

**TV Digital
Rezepte
Teil 3
DVB-S**

Inhaltsverzeichnis

3	Vorwort.....	3
3.1	Die Modulation für DVB-S (Satellit) gemäß EN 300 421	3
3.1.1	Das Basisbandeingangsmodule	3
3.1.2	Synchronwortinvertierung und Verwischung	3
3.1.3	Vorwärtsfehlerschutz nach Reed und Solomon (FEC Forward Error Correction RS)	4
3.1.4	Der Convolutional Interleaver	4
3.1.5	Faltungskoder (Convolutional Coder)	5
3.1.6	Das Punktierungsschema	5
3.1.7	I und Q Komponenten	6
3.2	DVB-S-Signalbandbreite	6
3.3	Das QPSK Spektrum für DVB-S	7
3.4	Die $\sqrt{\cos}$ Filterung	8
3.5	Die wichtigsten DVB-S Daten	8
3.6	Messungen in DVB-S	9
3.6.1	Wichtige Anforderungen an einen DVB-S Meßsender	10
3.6.2	Leistungsmessung	11
3.6.2.1	Messung der mittleren Leistung mit einem thermischen Leistungsmesser Typ NRVS	11
3.6.2.2	Messung der mittleren Leistung mit einem Spektrumanalysator vom Typ FSEx, FSP oder FSU	11
3.6.3	Fehlerquellen bei DVB-S	13
3.6.4	Das Bitfehlerverhältnis BER	13
3.6.5	BER Messung mit SFQ	14
3.6.6	Der Crest Faktor des DVB-S Signals	15
3.6.7	Spektrum und Schulterabstand	16
3.6.8	Erzeugung von definierten Echos	17
3.7	Zusammenfassung aller DVB-S spezifischen Messungen	18

3 Vorwort

Neben der Datenkodierung nach MPEG2 (Motion Picture Experts Group), die die Datenrate der Schnittstelle nach ITU-R BT.601 von 270 Mbit/s auf Werte um typisch 3 - 5 Mbit/s reduziert, ist für eine optimale Übertragung dieser Informationen auch eine spezielle Modulationsart nötig (siehe auch Teil 1 "ITU-R BT.601/656 und MPEG2"). Vergleicht man die analoge Modulation mit der in DVB (Digital Video Broadcasting) benutzten, so fällt auf, daß hier ein über die Kanalbandbreite flaches Spektrum mit konstanter mittlerer Leistungsdichte vorliegt.

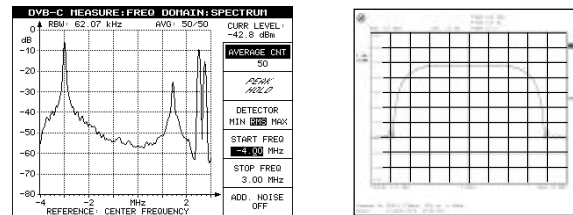


Bild 3.1 Das B/G PAL Spektrum im Vergleich zum DVB-S Spektrum

Mit dieser Modulationsart ist der Übertragungskanal in allen DVB Betriebsarten - DVB-C (Cable), DVB-S (Satellite) und DVB-T (terrestrisch) - optimal ausgenutzt. Im Folgenden wird auf die Besonderheiten von DVB-S eingegangen.

3.1 Die Modulation für DVB-S (Satellit) gemäß EN 300 421

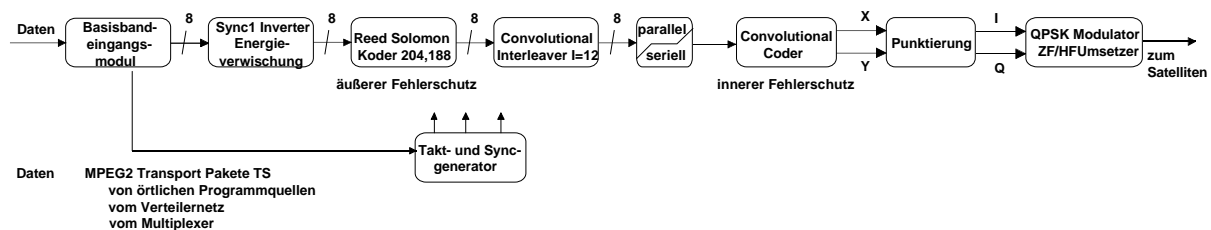


Bild 3.2 Funktionsstromlauf des DVB-S Modulators/Umsetzers

3.1.1 Das Basisbandeingangsmodul

Die MPEG2 Transportstrom-Pakete TS gelangen über die Schnittstellen

SPI Synchronous Parallel Interface,
ASI Asynchronous Serial Interface,
SSI Synchronous Serial Interface,
SDTI Serial Digital Transport Interface,
HDB3 High Density Bipolar of order 3 oder
ATM Asynchronous Transfer Mode

in den DVB-Raum des Hauses „Digitales Fernsehen“ (TV Digital Rezepte Teil 1 ITU-R BT.601/656 und MPEG2 1.Vorwort). In dem Basisband-Eingangsmodul werden die TS-Daten regeneriert, die Rückflusdämpfung optimiert und Pegel und Frequenzgänge korrigiert. Von hier aus erhält der Funktionsblock "Takt - und Sync - Generator", der als "Taktzentrale" für den gesamten DVB- Modulator arbeitet, alle nötigen Informationen. Diese sind zum Beispiel die Datenrate, abgeleitet von den eingehenden TS-Daten, im Falle von SPI zusätzlich die Signalisierung des Syncbytes im TS-Paket bzw. die Information ob die Daten gültig sind oder nicht mittels der Data Valid Leitung. Die regenerierten TS-Pakete gelangen vom Ausgang des Basisband-Eingangsmoduls an den Eingang des nächsten Funktionsblocks:

"Synchronwortinvertierung und Verwischung".

3.1.2 Synchronwortinvertierung und Verwischung

Nach dem Eingangsmodul folgt der erste Bearbeitungsschritt der TS-Pakete: die „Synchronwortinvertierung und Verwischung“. Die Verwischung - besser gesagt die Verwürfelung der Daten - garantiert eine konstante mittlere Leistungsdichte am Modulatorausgang.

