feldstärke zwischen  $x;y=0;0$  und  $26;26$  in 2 Metern Höhe mit einem Raster von 1 m berechnet und in je einer Datei abgespeichert werden. Die Dateinamen dürfen übrigens nach der MS-DOS-Regel nur aus maximal 8 Zeichen und der Dateiergänzung „.TXT“ bestehen! Die Files werden im gleichen Verzeichnis abgelegt, in dem sich auch das Programm selbst befindet.

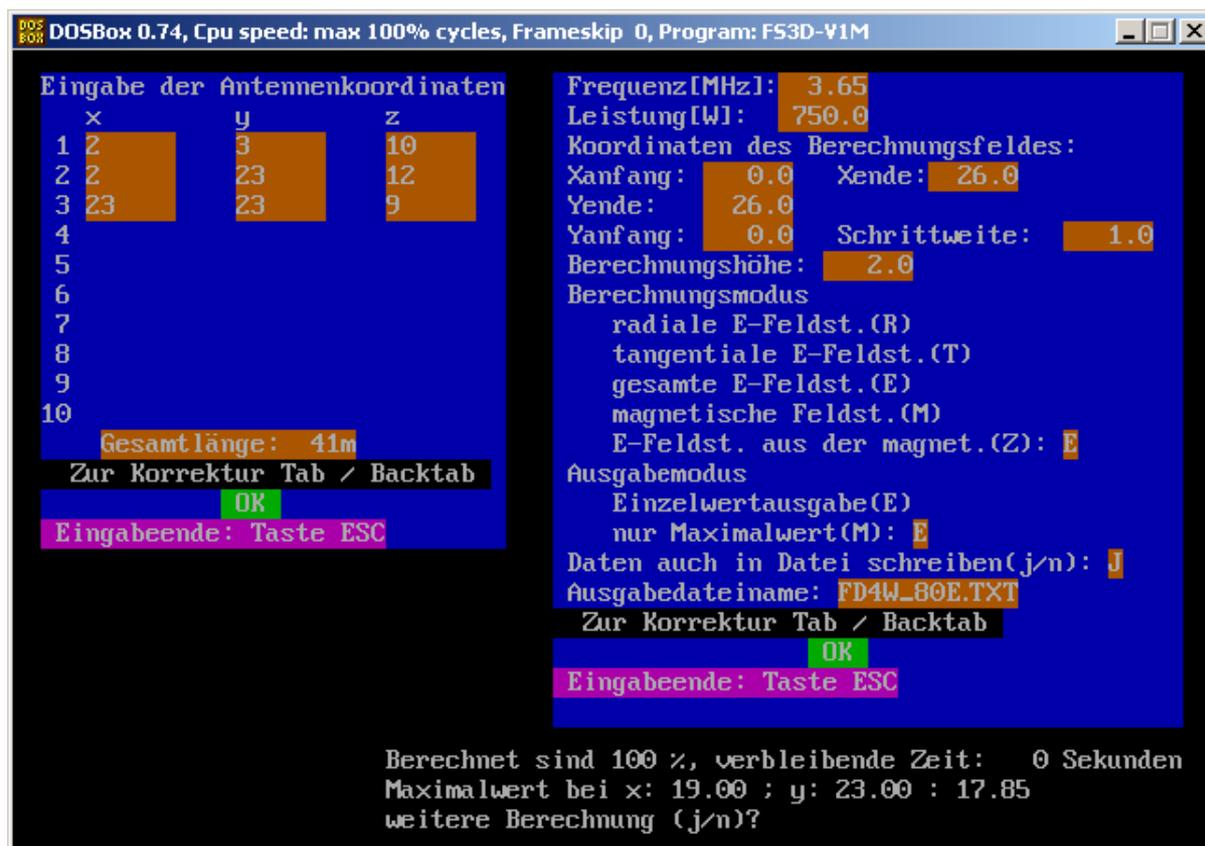


Bild 9: FS3D-V1M Eingabemasken 1 (links) und 2 (rechts) und Ausgabe nach Ende der Berechnungen (aus mehreren Screenshots zusammenkopiert!)

Bild 9 zeigt die Eingabemasken. Maske 1 erfasst die Daten der Antenneneckpunkte nach x, y, und der Höhe z. Der Nullpunkt sollte so gewählt werden, dass später alle interessierenden

Teilbereiche mit positiven Koordinaten angegeben werden können. In Maske 2 definiert man den zu untersuchenden Bereich, die Berechnungshöhe und die Art der Datenausgabe (E oder H) und ggf. einen Filenamen.

