

TechTalk #81**Definition der D-ATV HF Bandbreite für DVB-S**

von **Ken Konechy W6HHC**
&
Hans Hass DC8UE

Im TechTalk76 hatte Ken, W6HHC, erklärt wie FEC und Symbol-Rate die HF-Bandbreite von DVB-S beeinflusst. Es hat sich gezeigt, dass es zum vollständigen Verständnis der HF-Bandbreiten-Definition einiger zusätzlicher Erklärungen bedarf. Ken freut sich besonders, dass er durch Hans, DC8UE, für die Erstellung dieses monatlichen TechTalk Artikels unterstützt wurde. Hans hatte schon vorher dazu beigetragen, Ken über den Aufbau des populären DBØDHL D-ATV Multimedia Relais in Hamburg (Deutschland) zu informieren ...und hat technische Erfahrung als Satelliten-Kommunikations-Ingenieur in einer kommerziellen Fernseh-Uplink-Station.

Verwirrung über den Begriff "Bandbreite"

Wenn Ken-W6HHC und Robbie-KB6CJZ mit HAMs in Europa über D-ATV-Umsetzer-Pläne gesprochen haben, haben sie festgestellt, dass manchmal unerwartete Angaben über die benutzten Bandbreiten der europäischen Relais gemacht wurden. Die berichteten Symbol-Raten (S/R) von den Relais waren immer richtig (die Symbol-Rate wird immer im Sender eingestellt und ist daher gut bekannt), aber die berichteten Bandbreiten hatten manchmal ein unerwartetes Verhältnis zu den Symbol-Raten. Ein wenig Suche im Internet (ich liebe die Google- und Bing-Such-Maschinen) zeigte, dass es derzeit mindestens drei gängige Methoden zur Angabe der HF-Bandbreite für DVB-S gibt.

- **"minus 3 dB" Bandbreiten Methode**
- **"occupied" Bandbreiten Methode**
- **"allocation" Bandbreiten Methode**

Wenn man daher drei unterschiedliche Amateure fragt, "welche D-ATV Bandbreite benutzt Du?"...kann man drei unterschiedliche Antworten bekommen, obwohl man über das gleiche D-ATV Relais spricht!!

Ken und Hans stimmen überein, dass der wichtigste Grund für eine Bandbreiten-Beschreibung für D-ATV Amateure darin besteht, ...einen Wert verfügbar zu machen, der für die Ermittlung der Bandplan-Abstände und Frequenz-Koordination benutzt werden kann, um Störungen durch Interferenzen zu verhindern. Wir wollen im Folgenden einen Blick auf diese drei Methoden der Bandbreiten-Ermittlung für DVB-S (QPSK Modulation) werfen.

"minus 3 dB" Bandbreiten Methode

Bei dieser Methode wird die Bandbreite an den Punkten gemessen, an denen der Pegel um 3 dB abgefallen ist. Das ist die typische Methode für die Messung von Filter-Bandbreiten und repräsentiert den "Halbe-Leistungspunkt", wenn man die Kurve auf einem Spektrum-Analyzer betrachtet.

Mathematisch ergibt sich **$BW_{-3dB} \approx S/R$** für diese Definition.

Obwohl die **BW_{-3dB}** Methode den "analogen Technikern und analogen ATV-lern" sehr vertraut ist, ist sie aus zwei Gründen nicht sonderlich nützlich, um eine digitale Übertragung zu beschreiben.

Als erstes erzeugt eine Modulation mit digitalen (rechteckigen)-Modulations-Signalen keine gauß-förmigen Signalfanken.