Das PRBS-Polynom $1 + x^{14} + x^{15}$ „verwischt“ die Daten in den TS-Paketen (der Aufbau der TS-Pakete ist in TV Digital Rezepte Teil 1 ITU-R BT.601/656 und MPEG2 1.8 Transport Strom TS beschrieben), jedoch nicht die Synchronwörter (0x47). Die Lauflänge dieses Polynoms beträgt 1503 Bytes und ist damit genau 8 TS-Pakete abzüglich des bitweise invertierten Synchronwortes des ersten TS-Paketes lang, dessen Wert jetzt 0xB8 beträgt. Das 15 Bit lange PRBS-Register wird mit der Folge „100101010000000“ nach jedem Zyklus von 8 Paketen geladen. Das invertierte Synchronwort kennzeichnet den Anfang der Verwischungssequenz.

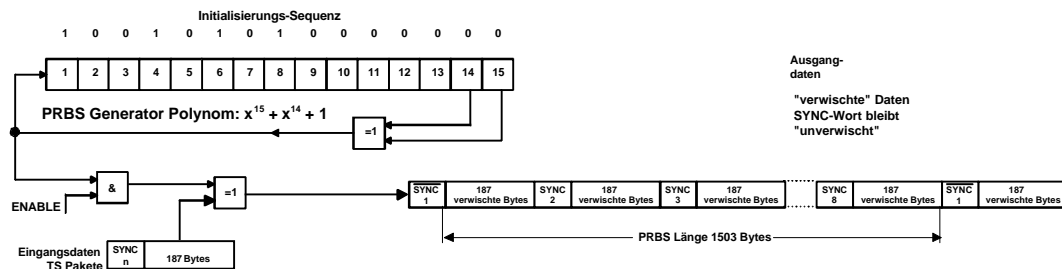


Bild 3.3 Sync 1 Invertierung und Verwischung

Dieser TS Verarbeitungsschritt ist für alle drei DVB-Systeme identisch und findet sich in Teil 2 DVB-C und Teil 4 DVB-T wieder.

Auch dieser TS-Verarbeitungsschritt ist für alle drei DVB-Systeme identisch und findet sich in Teil 2 DVB-C und Teil 4 DVB-T wieder.

Synchronwortinvertierung und Verwischung

PRBS-Polynom	$x^{15} + x^{14} + 1$
Initialisierung PRBS-Register	100101010000000
Laufänge des Polynoms	1503 Bytes
Länge der Verwischungssequenz	1503 Bytes+invertiertes Syncbyte = 8 TS-Pakete
Synchronwort	0x47
Bitweise invertiertes Synchronwort	0xB8

Tabelle 3.1

RS FEC

TS-Paketlänge	188+16 = 204 Bytes
Korrektur	bis zu 8 fehlerhafte Bytes pro TS-Paket
Korrekturvermögen	BER von $2 \cdot 10^{-4}$ auf $1 \cdot 10^{-11}$

Tabelle 3.2 Vorwärtsfehlerschutz nach Reed und Solomon

3.1.3 Vorwärtsfehlerschutz nach Reed und Solomon (FEC Forward Error Correction RS)

Den wie oben vorbehandelten TS-Paketen werden 16 Fehlerschutzbytes angehängt. Die erweiterten TS-Pakete haben jetzt die Länge 204 Bytes.

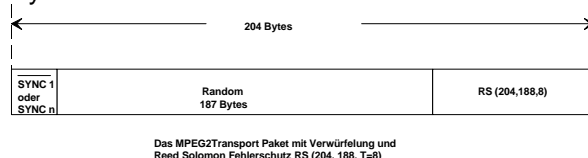


Bild 3.4 204,188,8 RS-Fehlerschutz

Mit diesem 204,188,8 RS-Fehlerschutz lassen sich im Empfänger/Dekoder pro TS-Paket bis zu 8 fehlerhafte Bytes korrigieren. Der RS-FEC kann Bitfehler-Verhältnisse BER von $2 \cdot 10^{-4}$ auf den „fast fehlerfreien“ (QEF: quasi error free) Datenstrom korrigieren mit dem Rest-BER von $< 1 \cdot 10^{-11}$.

Anmerkung: Das $BER = 2 \cdot 10^{-4}$ dient als Referenz für alle Qualitätsmessungen bei DTV (Digital Television).

3.1.4 Der Convolutional Interleaver

Wenn Übertragungsfehler auftreten, dann verfälschen sie meist nicht nur ein Bit im Datenstrom, sondern viele Bits in Folge. Man spricht von „Fehlerbursts“, die durchaus mehrere hundert Bits betreffen und sogar ganz auslöschen können. Die Möglichkeiten des RS-Fehlerschutzes 8 Bytes pro TS-Paket zu korrigieren reichen dann nicht aus. Deshalb wird der Interleaver eingesetzt, der zwischen ursprünglich benachbarten Bytes eines TS-Paketes minimal 12 Bytes (der Convolutional Interleaver hat 12 Zweige, siehe Bild 3.5) und maximal 2244 Bytes von anderen TS-Paketen einfügt. Burstfehler von maximal $12 \times 8 = 96$ Bytes Länge können nun korrigiert werden, wenn nach dem Deinterleaver im Empfänger/Decoder nicht mehr als 8 fehlerhafte Bytes pro TS-Paket auftreten.

Interleaver

Pfade	$I = 12$
Speichertiefe der FIFOs	$M = 17 (= 204 / I)$ bytes
SYNC Bytes	immer über Pfad 0

Tabelle 3.3

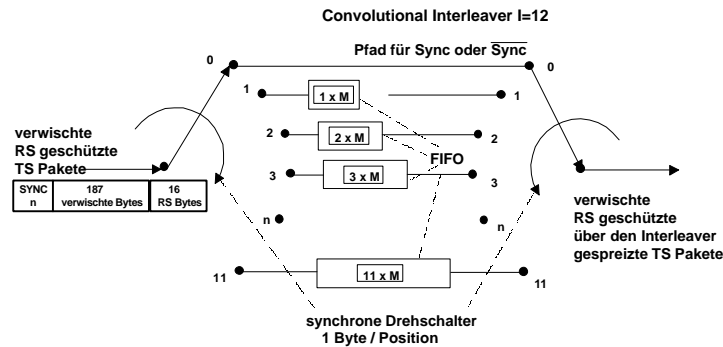


Bild 3.5 Convolutional Interleaver

Auch dieser TS-Verarbeitungsschritt ist für alle drei DVB-Systeme identisch und findet sich in Teil 2 DVB-C und Teil 4 DVB-T wieder.

