

2.7 Die QAM-Parameter

Zur Erklärung der Messung der QAM-Parameter ist zuerst der Aufbau eines Konstellations-Diagramms zu beschreiben. Das Diagramm ist in 2^m ($m=2\dots8$) gleichgroße Entscheidungsfelder eingeteilt. Symbole innerhalb dieser Felder übertragen m bit wie sie in 2.1.5 definiert wurden. Durch Rauschen, das im Übertragungsweg überlagert wird, entstehen Symbolwolken. Solange diese Symbolwolken vollständig innerhalb eines Entscheidungsfeldes liegen, werden im Demodulator wieder die Originalbits demoduliert.

Um eine möglichst hohe Genauigkeit bei der Verarbeitung der Symbole innerhalb der Entscheidungsfelder zu garantieren, findet sofort nach der Demodulation der Übergang in die "digitale" Ebene durch A/D Wandlung der I- und Q-Komponenten statt.

Zur Messung der QAM-Parameter werden durch die jetzt schon in der digitalen Ebene errechneten Mittelpunkte der I/Q Symbolwolken (siehe auch Bild 2.24) horizontale und vertikale Regressions-geraden gezogen. Anhand dieser Geraden können dann die QAM-Parameter I/Q IMBALANCE, I/Q QUADRATURE ERROR und CARRIER SUPPRESSION berechnet werden. Die Parameter SNR und PHASE JITTER werden über die Symbolwolken selbst errechnet.

In den folgenden Abschnitten sind die einzelnen Parameter erläutert.

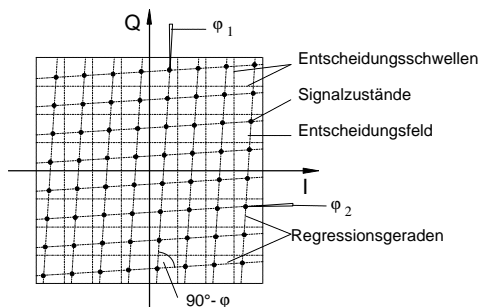


Bild 2.24 Der Aufbau des 64 QAM Konstellations-Diagramms

2.7.1 Das Entscheidungsfeld

Im QAM-Konstellations-Diagramm ist genau im Mittelpunkt eines jeden Entscheidungsfeldes der ideale Signalzustand für die Abbildung der Einzelsymbole, die aus dem I- und Q Wertepaar bestehen. Durch Ungenauigkeiten im QAM-Modulator, Quantisierungsfehler bei A/D- und D/A Wandlung und durch Überlagerung von

Störungen während der Übertragung wird nach der Demodulation und der folgenden A/D-Wandlung dieser ideale Punkt nie getroffen.

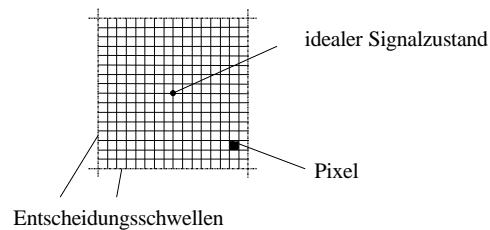


Bild 2.25 Das "A/D gewandelte" Entscheidungsfeld

Das "A/D gewandelte" Entscheidungsfeld zeigt alle "digitalen" Zustände, hier als Pixel bezeichnet. Der Mittelpunkt des Entscheidungsfeldes liegt zwischen den vier mittleren Pixeln. Ebenfalls mit Hilfe des immer vorhandenen Rauschens und der Statistik wird die Rasterung der Digitalisierung wieder aufgehoben und dadurch die Meßgenauigkeit um einige Zehnerpotenzen gesteigert.

2.7.2 Das ideale 64 QAM-Konstellations-Diagramm

Haben alle QAM-Parameter optimale Werte, so entsteht nach der Demodulation das ideale 64 QAM-Konstellations-Diagramm.

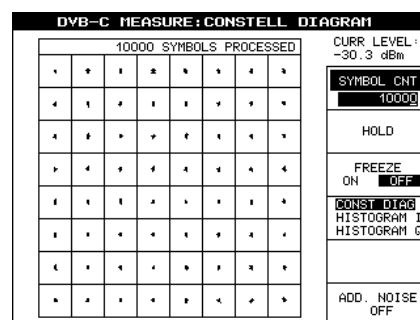


Bild 2.26 Das ideale 64 QAM-Konstellations-Diagramm

Das ideale QAM-Signal erzeugt ein Konstellations-Diagramm, bei dem alle I/Q-Wertepaare exakt in der Mitte der Entscheidungsfelder liegen. Die 4 Eckpunkte bilden ein Quadrat.

Bei der Darstellung des Diagramms ist die absolute Phasenlage von I und Q noch nicht bekannt, weil ja die Phaseninformation wegen des unterdrückten Trägers fehlt. Es kann daher nicht angegeben werden in welche Richtung die I- oder die Q- Komponente zeigt. In den Diagrammen fehlen deshalb auch die Koordinatenzuordnungen.

2.7.3 I/Q Imbalance

Sind im DVB-C Modulator die Verstärkungen im I- und im Q-Zweig nicht identisch, so spricht man von I/Q Imbalance. Die Berechnungsgleichung für diesen Parameter lautet:

$$I/Q \text{ IMBALANCE} = \left(\frac{v_2}{v_1} - 1 \right) \cdot 100\%$$

mit $v_1 = \min(v_I, v_Q)$ und $v_2 = \max(v_I, v_Q)$

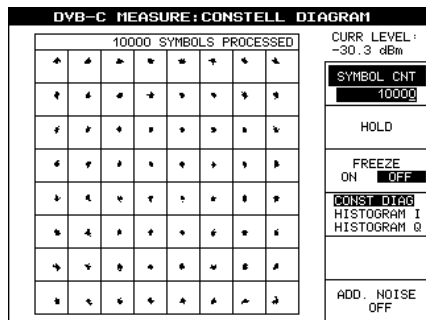


Bild 2.27 Das 64 QAM-Konstellations-Diagramm mit 10% I/Q Imbalance

Ein QAM-Signal mit Amplitudenungleichheit erzeugt ein Konstellations-Diagramm, bei dem die Abstände der I/Q Wertepaare in horizontaler und vertikaler Richtung nicht mehr gleich sind: hier ist der Abstand in horizontaler Richtung kleiner als in vertikaler. Die I/Q Wertepaare liegen nicht in der Mitte der Entscheidungsfelder. Die 4 Eckpunkte bilden ein Rechteck

2.8.4 I/Q Quadrature Error

Stehen im Modulator die I- und die Q- Achse nicht aufeinander senkrecht, so spricht man von I/Q Quadrature Error. Die Berechnungsgleichung für diesen Parameter lautet (siehe auch Bild 2.24):

$$\varphi = \frac{180^\circ}{P} \cdot \left[\arctan \left(\frac{v_Q}{v_I} \cdot \frac{a_Q}{a_I} \right) + \arctan \left(\frac{v_I}{v_Q} \cdot \frac{a_I}{a_Q} \right) \right]$$

