

# Planung einer Digital-ATV Station für DVB-S

Ken Konechy – W6HHC  
Orange County Amateur Radio Club  
Orange County, CA  
W6HHC@ARRL.net

Robbie Robinson – KB6CJZ  
Orange County Amateur Radio Club  
Orange County, CA  
KB6CJZ@ARRL.net



Deutsche Bearbeitung und Übersetzung von Hans Hass - DC8UE

## Überblick

Die Mehrzahl der Amateurfunk-Fernseh-(ATV)-Stationen und Umsetzer verwendet heute noch die analoge Technologie. Dieses Papier möchte versuchen, Digital-ATV (D-ATV) auch anderen Amateuren zu erklären, um Ihnen den Übergang von analogen ATV zum digitalen ATV ein wenig zu vereinfachen. Der Artikel beginnt mit einem Überblick und vergleicht die verschiedenen kommerziellen DTV-Standards, die derzeit weltweit im Gebrauch sind. Es werden die Vor- und Nachteile der verschiedenen Alternativen abgewogen, um eine D-ATV Station zu planen. Daraus resultierte die Wahl des DVB-S-Standards für D-ATV, dem wir gegenüber der in den USA benutzten ATSC-Norm den Vorzug geben. Letztlich wird der Einfluss der Forward-Error-Correction (FEC) und der Symbol-Rate beschrieben, die wesentlichen Einfluss auf die HF-Bandbreite einer DVB-S-D-ATV-Station haben.

## Schlag-Worte

D-ATV - Digital-ATV - DVB-S - ATSC - QPSK - 8-VSB - FEC - Symbol-Rate

## 1 – Einführung in D-ATV

Über mehrere Jahre habe ich einige interessante Unterhaltungen von Amateuren gesammelt, die da lauten **“wir Funkamateure sollten vom analogen ATV zum digitalen D-ATV (genannt: D-ATV) wechseln, um auf dem Stand der Technik zu bleiben“**. Das Ziel schien einfach, aber das Thema war sehr kompliziert und nicht leicht zu fassen. Wir fanden, dass es wirklich keinen einfachen Platz ... wie einen "Einmal-Stop-Laden" für die D-ATV-Information gab, besonders hier in den USA, wo ATSC eine verbreitete und zu berücksichtigende Norm ist. Dies ist daher unser Versuch, Digital-ATV (D-ATV) auch anderen Amateuren nahe zu bringen. Wir hoffen, dass damit der Umstieg von Analog-ATV zu Digital-ATV ein wenig einfacher wird.

### 1.1 - Warum der Wechsel zum Digital ATV?

Die wesentlichen Vorzüge bei digitalem ATV sind:

- 1) Die Bildqualität wird die meiste Zeit nahezu perfekt sein
- 2) Die digitale Technologie erlaubt eine Fehler-Korrektur bei verrauschten Signalen und Mehrwege-Ausbreitung
- 3) Die digital Technik ermöglicht eine höherwertige Modulation (mit geringerer Bandbreite) und Daten-Kompression
- 4) Digitale TV Komponenten werden in Handel üblich und verbreitet sein
- 5) Analoge TV Geräte werden vom Markt verschwinden

## 1.2 - Unterschiedliche Arten der Digital Video Broadcasting Spezifikation

Grundsätzlich gibt es drei fundamental unterschiedliche Übertragungs-Umgebungen für die Digital Video Sender:

- Kabel
- Satellit
- Terrestrisch

Jede dieser drei unterschiedlichen Umfelder erfordert verschiedene Spezifikationen, die nachfolgend beschrieben werden.

### 1.2.1 - DVB-C (Kabel)

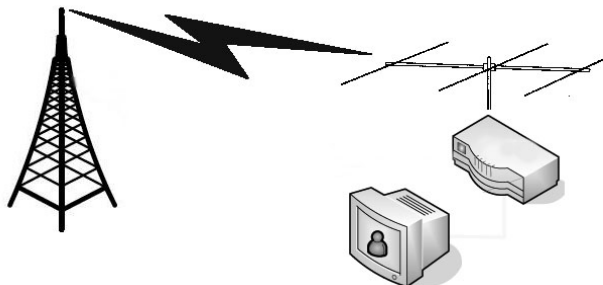
Der DVB-C-Standard für Kabel-Übertragung wurde von der Digital Video Broadcasting Organisation ([www.DVB.org](http://www.DVB.org)) eingeführt. Das Umfeld des Kabels ist sehr rauscharm und sehr dämpfungsarm. Daher werden eine hohe Rausch-Festigkeit und umfangreiche Fehlerkorrektur-Maßnahmen beim digitalen Kabel-Fernsehen nicht benötigt. Das signal-freundliche Kabel-Umfeld erlaubt es dabei, höherwertige Modulations-Verfahren einzusetzen, angefangen bei QPSK bis hin zu 256QAM. Weil aber eine geringe Signaldämpfung für Kabel-Fernseh-Übertragungen garantiert werden muss, ist es keine gute Wahl für Amateur-Fernsehen.

### 1.2.2 - DVB-S (Satellit)

Der DVB-S-Standard für Satelliten-Übertragungen wurde für ein Umfeld entwickelt, welches eine hohe Signalpfad-Dämpfung, aber Sicht-Verbindung aufweist. Um die Probleme mit diesen schwachen Signalstärken auszugleichen, wurde der DVB-S-Standard mit mehreren Schichten einer Forward Error Correction (FEC) ausgestattet, was zu einem sehr robusten Schutz gegen viele Fehler-Arten führt. Ein Nachteil für Amateure ist aber, das DVB-S NICHT für Mehrwege-Ausbreitungs-Situationen ausgelegt wurde. Typischerweise verwendet man bei DVB-S MPEG-2 für die Videodaten-Kompression und QPSK für die Modulation und erreicht dabei Bandbreiten im 2 MHz-Bereich. Dieser Standard wurde von vielen Amateuren in Europa und in den USA gewählt, um ATV zu digitalisieren.

### 1.2.3 - DVB-T (terrestrisch)

Der DVB-T-Standard für terrestrische Übertragungen wurde von der Digital Video Broadcasting Organisation für die klassische Situation entwickelt, bei der ein Sender digitale Signale zu einem digitalen Heim-Empfänger über die herkömmliche Heim-Antenne überträgt.



**Bild 1 Terrestrischer Empfang mit einer kommerziellen Set-Top Box**

Bei terrestrischen durch-die-Luft-Übertragungen hat die Technologie die signalzerstörenderen Effekte von Mehrwege-Reflexionen zu kompensieren. Ebenso können terrestrische Signal-Pfad-Dämpfungen frequenzabhängig sein und somit zu einem teilweise verzerrten Empfangs-Signal führen. Die negativen Auswirkungen von Mehrwege-Reflexionen können durch die Verwendung von 16QAM und einer niedrigen effektiven Bitrate pro Träger verringert werden. DVB-T verteilt die Bit-Rate über eine Vielzahl von Trägern. Diese Verteilung benutzt im Ergebnis 1.705 dicht gestaffelte Träger (unter Verwendung von COFDM... alias Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing) um eine Bandbreite von 6 MHz zu erzeugen. Die herkömmliche Erzeugung von 1.705 unterschiedlichen Trägern mittels VCO- und PLL-Chips scheint unmöglich. Wenn wir uns die Möglichkeiten von D-ATV anschauen, dann werden Funkamateure zu dem Ergebnis kommen, dass DVB-T den besten Ansatz im Bezug auf höchste Robustheit bietet. Jedoch in der Kombination mit 1. dem für die Demodulation benötigten großen Signal/Rausch-Abstand, und 2. dem großen Aufwand für die Hardware-Umsetzung müssen Funkamateure zu dem Schluss kommen, dass die Anwendung von DVB-T für Amateure schwierig zu verwirklichen ist.

#### **1.2.4 - ATSC 8-VSB (terrestrisch)**

Ich habe noch nicht erwähnt, dass die Digital-Video-Broadcasting-Organisation-Standards nur von kommerziellen Fernseh-Stationen in Europa und Asien benutzt werden ... NICHT dagegen in den USA. In den Vereinigten Staaten (und Kanada) benutzt die kommerzielle Fernseh-Industrie die Normen der Advanced Television Systems Commission (ATSC), einer Abspaltung der alten NTSC-TV-Standard-Organisation. Eine Ausnahme in den USA bildet allerdings das Dish-Network, welches die DVB-S-Technologie für ihre Satelliten-Heimempfänger einsetzt.

