

# Störungen des Funkempfangs durch VDSL2 und PLC

Heinrich Häberlin HB9AZO ([heinrich.haeberlin@bluewin.ch](mailto:heinrich.haeberlin@bluewin.ch))

Dieser Beitrag beschreibt die auftretenden Empfangsstörungen, wenn in der näheren Umgebung einer Amateurfunkstation Internet über VDSL2 eingeführt wird und diese Signale noch teilweise über alte Telefon-Freileitungen übertragen werden. Er enthält einige quantitative Messungen, schätzt die Störfeldstärken an der Antenne ab und behandelt die durchgeführten Entstörmassnahmen. Wegen ihrer dauernden Präsenz sind auch PLC-Störungen sehr lästig, die ebenfalls kurz behandelt werden.

## 1. Einführung

Seit etwa Mitte 2016 waren an der Grenze zwischen 3422 Kirchberg und 3423 Ersigen (im Bereich Rosenweg/Ersigenstrasse/Lindenmattweg/Dorfstrasse) im Auftrag der Swisscom umfangreiche Arbeiten zur Einführung von VDSL2 im Gang. Dabei werden die Signale von der Zentrale in Glasfaserleitungen bis zu den Kabelschächten übertragen (FTTS). Dort werden sie mit geeigneten Transceivern in VDSL2-Signale umgesetzt. Die Übertragung über die verbleibende kurze Strecke („letzte Meile“) von den Kabelschächten erfolgt dann in den bestehenden 2-Draht-Kupferleitungen zu den Abonnenten. Dabei werden anscheinend Frequenzen bis beinahe 18 MHz verwendet.

Viele ältere Gebäude in diesem Gebiet sind noch mit **Telefon-Freileitungen** angeschlossen. Freileitungen, auf denen Signale mit derart hohen Frequenzen übertragen werden, können jedoch als Antennen wirken und den Empfang von Funksignalen in ihrer Umgebung stark stören. Solche Freileitungen werden in Kirchberg noch am Anfang des Rosenwegs und der Ersigenstrasse und in Ersigen noch am Anfang des Lindenmattwegs und der Dorfstrasse verwendet.

Anfang November 2016 wurden bei mir erstmals breitbandige, starke Empfangsstörungen auf dem 20m-, 40m- und 80m-Band festgestellt, die Tag und Nacht unvermindert andauern. Mit einer Richtantenne (3-El. Yagi) konnte auf 20m (14,00MHz bis 14,35MHz) ein Maximum aus etwa süd-östlicher Richtung (135°) festgestellt werden. Die Richtung, aus der die maximale Störung kommt, stimmt gut mit der mittleren Richtung der noch mit Freileitungen versorgten Gebäude überein. Das nächste derartige Gebäude ist nur etwa 80m von der Antenne auf dem eigenen Haus entfernt, das wie alle neueren Gebäude am Lindenmattweg mit im Erdreich verlegten Telefonkabeln versorgt wird.

## 2. Messresultate und Abschätzungen der Stör-Feldstärke bei den Antennen

Zur Dokumentation dieser Störungen wurden mit dem Transceiver IC-7600 einige Spektren zu verschiedenen Tageszeiten aufgenommen. Aus diesen Spektren können die resultierenden Empfänger-Eingangsspannungen  $U$  in Funktion der Frequenz entnommen werden. Es werden vor allem Spektren des von den Störungen besonders betroffenen 20m-Bandes gezeigt, bei dem auch die Richtung des Störungsmaximums bestimmt werden konnte.

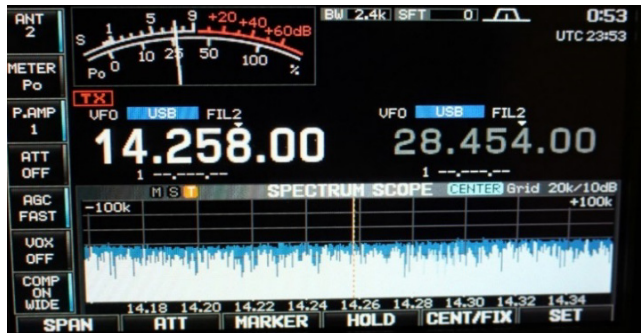
Mit den Antennenfaktoren  $AF_E$  der verwendeten Antennen (Tab. 1) können aus den gemessenen Spannungswerten  $U$  (gemäss gemessenen Spektren) die zugehörigen Feldstärken  $E$  zum Vergleich mit einschlägigen Normen berechnet werden (alle Werte in  $\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ ,  $\text{dB}/\text{m}$  resp.  $\text{dB}\mu\text{V}$ , siehe auch [1]):

$$E[\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}] = AF_E[\text{dB}/\text{m}] + U [\text{dB}\mu\text{V}] \quad (1)$$