Ab hier sind für die verschiedenen DVB-Standards unterschiedliche Wege vorgeschrieben.

3.1.5 Faltungskoder (Convolutional Coder)

Die TS Daten sind bei DVB-S mit einem weiteren Fehlerschutz versehen, dem Faltungskoder (Convolutional Coder) und der zugehörigen (Viterbi) Dekodierung. Dieser zusätzliche Vorwärts-Fehlerschutz ist nötig, weil die Übertragung des DVB-S Signales auch durch atmosphärische Störungen beeinflusst sein kann. Anders als bei der DVB-C Übertragung mit konstanten Verhältnissen im fest installierten Kabelnetz, können Regenwolken oder ein aufziehendes Gewitter die Übertragungsqualität drastisch reduzieren. Trotzdem sollen sich aber die Empfangsmöglichkeiten gegenüber einem analogen Satellitensystem deutlich verbessern. Der zweite FEC (Forward Error Correction) hilft diese Bedingung zu erfüllen. Im DVB-S Modulator schafft der Faltungskoder dafür die Voraussetzungen.

Der Faltungskoder hat die Kenndaten:

Länge (Constraint Length)	k=7
Generatorpolynome	G1 = 171 OCT (X) und G2 = 133 OCT (Y)

Tabelle 3.4 Die Daten des Faltungscoders

Die Generatorpolynome bestimmen die Ausgänge an dem Schieberegister mit $k = 7$.

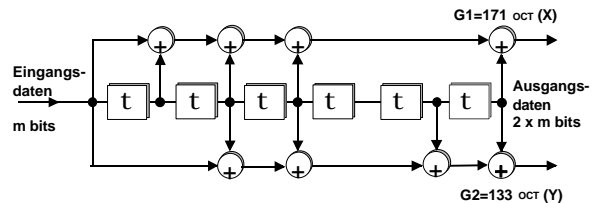


Bild 3.6 Faltungskoder bei DVB

Aus den k Bits Eingangsdaten entstehen $2 \cdot k$ Bits Ausgangsdaten. Die Nutzdatenrate ist somit um den Faktor 2 niedriger. Um diese hohe Redundanz wenigstens teilweise zu verringern werden die Ausgangsdaten „punktiert“. Durch Löschen definierter Bits der Ausgangsdaten wird die Ausgangsdatenrate reduziert.

3.1.6 Das Punktierungsschema

Die Ausgänge des "Convolutional Coder" liefern doppelt soviel bitserielle Daten wie am Eingang bitseriell eingespeist werden. Die folgende Zeichnung beschreibt welche Bits des X- bzw. Y-Ausgangs entfernt werden, zeigt die Umsortierung der restlichen Bits in zwei unterbrechungsfreie Datenströme, die mit dem I- und dem Q-Eingang des DVB-S QPSK-Modulators (Quadrature Phase Shift Keying) verbunden sind und die Code- oder Punktierungsrate P .

Der Viterbi-Dekoder im DVB-S Empfänger kann mit Hilfe der noch vorhandenen Redundanz das Bitfehlerverhältnis BER verbessern. Die Coderate gibt das Verhältnis Eingangs- zu Ausgangsdatenrate an. Die möglichen Werte sind in Bild 3.7 abzulesen. Die Verkettung von Viterbi FEC und RS FEC (FEC Forward Error Correction) erlaubt abhängig von der Coderate ein Eingangs-BER im DVB-S Empfänger von ca. $2 \cdot 10^{-2}$.

der Viterbi-Dekoder korrigiert den BER Wert auf
 $BER \leq 2 \cdot 10^{-4}$ und
 der RS FEC auf $BER \leq 1 \cdot 10^{-11}$.

Anmerkung:

Das Bitfehlerverhältnis $BER = 2 \cdot 10^{-4}$ vor RS FEC ist immer der Bezugswert für Messungen der Übertragungsqualität

Bis hier sind die Verarbeitungsschritte von DVB-S und DVB-T fast gleich. Beide benutzen den Convolutional Coder. Der Unterschied besteht in der Sortierung der punktierten Bits. Während die beiden Ausgänge bei DVB-S direkt die I/Q Eingänge des DVB-S Modulators speisen, besitzt der Coder bei DVB-T einen bitseriellen Ausgang.

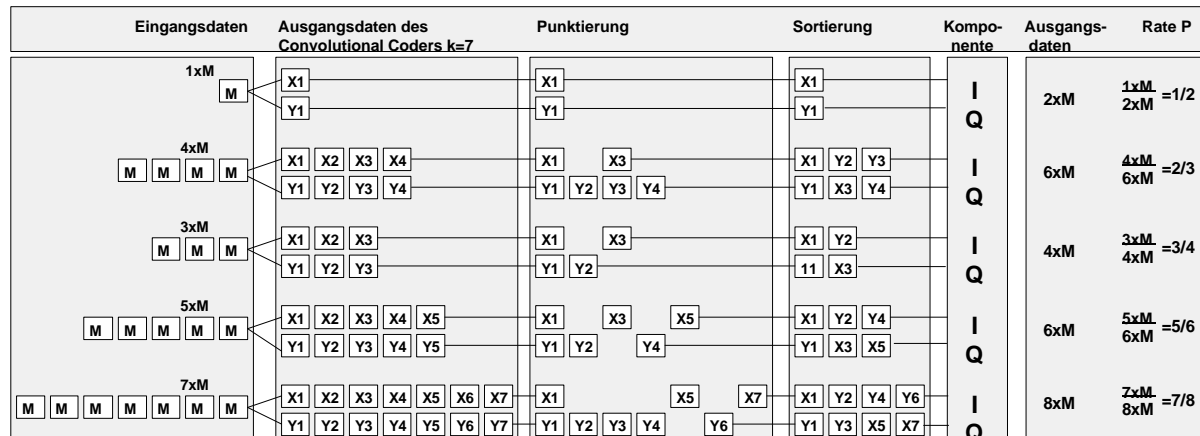


Bild 3.7 Das Punktierungsschema bei DVB-S

3.1.7 I und Q Komponenten

Zugehörige Bits der beiden Ausgangsdatenströme für I und Q des Funktionsblocks "Punktierung" bilden die DVB-S-Symbole. Sie tragen daher eine Zwei-Bit-Information. Die Zuordnung der Symbole im Constellations-Diagramm, die der Gray-Codierung folgt, zeigt die Graphik:

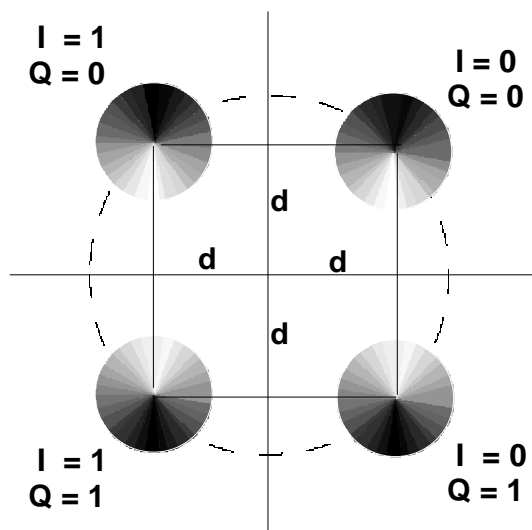


Bild 3.8 Das QPSK Constellations-Diagramm

Die Symbole am Ausgang des DVB-S Modulators sind " $\sqrt{\cos}$ roll off" gefilterte analoge Impulse mit $\sin(x)/x$ -ähnlichem Spektrum und je 2 Amplitudenstufen für die I- und Q Komponente. Die so entstehenden Signale haben daher ein definiertes ebenes Spektrum (Bild 3.1 rechts und auch 3.3 Das QPSK Spektrum für DVB-S).

Ein Symbol besteht aus einem Paar I- und Q-Werte, die bei der Modulation orthogonal angeordnet werden. „I“ steht für „Inphase“ und „Q“ für „Quadratur“-Komponente.

3.2 DVB-S-Signalbandbreite

Die Symbole sind über die " $\sqrt{\cos}$ roll off" Filterung $\sin(x)/x$ -ähnlich geformte analoge Impulse deren 3dB-Bandbreite B in Hz der halben Symbolrate S in Symb/s entspricht. Der "roll off" Faktor ist als 0.35 definiert. Nach der Zweiseitenband-Modulation ergibt sich die Signalbandbreite als Symbolrate ausgedrückt in Hertz.

Legt man die benutzte Bitrate R der TS-Pakete in MBit/s zu Grunde und rechnet sie um zur Symbolrate in einem QPSK-System, so ergibt sich

$$S = R \cdot \frac{204}{188} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{P} \text{ MSymb/s} \quad \text{Gl.3.1}$$

Der Faktor 204/188 berücksichtigt dabei den RS-Fehlerschutz und P den Einfluß der Punktierung. Bei der Satellitenübertragung wird häufig die Bitrate

$$R = 38.014706 \text{ MBit/s}$$

benutzt. Die QPSK Symbole haben daher eine Nyquist-Bandbreite f_N von

$$f_N = S = 27.5 \text{ MHz}$$

bei der in DVB-S üblichen Coderate $P = 3/4$.

Die nötige Bandbreite im Transponderkanal B_T ist über Symbolrate und "roll off" Faktor definiert mit

$$B_T = S \cdot (1 + r) \text{ MHz}$$

Mit dem "roll off" Faktor 0.35 errechnet sich die benötigte Transponder-Bandbreite zu

$$B_{\text{Transponder}} = 27.5 \cdot 1.35 = 37.125 \text{ MHz}$$

Die neue Astra-Satelliten-Generation 1E hat eine Transponder-Bandbreite von 36 MHz. Die bevorzugte DVB-S Symbolrate von 27.5 MSymb/s passt also nicht in den schon verbreiterten Transponderkanal (die Astra-Satelliten 1A bis 1D haben 33 MHz Transponder-Bandbreite). Deswegen wurden Untersuchungen zur Verringerung des "roll off" Faktors durchgeführt. Man fand, daß ein "roll off" Faktor von 0.28 bzw. 0.25 im DVB-S Modulator die Demodulation im DVB-S Empfänger (fast) nicht beinflusst. Daher ist der heute benutzt "roll off" Faktor meistens 0.27.

Die benötigte Transponder-Bandbreite ist dann

$$B_{\text{Transponder}} = 27.5 \cdot 1.27 = 34,925 \text{ MHz}$$

und somit < 36 MHz.

Für die 33 MHz Transponder werden geringere Symbolraten definiert. Unter Einhaltung der DVB-S Spezifikationen errechnet sich die höchste Symbolrate zu:

$$S = 33 / 1.35 = 24.444 \text{ MSymb/s}$$

3.3 Das QPSK Spektrum für DVB-S

In der Europeanorm EN 300 421 sind die Toleranzen des DVB-S Spektrums definiert.

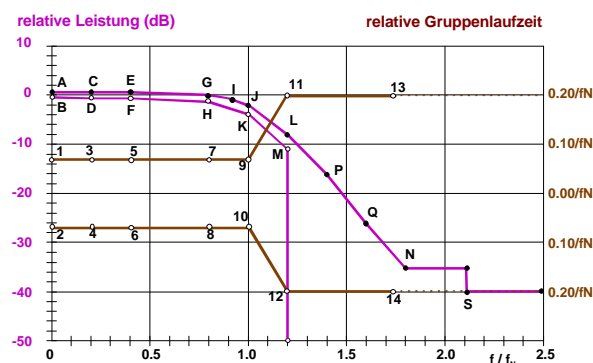


Bild 3.9 Das DVB-S Spektrum

Tabelle zu Spektrum

relativer Pegel obere Toleranz		
Punkt	Frequenz	Pegel relativ dB
A	$0.0 \cdot f_N$	+0.25
C	$0.2 \cdot f_N$	+0.25
E	$0.4 \cdot f_N$	+0.25
G	$0.8 \cdot f_N$	+0.15
I	$0.9 \cdot f_N$	-0.50
J	$1.0 \cdot f_N$	-2.00
L	$1.2 \cdot f_N$	-8.00
P	$1.4 \cdot f_N$	-16.00
Q	$1.6 \cdot f_N$	-24.00
N	$1.8 \cdot f_N$	-35.00
S	$2.12 \cdot f_N$	-40.00
relativer Pegel untere Toleranz		
B	$0.0 \cdot f_N$	-0.25
D	$0.2 \cdot f_N$	-0.40
F	$0.4 \cdot f_N$	-0.40
H	$0.8 \cdot f_N$	-1.10
K	$1.0 \cdot f_N$	-4.00
M	$1.2 \cdot f_N$	-11.00