8-VSB ist die 8-stufige Vestigial Sideband Modulation (Rest-Seitenband-Modulation), die vom ATSC-Fernseh-Standard für digitale terrestrische Übertragungen adoptiert wurde. Genau wie bei DVB-S wird üblicherweise MPEG-2 zur Kompression verwendet und eine mehrstufige Fehlerschutz-Korrektur benutzt, um das Signal robuster gegen eine Vielzahl von möglichen Störungen zu machen. Interessanterweise benutzt die 8-VSB-Modulation keine Phasen-Modulation, sondern verwendet dagegen acht Amplituden-Pegelstufen zur Modulation und Demodulation. Dieser Modulations-Ansatz erzeugt bei einer Brutto-Bit-Rate von 32 Mbit/s eine Netto-Bit-Rate von 19,39 Mbit/s nutzbarer Daten bei einer belegten Bandbreite von 6 MHz. Die Netto-Bit-Rate fällt dabei durch das hinzufügen des Forward-Error-Codes (FEC) geringer aus. Obwohl die SetTopBoxen sehr gebräuchlich sind, hat das Fehlen von preiswerten 8-VSB-Sende-Baugruppen die Funkamateure in den USA bislang vom Einsatz von 8-VSB für D-ATV abgehalten.

#### **1.3 - Nachteile von D-ATV**

Es gibt zwei wesentliche Nachteile von D-ATV für ATV-Liebhaber:

##### **1) Schwacher Signal Empfang**

Digitale TV-Technik hat die Tendenz zur „ALLES oder NICHTS“-Darbietung. Das Bild ist GROSSARTIG bis durch Rauschen oder schwache Empfangs-Signale ... POOF ... das Bild verschwunden ist. Die Übergangszone zwischen **ALLES** oder **NICHTS** ist sehr klein. Henry (AA9XW) von Amateur Television of Central Ohio News

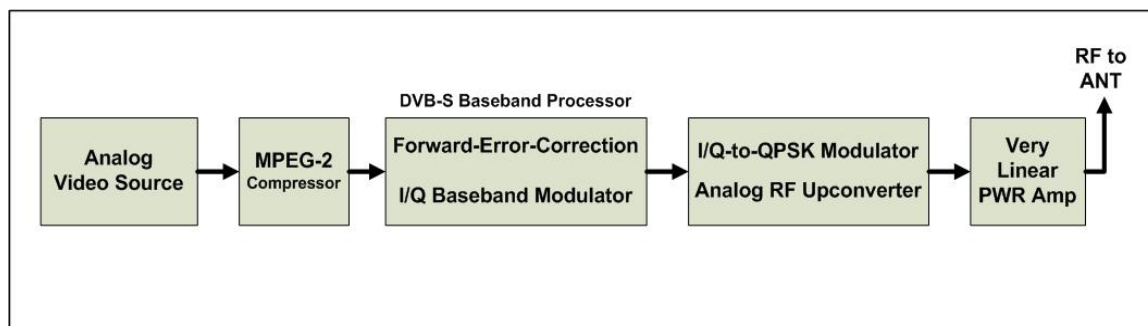
(ATCO) erklärte, "Ja, digitales ATV ist "rauschfrei" bis es gegen die "blaue Wand" prallt. Es tendiert unter 1 dB zwischen „Perfekt“ und „Nichts“. Daher sollte man kein allzu großes DX erwarten, da man das Signal im Rauschen ohne Bandpass-Filter (BPF) und Spektrum-Analyzer nicht finden kann“.

## 2) Hohe Kosten der Ausrüstung

Ein Vorteil des analogen ATV waren die Kosten der Ausstattung, speziell die Sende-Ausrüstung war relativ preiswert. Man konnte kommerzielle CCTV-Geräte kaufen und leicht für Amateurfunk-Fernsehen umrüsten. Für D-ATV können Empfänger von alten DVB-S-Satelliten-Heim-Schüsseln, die auch gebraucht bei e-Bay & Co. angeboten werden, verwendet und modifiziert werden. Die Beschaffung von Sendern ... inklusive Signal-Aufbereitung und Modulation ... ist aber ein Problem. Es gibt keinen Gebrauchtgeräte-Markt. Man kann entweder Baugruppen von europäischen D-ATV-Firmen kaufen, oder man kauft die in den Sendern benötigten Integrierten Schaltungen (IC's) und baut seine Geräte selbst. Nach meiner Meinung benötigt der zweite Ansatz ein hohes Ingenieur- und Software-Wissen, über das die meisten Amateure nicht verfügen und erfordert hohe Investitionskosten und eine Menge Zeit. SR-Systems in Deutschland bietet ein großes Angebot von Schaltungs-Baugruppen für D-ATV an. Robbie (KB6CJZ) von OCARC schätzt, das Kosten von etwa \$1.200 US-Dollar oder mehr für den Kauf von D-ATV-Sender, Bandpass-Filter und hoch linearem Leistungs-Verstärker anfallen. Eine Kamera und eine breitbandige Antenne werden ebenfalls noch gebraucht. D-ATV-Umsetzer sind deutlich teurer.

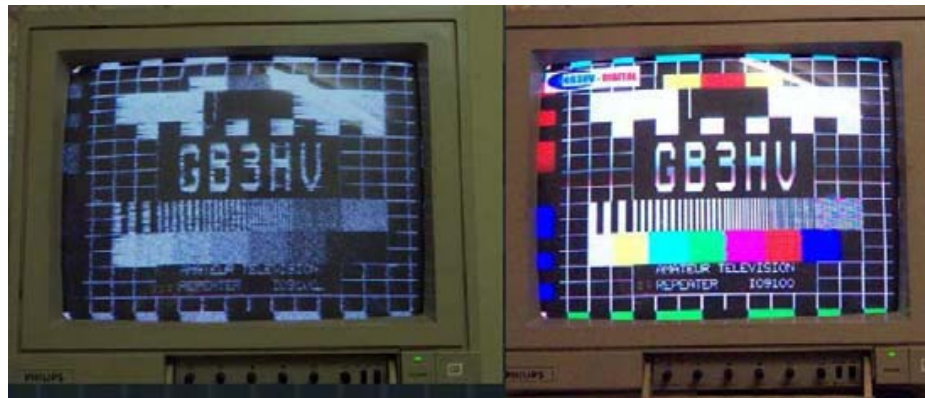
### 1.4 - Der heutige Stand von D-ATV

Viele Gruppen und Clubs von D-ATV-Enthusiasten haben vorgeführt, dass digitale Technologie für Amateure möglich ist und wie erwartet funktioniert. **Bild 2** zeigt das Block-Schaltbild eines einfachen DVB-S-Senders, wie er zur Zeit von vielen europäischen Gruppen benutzt wird.



**Bild 2 – Block-Schaltbild eines typischen DVB-S-Senders für Digital-ATV**

Die Bilder 3 und 4 sind europäische Beispiele, wie Amateur-Stationen aussehen können und welche Leistungen erreichbar sind.



**Bild 3 – Vergleich von analogen und D-ATV Bildern,  
beim Empfang von schwachen Signalen mit der gleicher Antenne  
(beigestellt von G7LWT und GB3HV)**

**Bild 4** in der nächsten Spalte zeigt das Foto eines frühen europäischen DVB-S-Prototypen, der 2001 auf der Ham-Fair in Friedrichshafen (Deutschland) von Howard HB9JNX / AE4WA und anderen vorgeführt wurde.



**Bild 4 – Prototyp DVB-S D-ATV Sender, wie Bild 2  
(beigestellt von Thomas Sailer HB9JNX / AE4WA, u.a.)**

Bei meiner Sondierung im Internet und in diversen örtlichen Gesprächen habe ich herausgefunden, dass es bereits einen großen Schub an D-ATV-Entwicklung durch Amateure (hauptsächlich in Europa) in den Jahren von 2000 bis 2004 gegeben hat. Viele von diesen Amateurfunk-Seiten über D-ATV scheinen allerdings seit dem zu schlummern.

- [www.D-ATV.com](http://www.D-ATV.com)  
in Holland ist seit 2005 inaktiv
- [pagesperso-orange.fr/jf.fourcadier/television/exciter/exciter\\_e.htm](http://pagesperso-orange.fr/jf.fourcadier/television/exciter/exciter_e.htm)  
Jean-François F4DAY ist inaktiv seit 2004/2005
- [www.kolumbus.fi/michael.fletcher/dvb.htm](http://www.kolumbus.fi/michael.fletcher/dvb.htm)  
Michael Fletcher OH2AUE und OH2FM scheinen seit 2003 inaktiv zu sein
- [www.G7LWT.com](http://www.G7LWT.com)  
in UK scheint in Bezug auf D-ATV inaktiv zu sein

Nachdem, was ich bislang gelernt habe, gibt es derzeit nur drei oder vier Gebiete in den USA in denen D-ATV-Umsetzer betrieben oder getestet werden.