Verwendete Antennenfaktoren bei HB9AZO							
Antennenart	Dipol	Dipol	3-El-Yagi	rot. Dipol	5-El-Yagi	rot. Dipol	5-El-Yagi
<b>Frequenz [MHz]</b>	<b>3.7</b>	<b>7.1</b>	<b>14.2</b>	<b>18.1</b>	<b>21.2</b>	<b>24.9</b>	<b>28.5</b>
$AF_E$ verlustlos [dB/m]	-20	-15	-15	-7	-13	-4	-11
Kabelverluste [dB]	2	2	2	2	2	2	2
$AF_E$ effektiv [dB/m]	-18	-13	-13	-5	-11	-2	-9

Tab. 1: Antennenfaktoren der Antennen bei der Station von HB9AZO (auf ganze dB-Werte gerundet)

Fig. 1, 2, 3 und 4 zeigen einige Spektren auf 20m am 3.11.2016 bei noch praktisch geschlossenen Bändern in der Nacht und am frühen Morgen, am Nachmittag und am Abend. Wenn nicht anders angegeben, wurden die Spektren mit der Richtantenne auf ca. 135° (Südost) aufgenommen. Mit Hilfe des Antennenfaktors der verwendeten Antenne kann man aus diesen Spektren die approximative Feldstärke am Antennenstandort (auf dem Haus in ca. 17m Höhe) bestimmen. Die Bilder zeigen, dass die Störungen auf 20m an diesem Herbsttag ohne irgendwelche atmosphärische Störungen (kein QRN) offenbar den ganzen Tag etwa gleich stark waren (maximale Variation wenige dB). Akustisch war auf allen Frequenzen ein gleichmässiges weisses Rauschen hörbar (Ausnahme bei Funkverkehr).



**Fig. 1:**

Spektrum am 3.11.2016 mitten in der Nacht um 0:53 von 14.158 MHz bis 14.358 MHz. Ref. Level -120 dBm, 10 dB/Linie, Wert an Diagramm-Oberkante -50 dBm. Störpegel: -79 bis -82 dBm  
 → U (an Antenne) 25 bis 28 dB $\mu$ V.  
 → E = 12 bis 15 dB $\mu$ V/m.

Antennenfaktor  $AF_E = -13$  dB/m.  
 Das Band ist geschlossen, kein Funkverkehr.



**Fig. 2:**

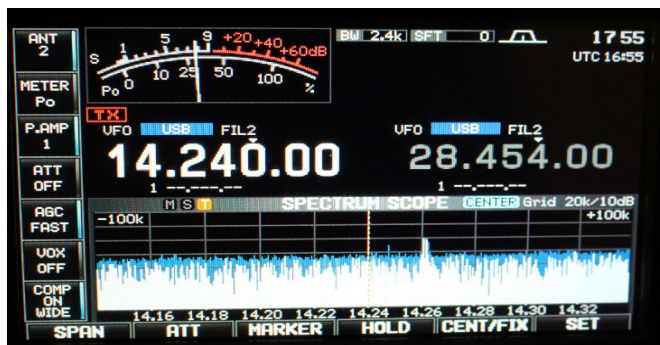
Spektrum am 3.11.2016 am frühen Morgen um 5:33 von 14.158 MHz bis 14.358 MHz. Ref. Level -120 dBm, 10 dB/Linie, Wert an Diagramm-Oberkante -50 dBm. Störpegel: -79 bis -82 dBm  
 → U (an Antenne) 25 bis 28 dB $\mu$ V.  
 → E = 12 bis 15 dB $\mu$ V/m.

Antennenfaktor  $AF_E = -13$  dB/m.  
 Das Band ist geschlossen, kein Funkverkehr.



**Fig. 3:**

Spektrum am 3.11.2016 nach dem Mittag um 13:42 von 14.207 MHz bis 14.407 MHz. Ref. Level -120 dBm, 10 dB/Linie, Wert an Diagramm-Oberkante -50 dBm. Störpegel: -78 bis -82 dBm  
 → U (an Antenne) 25 bis 29 dB $\mu$ V.  
 → E = 12 bis 16 dB $\mu$ V/m.  
 Antennenfaktor  $AF_E = -13$  dB/m.  
 Die Spitzen auf ca. 14218, 14246, 14282 und 14390 kHz sind durch Funkverkehr entstanden.



**Fig. 4:**

Spektrum am 3.11.2016 am frühen Abend um 17:55 von 14.140 MHz bis 14.340 MHz. Ref. Level -120 dBm, 10 dB/Linie, Wert an Diagramm-Oberkante -50 dBm. Störpegel: -79 bis -82 dBm  
 → U (an Antenne) 25 bis 28 dB $\mu$ V.  
 → E = 12 bis 15 dB $\mu$ V/m.  
 Antennenfaktor  $AF_E = -13$  dB/m.  
 Die Spitze auf ca. 14262 kHz ist durch Funkverkehr entstanden.

