

Stellungnahme

Zweite Abfrage zu "Powerline Communications" (PLC) (RegTP-Amtsblatt-Mitteilung Nr. 738/2000)

Burger Str. 13 · 42929 Wermelskirchen

Autor: Dr. Ralph P. Schorn, DC5JQ

☎ 02191-27788 ☎ 02191-23346

✉ Email dl0agz@aol.com

http://www.agz.net/

11. Februar 2001

1. ART DER FREQUENZNUTZUNG UND FUNKDIENST

Amateurfunkdienst in der Definition gemäß §2(2) AFuG und VO-Funk (Artikel S1.56 und S1.57).

2. FREQUENZEN UND BANDBREITEN

Bezeichnung	Frequenzbereich [MHz]	Bandbreiten [Hz]
Langwelle	0,1357 - 0,1378	50 - 800
160 m - Band	1,810 - 1,890	50 - 7000
80 m - Band	3,500 - 3,800	50 - 7000
40 m - Band	7,000 - 7,100	50 - 7000
30 m - Band	10,100 - 10,150	50 - 800
20 m - Band	14,000 - 14,350	50 - 7000
17 m - Band	18,068 - 18,168	50 - 7000
15 m - Band	21,000 - 21,450	50 - 7000
12 m - Band	24,890 - 24,990	50 - 7000
10 m - Band	28,000 - 29,700	50 - 7000

3. MINDESTEMPfangSFELDSTÄRKEN

Bezeichnung	Frequenzbereich [MHz]	Mindestempfangsfeldstärke E_{min} [dB über 1 μ V/m]
Langwelle	0,1357 - 0,1378	+11,9
160 m - Band	1,810 - 1,890	-12,9
80 m - Band	3,500 - 3,800	-15,6
40 m - Band	7,000 - 7,100	-12,5
30 m - Band	10,100 - 10,150	-16,7
20 m - Band	14,000 - 14,350	-17,1
17 m - Band	18,068 - 18,168	-17,4
15 m - Band	21,000 - 21,450	-17,5
12 m - Band	24,890 - 24,990	-17,7
10 m - Band	28,000 - 29,700	-17,8

Der Amateurfunkdienst dient wissenschaftlichen und experimentellen Zielen. Bei der Festsetzung von Mindestempfangsfeldstärken kann daher nicht – wie bei anderen Funkdiensten – auf das Prinzip der sicheren und vor allem permanenten Gewährleistung einer Versorgung mit hinreichenden Signal-zu-Rausch-Verhältnissen zurück gegriffen werden. Statt dessen bewegt sich der Amateurfunk mit seinen Systemparametern an der Grenze des physikalisch Machbaren und ist auf deutlich geringere Empfangsfeldstärken angewiesen. Dies wird schon alleine notwendig durch die relativ geringen maximal zulässigen

Senderausgangsleistungen, die weltweit bei etwa 100 W bis 1000 W liegen. Diese Werte liegen bei vergleichbaren Bandbreiten typisch 20 dB bis 35 dB unter denen des Kurzwellen-Rundfunkdienstes.

In Konsequenz wird in der vorliegenden Analyse zur Bestimmung der minimalen Empfangsfeldstärken für den Amateurfunkdienst das frequenzabhängige Maximum der drei Größen "atmosphärische Störungen", "kosmisches Rauschen" und "industrieller Störpegel an ruhigen Orten" nach CCIR herangezogen. Dabei wird auf kurze Vertikalantennen und eine Bandbreite von 1 kHz an Sommertagen gemäß [1,2] Bezug genommen, siehe *Abbildung 1*. Als Referenzstörpegel bei 1 MHz wird nach *Abbildung 2* für Deutschland ein Wert von 40 dB benutzt.