- ATCO betreibt den WR8ATV/R digital DVB-S Umsetzer und sendet auf 1260 MHz.
- Nick Sayer, N6QQQ in Santa Clara entwirft/baut/testet einen 8-VSB D-ATV-Sender auf 900 MHz
- Der Lodi-Amateur-Radio-Club (N6SJV) in Kalifornien betreibt ein ziemlich aktuelles Internet-Tagebuch über ihren Fortschritt im Umgang mit der DVB-S-Technik.
- Es gibt einen Amateur in Orange County, der nach Idaho gezogen ist und aktiv über mehrere Jahre D-ATV entworfen, gebaut und betrieben hat.
- Es gibt Gerüchte über eine aktive D-ATV-Gruppe entweder in Oregon oder Washington (aber ich kann sie im Internet nicht finden).

### **1.5 - Was ist die Zukunft für D-ATV ?**

Davon ausgehend, was ich bei der Vorbereitung dieses Artikels gelernt habe, bin ich überrascht von der geringen Zahl von derzeitigen D-ATV-Aktivitäten in den Vereinigten Staaten. Ich habe mehr Aktivität erwartet. Die enorme Qualitäts-Verbesserung bei digitalem ATV hat eine hohe Anziehungskraft. Aber es scheint mir, dass der Bildausfall bei schwachen Signalen im Verbund mit D-ATV das DX-Abenteuer behindert. Ich überprüfte die Bedürfnisse von Notfall-Kommunikations-Gruppen (wie RACES und ANRES), um ATV zur Übertragung von Bildern zurück zum EOC (Einsatz-Zentrum) verfügbar zu machen. Ich könnte mir vorstellen, dass D-ATV mehr Schwierigkeiten bei Mehrwege-Ausbreitungen hat und letztlich KEIN Bild liefern würde. Daher sind D-ATV-Tests in Orange County unbedingt erforderlich.

Abschließend finde ich persönlich D-ATV als sehr komplex. D-ATV-Sender sind sehr teuer, oder man plant und baut ihn selbst ... Ich finde die Komplexität viel komplizierter als den Entwurf meines eigenen SSB- oder FM-Senders. Zusätzlich entwickeln sich kommerzielle Standards weiter. So wird der DVB-S-Standard zum Beispiel durch den neueren DVB-S2-Standard ersetzt. Da DVB-S2 schneller und besser ist (und ebenfalls viel komplexer – durch die Nutzung neuer FEC-Codierungen, wie Bose-Chaudhuri-Hocquengham), bedroht es mit DVB-S-Baugruppen aufgebaute Geräte und lässt diese bereits veraltet erscheinen.

Schließlich scheint es, als ob die meisten ATV-ler in den USA an der „digitalen Weg-Gabelung“ vorbeischwimmen und weiterhin ihr altes analoges ATV betreiben. Ich wäre überrascht, wenn es in den nächsten 5 Jahren einen großen Aufschwung bei der Verwendung von D-ATV geben würde. Nur die Verfügbarkeit von billigen amerikanischen DTV-SetTopBoxen und weitere preiswerte D-ATV-Sender-Baugruppen würden meine Vorhersage wechseln lassen.

## **2 – Die Planung einer Digital-ATV Station**

Dieser Abschnitt beschäftigt sich mit der Planung einer eigenen D-ATV-Station. Aber in gewissem Umfang (insbesondere in den USA) scheint Digital-ATV ein Irrgarten zu sein. Es sind dabei vielfältige Entscheidungen bei der Planung einer D-ATV-Station zu treffen:

- Einige Entscheidungen können eine sehr teure Lösung erfordern
- Einige Entscheidungen führen zu einem unsinnigen Entwurf
- Einige Entscheidungen können größere technische Probleme zur Folge haben

## 2.1 - Welches Band sollte ich für D-ATV verwenden?

Robbie erklärte, dass ein Blick auf die Amateurfunk-Bänder für ATV und D-ATV in Süd-Kalifornien wie folgt aussieht:

- **440 MHz** – sehr überfüllt – sieht nach einem schwierigen Band für D-ATV aus, aber HF-Verstärker sind preiswert.  
Kommerzielle Satelliten-Empfänger mit Up-Konverter arbeiten sehr gut.
- **920 MHz** – zeigt sich eng für D-ATV, und viele Störungen durch “Part 15”-Geräte (Industrial, Medical, und Scientific).
- **1.200 MHz** – mehr Platz für Simplex D-ATV, vermutlich kein Platz für D-ATV Umsetzer.  
HF-Verstärker sind viel teurer.  
Es ist ein eindeutiges Amateur-Band.  
Es gibt viele FreeToAir-Receiver, die Frequenz liegt innerhalb des ZF-Bereiches und kann ohne LNB zur Umsetzung direkt verwendet werden.
- **2.400 MHz** – hat wahrscheinlich genügend Platz für einen D-ATV-Umsetzer.  
HF-Verstärker sind noch teurer.  
Allerdings teilt sich der 2,4 GHz-Bereich die Frequenzen mit einer Vielzahl kommerzieller Dienste. Viele kommerzielle Anwendungen liegen an der Grenze zum Amateur-Band and einige “ISM Part 15”-Geräte teilen sich die Frequenzen mit den Amateuren. Teilt sich das Band mit IEEE802.11 (Wi-Fi).
- **3.400 MHz** – HF-Verstärker sind noch viel teurer.  
Das Band hat wahrscheinlich Platz für ein D-ATV-Umsetzer-Paar.  
Satelliten-FreeToAir-Receiver (C-Band) sind genügend verfügbar. LNB's benötigen keinen Umbau.  
3,4 GHz wird ausschließlich mit der U.S. Air Force geteilt.
- **5.800 MHz** – HF-Verstärker sind sehr teuer.  
Das 5,8-GHz-Band wird mit vielen kommerziellen Diensten und “ISM Part 15”-Anwendungen geteilt.  
Ein sehr schmales Band, vermutlich kein Platz für ein D-ATV-Umsetzer-Paar.

Wir haben uns entschieden, einen Sender für das 1,2 GHz-Band zu planen, der sowohl als Amateur-Feststation als auch für den portablen Einsatz dienen soll. Diese Wahl scheint ein guter Kompromiss zu sein. Später, wenn wir einen Umsetzer aufbauen können ... wird dieser eine Ausgabe im 2,4 GHz- oder vielleicht 3,4 GHz-Band haben.

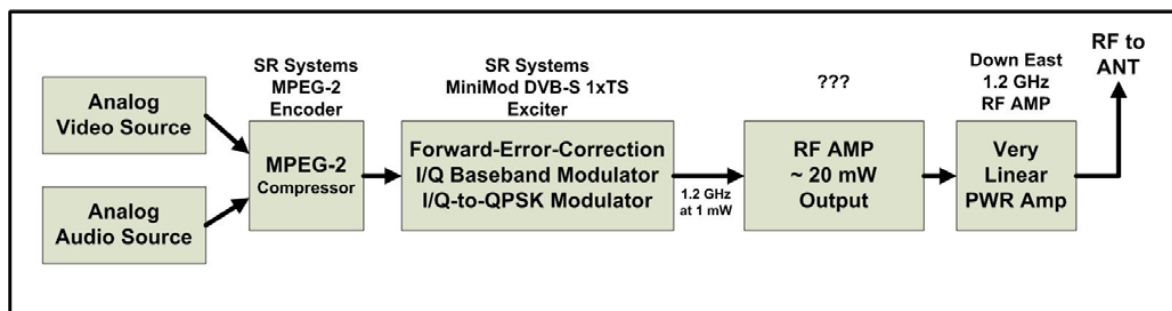
## 2.2 – ATSC oder DVB-S Modulation ?

Der Einführungs-Teil erklärte, dass Europa/Asien/Pazifik den kommerziellen DVB-S-Standard für D-ATV benutzt, unter Verwendung von QPSK zur Modulation und MPEG-2 zur Kompression von Video und Audio. Aber, in den USA (und Kanada) wird der kommerzielle terrestrische HDTV-Standard ATSC benutzt und der verwendet die Modulations-Art 8-VSB und arbeitet mit AC3 (Dolby) zur Ton-Kompression. Wegen der Bandplan-Beschränkung in den USA haben wir das 1,2 GHz-Band für die Planung der D-ATV-Station ausgewählt. Aber welches Modulations-Verfahren sollten wir für unsere Station nutzen? Wir wollen nun einen Blick auf die möglichen DVB-S- und ATSC-Sender werfen, die zur Auswahl stehen.