Fig. 5 zeigt das Spektrum bei geschlossenem Band bei um 90° weggedrehter Antenne, um zu dokumentieren, aus welcher Richtung die Störung etwa kommt. Die gemessenen Störpegel sind um ca. 17 dB tiefer als in Richtung der maximalen Störung.



Fig. 5:

Spektrum am 3.11.2016 am späten Abend um 22:38 von 14.130 MHz bis 14.330 MHz Ref. Level -120 dBm, 10 dB/Linie, Wert an Diagramm-Oberkante -50 dBm. Störpegel: -95 bis -100 dBm  
 → U (an Antenne) 7 bis 12 dB $\mu$ V.  
 → E = -6 bis -1 dB $\mu$ V/m,  
 Die Richtantenne wurde um 90° aus dem Bereich der maximalen Störung weggedreht.  
 Gegenüber Fig. 3 ist der Störpegel ca. 17 dB geringer. Antennenfaktor  $AF_E = -13$  dB/m. Band geschlossen, kein Funkverkehr.

Fig. 6 zeigt ein Spektrum für 15m mit der gleichen Antennenrichtung (135°, etwa Südost), aus der auf 20m das Maximum der Störung registriert wird. Es ist zu erkennen, dass auf diesem Band offensichtlich am frühen Morgen, wenn die besonders auf 15m zu diesem Zeitpunkt noch stark störende PV-Anlage in 75m Entfernung noch nicht läuft, kaum Störungen vorhanden sind. Die VDSL2-Anlage hat somit vermutlich das Profil 17a und benützt keine Frequenzen > 17.66 MHz.



Fig. 6:

Spektrum am 3.11.2016 am frühen Morgen um 5:34 von 21.096 MHz bis 21.296 MHz. Ref. Level -120dBm, 10 dB/Linie, Wert an Diagramm-Oberkante -50dBm. Störpegel: -95 bis -100 dBm  
 → U (an Antenne) 7 bis 12 dB $\mu$ V.  
 → E = -4 bis 1 dB $\mu$ V/m.  
 Antennenrichtung 135°  
 (wie bei Fig. 1, 2, 3, 4, 6, 7 und 8).  
 Die in Südrichtung gelegene, auf 15m sonst störende PV- Anlage ist um diese Zeit noch ausgeschaltet und stört noch nicht.  
 Antennenfaktor  $AF_E = -11$  dB/m.

### 3. Messungen beim Stromausfall vom 29.06.2017

Am Nachmittag des 29.06.2017 war die Stromzufuhr aus der Trafostation in Ersigen am ganzen Lindenmattweg während ca. 45 Minuten unterbrochen. Da meine Amateur-Funkstation im Normalbetrieb (ohne Endstufe) vollständig ab PV-Strom gespeist werden kann, bot sich die Gelegenheit, Messungen ohne die von Ersigen aus gespeisten Störquellen durchzuführen.

Durch Messung der weiterhin vorhandenen Reststörung durch den Betrieb der PV-Anlage in 75m Distanz in Kirchberg konnte festgestellt werden, dass die Stromversorgung auf der Seite von Kirchberg während dieser Zeit immer vorhanden war (Fig. 7). Ein wesentlicher Teil der Störquellen wird somit von der Stromversorgung Ersigen gespeist.



Fig. 7:

Spektrum von 14.099 MHz bis 14.299 MHz am Nachmittag des 29.6.17 während Stromausfall am Lindenmattweg in Ersigen (Beamrichtung 135°). Störpegel ca. -95dBm und diverse Funksignale, die deutlich über dem Störpegel liegen. Fast alle sichtbaren Funksignale würden im Störpegel von Fig. 8 („Normalzustand“ seit Anfang Nov. 2016!) untergehen. Die allenfalls noch knapp hörbaren Signale wären kaum verständlich. Ref.Level -120 dBm, 10dB/Linie, Obere Kante -50 dBm. Antennenfaktor  $AF_E = -13$  dB/m. Die Spitzen auf ca. 14144, 14150, 14215, 14228 und 14250 kHz sind Funkverkehr.



Fig. 7 erlaubt auch eine Abschätzung des verbleibenden, nicht von VDSL2 verursachten Reststörpegels, wie er bei einer allfälligen Ausnotchung des 20m-Bandes vorhanden wäre (ca. -95 dBm).

Die vermutlich von VDSL2 stammenden breitbandigen Störungen, die seit Anfang November 2016 dauernd mit Pegeln von bis zu -78 dBm auf 14 MHz auftraten, waren nach der Wiederherstellung der Stromzufuhr weiterhin vorhanden und sogar besonders stark (Fig. 8).