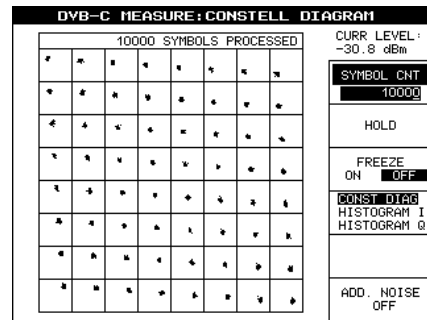


Bild 2.28 Das 64 QAM-Konstellations-Diagramm mit 8° I/Q Quadrature Error

Ein QAM-Signal mit Phasenfehler erzeugt ein Constellation Diagramm, bei dem die Regressionsgeraden durch die I/Q Wertepaare nicht mehr parallel zu den Entscheidungsschwellen liegen. Die 4 Eckpunkte bilden eine Raute

2.7.5 Carrier Suppression (Trägerunterdrückung)

Durch Gleichspannungsverschiebungen im I- und/oder Q- Zweig im DVB-C-Modulator entsteht ein Trägerrest. Die Berechnungsgleichung für diesen Parameter lautet (siehe auch Bild 2.24):

$$CS = -10 \cdot \lg \left(\frac{P_{RT}}{P_{Sig}} \right)$$

P_{RT} = Leistung des Restträgers

P_{Sig} = Leistung des DVB-C-Signals

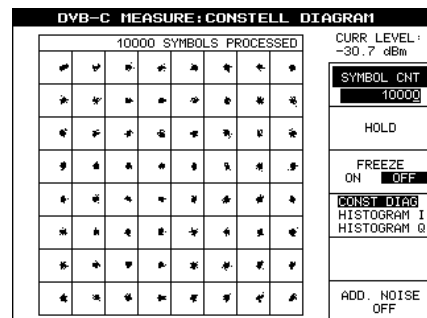


Bild 2.29 Das 64 QAM-Konstellations-Diagramm mit 24 dB Carrier Suppression

Ein QAM-Signal mit nicht ausreichend unterdrücktem Träger erzeugt ein Konstellations-Diagramm, bei dem die I/Q-Wertepaare in horizontaler oder vertikaler Richtung verschoben sind (hier in horizontaler Richtung).

Die 4 Eckpunkte bilden ein gegenüber dem Zentrum verschobenes Quadrat.

2.7.6 Phase Jitter

Ist die Trägerphase nicht starr, sondern mit Jitter behaftet, dann steht das Konstellations-Diagramm nicht ruhig. Je nach Jitteramplitude und -Spektrum dreht sich das Diagramm um seinen Mittelpunkt hin und her.

Die Berechnungsgleichung für diesen Parameter lautet (siehe Bild 2.24):

$$PJ = \frac{180^\circ}{p} \cdot \arcsin\left(\frac{s_{PJ}}{\sqrt{2} \cdot (\sqrt{M} - 1) \cdot d}\right)$$

$$s_{PJ} = \sqrt{s_{PJ+N}^2 - s_N^2}$$

wobei $M = 2^m$
 $2d =$ Breite/Höhe der Entscheidungsfelder und
 $\sigma_{PJ} =$ durch den Rauschanteil korrigierte Standardabweichung der betrachteten Symbolwolke

Zur Berechnung werden die Symbolwolken in den 4 Eckpunkten des Diagramms benutzt, weil dort die Jitterauslenkung am größten ist.

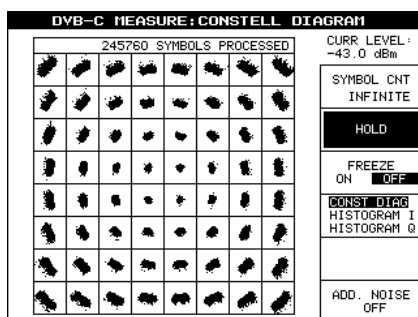


Bild 2.30 Das 64 QAM-Konstellations-Diagramm mit 2° Phase Jitter (rms)

Der Phasenjitter 2°(eff) erzeugt einen Spitze-Spitze-Jitter von 5.7° bei sinusförmigem Jitter.

Ein QAM-Signal mit überlagertem Phasenjitter erzeugt ein Konstellations-Diagramm, bei dem die I/Q-Wertepaare als Kreissegmente abgebildet sind. Die Segmente im Inneren des Diagramms sind kürzer als die äußeren, der Jitterwinkel ist konstant. Die Mittelpunkte der 4 Ecksegmente bilden ein Quadrat.

2.7.7 Signal-Rausch-Verhältnis SNR

Jede Signalverarbeitung oder Signalübertragung erzeugt Rauschen, das dem Originalsignal überlagert ist. Dieses Rauschen ist einer der wichtigsten Parameter zur Abschätzung der Signal- oder Übertragungsqualität. Aus der Verteilung der einzelnen I/Q-Wertepaare (Symbole) innerhalb der Entscheidungsfelder wird der Parameter S/N berechnet. Um Einflüsse des möglichen Phasenjitters auf den Parameter SNR zu minimieren, werden zur Berechnung nur die vier innersten Entscheidungsfelder im Konstellations-Diagramm verwendet.

Wie man aus Bild 2.30 entnehmen kann, ist dort die Verfälschung des SNR-Wertes durch Phasenjitter und andere Einflüsse minimal. Ist weißes Rauschen - wie es normalerweise bei der Signalübertragung auftritt - überlagert, so ist die I/Q-Wertepaarverteilung gaußförmig.

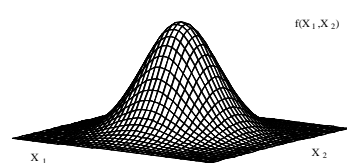


Bild 2.31 Gaußförmige I/Q-Wertepaarverteilung

Bei 30 dB S/N im DVB-C Signal und bei Auswertung von 50000 Symbolen ergibt sich dann folgendes Konstellations-Diagramm:

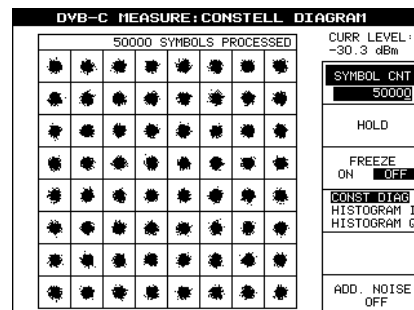


Bild 2.32 Das 64 QAM-Konstellations-Diagramm mit 30 dB S/N

Ein QAM-Signal mit überlagertem Rauschen erzeugt ein Konstellations-Diagramm, bei dem die I/Q Wertepaare sich als Symbolwolken darstellen. Die Mittelpunkte der 4 Eckwolken bilden ein Quadrat.

2.8 MER Modulation Error Ratio

Der Parameter MER beinhaltet alle anderen Parameter, die über das Konstellations-Diagramm bestimmbar sind. Daher ist der Parameter MER neben BER der wichtigste zur Überwachung eines DVB-Systems. Ist MER innerhalb der vereinbarten Toleranzgrenze, so sind automatisch alle anderen Parameter ebenfalls in der Toleranz.