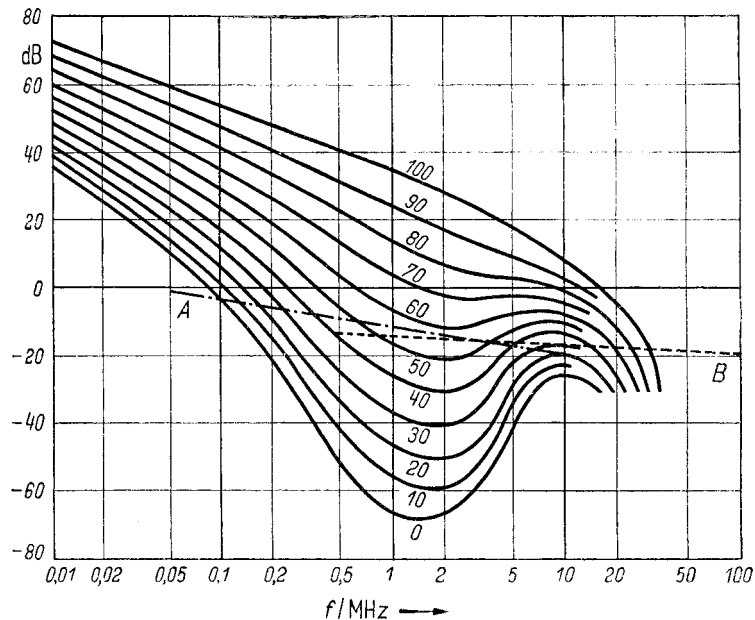


Abbildung 1: Geschätzte Störpegeldaten: Mittelwerte der Störfeldstärke F_n [dB über 1 $\mu\text{V/m}$] für kurze Vertikalantennen bei einer Bandbreite von 1 kHz und Tagesverhältnissen. Parameter der Kurven ist der Referenzstörpegel F_a aus *Abbildung 2*. Ausgezogene Kurven: atmosphärische Störungen. A: industrieller Störpegel an ruhigen Orten. B: kosmisches Rauschen (aus [1]).

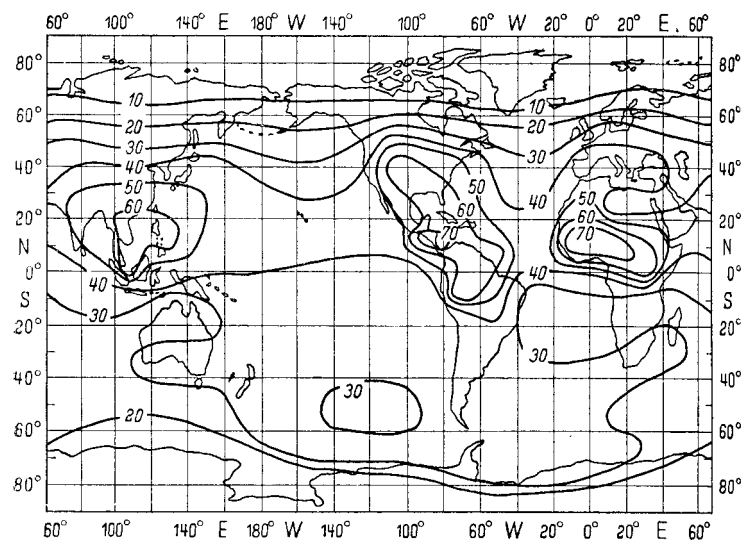


Abbildung 2: Weltweite Verteilung des Referenzstörpegels F_a in dB über dem Referenzwert auf der Frequenz 1 MHz (Tagesverhältnisse im Sommer, aus [1]).

Im folgenden wollen wir diskutieren, was die vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) Anfang 1999 (NB 30 im Entwurf der FreqBZPV) für den Abstand von $r = 3\text{m}$ vorgeschlagenen PLC-Feldstärkegrenzwerte für den Funkamateurlauf konkret in täglichen Betrieb unter Berücksichtigung obiger Mindestempfangsfeldstärken bedeuten. Dazu werden die PLC-Grenzwerte (bezeichnet mit $\hat{E}_{\text{max}}^{(3m)}$) und gegeben als Spitzenwert in dB über $\mu\text{V/m}$) zunächst umgerechnet in effektive Feldstärken $E_{\text{max}}^{(3m)}$ (gegeben in V/m). Dann werden diese Werte unter Annahme von Fernfeldbedingungen, d.h. unter Benutzung einer $1/r$ -Abhängigkeit, auf einen für Amateurfunkverhältnisse repräsentativen Abstand von $r = 20\text{m}$ umgerechnet: Man erhält $E_{\text{max}}^{(20m)}$ in V/m . Für diesen Abstand wird nun berechnet, welche Empfangsspannung sich am Speisepunkt eines sich dort befindlichen Halbwellendipols einstellen wird: Wir erhalten unter Zugrundelegung der effektiven Länge dieses Antennentyps von λ/π den Ausdruck $U_{\lambda/2}$ in V . Schließlich berechnen wir unter Vernachlässigung der Dämpfung des Antennenkabels noch die Feldstärke, die das entsprechende Messgerät ("S-Meter") am Kurzwellenempfänger anzeigt. Wir verwenden dabei für einen Feldstärkewert von "S9" die auf Kurzwellen übliche Spannung von $50\ \mu\text{V}$ an einem Empfängereingang mit $50\ \Omega$ Impedanz. Auf diese Weise erhalten wir die nachstehende Table. Wichtig für die Praxis ist allein die rechte Spalte. Aus ihr geht hervor, welche Feldstärke der Funkamateurlauf maximal als Störung an seinem Empfängereingang zu erwarten hat, wenn sich in 20m Entfernung eine Leitung befindet, über die Information mittels PLC übertragen wird. Man erkennt auf den ersten Blick, dass diese Feldstärken ganz erheblich sind.