### 2.2.1 – Ein erster Blick auf den DVB-S-Sender

Soweit wir sehen, gibt es für DVB-S-D-ATV-Baugruppen mehrere Amateur-Entwicklungen in Europa, besonders bei der AGAF und bei SR-Systems, beide in Deutschland ... der Königsweg für Baugruppen scheint von Stefan (DG8FAC) von SR-Systems (siehe auch den Link/URL am Ende) beschriften worden zu sein.

Das Block-Schaltbild in **Bild 5** zeigt eine SR-Systems-MiniMod-DVB-S-Platine und eine MPEG-2-Platine als Herz eines D-ATV-Senders.



**Bild 5 - Block-Schaltbild eines DVB-S-Senders für D-ATV**

Die MiniMod-Baugruppe erzeugt etwa 1mWatt HF am Ausgang. Man benötigt einen kleinen HF-Verstärker um die Leistung auf 25mWatt anzuheben, um den 10Watt-Leistungsverstärker anzusteuern. Alle digitalen Modulationsarten erfordern einen extrem linearen Klasse-A-Leistungsverstärker. Wir planen einen 30Watt-Vertärker bei etwa 10Watt zu betreiben. Man beachte die SR-Systems-Datenblatt-Warnung, dass der HF-Ausgang des MiniMod-Boards UNGEFILTERT ist. Stefan (DG8FAC) von SR-Systems erklärte, dass dieser Hinweis bedeutet, dass die ersten und zweiten Oberwellen weiter unterdrückt werden müssen. Hinter dem HF-Ausgang des MiniMod-Boards erledigen die zwei 1,2-GHz-Verstärker die notwendige Oberwellen-Unterdrückung. Das DVB-S 1xTS D-ATV-Signal hat eine breite von etwa 2 bis 3 MHz (abhängig von der Symbolrate, wird später in Teil 3 noch weiter erläutert). Die untere **Tabelle 1** schätzt und zeigt die Kosten einer DVB-S-Sendestation.



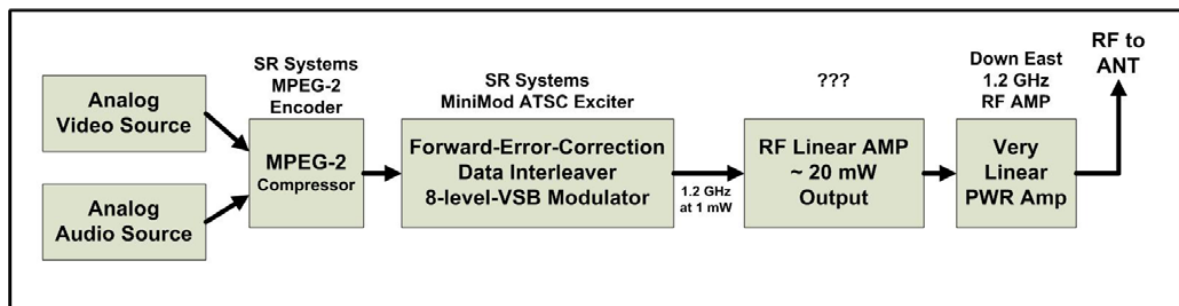
**Tabelle 1 – Kosten-Schätzung eines DVB-S-Senders**

Teil	Geräte-Typ	Hersteller	Modell	Geschätzte Kosten Low End	Geschätzte Kosten High End
1	MPEG-2 Encoder-Baugruppe	SR-Systems	MPEG Encoder	\$290	\$360
2	1.2 GHz FEC & IQ Modulator für DVB-S	SR-Systems	DVB-S 1xTS MiniMOD	\$470	\$540
3	erster HF-Verstärker	??	(etwa 50 mW)	\$25	\$50
4	HF Leistungs-PA 30W (sehr linear)	Down East Microwave	Part Number 2330PA	\$240	\$240
	<b>TOTAL</b>			<b>\$1,025</b>	<b>\$1,190</b>

### 2.2.2 – nächster Blick auf den ATSC-Sender

Während es in Europa mehrere Amateur-Entwicklungen für DVB-S-D-ATV-Baugruppen gibt ... kann man derzeit nur einen Amateur-Entwurf für einen ATSC-D-ATV-Sender finden. Wiederum produziert Stefan (DG8FAC) von SR-Systems in Deutschland dieses Board für die terrestrische amerikanischen 8-VSB-Video-Norm. Das Block-Schaltbild in **Bild 2** zeigt das SR-Systems MiniMod-ATSC-Board und das MPEG-2-Board als Herz-Stück eines D-ATV-Senders. Es gibt allerdings eine "Einschränkung" mit der MiniMod-ATSC-Schaltung. Der US-ATSC-Standard fordert die Übertragung des Audio-Signals in dem Dolby-AC3-Format, aber die Dolby-Lizenz-Gebühren sind sehr teuer. SR-Systems wählte daher eine Lösung, die das 8-VSB-Video zusammen mit dem MPEG-2-Audio kombiniert, um so die teuren AC3-Lizenz-Gebühren zu umgehen. Diese 8-VSB/MPEG-2-Kombination funktioniert zwar mit vielen Empfängern in den USA, wie wir später in diesem Artikel noch sehen werden, aber ist nicht kompatibel mit den massenhaft verfügbaren und wirklich preiswerten terrestrischen ATSC-SetTopBoxen.

Das ATSC-Blockschaltbild in **Bild 6** sieht überwiegend gleich wie das in **Bild 5** gezeigte Block-Diagramm für einen DVB-S-Sender aus.



**Bild 6 – Block-Schaltbild eines ATSC-Senders für D-ATV**

Das MiniMod-ATSC-Board produziert hier ebenfalls eine Ausgangsleistung von 1 mWatt. Wir benötigen einen weiteren kleinen HF-Verstärker zur Anhebung auf etwa 25mWatt, um die 10Watt-Endstufe anzusteuern. Alle digitalen HF-Modulations-Arten erfordern sehr lineare Klasse-A-Leistungsverstärker. Wir planen, einen 30Watt-1,2GHz-Verstärker bei etwa 10Watt zu betreiben. Man beachte noch einmal, dass der HF-Ausgang des MiniMod-Boards UNGEFILTERT ist. Dies bedeutet, dass wir die zweite und dritte Harmonische weiter unterdrücken müssen. Die beiden auf den MiniMod folgenden 1,2GHz-Verstärker liefern diese Oberwellenunterdrückung. Das 8VSB-Signal wird eine Bandbreite von etwa 5.5 MHz benötigen. **Tabelle 2** gibt einen Überblick über die zu erwartenden Kosten einer ATSC-Sende-Station.

**Tabelle 2 – Kosten-Abschätzung eines ATSC-Senders**

Item	Description	Manufacturer	Model	Geschätzte Kosten Low End	Geschätzte Kosten High End
1	MPEG-2 Encoder-Baugruppe	SR-Systems	MPEG Encoder	\$290	\$360
2	1.2 GHz FEC & IQ Modulator für ATSC	SR-Systems	ATSC MiniMOD	\$852	\$925
3	erster HF-Verstärker	??	(etwa 50 mW)	\$25	\$50
4	HF Leistungs-PA 30W (sehr linear)	Down East Microwave	Part Number 2330PA	\$240	\$240
	<b>TOTAL</b>			<b>\$1,407</b>	<b>\$1,575</b>

## 2.3 – Vergleich der Möglichkeiten verschiedener D-ATV Empfangs-Stationen

Wir wollen nun einen Blick auf eine mögliche D-ATV Empfangs-Station werfen. Das Video kann dabei weiterhin auf einem alten analogen Fernseher, einem DTV/HDTV-Monitor, oder einem PC bzw. einem Notebook gezeigt werden. In **Bild 7** auf der nächsten Seite zeigen wir neun mögliche Varianten, vier der Möglichkeiten sind ausgelegt um ATSC-Amateur-Signale zu empfangen, und fünf Konfigurationen zielen auf den Empfang von DVB-S-Amateur-Signalen.