**Fig. 8:**

Spektrum von 14.230 MHz bis 14.430 MHz am Nachmittag des 29.6.17 nach Wiederherstellung der Stromzufuhr am Lindenmattweg in Ersigen (Beamrichtung 135°), „Normalzustand“: Störpegel breitbandig ca. -78 bis -80 dBm (24h/Tag). Fast alle in Fig. 7 sichtbaren Funksignale würden in diesem Störpegel untergehen! Ref.Level -120 dBm, 10dB/Linie, Obere Kante -50 dBm. Antennenfaktor  $AF_E = -13$  dB/m. Die Spitze auf ca. 14244 kHz ist durch Funkverkehr entstanden.

#### 4. Massnahmen zur Reduktion der Störungen

Die Störung wurde im November 2016 dem BAKOM gemeldet, das daraufhin mehrere Messungen durchführte, aber die Störquelle nicht eindeutig lokalisieren konnte, was bei mehreren verteilten Störquellen nicht erstaunlich ist. Die relativ hohen Frequenzen der VDSL2-Signale dürften zudem nicht nur durch die Freileitungen abgestrahlt werden, die oberirdisch gespeiste ältere Häuser versorgen, sondern auch durch alte interne Telefoninstallationen in unterirdisch gespeisten, neueren Häusern, die näher bei der gestörten Funkstation liegen.

Ähnliche breitbandige Störungen könnten im Prinzip auch von einem nicht der Norm EN50561-1 entsprechenden PLC-Gerät (PLC = Power-Line-Communication) in einem nahe gelegenen Nachbargebäude verursacht werden. In diesem Fall hätte aber das BAKOM bei der Messung die Störquelle vermutlich eruieren können. Als Zufallsbefund entdeckte das BAKOM bei diesen Messungen nämlich sogar ein PLC-Gerät in einem ca. 50 m entfernten Haus, bei dem in den Amateurbändern gemäss obiger Norm die Sendepiegel reduziert sind und das deshalb dort nicht mehr allzu stark stört.

Ich erstellte über die beobachtete Störsituation mehrere ausführliche interne Berichte und leitete diese ans BAKOM weiter. Drahtgebundene Telekommunikationsanlagen sollten ja eigentlich den Funkverkehr nicht stören, wenn die verwendete Technik nachhaltig ist (siehe VEMV Art. 4).

Es ist bekannt, dass auch bei VDSL2 auf Wunsch gewisse Frequenzen ausgenotcht werden können. Bei allen Anlagen, die Gebäude in der näheren Umgebung eines Hauses mit einer Amateurfunkstation (z.B. im Umkreis von 200 m) mit VDSL2 über Telefon-Freileitungen versorgen, sollten deshalb mindestens die KW-Frequenzen des Amateurfunks ausgenotcht werden. Um den beobachteten stetigen Anstieg des Funkrauschens zu bekämpfen, wäre aber anzustreben, dass **generell die Frequenzen des Amateurfunks bei VDSL2 ausgenotcht** werden, wie dies bei PLC nach EN50561-1 vorgeschrieben und bei neueren PLC-Geräten auch effektiv der Fall ist. Das gleiche gilt natürlich auch für die ältere Technologie VDSL, die Frequenzen bis 12 MHz nutzt. Eine solche Massnahme muss aber durch das BAKOM angeordnet und gegenüber den Anbietern der betreffenden Telekom-Dienste durchgesetzt werden.

#### 5. Messergebnisse nach Aktivierung der Ausnotchung

Da in der Schweiz neben diesem Störfall auch mehrere andere, ähnliche Störfälle auftraten, beschloss das **BAKOM** Anfang 2018, versuchsweise an einigen solchen Störfällen im Umkreis von ca.

100 m von der betroffenen Amateurstation eine Reduktion der VDSL2-Sendepegel oder sogar eine Ausnotchung in den KW-Amateurbändern zu verfügen. Dank der vorhandenen, umfangreichen Dokumentation mit vielen Messresultaten wurde auch meine Station für einen solchen Versuch ausgewählt (VDSL2-Sendepegelreduktion von 14 bis 14,35 MHz, erstmals am 04.04.2018 festgestellt). Das BAKOM hat bestätigt, dass diese Ausnotchung gemäss Rückmeldung des IT-Providers an diesem Datum erfolgt ist. Mit dieser Massnahme wurde gegenüber dem früheren Zustand eine klare Verbesserung um etwa 10 bis 15 dB erreicht. Fig. 9 bis 12 zeigen die erreichte Reduktion der Störungen auf dem 20m-Band, wenn die Antenne in Richtung der maximalen Störung ohne Ausnotchung (ca. 135°) gedreht ist.