Als zweites ist es nicht sinnvoll, mehrere D-ATV Stationen bei ihren ½-Leistung-Punkten "Schulter-an-Schulter" nebeneinander zu betreiben, weil bedeutsame Leistungsanteile auf die benachbarten Frequenzen übersprechen würden. Dieser Ansatz, um Stationen nebeneinander zu betreiben, trägt ein hohes Potential, um gegenseitige Empfangs-Störungen zu erzeugen. Speziell dann, wenn mehrere D-ATV-Umsetzer auf dem gleichen Turm oder Hügel angesiedelt sind, so dass die jeweiligen Empfangs-Antennen in die gleiche Richtung zu den benachbarten Relais zeigen.

Als Anmerkung: Die Bandbreite eines DVB-S Trägers an den minus 3.8 dB Punkten ist annähernd die gleiche, wie die Symbol-Rate (S/R).

"occupied" ("belegte") Bandbreiten Methode

In dem kommerziellen Satelliten-Standard, 3GPP TS 34.121 Abschnitt 5.8, ist als Occupied Band-Width (OBW) die Bandbreite definiert, in der sich 99% der gesamten Leistung des gesendeten Spektrums befindet, bezogen auf die Mitte der belegten Frequenz.

Mathematische Formel: **$BW_{occupied} = 1.19 \times S/R$**

Wie wird die "occupied" Bandbreiten-Messung durchgeführt? Während der Messung wird ein Gauß-Filter mit einer Bandbreite größer 10MHz und einer Auflösungs-Bandbreite (Resolution-Bandwidth RBW) von 30KHz oder kleiner benutzt, um die Verteilung des Leistungsspektrums zu messen.

Als erstes wird die gesamte Leistung in dem gemessenen Frequenzbereich berechnet. Dann wird aufsteigend und ausgehend von der tiefsten Frequenz, die Leistung bei jeder Frequenz gemessen und aufaddiert, bis eine Leistung von 0,5% der Gesamt-Leistung erreicht ist. Dies ergibt den unteren Frequenz-Grenzwert.

Als nächstes wird absteigend von der höchsten Frequenz ebenfalls die Leistung gemessen, bis wiederum 0,5% der Leistung aufaddiert wurde. Damit ist die obere Frequenz-Grenze ermittelt. Die Bandbreite zwischen den beiden 0,5%-Punkten wird als „Occupied Bandwidth“ (also als „besetzte“ oder „belegte“ Bandbreite) bezeichnet.

Obwohl der **"occupied" Bandbreiten-Abstand** für Relais-Frequenzen besser ist als der **"minus 3 dB" Bandbreiten-Abstand**, mangelt es doch an einem Merkmal. Der Abstand sollte einen kleinen Schutz-Abstand für unvorhergesehene Hindernisse ...wie Signal-Pfad-Nichtlinearitäten, usw. haben.

"allocation" („überlassene“) Bandbreite

Diese Methode verschafft sich einen kleinen Schutz-Abstand für die Zuweisung der Bandbreite zwischen benachbarten D-ATV-Signalen.

Die „allocation“ Bandbreite wird wie folgt berechnet:

$$(1 + \text{Roll-off-Faktor}) \times \text{Symbol-Rate}$$

$$BW_{\text{allocation}} = 1.35 \times S/R$$

bei Verwendung eines 0.35 Roll-off-Faktors für DVB-S. Der Roll-off-Faktor (wie in **Bild 1** gezeigt) bestimmt den Grad der Steilheit auf der DVB-S Signal-Flanke.