relative Gruppenlaufzeit *) obere Toleranz		
Punkt	Frequenz	Gruppenlaufzeit relativ
1	$0.0 \cdot f_N$	$+0.07 / f_N$
3	$0.2 \cdot f_N$	$+0.07 / f_N$
5	$0.4 \cdot f_N$	$+0.07 / f_N$
7	$0.8 \cdot f_N$	$+0.07 / f_N$
9	$0.9 \cdot f_N$	$+0.07 / f_N$
11	$1.0 \cdot f_N$	$+0.07 / f_N$
13	$1.2 \cdot f_N$	$+0.2 / f_N$
relative Gruppenlaufzeit *) untere Toleranz		
2	$0.0 \cdot f_N$	$-0.07 / f_N$
4	$0.2 \cdot f_N$	$-0.07 / f_N$
6	$0.4 \cdot f_N$	$-0.07 / f_N$
8	$0.8 \cdot f_N$	$-0.07 / f_N$
10	$0.9 \cdot f_N$	$-0.07 / f_N$
12	$1.0 \cdot f_N$	$-0.07 / f_N$
14	$1.2 \cdot f_N$	$-0.2 / f_N$

*) die Zahlenwerte sind ausgedrückt in (Gruppenlaufzeit $\cdot f_N$), d.h. im "normalen" Satellitenkanal mit 27.5 MSymb/s ist die Gruppenlaufzeit $\tau \leq 5.1 \text{ ns}$ bis zur Nyquistfrequenz definiert

Tabelle 3.5 Das DVB-S Spektrum



ROHDE & SCHWARZ
BROADCASTING DIVISION

3.4 Die $\sqrt{\cos}$ Filterung

Die in Sender und Empfänger über die $\sqrt{\cos}$ Filter ($\sin x/x$)-ähnlich geformten Symbole haben einen konstanten Amplituden- und Gruppenlaufzeitfrequenzgang.

Die Filterungen in Sender und Empfänger erzeugen daher eine "cos roll off" Spektrumsflanke (siehe Bild 3.11 Die Filterung mit "cos roll off"). Dabei hängt die Annäherung an das ideale $\sin x/x$ Spektrum vom gewählten "roll off" Faktor ab. Je kleiner dieser Faktor ist, desto ähnlicher wird das Spektrum dem des $\sin x/x$.

Legt man eine lineare Skala für den Pegel zu Grunde, findet man am Ausgang des DVB-S Modulators das theoretische Spektrum:

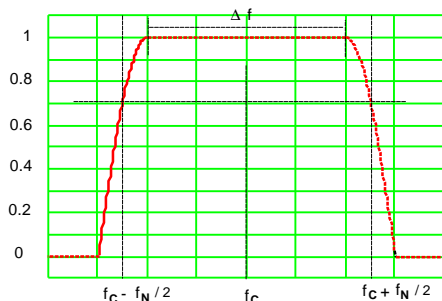


Bild 3.10 Das $\sqrt{\cos}$ -gefilterte Spektrum

Deutlich ist der steile Verlauf bei kleinen Pegeln am linken und rechten Ende des Spektrums des $\sqrt{\cos}$ Filters zu erkennen. Die Dämpfung bei den Nyquistfrequenzen $f_c \pm f_N/2$ ist 3 dB. Der "roll off" Faktor r berechnet sich aus dem Verhältnis der Nyquistbandbreite und dem flachen "Dach" des Spektrums.

$$r = \frac{f_N}{\Delta f} - 1$$

Die $\sqrt{\cos}$ Filterungen in Sender und Empfänger erzeugen die "cos roll off" Spektrumsflanke:

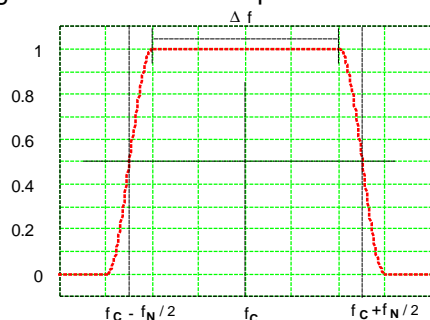


Bild 3.11 Die Filterung mit "cos roll off"

Deutlich ist der nun flachere und runde Verlauf bei kleinen Pegeln am linken und rechten Ende des Spektrums nach der cos-Filterung zu erkennen. Die Dämpfung bei den Nyquistfrequenzen $f_c \pm f_N/2$ ist jetzt 6dB.

Zur Verdeutlichung hier nochmals die $\sqrt{\cos}$ und die cos Filterflanke gedehnt dargestellt:

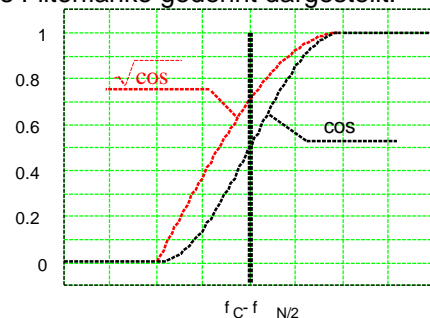


Bild 3.12 Die Filterflanke mit " $\sqrt{\cos}$ roll off" und "cos roll off"

Mit dieser in Sender und Empfänger geteilten Filterung wird zweierlei erreicht:

1. die optimale Annäherung an das ideale $\sin x/x$ Spektrum und damit das flache Nutzspektrum
2. Signalfilterung innerhalb des Empfängers und damit verbunden die Nutzkanal-selektion