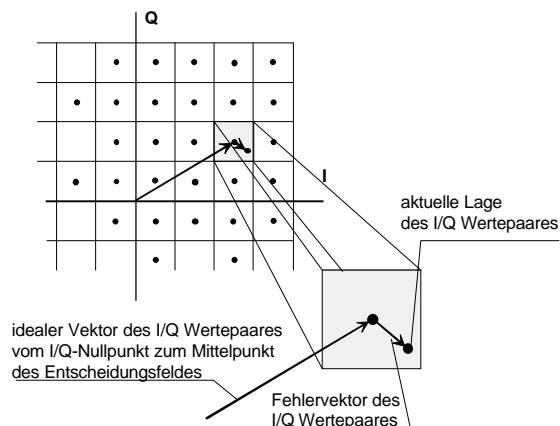


Bild 2.33 Zur Berechnung des Summenparameters MER

Zur Bestimmung des Parameters MER wird für jedes I/Q-Wertepaar ein Fehlervektor berechnet. Die Länge dieses Vektors ist die Abweichung der aktuellen Position vom Mittelpunkt des Entscheidungsfeldes.

Alle innerhalb einer Sekunde berechneten Vektoren werden quadratisch addiert und ins Verhältnis zu dem quadratisch addierten idealen Vektor für das entsprechende Entscheidungsfeld gesetzt. Nach der Logarithmierung erhält man den MER-Wert in dB. Das logarithmische Verhältnis ist natürlich auch in Prozent auszudrücken.

Der in ETR 290 definierte, aussagekräftige Parameter MER sollte immer kontrolliert werden. Hier bestehen Erfahrungswerte für die 64QAM-Systemqualität. Am Heimempfänger sind noch (fast) keine Fehler zu erkennen, trotzdem können folgende Grenzwerte der Tabelle 2.8 als Richtwerte gelten:

Wert des MER		Qualität	Bemerkung
% rms	dB		
MER < 1	MER > 40	sehr gut	guter Modulator
1.5 < MER < 2.5	36.5 > MER > 32	gut	Wert am Ausgang einer Kabelkopfstation
2.5 < MER < 4.0	32 > MER > 28	normaler Betrieb	Service hat gut gearbeitet
4.0 < MER < 5.0	28 > MER > 26	noch befriedigend	Service sollte zur Systemüberprüfung bereit sein
MER > 5.0	MER < 26	schlecht	Service muß sofort System überprüfen und nachbessern

Tabelle 2.8 Für 64QAM in DVB-C

Als Beispiel:

Erst wenn am Ausgang der Kabelkopfstation (64QAM, DVB-C) der MER-Wert 32 dB (2.5 % eff, siehe Tabelle 2.8) unterschreitet, ist es nötig die Einzelparameter (siehe 2.7 Die QAM-Parameter) genau zu untersuchen, um die Ursache der Grenzwertüberschreitung zu ermitteln.

2.9 BER Messung (Bit Error Ratio)

Mit dem TV-Meßsender SFQ läßt sich die DVB-Systemreserve einfach bestimmen. Werden die Qualitätsparameter je nach Anforderung bis zum drohenden Fehlerfall bei dem BER $2 \cdot 10^{-4}$ definiert verschlechtert, so ist die Systemreserve für jeden Einzelparameter genau ablesbar. Der DVB-Meßsender SFQ zeigt in Labor, Prüffeld, Fertigung, Qualitätssicherung und Betrieb die Reserven von DVB auf.



TV MESSSENDER SFQ für DVB-C, DVB-S, DVB-T, ATSC 8VSB und Kabelstandard nach ITU-J 83B

Verschlechtert man bei DVB-C jeden einzelnen Signalparameter bis zum nahen Ausfall des 64QAM-Übertragungssystems ($BER > 2 \cdot 10^{-4}$), so kann man folgende Grenzwerte finden:

Parameter	Wert
I/Q Imbalance	< 14.0 %
I/Q Phase Error	< 6.5 °
Carrier Suppression	< 6.5 %
S/N	< 24 dB

Tabelle 2.9 Grenzwerte bei DVB-C mit 64QAM

Solange das Bitfehlerverhältnis weniger als $1 \cdot 10^{-3}$ beträgt, mißt der QAM-Meßdemodulator EFA die in Tabelle 2.9 beschriebenen Qualitätsparameter, weil bis hier die Vorwärtsfehlerkorrektur noch einen auswertbaren TS-Datenstrom liefert.

Erfahrungswerte zeigen, daß ein guter 64QAM-Modulator und Umsetzer, wie er international bei DVB-C eingesetzt wird, MER-Werte von 1.0...1.3% eff nicht überschreiten sollte. Dagegen sind MER-Werte wesentlich unter 1,5% eff im öffentlichen Kabelnetz nicht zu erwarten. Das Meßmenü zeigt warum:

DVB-C MEASURE: QAM PARAMETERS			
SET RF	CHANNEL	ATTEN : 10 dB	
394.00 MHz		-30.1 dBm	
MODULATION:			CONSTELL. DIAGRAM...
I/Q AMPL. IMBALANCE	0.04 %		
I/Q PHASE ERROR	0.01 °		FREQUENCY DOMAIN...
CARRIER SUPPRESSION	50.1 dB		
TRANSMISSION:			TIME DOMAIN...
PHASE JITTER (RMS)	0.07 °		
SIGNAL/NOISE RATIO	38.97 dB		
SUMMARY:			
MOD ERROR RATIO (RMS)	38.13 dB		
MOD ERROR RATIO (MIN)	25.63 dB		
MOD ERROR RATIO (RMS)	1.24 %		
MOD ERROR RATIO (MAX)	5.23 %		
			ADD. NOISE OFF

Bild 2.34 Meßmenü für DVB-C

Allein das gute S/N-Verhältnis von 38.97 dB entspricht einem MER-Wert von 1,13 % rms unter der Annahme, daß alle anderen QAM Parameter keinen Einfluß mehr auf den MER Wert haben. Alle anderen Einzelparameter dürfen also zusammen das MER nur noch um 0.11% verschlechtern. Für den QAM-Meßdemodulator bedeutet dies:

Die Parameter sind zuverlässig und mit sehr hoher Präzision zu messen. Wie könnte man sonst bei so kleinen Summenmeßwerten meßtechnisch noch die Einflüsse der Einzelstörungen unterscheiden.

Wie diese hohe Genauigkeit erreicht wird ist in 2.7 Die QAM-Parameter beschrieben. Die Grundlage dazu bildet die hohe Anzahl von Symbolen,

die pro Sekunde und Entscheidungsfeld verarbeitet werden, im Zusammenspiel mit dem immer vorhandenen Rauschen, das es statistisch ermöglicht, die exakten Mittelpunkte der Symbolwolken zu berechnen.

2.10 END (Equivalent Noise Degradation) Messung

Die Abweichung des SNR-Wertes für ein $BER = 2 \cdot 10^{-4}$ vom theoretischen Wert ($SNR = 24$ dB für 64QAM in DVB-C, siehe auch Bild 2.22) heißt END (Equivalent Noise Degradation).