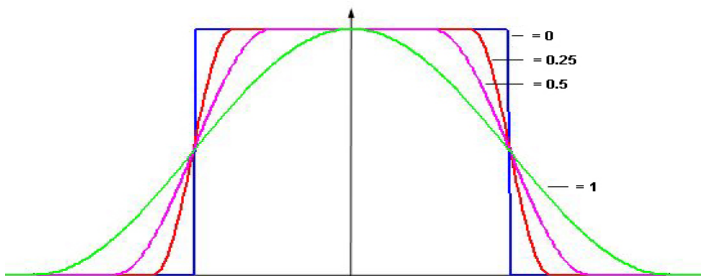


Bild 1 – Unterschiedliche Roll-off Kurven für unterschiedliche Roll-off-Faktoren

Die „Allocation Bandwidth“ (also die „zugeteilte“ oder „überlassene“ Bandbreite) ist von den großen Satellitenbetreibern, (wie zum Beispiel im Intelsat Earth Station Standard 420: (IESS420e.pdf) als der Bereich festgelegt, in dem die Leistung auf -26dB abgefallen ist. Dabei wird eine Filterung (meistens per Software) des Signals an den Signal-Flanken durchgeführt, die dafür sorgt, dass das Spektrum in den Randregionen weich ausrollt. Der Grad des Ausrollens wird durch den sogenannten Roll-off-Faktor angegeben. Dieser stellt das Verhältnis der Hälfte des Auslaufbereiches zur Hälfte der erwünschten Kanalbreite dar.

Bei DVB-S arbeitet man mit einem Roll-off-Faktor von 0.35. Es ist allerdings ein cosinusquadratförmiges Auslaufen im Randbereich erwünscht. Das Filter erzeugt zunächst aber nur eine Wurzelcosinusquadrat-Form. Erst in Kombination mit einem baugleichen Filter im Empfänger stellt sich dann die gewünschte Kurvenform ein.

Nach dem Sender ist „On Air“ (in der Luft) also noch die breitere (gepunktet gezeichnete) Signal-Kurve im **Bild 2** zu finden!

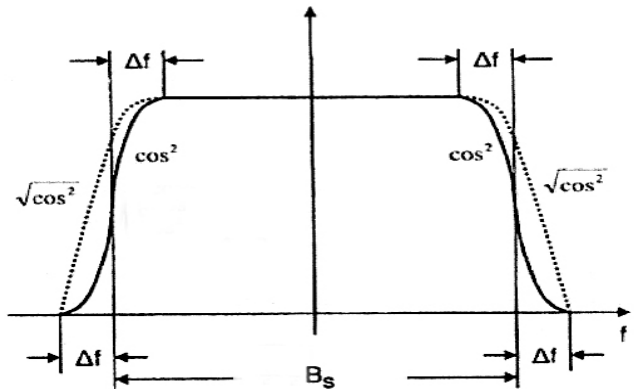


Bild 2 – Das "On the Air" DVB-S Signal hat die gepunktet gezeichnete Kurve

Als Standard bei DVB-S gilt ein Roll-off-Faktor von 0.35 für Video-Übertragungen und 0.4 bei Daten-Übertragungs-Geräten. Bei neueren professionellen Geräten finden wir auch 0.25.

Der neue Standard DVB-S2 (der unter anderem beim High Definition TV – HDTV benutzt wird) kennt zusätzlich noch den Faktor 0.2. Dann ist die benutzte Bandbreite nur noch 20% größer als die Symbol-Rate. Hans (DC8UE) erklärte weiter, dass der DVB-S2-Standard in Europa mittlerweile auch für Übertragungen zwischen kommerziellen Fernseh-Stationen und ebenfalls bei Außen-Übertragungen vom Übertragungswagen zu den Sende-Studios eingesetzt wird.

Das **Bild 3**, auf der nächsten Seite zeigt das Spektrum eines D-ATV-S QPSK-Signals mit einer Symbol-Rate von 1.5 MSymb/s (erzeugt von einem MiniMod). Es zeigt deutlich eine belegte Bandbreite von 2.025 MHz. Unterhalb von 35dB sind zusätzliche Signal-Schultern zu sehen, die durch Intermodulation an nichtlinearen Kennlinien entstehen. Ein Abstand von etwa 42 dB beim MiniMod ist typisch, durch die folgenden PA-Stufen wird der Abstand geringer und kann durch (z.B. übersteuerte Endstufen) auch deutlich kleinere Werte annehmen.