**Fig. 9:**

Spektrum nachts am 18.05.2018 um 3:45 von 13.925 MHz bis 14.425 MHz.  
Ref. Level -120 dBm, 10 dB/Linie, Wert an Diagramm-Oberkante -50 dBm.  
Störpegel: tief: -95 dBm, hoch: -80 dBm  
→ U (an Antenne): tief 12 dB $\mu$ V, hoch 27 dB $\mu$ V  
→ E (an Antenne): -1 dB $\mu$ V/m resp. 14 dB $\mu$ V/m.  
Antennenfaktor  $AF_E = -13$  dB/m.  
Band geschlossen, kein Funkverkehr.



**Fig. 10:**

Spektrum nachts am 18.05.2018 um 3:42 von 14.245 MHz bis 14.425 MHz an der oberen, steigenden Flanke des ausgenotchten Bereichs.  
Ref. Level -120 dBm, 10 dB/Linie, Wert an Diagramm-Oberkante -50 dBm.  
Störpegel: tief: -95 dBm, hoch -78 dBm  
→ U (an Antenne): tief: 12 dB $\mu$ V, hoch: 29 dB $\mu$ V  
→ E (an Antenne): -1 dB $\mu$ V/m resp. 16 dB $\mu$ V/m.  
Antennenfaktor  $AF_E = -13$  dB/m.  
Band geschlossen, kein Funkverkehr.



**Fig.11:**

Spektrum tags am 16.05.2018 um 10:59 von 13.925 MHz bis 14.425 MHz.  
Ref. Level -120 dBm, 10 dB/Linie, Wert an Diagramm-Oberkante -50 dBm.  
Störpegel: tief: -94 dBm, hoch: -80 dBm  
→ U (an Antenne): tief:13 dB $\mu$ V, hoch: 27 dB $\mu$ V.  
→ E (an Antenne): 0 dB $\mu$ V/m resp. 14 dB $\mu$ V/m.  
Antennenfaktor  $AF_E = -13$  dB/m.  
Funkverkehr auf vielen Frequenzen.



**Fig.12:**

Spektrum mittags am 18.05.2018 um 13:12 von 14.145 MHz bis 14.345 MHz.  
Ref. Level -120 dBm, 10 dB/Linie, Wert an Diagramm-Oberkante -50 dBm.  
Störpegel: -95 dBm  
→ U (an Antenne): 12 dB $\mu$ V.  
→ E (an Antenne): -1 dB $\mu$ V/m.  
Antennenfaktor  $AF_E = -13$  dB/m.  
Band offen, aber wenig Funkverkehr, nur zwischen 14181 und 14201 kHz.

Auf 40m und 80m wurde dagegen nach dem 4.04.2018 keine messbare Verbesserung festgestellt. Es scheint, dass auf diesen Bändern keine Ausnotchung erfolgt ist. Der verwendete Doppeldipol liegt zudem wesentlich tiefer (80m-Enden nur etwa 4m ab Boden!) und auf diesen Bändern dürften

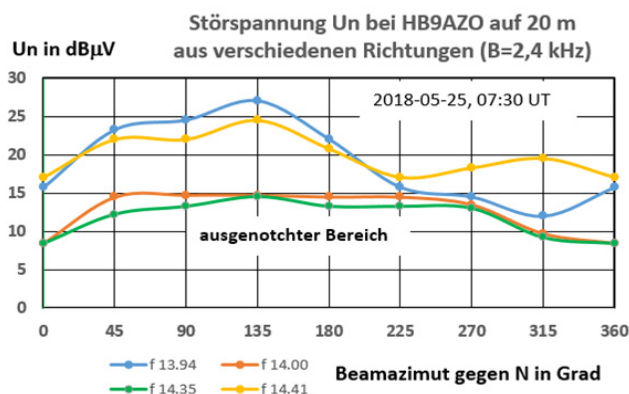
deshalb die Störungen durch die vielen schaltenden Netzgeräte in der Umgebung tendenziell recht hoch sein.

Die Bilder 11 und 12 zeigen Fälle mit relativ geringer Band-Aktivität und ohne QRN und somit relativ geringen Grundstörpegeln, um die Verbesserung durch die Ausnotchung im Vergleich zum ursprünglichen Zustand klar zu zeigen.

Bei starker Bandbelegung oder Veränderungen der Reflexionseigenschaften der Ionosphäre (z.B. Short-Skip-Bedingungen) können vor allem im ausgenotchten Bereich auch ohne ausgeprägtes QRN bis etwa 10 dB höhere Störungswerte gemessen werden. Bei nahen Gewittern und viel QRN steigt der Grundstörpegel noch weiter an. Der Gesamtstörpegel kann dabei temporär noch um einige 10 dB höher liegen. Solche Störungen erkennt man bei SSB akustisch durch ein charakteristisches Krachen.