Um Einflüsse des Meßaufbaues auszuschließen, sind zur END-Messung zwei Messungen nötig.

Für die erste Messung wird das HF-Signal eines DVB-C-Modulators in den HF-Eingang des TV-Meßempfängers EFA eingespeist. EFA überlagert dem Signal mit dem internen Rauschgenerator weißes Rauschen und mißt das BER. Beispiel:

Bei dem im Fenster ADD. NOISE angezeigten $C/N_1 = 24.6$ dB wird das BER von $2 \cdot 10^{-4}$ erreicht. Der theoretische Wert des SNR ist 24 dB beim BER von $2 \cdot 10^{-4}$. Mit der Umrechnung des SNR in C/N erhält man $C/N = SNR - 0.166 = 23.834$ dB. Die Differenz von rund 0.75 dB ist der Wert des END des Meßsystems selbst, in diesem Falle also des TV-Meßsender SFQ und des TV-Meßempfänger EFA. Nimmt man eine gleich-mäßige Aufteilung an, so hat jedes Gerät nur

0.37 dB END, was einem sehr guten Wert entspricht.

DVB-C MEASURE			
SET RF	CHANNEL	ATTEN : 10 dB	
394.00 MHz		-30.0 dBm	
MODULATION:			64QAM
FREQUENCY:			CONSTELL. DIAGRAM...
FREQUENCY OFFSET	0.686 kHz		
SET SYMBOL RATE	6.900 MSym/s		FREQUENCY DOMAIN...
SYMBOL RATE OFFSET	-7.6 ppm		
BER:			TIME DOMAIN...
BER BEFORE RS	2.1E-4 (10/10)		
BER AFTER RS	0.0E-8 (290/1000)		QAM PARAMETERS...
			RESET BER
TS BIT RATE 38.153 Mbit/s			ADD. NOISE C/N= 24.6 dB

Bild 2.35 ADD.NOISE bei EFA

Anmerkung: Die theoretischen Kurven bilden die Abhängigkeit BER als Funktion von S/N ab. Der Zusammenhang zwischen S/N und C/N bei DVB-C mit $r = 15\%$ "roll off" ist

$$S/N = C/N - k_{\text{roll off}} = C/N + 0.166 \text{ dB.}$$

Die EFA Modelle 20 und 23 beziehen das C/N

noch auf die, durch das interne SAW-Filter bestimmte Kanalbandbreite (z.B. 8MHz), während die Modelle 60 und 63 die Symbolrate als Bezug nehmen. Sie sind damit unabhängig von der Kanalbandbreite.

Für die zweite Messung wird das HF-Signal des DVB-C-Modulators in den HF-Eingang des Meßobjektes eingespeist. EFA überlagert diesem HF-Signal ebenfalls weißes Rauschen und mißt das BER. Bei dem nun im Fenster ADD. NOISE angezeigten $C/N_2 = 25.0$ dB wird das BER von $2 \cdot 10^{-4}$ erreicht.

Der Wert der END des Meßobjektes berechnet sich dann aus:

$$END = C/N_2 - C/N_1 = 25.0 \text{ dB} - 24.6 \text{ dB} = 0.4 \text{ dB}$$

Nachdem dies eine Differenzmessung ist, hängt die Meßgenauigkeit nur von der Genauigkeit der EFA-internen Eichleitung für das Rauschen ab. Sie ist für diese Messung in jedem Fall ausreichend.

2.11 Das DVB-C Spektrum

2.11.1 Spektrum in Amplitude und Phase

Die Norm EN 300 429 definiert im Anhang A (vorläufig) das Spektrum in Amplitude und Gruppenlaufzeit.

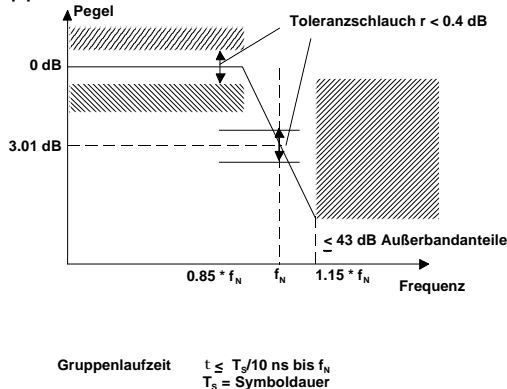


Bild 2.36 Das DVB-C Spektrum

Während der Übertragung des DVB-C Signals wird das Spektrum durch die Einflüsse des Übertragungsmediums in Amplitude und Phase in Abhängigkeit von der Frequenz verfälscht. Der TV MESSEMPFÄNGER EFA korrigiert diese Ablagen mit einem komplexen KanalkorrekturfILTER. Das Ergebnis ist ein optimal ebenes Spektrum in Amplitude und Phase zur weiteren Signalverarbeitung. Die Werte der Koeffizienten bilden die inverse Kanalübertragungsfunktion ab, die dann umgerechnet wird in den Amplituden- und Phasenfrequenzgang. Am Display erscheint das so berechnete Spektrum.

Mit dem Phasenfrequenzgang läßt sich über Differenzierung der Gruppenlaufzeitfrequenzgang ermitteln und mit der Information von Amplituden- und Phasengang auch ein Polar Plot abbilden.

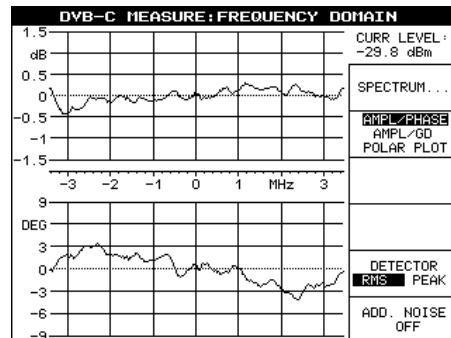


Bild 2.37 Frequenzgang von Amplitude und Phase bei DVB-C

Der Meßempfänger EFA Var. 60/63 überwacht so auch die Einflüsse des Übertragungsmediums bei DVB-C.

2.11.2 Spektrum und Schulterabstand

Mit der Berechnung des Kanalfrequenzganges mit Hilfe der FFT ist die Auflösung der Pegelabweichungen wesentlich höher als bei der komplexen Auswertung über die Koeffizienten eines komplexen KanalkorrekturfILTERS wie oben beschrieben. Diese Meßmethode ersetzt zwar nicht die hohe Meßgenauigkeit eines Spektrumanalysators, aber sie ist ausreichend für die Beurteilung des Sendespektrums im Kanal und auch zur Bestimmung der Außerbandanteile.

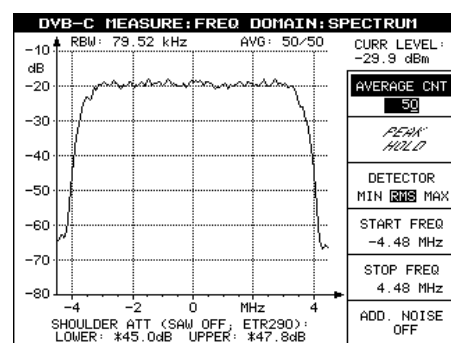


Bild 2.38 Amplitudenfrequenzgang bei DVB-C mit FFT errechnet

Die höchste Pegelaufösung erreicht man, wenn nur der Nutzbereich des Spektrums (hier z.B. von -3.45...+3.45 MHz bei der Symbolrate 6.9 MSymb/s) analysiert wird. Die Pegelaufösung schaltet dabei automatisch, je nach Frequenzgang, auf minimal 2 dB/Teilung.