Die „Allocation Bandwidth“ ist in der Praxis tatsächlich die sinnvollste Angabe zum real belegten Frequenzbereich für die Frequenz-Abstandsplanung von D-ATV-Relais. Für Amateur-Anwendungen zieht Ken (W6HHC) es allerdings vor, den Wert der „Allocation“-Formel geringfügig „anzupassen“:

$$BW_{\text{allocation}} \sim = 1.33 \times S/R$$

Ken erklärte, dass dieser „vereinfachte Wert“ nur einen 2%-tigen Fehler erzeugt, mit ihm aber viel einfacher im Kopf zu rechnen ist. Hans, DC8UE, und Ken, W6HHC, stimmen überein, dass Amateure nur den Begriff **BW_{allocation}** benutzen sollten, wenn sie über DVB-S reden.

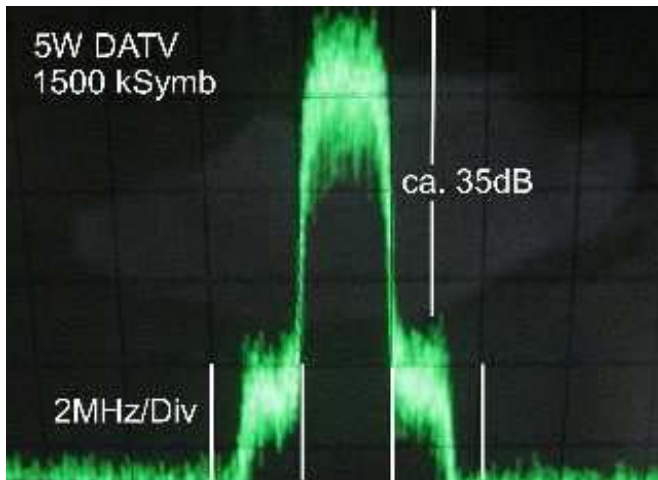


Bild 3 – D-ATV QPSK Signal mit 1.5 M Symb/sec erzeugt 2.025 MHz Bandbreite

Nicht-Linearitäts Einflüsse auf die Bandbreite

Es ist extrem wichtig, eine Übersteuerung des Leistungsverstärkers zu vermeiden und den Übertragungs-Pfad und die PA im linearen Bereich zu betreiben. Wie schon früher erwähnt (und im **Bild 3** zu sehen), können die Schultern (sieht es nicht aus, wie die „Schultern eines Menschen“ ...auf beiden Seiten des Kopfes??) im nicht-linearen Betrieb erheblich anwachsen. Während **Bild 3** die Schultern im Bereich um -35 dB unterhalb des Trägers zeigt, erkennt man in **Bild 4**, dass die Schultern bei dieser PA nur noch -20 dB unterhalb des Trägers liegen.

Hans erklärte, dass bei einer Übertragung im alten analogen (heute kommerziell nicht mehr benutzten) FM-Betrieb über einen kommerziellen Satelliten die benutzte HPA (High Power Amplifier) im Sättigungsbereich (C-Betrieb) verwendet wurde. In der neuen digitalen Welt mit QPSK-Modulation, hat man die Leistung zu reduzieren, um in den linearen A-Bereich zu gelangen. Das reduziert die mögliche Ausgangsleistung 4 bis 5 dB unterhalb der Sättigung. Wir nennen diese Reduktion Output Backoff (OBO). Während terrestrischer Übertragungen (DVB-T HF-Funkstrecken), müssen wir die OBO sogar um 6dB unter Sättigung vergrößern, um die Schultern niedrig zu halten.

Was D-ATV-HAMs bei der D-ATV-Verstärkung lernen müssen, ist der Umstand, dass ein D-ATV-Signal ein sehr großes Peak-to-Average-Verhältnis hat, wie das als PAR in **Bild 5** gezeigt wird.