3.5 Die wichtigsten DVB-S Daten

Modulation		QPSK
Symbolform		ähnlich $\sin(x)/x$ $\sqrt{\cos}$ "roll off" gefiltert
roll off Faktor		0,35 (0,28, 0,25)
häufigste Bitraten R	MBit/s	38,014706
Symbolrate S	MSymb/s	$S = R \cdot \frac{204}{188} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{P}$
häufigste Symbolraten S	MSymb/s	27.5 (bei 36MHz Bandbreite) 24.44 (bei 33 MHz Bandbreite)

Tabelle 3.6

3.6 Messungen in DVB-S

Der Ausgang eines MPEG2-Multiplexers oder der Ausgang eines MPEG2-Generators liefert Video-, Audio- und andere Daten in Form von TS-Paketten (Transport-Stream) mit definierter Datenrate R

Der TV-Meßsender SFQ moduliert diese Daten und zwar umschaltbar für DVB-C (Digital Video Broadcasting Cable), DVB-S (Digital Video Broadcasting Satellite), DVB-T (Digital Video Broadcasting Terrestrial), ATSC mit 8VSB (Advanced Television Systems Committee, Vestigial Side Band) oder auch den amerikanischen Kabelstandard ITU-T Rec. J.83 B.

Speziell für den Einsatz in der Produktion ist der TV Meßsender SFL in 5 Modellen konzipiert. Für jeden oben aufgelisteten Standard existiert eine eigene Variante:

SFL-C für DVB-C (EN 300 429)
SFL-S für DVB-S (EN 300 421, EN 301 210)
SFL-T für DVB-T (EN 300 744)
SFL-V für ATSC/8VSB und
SFL-J für ITU-T Rec. J.83 B.

Zur problemlosen Anpassung an die TS-Signalparameter messen die TV-Meßsender SFQ und SFL die Datenrate und rechnen sie entsprechend der Modulationsart in die aktuelle Symbolrate um, oder die Symbolrate wird vorgegeben und die zugehörige Datenrate wird errechnet. Danach werden die Daten gemäß DTV-Standard (Digital TeleVision) moduliert und in die HF-Ebene transponiert.

Für Messungen in den DTV-Standards modulieren der SFQ und SFL den TS Datenstrom strikt nach den DTV-Spezifikationen. Darüber hinaus kann ein solches ideales Signal durch Einfügen von Modulationsfehlern definiert und reproduzierbar verschlechtert werden. Solche Streßsignale sind für den Test von DTV Empfängern unabdingbar um Systemgrenzen festzustellen.



TV-Meßsender SFQ

Kurzdaten SFQ

Frequenzbereich	0.3 MHz...3.3 GHz
MPEG2-Eingänge	ASI SPI TS PARALLEL
Fehlersimulation	
I/Q Amplitudenfehler	± 25%
I/Q Phasenfehler	± 10°
Restträger	0...50 %
Spezialfunktionen	Scrambler, Reed Solomon, alle Interleaver abschaltbar
DVB-C	
Modulation	16, 32, 64, 128, 256 QAM
DVB-S	
Modulation	QPSK
Code Rate	1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8
DVB-T	
Modulation	QPSK, 16 QAM, 64 QAM
	nicht hierarchisch, hierarchisch
FFT Mode	8k und 2k
Bandbreiten	6, 7, 8 MHz
Punkturierung	1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8
ATSC	
Modulation	8 VSB
Bandbreite	6 MHz
Datenrate	19.392658 Mbit/s ± 10%
Symbolrate	10.762 MSymbols/s ± 10 %
Interne Testsignale	NULL TS PACKETS NULL PRBS PACKETS PRBS (2 ²³ -1 und 2 ¹⁵ -1)
Optionen	Fading Rauschgenerator Input Interface BER Messung Turbo-Coder

Kurzdaten SFL-S

Frequenzbereich	0.3 MHz...3.3 GHz
Pegelbereich	-140...0 dBm
MPEG2-Eingänge	ASI SPI TS PARALLEL
Fehlersimulation	
I/Q Amplitudenfehler	± 25%
I/Q Quadraturfehler	± 10°
Restträger	0...50 %
Spezialfunktionen	Scrambler, Reed Solomon, alle Interleaver abschaltbar
Modulation	QPSK, 8PSK, 16 QAM
Interne Testsignale	NULL TS PACKETS NULL PRBS PACKETS PRBS (2 ²³ -1 und 2 ¹⁵ -1)
Optionen auf Anfrage	Rauschgenerator SFL-N Turbo-Coder



TV-Meßsender SFL-S

3.6.1 Wichtige Anforderungen an einen DVB-S Meßsender

In diesem Abschnitt werden speziell die Anforderungen an den TV-Meßsender SFQ bei DVB-S beschrieben. Diese Ausführungen gelten auch für die im TV-Meßsender SFL-S definierten Funktionen.

Ein Testsender wird zur Simulation von möglichen Fehlern im DTV-Modulator und Verzerrungen im Übertragungskanal benötigt. Beide Arten der Signalbeeinflussung bestimmen unter welchen Bedingungen ein Empfänger störungsfrei arbeiten muß. Nimmt man als Beispiel den Test einer DVB-S-STB (Set Top Box), so muß der Meßsender neben üblichen Parameteränderungen wie Sendefrequenz und Ausgangspegel über einige Einstellungen mit definierten Abweichungen von der Norm verfügen.

Eine STB ist zumindest in drei Frequenzbereichen in ihrer Funktion zu testen:

- im untersten HF-Kanal
- in einem mittleren HF-Kanal und
- im obersten HF-Kanal.

Der TV-Meßsender SFQ kann alle Frequenzen zwischen 0.3 MHz und 3.3 GHz einstellen und geht damit weit über den heute definierten DVB-S-Frequenzbereich hinaus. Die Kanäle können auch in der Kanaltabelle gespeichert sein.