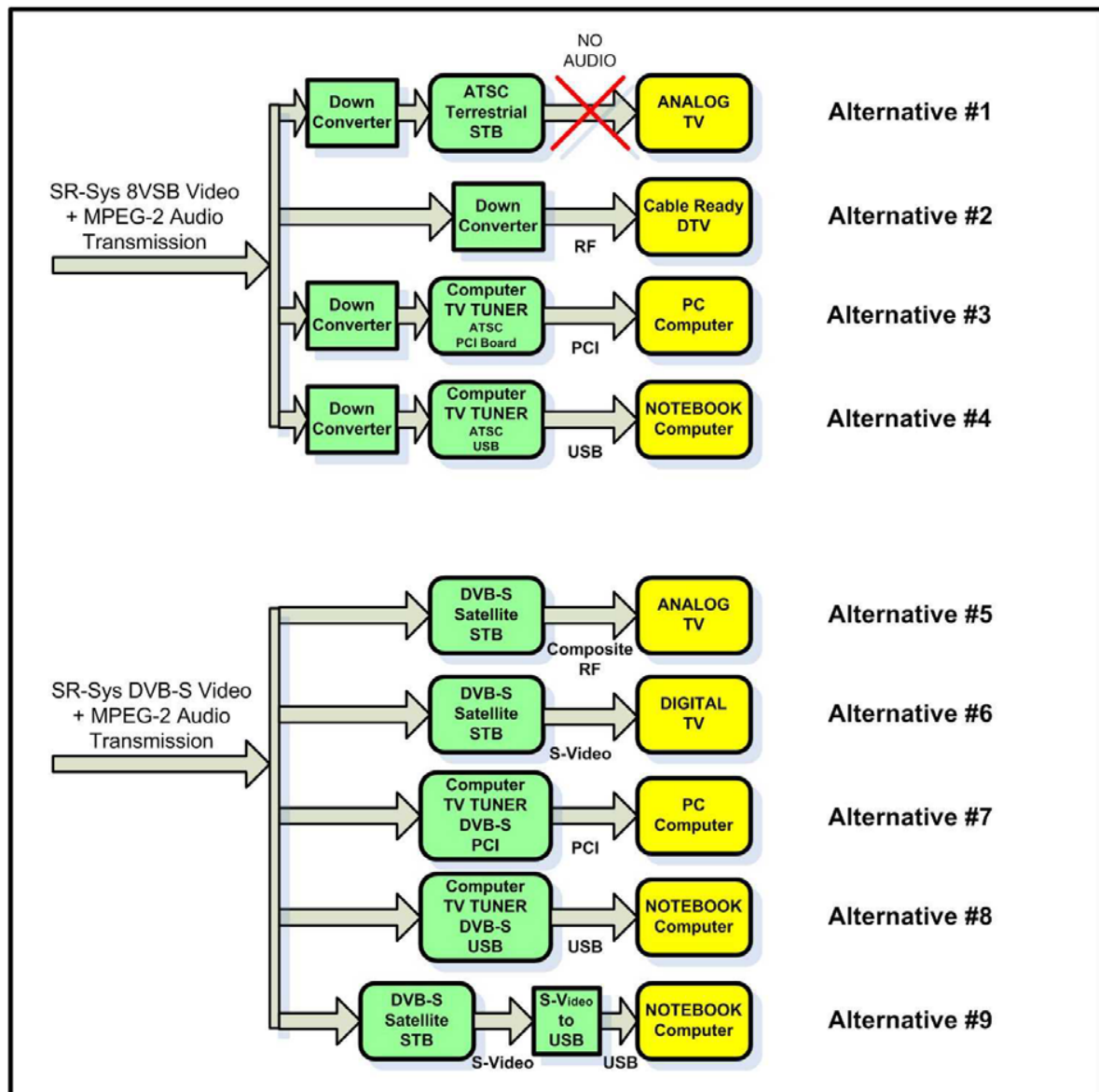


Bild 7 – mögliche D-ATV-Empfangs-Alternativen

Wir werden nun jede der in **Bild 7** gezeigten Empfangs-Stations-Alternativen durchgehen, angefangen mit dem Empfang von ATSC-Amateur-Signalen.

### **Alternative 1 – Benutzung einer terrestrischen ATSC SetTopBox**

Der erste Ansatz zum ATSC-Empfang, ist der Einsatz der preiswerten (neu \$50 US-Dollar) terrestrischen ATSC-SetTopBox, die durch die Vorbereitungen der US-Regierung zur Abschaltung der kommerziellen analogen Fernseh-Sender allgemein gebräuchlich geworden ist. Die MPEG-2-Audio-Kompression des ATV-Senders in **Bild 6** scheint ein echtes Problem für diesen Ansatz darzustellen. Die STB erwartet das AC3-Format (nicht MPEG-2) für Audio. Wir haben keine US-Amateure gefunden, denen ein Empfang einer ATSC-D-ATV Sendung von einem SR-Systems-MiniMod-Sender mit dieser ATSC terrestrischen SetTopBox gelungen ist.

### **Alternative 2 – Benutzung eines DTV-Kabel-Fernsehers**

Im zweiten Ansatz können wir feststellen, dass einige Modelle von kabeltauglichen digitalen Fernsehgeräten sowohl QAM (fürs Kabel) und ebenfalls (terrestrisches) ATSC empfangen und das MPEG-2-Audio-Signal korrekt verarbeiten. Nick (N6QQQ) in Santa Clara hat berichtet, dass er diesen Ansatz mit einem MiniMod-ATSC-Board erfolgreich getestet hat. Dieser Ansatz erfordert einen Down-Konverter im Eingang, um das empfangene 1,2 GHz-Signal in den 480-bis-700 MHz-Bereich des US-ATSC-DTV-Tuners zu bringen. Es ist aber nicht auszuschließen, dass auch einige kabelgeeignete Digital-TVs nicht korrekt funktionieren !?

### **Alternative 3 – Benutzung des PCs mit PCI-ATSC-Tuner**

Im nächsten Ansatz benutzen wir einen Computer mit PCI-Board, welches so ausgelegt ist, dass es einen ATSC-TV-Tuner aufnehmen kann. Nick (N6QQQ) hat über einen MiniMod-Erfolg mit dem Computer-Tuner berichtet, einfach deswegen, weil der Tuner lediglich das 8VSB-Signal aufnimmt und es in einen MPEG-2-Transportstrom umwandelt. Der Computer übernimmt den Rest der Arbeit und decodiert das MPEG-2-Video und ebenfalls das MPEG-2-Audio. Die Hauppauge WinTV-HVR-1600 PCI TV Tuner-Karte – 1101 deckt analog (NTSC) und DTV (ATSC) für unter \$100 US-Dollar ab. Ein anderer interessanter Ansatz mit einem Computer ist die Silicon-Dust-HD-HomeRun-Box, die ebenfalls zusammen mit einem Rechner arbeitet. Man benötigt auch hier wieder einen Down-Konverter, um das ankommende 1,2 GHz-Signal in den Bereich des US ATSC DTV-Tuners zu bringen.

### **Alternative 4 – USB ATSC Tuner für ein Notebook**

Bei diesem Ansatz benutzen wir einen ATSC-Tuner mit einem USB-Ausgang, der sein Signal zum Notebook liefert (weil es hier keinen Platz für eine PCI-Karte gibt). Das Notebook akzeptiert wiederum den MPEG-2-Transport-Strom-Ausgang und übernimmt die Präsentation des Videos und Audios. Der Hauppauge WinTV-HVR-950Q TV Tuner-Stick kann im Internet für etwa \$70 US-Dollar neu erworben werden. Wir brauchen auch hier wiederum einen Down-Konverter, um das anliegende 1,2 GHz-Signal in den Bereich des ATSC DTV-Tuners zu bringen.

### **Alternative 5 – Benutzung einer Satelliten DVB-S STB**

Unser erster Ansatz, eine DVB-S-Sendung zu empfangen, war der Einsatz einer DVB-S-Satelliten-Box (allgemein Free-To-Air oder FTA genannt). Ein "Composite HF-" Ausgang von der STB geht direkt zum alten analogen Fernseh-Empfänger. Der Frequenzbereich des DVB-S STB-Tuner-Bereichs schließt das 1,2 GHz-

Amateurfunk-Band mit ein, daher wird kein Down-Konverter benötigt. Die „Viewsat VS2000 Xtreme“ ist ein Beispiel einer DVB-S FTA STB und kann für etwa \$100 US-Dollar erworben werden.

#### **Alternative 6 – Benutzung einer DVB-S STB mit DTV**

Dieser Ansatz ist der gleiche, wie die vorangehende Nummer 5, aber er benutzt davon abweichend den S-Video-Ausgang der Free-to-Air DVB-S SetTopBox, um einen hochauflösenden Eingang in den HDTV-Empfänger zu ermöglichen.

#### **Alternative 7 – Computer PCI DVB-S Tuner**

Bei diesem Ansatz ist ein PCI DVB-S-Tuner-Board im PC installiert. Die Hauppauge WinTV Nova-s PLUS DVB-S PCI-Karte kostet weniger als \$100 US-Dollar.

#### **Alternative 8 – USB DVB-S Tuner für Notebooks**

Dieser Ansatz nutzt eine DVB-S USB-Tuner-Box (zum Beispiel: das SkyStar USB2 Modell kostet etwa \$100 US-Dollar) und verfügt über einen USB-Port-Ausgang direkt zum Notebook.