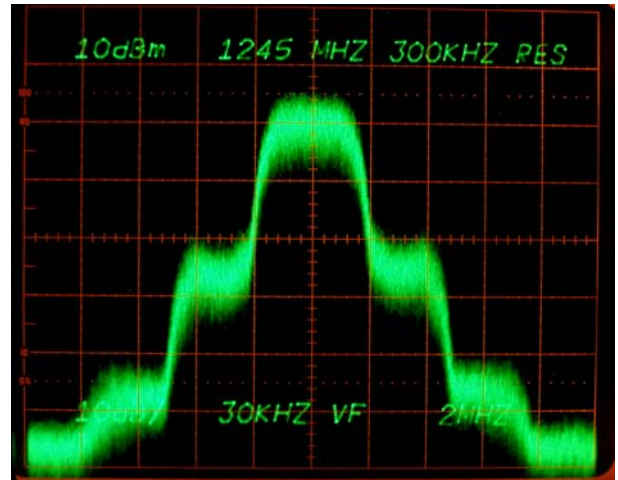


Bild 4 - Spektral verstärkte angewachsene Schultern mit nur 20 dB unterhalb des Trägers durch eine andere PA (Foto zur Verfügung gestellt von Art-WA8RMC)

Auch wenn der mittlere Leistungspegel niedrig scheint, können die Spitzen bereits in die Kompression gelangen (flache Begrenzung) und dadurch Nicht-Linearitäten und stärkere „Schulter-Leistungspegel“ hervorrufen.

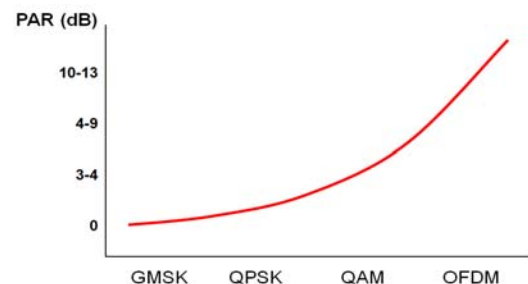


Bild 5 – Peak to Average Verhältnis für Verstärker-Ausgangsleistungen bei Signalen mit unterschiedlichen digitalen Modulations-Technologien.

(Zur Verfügung gestellt von Robert Green, Keithley Instruments, Inc.)

Kommerzielle Satelliten-Uplink-Betreiber müssen ihre Station so pegeln, dass sich die Signal-Schultern unterhalb von -26 dB befinden. Daher sollten auch Amateure ihre DVB-S-Sender so betreiben, dass die Schultern diese Grenze keinesfalls erreichen.

Interessante D-ATV Links

- AGAF D-ATV Komponenten (Boards) – unter www.datv-agaf.de und www.AGAF.de
- SR-Systems D-ATV Komponenten (Boards) – unter www.SR-systems.de und www.D-ATV.org
- British ATV Club - Digital Forum – unter www.BATC.org.UK/forum/
- British ATV Club – Auswahl von über 25 Streaming Relais – unter www.BATC.TV/
- German ATV Portal für streamende Relais und ATV-Forum – unter www.D-ATV.net/
- Amateur Television of Central Ohio – unter www.ATCO.TV
- Orange County ARC Newsletter und umfangreiche Serie über D-ATV Artikel – unter www.W6ZE.org/DATV/
- TAPR Digital Communications Conference free proceedings papers – unter www.TAPR.org/pub_dcc.html
- Darren-G7LWT Seite für „D-ATV Eisteiger“ – unter www.G7LWT.com/datv.html
- Nick Sayer N6QQQ Seite für seinen zukünftigen D-ATV Umsetzer – unter www.N6QQQ.org
- Rob-MØDTS D-ATV Seite einschließlich Details über F4DAY-Design – unter www.MØDTS.co.uk/datv.htm
- Äußerst informative Quelle über Digital Amateur Fernsehen – unter www.D-ATV.com
- Bandbreiten Online Rechner für DVB-S/DVB-S2–unter www.satellite-calculations.com/Satellite/bitrates.htm