f [MHz]	$\hat{E}_{\text{max}}^{(3m)}$ [dB($\mu\text{V}/\text{m}$)]	$E_{\text{max}}^{(3m)}$ [V/m]	$E_{\text{max}}^{(20m)}$ [V/m]	$U_{\lambda/2}$ [V]	S [dB über S9]
1,85	38,1	$5,68 \cdot 10^{-5}$	$8,52 \cdot 10^{-6}$	$4,39 \cdot 10^{-4}$	18,9
3,65	35,1	$4,02 \cdot 10^{-5}$	$6,03 \cdot 10^{-6}$	$1,58 \cdot 10^{-4}$	10,0
7,05	32,5	$2,98 \cdot 10^{-5}$	$4,47 \cdot 10^{-6}$	$6,05 \cdot 10^{-5}$	1,6 (S9)
10,1	31,2	$2,57 \cdot 10^{-5}$	$3,85 \cdot 10^{-6}$	$3,64 \cdot 10^{-5}$	-2,8
14,2	29,9	$2,21 \cdot 10^{-5}$	$3,32 \cdot 10^{-6}$	$2,23 \cdot 10^{-5}$	-7,0 (S8)
18,1	28,9	$1,97 \cdot 10^{-5}$	$2,96 \cdot 10^{-6}$	$1,56 \cdot 10^{-5}$	-10,1
21,2	28,3	$1,84 \cdot 10^{-5}$	$2,76 \cdot 10^{-6}$	$1,24 \cdot 10^{-5}$	-12,1 (S7)
24,9	27,7	$1,72 \cdot 10^{-5}$	$2,57 \cdot 10^{-6}$	$9,85 \cdot 10^{-6}$	-14,1
28,8	27,1	$1,60 \cdot 10^{-5}$	$2,40 \cdot 10^{-6}$	$7,95 \cdot 10^{-6}$	-16,0 (S6)

Table: Im Abstand von 20m zu erwartende Störfeldstärken in den Kurzwellen-Amateurfunkbändern.

Der Vollständigkeit halber sind nachstehend noch die einzelnen Umrechnungsschritte ausführlich dargestellt, die zur obigen Table geführt haben. Hierbei steht c für die Lichtgeschwindigkeit.

$\hat{E}_{\text{max}}^{(3m)} = 40 - 8,8 \log_{10} \frac{f}{\text{MHz}} \quad [\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})]$	$U_{\lambda/2} = \frac{E_{\text{max}}^{(20m)} c}{\pi f}$
$E_{\text{max}}^{(3m)} [\text{V}/\text{m}] = \frac{10^{\hat{E}_{\text{max}}^{(3m)}/20}}{10^6 \sqrt{2}}$	$S = 20 \log_{10} \frac{U_{\lambda/2}}{U_{S9}}$
$E_{\text{max}}^{(20m)} = \frac{3}{20} E_{\text{max}}^{(3m)}$	$U_{S9} = 50\ \mu\text{V}$

Die nachstehende Abbildung 3 visualisiert nun diese Zahlenwerte und zeigt in drastischer Weise, was in den mit gestrichelten Linien markierten Amateurfunkbändern auf den Amateurfunkdienst zukommen würde:

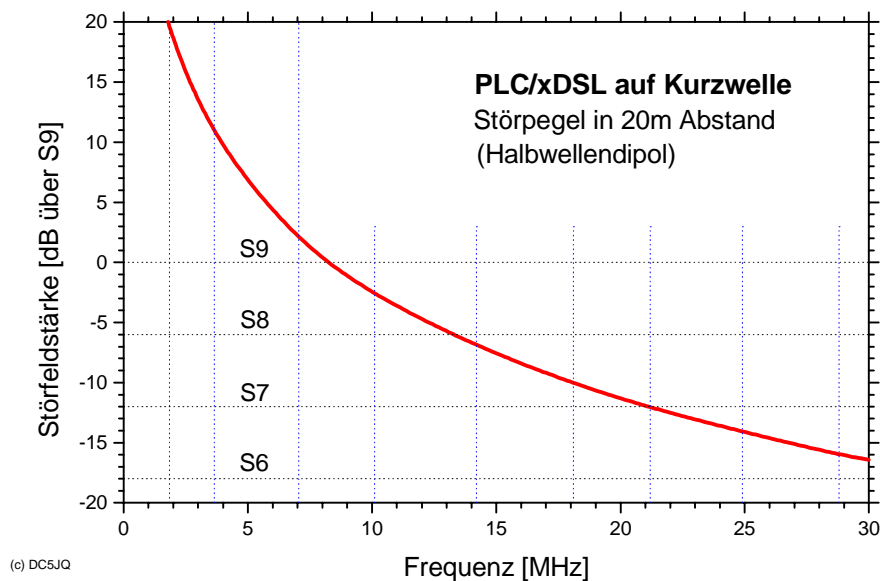


Abbildung 3: Zu erwartender elektrischer Störpegel von PLC auf Kurzwelle in 20m Abstand von der Störquelle. Die Amateurfunk-Bänder sind durch gestrichelte Linien gekennzeichnet.

Für das 160m-, 80m- und 40m-Band müsste der Funkamateurl Störungen in der Größenordnung von weit über S9 hinnehmen, zwischen 30m und 10m sind es Signalstärken von S9 bis S6. Diese Pegel sind hinsichtlich der verwendeten Empfangsantenne wie gesagt auf einen Halbwellendipol in 20m Entfernung bezogen. Kommt eine Richtantenne mit Gewinn zum Einsatz, so können diese Werte durchaus um bis zu 10 dB höher liegen. Größere Störfeldstärken ergeben sich ebenfalls bei geringeren Abständen als 20m. Diese zu erwartenden Störfeldstärken müssen nun verglichen werden mit den oben definierten Mindestempfangsfeldstärken. Die folgende Tabelle zeigt deren Verhältnis in dB in der rechtensten Spalte.

f [MHz]	$E_{\max}^{(20m)}$ [V / m]	$E_{\max}^{(20m)}$ [db $_{\mu V}$ / m]	$E_{\max}^{(20m)} / E_{\min}$ [db]
1,85	$8,52 \cdot 10^{-6}$	18,6	31,5
3,65	$6,03 \cdot 10^{-6}$	15,6	31,2
7,05	$4,47 \cdot 10^{-6}$	13,0	25,5
10,1	$3,85 \cdot 10^{-6}$	11,7	28,4
14,2	$3,32 \cdot 10^{-6}$	10,4	27,5
18,1	$2,96 \cdot 10^{-6}$	9,4	26,8
21,2	$2,76 \cdot 10^{-6}$	8,8	26,3
24,9	$2,57 \cdot 10^{-6}$	8,2	25,9
28,8	$2,40 \cdot 10^{-6}$	7,6	25,4

Die Ausschöpfung der Anfang 1999 vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) vorgeschlagenen Grenzwerte für PLC (NB 30 im Entwurf der FreqBZPV) würde den Amateurfunkdienst auf Kurzwelle zwischen 25 und 32 dB gegenüber der physikalisch machbaren Systemempfindlichkeit einschränken. Diese Analyse bestätigt die Forderung der AGZ e.V. vom 27.02.1999 gegenüber dem BMWi, die bisher in der NB 30 vorgesehenen Störstrahlungsgrenzwerte für PLC um 30 dB in allen dem Amateurfunkdienst zugewiesenen Kurzwellenbändern abzusenken.

4. SCHUTZABSTÄNDE

Die Nutzung von PLC ist so auszugestalten, dass am Standort von Amateurfunkstellen die oben definierten Mindestempfangsfeldstärken nicht beeinträchtigt werden. Dies kann einerseits gewährleistet werden, indem in den Amateurfunkbändern die bisher in der NB 30 vorgesehenen PLC-Grenzwerte um 30 dB abgesenkt werden. Andererseits ist dies auch machbar, indem bei unveränderten Grenzwerten um eine jede Amateurfunkstelle ein

Schutzabstand von 600 m

vorgeschrieben wird, innerhalb dessen PLC in den Amateurfunkbändern überhaupt nicht genutzt werden darf (≙ Feldstärkeabnahme um 30 dB in Bezug auf 20 m Abstand in Fernfeldnäherung).