Zur Schulterabstandsmessung ist der größtmögliche Frequenzbereich von -4.48 bis +4.48 MHz zu wählen, um konform zur Norm ETR 290 den Schulterabstand zu bestimmen. Es werden die Spitzenpegel der Außerbandanteile unterhalb und oberhalb des Nutzspektrums gemessen. Der kleinere Wert von beiden ergibt den gültigen Schulterabstand.

2.12 Echos im Kabelkanal

Über die Koeffizienten des Kanalkorrekturfilters sind auch eventuell vorhandene Echos, die über Fehlanpassungen im Kabelkanal entstehen können, berechenbar. Ein Beispiel ist das Erkennen von Fehlanpassungen in der Gebäudeverkabelung, wenn DVB-C zu den einzelnen Wohnungen verteilt wird. Manipulationen an den einzelnen Verteilerdosen sind daher genau zu erkennen und zu lokalisieren. Über die Angabe der Echoverzögerung in μs , oder die Entfernung in elektrischer Länge in "km" oder "miles" läßt sich der Ort des Impedanzfehlers bestimmen.

Der Hauptimpuls steht bei $0\mu\text{s}$, das nachteilige Echo in Bild 2.39 hat 21.0dB Dämpfung und erscheint $0.29\mu\text{s}$ später.

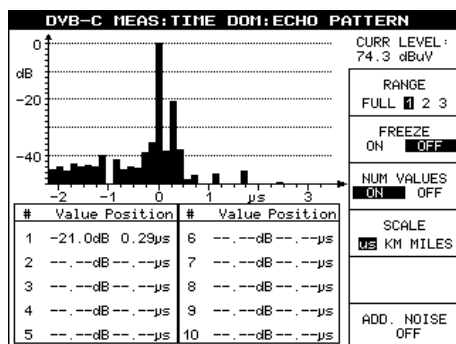


Bild 2.39 Echodarstellung

Die Umrechnung in die Entfernung, in der die die Reflexion erzeugende Impedanzstoßstelle liegt, ergibt 87 Meter. Die Messgenauigkeit erlaubt die Anzeige am EFA Display mit 10 m Auflösung. Nach dem Umschalten die "km" Skala wird die Position daher mit 90 Meter angezeigt. Diese Meßgenauigkeit ist ausreichend um, wie oben schon angesprochen, Stoßstellen in einer größeren Kabelanlage in Gebäuden aufzufinden.

2.13 Der Crest Faktor des DVB-C Signals

Die Struktur des DVB-C Signals ist ähnlich der des weißen Rauschens. Damit ist ein wichtiger Parameter zur Beschreibung dieses Signals der Crest-Faktor, der als Verhältnis von Spitzen-Spannung zu Spannungs-Effektivwert definiert ist. Im Meßbeispiel mit dem TV-Meßempfänger EFA wurde der maximale Crest-Faktor mit 11.1dB gemessen. Die Darstellung des Crest-Faktors geschieht hier mittels der CCDF (Complementary Cumulative Distribution Function). Man sieht, daß die Amplitudenverteilung exakt der theoretischen Funktion (senkrechte Stützwerte im Abstand von 1dB) folgt. Daraus ist zu schließen, daß keine Begrenzungseffekte im vorliegenden DVB-C System vorhanden sind.

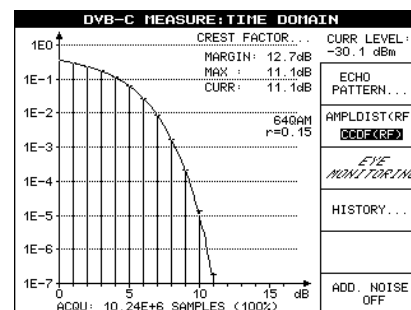


Bild 2.40 Der Crestfaktor bei DVB-C

Falls das DVB-C Signal begrenzt wäre, würde Information fehlen und das BER würde ansteigen. Die richtige Pegelung des DVB-C Systems schützt daher vor einer unnötigen Verringerung der Systemreserve.

2.14 Alarm Report

Die Ergebnisse des Reports sind nicht nur vor Ort an der Kabelkopfstation manuell durchführbar, sondern auch fernbedient in einer Leitstelle über eine Fernsteuerschnittstelle abzufragen. Überläßt man die Überwachung dem TV-Meßempfänger EFA Var. 60/63, gestaltet sich die Systemüberwachung sehr einfach.

Der Netzbetreiber wählt zunächst die Parameter aus, die überwacht werden sollen. Bei einer Konfiguration wie in Bild 2.41 sind alle Parameter in die Überwachung einbezogen.

DVB-C ALARM: CONFIG			
SET RF 394.00 MHz	CHANNEL	ATTEN : 10 dB -29.9 dBm	
DISABLED	ENABLED		LEVEL
DISABLED	ENABLED		MPEG TS SYNC
DISABLED	ENABLED		MER dB
DISABLED	ENABLED		EVM/MER %
DISABLED	ENABLED		BER BEFORE RS
DISABLED	ENABLED		MPEG DATA ERROR

Bild 2.41 Menü zur Konfiguration der Alarme: alle möglichen Parameter werden überwacht

Die Tabelle 2.10 listet die Parameter im ALARM Menü mit den zugehörigen Kurzformen auf:

Parameter	Erklärung	
LEVEL	Eingangsspegel unter Schwellwert	LV
Synchronisation	zeigt die Synchronisation der DVB-C Symbole und der MPEG2 TS-Pakete an	SY
MER	MER unter Schwellwert	ME
EVM	EVM unter Schwellwert (alternativ MER)	EV
BER	BER unter Schwellwert	BR
Datenfehler (MPEG DATA)	durch RS nicht mehr korrigierbare Datenfehler	DE

Tabelle 2.10

Nach der Konfiguration des ALARM Menüs sind noch die Grenzwerte für die Alarmauslösung zu setzen. Da nicht korrigierbare Daten und Ausfall der Synchronisation absolute Ereignisse sind, besteht auch keine Schwellenzuordnung für sie. Grenzwerte sind für LV, ME, EV und BR (siehe Tabelle 2.10) einstellbar.

DVB-C ALARM: THRESHOLD			
SET RF 394.00 MHz	CHANNEL	ATTEN : 10 dB -29.8 dBm	
LEVEL	= -70.0 dBm		LEVEL
MER (RMS)	= 30.00 dB		MER dB
EVM/MER (RMS)	= 3.00 %		EVM/MER %
BER BEFORE RS	= 2.0E-04		BER BEFORE RS

Bild 2.42 Einstellung der Schwellwerte für die Alarmauslösung

MER ist zum einen als Wert in dB anzugeben, zum anderen zusammen mit EVM auch in %. Es existieren daher für MER auch zwei Alarmmeldungen, die man als innere und äußere Toleranz betrachten kann. Der Parameter EVM ist nur in % definierbar und hat deswegen auch nur eine Alarmmeldung.