Während die Rechenwerte am Bildschirm durchlaufen, werden sie auch in die Datei geschrieben und am Ende der Berechnungen erscheint der Wert der Maximalfeldstärke mit den zugehörigen Koordinaten. Das reicht in vielen Fällen schon aus, um im Lageplan einzutragen, dass *die Nahfeldbetrachtung mit FS3D ergeben hat, dass der Standortbezogene Sicherheitsabstand den kontrollierbaren Bereich an keiner Stelle überschreitet*. In unserem Beispiel betragen die Maximalwerte 17,85 V/m und 50,8 mA/m. Nach der Tabelle in Bild 5 sind 44,6 V/m und 192 mA/m erlaubt [13]. Die Grenzwerte werden also nur zu 40% (E-Feld) und 26% (H-Feld) ausgeschöpft, wobei die Faktoren  $F_{\text{modPers}}$  und  $F_B$  nach Bild 2 und 5 noch gar nicht berücksichtigt sind. Sie würden ja direkt zu einer Verringerung der in die Nahfeldberechnung einzusetzenden Leistung führen [14].

Um sich einen besseren Überblick über die örtliche Verteilung der E- und H-Felder zu verschaffen und gegebenenfalls Änderungen an den Aufhängepunkten vornehmen zu können, kann man die Datenfiles auch mit EXCEL auswerten. Dabei muss das Dezimaltrennzeichen auf Punkt eingestellt und der Zeichensatz MS-DOS (PC-8) gewählt werden. Das Datenfeld lässt sich nun grafisch als Oberfläche darstellen, was zu aufschlussreichen Einsichten führt (Bilder 10 und 11).

Bild 10:  
Geometrische Verteilung der elektrischen Feldstärke in 2 m Höhe

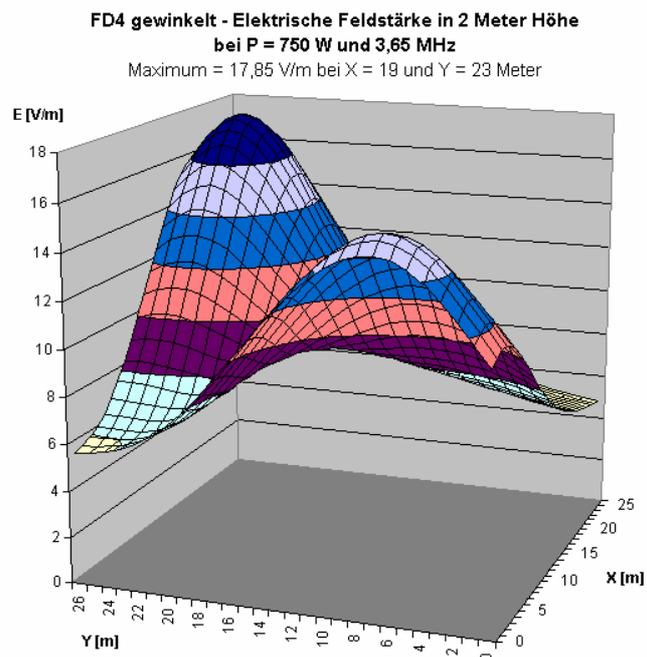
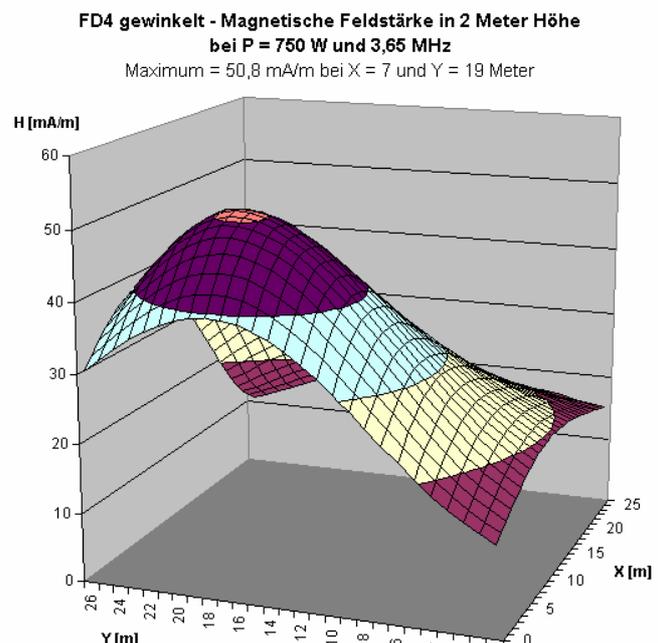


Bild 11: Geometrische Verteilung der magnetischen Feldstärke in 2 m Höhe

Danach tritt die maximale E-Feldstärke erwartungsgemäß in der Nähe des mit 9 m niedrigsten Endpunktes direkt unter dem Antennendraht auf (Y=23), aber nicht am Ende, sondern 4 Meter vorher (X=19). Das deckt sich gut mit den Erfahrungen, die ich bei vielen praktischen Messungen zur BEMFV gemacht habe. Wegen der etwas größeren Höhe des zweiten Astes der Antenne fällt das Feldstärkemaximum dort etwas niedriger aus. Die höchste magnetische Feldstärke tritt zwischen den beiden E-Feld-Maxima im Winkel der Antenne je etwa 4 m von der Antenne entfernt auf. In diesem Bereich hat der Antennenstrom ja auch bekanntlich sein Maximum.



