

Laaber, den 01.09.2000

PLC und Amateurfunk

1) Vorbemerkung

Unter PLC wird hier die Übertragung im Frequenzbereich bis zu 30 MHz verstanden. Die von der Firma Polytrax entwickelte Übertragung im von CENELEC ausgewiesenen B- und D-Band (90-125 und 140-148,5 kHz) mit 5 mW HF-Leistung ist hier ausdrücklich ausgeschlossen. Eine Störung empfindlicher Meßgeräte und mit geringer Wahrscheinlichkeit unseres LF-Bands bei 137 kHz ist hier natürlich auch möglich.

2) Störung von PLC durch AFu-Stationen

PLC ist für Störungsempfindlichkeit ausgelegt. Die Übertragung erfolgt gleichzeitig auf vielen Frequenzen Multiträgerverfahren. Solange die AFu-Station nicht zu stark ist, wird allenfalls eine geringe Abnahme der PLC-Übertragungsgeschwindigkeit resultieren. Die PLC-Endgeräte erkennen die gestörte Frequenz (en) und sparen sie bei der Übertragung einfach aus.

Ist die Feldstärke des AFu-Signals allerdings so hoch, daß sie das PLC-Modem völlig übersteuert, also zustopft, dann ist keine PLC-Übertragung mehr möglich. Diese Gefahr besteht durchaus, denn die großen Längen der Netzverkabelung führen zu ganz beachtlichen HF-Spannungen und die PLC-Geräte haben aus Preisgründen bestimmt keinen guten Intercept-Point.

Das dürfte bei SSB- und CW- Stationen im Rhythmus der Modulation erfolgen, so daß hier in den Phasen niedriger Amplitude noch möglich ist. Nur bei Betriebsarten mit konstanter Amplitude wie FM, RTTY, PSK31, Pactor etc. bricht die Übertragung beim Senden völlig zusammen. Dabei könnte der Amateurfunke schon Ärger bekommen. Eine Entstörung ist schwierig, denn die Sendefrequenz liegt im PLC-Bereich und es müßten alle PLC-Endgeräte in beträchtlichem Umkreis entstört werden.

3) Störung von AFu-Stationen durch PLC

PLC ist ein Breitbandsignal und daher auf allen Frequenzen des KW-Bereichs präsent. Eine Störung des AFu-Empfangs tritt also in jedem Fall auf, wobei die Stärke der Störung entscheidend ist. Die Aussparung der AFu-Bänder soll laut Norm 20 dB Absenkung in den betroffenen Bereichen bringen.

Unter Bezugnahme auf HaJo's Artikel für CQDL vom 3.7.2000 sind die vorgehene zulässigen Feldstärken so hoch, daß selbst die Absenkung um 20 dB auf keinen Fall mehr den heute üblichen Amateurfunkbetrieb auf den KW-Bändern erlauben würde. Wenn wir diese Grenzwerte bekommen, dann gute Nacht Amateurfunk mit den herkömmlichen, analogen Betriebsarten.

Das Studium der dem PLC-Verteiler zugestellten Texte zeigt auch, daß beispielsweise die für die Berliner BEWAG arbeitende Firma Conaxion Spread-Spectrum Verfahren einsetzen will. (Siehe c't 2000, Heft 3, S. 56) Hier ist bekanntlich eine Aussparung von Frequenzbereichen prinzipiell unmöglich. Meine unmaßgeblichen Einblicke und praktischen Erfahrungen mit Spread-Spectrum und auch Power-Line Übertragung im Langwellenbereich (Lon-Works) lassen mir die Multifrequenz-Verfahren der anderen PLC-Entwickler für die Übertragung weitaus besser geeignet erscheinen.

3) Störung empfindlicher Meßgeräte

Durchaus ebenfalls möglich ist die Störung empfindlicher Meßgeräte durch die HF auf der Netzleitung. Ein medizinisches EKG-Gerät verarbeitet sehr geringe Spannungen und könnte schon durch kleine Pegel beeinflusst werden. In diesem Fall wäre eine mögliche Fehlfunktion mit resultierender Fehldiagnose noch viel gravierender als ein völliges Aussetzen. Hier sind mir keine Messungen bekannt.

4) Zahlenwerte der Störspannungen bei verschiedenen Grenzwerten.

Für verschiedene von Behörden vorgesehene Grenzwerte wurden von mir die resultierenden Spannungen an einer AFu-Station errechnet. Ich nahm die Grenzwerte von der NB30 der RegTP, von ETSI (Annex B zur PLC-Norm) und von der englischen Radio Communications Agency. Diese Tabellen wurden aus HaJo's Artikel "Was der DARC über PLC weiß" entnommen.