Die aktivierten Alarme sind als Summenalarm sowie als Einzelalarme auf die Buchse X34 USER PORT an der Rückwanne des EFA verbunden. Tritt der Summenalarm auf, wird über die Fernsteuerschnittstellen der Einzelalarm abgefragt.

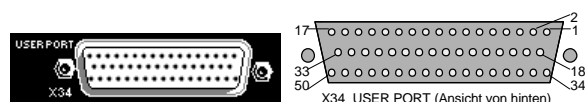


Bild 2.43 Die Buchse X34 USER PORT

X34 Pin Nr.	Alarmbezeichnung (EFA 60/63)	Alarmbezeichnung (EFA 20/23)
1	Sum Alarm	Summen Alarm
2	Level Alarm	Level Alarm
3	Sync Alarm	Sync Alarm
4	MER Alarm	BER Alarm
5	EVM Alarm	Data Error
6	BER Alarm	
7	Data Error	
40 ... 48	Ground	Ground
49, 50	+5 V (200 mA)	+5 V (200 mA)

Tabelle 2.11 Die Alarm-Belegung der Buchse X34 im DVB-C-Mode

Professionelles Monitoring verlangt gleichzeitig ein Fehlerprotokoll. Neben den wichtigen Parametern "Unterschreitung des minimalen HF-Eingangsspegels" LV und "Synchronisationsausfall" SY werden auch das MER (ME, zusätzlich auch EVM Error Vector Magnitude EV), BER (BE) und als Indikator der Reservegrenze in DVB-C das Auftreten nicht mehr korrigierbarer Datenfehler DE mit Datum und Uhrzeit aufgezeichnet.

Nach dem Drücken des Hardkeys ALARM an der Frontplatte des EFA erscheint die Alarm-Liste am LC-Display. Sie hat bis 1000 Zeilen, in die neben der laufenden Nummer des Ereignisses auch Datum und Uhrzeit und die den Alarm auslösenden Parameter eingetragen sind. Die Zeitangaben beziehen sich auf die Zeitpunkte in denen die Toleranzen der Alarm auslösenden Parameter zum erstenmal überschritten wurden bzw. sich wieder im Toleranzbereich befinden.

DVB-C ALARM				
SET RF		CHANNEL	ATTEN : 10 dB	
394.00 MHz			-32.0 dBm	
NO	DATE	TIME	ALARM	REGISTER
			LV SY ME EV BR DE	CLEAR...
0	08.08.01	11:22:53	REGISTER CLEARED	THRESHOLD...
1	08.08.01	11:22:54	-- -- ** -- --	CONFIG...
2	08.08.01	11:23:11	-- -- ME ** -- --	
3	08.08.01	11:23:14	-- -- -- ** -- --	LINE NEWEST MAN
4	08.08.01	11:23:31	-- SY ME ** BR DE	
5	08.08.01	11:23:32	LV -- ** ** ** DE	PRINT...
6	08.08.01	11:23:33	LV -- ** ** ** DE	
7	08.08.01	11:23:36	LV -- ME ** BR DE	STATISTICS..
8	08.08.01	11:23:39	-- SY ** ** BR DE	
9	08.08.01	11:23:40	-- -- ** ** -- --	
10	08.08.01	11:23:43	-- -- -- ** -- --	

Bild 2.44 Die Alarmliste

Das Doppelzeichen "**" bedeutet, daß der entsprechende Parameter aus der Überwachung genommen wurde. Beim ersten Auftreten dieses Zeichens in der Liste sind Datum und Uhrzeit der Streichung in die Alarmliste eingetragen.

Sind im Überwachungszeitraum mehr als 1000 Ereignisse aufgetreten, werden die ersten gelöscht und die aktuellen an das Ende der Liste geschrieben.

Für statistische Zwecke ist es manchmal auch wichtig die Fehlerzeiten der Parameter und deren prozentualen Anteil an der überwachten Zeit zu kennen. Unter STATISTICS.. ist die Information zu finden.

DVB-C ALARM:STATISTICS			
SET RF		CHANNEL	ATTEN : 10 dB
394.00 MHz			-29.8 dBm
MONITORING TIME		000000:01:53	
LEVEL	LV =	000000:00:00	0.0000 %
MPEG TS SYNC	SY =	000000:00:00	0.0000 %
MER dB	ME =	000000:00:11	9.7345 %
EVM/MER %	EV =	000000:00:13	11.5044 %
BER BEFORE RS	BR =	000000:00:07	6.1947 %
MPEG DATA ERROR	DE =	000000:00:00	0.0000 %
CORR CNT BEFORE RS		N =	127045
MPEG DATA ERROR CNT AFTER RS		N =	0
REFRESH			

Bild 2.45 Statistische Auswertung der Fehlerzeiten

Häufen sich Einträge im Alarmreport, ist davon auszugehen, daß das DVB-C System nicht stabil arbeitet und eventuell kurz vor einem Funktionsausfall steht.

Der Betreiber digitaler Kabelnetze weiß:

Sind im decodierten Bild zu Hause am Fernsehschirm Störungen sichtbar, ist die Grenze der sicheren DVB-Übertragung bereits

weit überschritten. Wie in jedem digitalen System ist der Übergang zwischen gesichertem Arbeits-bereich und Totalausfall wegen der Vorwärts-fehlerkorrektur sehr abrupt. Der TV-Meßemp-fänger EFA warnt daher rechtzeitig vor einem bevorstehenden DVB-C-Ausfall.

2.15 Optionen zum QAM-Meßdemodulator EFA Modell 60/63

2.15.1 HF Selektion EFA-B3

Das mit DVB-C belegte Kabel kennt keine Sicherheitskanäle. Alle verfügbaren Kanäle sind ohne Schutzabstand im Frequenzbereich anein- andergereiht. Will man dennoch im Kabel einzelne Kanäle vermessen und überwachen, so muß der interessierende Kanal im Frequenz- bereich selektiert werden.

Die Option HF-Selektion EFA-B3 ermöglicht die- se Kanalselektion von 5 bis 862 MHz und erhöht zusätzlich noch die Eingangsempfindlichkeit des EFA Front-End.

Die untere Frequenzgrenze 5 MHz macht den so ausgerüsteten TV-Meßempfänger EFA rück- kanaltauglich.

Der minimale Eingangspegel verringert sich je nach Einstellung der HF-Eichleitung (LowNoise, LowDistortion, HighAdjacentChannelPower) im VHF- und UHF-Bereich auf -67 bis -70 dBm.

Es entsteht ein selektiver Meßempfänger mit höchster Qualität, der trotz niedriger Eingangs- pegel die Eigenschaften eines Demodulators besitzt.

2.15.2 Messungen mit der Option EFA-B4 MPEG2-Meßdeko-der

Die Option EFA-B4 MPEG2-Meßdeko-der beinhaltet einen Teil der Meßmöglichkeiten des DVMD MPEG2 MEASUREMENT DECODER bzw. DVRM MPEG2 REAL TIME MONITOR. Die EFA- Meßfunktionen sind für die Überwachung des demodulierten Transportstromes in der Kabelkopfstation optimiert.