Falls Sie, lieber Leser, sich bislang gewundert haben, warum Sie in den Zuleitungen zu Fernseher und Stereoanlage so viele Ringkerne einbauen mussten, schauen Sie sich doch einmal das Nahfeld ihrer Antenne auch auf den höheren Bändern genauer an. Das Wundern hat dann bald ein Ende. Und es ist auch nicht verboten, verwinkelte Antennen auf allen Bändern mit FS3D zu berechnen. Damit kommt man der Realität jedenfalls näher als mit jeder anderen einfach zu handhabenden Methode. FS3D könnte so auch eines Ihrer Lieblingsprogramme werden.

### **Danksagung**

Ich danke den Programmatoren Wolfgang, DL8DWW und Heiner, DK9BW für ihre konstruktive Hilfe bei diesem Artikel und beglückwünsche sie zu ihren klaren Lösungen. Und ich hoffe, dass viele YLs und OMs mit diesen nützlichen Tools ihre Anzeigen erfolgreich abschließen können, auch wenn sie nicht auf Hilfe aus einem Ortsverband zählen können. Die Erfahrungen in meinem OV C01 Vaterstetten sind jedenfalls durchweg positiv, nicht zuletzt Dank der Hilfe von DJ0ZY, DL1MWG und DK1TR.

### **Literatur**

[1] Verordnung über das Nachweisverfahren zur Begrenzung elektromagnetischer Felder (BEMFV). <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bemfv/gesamt.pdf>

[2] Markert, F., DM2BLE: Anzeigeverfahren gemäß BEMFV – mit Watt32 und Wattwächter. FUNKAMATEUR 63 (2014) H. 1, S. 21-25 und H. 2, S. xxx-xxx

[3] W. DL8DWW: EXCEL Arbeitsmappe BEMFV\_V6.xls Download bei [5] und <http://dh2mic.darc.de> → BEMFV

[4] BNetzA: Hinweise zur zeichnerischen Darstellung des kontrollierbaren Bereichs. [http://emf3.bundesnetzagentur.de/afu\\_bereich.html](http://emf3.bundesnetzagentur.de/afu_bereich.html)

[5] Markert, F., DM2BLE: Antennendatenbibliothek. <http://www.swschwedt.de/kunden/dm2ble/>

[6] Anleitung zur Durchführung der Anzeige ortsfester Amateurfunkanlagen nach §9 der Verordnung über das Nachweisverfahren zur Begrenzung elektromagnetischer Felder (BEMFV). [http://emf3.bundesnetzagentur.de/pdf/Anleitung\\_Anzeige.pdf](http://emf3.bundesnetzagentur.de/pdf/Anleitung_Anzeige.pdf)

[7] Markert, F., DM2BLE: Beispiel für die Bestimmung des kritischen Winkels bei der X200. <http://www.swschwedt.de/kunden/dm2ble/UKW-Vertikal/x200nwe.gif>

[8] Bischof, H., DK9BW: Lange Drahtantennen im Nahfeld berechnen. CQ DL 5/2000, S. 336

[9] Bischof, H. DK9BW: Messen oder rechnen? CQ DL 11/2002, S. 800

[10] Markert, F., DM2BLE: Anzeigeverfahren gemäß BEMFV – Empfehlungen zum Vorgehen. FUNKAMATEUR 52 (2003) H. 1, S. 20-21

[11] Open Source Projekt DOSBox. <http://www.dosbox.com> → downloads

[12] Bischof, H., DK9BW: Nahfeldberechnung mit FS3D; Berechnungsprogramme und Programmbeschreibung. <http://dk9bw.darc.de> → Download ((z. Zt. noch nicht aktiviert))

[13] Personenschutzgrenzwerte. In Anlage 1 der Messvorschrift RegTP MV 09/EMF/3. <http://emf3.bundesnetzagentur.de/pdf/MV.pdf>

[14] Erläuterung der Bewertungsverfahren nach BEMFV. [http://emf3.bundesnetzagentur.de/pdf/Anhang1\\_3%20\(3\)-13-08-23.pdf](http://emf3.bundesnetzagentur.de/pdf/Anhang1_3%20(3)-13-08-23.pdf)