RF FREQUENCY	RF LEVEL	MODULATION
1750.000 MHz	-30.0 dBm	DVB-S QPSK

RF FREQUENCY	RF LEVEL	MODULATION	I/Q CODER
RF FREQUENCY	EDIT		
FREQUENCY →	1750.000 MHz		
FREQUENCY SHIFT →	0.000 MHz		
CHANNEL →			
CHANNEL TABLE →	NONE		

F2=STATUS

Bild 3.13 Frequenzeinstellung beim SFQ

Ein weiterer Test betrifft den störungsfreien Empfang bei einem Minimalpegel von typ -70 dBm. Der Einstellbereich des SFQ liegt zwischen + 6dBm und -99 dBm und umfaßt in jedem Falle den gewünschten Minimalpegel.

RF FREQUENCY	RF LEVEL	MODULATION
1750.000 MHz	-30.0 dBm	DVB-S QPSK

RF FREQUENCY	RF LEVEL	MODULATION	I/Q CODER
RF LEVEL	EDIT		
RF LEVEL →	-30.0 dBm		
RF LEVEL SHIFT →	0.00 dB		
RF LEVEL MODE	NORMAL		
RF ALC MODE →	AUTO		
RF ALC OFF MODE →	SAMPLE & HOLD		
RF ALC SEARCH ONCE	PASSED		
RF ALC LEARN TABLE			

F2=STATUS

Bild 3.14 Pegeleinstellung beim SFQ

In der Modulationsart DVB-S sind modulator- und übertragungsspezifische Parameter einschließlich Rauschüberlagerung und Fadingprofile zu verstellen. Damit sind alle realen Signalveränderungen für das DVB-S System simulierbar. Die mit dem "Streßsender" SFQ definiert erzeugte schlechte Signalqualität kann auf diesem Wege die Empfindlichkeit einer STB gegenüber Störungen testen.

RF FREQUENCY	RF LEVEL	MODULATION	SYMBOLRATE
1750.000 MHz	-30.0 dBm	DVB-S QPSK	27.500 MSym/s

RF FREQUENCY	RF LEVEL	MODULATION	I/Q CODER	BASEBAND
MODULATION	SATELLITE	EDIT		
► SATELLITE →	► CONSTELLATION →	► DVB-S QPSK		
DVB-C QAM →	I/Q →	DVB-S QPSK		
DVB-T COFDM →	I/Q PHASE ERROR →	DVB-S 16QAM		
ITU-T J.83/B →	CARRIER SUPPRESSION →	QPSK TURBO		
ATSC 8VSB →	I/Q AMPL. IMBALANCE →	QPSK TURBO		
I/Q EXTERNAL →	NOISE →			
FM →	FADING →			
FM EXTERNAL →	CW/MODULATION →			

F2=STATUS

Bild 3.15 Einstellungen für modulator- und übertragungsbedingte Parameter in DVB-S

Erklärungen zu den Parametern sind unter 3.6.3 "Fehlerquellen bei DVB-S" zu finden.

Weitere wichtige Anpassungen an die DVB-S Möglichkeiten sind im Menüpunkt "I/Q CODER" vorgesehen. Hier werden die TS-Parameter (Transport-Strom) für den Modulator bestimmt.

RF FREQUENCY	RF LEVEL	MODULATION	SYMBOLRATE
1000.000 MHz	-30.0 dBm	DVB-S QPSK	27.500 MSym/s

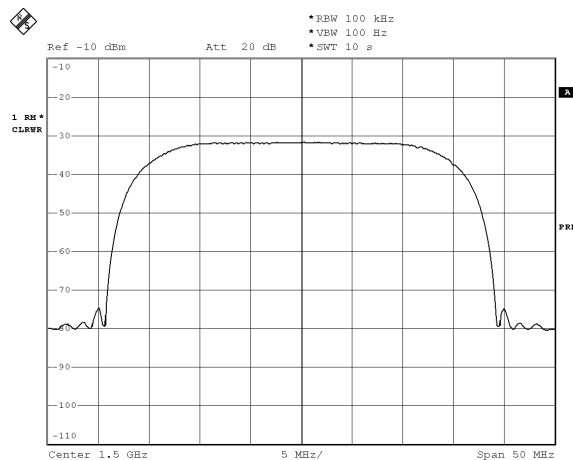
RF FREQUENCY	RF LEVEL	MODULATION	I/Q CODER	BASEBAND
I/Q CODER	EDIT	MEASURE		
INPUT SELECT →	ASI	38.015 MBit/s		
INPUT DATA RATE →		2.493 MBit/s		
USEFUL DATA RATE →	27.500 MSym/s			
SYMBOL RATE →		188 BYTE		
PACKET LENGTH →				
MODE →	AUTO			
ROLL OFF →	0.35			
RATE →	3/4			
SPECIAL →				

F2=STATUS

Bild 3.16 Einstellungen im Menü I/Q für DVB-S

3.6.2 Leistungsmessung

Die Ausgangsleistung eines DVB-Senders lässt sich nicht so einfach wie die eines analogen Senders messen. In der analogen Welt wird mit ausreichender Bandbreite die effektive Leistung im Bereich des Synchronimpuls-Bodens ermittelt und als effektive Synchronimpuls-Spitzenleistung angezeigt. Bei DVB ist jedoch durch die Energieverwischung und die Symbolformung im DVB-Modulator innerhalb der Nyquist-Bandbreite des Signals eine konstante Leistungsdichte vorhanden (BILD 3.17). Zu messen ist also nur die Gesamtleistung innerhalb des DVB-Kanals.



Comment A: DVB-S 27Mbps, SFQ at -3.5dBm
Date: 21.NOV.2001 10:22:26

Bild 3.17 Konstante Leistungsdichte im DTV-

Kanal (deutlich sichtbar ist die " $\sqrt{\cos}$ roll off" Filterung)

Die Meßbandbreiten (RBW Resolution Bandwidth) eines Spektrumanalysators sind im Vergleich zu den Nyquistbandbreiten eines DVB-S-Signals sehr klein. Man kann mit entsprechenden Ungenauigkeiten über die Umrechnung der Meßbandbreite in die Signalbandbreite unter Berücksichtigung des Spektrumanalysator-spezifischen Korrekturfaktors auf die Leistung im Kanal schließen. Diese Methode ist umständlich und ungenau.