Ist der TV-Meßempfänger EFA Var. 60/63 mit der Option EFA-B4 ausgestattet, so benötigt man nur noch dieses Meßgerät, um das MPEG2- Protokoll und die HF-Eigenschaften bei der Übertragung in DVB-C zu ermitteln.

Zunächst sind hier die Zeittoleranzen für die Wiederholraten der Tabellen und Zeitmarken im Transportstrom zu setzen. Die Toleranzen können bedienerspezifisch sein oder nach den beiden Normen

für MPEG2 ISO/IEC 13 818-1 oder
für DVB ETR 290

für die darin vordefinierten Parameter gewählt werden.

Parameter-name	nach DVB		nach MPEG	
	MIN	MAX	MIN	MAX
PAT Distance	25 ms	0.5 s	25 ms	0.5 s
CAT Distance	25 ms	0.5 s	25 ms	0.5 s
PMT Distance	25 ms	0.5 s	25 ms	0.5 s
NIT Distance	25 ms	10 s	---	---
SDT Distance	25 ms	2 s	---	---
BAT Distance	25 ms	10 s	---	---
EIT Distance	25 ms	2 s	---	---
RST Distance	25 ms	---	---	---
TDT Distance	25 ms	30 s	---	---
TOT Distance	25 ms	30 s	---	---
PCR Distance	0 ms	0.04 s	0 ms	0.1 s
PCR Discontinuity	---	0.1 s	---	---
PTS Distance	---	0.7 s	---	---
PID Distance	---	0.5 s	---	---
PID unref. Duration	---	0.5 s	---	---

Tabelle 2.11 Grenzwerte der Parameter nach DVB und MPEG 2

Während bei DVB alle Parameter definiert sind, hat MPEG2 nur einige vorbelegt. Die nicht spezifizierten Parameter sind vom Benutzer selbst einzufügen. Als größter Unterschied ist der PCR-Abstand bei DVB mit 40ms und bei MPEG2 mit 100ms festgelegt.

Bild 2.46 zeigt das Grenzwert Menü der Option EFA-B4 MPEG2-Meßdeko-der. Mit dem Softkey DEFAULT sind die in MPEG2 bzw. DVB vordefinierten Werte abrufbar. Es wird empfohlen die Toleranzgrenzen von DVB für jederzeit wiederholbare und vergleichbare Überwachungsergebnisse zu wählen.

MPEG2 STATUS:SET LIMITS			
SET RF <8MHz> 330.00 MHz		ATTEN : 0 dB -56.5 dBm	BER BEF RS 6.7E-5
PARAMETER	MIN	MAX	MIN
PAT DISTANCE	25 ms	0.5 s	
CAT DISTANCE	25 ms	0.5 s	
PMT DISTANCE	25 ms	0.5 s	
NIT DISTANCE	25 ms	10.0 s	
SDT DISTANCE	25 ms	2.0 s	
BAT DISTANCE	25 ms	10.0 s	
EIT DISTANCE	25 ms	2.0 s	
RST DISTANCE	25 ms	-----	
TDT DISTANCE	25 ms	30.0 s	
TOT DISTANCE	25 ms	30.0 s	
PCR DISTANCE	0 ms	0.04 s	
PCR DISCONTINUITY	-----	0.10 s	
			DEFAULT

Bild 2.46 Wiederholraten von Tabellen und Zeitmarken

Nachdem Toleranzen festgelegt sind, müssen noch die für den MPEG2-Alarmreport zu überwachenden Parameter freigeschaltet werden. Alle Parameter der drei Prioritäten nach ETR 290 stehen zur Verfügung.

MPEG2 ALARM1:CONFIG 1			
SET RF <8MHz> 330.00 MHz		ATTEN : 0 dB -56.5 dBm	BER BEF RS 6.6E-5
ENABLED DISABLED			TS SYNC
ENABLED DISABLED			SYNC BYTE
ENABLED DISABLED			PAT
ENABLED DISABLED			CONT COUNT
ENABLED DISABLED			PMT
			MORE 2/4

Bild 2.47 Erste Seite der "Alarm-Parameter"

Nach dem Drücken der Taste ALARM erscheint das MPEG2-ALARM Menü, indem alle Toleranzüberschreitungen in der überwachten Zeit angezeigt sind. Ist ein Parameter durch DISABLE gesperrt, so ist er mit "--" in den Klammern gekennzeichnet.

MPEG2 ALARM1			
SET RF <8MHz> 330.00 MHz		ATTEN : 0 dB -56.5 dBm	BER BEF RS 3.3E-6
FIRST PRIORITY ERROR			
[00] TS SYNC	[00] SYNC BYTE		
[00] PAT	[00] CONT COUNT		
[00] PMT	[00] PID		
SECOND PRIORITY ERROR			
[00] TRANSPORT	[00] CRC		
[00] PCR	[00] PCR ACCURACY		ALARM CONFIG ...
[00] PTS	[00] CAT		
THIRD PRIORITY ERROR			
[00] NIT	[00] SI REPEAT		
[00] UNREF PID	[00] SDT		
[00] EIT	[00] RST		
[00] TDT			

Bild 2.48 Das MPEG2-ALARM Menü
Im MEASURE Menü werden die Parameter

gemäß ETR 290 ausgewertet, unabhängig von den Einstellungen im ALARM Menü. Von hier ist auch der Fehlerzähler zu starten, zu stoppen und zu löschen.

MPEG2 MEASURE			
SET RF (8MHz)	ATTEN : 0 dB	BER BEF RS	
330.00 MHz	-56.4 dBm	7.9E-5	
FIRST PRIORITY ERROR		VIEW PROGRAM...	
[00] TS SYNC	[00] SYNC BYTE		
[00] PAT	[01] CONT COUNT		
[00] PMT	[00] PID		
SECOND PRIORITY ERROR			
[01] TRANSPORT	[00] CRC		
[00] PCR	[00] PCR ACCURACY		
[00] PTS	[00] CAT		
THIRD PRIORITY ERROR		START COUNTER	
[00] NIT	[00] SI REPEAT		
[00] UNREF PID	[00] SDT		
[00] EIT	[00] RST		
[00] TDT			
ELAPSED TIME : 00:00:00:10		STOP COUNTER	
		CLEAR COUNTER	

Bild 2.49 Das MPEG2 MEASURE Menü

Name	Ausgang (Pin Nr.)
Sum Alarm	1
First Priority Alarm (Sum)	2
Second Priority Alarm (Sum)	3
Third Priority Alarm (Sum)	4
Ground	40 ... 48
+5 V (200 mA)	49, 50

Tabelle 2.12 Die Alarm-Belegung der Buchse X34 im MPEG2-Mode

Wie im DVB-C-Mode ist auch für den MPEG2-Mode die Buchse X34 TV-Meßempfänger EFA mit Alarmleitungen belegt. Die Bedeutung der einzelnen Kontakte zeigt Tabelle 2.12.