#### **Alternative 9 – DVB-S STB mit Notebook**

Dieser Ansatz kommt der Alternative 6 sehr nahe, mit der Ausnahme, dass wir einen S-Video-zu-USB-Konverter benutzen, um den STB-Ausgang zum USB-Eingang des Notebooks zu führen. Ein typischer S-Video-to-USB Konverter ist der Startech.com USB 2.0 und kostet etwa \$50 US-Dollar bei Radio-Shack (zu den Kosten der STB).

### **2.4 - Auswahl unserer D-ATV Station**

Robbie und ich hatten gehofft, den ATSC-Weg für D-ATV verwenden zu können, weil preiswerte terrestrische STBoxen in den USA verfügbar sind. Aber, keiner von uns möchte auf der Basis von „Versuch-und-Irrtum“ ausprobieren, ob das von uns gekaufte Equipment mit den derzeitigen „MPEG-2-Audio-Eigenheiten“ bei unseren ATSC-D-ATV Übertragungen arbeitet. Daher haben wir uns für eine DVB-S-D-ATV-Station hier im südlichen Kalifornien entschieden. Man kann beim Vergleich der geschätzten Kosten aus **Tabelle 1** und **Tabelle 2** ebenfalls entnehmen, dass wir nahezu \$400 US-Dollar bei der Wahl einer DVB-S-Station gegenüber einer ATSC-Sende-Station einsparen. Als Anmerkung ... wenn es möglich gewesen wäre, hätte jeder von uns gerne die zusätzlichen \$50 US-Dollar für die Dolby-Lizenz gezahlt, um den „MPEG-2-Audio-Unwegbarkeiten“ zu entgehen. Dies hätte es uns erlaubt, vollständig in Übereinstimmung mit der ATSC-Norm zu sein.

Nachdem wir nun unsere D-ATV-Sende-Station gewählt haben, arbeitet jede der in **Bild 3** gezeigten D-ATV-Empfangs-Varianten von der ALTERNATIVE #5 bis zur ALTERNATIVE #9 problemlos mit dem DVB-S-Standard. Die Kosten für jede dieser fünf Empfangs-Varianten erscheint uns angemessen. Der Leser kann die Version wählen, die ihm am besten zusagt. Ich werde wahrscheinlich die ALTERNATIVE #8 wählen, weil ich mein Notebook (anstelle eines Fernseh-Empfängers) für meine D-ATV-Feststation zu Hause verwenden möchte. Robbie (KB6CZJ) zieht die ALTERNATIVE #5 vor, weil er die weitläufige Verfügbarkeit und die umfangreiche Ausstattung einer DVB-S FTA SetTopBox bevorzugt.

Es gibt sicherlich noch einige Details für unsere Station einzusortieren, aber man kann hoffentlich sehen, dass unser verfeinerter Planungs-Ansatz uns einen “großen Bereich” an Alternativen bereitstellt, ... und uns erlaubt, verschiedene Abwägungen zu verstehen ... und uns erlaubt, die Richtungen zu wählen.

### 3 - Verständnis von Symbol-Rate, FEC und HF-Bandbreite für DVB-S

Ken (W6HHC) fühlt sich solange nicht wohl, bis er die wichtigsten Grundlagen der Technologie, mit denen er arbeitet, verstanden hat. Das Versprechen, D-ATV benötigt „weniger Bandbreite als analoges ATV“, ist ein großes Ziel. Wir wollen nun die Umstände näher beleuchten, die Einfluss auf die HF-Bandbreite bei DVB-S haben, um sie besser zu verstehen.

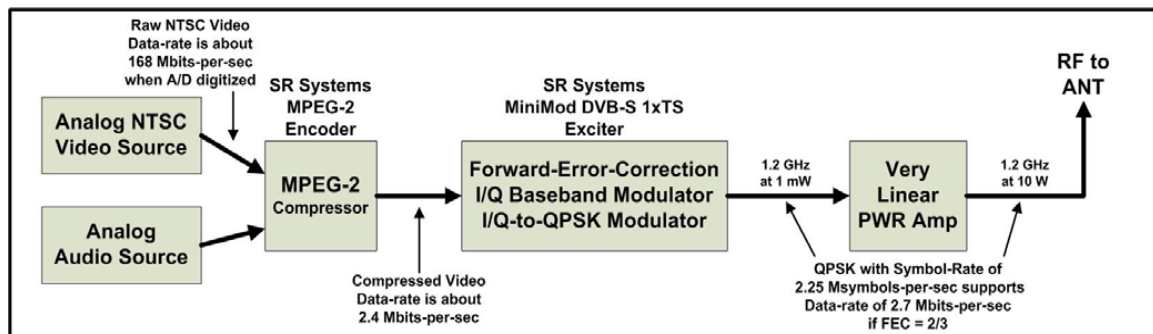
Die Verwendung der DVB-S-Norm zum Senden digitaler ATV-Signale erfordert das Verständnis der folgenden Begriffe:

- QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) Modulation
- FEC (Forward Error Correction) Algorithmus
- MPEG-2 Daten-Kompressions-Raten für Video
- benötigte Video-Bit-Rate
- Verfügbare Netto Daten-Bit-Rate
- Symbol-Raten
- HF Bandbreite

Dieser Abschnitt wird nun durch diese unterschiedlichen D-ATV-Begriffe gehen und untersuchen, welche Einflüsse sie bei DVB-S auf die entstehende HF-Bandbreite haben.

#### 3.1 – Video-Daten-Rate und Kompression

**Bild 8** zeigt den grundsätzlichen Signal-Fluss des Videosignal-Stroms und der Daten-Rate durch das DVB-S-Sender-Blockdiagramm. Für D-ATV muss der analoge Kamera-Ausgang zunächst durch die in **Bild 8** gezeigte MPEG-2-Encoder-Baugruppe digitalisiert werden, um dann anschließend durch den MPEG-2-Algorithmus komprimiert zu werden.



**Bild 8 – das D-ATV Block-Schaltbild zeigt verschiedene Daten- und Symbol-Raten für DVB-S QPSK (für 2,25 Msymbols-pro-Sec., die Bandbreite beträgt 3 MHz)**

Die Informationen, die in **Bild 3** gezeigt werden, stammen aus dem hervorragenden Beitrag mit dem Titel: "MPEG-2 Overview" von Dr Gorry aus Fairhurst aus dem Jahr 2000. [Anmerkung: man kann diesen Artikel bei „Wikipedia“ finden.] Diese Tabelle ermöglicht es, den Videodaten-Strom mit und ohne MPEG-2-Kompression zu vergleichen. Der Grund für die unterschiedlich komprimierten Video-Datenraten in **Tabelle 3** kommt daher, weil Bewegungen im Video-Bild erheblichen Einfluss auf die Größe der Daten-Rate hat. Dabei weisen niedrige Werte auf wenige Änderungen im Video-Signal hin und höhere Werte entstehen durch größere Veränderungen.

**Tabelle 3 – Kamera Video-Datenrate und MPEG-2 Daten-Strom**

Video-Quelle	Daten-Rate	Anmerkung
Analog NTSC Kamera	168 Mbits/sec	A/D digitalisiert unkomprimiert
NTSC MPEG-2	2-3 Mbits/sec	komprimiert
VHS MPEG-2	1-2 Mbits/sec	komprimiert
Analoge PAL Kamera	216 Mbits/sec	A/D digitalisiert unkomprimiert
PAL MPEG-2	2.5-6 Mbits/sec	komprimiert
HDTV Kamera	1-1.5 Gbits/sec	unkomprimiert
HDTV MPEG-2	12-20 Mbits/sec	komprimiert

Man beachte in **Tabelle 3**, dass ein unkomprimiertes NTSC-Kamera-Signal eine Datenrate von 168 Mbits/sec abgibt, während das unkomprimierte Signal einer PAL-Kamera 216 Mbits/sec enthält. Die NTSC-Video-Datenrate weist daher 22% weniger Daten gegenüber einem PAL-Signal auf.

Stefan (DG8FAC) von SR-Systems (aus Deutschland ... siehe den Link am Ende) hat mir erklärt, dass in Europa viele Amateure die MPEG-2-Ausgangs-Datenrate für PAL auf 2,5 Mbit/sec eingestellt haben. Stefan hat weiterhin empfohlen, bei NTSC die gleiche MPEG-2-Ausgangs-Datenrate zu verwenden. Ich vermute dagegen eine Reduzierung von 22% im MPEG-2-Ausgang auf 2,0 Mbit/sec gegenüber PAL. Ich plane daher zunächst mit 2,5 Mbit/sec, aber wenn ich meinen DVB-S-Sender endgültig aufgebaut habe, werde ich den NTSC-MPEG-2-Ausgang ausmessen, um zu sehen, welche Datenraten realistisch sind.