5. MODULATIONS- UND ÜBERTRAGUNGSVERFAHREN

Alle, jedoch mit den jeweiligen Einschränkungen der VwGrds-FreqN.

6. ZUGRIFFS- UND FEHLERSCHUTZVERFAHREN

Im Amateurfunkdienst wird auf Kurzwelle weitgehend noch von analogen Modulationsarten (J3E, F3E etc.) bzw. von manueller Morsetelegraphie (A1A) intensiver Gebrauch gemacht. Sie verfügen alle nicht über eine automatische Fehlerkorrektur oder über ein Zugriffsverfahren. Diese Mechanismen gibt es dementsprechend nur in automatischen digitalen Übertragungsmodi wie Pactor, Packet-Radio, PSK31 und ähnliche. Sie können jedoch in absehbarer Zeit nicht als repräsentativ für den gesamten Amateurfunk angesehen oder vorausgesetzt werden.

7. ANZAHL DER IN BETRIEB BEFINDLICHEN SENDER UND STANDORTE

Etwa 40 000 Sender und Standorte im Bundesgebiet, die größtenteils identisch sind mit den Wohnsitzen der Inhaber einer Amateurfunkgenehmigung der Klasse 1.

8. EINSATZGEBIET UND VERSORGUNGSRADIUS

Einsatzgebiet ist das gesamte Bundesgebiet. Der Versorgungsradius umfasst die gesamte Welt.

9. DAUER DER AUSSENDUNG

Die Dauer der Aussendungen im Amateurfunkdienst ist grundsätzlich unbestimmt. Sie kann von wenigen Minuten im Monat bis hin zum mehrtägigen Dauerbetrieb in Funkwettbewerben streuen.

10. ANZAHL DER NUTZER

Etwa 40 000 Inhaber einer Amateurfunkgenehmigung der Klasse 1 und eine unbekannte Anzahl von mindestens 200 000 interessierten Bürgern, die den Amateurfunk auf Kurzwelle als Hörer begleiten.

11. ZUKÜNFTIGE ENTWICKLUNGEN

Langfristig zunehmender Ersatz der bekannten analogen Modulationsarten und manueller Morsetelegraphie durch fehlerkorrigierende und robustere digitale Verfahren.

12. WEITERE ANMERKUNGEN (PLC ALS BUNDESWEITER BREITBANDIGER FLÄCHENSTRAHLER)

Alle uns vorliegenden Studien zum Störstrahlungsverhalten von PLC beziehen sich auf das unmittelbare nachbarschaftliche Umfeld der benutzten Kabel und auf lokale elektrische und magnetische Feldstärken. Sollte PLC maßgeblich zur Anwendung kommen, so würde bundesweit in Summa eine nicht geringe elektromagnetische Leistung in eine Vielzahl von ungeschirmten und HF-systemtechnisch undefinierten Kabelnetzen der Energieversorgungsunternehmen eingespeist werden. Wir gehen von mindestens einigen 100 kW aus.

Das leistungs-integrale Abstrahlverhalten dieses dann existierenden großflächigen bundesweiten Breitbandstrahlers ist bisher nicht untersucht worden. Es besteht in unserer Sicht die reale Gefahr, dass aufgrund der erheblichen eingespeisten Gesamtleistung, der Größe des "Antennensystems" und der ionosphärischen Wellenausbreitung weite Teile Europas und der Welt durch einen inkohärenten und breitbandigen Störnebel beeinträchtigt werden könnten, dessen geographische Ausdehnung sehr weit über das direkte nachbarschaftliche Umfeld und das Territorium der Bundesrepublik Deutschland hinaus reichen würde.

Da hier Interessen ausländischer Staaten berührt sein könnten, darf PLC keinesfalls zur Regelanwendung gelangen, bevor dieses Problem eingehend wissenschaftlich untersucht worden ist.

13. LITERATUR

- [1] Meinke/Gundlach, Taschenbuch der Hochfrequenztechnik, 2. Auflage 1962, Springer-Verlag Berlin/Göttingen/Heidelberg, Seiten 655 bis 656.
- [2] CCIR, Warschau 1956.

Wassenberg-Steinkirchen, den 11. Februar 2001

Für die AGZ e.V.:

Dr. Ralph P. Schorn, DC5JQ