Über den Softkey VIEW PROGRAM COMP... öffnet man die PAT des empfangenen Transportstroms TS mit der Auflistung der übertragenen Programme. Zusätzlich sind die Datenraten des Gesamt-TS, der einzelnen Programme, der Tabellen und der NULL PAKETE im TS angezeigt

MPEG2 MEASURE:VIEW PROGRAM			
SET RF (8MHz)	ATTEN : 0 dB	BER BEF RS	
330.00 MHz	-56.7 dBm	5.9E-5	
NO	NAME	ELE	CA
1	Bounce	VA	0.685
2	H-Sweep 1	VAa	3.152
3	Ramp Y C	VA	1.837
4	Nonlinearit	VA	1.873
5	RGB Sweep	VA	3.003
6	CCIR17	VA	1.164
	SI TABLES		0.159
	NULL PACKET		15.270
	6 PROGRAMS FOUND	TS:	27.145
			VIEW PROG COMP...
			ACTIVATE PROGRAM
			UP
			DOWN

Bild 2.50 Die PAT des TS mit den wichtigsten Zusatzinformationen

Wählt man ACTIVATE PROGRAM, öffnet sich die PMT (Program Map Table) dieses

Programmes und man erhält weitere Informationen über die Anzahl der Video-, Audio-, Daten- und "andere" Datenströme im Programm, einschließlich der zugehörigen PIDs (Packet Identifier). Auch ist die PID der PMT und unter welcher PID die PCR (Program Clock Reference) erscheint, aufgelistet.

MPEG2 MEASURE:VIEW PROGRAM COMP			
SET RF (8MHz)	ATTEN : 0 dB	BER BEF RS	
330.00 MHz	-56.9 dBm	3.5E-5	
NO	NAME	ELE	CA
2	H-Sweep 1	VAa	3.149
PID	TYPE	CODE	CA
0129	PMT		
0200	PCR		
0200 #	VIDEO	002	2.355
0201 #	AUDIO	004	0.397
0202	AUDIO	004	0.397
			VIEW PROGRAM...
			ACTIVATE PROG COMP
			UP
			DOWN

Bild 2.51 Die PMT eines Programmes mit den wichtigsten Zusatzinformationen

Der TV-Meßempfänger EFA Var. 60/63 mit der Option EFA-B4 MPEG2-Meßdekoder ist mit den aufgezeigten Möglichkeiten optimiert für das MPEG2-Monitoring am Ausgang der Kabelkopfstation. Die Ausgänge für analoges Videosignal im FBAS Format und für analoges Audiosignal erlauben noch zusätzlich die in das Kabel eingespeisten Programme per Auge und Ohr zu verfolgen.

2.15.3 SAW Filter

**2 MHz EFA-B14, 6 MHz EFA-B11,
7 MHz EFA-B12, 8 MHz EFA-B13**

Weil DVB-C die Kanalbandbreite offen läßt, ist für die Übertragung der gesamte VHF- und UHF-Bereich zulässig.

Bevorzugte Kanalbandbreiten sind die in den Analogstandards definierten 6, 7 und 8MHz. Für den Rückkanal bei interaktivem Fernsehen ist zusätzlich noch der 2MHz Kanal üblich. Um sicher zustellen, daß jeder Anwender wirklich seine spezielle Bandbreite im TV-Meßempfänger EFA vorfindet, sind alle SAW Filter als Optionen ausgelegt. Bei der Bestellung ist daher immer das gewünschte Filter im Bestellformblatt mit anzugeben.

Ein SAW Filter muß immer vorhanden sein. Optionell können aber noch weitere zwei SAW Filter installiert werden.

2MHz Filter EFA-B14

Erweitert die Meßmöglichkeiten auch auf einen DVB-C Rückkanal wie er in EN 300 800

Summary (Upstream) Table 7 definiert ist. Unterstützt wird der Kanalabstand 2 MHz. Möglich sind verschiedene Symbolraten.





6 MHz EFA-B11, 7 MHz EFA-B12 und 8 MHz EFA-B13

Diese Filter können wahlweise in dem dritten SAW-Filterplatz eingesetzt sein. 6 MHz unterstützt dann die Kanalabstände nach Standard M, während das 7 MHz Filter entweder für VHF Kanäle oder für die UHF Kanalabstände in Australien gedacht ist. Das 8MHz SAW-Filter ist das meist benutzte bei DVB-C.

Welches Filter eingebaut ist wird im Status-Menü angezeigt.

2.16 Zusammenfassung aller DVB-C spezifischen Messungen

Meßgerät, Meßort	zu messender Parameter
Am Kabelkopfstationseingang TS Quelle für die Produktion  DVG MPEG2 MEASUREMENT GENERATOR  DVRG DTV RECORDER GENERATOR  DVMD MPEG2 MEASUREMENT DECODER  DVRM MPEG2 REAL TIME MONITOR  DVQ DIGITAL VIDEO QUALITY ANALYZER	<p>Meßsignalgenerator für wiederholbare MPEG2 Messungen, diverse Testsequenzen</p> <p>Meßsignalgenerator für wiederholbare MPEG2 Messungen, diverse Testsequenzen Aufzeichnung eigener TS Aufzeichnung von Fehlerereignissen</p> <p>MPEG2 Transportstrom - Protokollanalysator Echtzeitmessungen</p> <p>MPEG2 Transportstrom - Echtzeit-Protokollüberwachung</p> <p>Messung der Signalqualität nach MPEG2 Kodierung und Dekodierung</p>
Am Testsender/ Kabelkopfstation Produktion  SPECTRUM ANALYSER FSEX  SPECTRUM ANALYSER FSP  SPECTRUM ANALYSER FSU	<p>Oberwelle des LO</p> <p>DVB-C Spektrum Schulterabstand Kontrolle "roll off" Crestfaktor Ausgangsleistung</p>

Meßgerät, Meßort	zu messender Parameter
Am Testsender/ Kabelkopfstation  NRVS mit Leistungsmeßkopf NRV-Z51	<p>thermische Präzisionsmessung der Ausgangsleistung</p>
Überwachungsempfänger in der Kabelkopfstation Kontrollempfänger in der Produktion  EFA Var. 60/63 DVB-C TESTRECEIVER mit EFA-B4	<p>Grundgerät</p> <p>QAM Ordnung Symbolrate DVB-C Spektrum in Amplitude und Phase Ausgangsleistung END, BER, MER Frequenzoffset Echodiagramm Konstellationsdiagramm I/Q Parameter in QAM Alarmreport</p> <p>Option EFA-B4 Messungen nach ETR290: Parameter der drei Prioritäten Alarmreport PAT und PMT</p>
Simulation einer DVB-C Kabelkopfstation  SFQ TV TEST TRANSMITTER Option NOISE GENERATOR FADING	<p>C/N Einstellung für END Messung Simulation von definierten Empfangsbedingungen Impedanz-Stoßstelle Simulation von Senderdefekten</p>
DVB-C Sender für die Produktion  SFL-C TV TEST TRANSMITTER	<p>Testsender in der Produktion Simulation von Senderdefekten zum Test von STBs in der Produktion</p>