### 3.2 - FEC Vergrößerung der Video Strom Daten-Rate

Forward Error Correction (FEC) ist eine Technologie, die nicht nur Fehler im Empfangssignal aufspüren kann, sondern zusätzlich genügend redundante Daten einfügt, um damit fehlerhafte Daten-Bits korrigieren zu können. Man kann damit zwei fehlerhafte Bit-Arten korrigieren. Da Redundanz die Datenrate erhöht, gilt es eine Abwägung zwischen mehr Redundanz und der benötigten Video-Datenrate zu treffen, sonst wird die Datenmenge zu groß. Wie wir ein wenig später in diesem Artikel noch sehen werden, ist die benötigte HF-Bandbreite umso breiter, je höher die Video-Datenrate ist. Ab einem Punkt hat der FEC-Algorithmus nicht genügend Redundanz um zu viele Fehler zu reparieren, dann wird der D-ATV-Schirm dunkel.

Die kommerzielle DVB-S-Fernseh-Norm verwendet zwei unterschiedliche Forward-Error-Correction-(FEC)-Algorithmen, um ausreichend Schutz gegen Rausch-Störungen und Multi-Path-Fehler zu bieten. Der erste FEC-Algorithmus wird Viterbi-Code genannt, den zweiten FEC-Algorithmus bezeichnen wir als Reed-Solomon-Code.

Der Viterbi-FEC-Algorithmus kann auf unterschiedliche Fehlerkorrektur-Stufen eingestellt werden. Diese unterschiedlichen Viterbi-Konstellations/Redundanz-Einstellungen sind üblicherweise: 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 und 7/8. Die erste Zahl ("1" im Falle von 1/2) ist die Anzahl an Input-Bits. Die zweite Zahl ("2" im Falle von 1/2) ist die Anzahl der Ausgangs-Bits des FEC<sub>viterbi</sub>-Algorithmus. Somit wird der MPEG-2-Ausgangs-Datenstrom bei einem auf 1/2 eingestellten FEC-Algorithmus um 100% vergrößert. Das bedeutet ... für jedes Bit, das wir in die FEC-Berechnung hineingeben, kommen zwei Bit wieder heraus. Ein für 3/4 konfigurierter FEC<sub>viterbi</sub>-Algorithmus würde zum Beispiel den MPEG-2-Ausgangs-Datenstrom um 33% vergrößern. Daher werden die unterschiedlichen FEC-Stufen die in den HF-Modulator gehende Datenrate erheblich vergrößern. Der MPEG-2-Algorithmus komprimiert zwar den Video-Datenstrom, aber der FEC-Algorithmus vergrößert danach die benötigte Daten-Bit-Rate erneut.

Der Reed-Solomon FEC-Algorithmus hat eine feste Einstellung. Er vergrößert den Datenstroms um 188/204. Daher kommen für jeweils 188 in den FEC<sub>reed-solomon</sub>-Algorithmus hineingehende Bits 204 Bits wieder heraus ... das ergibt eine zusätzliche FEC-Vergrößerung von 8.5%.

### 3.3 - Digitale Modulation Symbole und Symbol-Raten

Digitale Modulations-Technologien, wie BPSK (zum Beispiel PSK-31), QPSK (Quad Phase Shift Keying – wie bei DVB-S) und QAM256 (Quadrature Amplitude Modulation mit 256 "Konstellations-Punkten") haben die Fähigkeit mehr Informationen in einem schmalen Frequenz-Spektrum zu übertagen, als analoge Modulation. Die Komplexität der digitalen Modulation erlaubt uns, mehrere "Daten-Bits" mit jedem SYMBOL zu übertragen. **Tabelle 4** listet auf, wie viele Daten-Bits für die verschiedenen bekannten Modulations-Arten in ein Symbol gepackt werden können.

**Tabelle 4 – Symbol pro Bit-Packungsdichte für verschiedene digitale Modulations-Technologien**

Modulations-Art	Data Bits pro Symbol
BPSK	1
QPSK	2
8-VSB	3
QAM16	4
QAM256	8

Die Tabelle zeigt, dass QPSK zwei Datenbits in jedes Symbol packt, das moduliert wird. Wenn wir die endgültige Ausgangs-Datenrate (ich nenne diese durch die FEC vergrößerte Datenrate "Brutto-Datenrate") kennen, die wir für das Fernseh-Signal benötigen, dann ist die "Symbol-Rate" exakt die Hälfte der Daten-Bitrate. Zum Beispiel:

**Brutto Daten-Bit-Rate = 4.5 Mbits/sec**

**Benötigte Symbol-Rate = 2.25 Msymbols/sec**



Die benötigte Formel für die Symbol-Raten-Einstellung für einen DVB-S-Sender lautet:

$$\text{benötigte Symbol-Rate} = \frac{\text{NDBR}}{(\text{Me} \times \text{CRv} \times \text{CRrs})}$$

Dabei sind:

NDBR	=	Netto Data Bit Rate (genannt: Informations-Rate) wie auch MPEG-2 Ausgangs-Datenrate in Tabelle 1
Me	=	Modulations- Effizienz (2 für QPSK in Tabelle 2)
CRv	=	Korrektur Einstellung für Viterbi (1/2, 3/4, usw.)
CRrs	=	Korrektur-Wert für Reed-Solomon ist 188/204

Wir werden anschließend ein Beispiel für QPSK rechnen, wobei der MPEG-2-Ausgang 2,4 Mbits/sec und die FEC<sub>viterbi</sub> 1/2 ist.

$$\text{benötigte Symbol-Rate} = \frac{2,4 \text{ Mbit/sec}}{2 \text{ Bits/Symb} * (1/2) * (188/204)}$$

$$\text{benötigte Symbol-Rate} = \frac{2,4 \text{ Mbit/sec}}{0,921 \text{ Bits/Symbol}}$$

$$\text{benötigte Symbol-Rate} = 2,65 \text{ MSymbol/sec}$$

wenn die FEC<sub>viterbi</sub>-Einstellung auf 3/4 geändert wird, wechselt der CRv-Wert zu 3/4 und das Ergebnis lautet:

$$\text{benötigte Symbol-Rate} = 1,73 \text{ MSymbol/sec}$$

Die benötigte Symbol-Rate hat sich verkleinert, weil die für die FEC-Redundanz benötigten "Zusatz-Daten" reduziert wurden. Wenn man auf **Tabelle 5** auf der vorangehenden Seite schaut, sieht man die Netto-Daten-Bit-Raten, die von einer bestimmten Symbolrate bei den diversen FEC-Einstellungen unterstützt werden. Die FEC-Einstellung benötigt ein Netto-Daten-Bit-Raten-Ergebnis von mindestens 2,4 Mbits/sec. Die roten Werte in der Tabelle zeigen FEC-Einstellungen oder Symbol-Raten, die eine Netto-Daten-Rate von weniger als 2,4 Mbits/sec erzeugen. Diese

Qualität haben wir mir uns als Ziel für den MPEG-2-Video-Datenstrom-Ausgang gesetzt.

**Tabelle 5- Netto-Daten-Bit-Raten für DVB-S bei einer gegebenen HF-Bandbreite**

Modulation	FEC Coderate	DVB-S HF BANDBREITE für D-ATV (HF BW = SymbolRate x 1,33)					
		2,0 MHz (SR = 1,5 MS/sec)	2,5 MHz (SR = 1,88 MS/sec)	3,0 MHz (SR = 2,25 MS/sec)	4,0 MHz (SR = 3,0 MS/sec)	5,0 MHz (SR = 3,75 MS/sec)	6,0 MHz (SR = 4,50 MS/sec)
QPSK	1/2	<del>1,38</del>	<del>1,73</del>	<del>2,07</del>	2,76	3,46	4,15
	2/3	<del>1,84</del>	<del>2,30</del>	2,76	3,69	4,61	5,53
	3/4	<del>2,07</del>	2,59	3,11	4,15	5,18	6,22
	5/6	<del>2,30</del>	2,88	3,46	4,61	5,76	6,91
	7/8	2,42	3,02	3,63	4,84	6,05	7,26

(ANMERKUNG-1: eine analoge NTSC-Kamera erzeugt eine MPEG-2-Datenrate von etwa 2,4 bis 2,5 Mbits-pro-Sek. am Ausgang für typische Amateurfunk-Übertragungen)

(ANMERKUNG-2: Die Netto-Daten-Rate in der Tabelle sollte 2,4 Mbps oder größer sein, um die vom MPEG-2-Encoder kommende Kamera-Datenrate zu unterstützen.)