Grenzkurve der deutschen RegTP

| Frequenzbereich (MHz) | Grenzwert der Feldstärke in 3 Meter Abstand, gemessen in dB(μ V/m); B = 9 kHz (10 kHz); Quasi-Spitzen-detektor |
|-----------------------|---|
| 0.009 to 1 | $40 - 20 * \log_{10}(f/\text{MHz})$ |
| >1 to 30 | $40 - 8.8 * \log_{10}(f/\text{MHz})$ |
| >30 to 1000 | 27 (entsprechend einer abgestrahlten Leistung von 20 dBpW) |
| >1000 to 3000 | 40 (entsprechend einer abgestrahlten Leistung von 33 dBpW) |

ETSI läßt in 10m Abstand bei 9 kHz Bandbreite 50 dB μ V/m zu. Entsprechend der Leistungsabsenkung um 20 dB in den AFu-Bändern ergibt dies für uns 30 dB μ V/m.

Grenzkurve der britischen Radio Communications Agency

| Frequenzbereich (MHz) | Grenzwert der Feldstärke in X Meter Abstand, gemessen in dB(μ V/m); B = 9 kHz (10 kHz); normalisierter Spitzendetektor |
|-----------------------|---|
| 0.009 to 0.15 | in Bearbeitung |
| 0.15 to 1.6 | $40 - 20 * \log_{10} f \text{ (MHz)} \quad X = 1$ |
| 1.6 to 30 | $20 - 7.7 * \log_{10} f \text{ (MHz)} \quad X = 3$ |
| 30 to 300 | in Bearbeitung |

Bei Angabe des Grenzwerts in 3 m Abstand sinkt die Feldstärke in 10 m Abstand um den Faktor 0,3 entsprechend -10,5 dB.

Die Reduzierung der Bandbreite von 9 kHz auf 2,4 kHz (Faktor 0,267) verringert die Feldstärke um die Wurzel, also um den Faktor 0,516 entsprechend -5,7 dB.

| | | | | |
|--------|-------------------|----------|-----------|-----------------------------------|
| Damit: | RegTP NB30 | R = 3 m | B = 9 kHz | $E_{AFu} = E_o - 16,2 \text{ dB}$ |
| | ETSI | R = 10 m | B = 9 kHz | $E_{AFu} = E_o - 5,7 \text{ dB}$ |
| | Radio Com. Agency | R = 3 m | B = 9 kHz | $E_{AFu} = E_o - 16,2 \text{ dB}$ |

Excel-Diagramme aus der Datei PLCSPG.XLS

| NB30 RegTP Eo=40-8,8*log(f/MHz) R=3m, B=9kHz | | | | | | |
|---|--------------|-------------------|-----------------|-----------------|-------------------|------------------------|
| f MHz | Eo dBμV/m | E (AFu) dBμV/m | E (AFu) μV/m | U (Dipol) μV | S-Meter Stufen | S-Meter S9 + ... dB |
| 1,8 | 37,8 | 21,6 | 11,96 | 261,10 | | 14 |
| 3,6 | 35,1 | 18,9 | 8,82 | 96,23 | | 6 |
| 7 | 32,6 | 16,4 | 6,58 | 36,94 | 8,6 | |
| 14 | 29,9 | 13,7 | 4,85 | 13,61 | 7,1 | |
| 21 | 28,4 | 12,2 | 4,06 | 7,59 | 6,3 | |
| 28 | 27,3 | 11,1 | 3,57 | 5,02 | 5,7 | |

3m => 10m entspr. -10,5 dB, 9 kHz => 2,4 kHz entspr. -5,7 dB
E(AFu)=Eo - 16,2 dB

| ETSI Eo=30 dBμV/m R=10m, B=9 kHz | | | | | | |
|---|--------------|-------------------|-----------------|-----------------|-------------------|------------------------|
| f MHz | Eo dBμV/m | E (AFu) dBμV/m | E (AFu) μV/m | U (Dipol) μV | S-Meter Stufen | S-Meter S9 + ... dB |
| 1,8 | 30,0 | 24,3 | 16,4 | 358,2 | | 17 |
| 3,6 | 30,0 | 24,3 | 16,4 | 179,1 | | 11 |
| 7 | 30,0 | 24,3 | 16,4 | 92,1 | | 5 |
| 14 | 30,0 | 24,3 | 16,4 | 46,1 | 8,9 | |
| 21 | 30,0 | 24,3 | 16,4 | 30,7 | 8,3 | |
| 28 | 30,0 | 24,3 | 16,4 | 23,0 | 7,9 | |