Zur Messung der DVB-S-Signalleistung sind heute zwei präzisere Methoden bekannt:

3.6.2.1 Messung der mittleren Leistung mit einem thermischen Leistungsmesser Typ NRVS



Kurzdaten NRVS
mit Leistungsmeßkopf NRV-Z51

NRVS	
Frequenzbereich	DC...40 GHz,
Pegelbereich	100 pW...30 W (je nach Meßkopf)
Meßwertdarstellung	
absolut	W, dBm, V, dBmV
relativ	dB, %W oder %V bezogen auf einen gespeicherten Referenzwert,
Fernsteuerschnittstelle	IEC 625 Bus
max. Eingangsspannung	50 V
NRV-Z51	
Leistungsmeßkopf	thermisch
Impedanz	50 Ω
Anschluß	System N
Frequenzbereich	DC ... 18 GHz
Pegelbereich	1 μ W ... 100 mW

Ein thermischer Leistungsmesser liefert die genauesten Ergebnisse, wenn nur ein DVB-Kanal im Gesamtspektrum vorhanden ist. Zudem ist die Kalibrierung eines solchen Leistungsmessers mit einer hochgenau gemessenen Gleichspannung sehr einfach, wenn der Meßkopf auch DC-Messungen zulässt. Allerdings sollte bei der Bestimmung der DVB-Leistung das DVB-Signal absolut gleichspannungsfrei sein.

3.6.2.2 Messung der mittleren Leistung mit einem Spektrumanalysator vom Typ FSEx, FSP oder FSU

Nutzt man zur Leistungsmessung einen herkömmlichen Spektrumanalysator, reicht die maximale Meßbandbreite für einen Satellitenkanal nicht aus. Moderne Spektrumanalysatoren erlauben aber die breitbandige Leistungsmessung zwischen zwei frei definierbaren Frequenzen. So spielt die große Nyquist-

Bandbreite des DVB-Übertragungskanal keine Rolle mehr. Obendrein werden alle Arten von Amplitudenfrequenzgängen, wie sie im Satelliten-kanal auftreten können, mit berücksichtigt, egal ob es sich um Echoeinflüsse oder „Schräglagen“ des Frequenzgangs handelt. Nach diesem Prinzip messen die Rohde & Schwarz-Spektrumanalysatoren FSEx, FSP oder FSU die mittlere Leistung in DVB-Kanälen auf ≤ 1.5 dB genau.

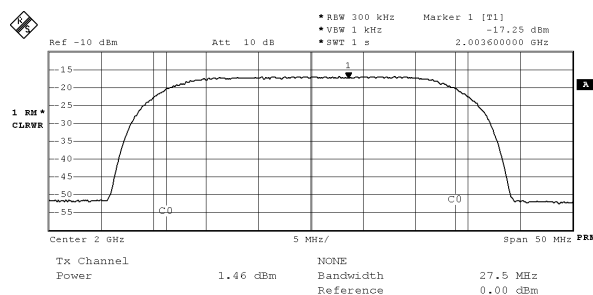


Bild 3.18 a Leistungsmessung mit Frequenzcursor
Nyquist-Kanalleistung (BW = 27.5 MHz)

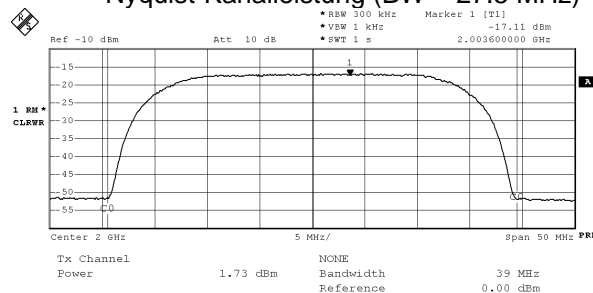


Bild 3.18 b Leistungsmessung mit Frequenzcursor
Gesamtkanalleistung (BW = 39 MHz)

Je ein Frequenzcursor (C0) wird an Anfangsfrequenz und Endfrequenz des DVB-S-Kanals gesetzt. Der Spektrumanalysator errechnet dann die Leistung in der dazwischenliegenden Bandbreite. Die Meßgenauigkeit dieser Methode ist solange ausreichend, wie durch genügend Kanal-Abstand in der Frequenzebene die Transponderkanäle genau zu trennen sind. Bei der normalen DVB-S Transponderbelegung - ohne Schutzkanal - kann die Messung fehlerbehaftet sein.



SPECTRUM ANALYSER FSP

Kurzdaten FSP

Frequenzbereich (FSP3/7/13/30)	9kHz...3/7/13/30 GHz
Amplitudenmessbereich	-140...+30 dBm
Amplitudendarstellbereich	10...200 dB, 10 dB Schritte, linear
Amplitudenmessfehler	< 0.5 dB bis 3 GHz <2.0 dB von 3...13 GHz <2.5 dB von 13...20 GHz
Auflösebandbreiten	1 Hz...30 kHz (FFT Filter) 10 Hz...10 MHz, Stufung 1,3 EMI Bandbreiten: 200 Hz, 9 kHz, 120 kHz
Detektoren	Max. Peak, Min. Peak Auto Peak Sample, Average, RMS Quasi Peak
Darstellung	21 cm (8.4") Farb TFT LC Display VGA Auflösung IEC 625-2 (SCPI 1997.0) oder RS 232 C
Fernsteuerung	412 x 197 x 417 mm 10.5/11.3/12/12 kg
Abmessungen (B x H x T)	
Gewicht (FSP3/7/13/30)	



SPECTRUM ANALYSER FSEx

Kurzdaten FSEA/FSEB

Frequenzbereich	20Hz / 9kHz...3.5 / 7 GHz
Amplitudenmessbereich	-155/-145...+30 dBm
Amplitudendarstellbereich	10...200 dB, 10 dB Schritte, linear
Amplitudenmessfehler	< 1 dB bis 1 GHz <1.5 dB über 1 GHz
Auflösebandbreiten	1 Hz / 10 Hz...10 MHz, Stufung 1,2,3,5
Kalibrierung	Amplitude Bandbreite
Darstellung	24 cm (9.5") Farb oder SW - TFT LC Display VGA Auflösung IEC 625-2 (SCPI 1997.0) oder RS 232 C
Fernsteuerung	