(ANMERKUNG-3: Die in der Tabelle durchgestrichenen und in "ROT" dargestellten Netto-Daten-Raten unterstützen nicht den geforderten Video-Daten-Strom.)

### 3.4 - HF-Bandbreite für DVB-S D-ATV

Es zeigt sich, dass es einer der Vorteile von digitalem ATV ist, mehr Bandbreiten-Effizienz als analoges ATV zu besitzen. Mit QSPK-Modulation hat man derzeit die Möglichkeit die D-ATV HF-Bandbreite ohne wahrnehmbare Qualitätsverluste auf 2 MHz oder 3 MHz zu verringern. Dies kommt daher, weil die kommerziellen DTV-Normen so ausgelegt sind, dass sie mehrere Fernseh-Programme innerhalb der normalen (alten) HF-TV-Bandbreite übertragen können.

Hier ist die endgültige Formel für die D-ATV-Bandbreite (BW). Für QPSK-Modulation lautet sie:

$$\text{HF-BW}_{\text{allocation}} \sim = 1,33 \times \text{Symbol-Rate}$$

Diese Bandbreite beschreibt den Abstand, den die Mittenfrequenzen verschiedener D-ATV-Stationen haben müssen, wenn sie nebeneinander angesiedelt sind. Es ist der Wert, bei dem der Pegel um -25 dB oder mehr abgesenkt ist. Der Ausdruck "occupied bandwidth" wird (fälschlich) manchmal benutzt, um eine Bandbreite zu beschreiben, die das 1,19-fache der Symbolrate darstellt, und wo der Pegel um nur -10 dB abgesenkt ist.

Wenn die benutzte Symbol-Rate 2,25 Msymbols-per-sec beträgt, ergibt sich:

$$\text{RF BW} = 1,33 \times 2,25 \text{ Msymbols/sec} = 3,0 \text{ MHz}$$

Wenn wir eine Symbol-Rate von nur 1,5 Msymbols/sec verwenden, dann reduziert sich die Bandbreite auf:

$$\mathbf{RF\ BW = 1,33 \times 1,5\ Msymbols/sec = 2,0\ MHz}$$

Erneut, **Tabelle 5** auf der vorangegangenen Seite gibt einen Überblick, welche HF-Bandbreite man wählen kann, und was sich dabei für eine Netto-Daten-Bit-Rate bei der jeweils unterschiedlichen FEC-Wahl ergibt.

### **Zusammenfassung**

Nach Überdenken der Ergebnisse in **Tabelle 5**, haben wir uns entschieden, dass wir eine HF-Bandbreite von 2,5 MHz für das NTSC MPEG-2-Signal mit 2,4 Mbits/sec und eine FEC-Wahl von 3/4 einsetzen werden. Wir planen, bald eine D-ATV-Station aufzubauen. Wenn diese einmal fertiggestellt ist, werden wir den wirklich benötigten MPEG-2-Video-Datenstrom messen. Ich vermute, dass ich eine NTSC MPEG-2-Video-Datenrate von etwa 2 Mbits/sec bestätigen kann. Dann werde ich wahrscheinlich auf 3 MHz HF-BW durch die Verwendung einer FEC-Einstellung von 1/2 wechseln. Dieser FEC-Wert erzeugt eine hohe D-ATV-Signal-Korrektur-Kapazität bei der halben normalen 6 MHz Bandbreite einer analogen ATV-Station.

Dieser Artikel hat versucht, interessierten Funkamateuren ein Verständnis für die unterschiedlichen D-ATV-Konzepte zu vermitteln und die Technologie ohne die sonst in Fachbüchern üblichen intensiven mathematischen Ableitungen zu erklären. Das Internet war dafür eine hilfreiche Quelle. Die Suchmaschinen „Google“ und „Bing“ machen die „Forschungen“ viel leichter und schneller als das herkömmliche Blättern in Zeitschriften und Bücher. Vermutlich würden wir von 95 % der in diesem Beitrag verwendeten Informationen hier bei uns in Orange County, Kalifornien, nie erfahren haben, wenn nicht die vielen D-ATV-Projekte und Informationen durch so viele Funkamateure in Europa erstellt und im Internet verteilt worden wären.

Unsere derzeitigen Pläne sind, zunächst einen ersten Satz von DVB-S-Baugruppen von SR-Systemen zu bestellen, um damit zu experimentieren. Wir planen, damit einige Feldversuche und portable Übertragungs-Tests von den Hügeln in der Umgebung zum Emergency Operations Center (EOC) von Orange County zu machen, um einen Eindruck von der Bild-Qualität zu erhalten. Wenn diese Experimente gut verlaufen, werden wir die Informationen über D-ATV weiter verbreiten, um auch anderen Amateuren D-ATV schmackhaft zu machen, und dann werden wir mit der Planung eines D-ATV-Umsetzers beginnen.

## **Verweisende und verwandte Links**

Advanced Television Systems Committee (ATSC)  
[www.ATSC.org](http://www.ATSC.org)

Digital Video Broadcasting organization (DVB)  
[www.DVB.org](http://www.DVB.org)

Amateur Television of Central Ohio  
[www.ATCO.TV](http://www.ATCO.TV)

British ATV Club - Digital Forum  
[www.BATC.org.UK/forum/](http://www.BATC.org.UK/forum/)

CQ-TV magazine from BATC (mostly analog)  
[www.BATC.org.uk/cq-tv/](http://www.BATC.org.uk/cq-tv/)

Darren Storer-G7LWT on "DATV / Digital Amateur Television Primer"  
[www.G7LWT.com/datv.html](http://www.G7LWT.com/datv.html)

Thomas Sailer-HB9JNX/AE4WA, et al on "Digital Amateur TeleVision (D-ATV)"  
[www.baycom.org/~tom/ham/dcc2001/datv.pdf](http://www.baycom.org/~tom/ham/dcc2001/datv.pdf)

DXzone Digital-ATV Links  
[www.dxzone.com/catalog/Operating\\_Modes/Digital\\_ATV/](http://www.dxzone.com/catalog/Operating_Modes/Digital_ATV/)

Noel Matthews-G8GTZ on "The GB3HV digital project – part 1"  
<http://www.g7lwt.com/documents/datv/GB3HV%20digital%20article1.pdf>

OCARC newsletter DATV Introduction article on "ATV – the Digital Fork in the Road"  
[www.W6ZE.org/DATV/TechTalk74-DATV.pdf](http://www.W6ZE.org/DATV/TechTalk74-DATV.pdf)

OCARC newsletter DATV article "Planning a Digital-ATV Station"  
[www.W6ZE.org/DATV/TechTalk75-DATV.pdf](http://www.W6ZE.org/DATV/TechTalk75-DATV.pdf)

OCARC newsletter article "Understanding Symbol-rates, FEC, and RF Bandwidth for DVB-S"  
[www.W6ZE.org/DATV/TechTalk76-DATV.pdf](http://www.W6ZE.org/DATV/TechTalk76-DATV.pdf)

OCARC Newsletter, Serie von D-ATV-Artikeln  
[www.W6ZE.org/DATV/](http://www.W6ZE.org/DATV/)

Jean-François Fourcadier-F4DAY on "The POOR MAN's DIGITAL ATV TRANSMITTER"  
[pagesperso-orange.fr/jf.fourcadier/television/exciter/exciter\\_e.htm](http://pagesperso-orange.fr/jf.fourcadier/television/exciter/exciter_e.htm)

Rob Swinbank-MØDTS on details of "Poor Man's Digital ATV Transmitter – LIVE update"  
[www.M0DTS.co.uk/datv.htm](http://www.M0DTS.co.uk/datv.htm)

Nick Sayer-N6QQQ blog on "Putting together an ATSC DATV station"  
<http://nsayer.blogspot.com/search/label/ham>

South West Herts UHF Group in UK  
[www.GB3BH.com](http://www.GB3BH.com)

PE1JOK and PE1OBW on "The Ultimate Resource for Digital Amateur Television"  
[www.D-ATV.com](http://www.D-ATV.com)

David Sparano on "WHAT EXACTLY IS 8-VSB ANYWAY?"  
[www.broadcast.net/~sbe1/8vsb/8vsb.htm](http://www.broadcast.net/~sbe1/8vsb/8vsb.htm)

AGAF D-ATV components (Boards)  
[www.datv-agaf.de](http://www.datv-agaf.de) and [www.AGAF.de](http://www.AGAF.de)

SR-Systems D-ATV components (Boards)  
[www.SR-systems.de](http://www.SR-systems.de)

Typical Internet store for FTA DVB-S SetTopBox Receivers  
[www.GoSatellite.com](http://www.GoSatellite.com)