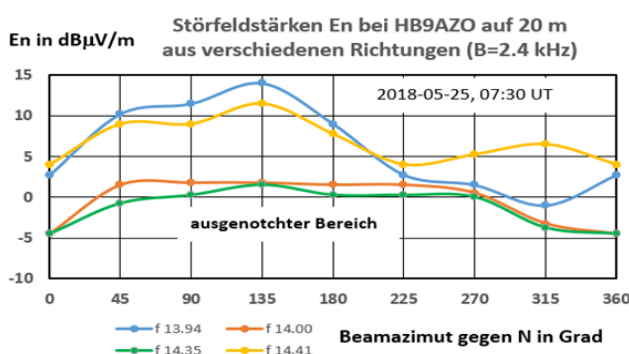
## 6. Richtungsabhängigkeit der gemessenen Störfeldstärken

Die Messungen mit dem Beam zeigen, dass die gemessenen Störfeldstärken von der Richtung, der Bandbelegung, dem Wetter (QRN-Level) und vermutlich auch dem Zustand der Ionosphäre abhängig sind. Um die durch die Ausnotchung erzielte gesamte Verbesserung zu messen, wurde bei tiefem allgemeinem Störniveau (schönes Wetter) die mit dem Beam bestimmten Störfeldstärken in verschiedenen Richtungen gemessen. Fig. 13 zeigt die Messergebnisse.



**Fig. 13:**  
**Störspannungen am Empfängereingang in Funktion der Antennenrichtung auf 20m.**

Die angegebenen Winkel beziehen sich auf die Nordrichtung ( $0^\circ$ ). Aus diesen Störspannungen können mit  $A_{FE} = -13$  dB/m die zugehörigen Störfeldstärken berechnet werden (siehe Fig. 14).

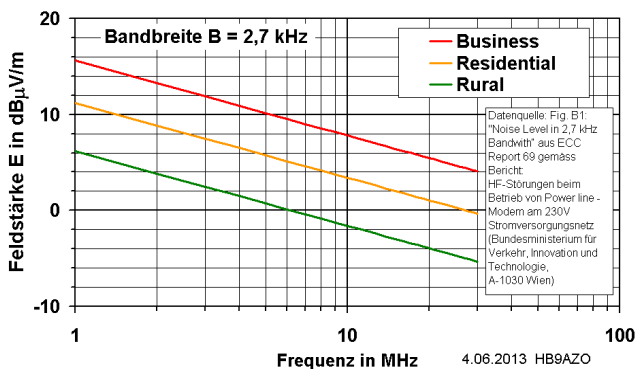


**Fig. 14:**  
**Störfeldstärken an Antenne in Funktion der Antennenrichtung auf 20m.**

Die Werte wurden mit  $A_{FE} = -13$  dB/m aus Fig. 13 berechnet.

Ein Vergleich mit Fig. 15 zeigt, dass mit der realisierten Ausnotchung auf 20m etwa die Werte der dortigen Kurve für Wohnumgebung erreicht werden.



Rauschfeldstärke E in dB $\mu$ V/m in verschiedenen Umgebungen

**Fig. 15:**  
Typische Störfeldstärken für B = 2,7 kHz in Funktion der Frequenz in verschiedenen Regionen

(Datenquelle in Diagramm angegeben).

Die Aktivierung der Ausnotchung bringt nicht in jeder Antennenrichtung gleich viel. Bei Richtungen, in denen schon ohne Ausnotchung die Störpegel dank der Richtungsabhängigkeit des Antennengewinns kleiner waren, bringt die Ausnotchung natürlich weniger. In Richtung Nord, wo nur noch eine Häuserreihe vor einem unbebauten Feld liegt, liegen die Störspannungen nochmals deutlich tiefer als in anderen Richtungen, in denen viele Häuser mit ihren Störemissionen hintereinander liegen.

## 7. Gemessene Störpegelreduktion bei PLC-Geräten

Wie bereits in Kap. 4 beschrieben, wurde bei den BAKOM-Messungen in Antennenrichtung SO (135°) zufällig auch ein PLC-Gerät in einem etwa 50 m entfernten Haus identifiziert, das deutlich messbare Störungen produziert, deren Pegel in den Amateurbändern von 20m, 17m, 15m, 12m und 10m aber gemäss der für solche Geräte gültigen Norm EN50561-1 reduziert sind. Da der Noise-Blanker des IC-7600 diese Störsignale zudem zu einem grossen Teil eliminiert, wurde die Störung bis zur BAKOM-Messung nicht eindeutig festgestellt. Auf dem 20m-Band wurde sie zudem von der VDSL2-Störung übertönt. Die erzeugte Störung verursacht einen im Spektrum deutlich sichtbaren Anstieg des Störpegels und ist akustisch an einem dauernden Prasselgeräusch erkennbar, das in den ausgenotchten Bereichen zwar etwas reduziert, aber immer noch gut hörbar ist.