9 kHz => 2,4 kHz entspr. -5,7 dB
E(AFu)=Eo - 5,7 dB

| Radio Communications Agency Eo=20-7,7*log(f/MHz) R=3m, B=9kHz | | | | | | |
|--|--------------|-------------------|-----------------|-----------------|-------------------|--|
| f MHz | Eo dBμV/m | E (AFu) dBμV/m | E (AFu) μV/m | U (Dipol) μV | S-Meter Stufen | |
| 1,8 | 18,0 | 1,8 | 1,24 | 26,97 | 8,1 | |
| 3,6 | 15,7 | -0,5 | 0,95 | 10,33 | 6,7 | |
| 7 | 13,5 | -2,7 | 0,73 | 4,11 | 5,4 | |
| 14 | 11,2 | -5,0 | 0,56 | 1,57 | 4,0 | |
| 21 | 9,8 | -6,4 | 0,48 | 0,90 | 3,2 | |
| 28 | 8,9 | -7,3 | 0,43 | 0,60 | 2,6 | |

3m => 10m entspr. -10,5 dB, 9 kHz => 2,4 kHz entspr. -5,7 dB
E(AFu)=Eo - 16,2 dB

Zur Bestimmung der Antennenspannung wird die Leistungsdichte (W/m^2) mit der Empfangsfläche A der Antenne: $A = \lambda^2 / (4 * \pi)$ multipliziert. Dies ergibt die empfangene Leistung, aus welcher die Spannung errechnet wird. Der Gewinn des Dipols von 2,14 dB, ist berücksichtigt Zusammen lautet die Formel:

$$U = \lambda * E * 0,131 \text{ (50 } \Omega \text{ Dipol).}$$

5) Diskussion der Ergebnisse

Wenn es noch an einer Motivation zum Widerstand gegen PLC fehlte, dann werden diese Werte wohl jeden überzeugen. Die auf vergleichbarer Höhe liegenden Werte der RegTP und ETSI würden den Amateurfunk auf QRO-Signale im DL- und Europa-Verkehr beschränken. Die schwachen DX-Signale auf den Bändern ab 14 MHz dürften völlig vor die Hunde gehen. Bedenken wir dabei auch, daß manche S-Meter unserer Geräte viel zu hohe Eingangsspannungen anzeigen, wie meine AFU-Gerätemessungen immer wieder zeigen.

Dennoch liegen diese für uns unakzeptabel hohen Werte den PLC-Entwicklern viel zu niedrig und werden daher eifrig angefochten. Die Werte der englischen Radio Communications Agency liegen um 20 dB, also den Faktor 10 tiefer. Auch mit diesen ginge immer noch eine fühlbare Einschränkung unseres Hobbies einher.

6) Abhilfemöglichkeiten für den Amateurfunk

Die digitale Übertragung von Daten im Amateurfunk gibt es seit langem. So ist schon CW digital und RTTY, AMTOR, PACTOR, PSK31, MT63 setzen diese Entwicklung fort. Wieweit diese Übertragungsverfahren mit PLC fertig werden, ist noch nicht untersucht worden. An einer Beeinträchtigung bei schwachen Signalen kann aber kein Zweifel bestehen.

Es gibt bereits eine ganze Reihe von Versuchen mit digitaler Sprachübertragung im Kurzwellenbereich. Hier zu nennen sind Phil Karn, KA9Q, die AMRAD, Charles Brain, G4GUO. Eine digitale Übertragung jedweder Information, egal, ob Daten oder Sprache leidet auch unter dem Störnebel von PLC. Wenn, wie von Karl, DK9HU, angedeutet die Übertragung von PLC in Zeitschlitzen erfolgt, so muß die Sprache zeitlich komprimiert werden, um dann in die Lücken des PLC-Signals eingesetzt zu werden.

Dies ist natürlich möglich und wird ja auch bei den GSM-Handys so durchgeführt. Problematisch ist die Synchronisation des fernen Senders auf den nahen PLC-Störer, wobei die Anordnung der Zeitschlitze von PLC nicht bekannt ist. Wenn die Aussendung stochastisch, also zufallsbedingt erfolgt, geht die mögliche Übertragungsrate gewaltig in die Knie. Ein weiteres Problem wäre die Pulsung des Sendesignals, was die Kritiker aus dem EMVU-Lager auf den Plan rufen dürfte.

Das beim DARC unter der Telefonnummer 0561-9498-8675 abhörbare PLC-Signal vom Versuchsbetrieb in Herrenberg läßt diesbezüglich keine Aussage zu. Diese wäre nur aufgrund einer oszillografischen Messung vor Ort möglich.

Dr. Hans-Hellmuth Cuno