Bei den bisher registrierten PLC-Störungen konnte bei manchen Transceivern (z.B. ICOM 7600 und Kenwood TS 850) mit dem Noise-Blanker (NB) bei richtiger Einstellung eine weitgehende, oder bei tiefen Störpegeln (in den ausgenotchten Bereichen) sogar praktisch vollständige Elimination des Störgeräuschs erreicht werden (auf Bändern mit keinem oder wenig Funkverkehr).

Bild 16 zeigt ein Spektrum des 15m-Bandes mit Antennenrichtung Südost, auf dem der Anstieg von der Pegelabsenkung zum normalen Störpegel sehr schön sichtbar ist. Für dieses Gerät typisch sind die vielen mit hoher Kadenz prasselnden Störspitzen (Träger im Abstand von einigen kHz).



**Fig. 16:**  
Störsituation bei Betrieb eines PLC-Geräts (in 50m) mit Ausnotchung nach EN50561-1.

Spektrum aus SO nachts am 21.07.2018 um 0:30 von 20.750 MHz bis 21.250 MHz bei *Betrieb ohne Noise-Blanker* an der unteren, fallenden Flanke des ausgenotchten Bereichs.

Ref. Level -120 dBm, 10 dB/Linie, Wert an Diagramm-Oberkante -50 dBm.

Im ausgenotchten Bereich: Störpegel: -100 dBm,

→ U (an Ant.): 7 dB $\mu$ V → E (an Ant.): -4 dB $\mu$ V/m

Antennenfaktor  $AF_E = -11$  dB/m.

Band geschlossen, kein Funkverkehr.

Seit Juni 2018 wird aber aus Richtung NO (45°) ein neues, wesentlich stärkeres PLC-Signal registriert, das aus einem nur etwa 30m entfernten Nachbarhaus stammt und dessen Störpegel in den Bändern

von 20m, 17m, 15m, 12m und 10m auch gemäss EN50561-1 reduziert sind. Im ausgenotchten Bereich besonders stark sind die Störungen auf 10m (siehe Fig. 17).



**Fig. 17:**  
**Störsituation bei Betrieb eines PLC-Geräts (in 30m) mit Ausnotchung nach EN50561-1.**  
 Spektrum nachts aus NO am 16.07.2018 um 0:22 von 27.75 MHz bis 28.250 MHz bei *Betrieb ohne Noise-Blanker* an der unteren, fallenden Flanke des ausgenotchten Bereichs.  
 Ref. Level -120 dBm, 10 dB/Linie, Wert an Diagramm-Oberkante -50 dBm.  
 Im ausgenotchten Bereich: Störpegel: -80 dBm, → U (an Ant): 27 dB $\mu$ V → E (an Ant): 18 dB $\mu$ V/m, Antennenfaktor AF<sub>E</sub> = -9 dB/m.  
 Band geschlossen, kein Funkverkehr.

Da dort im Abstand von 30m  $E_{30} = 18 \text{ dB}\mu\text{V/m}$  beträgt, dürfte im Abstand von 3m  $E_3 = 38 \text{ dB}\mu\text{V/m}$  betragen und somit grösser als der Richtwert gemäss Dokument ECC Rec (09)02 sein (siehe [1], auch auf USKA EMV-Website herunterladbar).

Mit eingeschaltetem Noise-Blanker ist das Prasselgeräusch im ausgenotchten Bereich kaum mehr hörbar und das S-Meter zeigt 0 an. Die im Spektrum im ausgenotchten Bereich blau angezeigten Pegel werden nur im Rahmen von kurzen Bursts (< 1s) erreicht, die vermutlich bei der Übertragung grösserer Datenmengen auftreten. Im grössten Teil der Zeit sind sie einige dB tiefer.

## 8. Schlussbemerkungen

In diesem Störfall hat sich gezeigt, dass bei VDSL2 offenbar mit der Ausnotchung (resp. einer Reduktion der Sendepiegel) in den Amateurbändern auf einfache Art eine deutliche Verbesserung der Situation erreicht werden kann, ohne dass bei Nachbarn Modifikationen an den Anschlussleitungen, der Anlage oder den Geräten notwendig sind. Bei Störfällen mit VDSL2-Signalen stammen die Störungen statt aus einer diskreten, klar lokalisierbaren Störquelle ja oft aus mehreren verschiedenen, verteilten Störquellen (z.B. alte Freileitungen, alte analoge Telefonleitungen in Gebäuden), die sich überlagern.

Durch das Ausnotchen der Amateurbänder in der Umgebung der gestörten Station (z.B. im Umkreis von 100m) können dank dieser Massnahme an der Empfangsantenne Störfeldstärken erreicht werden, die im Bereich der Fig. 15 angegebenen typischen Werten für Wohnumgebungen liegen, obwohl in der Umgebung (im Abstand von > 20 m) VDSL2-Signale auf unabgeschirmten Leitungen verwendet werden. Diese Massnahme würde auch in Fällen helfen, in denen ein Gebäude zwar unterirdisch gespeist wird, bei denen aber die im Gebäude noch für VDSL2 verwendeten alten Telefonleitungen die Störsignale abstrahlen. Dadurch könnten auch viele unnötige Konflikte unter Nachbarn von vorneherein vermieden werden.

Bei Störungen durch PLC-Geräten hat man es dagegen eher mit Einzelstörern zu tun, die auch dank des oft vorhandenen Prasselgeräuschs leichter aufzufinden sind. Es ist erfreulich, dass beide beteiligten PLC-Geräte die Pegel in den Amateurbändern nach EN50561-1 tatsächlich absenken. Ihre abgestrahlten Störungen können auch mit den Richtwerten nach ECC Rec (09)02 verglichen werden. In schwach belegten Bändern können gute Empfänger mit ihren Noise-Blankern anscheinend Störungen von einzelnen solchen Störquellen oft weitgehend eliminieren. Da meine Betroffenheit angesichts der schlechten Bedingungen auf den höheren Bändern momentan relativ gering ist, habe ich verzichtet, die Überschreitung des Richtwertes nach Fig. 17 als Störfall dem BAKOM zu melden und habe vorerst nähere Abklärungen mit dem entsprechenden Nachbarn durchgeführt.



Beim Haus mit PLC in 30m Entfernung konnte das Störproblem inzwischen einigermaßen befriedigend gelöst werden. Die Verbindung mit dem Internet erfolgt dort mit einer unterirdischen Koaxialleitung durch den lokalen Kabelnetzbetreiber. Mit dem von ihm gelieferten Modem und WLAN-Router sind im Erdgeschoss WLAN-Verbindungen in guter Qualität möglich. Im 1. und 2. Obergeschoss sind die Signalpegel dagegen ungenügend. Deshalb wurde unten zusätzlich ein PLC-Adapter als Basisstation an den Router angeschlossen und in den Obergeschossen je ein über PLC mit der Basisstation kommunizierender WLAN-PLC-Adapter angeschlossen. Da in den Obergeschossen das WLAN nicht dauernd benötigt wird, wurden bei der PLC-Basisstation und den WLAN-Modulen in den Obergeschossen kurze Steckdosenleisten mit Schalter montiert, mit denen alle PLC-haltigen Geräte nur bei Bedarf ein- und ausgeschaltet werden. Sofern diese Abmachung weiterhin respektiert wird, ist dies eine sehr pragmatische und kostengünstige Lösung des aktuellen Störproblems beim Autor.

Generelle Bemerkung zu PLC: Angesichts der beobachteten oft relativ geringen Absenkung der PLC-Signale von oft nur 10 bis 15 dB ist es allerdings fraglich, ob die in EN50561-1 vorgeschriebene Absenkung auch wirklich erreicht wird. Da die Störungen nicht nur auf einzelnen Frequenzen, sondern breitbandig und dauernd auftreten, wäre eine etwas grössere Notchtiefe wünschenswert. Im Prinzip ist es natürlich weiterhin grotesk, dass für absichtliche breitbandige Dauerstörer die gleichen Grenzwerte angewendet werden, die für unbeabsichtigte Störungen durch einzelne Harmonische konzipiert wurden und Messbedingungen (nur symmetrische Signale) festgelegt wurden, die im Stromnetz praktisch nie vorhanden sind und wo immer gewisse Unsymmetrien existieren.

## Hinweis

Die verwendeten Mess- und Berechnungsmethoden zur Bestimmung der Empfänger-Eingangsspannung und der Feldstärke an der Empfangsantenne sind in früheren Beiträgen im HBradio 2017 näher beschrieben [1] und [2].

## Literatur zu EMV-Problemen bei PV, VDSL2 und PLC

- [1] Heinrich Häberlin, HB9AZO: "Zunehmende Empfangsstörungen bei KW-Amateurstationen durch neue Technologien". HBradio 4/2017, S. 8 – 16.
- [2] Heinrich Häberlin, HB9AZO: "Empfangsstörungen durch PV-Anlage mit Power-Optimizern". HBradio 5/2017, S. 11 - 20.
- [3] Peter Jost, HB9CET: "VDSL-Störungen in den Amateurfunkbändern". HBradio 4/2017, S. 2 – 3.
- [4] Celso Bassanello, HB9TNW: "HBradio 1/2015: Artikel über "PLC Praxistest bestanden" ". HBradio 2/2015, S. 18 – 21.
- [5] Josef Rohner, HB9CIC: "Powerline Communications (PLC): Praxistest bestanden" HBradio 1/2015, S. 33 – 34. ■